

---

## Luftreinhalteplan 2016 der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft



Stand, Handlungsbedarf, Massnahmen

# Impressum

## Luftreinhalteplan der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft

Aktualisierung 2016

### Projektleitung

Cosimo Todaro

### Autorinnen und Autoren

Sandra Andris-Ogorka

Dr. Hansruedi Moser

Ulrich Ohnmacht

Cosimo Todaro

Stephan Trüeb

### Facharbeiten

*Verkehrsberechnungen und Verkehrsmodellierungen*

Infras AG, Mühlemattstrasse 45, 3007 Bern

*Berechnungen Luftschadstoffemissionen Landwirtschaft*

Thomas Kupper, Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL, 3052 Zollikofen

*Luftschadstoffmodellierungen*

Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, An der Rossweid 3, D-76229 Karlsruhe

Meteotest, Fabrikstrasse 14, 3012 Bern

*Kosten der Luftverschmutzung*

Prof. Dr. Martin Rösli – Schweizerisches Tropen- und Public Health Institut (SWISS TPH)

*Gesundheitliche Auswirkungen der Luftverschmutzung*

Meltem Kutlar Joss, Leiterin Dokumentationsstelle Luftverschmutzung und Gesundheit LUDOK – SWISS TPH

Version 1.2

Liestal / Basel, 3. Mai 2017

# INHALTSVERZEICHNIS

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Zusammenfassung</b> .....  | <b>4</b>  |
| <b>1. Einleitung</b> .....  | <b>9</b>  |
| 1.1 Ausgangslage .....  | 9         |
| 1.2 Ziel und Auftrag.....   | 9         |
| <b>2. Luftqualität in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft</b> .....       | <b>10</b> |
| 2.1 Generelle Situation .....   | 10        |
| 2.2 Ozonbelastung.....  | 11        |
| 2.3 Stickstoffdioxid-Belastung.....   | 14        |
| 2.4 Feinstaub PM10.....   | 18        |
| 2.5 Feinstaub PM2.5.....  | 22        |
| 2.6 Stickstoffdepositionen.....   | 24        |
| 2.7 Luftreinhaltung und Klimaschutz.....  | 26        |
| 2.8 Fazit .....   | 27        |
| <b>3. Auswirkungen der Luftverschmutzung</b> .....                                  | <b>28</b> |
| 3.1 Auswirkungen auf die Gesundheit (Beitrag von SwissTPH) .....                    | 28        |
| 3.2 Auswirkungen auf die Ökosysteme .....   | 30        |
| 3.3 Kosten der Luftverschmutzung .....  | 30        |
| <b>4. Emissionen, Reduktionsziele und Reduktionsbedarf</b> .....                    | <b>33</b> |
| 4.1 Flüchtige organische Stoffe .....   | 33        |
| 4.2 Stickoxide.....   | 36        |
| 4.3 Feinstaub PM10.....   | 38        |
| 4.4 Feinstaub PM2.5.....  | 39        |
| 4.5 Russemissionen.....   | 39        |
| 4.6 Ammoniak .....  | 40        |
| 4.7 Emissionsziele, Prognosen und Reduktionsbedarf .....                            | 42        |
| 4.8 Fazit .....   | 44        |
| <b>5. Massnahmen</b> .....  | <b>45</b> |
| 5.1 Umgesetzte, abzuschreibende und nicht weiterzuführende Massnahmen LRP 2010..... | 45        |
| 5.2 Fortzuschreibende Massnahmen .....  | 46        |
| 5.3 Neue und weiterzuführende Massnahmen.....                                       | 58        |
| 5.4 Fazit und Ausblick.....   | 70        |
| <b>6. Umsetzung und weiteres Vorgehen</b> .....                                     | <b>70</b> |
| <b>7. Verzeichnisse</b> .....   | <b>71</b> |
| 7.1 Glossar.....  | 71        |
| 7.2 Abbildungsverzeichnis .....   | 73        |
| 7.3 Tabellenverzeichnis .....   | 74        |

- Anhang 1: Massnahmenblätter Luftreinhalteplan beider Basel 2016  
Anhang 2: Umsetzung Massnahmen Luftreinhalteplan beider Basel 1990  
Anhang 3: Umsetzung Massnahmen Luftreinhalteplan beider Basel 2004 und 2007  
Anhang 4: Umsetzung Massnahmen Luftreinhalteplan beider Basel 2010  
Anhang 5: Immissionsgrenzwerte und Critical Loads  
Anhang 6: Vorgehen Kostenschätzungen Luftbelastung in BS und BL  
Anhang 7: Teilgebiete Betroffenheitsanalyse

# Zusammenfassung

Der vorliegende Bericht zieht eine Bilanz über die bereits getroffenen Massnahmen der Luftreinhaltepläne 1990, 2004, 2007 und 2010. Es wird dargestellt, wie sich der Ausstoss der Luftschadstoffe in den letzten Jahren entwickelt hat. Im Weiteren wird dargelegt, um wieviel der Schadstoffausstoss gesenkt werden muss, damit die Luftreinhalte-Ziele erreicht werden können. Daraus werden zusätzliche Massnahmen abgeleitet.

## Bisherige Erfolge und Handlungsbedarf

Seit Inkrafttreten der Luftreinhaltepläne 1990 bis 2010 hat sich die Luftbelastung insgesamt weiter verbessert. Die Grenzwerte von Feinstaub (PM10) wie auch von Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) werden heute im ländlichen Gebiet im Jahresmittel mehrheitlich eingehalten. In der Stadt Basel und in der Agglomeration liegt der Jahresmittelwert der PM10- und NO<sub>2</sub>-Konzentration im Bereich der Grenzwerte. An verkehrsexponierten Orten sind die NO<sub>2</sub>-Grenzwertüberschreitungen teilweise immer noch erheblich. An einigen Tagen pro Jahr treten Überschreitungen des Tagesgrenzwertes von PM10 oder NO<sub>2</sub> hauptsächlich in den Wintermonaten auf (Wintersmogepisoden). Eine übermässige Ozonbelastung kommt im Sommer flächendeckend vor (Sommersmogepisoden).

Der Ausstoss von Stickoxid (NO<sub>x</sub>) hat seit 1990 um über 65% abgenommen und die Emissionen an flüchtigen organischen Verbindungen (VOC = volatile organic compounds) konnten um rund 80% reduziert werden. Der Ausstoss von PM10 hat seit 1990 um rund 30% abgenommen und von Ammoniak (NH<sub>3</sub>) um rund 10%. Der Verlauf der Emissionen sieht für die nächsten Jahre bei allen Schadstoffen eine weitere Reduktion vor; dies dank Umsetzung der geltenden Gesetzgebung und Weiterführung der beschlossenen Massnahmen. Dennoch braucht es zusätzliche Reduktionen des Schadstoffausstosses, um die Grenzwerte einzuhalten. NO<sub>x</sub>: -20%; NH<sub>3</sub>: -35%; PM10: -35%; VOC: -15%.

## Stand Umsetzung Massnahmen Luftreinhalteplan beider Basel 2010

Die folgenden Massnahmen des Luftreinhalteplans beider Basel 2010 wurden abgeschlossen oder befinden sich in der Umsetzung. Einige Massnahmen konnten nicht realisiert werden oder wurden in der ursprünglichen Form abgelehnt. Sie werden nicht mehr weiterverfolgt und werden daher abgeschrieben.

| Bezeichnung | Massnahmen  | Status  |
|-------------|---|---|
| V5          | Umsetzung Förderungsprogramm "Nachhaltige Mobilität Basel-Stadt"                            | Wurde fast vollständig umgesetzt. Ist nun Teil der Mobilitätsstrategie in Basel-Stadt.        |
| V6          | Prüfung der lufthygienischen Auswirkungen des Agglomerationsprogramms Basel                 | Umgesetzt resp. wird laufend aktualisiert.  |
| V7          | Pilotprojekt zur Installation einer Staubminderungswand bei Tunnelportalen                  | Das ASTRA hat die Umsetzung eines Pilotprojekts abgelehnt.                                    |
| E4          | Verkürzte Sanierungsfristen für Holzfeuerungsanlagen  | Auf eine Fristverkürzung wurde aus Gründen der Verhältnismässigkeit verzichtet.               |
| E5          | Förderung von stickstoffarmem Heizöl  | Der Antrag wurde vom Bund abgelehnt.  |
| IG4         | Reduktion der Emissionen bei Maschinen im Bereich Abbau und Deponie sowie auf Firmenarealen | In den kant. Massnahmenverordnungen verankert. Umsetzung im Rahmen des ordentlichen Vollzugs. |
| IG5         | Baustellenverkehr   | Verzicht, da nur ein begrenztes Reduktionspotential und geringe Einflussnahme bestehen.       |
| K1          | Umweltsparbuch  | Verzicht, da keine Partner für die Umsetzung gefunden werden konnten.                         |

## Übersicht über umgesetzte, abzuschreibende und nicht weiterzuführende Massnahmen LRP 2010

## Neue Massnahmen

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die weiterzuführenden bisherigen und die neuen Massnahmen.

| Sektor            | Bezeichnung (neu, fett) | Massnahmen   | Typ                    |
|-------------------|-------------------------|--|------------------------|
| Verkehr           | V3 (LRP 2007)           | Aktionsplan gesunde Luft in Wohnquartieren   | Kantonale Massnahme BS |
|                   | <b>V8 (neu)</b>         | Sicherstellung der Konformität der Fahrzeugemissionen                                | Antrag an den Bund     |
| Rheinschifffahrt  | <b>S1 (neu)</b>         | Landseitige Elektrifizierung der Liegeplätze   | Kantonale Massnahme BS |
| Energie           | <b>E7 (neu)</b>         | Emissionsminderung bei Holzfeuerungen > 70kW   | Bikantonale Massnahme  |
|                   | <b>E8 (neu)</b>         | Reduktion von Emissionen aus Pizza- und Holzbacköfen                                 | Bikantonale Massnahme  |
|                   | <b>E9 (neu)</b>         | Emissionsminderung bei Notstromaggregaten  | Bikantonale Massnahme  |
| Industrie/Gewerbe | IG3 (LRP 2010)          | Reduktion der VOC-Emissionen in Betrieben  | Bikantonale Massnahme  |
| Landwirtschaft    | LW1 (LRP 2007)          | Verbot der offenen Verbrennung von Schlagabraum und Grünmaterial                     | Kantonale Massnahme BL |
|                   | <b>LW3 (neu)</b>        | Nachfolgeprogramm Ressourcenprojekt Ammoniakminderung                                | Kantonale Massnahme BL |
|                   | <b>LW4 (neu)</b>        | Anträge an den Bund zur Reduktion der Ammoniakemissionen                             | Antrag an den Bund     |
| Raumplanung       | <b>P1 (neu)</b>         | Verringerung der Wärmebelastung und Verbesserung der Durchlüftung im Siedlungsgebiet | Kantonale Massnahme BS |
| Querschnitt       | <b>Q1 (neu)</b>         | Beteiligung am trinationalen Interreg V Projekt „Verringerung Umweltbelastungen“     | Bikantonale Massnahme  |

### Übersicht über weiterzuführende und neue Massnahmen

Die ergänzenden Massnahmen sehen technische wie auch organisatorische Lösungen in allen Handlungsfeldern vor. Da die NO<sub>2</sub>-Belastungen hauptsächlich in der Stadt Basel und entlang der Verkehrsachsen überschritten sind, sollen die im Rahmen der Massnahme V3 „Aktionsplan gesunde Luft in Wohnquartieren“ vorgeschlagenen Massnahmen weiter umgesetzt und punktuell ergänzt werden. Die Massnahme wird entsprechend weitergeführt.

Bei den Abgasemissionen von Fahrzeugen wurden in den letzten Jahren weitere Fortschritte erzielt, und es werden weitere Verbesserungen erwartet. Die Abgasvorschriften für Fahrzeuge werden laufend verschärft. Abgasmessungen im realen Fahrbetrieb zeigen indes, dass die Abgasemissionen von dieselbetriebenen Fahrzeugen trotz strengerer Grenzwerte nicht wie erwartet abgenommen haben. Es konnte nachgewiesen werden, dass im realen Fahrbetrieb höhere Emissionen als bei der Abgasmessung auf dem Prüfstand (Typenprüfung) ausgestossen werden. Eine Massnahme sieht vor, dass Fahrzeuge aus dem Markt entnommen und auf Vorschriftsmässigkeit kontrolliert werden sollten. Zudem sollten die Bestimmungen in den Normen hinreichender konkretisiert werden (z.B. Betriebsbedingungen, Ausnahmemöglichkeiten für Abschaltvorrichtungen) sowie das Typgenehmigungsverfahren verschärft werden, damit keine Manipulationslücken bestehen. Einen entsprechenden Antrag werden die Kantone beim Bund stellen (Massnahme V8: Sicherstellung der Konformität der Fahrzeugemissionen).

Um die NO<sub>x</sub>- und Dieselmotoren-Emissionen an den Schiffsstandorten zu reduzieren, ist eine landseitige Elektrifizierung aller bestehenden und geplanten Liegeplätze in Basel-Stadt vorgesehen. Davon ausgenommen sind

aus Sicherheitsgründen alle Standorte in Ex-Zonen (Massnahme S1: Landseitige Elektrifizierung der Liegeplätze).

Die Öl-, Gas- und Holzfeuerungen tragen rund einen Drittel an den PM10- und einen Fünftel an den NO<sub>x</sub>-Emissionen bei. Dabei stammen die PM10-Emissionen hauptsächlich aus den Holzfeuerungen. Sie weisen heute oft zu hohe Emissionen aus, da sie überdimensioniert gebaut wurden. Dies führt dazu, dass sie in ungünstigen Betriebszuständen gefahren werden und hohe Emissionen verursachen. Durch eine bessere Dimensionierung und Steuerung der Anlagen sollen ungünstige Betriebszustände vermindert werden (Massnahme E7: Emissionsminderung bei Holzfeuerungen >70kW).

Bei Pizza- und Holzbacköfen wurden in der Vergangenheit die lufthygienischen Anforderungen, wegen fehlender Auflagen, nicht konsequent geprüft. Durch die hohen Betriebsstunden dieser gewerblichen Öfen sind lufthygienische Mindestanforderungen zum Schutze der Bewohner zu verlangen. Pizza- und Holzbacköfen sollten wie Holzzentralheizungen einen Konformitätsnachweis nach den massgebenden europäischen Normen und Emissionswerten gemäss LRV Anhang 4 Ziffer 212 vorweisen können (Massnahme E8: Reduktion von Emissionen aus Pizza- und Holzbacköfen).

In den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft gilt bereits heute für Notstromaggregate verschärfend eine Stundenbeschränkung von 30 Stunden pro Jahr. Lufthygienisch und gesundheitlich von Bedeutung bei Notstromanlagen sind die Partikelemissionen, da diese hauptsächlich aus krebserregendem Dieseleruss bestehen. Da Partikelfilter heute Stand der Technik sind und Dieseleruss dem Minimierungsgebot unterstellt ist, soll für Notstromaggregate zukünftig ab einer Motorleistung von 19 kW ein Dieselpartikelfilter installiert sein (Massnahme E9: Emissionsminderung bei Notstromaggregaten).

Zur Steigerung der Stickstoff-Effizienz und zur Reduktion der Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft richtet der Bund finanzielle Beiträge an Ressourcenprojekte gemäss Landwirtschaftsgesetz (LwG) aus. Abhängig von den personellen und finanziellen Ressourcen sowie den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen soll ein Nachfolgeprojekt für das Ende 2017 ablaufende Ressourcenprojekt Ammoniak entwickelt werden. Die Erarbeitung des Gesuchs soll in Zusammenarbeit mit dem Bauernverband beider Basel erfolgen (Massnahme LW3: Nachfolgeprogramm Ressourcenprojekt Ammoniakminderung). Mit Bezug auf das Bundesgesetz über den Umweltschutz (USG) soll beim Bundesrat zusätzlich die Prüfung von Massnahmen zur Reduktion der Ammoniakemissionen beantragt werden, die in den Kompetenzbereich des Bundes fallen (Massnahme LW4: Anträge an den Bund zur Reduktion der Ammoniakemissionen).

Baukörper, Bodenversiegelung und Abwärme verändern das lokale Klima. Auswirkungen sind eine städtische Wärmeinsel und eine verminderte Durchlüftung. Diese Effekte wirken sich negativ auf die Luftbelastung und damit auch die Lebensqualität in den Städten und stadtnahen Räumen aus. Bei einer langfristig angelegten Raumplanung sollte daher der Ist-Zustand des Lokalklimas berücksichtigt werden (z.B. Wärmeinseln, Durchlüftungssituation, Kaltluftseen). Dazu sollen entsprechende Grundlagen erarbeitet werden (Massnahme P1: Verringerung der Wärmebelastung und Verbesserung der Durchlüftung im Siedlungsgebiet).

Aktuell werden im Oberrheingebiet verschiedene länderspezifische Luftqualitätsnormen (Grenz-, Ziel- und Schwellenwerte) beim PM10, NO<sub>2</sub> sowie Ozon noch nicht eingehalten. Zum Zeitpunkt der Partikelhöchstwerte im Frühjahr 2015 in Frankreich wurde die Frage aufgeworfen, inwieweit grenzüberschreitende Schadstofftransporte dazu beigetragen haben. Im Rahmen des Expertenausschusses Luft der Oberrheinkonferenz (ORK) soll ein länderübergreifendes Interreg V Projekt gestartet werden, welches das Ziel verfolgt, die geographische, sektorielle und energetische Herkunft der Luftbelastung darzustellen und daraus mögliche harmonisierte Massnahmen abzuleiten (Massnahme Q1: Interreg V Projekt Verringerung Umweltbelastungen).

## **Kosten und Nutzen**

Die geplanten Massnahmen sind teilweise mit Kosten für die öffentliche Hand, für die Privatwirtschaft und die Haushalte verbunden. Den Kosten gegenüber steht der Nutzen der Massnahmen in der Reduktion von Gesundheitskosten, die durch Luftverschmutzung verursacht werden (z.B. Atemwegserkrankungen). Die Verringe-

rung von Luftschadstoffkonzentrationen und -depositionen haben einen weiteren Nutzen auf Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume, indem sie zur Erhaltung der Biodiversität beitragen. Gemäss den Berechnungen des Schweizerischen Tropen- und Public Health Instituts (Swiss TPH) verursacht die Luftbelastung insgesamt in den beiden Basler Halbkantonen jährliche Kosten von rund CHF 600 Millionen. Pro Person und Jahr sind das CHF 1'300.

Die Massnahmen V8 (Sicherstellung der Konformität der Fahrzeugemissionen) und LW4 (Anträge an den Bund zur Reduktion der Ammoniakemissionen) sehen Anträge an den Bund vor. Diese Massnahmen sollen eigenständig auf Bundesebene umgesetzt werden. Bei den Kantonen fallen weder Kosten noch Aufwand an.

Die Kosten bei den vorgesehenen kantonalen Massnahmen sind abhängig von der jeweiligen Ausrichtung und Umsetzungsstrategie. Die Umsetzung erfolgt mit dem bestehenden Stellenetat. Bei einzelnen Massnahmen ergeben sich für die Anlagenbetreiber höhere Planungs- und Investitionskosten, die je nach Anlagentyp sehr stark variieren können. Dank zuverlässigeren und wartungsärmeren Betrieben der Anlagen werden die Zusatzkosten jedoch überkompensiert resp. es entstehen keine zusätzlichen Kosten.

| Massnahmen |  | Kosten / Aufwand   |
|------------|--|--|
| S1         | Landseitige Elektrifizierung der Liegeplätze   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Direkte Kosten entstehen bei der Erstellung der Infrastruktur für die landseitige Stromversorgung. Die Erstellungskosten belaufen sich in den baselstädtischen Hafenbecken (inkl. künftiges Hafenbecken 3) auf etwa CHF 8 - 10 Mio. und im Bereich der Fahrgastschiffahrt auf etwa CHF 4 Mio. und werden durch die Schweizerischen Rheinhäfen getragen. Die Gegenfinanzierung erfolgt durch die Verrechnung der Strombezugskosten.</li> <li>– Indirekte Kosten entstehen durch den Strombezug. Der Abrechnungsaufwand soll durch ein europaweit funktionierendes Bezahlssystem minimiert werden. Dank verminderten Treibstoffeinsatzes entstehen keine signifikanten Zusatzkosten.</li> </ul> |
| E7         | Emissionsminderung bei Holzfeuerungen > 70kW   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Für die Kantone BS und BL entstehen durch diese Massnahmen keine Kosten. Die Umsetzung erfolgt mit dem bestehenden Stellenetat der Holzfeuerungskontrolle.</li> <li>– Für den Anlagenbetreiber ergeben sich zwar höhere Planungs- und Investitionskosten, die je nach Feuerungswärmeleistung und Minderungssystem sehr stark variieren können. Dank zuverlässigeren und wartungseffizienteren Betrieben sowie verbesserter Energieeffizienz (verminderten Brennstoffeinsatz) werden die Zusatzkosten für die Planung kompensiert.</li> </ul>  |
| E8         | Reduktion von Emissionen aus Pizza- und Holzbacköfen                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Für die Kantone entstehen durch diese Massnahmen keine zusätzlichen Kosten. Der Vollzug wird im Rahmen des bestehenden Stellenetats der Holzfeuerungskontrolle durchgeführt.</li> <li>– Für den Anlagenbetreiber ergeben sich bei Nichteinhaltung der Grenzwerte resp. bei Geruchsklagen entsprechende Sanierungskosten, die je nach Feuerungswärmeleistung und Minderungssystem sehr stark variieren können. Bei einem Einbau z.B. eines Elektrofilters ist mit Kosten von CHF 1'750 bis 3'000 zu rechnen.</li> </ul>  |
| E9         | Emissionsminderung bei Notstromaggregaten  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Für die Kantone BS und BL entstehen durch diese Massnahmen keine Kosten. Die Umsetzung erfolgt mit dem bestehenden Stellenetat.</li> <li>– Die Zusatzkosten für einen Partikelfilter liegen je nach Leistung bei rund CHF 3'500 bis CHF 7'000.</li> </ul>   |
| LW3        | Nachfolgeprogramm Ressourcenprojekt Ammoniakminderung                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Kosten beim Kanton BL sind abhängig von der Ausrichtung des Projekts und den einzelnen Massnahmen. Der Bund beteiligt sich mit bis zu 80% an den Kosten für die Realisierung der Projekte und der Massnahmen. Die restlichen Kosten müssen durch den Kanton getragen werden.</li> <li>– Die spezifischen Umsetzungskosten bei den landwirtschaftlichen Betrieben sind abhängig von der Grösse des Tierbestandes, der Art der Stallbauten sowie der Art der Reduktionsmassnahme. Sie müssen im Einzelfall ausgewiesen werden. Die Teilnahme der Bauernbetriebe am Projekt ist grundsätzlich freiwillig. Eigenleistungen der Landwirte sind anrechenbar.</li> </ul>                         |
| P1         | Verringerung der Wärmebelastung und Verbesserung der Durchlüftung im Siedlungsgebiet | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Beim Kanton BS entstehen durch die Erstellung der Klimaanalyse direkte Kosten. Vergleichbare Arbeiten im Raum Karlsruhe hatten Kosten im Umfang von rund Euro 220'000 zur Folge. Im Budget 2017 – 2021 des Amts für Umweltschutz Basel-Stadt ist ein Betrag von CHF 250'000 für das Projekt bereits eingestellt.</li> <li>– Indirekte Kosten entstehen in der Phase der Umsetzung der Massnahmen durch Planungs- und Bauvorschriften, welche zum jetzigen Zeitpunkt nicht beziffert werden können.</li> </ul>   |
| Q1         | Interreg V Projekt Verringerung Umweltbelastungen                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Für die Kantone BS und BL entstehen keine direkten Kosten. Der Bund fördert im Rahmen der Neuen Regionalpolitik (NRP) seit 1. Januar 2008 die Mitwirkung der Kantone an Interreg.</li> </ul>  |

#### Übersicht Kosten / Aufwand der neuen kantonalen Massnahmen

Durch die Kombination der verschiedenen Massnahmen ergeben sich Synergien was zusätzlich zu einem höheren Gesamtnutzen führt. Insgesamt überwiegt der volkswirtschaftliche Nutzen der verbesserten Luftqualität aufgrund der Massnahmen die notwendigen Kosten. Vor allem aber bedeutet eine bessere Luftqualität auch eine verbesserte Lebensqualität für die Bevölkerung.

### **Fazit und Ausblick**

Die kantonalen Prognosen zeigen, dass bis zum Jahr 2020 die Ziellücken in unserer Region weiter verkleinert werden können und die Luftqualität sich weiterhin verbessern wird. Die vorgesehenen Massnahmen werden zu einer weiteren Reduktion der Luftschadstoffemissionen führen. Die dauerhafte übermässige Belastung der Luft wird sich so weit entschärfen, dass die Einhaltung der Jahresgrenzwerte näher rückt. Bis im Jahr 2020 werden jedoch bei keinem Schadstoff die Immissionsgrenzwerte eingehalten bzw. die Reduktionsziele vollständig erreicht. Wintersmogepisoden und zu hohe Ozonwerte im Sommer werden weiterhin auftreten.

Der Handlungsspielraum der Kantone und das Instrument Massnahmenplanung stossen an ihre Grenzen. Die kantonalen Massnahmen alleine reichen nicht aus, um die Grenzwerte einzuhalten. Die Mittel und Wege zur Erreichung der Luftreinhalteziele müssen verhältnismässig sein und sie müssen mit konkurrierenden und teilweise gegenläufigen Bestimmungen, beispielsweise zur Landesversorgung, wirtschaftlichen Prosperität oder gesellschaftlichen Verträglichkeit, vereinbar sein. Dies führt unweigerlich zu Zielkonflikten, die Abstriche an den Vorgaben und Kompromisse notwendig machen. Dies erklärt und rechtfertigt in gewissem Sinn, dass Massnahmen auf das technisch Machbare und politisch Umsetzbare fokussieren und weiterhin Ziellücken bestehen bleiben.

Die meteorologischen Einflüsse wie auch die grenzüberschreitenden und europaweiten Schadstoffverfrachtungen bewirken Sockelbelastungen, die nur im grossräumigen Kontext zu beeinflussen sind. Um die Luftreinhalteziele vollumfänglich zu erreichen, braucht es zusätzlich nationale Massnahmen in allen Bereichen und eine Erweiterung der internationalen Zusammenarbeit. Deshalb gewinnen die Bundesmassnahmen und internationalen Bemühungen zunehmend an Bedeutung.

# **1. Einleitung**

## **1.1 Ausgangslage**

Luft ist ein Lebensmittel. Unsere Atmosphäre mit der Zusammensetzung der Luft ist einzigartig in unserem Planetensystem und hat Leben erst ermöglicht. Der Mensch hat schon immer künstlich darauf eingewirkt. Doch erst mit der rasanten Motorisierung, dem massiv zunehmenden Gebrauch von Brennstoffen sowie den ungeahnten Möglichkeiten, durch chemische Prozesse neue Stoffe freizusetzen, wurde das Gleichgewicht gestört. Industrielle Prozesse und das Verbrennen fossiler, aber auch biogener Energieträger (wie Holz), belasten die Atmosphäre. Es entstehen schädliche Abgase. Luftschadstoffe sind eigentliche Fremdkörper, also keine natürlichen Bestandteile der Luft; sie stören das natürliche Gleichgewicht und beeinträchtigen die Gesundheit.

Die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft zählen zu den stark belasteten Gebieten in der Schweiz. Bei übermässigen Luftschadstoffbelastungen sind die Kantone gemäss Umweltschutzgesetz (USG) und Luftreinhalte-Verordnung (LRV) dazu verpflichtet, Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität festzulegen und umzusetzen.

Einen Meilenstein in der bikantonalen Luftreinhaltepolitik bildete der im Jahr 1990 von den Regierungen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft beschlossene Luftreinhalteplan beider Basel. Der Luftreinhalteplan wurde in der Zwischenzeit mehrmals aktualisiert. Im Jahr 2004 erfolgte eine komplette Überarbeitung und im Jahr 2007 eine Teilaktualisierung. Im Jahr 2010 wurde die jüngste Erfolgskontrolle durchgeführt und der ergänzte Luftreinhalteplan beider Basel in Kraft gesetzt.

## **1.2 Ziel und Auftrag**

Auch wenn die Schadstoffemissionen in den letzten Jahren zurückgegangen sind, werden die Ziele der Luftreinhalte-Verordnung (LRV) nur teilweise erreicht. Bei den Schadstoffen Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>), Ozon (O<sub>3</sub>) und lungengängigem Feinstaub (PM<sub>10</sub>) kommt es nach wie vor zu übermässigen Belastungen. Der Luftreinhalteplan beider Basel 2010 wird deshalb an die aktuelle lufthygienische Situation angepasst. Die bisher umgesetzten kantonalen Massnahmen sollen bewertet werden. Auf der Basis neuer Grundlagen des Bundes und kantonaler Erhebungen werden zudem die aktuellen und prognostizierten Emissionen für die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft erstellt und mit den Reduktions- und Luftqualitätszielen des Bundes verglichen. Anschliessend werden für diejenigen Schadstoffemissionen, bei denen die Reduktionsziele noch nicht erreicht sind, mögliche Massnahmen entwickelt. Die Massnahmen orientieren sich an den wichtigsten Verursachern von Luftschadstoffen:

- Feuerungsanlagen
- Strassenverkehr
- Landwirtschaft
- Anlagen der Industrie und des Gewerbes

## 2. Luftqualität in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft














### 2.1 Generelle Situation

Zur Beurteilung der Luftqualität dienen die Grenzwerte der LRV. Die Jahresgrenzwerte der LRV dienen der Beurteilung der Dauerbelastung, die Tages- und Stundengrenzwerte der Beurteilung der Spitzenbelastungen. Die Luftbelastung wird in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft aktuell an 7 Messstationen dauerhaft erfasst.


| Schadstoff                          | Statistische Definition   | Immissionsgrenzwert   |
|-------------------------------------|---|-----------------------|
| Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> ) | Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)                        | 30 µg/m <sup>3</sup>  |
|                                     | 24h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden | 80 µg/m <sup>3</sup>  |
| Schwebstaub (PM10)                  | Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)                        | 20 µg/m <sup>3</sup>  |
|                                     | 24h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden | 50 µg/m <sup>3</sup>  |
| Ozon (O <sub>3</sub> )              | 98% der 1/2h-Mittelwerte eines Monats                               | 100 µg/m <sup>3</sup> |
|                                     | 1h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden  | 120 µg/m <sup>3</sup> |


Tab. 1: Auszug der wichtigsten Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung (LRV)

Anhand der Beurteilungskriterien der LRV gibt die unten stehende Abbildung eine Übersicht über den generellen Stand der Luftqualität in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft, aufgeteilt nach Standorttyp.

| Standorttyp               | Ozon (O <sub>3</sub> )  |   | Feinstaub (PM10)  |   | Stickstoffdioxid (NO <sub>2</sub> )   |   |
|---------------------------|---|---|---|---|---|---|
|                           | Dauerbelastung  | Kurzzeitbelastung   | Dauerbelastung  | Kurzzeitbelastung   | Dauerbelastung  | Kurzzeitbelastung   |
| Stark verkehrsbelastet    |  |  |  |  |  |  |
| Wohnquartiere Stadt Basel |  |  |  |  |  |  |
| Agglomerationsgemeinden   |  |  |  |  |  |  |
| Ländliches Gebiet         |  |  |  |  |  |  |

Grenzwert überschritten 

Im Bereich des Grenzwertes 

Grenzwert eingehalten 

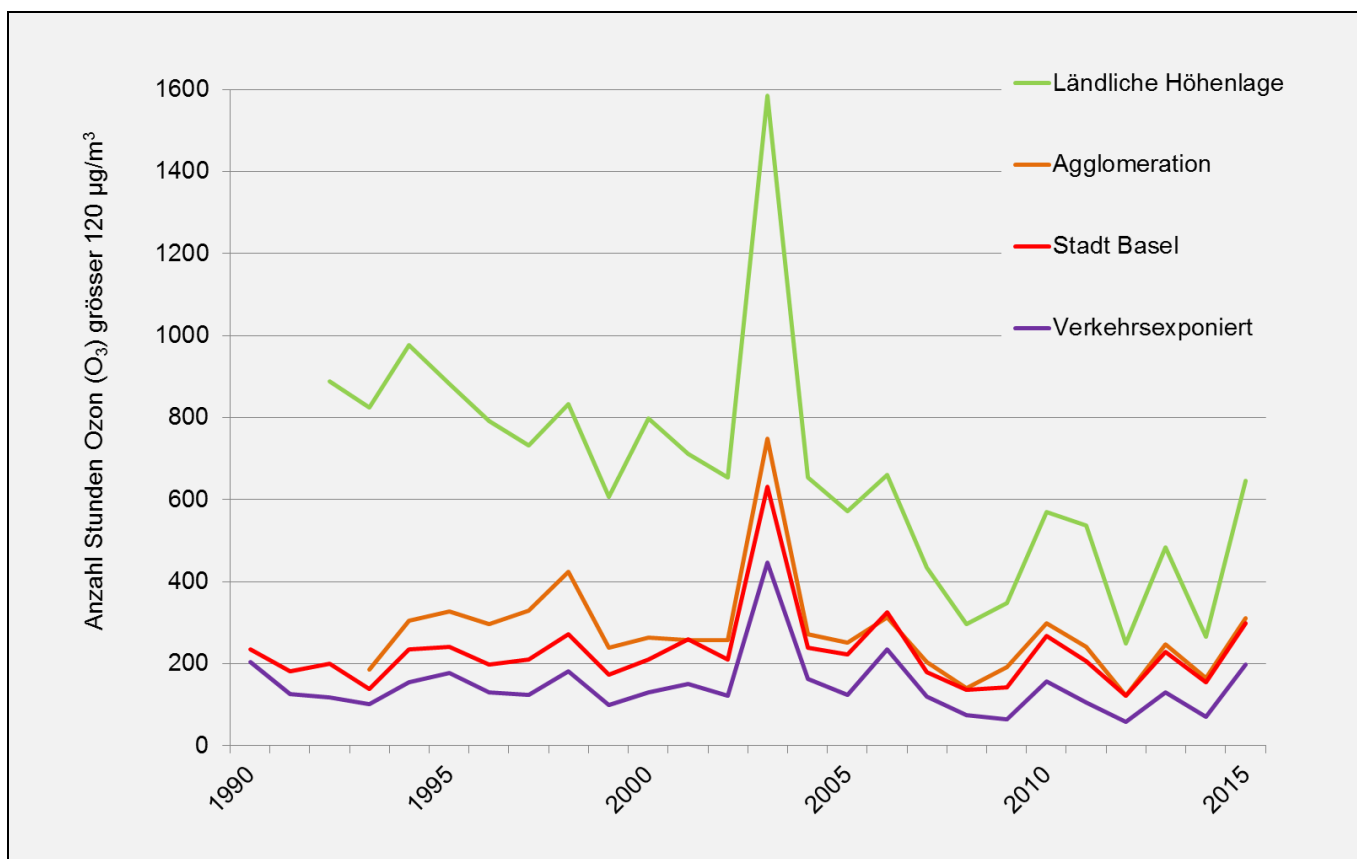
Die Ozonbelastung ist im Sommer fast flächendeckend übermässig. Nur an stark verkehrsbelasteten Standorten ist die Belastung eher gering. Hingegen ist die Luft sowohl durch PM10 wie auch durch NO<sub>2</sub> an den stark verkehrsbelasteten Orten übermässig belastet. Dies trifft sowohl auf die Dauer- als auch auf die Kurzzeitbelastung zu. In den Wohnquartieren der Stadt Basel und in den Agglomerationsgemeinden liegt die Dauerbelastung

für PM10 und NO<sub>2</sub> abseits der Hauptverkehrsachsen im Bereich der Grenzwerte oder darunter. Flächendeckend übermässig ist hingegen die kurzzeitige PM10-Belastung in der Stadt und in den Agglomerationsgemeinden wie auch im ländlichen Gebiet. In diesen Gebieten treten aber keine übermässigen kurzzeitigen NO<sub>2</sub>-Konzentrationen mehr auf.

## 2.2 Ozonbelastung

Bodennahes Ozon wird nicht direkt emittiert sondern entsteht in der Luft aus Stickoxiden (NO<sub>x</sub>) und flüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Bei starker Sonneneinstrahlung und hohen Temperaturen bildet sich aus diesen Vorläuferschadstoffen Ozon. Deshalb treten in der Regel die höchsten Ozonkonzentrationen in den Nachmittagsstunden von Mai bis September auf. Umgekehrt wird aber Ozon durch NO<sub>x</sub> wieder abgebaut, wenn die Sonneneinstrahlung als Antrieb fehlt. Deshalb sinkt die Ozonkonzentration vor allem in den Siedlungen im Laufe der Nacht wieder stark ab.

Im Rahmen des INTERREG III-Projektes Atmo-rhenA<sup>1</sup> der deutsch-französisch-schweizerischen Oberrheinkonferenz wurde die Ozonbelastung in den drei Ländern untersucht. Die Modellrechnungen haben gezeigt, dass die Ozonsituation im Oberrheingebiet neben der besonderen topographischen Situation auch dem Einfluss von Luftmassen zuzuschreiben ist, die von Nordosten oder Südwesten zuströmen und einen nicht unerheblichen Teil an Ozon und Ozonvorläufersubstanzen eintragen. Insgesamt hat diese Hintergrundbelastung weiter zugenommen.

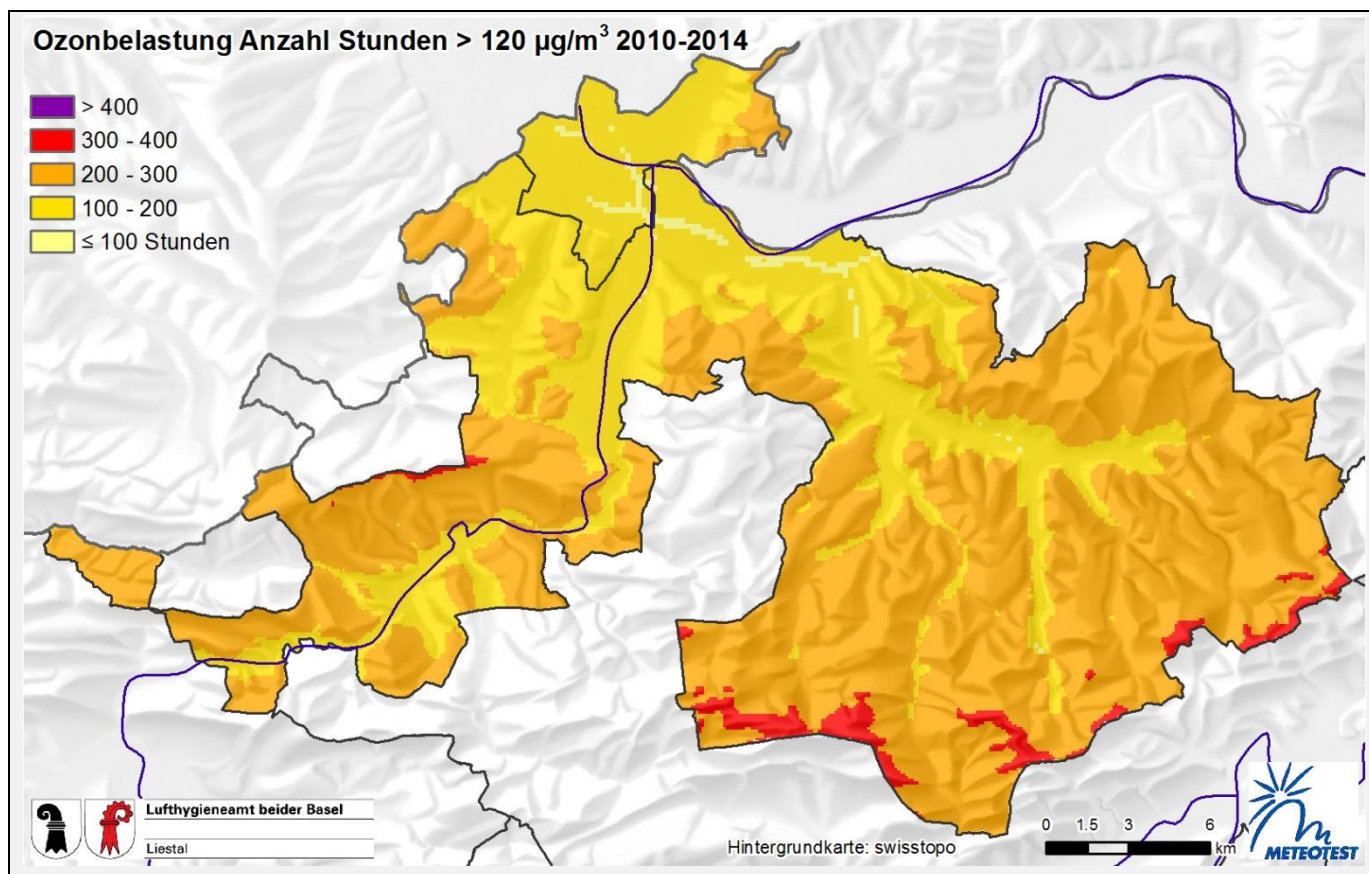


**Abb. 1: Entwicklung der Anzahl Grenzwertüberschreitungen O<sub>3</sub> von 1990 bis 2015**

Die Abbildung zeigt die Anzahl der Überschreitung des Stundengrenzwertes von 120 µg/m<sup>3</sup>, welcher nur einmal pro Jahr überschritten werden darf. Seit Messbeginn hat die O<sub>3</sub>-Konzentration im ländlichen Gebiet abgenommen. Die Belastung ist aber nach wie vor flächendeckend zu hoch. Da die O<sub>3</sub>-Belastung stark von der Witterung abhängig ist, tritt der Jahrhundertsssommer 2003 markant hervor.

<sup>1</sup> <http://www.luft-am-oberrhein.net/>

Zur Beurteilung der Ozon-Belastung dient ein maximaler Stundenwert von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , welcher nicht mehr als einmal pro Jahr überschritten werden darf. Dieser Stundengrenzwert wird im Sommerhalbjahr häufig und flächendeckend überschritten. Die maximalen Stundenwerte liegen heute zwischen  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die Ozonbelastung differiert sehr stark von Jahr zu Jahr. Bei heisser Witterung im Sommer wird viel Ozon produziert, während eines kühlen und regnerischen Sommers ist die Ozonbelastung geringer. Seit Messbeginn ist vor allem die Ozonbelastung in den ländlichen Höhenlagen deutlich zurückgegangen.



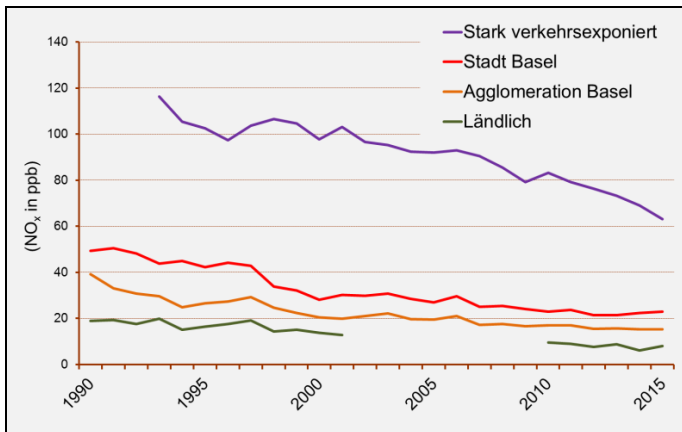
**Abb. 2: Anzahl Grenzwertüberschreitungen Ozon ( $\text{O}_3$ ) des Stundengrenzwertes von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$**

Die übermässige Ozonbelastung, ausgedrückt als Dauer der Überschreitung des Stundengrenzwertes von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , welcher nur einmal pro Jahr überschritten werden darf, nimmt mit der Entfernung von der Agglomeration Basel und der Höhe über Meer zu.

In den ländlichen Gebieten ist die Bevölkerung während 200 bis 300 Stunden einer übermässigen Ozonbelastung (Farben violett, rot, orange in der Abb. 2) ausgesetzt. Die ländlichen Höhengebiete des Kantons Basel-Landschaft sind mit rund 400 Stunden am längsten übermässiger Ozonbelastung (Farben violett, rot) ausgesetzt. In der Agglomeration und in der Stadt Basel sind es durchschnittlich 100 bis 200 Überschreitungen pro Jahr. Nur in der Nähe stark befahrener Strassen sind es weniger als 100 Überschreitungen pro Jahr. Dort überwiegt der Abbauprozess des Ozons.

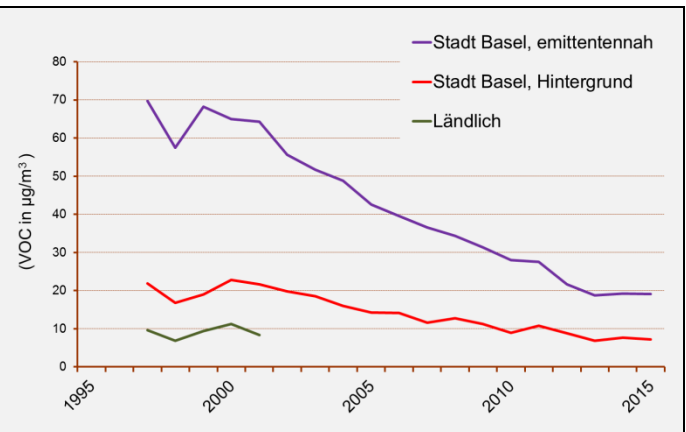
### 2.2.1 Reduktion der Vorläuferschadstoffe

Die Vorläuferschadstoffe zur Ozonbildung -  $\text{NO}_x$  und VOC - sind deutlich reduziert worden. Seit Messbeginn hat sich die Konzentration dieser Luftfremdstoffe halbiert. Speziell die Summe der ozonbildenden VOC ist in der Stadt Basel lokal stark reduziert worden, dies aufgrund von Reduktionsmassnahmen bei den gewerblichen und industriellen Betrieben. Dies hat sich bei der Ozonbelastung durch einen Rückgang der Spitzenwerte ausgewirkt.



**Abb. 3: Jahresmittelwerte der NO<sub>x</sub>-Konzentration**

NO<sub>x</sub>, die Summe aus NO und NO<sub>2</sub> hat sich seit 1990 halbiert.

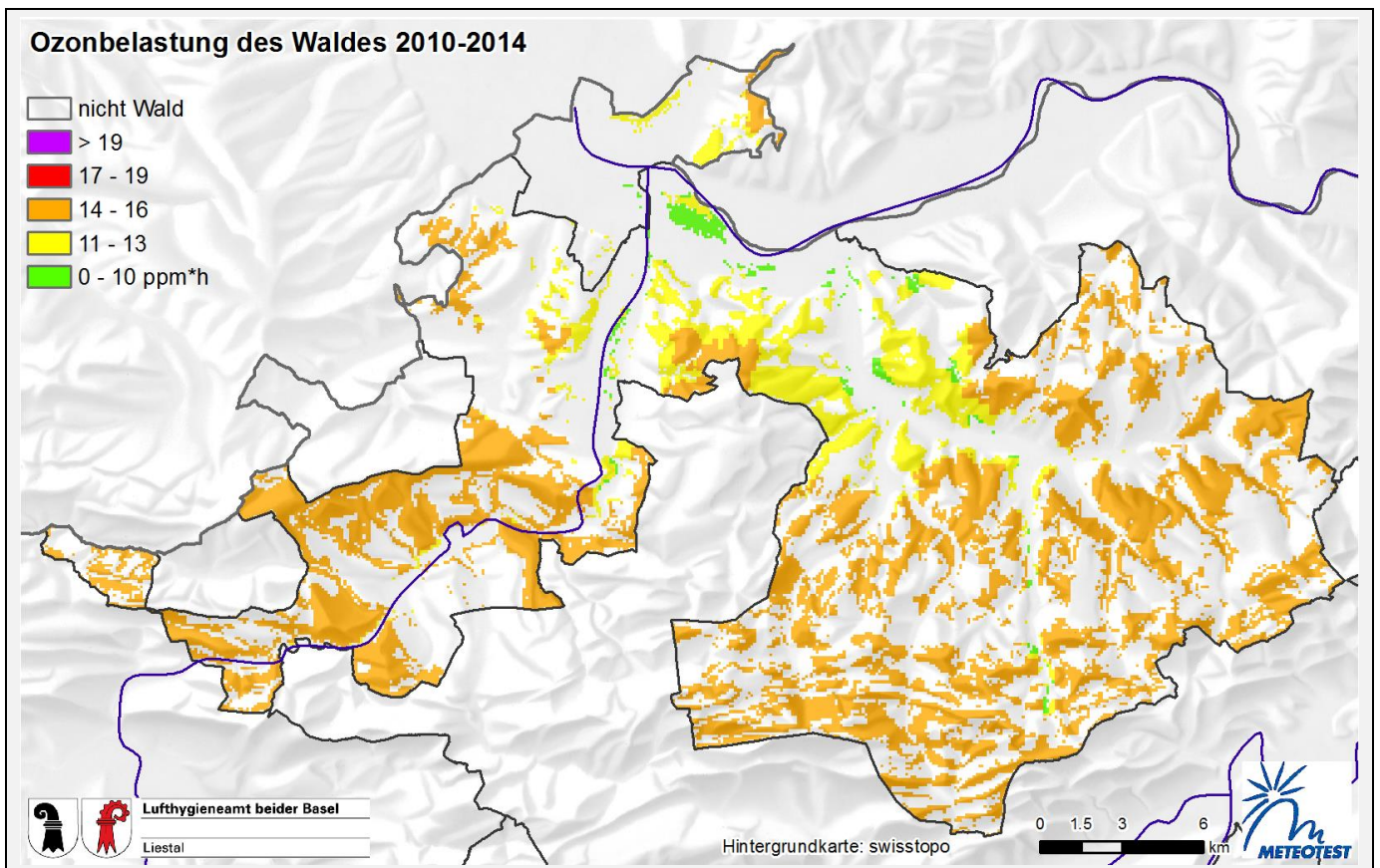


**Abb. 4: Jahresmittelwerte der Summe der ozonbildenden VOC**

Die Summe der ozonbildenden VOC hat sich seit 1995 mehr als halbiert.

### 2.2.2 Ozon und Wald

Zum Schutz des Waldes hat der Bund Wirkungsgrenzwerte festgelegt. Die Beurteilung der Ozonbelastung für Waldflächen erfolgt anhand der Wirkungsschwelle AOT40 ("Critical level"). Für Waldgebiete gilt ein Critical Level von 10 ppm\*h pro Stunde (ppm\*h).



**Abb. 5: Ozonbelastung des Waldes (AOT40)**

Nur die Waldgebiete sind auf der Karte eingefärbt. Der Critical Level von 10 ppm\*h wird in den Waldgebieten fast überall überschritten. Die meisten Flächen liegen im Bereich 13 -16 ppm\*h oder darüber (Farbe gelb und orange).

Modellrechnungen und die Messungen zeigen, dass die Ozonbelastung des Waldes nach wie vor zu hoch ist. Der AOT40 wird in den Waldgebieten fast überall überschritten.

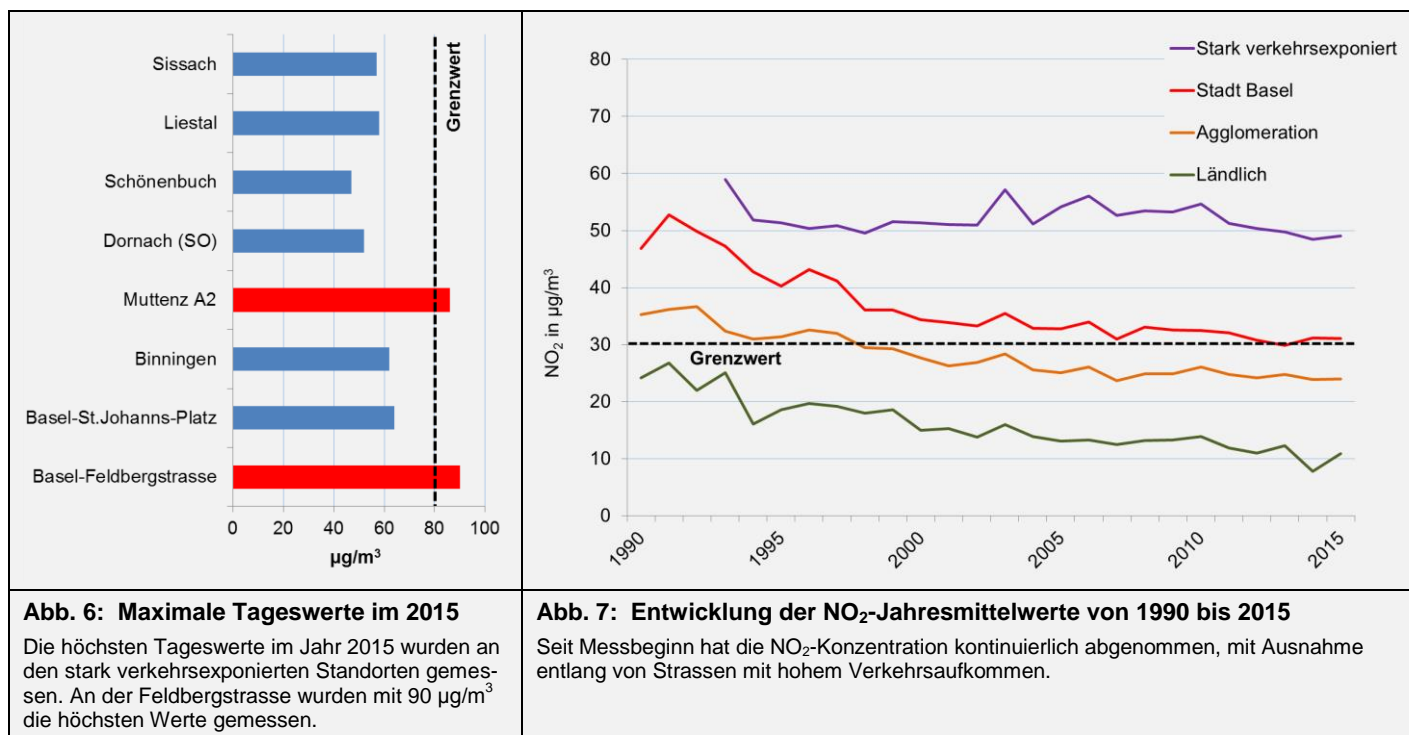
### 2.2.3 Fazit

Die bisherigen Massnahmen zur Emissionsreduktion der Vorläuferschadstoffe  $\text{NO}_x$  und VOC haben zu einer Reduktion der Spitzenwerte der Ozonbelastung im ländlichen Gebiet geführt.

Die Ozonbelastung ist aber nach wie vor zu hoch und muss reduziert werden. Der Handlungsspielraum für kantonale Massnahmen ist jedoch begrenzt. Alleine durch lokale bzw. regionale Massnahmen kann die Ozonbelastung nicht reduziert werden. Notwendig sind Massnahmen im europäischen Rahmen. Dies hat zur Folge, dass auch in der Region Basel die Emissionen der Vorläuferschadstoffe weiterhin reduziert werden müssen.

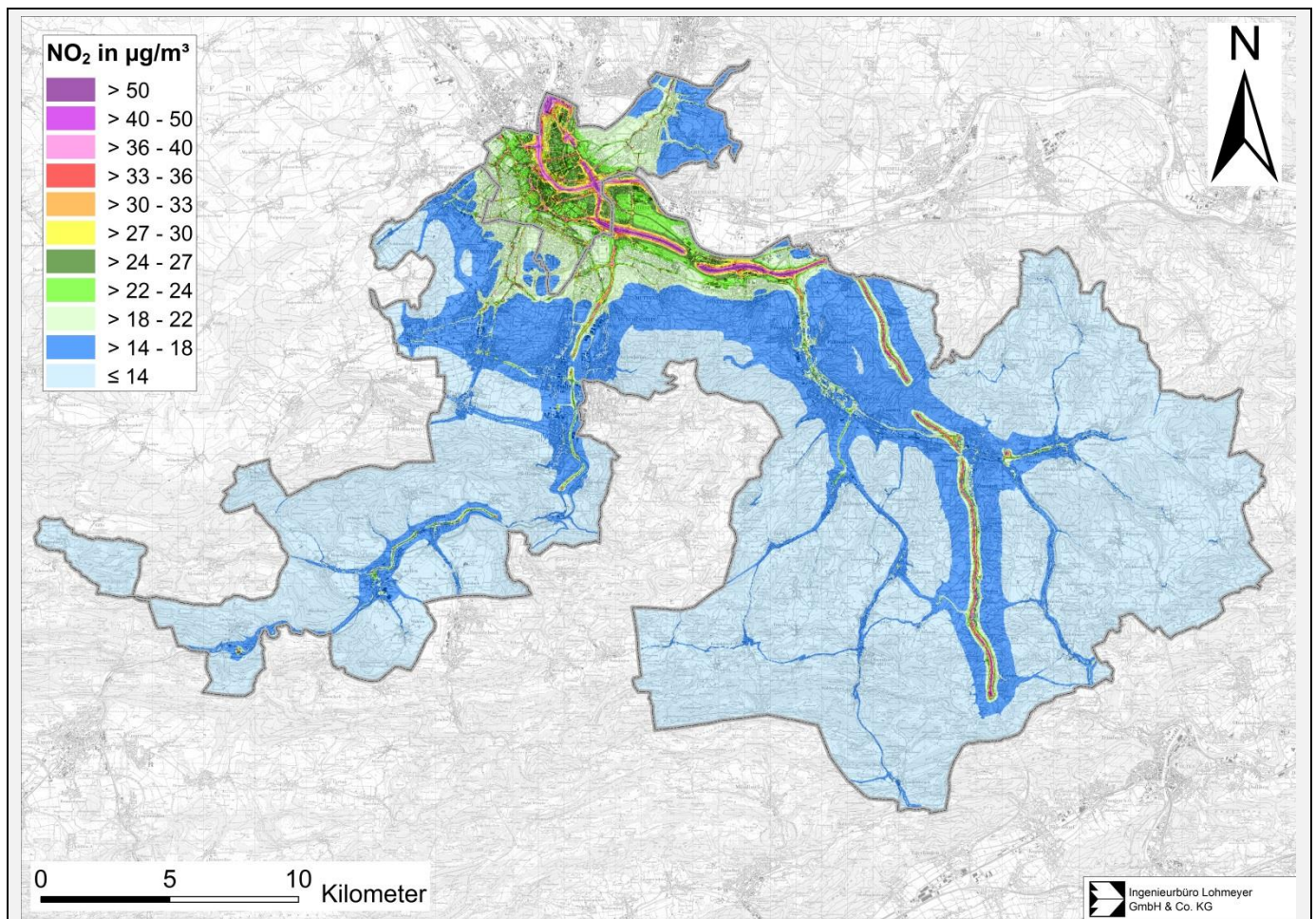
## 2.3 Stickstoffdioxid-Belastung

Hauptverursacher vor allem für Stickstoffdioxid ( $\text{NO}_2$ ) ist der motorisierte Verkehr. Der LRV-Grenzwert für den Jahresmittelwert von  $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für  $\text{NO}_2$  wird deshalb entlang stark verkehrsbelasteter Strassen deutlich überschritten. Die Überschreitung kann bis zu einem Faktor 2 des LRV-Grenzwertes betragen. An denselben Strassenstandorten wird auch der LRV-Grenzwert für den Tagesmittelwert von  $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$  mit Konzentrationen von bis zu  $90 \mu\text{g}/\text{m}^3$  überschritten. Im Jahr 2015 war dies am Messstandort Feldbergstrasse sowie am Messstandort Autobahn Muttenz A2 der Fall. Die permanente Station Basel Feldbergstrasse weist eine der höchsten  $\text{NO}_2$ -Belastungen in der Schweiz auf. Sie steht in einer typischen innerstädtischen Strassenschlucht, in der Nähe einer Kreuzung.



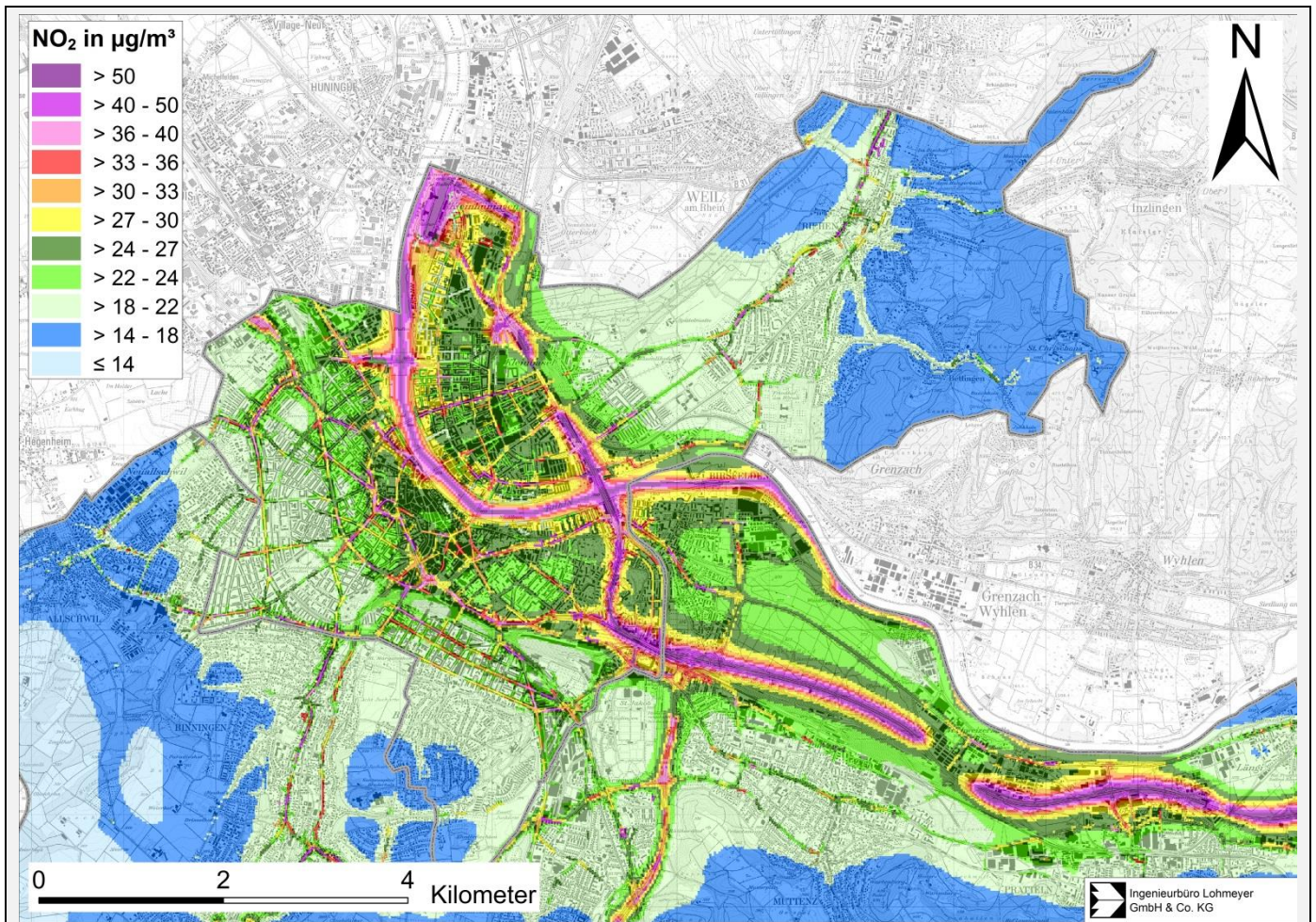
Abseits der stark frequentierten Strassen liegt die Belastung in der Stadt Basel im Bereich des Jahresgrenzwertes, in der Agglomeration Basel und im Baselbiet wird der Jahresgrenzwert unterschritten. An Standorten, welche weniger stark verkehrsexponiert sind, wird der Tagesgrenzwert eingehalten.

Für die Modellierung der grossräumigen Immissionskarte der Jahresmittelwerte der NO<sub>2</sub>-Belastung wurde im 2015 das Messnetz verdichtet, um ein detaillierteres Bild der Luftbelastung zu erhalten. Zusätzliche Erhebungen erfolgten gezielt in der Stadt Basel und an dicht befahrenen Hauptverkehrsachsen. Anhand dieser Immissionsmodellierung und der neusten Einwohnerdaten wurde die Schadstoffexposition der Bevölkerung berechnet.



**Abb. 8: Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2015 der NO<sub>2</sub>-Belastung Basel Stadt und Basel-Landschaft**  
 Die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen sind in der Stadt Basel und entlang der Hauptverkehrsachsen am grössten (Farben: violett bis orange). Erst am Rande der Agglomeration und in den ländlichen Gebieten liegen die Werte unterhalb des Grenzwertes von 30 µg/m<sup>3</sup> (hellblaue bis gelbe Farbtöne).

Die Abb. 8 und 9 zeigen den Jahresmittelwert der NO<sub>2</sub>-Belastung für das Jahr 2015. Die Immissionskarte erlaubt damit den Vergleich mit dem Jahresgrenzwert, welcher 30 µg/m<sup>3</sup> beträgt. Grosse Teile der Stadt Basel sind zu stark mit Stickstoffdioxid belastet, wie auch die Umgebung der Hauptverkehrsachsen (u.a. Autobahn A2) im Baselbiet. Entlang dem Rhein trägt der Schiffsverkehr zu erhöhten NO<sub>2</sub>-Immissionen bei. Die Konzentrationen in den Agglomerationsgemeinden liegen im Bereich des Grenzwertes oder darunter. Erst im ländlichen Gebiet wird der Grenzwert deutlich unterschritten.



**Abb. 9: Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2015 der NO<sub>2</sub>-Belastung Stadt Basel**

Die NO<sub>2</sub>-Immissionsbelastung ist in der Stadt Basel und entlang der Hauptverkehrsachsen am grössten. Die Rheinschifffahrt führt entlang dem Rhein und an den Schiffsanlegestellen zu zusätzlichen Belastungen.

### 2.3.1 Exposition der Wohnbevölkerung

Die berechneten Immissionswerte wurden mit den Einwohnerdaten und den Wohngebäudedaten überlagert, daraus wurde die Einwohnerzahl ermittelt, die in den entsprechenden Gebäudereihen mit grenzwertüberschreitenden Jahresmittelwerten zuzuordnen sind. Die Tabelle 2 zeigt das Resultat der Betroffenenheiten für das Bezugsjahr 2015 für die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft.

|   | Kanton Basel-Stadt<br>Zustand 2015 | Kanton Basel-Landschaft<br>Zustand 2015 |
|---|------------------------------------|---|
| Bevölkerung gesamt                                      | 199'040                            | 287'960                                 |
| Betr. Bevölkerung NO <sub>2</sub> >30 µg/m <sup>3</sup> | 60'730                             | 12'510                                  |
| Betr. Bevölkerung NO <sub>2</sub> >36 µg/m <sup>3</sup> | 26'180                             | 5'830                                   |

**Tab. 2: Betroffene Bevölkerung in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden Belastungen im Jahr 2015**

Rund 60'000 Personen der Wohnbevölkerung im Kanton Basel-Stadt sind im Bezugsjahr 2015 einer NO<sub>2</sub>-Belastung ausgesetzt, welche den Grenzwert von 30 µg/m<sup>3</sup> überschreiten. Im Kanton Basel-Landschaft sind dies rund 12'500 Einwohner.

Die Anzahl der Einwohner, welche übermässigen NO<sub>2</sub>-Belastungen (mehr als 36 µg /m<sup>3</sup> resp. 20% über dem gesetzlichen Grenzwert der LRV) ausgesetzt sind, beträgt im Kanton Basel-Stadt rund 26'000. Im Kanton Basel-Landschaft sind dies rund 6'000 Einwohner.

### 2.3.2 Fazit

Dank zahlreichen Emissionsminderungsmassnahmen ist eine deutliche Reduktion der NO<sub>2</sub>-Belastung erzielt worden. Abseits der stark frequentierten Strassen liegt die NO<sub>2</sub>-Belastung in der Stadt Basel im Bereich des Jahresgrenzwertes, in der Agglomeration Basel und im Baselbiet wird der Jahresgrenzwert unterschritten. Entlang stark verkehrsbelasteter Strassen werden der Jahresgrenzwert und teilweise auch der Tagesgrenzwert noch deutlich überschritten. Im Kanton Basel-Stadt ist im Bezugsjahr 2015 rund ein Drittel der Bevölkerung übermässigen NO<sub>2</sub>-Belastungen ausgesetzt. Im Kanton Basel-Landschaft sind dies rund 12'500 Einwohner.

## 2.4 Feinstaub PM10

Feinstaub PM10 ist ein Gemisch von Partikeln mit unterschiedlicher Grösse und chemischer Zusammensetzung. PM10 umfasst Partikel mit einem Durchmesser von weniger als 10 Mikrometer und entsteht durch zwei verschiedene Prozesse:

- Erstens werden Partikel durch primäre Emissionen wie z.B. durch Abrieb und Erosion gebildet oder direkt durch Verbrennungsprozesse emittiert (u.a. Dieselmotoren, Holzheizungen). Dabei handelt es sich vor allem um kleinste Russpartikel. Russ ist eine besonders gefährliche Komponente der Feinstaubfraktion und gilt als krebserregend. Für Russ gilt das Minimierungsgebot für krebserregende Stoffe. Zu den grösseren Partikeln gehören der Abrieb von Strassen, Pneu oder Bremsbelägen wie auch Staub aus natürlichen Quellen (z.B. Saharastaub).
- Zweitens bilden sich Partikel (Aerosole) aus gasförmigen Luftschadstoffen durch chemische Umwandlung (Sekundäre Partikel). Sie entstehen aus Stickoxiden, Schwefeldioxid, Ammoniak sowie flüchtigen organischen Verbindungen (VOC).

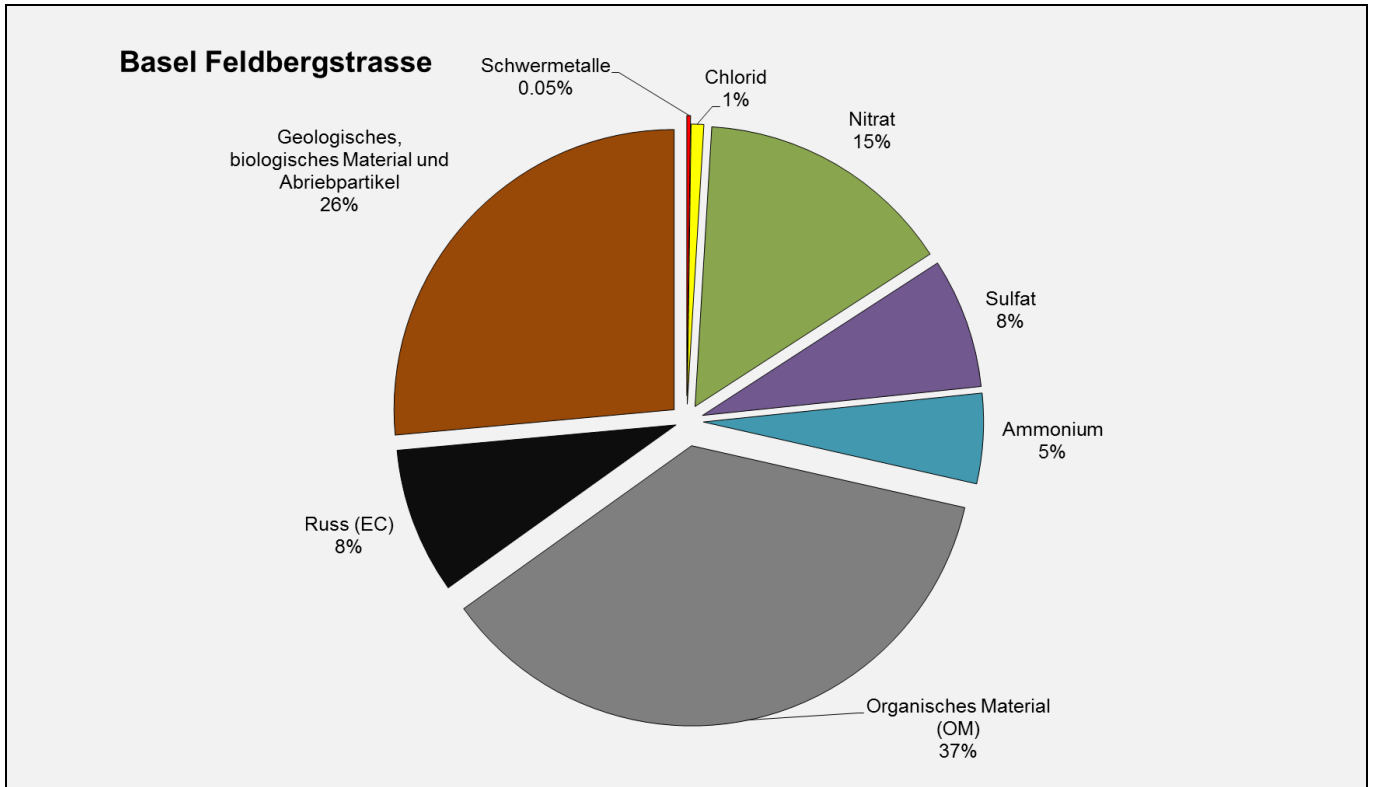
In der Tabelle 3 sind die jeweiligen Komponenten sowie deren Vorläufer und die Ursachen von Feinstaub aufgelistet.

|                              | Komponente                              | Vorläufer / Ursache                |
|------------------------------|---|------------------------------------|
| <b>Primäre Komponenten</b>   | Russ (elementarer und org. Kohlenstoff) | Verbrennungsprozesse               |
|                              | geologisches Material                   | Bau, Landwirtschaft, Verkehr, Wind |
|                              | Schwermetalle                           | Verbrennung, Produktion            |
|                              | Abriebpartikel                          | mechanische Beanspruchung          |
|                              | biologisches Material                   | Pilzsporen, Pflanzenfragmente      |
| <b>Sekundäre Komponenten</b> | Sulfat                                  | Schwefeldioxid                     |
|                              | Nitrat                                  | Stickoxide                         |
|                              | Ammonium                                | Ammoniak                           |
|                              | Organisches Material (OM)               | Gasförmige organische Verbindungen |

Tab. 3: Komponenten sowie Vorläufer und Ursachen von PM10

Zu je einem Drittel setzt sich PM10 aus primären Emissionen, aus Sekundär-Partikeln und aus kohlenstoffhaltigen Partikeln zusammen. Die Primäremissionen setzen sich aus Russ, organischem Material und den übrigen Partikeln zusammen. Die sogenannten sekundären Partikel (Aerosole) werden erst in der Atmosphäre aus den gasförmigen Schadstoffen gebildet. Damit tragen verschiedenste Emissionsquellen zu den PM10 Immissionen bei: Feuerungen, Verkehr, Industrie und die Landwirtschaft.

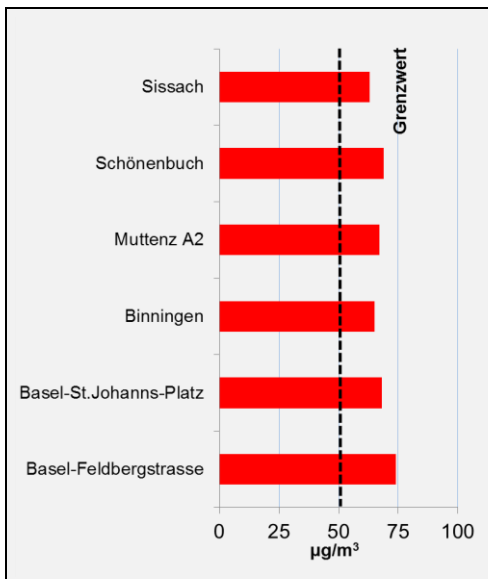
Für die Gesundheitsschädlichkeit sind die aller kleinsten Partikel und krebserregender Russ, der vor allem aus Dieselmotoren und der Holzverbrennung stammt, von besonderer Bedeutung.



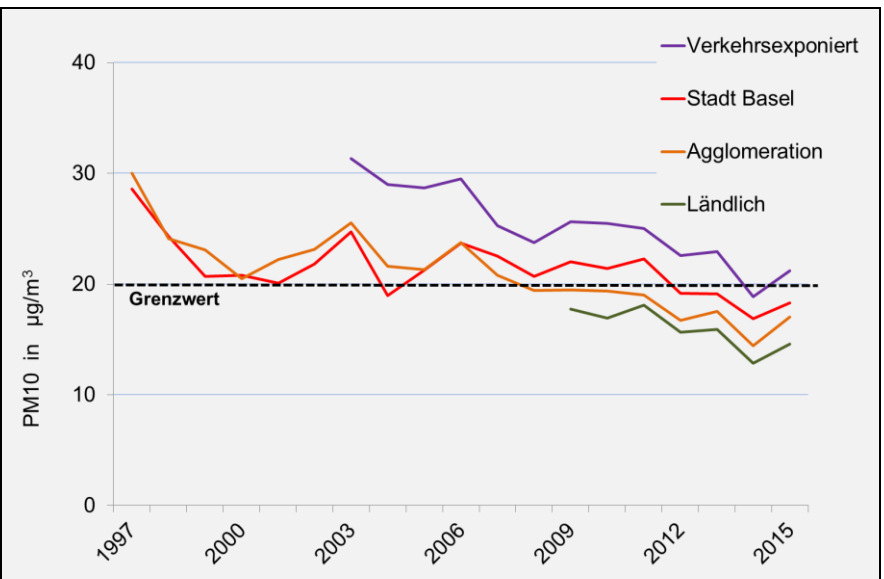
**Abb. 10: Mittlere chemische Zusammensetzung von PM10 an der Feldbergstrasse im 2015**  
 Rund 8 % des PM10 an der Feldbergstrasse ist krebserzeugender Russ.

### 2.4.1 PM10 Belastung

Für PM10 sind in der LRV ein Langzeit- und ein Kurzzeit-Immissionsgrenzwert vorgegeben. Die Luftbelastung durch PM10 ist als Dauerbelastung grossräumig kein Problem. Der Jahresgrenzwert von 20 µg/m<sup>3</sup> wird hauptsächlich an verkehrsexponierten Standorten überschritten.

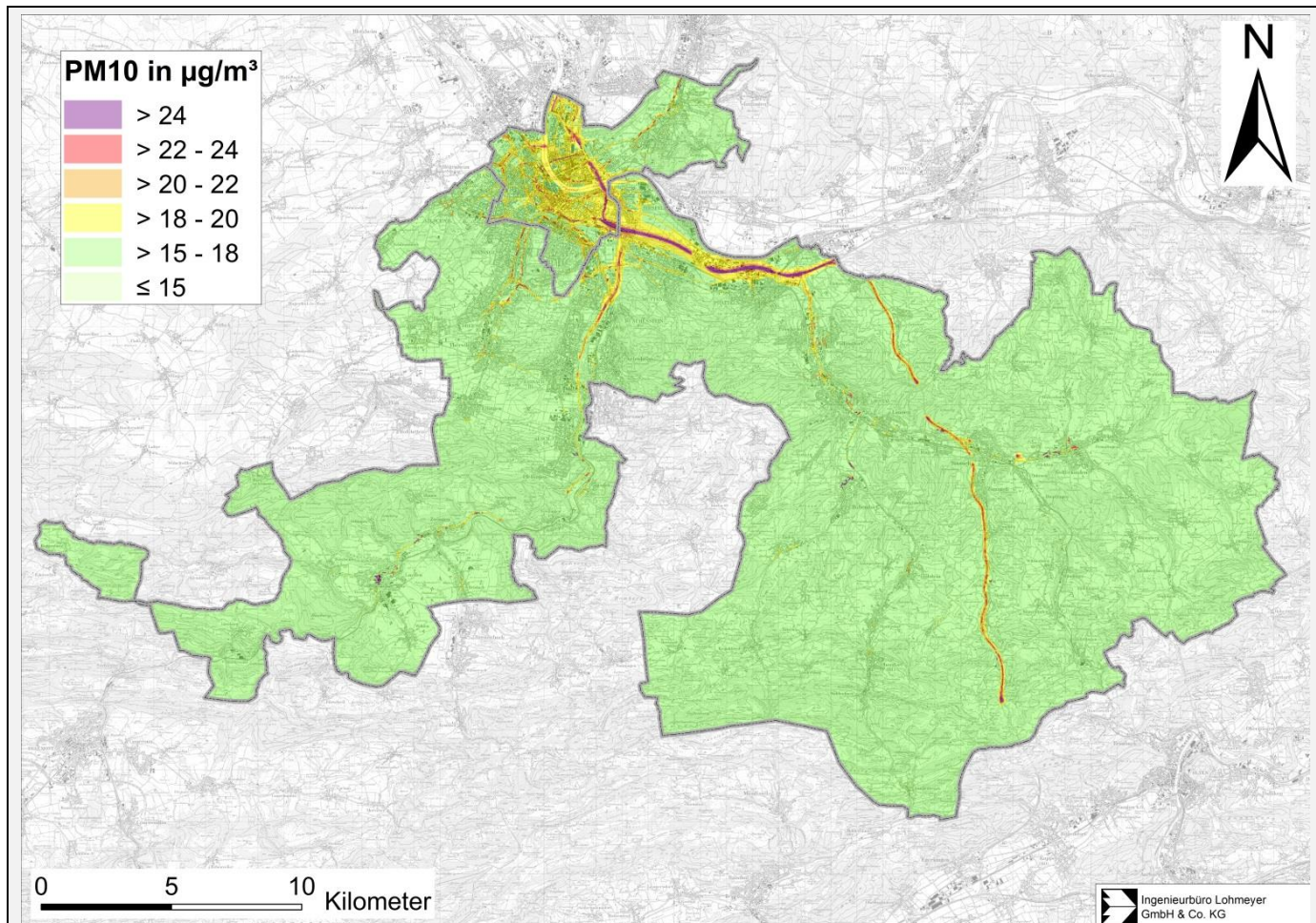


**Abb. 11: Max. Tageswerte im 2015**  
 Im Jahr 2015 wurde an allen Stationen der Tagesgrenzwert von 50 µg/m<sup>3</sup> überschritten. An der Feldbergstrasse wurden mit 74 µg/m<sup>3</sup> die höchsten Werte gemessen.



**Abb. 12: Entwicklung der PM10-Jahresmittelwerte von 1997 bis 2015**  
 Seit Messbeginn hat die PM10-Konzentration kontinuierlich abgenommen. entlang von Strassen mit hohem Verkehrsaufkommen liegt die Belastung über dem Jahresgrenzwert von 50 µg/m<sup>3</sup>.

Die Überschreitung des Tagesgrenzwerts tritt hingegen häufiger auf. Der Grenzwert von  $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$  wird an allen Messstationen mindestens einmal jährlich überschritten. Die hohen Immissionen treten bei bestimmten Witterungsbedingungen (Inversionslagen im Winter) auf. Die PM10-Immissionsbelastung ist deshalb im Winter am höchsten. Das Ausmass der Überschreitung liegt im Bereich von 10 bis 25%.

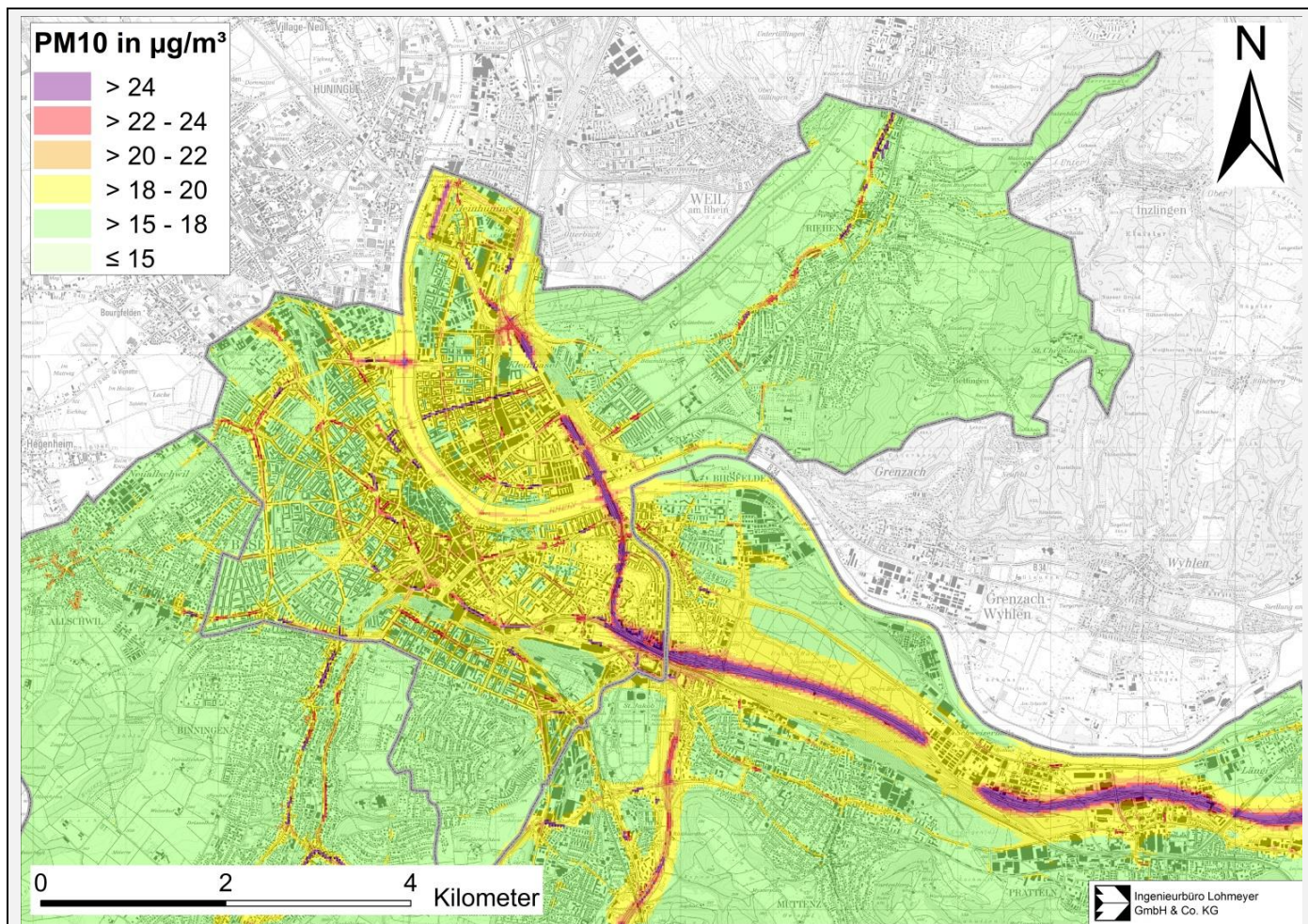


**Abb. 13: Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2015 der PM10-Belastung Basel Stadt und Basel-Landschaft**

Die PM10-Konzentrationen sind in der Stadt Basel und entlang der Hauptverkehrsachsen am grössten (Farben: violett, rot, orange). Erst am Rande der Agglomeration und in den ländlichen Gebieten liegen die Werte im Bereich oder unterhalb des Grenzwertes von  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (gelb, grüne Farbtöne).

Die berechneten PM10-Immissionen sind in Abb. 13 und 14 für das Jahr 2015 dargestellt. In Basel-Stadt liegen die PM10-Immissionen zwischen  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  und  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ; entlang der Hauptverkehrsstrassen wird der Grenzwert von  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  teilweise überschritten.

Ausserhalb des dichten Hauptverkehrsstrassennetzes sind PM10-Immissionen unter  $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zu erwarten. In den kommenden Jahren ist mit einer weiteren Entschärfung der PM10-Situation zu rechnen.



**Abb. 14: Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2015 der PM10-Belastung in der Stadt Basel**  
 Die PM10-Konzentrationen sind in der Stadt Basel entlang der Hauptverkehrsachsen am höchsten.

#### 2.4.2 Exposition der Wohnbevölkerung

Die Tabelle 4 zeigt das Resultat der Betroffenheiten für das Bezugsjahr 2015 für die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft.

|  | Kanton Basel-Stadt<br>Zustand 2015 | Kanton Basel-Landschaft<br>Zustand 2015 |
|--|------------------------------------|---|
| Bevölkerung gesamt                           | 199'040                            | 278'820                                 |
| Betr. Bevölkerung PM10 >20 µg/m <sup>3</sup> | 22'630                             | 9'440                                   |

**Tab. 4: Betroffene Bevölkerung in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden Belastungen im Jahr 2015**

Im Kanton Basel-Stadt sind im Bezugsjahr 2015 rund 22'500 Einwohner einer PM10-Belastung ausgesetzt, welche die gesetzlichen Grenzwerte der LRV überschreiten (20 µg/m<sup>3</sup> und mehr). Im Kanton Basel-Landschaft sind dies rund 9'500 Einwohner.

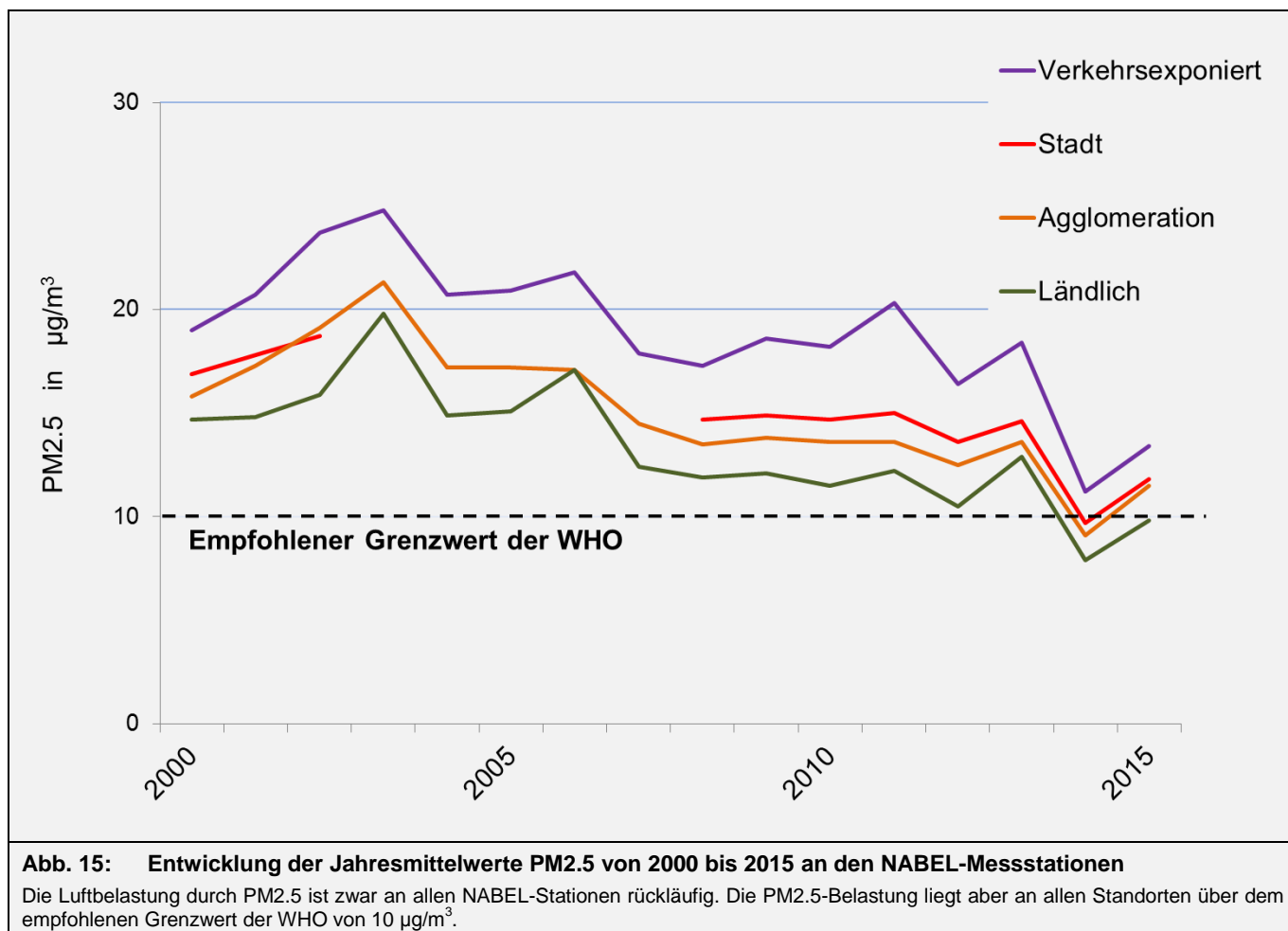
### 2.4.3 Fazit

Die PM10-Belastung hat in der Region Basel weiter abgenommen. An Strassen mit grossem Verkehrsaufkommen ist sie aber nach wie vor zu hoch. Die Spitzenbelastungen im Winterhalbjahr werden witterungsbedingt auch zukünftig weiterhin auftreten. Die Reduktion der primären Feinstaub-Emissionen reicht zur Zielerreichung alleine nicht aus. Die gasförmigen Luftschadstoffe als Vorläufer für die Bildung von Sekundär-Partikeln müssen ebenfalls reduziert werden.

## 2.5 Feinstaub PM2.5

Feinstaub PM2.5 ist wie PM10 ein Gemisch aus primär emittierten Partikeln und sekundär gebildeten Staubteilchen. Zum PM2.5 tragen aber nur jene Staubteilchen bei, deren Durchmesser kleiner ist als 2.5  $\mu\text{m}$ . Damit ist PM2.5 eine Fraktion von PM10. Zurzeit macht PM2.5 in der Schweiz je nach Standort zwischen 65% und 80% des PM10 aus. Während es für PM10 einen Immissionsgrenzwert in der LRV gibt, ist ein solcher für PM2.5 erst in Diskussion.

Studien weltweit zeigen, dass die Gesundheitsgefährdung des PM10 insbesondere durch die Fraktion PM2.5 verursacht wird. Die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL) empfiehlt deshalb, neu einen Jahresmittelgrenzwert von 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  für die PM2.5-Immissionsbelastung in der LRV zu verankern (EKL 2013). Der Wert entspricht den Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO 2005).



**Abb. 15: Entwicklung der Jahresmittelwerte PM2.5 von 2000 bis 2015 an den NABEL-Messstationen**

Die Luftbelastung durch PM2.5 ist zwar an allen NABEL-Stationen rückläufig. Die PM2.5-Belastung liegt aber an allen Standorten über dem empfohlenen Grenzwert der WHO von 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

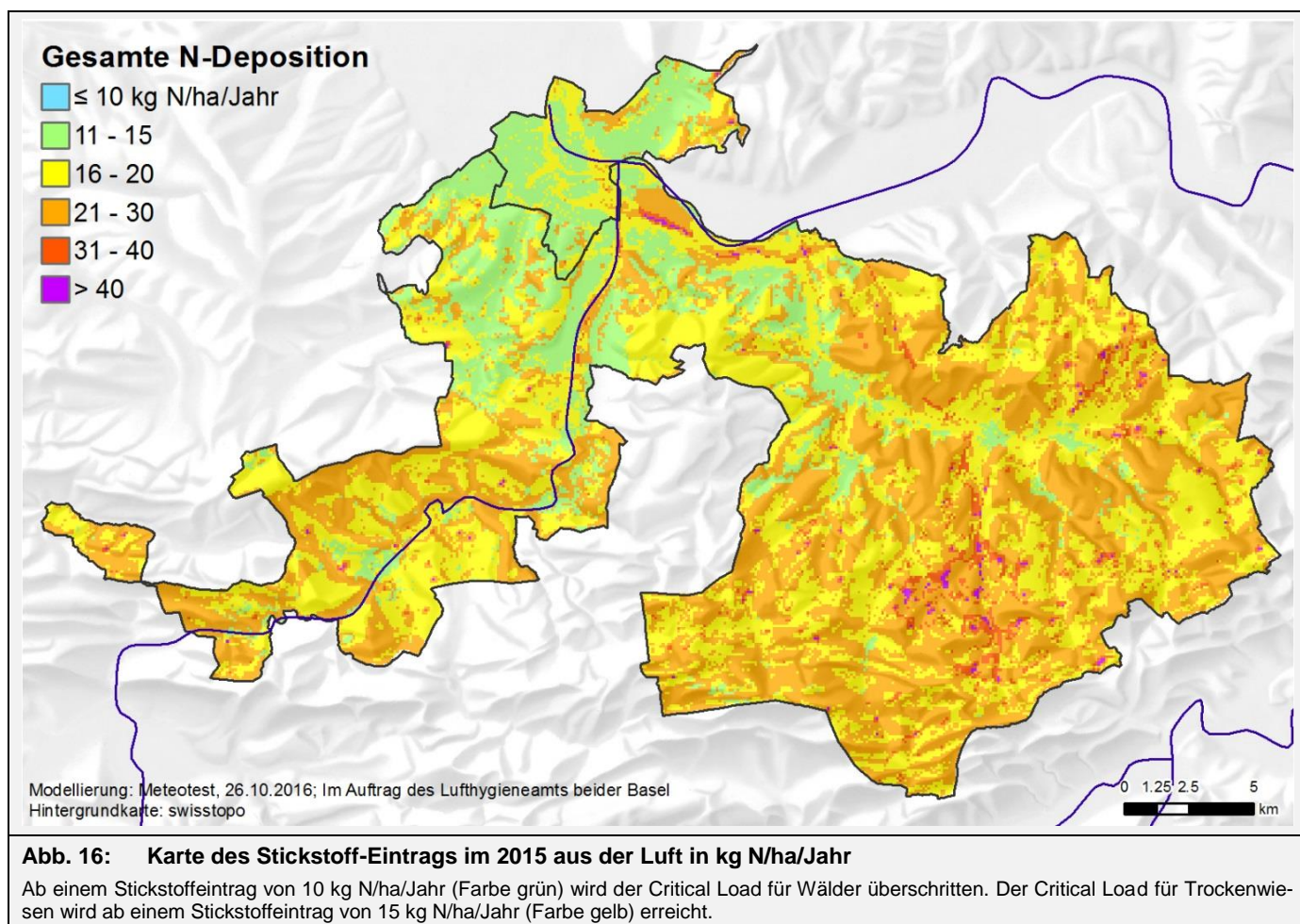
In den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft wird PM2.5 erst an wenigen Standorten gemessen. Die in Abb. 15 dargestellten Daten zur Entwicklung der Jahresmittelwerte von PM2.5 stammen vom Nationalen Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL). Die NABEL-Stationen sind über das ganze Land verteilt und messen die Belastung an typischen Standorten (z.B. Strassen in Stadtzentrum, Wohngebiet, ländliche Station).

Die Messungen zeigen, dass die Luftbelastung grossflächig oberhalb des empfohlenen Grenzwerts der WHO von  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  liegt. Die PM2.5-Luftbelastung ist in den Städten, entlang der Hauptverkehrsachsen und in der Agglomeration am höchsten. In ländlichen Gebieten liegen die Werte im Bereich des empfohlenen Grenzwerts der WHO von  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 2.6 Stickstoffdepositionen

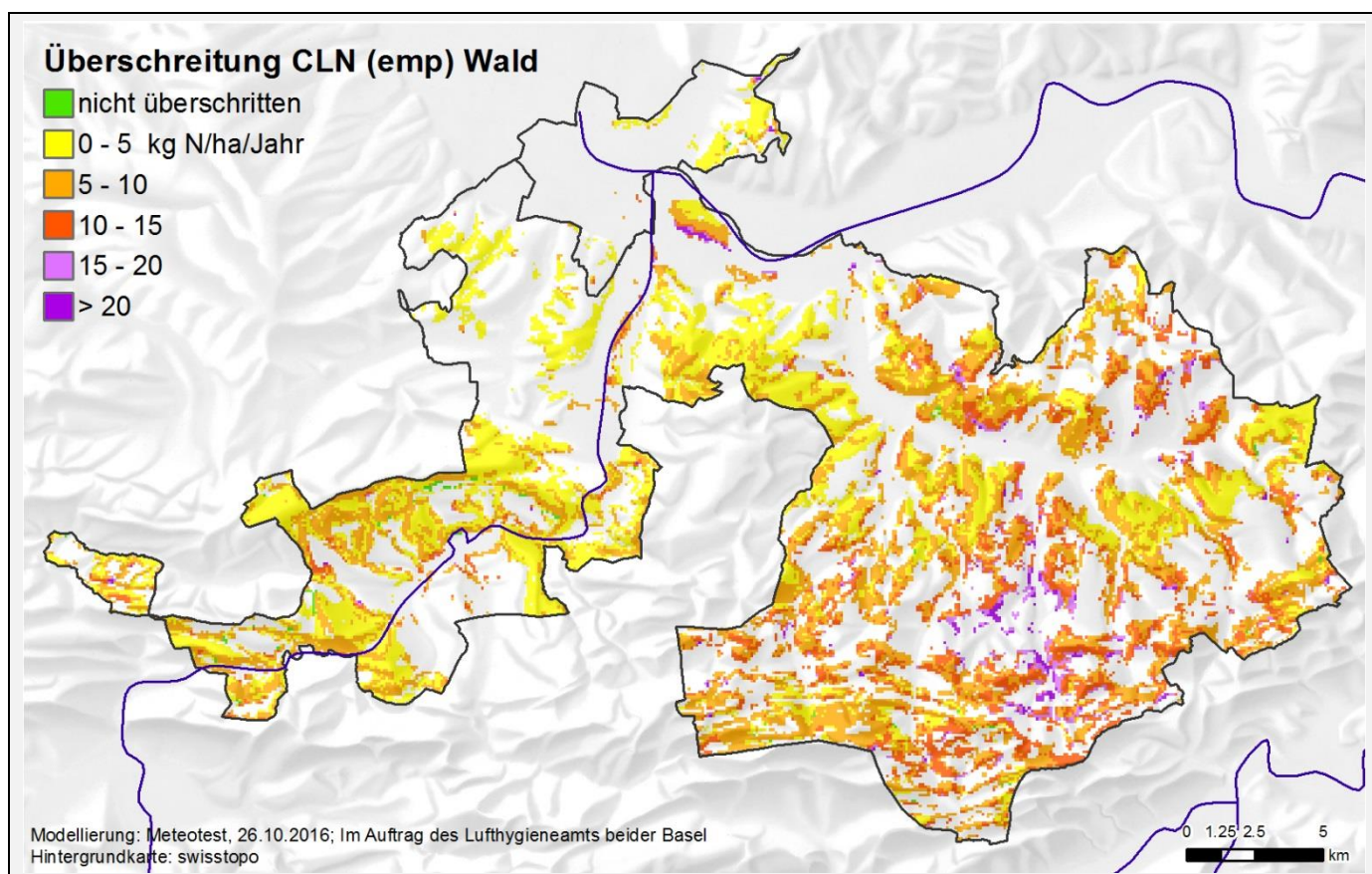
Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) und Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) werden durch chemische Prozesse in der Atmosphäre umgewandelt. Es entstehen dabei Nitrat- und Ammonium-Partikel, welche auch eine Feinstaubfraktion bilden (sogenannte Sekundärpartikel).  $\text{NO}_x$  und  $\text{NH}_3$  werden von den Pflanzen und dem Boden gasförmig oder durch Partikel aufgenommen. Dies wird als Stickstoff-Eintrag (Deposition) bezeichnet.

Stickstoff ist ein Schlüsselement für die gesamte belebte Natur. Er ist der wesentliche Baustein für die Produktion von Eiweiss und somit für unsere Nahrung. In der Landwirtschaft wird Stickstoff in Form von Hof-, Recycling- oder Mineraldünger eingesetzt. Deposition aus der Luft und biologische Stickstofffixierung durch Leguminosen sind weitere Eintragsquellen. Aus Verkehr, Industrie und Haushalt gelangen ebenfalls grosse Mengen an Stickstoffverbindungen als Stickoxide, Ammoniak, Nitrat und Lachgas in Luft, Boden und Wasser. Dies schädigt Menschen, Tiere und Pflanzen. Für naturnahe Ökosysteme wie Wälder, Moore, artenreiche Naturwiesen führt diese Überdüngung durch Stickstoffverbindungen (Eutrophierung) zu einer Versauerung und einem Nährstoffungleichgewicht im Boden, zu einer erhöhten Anfälligkeit gegen Krankheiten, zu Schädlingen und Windwurf. Zu hohe Stickstoffeinträge bewirken eine Veränderung in der Artenzusammensetzung und haben negative Auswirkungen auf die Biodiversität. Nitrat wird durch zu hohe Stickstoffeinträge aus dem Boden ins Grundwasser geschwemmt und verringert den Sauerstoffgehalt von Gewässern.



Die Beurteilung des Ausmasses der Deposition erfolgt anhand von Critical Loads<sup>2</sup>. Im Anhang 5 sind die jeweiligen Schwellenwerte aufgeführt. Übermässiger Stickstoff-Eintrag stört empfindliche Ökosysteme wie Trockenwiesen oder Wald. Ab einem Stickstoffeintrag von 10 Kilogramm Stickstoff pro Hektar und Jahr (kg N/ha/Jahr) wird der Critical Load für Wälder überschritten. Der Critical Load für Trockenwiesen wird ab einem Stickstoffeintrag von 15 kg N/ha/Jahr erreicht.

Die Stickstoff-Deposition in der Region Basel liegt zwischen 10 und 40 kg N/ha/Jahr. In den Tälern werden 10 bis 15 kg N/ha/Jahr deponiert. In den ländlichen Gebieten sind es mit 15 - 30 kg N/ha/Jahr deutlich mehr. Die höchsten Stickstoff-Depositionen (> 30 kg N/ha/Jahr) treten in Gebieten mit intensiver Tierhaltung auf und entlang der Autobahnen.



**Abb. 17: Überschreitung der Critical Loads im 2015 von 10 kg N /ha/ Jahr für Wald**

In der obigen Karte sind die Waldgebiete in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft eingefärbt. Praktisch die gesamte Waldfläche der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft weist einen übermässigen Stickstoffeintrag auf. Die Überschreitung des Critical Load von 10 kg N/ha/Jahr für Wälder liegen im Durchschnitt bei über 5 bis 15 kg N/ha/Jahr (Farbe orange und rot).

### 2.6.1 Fazit

Die Critical Loads für Stickstoffeinträge sind in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft grossräumig überschritten. Der Eintrag von Stickstoffverbindungen in empfindliche Ökosysteme liegt weit über den tolerierbaren Werten. Die für die Beurteilung relevanten Critical Loads sind teilweise massiv überschritten.

Nahezu das gesamte Waldgebiet in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft weist einen übermässigen Stickstoffeintrag von mehr als 10 kg N/ha/Jahr auf.

<sup>2</sup> **Critical Load:** Wirkungsschwelle für die Deposition von Luftschadstoffen; kritischer Eintrag eines Schadstoffes, den ein Ökosystem gerade noch verkraften kann.

Dieses Ungleichgewicht an Nährstoffeintrag hat eine Verminderung des Wurzelwachstums zur Folge und begünstigt dadurch den Windwurf in den Wäldern. Auch die Trockenwiesen sind auf rund einem Viertel der Flächen von übermässigen Belastungen betroffen. Diese zusätzliche Düngung verändert die Artenzusammensetzung. Der Eintrag von Stickstoffverbindungen aus der Luft muss deshalb weiter reduziert werden.

## 2.7 Luftreinhaltung und Klimaschutz

Zwischen Luftreinhaltung einerseits und Energiepolitik und Klimaschutz andererseits bestehen ausgeprägte Synergien: Viele Luftschadstoffe haben eine direkte oder indirekte Beeinflussung des Klimas zur Folge und tragen insbesondere in unerwünschter Weise zur Klimaerwärmung bei. Deshalb ist es für Reduktionsstrategien der Luftreinhaltung und des Klimaschutzes wichtig, Synergien zu identifizieren und zu nutzen. Treibhausgase und Luftschadstoffe haben zahlreiche gemeinsame Quellen.

Die Reduktion des Verbrauchs an Treib- und Brennstoffen führt in der Regel zu einer Verminderung von Luftschadstoffemissionen; die Minderung der Russ- und Ozonbelastung trägt ihrerseits mit rascher Wirkung zum Klimaschutz bei. Die Wirkmechanismen der wichtigsten Treibhausgase und Luftschadstoffe kann wie folgt zusammengefasst werden:

- Die Treibhausgase Kohlendioxid ( $\text{CO}_2$ ), Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ) und Methan ( $\text{CH}_4$ ) tragen hauptsächlich zur Klimaerwärmung bei. Ihre Konzentrationen in der Luft sind in den letzten Jahrzehnten weltweit deutlich angestiegen.
- Der im PM10 enthaltene Russ verstärkt den Treibhauseffekt und damit die Klimaerwärmung.
- Kohlenmonoxid ( $\text{CO}$ ), Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) und flüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC) führen zur Bildung von Ozon ( $\text{O}_3$ ), das ein hohes Erwärmungspotential besitzt.
- Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) ist der Ausgangsstoff zur Bildung von Lachgas ( $\text{N}_2\text{O}$ ), welches ebenfalls ein hohes Erwärmungspotential hat.
- Schwefeldioxid ( $\text{SO}_2$ ), Stickoxide ( $\text{NO}_x$ ) und Ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) führen zu klimaerwärmendem sekundärem PM10 (Ammoniumsulfat und Ammoniumnitrat).
- Ausserdem tragen fluorierte, synthetische Gase mit teils extrem hohen Erwärmungspotentialen zum Klimawandel bei. Diese kommen in Kühl- und Klimaanlageanlagen als Kühlmittel und in der Produktion bei der Halbleiter- und Elektrotechnik vor.

Die Klimaziele des Bundes werden primär auf das  $\text{CO}_2$  ausgerichtet.  $\text{CO}_2$  kann nicht durch technische Massnahmen reduziert werden, sondern nur durch Einsparung fossiler Brennstoffe. Der Vorteil biogener Brennstoffe (in der Regel aus Pflanzen, z.B. Holz oder Biogas) besteht darin, dass sie bei ihrer Verbrennung die Menge an  $\text{CO}_2$  emittieren, welche die Pflanzen durch Photosynthese während ihres Wachstums der Atmosphäre entzogen haben. Abgesehen vom Energieverbrauch für Anbau und Transport gilt Biomasse deshalb als  $\text{CO}_2$ -neutral. Das  $\text{CO}_2$ -Gesetz des Bundes bezweckt eine Reduktion der  $\text{CO}_2$ -Emissionen aus fossilen Brenn- und Treibstoffen. Die Luftreinhalte-Verordnung des Bundes enthält energetische Anforderungen (Grenzwerte für den Abgasverlust von Öl- und Gasfeuerungen) und leistet damit einen Beitrag zum Klimaschutz.

Aus der Sicht der Luftreinhaltung werden im Grundsatz die Massnahmen der Energiestrategie, welche den Energieverbrauch reduzieren, unterstützt. In bestimmten Fällen treten allerdings Zielkonflikte auf: gewisse Technologien der Energiegewinnung durch Verbrennen von Treib- und Brennstoffen bewirken erhebliche Schadstoffemissionen, welche nur durch aufwendige Abgasreinigungsanlagen niedrig gehalten werden können. Die energetische Nutzung von Biomasse (Holzfeuerungen, Biogasanlagen) sowie der Einsatz von Motoren in

WKK-Anlagen sind Beispiele energiepolitisch erwünschter Technologien, die lufthygienisch jedoch reguliert werden müssen. Damit Synergien entstehen können, werden die Massnahmenplanung der Luftreinhaltung und die Energiestrategie koordiniert. Der Einsatz von öffentlichen Fördergeldern im Energiebereich wird deshalb heute verknüpft mit Massnahmen, welche auch auf die Luftqualität eine positive Bilanz aufweisen.

## **2.8 Fazit**

Die Immissionen von NO<sub>2</sub>, Ozon und PM10 und PM2.5 und die Stickstoffdepositionen liegen über den Grenz- und Schwellenwerten.

Bei einzelnen Schadstoffen konnten in den letzten Jahren Verbesserungen erzielt werden, aber der Rückgang ist stagnierend. Aufgrund der aktuellen Belastungssituation besteht in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft weiterhin die gesetzliche Verpflichtung, den Luftreinhalteplan mit geeigneten Massnahmen weiterzuführen.

Ursache der lokal und saisonal ungenügenden Luftqualität sind die Emissionen der Luftschadstoffe aus Verkehr, Feuerungen, Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe. Ziel der Massnahmen muss es deshalb sein, diejenigen Emissionen zu reduzieren, welche flächendeckend zur Überschreitung des jeweiligen Grenzwerts führen. Zudem müssen die Vorläufersubstanzen von sekundären Luftschadstoffen wie Ozon und PM10 reduziert werden.

### 3. Auswirkungen der Luftverschmutzung

Die übermässige Schadstoffbelastung der Luft führt sowohl zu Beeinträchtigungen der menschlichen Gesundheit als auch zu Schäden an der Umwelt sowie zu Ertragsverlusten in der Landwirtschaft mit entsprechenden wirtschaftlichen Verlusten. Die Lufthygieneforschung hat in den letzten Jahrzehnten enorme Fortschritte gemacht. Zu den bekannten Folgen kommen neu untersuchte Gesundheitseffekte hinzu. Das nachfolgende Kapitel 3.1 „Auswirkungen auf die Gesundheit“ wurde von der Dokumentationsstelle Luftverschmutzung und Gesundheit (LUDOK) des Schweizerischen Tropen- und Public Health Instituts (SWISS TPH) erstellt.

#### 3.1 Auswirkungen auf die Gesundheit (Beitrag von SwissTPH)

Die kurzfristigen Folgen der Luftverschmutzung sind gut untersucht und bekannt. Bei steigender Feinstaub-, Stickstoffdioxid- und Ozonbelastung steigt die Zahl der täglichen Todesfälle, der Spitaleintritte und der Krankheitstage. Die World Health Organization WHO hat im HRAPIE-Bericht<sup>3</sup> die Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen den Schadstoffen und den Gesundheitsfolgen zusammengestellt: Bei jeder kurzfristigen Zunahme der PM<sub>2.5</sub>-Belastung<sup>4</sup> um 10 µg/m<sup>3</sup> ist mit einem Anstieg der Todesfälle um 1.2% zu rechnen. Ein Anstieg der Ozonbelastung (bezogen auf den höchsten 8 Std.-Wert eines Tages) oder des höchsten NO<sub>2</sub>-Stundenmittelwerts um 10 µg/m<sup>3</sup> erhöht die Zahl der Todesfälle um je 0.3%. Notfallmässige Spitaleintritte sind auch in der Schweiz immer noch ein Thema trotz besserer allgemeiner Qualität der Luft<sup>5</sup>.

Die Folgen bei kurzfristigem Anstieg der Schadstoffbelastung sind:

- Mehr Todesfälle wegen Herzkreislauf- und Atemwegserkrankungen;
- Mehr Spitaleintritte wegen Herzkreislauf- und Atemwegsproblemen;
- Mehr Tage mit eingeschränkter Aktivität und mehr Arbeitsabsenzen;
- Mehr Asthmasymptome;
- Mehr allgemeinärztliche Konsultationen, Einnahme von Medikamenten, Selbstmedikation, Vermeidungsverhalten, physiologische Veränderungen z.B. in der Lungenfunktion.

Kurzfristig gemessene Wirkungen erfassen nur einen Bruchteil der tatsächlichen Effekte, da viele Krankheiten erst langfristig entstehen und sich auch kleine Effekte mit der Zeit summieren. Langandauernde und wiederholte Belastungen sind daher für die Gesundheit noch bedeutender.

##### 3.1.1 Langfristige Folgen bei Kindern

Kinder sind besonders empfindlich auf Luftverschmutzung. Ein Anstieg der Luftbelastung führt zu mehr Atemwegsinfektionen bei Kleinkindern<sup>6</sup> und erhöht dadurch die Säuglingssterblichkeit. Sie beeinträchtigt das Lungenwachstum während der gesamten Lungenentwicklung. Höher belastete Kinder haben auch häufiger Bronchitis. An verkehrsreichen Wohnlagen stellte man bei Kindern häufiger Asthma fest<sup>7</sup>. Im Fokus neuerer Untersuchungen stehen die Folgen der Schadstoffexposition während der Schwangerschaft oder der frühen Kindheit

<sup>3</sup> [www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0017/234026/e96933.pdf?ua=1](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/234026/e96933.pdf?ua=1)

<sup>4</sup> Feinstaubpartikel mit Durchmesser kleiner als 2.5 Mikrometer (µm).

<sup>5</sup> Perez L, Grize L, Infanger D, Künzli N, Sommer H, Alt GM, Schindler C (2015). Associations of daily levels of PM<sub>10</sub> and NO<sub>2</sub> with emergency hospital admissions and mortality in Switzerland: Trends and missed prevention potential over the last decade. *Environ Res* 2015; 140: 554-561.

<sup>6</sup> MacIntyre EA et al. Air pollution and respiratory infections during early childhood: an analysis of 10 European birth cohorts within the ESCAPE Project. *Environ Health Perspect*. 2014 Jan;122(1):107-13. doi: 10.1289/ehp.1306755. Epub 2013 Sep 30.

<sup>7</sup> McConnell R, Islam T, Shankardass K, Jerrett M, Lurmann F, Gilliland F, Gauderman J, Avol E, Künzli N, Yao L, Peters J, Berhane K. (2010). Childhood incident asthma and traffic-related air pollution at home and school. *Environ Health Perspect*. 2010 Jul;118(7):1021-6.

für Geburtsgewicht, Frühgeburtlichkeit, Missbildungen, Krebserkrankungen und für die kognitive Entwicklung. Als sehr wahrscheinlich gilt mittlerweile der Zusammenhang eines tieferen Geburtsgewichts mit der Feinstaubbelastung, der für die weitere gesundheitliche Entwicklung negative Folgen haben kann<sup>8</sup>. Für die übrigen Folgen ist die Datenlage noch ungenügend.

### 3.1.2 Langfristige Folgen bei Erwachsenen

Grosse Kohortenstudien und Metaanalysen haben die Auswirkungen langfristiger Belastung mit Luftschadstoffen auch bei Erwachsenen bestätigt. So berechneten Hoek et al.<sup>9</sup> in ihrer Metaanalyse von 13 Kohortenstudien den Zusammenhang der krankheitsbedingten Sterblichkeit mit der Feinstaubbelastung auf + 4.5% pro 10µg PM10/m<sup>3</sup> und auf + 5.5% pro 10µg NO<sub>2</sub>-Belastung/m<sup>3</sup>. Die grosse europäische ESCAPE-Studie, in die auch Daten der Schweizer SAPALDIA-Studie einfließen, wies den Zusammenhang mit der Sterblichkeit für die Feinstaubgrößen PM2.5, PM10 und für Stickoxide nach<sup>11</sup>. Erwachsene leiden auch häufiger unter chronischer Bronchitis.

Unabhängig von Rauchen, Geschlecht und sozialer Klasse wurde die Luftverschmutzung im Allgemeinen und Feinstaub im Besonderen von der Internationalen Krebsagentur IARC mittlerweile als krebserzeugend eingestuft. 15% der weltweit auftretenden Lungenkrebsfälle seien Folge der Luftverschmutzung.<sup>12</sup>

### 3.1.3 Strassennähe ist ungesund

Der Verkehr liefert in unseren dicht besiedelten Gebieten den grössten Beitrag an die Luftverschmutzung und ihre Folgen. Anhand der Verkehrsdichte oder der Wohnlage in Strassennähe können die Gesundheitseffekte auch ohne direkten Schadstoffbezug untersucht werden. In der Schweiz zeigte Hazenkamp-von Arx et al.<sup>13</sup> auf, dass Atemwegsprobleme bei Erwachsenen in der Nähe einer Autobahn zunehmen. Spycher et al. fanden Hinweise auf ein erhöhtes Leukämierisiko bei Kindern in Autobahnnähe<sup>14</sup>. Verschiedene Studien stellen fest, dass auch das Risiko für Herzinfarkt oder frühzeitige Arteriosklerose in der Nähe von Hauptverkehrsachsen höher ist. Neben Abgasen ist auch der Verkehrslärm relevant für die Gesundheit. Diese Krankheitslast kommt noch zu den luftbedingten Folgen hinzu<sup>15</sup>.

### 3.1.4 Unterschätzte Gesundheits- und Kostenfolgen?

Die neuere Forschung hat weitere mögliche Gesundheitsfolgen untersucht, wie z.B. Diabetes für den auch in der Schweiz ein Zusammenhang mit der Feinstaubbelastung gefunden werden konnte<sup>16</sup>. Ausserdem könnten Einschränkungen der kognitiven Entwicklung und Leistung oder Demenzerkrankungen mit der Luftverschmutzung verbunden sein. Bei letzteren wird ein kausaler Zusammenhang mit den ultrafeinen Partikeln diskutiert.

<sup>8</sup> Shah PS, Balkhair T; Knowledge Synthesis Group on Determinants of Preterm/LBW births (2011). Air pollution and birth outcomes: a systematic review. *Environ Int.* 2011 Feb;37(2):498-516.

<sup>9</sup> Hoek G, Krishnan RM, Beelen R, Peters A, Ostro B, Brunekreef B, Kaufman JD (2013). Long-term air pollution exposure and cardio-respiratory mortality: a review. *Environ Health.* 2013 May 28;12(1):43.

<sup>10</sup> Umgerechnet aus dem ursprüngliche Effektschätzer für Feinstaub der Grössenfraktion PM2.5

<sup>11</sup> <http://www.escapeproject.eu/>

<sup>12</sup> Loomis D 2014. Vortrag vom 15.5.2014 am WHO Task Force on Health Meeting. 14.-15. Mai 2014 in Bonn.

<sup>13</sup> Hazenkamp-von Arx ME, Schindler C, Ragettli M, Künzli N, Braun-Fahrländer C, Liu LJS (2011). Impacts of highway traffic exhaust in alpine valleys on the respiratory health in adults: a cross-sectional study. *Environmental Health* 2011; 10: 13.

<sup>14</sup> Spycher BD, Feller M, Rösli M, Ammann RA, Diezi M, Egger M, Kuehni CE (2015). Childhood cancer and residential exposure to highways: a nationwide cohort study. *Eur J Epidemiol.* 2015; 30 (12): 1263-1275.

<sup>15</sup> Vienneau D, Perez L, Schindler C, Lieb C, Sommer H, Probst-Hensch N, Künzli N, Rösli M (2015). Years of life lost and morbidity cases attributable to transportation noise and air pollution: A comparative health risk assessment for Switzerland in 2010. *Int J Hyg Environ Health.* 2015; 218 (6): 514-521.

<sup>16</sup> Eze IC, Schaffner E, Fischer E, Schikowski T, Adam M, Imboden M, Tsai M, Carballo D, von Eckardstein A, Künzli N, Schindler C, Probst-Hensch N (2014). Long-term air pollution exposure and diabetes in a population-based Swiss cohort. *Environ Int* 2014; 70: 95-105.

Die Beweislage ist jedoch noch ungenügend. Sollte sich der Verdacht mit weiteren Studien erhärten, hätten wir die Folgen der Luftverschmutzung bisher massiv unterschätzt.

## **3.2 Auswirkungen auf die Ökosysteme**

Die übermässige Luftschadstoffbelastung beeinträchtigt auch die Ökosysteme. Damit gehen ein Verlust an Biodiversität und die Schädigung von Pflanzen einher. Auch landwirtschaftliche Nutzflächen sind davon betroffen, was zu entsprechenden Ernteaufschlägen führt. Die Beeinträchtigung der Wälder wirkt sich auch negativ auf die Schutzwirkung gegen Naturgefahren und auf die Trinkwasserqualität aus.

### **3.2.1 Stickstoff**

Stickstoff ist unentbehrlich für das Pflanzenwachstum. Gewisse Pflanzenkulturen haben einen hohen Stickstoffbedarf, der u.a. über die Düngung gedeckt werden kann. Ein erhöhter Stickstoffeintrag schädigt hingegen stickstoffempfindliche Ökosysteme. Wälder, Trockenwiesen und Moore wachsen langsam und können ihren Stickstoffbedarf nur durch natürliche Erneuerung und Einträge aus der Luft decken.

Ein übermässiger Stickstoffeintrag führt u.a. zu schlecht entwickelten bzw. schlecht verankerten Wurzeln, was die Nährstoffversorgung erschwert und die Vitalität des Ökosystems senkt. Die Anfälligkeit gegenüber Stressfaktoren wie Trockenheit, Windangriff und Parasiten nimmt zu. Die Folgen sind vermehrte Erosionsschäden und eine verstärkte Versauerung der Böden.

Infolge der übermässigen Ammoniak- und Stickoxidemissionen aus Landwirtschaft, Strassenverkehr, Feuerungen sowie Industrie und Gewerbe liegen die Stickstoffeinträge praktisch flächenhaft über der längerfristig verkraftbaren Schwelle («ökologische Belastungsgrenze» = Critical Loads).

### **3.2.2 Ozon**

Ozon ist ein starkes Pflanzengift. In Experimenten mit jungen Bäumen wurde bei hoher Ozonbelastung eine Wachstumsreduktion von etwa 5% beobachtet. Zahlreiche Versuche in kontrollierten Begasungssystemen haben gezeigt, dass mit steigender Ozonkonzentration der Erntertrag von Getreiden, Kartoffeln und anderen wichtigen Kulturen um 10% abnimmt. Die für Ertragsverluste kritische Ozonbelastung (AOT40<sup>17</sup>) wird in der Schweiz regelmässig und grossflächig überschritten.

## **3.3 Kosten der Luftverschmutzung**

Anhand der im Kapitel 3.1 „Auswirkungen auf die Gesundheit“ beschriebenen epidemiologischen Studien wurde vom SwissTPH für die beiden Basler Halbkantone abgeschätzt, wie viele zusätzliche Erkrankungen und Todesfälle bei der gegenwärtigen Luftbelastungssituation zu erwarten sind. Dabei wurden nur Gesundheitseffekte berücksichtigt, die als erwiesen gelten und sich ökonomisch quantifizieren lassen. Im Anhang 6 ist das Vorgehen zu den Kostenschätzungen der Luftbelastung aufgeführt.

---

<sup>17</sup> AOT40: engl. Abkürzung. für "accumulated exposure over a threshold of 40 ppb"; Dosiswert für die stündlich kumulierte Ozonkonzentration über 40 ppb

Aufgrund vorzeitiger Todesfälle wegen erhöhter Luftbelastung gehen jedes Jahr rund 1'900 Lebensjahre verloren (Tabelle 5).

Weiter kommt es zu rund 130 zusätzlichen Hospitalisierungen wegen Atemwegs- oder Herz- / Kreislaufkrankungen, zu zusätzlichen Erkrankungen wegen Bronchitis und zu mehr Asthmaanfällen. Die rund 250'000 Tage mit eingeschränkter Aktivität bedeuten im Durchschnitt pro Einwohner etwas mehr als einen halben Tag pro Jahr der auf die Luftbelastung zurückzuführen ist.

| Gesundheitsauswirkungen                               | Anzahl  |         |         |
|---|---------|---------|---------|
|   | BL      | BS      | Total   |
| Anzahl verlorene Lebensjahre                          | 1054    | 836     | 1891    |
| Spitaleintritte wegen Herz-/Kreislaufkrankungen       | 37      | 28      | 65      |
| Spitaltage wegen Herz-/Kreislaufkrankungen            | 359     | 276     | 635     |
| Spitaleintritte wegen Atemwegserkrankungen            | 36      | 28      | 64      |
| Spitaltage wegen Atemwegserkrankungen                 | 298     | 229     | 527     |
| Inzidenz von Bronchitis bei Erwachsenen (ab 18 Jahre) | 91      | 72      | 163     |
| Prävalenz von Bronchitis bei Kindern (5-17 Jahre)     | 465     | 291     | 756     |
| Asthmaanfälle Erwachsene (ab 18 Jahre)                | 1320    | 1048    | 2367    |
| Tage mit Asthmasymptomen bei Kindern (5-17 Jahre)     | 2863    | 1794    | 4657    |
| Tage mit eingeschränkter Aktivität                    | 139'000 | 125'000 | 156'000 |
| Tage mit Erwerbsausfall bei Arbeitenden               | 34'000  | 29'000  | 39'000  |

Tab. 5: Verlorene Lebensjahre und Krankheitsfälle wegen Luftbelastung

Diese Gesundheitsauswirkungen haben Kostenfolgen, die zu einem grossen Teil nicht vom Verursacher gedeckt sind (externe Kosten). Insgesamt verursacht die Luftbelastung jährlich in den beiden Basler Halbkantonen Gesundheitskosten von CHF 242 Millionen (siehe Tabelle 6). Das entspricht rund CHF 500 pro Person und Jahr.

| Gesundheitseffekte                                    | Kosten in Mio. CHF |            |            |
|---|--------------------|------------|------------|
|   | BL                 | BS         | Total      |
| Frühzeitige Todesfälle                                | 98                 | 78         | 176        |
| Hospitalisierungen wegen Herz-/Kreislaufkrankungen    | 0.9                | 0.7        | 1.5        |
| Hospitalisierungen wegen Atemwegserkrankungen         | 0.60               | 0.4        | 1          |
| Inzidenz von Bronchitis bei Erwachsenen (ab 18 Jahre) | 11                 | 8          | 19         |
| Prävalenz von Bronchitis bei Kindern (5-17 Jahre)     | 0.2                | 0.1        | 0.3        |
| Asthmaanfälle Erwachsene (ab 18 Jahre)                | 0.1                | 0.1        | 0.2        |
| Tage mit Asthmasymptomen bei Kindern (5-17 Jahre)     | 0.2                | 0.1        | 0.4        |
| Tage mit eingeschränkter Aktivität                    | 24                 | 20         | 44         |
| <b>TOTAL Gesundheitskosten</b>                        | <b>135</b>         | <b>107</b> | <b>242</b> |

Tab. 6: Gesundheitskosten in Mio CHF

Am relevantesten sind dabei die frühzeitigen Todesfälle (Gesamtkosten CHF 176 Millionen). Daneben verursachen luftschadstoffbedingte Erkrankungen wegen chronischer Bronchitis und die Tage mit eingeschränkter Aktivität jährlich wiederkehrende Kosten von CHF 19 und 44 Millionen.

Neben Auswirkungen auf die Gesundheit bewirken Luftschadstoffe Gebäudeschäden, Ernteauffälle, Waldschäden, einen Verlust der Biodiversität und Klimafolgeschäden. Diese wurden nicht explizit berechnet waren jedoch bei einer Abschätzung zu den externen Kosten des Verkehrs für die ganze Schweiz rund 1.5 Mal höher als die Gesundheitskosten. Damit verursacht die Luftbelastung insgesamt in den beiden Basler Halbkantonen jährliche Kosten von rund CHF 600 Millionen. Pro Person und Jahr sind das CHF 1'300.

| <b>Kosten Luftbelastung</b>                         | <b>Kosten in Mio. CHF</b> |            |              |
|---|---------------------------|------------|--------------|
|   | <b>BL</b>                 | <b>BS</b>  | <b>Total</b> |
| <b>TOTAL Kosten der Luftbelastung (in Mio. CHF)</b> | <b>335</b>                | <b>267</b> | <b>602</b>   |

Tab. 7: Kosten der Luftbelastung in Mio. CHF

## 4. Emissionen, Reduktionsziele und Reduktionsbedarf

Luftschadstoffe entstehen bei der Verbrennung (Brenn-, Treibstoffe, Abfälle, Baumschnitt etc.), aus der Umwandlung von Luftschadstoffen oder werden durch Verdunsten, Abrieb oder Aufwirbelung freigesetzt.

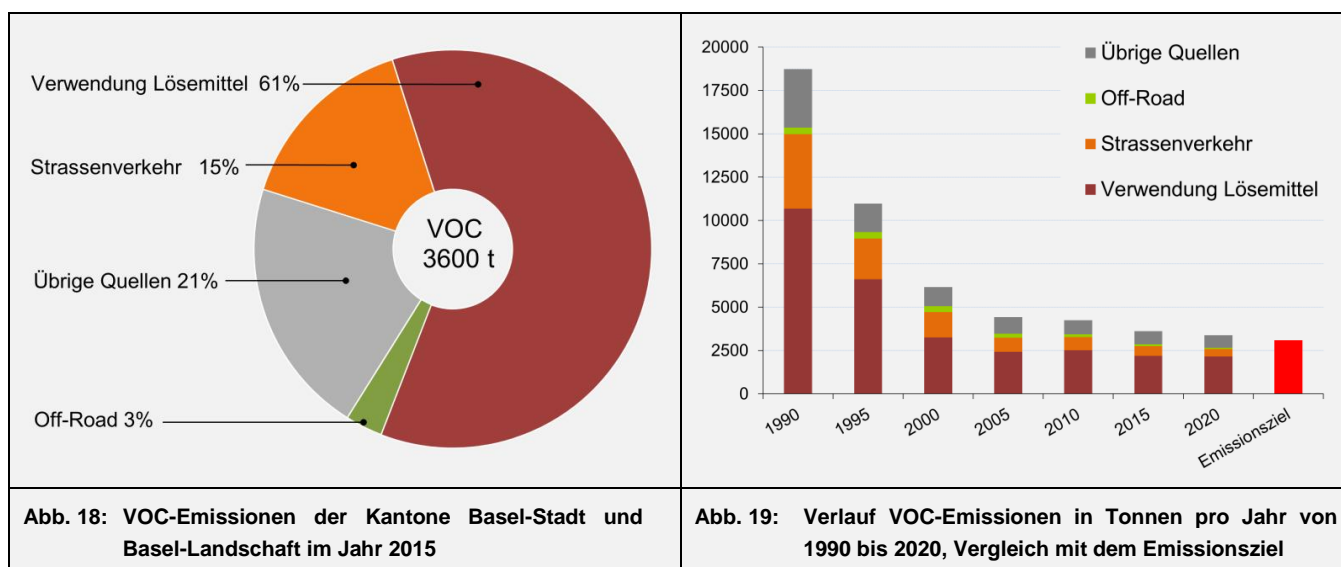
Für das Bezugsjahr 2015 wurden die Emissionen der flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), Stickoxide (NO<sub>x</sub>), Feinstaub PM10, Feinstaub PM2.5 und Ammoniak (NH<sub>3</sub>) für die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft ermittelt. Dazu dienten Messdaten und Emissionsbilanzierungen von Feuerungs- und übrigen industriellen bzw. gewerblichen Anlagen. Bei fehlenden Emissionsdaten wurden die Emissionen anhand von Produktions- und Verbrauchszahlen (z.B. Brennstoff, Abfall) auf der Grundlage der Emissionsfaktoren des Emissioninformationssystems Schweiz (EMIS) des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) berechnet.

### 4.1 Flüchtige organische Stoffe

Flüchtige organische Verbindungen (VOC = volatile organic compounds) gelangen durch Verdunstung von Lösemitteln und Treibstoffen sowie durch unvollständige Verbrennungsprozesse in die Atmosphäre. Zu den VOC zählen hauptsächlich organische Lösemittel, welche in der Industrie und im Gewerbe eingesetzt sowie in Lacken, Farben und in verschiedenen Produkten verwendet werden. Benzindämpfe und nicht verbrannte Kohlenwasserstoffe aus Fahrzeugabgasen, anderen mobilen Quellen und Geräten wie z.B. Rasenmähern zählen ebenfalls zu den VOC.

#### 4.1.1 Emissionsentwicklung

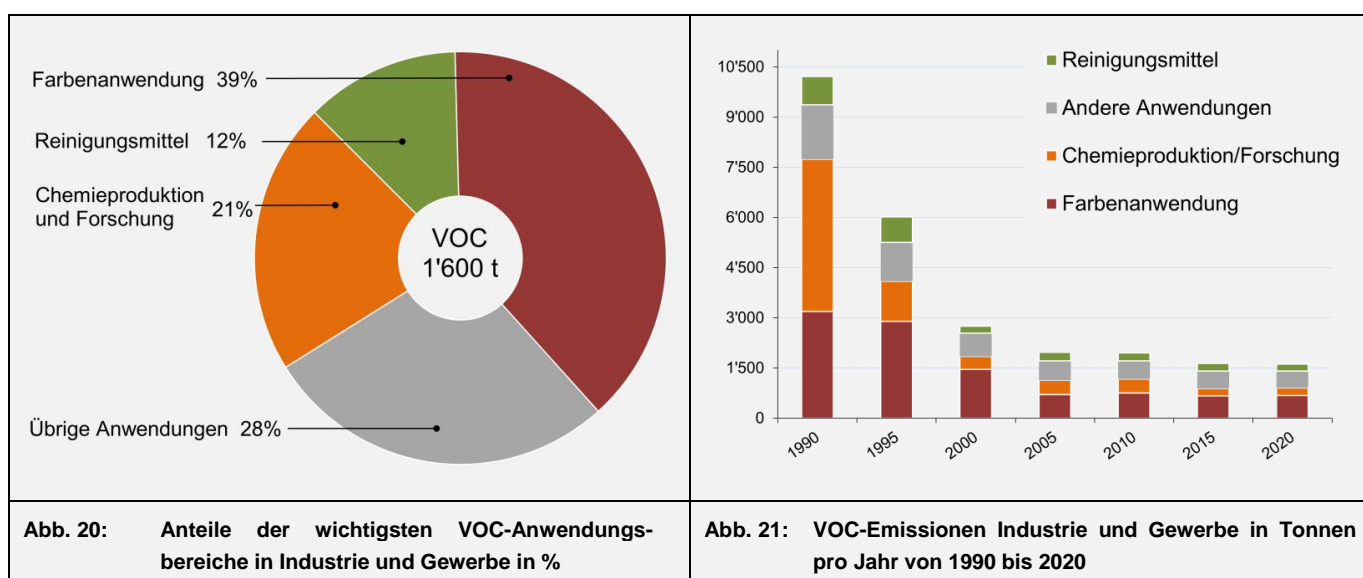
Die VOC-Emissionen in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft betragen im Jahr 2015 rund 3600 Tonnen. Die Hauptquelle der VOC ist die Verwendung von Lösemitteln und lösemittelhaltigen Produkten mit einem Anteil von rund 60% (Abb. 18). Der Anteil des Strassenverkehrs und anderer mobiler Quellen (Off-Road) beträgt 18%. Die restlichen Emissionen stammen von Feuerungen, der Landwirtschaft und der Abfallentsorgung.



Die VOC-Emissionen konnten gegenüber 1990 bis heute um rund 80% reduziert werden (Abb. 19). Diese Reduktion ist vor allem durch die Installierung von Abluftreinigungsanlagen in Industrie und Gewerbe sowie durch die Wirkung der VOC-Lenkungsabgabe erzielt worden. Die VOC-Emissionen des Strassenverkehrs wurden seit 1990 um über 50% reduziert und werden auch in Zukunft weiter abnehmen. Die Emissionen der Haushalte haben entgegen dem allgemeinen Trend zugenommen.

#### 4.1.2 Verwendung von Lösemitteln

Über die Hälfte der gesamten VOC-Emissionen wurden im Jahr 2015 bei der Verwendung von lösungsmittelhaltigen Produkten emittiert, dies in den Bereichen Industrie und Gewerbe sowie in den Haushalten. Im Bereich Industrie und Gewerbe stammen rund 40% der Emissionen aus der Farbenanwendung (Abb. 20).

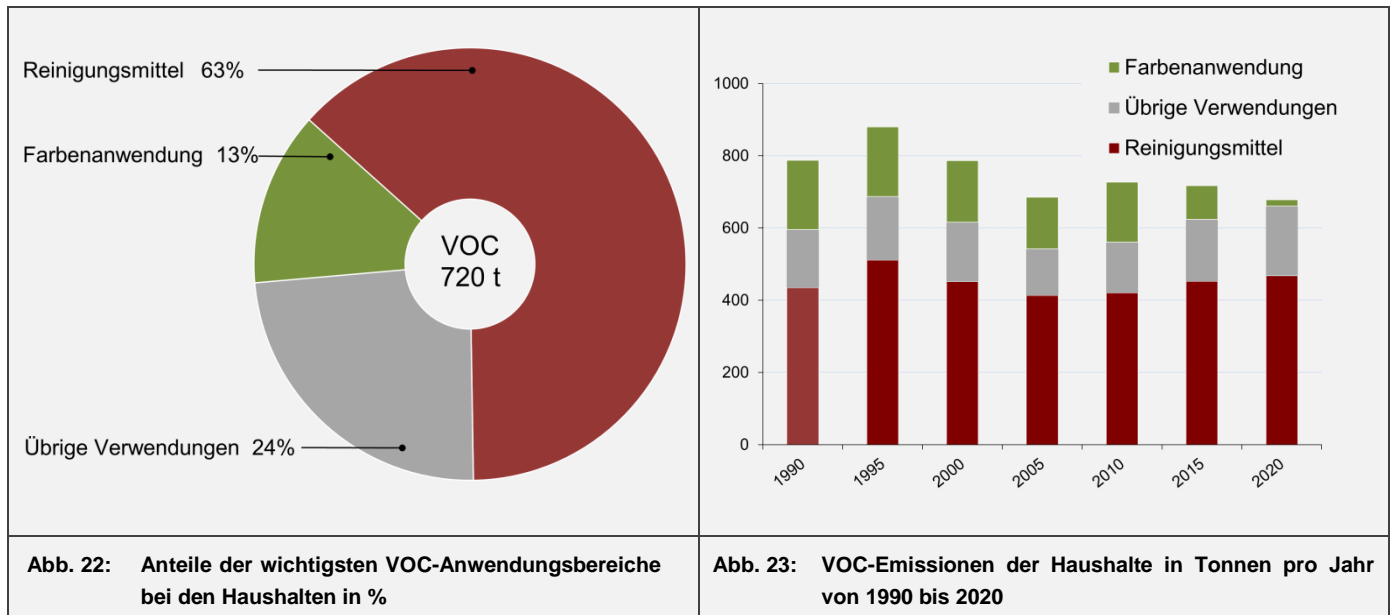


Der Anteil der Chemieproduktion/Forschung und der gewerblichen Prozesse beträgt jeweils rund 20%. Die übrigen Emissionen stammen hauptsächlich aus dem Gesundheitswesen und dem Strassenbau.

Die VOC-Emissionen aus der chemischen Industrie und dem chemischen Gewerbe an den gesamten Emissionen hat sich während der 90er Jahren markant verringert (Abb. 21). Dies ist u.a. eine Folge der Einführung der Lenkungsabgabe auf VOC sowie der Umsetzung der Massnahmen IG3 „Verminderung der VOC-Emissionen nach dem Stand der Technik“ des LRP 2010.

Mit 63% der Emissionen sind die Reinigungsmittel die Hauptquelle der VOC-Emissionen bei den Haushalten (Abb. 22). Der Anteil der Emissionen aus den Farbenwendungen beträgt 13%. Die restlichen Emissionen stammen hauptsächlich von Spraydosen (20%), welche zum Versprühen von Flüssigkeiten wie Haarspray, Deodorant, Rasierschaum und Rahm verwendet werden. Die restlichen 4% stammen aus der Anwendung von Arzneimitteln.

Bei den Haushaltprodukten ist nach einer deutlichen Zunahme Ende der 90er keine wesentliche Abnahme feststellbar (Abb. 23). Hingegen werden bei den Farbenwendungen immer häufiger VOC-freie Produkte verwendet.

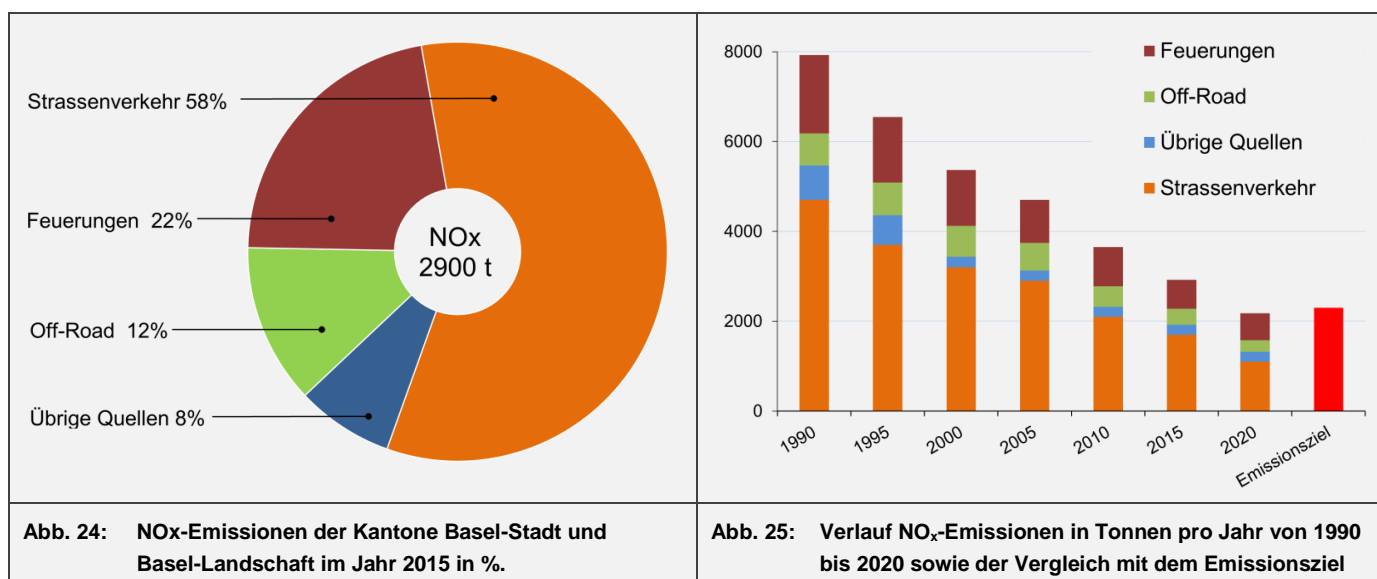


#### 4.1.3 Fazit

Durch die umgesetzten Massnahmen, insbesondere im Bereich Industrie und Gewerbe sowie im Strassenverkehr, ist es gelungen, die VOC-Emissionen seit 1990 deutlich zu reduzieren. Der Bereich der Lösemittelanwendung, bei denen die Farbenanwendung sowie der Reinigungsbereich einen Grossteil der VOC-Emissionen ausmachen, konnte eine geringe Reduktion erzielt werden. Bei den stationären Anlagen ist ein Trend in Richtung diffuse Emissionen feststellbar. Mit den umgesetzten Massnahmen konnte ein Anstieg dieser Emissionen verhindert werden.

## 4.2 Stickoxide

Die Emissionen von NO<sub>x</sub> betragen in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2015 rund 2'900 Tonnen. Diese Emissionen verteilen sich zu zwei Dritteln auf den Kanton Basel-Landschaft und zu einem Drittel auf den Kanton Basel-Stadt. Als Grundlagen für die Berechnung der Verkehrsemissionen dienten das kantonale Verkehrsmodell sowie das Handbuch für Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs (HBEFA<sup>18</sup>). Wo eigene Messungen fehlten – das gilt namentlich für EURO-Klassen 6 – wurden die Emissionsfaktoren im HBEFA über Absekraten abgeschätzt, welche sich an den Grenzwert-Entwicklungen gemäss der derzeit gültigen Gesetzgebung orientierten. Seit der Veröffentlichung der NO<sub>x</sub>-Emissionsmessungen bei Diesel-Personenwagen in den USA und Europa bestehen hinsichtlich der Zuverlässigkeit der in HBEFA enthaltenen Emissionsfaktoren jedoch erhebliche Zweifel. Die für die Entwicklung der HBEFA-Datenbank verantwortliche ermes-group<sup>19</sup>, kommt zum Schluss, dass bei Emissionsfaktoren für dieselbetriebene Personenwagen und leichte Nutzfahrzeuge der EURO-Klassen 6 deutliche Abweichungen bestehen, insbesondere für Fahrten im städtischen Gebiet. Je nach Fahrzeug und Motorenklasse kann die Abweichung zum Emissionsgrenzwert bis zu Faktor 10 betragen. Das Deutsche Ministerium für Verkehr hat im Bericht zur „Untersuchungskommission Volkswagen“<sup>20</sup> festgehalten, dass bei allen Herstellern gesetzeskonforme Abschaltvorrichtungen der Abgasreinigungssysteme vorhanden waren, die im Fahrbetrieb zu erheblichen Emissionserhöhungen führten. Aufgrund dieser Ausgangslage bilden die berechneten NO<sub>x</sub>-Werte für das Jahr 2015 sowie die Emissionsprognose für das Jahr 2020 nicht die reale Entwicklung bei den Verkehrsemissionen ab. Wie hoch der tatsächliche Emissionsbeitrag des Verkehrs liegt, lässt sich aufgrund der noch laufenden Untersuchungen nicht eindeutig bestimmen.



Hauptquelle der NO<sub>x</sub>-Emissionen ist der Strassenverkehr mit 58% Anteil an den Gesamtemissionen (Abb. 24). Die Feuerungen sind für rund 22% und der Offroad-Sektor für rund 12% der Emissionen verantwortlich. Der Offroad-Sektor umfasst alle mit einem Verbrennungsmotor ausgerüsteten mobilen Maschinen und Geräte, z.B. Baumaschinen und Traktore. Die übrigen Quellen, zu denen die Landwirtschaft zählt, tragen 8% zur Belastung bei.

<sup>18</sup> Version HBEFA 3.2 (2014); <http://www.hbefa.net/e/index.html>

<sup>19</sup> European Research Group on Mobile Emission Sources, <http://www.ermes-group.eu/web/>

<sup>20</sup> [www.bmvi.de>Publikationen>Bericht Untersuchungskommission VW](http://www.bmvi.de>Publikationen>Bericht%20Untersuchungskommission%20VW)

Seit 1990 konnten die NO<sub>x</sub>-Emissionen um rund 65% reduziert werden (Abb. 25). Der starke Rückgang der NO<sub>x</sub>-Emissionen in den letzten Jahren ist hauptsächlich auf technologische Entwicklungen bei den Fahrzeug-Motoren zurückzuführen. Seit 1990 konnten die NO<sub>x</sub>-Emissionen des Strassenverkehrs von rund 4700 Tonnen pro Jahr (59% der Gesamtemissionen) auf rund 1700 Tonnen pro Jahr (56% der Gesamtemissionen) gesenkt werden. Die aktuellen NO<sub>2</sub>-Immissionsmesswerte legen nahe, dass sich die realen Emissionen aus den vorgängig beschriebenen Gründen nicht wie berechnet entwickelt haben.

Im Rahmen des Klimaschutzes werden Öl- und Gasfeuerungen durch Sonnenkollektoren, Wärmepumpen und Holzfeuerungen ersetzt. Wegen der deutlich höheren NO<sub>x</sub>-Emissionen von Holzfeuerungen führt dies insgesamt zu einer Zunahme der NO<sub>x</sub>-Belastung. Der Anteil der Holzfeuerungen an den NO<sub>x</sub>-Emissionen aus Feuerungen beträgt dementsprechend heute bereits rund 13%, bei vergleichsweise wenigen Anlagen.

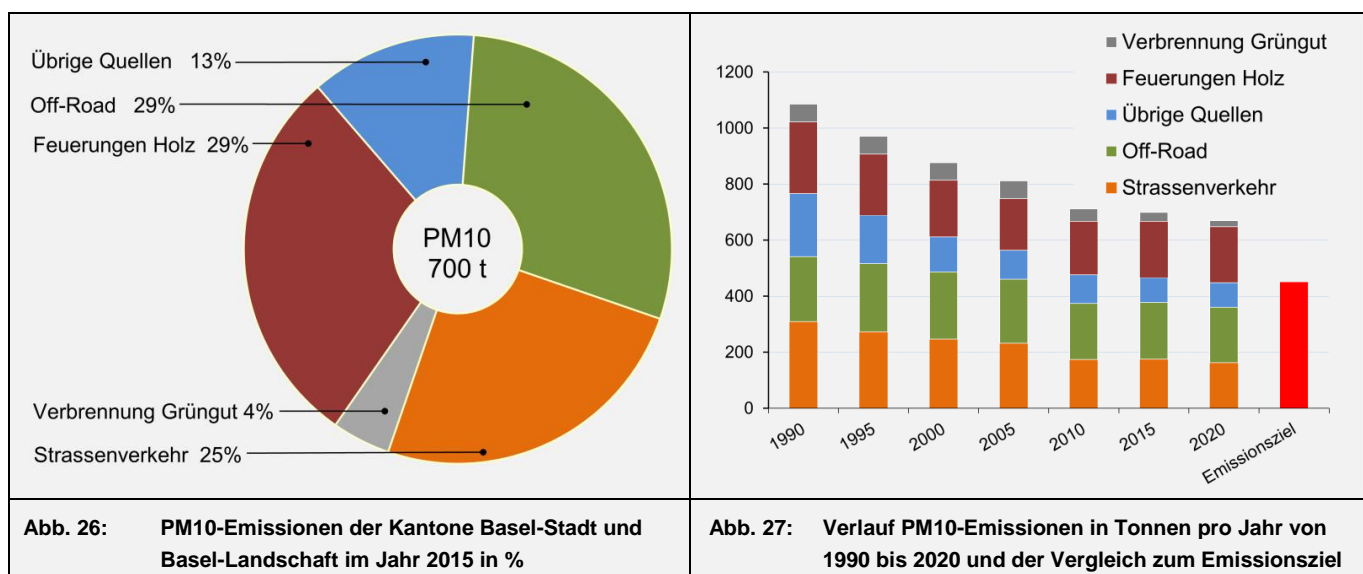
#### 4.2.1 Fazit

Die Hauptquelle der NO<sub>x</sub>-Emissionen ist der Strassenverkehr. Deshalb werden die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte der LRV vor allem an den verkehrsbelasteten städtisch geprägten Standorten überschritten. Durch die Erneuerung der Fahrzeugflotte ist mit einer generellen Reduktion der NO<sub>x</sub>-Emissionen zu rechnen. Die NO<sub>x</sub>-Emissionen aus Holzfeuerungsanlagen nehmen hingegen weiterhin überproportional zu.

## 4.3 Feinstaub PM10

### 4.3.1 Emissionsentwicklung PM10

Die Emissionen von primärem Feinstaub PM10 betragen in beiden Kantonen im Jahr 2015 rund 700 Tonnen. Hauptemittenten sind die Holzfeuerungen 29% sowie der Off-Road-Bereich (z.B. Baumaschinen, Traktoren) mit 29% und der Strassenverkehr zu 25%, wobei es sich bei letzteren hauptsächlich um Feinstaubpartikel handelt, welche durch Abrieb und Aufwirbelung erzeugt werden. Im Bereich Off-Road sind die Baustellen mit Emissionen aus Staubaufwirbelung und Russ aus dieselbetriebenen Baumaschinen mit einem Anteil von rund 50% die grössten Verursacher. In diese Quellengruppe gehören auch die Abriebemissionen aus dem Schienenverkehr, welche rund 6% der PM10-Emissionen verursachen.



Weitere Emissionen entstehen bei der Verbrennung von Grüngut. Der grösste Anteil stammt aus der Landwirtschaft. In der Forstwirtschaft wird nur noch in begründeten Fällen der anfallende Schlagabraum offen verbrannt (Bewilligungspflicht). Die Emissionen der übrigen Quellen setzen sich aus gewerblichen Prozessen (7%), der Abfallentsorgung, den Öl-/ Gasfeuerungen sowie der Landwirtschaft mit jeweils 3% Anteil an den Gesamtemissionen zusammen.

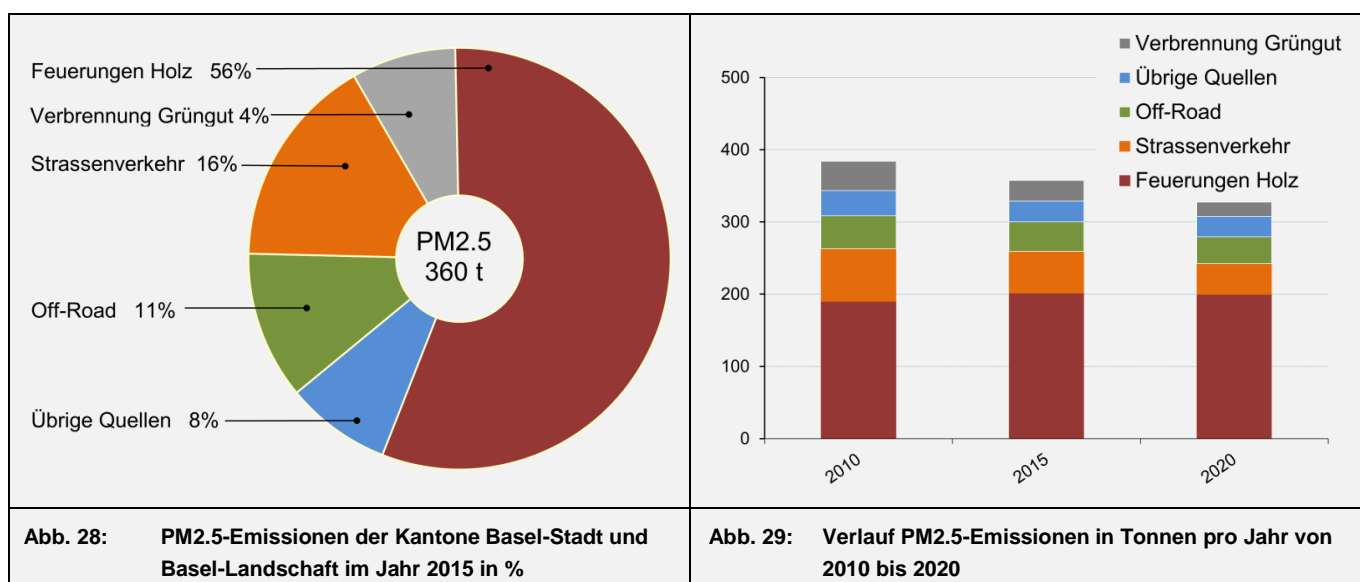
Die PM10-Emissionen sind seit 1990 um rund 30% zurückgegangen (Abb. 27). Diese Reduktion ist hauptsächlich auf die Verschärfung der Abgasgrenzwerte von Motorfahrzeugen und auf Massnahmen in Industrie und Gewerbe zurückzuführen. Unter der Annahme weiterer Verschärfungen der Grenzwerte bei den Motoren (EU-RO 6) zeigt die Trendprognose, dass die Emissionen bis zum Jahr 2020 nur noch leicht abnehmen.

### 4.3.2 Fazit

Ein Grossteil der potenziellen Reduktionen durch technische Massnahmen (z.B. Partikelfilter) konnte bereits realisiert werden. In Zukunft wird sich die Abnahme deutlich abschwächen. Die Abrieb- bzw. Aufwirbelungsemissionen werden sich aufgrund der allgemeinen Verkehrszunahme weiter erhöhen. Die Emissionen aus den Holzfeuerungsanlagen werden ebenfalls zunehmen, dies aufgrund der Klimaprogramme des Bundes und der Kantone, welche eine umfassende Förderung solcher Anlagen vorsehen.

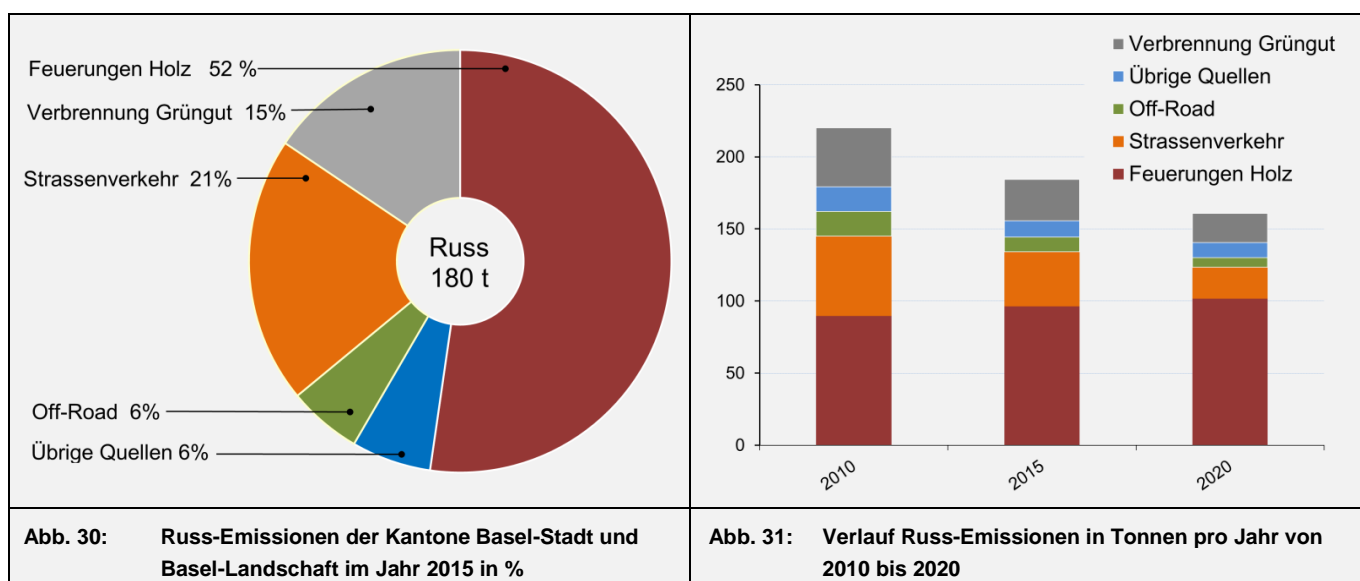
## 4.4 Feinstaub PM2.5

Feinstaub PM2.5 ist wie PM10 ein Gemisch aus primär emittierten Partikeln und sekundär gebildeten Staubteilchen. Zum PM2.5 tragen aber nur jene Staubteilchen bei, deren Durchmesser kleiner ist als 2.5 µm. Die Emissionsanteile sind ähnlich verteilt wie beim PM10. Aufgrund der Partikelgrösse fallen die Emissionen aus Aufwirbelung und Abrieb nicht so sehr ins Gewicht. Über die Hälfte der PM2.5-Emissionen stammt aus der Verbrennung von Holz zur Energiegewinnung. Der zweitgrösste Emittent ist der Strassenverkehr gefolgt vom Off-Road-Bereich (z.B. Baumaschinen, Traktoren).



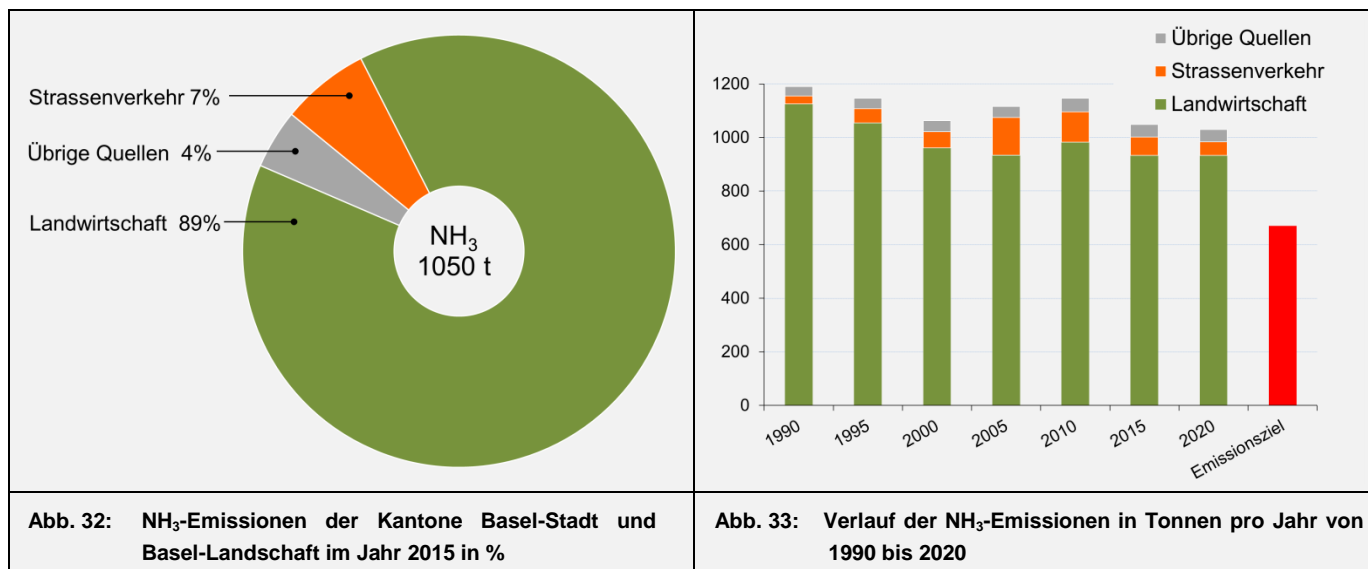
## 4.5 Russemissionen

Für die Gesundheit besonders relevant ist der krebserregende Luftschadstoff Russ, welcher vornehmlich aus der Diesel- und Holzverbrennung stammt. Da Russ aus kleinen und leichten Partikeln besteht, fallen sie massenmässig kaum ins Gewicht und werden durch den LRV-Konzentrationsgrenzwert für PM10 schlecht erfasst. Für Russ gilt prinzipiell das Minimierungsgebot für krebserregende Stoffe, da auch kleinste Belastungen gesundheitsschädlich sind. Die Russ-Emissionen in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft betragen im Jahr 2015 knapp 180 Tonnen.



## 4.6 Ammoniak

Ammoniak (NH<sub>3</sub>) entsteht hauptsächlich bei der Nutztierhaltung in der Landwirtschaft und beim Lagern und Ausbringen von Hofdünger. NH<sub>3</sub> trägt zu einem grossen Teil zum Stickstoffeintrag in die Ökosysteme bei. Ammoniak wirkt hier als Stickstoffdüngung und versauert die Böden. Zudem trägt Ammoniak in der Luft zur Bildung von Feinstaub (sekundäre Partikel) bei.



Die NH<sub>3</sub>-Emissionen betragen in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2015 rund 1050 Tonnen. Diese stammen zum überwiegenden Teil aus der Landwirtschaft (Abb. 32) und ein kleiner Teil aus dem Strassenverkehr. Die übrigen Emissionen stammen aus Kehrichtdeponien und Kläranlagen.

Die Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft wurden nach einer bundeseinheitlichen Methodik durch die Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) in Zollikofen einzelbetrieblich berechnet.

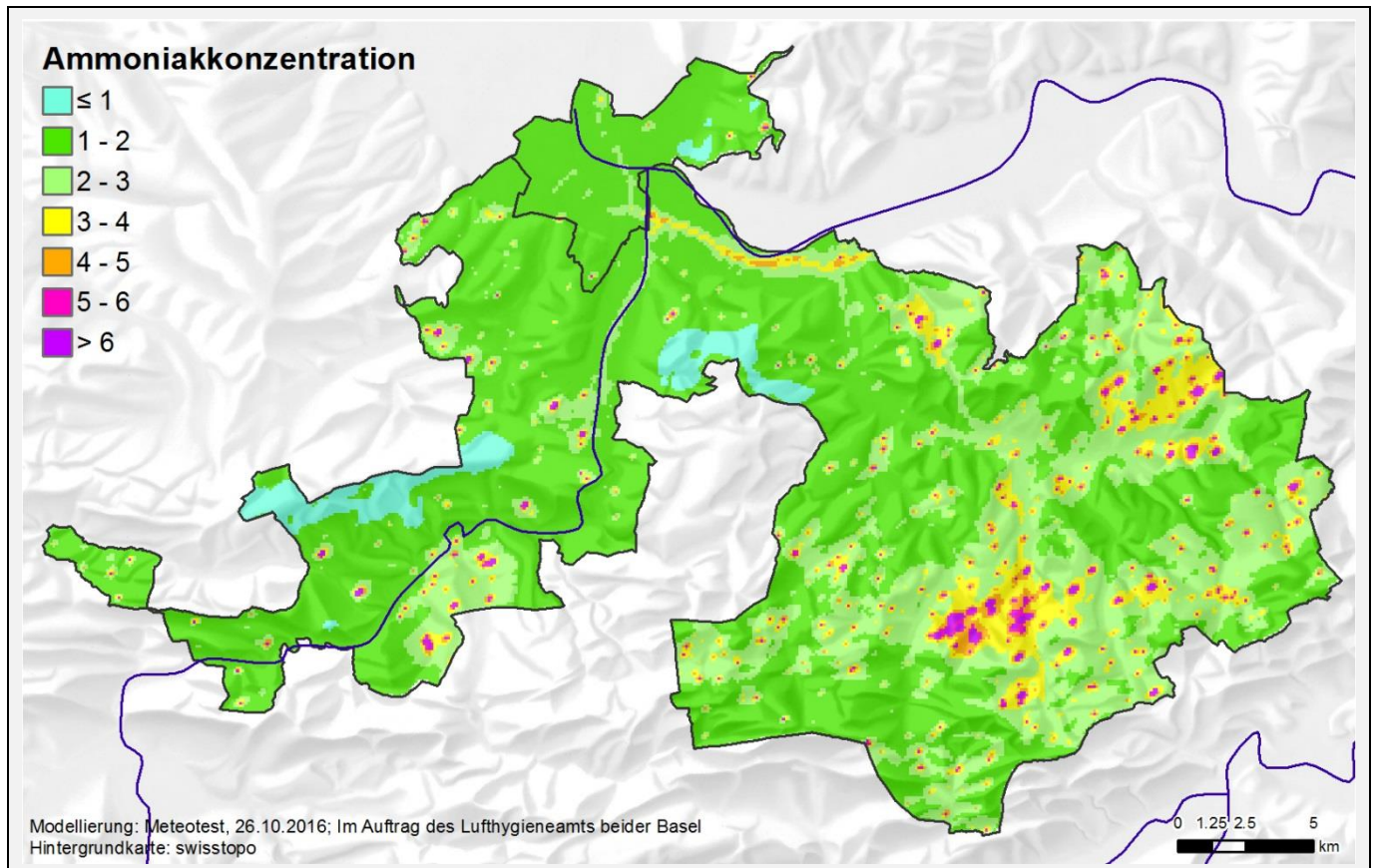
|                                  | t NH <sub>3</sub> | % des Totals |
|----------------------------------|-------------------|--------------|
| <b>Emissionen Tierproduktion</b> | 824               | 88           |
| <b>Emissionen Pflanzenbau</b>    | 110               | 12           |
| <b>Total Landwirtschaft</b>      | <b>934</b>        | <b>100</b>   |

Tab. 8: Ammoniakemissionen der Tierproduktion sowie aus dem Pflanzenbau der Kantone Basel-Landschaft und Basel-Stadt im Jahr 2015 gemäss einzelbetrieblicher Emissionsrechnung.

Die Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft in den Kantonen Basel-Landschaft und Basel-Stadt betragen im Bilanzjahr 2015 insgesamt rund 930 Tonnen. Die Tierproduktion ist mit 88% mit Abstand die wichtigste Quellengruppe mit dem grössten Minderungspotential.

Trotz höherer Anzahl Tiere konnten mit baulichen und technischen Massnahmen die Ammoniakemissionen in den letzten 5 Jahren zumindest leicht reduziert werden, dies insbesondere im Bereich der Hofdüngerlagerung und -ausbringung. Der aus Sicht des Tierschutzes begrüßenswerte Trend hin zur Einrichtung von Laufställen führt zukünftig jedoch wieder zu höheren Ammoniakemissionen. Die bisher üblichen Anbindeställe weisen eine wesentlich geringer verschmutzte Fläche aus, wo sich das Ammoniak verflüchtigen kann.

Für die NH<sub>3</sub>-Konzentration in der Luft wurde eine Modellierung durchgeführt. Als Grundlage dienten u.a. die landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen der Kantone Basel-Landschaft und Basel-Stadt. Die Modellierung zeigt, dass der Critical Level von 3 µg/m<sup>3</sup> für naturnahe Bodenvegetation in Gebieten mit intensiverer Tierhaltung deutlich überschritten wird. Der Critical Level von 1 µg/m<sup>3</sup> für Flechten ist praktisch im ganzen Gebiet überschritten.



**Abb. 34: NH<sub>3</sub>-Konzentration im Jahr 2015**

Der Critical Level für Ammoniak von 3 µg/m<sup>3</sup> für naturnahe Bodenvegetation wird in Gebieten mit intensiverer Tierhaltung überschritten.

#### 4.6.1 Fazit

Die Modellierungen zeigen, dass der Critical Level für Ammoniak von 3 µg/m<sup>3</sup> für naturnahe Bodenvegetation in Gebieten mit intensiverer Tierhaltung deutlich überschritten wird. Die Ammoniak-Emissionen werden aufgrund neuer Tierschutzbestimmungen in der Zukunft wieder leicht zunehmen. Nur durch geeignete Massnahmen beim Bau der Stallsysteme sowie bei der Hofdüngerlagerung und der Ausbringung der Gülle kann dieser Trend gestoppt werden. Bei allen anderen Quellen ist eine Abnahme festzustellen.

## 4.7 Emissionsziele, Prognosen und Reduktionsbedarf

### 4.7.1 Emissionsziele

In der LRV sind Grenzwerte für Luftschadstoffimmissionen festgelegt. Zur Einhaltung der Immissionsgrenzwerte hat der Bundesrat die nötigen Emissionsreduktionen berechnet und im bundesrätlichen Luftreinhaltekonzept (LRK) festgehalten. Im Göteborg-Protokoll sind zudem Emissionsreduktionsziele vorgegeben, welche für die kritischen Luftschadstoffkonzentrationen (critical levels) und Eintragswerte (critical loads). Werden diese überschritten, sind Bund und Kantone verpflichtet, Massnahmen zur Reduktion von stickstoffhaltigen Luftschadstoffen (NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>) zu ergreifen.

In den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft werden gesetzliche Immissionsgrenzwerte und weitere Schutzwerte überschritten. Der Bundesrat hat im Jahr 2009 in seinem Luftreinhaltekonzept (LRK) folgende Emissionsreduktionsziele vorgegeben:

| Schadstoff                     | Notwendige Emissionsreduktion gegenüber dem Stand 2005 | Schutz-Anforderung                                     |
|--------------------------------|--|--|
| Stickoxide NO <sub>x</sub>     | ca. 50%  | Critical Load für Säure<br>Immissionsgrenzwert Ozon    |
| NM VOC                         | 20% bis 30%  | Immissionsgrenzwerte für Ozon<br>und PM10              |
| Feinstaub PM10                 | ca. 45%  | Immissionsgrenzwert PM10                               |
| kanzerogene Stoffe (z.B. Russ) | so weit wie technisch möglich und verhältnismässig     | Minimierungsgebot                                      |
| Ammoniak NH <sub>3</sub>       | ca. 40%  | Critical Load für Stickstoff, Immissionsgrenzwert PM10 |

Tab. 9: Emissionsreduktionsziele aus dem Luftreinhaltekonzept des Bundesrats

Abgeleitet aus den schweizerischen Zielen ergeben sich für das Jahr 2015 folgende Emissionsziele resp. Ziellücken für die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft:

| Schadstoff      | Emissionsziel<br>BS/BL<br>[t/a] | Emissionen 2015<br>[t/a] | Ziellücken |     |
|-----------------|---------------------------------|--------------------------|------------|-----|
|                 |                                 |                          | [t/a]      | [%] |
| NO <sub>x</sub> | 2300                            | 2900                     | 600        | 20  |
| PM10            | 450                             | 700                      | 250        | 35  |
| VOC             | 3100                            | 3600                     | 500        | 15  |
| NH <sub>3</sub> | 670                             | 1050                     | 380        | 35  |

Tab. 10: Emissionsziele Basel-Stadt/Basel-Landschaft im Vergleich zur Basisentwicklung

### 4.7.2 Prognosen bis 2020

Für das Jahr 2020 wurde für die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft eine Prognose der Emissionsentwicklung erstellt, in welcher die Verkehrsentwicklung und Änderungen in einzelnen Branchen berücksichtigt

wurden. Die Auswirkungen von emissionsmindernden Massnahmen sowie die Entwicklung des Standes der Technik wurden ebenfalls berücksichtigt.

Als Grundlagen für die Berechnung der Verkehrsemissionen diente das kantonale Verkehrsmodell sowie das Handbuch für Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs (HBEFA<sup>21</sup>). Wie im Kapitel 4.2 Stickoxide dargestellt, bestehen hinsichtlich der Zuverlässigkeit der in HBEFA enthaltenen Emissionsfaktoren erhebliche Zweifel. Die gemäss HBEFA prognostizierte und in der Modellierung sowie Emissionsberechnung vorhergesagte NO<sub>x</sub>-Reduktion ist real so nicht eingetreten. Ein Vergleich zwischen Reduktionszielen und Reduktionsbedarf ist deshalb bei den Stickoxiden nicht möglich.

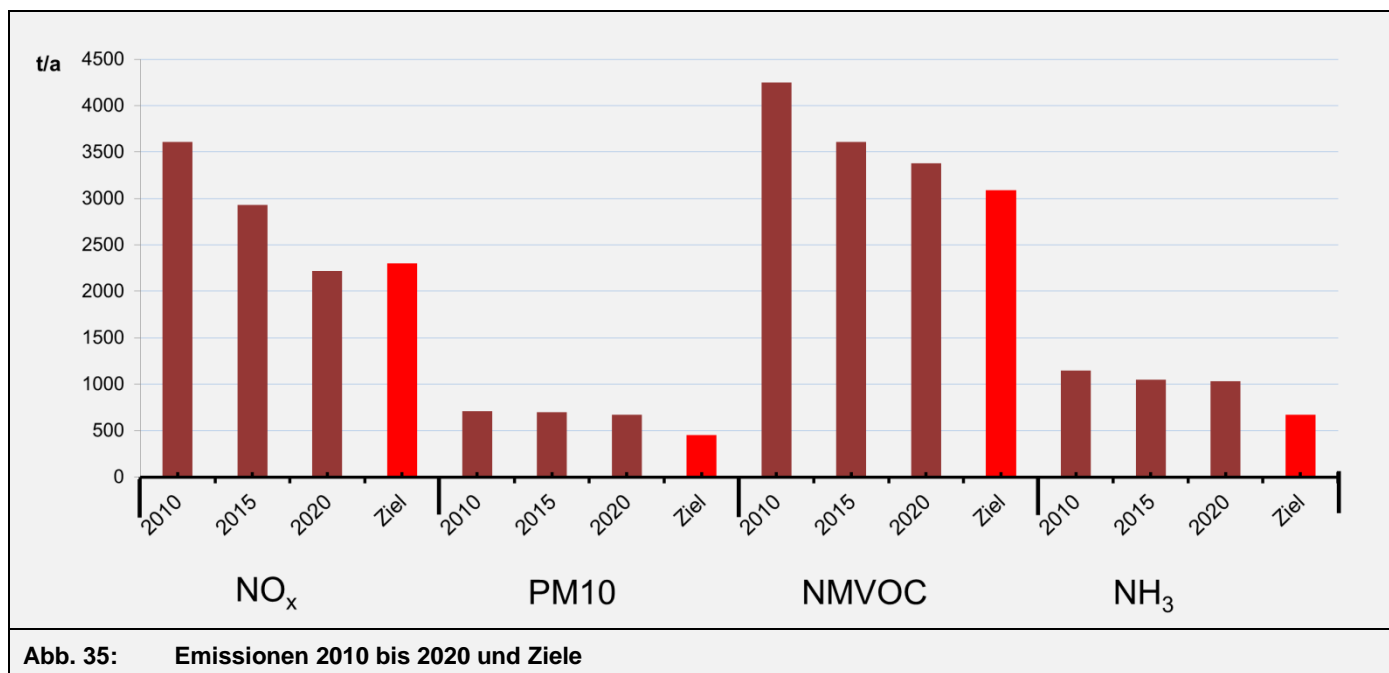


Abb. 35: Emissionen 2010 bis 2020 und Ziele

#### 4.7.3 Reduktionsbedarf

##### Reduktionsbedarf Stickoxide (NO<sub>x</sub>)

Der Handlungsbedarf bei den Stickoxiden ergibt sich aus den Immissionsgrenzwerten für Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) und Ozon, da die Stickoxide zusammen mit den flüchtigen organischen Verbindungen (VOC) Vorläuferschadstoffe für die fotochemische Bildung von Ozon gelten. Beim NO<sub>x</sub> liegt die Differenz zwischen den effektiven Emissionen und dem Ziel im Jahr 2015 bei 600 t/a. Trotz der bedeutenden Reduktion seit den 90er Jahren sind die Emissionen zu hoch und sollten um weitere 20% gesenkt werden. Bis zum Jahr 2020 sollten insbesondere die NO<sub>x</sub>-Emissionen der Dieselfahrzeuge aufgrund der verschärften Abgasvorschriften weiter abnehmen. Aus heutiger Sicht ist aber klar, dass diese prognostizierte NO<sub>x</sub>-Reduktion real so nicht eintreten wird. Ein Vergleich zwischen Reduktionszielen und Reduktionsbedarf ist deshalb nicht möglich. Zudem kann festgehalten werden, dass aufgrund der noch immer zu hohen Abgasemissionen der Dieselfahrzeuge die NO<sub>2</sub>-Immissionsgrenzwerte entlang der Verkehrshauptachsen auch zukünftig überschritten sein werden.

<sup>21</sup> Version HBEFA 3.2 (2014); <http://www.hbefa.net/e/index.html>

### **Reduktionsbedarf Feinstaub (PM10)**

Damit die Immissionsgrenzwerte für PM10 eingehalten werden, müssen auch die Emissionen von primärem PM10 und diejenigen der Vorläuferschadstoffe (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, VOC und NH<sub>3</sub>) reduziert werden. Damit der PM10-Jahresimmissionsgrenzwert von 20 µg/m<sup>3</sup> grossräumig eingehalten werden kann, müssen insgesamt mindestens 35% der primären PM10-Emissionen reduziert werden.

### **Reduktionsbedarf flüchtige organische Verbindungen (VOC)**

Der Handlungsbedarf bezüglich der Reduktion der VOC-Emissionen lässt sich aus der Ozonbelastung ableiten. Im Vergleich zum Zustandsjahr 2005 müssen die VOC-Emissionen grossräumig um rund 15% reduziert werden.

### **Reduktionsbedarf Ammoniak (NH<sub>3</sub>)**

Die LRV enthält keine Immissionsgrenzwerte für NH<sub>3</sub>. Mit den kritischen Wirkungsschwellen (Critical Loads) der UNECE für den Stickstoffeintrag, bei dem NH<sub>3</sub> eine wesentliche Rolle spielt, sind jedoch wirkungsorientierte Belastungsgrenzen für die Schadstoffablagerung vorhanden, bei deren Überschreitung mit Schäden an empfindlichen Ökosystemen gerechnet werden muss. In diesem Sinne sind die Critical Loads von der Bedeutung her gleichwertig mit den wirkungsorientierten Immissionsgrenzwerten der LRV. Um in der Region Basel den Stickstoffeintrag unterhalb der kritischen Wirkungsschwellen (Critical Loads) senken zu können, müssten die NH<sub>3</sub>-Emissionen um ein Drittel gesenkt werden. Dies liegt aber weit ausserhalb des mit realistischen Massnahmen erreichbaren Reduktionspotentials.

## **4.8 Fazit**

Die bisher umgesetzten Luftreinhalte-Massnahmen haben zu weiteren Verbesserungen der Luftqualität geführt. Die vorgesehenen Emissionsziele konnten bei allen betrachteten Schadstoffen noch nicht erreicht werden. Der prognostizierte Verlauf der Emissionen sieht bei allen Schadstoffen jedoch eine weitere Reduktion vor. Im Vergleich zu den Emissionszielen verbleiben bei PM10 und NH<sub>3</sub> noch erhebliche Ziellücken. Die NO<sub>x</sub> und VOC-Frachten liegen nahe am Emissionsziel. Durch weitere Anstrengungen sollte die bestehende Ziellücke bei den VOC geschlossen werden können. Bei den NO<sub>x</sub> hängt vieles von der Entwicklung der realen Fahrzeugemissionen ab.

## 5. Massnahmen

Die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft haben im Februar 1990 den ersten Luftreinhalteplan beider Basel verabschiedet. Dieser erste Luftreinhalteplan hatte insgesamt 73 Massnahmen aufgenommen. Eine Auflistung der Massnahme sowie deren Umsetzung sind im Anhang 2 aufgeführt.

In den Luftreinhalteplänen 2004 und 2007 wurden insgesamt 29 Massnahmen aufgenommen. Eine Auflistung der Massnahmen sowie der Umsetzungsstand sind im Anhang 3 aufgeführt.

Im Luftreinhalteplan beider Basel 2010 (LRP 2010) waren insgesamt 9 Massnahmen aufgeführt. Viele Massnahmen des LRP 2010 konnten erfolgreich umgesetzt werden. Einige liessen sich nicht wie geplant realisieren. Ein Teil der Massnahmen bedarf formaler Änderungen und wird mit Anpassungen weitergeführt.

### 5.1 Umgesetzte, abzuschreibende und nicht weiterzuführende Massnahmen LRP 2010

Die folgenden Massnahmen des LRP 2010 wurden umgesetzt, abgeschlossen oder in den ordentlichen Vollzug integriert. Einige Massnahmen konnten nicht realisiert werden oder wurden in der ursprünglichen Form abgelehnt. Sie werden nicht mehr weiterverfolgt und werden daher abgeschrieben.

| Bezeichnung | Massnahme   | Status  |
|-------------|---|---|
| V5          | Umsetzung Förderungsprogramm "Nachhaltige Mobilität Basel-Stadt"                            | Wurde weitgehend umgesetzt. Ist nun Teil der Mobilitätsstrategie in Basel-Stadt.              |
| V6          | Prüfung der lufthygienischen Auswirkungen des Agglomerationsprogramms Basel                 | Umgesetzt, resp. wird laufend aktualisiert.   |
| V7          | Pilotprojekt zur Installation einer Staubminderungswand bei Tunnelportalen                  | Das Astra hat die Umsetzung eines Pilotprojekts abgelehnt.                                    |
| E4          | Verkürzte Sanierungsfristen für Holzfeuerungsanlagen  | Auf eine Fristverkürzung wurde aus Gründen der Verhältnismässigkeit verzichtet.               |
| E5          | Förderung von stickstoffarmem Heizöl  | Der Antrag wurde vom Bund abgelehnt.  |
| IG4         | Reduktion der Emissionen bei Maschinen im Bereich Abbau und Deponie sowie auf Firmenarealen | In den kant. Massnahmenverordnungen verankert. Umsetzung im Rahmen des ordentlichen Vollzugs. |
| IG5         | Baustellenverkehr   | Verzicht, da nur ein begrenztes Reduktionspotential und geringe Einflussnahme bestehen.       |
| K1          | Umweltsparbuch  | Verzicht, da keine Partner für die Umsetzung gefunden werden konnten.                         |

Tab. 11: Übersicht über umgesetzte, abzuschreibende und nicht weiterzuführende Massnahmen

Eine detaillierte Beschreibung der Umsetzung der Massnahme des LRP 2010 sowie der Umsetzungsstand sind im Anhang 4 aufgeführt.

## 5.2 Fortzuschreibende Massnahmen

Die folgenden Massnahmen wurden teilweise realisiert, befinden sich noch in der Umsetzungsphase oder werden in anderer Form weiterverfolgt. Diese Massnahmen werden im vorliegenden Luftreinhalteplan integriert und fortgeschrieben.

### 5.2.1 Massnahme V3: Aktionsplan gesunde Luft in Wohnquartieren (LRP 2007)

#### **Ausgangslage**

Der Grosse Rat des Kantons Basel-Stadt bewilligte am 16. September 2009 für die Umsetzung der Massnahme V3 des LRP 2007 „Aktionsplan gesunde Luft in Wohnquartieren“ einen Kredit von CHF 350'000. Die Massnahme verfolgt das Ziel, Wohngebiete mit hoher lufthygienischer Belastung bis 2020 zu sanieren und nachhaltig zu entlasten. Im Kanton Basel-Stadt wird heute entlang der Mehrheit der verkehrsorientierten Strassen der NO<sub>2</sub>-Immissionsgrenzwert von 30 µg/m<sup>3</sup> überschritten. Insgesamt waren im Jahr 2010 rund 40% der Bevölkerung oder rund 80'000 Personen einer übermässigen NO<sub>2</sub>-Belastung von mehr als 30 µg/m<sup>3</sup> ausgesetzt.

Der von der Regierung im Jahr 2013 genehmigte Synthesebericht "Aktionsplan gesunde Luft in Wohnquartieren im Kanton Basel-Stadt" zeigt auf, mit welchen Massnahmen bis zum Jahr 2020 eine Verminderung der Luftbelastung erreicht werden könnte. Die im Aktionsplan aufgeführten Massnahmen und deren Wirkung stellen sich zusammengefasst wie folgt dar:

- **Feldbergstrasse:**  
Die Einführung einer Dosierung auf der Johanniterbrücke und Verkehrs- und Temporeduktion in der Feldbergstrasse bringt eine deutliche Reduktion der NO<sub>2</sub>-Immissionsbelastung im Bereich der Feldbergstrasse. Damit können rund 700 Personen im Bereich der Feldbergstrasse entlastet werden, das ist rund ein Drittel der dort heute von Grenzwertüberschreitungen betroffenen Anwohner. Die Zahl der auf Grossbasler Seite zusätzlich belasteten Personen kann trotz erhöhter Verkehrsmengen in der Elsässerstrasse dank einer Verkehrsreduktion in der St. Johannis-Vorstadt konstant gehalten werden. Die Umsetzung der Massnahme wird in die Planung des Projekts Tram 30 (neue Tramstrecke via Johanniterbrücke und Feldbergstrecke als Bestandteil der Tramnetzentwicklung Basel) integriert.
- **Gundeldinger Quartier:**  
Durch den Bau des Gundeldingertunnels inkl. der Umsetzung von begleitenden Massnahmen könnten rund 4'000 Einwohner im Gundeldinger Quartier und ca. 100 Einwohner an der Zürcherstrasse von übermässigen Schadstoffbelastungen entlastet werden.
- **Neubad/Laupenring:**  
Die Einführung von Tempo 30 in der Reiter- und westlichen Holeestrasse sowie weitere verkehrsverlagernde Massnahmen führen insgesamt zu einer Kanalisierung des Verkehrs im Neubad auf die Achsen Laupenring/Neubadstrasse. Die Zahl der stark belasteten Personen entlang der betroffenen Strassen würde bei einer maximalen Verlagerung des Verkehrs auf 300 Personen halbiert, aber neue Lärmsanierungen wären notwendig. Bei der Detailplanung im Rahmen der Umsetzung des Tempo 30-Konzepts ist eine optimierte Verkehrsverlagerung unter Abwägung der Lärm-, Luft-, Sicherheits- und Verkehrsziele zu definieren. Der Schulwegsicherheit muss dabei besondere Beachtung geschenkt werden.
- **Zürcherstrasse und Breite:**  
Mit dem geplanten Rheintunnel, welcher der Kapazitätssteigerung der Osttangente (STOT) dient, würde rund die Hälfte des Verkehrs der Osttangente an der Oberfläche reduziert werden und die Bewohner entlang der Zürcherstrasse deutlich von Schadstoffemissionen entlastet. Eine weitere Entlastung ist für die Bewohner entlang dem gesamten (offenen) Verlauf der Osttangente, zu erwarten.

## Begleitende Luftmessungen

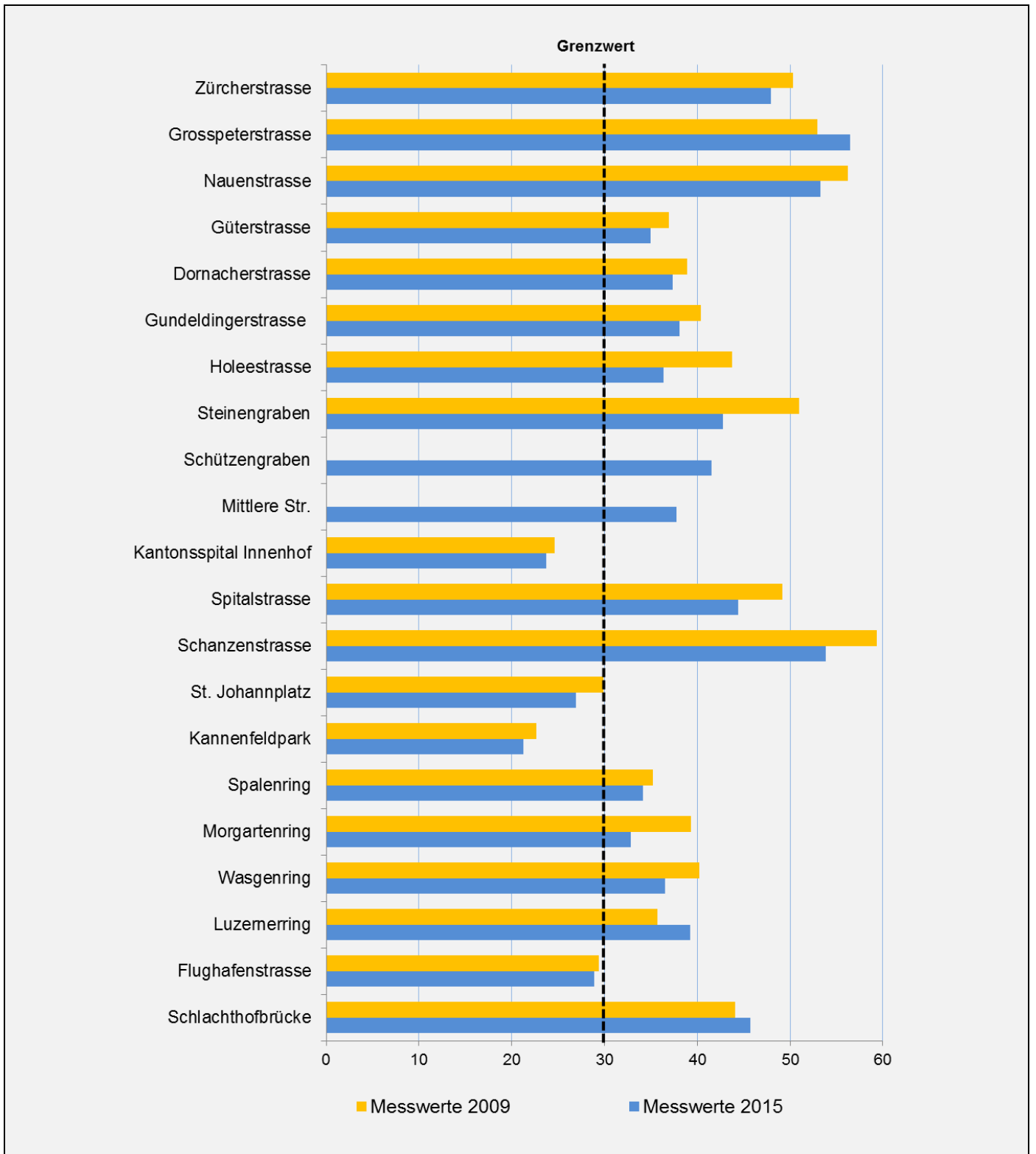
Um ein detaillierteres Bild der Luftbelastung in Basel-Stadt zu erhalten, wurde im Jahr 2009 und im Jahr 2015 das Messnetz verdichtet. Hauptverursacher vor allem für NO<sub>2</sub> ist der motorisierte Verkehr. Deshalb erfolgte die Verdichtung des Messnetzes gezielt an dicht befahrenen Hauptverkehrsachsen. Bei den Erhebungen im Jahr 2015 sind weitgehend Stationen des Jahres 2009 erneut beprobt worden, sodass ein Vergleich mit der Situation vor sechs Jahren möglich ist. Generell ist festzustellen,

- dass seit den Vergleichsmessungen im Jahr 2009 bei den meisten Standorten ein Rückgang der Konzentrationen messbar ist;
- dass entlang stark verkehrsbelasteter Strassen, vor allem in schlecht durchlüfteten Strassenschluchten, die Belastung im Vergleich mit dem Jahresgrenzwert immer noch zu hoch ist. Die Überschreitung des Grenzwertes kann über 50% ausmachen;
- dass abseits der Strassen (Kannenfeldpark) die NO<sub>2</sub>-Konzentration unterhalb des Grenzwertes liegt.

Die nachfolgenden Messresultate der verschiedenen Standorte werden getrennt nach Grossbasel und Kleinbasel kommentiert.

### Zu den 21 Standorten in Grossbasel lassen sich die folgenden Aussagen machen:

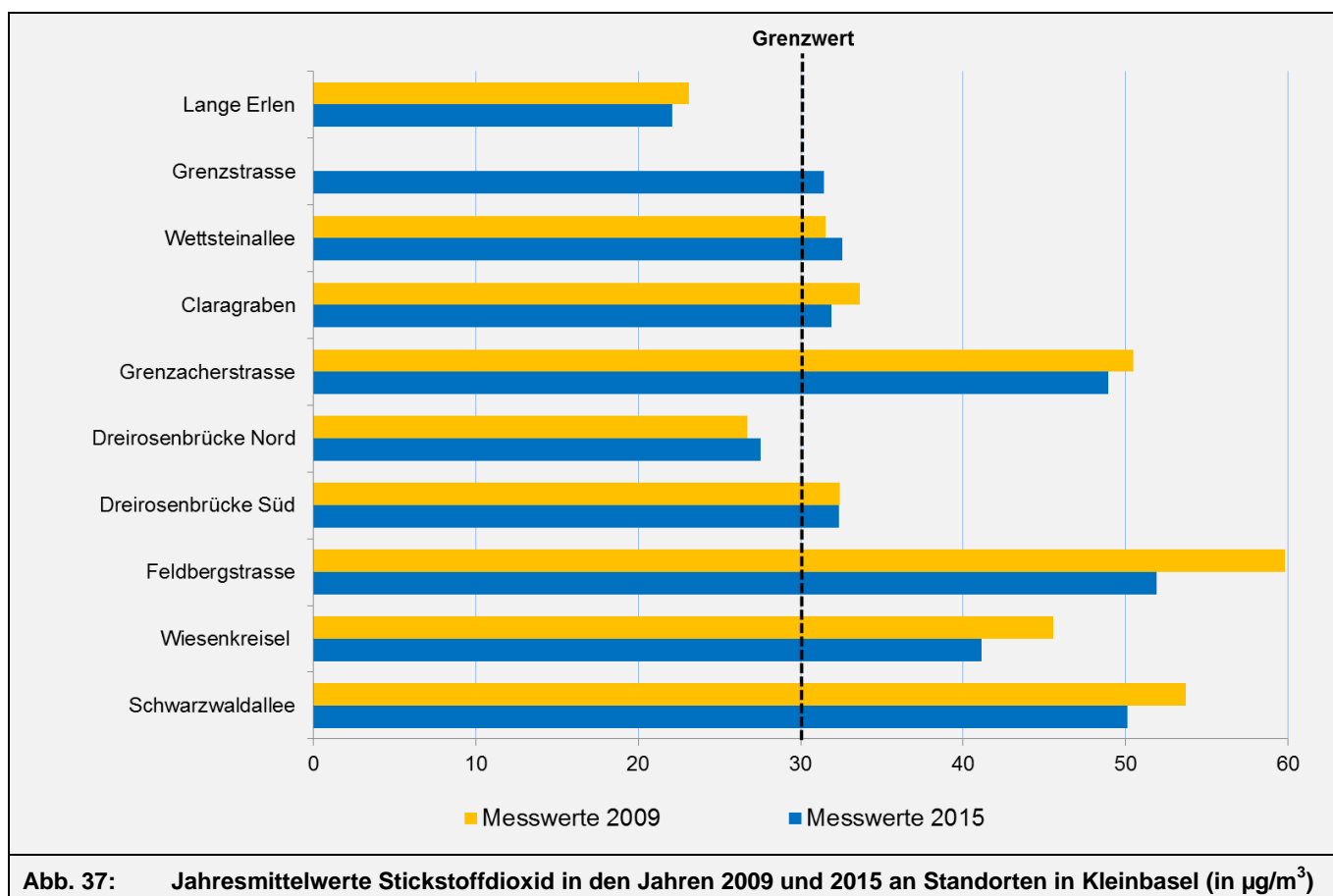
- An 16 Standorten wird der NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwert von 30 µg/m<sup>3</sup> überschritten. Das Ausmass der Überschreitung ist teilweise erheblich. An drei Standorten liegt der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert über 50 µg/m<sup>3</sup>. Es sind dies alle Standorte an Strassen mit hohem Verkehrsaufkommen (Nauenstrasse, Grosspeterstrasse) oder in engen Strassenschluchten (Schanzenstrasse).
- An fünf Standorten liegt die NO<sub>2</sub>-Belastung zwischen 40 und 50 µg/m<sup>3</sup>. Es sind Standorte am inneren Ring (Steinengraben, Schützengraben) oder in der Nähe von Autobahnen (Breite, Schlachthofbrücke, Zürcherstrasse).
- An 11 Standorten liegt die Konzentration im Bereich zwischen 30 und 40 µg/m<sup>3</sup>. Es handelt sich meist um Standorte am äusseren Ring (Luzernerring, Wasgenring, Morgartenring) oder besser durchlüftete Standorte am inneren Ring. In diese Gruppe gehören auch alle Standorte an den Durchfahrtsachsen durch das Gundeli (Güterstrasse, Dornacherstrasse, Gundeldingerstrasse), wie auch die Holleestrasse.
- Standorte abseits des Einflusses des motorisierten Verkehrs weisen NO<sub>2</sub>-Belastungen deutlich unterhalb des Grenzwertes auf. Beispiele sind der Kannenfeldpark und der Innenhof des Kantonsspitals. Diese Standorte geben den städtischen Hintergrund wieder, welcher um 22 µg/m<sup>3</sup> liegt.
- An den meisten Standorten hat die NO<sub>2</sub>-Konzentration seit dem Jahr 2009 abgenommen. Der Rückgang macht 1 bis 8 µg/m<sup>3</sup> aus. Dies ist auf das verbesserte Emissionsverhalten der Fahrzeuge sowie den Verkehrsrückgang auf einzelnen Strassenabschnitten zurückzuführen.
- Umgekehrt ist an 3 Standorten eine Zunahme zu beobachten. Diese sind Grosspeterstrasse (+3.6 µg/m<sup>3</sup>), Luzernerring (+3.6 µg/m<sup>3</sup>) sowie die Messstelle auf der Schlachthofbrücke (+1.1 µg/m<sup>3</sup>), oberhalb der Autobahn Richtung Frankreich. Leider liegen für alle diese Messstandorte keine Verkehrszählungen vor, sodass kein Rückschluss auf verkehrliche Änderungen möglich ist.



**Abb. 36: Jahresmittelwerte Stickstoffdioxid in den Jahren 2009 und 2015 an Standorten in Grossbasel (in µg/m³)**

**Zu den 10 Standorten in Kleinbasel lassen sich die folgenden Aussagen machen:**

- An 8 Standorten wird der NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwert von 30 µg/m<sup>3</sup> überschritten. Das Ausmass der Überschreitung ist teilweise erheblich und von der Exposition zum motorisierten Verkehr sowie von der Durchlüftungssituation abhängig.
- Erhebliche NO<sub>2</sub>-Belastungen um 50 µg/m<sup>3</sup> werden an der Grenzacherstrasse, an der Feldbergstrasse und an der Schwarzwaldstrasse gemessen.
- Werte im Bereich des NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwertes von 30 µg/m<sup>3</sup> werden an der Grenzstrasse im Hafen Kleinhüningen, an der Wettsteinallee und am Claragraben gemessen. Die Messwerte nördlich und südlich der Dreirosenbrücke liegen im selben Bereich. Dabei ist der NO<sub>2</sub>-Immissionswert südlich der Brücke mit 32 µg/m<sup>3</sup> etwas höher als nördlich der Brücke mit 28 µg/m<sup>3</sup>. Dies obwohl die südliche Front der Fahrbahn auf der Brücke mit einer Verglasung eingehaust ist.
- Die Messungen in den Langen Erlen geben die Situation am Rand der Stadt Basel wieder. Die NO<sub>2</sub>-Immissionsbelastung liegt bei 22 µg/m<sup>3</sup>, womit der NO<sub>2</sub>-Jahresgrenzwert deutlich unterschritten wird. Diese NO<sub>2</sub>-Konzentration am Stadtrand liegt im selben Bereich wie in innerstädtischen Freiflächen.
- An der Mehrzahl der Stationen hat die NO<sub>2</sub>-Konzentration innerhalb der letzten Jahre abgenommen, bei den anderen Stationen stagnierte sie oder nahm nur minimal zu. Je nach Standort ist der Rückgang unterschiedlich stark. Erheblich ist der Rückgang an der Feldbergstrasse mit absolut rund 7 µg/m<sup>3</sup>. 2 bis 4.5 µg/m<sup>3</sup> beträgt der Rückgang am Wiesenkreisel, Schwarzwaldallee und am Claragraben. Auch an der Grenzacherstrasse ist mit 1.5 µg/m<sup>3</sup> ein leichter Rückgang festzustellen, dem allerdings auf der parallel verlaufenden Wettsteinallee eine Zunahme von 1 µg/m<sup>3</sup> gegenübersteht.



**Abb. 37: Jahresmittelwerte Stickstoffdioxid in den Jahren 2009 und 2015 an Standorten in Kleinbasel (in µg/m<sup>3</sup>)**

### Entlastung Feldbergstrasse (Szenario Z6)

Die Umsetzung der verkehrstechnischen Massnahmen führt modelltechnisch in der Feldbergstrasse zu einer Reduktion der Luftbelastung. Es wurde deshalb empfohlen, im Rahmen der Ausbauplanung des Tramstreckennetzes 2020 die Massnahme weiterzuerfolgen und in die Gesamtbeurteilung miteinzubeziehen. In Rahmen dieser Ausbauplanung soll eine zusätzliche Verbindung zwischen dem Grossbasel und dem Kleinbasel via Johanniterbrücke unter Einbezug der Feldbergstrasse geprüft werden.

### Situation Feldbergstrasse

An der Feldbergstrasse hat die NO<sub>2</sub>-Konzentration innerhalb der letzten fünf Jahre um rund 7 µg/m<sup>3</sup> abgenommen, was 13% entspricht. Gleichzeitig hat auch der Verkehr im Westteil der Strasse bei der Johanniterbrücke von 15'700 Fahrzeugen pro Tag auf 13'600 Fahrzeuge pro Tag deutlich, um rund 14% abgenommen. Diese Abnahme ist einerseits auf die Eröffnung der Nordtangente im Jahr 2008 und die anschliessenden Abschlussarbeiten u.a. am Luzernerring zurückzuführen, welche zu einer Verlagerung von der Johanniterbrücke auf die Dreirosenbrücke geführt haben. Andererseits dürfte die schrittweise Umsetzung der Parkraumbewirtschaftung und des Verkehrskonzepts Innenstadt zu der Verkehrsabnahme beigetragen haben, welche im Übrigen auch auf den anderen zwei „innerstädtischen“ Rheinbrücken festzustellen ist. Diese Massnahmen bewirken zum einen eine Reduktion der MIV-Fahrten (Umsteiger auf andere Verkehrsmittel) im Kernbereich der Stadt, zum anderen eine Verkehrsverlagerung (Änderung der Routen) der rheinquerenden Fahrten „nach aussen“ auf Nord- und Osttangente bzw. auf die städtischen Strassen der Dreirosen- und Schwarzwaldbrücke.

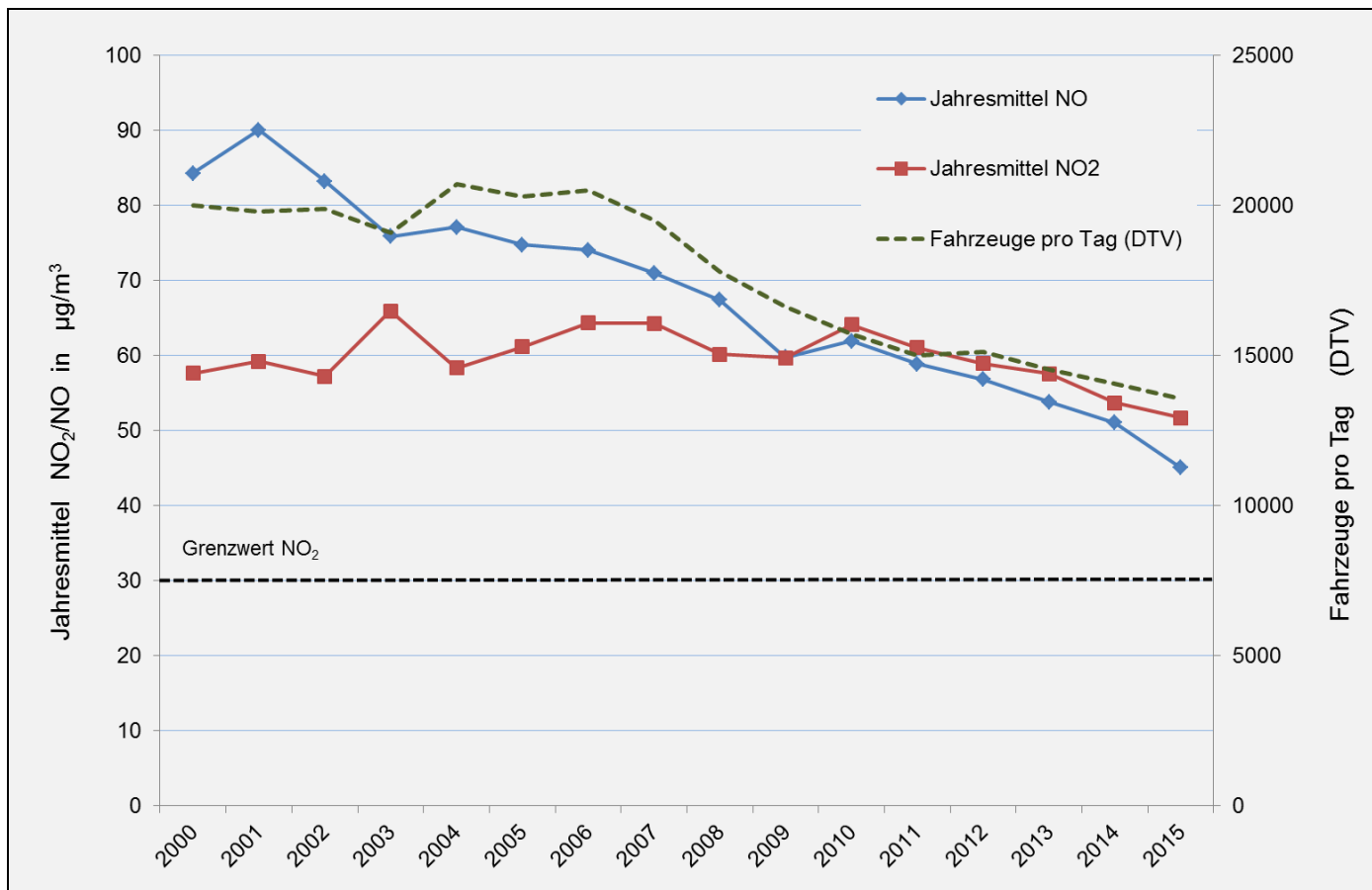


Abb. 38: Entwicklung Jahresmittelwerte Stickstoffoxide NO/NO<sub>2</sub> an der Feldbergstrasse

In der obigen Abbildung sind die Jahresmittelwerte der Stickstoffoxide NO und NO<sub>2</sub> an der Feldbergstrasse aufgeführt. Das Stickstoffmonoxid (NO) wird von den Fahrzeugen direkt ausgestossen, bevor es in der Umge-

lungsluft langsam zu Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) umgewandelt wird. Das NO ist somit ein guter Gradmesser für die Beurteilung der Luftbelastung durch den motorisierten Verkehr. Bei der Beurteilung der Immissionsbelastung ist immer auch die Verkehrssituation resp. die Verkehrsbelastung miteinzubeziehen. Der Vergleich zwischen dem Verlauf der NO-Jahreswerte zum durchschnittlichen Tagesverkehr (DTV) zeigt diese Übereinstimmung exemplarisch auf. Seit dem Jahr 2005 nimmt der Verkehr in der Feldbergstrasse kontinuierlich ab. Parallel dazu hat sich die NO-Belastung ebenfalls kontinuierlich reduziert. Aufgrund der Abgasnachbehandlung durch Oxidationskatalysatoren haben sich die NO und NO<sub>2</sub> Jahreswerte praktisch angeglichen.

### Modellierung Luftbelastung Feldbergstrasse

Für die Feldbergstrasse wurde eine Detailmodellierung der NO<sub>2</sub>- und PM10-Jahresmittelwerte unter Berücksichtigung der Gebäudestruktur durchgeführt. Für den Modellierungszeitpunkt 2015 betrug der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwert an der permanenten Luftmessstation 52 µg/m<sup>3</sup>. Gemäss der Modellierung treten die höchsten NO<sub>2</sub>-Werte entlang der gesamten Feldbergstrasse auf. Hier wird der Jahresgrenzwert von 30 µg/m<sup>3</sup> deutlich überschritten. Abseits der Strasse wird der Jahresgrenzwert hingegen unterschritten. Bei der Matthäuskirche wird die typische Blockrandbebauung in der Feldbergstrasse durch den Kirchplatz unterbrochen. Die Belastung nimmt also mit baulich bedingter besserer Durchlüftungssituation sehr rasch ab, wie auch mit Entfernung von der Strasse. Auch in den Zufahrtsstrassen nimmt die Belastung deutlich ab. Die Luftbelastung ist hier deutlich tiefer als entlang der Feldbergstrasse. Das geringere Verkehrsaufkommen und der fehlende Busverkehr wirken sich durch tiefere NO<sub>2</sub>-Belastungen aus. Die Resultate dieser Modellierung sind durch Messungen bestätigt worden.

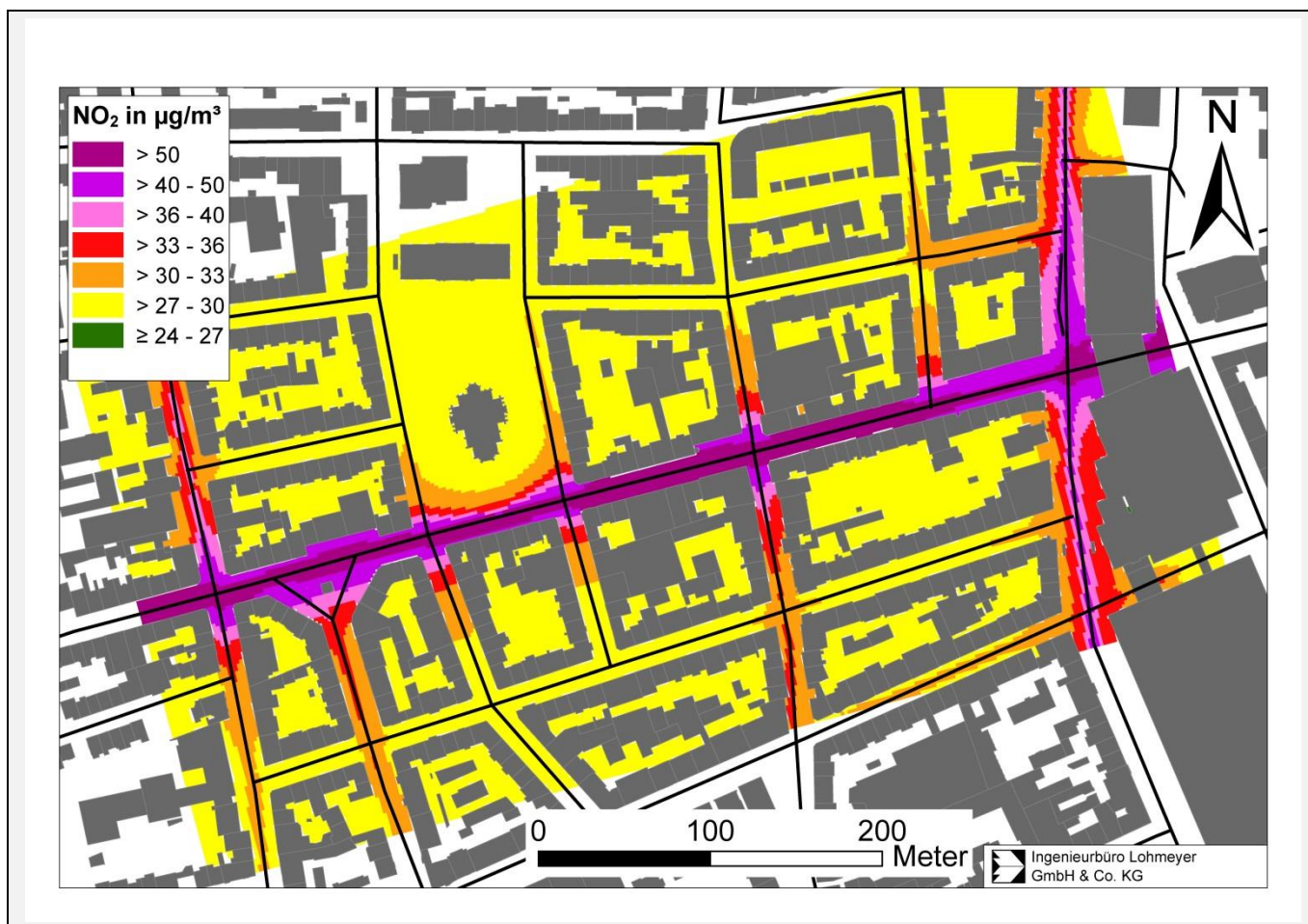
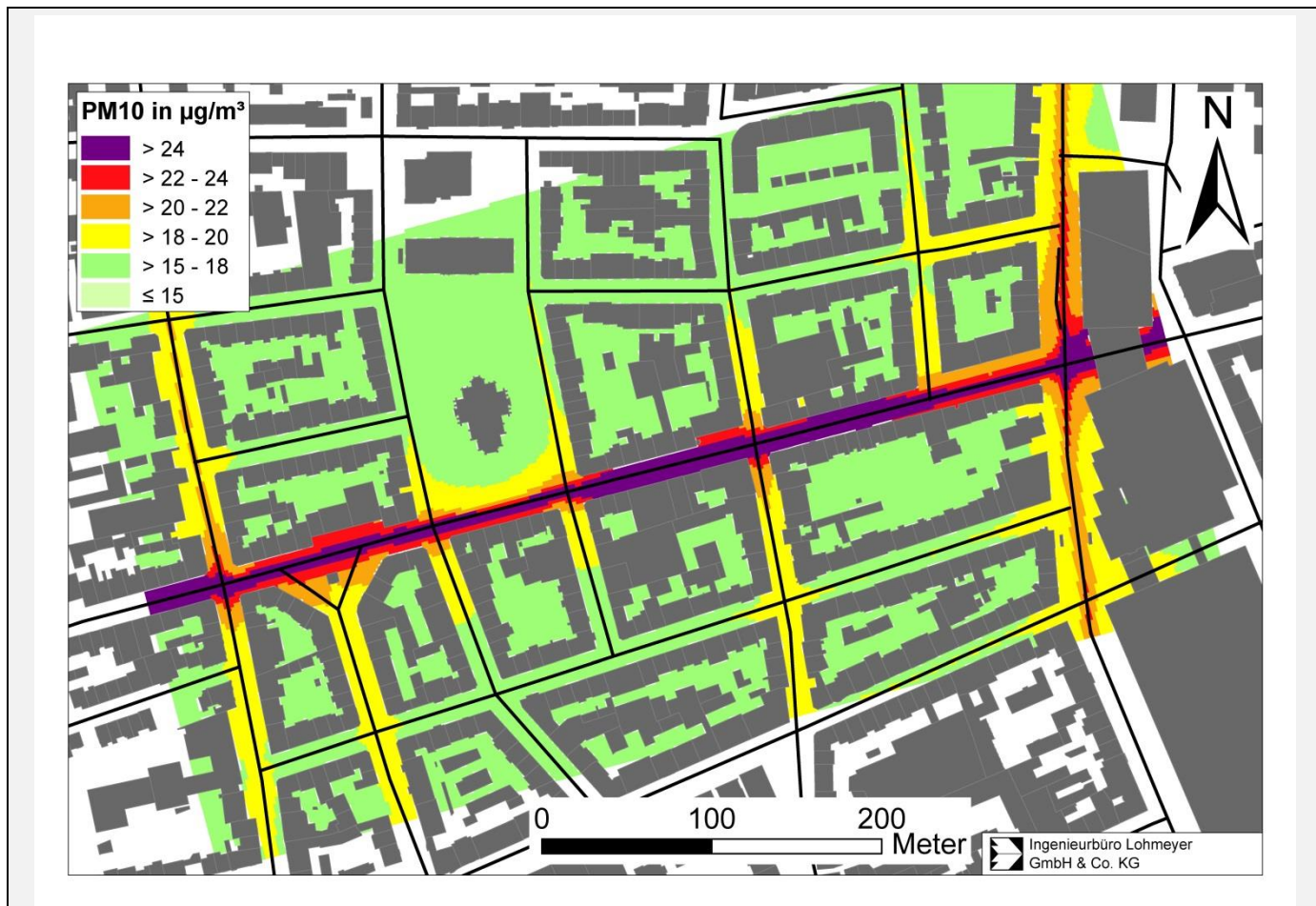


Abb. 39: NO<sub>2</sub>- Jahresmittelwerte im 2015 an der Feldbergstrasse unter Berücksichtigung Gebäudestruktur

Ein vergleichbares Bild zeigt sich beim Konzentrationsverlauf von PM10. Im 2015 lag die PM10-Belastung an der permanenten Messstation mit  $22.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  über dem Jahresgrenzwert von  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die Modellierung zeigt, dass entlang der gesamten Feldbergstrasse der PM10-Jahresgrenzwert von  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  überschritten wird.



**Abb. 40: Jahresmittelwerte PM10 an der Feldbergstrasse unter Berücksichtigung Gebäudestruktur**

Wie beim  $\text{NO}_2$  nimmt die Belastung bei baulich bedingter besserer Durchlüftungssituation sehr rasch ab, wie auch mit Entfernung von der Strasse. Gerade bei der Matthäuskirche ist dieser Effekt sehr gut zu sehen. Hier wird die typische Blockrandbebauung in der Feldbergstrasse durch den Kirchplatz unterbrochen. Abseits der Strasse wird der Grenzwert unterschritten.

### Bevölkerungsexposition Feldbergstrasse

Die berechneten Immissionswerte wurden mit den Einwohner- und den Gebäudedaten überlagert. Anschliessend wurde die Einwohnerzahl ermittelt, die in den entsprechenden Gebäudereihen mit grenzwertüberschreitenden Jahresmittelwerten zuzuordnen sind. Im Anhang 7 „Teilgebiete Betroffenheitsanalyse“ ist das Auswertungsgebiet ersichtlich.

Die Tabelle 12 zeigt das Resultat der Betroffenheiten für das Bezugsjahr 2015. Entlang der Feldbergstrasse<sup>22</sup> ist über die Hälfte der Wohnbevölkerung übermässigen  $\text{NO}_2$ -Immissionen ausgesetzt. Betrachtet man die Anzahl betroffener Personen, welche sehr hohen Belastungen über  $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (entspricht dem 1.2-fachen des Jahresimmissionsgrenzwerts) ausgesetzt sind, so sind dies rund 30% der Wohnbevölkerung.

<sup>22</sup> Ganze Feldbergstrasse von Rhein bis Riehenring mit einer Bandbreite von je 100 Meter auf beiden Seiten.

|   | Anzahl Bewohner | %    |
|---|-----------------|------|
| <b>Bevölkerung entlang Feldbergstr. gesamt</b>                  | 7'240           | 100% |
| <b>Betr. Bevölkerung NO<sub>2</sub> &gt;30 µg/m<sup>3</sup></b> | 3'890           | 54%  |
| <b>Betr. Bevölkerung NO<sub>2</sub> &gt;36 µg/m<sup>3</sup></b> | 2'160           | 30%  |

Tab. 12: Betroffene Bevölkerung in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden Belastungen im Jahr 2015

### Stand Umsetzung der Massnahmen Feldbergstrasse

Am 19. September 2012 hat der Grosse Rat den Plan über den Ausbau des Tramstreckennetzes im Kanton Basel-Stadt genehmigt und die zur Umsetzung notwendigen finanziellen Mittel gesprochen. Die Projektierung und der Bau dieser neuen Tramstrecken erfolgen vorbehältlich positiver Ergebnisse der vertiefenden Studien und Planungen, unter anderem einer Zweckmässigkeitsbetrachtung. Das Bau- und Verkehrsdepartement (BVD) berichtet dem Regierungsrat bzw. dem Grossen Rat periodisch über den Stand der Planungen.

Aufgrund der Resultate aus der Zweckmässigkeitsbetrachtung hat der Regierungsrat im Juli 2015 dem Grossen Rat erstmals zum Stand der Umsetzung des Ausbaus des Tramstreckennetzes Bericht erstattet und die nächsten Ausbautetappen der Tramnetzentwicklung beschlossen. Dabei hat er auch das Tram 30 als wichtige, mittelfristig weiterzuverfolgende Tramstrecke eingestuft. Das entsprechende Projekt sieht den Ersatz der Buslinie 30 durch eine Tramlinie („Tram 30“) zwischen dem Bahnhof Basel SBB und dem Badischen Bahnhof über die Johanniterbrücke und durch die Feldbergstrasse vor und bindet so wichtige öffentliche Einrichtungen (Universität, Spitäler) direkt mit dem Tram an die beiden Basler Bahnhöfe an. Die Umstellung von Bus auf Tram führt zu einer höheren Attraktivität des öffentlichen Verkehrs und leistet somit einen indirekten Beitrag zur Reduktion der Luftschadstoffbelastung. Gesetzlich vorgeschrieben ist ohnehin die Umstellung auch der Busleistungen auf erneuerbare Energien, mit grosser Wahrscheinlichkeit auf Elektroantrieb.

Derzeit führt das Bau- und Verkehrsdepartement weitere Abklärungen zur Streckenführung des Trams 30 zwischen Gross- und Kleinbasel bezüglich Kosten und technischer Machbarkeit durch. Dabei gilt die Streckenführung über den Abschnitt Feldbergstrasse – Johanniterbrücke als gesetzt. Die Resultate zur gesamten Streckenführung werden Mitte 2017 vorliegen. Im Anschluss können die weiteren Planungsschritte, wie Vorstudie und Vorprojekt erstellt werden. Dabei werden die im Aktionsplan vorgesehenen Elemente zur Reduktion des Durchgangsverkehrs in der Feldbergstrasse geprüft.

Der Bund unterstützt mit dem Agglomerationsprogramm eine nachhaltige Verkehrs- und Siedlungsplanung in urbanen Räumen mit einem finanziellen Beitrag an die Verkehrsinfrastrukturvorhaben. Um von dieser Unterstützung des Bundes zu profitieren, hat die trinationale Trägerschaft des Agglomerationsprogramms Basel das Tram 30 dem Bund in der aktuellen 3. Generation im B-Horizont eingeteilt. Bei diesen Projekten setzt der Bund einen Baubeginn zwischen 2023 und 2026 voraus.

### Gundeldinger Quartier (Szenario Z3)

Als Szenario Z3 wurde der Bau des Gundeldingertunnels inkl. flankierende Massnahmen untersucht. Das Szenario basierte auf der Ausgangslage des Agglomerationsprogramms Basel, 2. Generation, welches modelltechnisch vollumfänglich übernommen wurde. Der Aktionsplan beschränkte sich auf die lufthygienische Bewertung. Die Realisierung des geplanten Tunnels ist primär eine verkehrspolitische Frage. Durch den Bau des Gundeldingertunnels inkl. der Umsetzung von begleitenden Massnahmen könnte das Gundeldinger Quartier von übermässigen Schadstoffbelastungen entlastet werden.

### Bevölkerungsexposition Gundeldinger Quartier

Im Gundeldinger Quartier ist aktuell rund die Hälfte der Wohnbevölkerung übermässigen NO<sub>2</sub>-Immissionen ausgesetzt. Die Anzahl der betroffenen Personen, welche sehr hohen Belastungen über 36 µg/m<sup>3</sup> (entspricht dem 1.2-fachen des Jahresimmissionsgrenzwertes) ausgesetzt sind, liegt bei rund 13%. Im Anhang 7 „Teilgebiete Betroffenheitsanalyse“ ist das Auswertungsgebiet ersichtlich.

|   | Anzahl Bewohner | %    |
|---|-----------------|------|
| <b>Bevölkerung Gundeldinger Quartier gesamt</b>                 | 19'930          | 100% |
| <b>Betr. Bevölkerung NO<sub>2</sub> &gt;30 µg/m<sup>3</sup></b> | 9'810           | 49%  |
| <b>Betr. Bevölkerung NO<sub>2</sub> &gt;36 µg/m<sup>3</sup></b> | 2'590           | 13%  |

Tab. 13: Betroffene Bevölkerung in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden Belastungen im Jahr 2015

### Stand Umsetzung der Massnahmen Gundeldingertunnel

Infolge der Ablehnung der Entwicklungsplanung Leimental – Birseck – Allschwil (ELBA) am 8. November 2015 durch das Baselbieter Stimmvolk verzögert sich auch die Planung des Projektes ABAC bzw. Gundelitunnel, das gemäss Beschluss des Regierungsrates Basel-Stadt auf die Planung der weiterführenden Tunnelstrecke („Tunnel Binningen“) abzustimmen ist. Dementsprechend sind auch betreffend der Luftqualität, in diesem Perimeter in naher Zukunft keine Fortschritte zu erwarten. Welche Auswirkungen der zurzeit erarbeitete Stadtteilrichtplan Gundeldingen haben wird, ist noch offen.

### Neubad Quartier (Szenario Z5)

Die Einführung von Tempo 30 in der Reiterstrasse und im westlichen Teil der Holeestrasse ist im Rahmen des Ratschlags vom 22. Mai 2012 "Rahmenausgabenbewilligung zur weiteren Umsetzung von Tempo 30" bereits vorgesehen. Im Szenario Z5 wurde untersucht, welche Auswirkungen die vorgesehene Einführung von Tempo 30 hat. Grundsätzlich ist in der Detailplanung ein optimales Mass der Verlagerung des Durchgangsverkehrs festzulegen. Dabei sind die Nutzen in den Bereichen Verkehr, Sicherheit, Luft und Lärm gegenseitig abzuwägen. Der Schulwegsicherheit muss dabei besondere Beachtung geschenkt werden.

### Bevölkerungsexposition Neubad

Im Neubad Quartier ist aktuell rund ein Drittel der Wohnbevölkerung übermässigen NO<sub>2</sub>-Immissionen ausgesetzt. Die Anzahl betroffener Personen, welche sehr hohen Belastungen über 36 µg/m<sup>3</sup> (entspricht dem 1.2-fachen des Jahresimmissionsgrenzwertes) ausgesetzt sind, liegt bei rund 26% der Wohnbevölkerung. Im Anhang 7 „Teilgebiete Betroffenheitsanalyse“ ist das Auswertungsgebiet ersichtlich.

|   | Anzahl Bewohner | %    |
|---|-----------------|------|
| <b>Bevölkerung im Perimeter Neubad gesamt</b>                   | 4'330           | 100% |
| <b>Betr. Bevölkerung NO<sub>2</sub> &gt;30 µg/m<sup>3</sup></b> | 1'460           | 34%  |
| <b>Betr. Bevölkerung NO<sub>2</sub> &gt;36 µg/m<sup>3</sup></b> | 1'140           | 26%  |

Tab. 14: Betroffene Bevölkerung in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden Belastungen im Jahr 2015

## **Stand Umsetzung der Massnahmen Neubad**

Die für die Reiterstrasse und die Holeestrasse West (Abschnitt Laupenring – Neuweilerplatz) im Hinblick auf die dort vorgesehene Einführung von Tempo 30 benötigten Verkehrsgutachten sind kurz vor der Fertigstellung. Es kann davon ausgegangen werden, dass die rechtlichen Voraussetzungen für eine Tempo 30-Einführung in den genannten Strassen gegeben sind. Die alleinige Einführung von Tempo 30 in den genannten Strassen wird allerdings nur zu einer geringen Verlagerung des Durchgangsverkehrs in die aus lufthygienischer Sicht gewünschte Richtung führen.

Zusätzliche vom Aktionsplan geforderte Massnahmen für eine weitergehende Verkehrsverlagerung werden derzeit hinsichtlich Wirkung, Machbarkeit und Zielkonflikten (u.a. Schulwegsicherheit) im Detail geprüft. Im Ergebnis wird das Bau- und Verkehrsdepartement ein Massnahmenpaket definieren, welches die Zielkonflikte minimiert und ein gutes Kosten-/Wirkungsverhältnis aufweist.

Dabei müssen weitere Rahmenbedingungen bei der Planung und der Beurteilung von Verkehrsverlagerungen berücksichtigt werden:

- Die durch die Holee- und Reiterstrasse führende Buslinie Nr. 36 ist bereits durch andere in jüngster Zeit realisierte Tempo 30-Umsetzungen von Fahrzeitverlusten betroffen, welche mittels Beschleunigungsmassnahmen entlang dieser ÖV-Linie möglichst kompensiert werden müssen.
- Zwecks Erhöhung der Schulwegsicherheit in unmittelbarer Nähe des Primarstufen-Standorts Neubad ist die Einführung einer Tempo 30-Wechselsignalanlage im Laupenring vorgesehen. Sie soll auf dem Abschnitt Neubadstrasse – Marschalkenstrasse während den Schulwegzeiten das Tempo auf 30 km/h beschränken.
- Weitere vorgesehene Tempo 30-Abschnitte im Umfeld könnten Auswirkungen auf die betroffenen Strassenabschnitte haben.

Das Bau- und Verkehrsdepartement kann voraussichtlich etwa Mitte 2017 eine Empfehlung zur Umsetzung weiterer Massnahmen abgeben und auf deren Basis die Tempo 30-Detailprojekte für die Holeestrasse West und die Reiterstrasse zur Publikationsreife bringen.

## **Zürcherstrasse und Breite (Szenario Z8), Sensitivitätsbetrachtungen A2 Osttangente Tunnelvariante**

Im Rahmen des Aktionsplans Gesunde Luft in Wohnquartieren wurden im 2013 die lufthygienischen Auswirkungen eines Rheintunnels untersucht. Die Realisierung dieses Projektes liegt weit hinter dem Zeithorizont des Aktionsplans Gesunde Luft in Wohnquartieren (2020). Daher wurde diese Massnahme im Sinne einer Sensitivitätsbetrachtung nur grob untersucht. Es ging "lediglich" um die Frage, in welcher Grössenordnung die Reduktion der Luftimmissionen einzustufen sind. Das Szenario basierte im Wesentlichen auf den ersten Planungsergebnissen. Es wurde angenommen, dass die Verkehrsbelastung an der Oberfläche auf der Länge des Bypass halbiert wird. Der an der Oberfläche verbleibende Verkehr wäre städtischer Ziel- oder Quellverkehr, der sein Ziel im Abschnitt der Untertunnelung findet.

Fazit: Der Bau der Tunnelvariante bei der Osttangente würde die Bewohner entlang der Osttangente deutlich von Schadstoffemissionen entlasten.

## **Bevölkerungsexposition Zürcherstrasse und Breite**

An der Zürcherstrasse und in der Breite sind aktuell rund zwei Drittel der Wohnbevölkerung übermässigen NO<sub>2</sub>-Immissionen ausgesetzt. Die Anzahl der betroffenen Personen, welche sehr hohen Belastungen über 36 µg/m<sup>3</sup>

(entspricht dem 1.2-fachen des Jahresimmissionsgrenzwerts) ausgesetzt sind, liegt bei rund der Hälfte der Wohnbevölkerung. Im Anhang 7 „Teilgebiete Betroffenheitsanalyse“ ist das Auswertungsgebiet ersichtlich.

|   | <b>Anzahl Bewohner</b> | <b>%</b> |
|---|------------------------|----------|
| <b>Bevölkerung entlang Perimeter Zürcherstrasse und Breite gesamt</b> | 2'580                  | 100%     |
| <b>Betr. Bevölkerung NO<sub>2</sub> &gt;30 µg/m<sup>3</sup></b>       | 1'840                  | 71.3%    |
| <b>Betr. Bevölkerung NO<sub>2</sub> &gt;36 µg/m<sup>3</sup></b>       | 1'270                  | 49.2%    |

Tab. 15: Betroffene Bevölkerung in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden Belastungen im Jahr 2015

Stand Planung: Mit dem vom Bundesamt für Strassen (ASTRA) vorgesehenen Bau des Rheintunnels wird eine deutliche Reduktion des Verkehrs auf der bestehenden oberirdischen Osttangente erwartet. Die Planungs- und Projektierungsarbeiten des Bundes schreiten voran, die Inbetriebnahme des Rheintunnels wird gemäss den Angaben des Bundes voraussichtlich im Jahr 2037-2040 erfolgen. Ab dann ist auch die in Aussicht gestellte Verbesserung der Luftqualität, zu erwarten.

### 5.2.2 Massnahme IG3: Reduktion der VOC-Emissionen in Betrieben

Lösungsmittel-Anwendungen in Industrie und Gewerbe verursachen in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft rund 50% der Emissionen von flüchtigen organischen Verbindungen (VOC). Der Bund hat mit der VOC-Lenkungsabgabe ein Instrument geschaffen, mit dem in den vergangenen Jahren bedeutende Emissionsreduktionen erzielt werden konnten.

Mit der Massnahme IG3: „Reduktion der VOC-Emissionen in Betrieben“ werden diejenigen Firmen, die grosse Mengen oder besonders schädliche VOC emittieren, dazu verpflichtet, weitergehende Minderungen nach dem Stand der Technik umzusetzen. Die Regelungen sind in den kantonalen Verordnungen über die Verschärfung von Emissionsbegrenzungen für stationäre Anlagen (BS: MVO, BL: VVESA) aufgenommen worden. Sie betreffen Betriebe, deren Emissionen eine Jahresfracht von 3'000 kg überschreiten, und Reinigungs- und Entfettungsprozesse, bei denen jährlich mehr als 400 kg VOC emittiert werden. Die Umsetzung erfolgt im Rahmen der periodischen Kontrolle.

Um den Erfahrungsaustausch zwischen den Betrieben zu unterstützen, wurden in den Jahren 2013 und 2015 Infoveranstaltungen für Firmen der Chemiebranche durchgeführt. Mit praxisnahen Beispielen wurden mögliche Lösungen aufgezeigt. Durch die Massnahmen konnten die Emissionen der Chemie- und Pharmabranche von 260 Tonnen auf 210 Tonnen pro Jahr reduziert werden. Das prognostizierte Reduktionspotential von 60 Tonnen gemäss LRP 2010 wurde somit fast erreicht. Diese Reduktion wirkt sich auch direkt finanziell auf die Betriebe aus. So können diese pro Jahr insgesamt CHF 150'000 an VOC-Lenkungsabgabe einsparen. Einige Betriebe profitieren zudem noch von einer zusätzlichen Befreiung der VOC-Lenkungsabgabe, da sie nun die erforderlichen Vorgaben (z.B. Erfassungsgrad bei den diffusen Emissionen) vollumfänglich erfüllen.

Zur Optimierung der Reinigungs- und Entfettungsprozesse fanden erste Erhebungen und Beratungen bei den betroffenen Betrieben statt, welche mehrheitlich der Metallbranche zuzuordnen sind. Zudem wurde im Jahr 2012 eine Infotagung durchgeführt, wo u.a. wässrige Alternativen für die Reinigung von Metalloberflächen vorgestellt wurden. Durch die Massnahmen konnten die Emissionen aus Reinigungs- und Entfettungsprozessen von 110 Tonnen auf 94 Tonnen reduziert werden.

Für die kommenden Jahre sind weitere Erhebungen und Beratungen vorgesehen. Zudem soll der Stand der Technik weiterverfolgt werden und jeweils sukzessive umgesetzt werden, dies jeweils in Zusammenarbeit mit den betroffenen Betrieben.

### 5.2.3 Massnahmen LW1: Verbot der offenen Verbrennung von Schlagabraum und Grünmaterial in der Wald- und Landwirtschaft zum Zwecke der Entsorgung

Statt der Einführung des vorgesehenen Verbots hatte das Landwirtschaftliche Zentrum Ebenrain (LZE) in Zusammenarbeit mit dem Baselbieter Obstverband im Jahr 2009 ein Projekt lanciert, dass zum Ziel hatte, den losen Baumschnitt, welcher bei der Pflege von Obstbäumen anfällt, zu sammeln und zu Holzschnitzeln zu verarbeiten und einer energetischen Verwertung zuzuführen. Zu Beginn des Projekts beteiligten sich 13 Gemeinden. Dabei konnten rund 1'500 m<sup>3</sup> Schnitzel als wertvoller und CO<sub>2</sub>-neutraler Brennstoff gewonnen werden.

Im Winterhalbjahr 2015/16 wurden bereits in 22 Gemeinden rund 2'400 m<sup>3</sup> Schnitzel aus dem Obstbaumschnitt produziert. Zudem werden ergänzend zum Projekt rund 1'200 m<sup>3</sup> Hackschnitzel aus Obstbaumschnitt produziert und in das Holzkraftwerk nach Basel gebracht. Grössere Obstproduzenten lassen ihr anfallendes Pflegeholz häckseln und nutzen die Schnitzel in ihren eigenen Holzschnitzelanlagen. Im Winterhalbjahr 2015/16 waren dies insgesamt rund 500 m<sup>3</sup> Holzschnitzel.

Fazit: Insgesamt konnten bisher über 4000 m<sup>3</sup> Schnitzel jährlich gesammelt und energetisch genutzt werden. Damit können über 300'000 Liter Heizöl (entspricht dem Heizwert von 150 - 200 Einfamilienhäuser) eingespart werden. Das Potential zur energetischen Verwertung von Obstbaumschnitt und Landschaftspflegeholz wird

heute sehr gut ausgeschöpft. Das erfolgreiche Projekt wird entsprechend weitergeführt und vom LZE aktiv begleitet. Aufgrund der sehr erfolgreichen Umsetzung erübrigt sich ein gesetzliches Verbot der offenen Verbrennung.

### 5.3 Neue und weiterzuführende Massnahmen

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die weiterzuführenden und neuen Massnahmen. Die neuen Massnahmen basieren grösstenteils auf Vorschlägen des Cercl'Air für „Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität“ (Cercl'Air 2012) und sind demgemäss mit anderen Kantonen abgestimmt.

| Sektor / Bereich  | Bezeichnung (neu = fett) | Massnahmen   | Typ                    |
|-------------------|--------------------------|--|------------------------|
| Verkehr           | V3 (LRP 2007)            | Aktionsplan gesunde Luft in Wohnquartieren   | Kantonale Massnahme BS |
|                   | <b>V8 (neu)</b>          | Sicherstellung der Konformität der Fahrzeugemissionen                                | Antrag an den Bund     |
| Rheinschifffahrt  | <b>S1 (neu)</b>          | Landseitige Elektrifizierung der Liegeplätze   | Kantonale Massnahme BS |
| Energie           | <b>E7 (neu)</b>          | Emissionsminderung bei Holzfeuerungen > 70kW   | Bikantonale Massnahme  |
|                   | <b>E8 (neu)</b>          | Reduktion von Emissionen aus Pizza- und Holzbacköfen                                 | Bikantonale Massnahme  |
|                   | <b>E9 (neu)</b>          | Emissionsminderung bei Notstromaggregaten  | Bikantonale Massnahme  |
| Industrie/Gewerbe | IG3 (LRP 2010)           | Reduktion der VOC-Emissionen in Betrieben  | Bikantonale Massnahme  |
| Landwirtschaft    | LW1 (LRP 2007)           | Verbot der offenen Verbrennung von Schlagabraum und Grünmaterial                     | Kantonale Massnahme BL |
|                   | <b>LW3 (neu)</b>         | Nachfolgeprogramm Ressourcenprojekt Ammoniakminderung                                | Kantonale Massnahme BL |
|                   | <b>LW4 (neu)</b>         | Anträge an den Bund zur Reduktion der Ammoniakemissionen                             | Antrag an den Bund     |
| Raumplanung       | <b>P1 (neu)</b>          | Verringerung der Wärmebelastung und Verbesserung der Durchlüftung im Siedlungsgebiet | Kantonale Massnahme BS |
| Querschnitt       | <b>Q1 (neu)</b>          | Interreg V Projekt Verringerung Umweltbelastungen                                    | Bikantonale Massnahme  |

Tab. 16: Übersicht über weiterzuführende und neue Massnahmen

#### 5.3.1 Herausforderungen der aktuellen kantonalen Luftreinhalteplanung

Die aktuellen Immissionsbelastungen der Luftschadstoffe PM10, NO<sub>2</sub> und Ozon liegen grossflächig über den gesetzlich festgelegten Grenzwerten der LRV. Zudem überschreiten die Immissionen von Feinstaub PM2.5 und die Stickstoffdepositionen die Schutzwerte gemäss Empfehlungen der EKL (eidgenössische Kommission für Lufthygiene) und WHO (Weltgesundheitsorganisation) oder internationaler Protokolle. In einem solchen Fall haben die Kantone gemäss Art.31 der LRV einen Massnahmenplan zu erstellen.

Ursache der ungenügenden Luftqualität sind die Emissionen der Luftschadstoffe aus Verkehr, Feuerungen, Landwirtschaft, Industrie und Gewerbe. Den Anstrengungen für bessere Luft werden durch gegenläufige Ent-

wicklungen in Demografie und Wirtschaft erschwert. Zum Beispiel nimmt die von Luftschadstoffen betroffene Bevölkerung zu, da sie insbesondere in den urbanen / städtischen Gebieten stark wächst. Mit dem Bevölkerungswachstum nehmen auch der Verkehr sowie der Energie- und der Ressourcenverbrauch und somit die Schadstoffemissionen zu. Bei der Landwirtschaft sind trotz kantonalem Ressourcenprojekt Ammoniak und Anpassungen der Agrarpolitik auf Bundesebene nur geringe Veränderungen in der Stickstoffproblematik, zu erwarten. Aufgrund des Klimawandels, ist im Sommer öfters mit Hitzeperioden und hohen Ozonbelastungen zu rechnen. Fazit ist, dass die Entwicklungen in den Bereichen Verkehr, Raumplanung, Energie, Klima und Landwirtschaft weiterhin den Verlauf der Schadstoffemissionen prägen werden.

### 5.3.2 Exkurs: Interventionskonzepte bei Überschreitung der Tagesgrenzwerte

Der vorliegende Luftreinhalteplan basiert auf dem USG und dessen Vorgabe, dass bei Überschreitung von Immissionsgrenzwerten - in der Regel Langzeitgrenzwerte (NO<sub>2</sub>, PM10) oder längerdauernde Überschreitungen des Kurzzeitgrenzwertes (Ozon) - dauerhaft wirkende Massnahmen anzuordnen sind. (Siehe dazu: USG, Art. 11 Abs. 2, Art. 11 Abs. 3, Art. 44a).

Die Einführung von Interventionskonzepten mit Sofortmassnahmen basiert auf den folgenden Überlegungen:

- Bei sehr hohen temporären Schadstoffbelastungen, die nachgewiesenermassen eine akute Gesundheitsgefährdung bedeuten können, erwartet die Bevölkerung Sofortmassnahmen.
- Sofortmassnahmen sollen eine Emissionsreduktion bewirken und verhältnismässig sein. Die Verhältnismässigkeit hat den Aufwand, Kosten und die damit verbundenen Einschränkungen für die Bevölkerung zu berücksichtigen. Überdies sollen die Kantone die Massnahmen durch geeignete Information und Sensibilisierung der Öffentlichkeit unterstützen.

### **Wintersmog**

In der Wintersaison treten wiederholt zeitliche Abschnitte mit Überschreitung der Tagesgrenzwerte beim Feinstaub und beim Stickstoffdioxid auf. Hierfür gibt es zwei Gründe: Zum einen fallen in der kalten Jahreszeit zusätzliche Emissionen aus den Raumheizungen an, zum anderen ist die Verdünnung der Schadstoffe durch die im Winter vermehrt auftretenden austauscharmen Wetterlagen behindert. Erst ein Wechsel der Wetterlage bewirkt eine Zuführung von Frischluft und somit eine Reduktion der Luftschadstoffbelastung. Im Winterhalbjahr können Feinstaub- und Stickstoffdioxidbelastung deshalb kritische Werte erreichen, wenn sich wegen der hohen Emissionsdichte die Schadstoffe aufgrund des schlechten Luftaustausches in der Kaltluftschicht anreichern. Wegen der ausserordentlich hohen Feinstaubkonzentrationen im Winter 2006 wurden in verschiedenen Kantonen Massnahmen angeordnet. Beispielsweise wurde in elf Kantonen Tempo 80 auf Autobahnen erlassen. Diesem Vorgehen gingen nur wenige und kurzfristige Absprachen und Koordinationsbemühungen unter den Kantonen voraus. Daraufhin beschloss die Bau-, Planungs-, Umweltdirektorenkonferenz (BPUK), ein nationales Informations- und Interventionskonzept zu erarbeiten. Das Konzept enthält koordinierte, temporäre und abgestufte Massnahmen. Es besteht aus drei Stufen:

- Informationsstufe bei einer PM10-Belastung von 75 µg/m<sup>3</sup> (1.5-facher LRV-Grenzwert von 50 µg/m<sup>3</sup>): Orientierung der Öffentlichkeit, Aufruf zu freiwilligen Massnahmen.
- Interventionsstufe 1 bei einer PM10-Belastung von 100 µg/m<sup>3</sup> (2-facher LRV-Grenzwert): behördlich angeordnete Massnahmen
- Interventionsstufe 2 bei einer PM10-Belastung von 150 µg/m<sup>3</sup> (3-facher LRV-Grenzwert): zusätzliche behördlich angeordnete Massnahmen

Die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft haben dieses Basiskonzept in den jeweiligen kantonalen Smog-Verordnungen rechtlich verankert und sehen neben der Information folgende Massnahmen vor:

- Tempo 80 auf Autobahnen (nur im Kanton Basel-Landschaft, da auf Stadtautobahnen bereits Tempo 80 gilt);
- Verbot von Zweitheizungen wie Cheminées und Schwedenöfen, wenn eine Heizung mit geringeren lokalen Schadstoffemissionen zur Verfügung steht;
- Verbot von jeder Art von Feuern im Freien;
- Verbot für das Verwenden von Feuerwerk.

Die Massnahmen in Basel-Stadt und Basel-Landschaft werden in enger Koordination mit den Kantonen Aargau, Solothurn, Jura und Bern angeordnet. Gesamtschweizerisch werden Information und Massnahmenauslösung im Rahmen des BPUK-Konzeptes abgestimmt.

Seit Inkrafttreten der Smog-Verordnungen im Jahr 2007 wurde in den Jahren 2008 und 2012 die Informationsstufe an je einem Tag ausgelöst. Von 2012 bis 2015 ist die Informationsstufe nicht erreicht worden.

Das Konzept wird zurzeit im Auftrag des Vorstands der Schweizerischen Bau-, Planungs- und Umweltdirektorenkonferenz BPUK von der Konferenz der Vorsteher der Umweltschutzämter der Schweiz (KVU) überarbeitet. Das Konzept soll vereinfacht werden, indem auf die Interventionsstufe 2 verzichtet und gewisse Sofortmassnahmen punktuell angepasst werden.

### **Sommersmog**

Im Sommerhalbjahr werden jährlich Überschreitungen des Stundengrenzwertes für Ozon gemessen. Die KVU informiert die Bevölkerung jeweils im Auftrag der BPUK aktiv bei hohen Ozonwerten und gibt Verhaltensempfehlungen ab.

- Bei  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (also dem 1.5-fachen des Grenzwertes von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) wird die Informationsstufe I erreicht, und es erfolgt eine schweizweite Orientierung. Dies entspricht dem Vorgehen der EU für Ozon bei Erreichen derselben EU-Informationsschwelle. Seit Inkrafttreten des Sommersmog-Konzepts musste die Informationsstufe in der Nordwestschweiz nur an Einzeltagen ausgelöst werden, zuletzt im 2015.
- Beim Überschreiten der Alarmschwelle ab  $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (2-facher Grenzwert) werden in den Kantonen Tessin, Graubünden und Genf Sofortmassnahmen getroffen (z.B. temporäre Temporeduktion). Allerdings treten im Tessin auch wesentlich höhere Ozonbelastungen auf. In der Nordwestschweiz ist die Alarmschwelle letztmals im ausserordentlich warmen und trockenen Sommer 2003 erreicht worden.

### **Fazit**

Die vorhandenen Interventionskonzepte bei Überschreitung der Tagesgrenzwerte haben sich bisher bewährt. Die Wahrscheinlichkeit, dass Sofortmassnahmen angeordnet werden müssen, dürfte in der Region Basel sehr gering bleiben, ist aber doch nicht gänzlich auszuschliessen. Vor diesem Hintergrund sind weitergehende Sofortmassnahmen nicht notwendig.

#### **5.3.3 Massnahmen im Bereich Verkehr**

Im Bereich der Fahrzeuge wurden in den letzten Jahren grosse Fortschritte bezüglich der Abgasemissionen erzielt und es werden weitere Verbesserungen erwartet. Die Emissionen aus dem Verkehrsbereich haben jedoch aufgrund der zunehmenden Fahrleistung nicht im selben Masse abgenommen. Auch die Zunahme von

Dieselfahrzeugen mit höheren NO<sub>x</sub>-Emissionen hat eine weitergehende Abnahme der NO<sub>2</sub>-Immissionen gebremst. Obwohl die geltenden Abgasvorschriften für Fahrzeuge laufend verschärft werden, zeigen Abgasmessungen im realen Fahrbetrieb, dass die Abgasemissionen von dieselbetriebenen Fahrzeugen in den letzten Jahren trotz Verschärfung der Abgasgrenzwerte nicht wie erwartet abgenommen haben. Es ist belegt, dass Fahrzeuge im realen Fahrbetrieb höhere Emissionen ausstossen, als dies während der Abgasmessung für die Marktzulassung (Typenprüfung) der Fall ist. Für die Typenprüfung müssen die Fahrzeuge einen bestimmten Fahrzyklus (Neuer Europäischer Fahrzyklus, NEFZ) absolvieren. Dies hat dazu geführt, dass die Fahrzeuge auf diesen Zyklus optimiert wurden, in der Realität aber wesentlich höhere Emissionen ausweisen. Als Gegenmassnahme hat die EU beschlossen, ab dem Jahr 2017 einen neuen Fahrzyklus (Worldwide Harmonised Light Vehicles Test Procedures, WLTP) sowie einen zusätzlichen Strassentest mit einem mobilen Messgerät (Portable Emissions Measurement System, PEMS) einzuführen. Neben diesen bereits vorgesehenen Überprüfungen der Konformität der Fahrzeuge sollten zur Sicherstellung der Konformität weitere unabhängige Nachtests durchgeführt werden. So sollten regelmässig Fahrzeuge aus dem Markt entnommen und auf Vorschriftsmässigkeit kontrolliert werden, insbesondere auch bei tieferen Aussentemperaturen. Zudem sollten die Bestimmungen in den EURO-Normen hinreichender konkretisiert werden (z.B. Betriebsbedingungen, Ausnahmemöglichkeiten für Abschaltvorrichtungen) sowie das Typgenehmigungsverfahren verschärft werden, damit keine Manipulationslücken bestehen. Einen entsprechenden Antrag werden die Kantone beim Bund stellen (Massnahme V8: Sicherstellung der Konformität der Fahrzeugemissionen).

Da die NO<sub>2</sub>-Immissionsbelastung hauptsächlich in der Stadt Basel und entlang der Verkehrsachsen übermässig ist, sollen die Massnahmen gemäss V3: Aktionsplan gesunde Luft in Wohnquartieren umgesetzt und an weiteren Hotspots punktuell ergänzt werden. Die Massnahme wird entsprechend weitergeführt.

Im Bereich der öV-Förderung und der Weiterentwicklung des Fuss-/Veloverkehrs wurden in der Region einige Infrastrukturmassnahmen umgesetzt. Im Rahmen der Entwicklung des verkehrspolitischen Leitbilds des Kantons Basel-Stadt<sup>23</sup> wurde zudem ein Massnahmenplan beschlossen, welcher in den nächsten 10 bis 15 Jahren umgesetzt werden soll. So sollen u.a. die Lücken im Fuss-/Veloverkehr geschlossen und die Verkehrsnachfrage über Mobilitätsmanagement stärker beeinflusst werden. Das verkehrspolitische Leitbild ist zudem abgestimmt auf das Agglomerationsprogramm Basel, in das auch die Strategien der Nachbarregionen eingeflossen sind. Auf weitere Massnahmen im Rahmen der Luftreinhalteplanung kann deshalb verzichtet werden.

### **Rheinschiffahrt**

Im Rahmen der Untersuchungen zum „Aktionsplan Gesunde Luft in den Wohnquartieren“ wurden auch die Rheinschiffahrtsemissionen neu berechnet. So sind die Fahrtemissionen der Güterschiffe für rund die Hälfte der Emissionen verantwortlich, aber auch die Hafenemissionen (Hilfsaggregate zur Stromproduktion) haben einen signifikanten Anteil an den Gesamtemissionen (rund 33% im Jahr 2015). Die Gesamtemissionen werden in Zukunft trotz Verkehrswachstum tendenziell zurückgehen. Dies ist dem Umstand zuzuschreiben, dass über die Flottenerneuerung die Schiffe nach und nach sauberer werden – ein Prozess, der aufgrund der langen Lebensdauer der Schiffe allerdings relativ langsam vor sich geht.

Die Immissionsmodellierungen zeigen, dass die Emissionen aus den Schiffsmotoren zu einer erheblichen Zusatzbelastung und teilweise zu Grenzwertüberschreitung führen.

Im Rahmen des Aktionsplans wurde untersucht, welche Auswirkungen die landseitige Energieversorgung am Passagierschiffsterminal St. Johann Pier 1 und 2 auf die Luftqualität hat. Die Immissionsmessungen zeigten, dass die Nachrüstung der Liegeplätze zur Einhaltung der NO<sub>2</sub>-Immissionswerte führt.

---

<sup>23</sup> Verkehrspolitische Leitbild BS: <http://www.mobiltaet.bs.ch/gesamtverkehr/verkehrsstrategie/verkehrspolitische-leitbild.html>

Um die NO<sub>2</sub>- und Dieselmotoren-Emissionen an den Schiffsstandorten zu reduzieren, ist eine landseitige Elektrifizierung aller bestehenden und geplanten Liegeplätze in Basel-Stadt vorgesehen. Davon ausgenommen sind aus Sicherheitsgründen alle Standorte in Ex-Zonen (Massnahme S1: Landseitige Elektrifizierung der Liegeplätze).

### **Elektromobilität**

Die Elektromobilität gewinnt zunehmend an Bedeutung. In den nächsten Jahren ist auch in der Region Basel mit einer deutlichen Zunahme an Elektrofahrzeugen zu rechnen.

Gemeinsam mit den regionalen Energieversorgern (EBL, EBM und IWB) und den Umweltämtern wurden zwei Studien erarbeitet, wo Handlungsoptionen zur Förderung der Elektromobilität aufgezeigt wurden. Die darin aufgeführten Massnahmenvorschläge werden in den kommenden Jahren nun sukzessive umgesetzt werden. So sollen an zentralen Orten Schnellladestationen entstehen. Ergänzend dazu sollen die Rahmenbedingungen für Ladestationen auf öffentlichem Parkraum verbessert werden.

Weitere Handlungsoptionen sollen nicht im Rahmen der Luftreinhalteplanung, sondern bei den federführenden Ämtern AUE BS und AUE BL realisiert werden. Auf eine spezifische Massnahme im Luftreinhalteplan wird deshalb verzichtet.

#### **5.3.4 Massnahmen im Bereich Energie**

Die Öl-, Gas- und Holzfeuerungen tragen insgesamt zu rund einem Drittel der PM10- und einem Fünftel der NO<sub>x</sub>-Emissionen bei. Dabei stammen die PM10- bzw. Russmissionen hauptsächlich aus den Holzfeuerungen. Aufgrund der zunehmenden Nutzung von Holz als nachwachsenden Rohstoff werden die PM10- bzw. Russmissionen aus Holzfeuerungen auch in Zukunft einen bedeutenden Anteil der PM10-Emissionen ausmachen. Holzfeuerungen weisen heute oft zu hohe Emissionen aus, da sie überdimensioniert geplant und installiert wurden. Dies führt dazu, dass Holzfeuerungen in ungünstigen Betriebszuständen mit hohen Emissionen betrieben werden; sie werden im Schwachlastbetrieb gefahren und müssen mehrere Male pro Tag hochgefahren oder angefeuert werden. Durch eine bessere Dimensionierung und Steuerung der Anlagen sollen diese ungünstigen Betriebszustände vermindert werden (Massnahme E7: Emissionsminderung bei Holzfeuerungen >70kW).

Bei Pizza- und Holzbacköfen wurden in der Vergangenheit die lufthygienischen Anforderungen, wegen fehlender Auflagen, nicht konsequent geprüft. Durch die hohen Betriebsstunden dieser gewerblichen Öfen sind lufthygienische Mindestanforderungen zum Schutze der Bewohner zu verlangen. Pizza- und Holzbacköfen sollten wie Holzzentralheizungen einen Konformitätsnachweis nach den massgebenden europäischen Normen und Emissionswerten gemäss LRV Anhang 4 Ziffer 212 vorweisen können (Massnahme E8: Reduktion von Emissionen aus Pizza- und Holzbacköfen).

In den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft gilt bereits heute für Notstromaggregate verschärfend eine Stundenbeschränkung von 30 Stunden pro Jahr. Gemäss Anhang 2 Ziffer 827 Absatz der revidierten LRV vom 1. Januar 2016 müssen solche Anlagen neu regelmässig kontrolliert und gemessen werden. Lufthygienisch und gesundheitlich von Bedeutung bei Notstromanlagen sind die Partikelemissionen, da diese hauptsächlich aus krebserregendem Dieselmotoren-Russ bestehen. Da Partikelfilter heute dem Stand der Technik entsprechen und Dieselmotoren dem Minimierungsgebot gemäss Anhang 2 Ziffer 82 der LRV unterstellt ist, soll für Notstromaggregate zukünftig ab einer Motorleistung von 19 kW eine Partikelfilterpflicht gelten (Massnahme E9: Emissionsminderung bei Notstromaggregaten).

### 5.3.5 Massnahmen im Bereich Landwirtschaft

Die Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft verursachen in der Schweiz den grössten Teil der Einträge von reaktivem Stickstoff, welcher vielfältige negative Auswirkungen auf Ökosysteme und Biodiversität, Boden, Wasser, die menschliche Gesundheit sowie die Klimaerwärmung hat. Die Umsetzung von Minderungsmaßnahmen bei Ammoniak (NH<sub>3</sub>) sollte daher in erster Priorität bei der Landwirtschaft erfolgen. Voraussetzung dazu ist die Kenntnis der aktuellen Emissionssituation und der Wirksamkeit von emissionsmindernden Massnahmen. In der Folge wurden die landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen der Kantone Basel-Landschaft und Basel-Stadt durch die Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften (HAFL) in Zollikofen für 2015 berechnet und die Entwicklung der Emissionen zwischen 2008 und 2015 beurteilt. Zudem erfolgte eine Abschätzung der Auswirkung von ausgewählten emissionsmindernden Massnahmen.

Die landwirtschaftlichen Stickstoffemissionen der Kantone Basel-Landschaft und Basel-Stadt für das Jahr 2015 betragen gemäss einzelbetrieblicher Emissionsrechnung insgesamt 767 Tonnen. Die Emissionen aus der Tierproduktion lagen bei 677 Tonnen, was 88% der gesamten landwirtschaftlichen Emissionen entspricht. Innerhalb der Tierproduktion betrug der Anteil von Rindvieh 84% (569 Tonnen). Zwischen 2008 und 2015 haben die landwirtschaftlichen Emissionen um rund 5% abgenommen. Vor allem die tieferen Bestände von Milchkühen und Schweinen haben zu dieser Abnahme geführt. Im Bereich der Gülleausbringung sind die Ammoniakemissionen in den letzten Jahren aufgrund der verbesserten landwirtschaftlichen Praxis und dem Einsatz des Schleppschlauchs leicht zurückgegangen. Veränderte Vorschriften zum Tierwohl haben jedoch gleichzeitig zu einer Zunahme der Ammoniakemissionen aus dem Bereich der Stallhaltung geführt. Anbindeställe für Rinder sind in den letzten Jahren zu Laufställen mit grosszügigen Laufhöfen im Aussenbereich umgebaut worden. Diese weisen grössere mit Kot und Harn verunreinigte Flächen auf und verursachen daher höhere Stickstoff-Emissionen.

Zur Steigerung der Stickstoff-Effizienz und zur Reduktion der Ammoniakemissionen richtet der Bund finanzielle Beiträge an Ressourcenprojekte gemäss Landwirtschaftsgesetz (LwG) Art. 77a und b aus. Seit dem 1. Januar 2012 läuft ein entsprechendes Projekt im Kanton Basel-Landschaft, das am 31. Dezember 2017 endet. Durch Fördergelder aus dem Ressourcenprojekt konnte das Lagervolumen der ungedeckten Güllelager, welche zu erheblichen Stickstoffverlusten führen, deutlich reduziert werden. Im Jahr 2008 betrug das Volumen der offenen Güllelager rund 35'000 m<sup>3</sup>. Im Jahr 2015 waren es noch rund 10'000 m<sup>3</sup>. Die Emissionen aus offenen Güllelager konnten so um rund 30% reduziert werden. Durch die Förderung von Schleppschlauchverteilern, welche eine emissionsarme Gülleausbringung ermöglichen, konnten die Ammoniakemissionen ebenfalls leicht reduziert werden. Dennoch liegt der Anteil der mit Prallteller und Werfer ausgebrachten Gülle immer noch bei rund 70%.

Die Tierbestände sind der Haupteinflussfaktor der Ammoniakemissionen. Durch gezielte Minderungsmaßnahmen wie Fütterungsstrategien, Güllebehandlung, organisatorische und bauliche Massnahmen lassen sich die Emissionen nachhaltig reduzieren. Abhängig von den personellen und finanziellen Ressourcen sowie den neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen soll deshalb ein Nachfolgeprojekt entwickelt werden, welches das am 31. Dezember 2017 ablaufende Ressourcenprojekt Ammoniakminderung ablösen soll. Die Erarbeitung des Gesuchs soll in Zusammenarbeit mit dem Bauernverband beider Basel erfolgen (Massnahme LW3: Nachfolgeprogramm Ressourcenprojekt Ammoniakminderung).

Mit Bezug auf Art. 44 a lit. 3 des Bundesgesetzes über den Umweltschutz (USG; SR 814.01) soll beim Bundesrat zusätzlich die Prüfung der folgenden drei Massnahmen beantragt werden, die in den Kompetenzbereich des Bundes fallen (Massnahme LW4: Anträge an den Bund zur Reduktion der Ammoniakemissionen):

- **Integration der Milchwahnharnstoffwerte in das Modell Agrammon:** Der Bund hat unter der Federführung des BAFU das Modell Agrammon zur Abschätzung der Ammoniakemissionen erarbeitet. Das Modell genießt heute schweizweit eine hohe Akzeptanz und spielt eine wichtige Rolle bei der Umsetzung kantonaler Ammoniak-Massnahmenpläne, bei der Beurteilung landwirtschaftlicher Baugesuche und in der landwirt-

schaftlichen Beratung. Angesichts des hohen Anteils des Milchviehs an den gesamten Ammoniakemissionen, der Eignung des Milchwahnharnstoffwertes als Indikator für die Ammoniakverluste, der einfachen Verfügbarkeit qualitativ und quantitativ guter Daten zu Milchwahnharnstoffwerten und den Synergieeffekten zur Tiergesundheit, sollte der Milchwahnharnstoffwert in das Modell Agrammon integriert werden.

- **Einrichtung einer zentralen Beratungsstelle Ammoniak:** Fortschritte bei der Reduktion der Ammoniakemissionen sind heute nur mit der Umsetzung verschiedener Massnahmen bei allen Tierarten und auf allen Emissionsstufen möglich. Um diese komplexe Thematik sowohl in der landwirtschaftlichen Beratung wie auch im Vollzug, insbesondere von Baubewilligungen, abdecken zu können, fehlt den Kantonen heute eine gute fachliche Koordination und Unterstützung. Dabei geht es insbesondere um die Überführung von wissenschaftlichen Erkenntnissen der landwirtschaftlichen Forschungseinrichtungen in die Praxis. Der Bund sollte prüfen, ob die Einrichtung und Finanzierung einer gemeinsamen zentralen Beratungsstelle für Landwirtschaftsbetriebe, Planer und Behörden zu allen Fragen rund um Ammoniakverluste (z.B. bauliche Aspekte, korrekte Betreuung von natürlichen Schwimmschichten von Güllelagern, Fütterung, Modell Agrammon etc.) eingerichtet und finanziert werden kann.
- **Reduktion der Laufflächen ohne Abstriche beim Tierwohl:** Je mehr mit Kot und Harn verschmutzte Laufflächen in Ställen und Laufhöfen vorhanden sind, desto höher sind die Ammoniakemissionen. Die durch die Agrarpolitik geförderte Umstellung der Tierhaltung auf Laufstallsysteme mit Laufhöfen (das sogenannte RAUS-Bundesprogramm) führte in den letzten Jahren daher zunehmend zu Zielkonflikten zwischen den Anforderungen an die Tierhaltung und Ammoniakemissionen. Die langjährigen Erfahrungen mit modernen Laufstallsystemen zeigen mittlerweile, dass heute eine Reduktion der Laufflächen und damit auch der Ammoniakverluste ohne Abstriche beim Tierwohl möglich ist. Optimierte Stallsysteme ohne unnötige Laufflächen sind zudem kostengünstiger und schaffen damit auch in ökonomischer Hinsicht Synergien. Dieses Erfahrungswissen sollte genutzt werden, um die heutigen Stallsysteme und die Agrarpolitik weiter zu entwickeln. Beim Bund soll beantragt werden zu prüfen, ob innerhalb des Tierwohlprogramms RAUS für Mehrflächenlaufställe mit Aussenklima die Laufhofflächen in die Überdachung integriert werden können.

### 5.3.6 Massnahmen im Bereich Raumplanung

Baukörper, Bodenversiegelung und Abwärme verändern das lokale Klima. Auswirkungen sind eine städtische Wärmeinsel und eine verminderte Durchlüftung. Diese Effekte wirken sich negativ auf die Luftbelastung und damit auch die Lebensqualität in den Städten und stadtnahen Räumen aus. Diese lokalen Klimaänderungen sind schon lange bekannt, werden sich aber in Zukunft noch verstärken. Aufgrund des globalen Klimawandels stehen vor allem Städte und stadtnahe Siedlungsgebiete vor dem Problem der zunehmenden Hitzebelastung. Als Beispiel sei aufgeführt; dass die Messstation Basel-Binningen heute im Mittel 10 Hitzetage aufweist (Maximaltemperatur >30°C), bis im Jahr 2060 können dies 19 (Szenario schwach) oder 32 (Szenario stark) Tage sein. Weitere zu erwartende Veränderungen sind aber auch eine zunehmende Sommertrockenheit und ein steigendes Hochwasserrisiko.

Gleichzeitig stehen die Städte und Agglomerationen vor der Herausforderung weiter nach Innen zu verdichten, um eine weitere Zersiedlung der Landschaft zu vermeiden. Es müssen daher Massnahmen gefunden werden, welche es ermöglichen, das lokale Klima in Städten bei gleichzeitiger Verdichtung positiv zu beeinflussen.

Um das Stadtklima angemessen in der Planung berücksichtigen zu können, müssen genaue Kenntnisse der Durchlüftungsverhältnisse, der lufthygienischen sowie der thermischen Situation vorhanden sein. Die negativen Auswirkungen sollten analysiert und aufgefangen werden. Bei einer langfristig angelegten Raumplanung sollte

daher der Ist-Zustand des Lokalklimas berücksichtigt werden (z.B. Wärmeinseln, Durchlüftungssituation, Kaltluftseen). Entscheidend ist die Art und Weise der Bebauung. Dabei wirken Grünflächen im verdichteten Gebiet ausgleichend. Grünflächen und andere Freiräume stellen die Luftzirkulation sicher und reduzieren die Bodenversiegelung, was sich ebenfalls auf die Wärmebelastung auswirkt. Durch solche Entwicklungen können Luftschadstoff- sowie Wärmeemissionen effizient reduziert werden.

Der zu erwartende Effekt dieser Massnahme ist in erster Linie eine Verbesserung der Luftqualität durch die verbesserte Durchlüftung und durch die Vermeidung von Emissionen in lufthygienisch vorbelasteten Gebieten sowie in topographisch ungünstigen Lagen. Die Frei- und Grünareale führen zu einer Abkühlung durch z.B. Baumbestände und Begrünungen, welche die lokalklimatischen Effekte dämpfen, oder durch Pflanzen, welche Schatten geben und somit kühlend wirken. Als weiterer Effekt ist eine Verminderung der Anzahl und Ausprägung von Tropennächten zu erwarten (Massnahme P1: Verringerung der Wärmebelastung und Verbesserung der Durchlüftung im Siedlungsgebiet).

### 5.3.7 Querschnittsmassnahmen

Aktuell werden im Oberrheingebiet die verschiedenen Luftqualitätsnormen (Grenz-, Ziel- und Schwellenwerte) beim PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> sowie Ozon noch nicht eingehalten. Zum Zeitpunkt der Partikelhöchstwerte im Frühjahr 2015 in Frankreich wurde die Frage aufgeworfen, inwieweit grenzüberschreitende Schadstofftransporte dazu beigetragen haben. Die französische Umweltministerin Ségolène Royal ordnete an, die geographische Herkunft der Luftbelastung vor allem im Nordosten Frankreichs zu analysieren. Diese aufgeworfene Frage erfuhr eine große Resonanz in den nationalen Medien in Deutschland und Frankreich. Gerade in grenznahen Gebieten ist diese Frage besonders bedeutsam. Um adäquate Massnahmen zu treffen, ist es erforderlich, die Komplexität des atmosphärischen Schadstofftransports mit belastbaren Untersuchungen darzustellen. Im Rahmen des Expertenausschusses Luft der Oberrheinkonferenz (ORK) soll ein länderübergreifendes Interreg V Projekt gestartet werden, welches das Ziel verfolgt, die geographische, sektorielle und energetische Herkunft der Luftbelastung darzustellen und daraus mögliche harmonisierte Massnahmen abzuleiten. Gemeinsam mit der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW) und der Association pour la Surveillance et l'étude de la Pollution Atmosphérique en Alsace (ASPA) wird das Lufthygieneamt detaillierte Daten zur Luftbelastung beitragen. Diese detaillierten Daten bilden eine Zwischenstufe auf dem Weg zur Bestimmung der überregionalen Luftqualität und sollen zum ersten Mal im grenzüberschreitenden Rahmen des Oberrheins als gemeinsames Ergebnis erhoben werden. Sie dienen anschliessend als Basis für die Entwicklung von Massnahmen zur Verringerung der Umweltbelastungen im Rahmen der Wirtschafts- und Siedlungsentwicklung am Oberrhein (Massnahme Q1: Interreg V Projekt Verringerung Umweltbelastungen).

### 5.3.8 Übersicht Emissionsreduktion durch neue Massnahmen

Mit den vorgesehenen Massnahmen ist für das Jahr 2020, die unten aufgeführte Emissionsreduktion pro Schadstoff zu erwarten.

| Massnahmen               |  | NO <sub>x</sub>        | PM10      | NM VOC    | NH <sub>3</sub> |
|--------------------------|--|------------------------|-----------|-----------|-----------------|
|                          |  | <b>Tonnen pro Jahr</b> |           |           |                 |
| <b>Verkehr</b>           |  |                        |           |           |                 |
| V3                       | Aktionsplan gesunde Luft in Wohnquartieren<br><b>(Weiterführung der Massnahme aus LRP 2007)</b>                  | n.Q                    | n.Q       | --        | --              |
| V8                       | Sicherstellung der Konformität der Fahrzeugemissionen <b>(neue Massnahme)</b>                                    | n.Q                    | n.Q       | --        | --              |
| <b>Rheinschifffahrt</b>  |  |                        |           |           |                 |
| S1                       | Landseitige Elektrifizierung der Liegeplätze <b>(neue Massnahme)</b>   | 14                     | 1         | --        | --              |
| <b>Energie</b>           |  |                        |           |           |                 |
| E7                       | Emissionsminderung bei Holzfeuerungen > 70kW <b>(neue Massnahme)</b>   | --                     | 5         | --        | --              |
| E8                       | Reduktion von Emissionen aus Pizza- und Holzbacköfen <b>(neue Massnahme)</b>                                     | --                     | 1         | --        | --              |
| E9                       | Emissionsminderung bei Notstromaggregaten <b>(neue Massnahme)</b>  | --                     | 1         | --        | --              |
| <b>Industrie/Gewerbe</b> |  |                        |           |           |                 |
| IG3                      | Reduktion der VOC-Emissionen in Betrieben<br><b>(Weiterführung der Massnahme aus LRP 2010)</b>                   | --                     | --        | 20        | --              |
| <b>Landwirtschaft</b>    |  |                        |           |           |                 |
| LW1                      | Verbot offene Verbrennung von Schlagabraum und Grünmaterial<br><b>(Weiterführung der Massnahme aus LRP 2007)</b> | --                     | 9         | --        | --              |
| LW3                      | Nachfolgeprogramm Ressourcenprojekt Ammoniakminderung<br><b>(neue Massnahme)</b>                                 | --                     | --        | --        | 30              |
| LW4                      | Anträge an den Bund zur Reduktion der Ammoniakemissionen<br><b>(neue Massnahme)</b>                              | --                     | --        | --        | n.Q             |
| <b>Raumplanung</b>       |  |                        |           |           |                 |
| P1                       | Verringerung der Wärmebelastung und Verbesserung der Durchlüftung im Siedlungsgebiet <b>(neue Massnahme)</b>     | n.Q                    | n.Q       | --        | --              |
| <b>Querschnitt</b>       |  |                        |           |           |                 |
| Q1                       | Interreg V Projekt Verringerung Umweltbelastungen <b>(neue Massnahme)</b>  | n.Q                    | n.Q       | --        | --              |
| <b>Total (gerundet)</b>  |  | <b>14</b>              | <b>15</b> | <b>20</b> | <b>30</b>       |

**Tab. 17: Emissionsreduktion 2020 aufgrund der vorgeschlagenen Massnahmen nach Schadstoff**

n.Q.: Wirkung nicht schätzbar, da abhängig von den umgesetzten Projekten resp. Bundesregelung

### 5.3.9 Vergleich mit dem Handlungsbedarf

Für die Wirkungsabschätzung wurden die Massnahmen nur einzeln betrachtet und nicht miteinander überlagert. Die absolute Wirkung von mehreren Massnahmen muss nicht unbedingt die Summe der einzelnen Wirkungen sein, da es durchaus zu Abhängigkeiten zwischen zwei oder mehreren Massnahmen kommen kann. Bei einigen

Massnahmen ist keine Wirkung abschätzbar, da diese abhängig ist von den umgesetzten Projekten (V3, P1, Q1) resp. der möglichen Bundesregelung (V8, LW4).

Die nachfolgende Tabelle zeigt den Vergleich zwischen den erforderlichen Emissionsreduktionen zur Einhaltung des Zielwertes gemäss Kapitel 4.7.2 (Ziellücke) und den total erzielbaren Emissionsreduktionen bei Realisierung sämtlicher vorgeschlagener Massnahmen. In Bezug auf die verschiedenen Luftschadstoffe ergeben sich aus dieser Gegenüberstellung folgende Erkenntnisse:

| Schadstoff      | Ziellücke bei Trendentwicklung 2020 [t/Jahr] | Emissionsreduktion 2020 durch neue Massnahme [t/Jahr] |
|-----------------|--|---|
| NO <sub>x</sub> | Kein Vergleich möglich.                      | 14  |
| PM10            | 220  | 15  |
| NMVOG           | 290  | 20  |
| NH <sub>3</sub> | 360  | 30  |

Tab. 18: Vergleich Ziellücken zu Emissionsreduktion der vorgeschlagenen Massnahmen für das Jahr 2020

#### 5.3.10 Stickoxide (NO<sub>x</sub>)

Ein Vergleich zwischen Reduktionszielen und Reduktionsbedarf ist aufgrund der jetzigen Berechnungsgrundlagen bei den Verkehrsemissionen nicht möglich. Die NO<sub>2</sub>-Immissionsgrenzwerte können trotz Massnahmen mittelfristig nicht flächendeckend eingehalten werden: Insbesondere entlang von Hauptverkehrsachsen bleibt die Immissionsbelastung übermässig. An stark befahrenen Strassen und teilweise im städtischen Bereich sind lokale Massnahmen notwendig, wie sie im Rahmen der Umsetzung der Massnahme V3 "Aktionsplan gesunde Luft in Wohnquartieren" vorgesehen sind.

Es darf aber nicht vergessen werden, dass die Stickoxide auch für die Ozonbildung sowie für den Säureeintrag und die Überdüngung empfindlicher Ökosysteme mitverantwortlich sind. Der Eintrag von Stickstoffverbindungen in empfindliche Ökosysteme liegt noch weit über den tolerierbaren Werten (Critical Loads).

#### 5.3.11 Flüchtige organische Verbindungen (VOC)

Der Reduktionsbedarf für die VOC-Emissionen kann durch die vorgeschlagenen Massnahmen nicht geschlossen werden. Es verbleibt damit ein weiterer Sanierungsbedarf von rund 270 t/Jahr. Durch die Massnahme IG3 "Reduktion der VOC Emissionen in Betrieben" kann jedoch eine weitere Reduktion erreicht werden.

#### 5.3.12 Ozon

Angesichts der verbleibenden Ziellücken bei den Vorläuferschadstoffen NO<sub>x</sub> und VOC kann die Einhaltung der Grenzwerte für Ozon auch nach 2020 nicht garantiert werden. Die Spitzenkonzentrationen sowie die Dauer der Belastungen werden weiter abnehmen. Der kantonale Handlungsspielraum für praktikable und politisch realisierbare Massnahmen ist weitgehend ausgeschöpft.

Das Sommersmogproblem lässt sich nur durch eine massive Verminderung der Vorläuferschadstoffe lösen. Die bisher national und international eingeleiteten Massnahmen werden die Ozonvorläuferstoffe weiter vermindern. Mit der Umsetzung dieser Massnahmen ist mittelfristig eine gewisse Entschärfung des Sommersmogproblems zu erwarten, eine Einhaltung der Immissionsgrenzwerte für Ozon ist aber in absehbarer Zeit realistischerweise nicht zu erwarten.

#### 5.3.13 Feinstaub (PM10)

Der Reduktionsbedarf für die primären PM10-Emissionen kann durch die vorgeschlagenen Massnahmen nicht gedeckt werden. Es verbleibt damit ein weiterer Sanierungsbedarf von rund 200 t/Jahr.

Die Einhaltung der Grenzwerte für PM10 kann somit auch nach 2020 nicht garantiert werden. Auch bei diesem Schadstoff sind zusätzliche Anstrengungen auf der Ebene des Bundes und der EU notwendig. Aufgrund des bedeutenden sekundären Anteils im PM10, sind Reduktionen auch bei den Vorläuferstoffen, insbesondere bei den NH<sub>3</sub>-Emissionen notwendig.

#### 5.3.14 Ammoniak (NH<sub>3</sub>)

Mit den vorgeschlagenen Massnahmen können die Ammoniakemissionen aus der Landwirtschaft bis 2020 um rund 30 Tonnen pro Jahr reduziert werden. Eine höhere Reduktion ist mit den heute bekannten und realistischen Massnahmen nicht erreichbar. Die Massnahmen entwickeln jedoch auch Synergien mit weiteren Zielen der Luftreinhaltung. Insbesondere werden die Ozon- und Feinstaubbildung in der Atmosphäre günstig beeinflusst. Weil 90% der NH<sub>3</sub>-Emissionen aus der Landwirtschaft stammen, müssen die Massnahmen auch dort ansetzen. Es ist deshalb besonders wichtig, dass in diesem Sektor auch zukünftig effiziente und effektive Massnahmen umgesetzt werden.

#### 5.3.15 Kosten der Massnahmen

Die geplanten Massnahmen sind teilweise mit Kosten für die öffentliche Hand, für die Privatwirtschaft und die Haushalte verbunden. Den Kosten gegenüber steht der Nutzen der Massnahmen in der Reduktion von Gesundheitskosten, die durch Luftverschmutzung verursacht werden (z.B. Atemwegserkrankungen). Die Verringerung von Luftschadstoffkonzentrationen und -depositionen haben einen weiteren Nutzen auf Tiere und Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften und Lebensräume, indem sie zur Erhaltung der Biodiversität beitragen. Gemäss den Berechnungen des Schweizerischen Tropen- und Public Health Instituts (Swiss TPH) verursacht die Luftbelastung insgesamt in den beiden Basler Halbkantonen jährliche Kosten von rund CHF 600 Millionen. Pro Person und Jahr sind das CHF 1'300.

Die Massnahmen V8 (Sicherstellung der Konformität der Fahrzeugemissionen) und LW4 (Anträge an den Bund zur Reduktion der Ammoniakemissionen) sehen Anträge an den Bund vor. Diese Massnahmen sollen eigenständig auf Bundesebene umgesetzt werden. Bei den Kantonen fallen weder Kosten noch Aufwand an. Die Kosten beim Bund hängen von der gewählten Umsetzungsstrategie ab.

Die Kosten bei den vorgesehenen kantonalen Massnahmen sind abhängig von der jeweiligen Ausrichtung und Umsetzungsstrategie. Die Umsetzung erfolgt mit dem bestehenden Stellenetat. Bei einzelnen Massnahmen ergeben sich für die Anlagenbetreiber höhere Planungs- und Investitionskosten, die je nach Anlagentyp sehr stark variieren können. Dank zuverlässigeren und energieeffizienteren Betriebs der Anlagen werden die Zusatzkosten jedoch kompensiert resp. es entstehen keine zusätzlichen Kosten.

| Massnahmen |  | Kosten / Aufwand   |
|------------|--|--|
| S1         | Landseitige Elektrifizierung der Liegeplätze   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Direkte Kosten entstehen bei der Erstellung der Infrastruktur für die landseitige Stromversorgung. Die Erstellungskosten belaufen sich in den baselstädtischen Hafenbecken (inkl. künftiges Hafenbecken 3) auf etwa CHF 8 bis 10 Mio. und im Bereich der Fahrgastschiffahrt auf etwa CHF 4 Mio. und werden durch die Schweizerischen Rheinhäfen getragen. Die Gegenfinanzierung erfolgt durch die Verrechnung der Strombezugskosten.</li> <li>– Indirekte Kosten entstehen durch den Strombezug. Der Abrechnungsaufwand soll durch ein europaweit funktionierendes Bezahlssystem minimiert werden. Dank verminderten Treibstoffeinsatzes entstehen keine signifikanten Zusatzkosten.</li> </ul> |
| E7         | Emissionsminderung bei Holzfeuerungen > 70kW   | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Für die Kantone BS und BL entstehen durch diese Massnahmen keine Kosten. Die Umsetzung erfolgt mit dem bestehenden Stellenetat der Holzfeuerungskontrolle.</li> <li>– Für den Anlagenbetreiber ergeben sich zwar höhere Planungs- und Investitionskosten, die je nach Feuerungswärmeleistung und Minderungssystem sehr stark variieren können. Dank zuverlässigeren und wartungsärmeren Betriebs sowie verbesserter Energieeffizienz (verminderten Brennstoffeinsatz) werden die Zusatzkosten für die Planung kompensiert.</li> </ul>   |
| E8         | Reduktion von Emissionen aus Pizza- und Holzbacköfen                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Für die Kantone entstehen durch diese Massnahmen keine zusätzlichen Kosten. Der Vollzug wird im Rahmen des bestehenden Stellenetats der Holzfeuerungskontrolle durchgeführt.</li> <li>– Für den Anlagenbetreiber ergeben sich bei Nichteinhaltung der Grenzwerte resp. bei Geruchsklagen entsprechende Sanierungskosten, die je nach Feuerungswärmeleistung und Minderungssystem sehr stark variieren können. Bei einem Einbau z.B. eines Elektrofilters ist mit Kosten von CHF 1'750 bis 3'000 zu rechnen.</li> </ul>  |
| E9         | Emissionsminderung bei Notstromaggregaten  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Für die Kantone BS und BL entstehen durch diese Massnahmen keine Kosten. Die Umsetzung erfolgt mit dem bestehenden Stellenetat.</li> <li>– Die Zusatzkosten für einen Partikelfilter liegen je nach Leistung bei rund CHF 3'500 bis CHF 7'000.</li> </ul>   |
| LW3        | Nachfolgeprogramm Ressourcenprojekt Ammoniakminderung                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Die Kosten beim Kanton BL sind abhängig von der Ausrichtung des Projekts und den einzelnen Massnahmen. Der Bund beteiligt sich mit bis zu 80 % an den Kosten für die Realisierung der Projekte und der Massnahmen. Die restlichen Kosten müssen durch den Kanton getragen werden.</li> <li>– Die spezifischen Umsetzungskosten bei den landwirtschaftlichen Betrieben sind abhängig von der Grösse des Tierbestandes, der Art der Stallbauten sowie der Art der Reduktionsmassnahme. Sie müssen im Einzelfall ausgewiesen werden. Die Teilnahme der Bauernbetriebe am Projekt ist grundsätzlich freiwillig. Eigenleistungen der Landwirte sind anrechenbar.</li> </ul>                          |
| P1         | Verringerung der Wärmebelastung und Verbesserung der Durchlüftung im Siedlungsgebiet | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Beim Kanton BS entstehen durch die Erstellung der Klimaanalyse direkte Kosten. Vergleichbare Arbeiten im Raum Karlsruhe hatten Kosten im Umfang von rund Euro 220'000 zur Folge. Im Budget 2017 – 2021 des Amts für Umweltschutz Basel-Stadt ist ein Betrag von CHF 250'000 für das Projekt bereits eingestellt.</li> <li>– Indirekte Kosten entstehen in der Phase der Umsetzung der Massnahmen durch Planungs- und Bauvorschriften, welche zum jetzigen Zeitpunkt nicht beziffert werden können.</li> </ul>   |
| Q1         | Interreg V Projekt Verringerung Umweltbelastungen                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Für die Kantone BS und BL entstehen keine direkten Kosten. Der Bund fördert im Rahmen der neuen Regionalpolitik (NRP) seit 1. Januar 2008 die Mitwirkung der Kantone an Interreg.</li> </ul>  |

**Tab. 19: Übersicht Kosten / Aufwand der neuen kantonalen Massnahmen**

Durch die Kombination der verschiedenen Massnahmen ergeben sich Synergien was zusätzlich zu einem höheren Gesamtnutzen führt. Insgesamt überwiegt der volkswirtschaftliche Nutzen der verbesserten Luftqualität aufgrund der Massnahmen die notwendigen Kosten. Vor allem aber bedeutet eine bessere Luftqualität auch eine verbesserte Lebensqualität für die Bevölkerung.

## 5.4 Fazit und Ausblick

Die kantonalen Prognosen zeigen, dass bis zum Jahr 2020 die Ziellücken in unserer Region weiter verkleinert werden können und die Luftqualität sich weiterhin verbessern wird. Die vorgesehenen Massnahmen werden zu einer weiteren Reduktion der Luftschadstoffemissionen führen. Die dauerhafte übermässige Belastung der Luft wird sich so weit entschärfen, dass die Einhaltung der Jahresgrenzwerte immer näher rückt. Bis zum Jahr 2020 werden jedoch bei keinem Schadstoff die Immissionsgrenzwerte eingehalten bzw. die Reduktionsziele vollständig erreicht. Wintersmogepisoden und zu hohe Ozonwerte im Sommer werden weiterhin auftreten.

Der Handlungsspielraum der Kantone und das Instrument Massnahmenplanung stossen hier an ihre Grenzen. Kantonale Massnahmen alleine reichen nicht aus, um die Luftqualitätsziele zu erreichen. Wohl geben Umweltschutzgesetz und Luftreinhalte-Verordnung klare Ziele in Form von Grenzwerten vor. Die nationalen sowie die kantonalen Luftreinhalteziele lassen sich mit den zur Verfügung stehenden Instrumenten jedoch nicht erzwingen. Die Mittel und Wege zu deren Erreichung müssen jeweils mit konkurrierenden Bestimmungen, beispielsweise zur Landesversorgung, wirtschaftlichen Prosperität oder gesellschaftlichen Verträglichkeit, vereinbar sein. Dies führt unweigerlich zu Zielkonflikten, die Abstriche an den Vorgaben und Kompromisse notwendig machen. Dies erklärt und rechtfertigt in gewissem Sinn, dass Massnahmen auf das technisch Machbare und politisch Umsetzbare fokussieren und weiterhin Ziellücken bestehen bleiben.

Die meteorologischen Einflüsse wie auch die grenzüberschreitenden und europaweiten Schadstoffverfrachtungen bewirken Sockelbelastungen, die nur im grossräumigen Kontext zu beeinflussen sind. Um die Luftreinhalteziele vollumfänglich zu erreichen, braucht es zusätzlich nationale Massnahmen in allen Bereichen und eine Erweiterung der internationalen Zusammenarbeit. Deshalb gewinnen die Bundesmassnahmen und internationalen Bemühungen zunehmend an Bedeutung.

## 6. Umsetzung und weiteres Vorgehen

Die vorgesehenen Massnahmen werden im Rahmen des Regelvollzugs oder in den jeweiligen Projekten umgesetzt. Für die Umsetzung der Massnahmen sind die einzelnen Fachstellen oder Ämter zuständig. Das Lufthygieneamt beider Basel koordiniert die Umsetzung.

Für die Massnahmen „E7: Emissionsminderung bei Holzfeuerungen > 70kW“, „E8: Reduktion von Emissionen aus Pizza- und Holzbacköfen“ und „E9: Emissionsminderung bei Notstromaggregaten“ ist eine Anpassung der kantonalen Verordnungen zur Verschärfung der Emissionsbegrenzungen bei stationären Anlagen (BS: MVO<sup>24</sup>, BL: VVESA<sup>25</sup>) vorzusehen.

Gemäss Art. 33 Abs. 3 LRV müssen die Massnahmen regelmässig bezüglich ihrer Wirkung überprüft werden. Dazu wird der Umsetzungsstand der Massnahmen betrachtet und anhand von Indikatoren wird eine Abschätzung bezüglich der bisher erzielten Wirkung gemacht. Gleichzeitig wird die Wirkung der Massnahmen auch mittels Immissionsmessungen an verschiedenen Standorten überprüft. Die aktuellen Messresultate sind auf folgender Internetseite zu finden: [www.luftqualitaet.ch](http://www.luftqualitaet.ch).

In Ergänzung zu den Messstationen wird in regelmässigen Abständen ein NO<sub>2</sub>-Passivsammler-Netz - vornehmlich an Strassen - betrieben.

---

<sup>24</sup> MVO BS: <http://www.gesetzessammlung.bs.ch/frontend/versions/2410>

<sup>25</sup> VVESA BL: <http://bl.clex.ch/frontend/versions/41?locale=de^>

## 7. Verzeichnisse

### 7.1 Glossar

#### **AOT40:**

engl. Abkürzung. für "accumulated exposure over a threshold of 40 ppb"; Dosiswert für die stündlich kumulierte Ozonkonzentration über 40 ppb

#### **Cercl'Air:**

Der Cercl'Air ist die Vereinigung der schweizerischen Behörden- und Hochschulvertreter im Bereich der Luftreinhaltung und der nichtionisierenden Strahlung. Der Cercl'Air zählt ca. 230 Mitglieder und pflegt und fördert die interkantonale Koordination des Vollzugs der Luftreinhalte- Verordnung und der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierenden Strahlung und fördert das Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Praxis.

#### **Critical Level (kritische Eintragswerte):**

Quantitative Beurteilung der Exposition (angegeben als Deposition pro Flächeneinheit, z.B. kg pro ha pro Jahr) gegenüber einem oder mehreren Schadstoffen, unterhalb welcher signifikante schädliche Auswirkungen auf empfindliche Elemente der Umwelt nach dem Stand des Wissens nicht vorkommen.

#### **Critical Load (kritische Konzentrationen):**

Konzentrationen von Luftschadstoffen in der Atmosphäre, oberhalb derer nach dem Stand des Wissens direkte schädliche Auswirkungen auf Rezeptoren, wie Menschen, Pflanzen, Ökosysteme oder Materialien, zu erwarten sind.

#### **Deposition:**

Als Deposition werden der Austrag und die Ablagerung von gelösten, partikelgebundenen oder gasförmigen Luftinhaltsstoffen in Ökosysteme bezeichnet. Je nach Schadstoff und örtlichen Verhältnissen können erhebliche Stoffmengen aus der Atmosphäre in den Boden eingetragen werden, was zu einer übermässigen Anreicherung führen kann.

#### **Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL):**

Die EKL ist ein Gremium von Experten auf dem Gebiet der Luftreinhaltung. Als ausserparlamentarische Fachkommission ist sie vom Bund eingesetzt und berät das Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) sowie das Bundesamt für Umwelt (BAFU) in wissenschaftlich-methodischen Fragen der Luftreinhaltung und der Auswirkungen der Luftverschmutzung auf die Gesundheit der Menschen und der Natur. Die Kommission erarbeitet entsprechende Berichte, Empfehlungen, Stellungnahmen und Anträge.

#### **Emissionen:**

Die direkt von der Quelle (Motoren, Fabrikationsanlagen und Heizungen) in die Umgebung (Luft, Abwasser, Boden) abgegebenen Verunreinigungen, wie beispielsweise Gase und Stäube.

#### **Eutrophierung**

Eutroph kommt aus dem Griechischen und bedeutet "gut ernährt". Damit wird die unerwünschte bzw. schädliche Zunahme an Nährstoffen in ein Ökosystem und damit verbundenes übermässiges Wachstum von unerwünschten Pflanzen (z. B. Algen) beschrieben.

#### **Feuerungswärmeleistung (FWL):**

Bezeichnung für die einer Anlage zugeführte Wärme-Energie pro Zeiteinheit. Berechnung durch Multiplikation des Brennstoffverbrauchs der Anlage mit dem unteren Heizwert (Hu) des Brennstoffes.

#### **Immissionen:**

Luftschadstoffe, die auf die Umwelt einwirken (z.B. beim Einatmen oder als Deposition), werden als Immissionen bezeichnet. Gemessen werden die Konzentrationen der Schadstoffe am Ort ihres Einwirkens.

#### **Immissionsgrenzwert (IGW):**

Grenzwerte für Immissionen sind in der LRV festgelegte Werte. Sie geben die maximal zulässige Belastung für ein bestimmtes Schutzziel (z.B. Gesundheit von Menschen, Bodenbelastung etc.) an.

**Inversion:**

Bei einer Inversionslage nimmt die Lufttemperatur mit der Höhe zu, statt wie normal ab. Dadurch wird der Luftaustausch unterbunden und die Luftbelastung steigt.

**Leguminosen:**

Die Leguminosen (oder auch Hülsenfrüchtler) sind eine der artenreichsten Pflanzenfamilien und gehören zur Ordnung der Schmetterlingsblütenartigen. Die Zahl der landwirtschaftlichen Nutzpflanzen im Bereich der Schmetterlingsblütler ist beachtlich. Im Bereich der menschlichen Ernährung sind insbesondere die Sojabohnen, die Erbsen und die Bohnen weltweit von enormer Bedeutung.

**LUDOK – Dokumentationsstelle Luftverschmutzung und Gesundheit:**

Die Datenbank LUDOK des Schweizerischen Tropen- und Public Health-Instituts (Swiss TPH) in Basel besteht im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU). Sie umfasst über 8000 wissenschaftliche Artikel zur Luftverschmutzung und ihren gesundheitlichen Folgen. Es sind kostenlose Recherchen nach Thema, Schlagwort, Autor, Publikationsjahr, Zielgruppe und Studientyp möglich. Zudem sind deutsche Kurzfassungen aller Artikel mit einer Zusammenfassung der Resultate sowie Anmerkungen der für LUDOK zuständigen Personen erhältlich. Unter der Rubrik «Neue Studien» und per Newsletter präsentiert LUDOK sechsmal jährlich eine Auswahl der neusten wissenschaftlichen Artikel.

**Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL):**

Das Nationale Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL) misst die Luftverschmutzung an 16 Standorten in der Schweiz. Die Stationen sind über das ganze Land verteilt und messen die Belastung an typischen Standorten (z.B. Strassen in Stadtzentrum, Wohngebiet, ländliche Station).

## 7.2 Abbildungsverzeichnis

|          |  |    |
|----------|--|----|
| Abb. 1:  | Entwicklung der Anzahl Grenzwertüberschreitungen O <sub>3</sub> von 1990 bis 2015 .....                                  | 11 |
| Abb. 2:  | Anzahl Grenzwertüberschreitungen Ozon (O <sub>3</sub> ) des Stundengrenzwertes von 120 µg/m <sup>3</sup> .....           | 12 |
| Abb. 3:  | Jahresmittelwerte der NO <sub>x</sub> -Konzentration .....   | 13 |
| Abb. 4:  | Jahresmittelwerte der Summe der ozonbildenden VOC .....  | 13 |
| Abb. 5:  | Ozonbelastung des Waldes (AOT40) .....   | 13 |
| Abb. 6:  | Maximale Tageswerte im 2015 .....  | 14 |
| Abb. 7:  | Entwicklung der NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwerte von 1990 bis 2015 .....   | 14 |
| Abb. 8:  | Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2015 der NO <sub>2</sub> -Belastung Basel Stadt und Basel-Landschaft .....      | 15 |
| Abb. 9:  | Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2015 der NO <sub>2</sub> -Belastung Stadt Basel .....                           | 16 |
| Abb. 10: | Mittlere chemische Zusammensetzung von PM10 an der Feldbergstrasse im 2015 .....   | 19 |
| Abb. 11: | Max. Tageswerte im 2015 .....  | 19 |
| Abb. 12: | Entwicklung der PM10-Jahresmittelwerte von 1997 bis 2015 .....   | 19 |
| Abb. 13: | Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2015 der PM10-Belastung Basel Stadt und Basel-Landschaft .....                  | 20 |
| Abb. 14: | Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2015 der PM10-Belastung in der Stadt Basel .....                                | 21 |
| Abb. 15: | Entwicklung der Jahresmittelwerte PM2.5 von 2000 bis 2015 an den NABEL-Messstationen .....                               | 22 |
| Abb. 16: | Karte des Stickstoff-Eintrags im 2015 aus der Luft in kg N/ha/Jahr .....   | 24 |
| Abb. 17: | Überschreitung der Critical Loads im 2015 von 10 kg N /ha/ Jahr für Wald .....   | 25 |
| Abb. 18: | VOC-Emissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2015 .....   | 33 |
| Abb. 19: | Verlauf VOC-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020, Vergleich mit dem Emissionsziel .....                       | 33 |
| Abb. 20: | Anteile der wichtigsten VOC-Anwendungs-bereiche in Industrie und Gewerbe in % .....                                      | 34 |
| Abb. 21: | VOC-Emissionen Industrie und Gewerbe in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020 .....  | 34 |
| Abb. 22: | Anteile der wichtigsten VOC-Anwendungsbereiche bei den Haushalten in % .....   | 35 |
| Abb. 23: | VOC-Emissionen der Haushalte in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020 .....  | 35 |
| Abb. 24: | NO <sub>x</sub> -Emissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2015 in % .....                         | 36 |
| Abb. 25: | Verlauf NO <sub>x</sub> -Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020 sowie der Vergleich mit dem Emissionsziel ..... | 36 |
| Abb. 26: | PM10-Emissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2015 in % .....                                     | 38 |
| Abb. 27: | Verlauf PM10-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020 und der Vergleich zum Emissionsziel .....                   | 38 |
| Abb. 28: | PM2.5-Emissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2015 in % .....                                    | 39 |
| Abb. 29: | Verlauf PM2.5-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 2010 bis 2020 .....  | 39 |
| Abb. 30: | Russ-Emissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2015 in % .....                                     | 39 |
| Abb. 31: | Verlauf Russ-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 2010 bis 2020 .....   | 39 |
| Abb. 32: | NH <sub>3</sub> -Emissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2015 in % .....                         | 40 |
| Abb. 33: | Verlauf der NH <sub>3</sub> -Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020 .....                                       | 40 |
| Abb. 34: | NH <sub>3</sub> -Konzentration im Jahr 2015 .....  | 41 |
| Abb. 35: | Emissionen 2010 bis 2020 und Ziele .....   | 43 |
| Abb. 36: | Jahresmittelwerte Stickstoffdioxid in den Jahren 2009 und 2015 an Standorten in Grossbasel (in µg/m <sup>3</sup> ) ..... | 48 |
| Abb. 37: | Jahresmittelwerte Stickstoffdioxid in den Jahren 2009 und 2015 an Standorten in Kleinbasel (in µg/m <sup>3</sup> ) ..... | 49 |
| Abb. 38: | Entwicklung Jahresmittelwerte Stickstoffoxide NO/NO <sub>2</sub> an der Feldbergstrasse .....                            | 50 |
| Abb. 39: | NO <sub>2</sub> Jahresmittelwerte im 2015 an der Feldbergstrasse unter Berücksichtigung Gebäudestruktur .....            | 51 |
| Abb. 40: | Jahresmittelwerte PM10 an der Feldbergstrasse unter Berücksichtigung Gebäudestruktur .....                               | 52 |

### 7.3 Tabellenverzeichnis

|          |   |    |
|----------|---|----|
| Tab. 1:  | Auszug der wichtigsten Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung (LRV).....   | 10 |
| Tab. 2:  | Betroffene Bevölkerung in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden Belastungen im Jahr 2015 .....   | 16 |
| Tab. 3:  | Komponenten sowie Vorläufer und Ursachen von PM10.....  | 18 |
| Tab. 4:  | Betroffene Bevölkerung in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden Belastungen im Jahr 2015 .....   | 21 |
| Tab. 5:  | Verlorene Lebensjahre und Krankheitsfälle wegen Luftbelastung.....  | 31 |
| Tab. 6:  | Gesundheitskosten in Mio CHF .....  | 31 |
| Tab. 7:  | Kosten der Luftbelastung in Mio. CHF .....  | 32 |
| Tab. 8:  | Ammoniakemissionen der Tierproduktion sowie aus dem Pflanzenbau der Kantone Basel-Landschaft und Basel-Stadt im Jahr 2015 gemäss einzelbetrieblicher Emissionsrechnung..... | 40 |
| Tab. 9:  | Emissionsreduktionsziele aus dem Luftreinhaltekonzept des Bundesrats.....   | 42 |
| Tab. 10: | Emissionsziele Basel-Stadt/Basel-Landschaft im Vergleich zur Basisentwicklung .....   | 42 |
| Tab. 11: | Übersicht über umgesetzte, abzuschreibende und nicht weiterzuführende Massnahmen.....   | 45 |
| Tab. 12: | Betroffene Bevölkerung in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden Belastungen im Jahr 2015 .....   | 53 |
| Tab. 13: | Betroffene Bevölkerung in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden Belastungen im Jahr 2015 .....   | 54 |
| Tab. 14: | Betroffene Bevölkerung in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden Belastungen im Jahr 2015 .....   | 54 |
| Tab. 15: | Betroffene Bevölkerung in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden Belastungen im Jahr 2015 .....   | 56 |
| Tab. 16: | Übersicht über weiterzuführende und neue Massnahmen .....   | 58 |
| Tab. 17: | Emissionsreduktion 2020 aufgrund der vorgeschlagenen Massnahmen nach Schadstoff .....   | 66 |
| Tab. 18: | Vergleich Ziellücken zu Emissionsreduktion der vorgeschlagenen Massnahmen für das Jahr 2020 .....   | 67 |
| Tab. 19: | Übersicht Kosten / Aufwand der neuen kantonalen Massnahmen .....  | 69 |