

AUSGEWÄHLTE VERKEHRSMASSNAHMEN FÜR WIEN

Studie zu Umweltzone,
Parkraumbewirtschaftung und Citymaut

Nikolaus Ibesich
Christian Nagl
Holger Heinfellner

Projektleitung

Nikolaus Ibesich

AutorInnen

Holger Heinfellner

Nikolaus Ibesich

Christian Nagl

Lektorat

Edegger-Asel, Christiane

Satz/Layout

Elisabeth Riss

Übersetzung

Brigitte Read

Diese Publikation wurde im Auftrag der Wiener Magistratsabteilung 18 - Stadtentwicklung und Stadtplanung unter der Projektleitung von Dipl.-Ingⁱⁿ MA Angelika Winkler und Dipl.-Ing. Manuel Pröll erstellt.

INHALT

| | |
|---|------------|
| ZUSAMMENFASSUNG | 7 |
| SUMMARY | 9 |
| ERGEBNIS | 11 |
| 1.1 IST-Situation | 11 |
| 1.2 Maßnahmen & Szenarien | 12 |
| 1.3 Methode | 19 |
| 1.4 Verkehrsmodellierung der Stadt Wien | 20 |
| 1.5 Vorarbeiten für die Emissionsmodellierung | 28 |
| 1.6 Szenarienscreening | 29 |
| 1.7 Emissionsmodellierung | 31 |
| 1.8 Immissionsmodellierung | 34 |
| 1.9 Ergebnisse und Handlungsempfehlungen | 42 |
| 2 GRUNDLAGEN | 45 |
| 2.1 Fachliche Grundlagen – Ursachen und Auswirkungen von Luftverschmutzung | 45 |
| 2.2 Rechtliche Grundlagen – Möglichkeiten zur Problemlösung | 63 |
| 3 MAßNAHMEN DETAILS | 69 |
| 3.1 Umweltzone | 69 |
| 3.2 Parkraumbewirtschaftung | 83 |
| 3.3 Citymaut | 87 |
| 4 VERKEHRSMODELLIERUNG | 92 |
| 5 VORARBEITEN ZUR EMISSIONS- UND IMMISSIONSMODELLIERUNG | 96 |
| 5.1 Fahrleistungsanteilige Flottenzusammensetzung | 96 |
| 5.2 Emissionsfaktoren | 104 |
| 5.3 Vorarbeiten in GIS | 105 |
| 6 SZENARIENSCHREIBUNG | 107 |
| 7 EMISSIONSMODELLIERUNG | 109 |
| 8 IMMISSIONSMODELLIERUNG | 113 |
| 9 ERGEBNISSE UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN | 115 |
| LITERATURVERZEICHNIS | 118 |

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

| | |
|---|----|
| Abbildung 1: Umweltzone „Gürtel“ | 13 |
| Abbildung 2: Umweltzone „Vorortelinie“ | 14 |
| Abbildung 3: Umweltzone „Ganz Wien“ | 15 |
| Abbildung 4: Parkraum-bewirtschaftung Bestandserweiterung..... | 17 |
| Abbildung 5: Parkraum-bewirtschaftung Zonenmodell 0–5€..... | 17 |
| Abbildung 6: Parkraum-bewirtschaftung Zonenmodell 1–6€..... | 18 |
| Abbildung 7: Citymaut, Gebührenzone | 19 |
| Abbildung 8 Pkw-Verkehrsstärke (DTVw) Bestand, VmW 2018 | 21 |
| Abbildung 9: Pkw-Verkehrsstärke (DTVw) Umweltzone Gürtel, VmW 2018..... | 21 |
| Abbildung 10: Pkw-Verkehrsstärke (DTVw) Differenz Umweltzone Gürtel zu Bestand, 5-fach überhöht, VmW 2018 | 22 |
| Abbildung 11: Pkw-Verkehrsstärke (DTVw) Parkraumbewirtschaftung Ausweitung Bestand, VmW 2018..... | 23 |
| Abbildung 12: Pkw-Verkehrsstärke (DTVw) Differenz PRB Bestandsausweitung zu Bestand, 5-fach überhöht, VmW 2018 | 23 |
| Abbildung 13: Pkw-Verkehrsstärke (DTVw) Citymaut Gürtel € 11, VmW 2018 | 24 |
| Abbildung 14: Pkw-Verkehrsstärke (DTVw) Differenz Citymaut Gürtel zu Bestand, 5-fach überhöht, VmW 2018 | 24 |
| Abbildung 15: Ergebnisse Verkehrsstärken der Szenarien an ausgewählten Querschnitten, VmW 2018..... | 25 |
| Abbildung 16: Ergebnisse Modal Split der Szenarien, VmW 2018 | 28 |
| Abbildung 17: Aggregierte Ergebnisse der Emissionsmodellierung..... | 32 |
| Abbildung 18: NO _x -Emissionen Pkw BAU 2020..... | 33 |
| Abbildung 19: NO _x -Emissionen Pkw UZ Gürtel 2020..... | 33 |
| Abbildung 20: NO _x -Emissionen Pkw PRB Bestandsausweitung 2020..... | 34 |
| Abbildung 21: NO _x -Emissionen Pkw Citymaut 11 € 2020..... | 34 |
| Abbildung 22: NO ₂ -Konzentration im Jahresmittel – Szenario BAU2020..... | 35 |
| Abbildung 23: NO ₂ -Konzentration im Jahresmittel – Szenario UZa | 36 |
| Abbildung 24: Differenz NO ₂ -Konzentration im Jahresmittel Szenario UZa vs. BAU..... | 37 |
| Abbildung 25: Vergleich der modellierten Jahresmittelwerte an NO ₂ in 2020 an den Luftgütemessstellen für die Szenarien BAU und UZa | 37 |

| | |
|--|----|
| Abbildung 26: NO ₂ -Konzentration im Jahresmittel – Szenario PRBA | 38 |
| Abbildung 27: Differenz NO ₂ -Konzentration im Jahresmittel Szenario PRBa vs. BAU | 38 |
| Abbildung 28: Vergleich der modellierten Jahresmittelwerte an NO ₂ in 2020 an den Luftgütemessstellen für die Szenarien BAU und PRBa..... | 39 |
| Abbildung 29: NO ₂ -Konzentration im Jahresmittel – Szenario CMA | 39 |
| Abbildung 30: Differenz NO ₂ -Konzentration im Jahresmittel Szenario CMA vs. BAU | 40 |
| Abbildung 31: Vergleich der modellierten Jahresmittelwerte an NO ₂ in 2020 an den Luftgütemessstellen für die Szenarien BAU und CMA | 40 |
| Abbildung 32: Lage der Messstellen in Wien | 48 |
| Abbildung 33: Entwicklung der NO ₂ - (oben) und NO _x -Jahresmittelwerte in Wien an der höchstbelasteten Messstelle sowie gemittelt über alle Verkehrs-, städtischen und vorstädtischen Hintergrundmessstellen (2017: vorläufige Daten). | 49 |
| Abbildung 34: Entwicklung der PM ₁₀ -Jahresmittelwerte in Wien an der höchstbelasteten Messstelle sowie gemittelt über alle Verkehrs-, städtischen und vorstädtischen Hintergrundmessstellen (2017: vorläufige Daten). | 50 |
| Abbildung 35: Entwicklung der NO ₂ -Belastung an den beiden höchstbelasteten Messstellen in München..... | 51 |
| Abbildung 36: Vergleich der Jahresmittelwerte für 2011 der NO ₂ - Passivsammler (Quadrate mit farbiger Skalierung) mit den MISKAM Modellrechnungen im Umfeld der Station Landshuter Allee, München. | 51 |
| Abbildung 37: Entwicklung der NO ₂ -Jahresmittelwerte an der höchstbelasteten Messstelle sowie gemittelt über alle Verkehrs-, städtischen und vorstädtischen Hintergrundmessstellen in London (2017: vorläufige Daten). | 53 |
| Abbildung 38: Maximale jahresdurchschnittliche NO ₂ -Konzentration in Großbritannien in 2015. Die Fehlerbalken zeigen die Gesamtunsicherheit aus den Modellrechnungen | 54 |
| Abbildung 39: Abschätzung der Anzahl der Zonen mit Nichteinhaltung des NO ₂ -Grenzwerts im Referenzszenario („baseline“), Umweltzonen-Szenario („CAZ scenario“, CAZ = Clean Air Zone) und Szenario mit erweiterten Maßnahmen („CAZ + additional action scenario“) | 55 |
| Abbildung 41: Motorenkennfeld, NEDC und CADC Messpunkte..... | 57 |
| Abbildung 42: Einführung des WLTC Testzyklus..... | 59 |
| Abbildung 43: NO _x -Emissionsfaktoren Pkw Diesel HBEFA 3.2, 3.3 und Grenzwertgesetzgebung im Vergleich | 62 |
| Abbildung 44: Plaketten zur Kennzeichnung von Kfz nach der IG-L- Abgasklassen-Kennzeichnungsverordnung..... | 70 |

| | |
|---|------------|
| <i>Abbildung 45: Fahrbeschränkungen in Europa (rot: Gebühr, grün: Umweltzone, blau: Fahrbeschränkungen).....</i> | <i>71</i> |
| <i>Abbildung 46: Karte der Umweltzonen in Deutschland (Stand April 2017).....</i> | <i>72</i> |
| <i>Abbildung 47: Umweltzonen in Baden-Württemberg</i> | <i>73</i> |
| <i>Abbildung 48: Übersicht der Schadstoffplaketten nach 35. BImSchV</i> | <i>74</i> |
| <i>Abbildung 49: Diesel-Durchfahrtsbeschränkung in Hamburg</i> | <i>78</i> |
| <i>Abbildung 50: Parkraumbewirtschaftung Amsterdam.....</i> | <i>84</i> |
| <i>Abbildung 51: Parkraumbewirtschaftung in Wien</i> | <i>85</i> |
| <i>Abbildung 52: Wirkung der Parkraumbewirtschaftung in Wien</i> | <i>86</i> |
| <i>Abbildung 53: Gebührenzone der London Congestion Charge.....</i> | <i>89</i> |
| <i>Abbildung 54: Entwicklung der öffentlichen Meinung zur dauerhaften Einrichtung eines Citymaut-Systems in Stockholm im Laufe eines Testbetriebes.....</i> | <i>90</i> |
| <i>Abbildung 55: Anteil der EURO 6-Fahrzeuge an allen Fahrzeugen (je dunkler, desto höher).....</i> | <i>94</i> |
| <i>Abbildung 56: Fahrleistungsabhängiger Anteil nach Abgasklassen Pkw – Benzin für Wien, 2005–2025.....</i> | <i>97</i> |
| <i>Abbildung 57: Fahrleistungsabhängiger Anteil nach Abgasklassen Pkw – Diesel für Wien, 2005–2025.....</i> | <i>97</i> |
| <i>Abbildung 58: Fahrleistungsabhängiger Anteil nach Abgasklassen LNF – Benzin für Wien, 2005–2025.....</i> | <i>97</i> |
| <i>Abbildung 59: Fahrleistungsabhängiger Anteil nach Abgasklassen LNF – Diesel für Wien, 2005–2025.....</i> | <i>97</i> |
| <i>Abbildung 60: Fahrleistungsabhängiger Anteil nach Abgasklassen Lkw – Diesel für Wien, 2005–2025.....</i> | <i>97</i> |
| <i>Abbildung 61: Anteil Emissionsklassen in Wien registrierter Pkw – Benzin, 2005–2025.....</i> | <i>100</i> |
| <i>Abbildung 62: Anteil Emissionsklassen in Wien registrierter Pkw – Diesel, 2005–2025.....</i> | <i>101</i> |
| <i>Abbildung 63: Anteil Emissionsklassen in Wien registrierter LNF – Benzin, 2005–2025.....</i> | <i>102</i> |
| <i>Abbildung 64: Anteil Emissionsklassen in Wien registrierter LNF – Diesel, 2005–2025.....</i> | <i>102</i> |
| <i>Abbildung 65: Anteil Emissionsklassen in Wien registrierter Lkw – Diesel, 2005–2025.....</i> | <i>104</i> |
| <i>Abbildung 71: NO₂ und NO_x Messergebnisse am Hietzinger Kai 2009 bis 2017.</i> | <i>107</i> |
| <i>Abbildung 72: Zusammenhang NO_x und NO₂ für Wien nach Romberg.....</i> | <i>108</i> |
| <i>Abbildung 73: Schematische Darstellung Modell NEMO-Road</i> | <i>110</i> |

ZUSAMMENFASSUNG

In Wien wurde und wird der Grenzwert der EU-Luftqualitätsrichtlinie für den Jahresmittelwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ für NO_2 an der Messstelle Hietzinger Kai überschritten, der Grenzwert gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L, $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$) wird darüber hinaus an den Messstellen Taborstraße und Wehlistraße überschritten. Dies resultiert speziell aus den Verkehrsemissionen, und hierbei vor allem den hohen spezifischen NO_2 Emissionen von Diesel-Pkw.

Im Rahmen dieser Studie wurden daher Maßnahmen zur Reduktion der verkehrsbedingten Emissionen untersucht. Hierzu zählen die Einführung einer Umweltzone, die Ausweitung der Parkraumbewirtschaftung sowie die Einführung eines Citymautsystems. Diese Maßnahmen in unterschiedlichen Szenarien wurden hinsichtlich ihrer Wirkung auf Emissionen, die Luftqualität aber auch die verkehrlichen Effekte (z. B. Kfz-Verkehrsmengen, Modal Split) untersucht. Ziel war es zu identifizieren, wie diese Maßnahmen in Wien ausgestaltet sein könnten, und welche geeignet sind, um die Schadstoffbelastung in Wien zu reduzieren.

Bestand und je drei Szenarien pro Maßnahme wurden verkehrlich beurteilt und emissionsseitig einem Szenarienscreening unterzogen. In Abstimmung mit dem Auftraggeber wurden danach folgende Szenarien streckenspezifisch emissions- und immissionsseitig untersucht:

1. **UZa** (Umweltzone Gürtel/ NO_x unter 0,5):
Innerhalb Gürtel, Handelskai und Südosttangente dürfen ab 2020 nur mehr Pkw mit einem NO_x -Ausstoß von weniger als $0,5 \text{ g}$ je gefahrenem Kilometer – das sind benzinbetriebene Fahrzeuge ab Emissionsklasse Euro 2 und dieselbetriebene Fahrzeuge ab Emissionsklasse Euro 6 – in die Umweltzone einfahren.
2. **PRBa** (Parkraumbewirtschaftung Bestandsausweitung):
Die Parkraumbewirtschaftungszone wird auf das gesamte bebaute Wiener Stadtgebiet ausgedehnt. Die Stundengebühr bleibt unverändert bei $2,10 \text{ Euro}$. Ebenso gilt weiterhin, dass das Entrichten einer Kurzparkgebühr ebenso wie das „Parkpickerl“ für das Abstellen des Fahrzeuges innerhalb eines ganzen Bezirkes berechtigt (bestehendes Modell der Stadt Wien).
3. **CMa** (Citymaut, Gebühr: 11 €):
Im Szenario zur Citymaut wird angenommen, dass eine Gebühr innerhalb von Gürtel, Handelskai und Südosttangente in der Höhe von 11 € je in die Gebührenzone einfahrendem Pkw zu entrichten ist. Die gesamte Gebühr ist bei der Einfahrt zu bezahlen.

Unter den in dieser Studie untersuchten Maßnahmen zeigt die Umweltzone das höchste Potential zur Reduktion der NO_2 Belastung durch den Verkehr in Wien. Eine Umweltzone wirkt gezielt auf die NO_2 -Reduktion und betrifft einen begrenzten Anteil der Pkw-Besitzer. Neben der Verkehrsleistung wird speziell auch die technische Qualität der Flotte beeinflusst und modernere Fahrzeuge mit niedrigen spezifischen Emissionen werden gezielt bevorzugt, während der Einsatz hoch emittierende Fahrzeuge vermieden bzw. zumindest (in Abhängigkeit von Ausnahmeregelungen) minimiert wird. Es werden nur jene verboten, die Hauptverursacher des NO_2 -Problems sind. Wird die Umweltzone innerhalb des Gürtels verordnet, kommt es bei einem Großteil der Luftgüte – Messstatio-

***NO₂-Grenzwert
Überschreitung in
Wien***

***Umweltzone,
Parkraum-
bewirtschaftung,
Citymaut***

***Emissions- und
immissionsseitige
streckenspezifische
Evaluierung***

***Umweltzone hat
höchstes Potenzial
zur NO₂-Reduktion***

nen zu Reduktionen von mehr als 10 % gegenüber dem Szenario „Bestand“. Dies führt dazu, dass der EU-Grenzwert für NO₂ sofort eingehalten werden kann, ab 2023 erfolgt zudem die Einhaltung des Grenzwertes gemäß IG-L (inkl. Toleranzmarge).

Parkraumbewirtschaftung und Citymaut führen zu Fahrleistungsreduktionen

Parkraumbewirtschaftung und Citymaut wirken dem gegenüber nicht auf die Qualität der eingesetzten Flotte, führen jedoch zu teils deutlichen Fahrleistungsreduktionen. Allerdings sind diese Maßnahmen wiederum nur begrenzt verursachergerecht, da alle Verkehrsteilnehmerinnen im MIV gleich stark betroffen sind, egal wie stark sie zur NO₂-Belastung beitragen. Dem gegenüber steht der Vorteil, dass niemand vom MIV gänzlich ausgesperrt wird und die Bestandsflotte weiter genutzt werden kann.¹

Von der Wirkungsweise auf NO₂ ist eine Citymaut mit einer Umweltzone vergleichbar, auch hier kann davon ausgegangen werden, dass ab dem Jahr 2023 die Grenzwerte gemäß IG-L eingehalten werden können. Bei alleiniger Ausweitung der Parkraumbewirtschaftung verschiebt sich dieser Zeitpunkt zwei weitere Jahre nach hinten.

Citymaut mit Umweltzone in Bezug auf NO₂-Wirkung vergleichbar

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Maßnahmen Umweltzone und Citymaut das höchste Potential haben, die Einhaltung der für die menschliche Gesundheit besonders relevanten Schadstoffe rasch zu gewährleisten. Es zeigt sich auch, dass ohne Maßnahmenumsetzung die Einhaltung der EU Luftgütegrenzwerte erst nach 2021 erfolgt, die Einhaltung der Grenzwerte gemäß IG-L erst nach 2025, eine Maßnahmenumsetzung daher erforderlich ist.

In Anbetracht der Synergien, die bei einer sinkenden Fahrleistung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) im Verkehrssystem auftreten, sind jene Maßnahmen zu bevorzugen, die „auf mehreren Ebenen punkten“. Positive Effekte, die über die Emissions- und Immissionsminderungen hinaus gehen, sind z. B. Einsparung von Energie, verminderte Lärmemissionen, weniger Stau, geringere Barrierewirkung, mehr Verkehrssicherheit; aber es ergeben sich dadurch auch Chancen für den Öffentlichen Verkehr sowie die aktive Mobilität, verbunden mit einem großen Nutzen für die Gesundheit.

Citymaut hat positive Effekte auf mehreren Handlungsebenen

Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen ist die Maßnahme Citymaut zu bevorzugen, da hier bei wenig geringerer Emissionsreduktion hinsichtlich NO₂ positive Effekte auf mehreren Handlungsebenen erzielt werden. Jedoch ist zu beachten, dass diese Maßnahme mit den höchsten administrativen Aufwänden verbunden ist und in der zeitlichen Umsetzung daher später wirksam wird als eine relativ rasch zu verordnende Umweltzone bzw. Parkraumbewirtschaftung.

Zusätzlich muss beachtet werden, dass es neben der Umsetzung der untersuchten Maßnahmen noch weitere Maßnahmen wie etwa den Ausbau der Fuß- und Radinfrastruktur bzw. die Kapazitäten im Öffentlichen Verkehr benötigt, um etwaige Verlagerungen im Modal Split zu ermöglichen und die volle Wirkung der Maßnahmen zu erzielen.

¹ Erwähnt muss an dieser Stelle werden, dass die Citymaut sehr wohl auch über die Flexibilität verfügt Verursachergerecht zu wirken, wenn Gebühren über Eurostufen gestaffelt werden. Diese Variante wurde in dieser Studie allerdings nicht berechnet.

SUMMARY

In Vienna, the limit value of the EU Air Quality Directive for the annual mean value of 40 µg/m³ for NO₂ has been, and still is, exceeded at the Hietzinger Kai monitoring site. The limit value according to the Austrian Ambient Air Quality Protection Act (IG L, 30 µg/m³) is also exceeded at the Taborstraße and Wehlstraße monitoring sites. This is caused by transport emissions in particular and especially by the high specific NO₂ emissions from diesel passenger cars.

In this study, measures to reduce transport-related emissions have been examined. These include the introduction of an environmental zone, the expansion of parking space management and the introduction of a congestion charge system for the City of Vienna. These measures were examined in different scenarios with regard to their effect on emissions, air quality and the transport effects (e.g. road traffic volumes, modal split). The aim was to find out how such measures could be designed in Vienna and which of them are suitable for reducing air pollution levels in Vienna.

The existing situation and three scenarios for each measure were assessed from a transport perspective and emissions were screened by performing a scenario screening procedure. In agreement with the client, the following scenarios were then route-specific examined, in terms of emissions and ambient air pollution levels:

1. **UZa** (Environmental Zone "Gürtel" (= Vienna's outer ring road)/NO_x below 0.5):
From 2020, only cars with NO_x emissions of less than 0.5 g per kilometre driven - i.e. gasoline-powered vehicles from emission class Euro 2 and diesel-powered vehicles from emission class Euro 6 - may enter the environmental zone within Gürtel, Handelskai road and the southeast peripheral road (Südosttangente A 23).
2. **PRBa** (expansion of existing parking space management):
The parking space management zone will be extended across the entire built-up area of Vienna. The hourly fee remains unchanged at 2.10 €. The rule that payment of a short-stay parking fee or a "parking sticker" entitles drivers to park their cars within an entire district (existing model in the City of Vienna) shall also remain unchanged.
3. **CMa** (city congestion charge, fee: 11 €):
In the congestion charge scenario, it is assumed that a fee of 11€ per car entering the zone is payable within Gürtel, Handelskai road and the southeast peripheral road (Südosttangente A 23). The fee must be paid in full when entering the zone.

Among the measures examined in this study, the environmental zone shows the highest potential for reducing NO₂ pollution from transport in Vienna. An environmental zone has a targeted effect on NO₂ reduction and affects a limited number of car owners. Apart from vehicle travel, the technical quality of the fleet is also influenced, and preference is given specifically to modern vehicles with low specific emissions, while the use of high-emission vehicles is avoided or at least minimised (depending on exceptional rules). Only those that are the main cause of the NO₂ problem are banned. If the environmental zone is prescribed within the Gürtel, a large part of the air quality monitoring stations will show reductions of more than 10 % compared to the "existing" scenario. This means

NO₂-limit value exceedance in Vienna

Environmental zone, parking space management, congestion charge

Route-specific evaluation of emissions and ambient air pollution levels

Environmental zone shows highest potential for reducing NO₂ pollution

that the EU limit value for NO₂ can be complied with immediately; the limit value in accordance with the Ambient Air Quality Protection Act (IG-L; incl. tolerance margin) will also be complied with from 2023.

Parking space management and congestion charge lead to reductions in vehicle travel

Parking space management and the city congestion charge, on the other hand, do not affect the quality of the fleet used, but in some cases lead to significant reductions in vehicle travel. However, these measures only have a limited impact on the pollutant sources, since all users of motorised individual transport are equally affected, no matter how much they contribute to NO₂ pollution. On the other hand, there is the advantage that nobody is completely excluded from motorised individual transport and that the existing fleet can continue to be used.²

In terms of its effect on NO₂, a city congestion charge is comparable to an environmental zone; here, too, it can be assumed that the limit values according to the Ambient Air Quality Protection Act (IG-L) can be complied with from 2023. If parking space management alone is expanded, compliance will be delayed by another two years.

Environmental zone and congestion charge comparable in terms of NO₂ effect

To sum up, the environmental zone and congestion charging measures have the highest potential to ensure rapid control of pollutants of particular relevance to human health. It also appears that without the implementation of measures, compliance with EU air quality limit values will not be achieved until after 2021 and compliance with the limit values under the Ambient Air Quality Protection Act (IG-L) not until after 2025 – and that the implementation of measures is therefore necessary.

In view of the synergies that can be achieved in the transport system when reducing the vehicle kilometres of motorised individual travel, preference should be given to measures that score on multiple levels. Positive effects that go beyond emission reductions and reductions in ambient air pollution are e.g. energy savings, reduced noise emissions, less congestion, less barrier effect, more road safety; but there are also opportunities for public transport and active mobility, combined with major health benefits.

Congestion charge scores with positive effects on multiple levels

In the light of these considerations, the congestion charge is to be preferred, as positive effects can be achieved – with slightly smaller emission reductions in respect of NO₂ – at several action levels. It should be noted, however, that the congestion charge requires the highest administrative effort and will therefore, when looking at the timescale of implementation, become effective at a later date than a relatively quickly prescribed environmental zone or parking space management.

In addition, it must be noted that, in addition to the implementation of the measures examined, further measures such as the expansion of pedestrian and cycling infrastructures and public transport capacities are needed to allow for possible shifts in the modal split and for the measures to take full effect.

² It must be mentioned at this point that the city congestion charge also has the flexibility to be source-related if charges are differentiated by emission class. However, this variant was not examined in this study.

ERGEBNIS

1.1 IST-Situation

Zahlreiche österreichische und europäische Städte leiden an einer hohen Feinstaub- und/oder Stickstoffdioxidbelastung. Sowohl Feinstaub als auch Stickstoffdioxid (NO₂) sind lokal wirksame Luftschadstoffe, die für die BewohnerInnen der betroffenen Gebiete in hohem Maße schädlich sind.

In Wien wird das Grenzwertkriterium für den Tagesmittelwert von Feinstaub (PM₁₀) gemäß EU-Luftqualitätsrichtlinie (50 µg/m³, 35 Überschreitungen pro Kalenderjahr zulässig) seit 2012 eingehalten, das Grenzwertkriterium gemäß dem nationalen Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L; 50 µg/m³ als Tagesmittelwert, 25 zulässige Überschreitungen) wird seit 2015 eingehalten. Aus gesundheitlicher Sicht ist die Belastung durch Feinstaub – und hier vor allem durch PM_{2,5} – aber weiterhin relevant, da PM_{2,5} der Luftschadstoff mit den größten Auswirkungen auf die menschliche Gesundheit ist (WHO 2013). So wird z. B. der Richtwert der Weltgesundheitsorganisation (WHO) von 10 µg/m³ für PM_{2,5} in Wien noch deutlich überschritten. Die vorliegende Studie fokussiert aber auf die Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte gemäß EU-Luftqualitätsrichtlinie und IG-L.

Gemäß IG-L gilt für den NO₂-Jahresmittelwert ein Grenzwert von 30 µg/m³ (35 µg/m³ inklusive Toleranzmarge). Dieser Grenzwert gilt seit 1. Jänner 2012. Auf Basis wissenschaftlicher Erkenntnisse ging man davon aus, dass bei Konzentrationen über 30 µg/m³ im Jahresmittel eine negative Beeinflussung der menschlichen Gesundheit insbesondere bei Kindern nicht mehr ausschließbar ist. Auf europäischer Ebene wurde mit der 1. Tochterrichtlinie ein Grenzwert für den Jahresmittelwert von 40 µg/m³ festgelegt. Die Schweiz hat – wie Österreich – einen Grenzwert von 30 µg/m³ für den Jahresmittelwert. Seit der IG-L Novelle des Jahres 2010 (BGBl. 77/2010) ist ein Luftreinhalteprogramm für NO₂ so auszulegen, dass ein Wert von 40 µg/m³ sicher eingehalten wird.

In Wien wurde und wird der Grenzwert der EU-Luftqualitätsrichtlinie für den Jahresmittelwert von 40 µg/m³ für NO₂ an der Messstelle Hietzinger Kai überschritten, der Grenzwert gemäß IG-L (siehe dazu auch Kapitel 2.1.1.2) wird darüber hinaus an den Messstellen Taborstraße und Wehlstraße überschritten. Die im Jahr 2013 für Wien durchgeführten Immissionsberechnungen haben ergeben, dass Grenzwertüberschreitungen im dicht bebauten Stadtgebiet entlang von stärker befahrenen Straßenzügen auftreten können. Allerdings hat in der Zwischenzeit die Belastung deutlich abgenommen (siehe Abbildung 33), sodass davon ausgegangen werden kann, dass die Zahl der betroffenen Menschen nun deutlich kleiner ist. Aktuelle Zahlen zur Immissionsbelastung durch NO₂ für Wien liegen voraussichtlich mit Jahresende 2018 vor.

Bei einer Überschreitung eines Immissionsgrenzwertes an einer (oder mehrerer) Messstelle(n) gibt es Handlungsbedarf für den Landeshauptmann/die Landeshauptfrau. Die Stadt Wien setzt Maßnahmen zur Verbesserung der Luftqualität in verschiedenen Bereichen. Stickstoffoxide NO_x (Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂)) entstehen überwiegend als unerwünschte Nebenprodukte bei der Verbrennung von Brenn- und Treibstoffen bei hoher Temperatur. Der mit Abstand größte Verursacher ist der Verkehr.

Hohe Feinstaub- und Stickstoffdioxidbelastung in Österreichischen Städten

NO₂-Grenzwert Überschreitung in Wien

**Umweltzone,
Parkraum-
bewirtschaftung,
Citymaut**

Daher ist der Schwerpunkt des aktuellen NO₂-Programms der Stadt Wien³ eine Weiterentwicklung der bisherigen Verkehrspolitik. Im Rahmen dieser Studie wurden die Maßnahmen Umweltzone, Parkraumbewirtschaftung und Citymaut hinsichtlich ihrer Wirkung auf Emissionen, die Luftqualität aber auch die verkehrlichen Effekte (z. B. Kfz-Verkehrsmengen, Modal Split) untersucht. Ziel war es zu identifizieren, wie diese Maßnahmen in Wien ausgestaltet sein könnten, und welche geeignet sind, um die Schadstoffbelastung in Wien zu reduzieren.

1.2 Maßnahmen & Szenarien

Zur Analyse der potentiellen Wirkungen der drei ausgesuchten Maßnahmen Umweltzone, Parkraumbewirtschaftung und Citymaut wurden zunächst mehrere Szenarien definiert und einer Erstanalyse zugeführt.

1.2.1 Business As Usual (BAU): Planungsnullfall

Um die Wirkung der Szenarien abbilden und bewerten zu können, wurde ein Modelldurchlauf simuliert, in dem keine zusätzlichen Maßnahmen zur Reduktion der Luftschadstoffemissionen aus dem Verkehr gesetzt werden (BAU, z. B. hier wurde etwa die bestehende Parkraumbewirtschaftung berücksichtigt). Dieser Durchlauf bildete das Grundlagenszenario für die weiteren Berechnungen. Die Effekte der untersuchten Maßnahmen wurden jeweils in drei Maßnahmenintensitäten untersucht und werden im Folgenden in der Maßnahmenbeschreibung angeführt.

1.2.2 Szenarien Umweltzone

Umweltzonen sind geographisch definierte Gebiete, in denen (von verschiedenen Ausnahmen abgesehen) nur Kraftfahrzeuge mit einem geringen (Niedrig-Emissions-Zone) oder keinem Schadstoffausstoß (Null-Emissions-Zone) in Betrieb genommen werden dürfen. Niedrig-Emissions-Zonen wurden bereits in zahlreichen europäischen Städten⁴ (bspw. in Deutschland, Großbritannien, Italien, Schweden) realisiert oder stehen kurz vor der Realisierung. Details zur Maßnahme Umweltzone sind in Kapitel 3.1 angeführt.

**Umweltzone
Variante A**

Bei der räumlichen Ausdehnung der Umweltzone wurden drei Zonen unterschieden. In Variante A „Umweltzone Gürtel“ wird das Gebiet innerhalb der Gürtel Straße (B221) bzw. Brigittenauer Lände (B227) im Westen, dem Handelskai (B14) im Norden, und der Südosttangente (A23) im Osten zur Umweltzone erklärt. Die Grenzstraßen selbst (Gürtel, Handelskai, Südosttangente) sind nicht von der Regelung betroffen.

³ <https://www.wien.gv.at/umwelt/luft/massnahmen/>

⁴ siehe z. B. <http://www.urbanaccessregulations.eu/>

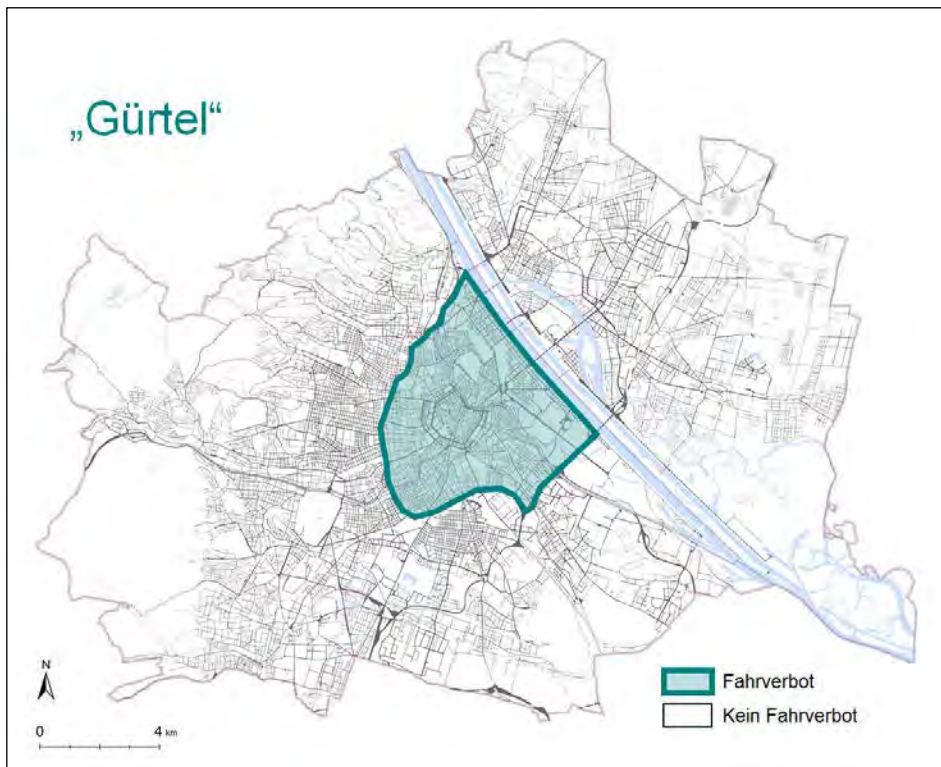
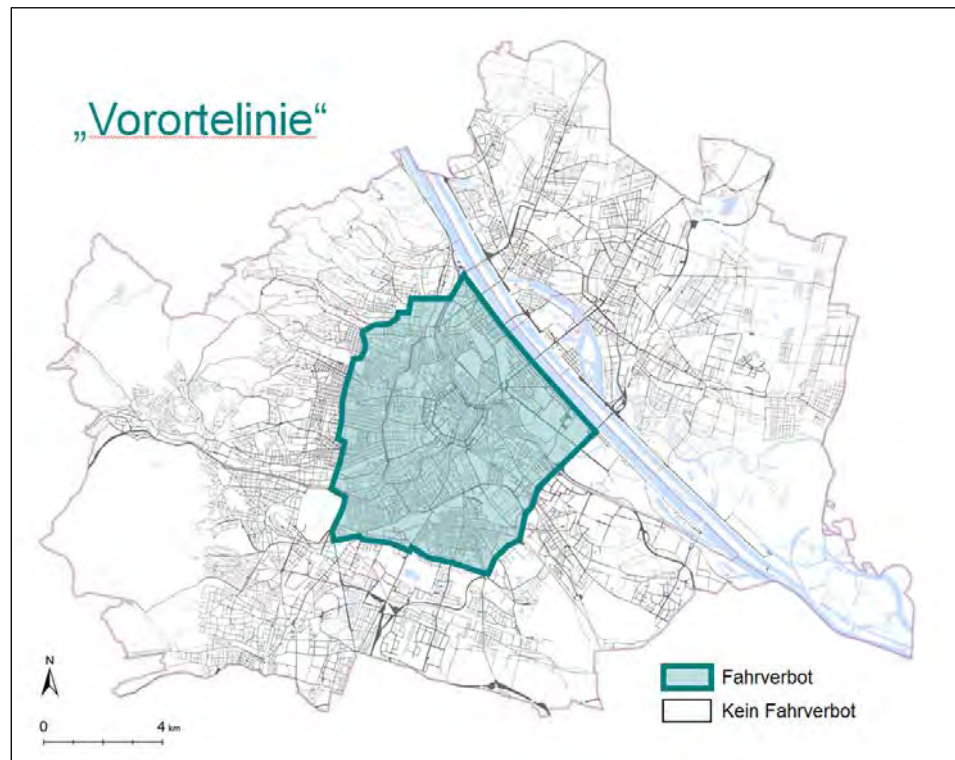


Abbildung 1:
Umweltzone „Gürtel“,
Quelle: MA18

In Variante B „Umweltzone Vorortelinie“ wird die Umweltzone im Westen durch die „Vorortelinie“ begrenzt – bzw. genauer durch den Hauptstraßenzug Altmannsdorfer Straße, Grünbergstraße (B224), Linke Wienzeile (B1), Schlossallee, Johnstraße, Auf der Schmelz, Possingergasse, Wattgasse, Lidlgasse, Gersthofer Straße, Türkenschanzplatz, Max-Emanuel-Straße, Peter-Jordan-Straße, Linnéplatz, Hans-Richter-Gasse, Hartäckerstraße, Cottagegasse, Krottenbachstraße, Billrothstraße, Silbergasse, Ruthgasse, Barawitzkagasse, Gunoldstraße, Brigittenauer Lände (B227). Im Norden bildet der Handelskai (B14), im Osten die Südosttangente (A23) und im Süden der „Wienerberg“ (Edelsinnstraße, Wienerbergbrücke, Wienerberstraße, Triester Straße, Raxstraße, Grenzackerstraße, Altes Landgut (B225)) die Grenze. Grenzstraßen und das hochrangige Verkehrsnetz (Autobahnen und Schnellstraßen) sind nicht von der Regelung betroffen.

Umweltzone Variante B

Abbildung 2:
Umweltzone
„Vorortelinie“,
Quelle: MA18



Umweltzone Variante C In Variante C erstreckt sich die Umweltzone über das gesamte Wiener Stadtgebiet. Von der Regelung ausgenommen sind neben den Autobahnen und Schnellstraßen hochrangige Hauptstraßen im Wiener Stadtgebiet: zum Teil die Gürtelstraße (B221), die Wiener Straße (B1), die Altmannsdorfer Straße und die Grünbergstraße (B224) sowie die Brünner Straße (B7) und die gesamte Klosterneuburger Straße (B14).

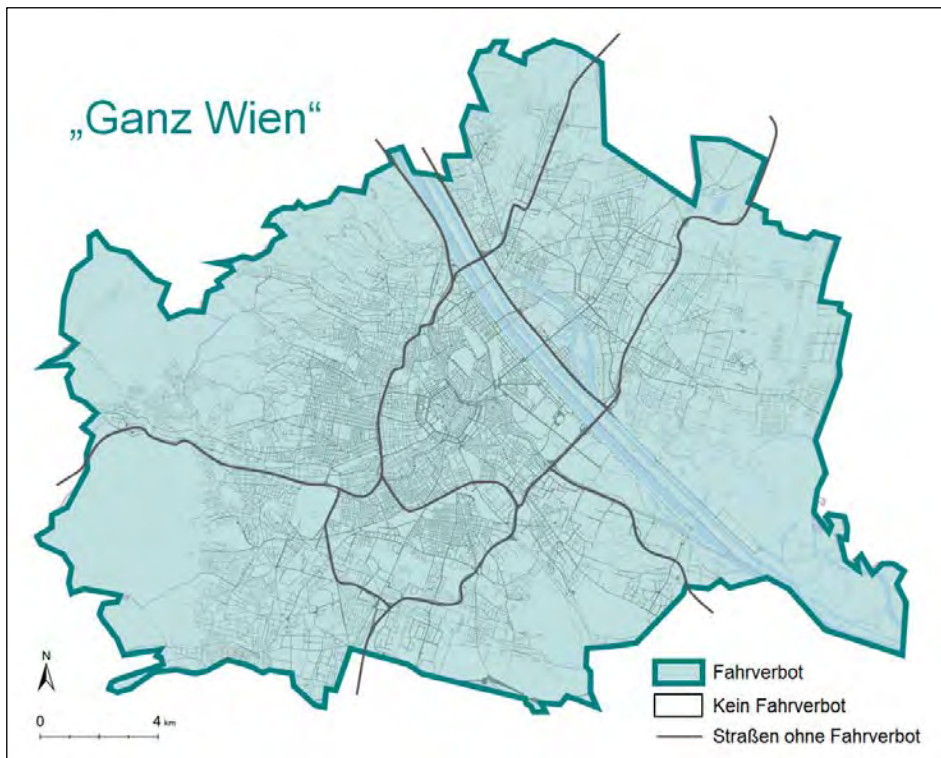


Abbildung 3:
Umweltzone „Ganz
Wien“, Quelle: MA18

Zudem wurden in der Szenarientwicklung zwei Varianten angedacht, die sich in den von der Umweltzone betroffenen Emissionsklassen unterscheiden. Bei der Variante „NO_x unter 0,5“ dürfen nur mehr Pkw mit einem NO_x-Ausstoß von weniger als 0,5 g je gefahrenem Kilometer (vgl. Kapitel 5.2.) – das sind benzinbetriebene Fahrzeuge ab Emissionsklasse Euro 2 und dieselpbetriebene Fahrzeuge ab Emissionsklasse Euro 6 – in die Umweltzone einfahren.

Bei der Variante „NO_x unter 0,2“ liegt das Kriterium bei nur mehr 0,2 g NO_x je gefahrenem Kilometer, weshalb hier zusätzlich benzinbetriebene Fahrzeuge der Emissionsklasse Euro 2 und dieselpbetriebene Fahrzeuge der Emissionsklasse Euro 6b ausgeschlossen werden.

**Szenarienvariante
NO_x unter 0,5**

**Szenarienvariante
NO_x unter 0,2**

| | < Euro 1 | Euro 1 | Euro 2 | Euro 3 | Euro 4 | Euro 5 | Euro 6b | Euro 6d temp | Euro 6d + |
|---------------------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------------|-----------|
| NO_x unter 0,5 | | | | | | | | | |
| Benzin | n | n | j | j | j | j | j | j | j |
| Diesel | n | n | n | n | n | n | j | j | j |
| NO_x unter 0,2 | | | | | | | | | |
| Benzin | n | n | n | j | j | j | j | j | j |
| Diesel | n | n | n | n | n | n | n | j | j |

Tabelle 1:
Unterscheidung der
Varianten für die von
einer Umweltzone
betroffenen
Emissionsklassen,
Quelle: MA18

Beide Varianten wurden einer ersten groben Wirkungsabschätzung zugeführt. Es zeigte sich, dass bereits vor 2024 der EU-Grenzwert ohne zusätzliche Maßnahmen erreicht werden kann.

***Umweltzone, NO_x
unter 0,5***

Aus diesem Grund wurde in weiterer Folge nur noch die Variante „NO_x unter 0,5“ mit dem frühen Einführungszeitpunkt 2020 weiterverfolgt und im Hinblick auf die drei Varianten der räumlichen Zonenabgrenzung eingehend analysiert.

Die Szenarien, die im Rahmen der Einrichtung einer Umweltzone analysiert wurden, lauten somit:

1. **UZa** (Zone: Gürtel/NO_x unter 0,5)
2. **UZb** (Zone: Vorortelinie/NO_x unter 0,5)
3. **UZc** (Zone: Ganz Wien/NO_x unter 0,5)

1.2.3 Szenarien Parkraumbewirtschaftung

Parkraum wird vorrangig dort bewirtschaftet, wo die Zahl jener Fahrzeuge, die einen Stellplatz benötigen, die Zahl der verfügbaren Stellplätze übersteigt oder die Auslastung sehr hoch ist. In diesen Fällen ergeben sich, auch durch den Stellplatzsuchverkehr, ein erhöhtes Verkehrsaufkommen und – damit verbunden – erhöhte verkehrsbedingte Emissionen.

Parkraumbewirtschaftung wirkt gleichermaßen auf alle Fahrzeuge, unabhängig von der Emissionsklasse der Fahrzeuge. Nichtsdestotrotz wurden auch im Rahmen dieser vorgeschlagenen Maßnahme, zur Verringerung der Fahrleistung sowie der Parkplatzsuchzeit, Szenarien unterschieden, die sich vorrangig in der Zonenabgrenzung sowie in der Gebührenhöhe unterscheiden.

***Parkraum-
bewirtschaftung
Variante A***

In Variante A wurde die Parkraumbewirtschaftungszone wie in Abbildung 4 ersichtlich auf das gesamte bebaute Wiener Stadtgebiet ausgedehnt. Die Stundengebühr bleibt unverändert bei 2,10 Euro. Ebenso gilt weiterhin, dass das Entrichten einer Kurzparkgebühr ebenso wie das „Parkpickerl“ für das Abstellen des Fahrzeuges innerhalb eines ganzen Bezirkes berechtigt (bestehendes Modell der Stadt Wien). Binnenverkehr per Pkw innerhalb eines Bezirkes wird somit zumindest bei Erwerb eines Parkpickerls nicht eingeschränkt bzw. durch die bessere Parkplatzverfügbarkeit sogar gefördert.

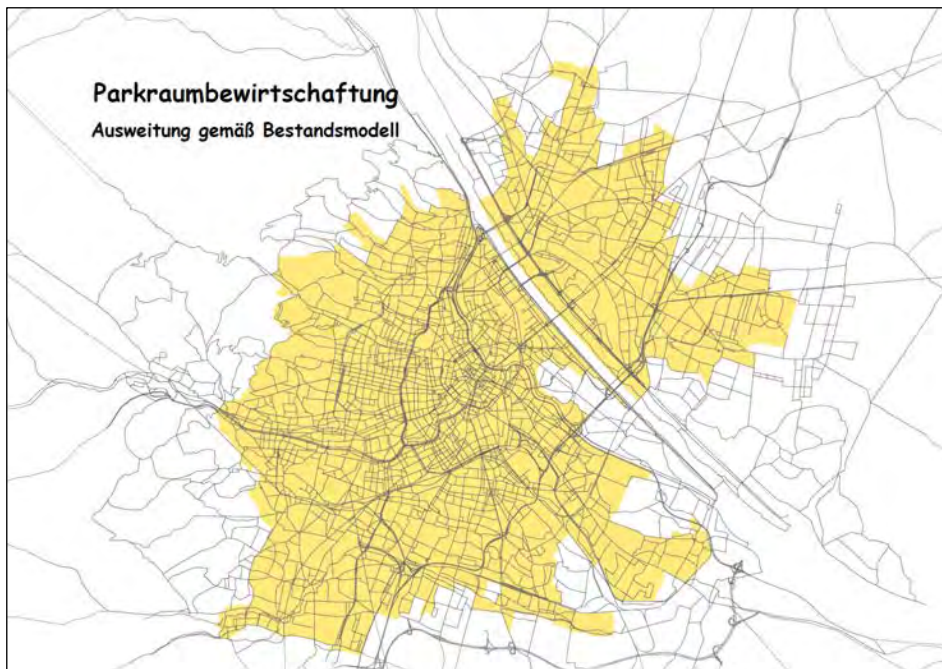


Abbildung 4:
Parkraumbewirtschaftung
Bestandserweiterung,
Quelle: MA18

In Variante B wird die Parkraumbewirtschaftung grundlegend auf ein Zonenmodell mit gestaffelten Tarifen geändert. Die Gebührenhöhe bewegt sich je nach Lage im Stadtgebiet zwischen 0 und 5 Euro pro Stunde, wobei sich die Gebühren grundsätzlich an den Marktpreisen orientieren, für welche die bestehenden Garagentarife als Indikator verwendet wurden. Daher gilt: Je näher am Stadtzentrum, desto höher die Parkgebühr. Es existiert keine maximale Parkdauer und zusätzlich werden die Parkzonen für Anwohner nach dem fußläufigen Einzugsbereich um den Wohnort bemessen. Damit wird auch der Binnenverkehr per Pkw innerhalb der Bezirke eingeschränkt und der Parkplatzsuchverkehr auf ein Minimum reduziert.

**Parkraumbewirtschaftung
Variante B**

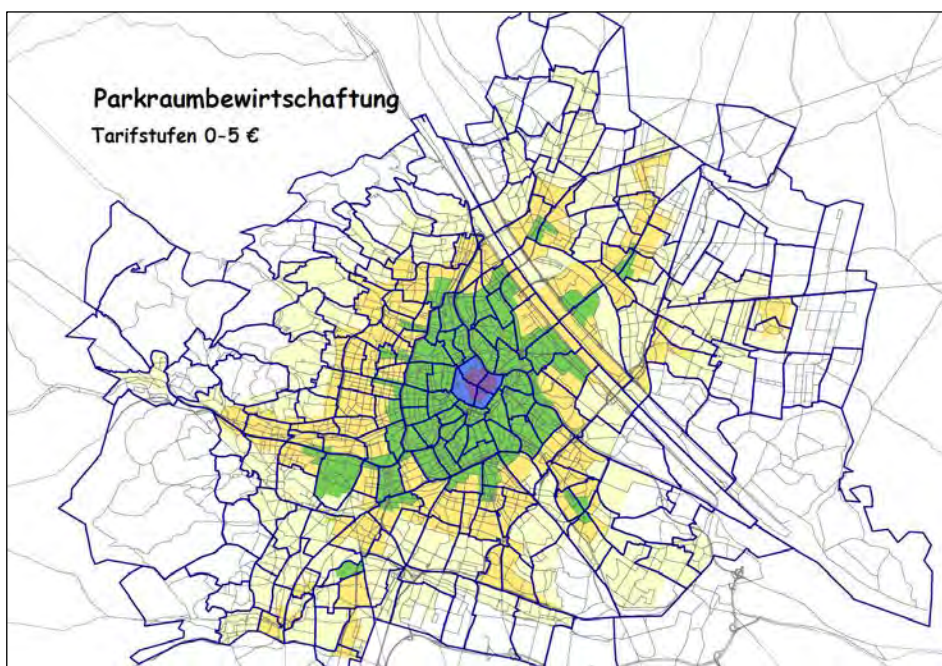
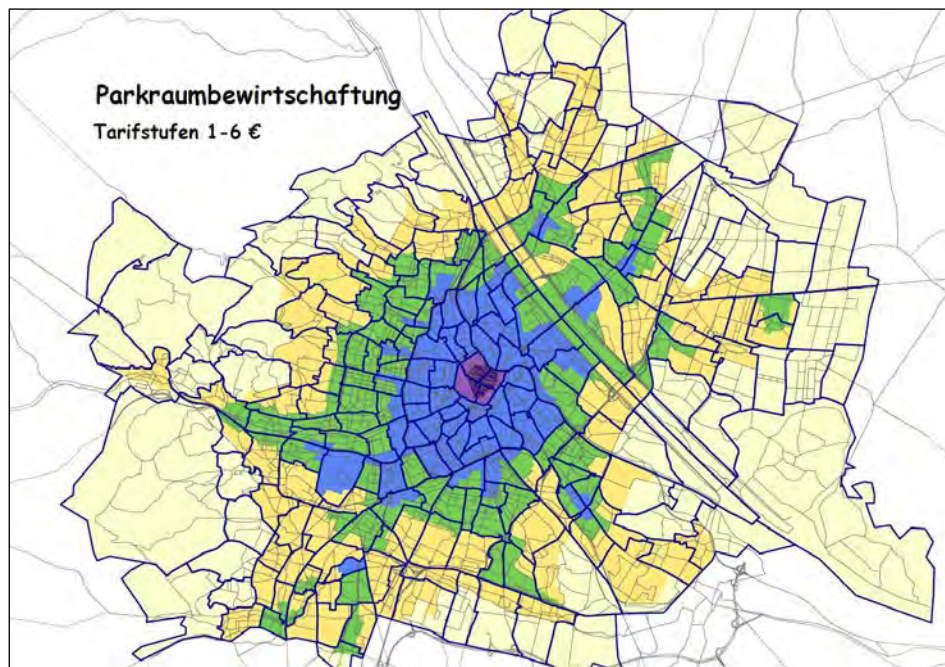


Abbildung 5:
Parkraumbewirtschaftung
Zonenmodell 0–5€,
Quelle: MA18

**Parkraum-
bewirtschaftung
Variante C**

Variante C entspricht dem gleichen System wie Variante B. Die Gebühr ist im gesamten Wiener Stadtgebiet zu entrichten und in jeder Zone um 1 €/h höher als in Variante B. Die Gebührenhöhe bewegt sich somit je nach Lage im Stadtgebiet zwischen 1 und 6 Euro pro Stunde (siehe Abbildung 6).

Abbildung 6:
Parkraum-
bewirtschaftung
Zonenmodell 1–6€,
Quelle: MA18



Die Szenarien, die im Rahmen der Intensivierung der Parkraumbewirtschaftung analysiert wurden, lauten somit:

1. **PRBa** (Bestandserweiterung)
2. **PRBb** (Zonenmodell 0–5 €)
3. **PRBc** (Zonenmodell 1–6 €)

1.2.4 Szenarien Citymaut

Als Citymaut wird die Einhebung von Gebühren für die Nutzung innerstädtischer Verkehrsinfrastruktur bezeichnet. Alternative Begriffe dafür sind: Innenstadtmaut, Road-Pricing, Mobility-Pricing oder Congestion Charge.

**Citymaut Gürtel
mit unter-
schiedlichen
Tarifen**

In den Szenarien zur Citymaut wurde angenommen, dass eine Gebühr innerhalb des „Gürtels“ zu entrichten ist. Das Gebiet wird von der Gürtel Straße (B221) bzw. Brigittenauer Lände (B227) im Westen, dem Handelskai (B14) im Norden, und der Südosttangente (A23) im Osten begrenzt. Beim Befahren der Grenzstraßen selbst (Gürtel, Handelskai, Südosttangente) ist keine Gebühr zu entrichten. Die analysierten Szenarien unterscheiden sich dahingehend, dass in Variante A 11 €, in Variante B 5,5 € und in Variante C 2,75 € je in die Gebührzone einfahrendem Pkw zu entrichten sind. Die gesamte Gebühr ist bei der Einfahrt zu bezahlen.

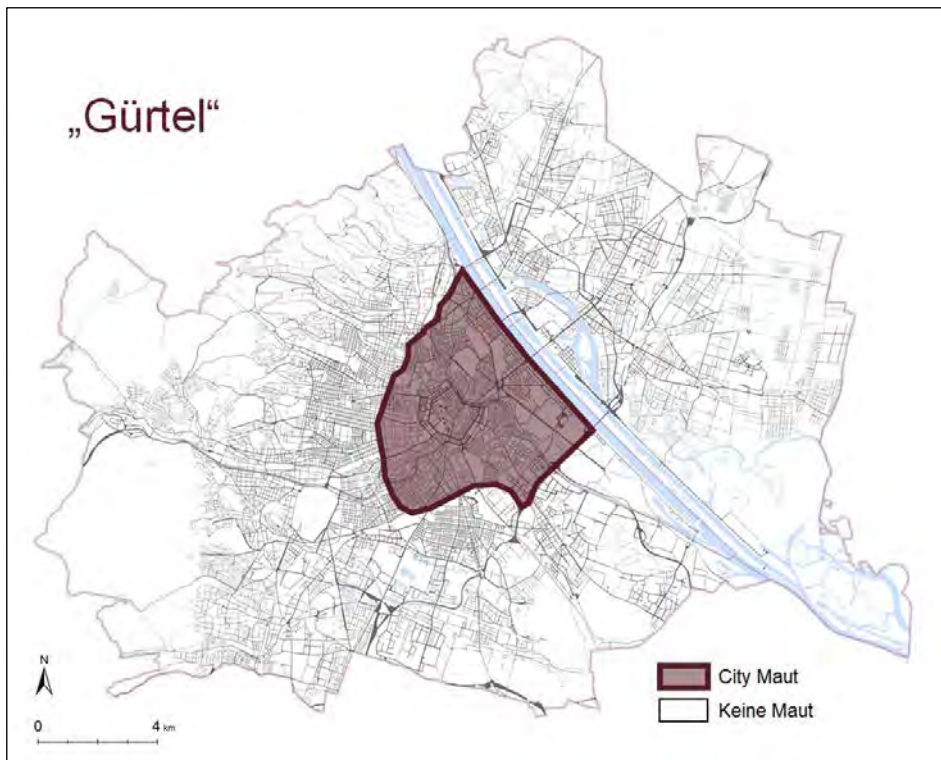


Abbildung 7:
Citymaut,
Gebührenzone,
Quelle: MA18

Die Szenarien, die im Rahmen der Einhebung einer Citymaut analysiert wurden, lauten somit:

1. **CMa** (Gebühr: 11,00 €)
2. **CMb** (Gebühr: 5,50 €)
3. **CMc** (Gebühr: 2,75 €)

1.3 Methode

Zur Abschätzung der verkehrlichen, emissions- und immissionsseitigen Potenziale der einzelnen Szenarien wurde folgende Methodik gewählt:

Alle verkehrlichen Auswirkungen und Ergebnisse des Bestands-Szenarios sowie der anderen 9 Szenarien wurden mit dem Verkehrsmodell der Stadt Wien, Magistratsabteilung 18 (P. Holzapfel, R. Riedel, Verkehrsmodell Wien, MA 18) quantifiziert.

Mit den Ergebnissen zur Gesamtfahrleistung wurden alle Szenarien in einer ersten Stufe im Zuge eines Szenarienscreenings emissionsseitig grob abgeschätzt.

Das Business-as-usual-Szenario sowie jeweils ein ausgewähltes Szenario jeder Maßnahme wurden in einer zweiten Stufe streckenspezifisch für ganz Wien emissions- und immissionsseitig modelliert. Für die Detailanalyse der Emissionen kam das Netzwerk-Emissions-Modell NEMO (DIPPOLD et al. 2012) zum Einsatz.

Die streckenspezifischen Ergebnisse der Emissionsmodellierung wurden dann in Form einer GIS-Datenbank dem Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU Graz zur Immissionsberechnung übergeben.

**Methodik der
Szenarien-
abschätzung**

Die Berechnung der Immissionsbelastungen erfolgte auf Basis der Ergebnisse der Emissionsmodellierung und mit dem Modellsystem GRAMM/GRAL⁵, wobei die Windfelder mit dem prognostischen Strömungsmodell GRAMM und die Konzentrationsfelder mit dem Partikelmodell GRAL (Version Jänner 2018) berechnet wurden.

1.4 Verkehrsmodellierung der Stadt Wien

Mit dem Verkehrsmodell der Stadt Wien (VmW), Magistratsabteilung 18, wurde die Wirkung der Maßnahmen auf das Personenverkehrsaufkommen im Bestand und in allen neun Szenarien streckenspezifisch quantifiziert (Details siehe Kapitel 4).

1.4.1 Gesamtverkehrsleistung

Gesamtverkehrsleistung

Die Gesamtverkehrsleistungen des Bestands und von den 9 Szenarien waren Input für das Szenarienscreening.

Tabelle 2:
Gesamtverkehrsleistung
der Szenarien
[Mio Pkw-km/Werktag],
Quelle: MA18

| [Mio. Kfz*km/Werktag] | Pkw | Lieferwagen | Lkw |
|------------------------|-------|-------------|-----|
| Bestand | 16,3 | 1,7 | 1,1 |
| UZ Gürtel | 15,7 | „ | „ |
| UZ Vorortelinie | 15,6 | „ | „ |
| UZ Ganz Wien | 15,5 | „ | „ |
| PRB Bestandsausweitung | 15,2 | „ | „ |
| PRB Zonenmodell 0–5 € | 15,5 | „ | „ |
| PRB Zonenmodell 1–6 € | 13,6 | „ | „ |
| Citymaut 11 € | 12,91 | „ | „ |
| Citymaut 5,5 € | 12,94 | „ | „ |
| Citymaut 2,75 € | 14,3 | „ | „ |

1.4.2 Streckenspezifische Fahrleistung

Streckenspezifische Fahrleistung

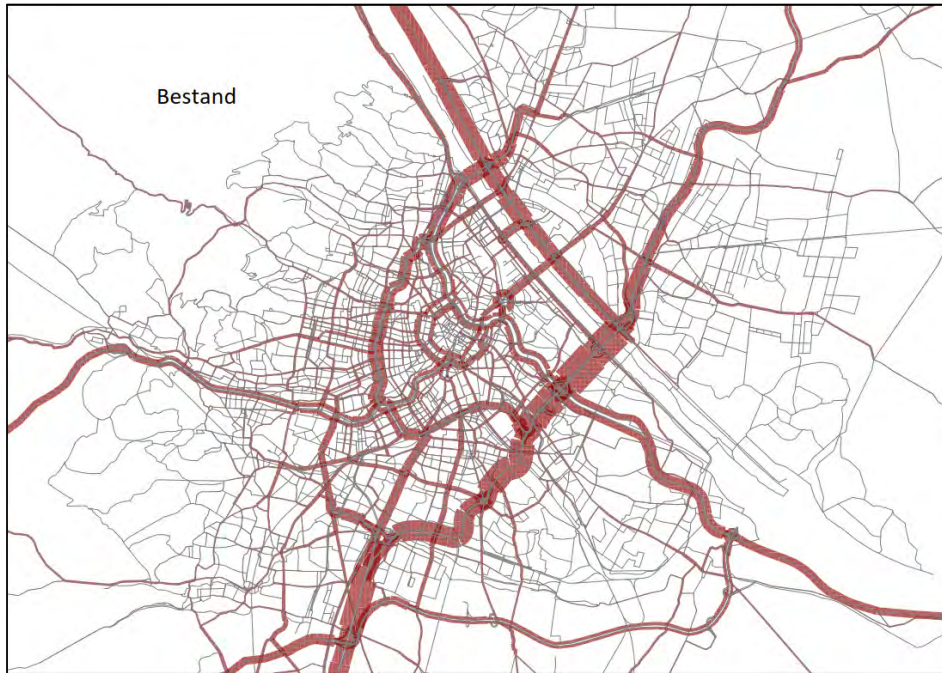
Weitere Ergebnisse der Verkehrsmodellierung waren streckenspezifische Fahrleistungen für Bestand und die neun Szenarien.

Die folgenden Ergebnisse zeigen beispielhaft die Auswirkungen für BAU und jene Modellfälle, welche im Rahmen der Untersuchung einer detaillierten Emissions- und Immissionsberechnung zugeführt werden (siehe Kapitel 1.6) sowie jeweils die Differenz zum Bestand.

Die Fahrleistung je Strecke ist ein notwendiger Input für die detaillierte Emissions- und Immissionsmodellierung.

⁵ Eine detaillierte Beschreibung des Modells und Ergebnisse von Validierungsrechnungen können auf der Website des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung unter <http://www.umwelt.steiermark.at/cms/beitrag/11023486/19222537/> heruntergeladen werden.

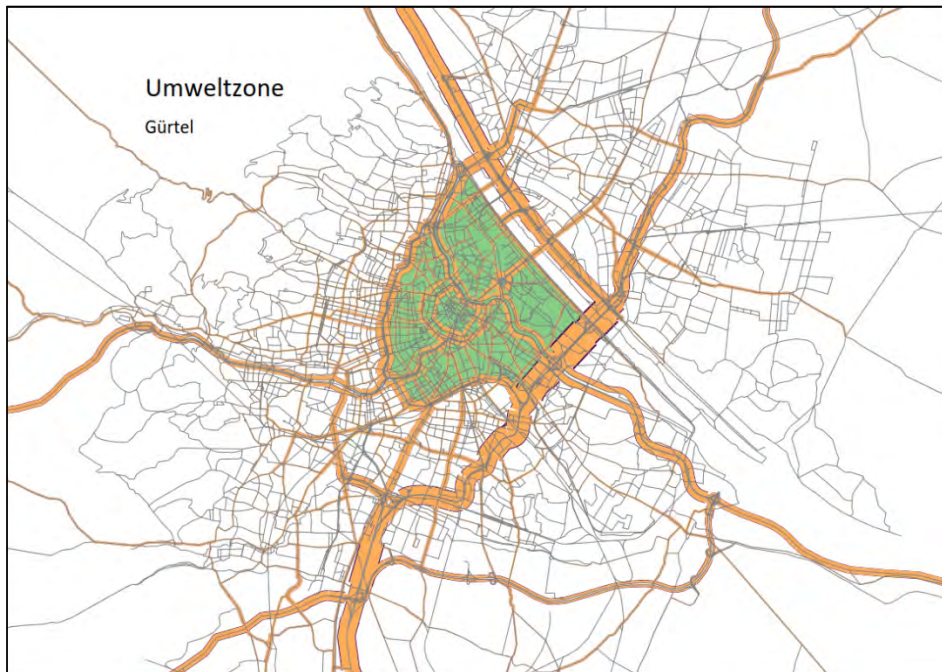
Bestand



Bestand

Abbildung 8: Pkw-Verkehrsstärke (DTVw⁶) Bestand, VmW 2018, Quelle: MA18

Umweltzone Gürtel



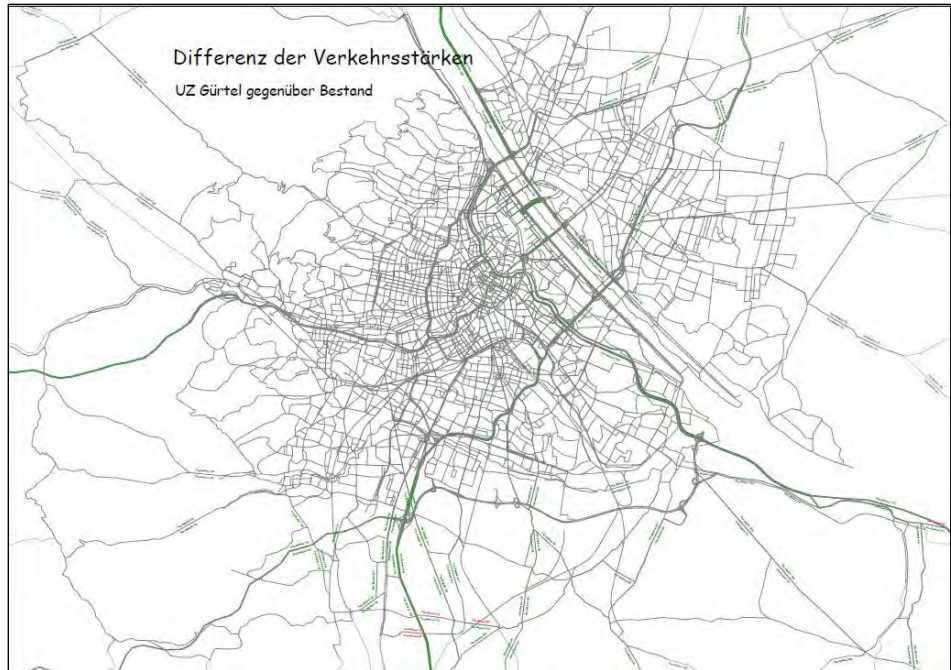
Umweltzone Gürtel

Abbildung 9: Pkw-Verkehrsstärke (DTVw) Umweltzone Gürtel, VmW 2018, Quelle: MA18

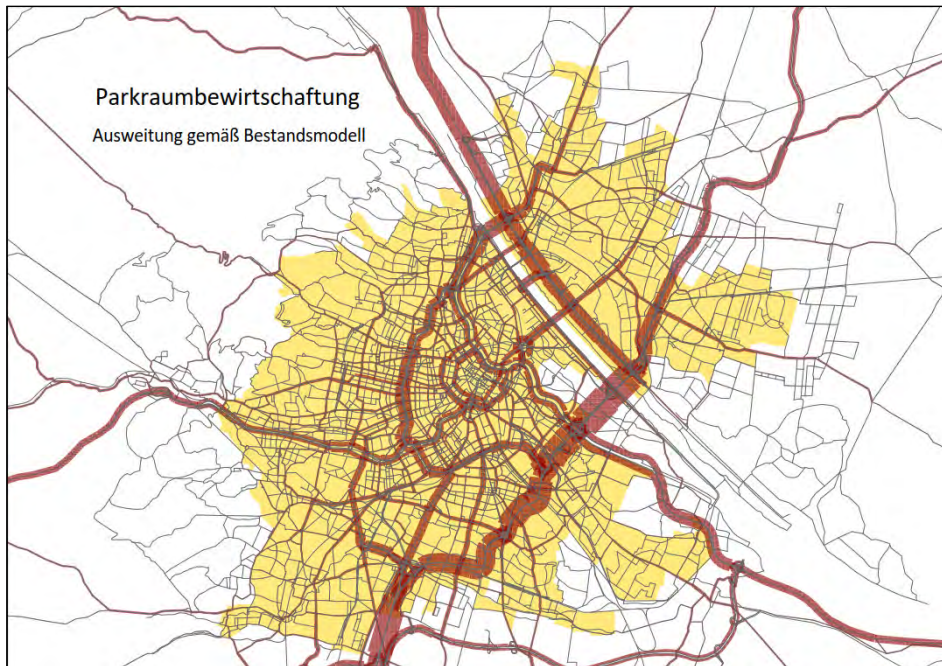
⁶ DTVw = Durchschnittliche tägliche Verkehrsstärke an Werktagen

Differenz Umweltzone Gürtel zu Bestand

Abbildung 10:
Pkw-Verkehrsstärke
(DTVw) Differenz
Umweltzone Gürtel zu
Bestand, 5-fach
überhöht, VmW 2018,
Quelle: MA18



Parkraumbewirtschaftung Bestandsausweitung



**Parkraum-
bewirtschaftung
Bestands-
ausweitung**

Abbildung 11: Pkw-Verkehrsstärke (DTVw) Parkraumbewirtschaftung Ausweitung Bestand, VmW 2018, Quelle: MA18

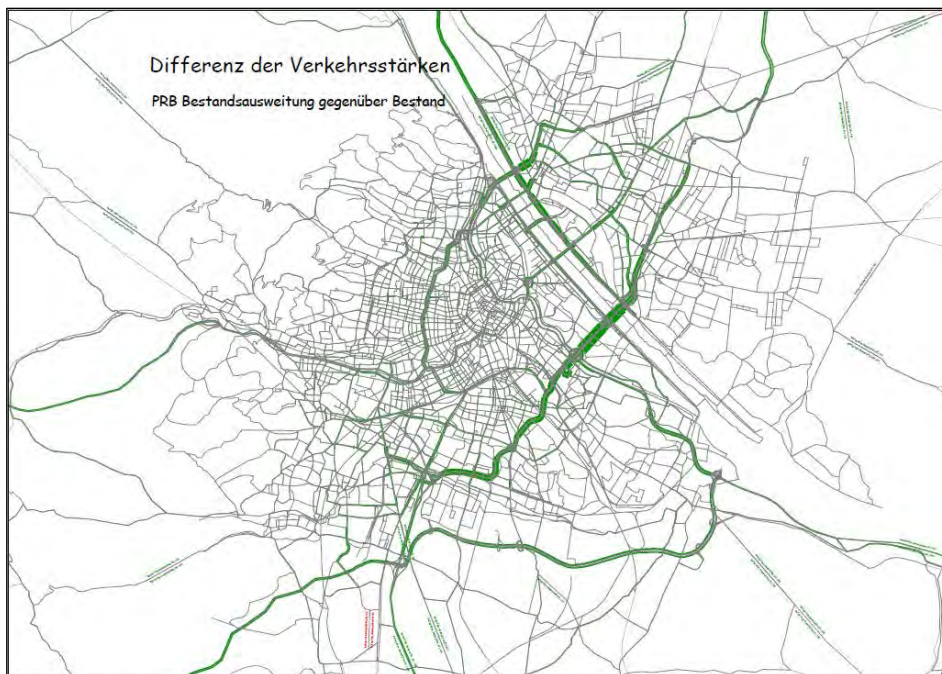


Abbildung 12: Pkw-Verkehrsstärke (DTVw) Differenz PRB Bestandsausweitung zu Bestand, 5-fach überhöht, VmW 2018, Quelle: MA18

Citymaut Gürtel

Citymaut Gürtel

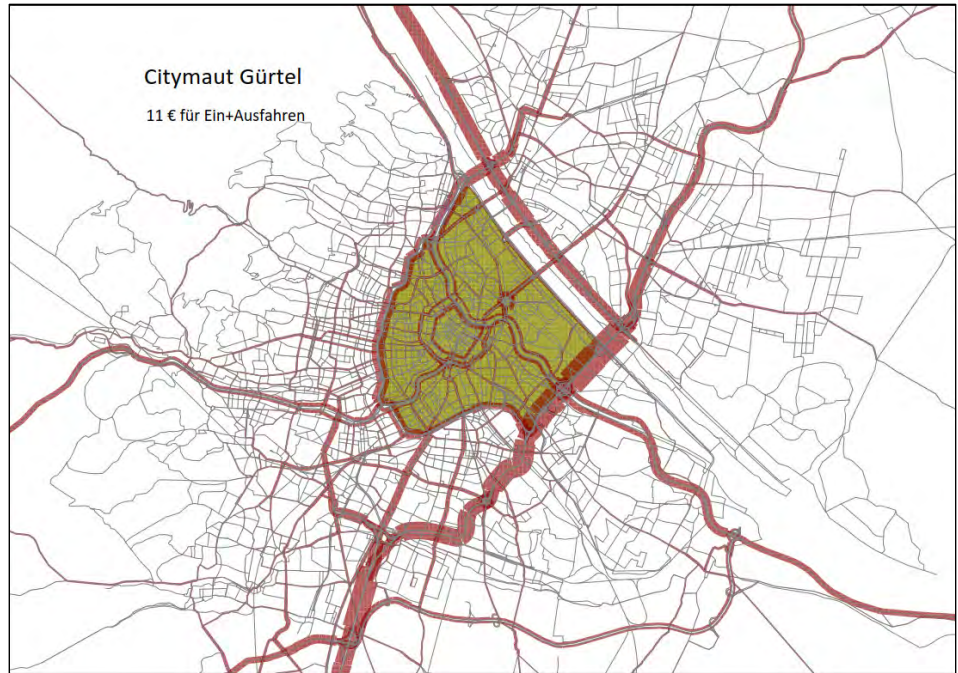


Abbildung 13: Pkw-Verkehrsstärke (DTVw) Citymaut Gürtel € 11, VmW 2018, Quelle: MA18

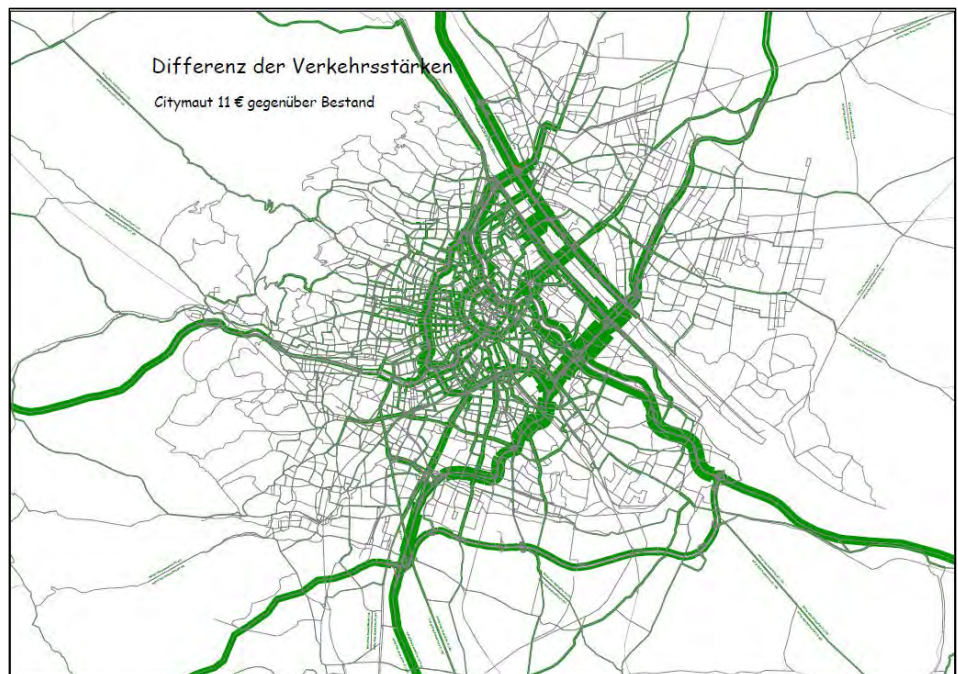


Abbildung 14: Pkw-Verkehrsstärke (DTVw) Differenz Citymaut Gürtel zu Bestand, 5-fach überhöht, VmW 2018, Quelle: MA18

1.4.3 Querschnitte und Modal Split

Beim Szenario Umweltzone sinkt die Verkehrsleistung (gefahren Kfz-km) in geringem Ausmaß. Das Szenario Citymaut weist die stärkste Verkehrs-Reduktion (gefahren Kfz-km) auf. Je höher der Tarif für die Zone gestaltet ist, desto höher ist auch die Reduktion der Verkehrsleistung. Das Szenario Parkraumbewirtschaftung liegt in der Wirkung – was die verkehrliche Wirkung betrifft – zwischen den beiden anderen Maßnahmen. Die einzelnen Modelle der Parkraumbewirtschaftung unterscheiden sich in ihrer Wirkung hinsichtlich Reduktion der Verkehrsleistung: Das Zonenmodell 1–6 € (Tarifstaffelung und kleinere Parkpickerl-Zonen) wirkt am effektivsten, die Bestandsausweitung (keine Tarifstaffelung und Bezirks-Parkpickerl-Zonen) wirkt geringer.

Hinsichtlich der Reduktion der Verkehrsleistung (auch Querschnittsbelastung, Modal-Split-Veränderungen) wirken folgende Maßnahmen in ähnlichem Bereich:

- UZ Gürtel und PRB Bestandsausweitung
- PRB 1–6 € und Citymaut 2,75 €
- Citymaut 11 €

In Abbildung 15 und Tabelle 3 werden die detaillierten Berechnungsergebnisse zu den oben angeführten Szenarien an ausgewählten Querschnitten im Wiener Straßennetz dargestellt.

**Ergebnisse
Verkehrsstärken an
ausgewählten
Querschnitten**

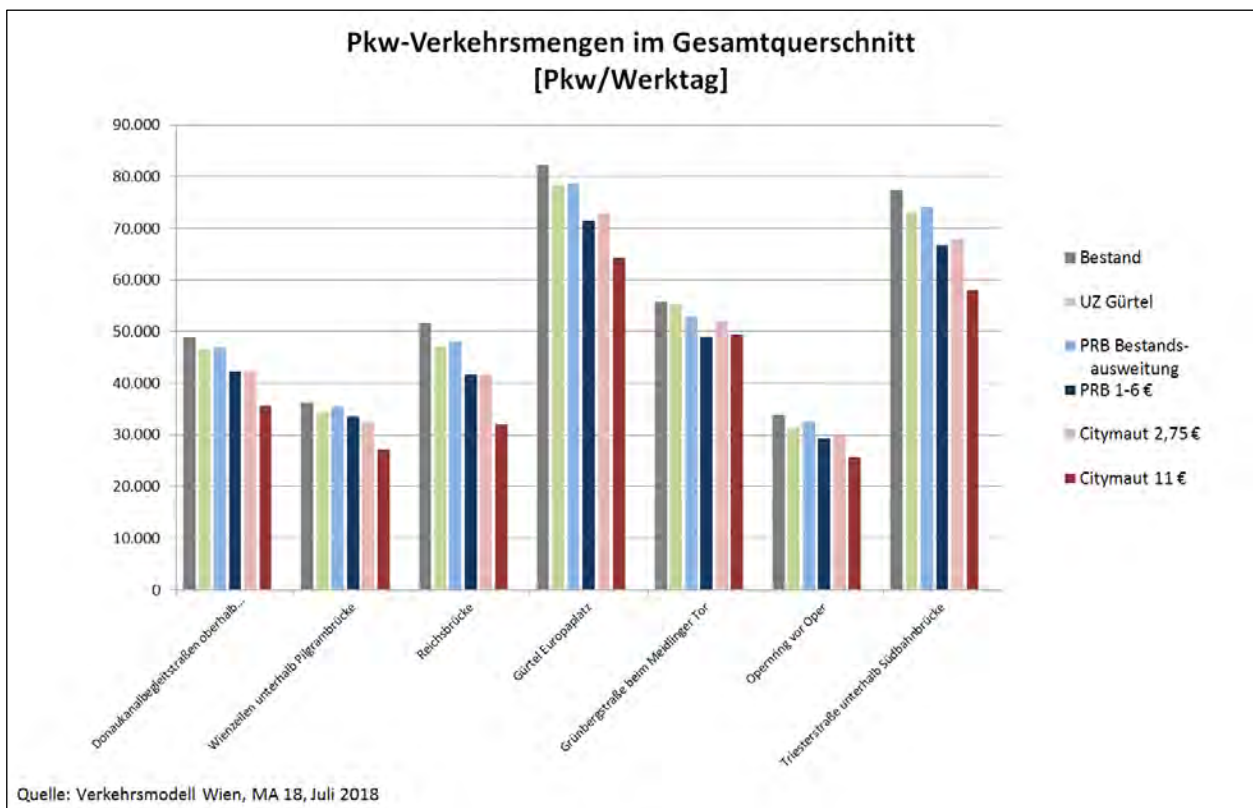


Abbildung 15: Ergebnisse Verkehrsstärken der Szenarien an ausgewählten Querschnitten, VmW 2018, Quelle: MA18

Tabelle 3:
Ergebnisse
Verkehrsstärken der
Szenarien an
ausgewählter
Querschnitten,
VmW 2018, Quelle:
MA18

| Querschnitts-belastungen [Pkw/Werktag] Veränderung in % | Veränderung in % | | | |
|---|------------------|-----------|---------------------------------------|---------------|
| | Bestand | UZ Gürtel | PRB Be- stands- aus- weitung | Citymaut 11 € |
| Donaukanalbegleitstraßen oberhalb Friedensbrücke | 49.100 | 46.600 | 46.900 | 35.700 |
| | | - 5,1 % | - 4,5 % | - 27,3 % |
| Wienzeilen unterhalb Pilgrambrücke | 36.300 | 34.400 | 35.400 | 27.100 |
| | | - 5,2 % | - 2,5 % | - 25,3 % |
| Opernring vor Oper | 33.900 | 31.400 | 32.600 | 25.700 |
| | | - 7,4 % | - 3,8 % | - 24,2 % |
| Triesterstraße unterhalb Südbahnbrücke | 77.400 | 73.000 | 74.100 | 57.900 |
| | | - 5,7 % | - 4,3 % | - 25,2 % |
| Reichsbrücke | 51.700 | 47.100 | 48.000 | 31.900 |
| | | - 8,9 % | - 7,2 % | - 38,3 % |
| Gürtel Europaplatz | 82.200 | 78.400 | 78.700 | 64.400 |
| | | - 4,6 % | - 4,3 % | - 21,7 % |
| Grünbergstraße beim Meidlinger Tor | 55.700 | 55.300 | 52.800 | 49.500 |
| | | - 0,7 % | - 5,2 % | - 11,1 % |

Quelle: Verkehrsmodell Wien, MA 18

In den Querschnitten Donaukanalbegleitstraßen, Wienzeilen und Opernring ist eine deutliche Verkehrsreduktion je Maßnahme erkennbar. Diese Querschnitte liegen bei allen Maßnahmen innerhalb der jeweiligen Maßnahmenzonen, weshalb sich die Reduktion der Verkehrsleistung je Querschnitt auch in einer vergleichbaren Größenordnung bewegt und sie als gute Beispiele für Straßen innerhalb des Gürtels dienen.

Die Querschnitte außerhalb der Maßnahmen Umweltzone Gürtel und Citymaut, aber innerhalb des Maßnahmensgebiets Parkraumbewirtschaftung sind nur mit zusätzlichen Informationen vollständig interpretierbar.

So ist die Triesterstraße eine Haupteinfahrtsstraße vom Süden und weist mit der Südosttangente (A23) eine attraktive Umfahrungsmöglichkeit auf. Ebenso verhält es sich mit der Reichsbrücke aus dem Norden, die Verkehrsreduktion wirkt hier noch stärker, da sich die Situation aufgrund der Brückenlage, dem dahinterliegenden Zonenbeginn und der parallel zur Zone führenden Donauufer Autobahn (A22) verstärkt. Somit weisen diese beiden Querschnitte (Triesterstraße und Reichsbrücke) ein höheres Reduktionspotenzial auf als üblicherweise außerhalb der Maßnahmenzone.

Der Querschnitt Gürtel Europaplatz ist generell getrennt zu betrachten, da dieser genau auf der Grenzstraße liegt und die Verkehrsverlagerungen auf Grenzstraßen sehr schwer abschätzbar sind.

Die Grünbergstraße dient als bestes Beispiel für einen Querschnitt, der nicht von den beiden Maßnahmen Umweltzone Gürtel und Citymaut Gürtel betroffen ist.

Tabelle 4: Ergebnisse Modal Split der Szenarien, Quelle: VmW 2018, Quelle: MA18

| Verkehrsmittel | Bestand | UZ Gürtel | PRB Bestandsausweitung | Citymaut 11 € | Szenarienergebnisse Modal Split |
|---|---------|-----------|------------------------|---------------|---------------------------------|
| Wienerinnen und Wiener | | | | | |
| zu Fuß | 28,5 % | 28,5 % | 28,5 % | 28,7 % | |
| Rad | 6,6 % | 6,7 % | 6,8 % | 6,9 % | |
| ÖV | 38,8 % | 38,9 % | 39,7 % | 40,8 % | |
| Pkw | 26,1 % | 25,9 % | 25,0 % | 23,6 % | |
| Summe | 100,0 % | 100,0 % | 100,0 % | 100,0 % | |
| NÖ, Nord- und Mittelbgld. | | | | | |
| zu Fuß | 18,1 % | 18,1 % | 18,1 % | 18,2 % | |
| Rad | 6,5 % | 6,5 % | 6,5 % | 6,5 % | |
| ÖV | 10,0 % | 10,1 % | 10,2 % | 10,4 % | |
| Pkw | 65,4 % | 65,3 % | 65,2 % | 64,9 % | |
| Summe | 100,0 % | 100,0 % | 100,0 % | 100,0 % | |
| <i>Quelle: Verkehrsmodell Wien, MA 18</i> | | | | | |

Wie der Tabelle 4 entnommen werden kann, zeigt sich auch bei der Veränderung des Modal Splits die stärkste Veränderung bei Einhebung einer Citymaut von 11 €. Für alle Szenarien ergibt sich eine Verringerung des Pkw-Anteils, in Wien stärker als im Umland. Innerhalb des Pkw-Anteils erhöht sich auch der Anteil der Pkw-Mitfahrer (Erhöhung des Besetzungsgrades in den Fahrzeugen), was auch einen direkten Einfluss auf die Reduzierung der Kfz-Verkehrsleistung hat.

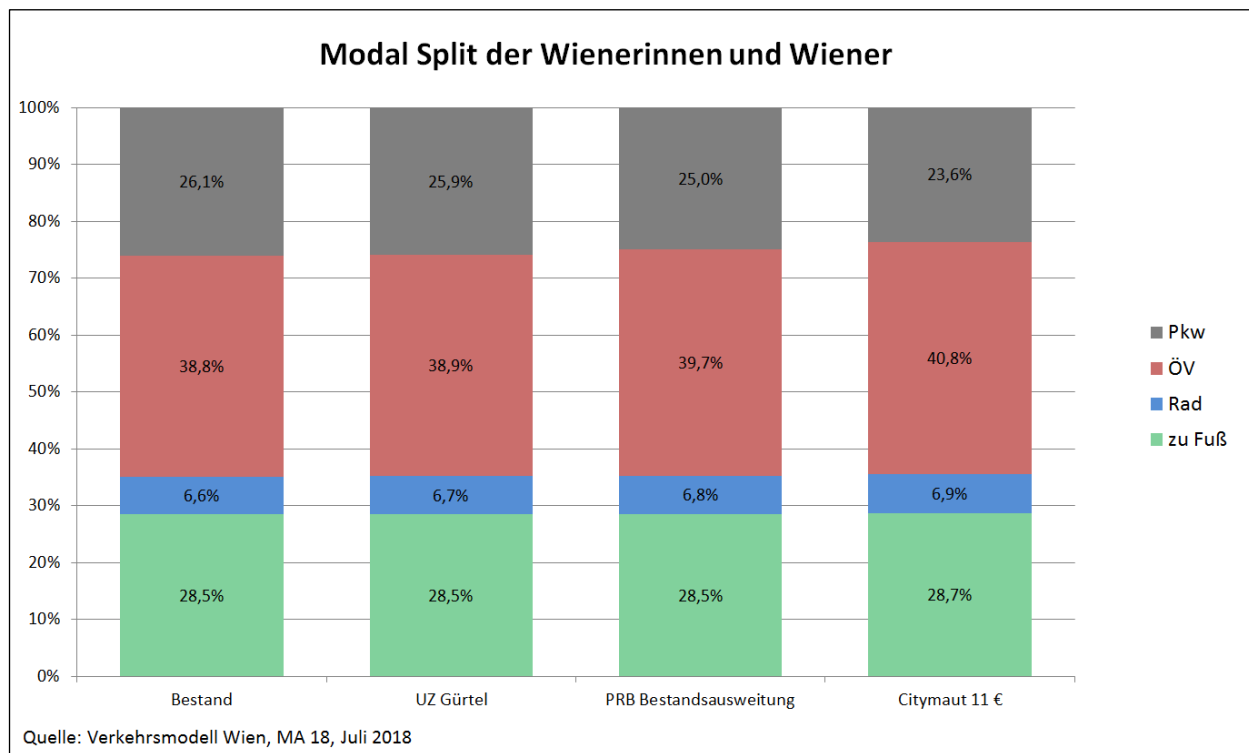


Abbildung 16: Ergebnisse Modal Split der Szenarien, VmW 2018, Quelle: MA18

1.5 Vorarbeiten für die Emissionsmodellierung

1.5.1 Fahrleistungsanteilige Flottenzusammensetzung

Flottenzusammensetzung

Wird eine Umweltzone eingerichtet, wirkt sich dies – anders als bei Parkraumbewirtschaftung und Citymaut – nicht nur auf die Fahrleistung in und rund um die Zone aus, sondern auch auf die Flottenzusammensetzung. Aus diesem Grund wurde als Input für die Emissionsmodellierung die Zusammensetzung der betroffenen Wiener Fahrzeugflotten für Pkw, Lieferwagen (leichte Nutzfahrzeuge, LNF) und Lkw modelliert (Details siehe Kapitel 5.1).

1.5.2 Emissionsfaktoren

Emissionsfaktoren HBEFA 3.3

Für das Szenarienscreening wurde aufbauend auf den Ergebnissen der Flottenzusammensetzung mit dem Handbuch für Emissionsfaktoren in der letztgültigen Veröffentlichung (HBEFA 3.3) die Emissionsfaktoren für jede Emissionsklasse aller untersuchten Fahrzeugkategorien für die Jahre 1990 bis 2025 für eine durchschnittliche, innerörtliche Fahrzeugnutzung entnommen und mit den Fahrleistungsanteilen gewichtet. Daraus wurde ein durchschnittlicher Emissionsfaktor getrennt für benzin- und dieselbetriebene Pkw bzw. LNF sowie für Lkw gebildet (Details siehe Kapitel 5.2).

1.5.3 GIS-Aufbereitung

Zur streckenscharfen Modellierung der Verkehrsemissionen und -immissionen wurden die Ergebnisse der Verkehrsmodellierung in einem georeferenzierten Datensatz von der MA 18 zur Verfügung gestellt. Dieser Datensatz beinhaltet z. B. Informationen zur Verkehrsbelastung je Strecke. Für die Emissionsmodellierung sind aber weitere Informationen, wie die Streckenlängsneigung, von Bedeutung. Für die Modellierung der Immissionen sind zusätzlich auch Informationen über die Lage der Strecken, Tunneln und Brücken erforderlich. Aus diesem Grund war es notwendig, aus den Eingangsdaten (Straßennetzwerk, Zonen-Polygone, digitales Höhenmodell, digitales Objektmodell, Tunnel- und Brückeninformation) einen Datensatz zu erzeugen, auf dem weitere Szenarien-Berechnungen durchgeführt werden konnten (Details siehe Kapitel 5.3).

Georeferenzierter Datensatz

1.6 Szenarienscreening

Zur Abschätzung der Maßnahmenwirkungen in Bezug auf die neun untersuchten Szenarien wurde im Anschluss an die Verkehrsmodellierung ein Szenarienscreening durchgeführt (Details siehe Kapitel 6).

Szenarienscreening der 9 Szenarien

In dieser Analyse wurden alle Szenarien hinsichtlich ihres Potenzials zur Reduktion der NO_x-Emissionen gegenübergestellt und aufgezeigt, welche Szenarien nach welchem Wirkungszeitraum das Potenzial aufweisen, die Luftschadstoffbelastung auf die gesetzlichen Grenzwerte abzusenken. Zudem wurden drei Maßnahmen abgeleitet, für die die Emissionen und Immissionen im Detail betrachtet werden.

Das Szenarienscreening erfolgte in Form einer Multiplikation der errechneten durchschnittlichen Flottenemissionsfaktoren mit den mittels Verkehrsmodell errechneten Gesamtverkehrsleistungen je Szenario. Die so ermittelten Gesamtemissionen wurden hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Luftqualität am Beispiel der Messstation Wien, Hietzinger Kai untersucht, um das Potenzial der Maßnahmen zur Einhaltung des NO₂-Grenzwerts an besagter Messstation abschätzen zu können.

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse wird folgender Farbschlüssel angewandt:

Tabelle 5: Farbschlüssel Grenzwerte und Emissionen.

| | NO ₂ [µg/m ³] | NO _x [t/d] |
|--|--------------------------------------|-----------------------|
| | > 40 | > 10,1 |
| Einhaltung Grenzwert EU-Luftqualitätsrichtlinie | 40 | ≤ 10,1 |
| Einhaltung Grenzwert IG-L plus Toleranzmarge | 35 | ≤ 7,4 |
| Einhaltung Grenzwert IG-L | 30 | ≤ 6,6 |

Grenzwerte und Emissionen

Tabelle 6: NO_x-Reduktionspotenziale [t/d] des Szenarienscreenings.

**Ergebnis
Szenarienscreening**

| BESTAND | NO _x [t/d] | Bestand |
|---------|-----------------------|---------|
| | 2017 | 13,5 |
| | 2020 | 10,7 |
| | 2021 | 9,8 |
| | 2022 | 9,2 |
| | 2023 | 8,7 |
| | 2024 | 8,1 |
| | 2025 | 7,6 |

| UMWELTZONE | NO _x [t/d] | UZ Gürtel | UZ Vorortelinie | UZ Ganz Wien |
|------------|-----------------------|-----------|-----------------|--------------|
| | 2020 | 8,9 | 8,8 | 8,5 |
| | 2021 | 8,2 | 8,0 | 7,8 |
| | 2022 | 7,7 | 7,5 | 7,3 |
| | 2023 | 7,2 | 7,0 | 6,8 |
| | 2024 | 6,7 | 6,6 | 6,3 |
| | 2025 | 6,2 | 6,1 | 5,9 |

| PARKRAUM- BEWIRTSCHAFTUNG | NO _x [t/d] | PRB Bestands- ausweitung | PRB 0–5 € | PRB 1–6 € |
|------------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------|-----------|
| | 2020 | 10,1 | 10,2 | 9,5 |
| | 2021 | 9,2 | 9,3 | 8,8 |
| | 2022 | 8,7 | 8,8 | 8,2 |
| | 2023 | 8,1 | 8,2 | 7,7 |
| | 2024 | 7,6 | 7,7 | 7,2 |
| | 2025 | 7,1 | 7,2 | 6,7 |

| CITYMAUT | NO _x [t/d] | Citymaut 11 € | Citymaut 5,5 € | Citymaut 2,75 € |
|----------|-----------------------|------------------|----------------|-----------------|
| | 2020 | 9,1 | 9,1 | 9,6 |
| | 2021 | 8,4 | 8,4 | 8,8 |
| | 2022 | 7,8 | 7,8 | 8,2 |
| | 2023 | 7,3 | 7,4 | 7,7 |
| | 2024 | 6,9 | 6,9 | 7,2 |
| | 2025 | 6,4 | 6,4 | 6,7 |

Die Ergebnisse für das Referenzszenario Bestand (BAU) sind in Tabelle 6 aufgelistet. Daraus ist ersichtlich, dass der Grenzwert gemäß EU-Luftqualitätsrichtlinie unter den angenommenen Rahmenbedingungen bereits im Jahr 2021 auch eingehalten werden kann, ohne dass zusätzliche Maßnahmen zur Reduktion der Luftschadstoffemissionen gesetzt werden. Grund dafür ist vorrangig die natürliche Erneuerung der Flotte und der dadurch wachsende Flottenanteil von Emissionsklassen, die weniger NO_x emittieren. Der Grenzwert gemäß IG-L kann ohne zusätzliche Maßnahmen bis 2025 nicht eingehalten werden.

Bei Einrichtung einer Umweltzone kann, unabhängig von ihrer räumlichen Ausdehnung, 2025 auch der Grenzwert gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft eingehalten werden. Erstreckt sich die Umweltzone zumindest bis zu Vorortelinie, ist dies sogar schon ein Jahr früher der Fall. Der Grenzwert gemäß EU-Luftqualitätsrichtlinie kann jedenfalls bereits 2020 eingehalten werden.

Die Analyse der Parkraumbewirtschaftung zeigt in allen drei Szenarien ein ähnliches NO_x-Reduktionspotenzial. Zwar können die größten Effekte im Szenario mit neuer Zoneneinteilung 1–6 € erzielt werden. Die Szenarien zur Ausweitung der bestehenden Parkraumbewirtschaftung sowie zum neuen Zonenmodell 0–5 € weisen nur eine geringfügig schwächere Wirkung auf. Der Grenzwert gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft kann nur mit dem neuen Zonenmodell 1–6 € vor 2025 eingehalten werden.

Die Einhebung einer Citymaut bietet ebenfalls das Potenzial, bis 2025 den Grenzwert gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft einzuhalten. Die Höhe der Gebühr spielt dabei nur eine untergeordnete Rolle. Zwar lassen sich die höchsten Effekte bei höherer Gebühr erzielen, aber auch die Variante mit einer Einfahrtsgebühr von 2,75 € bietet bereits ein großes NO_x-Reduktionspotenzial.

Aufgrund der im Rahmen der Screenings für alle neun Szenarien ermittelten NO_x-Reduktionspotenziale wurde in enger Absprache mit dem Auftraggeber für das Jahr 2020 zusätzlich zum Bestand ein Szenario je Maßnahme ausgewählt, dass einer vertieften Analyse inklusive detaillierter Emissions- und Immissionsmodellierung zugeführt werden sollte. Diese lauten:

1. **UZa** (Umweltzone Gürtel / NO_x unter 0,5)
2. **PRBa** (Parkraumbewirtschaftung Bestandsausweitung)
3. **CMa** (Citymaut, Gebühr: 11,00 €)

**Auswahl zur
detaillierten Analyse**

1.7 Emissionsmodellierung

Die Emissionen der ausgewählten Szenarien wurden für das gesamte Wiener Stadtgebiet mit dem gegenwärtigen Verkehrsnetz für die Flottenzusammensetzung im Jahr 2020 berechnet. Die Berechnungen erfolgten für die Emissionsarten CO₂, NO_x und Feinstaub (PM₁₀). Die Ergebnisse sind in Abbildung 17 bzw. Tabelle 7 dargestellt. Die Feinstaubemissionen werden dabei unterteilt nach jenem Anteil, der auf die Kraftstoffverbrennung zurückzuführen ist und jenem Anteil, der auf Abrieb und Aufwirbelung von der Straße zurückzuführen ist.

**Streckenspezifische
Modellierung der
Emission**

Das größte Potenzial zur Reduktion der NO_x-Emissionen weist erwartungsgemäß die Einrichtung einer Umweltzone auf, welche zielgerichtet für eine NO_x Minderung ausgestaltet wurde. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die erneuerte Fahrzeugflotte ein vermindertes Emissionsniveau aufweist und das Verkehrsaufkommen im MIV sinkt.

Durch die Einhebung einer Citymaut kann das Emissionsniveau – auch ohne Flottenerneuerungseffekt – durch eine Reduktion der Fahrleistung allerdings ähnlich stark gesenkt werden, was auch andere positive Effekte mit sich bringt, wie geringere Unfallgefahr, weniger Stau, geringere Platzinanspruchnahme durch Kfz, Reduktion der Lärmemissionen und auch höheren Gesundheitsnutzen durch gesteigerte aktive Mobilität.

Hinsichtlich der CO₂-Emissionen wurde für das Jahr 2020 im Szenario Bestand ein Referenzwert von etwas mehr als 4,1 kt pro Tag errechnet. Die CO₂-Emissionen sind direkt abhängig von der Fahrleistung. Aus diesem Grund kann die größte Reduktion auf rd. 3,3 kt pro Tag bei Einhebung einer Citymaut erzielt werden. Für die Umweltzone und die Parkraumbewirtschaftung wurde ein Wert von rd. 3,8 kt errechnet.

Die Feinstaubemissionen sind abhängig von der im Fahrzeug verbauten Filtertechnologie im Falle der verbrennungsbedingten Feinstaubemissionen (PM₁₀ e. „exhaust“) sowie von der Fahrleistung im Falle der Feinstaubemissionen als Folge von Abrieb und Aufwirbelung (PM₁₀ n.e. „non exhaust“). Deshalb können die Referenzemissionen von 1,09 t PM₁₀ pro Tag bei Einrichtung einer Umweltzone zur Forcierung umweltfreundlicherer Emissionsklassen bzw. bei Einhebung einer Citymaut zur Reduktion der Fahrleistung am stärksten reduziert werden. Wobei die Citymaut durch Fahrleistungsreduktion die Partikelemissionen durch Abrieb und Aufwirbelung am stärksten reduziert.

Ergebnis der Emissionsmodellierung aggregiert

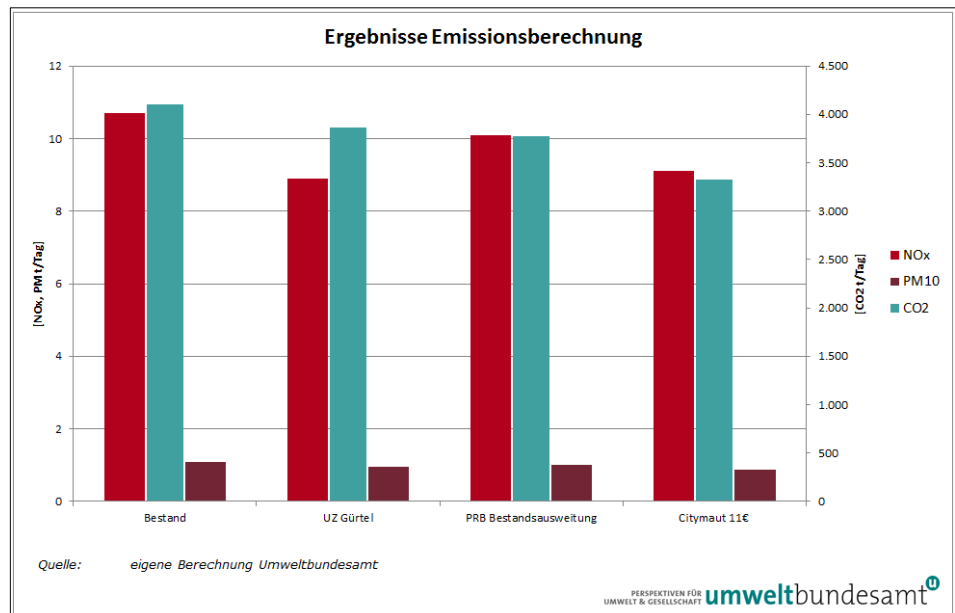


Abbildung 17: Aggregierte Ergebnisse der Emissionsmodellierung.

Tabelle 7:
Aggregierte
Ergebnisse der
Emissionsmodellierung

| [t/Tag] | Bestand | UZ Gürtel | PRB Bestandsausweitung | Citymaut 11 € |
|-----------------------|---------|-----------|------------------------|---------------|
| CO ₂ | 4.102 | 3.868 | 3.776 | 3.321 |
| NO _x | 10,7 | 8,9 | 10,1 | 9,1 |
| PM ₁₀ | 1,09 | 0,95 | 1,00 | 0,88 |
| PM ₁₀ e. | 0,31 | 0,22 | 0,28 | 0,25 |
| PM ₁₀ n.e. | 0,78 | 0,74 | 0,72 | 0,63 |

Ein weiteres Ergebnis der Emissionsmodellierung und der streckenspezifischen Fahrleistungen sind streckenspezifische Emissionen für Bestand sowie für die ausgewählten drei Szenarien. Die Emissionen je Strecke sind ein notwendiger Input für die detaillierte Immissionsmodellierung.

Ergebnis der Emissionsmodellierung streckenspezifisch

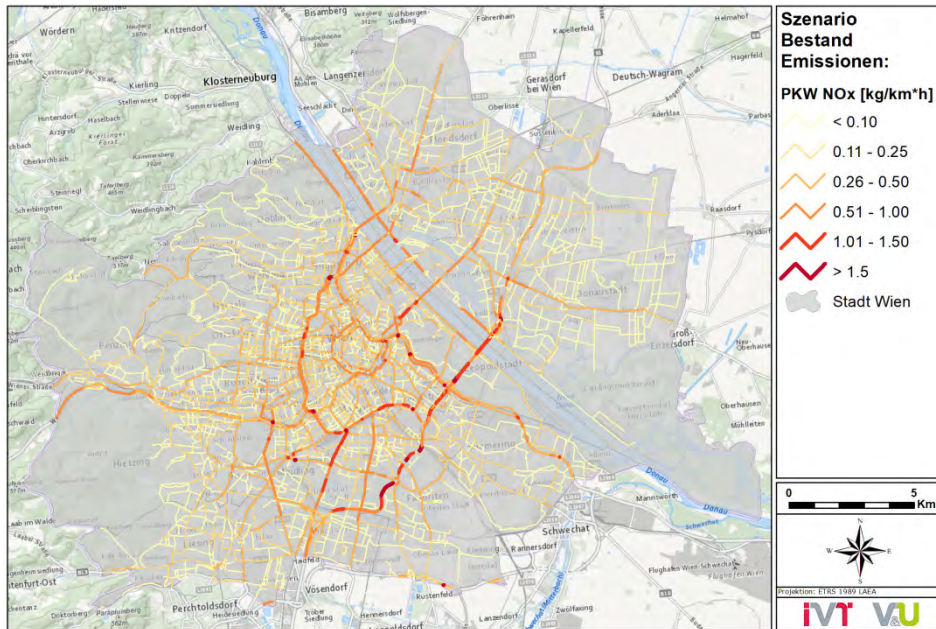


Abbildung 18:
NO_x-Emissionen Pkw
BAU 2020, Daten UBA,
Grafik: IVT V&U

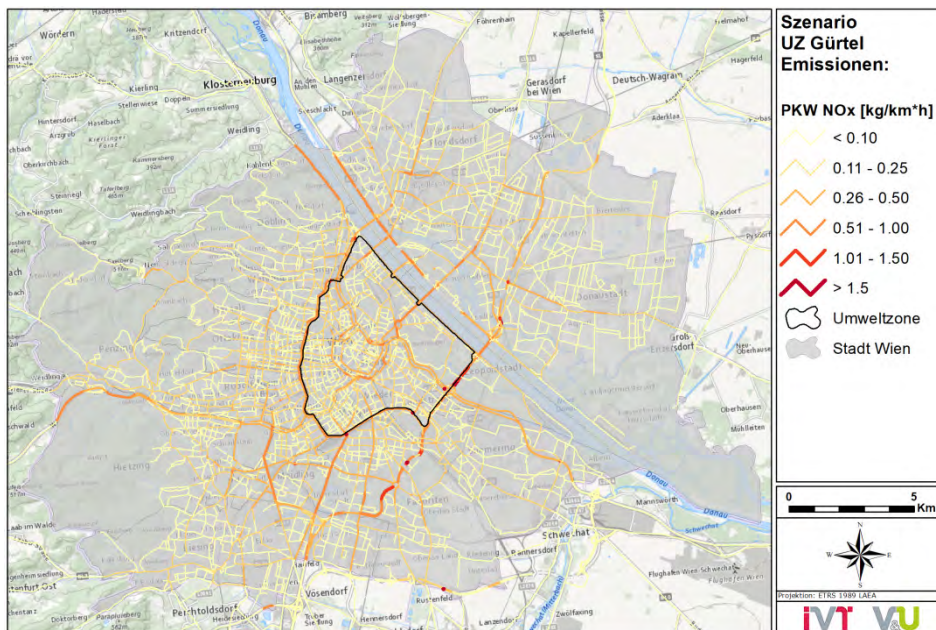


Abbildung 19:
NO_x-Emissionen Pkw
UZ Gürtel 2020, Daten
UBA, Grafik: IVT V&U

Abbildung 20:
NO_x-Emissionen Pkw
PRB Bestandsaus-
weitung 2020, Daten
UBA, Grafik: IVT V&U

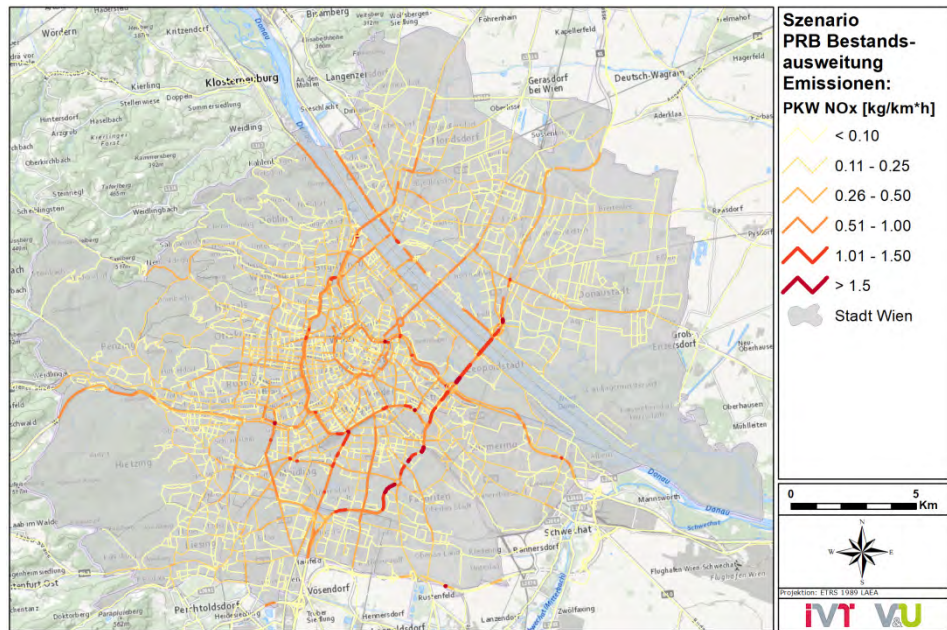
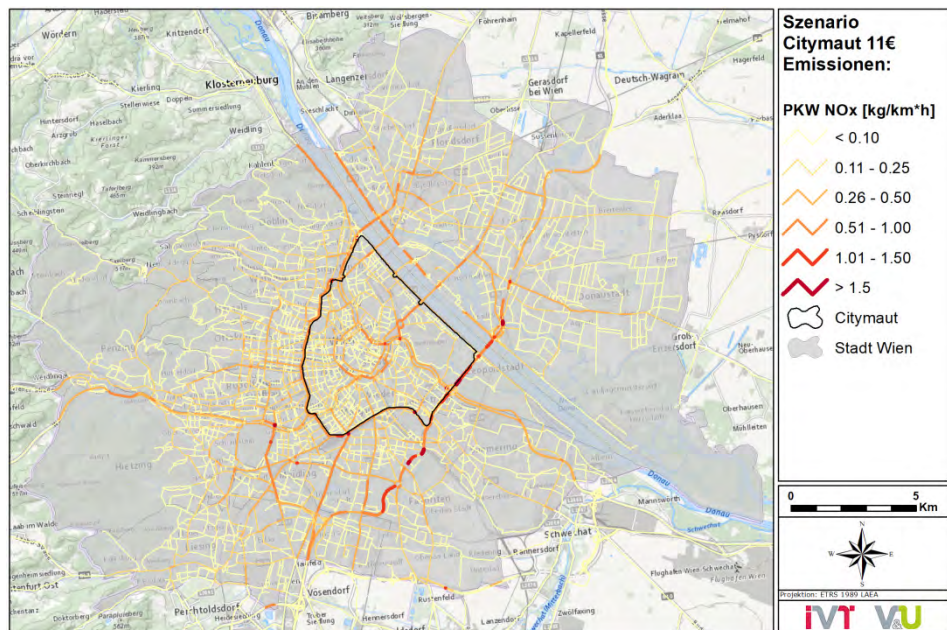


Abbildung 21:
NO_x-Emissionen Pkw
Citymaut 11 € 2020,
Daten UBA, Grafik: IVT
V&U



1.8 Immissionsmodellierung⁷

Modellierung der Immission

Für den Großraum Wien wurden in Zusammenarbeit mit dem Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der Technischen Universität Graz, Forschungsbereich Verkehr und Umwelt (IVT V&U), die Auswirkungen

⁷ Details dazu siehe: IVT (2018), „Umweltzone Wien“, Bericht Nr. I-15/2018/Ku/V&U /17/14/630, September 2018, Graz

von folgenden Verkehrsszenarien auf die Luftschadstoffbelastung mit Bezugsjahr 2020 untersucht:

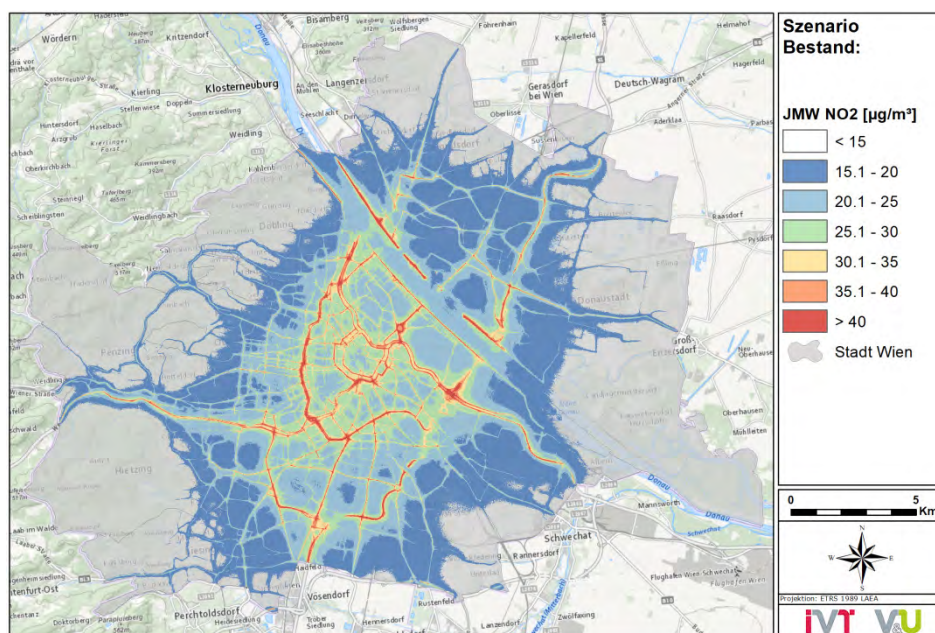
- Szenario „Bestand BAU“
- Szenario UZa – „Umweltzone Gürtel“
- Szenario PRBa – „Parkraumbewirtschaftung Bestandsausweitung“
- Szenario CMA – „Citymaut 11 €“

Die Windfeldberechnung erfolgte mit dem Modell GRAMM, wobei der Match-to-Observation Algorithmus angewendet wurde. Das Windfeld wurde mit Hilfe der meteorologischen Daten für das Jahr 2015 von den Stationen AKH Dach, Dresdnerstraße, Kaiser-Ebersdorf, Laaer Berg und Lobau erstellt.

Bei der Modellierung der Schadstoffausbreitung wurde der Gebäudeeinfluss aufgrund der Gebietsgröße (31 km x 25 km) und der horizontalen Auflösung (10 m) nicht detailliert berücksichtigt. Ein Vergleich von Berechnungen mit und ohne Gebäudeeinfluss für den bestehenden Immissionskataster Wien hat gezeigt, dass die modellierten Schadstoffkonzentrationen mit Berücksichtigung des Gebäudeeinflusses im Bereich von engen Straßenschluchten straßennah (bis 8 m Entfernung) durchschnittlich 25 % bis 40 % höher sein können. Diese Berechnungen in dieser Detailtiefe werden für den neuen Immissionskataster Wien im Auftrag der MA 22 durchgeführt werden.

1.8.1 Referenzszenario Bestand

Für den Schadstoff NO₂ kommt es entlang der Autobahnen wie z. B. der Südosttangente zu den höchsten Belastungen. In der Innenstadt und innerhalb des geplanten Bereichs der Umweltzone Gürtel liegen die Belastungen abseits der Hauptverkehrsstraßen flächendeckend im Bereich von 20 bis 25 µg/m³, entlang der innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen liegen die Belastungen teilweise über 40 µg/m³.



Ergebnis der Immissionsmodellierung NO₂ BAU2020

Abbildung 22: NO₂-Konzentration im Jahresmittel – Szenario BAU2020; Quelle: IVT V&U

1.8.2 Szenario Umweltzone Gürtel (UZa)

Aufgrund der Emissionsreduktion (– 17 % für NO_x , – 12 % für PM_{10}) kommt es im gesamten Stadtgebiet von Wien zu einer Abnahme der Immissionsbelastungen. Für den Schadstoff NO_2 sind Überschreitungen des aktuellen Grenzwertes von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ zzgl. Toleranzmarge von $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nur noch in der Nähe von Hauptverkehrsstraßen zu erwarten. Innerhalb der Umweltzone liegt die flächendeckende Belastung abseits der Hauptverkehrsstraßen stellenweise unter $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Vergleich zum Szenario BAU kommt es im gesamten Stadtgebiet zu flächendeckenden Reduktionen in der Größenordnung zwischen 1 und $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Innerhalb der Umweltzone wurden insbesondere entlang der Hauptverkehrsstrecken auch Reduktionen von mehr als $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ berechnet.

**Ergebnis der
Immissions-
modellierung NO_2
Umweltzone Gürtel**

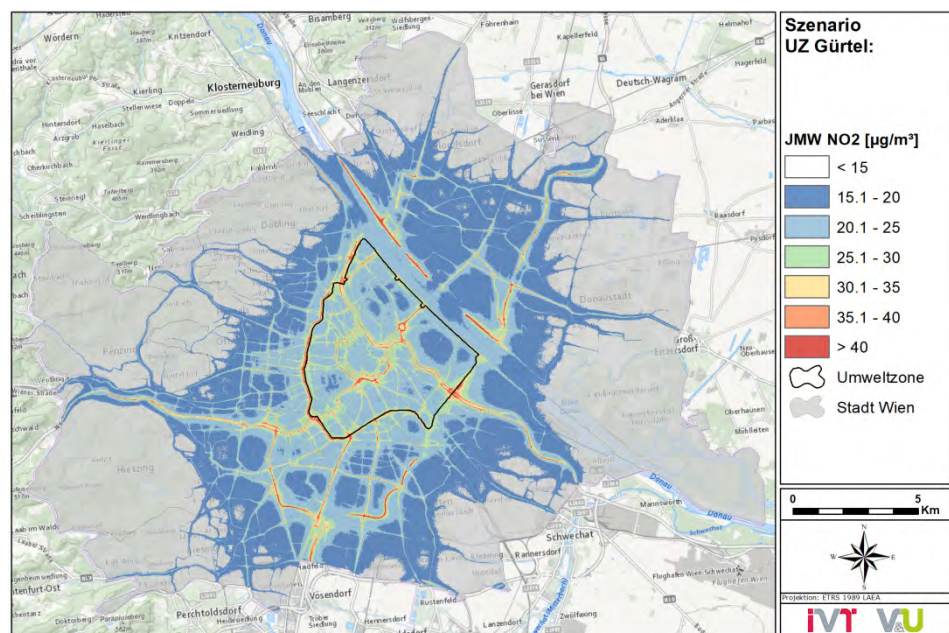


Abbildung 23: NO_2 -Konzentration im Jahresmittel – Szenario UZa, Quelle: IVT V&U

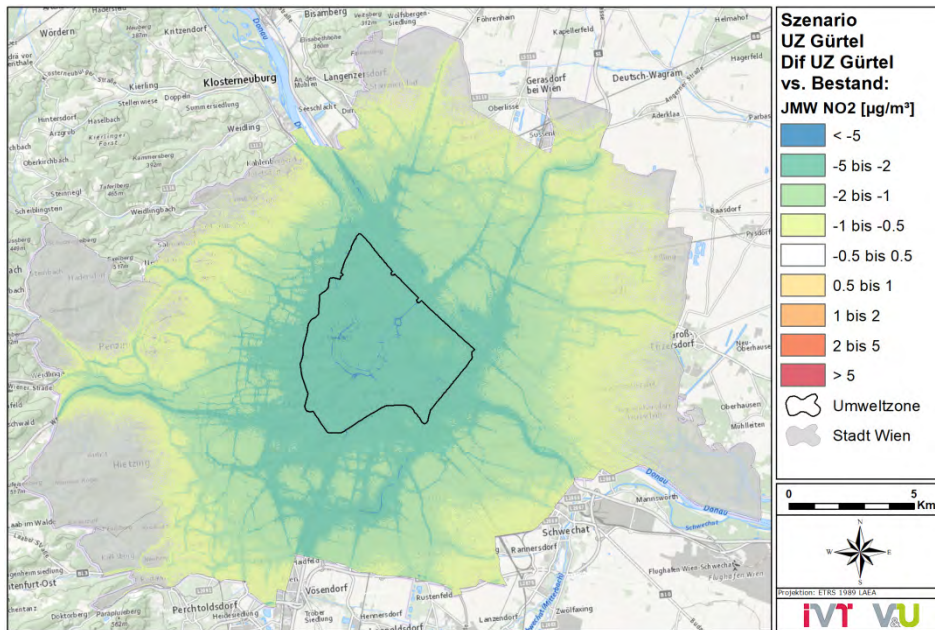


Abbildung 24:
Differenz NO₂-
Konzentration im
Jahresmittel Szenario
UZa vs. BAU,
Quelle: IVT V&U

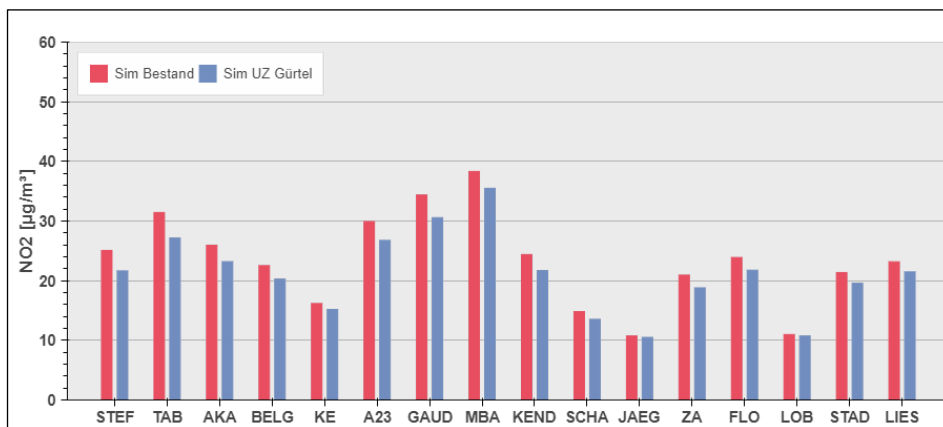


Abbildung 25: Vergleich der modellierten Jahresmittelwerte an NO₂ in 2020 an den Luftgütemessstellen für die Szenarien BAU und UZa, Quelle: IVT V&U

1.8.3 Szenario Erweiterung Parkraumbewirtschaftung (PRBa)

Aufgrund der Emissionsreduktion (– 6 % für NO_x, – 8 % für PM₁₀) kommt es im gesamten Stadtgebiet von Wien zu einer Abnahme der Immissionsbelastungen. Für den Schadstoff NO₂ sind im Szenario PRBa Überschreitungen des aktuellen Grenzwertes von 30 µg/m³ zzgl. Toleranzmarge von 5 µg/m³ nur noch in der Nähe von Hauptverkehrsstraßen zu erwarten. Innerhalb des Gürtels liegt die flächendeckende Belastung abseits der Hauptverkehrsstraßen großteils zwischen 20 und 25 µg/m³. Im Vergleich zum Szenario BAU kommt es im gesamten Stadtgebiet zu flächendeckenden Reduktionen in der Größenordnung zwischen 1 und 2 µg/m³. Innerhalb des Gürtels sind entlang der Hauptverkehrsstrecken vereinzelt auch Reduktionen von mehr als 2 µg/m³ möglich.

**Ergebnis der
Immissions-
modellierung NO₂
Parkraum-
bewirtschaftung**

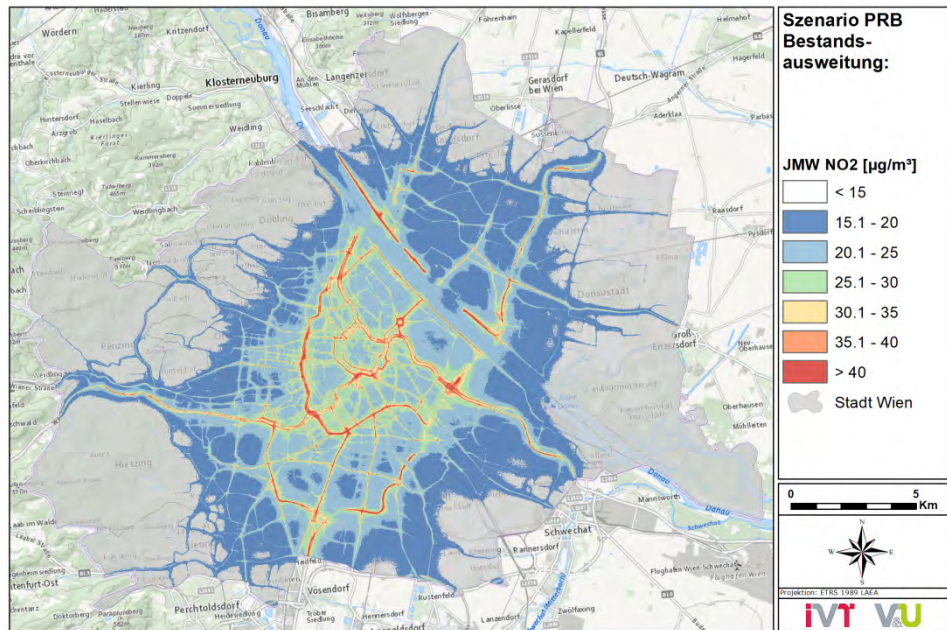


Abbildung 26: NO₂-Konzentration im Jahresmittel – Szenario PRBa, Quelle: IVT V&U

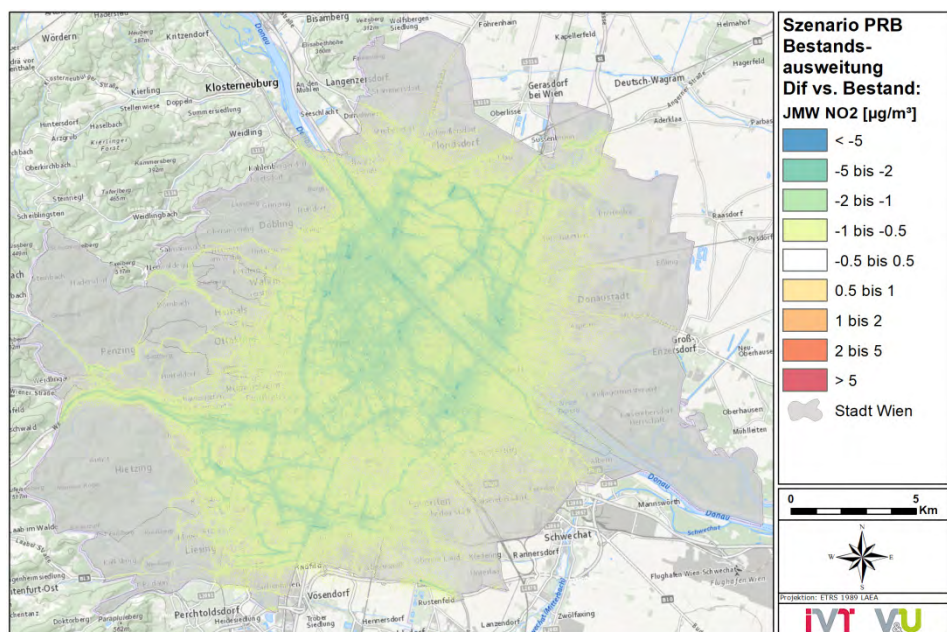


Abbildung 27: Differenz NO₂-Konzentration im Jahresmittel Szenario PRBa vs. BAU, Quelle: IVT V&U

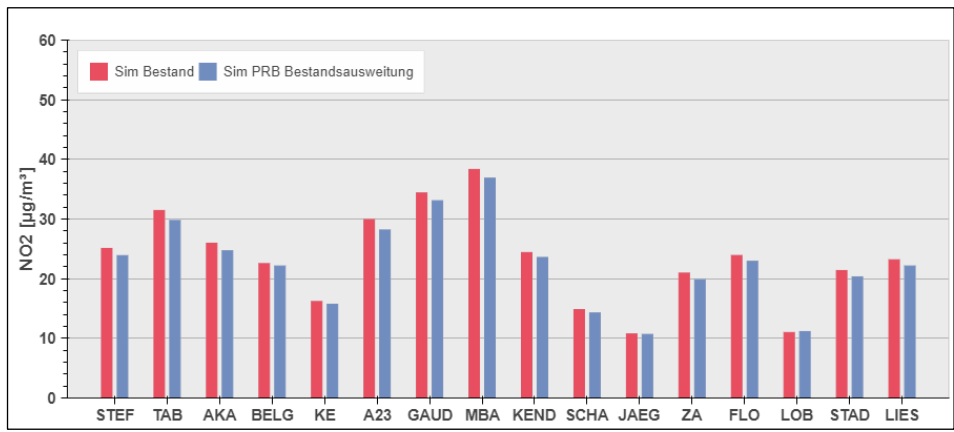
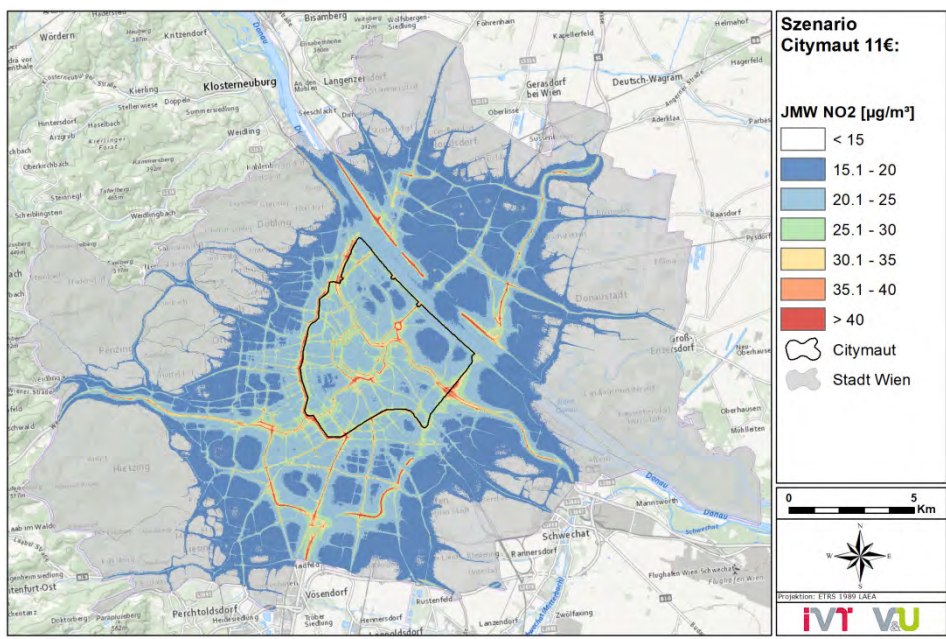


Abbildung 28: Vergleich der modellierten Jahresmittelwerte an NO₂ in 2020 an den Luftgütemessstellen für die Szenarien BAU und PRBa, Quelle: IVT V&U

1.8.4 Szenario Citymaut 11 €(CMA)

Aufgrund der Emissionsreduktion (– 15 % für NO_x, – 19 % für PM₁₀) kommt es im gesamten Stadtgebiet von Wien zu einer Abnahme der Immissionsbelastungen. Für den Schadstoff NO₂ sind im Szenario Citymaut 11 € Überschreitungen des aktuellen Grenzwertes von 30 µg/m³ zzgl. Toleranzmarge von 5 µg/m³ nur noch in der Nähe von Hauptverkehrsstraßen zu erwarten. Innerhalb der Citymaut-Zone liegt die flächendeckende Belastung abseits der Hauptverkehrsstraßen stellenweise unter 20 µg/m³. Im Vergleich zum Szenario BAU kommt es im gesamten Stadtgebiet zu flächendeckenden Reduktionen in der Größenordnung zwischen 1 und 2 µg/m³. Innerhalb der Citymaut-Zone sind entlang der Hauptverkehrsstrecken vereinzelt auch Reduktionen von bis zu 5 µg/m³ möglich.



Ergebnis der Immissionsmodellierung NO₂ Citymaut

Abbildung 29: NO₂-Konzentration im Jahresmittel – Szenario CMA, Quelle: IVT V&U

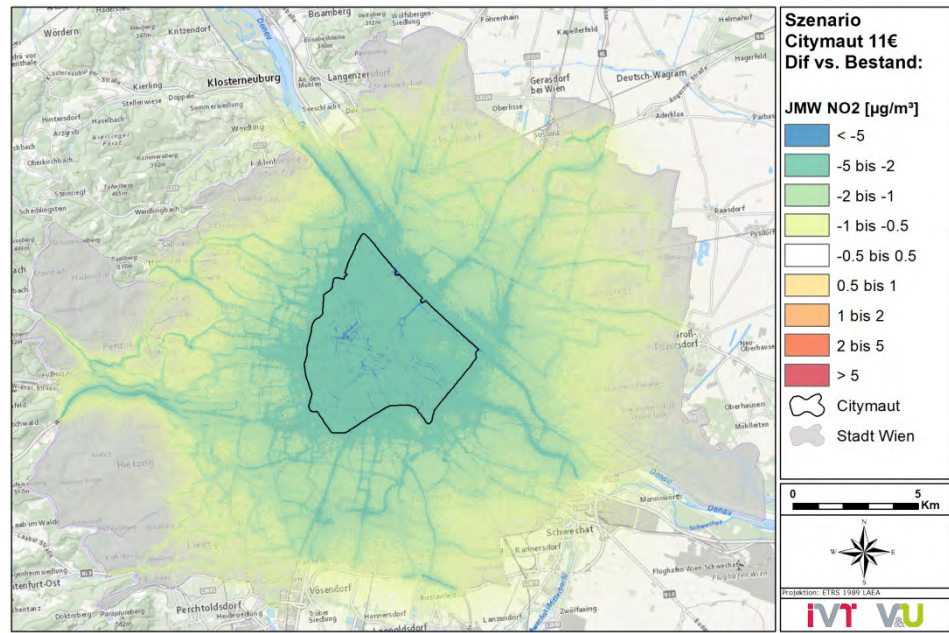


Abbildung 30: Differenz NO₂-Konzentration im Jahresmittel Szenario CMa vs. BAU, Quelle: IVT V&U

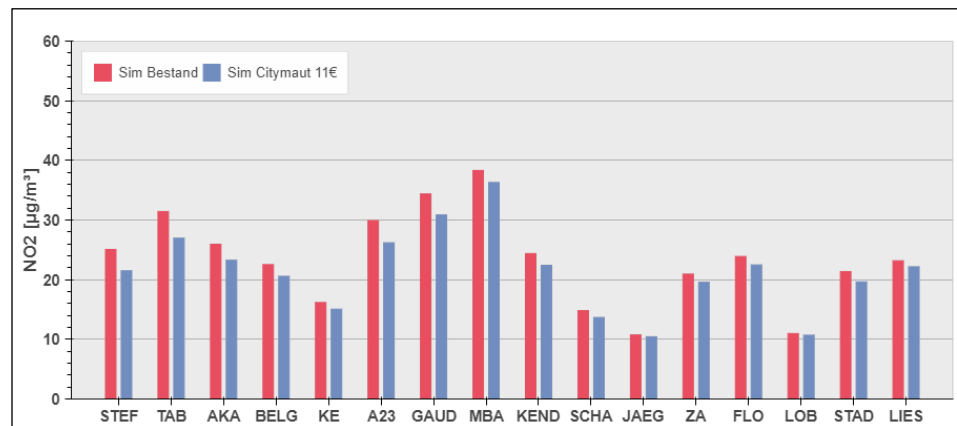


Abbildung 31: Vergleich der modellierten Jahresmittelwerte an NO₂ in 2020 an den Luftgütemessstellen für die Szenarien BAU und CMa, Quelle: IVT V&U

1.8.5 Übersicht der Szenarienergebnisse

Tabelle 8: Vergleich der NO₂-Immissionsdifferenzen für die Szenarien an den Luftgütemessstellen, Quelle: IVT V&U

| Station | Bestand JMW NO ₂ [µg/m ³] | Szenario | | | | | |
|---------|---|-----------------------------------|------------------|-----------------------------------|---------------|-----------------------------------|------------------|
| | | UZ Gürtel | | PRB Bestandsausweitung | | Citymaut 11€ | |
| | | Abs.Diff. [µg/m ³] | Rel.Diff. [%] | Abs.Diff. [µg/m ³] | Rel.Diff. [%] | Abs.Diff. [µg/m ³] | Rel.Diff. [%] |
| STEF | 25.1 | -3.4 | -14% | -1.2 | -5% | -3.6 | -14% |
| TAB | 31.4 | -4.3 | -14% | -1.7 | -5% | -4.5 | -14% |
| AKA | 25.9 | -2.8 | -11% | -1.3 | -5% | -2.7 | -10% |
| BELG | 22.5 | -2.3 | -10% | -0.4 | -2% | -2.0 | -9% |
| LAA | | | | | | | |
| KE | 16.2 | -1.0 | -6% | -0.5 | -3% | -1.1 | -7% |
| A23 | 29.9 | -3.2 | -11% | -1.8 | -6% | -3.7 | -12% |
| GAUD | 34.4 | -3.8 | -11% | -1.3 | -4% | -3.5 | -10% |
| MBA | 38.3 | -2.8 | -7% | -1.5 | -4% | -2.0 | -5% |
| KEND | 24.4 | -2.7 | -11% | -0.8 | -3% | -2.0 | -8% |
| SCHA | 14.8 | -1.3 | -9% | -0.6 | -4% | -1.1 | -8% |
| JAEG | 10.7 | -0.2 | -2% | -0.1 | -1% | -0.3 | -3% |
| ZA | 20.9 | -2.1 | -10% | -1.1 | -5% | -1.4 | -7% |
| FLO | 23.9 | -2.1 | -9% | -1.0 | -4% | -1.4 | -6% |
| LOB | 11.0 | -0.2 | -2% | 0.2 | 1% | -0.3 | -3% |
| STAD | 21.4 | -1.8 | -8% | -1.1 | -5% | -1.7 | -8% |
| LIES | 23.2 | -1.7 | -7% | -1.0 | -5% | -1.0 | -4% |

Übersicht Szenarien- ergebnisse der Immissions- modellierung

1.9 Ergebnisse und Handlungsempfehlungen

1.9.1 Ergebnis verkehrliche Wirkung

Ergebnis Verkehrsleistung

Die Auswirkung auf die Verkehrsleistung (gefahrenere Kfz-km) ist maßgeblich für die Wirksamkeit der Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen und somit der Schadstoffbelastung der Bevölkerung in Wien.

Die Verkehrsleistung sinkt beim Szenario Umweltzone in geringem Ausmaß. Das Szenario Citymaut weist die stärkste Verkehrsreduktion (in gefahrenen Kfz-km) auf. Je höher der Tarif für die Zone gestaltet ist, desto höher ist auch die Reduktion der Verkehrsleistung. Das Szenario Parkraumbewirtschaftung liegt in der Wirkung – was die Verkehrsleistung betrifft zwischen den beiden anderen Maßnahmen. Die einzelnen Modelle der Parkraumbewirtschaftung unterscheiden sich in ihrer Wirkung hinsichtlich Reduktion der Verkehrsleistung: Das Zonenmodell 1-6 € (Tarifstaffelung und kleinere Parkpickerl-Zonen) wirkt am effektivsten, die Bestandsausweitung (keine Tarifstaffelung und Bezirks-Parkpickerl-Zonen) wirkt geringer.

Hinsichtlich der Reduktion der Verkehrsleistung (auch Querschnittsbelastung, Modal-Split-Veränderungen) wirken folgende Maßnahmen in ähnlichem Bereich (Wirkung aufsteigend):

- UZ Gürtel und PRB Bestandsausweitung
- PRB 1-6 € und Citymaut 2,75 €
- Citymaut 11 €

Bei der Veränderung des Modal Splits zeigt sich die stärkste Veränderung bei Einhebung einer Citymaut von 11 €. Für alle Szenarien ergibt sich eine Verringerung des Pkw-Anteils, in Wien stärker als im Umland. Innerhalb des Pkw-Anteils erhöht sich auch der Anteil der Pkw-Mitfahrer (Erhöhung des Besetzungsgrades in den Fahrzeugen), was auch einen direkten Einfluss auf die Reduzierung der Kfz-Verkehrsleistung hat.

1.9.2 Ergebnis Emissionen

Ergebnis Emissionen

Treibhausgas-Emissionen und Partikelemissionen durch Abrieb und Aufwirbelung hängen direkt mit der Fahrleistung zusammen. Daher sind diese Emissionen im Szenario Citymaut 11 € am niedrigsten.

NO_x und Partikelemissionen durch Verbrennung (PM_{10 exhaust}) können zusätzlich durch technische Lösungen reduziert werden, unabhängig von den gefahrenen Kilometern. Daher wirkt das Szenario Umweltzone hinsichtlich NO_x- und PM_{10 e.}-Einsparungen am effektivsten, da dort eine Flottenerneuerung hin zu neuerer Technologie erfolgt.

Bei den Emissionen für den Schadstoff NO_x sind die größten Reduktionen im Szenario „UZ Gürtel“ (– 17 %) zu verzeichnen, gefolgt vom Szenario „Citymaut 11 €“ (– 15 %) und dem Szenario „PRB Bestandsausweitung“ (– 6 %).

1.9.3 Ergebnis Luftqualität

Bei den NO₂ Immissionen ergeben sich die größten Reduktionen für das Szenario „UZ Gürtel“, hier kommt es bei einem Großteil der Stationen zu Reduktionen von mehr als – 10 % gegenüber dem Szenario „Bestand“. Für das Szenario „Citymaut 11 €“ kommt es an knapp der Hälfte der Stationen zu Reduktionen von mehr als –10 % gegenüber dem Szenario Bestand. Im Szenario „PRB Bestandsausweitung“ bleiben die Reduktionen gegenüber dem Szenario „Bestand“ bei allen Stationen unter 10 %.

**Ergebnis
Luftqualität**

1.9.4 Handlungsempfehlung

Unter den in dieser Studie untersuchten Maßnahmen zeigt die Umweltzone das höchste Potential zur Reduktion der NO₂ Belastung durch den Verkehr in Wien. Eine Umweltzone wirkt gezielt auf die NO₂-Reduktion und betrifft einen begrenzten Anteil der Pkw-Besitzer. Neben der Verkehrsleistung wird speziell auch die technische Qualität der Flotte beeinflusst und modernere Fahrzeuge mit niedrigen spezifischen Emissionen werden gezielt bevorzugt, während der Einsatz hoch emittierende Fahrzeuge vermieden bzw. zumindest (in Abhängigkeit von Ausnahmeregelungen) minimiert wird. Es werden nur jene verboten, die Hauptverursacher des NO₂-Problems sind. Wird die Umweltzone innerhalb des Gürtels verordnet, kommt es bei einem Großteil der Luftgüte - Messstationen zu Reduktionen von mehr als – 10 % gegenüber dem Szenario „Bestand“. Dies führt dazu, dass der EU-Grenzwert für NO₂ sofort eingehalten werden kann, ab 2023 erfolgt zudem die Einhaltung des Grenzwertes gemäß IG-L (inkl. Toleranzmarge).

**Umweltzone hat
höchstes Potenzial
zur NO₂-Reduktion**

Parkraumbewirtschaftung und Citymaut wirken dem gegenüber nicht auf die Qualität der eingesetzten Flotte, führen jedoch zu teils deutlichen Fahrleistungsreduktionen. Allerdings sind diese Maßnahmen wiederum nur begrenzt verursachergerecht, da alle Verkehrsteilnehmerinnen im MIV gleich stark betroffen sind, egal wie stark sie zur NO₂-Belastung beitragen. Dem gegenüber steht der Vorteil, dass niemand vom MIV gänzlich gesperrt wird und die Bestandsflotte weiter genutzt werden kann.⁸

**Parkraum-
bewirtschaftung
und Citymaut führen
zu Fahrleistungs-
reduktionen**

Von der Wirkungsweise auf NO₂ ist eine Citymaut mit einer Umweltzone vergleichbar, auch hier kann davon ausgegangen werden, dass ab dem Jahr 2023 die Grenzwerte gemäß IG-L eingehalten werden können. Bei alleiniger Ausweitung der Parkraumbewirtschaftung verschiebt sich dieser Zeitpunkt zwei weitere Jahre nach hinten.

**Citymaut mit
Umweltzone in
Bezug auf NO₂-
Wirkung
vergleichbar**

Zur Methode der Luftgütemessstellen ist zu erwähnen, dass die stationären Messstellen entsprechend den gesetzlichen Vorgaben Luftschadstoffdaten an definierten Messpunkten liefern. Für die Bewertung der Auswirkungen auf die Gesundheit der Wiener Bevölkerung ist aber die flächenhafte Belastung entscheidend.

⁸ Erwähnt muss an dieser Stelle werden, dass die Citymaut sehr wohl auch über die Flexibilität verfügt Verursachergerecht zu wirken, wenn Gebühren über Eurostufen gestaffelt werden. Diese Variante wurde in dieser Studie allerdings nicht berechnet.

**Luftgütemessungen
zur Bewertung der
Gesundheit
ungenügend**

Diese flächenhafte Information liegt z. B. durch die Modellrechnungen (in Wien der MA22) vor. Auf diese aufbauend können weitere Informationen und Daten für die Luftreinhalteplanung analysiert werden, wie z. B. das von Grenzwertüberschreitungen betroffene Stadtgebiet und die darin lebende Bevölkerung bzw. die Länge der Straßenzüge, an denen Grenzwertüberschreitungen oder erhöhte Werte auftreten. Diese Informationen finden sich bereits in vielen Luftreinhalteplänen verschiedener europäischer Städte und sollten auch für Wien ermittelt werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Maßnahmen Umweltzone und Citymaut das höchste Potential haben, die Einhaltung der für die menschliche Gesundheit besonders relevanten Schadstoffe rasch zu gewährleisten. Es zeigt sich auch, dass ohne Maßnahmenumsetzung die Einhaltung der EU Luftgütegrenzwerte erst nach 2021 erfolgt, die Einhaltung der Grenzwerte gemäß IG-L erst nach 2025, eine Maßnahmenumsetzung daher erforderlich ist.

In Anbetracht der Synergien, die bei einer sinkenden Fahrleistung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) im Verkehrssystem auftreten, sind jene Maßnahmen zu bevorzugen, die „auf mehreren Ebenen punkten“. Positive Effekte, die über die Emissions- und Immissionsminderungen hinaus gehen, sind z. B. Einsparung von Energie, verminderte Lärmemissionen, weniger Stau, geringere Barrierewirkung, mehr Verkehrssicherheit; aber es ergeben sich dadurch auch Chancen für den Öffentlichen Verkehr sowie die aktive Mobilität, verbunden mit einem großen Nutzen für die Gesundheit.

**Citymaut hat
positive Effekte auf
mehreren
Handlungsebenen**

Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen ist die Maßnahme Citymaut zu bevorzugen, da hier bei wenig geringerer Emissionsreduktion hinsichtlich NO₂ positive Effekte auf mehreren Handlungsebenen erzielt werden. Jedoch ist zu beachten, dass diese Maßnahme mit den höchsten administrativen Aufwänden verbunden ist und in der zeitlichen Umsetzung daher später wirksam wird als eine relativ rasch zu verordnende Umweltzone bzw. Parkraumbewirtschaftung.

Zusätzlich muss beachtet werden, dass es neben der Umsetzung der untersuchten Maßnahmen noch weitere Maßnahmen wie etwa den Ausbau der Fuss- und Radinfrastruktur bzw. die Kapazitäten im Öffentlichen Verkehr benötigt, um etwaige Verlagerungen im Modal Split zu ermöglichen und die volle Wirkung der Maßnahmen zu erzielen.

2 GRUNDLAGEN

2.1 Fachliche Grundlagen – Ursachen und Auswirkungen von Luftverschmutzung

2.1.1 Luftschadstoffe – Wirkung auf Mensch und Umwelt

Luftschadstoffe, wie sie bei verschiedenen menschlichen Aktivitäten freigesetzt werden, können die Gesundheit von Mensch und Tier beeinträchtigen und sich auch schädlich auf Vegetation, Boden und Gewässer auswirken. Zu diesen Luftschadstoffen gehören auch Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5}) und die Stickstoffoxide (NO_x) bzw. Stickstoffdioxid (NO₂). Entscheidend für das Belastungsniveau dieser Schadstoffe sind:

- Die Emissionen, d. h. der Schadstoffausstoß;
- Die atmosphärischen Ausbreitungsbedingungen, die im Winter meist schlechter sind als im Sommer;
- Die atmosphärische Lebensdauer, d. h. wie lange die Schadstoffe in der Luft verbleiben;
- Transport belasteter Luft über unterschiedliche Distanzen nach Österreich („Ferntransport“);
- Entstehung von Schadstoffen aus Vorläufersubstanzen (relevant für PM und Ozon)

Feinstaub und Stickstoffoxide gefährden Mensch und Umwelt

Die atmosphärische Lebensdauer von NO_x bzw. NO₂ ist verglichen mit der von PM sehr kurz, d. h. zur NO₂-Belastung tragen v. a. lokale und regionale Quellen bei, nicht jedoch Ferntransport wie bei PM. Die Entstehung aus gasförmigen Vorläufersubstanzen (zu denen auch NO_x gehört) spielt nur bei PM eine Rolle (Bildung von Sekundärpartikeln).

2.1.1.1 Feinstaub (PM₁₀, PM_{2,5})

Feinstaub ist der „klassische“ Luftschadstoff mit den gravierendsten gesundheitlichen Auswirkungen (WHO 2005, 2013; KRZYZANOWSKI & COHEN 2008). Er kann eine ganze Reihe verschiedener schädlicher Auswirkungen auf die Gesundheit haben, beginnend mit (reversiblen) Änderungen der Lungenfunktion über die Einschränkung der Leistungsfähigkeit bis hin zu einer Zunahme an Todesfällen. Immer mehr Studien zeigen, dass durch Luftverunreinigungen nicht nur die Atemwege sondern auch das Herz-Kreislauf-System in Mitleidenschaft gezogen werden können. Einige wesentliche, in der medizinischen Literatur gut dokumentierte, Auswirkungen sind in Tabelle 9 dargestellt.

Die gesundheitlichen Auswirkungen verschiedener Staubinhaltsstoffe sind unterschiedlich und daher für die Maßnahmenplanung von Bedeutung. Während z. B. Dieselruß besonders problematisch sein dürfte, scheinen mineralische Komponenten weniger kritisch zu sein.

Feinstaub PM₁₀, PM_{2,5}

Tabelle 9:
Auswirkung von
Feinstaub auf die
menschliche Gesundheit
(Quelle: WHO 2013).

| Auswirkungen durch akute Exposition | Auswirkungen durch Langzeit-Exposition |
|--|--|
| Entzündungsreaktionen der Lunge | Zunahme von Atemwegsymptomen |
| Zunahme von Symptomen der Atemwege | Abnahme der Lungenfunktion bei Kindern und Erwachsenen |
| schädliche Effekte auf das Herz-Kreislauf-System | Zunahme von chronisch obstruktiven Lungenerkrankungen |
| | Abnahme der Lebenserwartung, bedingt durch eine Zunahme der Erkrankungen der Atemwegorgane, des Herz-Kreislauf-Systems und von Lungenkrebs |

Kurzzeitwirkung und Langzeitexposition, Reduktionswirkung linear

Die Kurzzeitwirkungen von erhöhter PM_{2,5}-Belastung auf die Mortalität und Morbidität sind zum Teil unabhängig von der Langzeitwirkung; daher schlägt die WHO auch eine Regelung für Tagesmittelwerte von PM_{2,5} vor. Zwischen der Langzeitbelastung durch PM_{2,5} und dem Auftreten von kardiovaskulären Effekten besteht ein kausaler Zusammenhang. Auch zeigen sich Zusammenhänge mit weiteren Gesundheitseffekten wie Arteriosklerose, Atemwegserkrankungen und einem geringeren Geburtsgewicht.

Ebenso sind die Gesundheitswirkungen von PM₁₀ unabhängig von denen durch PM_{2,5}.

Die Ergebnisse zeigen auch, dass Gesundheitseffekte sowohl bei Exposition durch PM_{2,5} als auch durch PM₁₀ deutlich unterhalb der derzeitigen Grenzwerte auftreten. Außerdem gibt es keine Schwellenwerte, unter denen keine Wirkungen zu erwarten sind.

Die Konzentrations-Wirkungsbeziehungen sind weitgehend linear; daher sind Reduktionen der Exposition unabhängig von der Konzentration gleichermaßen vorteilhaft für die Gesundheit.

Die Weltgesundheitsorganisation (WHO) erarbeitet derzeit in einem breit angelegten Prozess⁹ die Richtwerte für PM_{2,5} und PM₁₀. Die Ergebnisse werden entscheidend für die Überarbeitung der Luftqualitätsrichtlinie sein.

2.1.1.2 Stickstoffdioxid (NO₂), Stickstoffoxide (NO_x)

Stickstoffoxide entstehen überwiegend als unerwünschtes Nebenprodukt bei der Verbrennung von Heiz- und Treibstoffen unter hohen Temperaturen, wobei zwischen NO und NO₂ unterschieden wird.

Stickstoffdioxid (NO₂ für Gesundheit relevant

Für die menschliche Gesundheit ist vor allem NO₂ relevant. NO₂ beeinflusst vor allem die Lungenfunktion, neuere Studien zeigen aber auch Zusammenhänge zwischen Kurzzeit- und Langzeitexposition mit Mortalität und Morbidität. Diese Zusammenhänge wurden bei Konzentrationen im Bereich der aktuellen Grenzwerte oder darunter festgestellt (WHO 2013). Die Weltgesundheitsorganisation WHO hat daher auch für NO₂ beschlossen, die WHO-Richtwerte zu aktualisieren⁹.

⁹ <http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/activities/update-of-who-global-air-quality-guidelines>

Stickstoffoxide stellen auch eine bedeutende Gruppe unter den Ozonvorläufersubstanzen dar. Außerdem tragen Stickstoffoxide zur Versauerung und Eutrophierung (Überdüngung) von Böden und Gewässern bei. In der Atmosphäre kann aus gasförmigen Stickoxiden und Ammoniak partikelförmiges Ammoniumnitrat entstehen, welches vor allem in der kalten Jahreszeit als Vorläufersubstanz für die Bildung von partikulärem Nitrat zur Belastung durch PM₁₀ (Feinstaub) beiträgt.

**Stickstoffoxid
Ozonvorläufer**

Gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L) gilt ein NO₂-Grenzwert von 30 µg/m³ (35 µg/m³ inklusive Toleranzmarge) als Jahresmittelwert. Der Immissionsgrenzwert von 30 µg/m³ ist ab 1. Jänner 2012 einzuhalten. Die Toleranzmarge von 5 µg/m³ gilt gleich bleibend ab 1. Jänner 2010. Der Grenzwert für NO₂ wurde in Österreich auf Empfehlung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften bereits 1998 festgelegt. Auf Basis der wissenschaftlichen Erkenntnisse ging man davon aus, dass bei Konzentrationen über 30 µg/m³ im Jahresmittel eine negative Beeinflussung der menschlichen Gesundheit insbesondere bei Kindern nicht mehr ausschließbar ist. Erst im Jahr 1999 wurde ein auf europäischer Ebene mit der 1. Tochterrichtlinie ein Grenzwert für den Jahresmittelwert festgelegt (40 µg/m³). Anmerkung: auch die Schweiz hat einen Grenzwert von 30 µg/m³ für den Jahresmittelwert. Seit der IG-L-Novelle des Jahres 2010 (BGBl. 77/2010) ist ein Luftreinhalteprogramm für NO₂ so auszulegen, dass ein Wert von 40 µg/m³ sicher eingehalten wird.

**IG-L NO₂-Grenzwert:
30 µg/m³ plus 5 µg/m³
Toleranz**

**EU NO₂-Grenzwert:
40 µg/m³**

2.1.2 Messung von Luftschadstoffen

Zum Schutz der menschlichen Gesundheit sind im Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L) in Anlage 1 (1a und 1b) Grenzwerte für Luftschadstoffe festgelegt, die auf Vorgaben der EU-Luftqualitätsrichtlinie beruhen. Die Überprüfung der Immissionskonzentration dieser Luftschadstoffe erfolgt gemäß IG-L-Messkonzept-Verordnung 2012 an ausgesuchten Messstellen.

Die Kriterien für die Lage und Anzahl dieser Messstellen basieren auf den Vorgaben der EU-Luftqualitätsrichtlinie. Für die Schadstoffe PM₁₀ und NO₂, bei denen die meisten Grenzwertüberschreitungen in den letzten Jahren aufgetreten sind, wird in der Messkonzept-Verordnung festgelegt, dass die Messungen sowohl an Belastungsschwerpunkten (dies sind zumeist stark befahrene Straßen) als auch in Gebieten, in denen Konzentrationen auftreten, die für die Belastung der Bevölkerung im Allgemeinen repräsentativ sind, durchgeführt werden sollen. Letzteres sind Messstellen im sogenannten städtischen Hintergrund.

**Messungen zum
Schutz der
menschlichen
Gesundheit**

Die Verordnung sieht zudem vor, dass für die Messungen umfangreiche qualitätssichernde Maßnahmen zur Absicherung der Messdaten durchgeführt werden müssen.

2.1.2.1 Messstellen des Wiener Luftmessnetzes

Von der Wiener Umweltschutzabteilung MA 22 werden derzeit 16 Messstellen¹⁰ zur Messung der Belastung durch NO_x bzw. NO₂, sowie 13 für PM₁₀ betrieben (siehe Abbildung 32).

¹⁰ <https://www.wien.gv.at/umwelt/luft/messstellen/>

Die Lage der Messstellen in Wien entspricht den in der Messkonzeptverordnung vorgegebenen Kriterien.

Lage der Messstellen in Wien

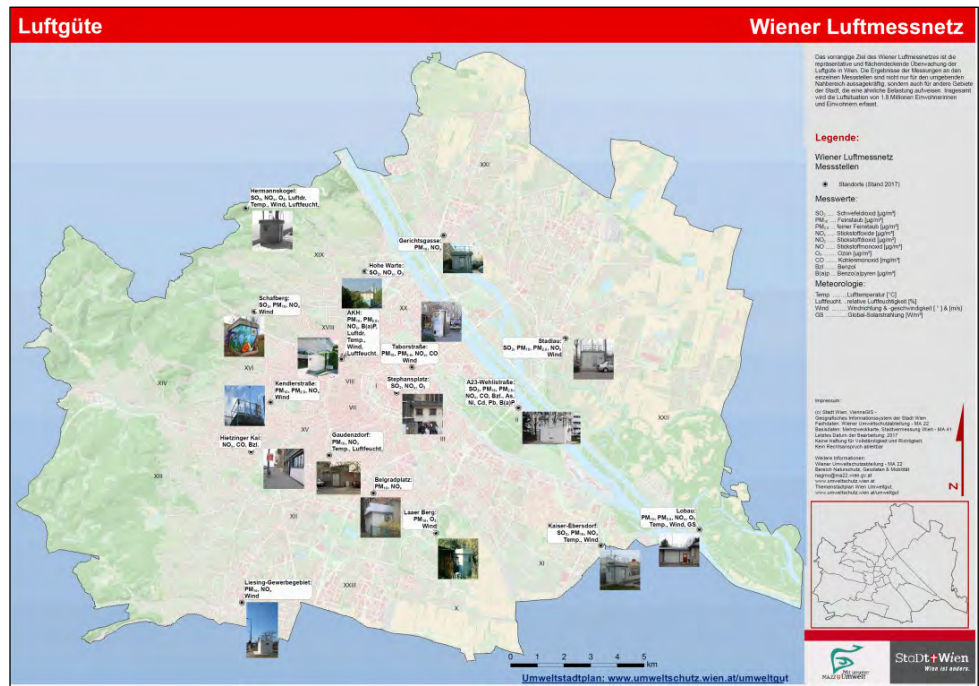


Abbildung 32: Lage der Messstellen in Wien (Quelle:

<https://www.wien.gv.at/umweltschutz/umweltgut/pdf/luftquete-karte.pdf>

2.1.2.2 Entwicklung Luftqualität

Entwicklung der Luftqualität in Wien

Sowohl bei NO₂ als auch bei PM₁₀ hat die Belastung in den letzten Jahren abgenommen. Abbildung 33 zeigt die Entwicklung der NO₂ und NO_x-Belastung an der höchstbelasteten Messstelle und gemittelt über verschiedene Messstellentypen. Zwar zeigte sich um das Jahr 2005 ein Anstieg der Belastung, danach ging diese aber wieder kontinuierlich zurück.

Seit dem Jahr 2011 traten Überschreitungen des Grenzwerts für den Jahresmittelwert (40 µg/m³) von NO₂ gemäß Luftqualitätsrichtlinie nur noch an der Messstelle Hietzinger Kai auf, davor auch an der Taborstraße und der Wehlstraße / Südosttangente. An den letzten beiden Messstellen wurde in den letzten Jahren noch der Grenzwert gemäß IG-L (30 µg/m³), nicht aber die Summe aus Grenzwert und Toleranzmarge (35 µg/m³) überschritten. Modellrechnungen zeigen aber Überschreitungen an allen stärker befahrenen Straßen v. a. im dicht bebauten Stadtgebiet (KURZ et al. 2014).

Die Anzahl an zulässigen Überschreitungen des Grenzwerts für den Tagesmittelwert von PM₁₀ (50 µg/m³) gemäß Luftqualitätsrichtlinie (35 Überschreitungen zulässig) wurde zuletzt im Jahr 2011 überschritten, gemäß IG-L (25 Überschreitungen zulässig) im Jahr 2014.

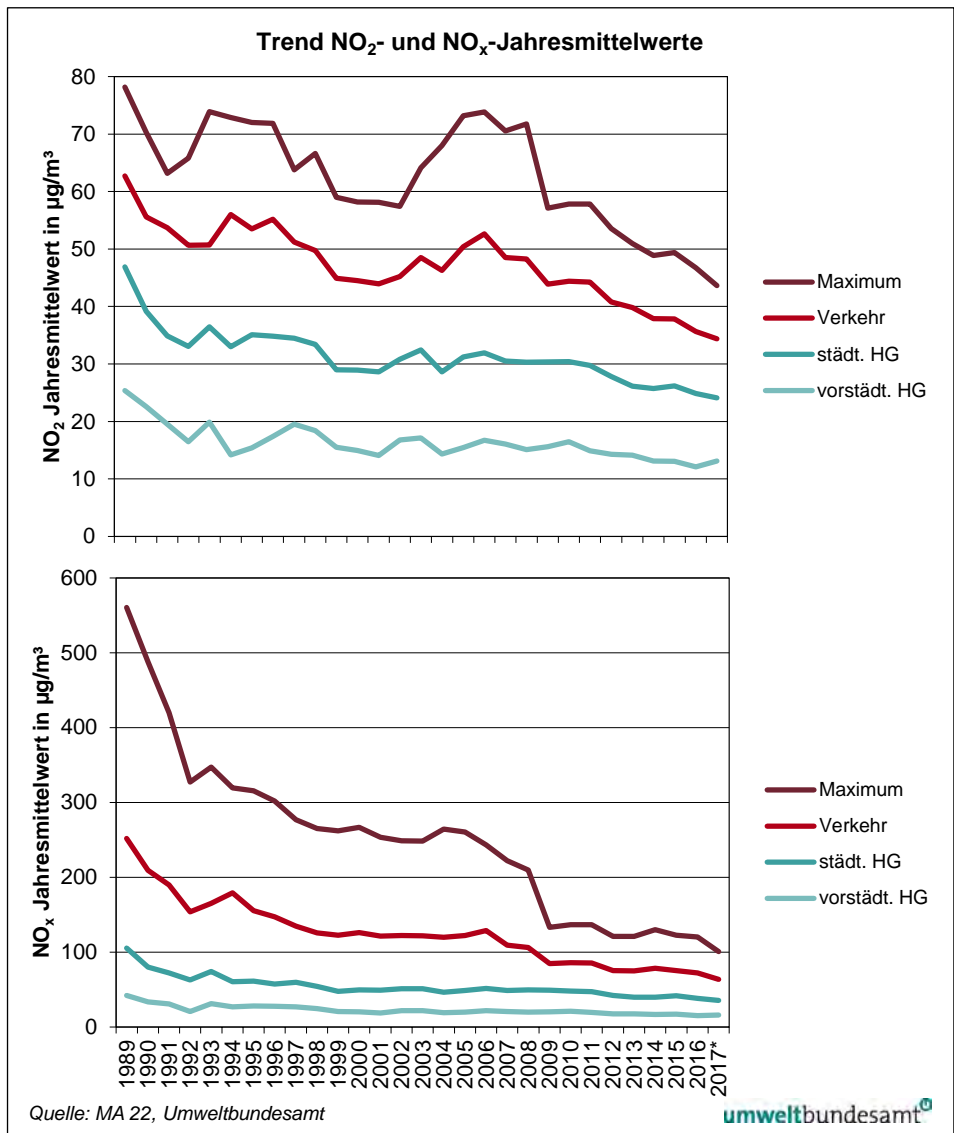
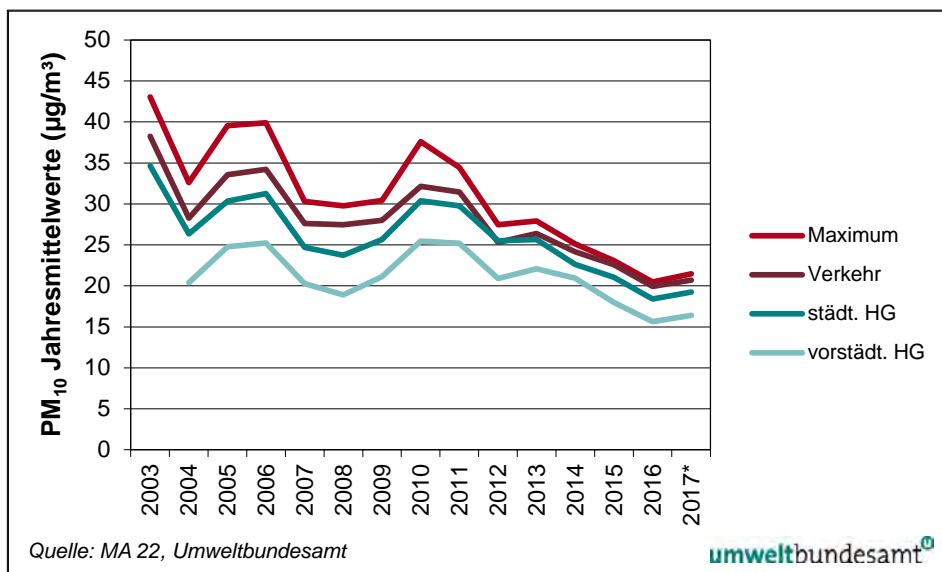


Abbildung 33:
Entwicklung der NO₂-
(oben) und NO_x-Jahres-
mittelwerte in Wien an
der höchstbelasteten
Messstelle sowie
gemittelt über alle
Verkehrs-, städtischen
und vorstädtischen
Hintergrundmessstellen
(2017: vorläufige Daten).

Abbildung 34 zeigt die Entwicklung der PM₁₀-Jahresmittelwerte; diese zeigen an allen Messstellentypen seit dem Jahr 2010 einen mehr oder weniger kontinuierlichen Rückgang. Eine detaillierte Analyse der Entwicklung und deren Ursachen der PM₁₀-Belastung findet sich in zwei Berichten im Auftrag der MA 22 bzw. der Plattform Saubere Luft (UMWELTBUNDESAMT 2017a, 2018a).

Abbildung 34:
Entwicklung der PM₁₀-
Jahresmittelwerte in
Wien an der
höchstbelasteten
Messstelle sowie
gemittelt über alle
Verkehrs-, städtischen
und vorstädtischen
Hintergrundmessstellen
(2017: vorläufige Daten).



2.1.2.3 Vergleich mit anderen europäischen Städten

Deutschland

München

Luftqualität in München

Die höchstbelastete Messstelle in München (Landshuter Allee) weist einen NO₂-Jahresmittelwert um 80 µg/m³ auf. Modellrechnungen, die im Jahr 2017 durchgeführt wurden, zeigen Werte über 40 µg/m³ entlang von etwa einem Viertel des 511 km langen Hauptverkehrsstraßennetzes und etwa 5 % des gesamten Straßennetzes (GEVAS & LOHMEYER 2017).

Im Konzept zur 7. Fortschreibung¹¹ wird zum voraussichtlichen Einhaltezeitpunkt auf die 6. Fortschreibung¹² verwiesen (LFU 2017, 2015). Laut dieser ist an der Landshuter Allee eine Einhaltung erst nach 2030 möglich, am Stachus (zweithöchstbelastete Messstelle) voraussichtlich ab 2025.

Im Unterscheid zu Wien zeigt sich an der Landshuter Allee nur ein geringfügiger Rückgang der Belastung, ausgeprägter ist dieser am Stachus (siehe Abbildung 35)

Für hochbelastete Messstellen in München (und in Bayern insgesamt) wurden Modellrechnungen und Passivsammlermessungen durchgeführt, um die räumliche Verteilung zu analysieren. Es zeigt sich – wie dies generell beobachtet wird – eine hohe Variabilität (siehe Abbildung 36). So zeigt z. B. der der kontinuierlichen Messstelle gegenüberliegende Passivsammler-Messpunkt mit einer Bebauungslücke eine deutlich niedrigere Belastung knapp über 50 µg/m³ auf. Auch ist die Station Landshuter Allee direkt in der Parkbucht¹³ situiert. Dies könnten Gründe für die – im Vergleich zu Wien – deutlich höheren Belastung sein.

¹¹ <https://www.regierung.oberbayern.bayern.de/aufgaben/umwelt/allgemein/luftreinhalte/02716/>

¹² https://www.muenchen.de/rathaus/Stadtverwaltung/Referat-fuer-Gesundheit-und-Umwelt/Luft_und_Strahlung/Luftreinhalteplan.html

¹³ https://www.lfu.bayern.de/luft/immissionsmessungen/doc/lueb_dokumentation/aktiv01_Oberbayern/09_muenchen_landshuter_allee.pdf

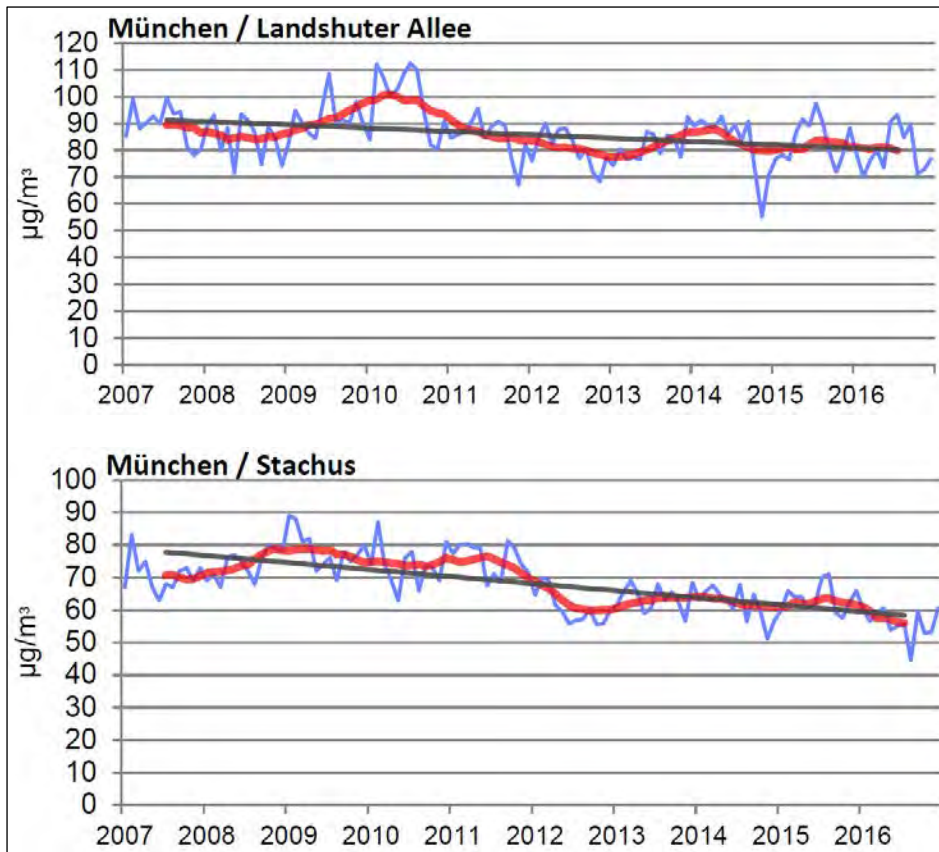


Abbildung 35:
Entwicklung der NO₂-Belastung an den beiden höchstbelasteten Messstellen in München (Quelle: LFU 2017).

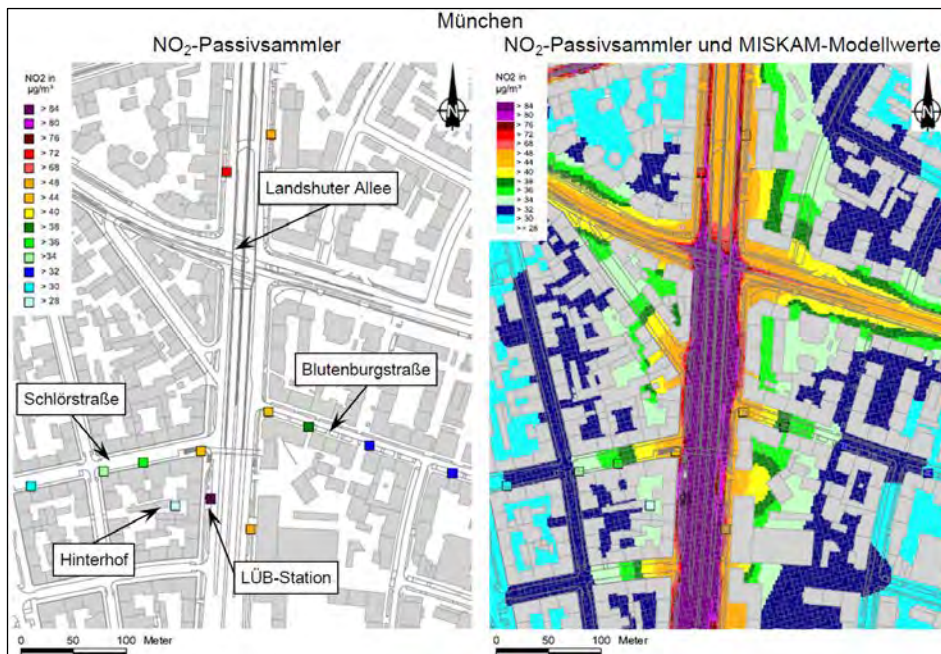


Abbildung 36:
Vergleich der Jahresmittelwerte für 2011 der NO₂-Passivsammler (Quadrate mit farbiger Skalierung) mit den MISKAM Modellrechnungen im Umfeld der Station Landshuter Allee, München (Quelle: LFU 2015).

Streckenbezogene Verkehrsverbote sind in München nicht vorgesehen, allerdings wurden diese vom Gericht gefordert, eine endgültige Entscheidung dazu ist noch ausstehend (LFU 2017).

Stuttgart

Luftqualität in Stuttgart

Die NO₂-Jahresmittelwerte an der höchstbelasteten Messstelle in Stuttgart (Am Neckartor) sind mit etwa 80 µg/m³ gleich hoch wie in München – Landshuter Allee. Auch an dieser zeigte sich 2011 bis 2015 kaum ein Rückgang der Belastung (RPs 2017).

Für das Jahr 2018 wurde abgeschätzt, dass entlang von 33 km Straßen im Stadtgebiet der Grenzwert überschritten wird. Durch eine Einführung einer „Blauen Umweltzone“, d. h. einer zusätzlichen (blauen) Plakette für neuere Fahrzeuge, und weiterer Maßnahmen könnte sich die Belastung am Neckartor auf knapp 42 µg/m³ im Jahr 2019 reduzieren und damit der Grenzwert im Jahr 2020 eingehalten werden; ausgegangen wird von einer gesicherten Einhaltung im Jahr 2021.

Berlin

Luftqualität in Berlin

Deutlich niedriger als München und Stuttgart ist die NO₂-Belastung in Berlin (SUVK 2017). So wurden an der höchstbelasteten Messstelle im Jahr 2016 (Silbersteinstr. 1) 52 µg/m³ gemessen; Passivsammler¹⁴ zeigten bis 66 µg/m³. Auch zeigt sich in Berlin ein etwas ausgeprägterer Rückgang der Belastung, laut dem Jahresbericht auch durch die Erneuerung der Busflotte sowie der Optimierung der Abgasreinigung.

Im Luftreinhalteplan für Berlin finden sich Abschätzungen zur Belastung im Jahr 2020, für das eine weitgehende Einhaltung prognostiziert wird (SSUK 2013). Allerdings bezieht sich der Luftreinhalteplan auf das Basisjahr 2009 und berücksichtigt daher nicht die erhöhten NO_x-Emissionen von Euro 5 und Euro 6 Diesel-Pkw.

Niederlande

Luftqualität in den Niederlanden

In den Niederlanden basiert die Überwachung der Umsetzung von Maßnahmen und deren Wirkung auf einem nationalen Luftreinhalteplan¹⁵ und einem Überwachungstool¹⁶. In dem Tool sind alle Modellergebnisse für alle stärker befahrenen Straßen in den Niederlanden enthalten. Für das Jahr 2016 wurden Überschreitungen an insgesamt lediglich etwa 7 km Straßen berechnet, für das Jahr 2020 an 0,4 km (RIVM 2017). Ein genauer Einhaltezeitpunkt findet sich nicht in den Berichten.

Die Messwerte zeigen für das Jahr 2016 maximale Jahresmittelwerte¹⁷ von 49 µg/m³ für die Stadt Amsterdam, 2011 lagen die Werte noch bei 63 µg/m³.

¹⁴ einfaches Messverfahren mittels Diffusionsröhrchen, siehe z.B. <http://www.passam.ch/wp/de/no2-tube>

¹⁵ <https://www.infomil.nl/onderwerpen/lucht-water/luchtkwaliteit/regelgeving/wet-milieubeheer/nsl/>

¹⁶ <https://www.nsl-monitoring.nl/>

¹⁷ <http://eadmz1-cws-wp-air.azurewebsites.net/>

Schweden

Im Großraum Stockholm wurde im Jahr 2010 der Grenzwert für den Jahresmittelwert von NO₂ entlang von etwa 40 km Straßen überschritten (LÄNSSTYRELSENS STOCKHOLM 2012). An der höchstbelasteten Messstelle (Stockholm Hornsgatan) lag der Jahresmittelwert¹⁸ im Jahr 2016 bei 43 µg/m³.

Die Wirkung der Citymaut („Trängselskatt“, Stausteuer), die im Jahr 2007 nach einer Testphase und einem Referendum eingeführt wurde, wurde für die Zeit nach der Einführung mit einer Reduktion der NO_x-Belastung an den am stärksten belasteten Straßen von bis zu minus 12 % sowie bei PM₁₀ von minus 7 % abgeschätzt (JOHANSSON 2009).

Großbritannien

In Großbritannien werden Luftreinhaltepläne für alle Zonen mit Überschreitungen vom Department for Environment, Food & Rural Affairs (DEFRA)¹⁹ in Zusammenarbeit mit den lokalen Behörden erstellt. Die Pläne wurden – nicht zuletzt durch Gerichtsverfahren²⁰ – mehrmals aktualisiert und überarbeitet. Die aktuellsten Berichte²¹ stammen aus dem Juli 2017, die letzte Aktualisierung aus März 2018.

Abbildung 37 zeigt die Entwicklung der NO₂-Jahresmittelwerte in London, die an der höchstbelasteten Messstelle ähnlich hoch wie in München und Stuttgart ist.

Luftqualität in Schweden

Luftqualität in London

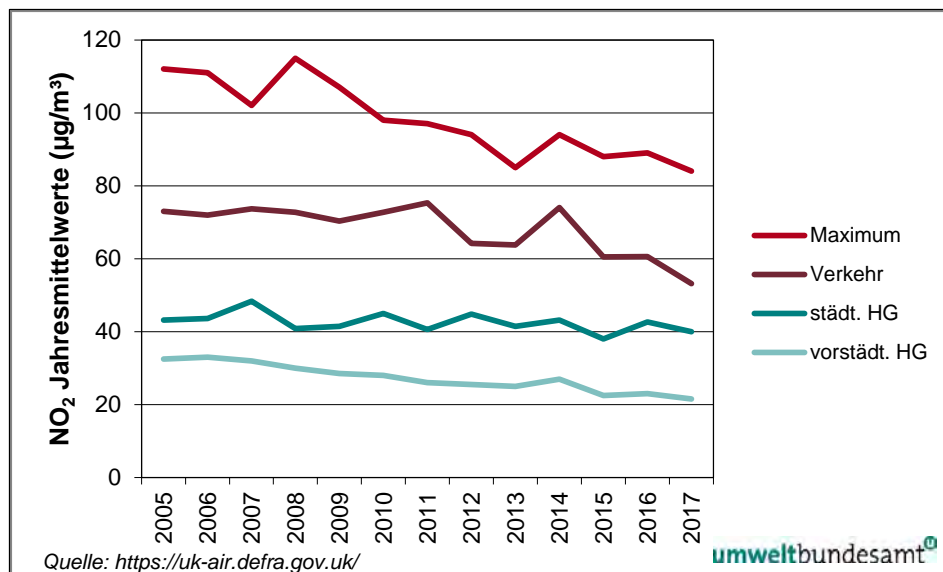


Abbildung 37: Entwicklung der NO₂-Jahresmittelwerte an der höchstbelasteten Messstelle sowie gemittelt über alle Verkehrs-, städtischen und vorstädtischen Hintergrundmessstellen in London (2017: vorläufige Daten).

Der Luftreinhalteplan enthält detaillierte Abschätzungen des Einhaltezeitpunkts für alle Zonen bei verschiedenen Maßnahmen szenarien und Sensitivitätsanalysen (DEFRA 2017). Ebenso werden neben Messungen auch Modellrechnungen berücksichtigt, welche noch deutlich höhere Werte aufweisen (siehe Abbildung 38).

¹⁸ <http://www.smhi.se/klimatdata/miljo/luftmiljodata>

¹⁹ <https://www.gov.uk/government/organisations/department-for-environment-food-rural-affairs>

²⁰ <https://www.clientearth.org/uk-government-back-court-face-third-air-pollution-challenge-clientearth/>

²¹ <https://www.gov.uk/government/publications/air-quality-plan-for-nitrogen-dioxide-no2-in-uk-2017>

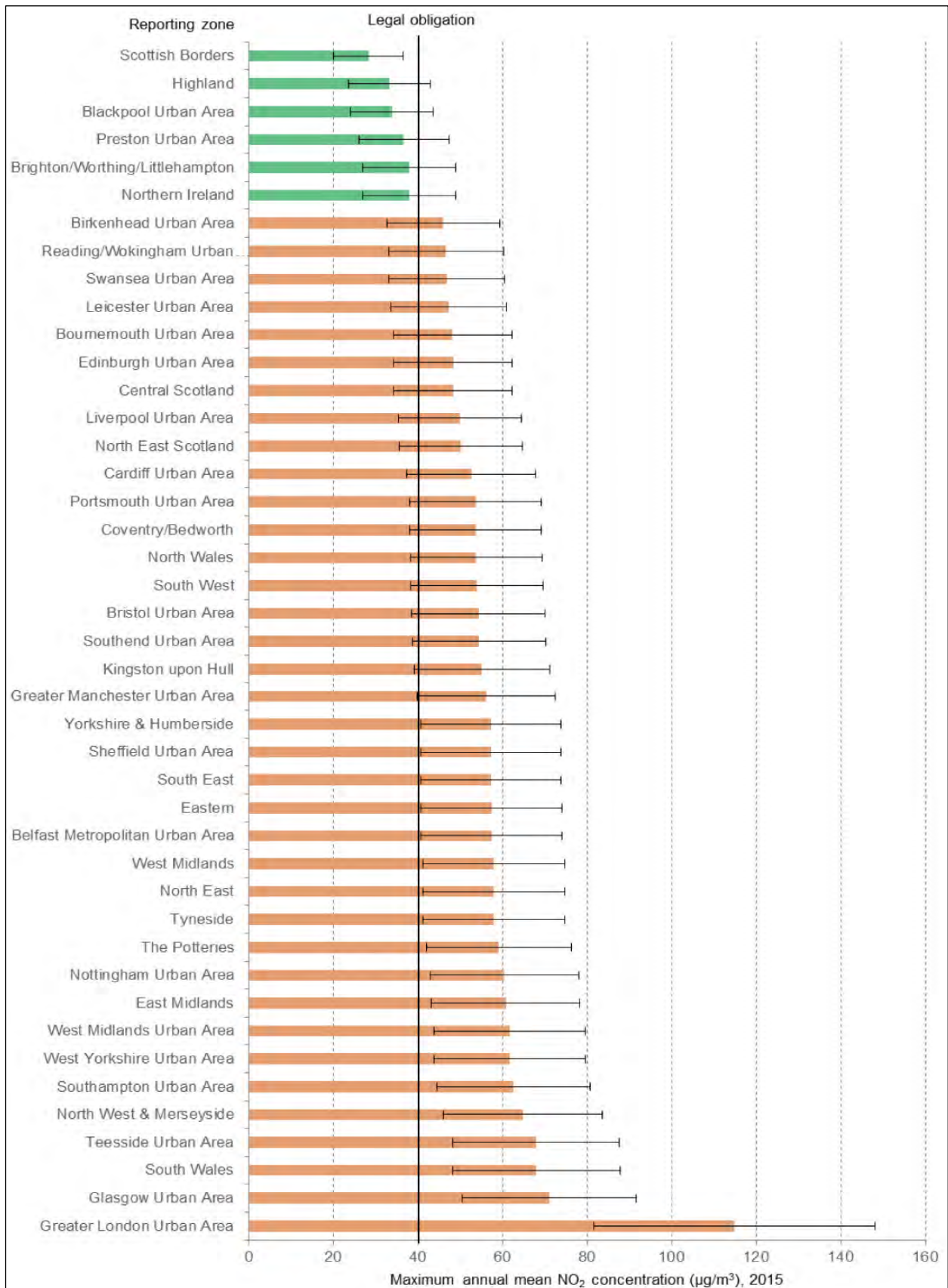


Abbildung 38: Maximale jahresdurchschnittliche NO₂-Konzentration in Großbritannien in 2015. Die Fehlerbalken zeigen die Gesamtunsicherheit aus den Modellrechnungen (Quelle: DEFRA 2017).

Im Referenzszenario wird für alle Zonen eine Einhaltung ab 2028 prognostiziert, im Umweltzonen-Szenario ab 2026, im Szenario mit erweiterten Maßnahmen ab 2025 (siehe Abbildung 39).

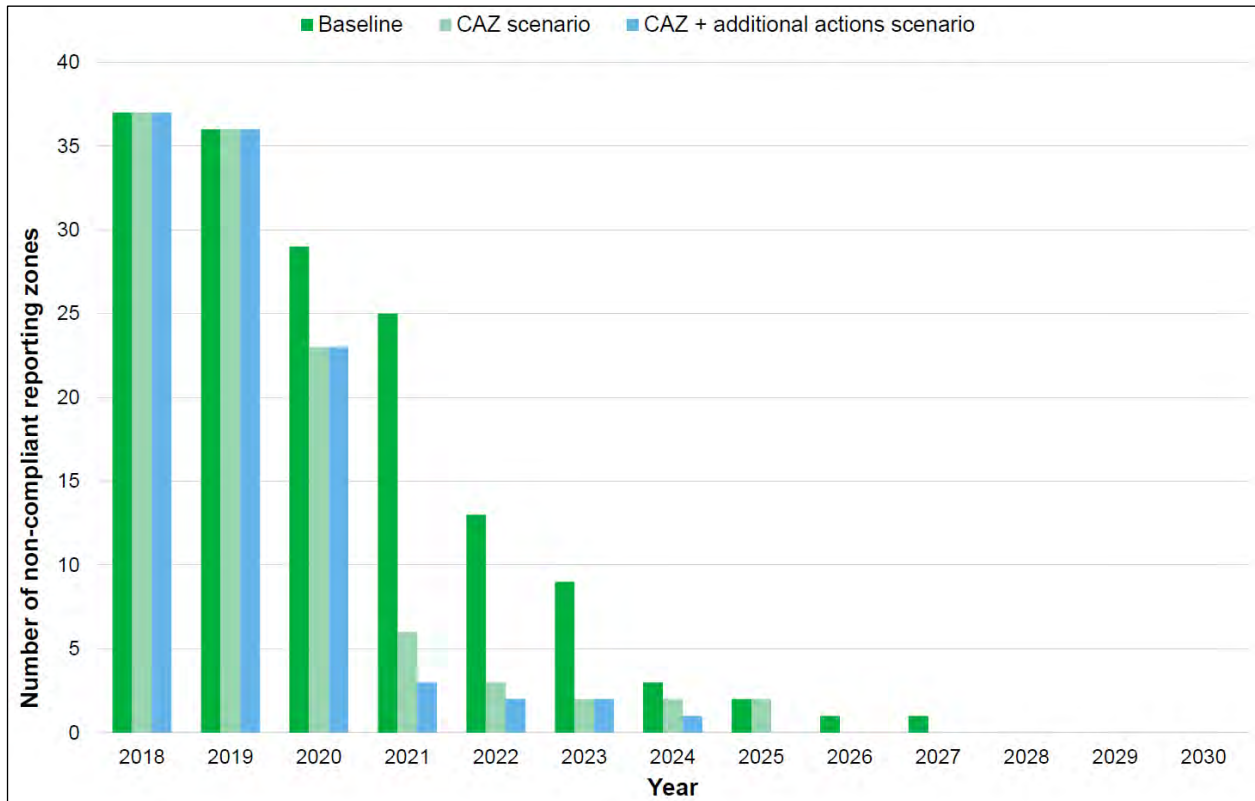


Abbildung 39: Abschätzung der Anzahl der Zonen mit Nichteinhaltung des NO₂-Grenzwerts im Referenzszenario („baseline“), Umweltzonen-Szenario („CAZ scenario“, CAZ = Clean Air Zone) und Szenario mit erweiterten Maßnahmen („CAZ + additional action scenario“) (Quelle: DEFRA 2017).

In London wurde bereits im Jahr 2003 eine „congestion charge“ eingeführt (und 2007 erweitert), um den Verkehrsfluss in der Innenstadt zu verbessern (siehe Kapitel 3.3.2 für Details)

2.1.3 Diskrepanz zwischen der Entwicklung der Typgenehmigungsgrenzwerte für Stickoxide und den Realemissionen von Diesel – Kfz²²

Es gibt viele Gründe, womit die Abweichung zwischen Typprüfwerten und Emissionen im Realbetrieb erklärbar sind. Die Hintergründe sind komplex – daher wird versucht die Thematik anhand von Problemfeldern verständlich zu machen.

²² Dieses Thema wird in der AK Studie vertieft behandelt:
https://media.arbeiterkammer.at/wien/Informationen_zur_Umweltpolitik_196.pdf

2.1.3.1 Problemfeld gesetzliche Rahmenbedingungen bei der Typzulassung

Problemfeld gesetzliche Rahmen- bedingungen

Insgesamt besteht der gesetzliche Rahmen bei der Typzulassung aus einer Vielzahl von individuellen Regulierungsakten, welche durch eine Vielzahl von Querverweisen miteinander verbunden sind. Dieser Rahmen ist sehr unübersichtlich und kompliziert – es ist schwierig den gesamten Prozess zu durchleuchten. Darüber hinaus fehlt es bei den gesetzlichen Anforderungen an Klarheit und Präzision in vielerlei Hinsicht. Oft behalten nur ExpertInnenteams, wie jene von den Herstellern selbst (OEMs, Original Equipment Manufacturer) oder von technischen Diensten, hier einen guten Überblick.

Beispielhaft können folgende Schwachstellen im Typzulassungsprozess angeführt werden²³

- OEMs können bei der Fahrzeugtypisierung aus 28 verschiedenen Typgenehmigungsbehörden und mehr als 300 technischen Diensten frei wählen.
- Typgenehmigungsbehörden verfügen oft nicht über die Standardkompetenz und die notwendigen Mittel um Genehmigungen durchzuführen. Darüber hinaus ist die Interaktion zwischen den Typgenehmigungsbehörden und den technischen Diensten durch einen Mangel an Harmonisierung und Spezifikation behindert. Als Konsequenz variieren Typgenehmigungsverfahren und Qualitätsstandards in der gesamten EU.
- In einigen Fällen sind die für die Prüfung oder Überwachung von Prüfungen zuständigen technischen Dienste teilweise im Besitz der OEMs oder integriert in eine nationale Typgenehmigungsbehörde. Es gibt keine zufriedenstellende Gewaltenteilung.
- Die Überprüfung der In-Service-Konformitätsprüfung (ISC)²⁴ basiert auf Labortests durch den OEM selbst. Es gibt derzeit noch keine Rechtsgrundlage dafür, dass die Fahrzeuge erstens unter realen Fahrbedingungen und zweitens durch ein unabhängiges Labor getestet werden²⁵.
- Im Falle einer Nichtkonformität haben die Mitgliedstaaten (autorisierten Behörden), die den zugrundeliegenden Fahrzeugtyp nicht genehmigt haben, im derzeitigen Rechtsrahmen keinerlei Rechtsgrundlagen, um Aktionen zu setzen. Nur die Behörde, die die Typgenehmigung durchgeführt hat, kann beispielsweise einen Fahrzeugtyp aus dem Verkehr ziehen. Dies stellt ein Hindernis für freiwillige nationale Marktüberwachungsprogramme dar, da diese in der Regel von den Mitgliedstaaten finanziert werden.

²³ Das Umweltbundesamt analysierte im Auftrag des Europäischen Parlaments Ursachen für die Diskrepanz bei den Stickoxidemissionen zwischen Fahrzeug-Typgenehmigung und realem Fahrbetrieb. Die ExpertInnen prüften die rechtlichen Möglichkeiten unterschiedlicher Interessensvertretungen, Abgasmessungen für die EU-weite Typgenehmigung durchzuführen. Zusätzlich gibt die Studie Einblicke in die praktische Umsetzung von Typgenehmigungsverfahren in der Europäischen Union und enthält Empfehlungen, wie Rechtsvorschriften und Verfahren verbessert werden können.
[http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/578996/IPOL_STU\(2016\)578996_EN.pdf](http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2016/578996/IPOL_STU(2016)578996_EN.pdf)

²⁴ Eine Form von Marktüberwachung im Zulassungsprozess, Hersteller müssen garantieren dass die Funktionstüchtigkeit der Abgasnachbehandlungssysteme im Betrieb gewährleistet ist (Fzg. dürfen bei dem Test nicht älter als 5 Jahre sein bzw. der Kilometerstand muss unter 100.000 km sein, je nachdem war vorher eintritt.

²⁵ Anmerkung: unter dem neuen Prüfzyklus (WLTC) werden die Fahrzeuge zwar zusätzlich auf der Straße getestet, jedoch auch hier nicht durch unabhängige Messlabors

- Bei Nichtkonformität gibt es keine Harmonisierung der Strafen in den verschiedenen Mitgliedsstaaten. Bisher sind in der EU keine Fälle bekannt, in denen OEMs sanktioniert wurden (gemäß VO Nr. 715/2007, Art. 13).

2.1.3.2 Problemfeld Prüfzyklus

NEFZ (Neuer Europäischer Fahrzyklus)

Ein Fahrzyklus legt fest, unter welchen Bedingungen ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor bei der Ermittlung der Emissionen und des Kraftstoffverbrauchs betrieben werden muss. Von 1997 bis 2017 wurden über den Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) der Kraftstoffverbrauch und die Emissionen eines Fahrzeugs auf einem Rollen-Prüfstand ermittelt. Da der Rollenprüfstand eine sehr künstliche Fahrsituation darstellt, bei der sich zwar die Räder bewegen, das Auto selbst aber steht, müssen auch die Fahrwiderstände künstlich erzeugt werden. Im NEFZ wurde ein Fahrzeug über eine simulierte Strecke von 11 km 20 Minuten lang geprüft, 6 h bei 25 °C vorgewärmt und bei rund 25 °C vermessen. Simuliert wurde zu zwei Drittel Stadtverkehr und zu einem Drittel außerstädtische Fahrbedingungen bei einer durchschnittlichen Geschwindigkeit von 33,6 km/h und einem Leerlaufanteil von rund 23,7 %. Nur für wenige Sekunden wurde die Maximalgeschwindigkeit von 120 km/h abgefordert und Beschleunigungsvorgänge laufen extrem langsam ab.

Kritisch betrachtet bildete der NEFZ kein reales Fahren ab bzw. deckte dieser viel zu wenig reale Fahrsituationen ab. Er ist zu wenig dynamisch – was dazu führt, dass große Bereiche an Motorleistung bzw. Lastzuständen nicht erfasst wurden (siehe Abbildung 40).

Neuer Europäischer Fahrzyklus (NEFZ)

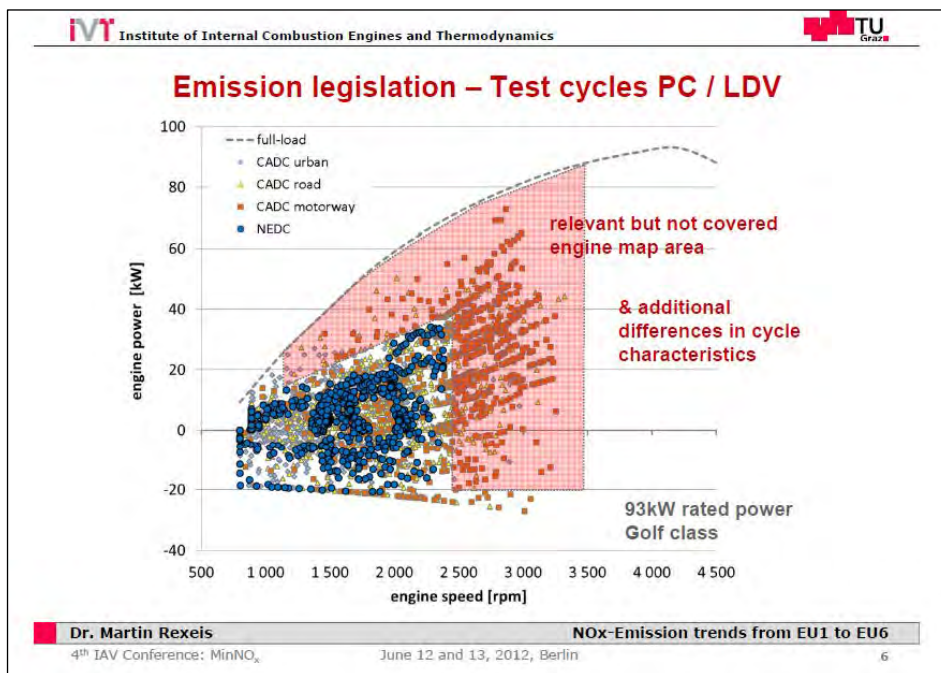


Abbildung 40: Motorenkennfeld, NEDC und CADC Messpunkte, Quelle: TU Graz IVT

Außerdem waren im NEFZ die Fahrwiderstände meist zu gering eingestellt, da die Hersteller diese mit dem leichtesten Modell einer Variante/Version bzw. mit speziell vorbereiteten Fahrzeugen generierten (Minimumausstattung). Der Be-

reich der abgedeckten „Umgebungstemperaturen“ ist/war im Labor zu gering (gemessen wird bei ca. 25 °C), somit funktionieren die Abgasnachbehandlungssysteme in einem klar definierten Temperaturbereich. Außerdem gab es noch viele „Schlupflöcher“ im Verfahren sowie nicht ausreichend streng definierte Rahmenbedingungen, wie etwa Leichtlauföle, erhöhten Reifendruck, angepasste Radgeometrie, Nichtaufladung der Bord-Batterie während der Prüfung oder Abschaltung der Nebenverbraucher (z. B. Klimaanlage). Da es im Realbetrieb auch höhere Lastzustände gibt, wie sie etwa bei stärkerer Beschleunigung oder bei Steigung vorkommen und der Prüfzyklus diese Situationen nicht abdeckt, kommt es hier zu teils starken Abweichungen zwischen Prüfwerten und Realemissionen.

Neuer Prüfzyklus WLTC

**Worldwide
Harmonized Light
Vehicles Test Cycle“
(WLTC)**

Unter dem Dach der Vereinten Nationen UNECE wird seit 2009 an einem neuen Testzyklus zur Ermittlung realistischer Kraftstoffverbrauchs- und Emissionswerte von Autos gearbeitet. Der „Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle“ (WLTC) löste den bisher gültigen Neuen Europäischen Fahrzyklus (NEFZ) mit September 2017 für Euro-6-Zertifizierungen in Europa ab. Der WLTC soll wesentlich dynamischer sein und realistischere Verbrauchs- bzw. Emissionswerte widerspiegeln.

Mit dem WLTC werden die Testbedingungen stufenweise verschärft (siehe Abbildung 41), da als Teil des Testzyklus auch eine verpflichtende Überprüfung der Emissionen im realen Fahrbetrieb stattfindet (RDE, real driving emissions). Die EU-Mitgliedstaaten beschlossen im Oktober 2015 Konformitätsfaktoren (Conformity Factors, CF), die einen Toleranzrahmen für die deutlich breiteren Rahmenbedingungen im realen Fahrbetrieb hinzufügen. Von September 2017 bis Jänner 2020 dürfen die NO_x-Emissionen im realen Fahrbetrieb (mittels PEMS²⁶ gemessen) um den Faktor 2,1 (110 %) über dem gesetzlich festgelegten Grenzwert liegen. Ab 2020 gewährt der Konformitätsfaktor 1,5 eine Überschreitung von maximal 50 %.

²⁶ portable emissions measurement system

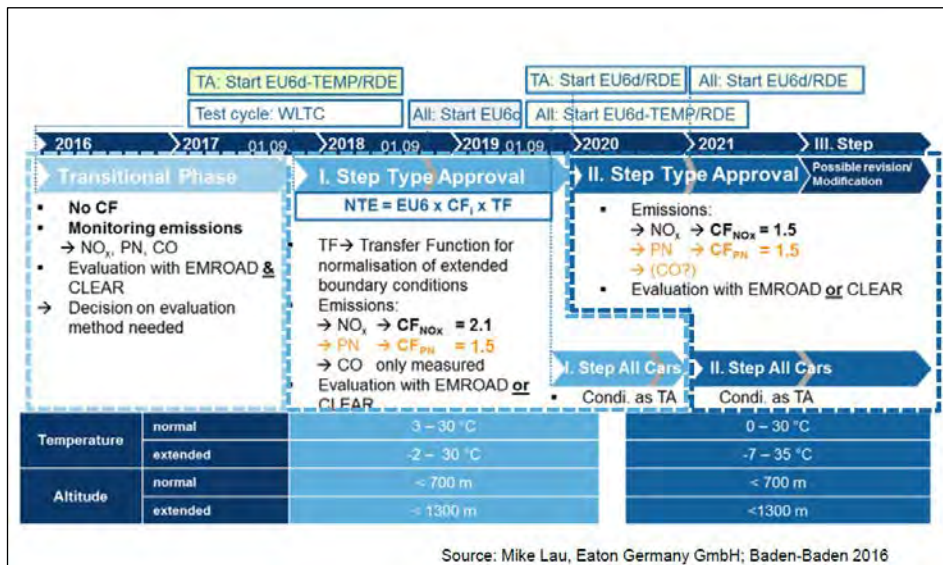


Abbildung 41: Einführung des WLTC-Testzyklus.

Die RDE-Gesetzgebung sieht vor, dass der Konformitätsfaktor stufenweise auch in einer realen Testumgebung einzuhalten ist. Die reale Testumgebung wird durch die Außentemperatur und durch die Seehöhe definiert. In der ersten Typzulassungsphase (von September 2017 bis Jänner 2020) müssen die Fahrzeuge unter normalen Bedingungen (3–30 °C und bis zu 700 Höhenmeter) den Konformitätsfaktor von 2,1 einhalten. In der zweiten Typzulassungsphase (ab Jänner 2020) gelten strengere Bedingungen. Hier müssen die Fahrzeuge ab 0 °C den Konformitätsfaktor von 1,5 einhalten. Herrschen bei der RDE-Prüfung noch strengere Bedingungen vor (Temperaturen z. B. unter 0 °C), dann sind die Auswertebestimmungen anders geregelt.

2.1.3.3 Problemfeld Wirtschaftlichkeit

Ziel geringer Kraftstoffverbrauch

Aus physikalischen und technologischen Grundprinzipien besteht v. a. bei Dieselmotoren ein Zielkonflikt zwischen geringem NO_x-Emissionen auf der einen Seite und geringem Kraftstoffverbrauch (=CO₂-Emissionen) auf der anderen Seite. Ein thermodynamisch günstiger Verbrennungsverlauf mit höheren Verbrennungstemperaturen und Motorwirkungsgraden ist mit höheren NO_x-Emissionen verbunden. Somit tendieren die Hersteller bei der Typprüfung eher für eine Emissionsstrategie (z. B. anderer Einspritzwinkel), welche wenig NO_x-Emissionen verursacht. Beim realen Fahren auf der Straße wird eine andere Strategie gewählt, mit der Treibstoff gespart werden soll. Dies führt wiederum zu höheren NO_x-Emissionen.

Zielkonflikt Emissionsminderung und Kraftstoffverbrauch

Ziel niedrige Systemkosten

Eine effiziente NO_x-Minderung in Abgasnachbehandlungssystemen – wie SCR²⁷ oder NO_x-Speicherkat – führt zu höheren Systemkosten. Die Größe des Katalysators muss grundsätzlich richtig ausgelegt werden, bei SCR-Systemen fällt

²⁷ Selective Catalytic Reduction (selektive katalytische Reduktion)

bspw. auch ein gewisser Verbrauch an AdBlue²⁸ an (auch hier führt ein entsprechend großer AdBlue-Tank sowie die dazugehörigen Leitungen zu Mehrkosten). Diese Nachbehandlungssysteme haben ebenso komplexe Wechselwirkungen mit dem Verbrennungsmotor wie z. B. sog. „Heizstrategien“, die die Abgastemperatur anheben, um auch in niedriglastigen Fahrprofilen bzw. bei niedrigen Umgebungstemperaturen eine ausreichend hohe Temperatur für die NO_x-Minderung im SCR-System zu gewährleisten.

Niedrige Systemkosten sind auch bei Abgasrückführung (AGR)-Systemen relevant. AGR-Systeme, die auch bei niedrigen Umgebungstemperaturen hohe AGR-Raten vertragen, sind technologisch aufwändiger und somit teurer.

Schlecht dimensionierte Bauteile (z. B. zu kleiner AdBlue-Tank), AGR-Systeme von minderer Qualität bzw. eventuelle (illegale) Eingriffe in die Motorsteuerung, um einen geringeren AdBlue-Verbrauch auf der Straße zu erzielen, führen letztendlich zu höheren NO_x-Emissionen im Straßenbetrieb.

2.1.3.4 Problemfeld Einfluss Umgebungstemperatur auf Abgasrückführung (AGR) und Abgasnachbehandlungssysteme (Speicherkat und SCR)

Einfluss der Temperatur auf AGR

Abgasrückführung (AGR)

Grundsätzlich bewirkt gekühlte Abgasrückführung (AGR) eine Reduktion der Spitzentemperaturen bei der Verbrennung sowie eine Reduktion des Sauerstoffgehalts der Zylinderfüllung. Dadurch sinken zwar die NO_x-Emissionen, der Kraftstoffverbrauch steigt allerdings geringfügig. Bei geringen Umgebungstemperaturen besteht das Problem, dass Kondensation von Wasser und Verbrennungsprodukten im AGR-Kühler zu Korrosion und Verblockung im AGR-System führen kann. Dadurch ist die Effektivität des Systems stark herabgesetzt. Vor allem Euro 4- und Euro 5-Pkw sind mit Abgasrückführungssystemen ausgestattet, um die gesetzlich festgelegten Grenzwerte – zumindest bei der Typprüfung – einzuhalten.

Einfluss der Temperatur auf SCR

Umgebungstemperatureinfluss

Euro 6 erfordert zusätzlich zur AGR noch einen NO_x-Speicherkat oder ein SCR-System. Auch hier beeinflusst die Umgebungstemperatur die Effektivität der Systeme. Bei niedrigen Umgebungstemperaturen ist mit höheren Wärmeverlusten zu rechnen – der SCR kühlt aus und arbeitet weniger effektiv. Dies ist vor allem bei Fahrten mit geringer Geschwindigkeit relevant bzw. bei Stop&go-Verkehr. Bei Autobahnfahrten hat der SCR meist die optimale Betriebstemperatur. Kritisch ist hierbei, dass ein Großteil der Fahrleistung in Österreich innerstädtisch erbracht wird, welche grundsätzlich durch geringe Geschwindigkeit bzw. durch Stop&go-Verkehr charakterisiert ist.

Ein Nichtfunktionieren von AGR und SCR außerhalb des im Zyklus festgelegten Temperaturfensters führen zwangsläufig zu hohen NO_x-Emissionen.

²⁸ Harnstofflösung, diese wandelt Stickoxide (NO_x) im SCR-Kat, zu Stickstoff und Wasser um

Um die genannten Problemfelder zu lösen, legen Hersteller die Gesetze so aus, dass die Fahrzeuge auf die Typprüfung optimiert werden. Die Stickoxidgrenzwerte werden dann nur unter Betriebsbedingungen, die der Typprüfung entsprechen, eingehalten (z. B. schaltet sich die AGR bei Temperaturen unter 20 °C ab, außerhalb des sogenannten „Thermofensters“).

Vom VW-Konzern wurde, wie vom Konzern bestätigt, darüber hinaus bei einer Motorbauart eine illegale²⁹ Softwarelösung eingesetzt, sogenannte defeat devices, mit denen explizit die Typprüfung auf dem Rollenprüfstand detektiert wird, womit in weiterer Folge auf eine andere, „NO_x reduzierte“, Betriebsstrategie umgeschaltet werden kann.

Das Problemfeld „Umgebungstemperatur“ war in der Typprüfung bis dato ausgeklammert, da die Fahrzeuge bei der Typprüfung bei einer Umgebungstemperatur zwischen 20 und 30 °C vermessen wurden. In diesem Temperaturbereich funktionieren sowohl AGR als auch NO_x-Speicherkat bzw. SCR.

2.1.3.5 Problemfeld Manipulation durch den Fahrzeughalter

Auswirkungen auf das Abgasverhalten von Diesel-Fahrzeugen können auch Manipulationen durch den Fahrzeughalter haben. Im Pkw-Bereich ist das vorrangige Ziel solcher Manipulationen die Motorleistung zu steigern. Zumeist wird das mit Hilfe von Eingriffen in die Motorsteuerung durchgeführt („Chiptuning“), mitunter wird aber auch die Abgasanlage selbst manipuliert, indem bspw. Partikelfilter ausgebaut oder überhaupt durch eine Attrappe ersetzt werden. Es ist davon auszugehen, dass bei dieser (meist nicht legal zertifizierten) Software wenig Wert auf Schadstoffemissionen gelegt wird, da meist die Leistungssteigerung des Fahrzeugs im Vordergrund steht. Bislang wurden noch zu wenig chipgetunte Pkw vermessen, um qualifizierte Aussagen bzgl. deren Emissionsverhalten geben zu können.

Beim Schwerverkehr steht weniger die Leistungssteigerung im Vordergrund, sondern (illegale) Einsparungsmöglichkeiten für AdBlue, welches für das Funktionieren des SCR-Systems notwendig ist. Eine elektronische Schutzvorrichtung soll grundsätzlich ein Fahren ohne AdBlue verhindern; diese wird versucht zu umgehen. Dies soll Einsparungen von bis zu 3.000 Euro pro Lkw und Jahr ergeben³⁰. Wenn ein Euro VI-Lkw ohne funktionierende Abgasnachbehandlungssysteme fährt, entspricht das Abgasverhalten dem eines Euro I bzw. Euro II-Fahrzeugs. Diese emittieren bis zu 20-mal mehr NO_x als ein modernes Euro VI-Fahrzeug. Je nach Anteil von manipulierten Fahrzeugen in der Flotte kann diese enorme Auswirkungen auf die Luftqualität haben. Auch handelt es sich dabei um Mautbetrug, da die Maut eines EURO VI-Lkw deutlich niedriger ist als bei einem Euro I-Fahrzeug.

Derzeit wird vom BMVIT untersucht wie hoch der Anteil der manipulierten Lkw auf Österreichs Autobahnen ist³¹ und ob die Eingriffe nachweisbar sind. Zusätzlich soll den Beamten bei der Unterwegs-Kontrolle gem. § 58 KFG ein Leitfaden in die Hand gegeben werden, wonach und wo am jeweiligen Fahrzeug gesucht werden muss.

Manipulationen durch den Fahrzeughalter

²⁹ Verboten gem. VO (EG) Nr. 715/2007, Artikel 5 Abs. 2 und gemäß UN/ECE Regelung Nr. 83 Nr. 5.1.2.1

³⁰ bei folgenden Annahmen: Jahresfahrleistung 300.000 km, adBlue-Verbrauch 3–5 % des Dieselverbrauchs, adBlue-Preis 0,5–1,5 Euro/Liter

³¹ <https://www.bmvit.gv.at/presse/aktuell/nvm/2017/0120OTS0098.html>

2.1.3.6 Emissionsfaktoren

Die beschriebenen Problemfelder führen zu den in dieser Studie verwendeten Emissionsfaktoren aus dem Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA 3.3).

Emissionsfaktoren nach HBEFA 3.3

Es ist klar ersichtlich, dass – speziell unter Beachtung der Umgebungstemperatureinflüsse – die spezifischen Emissionen bis zur Euroklasse 6 trotz deutlicher Grenzwertabsenkung noch nicht massiv abgenommen haben. Bei den Euroklassen 1 und 2 gab es noch keinen eigenen Grenzwert für NO_x, sondern nur für HC (hydrocarbon, Kohlenwasserstoff) und NO_x in Kombination. Dieser war so hoch angesetzt, dass er auch eingehalten wurde. Ab der Euroklasse 3 gab es einen eigenen Grenzwert für NO_x, der Unterscheid zwischen Realemissionen und Grenzwert lag jedoch bei 70 %. Bei den Euro 5 Pkw beträgt die Abweichung das 2,5fache vom erlaubten Grenzwert, bei den Euro 6 Pkw das 3,6fache.

Euro 5 Fahrzeuge zeigen im Realbetrieb die höchsten NO_x-Emissionen aller Dieselfahrzeuge. Unter Berücksichtigung des steigenden NO₂-Anteils im Abgas wird deutlich, weshalb die Umgebungsluft derart massiv von Dieselfahrzeugen belastet wird.

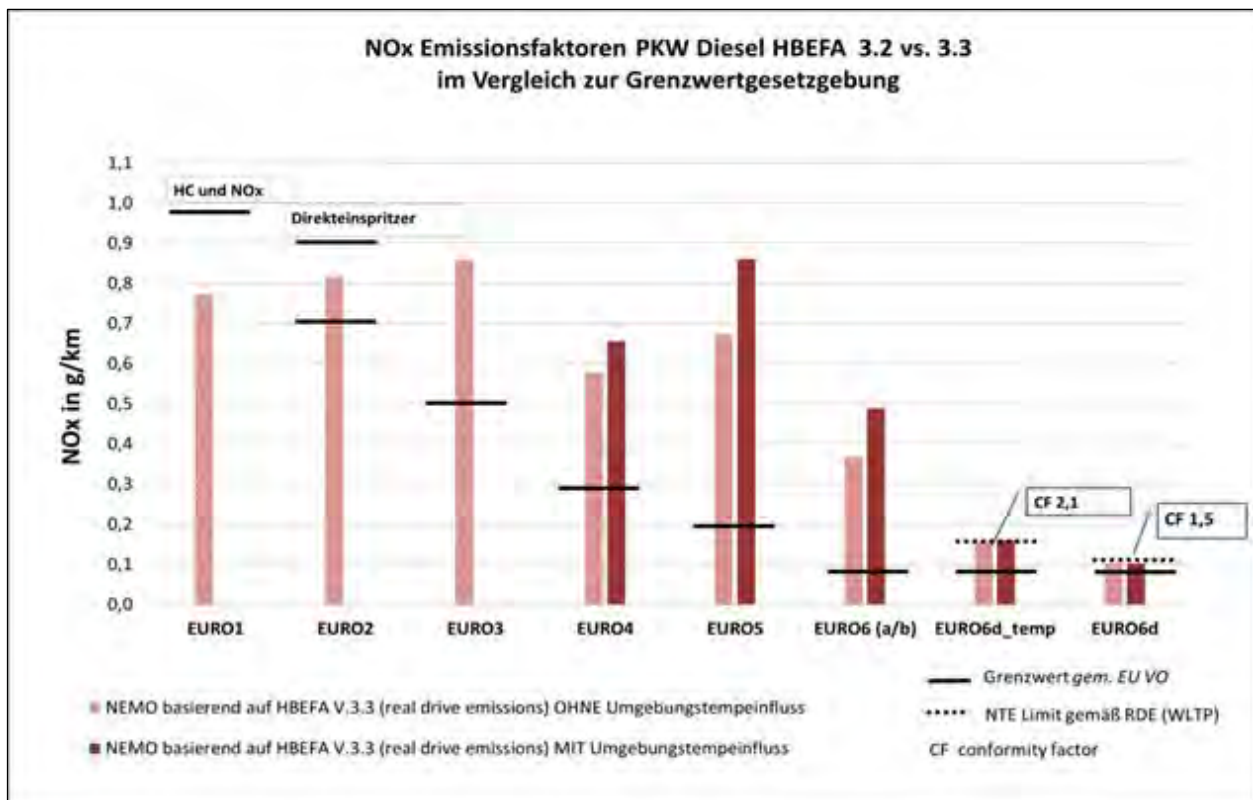


Abbildung 42: NO_x-Emissionsfaktoren Pkw Diesel HBEFA 3.2, 3.3 und Grenzwertgesetzgebung im Vergleich, Quelle. TU Graz IVT

In dieser Studie wird hierfür jeder Fahrzeugkategorie und jeder Abgasklasse ein Emissionsfaktor für mehrheitlich innerörtlichen Fahrbetrieb zugewiesen. Somit lassen sich für die einzelnen Jahre reale Emissionsfaktoren ableiten. Details siehe Kapitel 5.2).

2.2 Rechtliche Grundlagen – Möglichkeiten zur Problemlösung

2.2.1 Maßnahmenprogramm nach Immissionsschutzgesetz-Luft

Bei einer Überschreitung eines Immissionsgrenzwertes an einer (oder mehreren) Messstelle(n) hat der Landeshauptmann/die Landeshauptfrau diese Überschreitung im Monats- oder Jahresbericht auszuweisen und festzustellen, ob die Überschreitung auf einen Störfall oder eine andere in absehbarer Zeit nicht wiederkehrende erhöhte Immission zurückzuführen ist (IG-L, § 7). Ist dies nicht der Fall, ist in weiterer Folge eine Statuserhebung durchzuführen (IG-L, § 8).

**Grenzwert-
überschreitung**

Seit der IG-L-Novelle 2006 ist bei Überschreitungen der Grenzwerte des IG-L, sofern sie nach dem 1. Jänner 2005 aufgetreten sind, durch die Landeshauptfrau/den Landeshauptmann in mittelbarer Bundesverwaltung ein Maßnahmenprogramm nach § 9a IG-L zu erstellen. In einem solchen Programm sind jene Maßnahmen festzulegen, die ergriffen werden, um die Emissionen, die zur Überschreitung des Immissionsgrenzwerts gemäß Anlage 1 oder 2 oder einer Verordnung nach § 3 Abs. 5 IG-L oder des AEI³² geführt haben, in einem Ausmaß zu reduzieren, dass die Einhaltung verschiedener Grenzwerte (bspw. Jahresmittelwert für PM₁₀, Tagesmittelwerte für Schwefeldioxid, Halbstundenmittelwerte für Stickstoffdioxid) sichergestellt wird (IG-L, § 9a, Abs. 1). Das Programm ist periodisch zu evaluieren und erforderlichenfalls zu überarbeiten. Die Grundsätze eines solchen Programms sind in § 9b, IG-L festgelegt (siehe Abschnitt 2.2.2).

**Maßnahmen-
programm**

Die Luftqualitätsrichtlinie sieht gemäß Anhang XV B Z 3d vor, dass u. a. als eine mögliche Maßnahme die Einrichtung von „Gebieten mit geringem Emissionsniveau“ zu prüfen ist und die entsprechende Information an die Europäische Kommission zu übermitteln ist.

Gemäß § 9a Abs. 3 IG-L kann das Programm insbesondere folgende Maßnahmen umfassen:

**Maßnahmen nach
IG-L § 9a**

1. Maßnahmen gemäß Abschnitt 4 (dies sind Maßnahmen für Anlagen, für den Verkehr und für Stoffe, Zubereitungen und Produkte sowie das Verbrennen im Freien);
2. Maßnahmen im Bereich der öffentlichen Beschaffung;
3. Förderungsmaßnahmen im Bereich von Anlagen, Haushalten und Verkehr für emissionsarme Technologien und Verhaltensweisen, die Emissionen reduzieren;
4. Maßnahmen hinsichtlich des Betriebs von mobilen Motoren;
5. Maßnahmen zur Optimierung des Winterdienstes;
6. sonstige Maßnahmen in der Zuständigkeit des Bundes.

Im Programm sind für jede Maßnahme das Gebiet, in dem sie gilt, sowie eine Umsetzungsfrist festzulegen. Im Idealfall werden Maßnahmen als Teil eines Maßnahmenbündels gesetzt werden, um einen möglichst hohen Wirkungsgrad zu erzielen. Dabei ist insbesondere an Kombinationen von Steuerungs- und Förde-

³² Average Exposure Indicator (Indikator für die durchschnittliche Exposition) ist ein anhand von Messungen an Messstellen für den städtischen Hintergrund ermittelter Durchschnittswert für die Exposition der Bevölkerung durch PM_{2,5} (siehe § 2 Abs. 19 IG-L).

rungsmaßnahmen zu denken. Unterschiedliche Maßnahmen könnten auch, je nach Bedarf, in unterschiedlichen Gebieten innerhalb eines Sanierungsgebiets verordnet werden. Der örtliche Geltungsbereich von Maßnahmen liegt somit immer innerhalb eines Sanierungsgebiets, ist jedoch nicht notwendigerweise deckungsgleich mit diesem, sondern üblicherweise kleiner. Die kombinierten Gebiete mehrerer Maßnahmen ergeben gemeinsam das Sanierungsgebiet. Die Definition des Sanierungsgebiets findet sich in § 2 Abs. 8 IG-L (siehe dazu im Detail Abschnitt 2.2.3): Demnach ist ein Sanierungsgebiet das Bundesgebiet oder jener Teil des Bundesgebietes, in dem sich die Emissionsquellen befinden, die einen erheblichen Beitrag zur Immissionsgrenzwertüberschreitung geleistet haben und für die in einem Programm gemäß § 9a Maßnahmen vorgesehen werden können. Wenn daher der Verkehr Hauptverursacher der Grenzwertüberschreitungen ist, sind jedenfalls jene Straßenabschnitte als Maßnahmensgebiet, und damit als Sanierungsgebiet, zu qualifizieren, auf denen die Verkehrsemissionen einen erheblichen Beitrag zur Grenzwertüberschreitung geleistet haben.

Da Überschreitungen eines Grenzwertes anhand von stationären Messstellen bestimmt werden, ist ein wesentliches Ziel der Maßnahmenplanung die Einhaltung der Grenzwerte an diesen Messstellen. Aus Gesundheitssicht sollte aber das Stadtgebiet und alle Straßenzüge mit erhöhten Belastungen betrachtet werden, sowie die betroffene Bevölkerung. Diese Informationen sind aus Modellrechnungen unmittelbar verfügbar. Auch zeigt sich gerade bei NO_2 , das zu einem Gutteil durch den motorisierten Verkehr verursacht wird, und ein guter Indikator für die verkehrsbedingte Luftschadstoffbelastung generell ist, eine hohe Variabilität, die durch stationäre Messstellen schwer abgebildet werden kann.

In Wien wurden die Grenzwerte für den Halbstundenmittelwert und den Jahresmittelwert für NO_2 sowie für den Tagesmittelwert von PM_{10} an verschiedenen Messstellen überschritten. Die Ausweisung dieser Überschreitungen erfolgte in den Jahresberichten der Stadt Wien³³.

NO₂-Programm gemäß § 9a

Um die Schadstoffbelastung zu reduzieren, wurde im Jahr 2008 ein NO_2 -Programm gemäß § 9a IG-L erarbeitet und veröffentlicht (STADT WIEN 2008a). Dieses Programm wurde nachfolgend alle drei Jahre auf seine Wirksamkeit zur Erreichung der Ziele des IG-L evaluiert und überarbeitet.

Neben dem Programm nach § 9a IG-L wurden drei Feinstaubprogramme in den Jahren 2005 und 2011 veröffentlicht (STADT WIEN 2005a, b, 2011).

2.2.2 Grundsätze für Programme gemäß § 9b IG-L

Grundsätze für Programme gemäß IG-L

Nach § 9b IG-L sind bei der Erstellung von Programmen gemäß § 9a folgende Grundsätze zu berücksichtigen:

1. Beeinträchtigungen der Schutzgüter durch Luftschadstoffe ist im Sinne des Verursacherprinzips vorzubeugen; nach Möglichkeit sind Luftschadstoffe an ihrem Ursprung zu bekämpfen;
2. alle Emittenten oder Emittentengruppen, die im Beurteilungszeitraum einen nennenswerten Einfluss auf die Immissionsbelastung gehabt haben und einen nennenswerten Beitrag zur Immissionsbelastung, insbesondere im Zeitraum der Überschreitung des Immissionsgrenzwertes, geleistet haben, sind zu berücksichtigen;

³³ <https://www.wien.gv.at/umwelt/luft/messwerte/berichte.html>

3. Maßnahmen sind vornehmlich bei den hauptverursachenden Emittenten und Emittentengruppen unter Berücksichtigung der auf sie fallenden Anteile an der Immissionsbelastung, des Reduktionspotenzials und des erforderlichen Zeitraums für das Wirksamwerden der Maßnahmen zu setzen; dabei sind vorrangig solche Maßnahmen anzuordnen, bei denen den Kosten der Maßnahme eine möglichst große Verringerung der Immissionsbelastung gegenübersteht;
4. Maßnahmen sind nicht vorzuschreiben, wenn der mit der Erfüllung der Maßnahmen verbundene Aufwand außer Verhältnis zu dem mit den Anordnungen angestrebten Erfolg steht;
5. Eingriffe in bestehende Rechte sind auf das unbedingt erforderliche Maß zu beschränken; bei der Auswahl von Maßnahmen sind die jeweils gelindesten zum Ziel führenden Mittel zu ergreifen;
6. auf die Höhe der Immissionsbelastung und die Häufigkeit der Grenzwertüberschreitungen sowie die zu erwartende Entwicklung der Emissionen des betreffenden Luftschadstoffs sowie auf eingeleitete Verfahren und angeordnete Sanierungsmaßnahmen und gebietsbezogene Maßnahmen nach diesem Bundesgesetz sowie anderen Verwaltungsvorschriften, sofern diese Einfluss auf die Immissionssituation haben, ist Bedacht zu nehmen;
7. öffentliche Interessen sind zu berücksichtigen.

Neben diesen Grundsätzen für spezifische Maßnahmen gemäß § 9a IG-L, sollen auch die allgemeinen Grundsätze bzw. Ziele des IG-L Erwähnung finden, da sie wichtige Anhaltspunkte für die Auslegung einzelner Bestimmungen des Gesetzes bieten. Die folgenden, grundsätzlichen Zielvorgaben finden sich in § 1 des IG-L:

1. *der dauerhafte Schutz der Gesundheit des Menschen, des Tier- und Pflanzenbestands, ihrer Lebensgemeinschaften, Lebensräume und deren Wechselbeziehungen sowie der Kultur- und Sachgüter vor schädlichen Luftschadstoffen sowie der Schutz des Menschen vor unzumutbar belästigenden Luftschadstoffen;*
2. *die vorsorgliche Verringerung der Immission von Luftschadstoffen und*
3. *die Bewahrung der besten mit nachhaltiger Entwicklung verträglichen Luftqualität in Gebieten, die bessere Werte für die Luftqualität aufweisen als die in den Anlagen 1, 2 und 5 oder in einer Verordnung gemäß § 3 Abs. 5 genannten Immissionsgrenz- und -zielwerte, sowie die Verbesserung der Luftqualität durch geeignete Maßnahmen in Gebieten, die schlechtere Werte für die Luftqualität aufweisen als die in den Anlagen 1, 2 und 5 oder in einer Verordnung gemäß § 3 Abs. 5 genannten Immissionsgrenz- und -zielwerte.*

Während Z 1 die Schutzgüter nennt, führt Z 2 das Vorsorgeprinzip als Grundsatz in das Gesetz ein. Z 3 wiederum erhebt das Verschlechterungsverbot zu einem weiteren grundlegenden Prinzip des IG-L. Dieses Verbot besagt, dass in Gebieten, in welchen keine Ziel- oder Grenzwertüberschreitungen stattfinden, die bestmögliche, „mit nachhaltiger Entwicklung verträglichen Luftqualität“ bewahrt werden soll. Dies wiederum bedeutet, dass nicht nur die Ziel- oder Grenzwerte eingehalten werden müssen, sondern auch, dass die Luftschadstoffbelastung darüber hinaus abgesenkt werden soll, soweit dies „mit nachhaltiger Entwicklung verträglich“ ist. Insofern muss eine Abwägung zwischen gesundheitspolitischen, ökologischen, ökonomischen und sozialen Interessen erfolgen. Nicht

im Sinne dieser Zielbestimmung wäre bspw. ein „Auffüllen“ mit weiteren Luftschadstoffen bis zum Ziel- oder Grenzwert in Gebieten, in welchen diese unterschritten werden (HOJESKY H. et al. 2012, S. 20 RZ 14).

2.2.3 Bestehende Rechtslage zur Ausweitung von Sanierungsgebieten bzw. Festlegung von Verkehrseinschränkungen

2.2.3.1 Definition Sanierungsgebiet

Die Luftqualitätsrichtlinie (RL 2008/50/EG) enthält keine ausdrückliche Definition für Sanierungsgebiete, sieht jedoch in ihrem Artikel 23 vor, dass in Gebieten, in welchen Grenz- oder Zielwerte überschritten werden, Luftqualitätspläne zu erstellen sind, die geeignete Maßnahmen enthalten müssen, damit der Zeitraum der Nichteinhaltung so kurz wie möglich gehalten werden kann. Der Terminus „Gebiet“ ist in Art. 2 Z 16 der RL definiert als Teil des Hoheitsgebiets eines Mitgliedstaats, das dieser Mitgliedstaat für die Beurteilung und Kontrolle der Luftqualität abgegrenzt hat. Für Wien ist das die konkret die Zone AT09, welche das gesamte Stadtgebiet umfasst.

Das IG-L enthält im Gegensatz dazu eine spezifische Definition für „Sanierungsgebiete“, welche aber entsprechend der ständigen Judikatur des Europäischen Gerichtshofs (EuGH) richtlinienkonform auszulegen ist.

Definition Sanierungsgebiet

Sanierungsgebiet im Sinne dieses Bundesgesetzes ist das Bundesgebiet oder jener Teil des Bundesgebiets, in dem sich die Emissionsquellen befinden, die einen erheblichen Beitrag zur Immissionsgrenzwertüberschreitung geleistet haben und für die in einem Programm gemäß § 9a Maßnahmen vorgesehen werden können.

Nach dieser Definition ergeben sich zwei Voraussetzungen, die für die Festlegung eines Sanierungsgebiets notwendigerweise vorliegen müssen:

- In diesem befinden sich die Emissionsquellen, welche einen erheblichen Beitrag zur Immissionsgrenzwertüberschreitung geleistet haben.
- Es muss möglich sein, für diese Emissionsquellen Maßnahmen gemäß § 9a IG-L festzulegen.

Entsprechend dem IG-L Maßnahmenkatalog 2005 der Stadt Wien ist für PM₁₀ und NO₂ das gesamte Stadtgebiet von Wien als Sanierungsgebiet festgelegt.

2.2.3.2 § 22 IG-L: Maßnahmen gegen verkehrsbedingte Emissionen

Entsprechend dieser Bestimmung können „(z)ur Reduktion der verkehrsbedingten Emissionen, die zur Überschreitung eines in den Anlagen 1 und 2 oder in einer Verordnung nach § 3 Abs. 5 festgelegten Immissionsgrenzwerts beitragen, (können) von der Bundesregierung verkehrsspezifische Maßnahmen vorgesehen werden.“ Zwar ist die Aufzählung der Maßnahmen nach § 22 IG-L nur demonstrativ („insbesondere“), beispielhaft werden etwa genannt die „Verbesserung oder Neuerrichtung der Verkehrsinfrastruktur“ oder die „ökologische Optimierung der Verkehrsabläufe“. Eine Gegenüberstellung mit den nach den §§ 14 und 16 möglichen Maßnahmen legt allerdings den Schluss nahe, dass es

sich bei den hier avisierten Maßnahmen insbesondere um Maßnahmen struktureller Natur handeln soll, welche im Gegensatz zu den Maßnahmen nach dem 4. Abschnitt des IG-L (§§ 10–16) eher langfristig wirksam sein sollen.

2.2.3.3 § 43 StVO: Fahrverbote

Hinsichtlich der vorsorglichen Festlegung von Verkehrsbeschränkungen zur Vermeidung von erhöhten Belastungen, welche sich durch den Ausweichverkehr als Reaktion auf die Festlegung eines Maßnahmegebietes ergeben, kommt die Bestimmung des § 43 Abs. 2 StVO in Betracht. Diese legt folgendes fest:

(2) Zur Fernhaltung von Gefahren oder Belästigungen, insbesondere durch Lärm, Geruch oder Schadstoffe, hat die Behörde, wenn und insoweit es zum Schutz der Bevölkerung oder der Umwelt oder aus anderen wichtigen Gründen erforderlich ist, durch Verordnung

a) für bestimmte Gebiete, Straßen oder Straßenstrecken für alle oder für bestimmte Fahrzeugarten oder für Fahrzeuge mit bestimmten Ladungen dauernde oder zeitweise Verkehrsbeschränkungen oder Verkehrsverbote zu erlassen, (...).

Bei der Erlassung solcher Verordnungen ist einerseits auf den angestrebten Zweck und andererseits auf die Bedeutung der Verkehrsbeziehungen und der Verkehrserfordernisse Bedacht zu nehmen.

Nach § 43 StVO ist die Behörde verpflichtet, bei Zutreffen der dort genannten Voraussetzungen die betreffende Verordnung zu erlassen. Die Judikatur hat im Hinblick auf die Erlassung von Fahrverboten nach § 43 Abs. 2 StVO verschiedene Vorgaben festgelegt, insbesondere geht es dabei um eine notwendige Interessenabwägung.

Nach der ständigen Rechtsprechung des Verfassungsgerichtshofes (VfGH) hat die Behörde vor Erlassung einer verkehrsbeschränkenden Verordnung die im Einzelnen umschriebenen Interessen an der Verkehrsbeschränkung mit dem Interesse an der ungehinderten Benützung der Straße abzuwägen und dabei die (tatsächliche) Bedeutung des Straßenzuges zu berücksichtigen.³⁴ Erforderlich im Sinne des § 43 Abs. 2 StVO ist eine Verkehrsbeschränkung demnach dann, wenn sie den dort aufgezählten Interessen dient und diese Interessen die persönlichen oder wirtschaftlichen Interessen der Verkehrsteilnehmer an der ungehinderten Benutzung der Verkehrswege überwiegen. Die sohin gebotene Interessenabwägung erfordert sowohl die nähere sachverhältnismäßige Klärung der Gefahren oder Belästigungen für Bevölkerung und Umwelt, vor denen die Verkehrsbeschränkung schützen soll, als auch eine Untersuchung der Verkehrsbeziehungen und der Verkehrserfordernisse durch ein entsprechendes Anhörungs- und Ermittlungsverfahren.³⁵ Die Schwere des Eingriffs und der Zweck der Verkehrsbeschränkung müssen in einem angemessenen Verhältnis stehen; der sachliche, zeitliche, örtliche und personelle Umfang der Maßnahme ist durch den angestrebten Zweck begrenzt. Dies bedeutet etwa, dass ein Parkverbot grundsätzlich auf die erforderliche Zeit zu beschränken ist.

³⁴ vgl. z. B. VfSlg 8086/1977, 9089/1981, 12.944/1991, 13.449/1993, 13.482/1993, 19.985/2015

³⁵ vgl. z. B. VfSlg 12.485/1990, 16.805/2003, 17.572/2005, 19.985/2015

Bestimmungen, die aufgrund § 43 Abs. 2 StVO erlassen werden, müssen in der Rechtsform einer Verordnung ergehen.³⁶ Gemäß § 44 StVO sind die im § 43 bezeichneten Verordnungen im Regelfall durch Straßenverkehrszeichen oder Bodenmarkierungen kundzumachen und treten mit deren Anbringung in Kraft.

2.2.4 Vertragsverletzungsverfahren

In einem Schreiben des Bundeskanzleramtes sowie einer parlamentarischen Anfrage³⁷ sind die verschiedenen Stufen eines Vertragsverletzungsverfahrens der Europäischen Kommission gegen die Republik Österreich sowie mögliche Strafzahlungen daraus detailliert dargelegt (BKA 2010). Ein Überblick zu Vertragsverletzungsverfahren zur Luftqualitätsrichtlinie ist in einer Studie im Auftrag des Europäischen Parlaments zu finden (NAGL et al. 2016).

Stufen eines Vertragsverletzungs- verfahren

Im Vorverfahren richtet die Europäische Kommission zuerst ein Mahnschreiben an den Mitgliedsstaat, falls eine mögliche Verletzung von EU-Recht vorliegt (wie z. B. die Überschreitung des NO₂-Grenzwertes gemäß EU-Luftqualitätsrichtlinie). Kann die Antwort des Mitgliedsstaats den Verdacht nicht ausräumen, schickt die Kommission eine begründete Stellungnahme. Anschließend kann die Kommission Klage beim Europäischen Gerichtshof einleiten. Im Falle einer Verurteilung muss der Mitgliedsstaat entsprechende Maßnahmen einleiten. Sind diese nach Ansicht der Kommission nicht ausreichend, wird eine Stellungnahme gefordert, ggf. gibt die Kommission wiederum eine begründete Stellungnahme ab und kann dann ggf. den Fall beim Europäischen Gerichtshof vorlegen. Dieser kann dann Strafzahlungen verhängen.

Die Europäische Kommission hat im Jahr 2016 ein Mahnschreiben an die Republik Österreich aufgrund der NO₂-Überschreitungen u. a. in Wien geschickt. Es liegen keine Informationen vor, ob und wann die Europäische Kommission die nächste Stufe des Vertragsverletzungsverfahrens einleitet.

Die Strafzahlungen setzen sich aus einem Pauschalbetrag von rd. 2,2 Mio. € und einem Zwangsgeld zwischen rd. 2.700 € und 160.000 € pro Tag zusammen (BKA 2010). Die jeweils betroffenen Bundesländer sind zur Tragung der Kosten verpflichtet, die der Republik Österreich bei einem solchen Verfahren erwachsen.

³⁶ VwGH: GZ 2009/02/0239, 27.04.2012, (siehe:

http://www.jusguide.at/index.php?id=88&tx_ttnews%5Btt_news%5D=11674)

³⁷ https://www.parlament.gv.at/PAKT/VHG/XXIV/J/J_07507/fnameorig_205187.html

3 MAßNAHMEN DETAILS

Zur Adressierung der verkehrsbedingten Auswirkungen auf die Luftqualität (vgl. Kapitel 2.1) und unter Berücksichtigung der rechtlichen Rahmenbedingungen (vgl. Kapitel 2.2) legt § 14 Abs. 1 IG-L die Maßnahmen fest, die für Kraftfahrzeuge (Kfz) oder bestimmte Gruppen von Kfz in einem Programm und einer Maßnahmenverordnung vorgesehen werden können. In Abs. 2 sind die Ausnahmen festgelegt.

Diese Maßnahmen können zeitliche und räumliche Beschränkungen umfassen, worunter insbesondere zu verstehen sind:

1. Verbote für bestimmte Kraftfahrzeugklassen sowie Kraftfahrzeuge mit bestimmten Abgasklassen,
2. Verbote für Kraftfahrzeuge mit bestimmten Ladungen,
3. Fahrverbote für bestimmte Tage oder bestimmte Tageszeiten,
4. Anordnungen für den ruhenden Verkehr.

In der gegenständlichen Studie wurden drei Maßnahmen zur potenziellen Reduktion von Luftschadstoffen in Wien untersucht. Diese lauten:

1. Einrichtung einer **Umweltzone**
2. Intensivierung bzw. Ausweitung der **Parkraumbewirtschaftung**
3. Einhebung einer **Citymaut**

Diese Maßnahmen werden nachfolgend erläutert.

3.1 Umweltzone

Umweltzonen sind Gebiete, in denen nur Fahrzeuge fahren dürfen, die bestimmte Abgasstandards einhalten. Die Fahrzeuge müssen mit Plaketten auf der Windschutzscheibe gekennzeichnet sein. Ziel dieser Umweltzonen ist, dass die Schadstoffemissionen, die durch den Straßenverkehr verursacht werden, reduziert werden. Vorrangig geht es momentan darum, die Partikel- und NO_x-Emissionen zu senken.

Eine Umweltzone ist demnach eine räumliche Beschränkung für Kraftfahrzeuge mit bestimmten Abgasklassen (ggf. eingeschränkt auf bestimmte Kraftfahrzeugklassen). Auch eine zeitliche Beschränkung (bspw. Nachtfahrverbot) könnte eine Umweltzone darstellen.

In § 14 a IG-L ist festgelegt, dass eine Kennzeichnung an jenen Kfz anzubringen ist, die aufgrund ihrer Einstufung in eine Abgasklasse von allfälligen Beschränkungen und Fahrverboten ausgenommen sind oder ausgenommen werden können. Die Details dieser Kennzeichnung sind in der IG-L-Abgasklassen-Kennzeichnungsverordnung festgelegt. Mit diesen Plaketten kann derzeit zwischen den Abgasklassen 1 bis 6 bzw. I bis VI sowie zwischen Benzin-, Diesel-Kfz („B“ bzw. „D“) und alternativen Antrieben³⁸ („A“) unterschieden werden (sie-

³⁸ Fahrzeuge mit monovalentem Methangantrieb oder ausschließlich elektrischem Antrieb sowie plug-in-hybrid-elektrische Fahrzeuge, die mit ausschließlich elektrischem Antrieb eine Mindestreichweite von 50 km aufweisen.

**Verkehrs-
maßnahmen nach
IG-L**

he Abbildung 43). Ebenso kann gekennzeichnet werden, ob ein Dieselpartikelfilter nachträglich eingebaut wurde („P“). Fahrzeuge vor Euro 1 bzw. I erhalten keine Plakette. In einem Informationsportal³⁹ sind weitere Details zu finden.

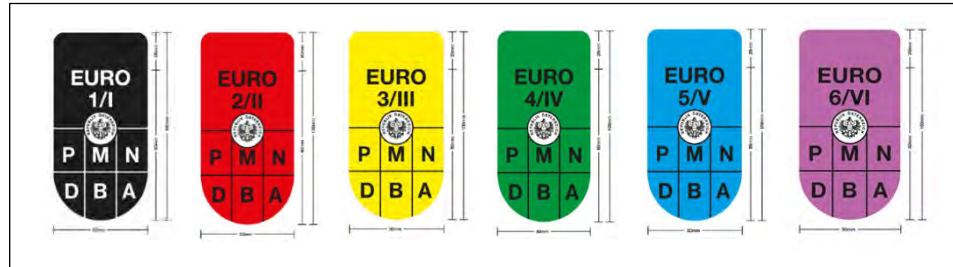


Abbildung 43: Plaketten zur Kennzeichnung von Kfz nach der IG-L-Abgasklassen-Kennzeichnungsverordnung (Quelle: IG-L-Abgasklassen-Kennzeichnungsverordnung).

3.1.1 Status Quo und Erfahrungen

Abbildung 44 gibt einen Überblick zu Fahrbeschränkungen in Europa, getrennt nach Gebühren bei der Einfahrt in bestimmte Gebiete (z. B. „congestion charge“ in London, Trängselskatt, d. h. Stausteuer in Stockholm), Umweltzonen (z. B. Fahrverbot oder Gebühr abhängig von Euroklassen) und Zufahrtsbeschränkungen (z. B. Zufahrtsbeschränkung ins Stadtzentrum zu bestimmten Tageszeiten).

Während Regelungen über Gebühren nur vereinzelt zu finden sind, v. a. in Großbritannien und Skandinavien, sind Umweltzonen (Schwerpunkt Deutschland) und Zufahrtsbeschränkungen (Schwerpunkt Italien) in vielen Städten und Regionen zu finden.

³⁹ <https://www.akkp.at/>



Fahrbeschränkungen in Europa

Abbildung 44: Fahrbeschränkungen in Europa (rot: Gebühr, grün: Umweltzone, blau: Fahrbeschränkungen. Quelle: <http://www.urbanaccessregulations.eu/>).

3.1.2 Österreich

In Österreich sind Fahrverbote für ältere Lkw in sechs Bundesländern in Kraft. Details dazu können Tabelle 10 entnommen werden.

Tabelle 10: Fahrverbote für Lkw aufgrund Maßnahmenverordnungen gemäß IG-L (Quelle: Umweltbundesamt).

| Bundesland | Landesgesetzblatt | Betroffene Euroklassen | In-Kraft-treten | Gewicht |
|------------------|--------------------------------------|------------------------|-----------------|---------|
| Burgenland | LGBl. Nr. 2/2017 | Euro 0-I | 1.10.2017 | alle |
| | | Euro II | 1.10.2018 | |
| Niederösterreich | LGBl. Nr. 29/2016 | Euro 0-I | 1.7.2014 | alle |
| | | Euro II | 1.1.2016 | |
| Oberösterreich | LGBl. Nr. 2/2015 .i.d.F. 87/2015 | Euro 0-I | 1.7.2015 | alle |
| | | Euro II | 1.1.2016 | |
| Steiermark | LGBl. Nr. 2/2012 .i.d.F. 134/2016 | Euro 0 | 1.6.2012 | > 7,5 t |
| | | Euro I | 1.1.2013 | |
| | | Euro II | 1.1.2014 | |

| Bundesland | Landesgesetzblatt | Betroffene Euroklassen | In-Kraft-treten | Gewicht |
|------------|-------------------|------------------------|---|---------|
| Tirol | LGBl. Nr. 43/2016 | Euro 0-I | 19.5.2016 ⁺ | > 7,5 t |
| | | Euro 0-II | 19.5.2016 ⁺ 1.8.2016 ⁺ | |
| | | Euro III | 1.1.2018 | |
| | | Euro IV | 1.1.2023 | |
| Wien | LGBl. Nr. 52/2013 | Euro 0-I | 1.7.2014 | alle |
| | | Euro II | 1.1.2016 | |

* Sattelkraftfahrzeuge, Lkw mit Anhänger mit mehr als 7,5 t

⁺ Lkw ohne Anhänger mit mehr als 7,5 t

3.1.3 Deutschland

Die nachfolgenden Ausführungen stammen größtenteils aus dem Kurzbericht des Instituts für Energie- und Umweltforschung Heidelberg – ifeu⁴⁰. Das deutsche Umweltbundesamt stellt tagesaktuell⁴¹ die Umweltzonen in ganz Deutschland dar (siehe Abbildung 45).

Umweltzonen in Deutschland

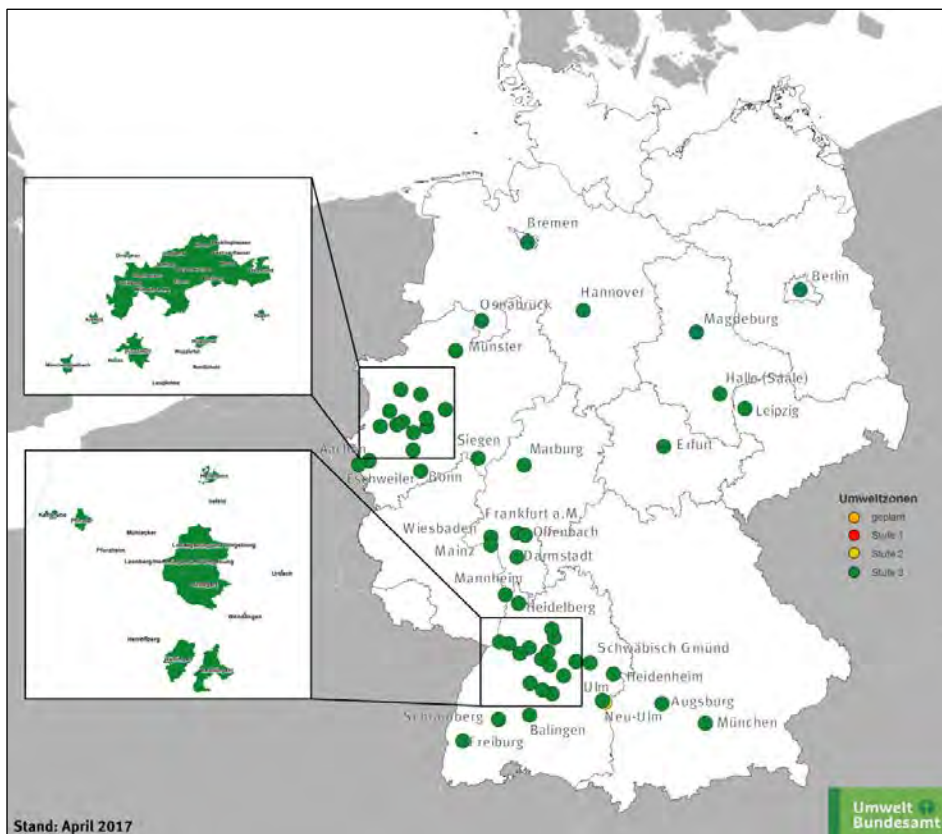


Abbildung 45: Karte der Umweltzonen in Deutschland (Stand April 2017, Quelle: Umweltbundesamt Dessau 2017).

⁴⁰ IFEU (2017): Übersicht zu Umweltzonen in Deutschland

⁴¹ <http://gis.uba.de/website/umweltzonen/umweltzonen.php>

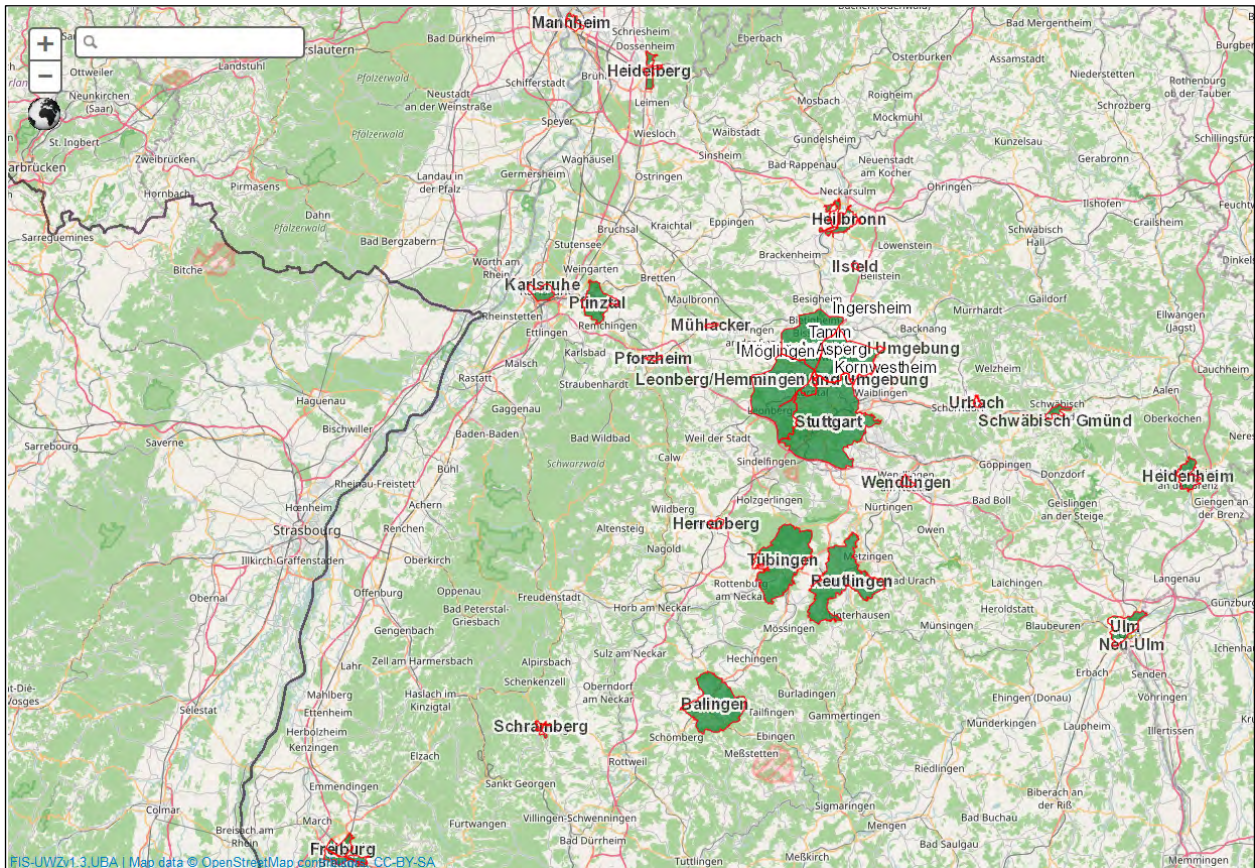


Abbildung 46: Umweltzonen in Baden-Württemberg (Quelle: <http://gis.uba.de/website/umweltzonen/index.html>).

3.1.3.1 Zulässige Schadstoffgruppen und Diskussion zukünftiger Anpassungen

Die Einfahrt in eine Umweltzone wird über die sogenannte Plakettenverordnung, die 35. BImSchV⁴², geregelt. Fahrzeuge aller Kfz-Kategorien werden über ihre Emissionsschlüsselnummer einer Schadstoffgruppe zugewiesen und erhalten in Abhängigkeit davon eine rote, gelbe oder grüne Plakette. In 55 der 56 Umweltzonen in Deutschland dürfen nur Fahrzeuge mit grüner Plakette fahren, in einer Umweltzone auch Fahrzeuge mit gelber Plakette.

Die Umweltzonenregelungen gelten gleichermaßen für Pkw, Lkw (inkl. leichte Nutzfahrzeuge) sowie Busse. Unter bestimmten Voraussetzungen können auch Fahrzeuge mit schlechterer Abgasnorm über Ausnahmegenehmigungen die Umweltzonen befahren (siehe Kapitel 3.1.3.4).

⁴² Fünfunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_35/index.html

**Plakettenarten
Deutschland**

Übersicht der Plakettenarten und deren Anforderungen

| Schadstoffgruppe | 1 | 2 | 3 | 4 |
|--------------------------|---|--|---|---|
| Plakette | keine Plakette |  |  |  |
| Anforderungen für Diesel | Euro 1 oder schlechter | Euro 2 oder Euro 1 + Partikelfilter | Euro 3 oder Euro 2 + Partikelfilter | Euro 4 oder Euro 3 + Partikelfilter |
| Anforderungen für Benzin | ohne geregelten Kat nach Anl. XXIII StVZO | | | mit geregeltem Kat nach Anl. XXIII StVZO bzw. Euro 1 oder besser |

* Platzhalter für KFZ-Kennzeichen

Abbildung 47: Übersicht der Schadstoffplaketten nach 35. BImSchV (Quelle: Umweltbundesamt Dessau 2017).

Die Einführung der Umweltzonen in Deutschland ab dem Jahr 2008 erfolgte im Zusammenhang mit den Überschreitungen der Luftqualitätsgrenzwerte für PM₁₀ ab dem Frühjahr 2005. Daher orientiert sich die bisherige Einteilung in Schadstoffgruppen in der 35. BImSchV vorrangig an den spezifischen Emissionen von Abgaspartikeln.

Diskussion Blaue Umweltzone

Aufgrund der fortwährenden Überschreitung der NO₂-Luftqualitätsgrenzwerte in zahlreichen deutschen Städten wird seit über zwei Jahren die Einführung einer sogenannten „blauen Umweltzone“ diskutiert.

3.1.3.2 Potenzielle Wirksamkeit blauer Umweltzonen

Mit dem Ziel der NO₂-Minderung wird bereits seit mehreren Jahren eine Anpassung der Kriterien in der 35. BImSchV zur Einführung einer sogenannten blauen Umweltzone diskutiert. Die Diskussionen haben sich verstärkt mit der Feststellung, dass Diesel-Pkw Euro 5 im Realbetrieb sogar höhere NO_x-Emissionen haben als Euro 4, und damit allein mit grüner Plakette keine Verringerung der Pkw-Beiträge zur NO₂-Luftbelastung erreicht werden kann. Auch für Diesel-Pkw Euro 6 wurde inzwischen festgestellt, dass deren NO_x-Emissionen innerorts wesentlich höher liegen als aufgrund der Entwicklung der Abgasgrenzwerte erwartet. Immerhin kommt es mit Euro 6 zu einer Verringerung der spezifischen NO_x-Emissionen gegenüber allen älteren Euro-Stufen.

In „blauen Umweltzonen“ soll die Zufahrtberechtigung von Kfz gezielt über die Höhe der spezifischen NO_x-Emissionen reguliert werden. „Blaue Umweltzonen“ werden insbesondere in Städten mit besonders hoch belasteten Stationen und damit hohem Handlungsdruck (tlw. verstärkt durch aktuelle Gerichtsurteile nach Klagen der Deutschen Umwelthilfe DUH) diskutiert, z. B. in Stuttgart, Reutlingen, München sowie Hamburg. Allerdings muss als Voraussetzung dafür die 35. BImSchV um entsprechende Kriterien erweitert werden. Im Dezember 2016 hat das Bundesumweltministerium (BMUB) einen Entwurf für eine Verordnung erarbeitet und ans Bundesverkehrsministerium übergeben, welche graue Plaketten (Benzin Euro 1+2, Diesel Euro 6) und weiße Plaketten (besonders emissionsarme Benzin-/Diesel-Pkw, Elektro-Pkw) und damit verbundene Zufahrtsregulierungen ermöglichen würde. Der Vorschlag sieht auch Ausnahmeregelun-

gen für Anwohner, Lieferanten und Handwerker vor (DWN 2016). Ob und wann es eine Erweiterung der 35. BImSchV geben wird und wie stark diese möglicherweise inhaltlich vom Vorschlag des BMUB abweichen wird, ist derzeit offen.

3.1.3.3 Räumliche Ausdehnung der Umweltzonen

Die räumliche Ausdehnung und Abdeckung des Stadtgebiets durch die Umweltzonen ist sehr unterschiedlich. Während in Bremen nur 7 km² und damit nur 2 % des Stadtgebiets als Umweltzone ausgewiesen sind, umfasst die Umweltzone in Leipzig über 180 km² bzw. 62 % des Stadtgebiets. In einigen Städten orientiert sich die Abgrenzung der Umweltzone zudem an bestimmten Verkehrsinfrastrukturen, z. B.

- Berlin: Innerer-S-Bahn-Ring. Fläche 88 km² (10 % des Stadtgebiets);
- München: Innerhalb des mittleren Rings (aber ohne Ringstraße). 44 km² (14 %);
- Frankfurt: Innerhalb des „Autobahnring“, 110 km (44 %);
- Die Umweltzone Ruhrgebiet umfasst insgesamt 850 km².

Unterschiedliche Ausdehnung von Umweltzonen

Die Umweltzonen wurden häufig in mehreren Schritten eingestuft und über mehrere Jahre durch strengere Plakettenvorgaben sowie Vergrößerung der betroffenen Gebiete weiter verschärft. Pro Zeitpunkt gilt jedoch bisher in jeder Stadt stets eine einheitliche Plakettenvorgabe für das gesamte Umweltzonengebiet. Mit der Einführung von blauen Umweltzonen werden teilweise auch – zumindest für begrenzte Zeiträume – abgestufte Regelungen diskutiert (z. B. Einführung einer blauen Umweltzone für die Kernstadt, während die umliegenden Stadtbezirke weiterhin auch mit grüner Plakette befahren werden dürfen).

3.1.3.4 Ausnahmegenehmigungen

Ausnahmegenehmigungen für die Zufahrt zu Umweltzonen gibt es auf verschiedenen Ebenen. Direkt in der 35. BImSchV sind alle Fahrzeugkategorien aufgeführt, die generell keine Plakette erhalten und unabhängig davon alle Umweltzonen befahren dürfen. Weiterhin gibt es Ausnahmeregelungen in einzelnen Bundesländern, die entweder von Amts wegen gelten oder auf Antrag erteilt werden können. Schließlich gibt es in jeder Stadt mit Umweltzone individuelle Ausnahmegenehmigungen per Allgemeinverfügung oder auf Antrag.

3.1.3.5 Wirkung der Umweltzonen in Deutschland

Die meisten Analysen zu tatsächlich erreichten Wirkungen von Umweltzonen beziehen sich auf die erstmalige Einführung einer Umweltzone (häufig mit Zufahrtberechtigung für rote, gelbe und grüne Plakette) bzw. auf die Einführung der höchstmöglichen grünen Stufe, die in den meisten Städten 2014 oder früher war. Für die heutige Situation kommt das Umweltbundesamt Dessau zur Einschätzung, dass die Umweltzonen mit ihren derzeitigen Kriterien kaum noch Wirkung erzielen, da inzwischen über 90 % der Autos die Abgasstandards für eine grüne Plakette erfüllen. Insbesondere für Stickstoffdioxid (NO₂) sieht das Umweltbundesamt weiterhin großen Handlungsbedarf und empfiehlt eine Anpassung der Kriterien für Umweltzonen.

**Derzeitiges Ziel
PM₁₀-Reduktion** Umweltzonen in Deutschland wurden bisher vorrangig mit dem Ziel der PM₁₀-Minderung eingeführt, worauf auch die Einstufung der Fahrzeuge nach Schadstoffgruppen in der 35. BImSchV ausgerichtet ist (vgl. Kapitel 3.1.3.1). In den meisten Fällen ist es aber ebenso das Ziel, die NO₂-Immissionen an den Messstationen zu reduzieren. Dabei werden mit Umweltzonen in Deutschland bisher prinzipiell folgende Wirkungsansätze verfolgt:

- Nachrüstung von Partikelfiltern in der bestehenden Fahrzeugflotte,
- Beschleunigte Erneuerung der Fahrzeugflotten und Stilllegung älterer Kfz,
- Verringerung der Kfz-Fahrleistungen in den Umweltzonen.

Die derzeit in verschiedenen Städten diskutierte Einführung einer blauen Umweltzone, welche ausschließlich für Euro 6-Fahrzeuge bzw. lokal emissionsfreie Fahrzeuge offen ist, zielt ausschließlich auf eine verstärkte Minderung der NO₂-Immissionen.

Gleichzeitig werden mit der Einführung von Umweltzonen auch häufig mögliche unerwünschte Folgewirkungen diskutiert. Neben der allgemeinen Akzeptanz durch private sowie gewerbliche Kfz-Besitzer, welche mit ihren eigenen Fahrzeugen direkt von einem Verbot betroffen wären, spielt insbesondere die Erreichbarkeit der (Innen-) Stadt als Wirtschafts- und Einzelhandelsstandort eine Rolle. In den Randgebieten der Umweltzone bzw. bei generell kleinräumiger Ausgestaltung wird auch häufig das Problem von Umfahrungen und damit zusätzlichen Kfz-Emissionen bzw. deren Verlagerung in andere sensible Bereiche gesehen.

Fahrzeugflottenerneuerung

Eine Modernisierung im Sinne des Kaufs neuer Fahrzeuge einer höheren Abgasnorm konnte nicht zwangsläufig mit der Umweltzone erreicht werden, da es auch andere Möglichkeiten der Feinstaubreduzierung zur Erlangung der grünen Plakette gibt, wie zum Beispiel die Nachrüstung eines Partikelfilters. Vereinzelt lässt sich jedoch ein Effekt der Umweltzone auf die Flottenerneuerung nachweisen, zum Beispiel im Vergleich von Leipzig mit Umweltzone und Dresden ohne Umweltzone.

In den Städten mit Umweltzone nahm die Nachrüstung von Partikelfiltern an entsprechenden Fahrzeugen im Vergleich zu Städten ohne Umweltzone überdurchschnittlich stark zu. Die Modernisierung der Fahrzeugflotte ist nicht nur auf die Stadtzentren begrenzt, sondern wirkt sich auch positiv auf die angrenzende Region aus.

3.1.3.6 Wirkungen auf die Luftbelastung mit Feinstaub und Stickstoffdioxid

Die Umweltzonen bewirken im Allgemeinen keine größere Reduzierung der PM₁₀-Feinstaubbelastung insgesamt. Ihr Mehrwert wird v. a. in der Art der reduzierten Partikel und deren Gesundheitsgefährdungspotenzial gesehen. Insbesondere die Reduktion der Belastung durch Dieselruß wird hervorgehoben. Eine Reduzierung der NO₂-Konzentration an Hauptverkehrsstraßen wird auch vom Umweltbundesamt als Nebeneffekt gesehen. Sie ist stark davon abhängig, ob eine grüne Plakette durch Partikelfilternachrüstung an der bestehenden Fahrzeugflotte umgesetzt wurde oder durch Erneuerung der Fahrzeugflotte hin zu Fahrzeugen mit höherer Abgasnorm.

3.1.3.7 Aktuelle Entwicklungen in Deutschland

Am 27. Februar 2018 hat das deutsche Bundesverwaltungsgericht geurteilt, dass Dieselfahrverbote in Städten in Deutschland grundsätzlich zulässig sind. Damit wurden Urteile der Verwaltungsgerichte in Düsseldorf und Stuttgart zur Fortschreibung der Luftreinhaltepläne Düsseldorf und Stuttgart bestätigt und die Sprungrevisionen der Länder Nordrhein-Westfalen (BVerwG 7 C 26.16) und Baden-Württemberg (BVerwG 7 C 30.17) zurückgewiesen. Hierbei können einzelne Straßen oder Fahrverbotszonen ausgewiesen werden. Die Fahrverbote können auf verschiedene EURO-Klassen und verschiedene Fahrzeugtypen bezogen und zudem auch zeitlich begrenzt werden. Dabei muss der Grundsatz der Verhältnismäßigkeit gewahrt bleiben (Grenzwert kann nicht ohne Fahrverbot eingehalten werden; phasenweise Einführung für verschiedene Schadstoffklassen, Ausnahmeregelungen für Anwohner und andere Gruppen).⁴³

Aktuelles aus Deutschland

Auf dieser Rechtsgrundlage hat die Freie und Hansestadt Hamburg streckenbezogene Durchfahrtsbeschränkungen für ältere Diesel-Kfz beschlossen. Diese Maßnahmen waren bereits in der 2. Fortschreibung des Luftreinhalteplans im Jahr 2017 geprüft, jedoch bis zu der damals noch ausstehenden Entscheidung des Bundesverwaltungsgerichts zurückgestellt worden⁴⁴. Seit dem 31. Mai 2018 gelten folgende Regelungen:

- Auf einem ca. 580 Meter langen Abschnitt der Max-Brauer-Allee gilt ein Durchfahrtsverbot für Diesel-Pkw und Lkw > 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht mit der Abgasnorm Euro 5/V und schlechter.
- Auf einem 1,6 km langen Abschnitt der Stresemannstraße gilt ein Durchfahrtsverbot für Lkw der Abgasnorm Euro V und schlechter.

Zur Umfahrung der betroffenen Straßen sind alternative Umfahrrouten ausgewiesen, die z. T. deutliche Umwege für die Kfz-Fahrer bedeuten (siehe Abbildung 48). Trotz der Mehrverkehre, soll es an diesen Umleitungsstrecken aufgrund besserer Luftzirkulation nicht zu Überschreitungen der NO₂-Luftqualitätsgrenzwerte kommen. Für die Durchfahrtsverbote existieren umfangreiche Ausnahmegenehmigungen für AnwohnerInnen, BesucherInnen und andere Anlieger (KundInnen von Geschäften und Praxen, Lieferfahrzeuge, Linienbusse, Taxis).

Bei einem Verstoß gegen das Durchfahrtsverbot wird ein Verwarn- oder Bußgeld von 20 Euro für Pkw und 75 Euro für Lkw fällig.⁴⁵ Dabei kann die Einhaltung der Durchfahrtsverbote bisher nur über eine Kontrolle der Fahrzeugpapiere überprüft werden, da die geltende bundesweite Plakettenregelung nach 35. BImSchV für alle Kfz der Abgasnormen Euro 4/IV und besser einheitlich die grüne Plakette vorsieht und somit keine Unterscheidung für neuere Abgasnormen möglich ist.

Die Einführung der Maßnahme hat die Stadt Hamburg durch den Aufbau der insgesamt 159 Verbots- und Umleitungsschilder 370.000 Euro gekostet.⁴⁶

Maßnahme in Hamburg

⁴³ Pressemeldung Nr. 9/2018 des Bundesverwaltungsgerichts <https://www.bverwg.de/pm/2018/9>

⁴⁴ Luftreinhalteplan für Hamburg (2. Fortschreibung), aufgestellt am 30. Juni 2017 gemäß § 47 des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchG) mit Senatsbeschluss vom 30. Juni 2017

⁴⁵ <https://www.ndr.de/nachrichten/hamburg/Diesel-Fahrverbot-Fragen-und-Antworten.fahrverbote120.html#anchor6>

⁴⁶ <https://www.tagesspiegel.de/wirtschaft/fahrverbote-in-hamburg-blauer-himmel-dicke-luft/22829910.html>

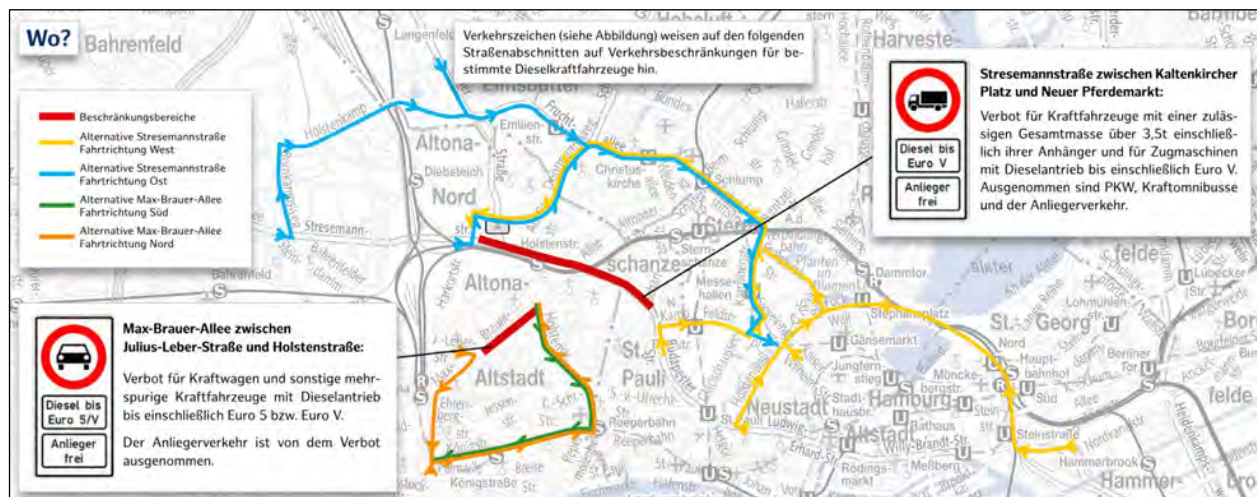


Abbildung 48: Diesel-Durchfahrtsbeschränkung in Hamburg, Quelle: ifeu, <https://www.hamburg.de/contentblob/11119068/2350005b7e80ed0f1ee8417569be94e5/data/d-flyer-diesel.pdf>

Neben Hamburg sind auf Grundlage des Urteils des Bundesverwaltungsgerichts Dieselfahrverbote in zwei weiteren Städten in Deutschland in Vorbereitung. Im Unterschied zu den streckenbezogenen Durchfahrtsverboten in Hamburg handelt es sich dabei um weiträumigere Fahrverbotszonen:

- In Stuttgart soll vom 1. Januar 2019 an ein Fahrverbot für Diesel-Kfz der Abgasnorm Euro 4 und schlechter im gesamten Stadtgebiet gelten. Dabei gibt es für Anwohner eine Übergangsfrist bis Ende April 2019. Bestimmte Branchen (z. B. Busse, Taxis, Krankentransporte, Zulieferer für Restaurants und Geschäfte sowie Reparaturfahrzeuge) sind von dem Fahrverbot generell ausgeschlossen. Nach Einschätzungen im Stuttgarter Polizeipräsidium ist eine Überprüfung der Einhaltung der Fahrverbote im laufenden Verkehr aufgrund fehlender sichtbarer Kennzeichnung nur im Rahmen ganzheitlicher Fahrzeugkontrollen möglich, bei denen auch auf Anschnallpflicht, Zulassung und andere Verstöße geprüft werde.⁴⁷ Im Juli 2019 vor Verabschiedung eines neuen Luftreinhalteplans soll die Wirkung des Fahrverbots überprüft werden. Ab 2020 könnten dann auch jüngere Diesel-Kfz mit Abgasnorm Euro 5 von Fahrverboten betroffen sein.
- Für die Stadt Frankfurt am Main muss nach einem Urteil des Verwaltungsgerichts Wiesbaden vom 05.09.2018 der vom Land Hessen eingereichte Luftreinhalteplan ein Fahrverbot für Diesel-Kfz der Norm Euro 4 und älter sowie für Benzin-Kfz der Norm Euro 1 und 2 ab Februar 2019 enthalten. Für Euro-5-Diesel solle ein Fahrverbot ab September 2019 gelten. Im Luftreinhalteplan sind auch Ausnahmeregelungen z. B. für Handwerker oder Lieferfahrzeuge möglich. Bei der Festlegung des Gebiets, für das Fahrverbote gelten sollen, ließ das Gericht den Behörden Spielraum und schlägt die Grenzen der bestehenden Umweltzone vor.⁴⁸

⁴⁷ <https://www.zeit.de/mobilitaet/2018-07/dieselautos-stuttgart-baden-wuerttemberg-fahrverbot-umwelthilfe/komplettansicht>

⁴⁸ <http://www.fr.de/politik/fahrverbote-gericht-verhaengt-fahrverbot-fuer-frankfurt-a-1577441>

Aktuell laufen zahlreiche weitere Verfahren vor Verwaltungsgerichten in Deutschland, die zu Dieselfahrverboten in weiteren Städten (z. B. Berlin, Köln, Mainz) führen können.⁴⁹

3.1.3.8 Recht auf saubere Luft in D und Ö im Vergleich

In den Mitgliedstaaten der Europäischen Union besteht die gesetzliche Verpflichtung, Maßnahmen zur Reduktion der Luftschadstoffe zu treffen. Die Grundlage dafür bildet die EU-Luftreinhalt Richtlinie (2008/50/EG). Die von der deutschen Bundesregierung beschlossene Verordnung über Luftqualitätsstandards und Emissionshöchstmengen (39. BImSchV) setzt die EU-Richtlinie im nationalen Recht um. Zur Verbesserung der Luftqualität legt sie Grenzwerte für Schadstoffkonzentrationen fest. Treten infolge fehlender Bestimmungen und Maßnahmen Grenzwertüberschreitungen auf, kann der Bürger dies rechtlich verlangen. Zunächst können zuständigen Behörden (i.d.R. die Umweltministerien der Länder) mit entsprechenden Anträgen aufgefordert werden, unverzüglich Vorkehrungen zu ergreifen, um die EU-Grenzwerte in den betroffenen Städten einzuhalten. Sollte die Behörde trotz des nachgewiesenen Verstoßes gegen EU-Recht keine Fortschreibung des Luftreinhaltplans erwägen, können die Betroffenen klagen. Klageberechtigt ist jeder, der sich einen Großteil seiner Zeit in belasteter Umgebung aufhält. Also nicht nur Anwohner, sondern auch z. B. Ärzte in Arztpraxen an stark befahrenen Straßen oder Erzieher im Kindergarten oder Eltern für ihre Kindergartenkinder, wenn sich der Kindergarten in einer stark feinstaubbelasteten Umgebung befindet.⁵⁰

Im Vergleich dazu sieht es in Österreich folgendermaßen aus:

Natürliche Personen, die eine unmittelbare Betroffenheit nachweisen können, haben eine Klagebefugnis, welche auf die Erstellung bzw. Ergänzung des Maßnahmenprogramms abzielt. Dies leitet der VfGH aus dem Urteil „Janecek“ (C-237/07) ab, was bedeutet, dass sich diese Möglichkeit unmittelbar aus dem Unionsrecht ergibt. Für einzelne BürgerInnen (z. B. der Stadt Wien) wäre es demnach grundsätzlich möglich, eine Umweltzone zu „beantragen“ (d. h. Antrag auf entsprechende Ergänzung des Maßnahmenprogramms zu stellen). Die Behörde (Landeshauptmann) müsste dann die Maßnahme prüfen und das Programm entsprechend ergänzen oder gut begründen, weshalb die Maßnahme nicht verhältnismäßig ist und welche Maßnahmen alternativ gesetzt werden, die zur Einhaltung der Grenzwerte führen. Darüber ist ein Bescheid zu erlassen, den die BürgerInnen dann mit Rechtsmitteln bekämpfen kann.

Für NGOs andererseits ist es schwierig bis unmöglich, eine „unmittelbare Betroffenheit“ nachzuweisen. Die Aarhus Konvention sieht zwar in Art. 9.3 ein Klagerecht für diese Organisationen vor, die entsprechende Umsetzung in österreichisches Recht fehlt aber bis heute. Auch der EuGH hat bis vor kurzem eine unmittelbare Anwendbarkeit von Art. 9.3 verneint, ist aber mittlerweile der Ansicht, dass NGOs eine Rechtsschutzmöglichkeit gegen Bescheide einzuräumen ist, die gegen EU-Umweltrecht verstoßen. Für NGOs bedeutet das, dass sie sich, obwohl Art. 9 Abs. 3 der Aarhus Konvention, der nicht unmittelbar anwendbar ist

Der Rechtsweg in Deutschland

Der Rechtsweg in Österreich

⁴⁹ <https://www.augsburger-allgemeine.de/wirtschaft/Diesel-Fahrverbote-Ein-Urteil-mit-Signalwirkung-id52107821.html>

⁵⁰ <https://www.duh.de/umweltzonen/recht-auf-saubere-luft/>

und an und für sich einen Umsetzungsrechtsakt erfordert, in Ö (noch) nicht in nationales Recht umgesetzt ist, dennoch direkt aus dem Unionsrecht ihr Recht auf Zugang zu den Gerichten ableiten können.

3.1.4 Großbritannien

In Großbritannien wurden Umweltzonen in Brighton, London, Norwich, Nottingham und Oxford eingeführt. Allerdings betreffen diese in Brighton, Norwich und Nottingham lokale Busse und Vereinbarungen mit Busunternehmen. In London sind Lkw von einer Gebühr betroffen, falls sie nicht die Abgasstandards Euro III (Lkw zwischen 1,2 t und 3,5 t, Busse bis 5 t, Spezialfahrzeuge) oder Euro IV (Lkw über 3,5 t, Busse über 5 t) erfüllen. Diese Umweltzonen erscheinen daher wenig relevant für Wien zu sein.

3.1.5 Italien



In Italien gibt es in etwa 280 Städten und Gemeinden Zufahrtsbeschränkungen und/oder Umweltzonen (zona traffico limitato, ZTL). Die Zufahrtsbeschränkungen betreffen meist den historischen Stadtkern, in den die Einfahrt generell, zu bestimmten Zeiten oder für Nicht-Anrainer untersagt ist. Die Überwachung der Zufahrt erfolgt in größeren Städten zumeist mit der Hilfe von Überwachungskameras, die sämtliche Fahrzeuge bei der Einfahrt in die ZTL registrieren.

Details sind unter www.urbanaccessregulations.eu zu finden.

3.1.6 Niederlande

In den Niederlanden sind Umweltzonen in 13 Städten in Kraft⁵¹; in Rotterdam neben dieser auch noch Zufahrtsbeschränkungen (siehe Tabelle 11). In all die-

⁵¹ <http://urbanaccessregulations.eu/countries-mainmenu-147/netherlands-mainmenu-88>
<https://www.milieuzones.nl/english>

sen Städten sind von der Umweltzone Lkw über 3,5 t umfasst, in Rotterdam und Utrecht darüber hinaus Lieferwagen und Pkw. In Amsterdam gilt die Umweltzone ab 1.1.2018 zusätzlich für Mopeds, Taxis und Busse.

Nachfolgend wird die Umweltzone in Rotterdam exemplarisch dargestellt.

| Stadt | Einwohner |
|------------------------------|-----------|
| Amsterdam | 853.300 |
| Arnhem | 150.800 |
| Breda | 178.000 |
| Delft | 101.500 |
| Den Haag (The Hague) | 508.600 |
| Eindhoven | 220.800 |
| Leiden | 121.200 |
| Maastricht | 122.300 |
| Rijswijk | 47.700 |
| Rotterdam | 618.500 |
| s'-Hertogenbosch (Den Bosch) | 143.700 |
| Tilburg | 210.400 |
| Utrecht | 328.600 |

Tabelle 11:
Umweltzonen in den
Niederlanden (Quelle:
<https://www.milieuzones.nl/english>)

| Rotterdam | |
|---|---|
| Größe der Umweltzone | Etwa 20 km ² |
| EinwohnerInnen | 618.500 |
| Überschreitungsgebiet | Nicht verfügbar |
| Betroffene Bevölkerung | Nicht verfügbar |
| Einführung | Pkw: 01.01.2016 Lkw: Nicht verfügbar |
| Abgasklassen/Fahrzeugkategorien | Diesel-Pkw/LNF ab 2001 (Euro 3 oder besser), Benzin Pkw ab 1. Juli 1992 Lkw über 3,5 t: zumindest Euro IV |
| Weitere Regelung | Nicht verfügbar |
| Kennzeichnung | Keine (Videoüberwachung, Kennzeichenerkennung) |
| Rechtsgrundlage | Beschluss Gemeinde Rotterdam |
| Ausnahmeregelungen (neben Krankenwagen, Polizei etc.) | Kurzzeitausnahmen (€ 24,90) 24 h-Ausnahmen (bis zu 12x pro Jahr) 72 h-Ausnahmen für Wohnwagen (bis zu 12x pro Jahr) Langzeitausnahmen (€ 178,20) Veranstaltungen Sauberes Fahrzeug als Euro-Standard („right to challenge“) Falls Konkurs durch Umweltzone droht Wenn e- oder CNG-Fahrzeug bestellt Nachweis unverhältnismäßige Beeinträchtigung Krankenhaus-/Arztbesuche (falls mehr als 7x pro Jahr) |

Tabelle 12:
Umweltzone Rotterdam
(Quelle:
<https://www.milieuzones.nl/english>)

| Rotterdam | |
|--|--|
| Übergangszeiten | Nicht verfügbar |
| Änderungen im Verkehrsaufkommen | Nicht verfügbar |
| Änderungen in der Verkehrszusammensetzung (Modalsplit, Flottenzusammensetzung hinsichtlich Verkehrsmittel bzw. Abgasklassen) | Nicht verfügbar |
| Emissionswirkung | NO _x : LNF: - 6 %, Pkw: - 7 %, Lkw: - 13 %, Lkw: - 16 % EC: - 20 % bis – 30 % |
| Immissionswirkung | Nicht verfügbar |
| Alternative Maßnahmen | Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit (NSL) |
| Probleme bei der Umsetzung | Nicht verfügbar |
| Vollziehungsaufwand | Nicht verfügbar |
| Verhältnis von Aufwand (inkl. Kosten) und Nutzen | Nicht verfügbar |
| Kommentar | Befolgungsgrad 2017: 99,9 % |
| Weitere Informationen/Referenzen | https://www.rotterdam.nl/wonen-leven/milieuzone/ http://www.gezonderelucht.nl/wat-gebeurt-er-in-rotterdam/milieuzone-en-sloopregeling Ausnahmen: http://www.gezonderelucht.nl/wat-gebeurt-er-in-rotterdam/milieuzone-en-sloopregeling/vraag-een-ontheffing-aan |

3.1.7 Schweden

In Schweden gibt es einen nationalen Rahmen für Umweltzonen, der für Lkw und Busse über 3,5 t gilt und der eine jährliche Anpassung entsprechend dem Alter der Fahrzeuge und der Euroklassen vorsieht (siehe Tabelle 13).

*Tabelle 13:
Zu erfüllende
Abgasnorm und
Zulassungsjahr für die
Einfahrt in die
Umweltzonen in
Schweden (Quelle:
TRANSPORT STYRELSEN
2014).*

| Erstes Zulassungsjahr, unabhängig vom Land | Nach Hauptregel | Euro 3 (MK 2000) | Euro 4 (MK 2005) | Euro 5 + EEV (MK 2008) | Euro 6 oder besser |
|--|-----------------|------------------|-------------------|------------------------|--------------------|
| 2004 | 2010 | 2012 | 2016 | | |
| 2005 | 2011 | 2013 | 2016 | 2020 | |
| 2006 | 2012 | 2014 | 2016 | 2020 | |
| 2007 | 2013 | 2015 | 2016 | 2020 | |
| 2008 | 2014 | | 2016 | 2020 | |
| 2009 | 2015 | | 2016** oder 2017* | 2020 | |
| 2010 | 2016 | | 2016** oder 2018* | 2020 | |
| 2011 | 2017 | | | 2020 | |
| 2012 | 2018 | | | 2020 | |
| 2013 | 2019 | | | 2020** oder 2021* | Unbegrenzt |
| 2014 | 2020 | | | 2020** oder 2022* | Unbegrenzt |
| 2015 | 2021 | | | | Unbegrenzt |
| 2016 | 2022 | | | | Unbegrenzt |
| 2017 | 2023 | | | | Unbegrenzt |
| 2018 | 2024 | | | | Unbegrenzt |

Darauf aufbauend können Städte individuell die Größe der Umweltzone festlegen.

Umweltzonen wurden bislang in acht Städten festgelegt:

| Stadt | EinwohnerInnen |
|-------------|--|
| Göteborg | 572.000 (knapp 1 Mio. in der Metropolregion) |
| Helsingborg | 104.250 |
| Lund | 87.200 |
| Malmö | 301.700 |
| Mölnadal | 38.600 |
| Stockholm | 935.000 (2,1 Mio. in der Großstadtregion) |
| Umeå | 83.250 |
| Uppsala | 149.250 |

*Tabelle 14:
Umweltzonen in
Schweden (Quelle:
TRANSPORT STYRELSEN
2014)*

3.2 Parkraumbewirtschaftung

Parkraum wird vorrangig dort bewirtschaftet, wo die Zahl jener Fahrzeuge, die einen Stellplatz benötigen, die Zahl der verfügbaren Stellplätze übersteigt oder die Auslastung sehr hoch ist. In diesen Fällen ergibt sich, auch durch den Stellplatzsuchverkehr, ein erhöhtes Verkehrsaufkommen mit damit verbundenen erhöhten verkehrsbedingten Emissionen. Oft ist es das Bestreben nach Reduktion der verkehrsbedingten Emissionen wie Lärm oder Luftschadstoffen, welches die Entscheidungsträger dazu motiviert, den vorhandenen Parkraum zu bewirtschaften, um das Verkehrsaufkommen zu reduzieren.

Parkraumbewirtschaftung kann sich über einzelne Stellplätze oder ganze Zonen unterschiedlicher Ausdehnung erstrecken. Unterschieden werden beispielsweise eventuell auf bestimmte NutzerInnengruppen eingeschränkte, temporäre oder dauerhafte Halte- und/oder Parkverbote mit oder ohne zu entrichtender Gebühr. Die Stellschrauben der Parkraumbewirtschaftung sind die Anzahl der Stellplätze, die Parkdauer sowie die Gebührenhöhe. Kurzparkplätze und -zonen sind mit entsprechenden Verkehrszeichen gemäß § 52a, Lit. 13d StVO und oft zusätzlich mit blauen Bodenmarkierungen gekennzeichnet, wobei die Verkehrszeichen oft nur an den Einfahrten in die Zonen angebracht werden.

3.2.1 Parkraumbewirtschaftung in Amsterdam

Von den ausländischen Beispielen ist die Parkraumbewirtschaftung in Amsterdam⁵² besonders interessant:

Das Amsterdamer Modell ist ein praxisorientiertes, flexibles und besonders wirksames Modell. Bewohner und Betriebe können im Nahbereich zu günstigen Pauschaltarifen parken, für „Gebietsfremde“ gibt es wesentlich höhere Tarife.

Parkraumbewirtschaftung in Amsterdam Die Parkraumbewirtschaftung umfasst das gesamte dicht bebaute Stadtgebiet und kommt ohne flächendeckende Kurzparkzonen aus. Für Pkw-Nutzer gibt es

⁵² <https://www.amsterdam.nl/parkeren-verkeer/parkeren-straat/>

keine Parkzeitbeschränkungen. Der Ausgleich zwischen Angebot und Nachfrage erfolgt nur über den Preis. Wer länger parkt, zahlt mehr. Lediglich in einigen Geschäftsstraßen gibt es lokale Kurzparkzonen.

Die zentrumsnahen Gebiete werden am Abend bis 24 Uhr, das Zentrum auch am Sonntag von 12 bis 24 Uhr bewirtschaftet. In den Randgebieten gilt: Mo–Fr oder Mo–Sa von 9–19 Uhr.

Alle Tarife steigen mit der Nähe zum Zentrum – sowohl die normalen Tarife als auch die Pauschaltarife für BewohnerInnen und Betriebe. Alle Tarife werden – wenn die Stellplatzauslastung zu hoch (85 %) wird – angepasst.

Die Stundentarife sind in der Altstadt mehr als doppelt (5,00 €) und im restlichen Zentrum fast doppelt so hoch (4,00 €) wie in der Wiener Innenstadt. In den übrigen Gebieten kostet das Parken für „Gebietsfremde“ etwas bzw. deutlich mehr (2,40 bzw. 3,00 €) als in Wien. Lediglich in den Randgebieten ist der Tarif mit 1,30 und 1,40 € niedriger als in Wien.

Für „Gebietsfremde“ gibt es neben den Stundentarifen auch Tageskarten, Wochen- und Monatskarten. Auch deren Tarife sind gebietsweise verschieden und steigen mit der Nähe zum Stadtzentrum.

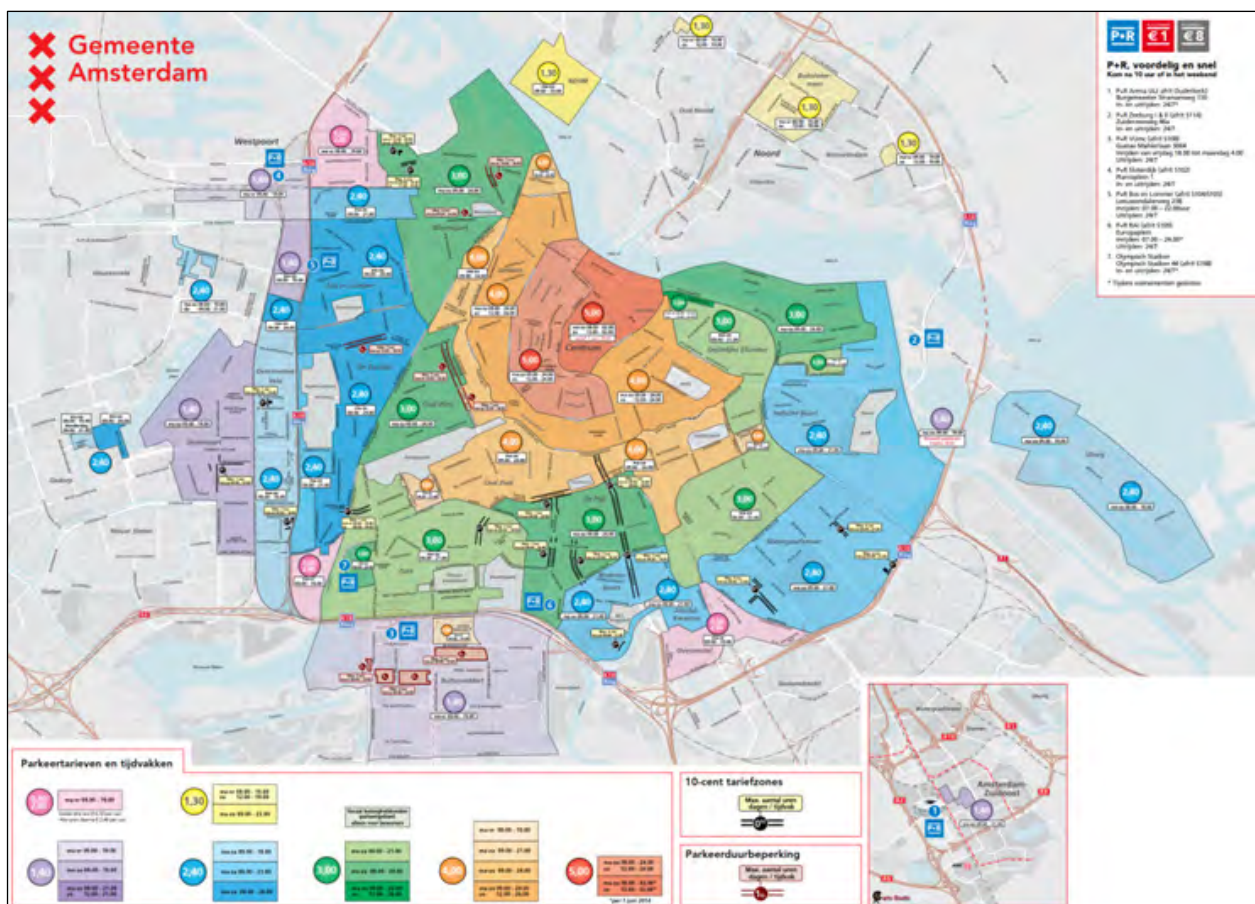


Abbildung 49: Parkraumbewirtschaftung Amsterdam,
 Quelle: <https://www.amsterdam.nl/parkeren-verkeer/parkeren-straat/>

3.2.2 Status Quo in Wien

Parkraumbewirtschaftung ist ein gängiges verkehrspolitisches Instrument in praktisch allen städtischen Räumen in Österreich. In Wien wird seit 1. Juli 1993 Parkraumbewirtschaftung betrieben, wobei zu Beginn nur der 1. Bezirk davon betroffen war. Die letzte Erweiterung der Parkraumbewirtschaftungszone erfolgte am 1. Jänner 2013 in Teilen der Bezirke 14, 16 und 17.

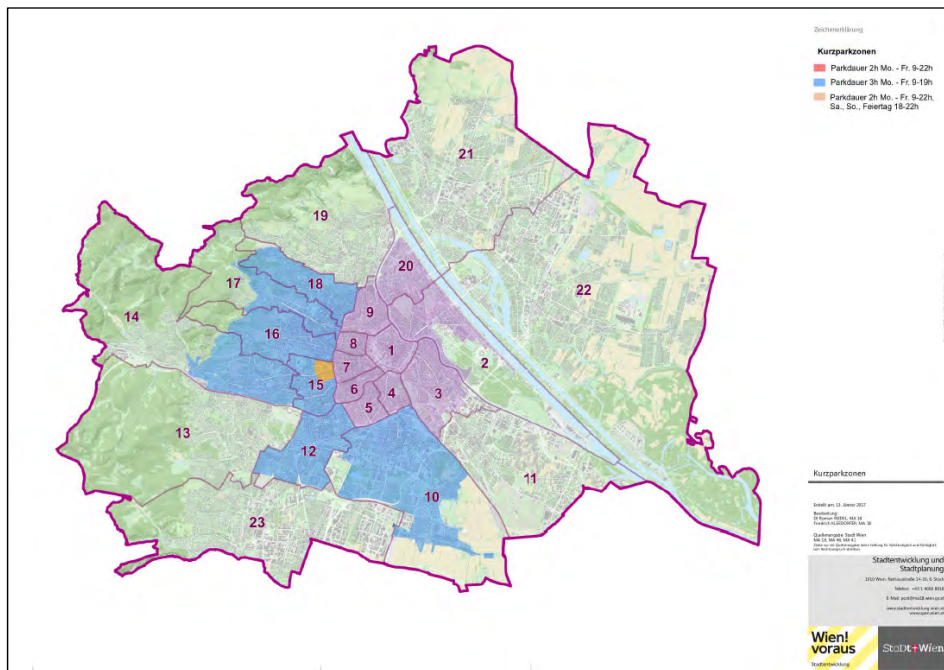


Abbildung 50: Parkraumbewirtschaftung in Wien (Quelle: <https://www.wien.gv.at/verkehr/parken/entwicklung/images/lageplan.jpg>)

Gegenwärtig sind in Wien folgende Parkraumbewirtschaftungszonen eingerichtet:

- Bezirke 1 bis 9 und 20: Montag bis Freitag, ausgenommen an Feiertagen 9–22 Uhr, max. Parkdauer 2 Stunden
- Bezirke 10, 12 und 14 bis 18: Montag bis Freitag, ausgenommen an Feiertagen 9–19 Uhr, max. Parkdauer 3 Stunden
- Sonderregelung Stadthallen-Nähe: Montag bis Freitag 9–22 Uhr; Samstag, Sonntag und an Feiertagen 18–22 Uhr, max. Parkdauer 2 Stunden

Diese Zonen sind grundsätzlich gebührenpflichtig. Die Gebühr ist zu Beginn des Abstellens des Fahrzeuges zu entrichten und beläuft sich seit 1. Jänner 2017 auf 1,05 Euro für eine halbe Stunde Abstelldauer (Parkschein rot), 2,10 Euro für eine Stunde Abstelldauer (Parkschein blau), 3,15 Euro für eineinhalb Stunden Abstelldauer (Parkschein grün) und 4,20 Euro für zwei Stunden Abstelldauer (Parkschein gelb). Mit dem violetten Parkschein kann das Fahrzeug für fünfzehn Minuten gebührenfrei abgestellt werden. Die Gebührenerichtung kann unter anderem mittels Parkscheinentwertung oder Mobiltelefon erfolgen.

Bewohnerinnen und Bewohner der betroffenen Bezirke, ebenso wie im Bezirk ansässige Gewerbetreibende haben zudem die Möglichkeit, ein „Parkpickerl“ zu beantragen, mit dem sie ihr Fahrzeug das ganze Jahr über unbegrenzt in einer

Parkraumbewirtschaftung in Wien

Kurzparkzone im Bezirk des jeweiligen Hauptwohnsitzes abstellen können. Die Kosten dafür setzen sich aus Bundesabgabe, Verwaltungsabgabe und Parkometerabgabe zusammen. Sie betragen bei Online-Beantragung und zweijähriger Gültigkeit in den Innenbezirken ca. 140 Euro, in den Außenbezirken ca. 110 € pro Jahr.

3.2.3 Wirkungen in Wien

Die Stadt Wien untersuchte die Wirkungen der Parkraumbewirtschaftung entsprechend zur Ausweitung der Parkraumbewirtschaftung in den Jahren 1993 bis 2014. Diese Untersuchungen in Form von Vorher-Nachher-Analysen haben gezeigt, dass besonders an Vormittagen die Parkraumsituation deutlich entlastet wurde. Im 1. Bezirk ist die Stellplatzauslastung im öffentlichen Straßenraum von 121 Prozent auf 82 Prozent zurückgegangen. Im Durchschnitt der parkraumbewirtschafteten Bezirke hat sie sich von 91 Prozent auf 66 Prozent reduziert. Werte über 100 Prozent entstehen durch Falschparker, die die Parkvorschriften der Straßenverkehrsordnung (StVO) übertreten.

Wirkung in Wien

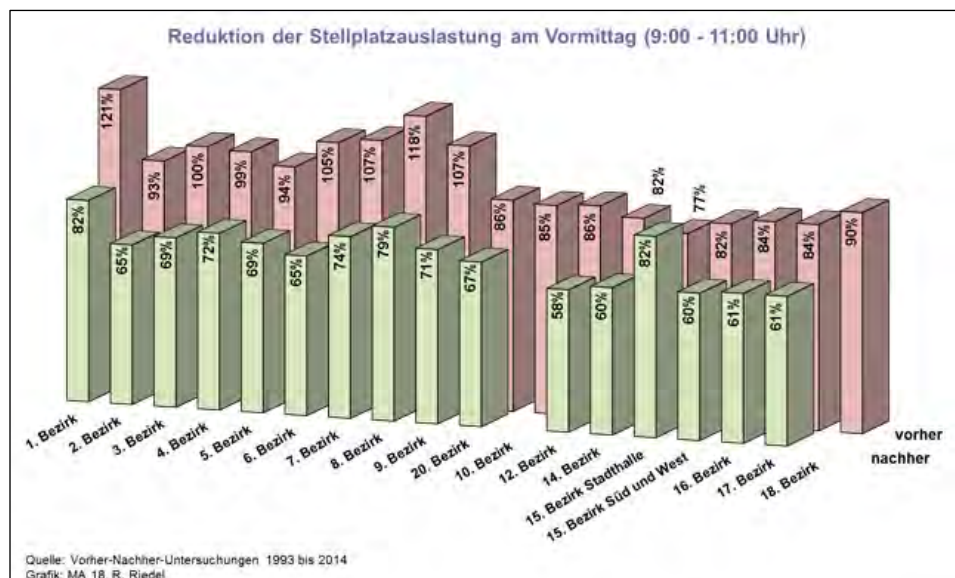


Abbildung 51: Wirkung der Parkraumbewirtschaftung in Wien (Quelle:

<https://www.wien.gv.at/verkehr/parken/entwicklung/images/stellplatzauslastung-vormittag.jpg>)

Die geringere Nachfrage nach Parkplätzen und die verbesserte Überwachung haben zu einem besonders starken Rückgang der Falschparkerinnen und Falschparker geführt. Das verkehrsbehindernde Falschparken, wie etwa in zweiter Spur, im Kreuzungsbereich, auf Schutzwegen und Gehsteigen, konnte auf rund ein Viertel des Ausmaßes vor Einführung der Parkraumbewirtschaftung verringert werden.

Weil es eher freie Stellplätze gibt, hat sich auch die Parkplatzsuchzeit deutlich verringert. Die Fahrleistung jener Fahrzeughalter, die in den Bezirken 6 bis 9 einen Stellplatz im öffentlichen Straßenraum suchen, ist um 18 Prozent zurückgegangen. Unter Einbeziehung des Durchgangsverkehrs und der Fahrzeuge, die

in den Bezirken 6 bis 9 auf Privatgrund parken, beträgt der Rückgang der Fahrleistungen zwölf Prozent. Eine derartige Reduktion der Fahrleistung hat eine unmittelbare Reduktion der Luftschadstoffemissionen aus dem Verkehr zur Folge, was die Bedeutung des Instruments der Parkraumbewirtschaftung zur Verbesserung der Luftqualität unterstreicht.

Allerdings sollte auch erwähnt werden, dass der Parkzonen-Binnenverkehr wegen der Größe der Zonen zugenommen hat. Hier wird mit Variante PRBb und PRBc versucht gegenzusteuern.

3.3 Citymaut

Gebühren für die Nutzung innerstädtischer Verkehrsinfrastrukturen werden Europaweit derzeit in 17 Städten eingehoben, davon befinden sich acht in Norwegen. In vier englischen Städten wird zwischen der Congestion Charge, die sich über Stadtteile von London und Durham erstreckt, und der Crossing Charge, die beim Überqueren von definierten Straßenabschnitten in Dartford und Liverpool zu entrichten ist, unterschieden. In London sowie in den italienischen Städten Mailand und Palermo ist das Gebührensystem einer Citymaut zudem mit den Charakteristika einer Umweltzone kombiniert, in der die Möglichkeit der Einfahrt bzw. die Höhe der zu entrichtenden Gebühren vom Alter und der Abgasklasse des betreffenden Fahrzeuges abhängt. Tabelle 15 zeigt eine Auflistung der Citymaut-Systeme in Europa inklusive der Informationen zu den betreffenden Fahrzeugen und den Gebührenhöhen.

| Land | Stadt | betroffene Fahrzeuge | Kosten |
|------------------------|---|--|-------------------------------|
| Italien | Mailand | alle Fahrzeuge, ausgenommen einspurige Kfz | 2 - 5€ / Tag |
| | Palermo | | 5€ / Tag |
| Malta | Valetta | | 0,82€ - 6,52€ / Tag |
| Norwegen | Bergen, Haugesund, Kristiansand, Namsos, Oslo, Stavanger, Tonsberg, Trondheim | alle Fahrzeuge | 1,20 - 6 € / Tag |
| Schweden | Göteborg | alle Fahrzeuge, ausgenommen einspurige Kfz | 1,10 - 2,20 € / Tag |
| | Stockholm | | 1,10 - 6,60 € / Tag |
| Vereinigtes Königreich | Dartford M25 | alle Fahrzeuge, ausgenommen einspurige Kfz und Quads | 1,90 - 6,90 € / Durchfahrt |
| | Durham | alle Fahrzeuge, ausgenommen einspurige Kfz | 2,50 € / Tag |
| | London | und Fahrzeuge mit mehr als 9 Sitzen | 13-17 € / Tag |
| | Mersey / Liverpool | alle Fahrzeuge | 1,50 - 10 € |

Tabelle 15:
Europäische Städte mit
Citymaut-Systemen
(Stand: Februar 2018)
(Quelle:
<http://urbanaccessregulations.eu/>).

3.3.1 Technische Ausgestaltung

Die Unterscheidung von Citymautsystemen erfolgt vorrangig nach der Tarifgestaltung (und damit zugleich den betreffenden Fahrzeugkategorien), dem System der Gebührenbemessung und der Art und Technik der Gebühreneinhebung, Gebührenabrechnung und Kontrolle.

Die Tarifgestaltung kann nach raum-, zeit- oder fahrzeugbezogenen Kriterien oder einer Kombination daraus erfolgen. Beispiele für raumbezogene Kriterien sind die Anzahl der gefahrenen Kilometer oder die Anzahl der Überfahrten eines

Kriterien der Tarifgestaltung

bestimmten Querschnittes. Bei zeitbezogenen Kriterien können die Tarifgestaltung beispielsweise nach Wochentagen oder Tageszeiten unterschieden oder die Verkehrsdichte zu bestimmten Tageszeiten berücksichtigt werden. Fahrzeugbezogene Kriterien beziehen sich beispielsweise auf Fahrzeuggewicht, Fahrzeugabmessungen bzw. die Achszahl (und damit die Fahrzeugkategorie) oder die Lärm- und Abgasemissionen eines Fahrzeuges. Variable Tarife erfordern gegenüber fixen Tarifen komplexere Bezahl- und Überwachungssysteme.

**Systeme der
Gebühren-
bemessung**

Bei der Gebührenbemessung wird zwischen unterschiedlichen Systemen unterschieden:

- Beim Kordonsystem („Kordon-Maut“) ergibt sich die Gebührenentrichtung durch das Überfahren des Gebührenrings und die Gebühr für die Nutzung des gesamten Gebietes wird innerhalb des Gebührenrings entrichtet. (Dieser Studie wurde eine Kordon-Maut zugrunde gelegt.)
- Beim Gebietssystem („Flächenmaut“) wird die Nutzung der Straßen innerhalb eines Gebietes einmalig (Area-Licensing) oder in Abhängigkeit von den gefahrenen Kilometern (Area-Charging) vergibt.
- Beim Punkt- oder Netzsystem werden die Gebühren beim Überfahren eines spezifischen Punktes entrichtet, was zur Nutzung einzelner oder mehrerer Streckenabschnitte ermächtigt (vergleichbar mit dem Mautsystem auf dem hochrangigen österreichischen Straßennetz).

**Gebührenerhebung,
-abrechnung und
Kontrolle**

Die gängigsten basieren auf den Prinzipien der Dedicated Short Range Communication (DSRC) oder der Automatic Number Plate Recognition (ANPR).

- Beim DSRC-System wird das Fahrzeug mit einer Sende- und Empfangseinrichtung – der sogenannten On-Board-Unit – ausgestattet, die über Funkwellen mit der straßenseitigen Sende- und Empfangseinrichtung – der Bake – kommuniziert. Die Abrechnung kann beispielsweise in Echtzeit über ein Prepaid-Konto oder nachträglich über eine Monatsrechnung erfolgen. Als Backup-System werden in der Regel zusätzlich Videokameras eingesetzt, die im Falle von Kommunikationsproblemen und für das Enforcement bei Nichtentrichtung der Gebühren die betreffenden Fahrzeuge identifizieren sollen.
- Bei der ANPR basiert das gesamte System auf dem Einsatz von Videokameras, die jedes passierende Kennzeichen erfassen und mit einer Datenbank der eingegangenen Zahlungen vergleichen. Der Nachteil dieses Systems liegt darin, dass nicht alle Nummernschilder automatisch erkannt werden und somit eine manuelle Nachbearbeitung erforderlich wird.

Zwar wird beim ANPR-System fahrzeugseitig keine Hardware eingesetzt, dennoch sind sowohl das DSRC- als auch das ANPR-System mit hohen Kosten verbunden. Aus diesem Grund existieren weitere niederschwellige und kostengünstigere (statische) Methoden. Hier kann beispielsweise die Gebührenentrichtung an bemannten oder unbemannten Stationen direkt auf der Strecke oder die Vergabe von Vignetten oder Einfahrtstickets für die Nutzung eines definierten Gebietes genannt werden. Ersteres kann jedoch in der Regel aufgrund des hohen Verkehrsaufkommens in urbanen Räumen nicht umgesetzt werden und findet deshalb vorrangig am hochrangigen Straßennetz Anwendung. Die Kontrolle des Fließverkehrs kann preiswert – z. B. im Rahmen von Verkehrskontrollen durch Exekutivbedienstete – erfolgen, ist dann aber vermutlich nicht sehr dicht. Damit müssten hohe Strafen bei nicht korrekter Bezahlung vorgesehen werden. Soll die Kontrolle automatisiert erfolgen, müssen je nach Ausgestaltung des Systems wiederum Kameras eingesetzt werden. Diese müssen

Vignetten – die ASFINAG hat seit einigen Jahren ein System zur automatischen Vignettenkontrolle (AVK) im Einsatz – und/oder Kennzeichen erfassen können. Vignetten sind bei tageweisen Mautgebühren schlecht handhabbar, Jahres-Citymautgebühren hätten vermutlich kaum verkehrsmindernde Effekte. Im Falle einer Kennzeichenerfassung muss jedoch im Hintergrund wie bei ANPR-Systemen eine Datenbank zum Einsatz kommen.

3.3.2 Anwendungsbeispiele

Die *London Congestion Charge* wurde am 17. Februar 2003 eingeführt und hat zum Ziel, dass der motorisierte Individualverkehr zugunsten des Öffentlichen Personennahverkehrs reduziert wird. Dadurch sollen Staus und die damit verbundene Umweltverschmutzung reduziert werden. Ein Großteil der eingehobenen Gebühren wird in den Ausbau des Öffentlichen Personennahverkehrs investiert.

Beispiel London

Tagesgebühren in der Höhe von umgerechnet 13–17 € pro Tag sind dann zu entrichten, wenn von Montag bis Freitag zwischen 7:00 Uhr und 18:00 Uhr in die Gebührenzone (siehe Abbildung 52) eingefahren wird, wobei einige Fahrzeuge von der Gebühr ausgenommen sind. Dazu zählen beispielsweise Busse, Einsatzfahrzeuge, Fahrzeuge mit alternativen Antrieben, Motorräder oder Taxis. Die Gebührenentrichtung hat im Vorfeld bzw. spätestens am Tag der Einfahrt in die Gebührenzone per SMS, PayPoint oder Telefon zu erfolgen. Danach erhöht sich die Tagesgebühr und es können Bußgelder schlagend werden.

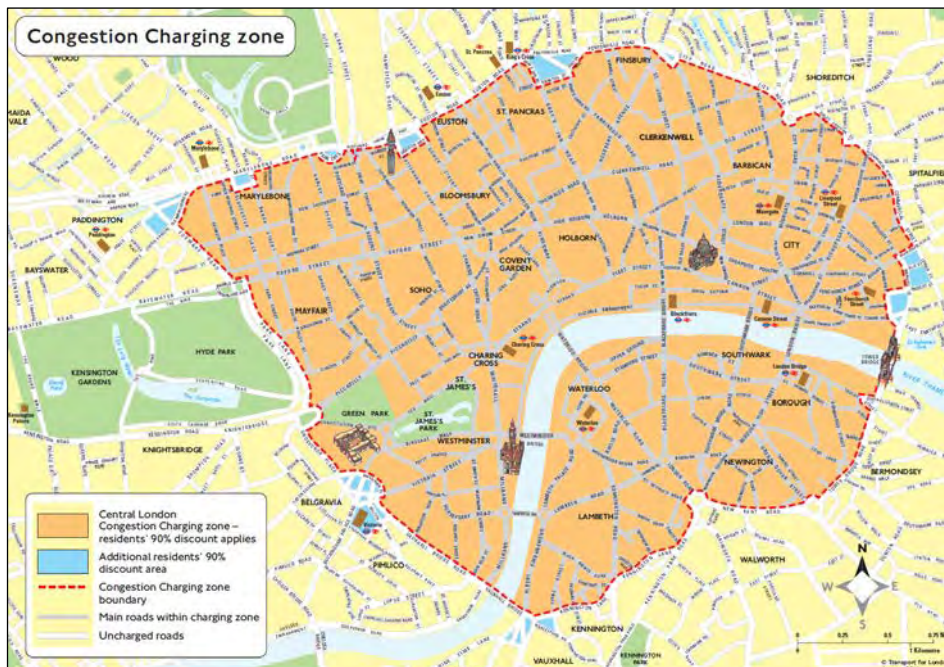


Abbildung 52:
Gebührenzone der
London Congestion
Charge, Quelle:
Transport for London

Die Erfassung der Fahrzeugkennzeichen erfolgt durch rund 230 stationäre und mobile Kontrollkameras. Die erfassten Kennzeichen werden mit einer Kennzeichendatenbank abgeglichen. Falls ein erfasstes Fahrzeug in dieser Liste nicht aufscheint erhöht sich die Gebühr ebenfalls bzw. werden Bußgelder verrechnet.

Am 23. Oktober 2017 wurde zusätzlich zur *Congestion Charge* eine *Toxicity Charge* eingeführt, wonach Pkw und Lieferwagen, die nicht der Abgasklasse Euro 4 oder höher entsprechen, eine zusätzliche Gebühr von umgerechnet rund 11 € entrichten müssen. Diese Maßnahme dient der Verbesserung der Luftqualität und führte dazu, dass die *London Congestion Charge* um die Grundzüge einer klassischen Umweltzone erweitert wurde.

Auswirkungen der Congestion Charge

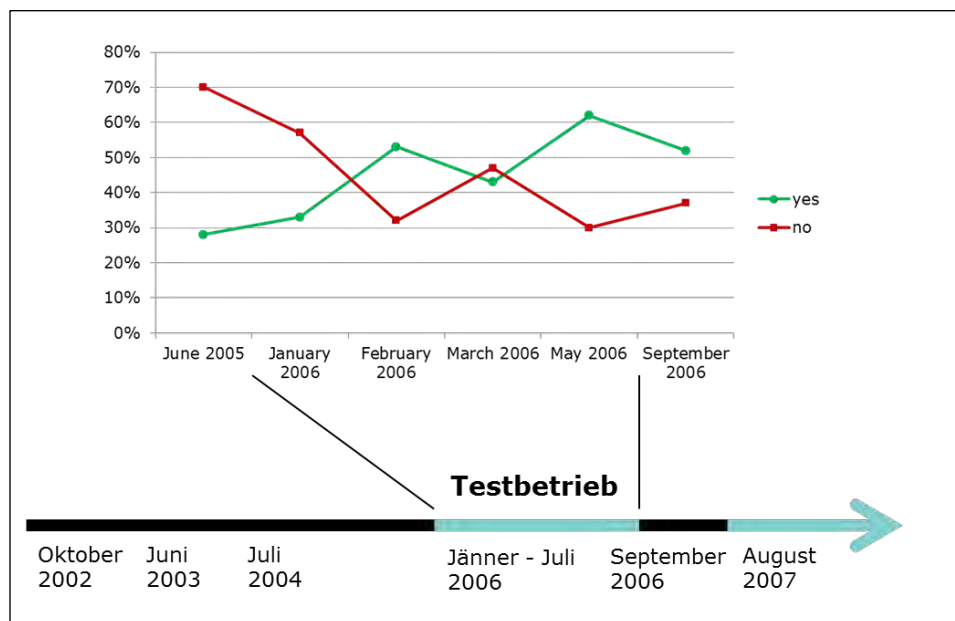
Die Auswirkungen der Congestion Charge wurden von Transport for London überwacht, quantifiziert und veröffentlicht (TfL 2008). Im Jahr 2007 sank im Vergleich zum Jahr 2002 das Gesamtverkehrsaufkommen um 16 %, die Anzahl mautpflichtiger Fahrzeuge, wie Pkw und Lieferwagen, um 29 %. Von der Maut befreite Fahrzeuge nahmen um 15 % zu. Zwischen 2002 und 2003 verminderten sich die Stickstoffoxide in der Gebührenzone um 8 %, Feinstaub um 7 % und Kohlenstoffdioxid um 16 %. Zudem wurde innerhalb der Gebührenzone ein geringfügiger Absatzrückgang im Einzelhandel festgestellt. Die angepeilte Amortisation der Gesamtkosten von umgerechnet rd. 300 Mio. € nach drei Jahren wurde aufgrund des starken Verkehrsrückgangs nicht erreicht.

Beispiel Stockholm

In Stockholm erfolgt die Erfassung der Fahrzeuge mittels 18 Kontrollkameras entlang eines Korridors, wobei den Fahrzeughalterinnen und -haltern am Monatsende eine Sammelrechnung zugestellt wird. Die Gebühren sind von Montag bis Freitag im Zeitraum 6:30 Uhr bis 18:30 Uhr zu entrichten und belaufen sich auf 1,10–6,60 € in Abhängigkeit von der Tageszeit, zu der der Kontrollpunkt passiert wird.

Die Citymaut in Stockholm trat 2007 dauerhaft in Kraft. Dem zuvor ging ein mehrmonatiger Testbetrieb, in dem unter anderem regelmäßig die Akzeptanz einer Citymaut abgefragt wurde. Die Besonderheit liegt darin, dass der Testbetrieb trotz mehrheitlicher Ablehnung der Bevölkerung begonnen wurde. Bis zum Ende des Testbetriebes sprach sich die Bevölkerung mehrheitlich für die dauerhafte Installation des Citymaut-Systems aus (siehe Abbildung 53).

Abbildung 53:
Entwicklung der öffentlichen Meinung zur dauerhaften Einrichtung eines Citymaut-Systems in Stockholm im Laufe eines Testbetriebes.
Quelle: TROENG (2015)



Die Auswirkungen der Citymaut sind durchwegs positiv, wenngleich nicht in jenem Ausmaß, wie ursprünglich erhofft. Das Verkehrsaufkommen konnte im Durchschnitt an allen Kordonpunkten bis 2011 um 20 % reduziert werden, die Verlustzeit⁵³ um bis zu 50 %. Bei den Emissionen konnten Reduktionen erzielt werden, wenngleich diese teilweise nur gering ausfielen: Kohlenstoffdioxid: – 2 % im Großraum Stockholm und – 13 % in der Innenstadt, Stickstoffoxide: – 1,3 % im Großraum Stockholm und – 8,5 % in der Innenstadt. Darüber hinaus wurde ein signifikanter Anstieg von Neuzulassungen „umweltfreundlicher Fahrzeuge“ (CNG, EV, „low CO₂ cars“) beobachtet, die von der Gebühr ausgenommen sind. Diese Ausnahmen wurden mittlerweile aber zurückgenommen. (LEIHS, D. et al. 2014)

***Auswirkungen der
Citymaut in
Stockholm***

⁵³ Unter der Verlustzeit wird die Differenz aus Reisezeit bei ungehinderter Fahrt und tatsächlicher Reisezeit verstanden.

4 VERKEHRSMODELLIERUNG

Mit dem Verkehrsmodell der Stadt Wien⁵⁴, Magistratsabteilung 18, wurde die Wirkung der Maßnahmen auf das Personenverkehrsaufkommen in allen neun Szenarien quantifiziert. Die Arbeiten zum Verkehrsmodell werden nachfolgend detailliert erläutert.

4.1 Verkehrsmodell Wien

Die MA 18 – Stadtentwicklung und Stadtplanung hat Ende der 90er Jahre mit dem Aufbau eines eigenen Verkehrsmodells begonnen. Das Verkehrsmodell Wien (VmW) basiert auf der Software der Firma PTV. Das VmW ist eine vereinfachte Abbildung der Siedlungsstruktur, des Verkehrsangebotes (Verkehrsinfrastruktur und ÖV-Fahrplan) sowie des Verkehrsverhaltens der Bevölkerung.

**Verkehrsmodell
Wien
Untersuchungsraum**

Der Untersuchungsraum umfasst neben Wien auch Niederösterreich sowie das Nord- und Mittelburgenland und ist in 2.206 Verkehrszellen (davon 1.532 in Wien) eingeteilt, denen Struktur- und Verhaltensdaten der Bevölkerung sowie die räumlichen Nutzungsstrukturen und Verkehrsangebote zugeordnet werden. Die Bevölkerung wird in Gruppen ähnlichen Verkehrsverhaltens gegliedert. Zur Berechnung der Verkehrserzeugung verwendet das VmW ursachengerechte Aktivitätsmodelle, die auf den Ergebnissen von Verkehrsverhaltensbefragungen beruhen. Dabei wird auf alle Aspekte des Verkehrsverhaltens eingegangen.

Diese Datenbasis und die zahlreichen Analyse- und Darstellungsinstrumente ermöglichen vielfältige Anwendungsmöglichkeiten. Der Hauptanwendungszweck besteht in der Prognose von verkehrsplanerischen und städtebaulichen Maßnahmen. Die Prognoseinstrumente basieren auf einem Modell, das die Wirkung von Änderungen des Verkehrsangebotes und der Siedlungs- und Nutzungsstruktur erklärt und abbildet. Mit diesem Ansatz kann nicht nur die Wirkung von Veränderungen im Verkehrsangebot auf den ÖV, Pkw-, Fuß- und Radverkehr untersucht werden, sondern auch die Wirkungen von städtebaulichen Entwicklungen.

**Prognose-
instrument,
Wirkungs-
abschätzung**

Als Ergebnis stehen dann beispielsweise Verkehrsspinnen, Streckenbelastungen, Knotenströme, Fahrzeitenmatrizen und Erreichbarkeitsanalysen zur Verfügung. Das Verkehrsmodell Wien kann auch für die Wirkungsabschätzung verkehrspolitische Maßnahmen, die fahrzeugspezifische Fahrverbote (Umweltzonen), Flächenmauten, Streckenmauten aber auch Parkgebühren umfassen, eingesetzt werden.

Folgende Aspekte sind für die Ergebnisse der Verkehrsmodellierung zu berücksichtigen:

- Isolierte Betrachtung einer einzelnen Maßnahme

Die isolierte Betrachtung einzelner Maßnahmen ermöglicht eine klare Zuordnung zwischen Maßnahmen und deren Wirkungen. Bei Maßnahmenkombinationen kann deren Gesamtwirkung berechnet werden. Mit den Ergebnissen aus den isolierten Berechnungen der einzelnen Maßnahmen kann deren Gewicht an den Wirkungen der Maßnahmenkombination abgeschätzt werden.

⁵⁴ P. Holzapfel, R. Riedel, Verkehrsmodell Wien, MA 18

- Keine Berücksichtigung der Zielwahl-Änderung
Im Verkehrsmodell wirkt sich eine Maßnahme nicht direkt auf die Änderung der Zielwahl aus. Dass gewisse Ziele aufgrund der Einführung einer Maßnahme nicht mehr oder woanders aufgesucht werden, wurde im Modell nur zurückhaltend abgebildet.
- Anwendung nur auf Pkw
Die Maßnahmen-Auswirkungen wurden nur auf Pkw angewandt – um eine realistische Gesamtverkehrsmenge zu erhalten, wurden die Verkehrsmengen der Lieferwägen und Lkw über alle Szenarien stabil gehalten und addiert.
- Keine Berücksichtigung der Parkplatzsuchzeiten und des Parkplatzsuchverkehrs
Die Parkplatzsuche wurde nicht bei allen Szenarien in gleichem Umfang abgebildet und wird deshalb für die Vergleichbarkeit aller Szenarien nicht berücksichtigt.

4.2 Umsetzung der Szenarien im Modell

4.2.1 Bestand

Im Szenario Bestand (Business as usual, kurz: BAU) wird keine zusätzliche Maßnahme sondern der Status quo abgebildet.

Im Bestandsmodell sind alle Maßnahmen, die Ende 2017 umgesetzt waren, schon berücksichtigt. Das betrifft insbesondere die U1-Verlängerung nach Oberlaa und die Parkraumbewirtschaftung in Favoriten.

4.2.2 Umweltzone

Für das Szenario Umweltzone wurden im Verkehrsmodell zwei Pkw-Fahrzeugarten gebildet:

- A-Pkw: Fahrzeuge, die in die Umweltzone einfahren dürfen (Diesel ab EURO 6, Benzin ab EURO 2)
- B-Pkw: Fahrzeuge, die nicht in die Umweltzone einfahren dürfen (Diesel bis inkl. EURO 5, Benzin bis inkl. EURO 1)

Tabelle 16: Einfahrerlaubnis Umweltzone Wien für Benzin- und Diesel-Pkw, Quelle MA18

| | < Euro 1 | Euro 1 | Euro 2 | Euro 3 | Euro 4 | Euro 5 | Euro 6b | Euro 6d temp | Euro 6d + |
|----------------------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------------|-----------|
| NOx unter 0,5 | | | | | | | | | |
| Benzin | n | n | j | j | j | j | j | j | j |
| Diesel | n | n | n | n | n | n | j | j | j |
| | | | | | | | | | |

Simulation Flottenwechsel

Alle Fahrzeuge, die nicht in die Umweltzone einfahren dürfen, wurden je nach Variante der örtlichen Ausprägung der Umweltzone prozentuell auf alle erlaubten Fahrzeugklassen aufgeteilt, nicht nur auf die neuesten. Dabei wurde davon ausgegangen, dass jene B-Pkw, die innerhalb einer Umweltzone gemeldet sind, zu einem sehr hohen Anteil (90–95 %) auf A-Pkw gewechselt werden. Außerdem wird davon ausgegangen, dass B-Pkw, die außerhalb der jeweiligen Umweltzone gemeldet sind nur zu einem geringeren Anteil (25–70 %) auf A-Pkw gewechselt werden, da für die Wege in die Umweltzone andere Verkehrsmittel gewählt werden können. Generell aber gilt: Je größer das Gebiet der Umweltzone ist, desto mehr B-Pkw werden auch außerhalb der Zone gewechselt, da mehr der gewünschten Ziele innerhalb der Zone liegen.

**Generelle
Ausnahmen nach
IG-L betreffen 10 %
aller Pkw**

Außerdem wird angenommen, dass nach IG-L 10 % der Pkw generell von einer Umweltzone ausgenommen sind.



Abbildung 54: Anteil der EURO 6-Fahrzeuge an allen Fahrzeugen (je dunkler, desto höher), Quelle: MA18

Für die Berechnung der Verkehrsleistung wurden im Verkehrsmodell folgende Punkte berücksichtigt:

- Fahrzeugspezifische Maßnahmen erfordern im Verkehrsmodell die Aufnahme zusätzlicher Fahrzeugarten aber auch zusätzlicher Bevölkerungsgruppen als Besitzer dieser Fahrzeugarten. Dabei musste so tief in die Verkehrsmodell-Architektur eingegriffen werden, dass dies fast einem Neubau des Nachfragemodells gleichkam.
- Fahrverbotszonen, die dazu führen, dass Verkehrszellen nicht mit allen im Modell vorhandenen Verkehrsmitteln erreicht werden können, werden von der Verkehrsmodell-Software nicht toleriert. Zur Abbildung der Umweltzonen wurden daher sehr hohe Streckenmauten als zusätzliche Widerstände (100-fache Fahrzeit im unbelasteten Netz) verwendet.

4.2.3 Parkraumbewirtschaftung

Die Parkraumbewirtschaftung wurde schon vor einigen Jahren in das Verkehrsmodell aufgenommen. Aufgrund der feinen Verkehrszellen in Wien können sowohl die Überlappungszonen der bestehenden Parkpickerl-Geltungsbereiche als auch Berechtigungszonen und Geltungsbereiche in seriöser Größe abgebildet werden. Auch die Abbildung von gestaffelten Tarifen ist möglich. Die Umrechnung der Tarife in Reisezeitwerte erfolgte gemäß der FSV-Richtlinie für Kosten-Nutzen-Analysen KNA⁵⁵ mit 11 €/h.

4.2.4 Citymaut

Für die Berechnung der Citymaut wurde auf allen Einfahrtsstrecken eine entsprechende Kordonmaut aufgeschlagen. Die Umrechnung der Tarife in Reisezeitwerte erfolgte gemäß der FSV-Richtlinie für KNA mit 11 €/h. Das bedeutet, dass bei allen Einfahrtsmöglichkeit in das Citymaut-Gebiet („Gürtel“) eine zusätzliche Fahrzeit auf jede Pkw-Fahrt aufgeschlagen wird (z. B. bei 11 € wird 1 h aufgeschlagen).

- **Überschätzung der Wirkung der Citymaut**

Der Umstand, dass die Parkgebühr auf der Straße nicht für alle Pkw-Fahrer wirkt, weil sie z. B. in Garagen parken, deren Kosten von anderen (Dienstgeber bei Personalparkplätzen, Geschäft bei Kundenparkplätzen etc.) übernommen werden, wird im Verkehrsmodell durch einen (derzeit auf 50 % eingestellten) „Wirkungsfaktor“ abgebildet. Auch bei der Citymaut ist anzunehmen, dass sie auf manche Pkw-Fahrer keine Wirkung hat, weil sie von anderen (z. B. Dienstgeber) bezahlt wird. Dies sollte ebenfalls durch die Aufnahme von Wirkungsfaktoren für Mautmodelle berücksichtigt werden, konnte in dieser Studie aus Ressourcengründen aber nicht mehr erfolgen.

Die infolge einer Citymaut verringerte Zahl von Pkw-Fahrten innerhalb des Mautgebietes führt auch zu einer kürzeren Parkplatzsuche und macht das Autofahren dadurch wieder etwas attraktiver. Die Verkürzung der Parkplatzsuchzeiten bei den Citymautszenarien war aus Ressourcengründen ebenfalls nicht mehr möglich.

Aufgrund dieser systematischen Ungenauigkeiten (Wirkungsfaktor und Parkplatzsuche) ergeben die Berechnungen beim Szenario City-Maut höhere Pkw-Reduktionen, als in der Realität tatsächlich zu erwarten sind. D. h. die Citymaut wird in dieser Berechnung in ihrer Wirkung überschätzt.

Aufgrund der in Kapitel 3.1 dargestellten Rahmenbedingungen ist es zu erklären, dass es am Gürtel selbst (Citymaut-Grenze) nicht zu einer Zunahme der Verkehrsleistung gegenüber dem Bestand kommt. Zwar nimmt die Verkehrsleistung innerhalb der Zone stärker ab, der Effekt des Verlagerungsverkehrs auf die „Grenzstraßen“ wird im Modell allerdings durch die allgemeine Verkehrsverlagerung im Modal-Split und der damit verbundenen Reduktion der Pkw-Verkehrsleistung deutlich übertroffen.

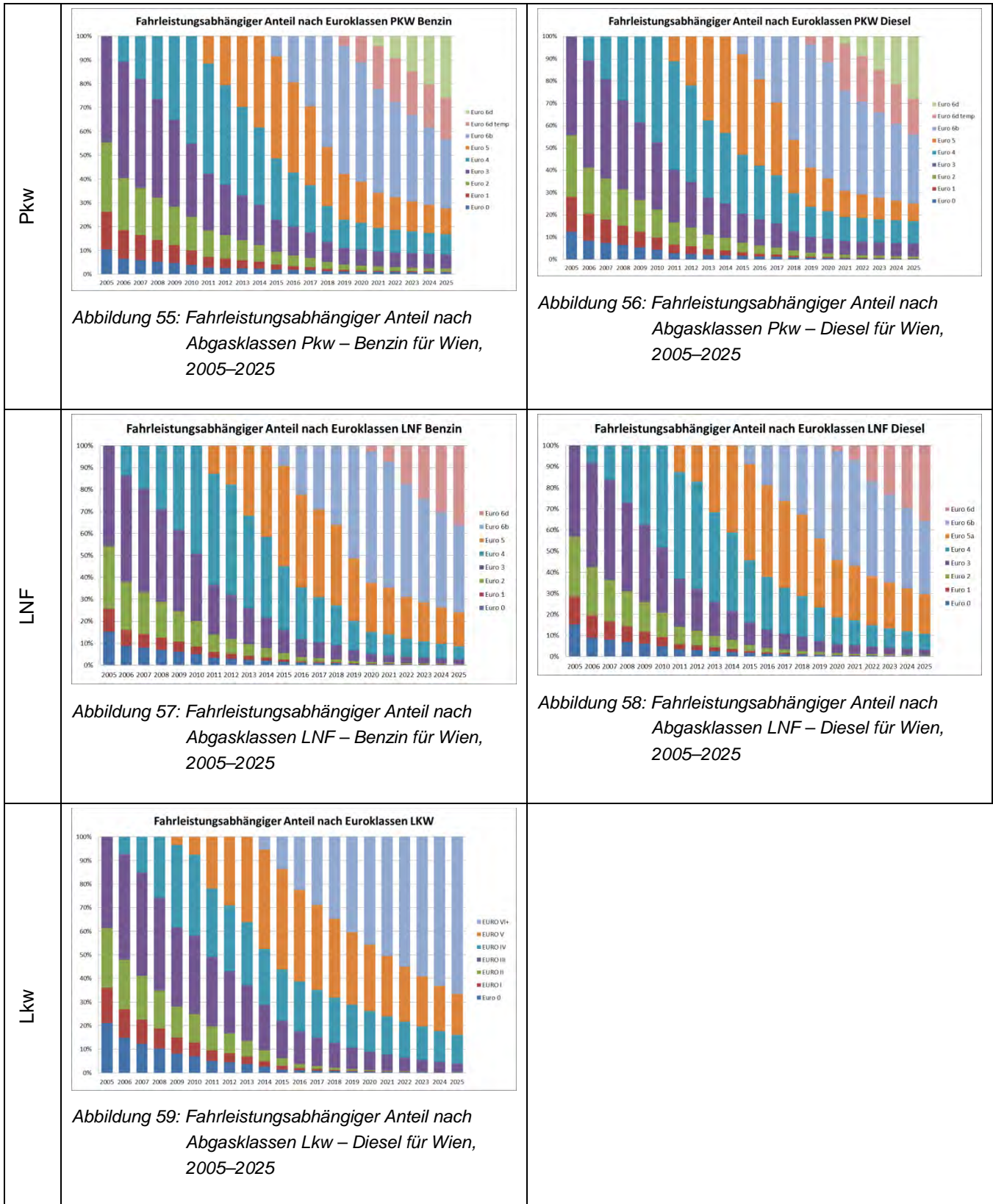
**Citymaut verringerte
Zahl von Pkw-
Fahrten**

⁵⁵ RVS 02.01.22 „Nutzen-Kosten-Untersuchungen im Verkehrswesen“

5 VORARBEITEN ZUR EMISSIONS- UND IMMISSIONSMODELLIERUNG

5.1 Fahrleistungsanteilige Flottenzusammensetzung

Zur Berechnung der emissionsklassenabhängigen Fahrleistungsanteile wurden die Informationen zur Flottenzusammensetzung (vgl. Kapitel 5.1.1) mit den Informationen zur spezifischen Fahrleistung je Erstzulassungsjahr bzw. Emissionsklasse (vgl. Kapitel 5.1.2) verschnitten und die Fahrleistungsabhängigen Anteile je Fahrzeugkategorie, Kraftstoff und Emissionsklasse berechnet. Die Ergebnisse sind nachfolgend für die Jahre 2005 bis 2025 für benzinbetriebene Pkw (siehe Abbildung 55), dieselbetriebene Pkw (siehe Abbildung 56), benzinbetriebene leichte Nutzfahrzeuge (LNF) (siehe Abbildung 57), dieselbetriebene LNF (siehe Abbildung 58) und Lkw (siehe Abbildung 59) dargestellt.



5.1.1 Flottenzusammensetzung

Zu jeder Maßnahme (Umweltzone, Parkraumbewirtschaftung, Citymaut) wurden drei Szenarien gebildet und zunächst einer Wirkungsabschätzung unterzogen. Dazu wurde jedes Szenario in einem Verkehrsmodell abgebildet, um Fahrleistungsänderungen quantifizieren zu können. Wird eine Umweltzone eingerichtet, wirkt sich diese jedoch nicht nur auf die Fahrleistung in und rund um die Zone aus, sondern auch auf die Flottenzusammensetzung. Aus diesem Grund wurde im ersten Schritt die Zusammensetzung der betroffenen Fahrzeugflotten modelliert.

5.1.1.1 Methodik

Flotte zur Umweltzonen- abschätzung

Informationen zur jährlichen Verteilung der Emissionsklassen je Bundesland können grundsätzlich von der Statistik Austria bezogen werden. Die Information der Emissionsklassen wird aber einerseits erst seit wenigen Jahren gesammelt und ist andererseits teilweise inkorrekt und unvollständig. Aus diesem Grund wurde in der gegenständlichen Analyse ein alternativer Weg gewählt, um die Zusammensetzung abzubilden: Da das Jahr der Erstzulassung der registrierten Fahrzeuge eine wesentlich belastbarere Information darstellt, wurde den Fahrzeugen in der Flotte in Abhängigkeit des Erstzulassungsjahres eine Emissionsklasse zugewiesen. Die Berechnungsschritte wurden getrennt für Pkw, LNF und Lkw durchgeführt und unterscheiden sich geringfügig voneinander. Nachfolgend wird die Abschätzung der Flotte detailliert beschrieben. Für jede Analyse gilt, dass in einer Erstabschätzung die Fahrzeugflotten für Wien, Niederösterreich und Burgenland untersucht wurden. Da sich dabei keine nennenswerten Unterschiede ergaben, wurde die Zusammensetzung der betroffenen Fahrzeugflotte sowohl des Quell- und Ziel- als auch des Binnenverkehrs anhand der Daten für die Wiener Fahrzeugflotte ermittelt.

5.1.1.2 Flottenzusammensetzung Pkw

Zur Abschätzung der Flottenzusammensetzung im Segment der Pkw wurden die Entwicklung des Gesamtfahrzeugbestandes und die Verteilung der Fahrzeuge nach Kraftstoff (insbesondere Benzin und Diesel) für die Jahre 1990 bis 2016 sowie die Zusammensetzung der Pkw-Flotte nach Erstzulassungsjahr für die Stützjahre 2006, 2011 und 2016 herangezogen. Diese Datensätze wurden von der Statistik Austria bezogen.

Die weiteren Arbeitsschritte lauten wie folgt:

1. Lineare Extrapolation des Gesamtfahrzeugbestandes bis 2025 mit der durchschnittlichen Steigerungsrate der letzten zehn Jahre (+ 0,43 %).
2. Abzug der reinen Elektrofahrzeuge, die von einer Umweltzonenregelung ausgenommen wären (der Anteil in der Flotte wurde dem Energieszenario WEM 17 (UMWELTBUNDESAMT 2017b) entnommen).
3. Lineare Extrapolation des Dieselanteils in der Pkw-Flotte bis 2025 mit reduzierter, durchschnittlicher Steigerungsrate der letzten zehn Jahre (Reduktion um 50 %, da die gegenwärtige Entwicklung die Annahme zulässt, dass der Anteil von Dieselfahrzeugen in der österreichischen Pkw-Flotte sinkt).

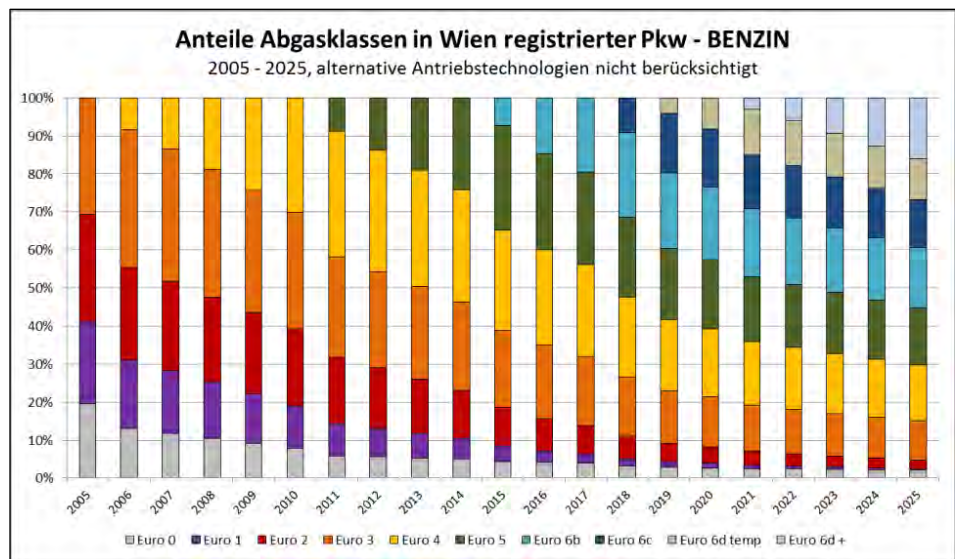
4. Zuordnung des Bestands nach Erstzulassungsjahr zu einer Emissionsklasse und Clusterung des Bestandes nach Emissionsklassen gemäß eines Schlüssels (siehe Tabelle 17)
5. Abschätzung der relativen Flottenanteile nach folgendem Schema:
 - a. Bildung des Grundgerüsts mittels Daten in den Stützjahren 2006, 2011 und 2016
 - b. Lineare Abnahme der Fahrzeuge der Emissionsklasse Euro 0 von 1992 (100 %) bis 2006 (1. Stützjahr)
 - c. Lineare Interpolation aller Emissionsklassen zwischen den Stützjahren
 - d. Exponentiell fallende Extrapolation aller Emissionsklassen von 2016 (3. Stützjahr) bis 2025
 - e. Zudem wurde angenommen, dass der maximale Flottenbestand jeder Abgasklasse jeweils im ersten Neuzulassungsjahr der folgenden Abgasklasse erreicht wird (zusätzliche Stützpunkte); für die Abgasklassen Euro 3 (Maximum Flottenanteil 2006) und Euro 4 (Maximum Flottenanteil 2011) werden die Zahlen aus den Stützjahren übernommen
6. Harmonisierung der so gewonnenen Flottenanteile durch Skalierung auf 100 % für jedes Betrachtungsjahr.
7. Auswertung der Emissionsfaktoren für alle Abgasklassen und getrennt nach Bestandsjahr mittels HBEFA 3.3 (durchschnittliche Verkehrssituation: innerorts).

Tabelle 17:
Zuordnung des
Erstzulassungsjahres zu
einer Emissionsklasse,
Quelle:
Umweltbundesamt

| Jahr der Erstzulassung | Pkw | | LNF | | LKW |
|---------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| | Otto | Diesel | Otto | Diesel | Diesel |
| 1990 | Euro 0 | Euro 0 | Euro 0 | Euro 0 | Euro 0 |
| 1991 | Euro 0 | Euro 0 | Euro 0 | Euro 0 | Euro 0 |
| 1992 | Euro 0 | Euro 0 | Euro 0 | Euro 0 | Euro 0 |
| 1993 | Euro 1 | Euro 1 | Euro 1 | Euro 1 | Euro I |
| 1994 | Euro 1 | Euro 1 | Euro 1 | Euro 1 | Euro I |
| 1995 | Euro 1 | Euro 1 | Euro 1 | Euro 1 | Euro I |
| 1996 | Euro 1 | Euro 1 | Euro 1 | Euro 1 | Euro I |
| 1997 | Euro 2 | Euro 2 | Euro 2 | Euro 2 | Euro II |
| 1998 | Euro 2 | Euro 2 | Euro 2 | Euro 2 | Euro II |
| 1999 | Euro 2 | Euro 2 | Euro 2 | Euro 2 | Euro II |
| 2000 | Euro 2 | Euro 2 | Euro 2 | Euro 2 | Euro II |
| 2001 | Euro 2 | Euro 2 | Euro 2 | Euro 2 | Euro II |
| 2002 | Euro 2 | Euro 2 | Euro 2 | Euro 2 | Euro II |
| 2003 | Euro 3 | Euro 3 | Euro 3 | Euro 3 | Euro III |
| 2004 | Euro 3 | Euro 3 | Euro 3 | Euro 3 | Euro III |
| 2005 | Euro 3 | Euro 3 | Euro 3 | Euro 3 | Euro III |
| 2006 | Euro 3 | Euro 3 | Euro 3 | Euro 3 | Euro III |
| 2007 | Euro 4 | Euro 4 | Euro 4 | Euro 4 | Euro IV |
| 2008 | Euro 4 | Euro 4 | Euro 4 | Euro 4 | Euro IV |
| 2009 | Euro 4 | Euro 4 | Euro 4 | Euro 4 | Euro IV |
| 2010 | Euro 4 | Euro 4 | Euro 4 | Euro 4 | Euro IV |
| 2011 | Euro 5a | Euro 5a | Euro 5a | Euro 5a | Euro V |
| 2012 | Euro 5a | Euro 5a | Euro 5a | Euro 5a | Euro V |
| 2013 | Euro 5a | Euro 5b | Euro 5a | Euro 5b | Euro V |
| 2014 | Euro 5a | Euro 5b | Euro 5a | Euro 5b | Euro V |
| 2015 | Euro 6b | Euro 6 | Euro 6b | Euro 6 | Euro V |
| 2016 | Euro 6b | Euro 6 | Euro 6b | Euro 6 | Euro V |
| 2017 | Euro 6b | Euro 6 | Euro 6b | Euro 6 | Euro V |
| 2018 | Euro 6c | Euro 6c | Euro 6c | Euro 6c | Euro VI |
| 2019 | Euro 6d temp | Euro 6d temp | Euro 6c | Euro 6c | Euro VI |
| 2020 | Euro 6d temp | Euro 6d temp | Euro 6d temp | Euro 6d temp | Euro VI |
| 2021 | Euro 6d | Euro 6d | Euro 6d temp | Euro 6d temp | Euro VI |
| 2022 | Euro 6d | Euro 6d | Euro 6d | Euro 6d | Euro VI |
| 2023 | Euro 6d | Euro 6d | Euro 6d | Euro 6d | Euro VI |
| 2024 | Euro 6d | Euro 6d | Euro 6d | Euro 6d | Euro VI |
| 2025 | Euro 6d | Euro 6d | Euro 6d | Euro 6d | Euro VI |

Das Ergebnis der Abschätzung der Flottenzusammensetzung im Pkw-Segment ist in Abbildung 60 (Benzin) und Abbildung 61 (Diesel) dargestellt.

Abbildung 60:
Anteil Emissionsklassen
in Wien registrierter
Pkw – Benzin,
2005–2025, Quelle:
Umweltbundesamt



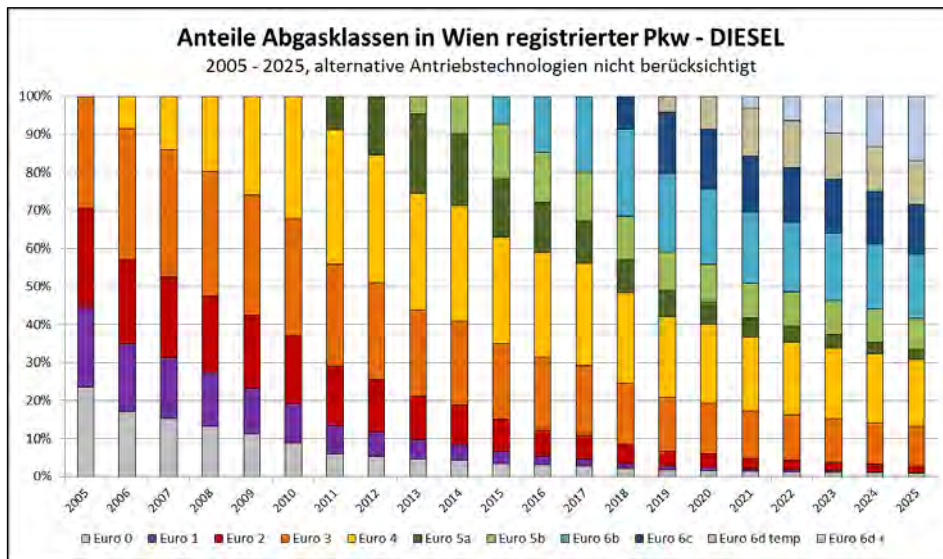


Abbildung 61:
Anteil Emissionsklassen
in Wien registrierter
Pkw – Diesel,
2005–2025, Quelle:
Umweltbundesamt

5.1.1.3 Flottenberechnung LNF

Zur Abschätzung der Flottenzusammensetzung im Segment der LNF wurden die Entwicklung des Gesamtfahrzeugbestandes und die Verteilung der Fahrzeuge nach Kraftstoff (Benzin und Diesel) für die Jahre 2003 bis 2016 sowie die Zusammensetzung der LNF-Flotte nach Erstzulassungsjahr für die Stützjahre 2006, 2011 und 2016 herangezogen. Diese Datensätze wurden von der Statistik Austria bezogen.

Die weiteren Arbeitsschritte lauten wie folgt:

1. Lineare Extrapolation des Gesamtfahrzeugbestandes bis 1990 bzw. 2025 mit der durchschnittlichen Steigerungsrate der letzten 14 Jahre (+ 1,10 %).
2. Abzug der reinen Elektrofahrzeuge, die von einer Umweltzonenregelung ausgenommen wären (der Anteil in der Flotte wurde dem Energieszenario WEM 17 entnommen).
3. Annahme eines konstanten Dieselanteils in der LNF-Flotte von 94,67 % bis 2025 (entspricht relativ konstantem Dieselanteil der letzten zehn Jahre).
4. Zuordnung des Bestands nach Erstzulassungsjahr zu einer Emissionsklasse und Clusterung des Bestandes nach Emissionsklassen gemäß eines Schlüssel (siehe Tabelle 17).
5. Abschätzung der relativen Flottenanteile nach folgendem Schema:
 - a. Bildung des Grundgerüsts mittels Daten in den Stützjahren 2006, 2011 und 2016
 - b. Lineare Abnahme der Fahrzeuge der Emissionsklasse Euro 0 von 1992 (100 %) bis 2006 (1. Stützjahr)
 - c. Lineare Interpolation aller Emissionsklassen zwischen den Stützjahren
 - d. Exponentiell fallende Extrapolation aller Emissionsklassen von 2016 (3. Stützjahr) bis 2025
 - e. Zudem wurde angenommen, dass der maximale Flottenbestand jeder Abgasklasse jeweils im ersten Neuzulassungsjahr der folgenden Abgasklasse erreicht wird (zusätzliche Stützpunkte); für die Abgasklassen Euro 3 (Maximum Flottenanteil 2006) und Euro 4 (Maximum Flottenanteil 2011) werden die Zahlen aus den Stützjahren übernommen

6. Harmonisierung der so gewonnenen Flottenanteile durch Skalierung auf 100 % für jedes Betrachtungsjahr.
7. Auswertung der Emissionsfaktoren für alle Abgasklassen und getrennt nach Bestandsjahr mittels HBEFA 3.3 (durchschnittliche Verkehrssituation: innerorts).

Das Ergebnis der Abschätzung der Flottenzusammensetzung im LNF-Segment ist in Abbildung 62 (Benzin) und Abbildung 63 (Diesel) dargestellt.

Abbildung 62:
Anteil Emissionsklassen
in Wien registrierter
LNF – Benzin,
2005–2025, Quelle:
Umweltbundesamt

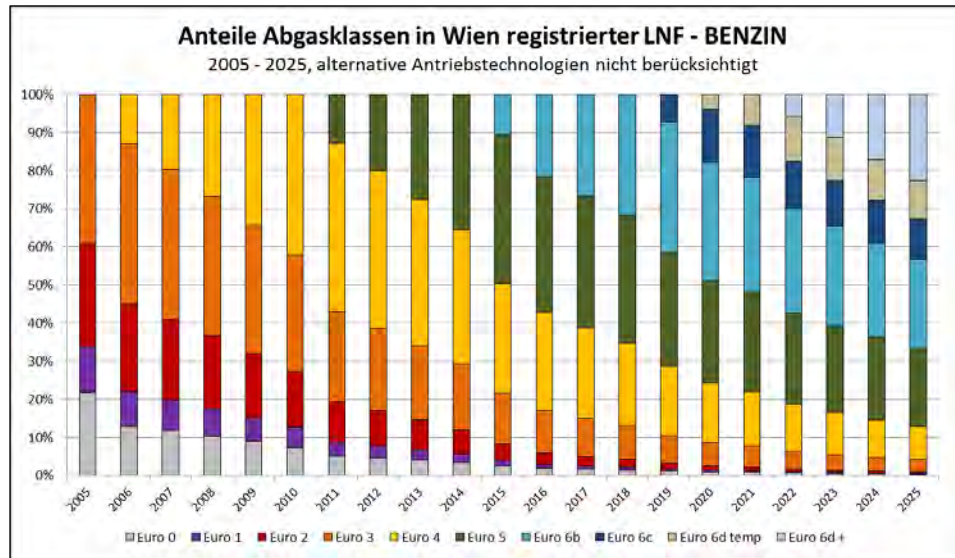
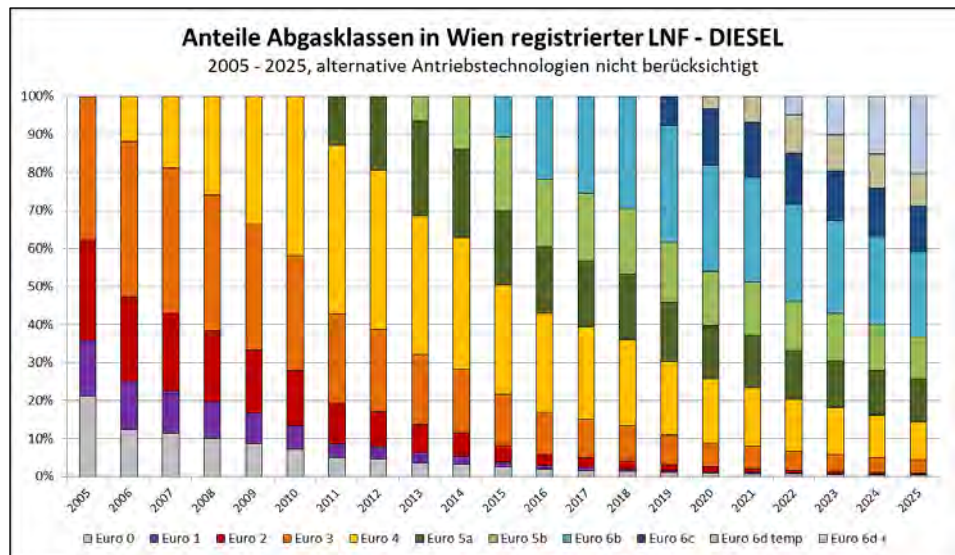


Abbildung 63:
Anteil Emissionsklassen
in Wien registrierter
LNF – Diesel,
2005–2025, Quelle:
Umweltbundesamt



5.1.1.4 Flottenberechnung Lkw

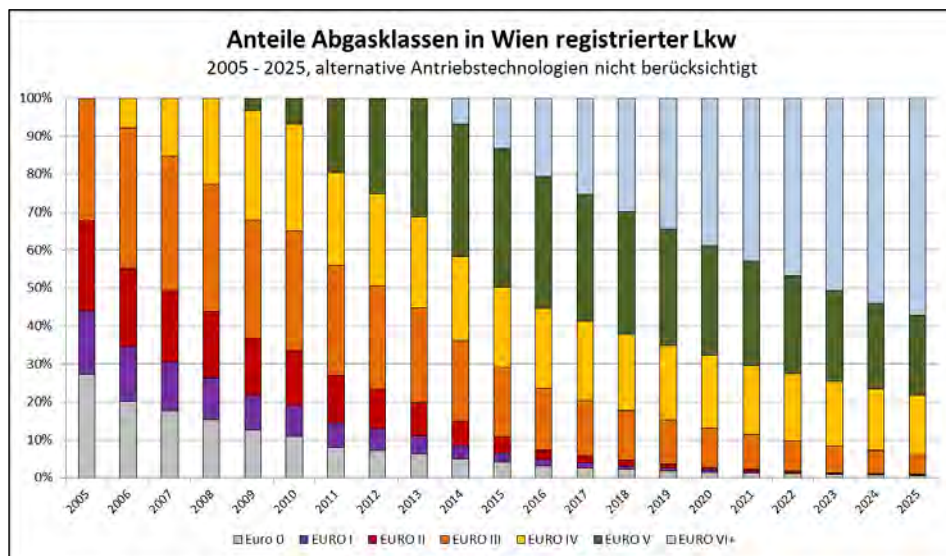
Zur Abschätzung der Flottenzusammensetzung im Segment der Lkw wurden Entwicklung des Gesamtfahrzeugbestandes getrennt nach den Fahrzeugkategorien N2, N3 und Sattelzugfahrzeugen für die Jahre 2003 bis 2016 sowie die Zusammensetzung der Lkw-Flotte (N2, N3, Sattelzugfahrzeuge) nach Erstzulassungsjahr für die Stützjahre 2006, 2011 und 2016. Diese Datensätze wurden von der Statistik Austria bezogen.

Die weiteren Arbeitsschritte lauten wie folgt:

1. Lineare Extrapolation des Gesamtfahrzeugbestandes bis 1990 bzw. 2025 mit der durchschnittlichen Reduktionsrate der letzten 14 Jahre (alle verfügbaren Daten, – 2,50 %).
2. Annahme eines konstanten Dieselanteils in der Lkw-Flotte von 100 % bis 2025 (entspricht konstantem Dieselanteil der letzten zehn Jahre).
3. Zuordnung des Bestands nach Erstzulassungsjahr zu einer Emissionsklasse und Clusterung des Bestandes nach Emissionsklassen gemäß eines Schlüssels (siehe Tabelle 17).
4. Abschätzung der relativen Flottenanteile nach folgendem Schema:
 - a. Bildung des Grundgerüsts mittels Daten in den Stützjahren 2006, 2011 und 2016
 - b. Lineare Abnahme der Fahrzeuge der Emissionsklasse Euro 0 von 1992 (100 %) bis 2006 (1. Stützjahr)
 - c. Lineare Interpolation aller Emissionsklassen zwischen den Stützjahren
 - d. Exponentiell fallende Extrapolation aller Emissionsklassen von 2016 (3. Stützjahr) bis 2025
 - e. Zudem wurde angenommen, dass der maximale Flottenbestand jeder Abgasklasse jeweils im ersten Neuzulassungsjahr der folgenden Abgasklasse erreicht wird (zusätzliche Stützpunkte); für die Abgasklassen Euro III (Maximum Flottenanteil 2006) wird die Zahl aus dem Stützjahr übernommen
5. Harmonisierung der so gewonnenen Flottenanteile durch Skalierung auf 100 % für jedes Betrachtungsjahr.
6. Auswertung der Emissionsfaktoren für alle Abgasklassen und getrennt nach Bestandsjahr mittels HBEFA 3.3 (durchschnittliche Verkehrssituation: innerorts, mittlere Fahrzeugauslastung).

Das Ergebnis der Abschätzung der Flottenzusammensetzung im Lkw-Segment ist in Abbildung 64 dargestellt.

Abbildung 64:
Anteil Emissionsklassen
in Wien registrierter
Lkw – Diesel,
2005–2025, Quelle:
Umweltbundesamt



5.1.2 Spezifische Fahrleistung

Im nächsten Schritt wurde die spezifische Fahrleistung je Fahrzeug in Abhängigkeit des Erstzulassungsjahres und der Emissionsklasse für innerörtlichen Fahrzeugbetrieb aus dem aktuellen Energieszenario des Umweltbundesamtes With Existing Measures (WEM 2017, UMWELTBUNDESAMT 2017b) extrahiert.

Die Ergebnisse für die Jahre 2005 bis 2025 zeigen, dass die spezifische Fahrleistung unabhängig von der Emissionsklasse in jeder Fahrzeugkategorie mit steigender Nutzungsdauer sinkt.

5.2 Emissionsfaktoren

Für das nachfolgende Screening aller neun Szenarien (vgl. Kapitel 6) wurde aufbauend auf den Ergebnissen zur Flottenzusammensetzung und den Fahrleistungsanteilen für jede Fahrzeugkategorie ein durchschnittlicher Emissionsfaktor ermittelt. Dazu wurden dem Handbuch für Emissionsfaktoren in der letztgültigen Veröffentlichung (HBEFA 3.3⁵⁶) die Emissionsfaktoren für jede Emissionsklasse aller untersuchten Fahrzeugkategorien für die Jahre 1990 bis 2025 für eine durchschnittliche innerörtliche Fahrzeugnutzung entnommen. Diese Emissionsfaktoren wurden mit den Fahrleistungsanteilen gewichtet und so ein durchschnittlicher Emissionsfaktor getrennt für benzin- und dieselbetriebene Pkw bzw. LNF sowie für Lkw gebildet.

⁵⁶ <http://www.umweltbundesamt.at/en/hbefa/>

Tabelle 18: Pkw NO_x EFA

| 2020, [g/km] | Euro 0 | Euro 1 | Euro 2 | Euro 3 | Euro 4 | Euro 5 | Euro 6b | Euro 6d temp | Euro 6d |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|-----------------|---------|
| Otto | 1,26 | 0,73 | 0,47 | 0,08 | 0,07 | 0,03 | 0,03 | | 0,03 |
| Diesel | 0,71 | 0,64 | 0,70 | 0,71 | 0,61 | 0,83 | 0,47 | 0,14 | 0,08 |

Tabelle 19: LNF NO_x EFA

| 2020, [g/km] | Euro 0 | Euro 1 | Euro 2 | Euro 3 | Euro 4 | Euro 5 | Euro 6b | Euro 6d |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Otto | 1,75 | 1,60 | 0,57 | 0,12 | 0,08 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| Diesel | 1,28 | 1,16 | 1,04 | 0,88 | 0,63 | 0,58 | 0,21 | 0,11 |

Tabelle 20: Lkw NO_x EFA

| 2020, [g/km] | EURO 0 | EURO I | EURO II | EURO III | EURO IV | EURO V | EURO VI+ |
|-----------------|--------|--------|---------|----------|---------|--------|----------|
| Diesel | 9,98 | 6,89 | 8,07 | 7,07 | 6,63 | 5,51 | 0,85 |

5.3 Vorarbeiten in GIS⁵⁷

Zur streckenscharfen Modellierung der Verkehrsemissionen und -immissionen wurden die Ergebnisse der Verkehrsmodellierung in einem georeferenzierten Datensatz zur Verfügung gestellt. Dieser Datensatz beinhaltet unter anderem Informationen zur Verkehrsbelastung je Strecke. Für die Emissionsmodellierung sind aber weitere Informationen, wie die Streckenlängsneigung von Bedeutung; für die Modellierung der Immission zusätzlich auch Informationen über die Lage der Strecken, Tunneln und Brücken. Aus diesem Grund war es notwendig, aus den Eingangsdaten (Straßennetzwerk, Zonen-Polygone, digitales Höhenmodell, digitales Objektmodell, Tunnel und Brückeninformation) einen Datensatz zu erzeugen, auf dem weitere Szenarien-Berechnungen durchgeführt werden konnten.

Dafür verwendet wurde die Software ArcGIS von ESRI in der aktuellen Version.

5.3.1 Methodik

Folgende Eingangsdaten wurden im Zuge der GIS-Arbeiten genutzt:

- NW-W: Netzwerkdatensatz der Stadt Wien (Vektor, Linien) // Wichtigster Datensatz, da alle Emissionsdaten auf IDs von Netzwerksegmenten aus diesem Datensatz verlinkt sind

**Notwendige
Arbeiten in GIS**

⁵⁷ Weitere Details sind in der Dokumentation Umweltbundesamt (2018b): „GIS-Arbeiten zur Emissionsmodellierung UZ Wien“, Juli 2018, zu finden.

- ZO-W: Zonendatensatz der Stadt Wien (Vektor, Polygone) // Enthält Emissionsdaten
- GIP: Graphen-Integration Plattform Datensatz // Wird genutzt um Brücken und Tunnel zu modellieren. Diese sind im Netzwerkdatsatz der Stadt Wien nicht vorhanden
- DHM: Digitales Höhenmodell (Raster) // Wird genutzt um Steigungen entlang von Streckenabschnitten zu berechnen
- DOM, DGM: Digitales Objekt und Geländemodell der Stadt Wien // Wird genutzt um aufgeschüttete Rampen und frei liegende Brückenteile zu modellieren.

Im Zuge der Datenaufbereitung wurden folgende Arbeitsschritte durchgeführt:

1. Projektion: Alle Daten wurden in EPSG 31287⁵⁸ integriert
2. Auswahl relevanter Daten aus den Eingangsdatensätzen: z. B. Brücken, Tunnel aus dem GIP/BRUNNEL Datensatz, KFZ-relevante Strecken aus dem NW-W Datensatz
3. Re-Sampling von Rasterdaten: DHM wurde auf 90 x 90 m Auflösung geglättet (Focal Mean Operation), DOM wurde auf 1 m generalisiert, um mit dem DHM kompatibel zu sein.
4. Verschneiden von NW-W und ZO-W: Der Netzwerkdatsatz wurde auf die Zonen zugeschnitten. Dabei wurde die relative Länge der resultierenden Segmente berechnet, um später Emissionsdaten auf die neuen Segmente abbilden zu können. Es wurde ebenfalls der relative Längenanteil jedes Netzwerksegmentes im Vergleich mit allen Netzwerksegmenten innerhalb einer Zone berechnet. Für diesen Arbeitsschritt wurden eigens Workflows programmiert.
5. Integration von Tunnel und Brückendaten; Brücken und Tunnel Features wurden manuell aus GIP und NW-W Daten erzeugt. Danach wurde der NW-W Datensatz mit den erzeugten Features integriert. Dafür war es erneut nötig, relative Längen zu berechnen um später eine Integration von Emissionsdaten zu ermöglichen.
6. Integration von Höhendaten: Für Straßen-, Tunnel- und Brückenabschnitte wurden Höhen auf die jeweiligen Anfangs und Endpunkte übertragen und Steigungen berechnet. Nachdem das DHM nur sehr markante Brücken abbildet, musste ebenfalls das DOM und das DGM genutzt werden, um alle Brücken und relative Höhen über Grund entlang von freiliegenden Brückenteilen abzubilden.
7. Integration mit verschiedenen Szenario-Berechnungen: Zuletzt wurden verschiedene Szenario-Berechnungen mit den Geo-Daten verbunden um eine Emissionsmodellierung zu ermöglichen.

Ergebnis der GIS-Arbeiten war ein Vektordatensatz (Linien), der als Grundlage für Emissions- und Immissionsmodellierung genutzt werden kann.

⁵⁸ Projiziertes Koordinatensystem für Österreich

6 SZENARIENSCHREIBUNG

Zur Abschätzung der Maßnahmenwirkungen in Bezug auf die neun untersuchten Szenarien wurde im Anschluss an die Verkehrsmodellierung ein Szenarienscreening durchgeführt. Ziel dieser Analyse war, jene drei Szenarien auszusuchen, die einer detaillierten Emissions- und Immissionsmodellierung zugeführt werden sollen.

6.1 Methode Szenarienscreening

Das Szenarienscreening erfolgte in Form einer Multiplikation der errechneten durchschnittlichen Flottenemissionsfaktoren (vgl. Kapitel 5.2) mit den, mittels Verkehrsmodell errechneten Gesamtverkehrsleistungen je Szenario (vgl. Kapitel 4). Die so ermittelten Gesamtemissionen wurden hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Luftqualität am Beispiel der Messstation Wien, Hietzinger Kai untersucht, um das Potenzial der Maßnahmen zur Einhaltung des NO_2 -Grenzwerts an besagter Messstation abschätzen zu können.

Auswahl der Szenarien zur Detailabschätzung

6.2 Reduktionserfordernis

Wie Abbildung 65 entnommen werden kann, wurde an der Messstation Wien, Hietzinger Kai, nicht nur der Grenzwert für NO_2 gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L) von $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sondern auch der Grenzwert der EU-Luftqualitätsrichtlinie für den Jahresmittelwert von $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in den Jahren 2009 bis 2017 jedes Jahr überschritten. 2017 wurden an besagter Messstation im Jahresmittel $43,6 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_2$ bzw. $100,7 \mu\text{g}/\text{m}^3 \text{NO}_x$ gemessen.

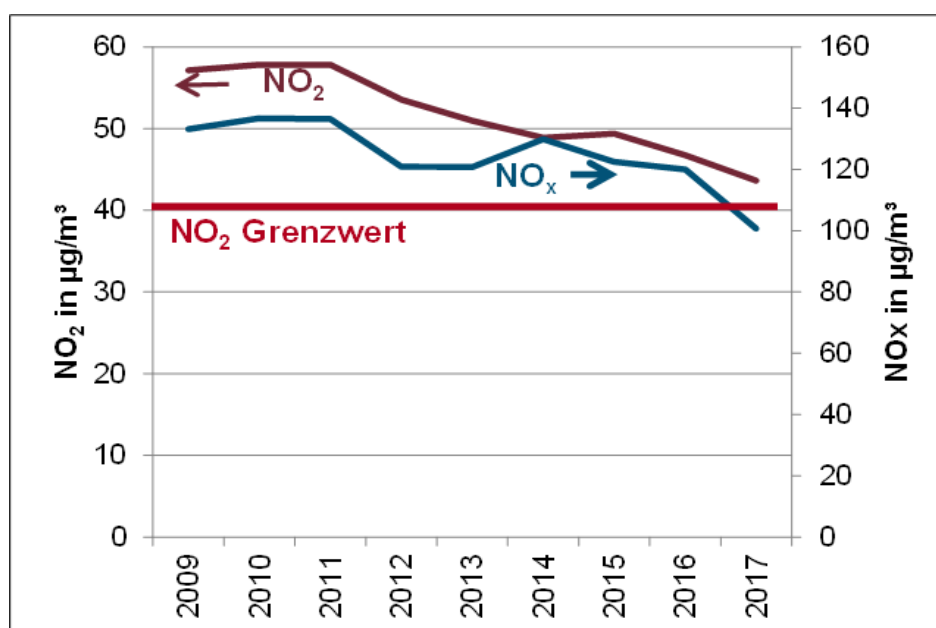


Abbildung 65:
 NO_2 - und NO_x -
Messergebnisse am
Hietzinger Kai 2009 bis
2017 (Quelle: MA22).

Abbildung 66 zeigt den Zusammenhang zwischen NO_2 und NO_x nach Romberg. Wie der Abbildung entnommen werden kann, muss die NO_x -Belastung vom Jahr 2017 von rd. $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ um rd. 25 % auf $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$ gesenkt werden, um den NO_2 -Grenzwert einzuhalten.

Zusammenhang NO_x und NO_2 nach Romberg für Wien

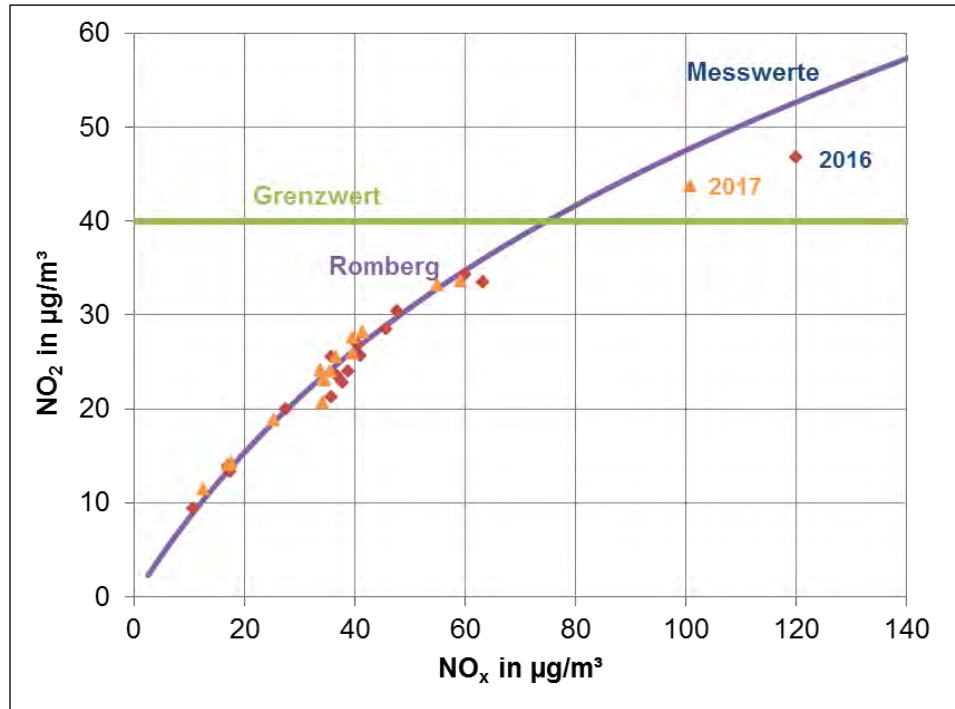


Abbildung 66: Zusammenhang NO_x und NO_2 für Wien nach Romberg, Quelle: MA22

Für das Referenzjahr 2017 wurden NO_x -Gesamtemissionen aus dem Verkehr in der Höhe von 13,5 Tonnen pro Tag errechnet. Eine Reduktion um 25 % zur Einhaltung des Grenzwerts der EU-Luftqualitätsrichtlinie führt zu maximal zulässigen NO_x -Emissionen in der Höhe von 10,1 Tonnen pro Tag. Für die Einhaltung des Grenzwertes gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft (IG L) müssten die NO_x -Emissionen sogar auf rd. 6,6 Tonnen pro Tag gesenkt werden (siehe Grenzwerte und Emissionen).

Zur Veranschaulichung der Ergebnisse wird folgender Farbschlüssel angewandt:

Tabelle 21: Farbschlüssel Grenzwerte und Emissionen

Grenzwerte und Emissionen

| | NO_2 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] | NO_x [t/d] |
|--|--|---------------------|
| | > 40 | > 10,1 |
| Einhaltung Grenzwert EU-Luftqualitätsrichtlinie | 40 | $\leq 10,1$ |
| Einhaltung Grenzwert IG-L plus Toleranzmarge | 35 | $\leq 7,4$ |
| Einhaltung Grenzwert Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L) | 30 | $\leq 6,6$ |

7 EMISSIONSMODELLIERUNG

Aufgrund der im Rahmen des Szenarienscreenings für alle neun Szenarien ermittelten NO_x-Reduktionspotenziale wurde in enger Absprache mit dem Auftraggeber je Maßnahme ein Szenario ausgewählt, das einer vertieften Analyse inklusive Emissions- und Immissionsmodellierung zugeführt werden sollte. Diese lauten:

1. **Uza** (Umweltzone Gürtel / NO_x unter 0,5)
2. **PRBa** (Parkraumbewirtschaftung Bestandsausweitung)
3. **CMA** (Citymaut, Gebühr: 11,00 €)

7.1 Emissionsmodell NEMO

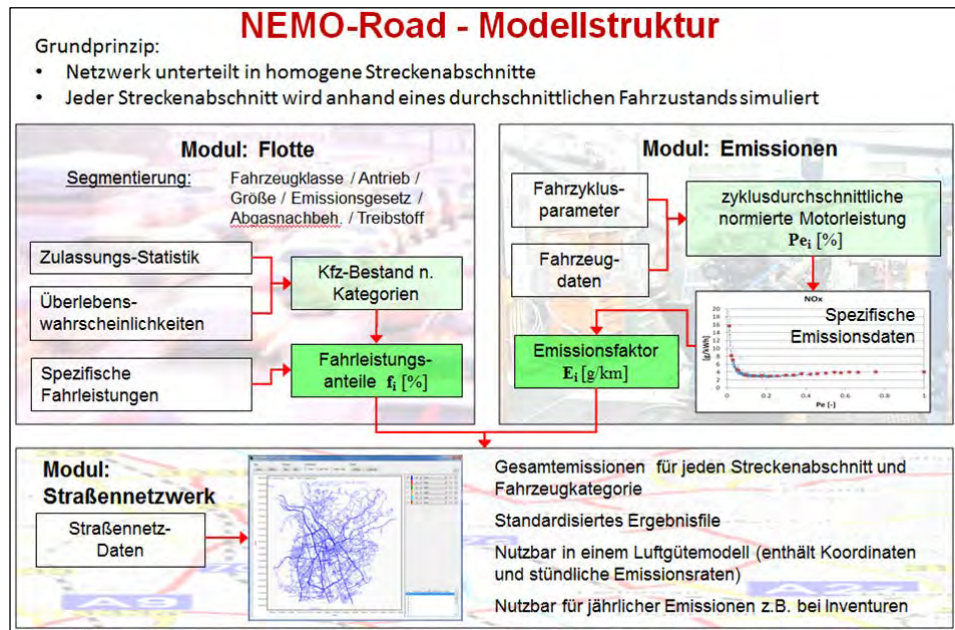
Die Emissionssimulation wurde mit dem Modell NEMO (Network Emission Model z. B. DIPPOLD et al. 2012) durchgeführt. Dieses wurde am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik der TU Graz für die anwenderfreundliche Berechnung von Emissionen und Energieverbrauch auf Verkehrsnetzwerken entwickelt. Das Modell umfasst die Berechnung von Straßennetzwerken (NEMO-Road), Schienennetzwerken (NEMO-Rail) und Wassernetzwerken (NEMO-Ship), wobei im gegenständlichen Projekt der NEMO-Road-Teil verwendet wurde.

Dieser verknüpft eine detaillierte Berechnung der Flottenzusammensetzung mit fahrzeugfeiner Emissionssimulation. Dabei ist die Flotte in sog. Fahrzeugschichten gegliedert, die durch folgende Merkmale charakterisiert sind:

- Fahrzeugkategorie (z. B. Pkw, leichte Nutzfahrzeuge, Solo Lkw etc.),
- Antriebsart (Benzin, Diesel sowie optional zusätzlich alternative Antriebe, wie z. B. Erdgas),
- Größenklasse (Unterscheidungsmerkmal: Hubraum oder höchstzulässiges Gesamtgewicht),
- Emissionsklasse (Gesetzgebung nach der das Fahrzeug erst zugelassen wurde, z. B. EURO 1, EURO 2 etc.),
- zusätzlich (nachgerüstete) Abgasnachbehandlungssysteme (z. B. Partikel-Katalysator),
- verwendeter Kraftstoff.

***Fahrzeugschichten:
Merkmale der
Fahrzeugflotte***

Abbildung 67:
Schematische
Darstellung Modell
NEMO-Road.
Quelle: TU Graz, IVT



Emissions-berechnung

Zur Berechnung der gesamten Emissionen auf Straßennetzwerken werden die sogenannten „Emissionsfaktoren“, die die spezifischen Emissionen in [g/km] je Kfz für jede Fahrzeugschicht angeben, mit den Fahrleistungen der Schicht multipliziert. Die Gesamtemissionen bzw. auch die Fahrleistungen je Schicht werden dann über alle Schichten summiert. Dabei werden bei Bedarf auch Zwischensummen je Fahrzeugkategorie (z. B. Pkw) und je Streckenabschnitt berechnet.

$$E_{ges,j} = \sum_{si=1}^{n} E_{si,j} \times Kfz - km_{si} \quad \text{Glg. 1}$$

Die Emissionsfaktoren je Schicht werden als Funktion der aktuell erforderlichen Motorleistung berechnet.

$$E_{si,j} = \sum F_j(Pe_{si}) \times Pe_{si,k} \quad \text{Glg. 2}$$

- Mit:
- E_{ges} Gesamte Emissionen der Komponente „j“ (z. B. NO_x) im betrachteten Zeitraum
 - $E_{si,j}$ Emissionsfaktor der Schicht „si“ für die Komponente „j“
 - $Pe_{si,k}$ Effektive Motorleistung der Schicht „si“ auf dem Streckenabschnitt „k“. Die Motorleistung wird über die Gleichungen der Kfz-Längsdynamik berechnet (Leistung zur Überwindung von: Roll-, Luft-, Steigungswiderstand, Bremsverlusten, Verlusten im Antriebsstrang und Leistungsbedarf der Nebenaggregate)
 - $F_j(Pe_{si})$ Funktionen der spezifischen Emissionen in [g/kWh] über der aktuellen Motorleistung für eine Schicht „si“ für die Komponente „j“; hier aus den HBEFA 3.3 Basisdaten berechnet

Für die Berechnung sind also die Fahrleistungsanteile der einzelnen Fahrzeugschichten erforderlich. Da aus dem Verkehrsmodell (siehe Kapitel 4) die Fahrleistungen lediglich getrennt nach Pkw und Nutzfahrzeugen zur Verfügung stehen, werden die Anteile der Kfz-Schichten von NEMO berechnet.

Die Berechnung erfolgt in Abhängigkeit von Bezugsjahr und Straßenkategorie nach folgenden Schema:

1. Hochrechnung des Kfz-Bestandes nach dem Jahrgang der Erstzulassung, Motortyp und sonstigen Unterscheidungsmerkmalen (Hubraum oder zulässiges Gesamtgewicht) aus der Bestandsstruktur des Vorjahres mittels alters- und fahrzeuggrößenabhängiger Ausfallswahrscheinlichkeiten.
2. Abschätzung der spezifischen Jahresfahrleistungen der Kfz nach Zulassungsjahrgängen und sonstigen Unterscheidungsmerkmalen mittels alters- und hubraum- bzw. masseabhängiger Fahrleistungsfunktionen.
3. Multiplikation von Bestand x spezifischen Jahresfahrleistungen und Summierung über die jeweiligen Zulassungsjahrgänge je Emissionsklasse.

Für sämtliche Fahrzeugschichten werden von NEMO-Road die entsprechenden Emissionsfaktoren nach Glg. 2 simuliert – jeweils abgestimmt auf die Fahrzustände der einzelnen Streckenabschnitte. Grundlage ist dabei die Ermittlung der zyklusdurchschnittlichen, normierten Motorleistung aus Fahrzeugdaten sowie aus Parametern, die den „durchschnittlichen“ Fahrzustand auf dem Streckenabschnitt beschreiben. Diese Parameter sind Fahrbahnlängsneigung, Durchschnittsgeschwindigkeit, Stillstandsanteil sowie die durchschnittliche Bremsverzögerung. Die Einteilung des Straßennetzwerkes in Streckenabschnitte erfolgt dabei vom Verkehrsmodell so fein, dass innerhalb eines Streckenabschnitts homogene Verhältnisse für die wesentlichen Randbedingungen (Längsneigung, Geschwindigkeit, Verkehrsmengen) herrschen.

Die Parametrierung des spezifischen Emissions- und Verbrauchsverhaltens der verschiedenen Antriebskonzepte erfolgte mit Hilfe des ebenfalls am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik entwickelten Modells PHEM (Passenger car and Heavy duty vehicle Emission Model⁵⁹; HAUSBERGER et al. 2009).

Im Vergleich zur Verwendung von „fixen“ Emissionsfaktoren (wie sie zum Beispiel aus dem HBEFA entnommen werden können) hat NEMO-Road den Vorteil, dass beliebige Kombinationen von Längsneigungen und Durchschnittsgeschwindigkeiten ohne vorherige manuelle Zuordnung von Verkehrssituationen zu den Straßenabschnitten abgebildet werden können. Zusätzlich können in Szenarienberechnungen auch die zentralen Fahrzeugspezifikationen (z. B. Beladung von Kfz) angepasst werden.

Wie bei jedem Modell werden auch mit NEMO die realen Verhältnisse vereinfacht abgebildet, mit dem Ziel, das tatsächliche Emissionsverhalten und damit die in der Realität zu erwartenden Emissionsmengen bestmöglich abzuschätzen. Dadurch ergeben sich Abweichungen, die in der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen sind.

Berechnungs- schema

Parameter „durchschnittlicher“ Fahrzustand

Einschränkungen des Modells

⁵⁹ PHEM dient zur detaillierten Simulation von Energieverbrauch und Emissionen von Kfz. Mit PHEM werden auch die Emissionsfaktoren für das Handbuch Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (HBEFA) berechnet.

Die Vergangenheit hat gezeigt, dass das angenommene Emissionsverhalten von konventionell angetriebenen Fahrzeugen zukünftiger Emissionsklassen teilweise signifikant von den dann tatsächlich gemessenen Emissionsfaktoren abgewichen ist. Vor diesem Hintergrund sind die Annahmen zum Emissionsverhalten der Fahrzeuge mit den Abgasnormen Euro 6d-TEMP bzw. Euro 6d zu sehen, wenngleich die Einführung des neuen Prüfzyklus mit dem Real-Drive-Messanteil erwarten lässt, dass sich die Realemissionen maßgeblich an den Grenzwert annähern werden.

Darüber hinaus werden für die Emissionsmodellierung durchschnittliche Emissionsfaktoren angenommen, die das Fahrverhalten aller betroffenen Fahrzeuglenker bestmöglich abbilden sollen. Aggressives Fahrverhalten und starke Beschleunigungs- und Verzögerungsvorgänge werden in diesen Emissionsfaktoren ebenso wenig abgebildet wie nicht angepasste Gangwahl oder Ähnliches. Nachdem die Verteilung der Fahrtypen und damit der Anteil jener Fahrleistung, der ein erhöhtes oder auch vermindertes Emissionsniveau zuzuordnen wäre, nicht bekannt ist, wird für die vorliegende Analyse das Fahrverhalten des durchschnittlichen österreichischen Fahrzeuglenkenden zugrunde gelegt.

7.1.1 Projektspezifische Methodik

Besonderheiten im gegenständlichen Projekt

Wie bei jeder Emissionsmodellierung mit NEMO wurde jede Strecke des im Rahmen der GIS-Vorarbeiten aufbereiteten Streckennetzes für Wien einzeln in NEMO eingelesen. Der Datensatz umfasste rund 20.000 Strecken. Die Streckenbelastung fand dabei ebenso Eingang in die Berechnung, wie die Längsneigung jeder einzelnen Strecke. Darüber hinaus erfordert die Modellierung der Emissionen auf einer Strecke Informationen zur gefahrenen Durchschnittsgeschwindigkeit. Zur Ableitung plausibler Durchschnittsgeschwindigkeiten wurden das Datenmaterial aus dem Handbuch für Emissionsfaktoren (HBEFA 3.3) verwendet. Die Fahrgeschwindigkeiten je Strecke aus dem Verkehrsmodell wurden dabei als Hilfsgröße herangezogen.

Im Unterschied zu einer klassischen Emissionsmodellierung mit NEMO, wo mit durchschnittlichen österreichischen Flottenzusammensetzungen gerechnet wird, wurde im gegenständlichen Projekt mit einer eigens für Wien ermittelten Flottenzusammensetzung gerechnet (vgl. Kapitel 5.1).

Aus diesem Grund wurden die Emissionsfaktoren für alle möglichen Emissionsklassen je Strecke, wie sie sich aufgrund der Streckencharakteristika (Verkehrsdichte, Längsneigung, Fahrgeschwindigkeit) ergeben, ausgewertet. Aus den so ermittelten Emissionsfaktoren wurde anschließend ein nach den Anteilen der Emissionsklassen der Wiener Fahrzeugflotte gewichteter Emissionsfaktor je Strecke ermittelt und mit dem Verkehrsaufkommen je Strecke multipliziert. Die Gesamtemissionen je Szenario ergaben sich abschließend aus der Aufsummierung aller Streckenemissionen.

Berechnet wurde stets das gesamte Wiener Stadtgebiet mit dem gegenwärtigen Verkehrsnetz für die Flottenzusammensetzung im Jahr 2020.

8 IMMISSIONSMODELLIERUNG⁶⁰

8.1 Untersuchungsmethodik

8.1.1 Immissionsbeiträge und Gesamtbelastungen

Die Berechnung der Immissionsbelastungen erfolgte auf Basis der Ergebnisse der Emissionsmodellierung und mit dem Modellsystem GRAMM/GRAL, wobei die Windfelder mit dem prognostischen Strömungsmodell GRAMM und die Konzentrationsfelder mit dem Partikelmodell GRAL (Version Jänner 2018) berechnet werden. Eine detaillierte Beschreibung des Modells und Ergebnisse von Validierungsrechnungen können von der Website des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung heruntergeladen werden⁶¹.

In der Ausbreitungsmodellierung werden nur die Immissionsbeiträge der berücksichtigten Emissionen berechnet. Zur Ermittlung der Gesamtbelastung muss noch die Vorbelastung hinzugezählt werden. Diese wurde in Anlehnung an den Immissionskataster Wien festgelegt.

Ausbreitungsmodellierung

8.1.2 Besonderheiten Stickstoffoxid

Die emittierten Stickstoffoxid-Emissionen (NO_x) bestehen zum überwiegenden Teil aus NO. Nach dem Austritt in die Atmosphäre wird in der Folge NO zu NO₂ oxidiert. Eine detaillierte Berechnung dieses Oxidationsprozesses mittels geeignetem Chemiemodell war für die gegenständliche Untersuchung nicht zielführend, da hierfür umfangreiche Eingangsparameter notwendig wären, welche nicht zur Verfügung standen (z. B. Strahlungsdaten, Temperaturverteilung, Ozongehalt, HC-Gehalt, zeitlich hochauflösende Emissionsverläufe aller Emittenten des Untersuchungsgebiets usw.).

Eine einfache Alternative zur Ermittlung der NO₂-Umwandlung stellt die empirische Konversionsfunktion nach Romberg dar (VDI-Richtlinie 3782). Dabei werden die emittierten Stickstoffoxide NO_x (Summe aus NO₂ und NO, wobei NO als NO₂ gerechnet wird) zuerst inert betrachtet und die Konzentration berechnet. Auf Basis dieser Konzentrationsverteilung wird dann mit der Beziehung

NO₂-Umwandlung

$$NO_2 = NO_x \cdot \left(\frac{A}{NO_x + B} + C \right)$$

die NO₂-Konzentration ermittelt.

Für Österreich wurden die Parameter A, B und C aus Messdaten der Jahre 2005–2011 aus einer Richtlinie der Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr abgeleitet (RVS 04.02.12). Zu beachten ist, dass die Umwandlungsrate regional unterschiedlich sein kann.

⁶⁰ Details dazu siehe: IVT (2018), „Umweltzone Wien“, Bericht Nr. I-15/2018/Ku/V&U /17/14/630, September 2018, Graz

⁶¹ <http://www.umwelt.steiermark.at/cms/beitrag/11023486/19222537/>

8.1.3 Besonderheiten Feinstaub (PM₁₀)

**Zusammenhang
Feinstaub**

Eine direkte Berechnung der Anzahl der Tage mit möglichen Überschreitungen bei PM₁₀ ist mit zu hohen Unsicherheiten behaftet, da hierfür eine Zeitreihenanalyse vorgenommen werden müsste. Es besteht jedoch ein guter statistischer Zusammenhang zwischen dem gemessenen Jahresmittelwert von PM₁₀ und der Anzahl an Tagen mit Überschreitungen des Grenzwertes für den maximalen Tagesmittelwert von 50 µg/m³ (UMWELTBUNDESAMT 2015). Dieser Zusammenhang wurde in der gegenständlichen Untersuchung angewandt. Das Bestimmtheitsmaß des durch folgende Gleichung gegebenen Zusammenhangs beträgt 0,86.

$$\text{Anzahl Überschreitungen} = (\text{JMW} - 19,01) * 4$$

... mit JMW in µg/m³

Entsprechend diesem Zusammenhang sind im Mittel bei einem Jahresmittelwert von 25,2 µg/m³ 25 Überschreitungen des Grenzwertes für den Tagesmittelwert zu erwarten, bei einem Jahresmittelwert von 27,7 µg/m³ 35 Überschreitungen des Grenzwertes für den Tagesmittelwert.

9 ERGEBNISSE UND HANDLUNGSEMPFEHLUNGEN

9.1 Ergebnis verkehrliche Wirkung

Die Auswirkung auf die Verkehrsleistung (gefahrenere Kfz-km) ist maßgeblich für die Wirksamkeit der Maßnahmen zur Reduktion der Emissionen und somit der Schadstoffbelastung der Bevölkerung in Wien.

**Ergebnis
Verkehrsleistung**

Die Verkehrsleistung sinkt beim Szenario Umweltzone in geringem Ausmaß. Das Szenario Citymaut weist die stärkste Verkehrsreduktion (in gefahrenen Kfz-km) auf. Je höher der Tarif für die Zone gestaltet ist, desto höher ist auch die Reduktion der Verkehrsleistung. Das Szenario Parkraumbewirtschaftung liegt in der Wirkung – was die Verkehrsleistung betrifft zwischen den beiden anderen Maßnahmen. Die einzelnen Modelle der Parkraumbewirtschaftung unterscheiden sich in ihrer Wirkung hinsichtlich Reduktion der Verkehrsleistung: Das Zonenmodell 1-6 € (Tarifstaffelung und kleinere Parkpickerl-Zonen) wirkt am effektivsten, die Bestandsausweitung (keine Tarifstaffelung und Bezirks-Parkpickerl-Zonen) wirkt geringer.

Hinsichtlich der Reduktion der Verkehrsleistung (auch Querschnittsbelastung, Modal-Split-Veränderungen) wirken folgende Maßnahmen in ähnlichem Bereich (Wirkung aufsteigend):

- UZ Gürtel und PRB Bestandsausweitung
- PRB 1-6 € und Citymaut 2,75 €
- Citymaut 11 €

Bei der Veränderung des Modal Splits zeigt sich die stärkste Veränderung bei Einhebung einer Citymaut von 11 €. Für alle Szenarien ergibt sich eine Verringerung des Pkw-Anteils, in Wien stärker als im Umland. Innerhalb des Pkw-Anteils erhöht sich auch der Anteil der Pkw-Mitfahrer (Erhöhung des Besetzungsgrades in den Fahrzeugen), was auch einen direkten Einfluss auf die Reduzierung der Kfz-Verkehrsleistung hat.

9.2 Ergebnis Emissionen

Treibhausgas-Emissionen und Partikelemissionen durch Abrieb und Aufwirbelung hängen direkt mit der Fahrleistung zusammen. Daher sind diese Emissionen im Szenario Citymaut 11 € am niedrigsten.

**Ergebnis
Emissionen**

NO_x- und Partikelemissionen durch Verbrennung (PM_{10 exhaust}) können zusätzlich durch technische Lösungen reduziert werden, unabhängig von den gefahrenen Kilometern. Daher wirkt das Szenario Umweltzone hinsichtlich NO_x- und PM_{10 e.}-Einsparungen am effektivsten, da dort eine Flottenerneuerung hin zu neuerer Technologie erfolgt.

Bei den Emissionen für den Schadstoff NO_x sind die größten Reduktionen im Szenario „UZ Gürtel“ (– 17 %) zu verzeichnen, gefolgt vom Szenario „Citymaut 11 €“ (– 15 %) und dem Szenario „PRB Bestandsausweitung“ (– 6 %).

9.3 Ergebnis Luftqualität

Ergebnis Luftqualität

Bei den NO₂ Immissionen ergeben sich die größten Reduktionen für das Szenario „UZ Gürtel“, hier kommt es bei einem Großteil der Stationen zu Reduktionen von mehr als – 10 % gegenüber dem Szenario „Bestand“. Für das Szenario „Citymaut 11 €“ kommt es an knapp der Hälfte der Stationen zu Reduktionen von mehr als –10 % gegenüber dem Szenario Bestand. Im Szenario „PRB Bestandsausweitung“ bleiben die Reduktionen gegenüber dem Szenario „Bestand“ bei allen Stationen unter 10 %.

9.4 Handlungsempfehlung

Umweltzone hat höchstes Potenzial zur NO₂-Reduktion

Unter den in dieser Studie untersuchten Maßnahmen zeigt die Umweltzone das höchste Potential zur Reduktion der NO₂ Belastung durch den Verkehr in Wien. Eine Umweltzone wirkt gezielt auf die NO₂-Reduktion und betrifft einen begrenzten Anteil der Pkw-Besitzer. Neben der Verkehrsleistung wird speziell auch die technische Qualität der Flotte beeinflusst und modernere Fahrzeuge mit niedrigen spezifischen Emissionen werden gezielt bevorzugt, während der Einsatz hoch emittierende Fahrzeuge vermieden bzw. zumindest (in Abhängigkeit von Ausnahmeregelungen) minimiert wird. Es werden nur jene verboten, die Hauptverursacher des NO₂-Problems sind. Wird die Umweltzone innerhalb des Gürtels verordnet, kommt es bei einem Großteil der Luftgüte - Messstationen zu Reduktionen von mehr als – 10 % gegenüber dem Szenario „Bestand“. Dies führt dazu, dass der EU-Grenzwert für NO₂ sofort eingehalten werden kann, ab 2023 erfolgt zudem die Einhaltung des Grenzwertes gemäß IG-L (inkl. Toleranzmarge).

Parkraumbewirtschaftung und Citymaut führen zu Fahrleistungs- reduktionen

Parkraumbewirtschaftung und Citymaut wirken dem gegenüber nicht auf die Qualität der eingesetzten Flotte, führen jedoch zu teils deutlichen Fahrleistungsreduktionen. Allerdings sind diese Maßnahmen wiederum nur begrenzt verursachergerecht, da alle Verkehrsteilnehmerinnen im MIV gleich stark betroffen sind, egal wie stark sie zur NO₂-Belastung beitragen. Dem gegenüber steht der Vorteil, dass niemand vom MIV gänzlich ausgesperrt wird und die Bestandsflotte weiter genutzt werden kann.⁶²

Citymaut mit Umweltzone in Bezug auf NO₂- Wirkung vergleichbar

Von der Wirkungsweise auf NO₂ ist eine Citymaut mit einer Umweltzone vergleichbar, auch hier kann davon ausgegangen werden, dass ab dem Jahr 2023 die Grenzwerte gemäß IG-L eingehalten werden können. Bei alleiniger Ausweitung der Parkraumbewirtschaftung verschiebt sich dieser Zeitpunkt zwei weitere Jahre nach hinten.

Zur Methode der Luftgütemessstellen ist zu erwähnen, dass die stationären Messstellen entsprechend den gesetzlichen Vorgaben Luftschadstoffdaten an definierten Messpunkten liefern. Für die Bewertung der Auswirkungen auf die Gesundheit der Wiener Bevölkerung ist aber die flächenhafte Belastung entscheidend.

⁶² Erwähnt muss an dieser Stelle werden, dass die Citymaut sehr wohl auch über die Flexibilität verfügt Verursachergerecht zu wirken, wenn Gebühren über Eurostufen gestaffelt werden. Diese Variante wurde in dieser Studie allerdings nicht berechnet.

Diese flächenhafte Information liegt z. B. durch die Modellrechnungen (in Wien der MA22) vor. Auf diese aufbauend können weitere Informationen und Daten für die Luftreinhalteplanung analysiert werden, wie z. B. das von Grenzwertüberschreitungen betroffene Stadtgebiet und die darin lebende Bevölkerung bzw. die Länge der Straßenzüge, an denen Grenzwertüberschreitungen oder erhöhte Werte auftreten. Diese Informationen finden sich bereits in vielen Luftreinhalteplänen verschiedener europäischer Städte und sollten auch für Wien ermittelt werden.

**Luftgütemessungen
zur Bewertung der
Gesundheit
ungenügend**

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Maßnahmen Umweltzone und Citymaut das höchste Potential haben, die Einhaltung der für die menschliche Gesundheit besonders relevanten Schadstoffe rasch zu gewährleisten. Es zeigt sich auch, dass ohne Maßnahmenumsetzung die Einhaltung der EU Luftgütegrenzwerte erst nach 2021 erfolgt, die Einhaltung der Grenzwerte gemäß IG-L erst nach 2025, eine Maßnahmenumsetzung daher erforderlich ist.

In Anbetracht der Synergien, die bei einer sinkenden Fahrleistung des motorisierten Individualverkehrs (MIV) im Verkehrssystem auftreten, sind jene Maßnahmen zu bevorzugen, die „auf mehreren Ebenen punkten“. Positive Effekte, die über die Emissions- und Immissionsminderungen hinaus gehen, sind z. B. Einsparung von Energie, verminderte Lärmemissionen, weniger Stau, geringere Barrierewirkung, mehr Verkehrssicherheit; aber es ergeben sich dadurch auch Chancen für den Öffentlichen Verkehr sowie die aktive Mobilität, verbunden mit einem großen Nutzen für die Gesundheit.

Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen ist die Maßnahme Citymaut zu bevorzugen, da hier bei wenig geringerer Emissionsreduktion hinsichtlich NO₂ positive Effekte auf mehreren Handlungsebenen erzielt werden. Jedoch ist zu beachten, dass diese Maßnahme mit den höchsten administrativen Aufwänden verbunden ist und in der zeitlichen Umsetzung daher später wirksam wird als eine relativ rasch zu verordnende Umweltzone bzw. Parkraumbewirtschaftung.

**Citymaut hat
positive Effekte auf
mehreren
Handlungsebenen**

Zusätzlich muss beachtet werden, dass es neben der Umsetzung der untersuchten Maßnahmen noch weitere Maßnahmen wie etwa den Ausbau der Fuss- und Radinfrastruktur bzw. die Kapazitäten im Öffentlichen Verkehr benötigt, um etwaige Verlagerungen im Modal Split zu ermöglichen und die volle Wirkung der Maßnahmen zu erzielen.

LITERATURVERZEICHNIS

- AA – Augsburgener Allgemeine (2017): Eine Umweltzone, von der keiner etwas weiß. Augsburgener Allgemeine. Augsburg, 17.10.2017, <http://www.augsburger-allgemeine.de/augsburg/Eine-Umweltzone-von-der-keiner-etwas-weiss-id42984336.html>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- ADAC – Allgemeine Deutsche Automobil-Club e.V. (2006): Straßenverkehrslärm. Fachbroschüre des ADAC. ISBN-10: 3-00-019168-2. München, 2006.
- AVISO (2017): Fachgutachten „Modellstadt Reutlingen“. Aviso. Aachen, 05.2017, <https://rp.baden-wuerttemberg.de/rpt/Abt5/Ref541/Luftreinhalteplaene/Luftreinhalteplan/lrp-rt-fachgutachten-arbeitsfassung.pdf>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- Az – Aachener Zeitung (2014): Grüne Plakette ist Pflicht in Umweltzonen: Nur Routinekontrollen. Aachener Zeitung. Aachen, 01.07.2014, <http://www.aachener-zeitung.de/lokales/region/gruene-plakette-ist-pflicht-in-umweltzonen-nur-routinekontrollen-1.861752>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- Az – Aachener Zeitung (2015): Umweltzone: Polizei hat andere Prioritäten. Aachener Zeitung. Aachen, 15.10.2015, <http://www.aachener-zeitung.de/lokales/aachen/umweltzone-polizei-hat-andere-prioritaeten-1.1202934>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- BBM (2015): NO₂-Messungen in Dortmund. Müller-BBM. Gelsenkirchen, 02.07.2015, https://www.dortmund.de/media/p/umweltamt_2/umweltamt_1/luftqualitaetsueberwachung/Jahresendbericht_NO2-Messungen.pdf, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- BERLIN – Berlin (2011): Umweltzone Berlin – Untersuchungen zur Wirkung der Stufe 2. BerlinOnline Stadtportal. Berlin, 13.05.2011, http://www.berlin.de/senuvk/umwelt/luftqualitaet/umweltzone/download/umweltzone_wirkungsanalyse_stufe2.pdf, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- BERLIN – Berlin (2013): Umweltplakette fehlt: Welche Fahrzeuge dürfen in Umweltzone?. BerlinOnline Stadtportal. Berlin, 30-04-2016, <https://www.berlin.de/special/auto-und-motor/recht-und-urteile/3044987-44852-umweltplakette-fehlt-welche-fahrzeuge-du.html>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- BERLIN – Berlin (2014): Umweltzone Berlin: Information für Fahrzeughalter – Ausnahmeregelungen enden 2015. BerlinOnline Stadtportal. Berlin, 2014, http://www.berlin.de/senuvk/umwelt/luftqualitaet/umweltzone/download/umweltzone_ausnahmen_ab_2015.pdf, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- BERLIN – Berlin (2015): Untersuchung zur Wirkung der Berliner Umweltzone. BerlinOnline Stadtportal. Berlin, 2015, <https://www.berlin.de/senuvk/umwelt/luftqualitaet/umweltzone/download/04-15-PK-Umweltzone.pdf>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- BEZIRKSREGIERUNG KÖLN (2017): Luftreinhalteplan für das Stadtgebiet Overath. 1. Fortschreibung 2017. Bezirksregierung Köln, Köln.
- BKA – BUNDESKANZLERAMT (2010): Vertragsverletzungs(folge)verfahren gemäß Art. 260 AEUV; Verhängung von finanziellen Sanktionen; Rundschreiben. GZ: BKA-670.746/0019-V/7/2010.

- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft – BMLFUW (2015): Umweltfreundliches Parkraummanagement, Leitfaden für Länder, Städte, Gemeinden, Betriebe und Bauträger, <https://www.klimaaktiv.at/mobilitaet/mobilitaetsmanagem/betriebe/Parken.html>, Wien, 2015.
- Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft – BMLFUW, Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie – bmvit (2015): Masterplan Gehen – Strategie zur Förderung des FußgängerInnenverkehrs in Österreich; Wien 2015
- BMP – Berliner Morgenpost (2017): Verstöße gegen Umweltzone bringen Berlin viel Geld ein. Berliner Morgenpost. Berlin, 30.03.2017, <https://www.morgenpost.de/berlin/article210102665/Umweltsuendige-Autofahrer-bringen-Berlin-Millionen.html>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- BVB – Bauverbände Westfalen (2014): Baudirekt – 01/2014. Bauverbände Westfalen. Dortmund, 2014, https://www.bauverbaende.de/images/baudirekt/2014/01/BAUDIREKT_1_2014.pdf, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- Bz – Badische Zeitung (2009): Umweltzone mit bizarren Folgen. Badische Zeitung. Freiburg, 29.12.2009, <http://www.badische-zeitung.de/freiburg/umweltzone-mit-bizarren-folgen--24846698.html>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- CYRYS, J.; PETERS, A.; SOENTGEN, J. & WICHMANN H.-E. (2014) Low emission zones reduce PM₁₀ mass concentrations and diesel soot in German cities, Journal of the Air & Waste Management Association, 64:4, 481-487, DOI: 10.1080/10962247.2013.868380.
- DEFRA – Department for Environment, Food & Rural Affairs (2017): UK plan for tackling roadside nitrogen dioxide concentrations. Technical report. London.
- DIPPOLD, M.; REXEIS, M. & HAUSBERGER, S. (2012). NEMO – A Universal and Flexible Model for Assessment of Emissions on Road Networks. *19th International Conference „Transport and Air Pollution“*, 26. – 27.11.2012. Thessaloniki.
- DUH – Deutsche Umwelthilfe (2015): Kontrollverhalten in den deutschen Umweltzonen im Jahr 2014. Deutsche Umwelthilfe. Berlin, 2015, http://www.duh.de/fileadmin/media/news_import/Kontrollverhalten_Umweltzonen_2014.pdf, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- DWN – Deutsche Wirtschafts-Nachrichten (2016): Bundesregierung legt Grundlage für Fahrverbot von Diesel-Autos in Städten. Deutsche Wirtschafts Nachrichten. Berlin, 18.12.2016, <https://deutsche-wirtschafts-nachrichten.de/2016/12/18/bundesregierung-legt-grundlage-fuer-fahrverbot-von-diesel-autos-in-staedten/>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- EUROPEAN COMMISSION – Directorate-General for Mobility and Transport (2017): Study on Urban Vehicle Access Regulations. Final Report. Brussels.
- GEVAS & LOHMEYER – gevas humberg & partner & Ingenieurbüro Lohmeyer (2017): Münchner Untersuchungen – Straßenabschnitte mit NO₂-Grenzwertüberschreitung. Ermittlung der Straßenabschnitte in München mit Grenzwertüberschreitung für Stickstoffdioxid. München.

- GRZO (2011): Green Zones. Berlin, 2011, <http://www.feinstaubvignette.de/de/randmenu/faq-haeufige-fragen/6-ausnahmegenehmigungen-und-ausnahme-regelungen.html>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- HOJESKY, H.; LENZ, J.; WOLLANSKY, G. (2012): IG-L Immissionsschutzgesetz-Luft, MANZ Verlag Wien, 2012
- IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (2017): Dünnebeil, F. & Allekotte M.: Übersicht zu Umweltzonen in Deutschland. Beratungsleistung im Auftrag der Umweltbundesamt GmbH, Österreich. ifeu, Heidelberg.
- IVT – Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik TU Graz (2018): Reifeltshammer R. & Kurz Ch.: Umweltzone Wien, Bericht Nr. I-15/2018/Ku/V&U /17/14/630, erstellt im Auftrag der Umweltbundesamt GmbH, September 2018, Graz
- Ivu – IVU Umwelt GmbH (2013): Wie wirksam sind Maßnahmen zur Luftreinhaltung in Ballungsräumen? V. Diegmann, IVU Umwelt; Vortrag bei der Tagung „Reine Luft - Luftreinhaltung heute und morgen – Gute Luft braucht einen langen Atem in Dessau, Sept. 2013. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/377/dokumente/wie_wirksam_sind_massnahmen_-_volker_diegmann_ivu_umwelt_gmbh.pdf
- JOHANSSON, C.; BURMAN, L. & FORSBERG, B. (2009): The effects of congestions tax on air quality and health. Atmospheric Environment 43 (2009) 4843–4854.
- KURZ, C.; ORTHOFER, R.; STURM, P.; KAISER, A.; UHRNER, U.; REIFELTSHAMMER, R. & REXEIS, M. (2014): Projection of the air quality in Vienna between 2005 and 2020 for NO₂ and PM₁₀. Urban Climate 10 (2014) 703–719.
- KRZYZANOWSKI, M. & COHEN, A. (2008): Update of WHO air quality guidelines. Air Qual. Atmos. Health (2008) 1: 7–13.
- LÄNSSTYRELSENS STOCKHOLM (2012): Åtgärdsprogram för kvävedioxid och partiklar i Stockholms län. Rapport 2012:34. Länsstyrelsen, Stockholm.
- LAU – Landesamt für Umweltschutz (2014): Evaluierung der Luftreinhaltungspläne für die Ballungsräume Magdeburg und Halle Berichtsjahre 2012/2013. Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, 2014.
- LEIHS, D.; SIEGL, T. & HARTMANN, M. (2014). City-Maut, Nutzen und Technologien von Systemen zum Steuern der Zufahrt in Zonen. Wiesbaden: Springer Vieweg.
- LEIPZIG (2017): Gebührenübersicht zu Ausnahmen vom Fahrverbot der Umweltzone Leipzig. leipzig.de. Leipzig, 2017, <https://www.leipzig.de/umwelt-und-verkehr/luft-und-laerm/umweltzone/ausnahmen-vom-fahrverbot/gebuehreneuebersicht/#c92986>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- LFU – Landesagentur für Umwelt, Autonome Provinz Bozen – Südtirol (2011): Programm zur Reduzierung der NO₂-Belastung. Luftqualitätsplan der Autonomen Provinz Bozen.
- LFU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (2015): Untersuchung der räumlichen Verteilung der NO_x-Belastung im Umfeld von vorhandenen, hochbelasteten Luftmessstationen. Bericht Ifu_luft_00192. Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Augsburg.

- LFU – Bayerisches Landesamt für Umwelt (2017): Langzeitverläufe für Stickstoffdioxid (NO₂). Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU), Augsburg.
- LIZ – Leipziger Internet Zeitung (2017): Drohende Fahrverbote und die Frage nach dem richtigen Verkehrsmix. Leipziger Internet Zeitung. Leipzig, 30.08.2017, <https://www.l-iz.de/politik/leipzig/2017/08/Allein-2016-wurden-ueber-7-000-Verstoesse-gegen-die-Umweltzone-in-Leipzig-registriert-189847>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- LRAE – Landratsamt Enzkreis (2017): Ausnahmegenehmigung vom Fahrverbot in Umweltzonen beantragen. Landratsamt Enzkreis. Pforzheim, 2017, <https://www.enzkreis.de/index.php?object=tx%7C2.4&ModID=10&FID=2032.316.1>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- LVZ – Leipziger Volkszeitung (2011): In Leipzig gilt die Umweltzone – Keine Schonfrist für Sünder – Probleme beim Park-and-Ride. Leipziger Volkszeitung. Leipzig, 01.03.2011, <http://www.lvz.de/Leipzig/Lokales/In-Leipzig-gilt-die-Umweltzone-Keine-Schonfrist-fuer-Suender-Probleme-beim-Park-and-Ride>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- MULNV – Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2015): Befreiungen von Verkehrsverboten in Umweltzonen in Nordrhein-Westfalen. Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf, 20.02.2015, https://www.umwelt.nrw.de/fileadmin/redaktion/PDFs/umwelt/umweltzonen/Umweltzonen_Ausnahmekatalog_20_02_15.pdf, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- NAGL, C.; SCHNEIDER, J. & THIELEN, P. (2016): Implementation of the Ambient Air Quality Directive, Study for the ENVI Committee, PE 578.986, European Parliament, Brussels.
- NRZ – Neue Ruhr Zeitung (2008): Umweltzone: Schilder werden montiert. Funke Medien NRW. Essen, 18.11.2008, <https://www.nrz.de/staedte/duesseldorf/umweltzone-schilder-werden-montiert-id1349636.html>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- OP – op-online (2017): Mit ungültiger Plakette in der Umweltzone. op-online. Offenbach, 07.04.2017, <https://www.op-online.de/offenbach/jaehrlich-etwa-15000-verstoesse-frankfurt-ungueltiger-plakette-umweltzone-8113441.html>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- ÖKOSCIENCE (2017): Immissionsbasierte Betrachtung zu Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs für Stickoxide, 10.05.2017, Chur
- RGU – Referat für Gesundheit und Umwelt München (2010): Minderungswirkung von Umweltzonen auf die Luftschadstoffbelastung. Stadt München – Referat für Gesundheit und Umwelt. München, 2010, https://www.regierung.oberbayern.bayern.de/imperia/md/content/regob/internet/dokumente/bereich5/technischerumweltschutz/lrp/anlage_zum_lrp_wirkungsanalyse.pdf, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- RIVM – Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (2017): Monitoringsrapportage NSL 2017. Stand van zaken Nationaal Samenwerkingsprogramma Luchtkwaliteit. RIVM Rapport 2017-0156. RIVM, Bilthoven.

- RLP – Staatskanzlei Rheinland-Pfalz (2012): Mainz und Wiesbaden wollen Umweltzone einführen. Staatskanzlei Rheinland-Pfalz. Mainz, 12.06.2012, <https://www.rlp.de/de/aktuelles/einzelansicht/news/detail/News/mainz-und-wiesbaden-wollen-umweltzone-einfuehren/>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- RPO – Rheinische Post online (2014): Umweltzone verärgert Handwerksbetriebe. RP Online. Düsseldorf, 02.07.2014, <http://www.rp-online.de/nrw/staedte/duesseldorf/umweltzone-veraergert-handwerksbetriebe-aid-1.4356982>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- RPS – Regierungspräsidium Stuttgart (2017): Luftreinhalteplan für den Regierungsbezirk Stuttgart – Teilplan Landeshauptstadt Stuttgart. Regierungspräsidium Stuttgart. Stuttgart, 05.2017, https://rp.baden-wuerttemberg.de/rps/Abt5/Ref541/Luftreinhalteplan/541_s_luft_stutt_LRP_3_FS_Entw.pdf, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- SCHWEDEN (2014): Umweltzonen in Schweden – Bestimmungen.
- SN – Stuttgarter Nachrichten (2015): Zehntausende Plakettensünder erwischt. Stuttgarter Nachrichten. Stuttgart, 10.11.2015, <http://www.stuttgarter-nachrichten.de/inhalt.stuttgarter-umweltzone-zehntausende-plakettensuender-erwischt.1c91f82f-bdb4-4f08-b3f7-ae4fd35f18ea.html>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- SN – Stuttgarter Nachrichten (2017): Fahrverbot-Pläne: Polizei steht vor vielen Rätseln. Stuttgarter Nachrichten. Stuttgart, 22.02.2017, <http://www.stuttgarter-nachrichten.de/inhalt.fahrverbote-bei-feinstaub-fahrverbot-plaene-polizei-steht-noch-vor-vielen-raetseln.53f8f76c-b91a-403c-92fa-2d90fabec03b.html>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- SSU – Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt (2013): Luftreinhalteplan 2011 bis 2017 für Berlin. Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin.
- STADT WIEN (2005a): 1. Maßnahmenpaket der Stadt Wien gegen Feinstaub. Wien.
- STADT WIEN (2005b): 2. Maßnahmenpaket der Stadt Wien gegen Feinstaub. Wien.
- STADT WIEN – MA 22 – Umweltschutz (2008a): NO₂-Programm 2008 mit integriertem Umweltbericht gemäß Immissionsschutzgesetz-Luft aufgrund von Überschreitungen des Grenzwertes für NO₂-Halbstundenmittelwerte an der Wiener Messstelle Hietzinger Kai. Wien.
- STADT WIEN (2011a): Wien legt 3. Feinstaubpaket vor. Wien.
- SUVK – Senatsverwaltung für Umwelt, Verkehr und Klimaschutz (2017): Jahresbericht 2016. Berlin.
- TfL – Transport for London (2006). Central London Congestion Charging, Impacts monitoring, Fourth Annual Report, June 2006. London: Transport for London.
- TfL – Transport for London (2008). Central London Congestion Charging, Impacts monitoring, Sixth Annual Report, July 2008. London: Transport for London.
- To – t-online (2012): Erfurt muss eine Umweltzone einführen. t-online. 24.08.2012, http://www.t-online.de/regionales/id_58964412/erfurt-muss-eine-umweltzone-einfuehren.html, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- TRANSPORT STYRELSEN (2014): Umweltzonen in Schweden. Bestimmungen, http://urbanaccessregulations.eu/images/stories/pdf_jan2010/SE_Miljözon_Sverige_TY.pdf, letzter Aufruf 09.10.2018

- TROENG, U. (2015). Congestion Charging in Stockholm and Gothenburg, Vortrag beim EIONET-Meeting 2015. Kopenhagen: Swedish Environmental Protection Agency.
- UAR – UrbanAccessRegulations (2017): Impact of low emission zones. UrbanAccessRegulations.eu. 2017, <http://de.urbanaccessregulations.eu/low-emission-zones-main/impact-of-low-emission-zones#Cologne>, letzter Aufruf: 17.10.2017.
- UMID (2011): Erfahrungen mit Umweltzonen in Nordrhein-Westfalen“ in der Veröffentlichung UMID: Umwelt und Mensch – Informationsdienst, Nr. 4/2011.
- UMWELTBUNDESAMT (2015): Spangl, W. & Nagl, C.: Jahresbericht der Luftgütemessungen in Österreich 2014. Reports, Bd. REP-0520. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2017a): Nagl, C.; Spangl, W. & Ibesich, N.: Analyse Feinstaubepisode Jänner / Februar 2017 in Wien. Im Auftrag der Wiener Umweltschutzabteilung MA 22. Unveröffentlicht. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2017b): Energie- und Treibhausgasszenarien im Hinblick auf 2030 und 2050. Synthesebericht, 2017. Wien, 2017, Band 0628, ISBN: 978-3-99004-445-2, http://www.umweltbundesamt.at/aktuell/publikationen/publikationssuche/publikationsdetail/?pub_id=2214
- UMWELTBUNDESAMT (2018a): Buxbaum, I.; Nagl, C.; Spangl, W.; Schieder, W.; Anderl, M.; Haider, S. & Pazdernik, K.: Analyse PM₁₀-Belastung 2009-2017. Im Auftrag der Plattform Saubere Luft. In Druck. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT (2018b): Lackner S.: GIS-Arbeiten zur Emissionsmodellierung Umweltzone Wien, Juli 2018, Wien
Im Auftrag der Plattform Saubere Luft. In Druck. Umweltbundesamt, Wien.
- UMWELTBUNDESAMT DESSAU (2017): Analyse der Wirksamkeit von Umweltzonen in drei deutschen Städten: Berlin, München und Augsburg. Texte 46/2017. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
- UMWELTBUNDESAMT DESSAU (2017): Umweltzonen in Deutschland. <https://www.umweltbundesamt.de/themen/luft/luftschadstoffe/feinstaub/umweltzonen-in-deutschland>. Letzter Aufruf 25.10.2017.
- UPT – Umweltplakette.org (2016): Umweltzone Köln. Umweltplakette.org. Bonn, 2016, <http://www.umweltplakette.org/umweltzonen/umweltzone-koeln/>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- UPT – Umweltplakette.org (2017): Fragen-und-Antworten. Umweltplakette.org. Bonn, 2017, <http://www.umweltplakette.org/fragen-und-antworten/#17>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- VBVP – Verband für bürgernahe Verkehrspolitik (2017): Bußgeldkatalog Umweltplakette und Umweltbelastung. Verband für bürgernahe Verkehrspolitik. Berlin, 2017, <https://www.bussgeldkatalog.org/umweltplakette/>, letzter Aufruf: 25.10.2017.
- VRS – Verkehrsrundschau (2007): Berlin rüstet sich für Umweltzone. Verkehrsrundschau. München, 20.12.2007, <https://www.verkehrsrundschau.de/nachrichten/berlin-ruestet-sich-fuer-umweltzone-602248.html>, letzter Aufruf: 25.10.2017.

WELT (2009): Umweltzonen kosten Autofahrer 10 Milliarden Euro. WeltN24. Berlin, 20.01.2009, <https://www.welt.de/motor/article3057810/Umweltzonen-kosten-Autofahrer-12-Milliarden-Euro.html>, letzter Aufruf: 25.10.2017.

WHO – World Health Organization (2005): Air quality guidelines global update 2005. WHO Regional Publications EUR/07/5046029. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen.

WHO – World Health Organization (2013): Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen. http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report.pdf

Rechtsnormen und Leitlinien

1. Tochterrichtlinie (RL 1999/30/EG): Richtlinie des Rates vom 22. April 1999 über Grenzwerte für Schwefeldioxid, Stickstoffdioxid und Stickstoffoxide, Partikel und Blei in der Luft. ABl. Nr. L 163/41.

35. BImSchV (Fünfunddreißigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes): Verordnung zur Kennzeichnung der Kraftfahrzeuge mit geringem Beitrag zur Schadstoffbelastung. https://www.gesetze-im-internet.de/bimschv_35/BjNR221810006.html, letzter Aufruf: 30.10.2017.

IG-L – Abgasklassen-Kennzeichnungsverordnung (AbgKlassV; BGBl. II Nr. 120/2012 i. d. g. F.): Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, mit der Bestimmungen über die Durchführung der besonderen Kennzeichnung von Fahrzeugen betreffend die Zuordnung zu den Abgasklassen festgelegt werden.

IG-L–Messkonzeptverordnung 2012 (IG-L-MKV 2012, BGBl. II Nr. 127/2012 i. d. g. F.) Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über das Messkonzept zum Immissionsschutzgesetz-Luft.

Immissionsschutzgesetz-Luft (IG-L; BGBl. I 115/1997 i. d. g. F.): Bundesgesetz zum Schutz vor Immissionen durch Luftschadstoffe, mit dem die Gewerbeordnung 1994, das Luftreinhaltegesetz für Kesselanlagen, das Berggesetz 1975, das Abfallwirtschaftsgesetz und das Ozongesetz geändert werden.

Luftqualitätsrichtlinie (RL 2008/50/EG): Richtlinie des europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Mai 2008 über Luftqualität und saubere Luft für Europa. ABl. Nr. L 152/1.

RVS 02.01.22. Nutzen-Kosten-Untersuchungen im Verkehrswesen. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, Wien (2010)

RVS 04.02.12. Ausbreitung von Luftschadstoffen an Verkehrswegen und Tunnelportalen. Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie. Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr, Wien (2014)

VDI-Richtlinie 3782: Umweltmeteorologie Kfz-Emissionsbestimmung Luftbeimengungen, Verein Deutscher Ingenieure, November 2003

- VO LGBl. Nr. 2/2017: Verordnung des Landeshauptmannes von Burgenland vom 12. Jänner 2017, mit der Maßnahmen zur Verringerung der Immission des Luftschadstoffes PM₁₀ nach dem Immissionsschutzgesetz – Luft getroffen werden (IG-L Maßnahmenkatalog 2016).
- VO LGBl. Nr. 29/2016: Änderung der NÖ Sanierungsgebiets- und Maßnahmenverordnung Feinstaub (PM10). StF: LGBl. Nr. 8103/1-2.
- VO LGBl. Nr. 87/2015: Verordnung des Landeshauptmanns von Oberösterreich, mit der ein emissionsabhängiges Fahrverbot für Lastkraftfahrzeuge für eine Teilstrecke der A1 West Autobahn angeordnet wird.
- VO LGBl. Nr. 134/2016: Verordnung des Landeshauptmannes von Steiermark vom 16. November 2016, mit der Maßnahmen zur Verringerung der Emission von Luftschadstoffen nach dem Immissionsschutzgesetz-Luft angeordnet werden (Stmk. Luftreinhalteverordnung 2011).
- VO LGBl. Nr. 43/2016: Verordnung des Landeshauptmannes vom 18 Mai 2016, mit der auf der A 12 Inntal Autobahn ein Fahrverbot für schadstoffreiche Schwerfahrzeuge verordnet wird.
- VO LGBl. Nr. 52/2013: Verordnung des Landeshauptmannes von Wien, mit der der IG-L-Maßnahmenkatalog 2005 geändert wird.
- VO LGBl. Nr. 119/2012: Verordnung des Landeshauptmannes vom 25. Oktober 2012, mit der auf der A 12 Inntal Autobahn das Nachtfahrverbot für Schwerfahrzeuge geändert wird