Kanton Basel-Stadt | Regierungsrat
Kanton Basel-Landschaft | Regierungsrat

Luftreinhalteplan beider Basel 2024

Stand, Handlungsbedarf, Massnahmen



Impressum

Luftreinhalteplan der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft
Aktualisierung 2024

Projektleitung / Autor

Cosimo Todaro	Lufthygieneamt beider Basel (LHA)

Mitautorinnen und -autoren

Sandra Andris-Ogorka	LHA
René Glanzmann	LHA
Marcel Mössner	LHA
Ulrich Ohnmacht	LHA
Deborah Sägesser	LHA
Sascha Scossa	LHA
Enrica Sendelov	LHA
Michael Redle	Amt für Mobilität Basel-Stadt
Andreas Bubendorf	Ebenrain-Zentrum für Landwirtschaft, Natur und Ernährung (Ebenrain)
Christoph Gysin	Ebenrain
Jasmin Annaheim	econcept AG
Ivo Bauer	econcept AG
Valentin Delb	econcept AG

Facharbeiten

Emissionsmodell Strassenverkehr und Off-Road
Infras AG, Benedikt Notter, Mühlemattstrasse 45, 3007 Bern

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

Luftschadstoffmodellierungen
Lohmeyer GmbH, Torsten Nagel, An der Rossweid 15, D-76229 Karlsruhe
Meteotest, Thomas Künzle, Beat Rihm, Fabrikstrasse 14, 3012 Bern

Entwicklung Massnahmen, Kosten Luftverschmutzung, Gesundheitliche Auswirkungen Luftverschmutzung,
econcept AG, Gerechtigkeitsgasse 20, 8001 Zürich

Titelfoto: Nuria Frey, LHA

Version 2.0
Liestal / Basel, 14. August 2024

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung **4**
1. Einleitung **10**
2. Luftqualität in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft (Immissionsentwicklung) **11**
2.1. Generelle Situation 11
2.2. Messungen in der Region Basel 11
2.3. Information zu Messdaten 13
2.4. Stickstoffdioxid NO_2 13
2.5. Feinstaub PM10 17
2.6. Feinstaub PM2.5 und Russ 21
2.7. Ozon O_3 25
2.8. Stickstoffdepositionen 29
3. Emissionsentwicklung in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft **33**
3.1. Stickoxide NO_x 34
3.2. Feinstaub PM10 35
3.3. Feinstaub PM2.5 36
3.4. Russemissionen 37
3.5. Flüchtige organische Stoffe VOC 37
3.6. Ammoniak NH_3 39
4. Auswirkungen der Luftverschmutzung **40**
4.1. Auswirkungen auf die Gesundheit 41
4.2. Auswirkungen auf die Ökosysteme 41
4.3. Auswirkungen auf das Klima 42
5. Emissionsprognose, Emissionsziele und Handlungsbedarf **45**
5.1. Emissionsprognose 45
5.2. Emissionsziele 46
5.3. Handlungsbedarf nach Schadstoffen 48
5.4. Handlungsbedarf nach Handlungsfelder 49
5.5. Synergien mit bestehenden kantonalen Strategien 52
5.6. Handlungsbedarf unter Berücksichtigung der Empfehlungen der EKL 52
6. Massnahmen **52**
6.1. Massnahmen Luftreinhalteplan 2016 53
6.2. Umgesetzte, abzuschreibende und nicht weiterzuführende Massnahmen LRP 2016 54
6.3. Fortzuschreibende Massnahmen LRP 2016 54
6.4. Stossrichtung neue Massnahmen 71
7. Ausblick **79**
8. Verzeichnisse **81**
8.1. Glossar 81
8.2. Abbildungsverzeichnis 83
8.3. Tabellenverzeichnis 84

Anhang 1: Beschreibung der Stossrichtung der Einzelmassnahmen im Luftreinhalteplan beider Basel 2024
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 und 2016
Anhang 5: Luftqualitätsrichtlinie der Weltgesundheitsorganisation WHO und Empfehlungen EKL
Anhang 6: Luftschadstoffbedingte Gesundheitsschadenskosten

Zusammenfassung

Die Luftschadstoffbelastung in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft hat in den letzten Jahrzehnten aufgrund von technologischen Fortschritten bei den Feuerungsanlagen und Fahrzeugen sowie industriellen Prozessen deutlich abgenommen. Zur Verbesserung der Luftqualität hat auf Bundesebene auch die Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (LRV; SR 814.318.142.1) und der Luftreinhaltplan beider Basel (LRP) beigetragen. Ergänzend zur LRV wurden einzelne Massnahmen in den kantonalen Verordnungen über die Verschärfung von Emissionsbegrenzungen für stationäre Anlagen aufgenommen: In Basel-Stadt die Verordnung über die Verschärfung von Emissionsbegrenzungen für stationäre Anlagen vom 14. August 1990 (Massnahmenverordnung; SG 781.220) und in Basel-Landschaft die Verordnung über die Verschärfung von Emissionsbegrenzungen für stationäre Anlagen vom 14. August 1990 (VVESA; SGS 786.14).

Trotz der bisherigen Fortschritte kommt es zu Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte der LRV für Stickstoffdioxid (NO_2), Feinstaub (PM2.5) und Ozon (O_3). Die Belastung mit NO_2 und PM 2.5 ist überwiegend entlang der Verkehrsachsen und in städtischen Gebieten hoch. Eine Überschreitung der Ozongrenzwerte ist vor allem an heissen Sommertagen zu verzeichnen.

Bei einer übermässigen Belastung mit Luftschadstoffen sieht Art. 44a Abs. 1 Umweltschutzgesetz des Bundes (USG) die Erstellung eines Massnahmenplans vor. Der vorliegende Bericht zeigt, bei welchen Luftschadstoffen weiterhin Handlungsbedarf besteht und gibt eine Übersicht über die weitere Stossrichtung von kantonalen Massnahmen zur Reduktion der Luftbelastung. Neben der Stossrichtung von neuen kantonalen Massnahmen umfasst der Luftreinhalteplan beider Basel 2024 (LRP 2024) auch Massnahmen im Kompetenzbereich des Bundes, welche gemäss Art. 44a Abs. 3 USG als Anträge an den Bundesrat formuliert sind.

Immissionsentwicklung

Die Luftschadstoffbelastung hat in den letzten Jahren deutlich abgenommen, die gemessenen Schadstoffimmissionen überschreiten dennoch teilweise die Immissionsgrenzwerten der LRV. Dank der bereits bestehenden Massnahmen ist in den nächsten Jahren eine Abnahme der Luftschadstoffbelastung zu erwarten.

- Die NO_2-Immissionen haben seit 1990 kontinuierlich abgenommen. Der LRV-Jahresgrenzwert von 30 µg/m³ wird nur noch an verkehrsexponierten Orten wie beispielsweise entlang den Autobahnen überschritten. Die maximalen Tageswerte erreichten in den letzten Jahren nur noch in den seltensten Fällen den LRV-Tagesgrenzwert von 80 µg/m³. NO_2 trägt jedoch auch zur Bildung von O_3 bei.
- Bei den PM10-Immissionen ist seit 1990 eine kontinuierliche Abnahme festzustellen. Der LRV-Jahresgrenzwert von 20 µg/m³ wird seit 2018 flächendeckend eingehalten. Der LRV-Tagesgrenzwert von 50 µg/m³ wird teilweise überschritten, was in den letzten Jahren praktisch nur durch intensive Saharastaub-Einträge verursacht wurde.

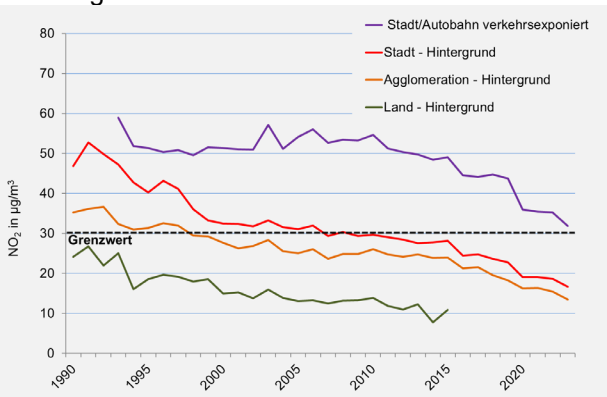


Abb.: Entwicklung NO_2-Jahresmittelwerte von 1990 bis 2023

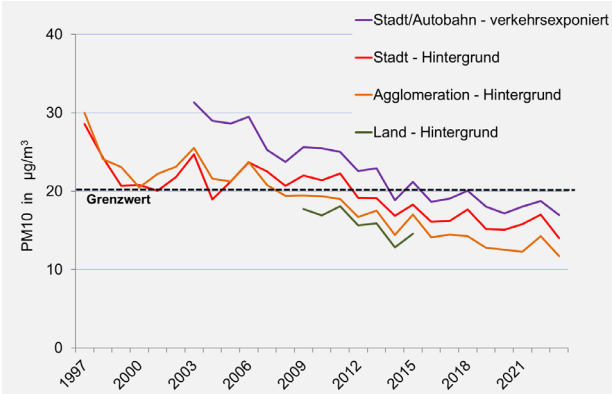


Abb.: Entwicklung PM10-Jahresmittelwerte von 1998 bis 2023

- Die PM2.5-Immissionen haben seit 1998 kontinuierlich abgenommen. Der LRV-Jahresgrenzwert von 10 µg/m³ wird in verkehrsnahen Gebieten überschritten. Die Überschreitungen liegen jedoch mit rund 1 µg/m³ knapp über dem Grenzwert.
- Der Stundenmittel-Immissionsgrenzwert für O_3 wird an allen Messstationen häufig überschritten. Die Prozesse zur Bildung und für den Aufbau von bodennahem O_3 sind komplex. Neben den Vorläufersubstanzen spielen die Temperatur und die Sonneneinstrahlung eine wichtige Rolle. Zusätzlich gibt es einen Beitrag an die lokalen Ozonbelastungen, der aus den Nachbarländern und angrenzenden Gebieten eingetragen wird. Dieser Beitrag ist schwer zu beeinflussen, da dies länderübergreifend geschehen muss. Als Erfolg zu

werten ist die Tatsache, dass dank der Reduktion der Vorläufersubstanzen in der Region Basel keine Spitzenwerte von über 180 µg/m³ mehr auftreten.

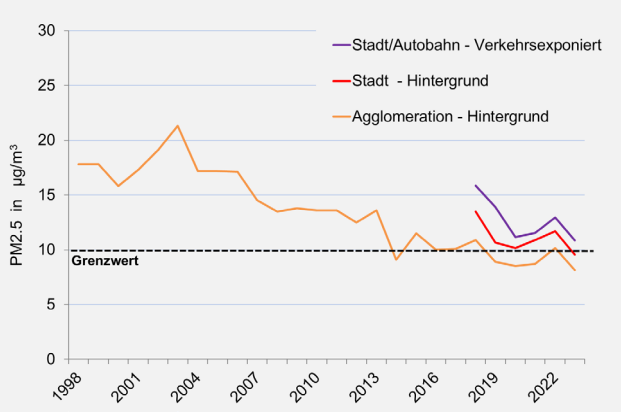


Abb.: Entwicklung PM2.5-Jahresmittelwerte von 1998 bis 2023

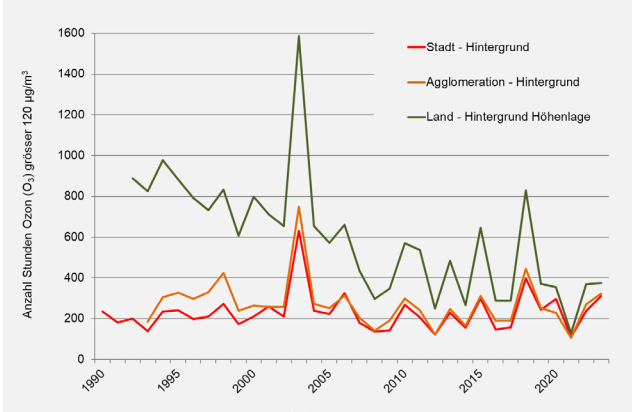


Abb.: Entwicklung der Anzahl der Überschreitung des Stundengrenzwerts von 120 µg/m³ bei O_3 von 1990 bis 2023

Emissionsentwicklung und Reduktionsziele

Seit 1990 konnten die Stickoxid-Emissionen (NO_x) in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft von rund 8‘000 auf 2‘600 Tonnen und die PM10-Emissionen von rund 850 auf rund 410 Tonnen reduziert werden.

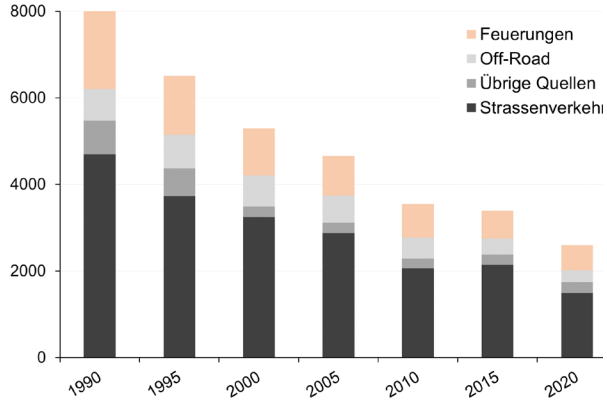


Abb.: Verlauf NO_x-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020 in BS und BL

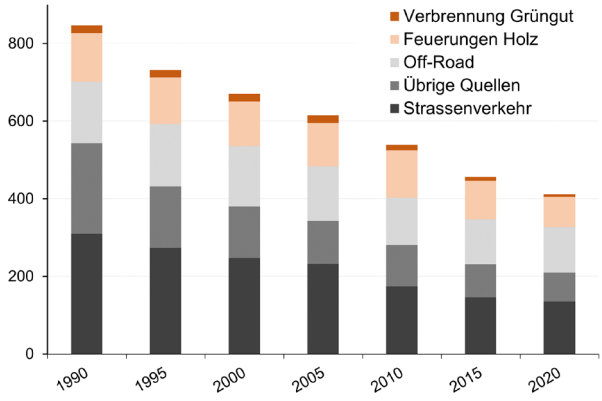


Abb.: Verlauf PM10-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020 in BS und BL

Die PM2.5-Emissionen sind seit 1990 von rund 420 auf 170 Tonnen und die Russ-Emissionen von rund 175 auf rund 30 Tonnen zurückgegangen.

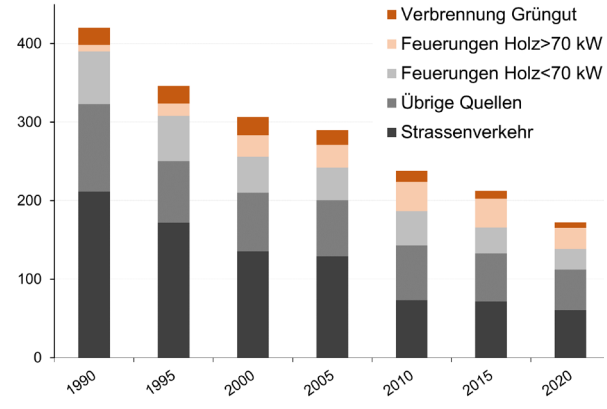


Abb.: Verlauf PM2.5-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020 in BS und BL

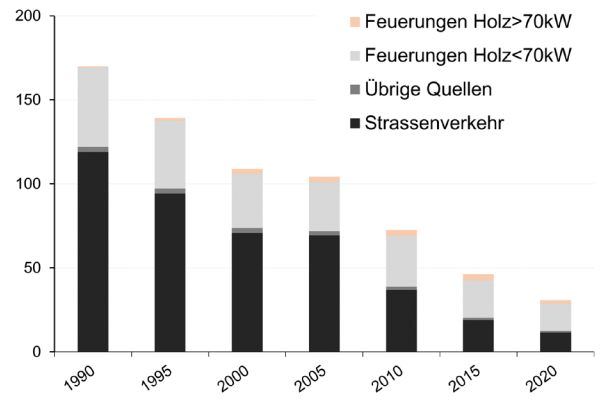


Abb.: Verlauf Russ-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020 in BS und BL

Die Emissionen an flüchtigen organischen Verbindungen (VOC, englisch für volatile organic compounds) sind von rund 18‘500 auf rund 2‘700 Tonnen gesunken. Bei den Ammoniak-Emissionen konnte eine Reduktion von rund 830 auf rund 700 Tonnen erreicht werden.

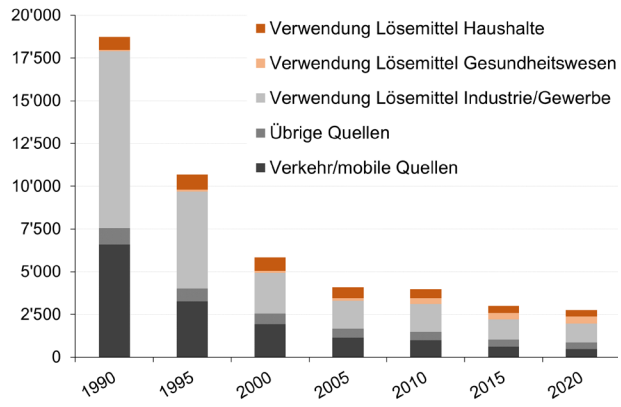


Abb.: Verlauf VOC-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020 in BS und BL

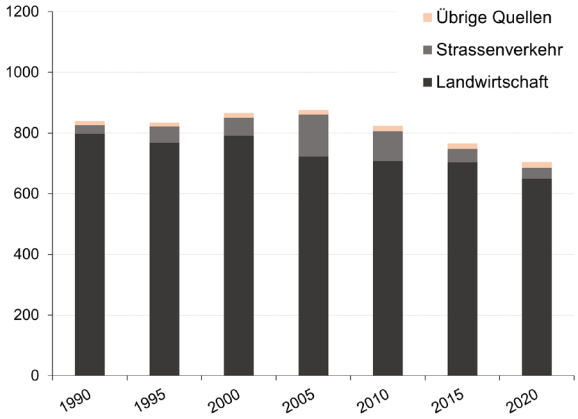


Abb.: Verlauf NH3-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020 in BS und BL

Handlungsbedarf

Hergeleitet von den schweizerischen Reduktionszielen des Luftreinhaltekonzeptes des Bundes aus dem Jahr 2009 (LRK 2009) ergeben sich die in der nachfolgenden Tabelle gezeigten Emissionsziele bzw. Ziellücken für die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft. Bei allen Schadstoffen wird eine Emissionsreduktion dank technologischer Entwicklung und Umsetzung der Vorschriften und Weiterführung von bereits beschlossenen Massnahmen erwartet.

Schadstoff	Emissionsziel LRK 2009 [t/a]	Ist-Emissionen 2020 [t/a]	Prognose Emissionen 2030 [t/a]	Verbleibende Ziellücken 2030 in BS/BL [t/a]	[%]
NO_x	2’300	2’600	1’300	*weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht*	*weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht*
PM10	340	410	390	50	13
PM2.5	160	170	150	*weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht*	*weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht*
VOC	2’900	2’700	2’550	*weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht*	*weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht*
NH_3	530	700	690	160	23
Russ	Minimierungsgebot	31	19	19	100

Tab: Emissionsziel LRK 2009, Ist-Emissionen 2020, Prognose Emissionen 2030 und verbleibende Ziellücken 2030 in BS/BL

Der Vergleich der erwarteten Emissionen im Jahr 2030 mit den Emissionszielen des LRK zeigt, dass die Zielwerte für NO_x, PM2.5 und VOC eingehalten sein werden. Ziellücken bleiben bei PM10 und NH_3 bestehen, obwohl die Grenzwerte der PM10-Immissionen heute flächendeckend eingehalten sind. Eine deutliche Reduktion ist bei den Russemissionen erforderlich.

Zur Reduktion der Emissionen von NO_x, PM10, PM2.5, VOC und NH_3 müssen bei den relevanten Emissionsquellen gezielte Massnahmen ergriffen werden. Der Verkehr ist aktuell der grösste Emittent bei den NO_x-Emissionen. Die verschärften Abgasvorschriften sowie der Umstieg auf fossilfreie Antriebsarten wird zu einer deutlichen Reduktion der NO_x-Emissionen führen. Insbesondere die Holzfeuerungen sind für einen hohen Anteil der Feinstaubemissionen verantwortlich. Diese Emissionen können beispielsweise durch verschärfte

Emissionsgrenzwerte oder auch durch eine verbesserte Kontrolle und Wartung der Feuerungsanlagen reduziert werden. Die Landwirtschaft verursacht den grössten Teil der NH_3-Emissionen. Die Emissionen können durch technische und betriebliche Massnahmen bei der Tierhaltung und beim Hofdüngermanagement reduziert werden.

Umsetzungsstand Luftreinhalteplan beider Basel 2016

Die Regierungsräte der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft haben bereits mehrere Luftreinhaltepläne beschlossen: Im Februar 1990 wurde der erste LRP in Kraft gesetzt, der insgesamt 73 Massnahmen beinhaltete. Die nachfolgenden Luftreinhaltepläne 2004, 2007 und 2010 beinhalteten insgesamt 38 Massnahmen. Der LRP 2016 sah insgesamt 12 Massnahmen vor. Einige dieser Massnahmen wurden abgeschlossen und können entsprechend abgeschrieben werden. Einige Massnahmen werden im LRP 2024 weitergeführt.

Nr.	Massnahme	Status
E7	**Emissionsminderung bei Holzfeuerungen >70kW** Verminderung von Betriebszuständen mit hohen Emissionen wie Startphasen oder Ausbrandphasen.	**Umgesetzt:** Vorgaben zu den Betriebszuständen sind im Rahmen der Revision 2018 in die LRV aufgenommen worden. Eigene kantonale Bestimmungen waren nicht mehr nötig.
E8	**Reduktion von Emissionen aus Pizza- und Holzbacköfen** Festlegung Grenzwerte für CO und Einführung einer Messpflicht.	**Umgesetzt:** Die vorgesehenen Grenzwerte und die Messpflicht sind im Rahmen der Revision 2018 in die LRV aufgenommen worden. Eigene kantonale Bestimmungen waren nicht mehr nötig.
E9	**Emissionsminderung bei Notstromaggregaten** Für Notstromaggregate wird ab einer Motorleistung von 19 kW eine Partikelfilterpflicht eingeführt. Zudem werden Grenzwerte für NO_x und CO eingeführt.	**Umgesetzt:** Die vorgesehenen Verschärfungen der kantonalen Bestimmungen in der Massnahmenverordnung BS und VVESA BL wurden eingeführt.
LW3	**Nachfolgeprogramm Ressourcenprojekt Ammoniakminderung** Für das Ende 2017 auslaufende Ressourcenprojekt Ammoniakminderung BL sollte ein Nachfolgeprojekt entwickelt werden.	**Nicht umgesetzt:** Ein Nachfolgeprojekt konnte aufgrund der neuen Bundesvorgaben nicht initiiert werden.
LW4	**Anträge an den Bund zur Reduktion der Ammoniakemissionen** Integration der Milchharnstoffwerte in das Modell Agrammon, Einrichtung einer zentralen Beratungsstelle Ammoniak und Reduktion der Laufflächen ohne Abstriche beim Tierwohl.	**Umgesetzt:** Die Anträge wurden im Wesentlichen vom Bund angenommen.
P1	**Verringerung der Wärmebelastung und Verbesserung der Durchlüftung im Siedlungsgebiet** Um das Stadtklima angemessen in der Planung berücksichtigen zu können, sind Klimakarten zu erstellen und ein Stadtklimakonzept zu entwickeln.	**Umgesetzt:** Die Klimaanalysekarten wurden für beide Kantone erstellt. Das Stadtklimakonzept Basel-Stadt wurde in Kraft gesetzt und die darin enthaltenen Massnahmen werden sukzessive umgesetzt.
V3	**Aktionsplan gesunde Luft in Wohnquartieren (nur Kanton Basel-Stadt)**	**Weiterzuführen:** Die Massnahmen wurden im Wesentlichen umgesetzt oder stehen im Zusammenhang mit verkehrlichen Projekten mit langfristigem Realisierungshorizont (deutlich nach 2030) und können abgeschrieben werden. Die neu aufgenommene Massnahme Tempo 30 wird weitergeführt.
V8	**Sicherstellung der Konformität der Fahrzeugemissionen**	**Weiterzuführen:** Um Erkenntnisse über die Emissionen der Fahrzeuge in realen Verkehrssituationen zu erhalten, wurden 2018 und 2023 Messkampagnen der Fahrzeugabgase mit einem Remote Sensing Detector (RSD) durchgeführt. Weitere Messungen sind vorgesehen.
S1	**Landseitige Elektrifizierung der Liegeplätze (nur Kanton Basel-Stadt)**	**Weiterzuführen:** Einige Liegeplätze konnten bereits nachgerüstet werden. Die Umsetzung erfolgt über mehrere Jahre. Die Massnahme wird entsprechend weitergeführt.
IG3	**Reduktion der VOC-Emissionen in Betrieben**	**Weiterzuführen:** Die Lösungsmittel-Anwendungen in Industrie und Gewerbe konnten nochmals deutlich gesenkt werden. Das Emissionsziel haben die Kantone BS und BL erfüllt. Die Massnahme hat sich bewährt und soll weitergeführt werden.
LW1	**Verbot der offenen Verbrennung von Schlagabraum und Grünmaterial in der Wald- und Landwirtschaft zum Zwecke**	**Weiterzuführen:** Ein Grossteil des Baumschnitts wird heute

	der Entsorgung (nur Kanton Basel-Landschaft)	energetisch verwertet. Das erfolgreiche Projekt wird weitergeführt und vom Ebenrain-Zentrum für Landwirtschaft, Natur und Ernährung (Ebenrain) aktiv begleitet.
Q1	**Interreg V Projekt Verringerung Umweltbelastungen**	**Weiterzuführen**: Das Interreg V Projekt «Atmo-Vision» wurde erfolgreich abgeschlossen. Mit dem Nachfolge-Projekt Interreg VI «Atmo-Rhena plus» sollen die eingeleiteten Massnahmen weitergeführt werden.

Tab.: Übersicht Umsetzungsstand Massnahmen LRP 2016

Weiterentwicklung und Stossrichtung Massnahmen Luftreinhalteplan beider Basel 2024

Neben den weiterzuführenden Massnahmen des LRP 2016 sind in den Bereichen Energie und Landwirtschaft eine Weiterentwicklung der Massnahmen angedacht, welche folgende Stossrichtungen haben:

Bereich	Stossrichtung Massnahmen
Energie	Bei den Holzfeuerungen hat der technische Fortschritt Eingang in die Gesetzgebung gefunden. Die LRV wird laufend ergänzt und die Kontrollvorgaben angepasst. Bei Pelletsfeuerungen mit einer Feuerungswärmeleistung < 70 kW soll eine kantonale Verschärfung der Vorgaben von Wärmespeicher in der Massnahmenverordnung BS und VVESA BL geprüft werden. Für Holzfeuerungen ab 70 bis 500 kW Feuerungswärmeleistung ist eine Prüfung der Anpassung des Feststoff-Grenzwerts sowie bei Altholzfeuerungen des NO_x-Grenzwerts vorgesehen.
Landwirtschaft	Zur Reduktion der Ammoniakemissionen bei Neu- oder Umbau von Stallbauten soll in Abhängigkeit des Bauvorhabens und Anzahl bzw. Art der Tiere ein Massnahmenset entwickelt werden. Zur Entwicklung dieses Massnahmensets ist eine Arbeitsgruppe vorgesehen, in der auch der Bauernverband beider Basel teilnehmen nehmen wird. Zudem soll eine Erweiterung der Ausbildung von Landwirtinnen und Landwirten im Bereich Information und Beratung verstärkt werden.

Tab.: Stossrichtung neue Massnahmen LRP2024

Für einige Massnahmen wäre eine Ergänzung oder Anpassung der kantonalen Verordnungen zur Verschärfung der Emissionsbegrenzungen bei stationären Anlagen (BS: Massnahmenverordnung, BL: VVESA) zu prüfen.

Zur Emissionsreduktion sind nachfolgende Massnahmen vorgesehen, die in der Zuständigkeit des Bundes fallen und mittels Anträge an den Bundesrat zur Umsetzung empfohlen werden (Art. 44a Abs. 3 USG):

Bereich	Anträge an den Bund
Verkehr	Im Bereich Verkehr sind drei Anträge an den Bund vorgesehen. So sollen die Grundlagen zu den Emissionseinträgen durch Aufwirbelung und Abrieb verbessert sowie die Entwicklung von geeigneten Massnahmen vorgesehen werden. Der Bund soll zudem die rasche Einführung der EURO 7-Norm unterstützen und alternative (emissionsfreie) Antriebsformen fördern.
Energie	Die Einsatzart und die Emissionsbegrenzungen von Notstromaggregaten ist in der LRV einheitlich zu regeln. Zudem ist ein verschärfter Feststoff-Grenzwert für neue Holzfeuerungen ab 70 bis 500 kW vorzusehen, welcher sich an den deutschen Grenzwerten orientiert.
Landwirtschaft	Um die Ammoniakemissionen möglichst tief zu halten, ist bei der Gülleausbringung der optimale Zeitpunkt von entscheidender Bedeutung. Der Bund soll entsprechende Empfehlungen bzw. entsprechender Sensibilisierung prüfen (z. B. Meteo-App), um eine optimale Gülleausbringung zu gewährleisten.
Querschnitt	Das aktuellste Luftreinhaltekonzept des Bundes stammt aus dem Jahr 2009 (LRK 2009). Eine Aktualisierung der Emissionsziele der Schweiz wäre deshalb sinnvoll. Insbesondere sollte der emissionsseitige Handlungsbedarf abgeklärt und mögliche Massanahmen geprüft werden.

Tab.: Anträge an den Bund im LRP2024

Ausblick

Die Emissionsprognosen zeigen, dass bis zum Jahr 2030 die Ziellücken in unserer Region weiter verkleinert werden oder die Emissionen sogar weitergehend reduziert werden können. Die Weiterführung und die möglichen neuen Einzelmassnahmen tragen zu dieser Entwicklung bei. Dadurch wird sich die Luftqualität weiterhin verbessern.

Die dauerhafte übermässige Belastung der Luft wird sich so weit entschärfen, dass die Einhaltung der Jahresgrenzwerte bei den Schadstoffen näher rückt. Bis zum Jahr 2030 werden bei den Schadstoffen NO_2, PM10 und PM2.5 die Immissionsgrenzwerte eingehalten bzw. die Reduktionsziele vollständig erreicht sein.

Aufgrund der meteorologischen Einflüsse und den grenzüberschreitenden Schadstoffverfrachtungen werden Wintersmog-Episoden und zu hohe Ozonwerte im Sommer weiterhin auftreten. 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. Die vorgesehenen Massnahmen werden im Rahmen des Regelvollzugs oder in den jeweiligen Projekten umgesetzt. Für die Umsetzung der Massnahmen sind die einzelnen Fachstellen oder Dienststellen zuständig. Das Lufthygieneamt beider Basel (LHA) koordiniert die Umsetzung. Der Vollzug der Massnahmen erfolgt im Rahmen von bestehenden Verfahren (u. a. Baubewilligungsverfahren, Betriebsbewilligungen, Sanierungsverfügungen).

Gemäss Art. 33 Abs. 3 LRV muss der LRP regelmässig bezüglich seiner 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 des LRP auch mittels Immissionsmessungen an verschiedenen Standorten überprüft. In Ergänzung zu den Messstationen wird in regelmässigen Abständen ein NO_2-Passivsammler-Netz - vornehmlich an Strassen - betrieben.

Eine Aktualisierung des vorliegenden Luftreinhaltplans ist für das Jahr 2032 vorgesehen. Dazu ist eine Erfolgskontrolle mittels der Erhebung der Emissionen sowie der Immissionskarten vorgesehen. Die Ergebnisse dieser Erfolgskontrolle bilden die Grundlage für eine allfällige Weiterentwicklung des LRP 2024.

Die WHO hat im September 2021 neue Richtwerte zur Luftqualität veröffentlicht (WHO Air Quality Guidelines). Die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL) hat die Empfehlungen der WHO und deren Bedeutung für die LRV bewertet und empfiehlt eine Anpassung der Immissionsgrenzwerte der LRV (siehe dazu die Ausführungen im Anhang 5). Der Bundesrat hat zu entscheiden, wie die Empfehlungen der WHO in der LRV zu berücksichtigen sind und ob die LRV revidiert werden soll. Diese könnten in eine weitere Revision der LRV münden.

1. Einleitung

Die Luftschadstoffbelastung in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft hat in den letzten Jahrzehnten aufgrund von technologischen Fortschritten bei den Feuerungsanlagen und Fahrzeugen sowie industriellen Prozessen deutlich abgenommen. Zur Verbesserung der Luftqualität hat auf Bundesebene auch die Luftreinhalte-Verordnung vom 16. Dezember 1985 (LRV; SR 814.318.142.1) und der Luftreinhaltplan beider Basel (LRP) beigetragen, indem diese Fortschritte als Vorschriften festgelegt und mit einem konsequenten Vollzug durch die zuständigen Fachstellen umgesetzt werden.

Trotz der bisherigen Fortschritte ist die Bevölkerung teilweise noch einer übermässigen Belastung mit Luftschadstoffen ausgesetzt. Die Immissionsgrenzwerte der LRV werden insbesondere bei Stickstoffdioxid (NO_2), beim Feinstaub (engl. particulate matter, PM) und Ozon (O_3) nach wie vor überschritten. Feinstaub wird als PM10 und PM2.5 angegeben.

Eine übermässige Belastung mit Feinstaub und Ozon führt unter anderem zu Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Ein Bestandteil des Feinstaubs ist der Russ, welcher sehr schädigend auf die menschliche Gesundheit (Begünstigung von Krebserkrankungen) wirkt. Zudem beeinträchtigen die hohen Stickstoffeinträge aus der Luft empfindliche Ökosysteme und reduzieren dadurch die Artenvielfalt.

Gemäss Art. 44a Abs. 1 Bundesgesetz über den Umweltschutz vom 7. Oktober 1983 (USG, SR 814.01) und Art. 31 LRV ist bei anhaltenden übermässigen Belastung mit Luftschadstoffen ein Massnahmenplan zur Reduktion der Luftschadstoffbelastung vorzusehen. Der Massnahmenplan ist ein Koordinationsinstrument, das in komplexen Situationen aus einer Gesamtbetrachtung heraus die geeigneten und verhältnismässigen Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität festlegt. Er ist folglich ein Instrument zur Gewährleistung einer ganzheitlichen Betrachtungsweise der verschiedenen Emissionsquellen.

Der erste LRP wurde von den Regierungen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 1990 in Kraft gesetzt. Dieser wurde in der Folge mehrmals aktualisiert und ergänzt:

- LRP 2004: Eine erste umfassende Überarbeitung des LRP inkl. Erfolgskontrolle der bisherigen Massnahmen fand im 2004 statt;
- LRP 2007: Die im Jahr 2007 beschlossenen Massnahmen ergänzten die bisherigen Massnahmen des LRP 2004;
- LRP 2010: Die zweite umfassende Überarbeitung des LRP inkl. Erfolgskontrolle der bisherigen Massnahmen fand im Jahr 2010 statt;
- LRP 2016: Im Jahr 2016 fand die letzte Erfolgskontrolle statt sowie die Beschlussfassung ergänzender Massnahmen.

Der vorliegende LRP 2024 zeigt, bei welchen Luftschadstoffen weiterhin Handlungsbedarf besteht, bezeichnet die Handlungsfelder und gibt eine Übersicht über die bisherigen, weiterzuführenden und neuen kantonalen Massnahmen zur Reduktion der Luftbelastung. Neben den kantonalen Massnahmen umfasst der LRP auch Massnahmen im Kompetenzbereich des Bundes, welche gemäss Art. 44a Abs. 3 USG als Anträge an den Bundesrat formuliert sind.

Die Immissionsgrenzwerte der LRV basieren im Wesentlichen auf den empfohlenen Richtwerten der Weltgesundheitsorganisation WHO aus dem Jahr 2005. Für die Schadstoffe NO_2, PM10, PM2.5, O_3, CO und SO_2 wurden in Anlehnung an diese Richtwerte die heute gültigen Immissionsgrenzwerte in der LRV festgelegt.

Die WHO hat im September 2021 neue Richtwerte zur Luftqualität veröffentlicht (WHO Air Quality Guidelines). Die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL) hat die neuen Empfehlungen der WHO von 2021 und deren Bedeutung für die LRV bewertet und empfiehlt eine Anpassung der Immissionsgrenzwerte der LRV (siehe dazu die Ausführungen im Anhang 5).

Der Bundesrat hat zu entscheiden, wie die neuen Empfehlungen der WHO in der LRV zu berücksichtigen sind und ob die LRV revidiert werden soll. Diese könnten in eine weitere Revision der LRV münden. Die neuen WHO-Richtwerte werden daher nicht als verbindliche Rechtsgrundlage im vorliegenden LRP verwendet.

2. Luftqualität in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft (Immissionsentwicklung)

Luftschadstoffe stammen aus verschiedenen Quellen, hauptsächlich aus dem Verkehr, der Industrie, den Haushalten und der Landwirtschaft. Der Ausstoss von Schadstoffen aus bestimmten Quellen wird als Emission bezeichnet. Emissionen vermischen sich in der Atmosphäre mit der Umgebungsluft und werden anschliessend durch verschiedene chemische und physikalische Prozesse verändert und können über weite Distanzen transportiert werden (Transmission). Messungen der Luftqualität zeigen die sogenannten Schadstoff-Immissionen an einem bestimmten Standort. Die Immission ist die Konzentration von Stoffen in der Umgebungsluft, welche an einer bestimmten Messstelle gemessen wird.

Die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft betreiben seit Anfang der neunziger Jahre ein Immissionsmessnetz zur kontinuierlichen Beobachtung der Luftqualität. Das wichtigste Ziel der Immissionsmessungen ist eine zuverlässige Überwachung der Luftqualität. Anhand der Messresultate kann die Entwicklung der Luftbelastung beurteilt und die Notwendigkeit von Luftreinhaltemassnahmen entschieden werden.

2.1. Generelle Situation

Zur Beurteilung der Luftqualität werden die Immissionsgrenzwerte der LRV herangezogen. Die Jahresgrenzwerte der LRV dienen der Beurteilung der Dauerbelastung, die Tages- und Stundengrenzwerte der Beurteilung der Spitzenbelastungen. Die gemessenen Werte für CO und SO_2 liegen schon seit mehreren Jahren deutlich unterhalb der Immissionsgrenzwerte, weshalb diese im LRP nicht weiter betrachtet werden.

Anhand der Beurteilungskriterien der LRV gibt die untenstehende Tabelle eine Übersicht über den generellen Stand der Luftqualität in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft:

Schadstoff	Statistische Definition	LRV-Immissionsgrenzwert	Übermässigkeit Immissionen (gemäss LRV)
Stickstoffdioxid (NO_2)	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)	30 µg/m³	**teilweise übermässig** Überschreitungen an einigen Verkehrsstandorten
	24h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden	80 µg/m³	**nicht übermässig** Letzte Überschreitungen im 2017
Schwebestaub (PM10)	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)	20 µg/m³	**nicht übermässig**
	24h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden	50 µg/m³	**vereinzelt übermässig** vereinzelte Überschreitungen pro Jahr
Schwebestaub (PM2.5)	Jahresmittelwert (arithmetischer Mittelwert)	10 µg/m³	**teilweise übermässig** Überschreitungen an Verkehrsstandorten
Ozon (O_3)	98 % der 1/2h-Mittelwerte eines Monats	100 µg/m³	**flächendeckend übermässig** Überschreitungen an allen Standorten im ganzen Gebiet während mehreren Monaten pro Jahr
	1h-Mittelwert; darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden	120 µg/m³	**flächendeckend übermässig** Überschreitungen an allen Standorten im ganzen Gebiet während mehreren Monaten pro Jahr

Tab. 1: Generelle Beurteilung der Übermässigkeit der Immissionen gemäss LRV-Immissionsgrenzwerte

2.2. Messungen in der Region Basel

Gemäss Art. 27 LRV müssen die Kantone den Stand und die Entwicklung der Luftverunreinigung überwachen. Die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft betreiben zu diesem Zweck seit Anfang der neunziger Jahre ein Immissionsmessnetz zur kontinuierlichen Beobachtung der Luftqualität. Die Messungen erfolgen gemäss

der behördenverbindlichen Vollzugshilfe «Immissionsmessung von Luftfremdstoffen» des Bundesamts für Umwelt (BAFU).

Aktuell sind sechs permanente Messstationen mit Echtzeitdatenerfassung und zwei Dutzend Standorten mit sogenannten Passivsammlern in Betrieb. Die permanenten Messstationen liegen an den Standorten Feldbergstrasse und St. Johanns-Platz in Basel, auf der Chrischona in Bettingen, an der Autobahn A2 im Hardwald in Muttenz und in Sissach beim Schulhaus Bützenen. Die Messstation beim Schulhaus Brühl in Dornach wird gemeinsam mit dem Kanton Solothurn betrieben. Zudem betreibt das Bundesamt für Umwelt (BAFU) im Rahmen seines eigenen Immissionsmessnetzes «Nationales Beobachtungsnetz für Luftfremdstoffe (NABEL)» im Kanton Basel-Landschaft einen Messstandort auf dem Bruderholz in Binningen.

Gemessen werden an diesen Messstationen permanent die Schadstoffe NO_2, O_3, PM10, PM2.5, Russ (EC/OC[1]) und flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (VOC[2]):

Station (Ort)	BAFU-Definition	Messung seit	Gemessene Schadstoffe
Feldbergstrasse Basel	Städtisches Gebiet – Verkehr	1993	NO_2, O_3, PM10, PM2.5, VOC
St. Johanns-Platz Basel	Städtisches Gebiet - Hintergrund	1990	NO_2, O_3, PM10, PM2.5, VOC
Chrischona Bettingen	Ländliches Gebiet – Hintergrund	1992	O_3
A2 Hard Muttenz[1]	Vorstädtisches Gebiet - Verkehr	2003	NO_2, PM10, PM2.5, VOC, Russ
Bützenen Sissach	Vorstädtisches Gebiet - Hintergrund	2018[2]	NO_2, O_3, PM10, PM2.5
Brühl Dornach[3]	Vorstädtisches Gebiet - Hintergrund	1990	NO_2, O_3, PM10, PM2.5
Bruderholz Binningen[4]	Vorstädtisches Gebiet - Hintergrund	1980	NO_2, PM10, PM2.5, VOC, Russ

Tab. 2: Auflistung der permanenten Messstationen mit Charakterisierung, Messbeginn und gemessenen Schadstoffen
[1] im Auftrag des BAFU-Projekts «Monitoring flankierende Massnahmen Umwelt – MfM-U»
[2] 2006-2018 Messung in Sissach West
[3] gemeinsamer Betrieb mit Kanton Solothurn
[4] Betrieb durch Bund (NABEL)

Ein weiteres Messnetz, bestehend aus rund zwei Dutzend Passivsammlern, überwacht die Entwicklung von gasförmigen Schadstoffen wie NO_2, VOC und NH_3 an ausgewählten Orten mit standortspezifischer Belastung. Im Unterschied zu den permanenten Messstationen wird bei Passivsammlern die Umgebungsluft nicht aktiv durch ein (elektronisches) Messgerät geleitet, sondern die Schadstoffe werden mittels passiver Diffusion aufgenommen. Die Staubdeposition und deren Inhalte (Schwermetalle wie beispielsweise Arsen, Blei, Cadmium und Zink) werden mittels Bergerhoff-Methode gemessen. Dabei sammelt sich Staub in einem offenen Gefäss an, welches in einer Schutzhalterung exponiert wird. Die Passivsammler und Bergerhoff-Gefässe werden in regelmässigem Turnus gewechselt und im Labor analysiert.

In der Summe decken die beschriebenen Messstellen das gesamte Spektrum an Lebensraum der Bevölkerung in der Region Basel ab: vom ländlichen Hintergrund über die Agglomeration hin sowie zum städtischen Gebiet mit wenig Verkehr bis hin zu sehr stark befahrenen Strassenabschnitten. Die Messstellen sind in der notwendigen Anzahl geographisch so positioniert, dass damit ein repräsentatives Netz entsteht. Aus dessen Daten werden mittels Modellierung und Berechnung stündlich aktualisierte Belastungskarten generiert. Diese Belastungskarten werden für die Region in einer Auflösung von 200 mal 200 Meter und für die Stadt Basel in 25 mal 25 Meter aufgebaut. Die Bevölkerung kann sich mit diesem Instrument jederzeit über den aktuellen Zustand der Luft an ihrem Aufenthaltsort informieren.

Weiterführende Informationen zum Messnetz können auf der Luftqualitäts-Informationsplattform www.luftqualitaet.ch abgerufen werden.

[1] EC/OC steht für Elemental Carbon (EC) sowie Organic Carbon (OC) und bezeichnet die Menge an elementarem und organischem Kohlenstoff (=Russ aus Verbrennungsprozessen) im Schwebestaub.
[2] VOC steht für volatile organic compounds

2.3. Information zu Messdaten

Gemäss Art. 10e USG ist die Bevölkerung über die Luftqualität und deren Entwicklung zu informieren. Die Messdaten sind als offene digitale Datensätze zur Verfügung zu stellen. Die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft verwenden dazu die nachfolgenden Informationsplattformen, welche teilweise gemeinsam mit anderen Kantonen aufgebaut und betrieben werden:

- Informationsplattform «www.luftqualität.ch»:
  Die Informationsplattform www.luftqualitaet.ch wird gemeinsam mit den Nordwestschweizer Kantonen Aargau, Bern, Jura und Solothurn betrieben. Auf dieser Informationsplattform können die aktuellen Werte der permanenten Messstationen abgefragt werden. Zusätzlich werden Belastungskarten mit einer Auflösung von 200 auf 200 Meter generiert. Die Karten zeigen beispielsweise den aktuellen Luftqualitätsindexwert an, welcher Auskunft über die kurzzeitigen gesundheitlichen Auswirkungen gibt. Der Index wird in den Farben blau (gute Luftqualität) bis violett (sehr hohe Belastung) ausgedrückt. Für die Stadt Basel steht für die Schadstoffe PM10 und NO_2 eine feinere Kartenauflösung von 25 auf 25 Meter zur Verfügung. Auf der Plattform sind zudem Informationen zum Messnetz zu finden. Im Weiteren besteht die Möglichkeit, die einzelnen Schadstoffdaten aus der Vergangenheit abzurufen und herunterladen.

- Mobile-App «AirCHeck:
  Als mobile Variante dient die App «AirCHeck» für Smartphones und Tablets, welche von den kantonalen Luftreinhaltefachstellen gemeinsam betrieben wird. Sie liefert Echtzeitdaten und Belastungskarten für die ganze Schweiz und Liechtenstein. Zusätzlich informiert «AirCHeck» über die gesundheitlichen Auswirkungen.

- Jahresbericht Luftqualität:
  Jedes Jahr im April publiziert das LHA zusammen mit den Nordwestschweizer Kantonen Aargau, Bern, Jura und Solothurn einen Jahresbericht zur Luftqualität. Dieser ist seit 2021 als Webseite https://berichte.luftqualitaet.ch abrufbar und beschreibt die Entwicklung der Luftqualität in den letzten Jahren. Frühere Berichte können im Archiv auf der Webseite des LHA bezogen werden.

- Open Government Data Portal:
  Für interessierte Personen stehen die Luftqualitätsdaten des Kantons Basel-Stadt auch auf dem Open Government Data Portal (OGD BS;) zum Download in verschiedenen Formaten zur Verfügung (data.bs.ch). Das OGD Portal des Kantons Basel-Landschaft befindet sich aktuell im Aufbau. Die Luft-Daten des Kantons Basel-Landschaft werden demnächst ebenfalls zur Verfügung stehen.

Mit regelmässigen Medienmitteilungen informiert das LHA zusätzlich über spezielle Situationen, beispielsweise über die jeweilige Ozonbelastung in den Sommermonaten.

Auf eine Ausrüstung der permanenten Messstationen mit einem Informationsdisplay wurde bis anhin verzichtet, weil der Aufwand zum Unterhalt und zum Schutz vor Vandalismus unverhältnismässig gross ist. Da die überwiegende Mehrheit der Passierenden heute ein Smartphone mitträgt, welches die gewünschten Informationen via der Mobile-App «AirCHeck» abrufen kann, ist eine Aufrüstung aus heutiger Sicht nicht mehr zeitgemäss.

2.4. Stickstoffdioxid NO_2

Stickoxide (Summe von NO und NO_2) werden zunächst als NO emittiert und wandeln sich in der Atmosphäre schnell in das stabilere Stickstoffdioxid NO_2 um. Für das gesundheitlich relevantere NO_2 ist in der LRV ein Immissionsgrenzwert von 30 µg/m^3 im Jahresmittel festgelegt. Dieser Grenzwert wird derzeit noch an verkehrsbelasteten Standorten überschritten (siehe Abb. 1).

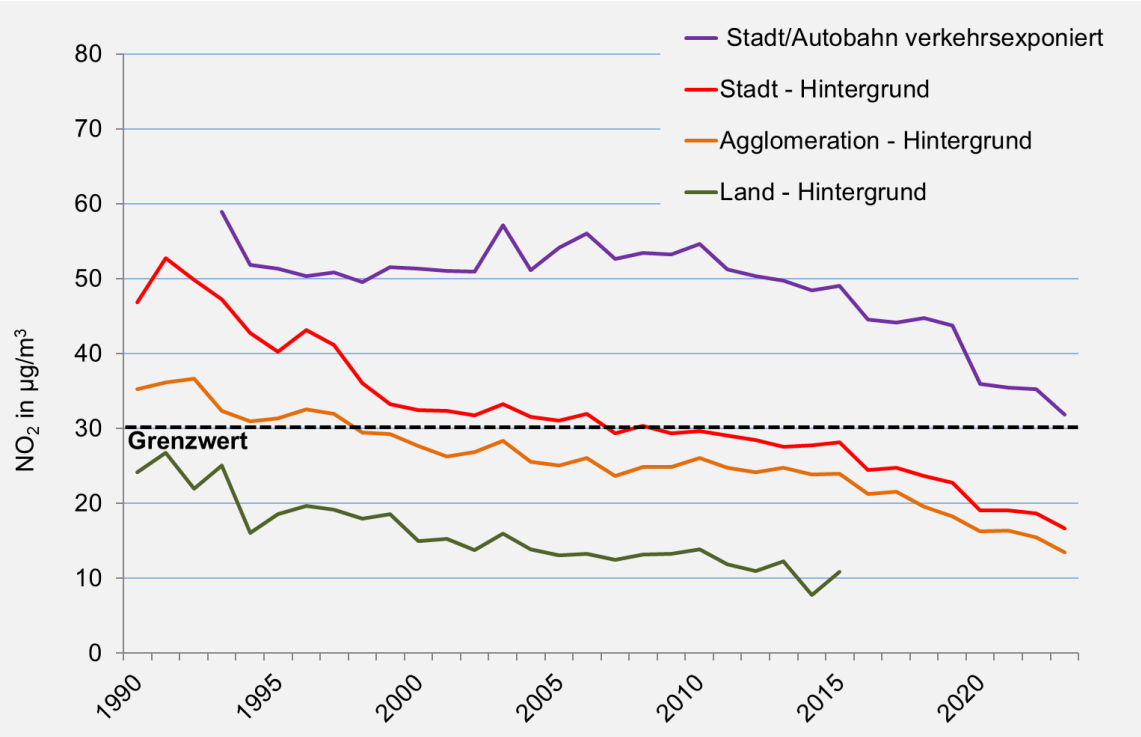


Abb. 1: Entwicklung der NO2-Jahresmittelwerte von 1990 bis 2023

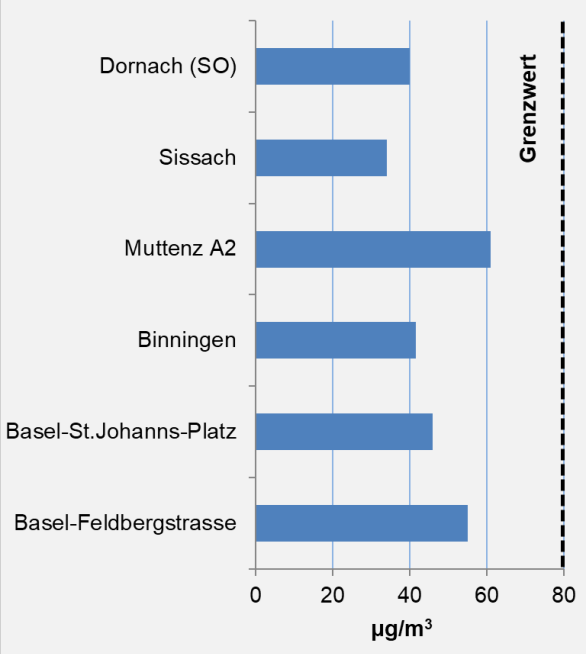


Abb. 2: Maximale Tageswerte im 2023
Die höchsten Tageswerte im Jahr 2023 wurden an den verkehrsexponierten Standorten gemessen.

Die maximalen Tageswerte überschritten letztmals im Jahr 2017 den LRV-Tagesgrenzwert von 80 µg/m^3. Seither liegen sie deutlich darunter (siehe Abb. 2).
Die Entwicklung der NO_2-Immissionen seit Messbeginn zeigen deutlich, dass verbesserte Motoren und Abgasreinigungstechnologien bei Fahrzeugen und Entstickungseinrichtungen bei Feuerungen wirken. Der grösste Rückgang der letzten Jahre wurde im Jahr 2020 entlang von verkehrsintensiven Strassen verzeichnet. Aufgrund der Einschränkungen zur Eindämmung des Corona-Virus wurde die Mobilität der Bevölkerung für einige Monate stark eingeschränkt - im Vergleich zum Jahr 2019 wurde deutlich weniger NO_2 gemessen. Die flächendeckende Modellierung (siehe Abb. 3 und 4) der Region Basel zeigt, dass die NO_2-Belastung entlang von verkehrsreichen Strassen (Hauptstrassen, städtischen Ringstrassen und Autobahnen) weiterhin über 30 µg/m^3 liegt, während im restlichen städtischen Raum sowie in der Agglomeration die Belastung unter den Immissionsgrenzwert gesunken ist. In ländlichen Regionen ohne Verkehrseinfluss liegen die Immissionskonzentrationen nahe 10 µg/m^3.

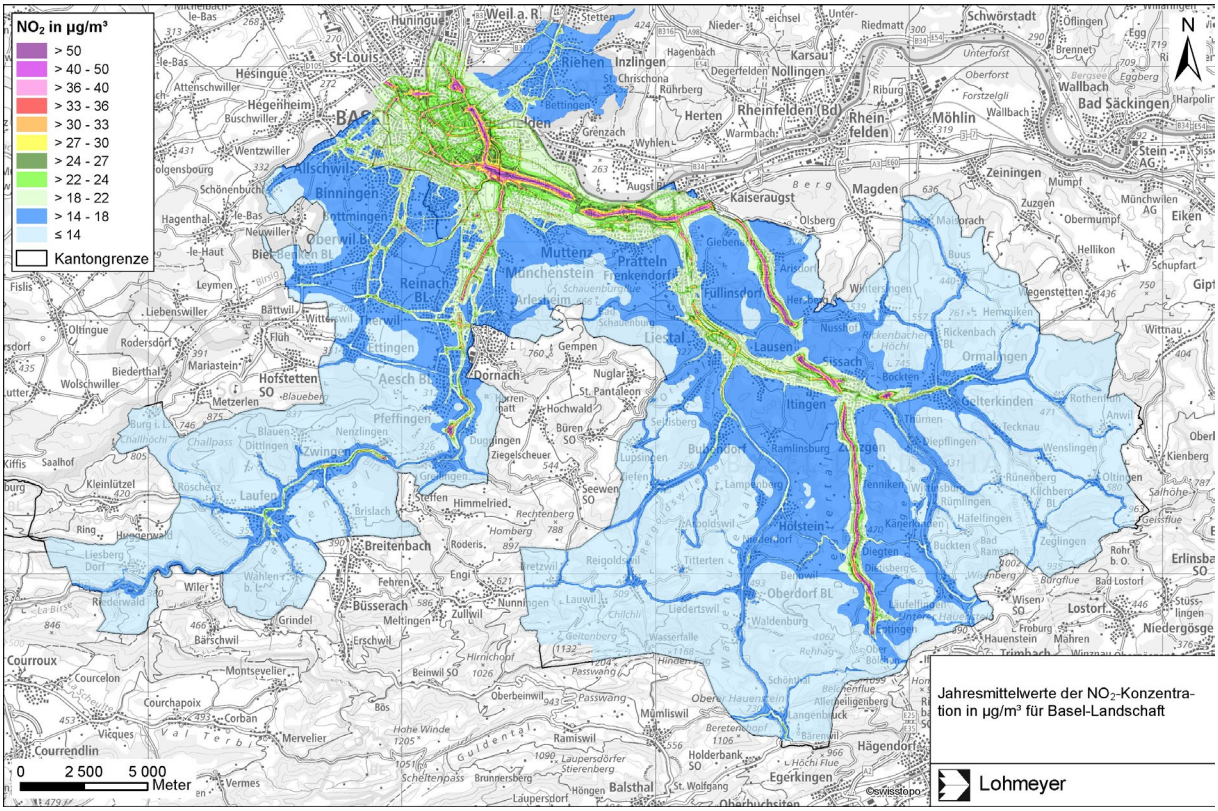


Abb. 3: Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2021 der NO_2-Belastung für Basel Stadt und Basel-Landschaft
In der Stadt Basel und entlang der Hauptverkehrsachsen sind die Belastungen am grössten (Farben: violett bis orange). In der Agglomeration und ländlichen Gebieten liegen die Werte unterhalb des Grenzwerts von 30 µg/m^3 (hellblaue bis gelbe Farbtöne).

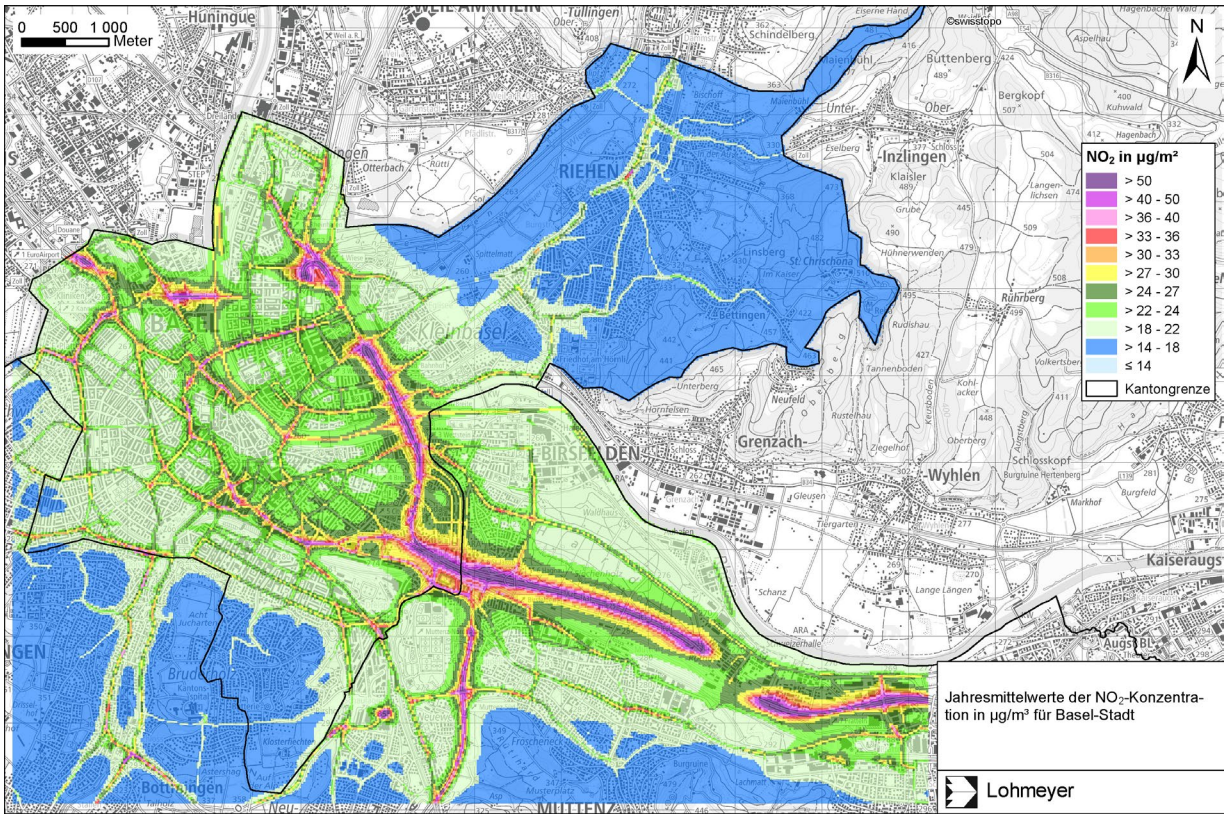


Abb. 4: Detailansicht Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2021 der NO2-Belastung für Basel-Stadt

2.4.1. Exposition der Wohnbevölkerung

Die modellierten Immissionswerte wurden mit den Daten der Statistik der Bevölkerung und der Haushalte (STATPOP)[3] des Bundesamtes für Statistik (BfS) überlagert. Bei der STATPOP werden die Personen erfasst, welche in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft am Ende eines Jahres an einem Haupt- und an einem Nebenwohnsitz wohnen. Da in der STATPOP neben der ständigen auch die nicht ständige Wohnbevölkerung erfasst sind, ist die Gesamtzahl der Einwohner höher als in den kantonalen Bevölkerungsstatistiken, welche nur die niedergelassenen Personen gemäss Einwohnerregister ausweisen.

Die Daten der STATPOP sind georeferenziert, womit eine direkte Verknüpfung mit den Gebäuden und Wohnungen möglich ist. Mit der Überlagerung der Immissionskarten mit den georeferenzierten Daten der STATPOP kann dementsprechend die Anzahl der Bewohnerinnen und Bewohner in Wohngebäuden ermittelt werden, die einer übermässigen Luftbelastung ausgesetzt ist. Tab. 3 zeigt die Anzahl betroffener Bewohnerinnen und Bewohner in Wohngebäuden, die für das Jahr 2021 in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft von einer übermässigen NO_2-Belastung betroffen ist.

	Kanton Basel-Stadt (2021)	Kanton Basel-Landschaft (2021)
Wohnbevölkerung gesamt gemäss STATPOP	214'195	304'370
Anzahl betroffener Bewohner in Wohngebäuden NO_2 >30 µg/m³	18'971 (8.9 %)	4'910 (1.6 %)

Tab. 3: Betroffene Einwohnerinnen und Einwohner in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden NO2-Belastungen im Jahr 2021
(Wohnbevölkerung gesamt gemäss STATPOP und Anteil der Wohnbevölkerung in Wohngebäuden)

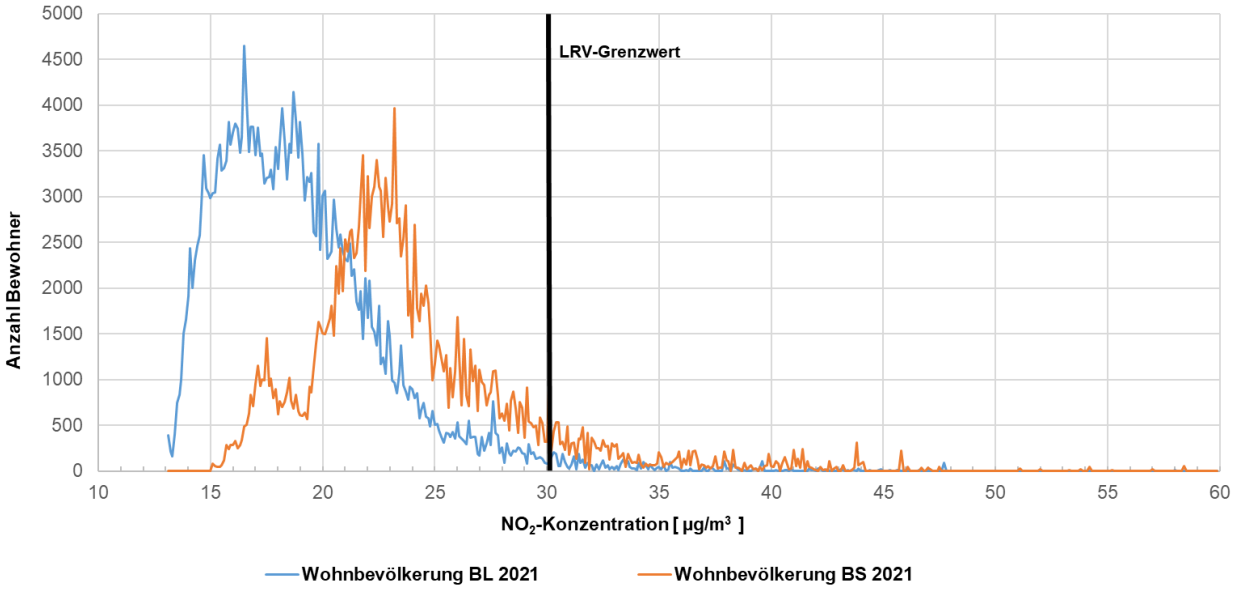


Abb. 5: Verteilung NO_2-Belastung der Anzahl betroffenen Bewohner in Wohngebäuden im 2021

Einer NO_2-Belastung über dem LRV-Grenzwert von 30 µg/m³ sind im Jahr 2021 im Kanton Basel-Stadt rund 19'000 und im Kanton Basel-Landschaft rund 5'000 Bewohnerinnen und Bewohner in Wohngebäuden ausgesetzt. Dies entspricht im Vergleich zur letztmaligen Erhebung im 2015 (Basel-Stadt: 60'000, Basel-Landschaft: 12'500) einer erfreulichen Reduktion um rund zwei Drittel.

[3] Bundesamt für Statistik (BfS): Statistik der Bevölkerung und der Haushalte (STATPOP), 2022

2.4.2. Fazit

Die NO_2-Immissionen haben in den letzten Jahren kontinuierlich abgenommen. Die umgesetzten Massnahmen im Bereich der Feuerungen und beim motorisierten Verkehr haben zu einer deutlichen Reduktion beigetragen. Der NO_2-Jahresgrenzwert der LRV von 30 µg/m^3 wird grossräumig eingehalten und nur noch an verkehrsbelasteten Standorten überschritten. Der Immissionsgrenzwert für das Tagesmittel von 80 µg/m^3 wird nicht mehr überschritten.

Der Anteil der Bevölkerung, welcher einer Belastung über dem Jahresgrenzwert ausgesetzt ist, hat im Vergleich zum Jahr 2015 erfreulicherweise um rund zwei Drittel abgenommen.

2.5. Feinstaub PM10

Feinstaub PM (englisch für Particulate Matter) 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:

Die Partikel werden einerseits durch primäre Emissionen wie z. B. durch Abrieb und Erosion gebildet und durch Verbrennungsprozesse ausgestossen (u. a. Dieselmotoren, Holzheizungen). Beim Letzteren handelt es sich vor allem um kleinste Russpartikel. Russ ist eine besonders gefährliche Komponente der Feinstaubfraktion und gilt als krebserregend. Für Russ gilt gemäss LRV das Minimierungsgebot.

Zu den grösseren Partikeln gehören der Abrieb von Strassen, Pneus oder Bremsbelägen wie auch Staub aus natürlichen Quellen (z. B. Saharastaub). Andererseits bilden sich Partikel (Aerosole) aus gasförmigen Luftschadstoffen durch chemische Umwandlung (sekundäre Partikel). Sie entstehen aus Stickoxiden, Schwefeldioxid, Ammoniak sowie flüchtigen organischen Verbindungen (VOC).

PM10 setzt sich ungefähr zu einem Dritteln aus primären und zu zwei Dritteln aus sekundären Partikeln zusammen.[4] In der nachfolgenden Tab. 4 sind die Quellen bzw. Ursachen der einzelnen primären und sekundären Komponenten aufgelistet:

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

Tab. 4: Komponenten sowie Vorläufer und Ursachen von PM10

In den Jahren 2019 und 2020 wurde an den permanent betriebenen Messstandorten der Feinstaubanteil im Grössenbereich von 2.5 bis 10 µm detaillierter untersucht. Die Ergebnisse zeigen, dass sich die PM10-Fraktion fast ausschliesslich aus Abriebs- und Verwitterungspartikel zusammensetzt. Jeder Standort widerspiegelt zudem eine charakteristische Partikelzusammensetzung («Finger-Print»). Verbrennungsrückstände wurden keine festgestellt. Diese Partikel sind in der Regel kleiner als 2.5 µm und zählen zu der feineren Feinstaub-

[4] EMPA: https://www.empa.ch/documents/56101/246436/Characterisation-source-identification-PM/06bd7419-f746-41dc-a34b-81f67bae8aff

Fraktion PM2.5. An den verkehrsexponierten Standorten konnte in der PM10-Fraktion nur eine marginale Belastung durch Reifenabrieb nachgewiesen werden.

Deutlich grösser waren die Anteile von Brems- und insbesondere von Strassenabrieb. An der Feldbergstrasse, am St. Johanns-Platz und in Sissach (Schulhaus Bützenen) stammen rund 30 % der Partikel von Baustoffen. Diese stammen hauptsächlich vom Hausfassadenputz (teilweise vermischt mit Farbpigmenten), gefolgt von Beton und Mörtel. In Dornach (die Station steht auf einer Wiese) ist der Anteil an natürlichen entstandenen Partikeln aus der Vegetation sowie der Bodenerosion, im Vergleich zu den städtischen Standorten grösser. Die Messungen zeigen, dass sich die Partikelzusammensetzung an den einzelnen Stationen im Jahresgang kaum ändert.

Seit Ende der neunziger Jahre wird PM10 gemessen. In Abb. 6 ist zu sehen, dass für alle Standorte in der Region Basel die Belastung mit PM10 im Jahresmittel deutlich zurückgegangen ist und der Jahresgrenzwert von 20 µg/m^3 flächendeckend eingehalten wird.

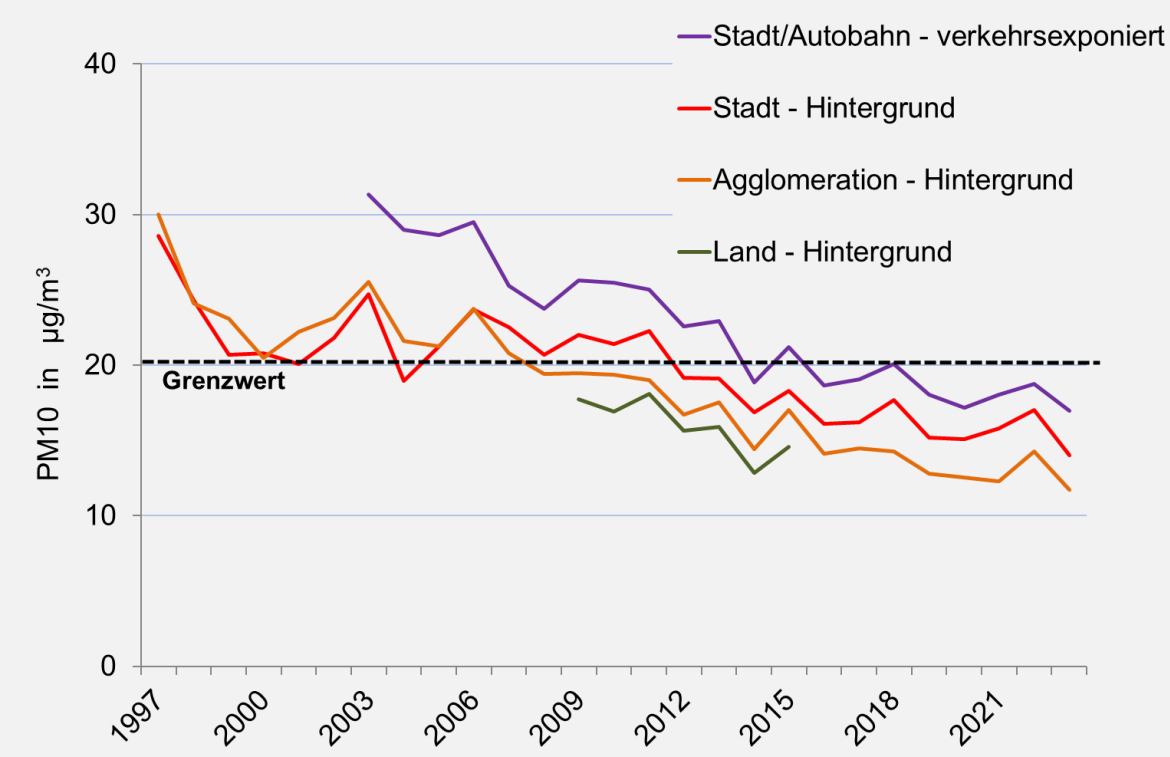


Abb. 6: Entwicklung der PM10-Jahresmittelwerte von 1990 bis 2023

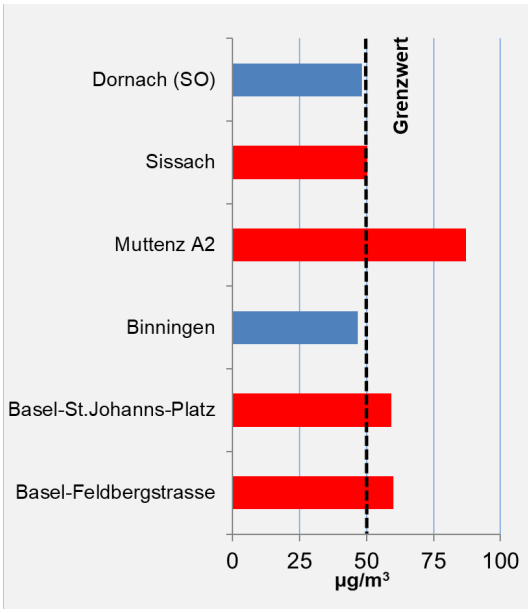


Abb. 7: Maximale Tageswerte im 2023
Die höchsten Tageswerte PM10 im Jahr 2023 wurden an den stark verkehrsexponierten Standorten und Binningen gemessen.

Der Tagesgrenzwert von 50 µg/m³, der drei Mal pro Jahr überschritten werden darf, wird in der Regel nur noch ein oder zwei Mal überschritten. Dies ist mehrheitlich an verkehrsreichen Strassen der Fall (siehe Abb. 7).

Generell ist festzustellen, dass erhebliche Feinstaub-Ereignisse (Überschreitung des Tagesgrenzwerts) in den letzten Jahren praktisch nur durch Saharastaub-Einträge verursacht wurden. Dabei werden in der Sahara-Zone durch spezielle Wetterereignisse grosse Mengen an Mineralstaub in Form von Aerosolen in die höheren Luftschichten gehoben und durch Winde über mehrere Tausend Kilometer nach Europa und in die Schweiz transportiert. Dort setzen sich diese Teilchen bei bestimmten Bedingungen auf dem Boden wieder ab. Dieses Phänomen tritt vermehrt im Frühjahr und Herbst auf.

Immissionen, die den Grenzwert von 20 µg/m³ im Jahresmittel überschreiten, sind nur noch entlang von Strassen mit hohen Verkehrsaufkommen vorhanden (siehe modellierte Immissionskarten Abb. 8 und 9). Die restlichen Gebiete in der Region Basel liegen in der Regel unterhalb des gesetzlich festgelegten Immissionsgrenzwerts.

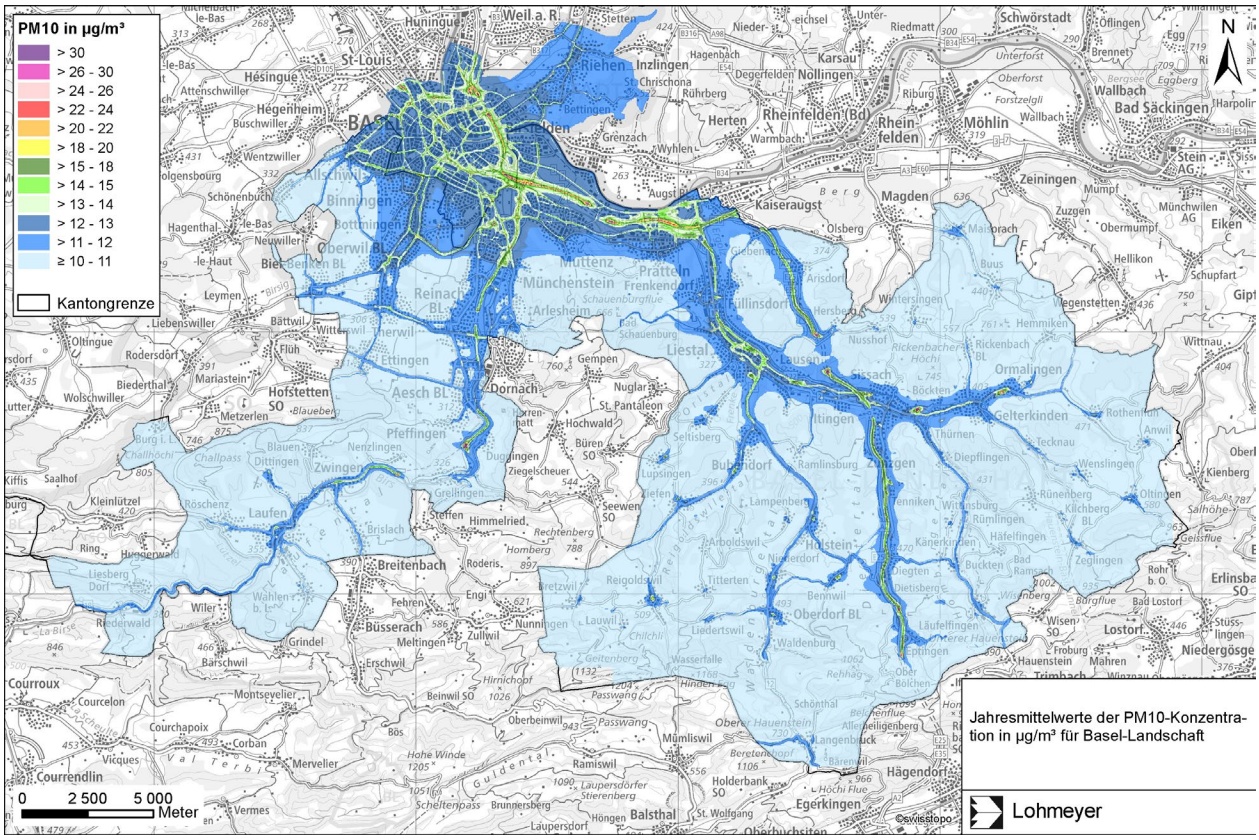


Abb. 8: Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2021 der PM10-Belastung Basel Stadt und Basel-Landschaft
Die PM10-Konzentrationen sind in der Stadt Basel und entlang der Hauptverkehrsachsen am höchsten (Farben: violett bis orange).

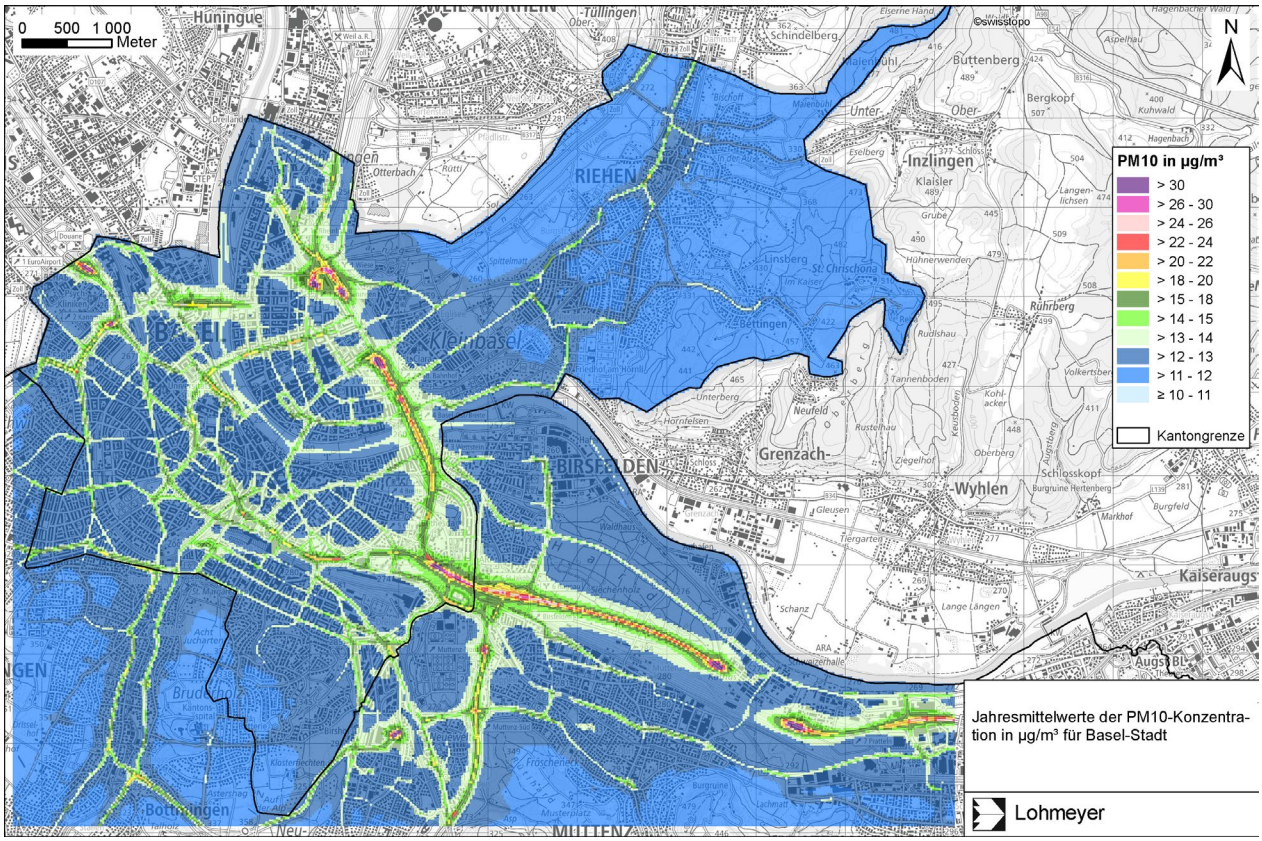


Abb. 9: Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2021 der PM10-Belastung Basel Stadt.

2.5.1. Exposition der Wohnbevölkerung

Die modellierten Immissionswerte wurden auch hier mit den Daten der STATPOP überlagert. Tab. 5 zeigt die Anzahl betroffener Bewohnerinnen und Bewohner in Wohngebäuden, die für das Jahr 2021 in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft von einer übermässigen PM10-Belastung betroffen ist:

	Kanton Basel-Stadt (2021)	Kanton Basel-Landschaft (2021)
Wohnbevölkerung gesamt gemäss STATPOP	214'195	304'370
Anzahl betroffener Bewohner in Wohngebäuden PM10 > 20 µg/m³	1079 (0.5 %)	253 (0.1 %)

Tab. 5: Betroffene Bewohnerinnen und Bewohner in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden PM10-Belastungen im Jahr 2021
(Wohnbevölkerung gesamt gemäss STATPOP und Anteil der Wohnbevölkerung in Wohngebäuden)

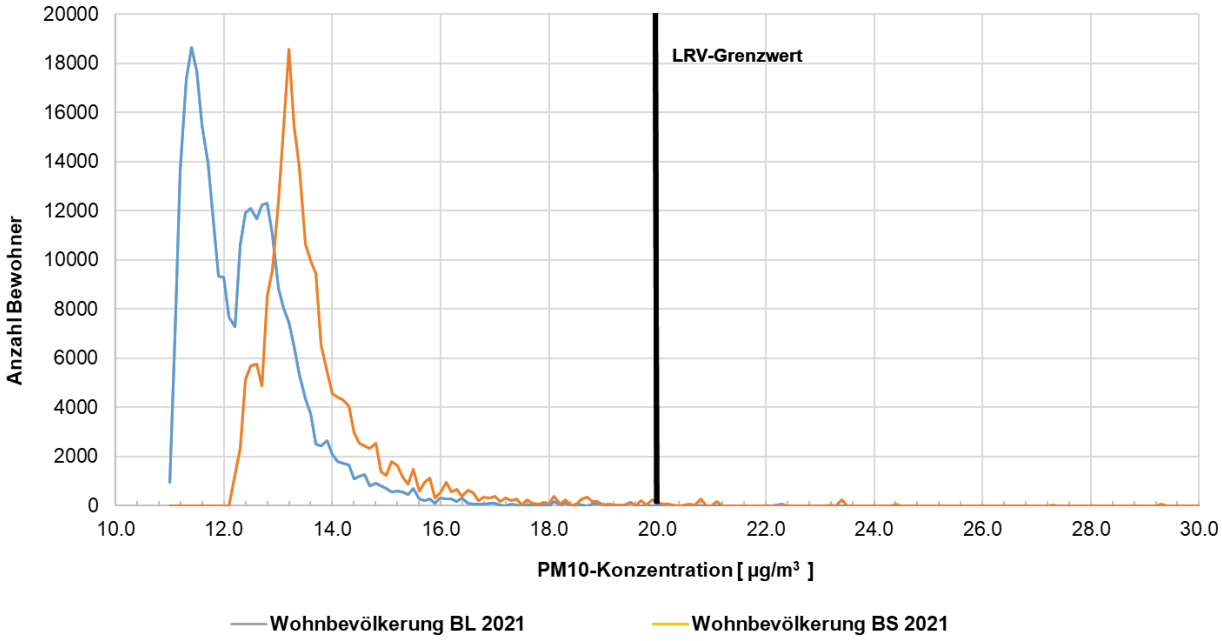


Abb. 10: Verteilung PM10-Belastung der Anzahl betroffenen Bewohnerinnen und Bewohner in Wohngebäuden im 2021

Einer PM10-Belastung über dem LRV-Grenzwert von 20 µg/m^3 sind im Kanton Basel-Stadt im Jahr 2021 noch rund 1'000 und im Kanton Basel-Landschaft noch rund 250 Bewohner in Wohngebäuden ausgesetzt. Dies entspricht im Vergleich zur letztmaligen Erhebung im 2015 (Basel-Stadt: 22'500, Basel-Landschaft: 9'500) einer sehr erfreulichen Reduktion um mehr als 95 %.

2.5.2. Fazit

Seit Messbeginn sind grosse Erfolge hinsichtlich der Reduktion der PM10-Belastung an allen Standorten in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft festzustellen. Der Immissionsgrenzwert wird praktisch flächendeckend eingehalten. Der überwiegende Teil der Bevölkerung lebt in Gegenden, in denen die Belastung deutlich unterhalb des LRV-Immissionsgrenzwerts von 20 µg/m^3 im Jahresmittel liegt. Auch die kurzfristigen Spitzenbelastungen gehen kontinuierlich zurück. Die gemessenen Überschreitungen in den letzten Jahren sind hauptsächlich auf Feinstaub-Ereignisse durch Saharastaub-Einträge zurückzuführen.

2.6. Feinstaub PM2.5 und Russ

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. Durch die geringe Grösse der Feinstaubpartikel, der daraus resultierenden langen Verweilzeit in der Atmosphäre und der atmosphärischen Transportdistanz von bis zu 1000 km ist PM2.5 von hoher nationaler und internationaler Relevanz. Zurzeit macht PM2.5 je nach Standort zwischen 60 % und 70 % des PM10 aus. Seit 2018 ist in der LRV ein Jahres-Immissionsgrenzwert für PM2.5 von 10 µg/m^3 definiert.

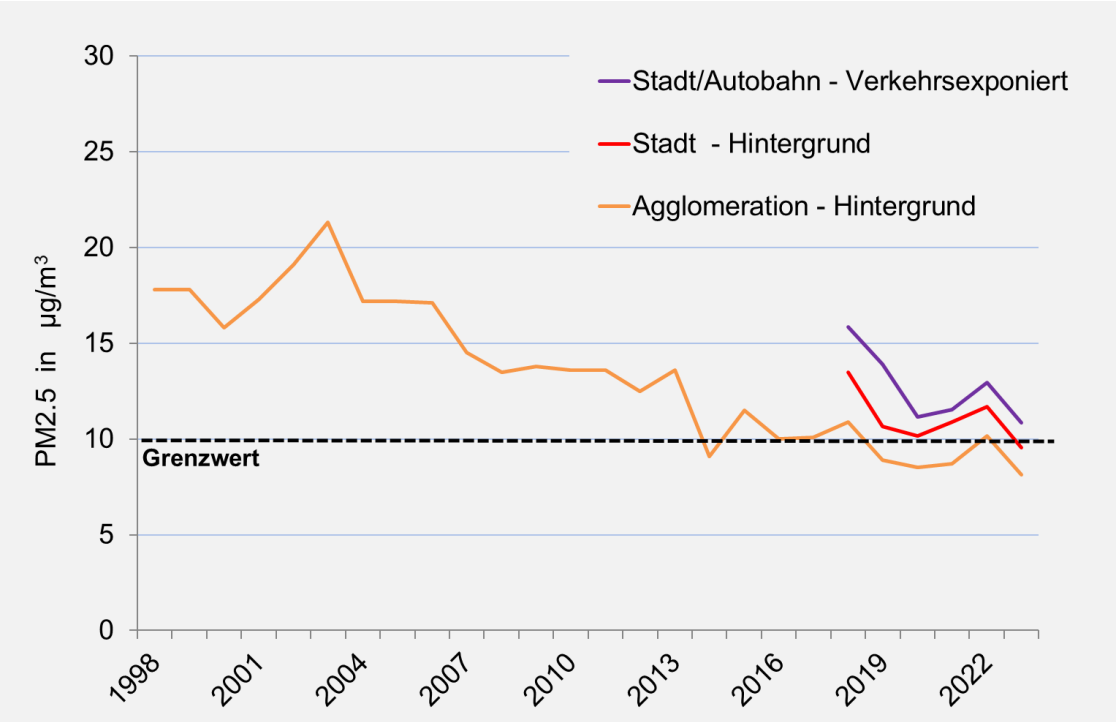


Abb. 11: Entwicklung der PM2.5-Jahresmittelwerte von 1998 bis 2023
Für die Jahresmittelwerte «Agglomeration Hintergrund» von 1998-2017 wurden ausschliesslich die Werte der Station Binningen des NABEL genommen. Für die Werte ab 2018 wird ein Mittelwert aus drei Stationen (Binningen, Sissach Bützenen und Dornach) gebildet.

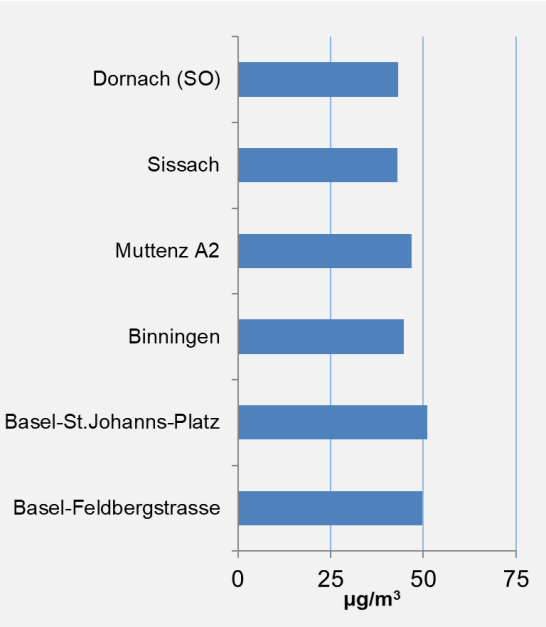


Abb. 12: Maximale Tageswerte im 2023
Die höchsten PM2.5- Tageswerte im Jahr 2023 wurden an den verkehrsnahen Standorten gemessen. In der LRV ist kein Tagesgrenzwert für PM2.5 definiert.

Das LHA misst PM2.5 an den permanenten Stationen seit 2018. Das NABEL hat eine längere Messreihe in Binningen (seit 1998). Aus dieser ist ersichtlich, dass zwischen 2000 bis 2010 eine deutliche Reduktion erzielt wurde. Neuere Messungen zeigen, dass die PM2.5-Konzentrationen an unterschiedlichen Standorten zwischen 2018 und 2023 weiter zurückgegangen sind. Die gemessenen Immissionswerte liegen im Bereich des LRV-Grenzwerts von 10 µg/m³. Gleich wie beim PM10 beeinflussen wetterbedingte Phänomene (z. B. Eintrag von Saharastaub, Inversionslagen) die Belastung mit PM2.5.
In den Immissionskarten (Abb. 13 und 14) ist zu erkennen, dass verkehrsnahe Standorte höher belastet sind als Standorte mit weniger Verkehr. In weiten Teilen der Stadt und der Agglomeration ist die Belastung mit Feinstaub PM2.5 im Bereich des Grenzwerts zwischen 9 und 10 µg/m³.

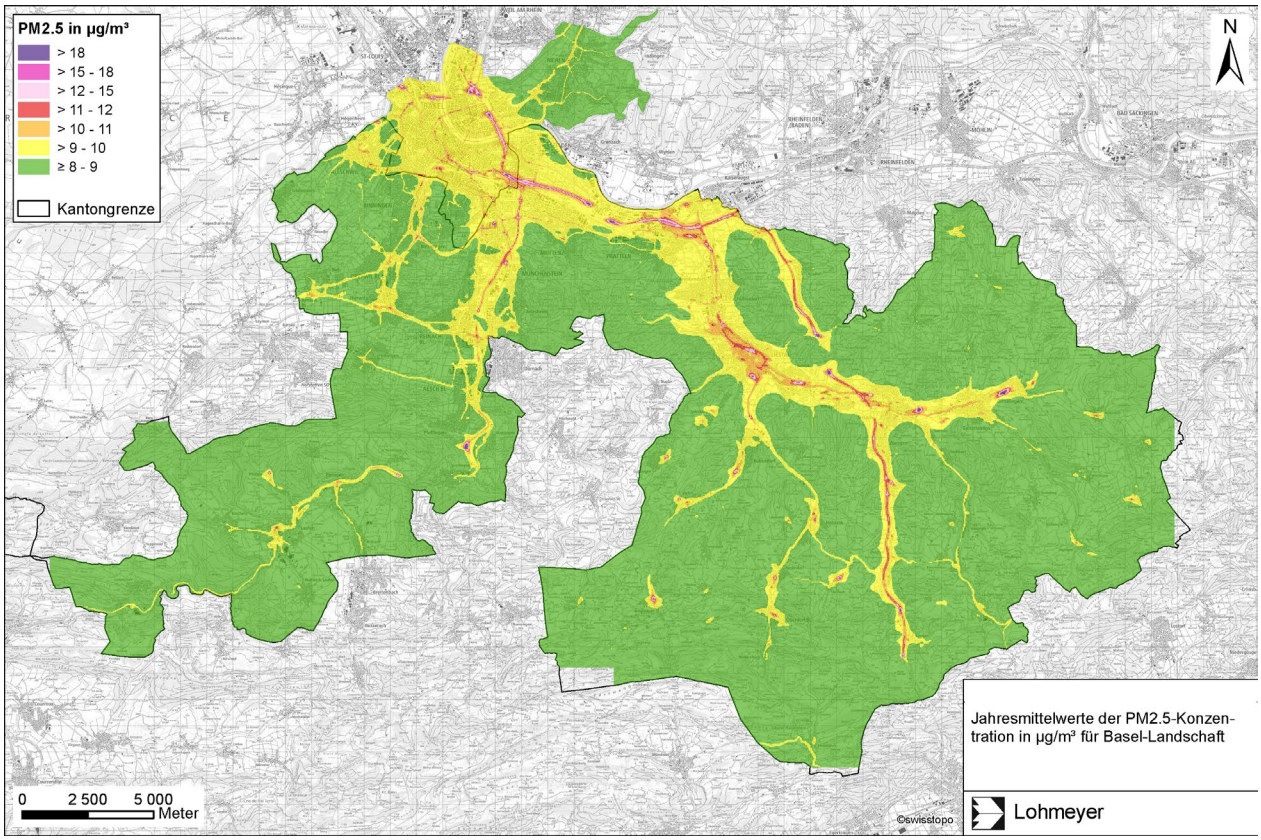


Abb. 13: Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2021 der PM2.5-Belastung Basel-Stadt und Basel-Landschaft
Die PM2.5-Konzentrationen sind in der Stadt Basel und entlang der Hauptverkehrsachsen am höchsten.

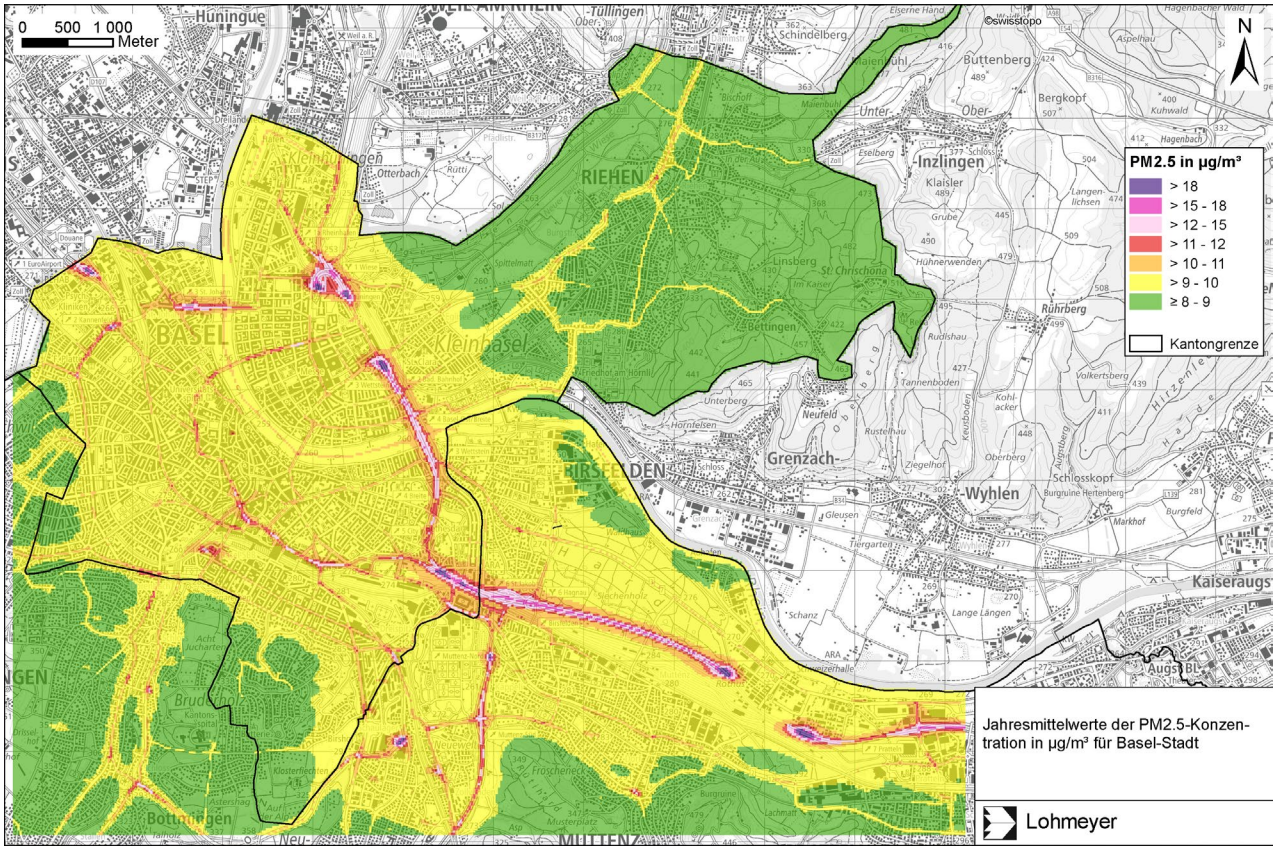


Abb. 14: Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2021 der PM2.5-Belastung in der Stadt Basel

Für die Gesundheitsschädlichkeit sind die allerkleinsten Partikel (Partikelgrösse unter 2.5 µm), ultrafeine Partikel und krebserregender Russ von besonderer Bedeutung. Russ stammt vor allem aus Dieselmotoren und der Verbrennung von Holz. Die EKL hat für Russ einen Jahresmittelwert von 0.1 µg/m^3 für den Gesundheitsschutz der Bevölkerung empfohlen. Seit 2006 wird an der Station A2 Hard regelmässig Russ in Form von EC (elementarer Kohlenstoff) bestimmt. Die EC-Konzentration lag im Jahr 2022 bei 0.9 µg/m^3 im Jahresmittel und überschreitet an diesem Standort den empfohlenen Wert der EKL.

2.6.1. Exposition der Wohnbevölkerung

Die modellierten Immissionswerte wurden analog bei den Luftschadstoffen NO_2 und PM10 mit den Daten der STATPOP überlagert. Tab. 6 zeigt die Anzahl betroffener Bewohnerinnen und Bewohner in Wohngebäuden, die für das Jahr 2021 in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft von einer übermässigen PM2.5-Belastung betroffen ist:

	Kanton Basel-Stadt (2021)	Kanton Basel-Landschaft (2021)
Wohnbevölkerung gesamt gemäss STATPOP	214'195	304'370
Anzahl betroffener Bewohner in Wohngebäuden PM2.5 >10 µg/m^3	34'239 (16.0 %)	32'570 (10.8 %)

Tab. 6: Betroffene Bewohnerinnen und Bewohner in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden PM2.5-Belastungen im Jahr 2021
(Wohnbevölkerung gesamt gemäss STATPOP und Anteil der Wohnbevölkerung in Wohngebäuden)

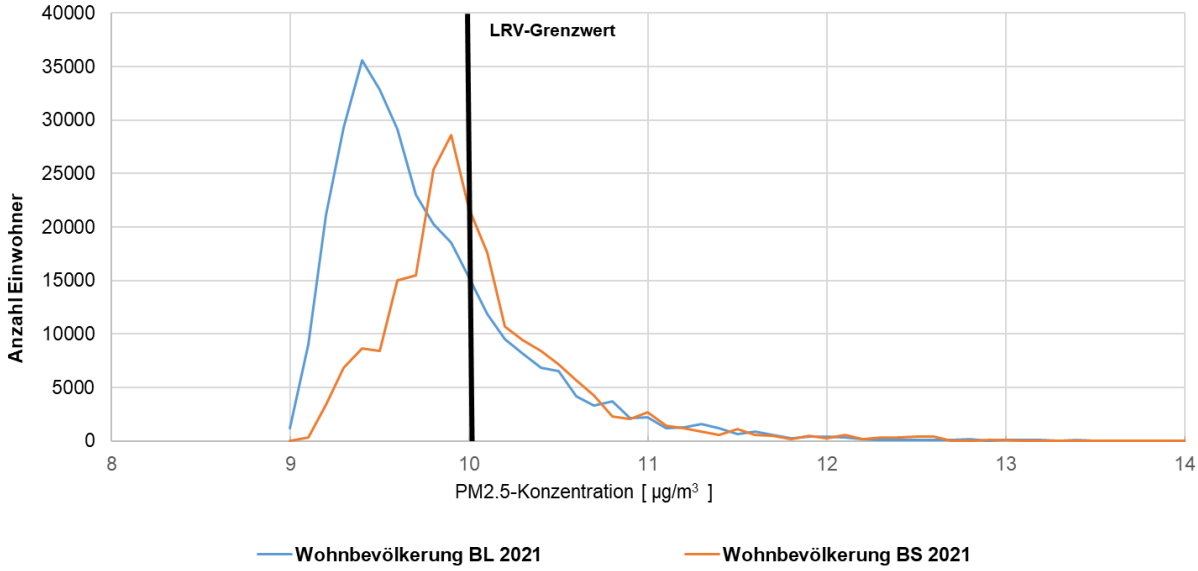


Abb. 15: Bevölkerungsverteilung der PM2.5-Belastung Basel Stadt und Basel-Landschaft im 2021

Einer PM2.5-Belastung über dem LRV-Grenzwert von 10 µg/m^3 sind im Kanton Basel-Stadt im Jahr 2021 rund 34'000 und im Kanton Basel-Baselland rund 32'500 Bewohnerinnen und Bewohner in Wohngebäuden ausgesetzt. Die ist im Vergleich zur letztmaligen Erhebung 2015 (Basel-Stadt: 198'000, Basel-Landschaft: 55'000) eine deutliche Reduktion.

2.6.2. Fazit

Der LRV-Grenzwert wird im Jahresmittel nur an verkehrsnahen Standorten nicht eingehalten. Zwar leben deutlich mehr Personen in Gebieten oberhalb des LRV-Grenzwerts, verglichen mit der Exposition gegen Feinstaub PM10. Das Mass der Überschreitung ist jedoch sehr gering und liegt bei einem überwiegenden Teil der Bevölkerung unter 1 µg/m^3. Gleich wie beim PM10 beeinflussen wetterbedingte Phänomene (z. B. Eintrag von Saharastaub, Inversionslagen) die Belastung mit PM2.5.

Für die Komponente Russ zeigen Schweizer Studien, dass der ausgewiesene EKL-Wert von 0.1 µg/m^3 an den gemessenen Standorten nicht eingehalten werden kann. Dies bestätigen Messungen an der A2 Hard bei Muttenz. Zukünftig soll das Messnetz mit Russ-Messungen erweitert werden, um ein repräsentatives Bild der Belastung in der Region Basel zu erhalten.

2.7. Ozon O_3

Bodennahes O_3 wird nicht direkt emittiert, sondern entsteht in der Luft mithilfe von UV-Strahlen des Sonnenlichts aus Stickoxiden (NO_x) und VOC. Bei starker Sonneneinstrahlung und hohen Temperaturen bildet sich aus diesen Vorläuferschadstoffen O_3. Die höchsten O_3-Konzentrationen treten in der Regel in den Nachmittagsstunden von Mai bis September auf. Umgekehrt wird O_3 wieder abgebaut, wenn die Sonneneinstrahlung als Antrieb für den Aufbau fehlt. Die O_3-Konzentration sinkt vor allem an verkehrsreichen Standorten im Lauf der Nacht wieder ab. Dies geschieht durch vom Verkehr emittiertes Stickstoffmonoxid (NO), welches lokal O_3 abbaut und zu NO_2 umgewandelt wird. An Standorten in einiger Entfernung zum Strassenverkehr und in ländlichen Regionen wird, aufgrund fehlendem NO, deutlich weniger O_3 abgebaut. Neben dem geringen Abbau von O_3, kommt es durch den Transport von gebildeten O_3 zusätzlich zur Akkumulation in ländlichen Gebieten.

Untersuchungen 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 erheblichen Teil an O_3 und Ozonvorläufersubstanzen eintragen. Insgesamt hat diese Hintergrundbelastung in der Region Basel weiter zugenommen.

Zur Beurteilung der O_3-Belastung dient ein maximaler Stundenwert von 120 µg/m^3, welcher gemäss LRV nicht mehr als einmal pro Jahr überschritten werden darf. Dieser Stundengrenzwert wird im Sommerhalbjahr häufig und flächendeckend überschritten. Die maximalen Stundenwerte liegen heute zwischen 160 µg/m^3 und 180 µg/m^3.

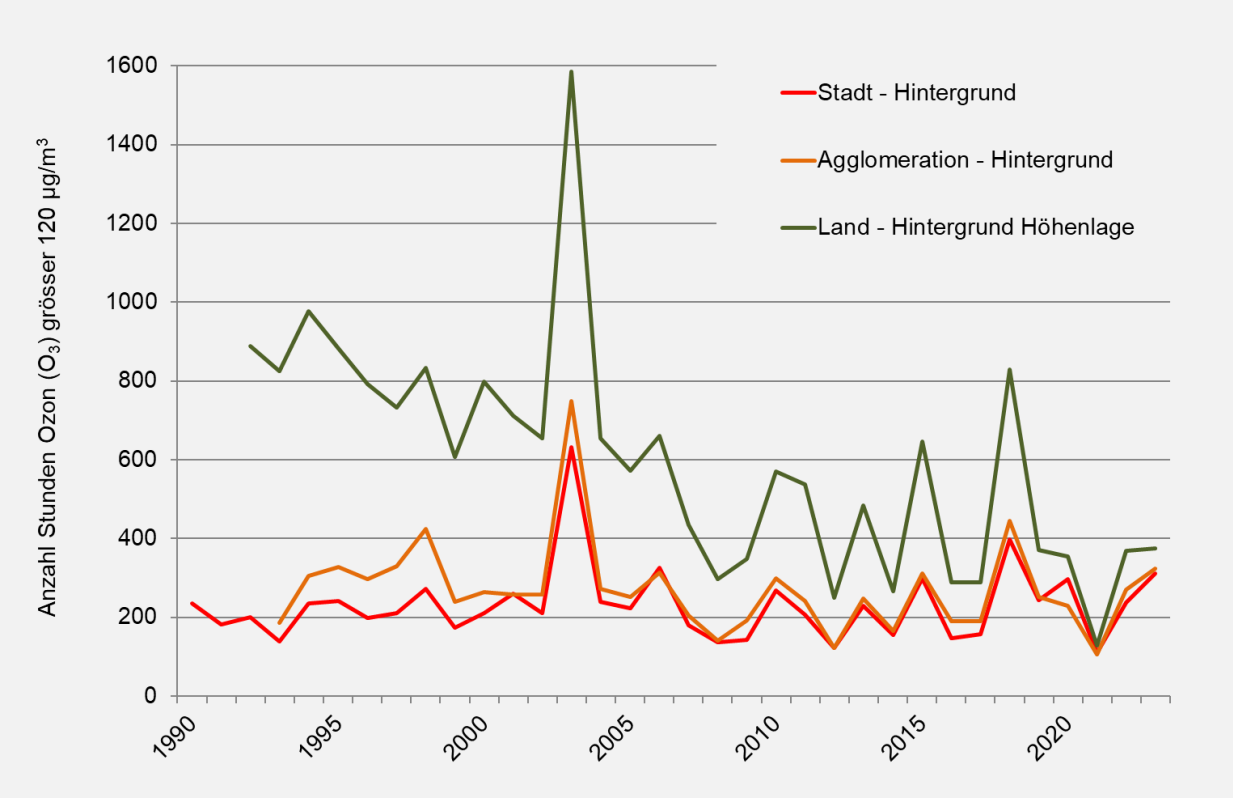


Abb. 16: Entwicklung der Anzahl Grenzwertüberschreitungen O_3 von 1990 bis 2023
Die Abbildung zeigt die Anzahl der Überschreitung des Stundengrenzwerts von 120 µg/m^3, welcher nur einmal pro Jahr überschritten werden darf. Da die O_3-Belastung stark von der Witterung abhängig ist, tritt der Jahrhundertsommer 2003 markant hervor.

Die O_3-Belastung verändert sich von Jahr zu Jahr stark. Bei heisser Witterung im Sommer wird viel O_3 produziert, während eines kühlen und regnerischen Sommers ist die O_3-Belastung geringer. Der Jahrhundertsommer des Jahres 2003 sticht markant hervor, wie auch die Hitzesommer in den Jahren 2015 und 2018.

Die gemessenen Spitzenwerte sind in Abb. 17 als 98. Perzentil dargestellt und gehen seit Messbeginn an allen Standorten zurück. Dennoch wird der O_3-Immissionsgrenzwert der LRV von 100 µg/m^3 nach wie vor überschritten.

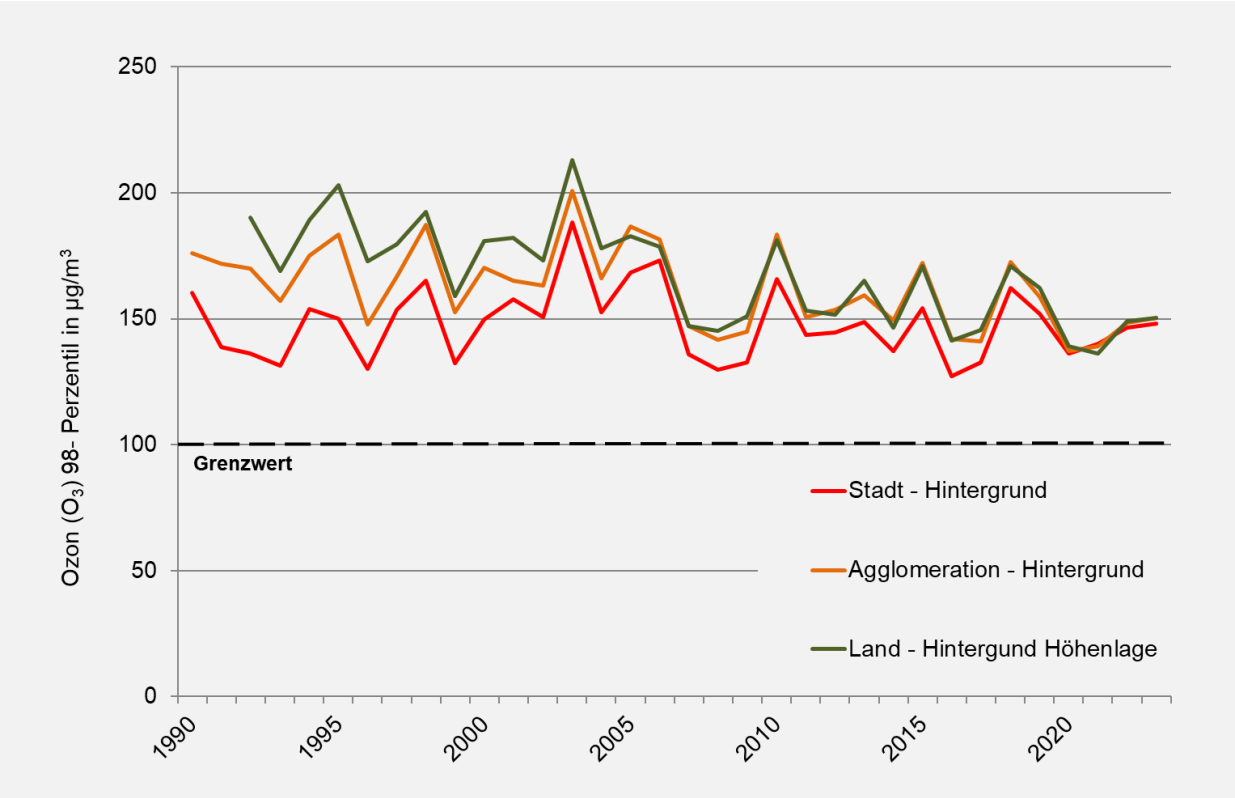


Abb. 17: Entwicklung der höchsten gemessenen O_3-Stundenwerte pro Jahr von 1990 bis 2023
Die Abbildung zeigt das 98. Perzentil der O_3-Halbstundenwerte pro Jahr. Das 98. Perzentil ist eine statistische Grösse und bedeutet, dass 98 % der Messwerte kleiner als oder gleich gross wie dieser Messwert sind. Gemäss der LRV dürfte das jährliche 98. Perzentil nicht höher als 100 µg/m^3 liegen.

Seit Messbeginn (1990) hat die O_3-Belastung, ausgedrückt in Anzahl Stunden über 120 µg/m^3 pro Jahr, im ländlichen Gebiet tendenziell abgenommen. Im Jahr 2005 lag die Anzahl der Stundenüberschreitungen in weiten Teilen der ländlichen Gebiete bei über 400 Stunden und mehr. Wird der Zeitraum der letzten zehn Jahre betrachtet, ist keine Verbesserung mehr zu erkennen (siehe 2010 bis 2015 in Abb. 19 und 2016 bis 2021 in Abb. 20).

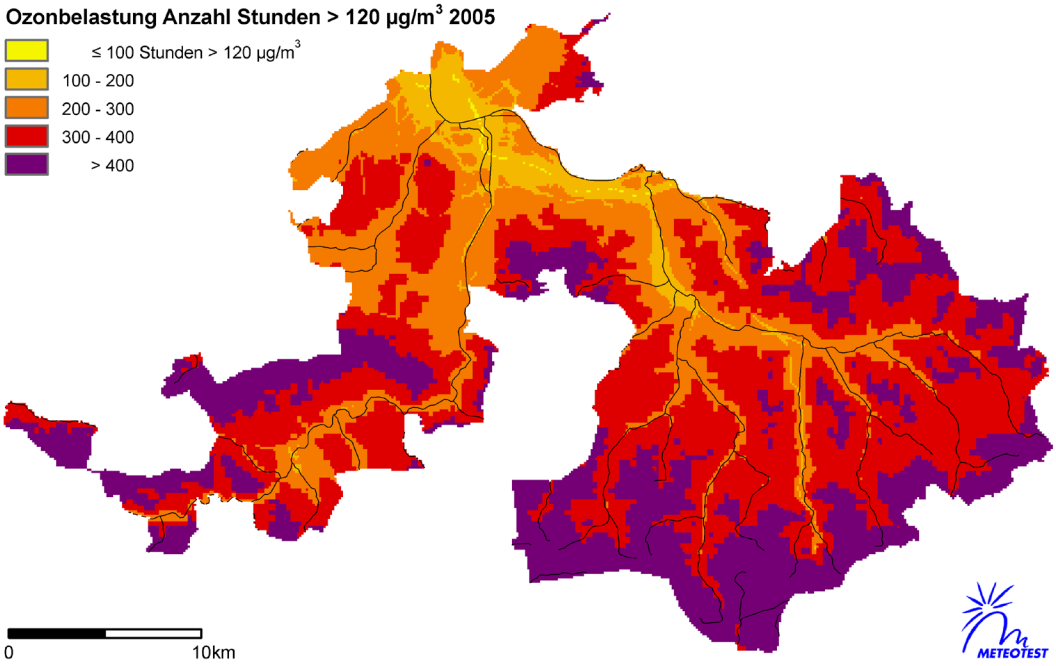


Abb. 18: Anzahl O_3-Grenzwertüberschreitungen Stundengrenzwert von 120 µg/m³ im 2005

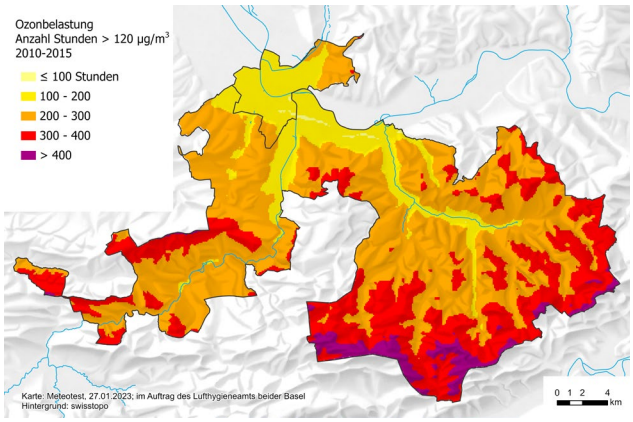


Abb. 19: Anzahl O_3-Grenzwertüberschreitungen Stundengrenzwert von 120 µg/m³ von 2010 bis 2015

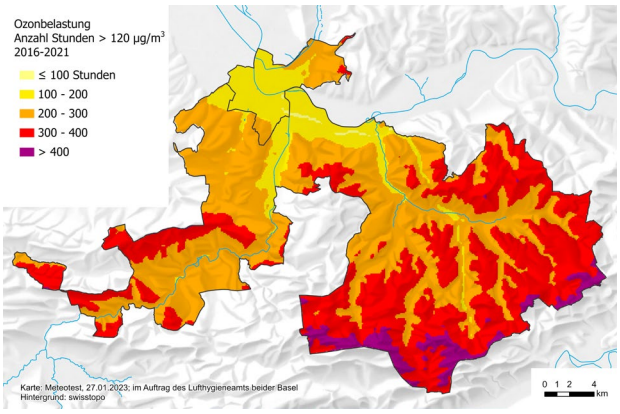


Abb. 20: Anzahl O_3-Grenzwertüberschreitungen Stundengrenzwert von 120 µg/m³ von 2016 und 2021

2.7.1. Ozon und Wald

Als Mass für die O_3-Belastung des Waldes dienen die stündlich kumulierten O_3-Konzentrationen, die über 40 Parts per Billion (englisch: Teile pro Milliarden; ppb; entspricht ca. einer Konzentration von 80 µg/m³) liegen. Zur Berechnung dieses Indexes werden die stündlichen O_3-Konzentrationen zwischen 1. April und 30. September eines Jahres genommen und der Schwellenwert 40 ppb abgezogen. Die resultierenden Werte werden summiert.

Zur Beurteilung werden die im Rahmen des internationalen Forschungsprogramms «ICP Vegetation» (UN-ECE) definierten Critical Levels für die akkumulierten O_3-Dosen AOT40 (accumulated exposure over a threshold of 40 ppb) verwendet. Critical Levels sind Wirkungsschwellen, oberhalb denen nach heutigem Wissen direkte schädliche Auswirkungen auf die Vegetation zu erwarten sind. Für den Wald gilt als Critical Level ein AOT40f (f: forest engl. Wald) von 5 ppm*h.

In den AOT-Karten (Abb. 21 und 22) sind jeweils nur jene Flächen dargestellt, welche eine entsprechende Waldfläche aufweisen. Es ist ersichtlich, dass alle Waldflächen in der Region Basel über dem definierten Cri-

tical Level liegen und sich die Belastungs-Situation im Zeitraum 2016 bis 2021 kaum verbessert hat im Vergleich zu 2010 bis 2015. Einzig im Gebiet des Laufentals hat sich die O_3-Belastung für den Wald in den letzten fünf Jahren leicht reduziert.

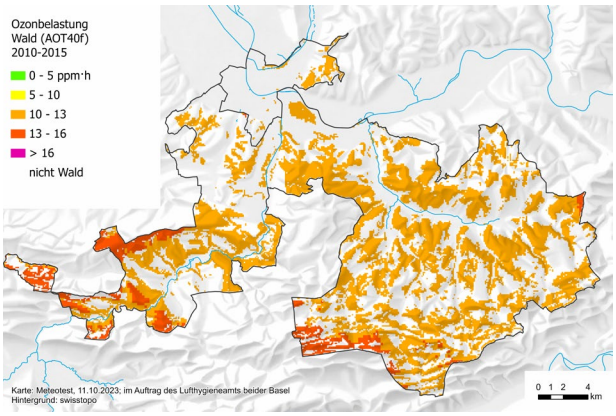


Abb. 21: Ozonbelastung des Waldes von 2010 bis 2015

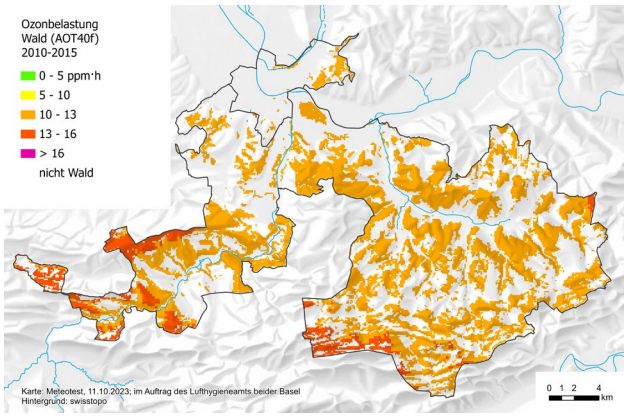


Abb. 22: Ozonbelastung des Waldes von 2016 und 2021

2.7.2. Reduktion der Vorläuferschadstoffe

NO_2 und gewisse flüchtige organische Kohlenwasserstoffe (ozonfördernde VOC; anthropogener und natürlicher Herkunft) begünstigen die Bildung von O_3 und werden auch Vorläuferstoffe genannt. Das bodennahe O_3 wird ständig aus Sonnenlicht gebildet und wieder zerstört. Bei Anwesenheit von NO_2 und ozonfördernden VOC wird das natürliche Gleichgewicht von Bildung und Abbau gestört. Folglich kommt es zu hohen O_3-Konzentrationen.

Die Messungen der Konzentrationen von NO_x und der ozonfördernden VOC an unterschiedlichen Standorten zeigen eine stetige Abnahme (siehe Abb. 23 und 24). Der Summenparameter (Summe der Konzentration von ozonfördernden Einzelstoffen wie beispielsweise Toluol und Xylol) hat insbesondere an verkehrsexponierten Standorten abgenommen, was auf die verschärften Abgasgrenzwerte zurückzuführen ist. NO_x ist die Summe von NO_2 und Stickstoffmonoxid (NO). Beide Stoffe spielen eine wesentliche Rolle bei der Bildung sowie beim Abbau von O_3.

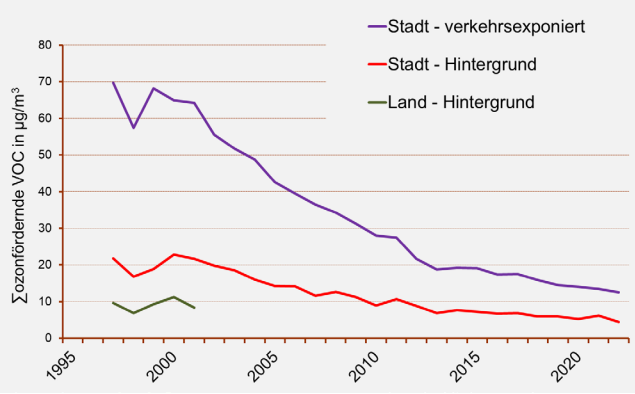


Abb. 23: Entwicklung der ozonfördernden VOC (Summenparameter) von 1990 bis 2022

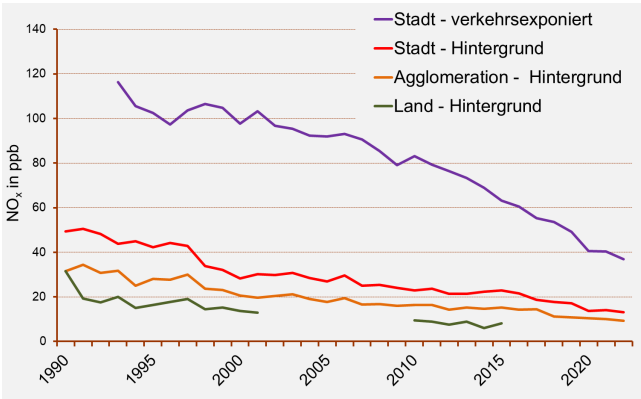


Abb. 24: Entwicklung der NO_x-Jahresmittelwerte von 1990 bis 2022

2.7.3. Fazit

Die bisherigen Massnahmen zur Emissionsreduktion der Vorläufersubstanzen NO_x und ozonfördernde VOC haben zu einer deutlichen Reduktion der O_3-Spitzenwerte im gesamten Gebiet geführt. Die Belastung durch O_3 (Anzahl Stunden über 120 µg/m³) hat sich aber in den letzten zehn Jahren leicht erhöht, trotz der Emissionsreduktion der Vorläufersubstanzen. Dies ist u. a. auf die Minderungsmassnahmen bei den NO_x-Emissionen zurückzuführen, da der verminderte Ozonabbau durch NO_2 zu einem Anstieg der mittelhohen Ozonkonzentrationen führt, was schliesslich bei den Jahresmittelwerten sichtbar wird.

Die Prozesse zur Bildung sowie für den Aufbau von bodennahem O_3 sind komplex, und neben den Vorläufersubstanzen spielen insbesondere die Temperatur und die Sonneneinstrahlung eine wichtige Rolle. Zusätzlich gibt es einen bestimmten Anteil an O_3, der aufgrund der geografischen Lage der Region Basel aus den Nachbarländern und angrenzenden Gebieten eingetragen wird. Dieser Anteil ist schwer zu beeinflussen und muss länderübergreifend geschehen. Als Erfolg zu werten ist die Tatsache, dass dank der Reduktion der Vorläufersubstanzen in der Region Basel keine O_3-Spitzenwerte von über 180 µg/m^3 mehr auftreten.

2.8. Stickstoffdepositionen

Eine grosse Herausforderung für empfindliche Ökosysteme ist der übermässige Stickstoffeintrag, welcher zur Überdüngung und Versauerung von Böden und Gewässern führt. Die Stickstoffeinträge in die Luft haben seit der Industrialisierung und insbesondere durch die Intensivierung der Landwirtschaft stark zugenommen. Die sieben Komponenten, die zur Stickstoffdeposition beitragen sind: NO_x, NH_3 und Salpetersäure (HNO_3) als Gasdeposition sowie die durch Gravitationsdeposition (Regen, Schnee, Staub) abgelagerten Komponenten Nitrat (NO_3^-) und Ammonium (NH_4^+). Während die als Regen, Schnee oder Staub deponierten Komponenten eher aus weiträumigen Verfrachtungen stammen, ist die gasförmige Deposition, insbesondere von NH_3, mehrheitlich auf lokale und regionale Emissionen zurückzuführen.

In der Landwirtschaft wird Stickstoff in Form von Hof-, Recycling- oder Mineraldünger eingesetzt und entweicht mehrheitlich in Form von NH_3 bei der Güllelagerung und Gülleausbringung auf die Felder. NH_3 trägt zu einem grossen Teil zum Stickstoffeintrag in naturnahe Ökosysteme wie Moore, Wälder und artenreiche Trockenwiesen mit negativen Folgen für die Stabilität und den Artenreichtum.

Die Stickstoffeinträge führen neben den Beeinträchtigungen der Ökosysteme auch zu Emissionen des Treibhausgases Lachgas. Über Bodenprozesse wird Lachgas gebildet und emittiert. Dies wird als induzierte indirekte Lachgas-Bildung bezeichnet. Viele Massnahmen zur Verminderung der Ammoniak Emissionen haben auch eine Reduktion von Treibhausgasen zur Folge.

Nitrat wird durch zu hohe Stickstoffeinträge aus dem Boden ins Grundwasser geschwemmt und verringert den Sauerstoffgehalt von Gewässern.

Aus Verkehr, Industrie und Haushalt gelangen ebenfalls grosse Mengen an Stickstoffverbindungen als NO_x, NH_3 und Nitrat in Luft, Boden und Wasser. NO_x und NH_3 werden durch chemische Prozesse in der Atmosphäre umgewandelt. Es entstehen dabei Nitrat- und Ammonium-Partikel, welche auch eine Feinstaubfraktion bilden (sogenannte Sekundärpartikel).

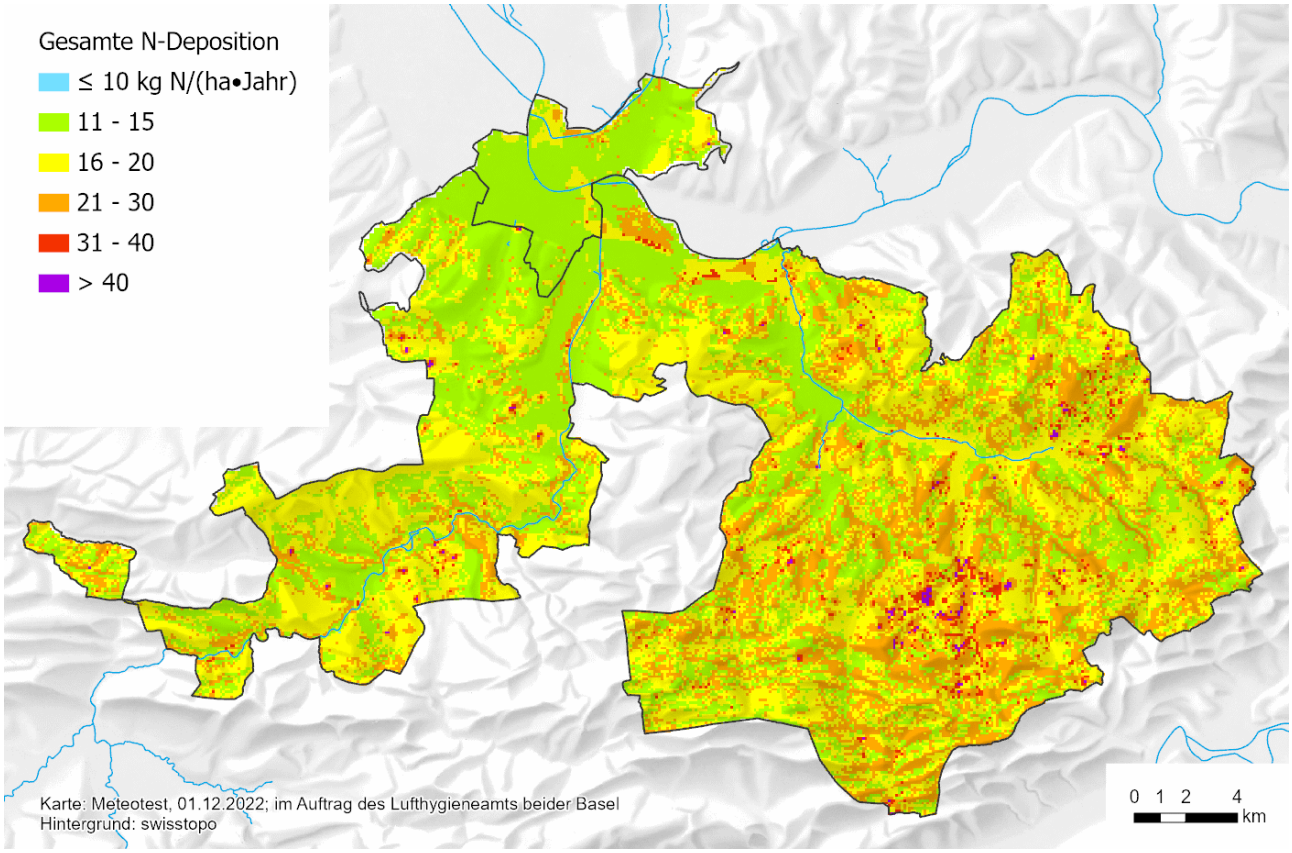


Abb. 25: Karte des Stickstoff-Eintrags im 2020 aus der Luft in kg N/ha/Jahr
Ab einem Stickstoffeintrag von 10 kg N/ha/Jahr (Farbe Grün) wird der Critical Load für Wälder überschritten. Der Critical Load für Trockenwiesen wird ab einem Stickstoffeintrag von 15 kg N/ha/Jahr (Farbe Gelb) erreicht.

Die Beurteilung des Ausmasses der Deposition erfolgt anhand von Stickstoff-Belastungsgrenzen, sogenannten Critical Loads.[5] In der Tab. 7 sind die jeweiligen Schwellenwerte für die in den beiden Basel vorkommenden sensiblen Ökosystemen aufgeführt. Ab einem Stickstoffeintrag von 10 bis 15 Kilogramm Stickstoff pro Hektar und Jahr (kg N/ha/Jahr) wird der Critical Load für Wälder überschritten. Der Critical Load für Trockenwiesen und –weiden (TWW) wird ab einem Stickstoffeintrag von 12 bis 15 kg N/ha/Jahr erreicht.

Empfindliche Ökosysteme	Critical Load Bereich kg N/ha/Jahr
naturnahe Bodenvegetation	3 - 6
Wälder	10 - 15
Trockenwiesen und -weiden (TWW)	12 - 15

Tab. 7: Critical Loads für verschiedene Ökosysteme in den beiden Basel.

Die Stickstoffdeposition in der Region Basel liegt zwischen 9 und rund 50 kg N/ha/Jahr. Im Kanton Basel-Stadt und den Tälern werden 1 bis 15 kg N/ha/Jahr deponiert. In den ländlichen Gebieten sind es mit 5 bis 30 kg N/ha/Jahr deutlich mehr.

2.8.1. NH_3-Konzentration

Für die NH_3-Konzentration in der Luft wurde eine Modellierung durchgeführt. Als Grundlage dienten u. a. die landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Basellandschaft. Die Modellierung zeigt, dass der Critical Level von 3 µg/m^3 für naturnahe Bodenvegetation in Gebieten mit intensiverer Tierhaltung deutlich überschritten wird. Der Critical Level von 1 µg/m^3 für Flechten ist praktisch im ganzen Gebiet überschritten.

[5] Critical Load: Wirkungsschwelle für die Deposition von Luftschadstoffen; kritischer Eintrag eines Schadstoffes, den ein Ökosystem gerade noch verkraften kann.

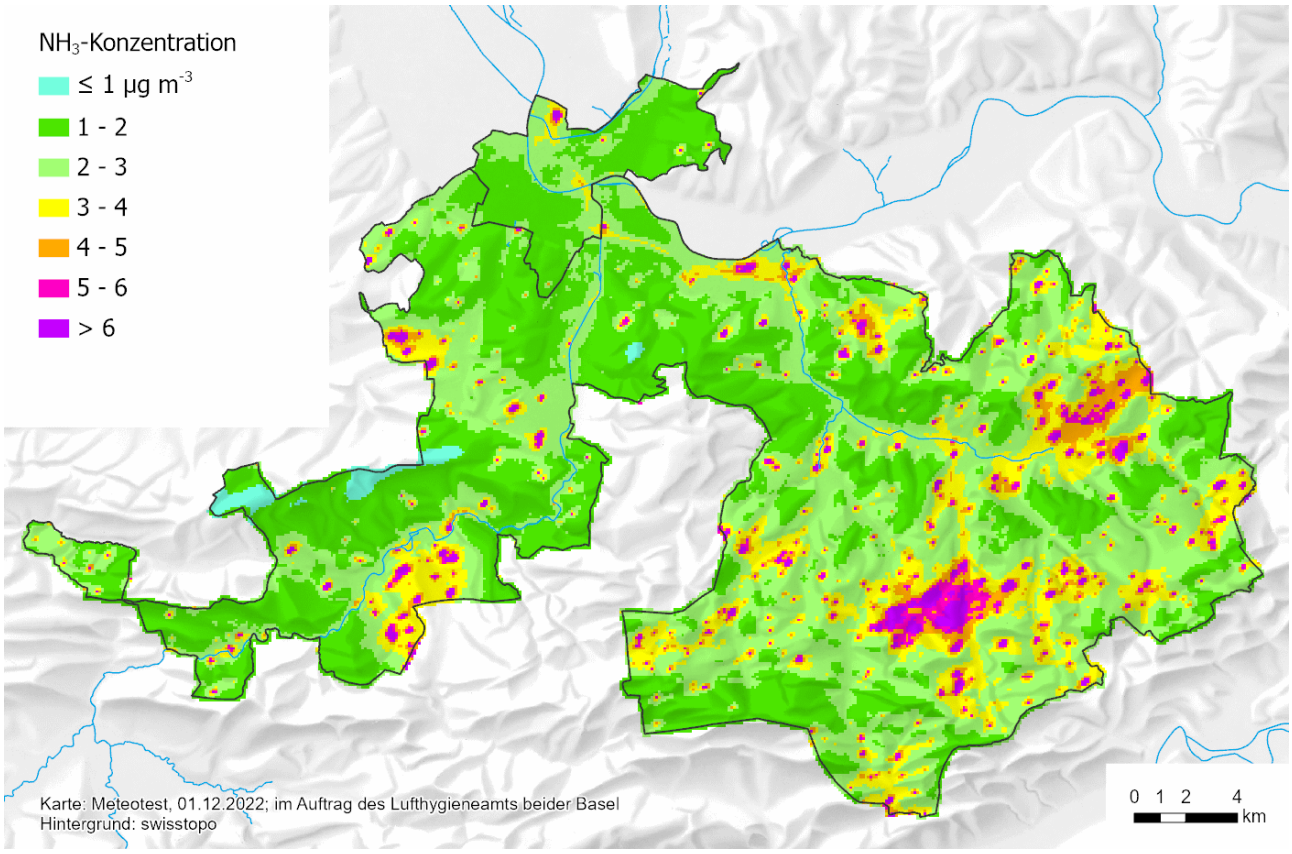


Abb. 26: NH_3-Konzentration im Jahr 2020
Der Critical Level für Ammoniak von 3 µg/m³ für naturnahe Bodenvegetation wird in Gebieten mit intensiverer Tierhaltung überschritten.

2.8.2. Wälder

Die Überschreitung der Critical Loads für Wälder wird in Abb. 27 dargestellt. Die höchsten Stickstoff-Depositionen (> 30 kg N/ha/Jahr) treten in Gebieten mit intensiver Tierhaltung und entlang der Autobahn auf. Der Stickstoff-Eintrag ist im Vergleich zum Jahr 2015 insbesondere in ländlichen Regionen leicht gesunken.

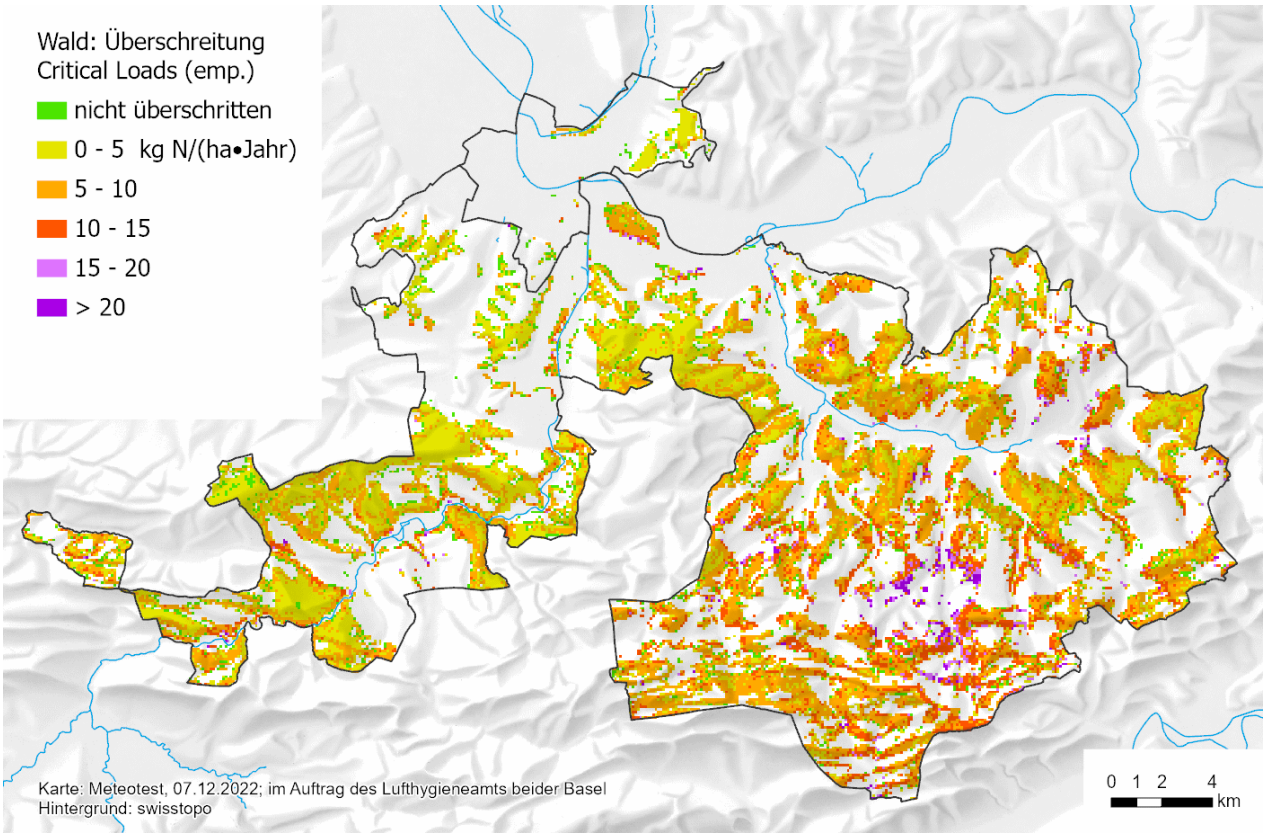


Abb. 27: Überschreitung der Critical Loads im 2020 von 10 kg N /ha/ Jahr für Wald
In der obigen Karte sind die Waldgebiete in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft eingefärbt. Praktisch die gesamte Waldfläche der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft weist einen übermässigen Stickstoffeintrag auf. Die Überschreitung des Critical Load von 10 kg N/ha/Jahr für Wälder liegen im Durchschnitt bei 5 bis15 kg N/ha/Jahr (Farbe orange und rot).

2.8.3. Trockenwiesen und -weiden (TWW)

Die Überschreitung der Critical Loads für Trockenwiesen und -weiden (TWW) wird in Abb. 28 dargestellt. Die Critical Loads sind in 83 % der TWW-Flächen überschritten, jedoch sind die Überschreitungen in 75 % der Fälle relativ gering (0 bis 5 kg N/ha/Jahr).

Im Jahr 2015 wurden die Critical Loads noch auf fast allen TWW-Flächen überschritten.

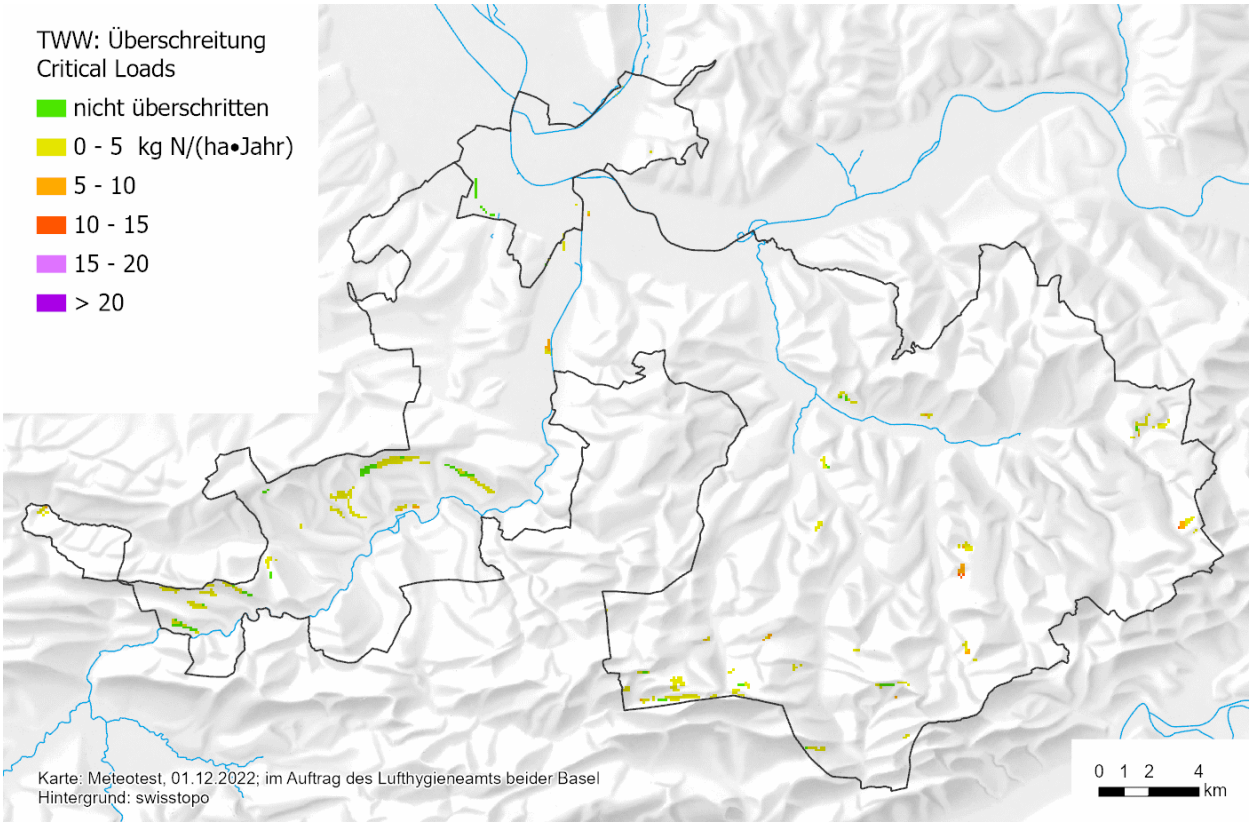


Abb. 28: Überschreitung der Critical Loads im 2020 für TWW

2.8.4. Fazit

Die Stickstoffdeposition in der Region Basel liegt zwischen 9 und rund 50 kg N/ha/Jahr. Die höchste Deposition findet dabei in Gebieten mit intensiver Tierhaltung und entlang der Autobahn statt. Die Critical Loads für Stickstoffeinträge sind in den sensiblen Ökosystemen (Wälder und TWW-Objekte) grossräumig überschritten. Im Vergleich zum Jahr 2015 fand sowohl bei der gesamten Stickstoff-Deposition als auch bei der Überschreitung der Critical Loads eine leichte Abnahme statt.

3. Emissionsentwicklung in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft

Luftschadstoffe entstehen bei der Verbrennung (Brenn- und Treibstoffe, Abfälle usw.), aus der Umwandlung von Luftschadstoffen oder werden durch Verdunsten, Abrieb oder Aufwirbelung freigesetzt. Für die Luftreinhalteplanung ist die Kenntnis der Gesamtemission und der Anteile, welche die verschiedenen Emittenten dazu beitragen, von entscheidender Bedeutung.

Für das Jahr 2020 wurden die Emissionen der flüchtigen organischen Verbindungen (VOC), Stickoxide (NO_x), Feinstaub PM10, Feinstaub PM2.5, Russ und Ammoniak (NH_3) für die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft neu ermittelt. Dazu dienten Messdaten und Emissionsbilanzierungen von Feuerungs- und übrigen industriellen bzw. gewerblichen Anlagen. Die verwendeten Emissionsdaten basieren auf Erhebungen, Messungen und Modellrechnungen auf der Grundlage der Angaben der Betriebe. Bei fehlenden Emissionsdaten wurden die Emissionen anhand von Produktions- und Verbrauchszahlen (z. B. Brennstoffverbrauch, Abfallmengen) sowie Mitarbeiter- und Bevölkerungszahlen auf der Grundlage der Emissionsfaktoren des Emissionsinformationssystems Schweiz (EMIS) des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) berechnet. Diese sind naturgemäss mit zum Teil grossen Unsicherheiten verbunden, was bei der Verwendung der Daten und bei deren Interpretation berücksichtig wurde. Viele Bereiche werden bei Methodenänderungen auch rückwirkend aktualisiert, so dass eine gute Vergleichbarkeit der Vorjahresperioden möglich ist.

Oftmals ist der Strassenverkehr der Hauptemittent und Verursacher von übermässigen Luftbelastungen. Grundlage für die Berechnung der Emissionen des Strassenverkehrs sind Angaben zur Verkehrsbelastung pro Strassenabschnitt und Daten zu spezifischen Emissionen der Fahrzeugflotte im betrachteten Bezugsjahr. Als Datengrundlage steht das Gesamtverkehrsmodell der Region Basel zur Verfügung, das die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft gemeinsam erarbeitet haben. Dieses berücksichtigt neben dem motorisierten Individualverkehr auch den öffentlichen Verkehr.

Wesentliche Datengrundlage zur Ermittlung der Emissionen stellt das Handbuch für Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs in der aktuellen Version 4.2 dar. Die HBEFA-Datenbank 4.2 wurde im Januar 2022 veröffentlicht und enthält pro Fahrzeugkategorie sowie Verkehrssituation spezifische Emissionsfaktoren für verschiedene Abgaskomponenten. Für PM10 und PM2,5 werden im HBEFA 4.2 sowohl Abgas-Emissionsfaktoren als auch Emissionsfaktoren für nicht-abgasbezogene Partikelemissionen ausgewiesen. Dies sind zum einen die PM10-Feinstaub-Emssionen aus Aufwirbelung und Abrieb und zum anderen die PM2.5 Emissionen nur durch Abriebe (Bremsen-, Reifen- und Strassenabrieb). Die nicht-abgasbezogene Emissionsfaktoren haben eine deutlich höhere Unsicherheit als die Abgas-Emissionsfaktoren. Für den Schienenverkehr (inkl. Tramverkehr) wurden ebenfalls die Feinstaub-Emissionen des Oberleitungs-, Brems- und Rad/Schienen-Abriebs berücksichtigt.

3.1. Stickoxide NO_x

Stickstoffoxid (kurz Stickoxid) ist eine Sammelbezeichnung für verschiedene gasförmige Verbindungen, die aus den Atomen Stickstoff (N) und Sauerstoff (O) aufgebaut sind. Die beiden wichtigsten Verbindungen sind Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO_2), welche als NO_x zusammengefasst werden.

3.1.1. Emissionsentwicklung

Seit 1990 konnten die NO_x-Emissionen von rund 8'000 auf 2'600 Tonnen reduziert werden (Abb. 36). Die Emissionen von NO_x im Jahr 2020 verteilen sich zu zwei Dritteln auf den Kanton Basel-Landschaft und zu einem Drittel auf den Kanton Basel-Stadt.

Hauptquelle der NO_x-Emissionen ist der Strassenverkehr mit 58% Anteil an den Gesamtemissionen (Abb. 35). Die Feuerungen sind für rund 22% der Emissionen verantwortlich. Im Rahmen des Klimaschutzes werden Öl- und Gasfeuerungen durch Sonnenkollektoren, Wärmepumpen und Holzfeuerungen ersetzt. Wegen der deutlich höheren NO_x-Emissionen von Holzfeuerungen, sind die Emissionen aus dem Feuerungsbereich in den letzten Jahren weniger deutlich gesunken. Der Anteil der Holzfeuerungen an den NO_x-Emissionen aus Feuerungen beträgt rund 25 %.

Der Offroad-Sektor ist für 11 % der Emissionen verantwortlich. Der Offroad-Sektor umfasst alle mit einem Verbrennungsmotor ausgerüsteten mobilen Maschinen und Geräte, z. B. Baumaschinen und Traktoren sowie die Rheinschifffahrt. Die übrigen Quellen, zu denen die Landwirtschaft zählt, tragen 8 % zur Belastung bei.

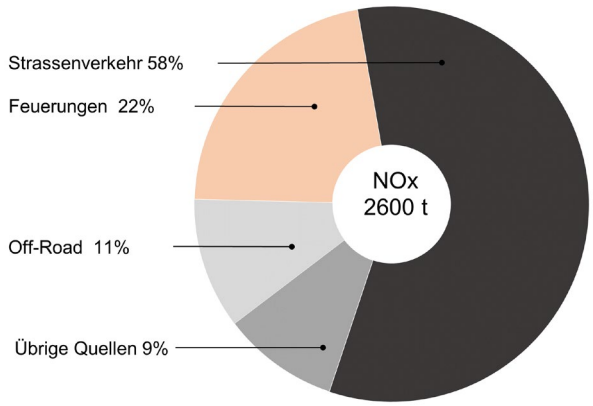


Abb. 29: NO_x-Emissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2020 in %.

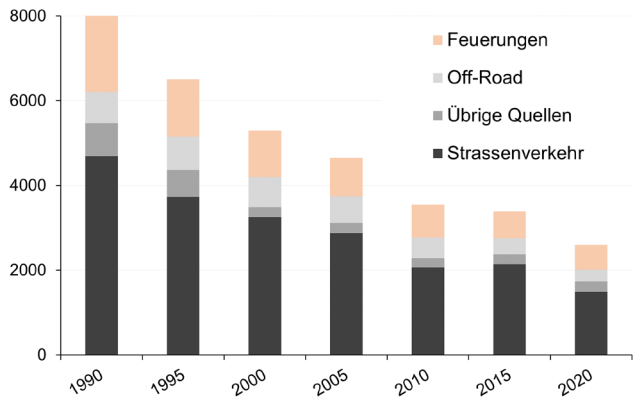


Abb. 30: Verlauf NO_x-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020

3.1.2. Fazit

Die Hauptquelle der NO_x-Emissionen ist der Strassenverkehr. Deshalb werden die NO_2-Jahresmittelwerte der LRV hauptsächlich noch an den verkehrsbelasteten städtisch geprägten Standorten überschritten. Durch die Erneuerung der Fahrzeugflotte und insbesondere der fortschreitenden Elektrifizierung ist in den nächsten Jahren mit einer deutlichen Reduktion der NO_x-Emissionen zu rechnen. Die Anteile der NO_x-Emissionen aus Holzfeuerungsanlagen nehmen hingegen weiterhin zu.

3.2. Feinstaub PM10

Als PM10 werden Feinstaubpartikel bezeichnet, deren Durchmesser weniger als 10 Tausendstel-Millimeter beträgt. Das in der Luft gemessene PM10 ist ein komplexes Gemisch und besteht aus:

- Primären Partikeln, die direkt durch Verbrennungsprozesse ausgestossen werden (z. B. Dieselmotoren, Holzfeuerungen), durch mechanischen Abrieb von Reifen, Bremsen, Strassenbelag und Aufwirbelung entstehen oder aus natürlichen Quellen stammen;
- Sekundären Partikeln, welche sich erst in der Luft aus gasförmigen Vorläuferschadstoffen (SO_2, NO_2, NH_3, VOC) bilden.

Bei der Erhebung der PM10-Emissionen werden nur die primären Partikel berücksichtigt, welche direkt aus einer Quelle ausgestossen werden.

3.2.1. Emissionsentwicklung

Die Emissionen von primärem Feinstaub PM10 betrugen in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2020 rund 410 Tonnen. Hauptemittenten sind der Strassenverkehr zu 33 %, der Off-Road-Bereich (z. B. Baumaschinen, Traktoren, Schienenverkehr) mit 29 % sowie die Holzfeuerungen mit 19 %. Beim Strassenverkehr handelt es sich um Feinstaubpartikel, welche durch Abrieb und Aufwirbelung erzeugt werden.

Im Bereich Off-Road sind die Baustellen mit Emissionen aus Staubaufwirbelung mit einem Anteil von rund 50% die grössten Verursacher. In diese Quellengruppe gehören auch die Abriebemissionen aus dem Schienenverkehr, welche rund 14 % der PM10-Emissionen verursachen.

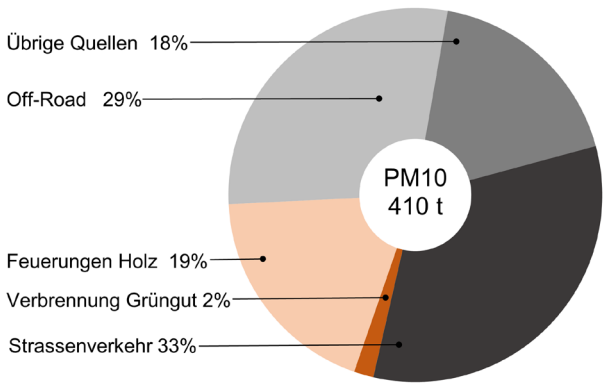


Abb. 31: PM10-Emissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2015 in %

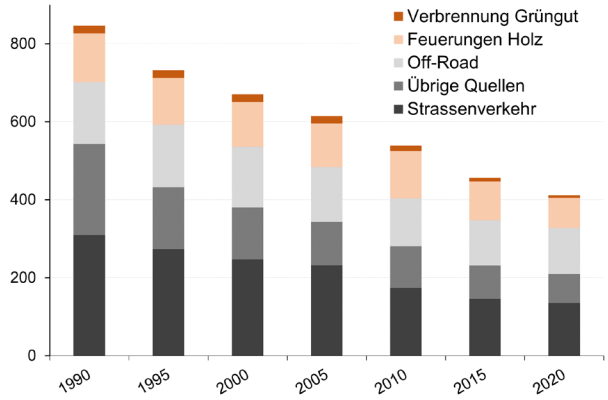


Abb. 32: Verlauf PM10-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020

Weitere Emissionen entstehen bei der Verbrennung von Grüngut. Der grösste Anteil stammt dabei aus der Landwirtschaft (u. a. Obstbaumschnitt). 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 von rund 790 auf 410 Tonnen zurückgegangen (siehe Abb. 38). Diese Reduktion ist hauptsächlich auf die Verschärfung der Abgasgrenzwerte von Motorfahrzeugen und die Partikelfilterpflicht bei Baumaschinen zurückzuführen.

3.2.2. 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 wahrscheinlich aufgrund der allgemeinen Verkehrszunahme erhöhen. Auch bei den Emissionen aus den Holzfeuerungsanlagen ist mit einer Zunahme zu rechnen, dies aufgrund der vermehrten Nutzung von Holz als klimaneutraler Brennstoff.

3.3. 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.

Bei der Erhebung der PM10-Emissionen werden nur die primären Partikel berücksichtigt, welche direkt aus einer Quelle ausgestossen werden.

3.3.1. Emissionsentwicklung

Die Emissionsanteile sind ähnlich verteilt wie beim PM10. Aufgrund der Partikelgrösse fallen die Emissionen aus Aufwirbelung nicht ins Gewicht. Die Emissionen von Feinstaub PM2.5 betrugen in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2020 rund 170 Tonnen.

Je ein Drittel der PM2.5-Emissionen stammt aus Holzfeuerungen und dem Strassenverkehr. Beim Strassenverkehr handelt es sich um Feinstaubpartikel, welche hauptsächlich durch Abrieb (z. B. Bremsen) erzeugt werden. Im Bereich übrige Quellen sind es hauptsächlich die Abriebemissionen aus dem Schienenverkehr, welche rund 13 % der PM2.5-Emissionen verursachen, sowie den Emissionen aus der Landwirtschaft (3 %), aus industriellen und gewerblichen Prozessen (3 %), aus der Abfallentsorgung (2%) sowie aus dem Tabakwarenkonsum (9 %). Weitere Emissionen entstehen, wie beim PM10, bei der Verbrennung von Grüngut (u. a. Obstbaumschnitt).

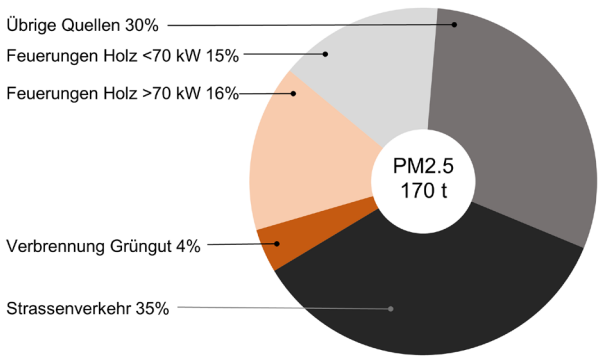


Abb. 33: PM2.5-Emissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2020 in %

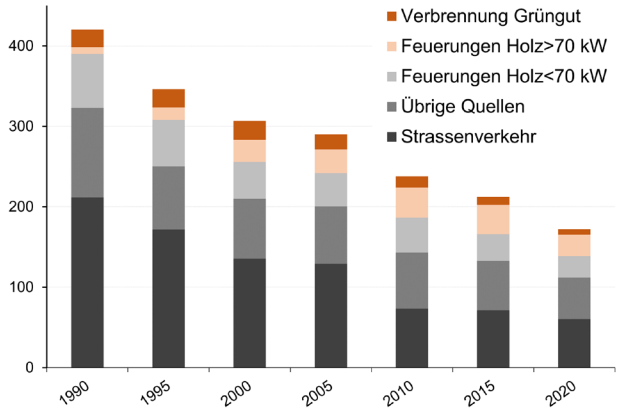


Abb. 34: Verlauf PM2.5-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020

Die PM2.5-Emissionen sind seit 1990 von rund 420 Tonnen auf 170 Tonnen zurückgegangen. Diese Reduktion ist hauptsächlich auf die Verschärfung der Abgasgrenzwerte von Motorfahrzeugen sowie die Partikelfilterpflicht bei Baumaschinen und der Installation von Filtern bei Holzfeuerungen zurückzuführen.

3.3.2. Fazit

Tendenziell ist bei allen Emissionsquellen eine Abnahme festzustellen. Insbesondere durch technische Massnahmen (z. B. Partikelfilter bei Motoren, Filter bei Holzfeuerungen) konnten die Emissionen im Strassenverkehr, im Off-Road Bereich sowie bei den Holzfeuerungen reduziert werden. Die Grenzwertverschärfungen in der LRV bei Holzfeuerungsanlagen grösser 70 kW Feuerungswärmeleistung haben zu dieser Abnahme beigetragen.

3.4. 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 PM2.5 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 2020 rund 30 Tonnen.

3.4.1. Emissionsentwicklung

Die Russ-Emissionen sind seit 1990 von rund 175 auf rund 30 Tonnen zurückgegangen. Diese Reduktion ist hauptsächlich auf die Verschärfung der Abgasgrenzwerte von Motorfahrzeugen sowie die Partikelfilterpflicht bei Baumaschinen und der Installation von Filtern bei Holzfeuerungen zurückzuführen. Bei den kleinen Holzfeuerungen mit einer Leistung < 70 kW hat ebenfalls eine Verbesserung stattgefunden. Mit der Einführung der Holzfeuerungskontrolle auch bei Kleinfeuerungen ist in den nächsten Jahren mit einer Verbesserung zu rechnen.

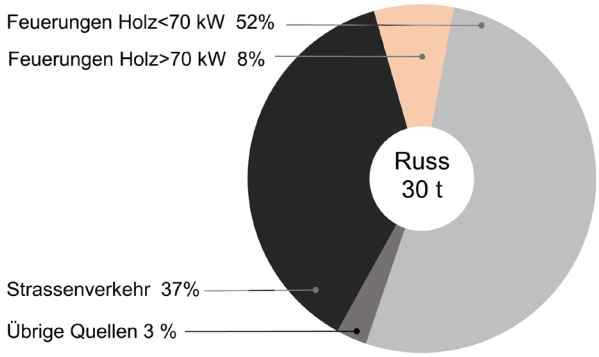


Abb. 35: Russ-Emissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2020 in %

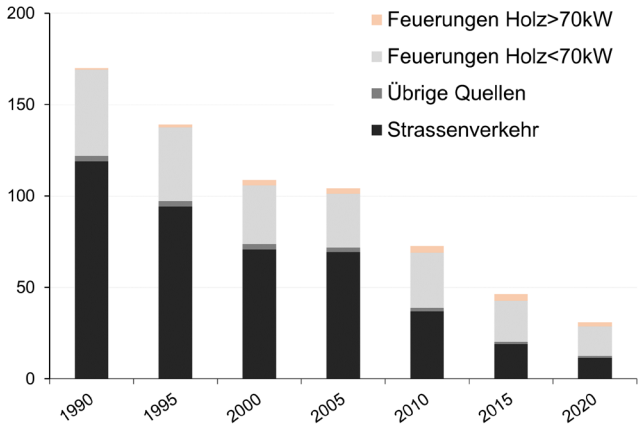


Abb. 36: Verlauf Russ-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020

3.4.2. Fazit

Die Emissionen im Strassenverkehr konnten dank der Verwendung von Partikelfilter, welche die Dieselrusspartikel herausfiltern, deutlich reduziert werden. Auch bei den Holzfeuerungsanlagen > 70 kW Feuerungswärmeleistung hat die Installation von Filtern zu einer deutlichen Abnahme geführt.

Für Russ gibt es in der LRV keine Immissionsgrenzwerte. Für krebserregende Substanzen gilt gemäss LRV jedoch ein Minimierungsgebot. Es müssen entsprechend zwingend Massnahmen bei den betroffenen Quellen nach dem Stand der Technik umgesetzt werden. Neue Anlagen sind entsprechend mit geeigneten Russfiltern zu versehen.

3.5. Flüchtige organische Stoffe VOC

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.

Neben diesen anthropogenen Quellen gibt es ebenfalls signifikante natürliche Quellen. Dabei dominieren die von vielen Pflanzen emittierten Terpene, welche für die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft rund 800 Tonnen betragen.

Die VOC-Lenkungsabgabe schafft einen finanziellen Anreiz, VOC-haltige Produkte sparsam zu verwenden. Die Lenkungsabgabe auf VOC wird in der Verordnung über die Lenkungsabgabe auf flüchtigen organischen Verbindungen vom 12. November 1997 (VOCV, SR 814.018) geregelt und seit 1. Januar 2000 erhoben. Der Abgabesatz beträgt aktuell 3 Franken pro kg VOC.

3.5.1. Emissionsentwicklung

Die anthropogenen VOC-Emissionen in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft betragen im Jahr 2020 rund 2'700 Tonnen. Die Hauptquelle der VOC ist die Verwendung von Lösemitteln und lösemittelhaltigen Produkten in Industrie und Gewerbe mit einem Anteil von rund 40 %. Der Anteil des Strassenverkehrs und anderer mobiler Quellen (Off-Road) beträgt 17 %. Die Verwendung von Lösemittel im Gesundheitswesen ist für rund 15 % der VOC-Emissionen verantwortlich. Diese Produkte kommen zur Desinfektion und Reinigung von medizinisch-chirurgischen Geräten oder in Räumen (Operationsbereich, Patientenzimmer u.s.w.) zur Anwendung, um vorhandene Mikroorganismen zu minimieren bzw. abzutöten.

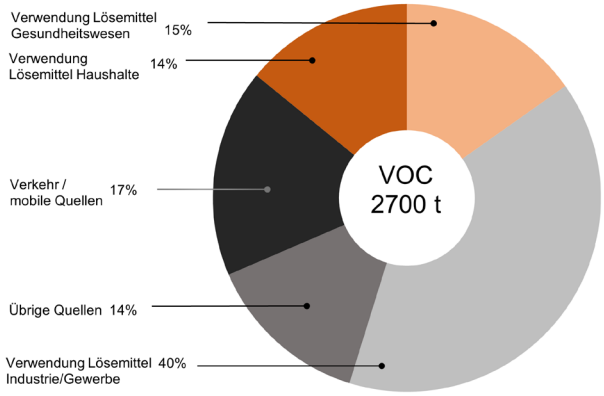


Abb. 37: VOC-Emissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2020

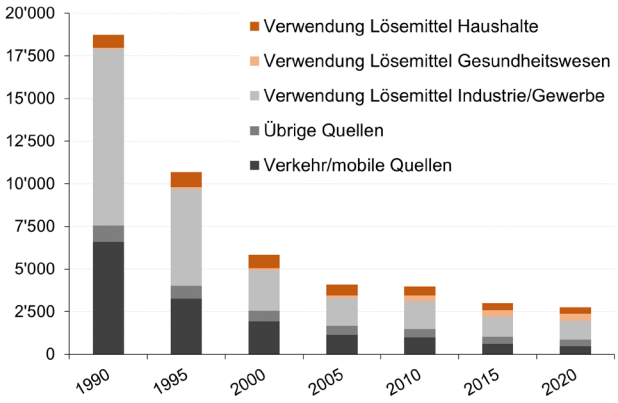


Abb. 38: Verlauf VOC-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020

Die direkten VOC-Emissionen konnten gegenüber 1990 bis heute um rund 90 % reduziert werden (Abb. 38). 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 80 % reduziert und werden auch in Zukunft weiter abnehmen. Die Emissionen aus dem Gesundheitswesen haben entgegen dem allgemeinen Trend zugenommen, was mit dem erhöhten Einsatz von Desinfektionsmittel zusammenhängt. Bei den Haushaltprodukten ist eine leichte Abnahme feststellbar.

3.5.2. Verwendung von Lösemitteln

Rund 40 % der VOC-Emissionen wurden im Jahr 2020 bei der Verwendung von Lösemitteln oder lösungsmittelhaltigen Produkten in den Bereichen Industrie und Gewerbe emittiert.

Im Bereich Industrie und Gewerbe stammen 42 % der Emissionen aus der Farbenanwendung (Abb. 39). Der Anteil der Chemieproduktion/Forschung beträgt 17 %. Der Anteil der VOC-Emissionen aus der chemischen Industrie und der Forschung an den gesamten Emissionen hat sich während der 90er Jahren markant verringert (Abb. 40). Dies ist u. a. eine Folge der Einführung der Lenkungsabgabe auf VOC sowie der Umsetzung der LRP Massnahme IG3 „Verminderung der VOC-Emissionen nach dem Stand der Technik". Zwar beträgt der Anteil bei den Farbanwendungen rund 40 %. Es werden aber immer häufiger VOC-freie Produkte verwendet. Auch hier zeigt sich eine deutliche Reduktion der Emissionen, welche sich auch in den nächsten Jahren fortsetzen wird.

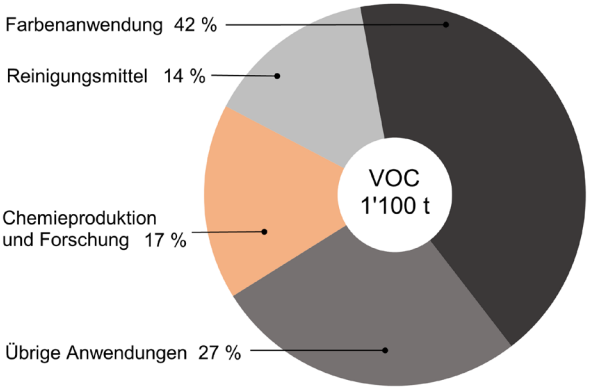


Abb. 39: VOC-Anteile der wichtigsten Anwendungsbereiche in Industrie und Gewerbe in %

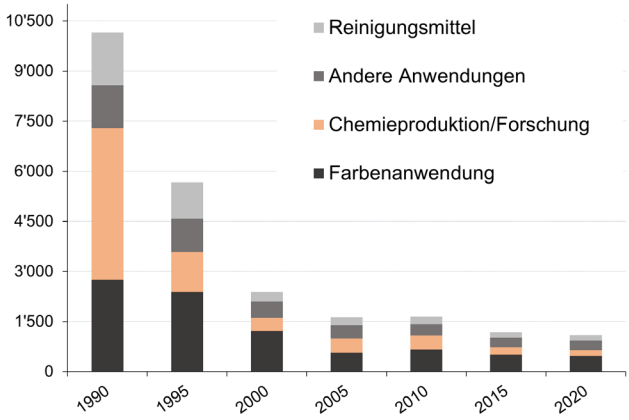


Abb. 40: VOC-Emissionen Industrie und Gewerbe in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020

3.5.3. Fazit

Durch die umgesetzten Massnahmen, insbesondere im Bereich Industrie und Gewerbe sowie im Strassenverkehr, ist es gelungen, die VOC-Emissionen in der Region Basel deutlich zu reduzieren. Die Emissionen aus dem Gesundheitswesen nehmen entgegen dem allgemeinen Trend hingegen zu, was auf dem Einsatz von Desinfektionsmittel zurückzuführen ist.

3.6. Ammoniak NH_3

Ammoniak (NH_3) entsteht hauptsächlich bei der Nutztierhaltung in der Landwirtschaft und beim Lagern und Ausbringen von Hofdünger.

3.6.1. Emissionsentwicklung

Die Berechnungen der Luftschadstoffemissionen aus der Landwirtschaft wurden von der Hochschule für Agrar-, Forst- und Lebensmittelwissenschaften HAFL mit Hilfe des Modells «Agrammon» (www.agrammon.ch) durchgeführt. Ausgehend von der in den Exkrementen der Nutztiere enthaltenen Stickstoffmenge bildet das Modell den Stickstoffffluss über die Emissionsstufen Tierhaltung (Weide, Stall/Laufhof), Hofdüngerlager (flüssig und fest) sowie Hofdüngerausbringung (flüssig und fest) ab. Die Emissionen beim Einsatz von mineralischen Stickstoffdüngern und Recyclingdüngern im Pflanzenbau sowie jene der landwirtschaftlichen Nutzfläche werden ebenfalls berücksichtigt.

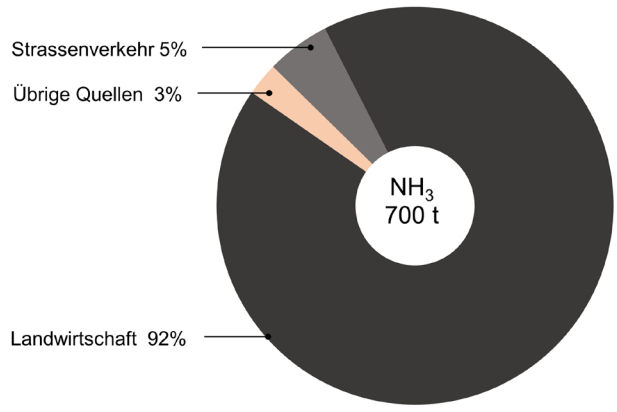


Abb. 41: NH_3-Emissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2020 in %

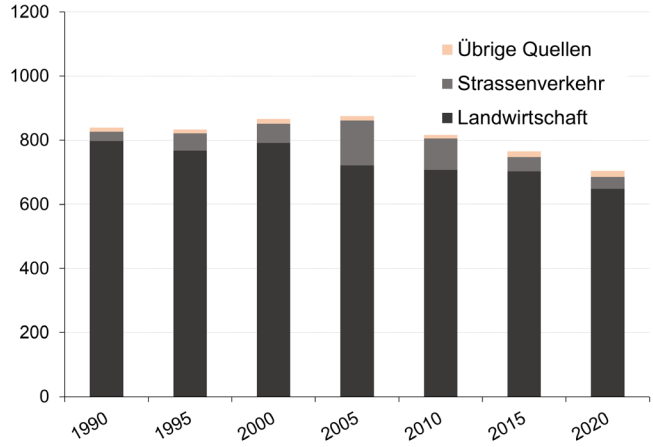


Abb. 42: Verlauf der NH_3-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020

Die NH_3-Emissionen betragen in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2020 rund 700 Tonnen. Diese stammen zum überwiegenden Teil aus der Landwirtschaft (Abb. 47) und ein kleiner Teil aus dem Strassenverkehr. Die übrigen Emissionen stammen aus Kehrichtdeponien und Kläranlagen. Die Tierproduktion ist mit 89 % mit Abstand die wichtigste Quellengruppe mit dem grössten Minderungspotenzial.

Trotz höherer Anzahl Tiere konnten mit baulichen und technischen Massnahmen die Ammoniakemissionen in den letzten fünf Jahren 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.

3.6.2. Fazit

Die NH_3-Emissionen haben in den letzten 30 Jahren wenig abgenommen. Die Landwirtschaft verursachte im Jahr 2020 mit einem Anteil von 95 % die höchsten NH_3-Emissionen. Die Faktoren, die zu einer Emissionszunahme bzw. -abnahme in der Landwirtschaft führen, haben sich weitestgehend gegenseitig aufgehoben. Nur durch geeignete Massnahmen beim Bau der Stallsysteme sowie bei der Hofdüngerlagerung und der Ausbringung der Gülle können die NH_3-Emissionen gesenkt werden.

4. Auswirkungen der Luftverschmutzung

Luft ist allgegenwärtig. Wir nehmen Luft ständig zu uns, und mit ihr auch die darin enthaltenen Schadstoffe. Luftschadstoffe haben negative Auswirkungen, sowohl auf unsere Gesundheit als auch auf die Ökosysteme, und somit auf unsere Lebensgrundlagen. Einige der Luftschadstoffe wirken zudem als Treibhausgase und beschleunigen den Klimawandel. Massnahmen zur Luftreinhaltung leisten somit einen wichtigen Beitrag für unsere Gesundheit, zum Schutz empfindlicher Ökosysteme und für den Klimaschutz.

Tab. 11 gibt einen Überblick zu den wichtigsten Luftschadstoffen in der Aussenluft und ihre Auswirkungen auf unsere Gesundheit, auf Ökosysteme und auf das Klima. In Realität gibt es zusätzlich immer Wechselwirkungen zwischen den verschiedenen Luftschadstoffen. Dadurch können Auswirkungen einzelner Schadstoffe verstärkt, oder weitere Auswirkungen hervorrufen werden. Weitere Hintergründe zu den Auswirkungen auf die Gesundheit, Ökosysteme und das Klima werden in den nachfolgenden Abschnitten beschrieben:

Schadstoff	Menschliche Gesundheit		Ökosysteme	Klima
	Kurzfristige Folgen	Langfristige Folgen		
Stickstoffdioxid (NO_2)	Vermehrte Notfälle wegen Asthma Erhöhte Sterblichkeit wegen Atemwegserkrankungen	Wahrscheinliche Beeinträchtigung der Atemwege, z. B. durch Begünstigung von Asthma und chronischer Bronchitis	Überdüngung und Versauerung von Böden und Gewässern durch übermässigen Stickstoffeintrag	
Schwebestaub (PM10, PM2.5) und Russ	Vermehrte Notfälle wegen Herz-/Kreislaufkrankheiten Erhöhte Sterblichkeit wegen Herz-/Kreislauferkrankungen	Erhöhte Sterblichkeit wegen Herz-/Kreislauferkrankungen, Atemwegserkrankungen und Lungenkrebs		Russ: kurzlebig klimawirksamer Schadstoff (erwärmend)
Ozon (O_3)	Vermehrte Notfälle wegen Atemwegserkrankungen, Asthma und COPD	Wahrscheinliche Beeinträchtigung der Atemwege, z. B. durch Begünstigung von Asthma und vermehrten Symptomen bei Allergikern	Verringertes Pflanzenwachstum durch Schäden an Blättern und Nadeln	Kurzlebig klimawirksamer Schadstoff (erwärmend)
Ammoniak (NH_3) und weitere Stickoxide (NO_x)			Überdüngung und Versauerung von Böden und Gewässern durch übermässigen Stickstoffeintrag	

Tab. 8: Überblick zu den wichtigsten Luftschadstoffen in der Aussenluft und ihre Auswirkungen auf unsere Gesundheit, auf Ökosysteme und auf das Klima [6] [7] [8]

[6] Swiss TPH (2022): https://www.swisstph.ch/de/projects/ludok/healtheffects/
[7] IPCC (2023): https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/faqs/IPCC_AR6_WGI_FAQ_Chapter_06.pdf
[8] BAFU (2023): https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/fachinformationen/auswirkungen-der-luftverschmutzung/auswirkungen-der-luftverschmutzung-auf-die-oekosysteme.html

4.1. Auswirkungen auf die Gesundheit

Luftverschmutzung ist eine nachweisliche Ursache für Krankheiten und vorzeitige Todesfälle. Luftschadstoffe wie Feinstaub, Russ, Ozon und Stickstoffdioxide sind besonders gesundheitsschädlich und führen zu Atemwegs- und Herz-Kreislauferkrankungen, sowie zu weiteren vermuteten negativen Gesundheitseffekten. Die gesundheitlichen Auswirkungen von Luftschadstoffen sind relevant. Für eine Einzelperson mag das Risiko für gesundheitliche Notfälle und eine erhöhte Sterblichkeit aufgrund der Luftverschmutzung im Vergleich zu lebensstilbezogenen Risikofaktoren wie dem Rauchen geringer sein. In Bezug auf die gesamte Bevölkerung sind aber die gesundheitsbezogenen Risiken durch Luftverschmutzung bedeutend, da (im Gegensatz zum Rauchen) die gesamte Bevölkerung von der Schadstoffbelastung betroffen ist und sich das Individuum auch nur bedingt aktiv davor schützen kann.

Kurzfristige Folgen der Luftverschmutzung sind gut untersucht und bekannt. Sie stehen in direktem Zusammenhang zu erhöhten Stunden- bzw. Tageswerten von Luftschadstoffen. Entsprechende Gesundheitsfolgen reichen von vermehrten Asthmasymptomen in der Bevölkerung bis hin zu vermehrten Spitaleintritten und Todesfällen wegen Herz-Kreislauf- und Atemwegserkrankungen. Weitaus bedeutender für die Gesamtbevölkerung sind jedoch die langfristigen Folgen der Luftverschmutzung. Dazu gehören beispielsweise verschiedene nichtübertragbare Krankheiten wie Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Diabetes, Lungenkrebs und chronische Atemwegserkrankungen. Entsprechende Erkrankungen können bereits durch sehr niedrige Schadstoffbelastungen über einen längeren Zeitraum begünstigt oder verursacht werden. Die immer auftretenden Mixeffekte verschiedener Luftschadstoffe können das Risiko für eine Erkrankung weiter erhöhen. Langandauernde und wiederholte Schadstoffbelastungen sind somit für die Gesundheit bedeutender als kurzfristige Spitzen in der Schadstoffbelastung. Einen vertieften Einblick in die vielfältigen kurzfristigen und langfristigen Effekte der verschiedenen Luftschadstoffe auf unsere Gesundheit ermöglicht eine interaktive webbasierte Infografik des Schweizerischen Tropen- und Public Health-Institute (SwissTPH).[9]

Nicht alle Menschen reagieren gleich auf Luftschadstoffe. Gerade Kinder, ältere Personen und Personen mit einer Vorerkrankung der Atemwege oder des Herz-Kreislaufsystems gehören hier zu den besonders anfälligen Gruppen. Denn neben den Schadstoffkonzentrationen und der generellen Schädlichkeit verschiedener Luftschadstoffe spielt auch die persönliche Krankheitsgeschichte und Empfindlichkeit einer Person eine grosse Rolle für das Mass der negativen Gesundheitswirkungen von Luftschadstoffen. Je anfälliger eine Person, desto grösser das Risiko, von negativen gesundheitlichen Folgen durch Luftschadstoffe betroffen zu sein. Anfällige Personen brauchen deshalb besonderen Schutz, d. h. möglichst geringe Schadstoffkonzentrationen in der Luft.

Insbesondere wegen den besonders anfälligen Gruppen sind Gesundheitsschäden in der Bevölkerung auch unterhalb der aktuell gültigen Luftschadstoff-Grenzwerte in der Schweiz möglich und zu erwarten. Dies wird auch durch die neuen Leitlinien für die Belastung durch Luftschadstoffe der Weltgesundheitsorganisation (WHO) verdeutlicht.[10] Aufgrund neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse schlagen die Leitlinien deutlich tiefere Richtwerte für die wichtigsten Luftschadstoffe vor als bisher. Dadurch sollen auch die negativen Gesundheitswirkungen von sehr geringen Schadstoffkonzentrationen stärker berücksichtigt werden. Aufgrund der heutigen Erkenntnisse zu den erwarteten Effekten ist auch eine geringe Luftverschmutzung noch zu viel. Beispielsweise konnte gezeigt werden, dass das Sterberisiko durch Feinstaub schon bei deutlich geringeren Konzentrationen als bisher angenommen erhöht wird. [11] Im Anhang 4 sind weitere Ausführungen zu diesem Thema zu finden.

4.2. Auswirkungen auf die Ökosysteme

Luftschadstoffe haben nicht nur negative Effekte auf unsere Gesundheit, sie beeinträchtigen auch Pflanzen und Ökosysteme. Gerade empfindliche Pflanzen und Ökosysteme, die besonders sensibel auf Veränderungen reagieren, sind davon betroffen. Schwefel- und Stickstoffeinträge tragen zur Versauerung und Überdüngung von empfindlichen Ökosystemen bei, während Ozon das Pflanzenwachstum durch direkte Schäden an Blättern und Nadeln verringert. Solche Effekte führen zu Veränderungen in der Biodiversität, verursachen Ernteeinbussen und können das Grundwasser mit Nitrat verschmutzen. Schadstoffe werden durch die Luft über weite Strecken verfrachtet. Effekte können sich so auch weitab der Schadstoffquelle entfalten.

[9] www.swisstph.ch/de/projects/ludok > Gesundheitseffekte
[10] WHO (2021): Globale Luftgüteleitlinien der WHO
[11] ELAPSE - Effects of Low-Level Air Pollution: A study in Europe (2022)

Eine grosse Herausforderung für empfindliche Ökosysteme ist der übermässige Stickstoffeintrag, welcher zur Überdüngung und Versauerung von Böden und Gewässern führt. Einen grossen Anteil daran haben stickstoffhaltige Luftschadstoffe wie NO_x und NH_3. Stickoxide entstehen hauptsächlich bei der Verbrennung von fossilen Brenn- und Treibstoffen, NH_3 entstammt zu einem grossen Teil aus der Tierhaltung in der Landwirtschaft. Im europäischen Vergleich sind die NH_3-Emissionen in der Schweiz hoch. NH_3 gelangt als Gas, sekundärer Feinstaub oder mit dem Regen in Böden abseits der landwirtschaftlichen Flächen.

Die daraus resultierende Überdüngung mit Stickstoff verdrängt Pflanzen, die an eine nährstoffarme Umgebung angepasst sind. Dadurch verschwinden beispielsweise Wiesenblumen oder werden Flachmoore mit Schilfpflanzen überwuchert, was entsprechende Ökosysteme stört oder gefährdet. Stickstoffeinträge über die Luft und die damit verbundene Überdüngung gehören denn auch zu den wichtigsten Treibern des weltweiten Biodiversitätsverlusts und führen über die Zeit zu einer Verarmung und Homogenisierung der Artenvielfalt.[12] Gleichzeitig bewirkt die zusätzliche Versauerung der Böden durch Stickstoff, dass Pflanzen Mineralstoffe nicht mehr im gewohnten Masse aufnehmen können. Die hervorgerufenen Mangelerscheinungen und Veränderungen bei den Pflanzen durch den übermässigen Stickstoffeintrag verringert die Widerstandsfähigkeit und machen Ökosysteme allfälliger für Krankheiten und Witterungseinflüsse. Besonders betroffen davon sind Wälder. Beinahe bei 90 % der Schweizer Wälder werden die kritischen Eintragsraten für Stickstoff überschritten.[13]

Im Rahmen der weiträumigen grenzüberschreitenden Luftverunreinigung wurden international für verschiedene Luftschadstoffe kritische Belastungswerte (sogenannte Critical Loads und Critical Levels) festgelegt. Diese Werte sind ein Mass für die Empfindlichkeit von Ökosystemen (und der menschlichen Gesundheit) gegenüber der Belastung mit Luftschadstoffen. In Bezug auf Stickstoffeinträge und Ozon werden diese Belastungswerte auch heute noch in weiten Teilen der Schweiz überschritten. [14]

4.3. Auswirkungen auf das Klima

Luftreinhaltung und Klimaschutz sind eng miteinander verknüpft. Zum einen sind Luftschadstoffe oftmals auch klimawirksame Stoffe und umgekehrt. Zum anderen haben Luftschadstoffe und Treibhausgase oftmals die gleichen Quellen als Ursprung. Viele Luftschadstoffe beeinflussen das Klima direkt als kurzlebige klimawirksame Schadstoffe (short-lived climate-forcing pollutants).

Die nachfolgende Abbildung zeigt die wichtigsten kurzlebigen klimawirksamen Substanzen (short-lived climate forcers), darunter auch kurzlebige klimawirksame Schadstoffe, mit ihren Effekten auf den Klimawandel. Beispielsweise können Russ und Ozon während ihrem kurzweiligen Verbleib in der Atmosphäre von einigen Tagen bis zu einigen Wochen direkt zur Klimaerwärmung beitragen. Gleichzeitig sind aber auch einige kurzlebige Klimaverursacher, beispielsweise flüchtige organische Verbindungen (VOC), wiederum Vorläufersubstanzen für Luftschadstoffe wie Feinstaub und troposphärisches Ozon. Massnahmen zur Luftreinhaltung kommen somit oftmals auch dem Klima zugute und umgekehrt. [15]

[12] BAFU (2023): https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/biodiversitaet/publikationen-studien/publikationen/biodiversitaet-schweiz-zustand-entwicklung.html
[13] BAFU (2022): https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/wald/dossiers/stickstoff-wald.html
[14] BAFU (2023): https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/fachinformationen/auswirkungen-der-luftverschmutzung/auswirkungen-der-luftverschmutzung-auf-die-oekosysteme.html
[15] IPCC (2023) s. Fussnote 7

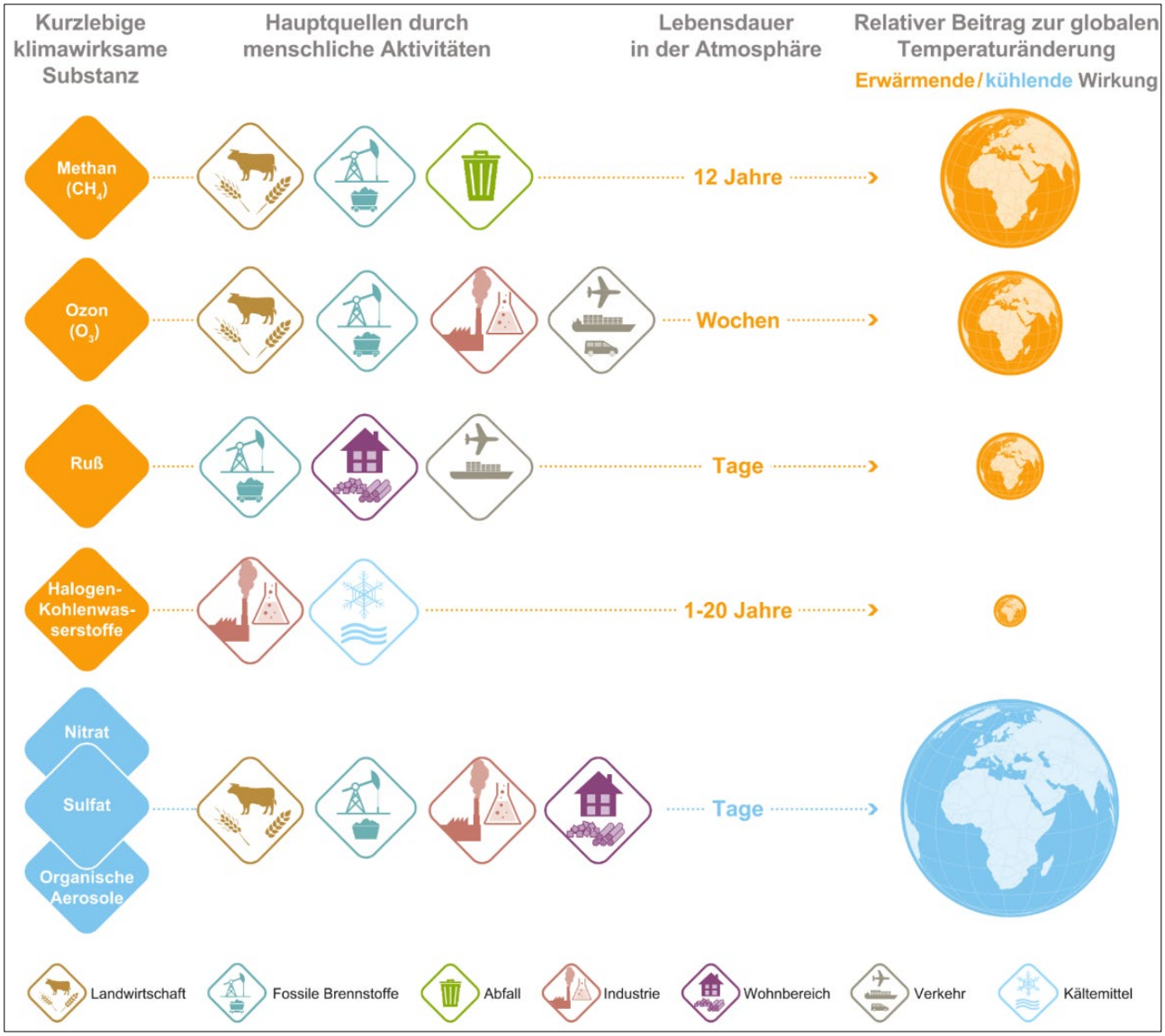


Abb. 43: Klimawirksame Substanzen
Die Wichtigsten kurzlebigen klimawirksamen Substanzen, ihre Quellen, ihre Verweildauer in der Atmosphäre und ihr relativer Beitrag zu den Veränderungen der globalen Oberflächentemperatur zwischen 1750 und 2019 (Fläche des Globus). Der Beitrag zur Klimaerwärmung hängt von der Lebensdauer, dem Erwärmungs-/Kühlungspotenzial (Strahlungseffizienz) und den Emissionen der einzelnen Stoffe in die Atmosphäre ab. Blau bedeutet Abkühlung und Orange bedeutet Erwärmung. Zwischen 1750 und 2019 war der kühlende Beitrag von Aerosolen (blaue Rauten und Globus) etwa halb so gross wie der wärmende Beitrag von Kohlendioxid.[16]

Gleichzeitig haben Luftschadstoffe und Treibhausgase oftmals gemeinsame Verursacher. In solchen Fällen kommt somit eine Reduktion dieser Verursacher sowohl der Luftreinhaltung wie auch dem Klimaschutz zugute. Gerade beim Verkehr haben Massnahmen wie die Reduktion der Anzahl Fahrten oder die Nutzung von emissionsärmeren Fahrzeugen zur Folge, dass sowohl Luftschadstoffemissionen (insbesondere Stickoxide) vermindert, wie auch Treibhausgasemissionen (insbesondere Kohlenstoffdioxid) reduziert werden können. Es gibt aber auch Massnahmen mit gegenläufigen Effekten für Luftreinhaltung und Klimaschutz. So kann beispielsweise die Verbrennung von Holz zur Wärmeproduktion aus klimatischer Sicht sinnvoll sein, da dies Massnahme zur Reduktion der Kohlenstoffdioxid-Emissionen beitragen kann. Gleichzeitig setzt die Verbrennung von Holz grosse Mengen von Luftschadstoffen frei, darunter beispielsweise Feinstaub. In solchen Fällen kann nur mit geeigneten Anstrengungen (hier beispielsweise die Nutzung eines Abscheidefilters und optimaler Betrieb) verhindert werden, dass Massnahmen zum Klimaschutz und/oder zur Luftreinhaltung sich gegenseitig negativ beeinflussen.
Die nachfolgende Abbildung zeigt, wie sich Massnahmen zur Reduktion des Klimawandels und zur Verbesserung der Luftqualität auf das Klima, die Gesundheit und den landwirtschaftlichen Ertrag von Ökosystemen auswirkt.

[16] IPCC (2023): https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/figures/chapter-6/faq-6-1-figure-1

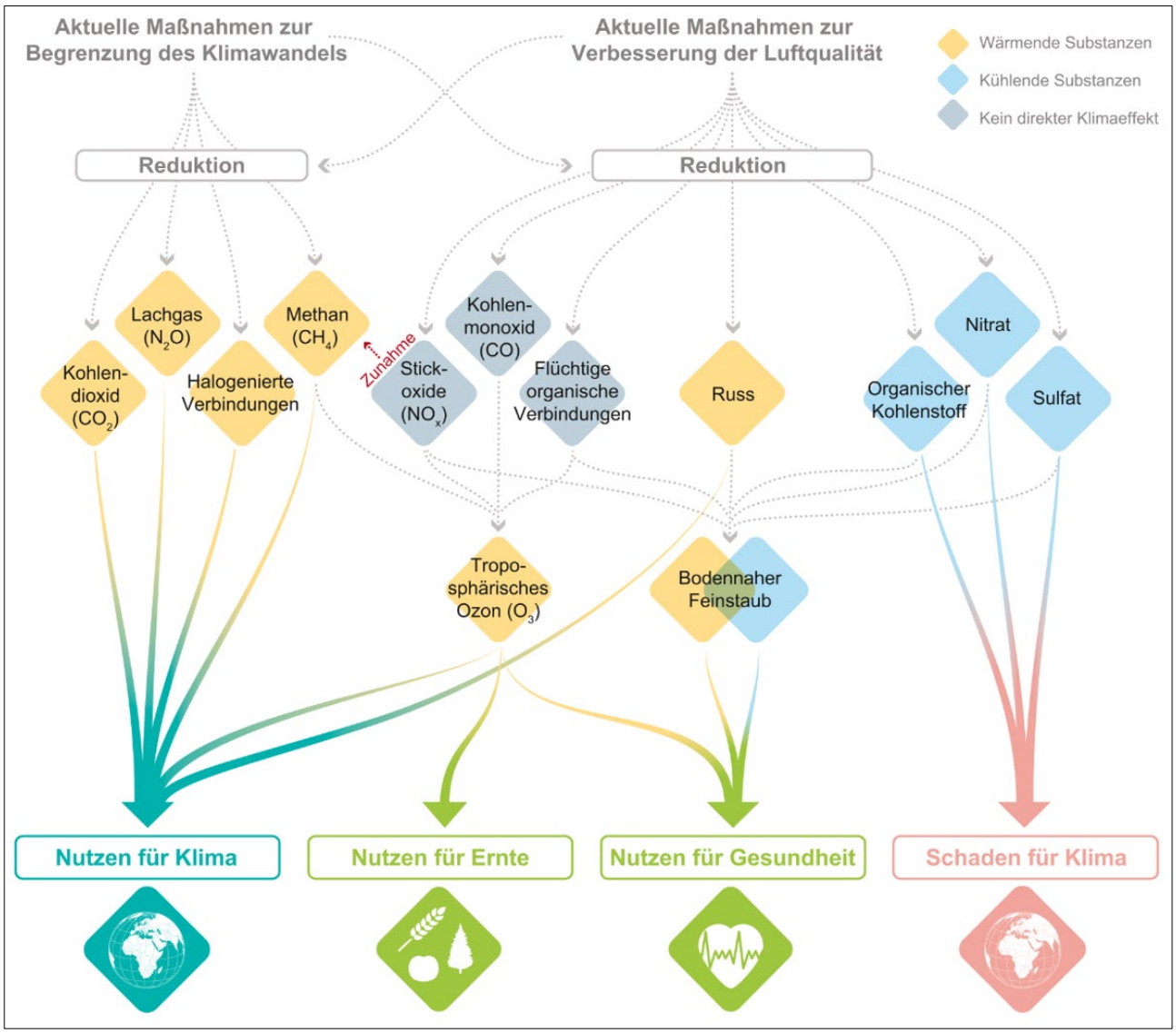


Abb. 44: Zusammenhang zwischen Massnahmen zur Begrenzung des Klimawandels und Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität

Treibhausgase (THG) und Aerosole (orange und blau) können das Klima direkt beeinflussen. Luftschadstoffe können sich zudem auf die menschliche Gesundheit, die Ökosysteme und das Klima auswirken. Alle diese Verbindungen haben gemeinsame Quellen und interagieren manchmal miteinander in der Atmosphäre, so dass es unmöglich ist, sie getrennt zu betrachten (gestrichelte graue Pfeile).[17]

Mit diesen Verbindungen ist Luftreinhaltung oftmals auch Klimaschutz und umgekehrt. Dies bietet ein grosses Synergiepotenzial, was bei einer gemeinsamen Adressierung der beiden Themen genutzt werden kann. Massnahmen sind so auszulegen, dass sich gegenseitig verstärkende (win-win) Effekte gefördert und sich gegenseitig hindernde (win-lose) Effekte abgeschwächt werden. Zentral dafür ist die stärkere Verknüpfung der relevanten Politikbereiche, etwas, was bei anderen Themen (z. B. Klima und Energie) bereits heute etabliert ist.

[17] IPCC (2023): https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/figures/chapter-6/faq-6-2-figure-1

5. Emissionsprognose, Emissionsziele und Handlungsbedarf

5.1. Emissionsprognose

In den folgenden Abbildungen ist die Emissionsentwicklung 1990 bis 2030 dargestellt. Die Prognose bis 2030 stellt die erwartete Entwicklung der Emissionen ohne LRP dar. Gemäss den im Emissionsinformationssystem der Schweiz (EMIS, BAFU 2023) hinterlegten Entwicklungsszenarien werden die Emissionen der meisten Luftschadstoffe in den nächsten Jahren abnehmen.

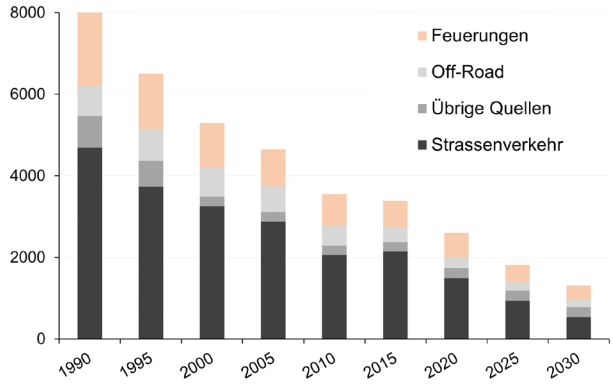


Abb. 45: Verlauf NO_x-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2030

Die **NO_x-Emissionen** stammen zur Hälfte aus dem Strassenverkehr, die anderen Emissionen werden hauptsächlich durch den Off-Road-Bereich und Feuerungen verursacht (Abb. 52).

Die Prognose der NO_x-Emissionen zeigt für die Jahre 2025 und 2030 einen rückläufigen Trend. Die Emissionen sinken von rund 2'600 Tonnen im Jahr 2020 um die Hälfte auf rund 1'300 Tonnen im Jahr 2030. Die deutliche Reduktion wird insbesondere durch die Erneuerung der Fahrzeugflotte durch Elektrofahrzeuge und durch verbesserte Heizungssysteme verursacht.

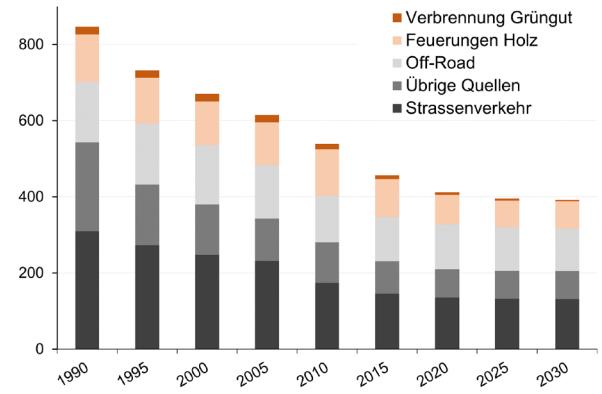


Abb. 46: Verlauf PM10-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2030

Rund zwei Drittel der **PM10-Emissionen** stammt aus dem Strassenverkehr und dem Off-Road-Bereich. Feuerungen und anderen Quellen verursachen den Rest (Abb. 53). In der Vergangenheit wurden bereits zahlreiche Massnahmen umgesetzt, was zu deutlichen Abnahmen führte. Zukünftig nehmen die Emissionen bis 2030 nur noch wenig ab.

Von rund 410 Tonnen im Jahr 2020 sinken diese auf rund 390 Tonnen im Jahr 2030. Bei den Emissionen aus dem Strassenverkehr und dem Off-Road-Bereich handelt es sich hauptsächlich um Partikeln aus dem Reifen- und Bremsabrieb sowie aus der Bautätigkeit. Die Abschätzung die zukünftigen Emissionen ist mit grösseren Unsicherheiten verbunden.

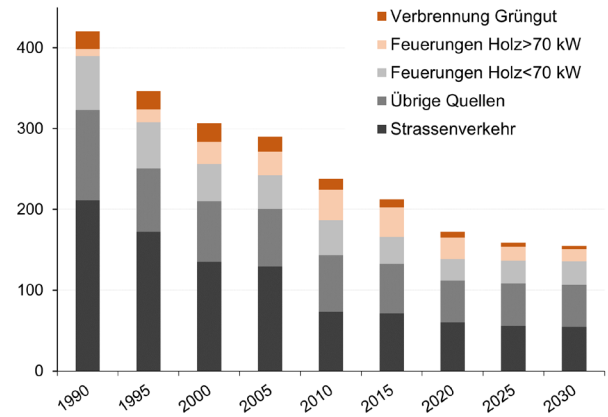


Abb. 47: Verlauf PM2.5-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2030

Die **PM2.5-Emissionen** setzen sich zu je einem Drittel aus dem Strassenverkehr, den Holzfeuerungen und den übrigen Quellen zusammen (Abb. 54). Dank den eingeleiteten Massnahmen bei den Holzfeuerungsanlagen (Staubfilter) und bei den Dieselmotoren (Partikelfilter) ist bis 2030 eine leichte Reduktion zu erwarten.

Von rund 170 Tonnen im Jahr 2020 sinken diese auf rund 150 Tonnen im Jahr 2030.

Analog den PM10-Emissionen bestehen auch hier grösseren Unsicherheiten bei der zukünftigen Abschätzung der Brems- und Abriebemissionen.

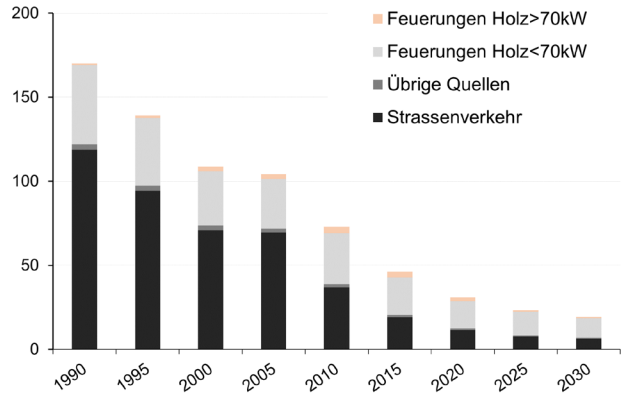


Abb. 48: Verlauf Russ-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2030

Die **Russ-Emissionen** stammen hauptsächlich vom Strassenverkehr und von den Holzfeuerungen und den übrigen Quellen (Abb. 55).

Die Emissionen sinken von rund 30 Tonnen im Jahr 2020 auf rund 20 Tonnen im Jahr 2030. Aufgrund verschärfter Abgasnormen und einem höheren Anteil von Elektrofahrzeugen ist im Strassenverkehr mit einer weiteren Abnahme zu rechnen. Bei den Holzfeuerungen werden die Emissionen aufgrund der eingeleiteten Massnahmen ebenfalls leicht abnehmen.

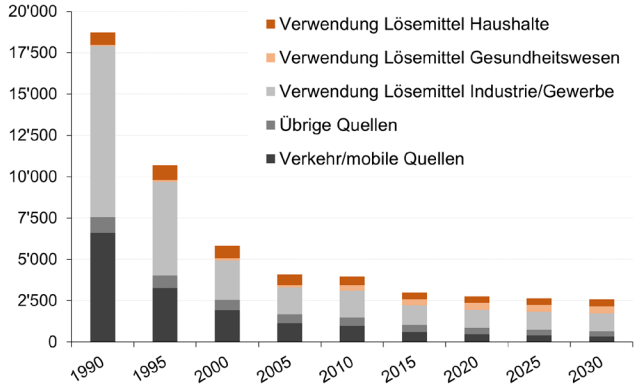


Abb. 49: Verlauf VOC-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2030

Die **VOC-Emissionen** stammen hauptsächlich aus der Verwendung von Lösemitteln und lösemittelhaltigen Produkten in Industrie und Gewerbe sowie im Gesundheitswesen. Ein weiterer wesentlicher Teil wird von Haushalten emittiert.

Die Prognose der VOC-Emissionen zeigt für die Jahre 2025 und 2030 einen leicht rückläufigen Trend insbesondere in Industrie und Gewerbe sowie beim Anteil aus dem Verkehr. Die VOC-Emissionen werden von rund 2'700 Tonnen im Jahr 2020 auf rund 2'500 Tonnen im Jahr 2030 sinken.

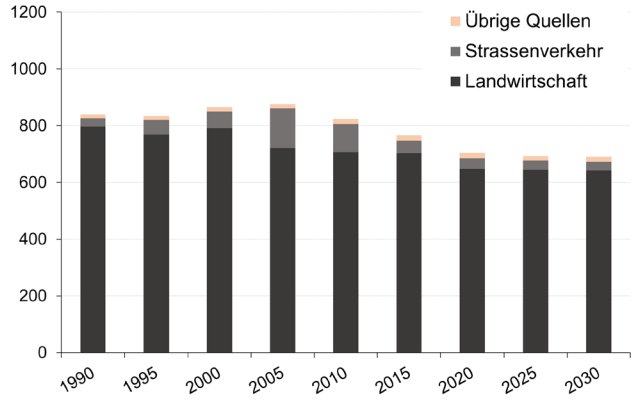


Abb. 50: Verlauf NH_3-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2030

Die Landwirtschaft ist mit einem Anteil von rund 90 % die Hauptverursacherin der **NH_3-Emissionen**. Von 2025 bis 2030 ist gemäss Prognosen keine Reduktion der Emissionen zu erwarten.

5.2. Emissionsziele

Das ökologische Ziel der Luftreinhaltung besteht darin, dass wir saubere, gesunde Luft zum Atmen haben sowie Ökosysteme nicht übermässig belasten. Die Luftbelastung soll vorsorglich so gering wie möglich sein.

Die Emissionsziele orientieren sich an den Zielen des Luftreinhaltekonzeptes (LRK) des Bundes aus dem Jahr 2009. Dieses weist für die Luftschadstoffe NO_x, VOC, PM10 und NH_3 eine notwendige prozentuale Reduktion gegenüber dem Jahr 2005 aus, um die Immissionsgrenzwerte gemäss Anhang 7 der LRV einhalten zu können (siehe untenstehende Tabelle). Für kanzerogene Stoffe (z. B. Russ) gilt das Minimierungsgebot.

Schadstoff	notwendige Emissionsreduktionen gegenüber 2005	Aufgrund des Schutzziels
NO_x	ca. 50 %	Critical Load für Säure Immissionsgrenzwert Ozon
VOC	20 bis 30 %	Immissionsgrenzwert für Ozon
Feinstaub PM10	ca. 45 %	Immissionsgrenzwert PM10
NH_3	ca. 40 %	Critical Load für Stickstoff
kanzerogene Stoffe (z. B. Russ)	so weit wie technisch möglich und verhältnismässig	Gesundheit

Tab. 9: Zur Einhaltung der Schutzziele notwendige Emissionsreduktionen für die wichtigsten Luftschadstoffe gemäss Luftreinhaltekonzeptes des Bundes

Werden diese Emissionshöchstmengen unterschritten, kann davon ausgegangen werden, dass die Immissionsgrenzwerte grossräumig eingehalten sind. Kantonale Abweichungen aufgrund besonderen lokalen Verhältnissen können auftreten, wenn insbesondere vor dem Referenzjahr 2005 bereits Massnahmen im Rahmen einer Massnahmenplanung eingeleitet wurden.

Hergeleitet von den schweizerischen Reduktionszielen ergeben sich die in der nachfolgenden Tabelle gezeigten Emissionsziele bzw. Ziellücken für die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft. PM2.5 wurde noch nicht in den Zielen des LRK berücksichtigt. Für die Ermittlung des Emissionsziels wird angenommen, dass die gleiche prozentuale Reduktion wie bei PM10 gilt.

Schadstoff	Emissionsziel LRK	Ist Emissionen 2020	Verbleibende Ziellücken 2020 in BS/BL	
	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[%]
NO_x	2'300	2'600	300	13
PM10	340	410	70	21
PM2.5	160	170	10	6
VOC	2'900	2'700	*weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht*	*weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht*
NH_3	530	700	170	24
Russ	Minimierungsgebot	31	31	100

Tab. 10: Emissionsziel LRK, Ist Emissionen 2020 und verbleibende Ziellücken 2020 in BS/BL

Für das Jahr 2030 wurde eine Prognose der Emissionsentwicklung erstellt (siehe Kap. 5.1). Tab. 15 zeigt die verbleibende Ziellücke bzw. den Reduktionsbedarf im Jahr 2030.

Schadstoff	Emissionsziel LRK	Prognose Emissionen 2030	Verbleibende Ziellücken 2030 in BS/BL	
	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[%]
NO_x	2'300	1'300	*weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht*	*weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht*
PM10	340	390	50	13
PM2.5	160	150	*weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht*	*weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht*
VOC	2'900	2'550	*weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht*	*weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht*
NH_3	530	690	160	23
Russ	Minimierungsgebot	19	19	100

Tab. 11: Emissionsziel LRK, Prognose Emissionen 2030 und verbleibende Ziellücken 2030 in BS/BL

Fazit:
Die Tab. 14 und 15 zeigen, dass die Emissionsziele in der Region Basel, basierend auf den heute gültigen Immissionsgrenzwerten der LRV, bereits heute (VOC) bzw. in Zukunft (VOC, NO_x, PM2.5) eingehalten sind bzw. sein werden. Ziellücken bleiben bei PM10 und NH_3 bestehen. Bei der Ziellücke für PM10 ist jedoch anzumerken, dass der LRV-Immissionsgrenzwert bereits flächendeckend eingehalten wird und der Handlungsbedarf für verschärfte Emissionsvorschriften im LRP nicht mehr besteht.

5.3. Handlungsbedarf nach Schadstoffen

5.3.1. Reduktionsbedarf NO_x

Der Handlungsbedarf bei den Stickoxiden (NO_x-Emissionen) ergibt sich aus den Immissionsgrenzwerten für NO_2 und Ozon, da Stickoxide und VOC als Vorläufersubstanzen für die photochemische Bildung von Ozon sind.

Bei den NO_x-Emissionen liegt die Differenz im Bilanzjahr 2020 zwischen den effektiven Emissionen und dem Ziel bei 300 Tonnen pro Jahr. Trotz der bedeutenden Reduktion seit den neunziger Jahren sind die Emissionen weiterhin zu hoch und sollten um 13 % gesenkt werden. Bis zum Jahr 2030 werden die NO_x-Emissionen insbesondere dank verschärften Abgasvorschriften im Strassenverkehr so stark abnehmen, dass das Emissionsziel deutlich übertroffen wird. Weitere verschärfte Emissionsvorschriften im LRP sind vor dem Hintergrund der aktuell gültigen Immissionsgrenzwerten nicht vorzusehen (siehe dazu nachfolgendes Kap. 5.6).

5.3.2. Reduktionsbedarf Feinstaubimmissionen PM10, PM2.5 und Russ

Die PM10-Immissionen halten die Grenzwerte fast flächendeckend ein. Bei PM2.5 sind insbesondere entlang der Verkehrsachsen die Belastungen noch zu hoch. Auch die Belastungen mit krebserregenden Russ sind noch deutlich zu hoch. Die Prognosen des kantonalen Emissionskatasters zeigen, dass die Feinstaubemissionen bis 2030 weiter abnehmen werden und die Emissionsreduktionsziele des Bundes für PM10 und PM2.5 erreicht werden können. Hingegen ist eine weitergehende Reduktion bei den Russemissionen erforderlich.

5.3.3. Reduktionsbedarf VOC

Die im Jahr 2000 eingeführt VOC-Lenkungsabgabe hat massgeblich dazu beigetragen, dass das Emissionsziel bereits erreicht ist. Die Lenkungsabgabe setzt einen finanziellen Anreiz, dass Industrie, Gewerbe und Haushalte sparsamer mit VOC umgehen und VOC-ärmere oder -freie Verfahren, Stoffe und Produkte einsetzen. Aber auch kantonale Projekte wie beispielsweise «VOC-Reduktion in der Druckindustrie» haben zur VOC-Reduktion beigetragen. Das Projekt wird gemeinsam mit dem Schweizerischen Verband für visuelle Kommunikation (VISCOM) sowie den weiteren Partnerkantone Aargau, Bern, Luzern und St. Gallen begleitet und unterstützt. Auf der Basis selbstverpflichtender Vereinbarungen mit den Druckereien wurde der Umstellprozess auf VOC-arme und VOC-freie Verfahren, Anlagen, Produkte und Stoffe beschleunigt. Betriebe, die

sich dazu verpflichten den VOC-Verbrauch zu reduzieren und dies jährlich nachweisen, werden in die Positivliste der beteiligten Kantone aufgenommen. Bei Auftragsvergaben der kantonalen Verwaltung werden umweltfreundliche Druckereien gefördert, indem dies als Zuschlagskriterium entsprechend gewertet wird.

VOC bilden zusammen mit den Stickoxiden die Vorläufersubstanzen für die photochemische Bildung von Ozon. Die sommerliche Belastung durch hohe O_3-Konzentrationen in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft wird jedoch nicht ausschliesslich durch die Emissionsmenge der vor Ort ausgestossenen VOC und NO_x-Emissionen, sondern auch durch die Witterung beeinflusst. Zusätzlich gibt es einen bestimmten Anteil an O_3, der aufgrund der geografischen Lage der Region Basel aus den Nachbarländern und angrenzenden Gebieten eingetragen wird.

5.3.4. Reduktionsbedarf NH_3

Der Stickstoffeintrag liegt in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft an vielen Standorten über der kritischen Belastungsgrenze für empfindliche Ökosysteme. Im Gegensatz zu den deutlich reduzierten Einträgen von Stickoxiden ist bei den Ammoniak-Emissionen kaum eine Verminderung erkennbar. Die Emissionsreduktionsziele des Bundes sind noch nicht erreicht. Eine weitergehende Reduktion der Ammoniak-Emissionen ist erforderlich.

5.4. Handlungsbedarf nach Handlungsfelder

Der Vergleich mit den Emissionszielen zeigt, dass der Handlungsbedarf zur Reduktion von Luftschadstoffemissionen bei einigen Schadstoffen weiterhin gross ist. Insbesondere sind bei den Emissionen von Russ und NH_3 weitergehende Massnahmen vorzusehen. Gemäss Kap. 3 sind die grössten Emissionsquellen die Holzfeuerungen, der Strassenverkehr, die Landwirtschaft und die Anlagen der Industrie und des Gewerbes. Die nachfolgende Tabelle zeigt die Handlungsfelder und ihren massgeblichen Beitrag zur Verminderung der Schadstoffe auf:

Handlungsfelder	Massgeblicher Beitrag zur Verminderung der Schadstoffe				
	NO_x	PM10	PM2.5 /Russ	VOC	NH_3
Holzfeuerungen	x	x	x		
Verkehr	x	x	x		
Off-Road	x	x	x		
Stationäre Motoren	x		x		
Industrie und Gewerbe				x	
Landwirtschaft					x

Tab. 12: Handlungsfelder und ihr Beitrag zur Verminderung der Schadstoffe

5.4.1. Holzfeuerungen

Holzfeuerungen verursachen einen hohen Anteil der Russ- und Feinstaubemission. Die Emissionen können beispielsweise durch Optimierungen der Betriebszustände oder Staubabscheider reduziert werden. Grössere Anlagen benötigen einen Staubabscheider, um die festgelegten Emissionsgrenzwerte einhalten zu können. Die Installation eines Staubabscheiders ist aber auch bei kleineren Anlagen sinnvoll und Stand der Technik.

Die energetische Nutzung von Holz ist energiepolitisch erwünscht, muss jedoch lufthygienisch reguliert werden. Die lufthygienischen Anforderungen sind für die vermehrte Nutzung von Holz förderlich, weil der Ausstoss von kanzerogenen Feinstaubemissionen und die lästigen Geruchsemissionen vermindert werden. Dadurch sinken die Gesundheitsschäden, die Klagen in der Nachbarschaft sind geringer und die Akzeptanz von Holzfeuerungen steigt. Der Einsatz von öffentlichen Fördergeldern im Energiebereich wird deshalb heute verknüpft mit Massnahmen, welche auch auf die Luftqualität eine positive Bilanz aufweisen.

5.4.2. Verkehr

Der Verkehr verursacht Feinstaub- und NO_x-Emissionen. Die Emissionen können durch die Umstellung auf Elektromobilität, mit einer Verlagerung auf den öffentlichen Verkehr oder den Fuss- und Veloverkehr reduziert werden.

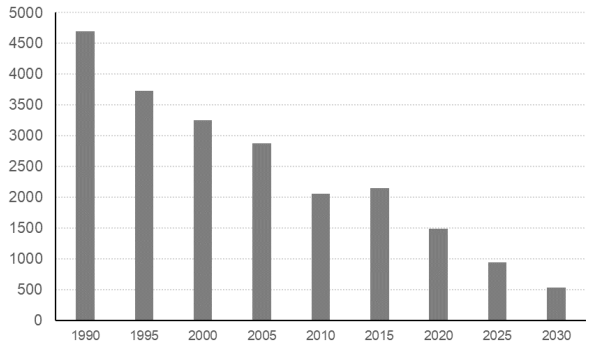


Abb. 51: Entwicklung NO_x-Emissionen Strassenverkehr in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2030



Abb. 52: Entwicklung PM10, PM2.5 und Russ-Emissionen Strassenverkehr in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2030

Seit 1990 konnten die NO_x-Emissionen des Strassenverkehrs von rund 4'700 Tonnen pro Jahr auf rund 1'500 Tonnen pro Jahr im 2020 gesenkt werden. Die weitere Entwicklung aufgrund der Erneuerung der Fahrzeugflotte und Elektrifizierung führt zu einer weiteren erheblichen Reduktion der Stickoxid-Emissionen. Als Grundlagen für die Berechnung der Verkehrsemissionen dienten das Gesamtverkehrsmodell der Region Basel[18] sowie das Handbuch für Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs (HBEFA[19]). Der starke Rückgang der NO_x-Emissionen in den letzten Jahren ist hauptsächlich auf technologische Entwicklungen bei den Fahrzeug-Motoren zurückzuführen.

Feinstaub entsteht durch die Verbrennung und aus dem mechanischen Abrieb von Reifen, Bremsen, Kupplung und Strasse sowie durch Aufwirbelung von Strassenstaub. Der Kenntnisstand über die Emissionsmenge und ihre Zusammensetzung ist allerdings noch gross und es besteht weiterhin Forschungsbedarf.

Die Dekarbonisierung des motorisierten Verkehrs ist eine zentrale Massnahme der kantonalen Klimapolitik von Basel-Stadt und Basel-Landschaft und trägt massgeblich zu einer Verbesserung der Luftbelastung bei. Auch die Vermeidung von motorisiertem Individualverkehr, die Verlagerung des Personen- und Güterverkehrs auf emissionsarme Verkehrsträger, die Optimierung der Fahrten sowie nachhaltige Logistikkonzepte bei Unternehmen wirken sich positiv auf die Luftbelastung aus.

Mit der neuen Mobilitätsstrategie und mit der Weiterentwicklung des verkehrspolitischen Leitbilds hat der Kanton Basel-Stadt die Weichen für eine effiziente und umweltfreundliche Mobilität gestellt. Um die Elektromobilität im Kanton Basel-Stadt zu steigern, soll zudem der Ausbau der Ladeinfrastruktur in öffentlichen Parkhäusern und Parkierungsanlagen beschleunigt werden. Bis Ende 2026 sollen sukzessive 170 Quartierladestationen und 30 Schnelladestationen installiert werden. Die hohen Initialkosten für Grundinstallationen von Ladeinfrastrukturen könnten für Private ein Hemmnis sein. Mit einem neu eingerichteten Fonds sollen die Kosten von Grundinstallationen für Ladeinfrastrukturen bei Privaten unterstützt werden. Die Förderbeiträge für die Grundinstallation sollen bis zu 60 % der anrechenbaren Kosten umfassen.

Der Kanton Basel-Landschaft ist in Erarbeitung einer Mobilitätsstrategie. Hinsichtlich der Elektromobilität wird der Kanton diese durch Fördermassnahmen bei der Ladeinfrastruktur unterstützen und so den Umstieg fördern.

Da im Kanton Basel-Stadt wie auch im Kanton Basel-Landschaft bereits Massnahmen zur Förderung der Elektromobilität eingeleitet wurden, sind diesbezüglich keine weiteren Massnahmen im vorliegenden LRP vorzusehen.

[18] https://www.mobilitaet.bs.ch/gesamtverkehr/gesamtverkehrsmodell.html
[19] Version HBEFA 4.2 (2022); https://www.hbefa.net

5.4.3. Off-Road

Der Offroad-Sektor umfasst alle mit einem Verbrennungsmotor ausgerüsteten mobilen Maschinen und Geräte, z. B. Baumaschinen und Traktoren sowie die Rheinschifffahrt. Diese verursachen Russ-, Feinstaub- und Stickoxid-Emissionen. Die Emissionen können durch Elektrifizierung, Partikelfilter (Russ) oder Entstickungsanlagen (Stickoxide) vermindert werden.

Die Feinstaubemissionen aus Schienen- und Fahrleitungsabrieb der Schienenfahrzeuge und Trams haben einen signifikanten Anteil an den Feinstaubemissionen. Derzeit bestehen allerdings noch grosse Unsicherheiten bezüglich der effektiv in die Umwelt eingetragenen Mengen an PM2.5. Die derzeit verwendeten Berechnungsgrundlagen sind veraltet.

5.4.4. Stationäre Motoren

In dieses Handlungsfeld fallen Wärmekraftkopplungsanlagen, Blockheizkraftwerke und Notstromaggregate. Der Betrieb dieser Anlagen verursacht Stickoxide, Kohlenstoffmonoxid und Russemissionen. Die Emissionen können beispielsweise durch verschärfte Emissionsgrenzwerte, Partikelfilter (Russ) oder Entstickungsanlagen (Stickoxide) reduziert werden.

5.4.5. Industrie und Gewerbe

Die Industrie und das Gewerbe verursachen einen hohen Anteil der VOC-Emissionen. Die Emissionen können beispielsweise durch verschärfte Emissionsgrenzwerte und der Installierung von Abluftreinigungsanlagen reduziert werden. Seit Anfang der 1990er-Jahre wurden die VOC-Emissionen deutlich gesenkt, auch dank der Reduktion des VOC-Gehalts in Farben und Lacken. Die VOC-Lenkungsabgabe (VOCV) schafft zudem einen finanziellen Anreiz, VOC-haltige Produkte sparsam zu verwenden. Anlagenbetreiber können sich nach Art. 9 VOCV von der Abgabe befreien lassen, wenn sie wirksame Abluftreinigungsanlagen einsetzen und ihre VOC-Emissionen entlang des Produktionsprozesses gemäss bester verfügbarer Technik reduzieren. Rund 20 Unternehmen in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft nutzen diese Möglichkeit der Befreiung.

Die LRV legt generelle Emissionsbegrenzungen fest, die für alle Anlagen gelten. Mit der Weiterführung der bereits bestehenden Massnahmen zur Verminderung der VOC-Emissionen können die VOC-Emissionen in den nächsten Jahren weiter gesenkt werden.

5.4.6. Landwirtschaft

Die Landwirtschaft ist mit einem Anteil von mehr als 90 % die wichtigste Quelle von Ammoniakemissionen. Die Emissionen können durch technische und betriebliche Massnahmen bei der Tierhaltung und beim Hofdüngermanagement reduziert werden. Die Senkung von Ammoniakemissionen dient in erster Linie dem Schutz der Umwelt und trägt zudem indirekt zur Reduktion von Treibhausgasemissionen bei.

Ammoniak entsteht im Stall hauptsächlich, wenn sich Harn mit Kot auf den Laufflächen vermischt. Unmittelbar nach dem Absetzen des Harns und der Vermischung beginnt die Aufspaltung des Harnstoffs und Ammoniak wird freigesetzt. Dieser Prozess läuft sehr schnell ab und ist nach einer Stunde bereits beinahe abgeschlossen. Um dies möglichst zu verhindern, ist ein sofortiges Abfliessen des Harns von den Laufflächen wichtig. Mit aktuell verfügbaren baulichen Massnahmen lassen sich die Ammoniakemissionen aus Stall und Laufhof um rund 30 bis 50 % senken.

Die Abdeckung eines ungedeckten Güllelagers bringt bis zu 80 % Minderemissionen für die Güllelagerung, der Schleppschlauch bei der Ausbringung von Gülle rund 30 % Emissionsreduktion. Mit einem hinsichtlich Witterung und Wuchshöhen optimierten Ausbringzeitpunkt lassen sich die Emissionen bei der Gülleausbringung zusätzlich um rund 20 % vermindern. Diese Massnahmen führen zu einer Verbesserung der Hofdüngerbilanz, da die Stickstoffverluste geringer sind, bei den aktuellen Düngerpreisen ein nicht unwesentlicher Kostenfaktor. Die neuen Bestimmungen in der LRV verpflichten die Landwirte ab Anfang 2024 zur Verwendung von emissionsmindernden Gülleausbringungsverfahren auf Flächen mit einer Hangneigung bis zu 18 %. Zudem müssen offene Güllegruben abgedeckt sein. Die Frist zur Sanierung für offene Behälter von Gülle läuft bis Ende 2029.

5.5. Synergien mit bestehenden kantonalen Strategien

In allen Handlungsfeldern leisten neben dem LRP auch weitere Aktivitäten der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft einen Beitrag zur Reduktion der Luftschadstoffemissionen. Der LRP hat zudem denselben Stellenwert wie andere kantonale Strategien (zum Beispiel die jeweiligen kantonalen Energie- und Klimastrategien sowie die Richtplanung).

Die kantonalen Mobilitätsstrategien beinhalten Ziele und Stossrichtungen, welche u. a. die Förderung der Elektromobilität und des ÖV in Kombination mit dem Veloverkehr vorsehen. Die vorgesehenen Massnahmen vermindern die Luftschadstoffemissionen aus dem Strassenverkehr.

Die Energie- und Klimaschutzstrategien setzen Ziele zur Verminderung der Treibhausgasemissionen und legt Massnahmen in verschiedenen Handlungsfeldern fest. Einige Massnahmen vermindern die Treibhausgas- wie auch die Luftschadstoffemissionen.

Die kantonalen Richtpläne zeigen auf, wie die raumbezogenen Tätigkeiten aufeinander abgestimmt werden. Die Richtpläne unterstützen die Verbesserung der Luftqualität durch die Eindämmung der Zersiedelung, die Abstimmung der Verkehrs- und der Siedungsentwicklung sowie die Schonung des Kulturlands. Zudem können in kompakten Siedlungsgebieten gemeinsame Heizungsanlagen (Nahwärmeverbünde, Fernwärme usw.) eingesetzt werden, welche ebenfalls die Luftschadstoffbelastung reduzieren.

Alle Strategien weisen ausgeprägte Synergien mit der Luftreinhaltung auf und haben einen positiven Einfluss auf die Reduktion der Luftschadstoffemissionen.

5.6. Handlungsbedarf unter Berücksichtigung der Empfehlungen der EKL

Die neuen Leitlinien für die Belastung durch Luftschadstoffe der Weltgesundheitsorganisation (WHO) verdeutlichen, dass Gesundheitsschäden auch unterhalb der aktuell gültigen Immissionsgrenzwerte der LRV möglich und zu erwarten sind (siehe Erläuterungen in Kap. 4.1 und im Anhang 4). Dies unterstützt auch der Bericht der EKL, welche für wichtige Schadstoffe (u. a. NO_2, PM2.5 und O_3) die Übernahme der neuen WHO-Richtwerte in die LRV empfiehlt.

Eine Gegenüberstellung der Grenzwerte der LRV und der empfohlenen Werte der EKL zeigt, dass die Werte für die Schadstoffe NO_2 und PM2.5 um den Faktor 3 bzw. 2 tiefer liegen. Auch für PM10 und O_3 ist eine Verschärfung ausgewiesen.

Schadstoff	Grenzwert LRV [µg/m³]	Empfehlung EKL [µg/m³]
NO_2	30	10
PM10	20	15
PM2.5	10	5
O_3	120	100

Tab. 13: Vergleich Grenzwert LRV und der Empfehlung der EKL bezogen auf Jahreswerte bzw. 8 Stunden Maximum für O_3

Tiefere Immissionsgrenzwerte haben zur Folge, dass die notwendigen Emissionsreduktionen deutlich grösser bzw. die anzustrebenden Emissionsziele deutlich tiefer sind, als sie heute im Luftreinhaltekonzeptes des Bundes ausgewiesen sind. Insbesondere die Emissionsziele für die Schadstoffe NO_x, PM2.5 und NMVOC sind nach unten anzupassen.

Der Bundesrat hat zu entscheiden, wie die neuen Empfehlungen der WHO in der LRV zu berücksichtigen sind und ob die LRV revidiert werden soll. Die neuen WHO-Richtwerte können daher nicht als verbindliche Rechtsgrundlage im vorliegenden LRP verwendet werden.

6. Massnahmen

In Kap. 5 wurde der Handlungsbedarf und die Handlungsmöglichkeiten in den einzelnen Bereichen aufgezeigt. Insbesondere der Ausstoss von PM2.5 und krebserregenden Russpartikeln aus der Verbrennung von Treib-

und Brennstoffen gilt es weiter zu vermindern. Soweit dies technisch und betrieblich möglich ist sind die Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft zu reduzieren. Bei den Stickoxiden und bei den flüchtigen organischen Stoffen (VOC) sind die bereits bestehenden Massnahmen weiterzuführen.

Die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft haben bereits mehrere Luftreinhaltepläne erarbeitet, welche zu einer deutlichen Verbesserung der Luftbelastung beigetragen haben. Im Februar 1990 wurde der erste Luftreinhalteplan beider Basel (LRP 1990) in Kraft gesetzt, der insgesamt 73 Massnahmen beinhaltete. Eine Auflistung der Massnahme sowie deren Umsetzung sind im Anhang 2 aufgeführt. In den Luftreinhalteplänen 2004, 2007 und 2010 wurden insgesamt 38 neue Massnahmen aufgenommen. Eine Auflistung der Massnahmen sowie der Umsetzungsstand sind im Anhang 3 und 4 aufgeführt.

6.1. Massnahmen Luftreinhalteplan 2016

Die nachfolgende Tabelle gibt einen Überblick über die Massnahmen im LRP 2016. Einige Massnahmen des LRP 2016 konnten erfolgreich umgesetzt werden. Einige liessen sich nicht wie geplant realisieren. Ein Teil der Massnahmen soll mit Änderungen weitergeführt werden.

Sektor	Bezeichnung	Massnahmen	Typ[1]
Verkehr	V3 (LRP 2007)	Aktionsplan gesunde Luft in Wohnquartieren	Kantonale Massnahme BS
	V8	Sicherstellung der Konformität der Fahrzeugemissionen	Antrag an den Bund
Rheinschifffahrt	S1	Landseitige Elektrifizierung der Liegeplätze	Kantonale Massnahme BS
Energie	E7	Emissionsminderung bei Holzfeuerungen > 70kW	Bikantonale Massnahme
	E8	Reduktion von Emissionen aus Pizza- und Holzbacköfen	Bikantonale Massnahme
	E9	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
	LW3	Nachfolgeprogramm Ressourcenprojekt Ammoniakminderung	Kantonale Massnahme BL
	LW4	Anträge an den Bund zur Reduktion der Ammoniakemissionen	Antrag an den Bund
Raumplanung	P1	Verringerung der Wärmebelastung und Verbesserung der Durchlüftung im Siedlungsgebiet	Kantonale Massnahme BS
Querschnitt	Q1	Beteiligung am trinationalen Interreg V Projekt „Verringerung Umweltbelastungen“	Bikantonale Massnahme

Tab. 14: Übersicht Massnahmen Luftreinhalteplan beider Basel 2016
[1] Erläuterungen zu Typen:
Antrag an Bund: Massnahmen, die in der Zuständigkeit des Bundes liegen (Art. 44a Abs. 3 USG), werden beim Bundesrat schriftlich zur Umsetzung beantragt
Kantonale Massnahme BS: nur für den Kanton Basel-Stadt wirksame Massnahme
Kantonale Massnahme BL: nur für den Kanton Basel-Landschaft wirksame Massnahme
Bikantonale Massnahme: in beiden Kantone wirksame Massnahme

6.2. Umgesetzte, abzuschreibende und nicht weiterzuführende Massnahmen LRP 2016

Die folgenden Massnahmen des LRP 2016 wurden umgesetzt, abgeschlossen oder in den ordentlichen Vollzug integriert. Einige Massnahmen konnten nicht realisiert werden oder wurden in der ursprünglichen Form abgelehnt. Eine Beschreibung der Massnahmen sowie der Umsetzungsstand sind im Anhang 4 aufgeführt.

Nr.	Bezeichnung / Massnahme	Status
E7	**Emissionsminderung bei Holzfeuerungen >70kW** Verminderung von Betriebszuständen mit hohen Emissionen wie Startphasen oder Ausbrandphasen.	**Umgesetzt** Die vorgesehenen Vorgaben zu den Betriebszuständen sind im Rahmen der Revision 2018 in die LRV aufgenommen worden. Eigene kantonale Bestimmungen waren nicht mehr nötig.
E8	**Reduktion von Emissionen aus Pizza- und Holzbacköfen** Festlegung Grenzwerte für CO und Einführung einer Messpflicht.	**Umgesetzt** Die vorgesehenen Grenzwerte und die Messpflicht sind im Rahmen der Revision 2018 in die LRV aufgenommen worden. Eigene kantonale Bestimmungen waren nicht mehr nötig.
E9	**Emissionsminderung bei Notstromaggregaten** Für Notstromaggregate wird ab einer Motorleistung von 19 kW eine Partikelfilterpflicht eingeführt. Zudem werden Grenzwerte für NO_x und CO eingeführt.	**Umgesetzt** Die vorgesehenen Verschärfungen der kantonalen Bestimmungen wurden eingeführt. Aufgrund einer möglichen Strommangellage kommt dem Einsatz solcher Anlagen grössere Bedeutung zu, weshalb es weitergehende kantonale Vorgaben braucht (siehe Massnahmen E9a und E9b).
LW3	**Nachfolgeprogramm Ressourcenprojekt Ammoniakminderung** Für das am 31. Dezember 2017 auslaufende Ressourcenprojekt Ammoniakminderung BL sollte ein Nachfolgeprojekt entwickelt werden.	**Nicht umgesetzt** Ein Nachfolgeprojekt konnte aufgrund der neuen Bundesvorgaben nicht initiiert werden. Es werden heute aber mehr Massnahmen zur Reduktion der Ammoniakemissionen in der Landwirtschaft umgesetzt als zur Zeit des Ressourcenprojekts Ammoniak BL. Einige Massnahmen (u. a. die Pflicht zur Ausbringung der Gülle mit emissionsarmen Systemen, Abdeckung der Güllelager) sind mittlerweile im Rahmen der Revision 2022 in die LRV aufgenommen worden und deren Umsetzung Pflicht.
LW4	**Anträge an den Bund zur Reduktion der Ammoniakemissionen** Integration der Milchharnstoffwerte in das Modell Agrammon, Einrichtung einer zentralen Beratungsstelle Ammoniak und Reduktion der Laufflächen ohne Abstriche beim Tierwohl.	**Umgesetzt** Die Anträge wurden teilweise vom Bund angenommen. So wurde u. a. die Nationale Drehscheibe Ammoniak ins Leben gerufen. Auch die Integration der Milchharnstoffwerte in das Modell Agrammon wurde übernommen. Die Reduktion der Laufflächen ohne Abstriche beim Tierwohl wurde hingegen abgelehnt.
P1	**Verringerung der Wärmebelastung und Verbesserung der Durchlüftung im Siedlungsgebiet** Um das Stadtklima angemessen in der Planung berücksichtigen zu können, sind Klimakarten zu erstellen und ein Stadtklimakonzept zu entwickeln.	**Umgesetzt** Die Klimaanalysekarten wurden für beide Kantone erstellt. Das Stadtklimakonzept Basel-Stadt wurde in Kraft gesetzt und die darin enthaltenen Massnahmen werden sukzessive umgesetzt.

Tab. 15: Übersicht über umgesetzte, abzuschreibende und nicht weiterzuführende Massnahmen

6.3. Fortzuschreibende Massnahmen LRP 2016

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

Nr.	Bezeichnung / Massnahme	Status
V8	**Sicherstellung der Konformität der Fahrzeugemissionen**	Ab 2023 wird die Wirkungskontrolle bei Partikelfiltern national verbindlich und von den kantonalen Strassenverkehrsämtern umgesetzt. Um die Situation in Basel zu klären und Erkenntnisse über die Emissionen der Fahrzeuge in realen Verkehrssituationen zu erhalten, wurden 2018 und 2023 Messkampagnen mit einem Remote Sensing Detector (RSD) durchgeführt. Weitere Messungen sind vorgesehen.
V3	**Aktionsplan gesunde Luft in Wohnquartieren**	Die im letzten Statusbericht aufgeführten Massnahmen wurden im Wesentlichen umgesetzt oder stehen im Zusammenhang mit verkehrlichen Projekten mit langfristigem Realisierungshorizont (deutlich nach 2030) und können abgeschrieben werden. Die neu entwickelten Massnahmen Tempo 30 und die Einrichtung einer Umweltzone werden weiterverfolgt.
S1	**Landseitige Elektrifizierung der Liegeplätze**	Die Umsetzung erfolgt über mehrere Jahre. Die Massnahme wird entsprechend weitergeführt.
IG3	**Reduktion der VOC-Emissionen in Betrieben**	Die Lösungsmittel-Anwendungen in Industrie und Gewerbe konnten nochmals deutlich gesenkt werden. Das Ziel gemäss LRK Bund haben die Kantone BS und BL erfüllt. Die Massnahme hat sich bewährt und soll weitergeführt werden.
LW1	**Verbot der offenen Verbrennung von Schlagabraum und Grünmaterial in der Wald- und Landwirtschaft zum Zwecke der Entsorgung**	Der Grossteil des Obstbaumschnitts wird heute energetisch verwertet. Das erfolgreiche Projekt wird weitergeführt und vom Ebenrain aktiv begleitet. Aufgrund der sehr erfolgreichen Umsetzung erübrigt sich ein gesetzliches Verbot der offenen Verbrennung.
Q1	**Interreg V Projekt Verringerung Umweltbelastungen**	Das Interreg V Projekt «Atmo-Vison» wurde erfolgreich abgeschlossen. Mit dem Nachfolgeprojekt Interreg VI «Atmo-Rhena plus» sollen die eingeleiteten Massnahmen weitergeführt werden.

Tab. 16: Übersicht der fortzuschreibenden Massnahmen

6.3.1. Massnahme V3: Aktionsplan gesunde Luft in Wohnquartieren (LRP 2007)

Im LRP 2007 wurde die Massnahme V3 «Aktionsplan gesunde Luft in Wohnquartieren» aufgenommen und im LRP 2010 und LRP 2016 weitergeführt. Die Massnahme V3 hat das Ziel, Wohngebiete mit hoher lufthygienischer Belastung zu sanieren und nachhaltig zu entlasten. Entlang verkehrsorientierter Strassen kommt es noch zu Überschreitungen des NO_2-Immissionsgrenzwert von 30 µg/m^3. Insgesamt waren im Jahr 2010 rund 40 % der städtischen Bevölkerung oder rund 80'000 Personen einer übermässigen NO_2-Belastung von mehr als 30 µg/m^3 ausgesetzt. Im Jahr 2015 waren es rund 30 % oder rund 60'000 Personen. Im Jahr 2020 sind es noch 9 % oder rund 19'000 Personen.

Der von der Regierung im Jahr 2013 genehmigte Synthesebericht «Aktionsplan gesunde Luft in Wohnquartieren im Kanton Basel-Stadt» enthielt mehrere Massnahmenvorschläge zur Verbesserung der Luftschadstoffbelastung in den Quartieren Neubad, Breite und Gundeldingen sowie für die Feldbergstrasse, welche teilweise umgesetzt wurden (z. B. Tempo-30 Holeestrasse) oder in die kantonale bzw. Bundesplanung (z. B. Rheintunnel) eingeflossen sind.

Seither kamen teilweise neue Massnahmenvorschläge dazu, Massnahmen wurden umgesetzt oder es stellte sich heraus, dass Massnahmen im Rahmen grösserer Verkehrsprojekte erst langfristig (deutlich nach 2030, z. B. Rheintunnel) realisierbar sind und ihre Wirkung zeitlich erst weit hinter einer lufthygienischen Sanierung mittels der voraussehbaren Erneuerung des Fahrzeugbestandes entfalten könnten. Im Rahmen der bislang

realisierten Fortschritte durch die Verjüngung der Fahrzeugflotte und der bereits umgesetzten Massnahmen sind auch einige der erwähnten Quartiere bereits heute bezüglich NO_2 und PM10 lufthygienisch saniert.

6.3.1.1. Abzuschreibende und neue Massnahmen V3

Folgende bislang geführte Massnahmen im Rahmen des Aktionsplans werden abgeschrieben:

Quartier	Massnahme	Status bzw. Gründe für Abschreibung Massnahmen
Gundeldinger Quartier	ABAC ("Gundeldinger-Tunnel")	• Nur langfristig realisierbar. • ABAC wird als integraler Bestandteil eines «Westrings» mit Anschluss an die Nordtangente geplant werden.
	Quartier kann bezüglich NO_2 und PM10 als lufthygienisch saniert angesehen werden.	
Feldbergstrasse	Dosierung MIV Johanniterbrücke	• Nur langfristig relaisierbar: im Rahmen Tram 30, 2. Etappe
	Einführung Tempo 30 Feldbergstrasse	• Umgesetzt (ab Januar 2024, Messwerte nach Umsetzung stehen noch aus) • Die lufthygienisch positive Wirkung der Massnahme ist modelltechnisch nachgewiesen (siehe Kap. 6.3.1.7).
Breite/Zürcherstrassse (Höhe St. Albanteich)	Reduktion MIV durch ABAC, s. oben	• Nur langfristig realisierbar: s. oben
	Zürcherstrasse abseits der Osttangente kann bezüglich NO_2 und PM10 als saniert angesehen werden.	
Breite/Zürcherstrassse (Bereich Osttangente)	Rheintunnel / «Stot» (Strukturverbesserung Osttangente Basel)	• Nur langfristig realisierbar: Rheintunnel nicht vor 2038
Neubad	Kanalisierung Verkehr auf Laupenring	• Eine Kanalisierung - die über den (geringen) Effekt durch die Einführung von Tempo 30 in der Reiter/-Holleestrasse hinaus geht - hat sich als nicht zweckmässig erwiesen.
	Tempo 30 Reiterstrasse und Holleestrasse	• Umgesetzt
	Sanierung Heizzentrale Schulhaus Kaltbrunnen	• Umgesetzt
	Quartier kann bezüglich NO_2 und PM10 als lufthygienisch saniert angesehen werden.	
Grenzacherstrasse (neu nach 2013)	Umstellung BVB-Busse auf E-Busse	• E-Busse sind in der Grenzacherstrasse erst teilweise seit 2023 im Einsatz • Die vollständige Umsetzung erfolgt ab 2027

Tab. 17: Abzuschreibende Massnahmen V3

Folgende Massnahme wird neu in die Massnahme V3 aufgenommen:

Massnahmen	Erläuterung
Einführung von Tempo 30	• Für die Feldbergstrasse konnte auf Basis von RSD-Messungen und Geschwindigkeitsmessungen mit der Floating Car-Methode die Wirksamkeit von Tempo 30 zur Reduktion der Luftschadstoffe belegt werden. • Die Wirksamkeit ist abhängig von den lokalen Begebenheiten. Sie wird auf Hauptverkehrs- oder Hauptsammelstrassen mit lufthygienischen Problemen analog dem Vorgehen in der Feldbergstrasse evaluiert.

Tab. 18: Neue Massnahme V3

6.3.1.2. Erhebung Stickoxidbelastung im Rahmen der Massnahme V3

Um ein detaillierteres Bild der Stickoxidbelastung in Basel-Stadt zu erhalten, ist in den Jahren 2009, 2015 und 2022 das Messnetz mittels Passivsammler verdichtet worden. Hauptverursacher vor allem für NO_2 ist der motorisierte Verkehr. Deshalb erfolgte die Verdichtung des Messnetzes gezielt an dicht befahrenen Hauptverkehrsachsen.

Bei den Erhebungen im Jahr 2015 sowie 2022 sind weitgehend Stationen des Jahres 2009 erneut beprobt worden, sodass ein Vergleich über alle Jahre hinweg möglich ist. Generell ist festzustellen,

- dass seit den Vergleichsmessungen im Jahr 2009 die NO_2-Belastungen deutlich gesunken ist und an vielen Messorten der Immissionsgrenzwert von 30 µg/m^3 nun eingehalten wird;
- dass entlang stark verkehrsbelasteter Strassen immer noch die höchsten NO_2-Belastungen gemessen werden;
- dass abseits der Strassen die NO_2-Konzentration deutlich unterhalb des Immissionsgrenzwerts von 30 µg/m^3 liegt.

Die nachfolgenden NO_2-Messresultate der verschiedenen Standorte werden getrennt nach Grossbasel und Kleinbasel kommentiert. Die Verjüngung der Fahrzeugflotte ist zwar die treibende Kraft für den Rückgang der Schadstoff-Emissionen. Dennoch kann bis auf zwei Ausnahmen pauschal festgestellt werden, dass der leichte aber kontinuierliche Rückgang des MIV auf dem Stadtstrassennetz diesen Rückgang noch verstärken konnte. Denn gemäss Verkehrsindex hat der MIV auf den Stadtstrassen zwischen 2010 und 2019 um 8 % abgenommen, bis ins nur noch leicht «Corona-geprägte» Jahr 2022 gar um 16 %.

Zu den 25 Standorten in Grossbasel (Abb. 60) kann folgendes festgestellt werden (Messungen 2022):

- An sechs Standorten wird der NO_2-Jahresgrenzwert von 30 µg/m^3 überschritten. Das Ausmass der Überschreitung ist im Vergleich zu den vorangegangenen Jahren erheblich gesunken. An keinem der Standorte liegt der NO_2-Jahresmittelwert über 40 µg/m^3.
- An 13 Standorten liegt die Konzentration im Bereich zwischen 20 und 30 µg/m^3. 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).
- Standorte abseits des Einflusses des motorisierten Verkehrs weisen NO_2-Belastungen deutlich unterhalb des Grenzwerts auf. Beispiele sind der Petersplatz und der Kannenfeldpak. Diese Standorte geben den städtischen Hintergrund wieder, welcher bei rund 15 µg/m^3 liegt.
- An den meisten Standorten hat die NO_2-Konzentration seit dem Jahr 2009 abgenommen. Der Rückgang macht bis zu 20 µg/m^3 aus. Dies ist auf das verbesserte Emissionsverhalten und steigende Elektrifizierung der Fahrzeuge sowie den Verkehrsrückgang auf einzelnen Strassenabschnitten zurückzuführen.
- Nur an der Messstelle Flughafenstrasse/Luzernerring ist im Jahr 2022 eine deutliche Zunahme um 7 µg/m^3 und bei der Kreuzung Felix Platter-Spital beim Luzernerring eine leichte Zunahme um 2 µg/m^3 festzustellen. In beiden Fällen dürften sehr lokale und temporäre Gründe ausschlaggebend sein: Bei der Flughafenstrasse dürfte die 2021 eröffnete Baustelle für das Staatsarchiv/naturhistorische Museum der Grund sein, beim Felix Platter-Spital die veränderte Anlieferung durch den Spitalneubau und die Baustelle Westfeld.

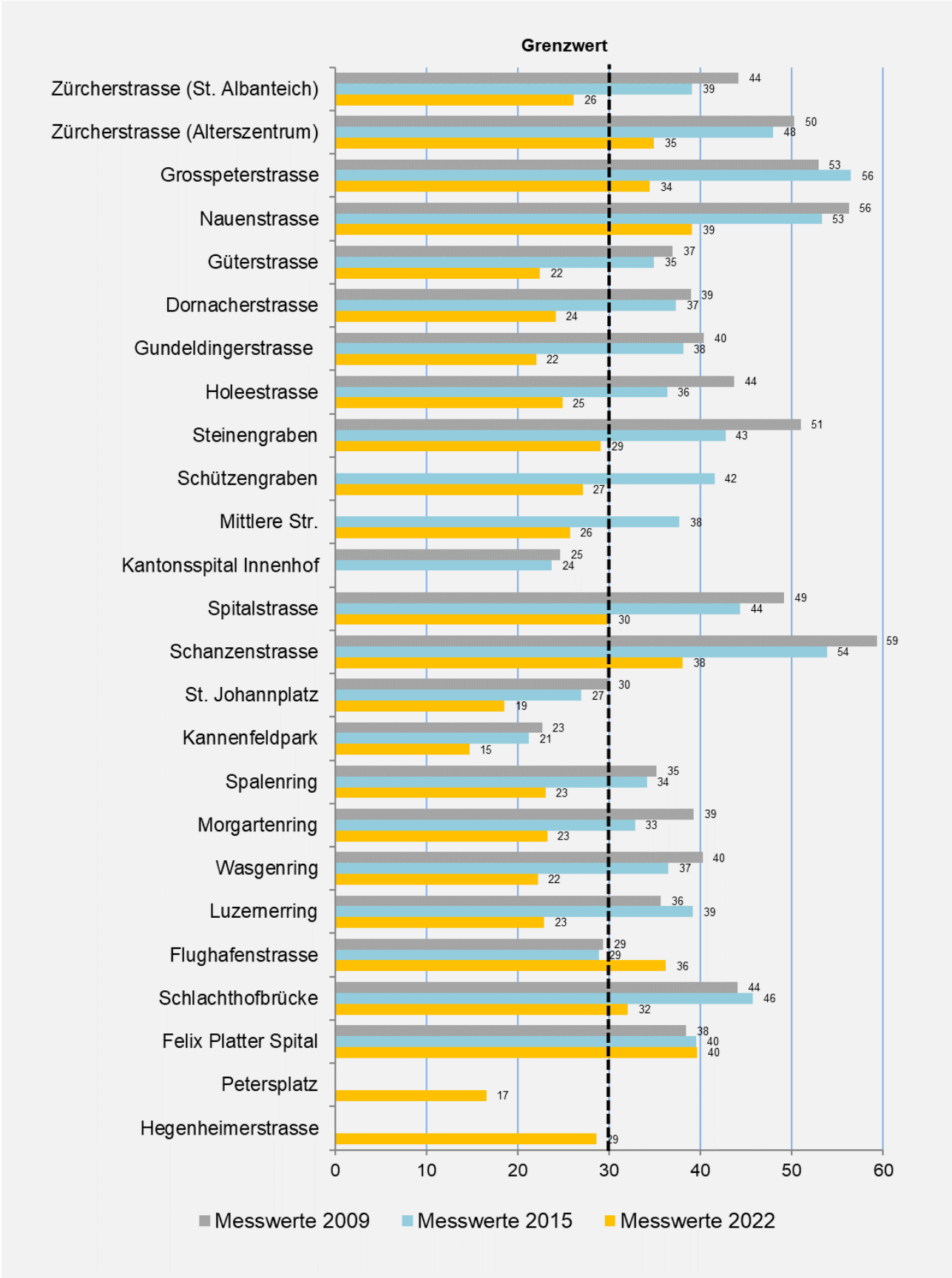


Abb. 53: NO_2-Jahresmittelwerte 2009, 2015 und 2022 an Standorten in Grossbasel (in µg/m³)

Zu den zehn Standorten in Kleinbasel (Abb. 61) lasst sich folgendes feststellen (Messungen 2022):

- Der NO_2-Jahresgrenzwert von 30 µg/m³ wird nur noch an drei Standorten überschritten. Das Ausmass der Überschreitung hat zudem erheblich abgenommen. Die höchsten NO_2-Belastungen um 40 µg/m³ werden an der Schwarzwaldallee gemessen.
- Werte im Bereich von 20 bis 30 µg/m³ werden an der Grenzstrasse, an der Wettsteinallee und am Claragraben gemessen.
- Die Messungen in den Langen Erlen geben die Situation am Rand der Stadt Basel wieder. Die NO_2-Immissionsbelastung liegt bei 15 µg/m³. Diese NO_2-Konzentration am Stadtrand liegt im selben Bereich wie in innerstädtischen Freiflächen.

An der Mehrzahl der Stationen hat die NO_2-Konzentration innerhalb der letzten Jahre sehr deutlich abgenommen, Erheblich ist der Rückgang an der Feldbergstrasse mit rund 15 µg/m³. Beim Wiesenkreisel ist der Rückgang mit 10 µg/m³ ebenfalls beträchtlich. An keinem Messort ist eine Zunahme festzustellen.

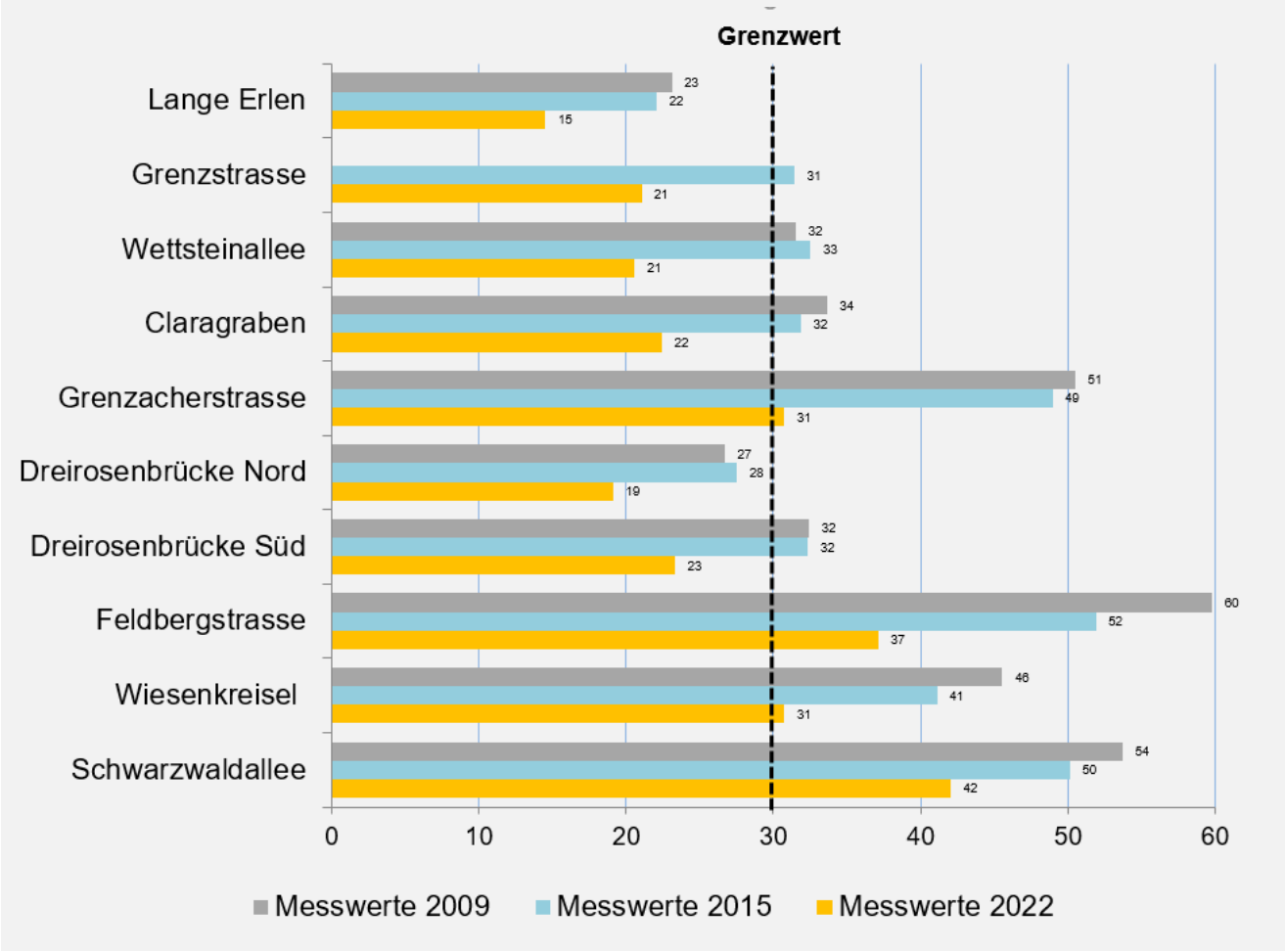


Abb. 54: NO_2-Jahresmittelwerte 2009, 2015 und 2022 an Standorten in Kleinbasel (in µg/m³)

6.3.1.3. Situation Gundeldinger Quartier

Auf den Durchfahrtsachsen durch das Gundeldinger Quartier (Güterstrasse, Dornacherstrasse, Gundeldingerstrasse) wird der NO_2-Jahresgrenzwert von 30 µg/m³ an keinem Standort mehr überschritten. Im Jahr 2022 lag die NO_2-Belastung in der Gundeldingerstrasse bei 22 µg/m³, in der Dornacherstrasse bei 24 µg/m³ und in der Güterstrasse bei 22 µg/m³. Im Vergleich zum Jahr 2015 nahm die NO_2-Belastung um rund 12 bis 16 µg/m³ ab. Dieser Rückgang ist einerseits auf den recht deutlichen Rückgang der Verkehrsbelastung sowie andererseits auf die Erneuerung des Fahrzeugbestandes mit emissionsärmeren Fahrzeugen zurückzuführen.

6.3.1.4. Situation Neubad Quartier

Entlang der Holeestrasse hat die NO_2-Belastung deutlich abgenommen. Im Jahr 2009 wurde eine NO_2-Jahreskonzentration von 44 µg/m³ gemessen, im Jahr 2022 waren es noch 25 µg/m³. Dieser Rückgang ist insbesondere auf die Sanierung der Heizzentrale im Schulhaus Kaltbrunnen auf die Erneuerung des Fahrzeugbestandes mit emissionsärmeren Fahrzeugen zurückzuführen.

6.3.1.5. Situation Zürcherstrasse und Breite

2022 lag die NO_2-Belastung an der Zürcherstrasse (Altersheim) bei 35 µg/m³, 13 µg/m³ weniger als im Jahr 2015. Wesentliche Teile des Quartiers liegen im Einflussbereich der Osttangente, weshalb es aktuell noch zu Überschreitungen der NO_2-Immissionen kommen kann. Mit der weiteren Erneuerung bzw. Elektrifizierung des Fahrzeugbestandes ist in den nächsten Jahren mit einer weiteren Reduktion der Belastung zu rechnen.

6.3.1.6. Situation Feldbergstrasse

An der Feldbergstrasse hat die NO_2-Konzentration innerhalb der letzten sieben Jahre um rund 15 µg/m³ abgenommen. Gleichzeitig hat auch der Verkehr im Westteil der Strasse bei der Johanniterbrücke von 13‘600 Fahrzeugen pro Tag auf 11‘900 Fahrzeuge pro Tag weiter abgenommen (Abb. 64). Zu dieser Verkehrsabnahme dürfte die schrittweise Umsetzung der Parkraumbewirtschaftung und des Verkehrskonzepts Innenstadt beigetragen haben, welche im Übrigen auch auf den anderen zwei „innerstädtischen“ Rheinbrücken festzustellen ist. Diese Massnahmen bewirkten 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.

In der Abb. 64 sind die Jahresmittelwerte der Stickstoffoxide NO und NO_2 an der Feldbergstrasse aufgeführt. Das Stickstoffmonoxid (NO) wird von den Fahrzeugen direkt ausgestossen, bevor es in der Umgebungsluft langsam zu Stickstoffdioxid (NO_2) umgewandelt wird. Das NO ist somit ein guter Gradmesser für die Beurteilung der Luftschadstoffbelastung durch den motorisierten Verkehr. Bei der Beurteilung der Immissionsbelastung ist immer auch die Verkehrssituation bzw. die Verkehrsbelastung miteinzubeziehen. Der Vergleich zwischen dem Verlauf der NO-Jahreswerte zum durchschnittlichen Tagesverkehr (DTV) zeigt diese Übereinstimmung exemplarisch auf. Seit dem Jahr 2003 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_2 Jahreswerte praktisch angeglichen.

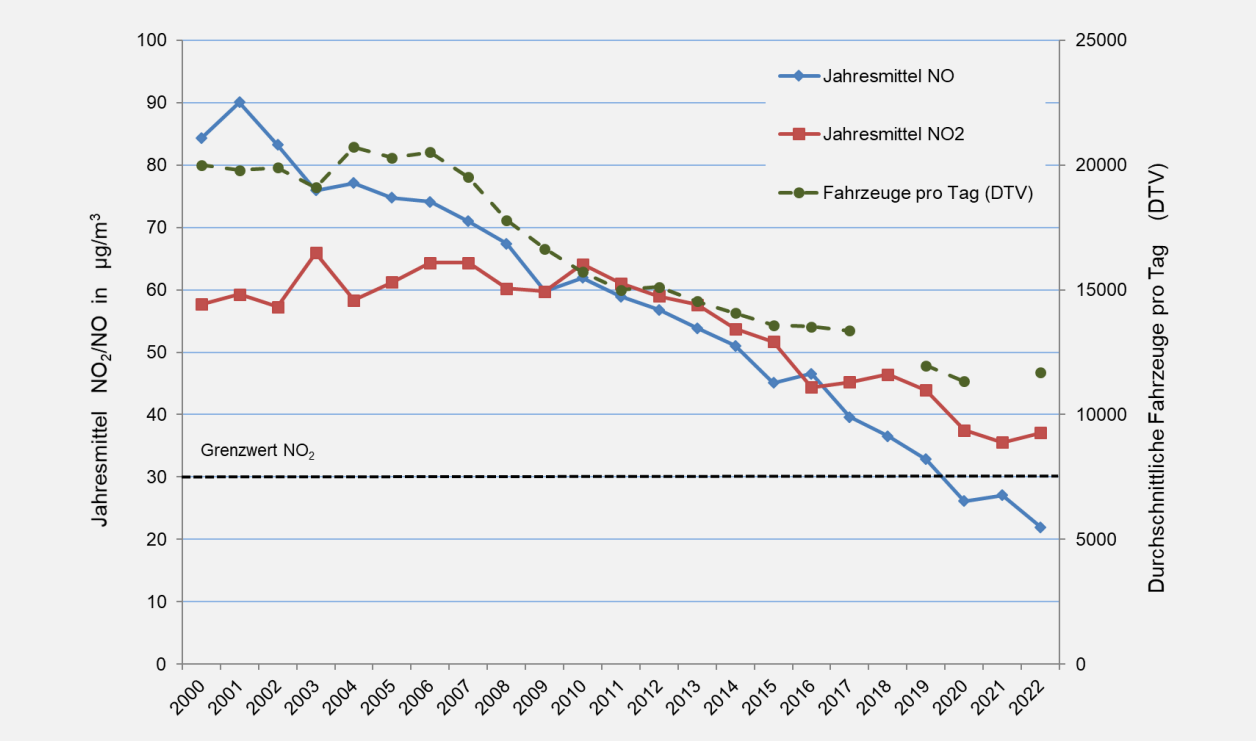


Abb. 55: Entwicklung Jahresmittelwerte Stickstoffoxide NO/NO_2 an der Feldbergstrasse

6.3.1.7. Modellierung Luftschadstoffbelastung Feldbergstrasse

Für die Feldbergstrasse wurde eine Detailmodellierung der NO_2- und PM10-Jahresmittelwerte unter Berücksichtigung der Gebäudestruktur durchgeführt. Für den Modellierungszeitpunkt 2021 betrug der gemessene NO_2-Jahresmittelwert an der permanenten Luftmessstation 37 µg/m^3.

Gemäss der Modellierung treten die höchsten NO_2-Werte entlang der gesamten Feldbergstrasse auf. Hier wird der Jahresgrenzwert von 30 µg/m^3 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 mit zunehmender Distanz zur Feldbergstrasse schnell deutlich ab. Die Luftschadstoffbelastung ist hier deutlich tiefer als entlang der Feldbergstrasse. Das geringere Verkehrssaufkommen und der fehlende Busverkehr wirken sich durch tiefere NO_2-Belastungen aus. Die Resultate dieser Modellierung sind durch Messungen bestätigt worden.

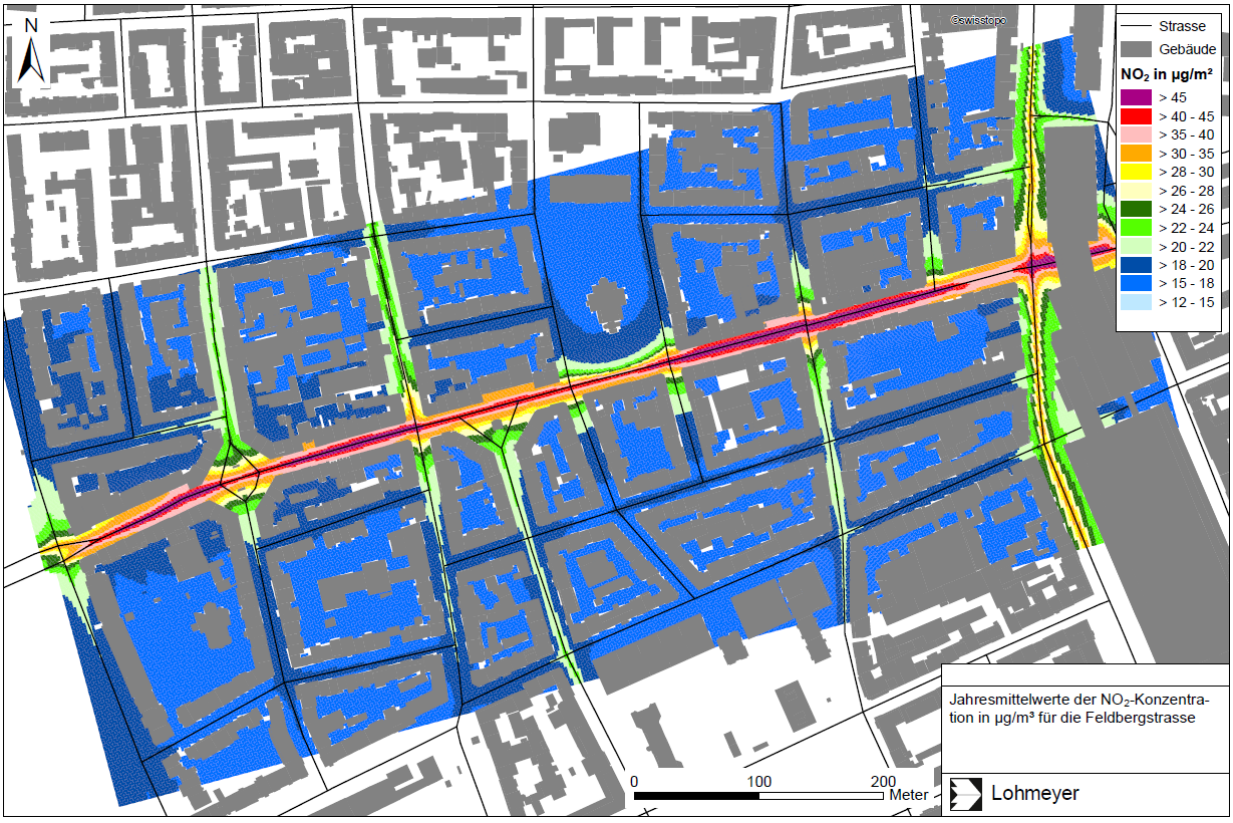


Abb. 56: Modellierte NO_2-Jahresmittelwerte 2021 an der Feldbergstrasse

Ein vergleichbares Bild zeigt sich beim Konzentrationsverlauf von PM10. Im Jahr 2021 lag die gemessene PM10-Belastung an der permanenten Messstation mit 21 µg/m^3 über dem Jahresgrenzwert von 20 µg/m^3. Die Modellierung zeigt, dass entlang der gesamten Feldbergstrasse der PM10-Jahresgrenzwert von 20 µg/m^3 teilweise überschritten wird.

Wie beim 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.

Auch beim PM2.5 lag im Jahr 2021 lag die Belastung an der permanenten Messstation mit 12 µg/m^3 über dem Jahresgrenzwert von 10 µg/m^3. Die Modellierung zeigt, dass entlang der gesamten Feldbergstrasse der PM2.5-Jahresgrenzwert von 10 µg/m^3 überschritten wird.

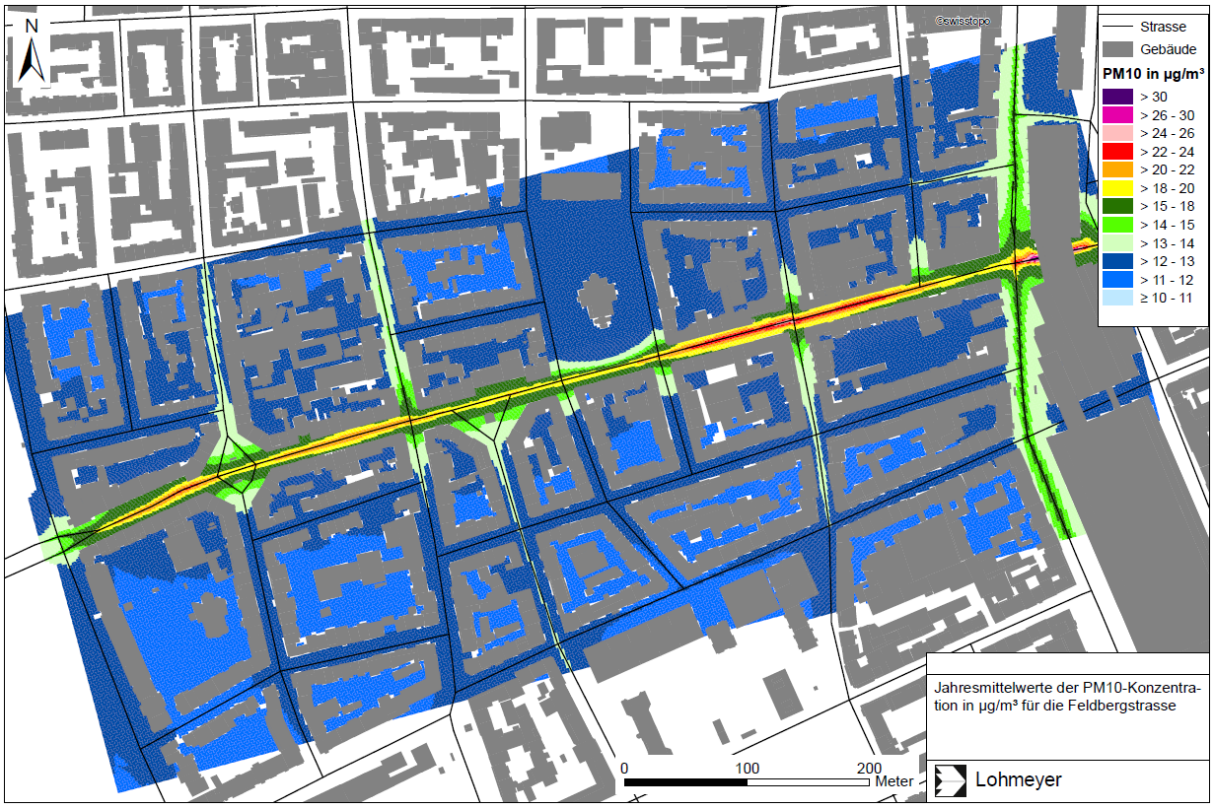


Abb. 57: Modellierte PM10-Jahresmittelwerte 2021an der Feldbergstrasse

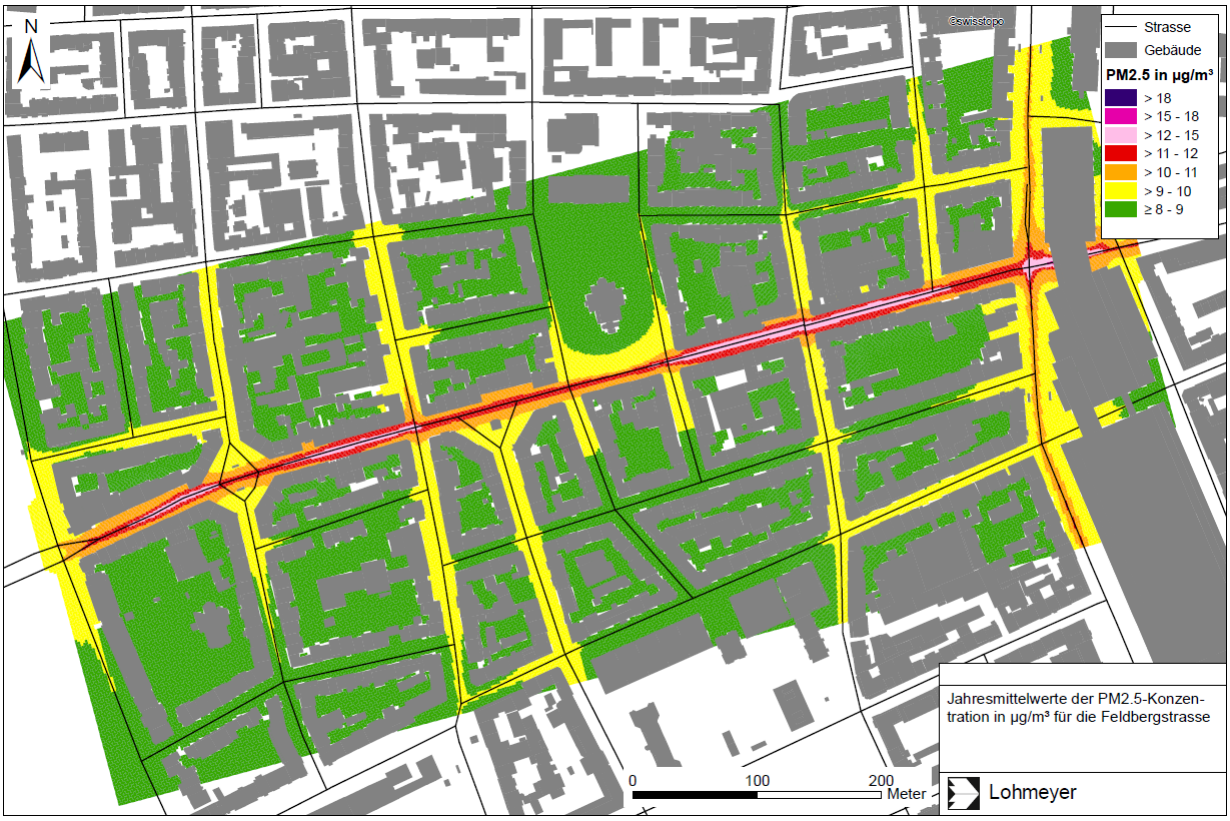


Abb. 58: Modellierte PM2.5-Jahresmittelwerte 2021 an der Feldbergstrasse

6.3.1.8. Bevölkerungsexposition Feldbergstrasse

Die berechneten Immissionswerte wurden mit den Daten der STATPOP überlagert. Anschliessend wurde die Zahl der Bewohnerinnen und Bewohner in den Wohnhäusern entlang der Feldbergstrasse[20] ermittelt, die in den entsprechenden Gebäudereihen mit grenzwert-überschreitenden Jahresmittelwerten zuzuordnen sind.

Die Tabelle 18 zeigt das Resultat der Betroffenheit für das Bezugsjahr 2021. Entlang der Feldbergstrasse sind 16% der Wohnbevölkerung übermässigen NO_2-Immissionen ausgesetzt. Betrachtet man die Anzahl betroffener Bewohnerinnen und Bewohner, welche sehr hohen Belastungen über 36 µg/m³ (entspricht dem 1.2-fachen des Jahresimmissionsgrenzwerts) ausgesetzt sind, so sind dies rund 6 % der Wohnbevölkerung.

Bei den PM10-Immissionen gibt es keine betroffenen Bewohnerinnen und Bewohner, bei den PM2.5-Immissionen sind es 12 %.

	Anzahl Bewohner	%
Wohnbevölkerung entlang Feldbergstr. Gesamt gemäss STATPOP	7370	100
Betroffene Bewohner in Wohngebäuden NO_2 >30 µg/m³	1180	16
Betroffene Bewohner in Wohngebäuden PM10 >20 µg/m³	0	0
Betroffene Bewohner in Wohngebäuden PM2.5 >10 µg/m³	914	12

Tab. 19: Betroffene Bewohnerinnen und Bewohner in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden Belastungen im Jahr 2021
(Wohnbevölkerung gesamt gemäss STATPOP und Anteil der Wohnbevölkerung in Wohngebäuden)

6.3.1.9. Untersuchung neue Massnahmen: Tempo 30 und Einführung einer Umweltzone

Aufgrund der Erkenntnisse aus der RSD-Messung im Jahr 2018 wurden mögliche Massnahmen für die Feldbergstrasse evaluiert. So wurden die emissionsseitigen Auswirkungen einer Reduzierung der Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h und die Einführung einer Umweltzone in der Feldbergstrasse auf die Luftqualität untersucht.

Einführung Tempo 30

Die emissionsseitigen Auswirkungen einer Reduzierung der Höchstgeschwindigkeit auf 30 km/h hängen stark von den streckenspezifischen Gegebenheiten ab. Aus diesem Grund wurde zur Erfassung der Fahrprofile bei Tempo 50 an einem Werktag Messfahrten nach der „floating car"-Methode (FCD) durchgeführt. Beim FCD fährt das Fahrzeug im normalen Verkehrfluss mit und eine Datenerfassung zeichnet u. a. die Wartezeit vor Ampeln und die Fahrgeschwindigkeiten auf. An einem weiteren Werktag wurde zudem das Fahrverhalten bei Tempo 30 simuliert. Dazu wurden sogenannte Musterfahrten durchgeführt, bei denen unabhängig vom übrigen Verkehrsfluss mit einer Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h gefahren wurde. Insgesamt wurden rund 120 Messfahrten in der Feldbergstrasse durchgeführt.

Auf der Grundlage der vorliegenden Datenauswertung der RSD Messungen (u. a. Flottenzusammensetzung, Emissionsverhalten) und den ermittelten Fahrkurven mittels FCD wurden anschliessend mit dem Programm PHEM (**P**assenger car and **H**eavy duty vehicle **E**mission **M**odel) der Technischen Universität Graz abschnitts- und richtungsdifferenzierte Emissionsfaktoren je Fahrzeugkategorie generiert. Das Programm PHEM enthält eine Datenbank aller bisher gemessen Fahrzeugkategorien und deren spezifischen Motorenemissionsverhalten bei jeder Verkehrssituation. Die aus dem PHEM generierten Emissionsfaktoren kommen den realen Fahrzeugemissionen deshalb sehr nahe. Die bisherigen Modellierungen erfolgten rein mit dem «Handbuch Emissionsfaktoren des Strassenverkehrs» (HBEFA, BAFU), welches nur grobe Verkehrssituationen enthält. Unter Einbeziehung der meteorologischen Verhältnisse (u. a. lokale Windstatistik), der Bebauungssituation und den Emissionen des Verkehrs wurde anschliessend die NO_2-Immissionsbelastung für die gesamte Feldbergstrasse modelliert.

Die Modellberechnungen zeigten, dass mit einer Tempo 30-Regelung entlang der Feldbergstrasse eine Immissionsreduktion um bis zu 3 µg/m³ erreicht werden kann. Das Bau- und Verkehrsdepartement wurde in der

[20] Ganze Feldbergstrasse von Rhein bis Riehenring mit einer Bandbreite von je 100 Meter auf beiden Seiten.

Folge beauftragt, das Verfahren zur Einführung einer Höchstgeschwindigkeit von 30 km/h in der Feldbergstrasse einzuleiten. Die Verfügung zur Einführung von Tempo 30 zwischen Johanniterbrücke und Riehenring in der Feldbergstrasse wurde am 17. März 2021 im Kantonsblatt publiziert. Gegen diese Verfügung wurde ein Rekurs eingelegt. Das Appellationsgericht hat zwar den Rekurs abgelehnt, die unterlegenen Rekurrenten haben das Urteil beim Bundesgericht angefochten. Mit Entscheid vom 7 Juli 2023 (1C_513/2022) hat das Bundesgericht die Beschwerden gegen die Massnahme abgelehnt. Die Massnahme wurde im Januar 2024 umgesetzt.

Fazit: Die Untersuchungen zur Einführung von Tempo 30 in der Feldbergstrasse haben gezeigt, dass diese Massnahme hier eindeutig zu einer Reduktion der Belastung führen wird. Im Rahmen der Weiterführung der Massnahme V3 sollen weitere Umsetzungsmöglichkeiten von Tempo 30 in der Stadt Basel untersucht werden.

Einführung einer Umweltzone

Aufgrund von gesetzlichen Vorgaben und kommunalen bzw. regionalen Luftreinhalteplänen zur Immissionsminderung wurden in Deutschland als Massnahme sogenannte Umweltzonenregelungen eingeführt, die mittels Einschränkungen vor allem für dieselbetriebene Fahrzeuge permanent zur Senkung der verkehrsbedingen Emissionen führen sollen. So gilt z. B. seit 1. Januar 2019 in der Umweltzone Stuttgart - also im gesamten Stadtgebiet - ein ganzjähriges Fahrverbot für alle Fahrzeuge mit Dieselmotoren der Emissionsklasse Euro 4 und schlechter.

Auch in Frankreich wurde 2016 eine Umweltzonenregelung eingeführt inkl. entsprechende Umweltplaketten (Crit'air). Diese Umweltzonen umfassen hauptsächlich Städte bzw. Ballungsgebiete mit erhöhten Feinstaubwerten. Seit 1. November 2017 gibt es auch in Strasbourg eine entsprechende Umweltzone. Das Ziel ist, langfristig die Stickoxid- und Feinstaubemissionen zu senken und somit die Luftschadstoffbelastung zu reduzieren.

Eine verkehrsreduzierende oder -beruhigende Massnahme muss mittels Signalisation angegeben werden. Für eine Umweltzone (d.h. ein Fahrverbot für gewisse Fahrzeugklassen) braucht es eine gesetzliche Grundlage im Strassenverkehrsrecht des Bundes, welche heute nicht zur Verfügung steht. Eine entsprechende Vorlage wurde im Jahr 2010 durch das Eidgenössische Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK in die Vernehmlassung gegeben. Die Mehrheit der Kantone lehnte die Einführung einer solchen Zone ab. Der Kanton Basel-Stadt hingegen begrüsste den Vorschlag.

Die von Nationalrätin Evi Allemann eingereichte Motion «Umweltzonen zum Schutz vor gesundheitsgefährdender Luftverunreinigung ermöglichen» (17.3569) wurde am 4. Juni 2019 vom Nationalrat deutlich abgelehnt. Mit der Motion hätten die gesetzlichen Grundlagen geschaffen werden sollen, um den Kantonen die Möglichkeit zu geben, in bestimmten Zonen Fahrzeuge zu verbieten, sei es ständig oder temporär.

Für die Wirkungsbeurteilung einer möglichen Umweltzonenregelung in der Feldbergstrasse, wurde eine Durchfahrtsbeschränkung unter folgender Abstufungen zu Grunde gelegt:

- Umweltzone 1: Verbot für Fahrten mit Dieselmotoren der Abgasnorm unter EURO 4;
- Umweltzone 2: Verbot für Fahrten mit Dieselmotoren der Abgasnorm unter EURO 5;
- Umweltzone 3: Verbot für Fahrten mit Dieselmotoren der Abgasnorm unter EURO 6.

Die Immissionsberechnungen zeigten eine Minderung der NO_2-Belastung auf allen betrachteten Strassenabschnitten, wobei die Umweltzonenregelungen 1 und 2 nur in geringem Umfang wirken. Mit einer Umweltzonenregelung 3 (Einschränkung dieselbetriebenen Fahrzeuge bis und mit Euro 5) werden deutliche Minderungen der Immissionsbelastung von bis zu 30 % erzielt. Da viele ältere Dieselfahrzeuge über keinen Partikelfilter verfügen, können mit einer Umweltzonenregelung auch die Dieselrussemissionen reduziert werden.

Gestützt auf der Massnahme V3 «Aktionsplan gesunde Luft» beantragte der Regierungsrat des Kantons Basel-Stadt mit Schreiben vom 24. Juni 2020 beim Bundesrat den Erlass einer befristeten Verordnung, um ein Pilotprojekt «Umweltzone in Basel» durchführen zu können. Auch der Kanton Genf beantragte zur selben Zeit die Durchführung eines Umweltzonenversuchs. Beide Anträge wurden vom Eidg. Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK) bzw. dem Bundesamt für Strassen (ASTRA) zwar abgelehnt. Das ASTRA hat in der Folge beim Schweiz. Städteverband um eine Einschätzung der Städte zur Dringlichkeit des Anliegens gebeten. Dabei hat sich gezeigt, dass nicht nur die gesuchstellenden Städte Genf und Basel an einem bundesrechtlichen Rahmen interessiert sind, der es ihnen erlaubt, Umweltzonen zu signalisieren. Sämtliche weiteren grossen und auch einige der mittleren Städte sprachen sich für einen zusätzlichen Hand-

lungsspielraum aus, um eine weitere konkrete Möglichkeit zu haben, die lufthygienischen Sanierung von Quartieren voranzutreiben und um die städtischen und nationalen Klimaziele zu erreichen, zu deren Erreichen Umweltzonen einen Beitrag leisten können.

Der Kanton Basel-Stadt hat anlässlich des Jahresgesprächs mit der Direktion des BAFU vom 28. August 2023 erneut auf dieses Thema hingewiesen. Das BAFU teilte bei dieser Gelegenheit mit, dass der Bund nicht beabsichtigt, eine Verordnung zu erlassen, die die Einrichtung von Umweltzonen ermöglicht. Aus diesem Grund verzichtet der Kanton Basel-Stadt auf weitere Aktivitäten.

6.3.2. Massnahme V8: Sicherstellung der Konformität der Fahrzeugemissionen

Der motorisierte Strassenverkehr ist eine wichtige Quelle von Luftschadstoffen. Dieser stösst im Kanton Basel-Stadt und Basel-Landschaft rund 60 % der gesamten NO_x-Emissionen aus. Deshalb wird die Fahrzeugabgasgesetzgebung laufend nach dem Stand der Technik verschärft. Insgesamt haben die NO_2-Belastungen jedoch nicht so stark abgenommen, wie es eigentlich aufgrund der laufend verschärften Abgasnormen erwartet werden sollte. Um die Emissionsgrenzwerte zu kontrollieren, werden neue Fahrzeuge bei der Typenzulassung unter Laborbedingungen auf einem Rollenprüfstand gemessen. Im Zug des sogenannten «Dieselskandals» wurde allerdings deutlich, dass Manipulationen des Abgasreinigungssystems von Dieselfahrzeugen durch die Motorensteuerungssoftware vorgenommen wurden, die zu einem erhöhten NO_x -Ausstoss im realen Fahrbetrieb führen.

Um die Situation in Basel zu klären und Erkenntnisse über die Emissionen der Fahrzeuge in realen Verkehrssituationen zu erhalten, wurde während der Monate Juli bis September 2018 an der Feldbergstrasse, am Wettsteinplatz und an der Zürcherstrasse eine Messkampagne mit einem Remote Sensing Device (RSD) durchgeführt. Das RSD ist ein System zur berührungsfreien Messung von Schadstoffkonzentrationen im Abgas vorbeifahrender Fahrzeuge.

Die Resultate der Messungen im 2018 zeigten, dass bei den benzinbetriebenen Fahrzeugen die NO_x-Emissionen der Abgasnorm entsprechen. Hingegen wurden bei den dieselbetriebenen Personen- und Lieferwagen folgende Erkenntnisse gewonnen:
- Dieselfahrzeuge emittieren je nach Abgaskategorie zwischen Euro 2 und Euro 6b bis rund fünfmal mehr NO_x als gesetzlich vorgeschrieben und bis zehnmal mehr als Benzinfahrzeuge;
- Bei den neuesten Dieselfahrzeugen der Abgasnorm Euro 6c liegen die NO_x-Emissionen im realen Fahrbetrieb hingegen im Bereich des Grenzwerts. Die Stichprobe ist allerdings noch klein und die Resultate sollten durch weitere Messungen validiert werden.

Die EU führt nun schrittweise Verbesserungen bei den Prüfverfahren zur Typengenehmigung von neuen Fahrzeugen ein, die auch für die Zulassung in der Schweiz gelten. Im Herbst 2017 wurde der veraltete Fahrzyklus nach NEDC (New European Driving Cycle) durch den WLTC (Worldwide Harmonized Light Vehicles Test Cycle) ersetzt, der das reale Fahrverhalten auf dem Prüfstand (Labortest) besser abbildet. Die neue Abgasnorm Euro 6d-TEMP sieht zudem seit dem 1. September 2017 eine zusätzliche Prüfmessung im realen Strassenverkehr vor, und zwar in zwei Stufen:
- In der ersten Stufe mussten die Fahrzeuge auf der Strasse unter Beweis stellen, dass sie nicht mehr als das 2,1-Fache des gesetzlich geltenden Grenzwerts für den Labortest an NO_x-Emissionen emittieren;
- Seit dem 1. Januar 2020 darf die Abweichung den Faktor 1.3 zum Labortest nicht überschreiten.

Im Jahr 2023 wurden erneut Messungen an der Feldbergstrasse und an der Zürcherstrasse durchgeführt.[21] Mit dem Messstandort Bruderholzstrasse in Bottmingen kam auch ein Standort im Kanton Basel-Landschaft zur Messreihe hinzu. Im Vergleich zur letzten Messungen standen für die Auswertung auch die Daten der deutschen und französischen Fahrzeuge zur Verfügung. Insgesamt konnten die Messdaten von rund 67'000 ausgewertet werden. Dieses setzten sich zu 49 % aus benzinbetriebenen und zu 40 % aus dieselbetriebenen Fahrzeugen sowie 8 % Hybridfahrzeuge zusammen. Lediglich 3 % der Fahrzeuge waren vollelektrisch unterwegs.

[21] Abgasmessungen im Strassenverkehr mittels Remote Sensing (RSD). Resultate Messkampagne Basel & Bottmingen (BL) 2023, LHA 2023.

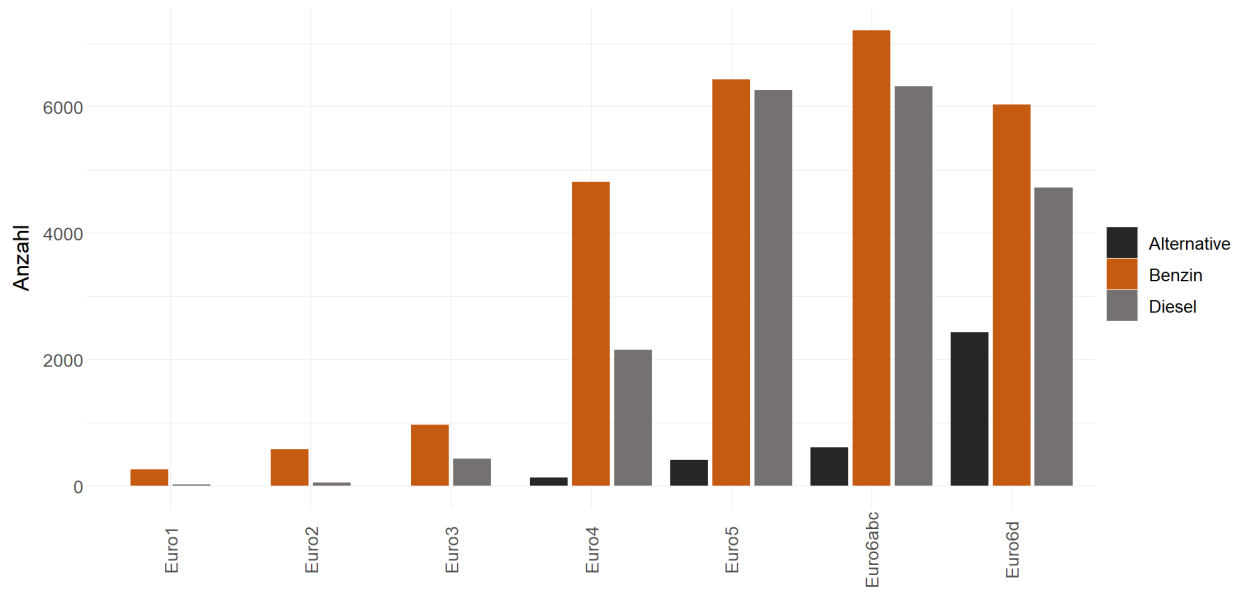


Abb. 59: Häufigkeitsverteilung der Anzahl an Messwerten nach Abgasnorm

Rund 54 % der gemessenen Fahrzeuge erfüllten die Emissionsnorm Euro 6a bis 6d und rund 26 % die Norm EURO 5, während EURO 4-Fahrzeuge nur noch rund 14 % ausmachten. Ältere Euroklassen sind mittlerweile nur noch wenige im Verkehr (ca. 5 %). Insbesondere Lieferwagen erfüllen in der Regel mindestens die Norm EURO 5. Fahrzeuge mit alternativem Antrieb erfüllen die neusten Abgasnormen (überwiegend EURO 6d). Lieferwagen waren über 80 % dieselbetrieben und der Anteil alternativer Antriebe ist hier deutlich geringer als bei den Personenwagen.

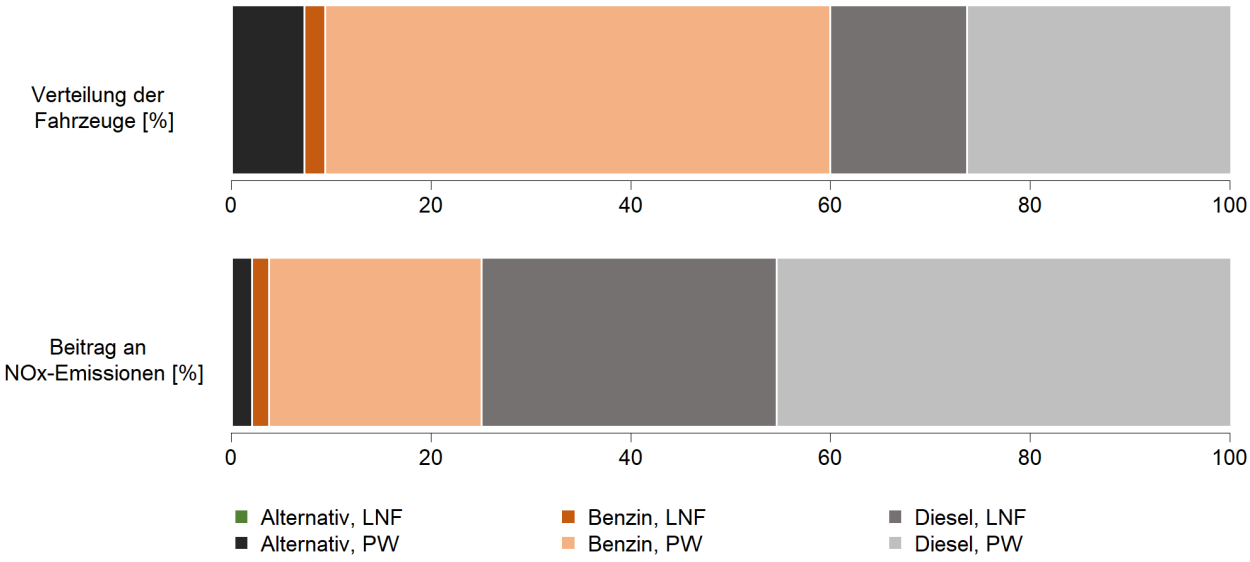


Abb. 60: Verteilung der Fahrzeuge nach Antriebsart
Oberer Balken: Flottenzusammensetzung, Unterer Balken: Relativer Beitrag zu NO_x-Emissionen nach Antriebsart

Die relative Verteilung der rund 50'000 Fahrzeuge mit Verbrennungsmotor nach Antriebs- und Fahrzeugart ist in Abbildung 60 dargestellt. Der untere Balken zeigt den Anteil an NO_x-Emissionen. Obwohl der Anteil der Dieselfahrzeuge rund 40 % beträgt, sind diese für rund drei Viertel der NO_x-Emissionen verantwortlich. Davon sind rund 30 % der Emissionen auf dieselbetriebene Lieferwagen zurückzuführen. Lieferwagen machen einen Anteil von weniger als etwa 20 % der Fahrzeuge im Verkehrsmix aus und sind hauptsächlich dieselbetrieben.

Plug-In-Hybridfahrzeuge (aufsummiert unter Alternativ) tragen nur zu einem geringen Teil zu den NO_x-Gesamtemissionen bei. Die Messungen zeigten, dass nur 17 % der Plug-In-Hybridfahrzeuge im elektrischen Betrieb gefahren wurden.

Untenstehende Wolkengrafik zeigt schematisch die NO_x-Emissionen im Strassenverkehr als Mittelwerte über die jeweilige Abgasnorm (EURO 1 bis EURO 6). Die vorliegenden RSD Messungen verdeutlichen, dass es über mehr als 20 Jahre, bis zur Einführung der EURO 6 Abgasnorm, keine nennenswerte, abnehmende Entwicklung der NO_x-Emissionen von Dieselfahrzeugen im Strassenverkehr gibt. Die Emissionen liegen auf der Strasse um Faktoren höher als bei der Typenzulassung auf dem Rollenprüfstand. Dies wird durch weitere, internationale Remote Sensing Messungen bestätigt.

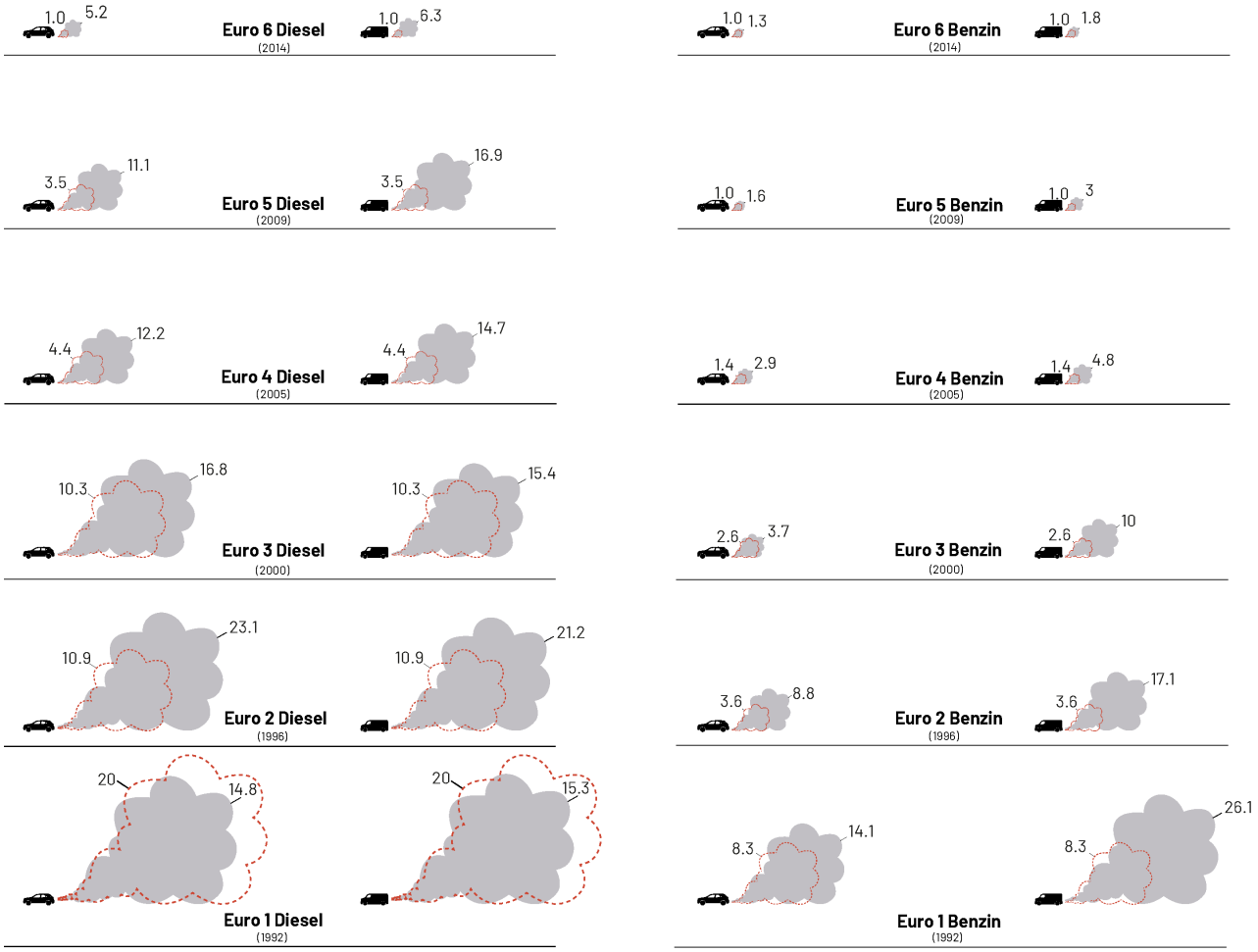


Abb. 61: Mittlere NO_x-Emissionen in g/kg Treibstoff als schematische Übersicht
Die ausgefüllten grauen Abgaswolken symbolisieren die mittlere NO_x Emission aus dem Strassenverkehr. Offene, rote Abgaswolke zeigen die Grenzwerte aus der Typenzulassung an (umgerechnet in g/kg Treibstoff). Zahlen rechts über der grauen Abgaswolke = reale NO_x Emission (g/kg Treibstoff), Zahlen links über roten Abgaswolke = Grenzwert der Typenzulassung (g/kg Treibstoff).

Es hat eine deutliche Verjüngung der Fahrzeugflotte im Vergleich zu 2018 stattgefunden, wobei insbesondere Lieferwagen schneller ersetzt werden wie Personenwagen. Dieselbetriebene Fahrzeuge sind nach wie vor für über 75 % der NO_x-Emissionen verantwortlich, obwohl deren Flottenanteil bei den Messstandorten bei 40 % lag. Trotz der Flottenverjüngung sind viele EURO 5-Dieselfahrzeuge auf den Strassen unterwegs, welche erheblich höhere Stickoxidemissionen verursachen und somit eine weiterhin bedeutende Rolle für die Gesamtbelastung spielen. Die beobachteten Emissionsüberschreitungen von Dieselfahrzeugen bewirken eine Verzögerung bezüglich des Absenkpfads der NO_2-Belastungen. Eine Verbesserung der Luftqualität wird auf Grund dieser Fahrzeuge weiter verzögert. Sehr erfreulich ist hingegen, dass bei der neuesten Euroklasse 6d nur noch geringe Überschreitungen der Emissionsgrenzwerte festgestellt werden. Dies stellt einen Fortschritt dar, insbesondere im Vergleich zu älteren Dieselmodellen.

Zwar tragen Plug-In-Hybridfahrzeuge nur zu einem geringen Teil zu den NO_x-Gesamtemissionen bei. Die Messungen zeigten, dass nur 17 % der Plug-In-Hybridfahrzeuge im elektrischen Betrieb gefahren wurden.

In der Europäischen Union ist eine Abgasnorm EURO 7 in Vorbereitung, voraussichtlich mit weiteren Grenzwertverschärfungen und der Berücksichtigung von Kaltstart-Emissionen. Um die Entwicklung der Fahrzeugemissionen und die damit verbundene Flottenverjüngung in der Region Basel auch in Zukunft verfolgen zu können, wird angestrebt, in vier bis fünf Jahren eine weitere RSD-Messkampagne durchzuführen. Weiter sollen Plug-In-Hybridfahrzeuge auf deren jeweiligen Fahrtmodus im Strassenverkehr untersucht werden.

6.3.3. Massnahme S1: Landseitige Elektrifizierung der Liegeplätze

Im Rahmen der Untersuchungen zum „Aktionsplan Gesunde Luft in den Wohnquartieren“ wurden auch die Rheinschifffahrtsemissionen analysiert. Die Immissionsmodellierungen zeigten, dass die Emissionen aus den Schiffsmotoren zu einer Zusatzbelastung und teilweise zu Grenzwertüberschreitung führen können. Die damals am St. Johann Pier 1 und Pier 2 durchgeführten Immissionsmessungen zeigten, dass die Nachrüstung der Liegeplätze zur Einhaltung der NO_2-Immissionswerte führt.

Die Massnahme S1 sieht vor, mittels einer landseitigen Elektrifizierung aller bestehenden und geplanten Liegeplätze in Basel-Stadt die NO_x- und Dieselruss-Emissionen an den Schiffsstandorten zu reduzieren. Davon ausgenommen sind aus Sicherheitsgründen diejenigen Standorte in Ex-Zonen.

Aufgrund der Aktualisierung der verwendeten Emissionsfaktoren basierend auf neusten Studien, welche tendenziell tiefere Emissionswerte aufweisen, wurden die Schiffsemissionen durch die Firma INFRAS neu berechnet. Mit den neu erfassten Schiffsverkehrsdaten und Emissionsdaten des Schiffsverkehrs ergeben sich gegenüber den Immissionsberechnungen von 2015 deutlich geringere NO_2-Immissionen. Um die Modelldaten zu verifizieren wurden im Jahr 2022 entlang dem Rhein und im Hafengebiet die NO_2-Belastung ein Jahr lang gemessen. Die Messwerte zeigen, dass der NO_2-Jahresgrenzwert von 30 µg/m^3 an allen gemessenen Standorten deutlich eingehalten wird.

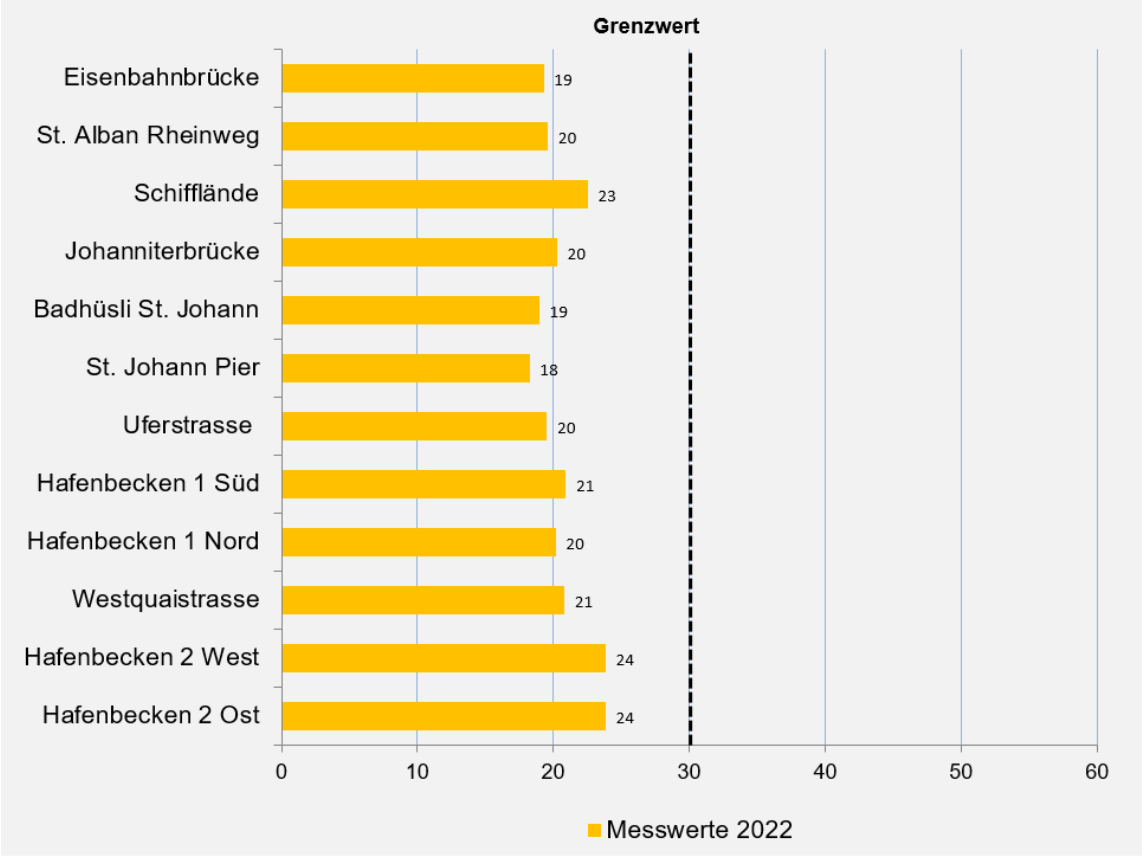


Abb. 62: NO_2-Jahresmittelwerte 2022 an Standorten entlang dem Rhein und im Hafengebiet (in µg/m^3)

Von grosser Bedeutung bei den Schiffsmotoren sind die Partikelemissionen von rund einer Tonne, da diese hauptsächlich aus krebserregendem Dieselruss bestehen. Da Dieselruss dem Minimierungsgebot gemäss Anhang 2 Ziffer 82 LRV unterstellt ist, sind diese so weit zu begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.

Die Gesamtemissionen aus der Rheinschifffahrt werden in Zukunft weiter zurückgehen. Dies ist dem Umstand zuzuschreiben, dass über die Flottenerneuerung die Schiffe nach und nach sauberer werden – ein Prozess, der aufgrund langer Lebensdauer der Schiffe allerdings relativ langsam vor sich geht. In der Binnenschifffahrt erlässt der «Europäische Ausschuss zur Ausarbeitung von Standards im Bereich der Binnenschifffahrt (CESNI)» technische Vorschriften für die Binnenschiffe[22], die durch die Zentralkommission für die Rheinschifffahrt (ZKR) gesetzlich festgelegt werden. Für neue Schiffe und bei Motorenersatz von bestehenden Schiffen ist die Pflicht zum Einbau von Partikelfiltern gesetzlich vorgegeben.

Einige Hafenareale sollen in den kommenden Jahren ganz oder teilweise neu genutzt werden, bei gleichzeitiger Verlagerung der Hafen- und Logistikinfrastruktur. Aufgrund der Transformation im Rahmen der Hafen- und Stadtentwicklung ist es zum heutigen Zeitpunkt noch nicht möglich, alle Liegestellen mit Landstrombezugsstellen auszurüsten. Die Ausrüstung ist mit erheblichen Kosten verbunden, weshalb im Sinn der Nachhaltigkeit und eines haushälterischen Einsatzes der zur Verfügung stehenden finanziellen Mittel bisher darauf verzichtet wurde.

Mit der Überweisung der Motion Heidi Mück und Konsorten betreffend «Einhaltung des Luftreinhalteplans 2016: Stromanschlüsse für Schiffe im Basler Rheinhafen» erteilte der Grosse Rat dem Regierungsrat den Auftrag, bis zum 16. Februar 2026 über die Umsetzung der etappierten Massnahmen Bericht zu erstatten.

Für die folgenden Liegestellen, welche noch keine Möglichkeit eines Landstrombezugs aufweisen, sieht der Umsetzungsplan aktuell wie folgt aus:

- Liegestellen Klybeckquai: Dieser wird von der Fahrgastschifffahrt (FGS) bzw. Hotelschifffahrt genutzt und verfügt über drei Liegelängen à 2 Schiffsbreiten. Der Steiger Klybeck 2 wurde neu mit einer Landstromanlage ausgerüstet. Diese wurde im Juni 2024 in Betrieb genommen. Aufgrund der unsicheren Entwicklung der FGKS-Liegeplätze am Klybeckquai wurde die Anlage modular ausgeführt und kann bei Bedarf an einem neuen Standort wiederverwendet werden.
- Liegestellen Ostquai (Hafenbecken 1): Dieser wird von der Gütermotorschifffahrt (GMS) genutzt und verfügt aktuell über eine Liegeplatzlänge à 2 Schiffsbreiten. Ein Konzept für zwei Liegeplätze auf Höhe des Restaurants «Rostiger Anker» ist in der Projektierung. Start der Ausführung ist auf das erste Quartal 2025 terminiert.

6.3.4. Massnahme IG3: Reduktion der VOC-Emissionen in Betrieben

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 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 der Massnahme erfolgt im Rahmen der gesetzlich vorgegebenen periodischen Kontrolle sowie bei der Erhebung der VOCV. Um den Erfahrungsaustausch zwischen den Betrieben zu unterstützen, wurden in den Jahren 2013, 2015, 2019 und 2022 Tagungen für Firmen der Chemiebranche durchgeführt. Mit praxisnahen Beispielen wurden mögliche Lösungen aufgezeigt.

Die Massnahmen bewirkte eine Reduktion der VOC-Emissionen aus der Chemieproduktion sowie Forschung von 410 Tonnen auf 180 Tonnen pro Jahr. Bei der Anwendung von Reinigungsmittel in der Industrie konnten die VOC-Emissionen von 220 auf 160 Tonnen pro Jahr reduziert werden. Das prognostizierte Reduktionspotential von 120 Tonnen gemäss LRP 2010 wurde somit übertroffen.

Diese Reduktion wirkt sich auch direkt finanziell auf die Betriebe aus, da die VOC-Lenkungsabgabe von 3 Franken pro Kilogramm emittiertes VOC eingespart wird. Einige Betriebe profitieren zudem von einer zusätzlichen Befreiung der VOC-Lenkungsabgabe, da die erforderlichen Vorgaben (z. B. Erfassungsgrad bei den diffusen Emissionen) vollumfänglich erfüllt werden. Die Massnahme hat sich bewährt und soll weitergeführt werden, insbesondere auch um das derzeitige Emissionsniveau zu halten.

[22] Europäischer Standard der technischen Vorschriften für Binnenschiffe (ES-TRIN)

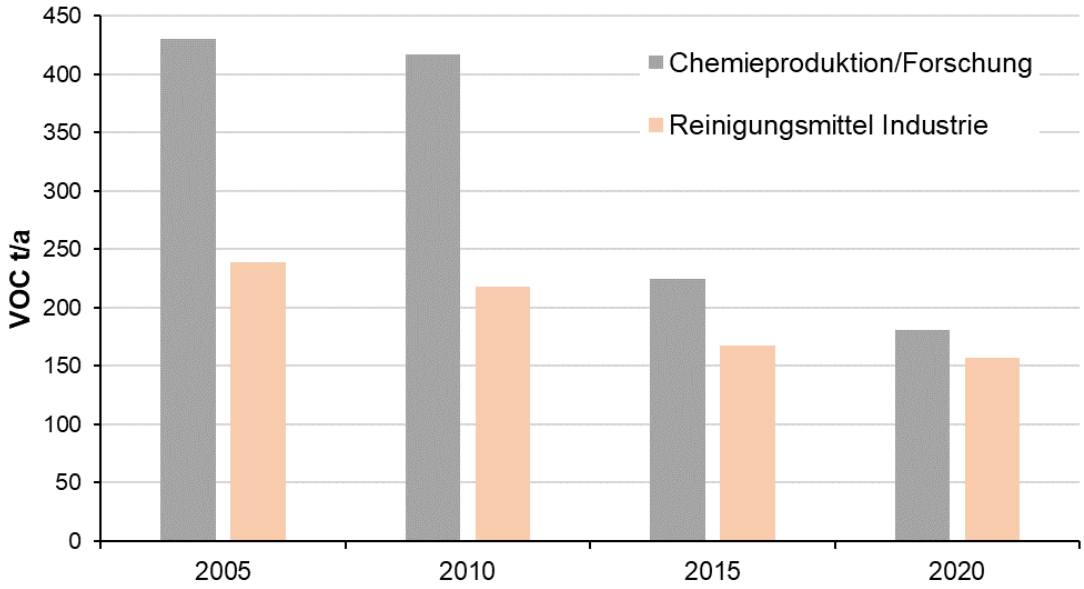


Abb. 63: Entwicklung VOC-Emissionen Chemieproduktion/Forschung sowie Anwendung Reinigungsmittel in der Industrie von 2005 bis 2020

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

Statt der Einführung eines Verbots der offenen Verbrennung von Schlagabraum und Grünmaterial wurde gemeinsam mit dem Ebenrain-Zentrum für Landwirtschaft, Natur und Ernährung (Ebenrain) 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^3 Schnitzel als wertvoller und CO_2-neutraler Brennstoff gewonnen werden. Im Winterhalbjahr 2023/24 haben sich 25 Gemeinden an diesem Projekt beteiligt.

Aktuell werden rund 2‘500 m^3 Energieschnitzel aus dem Obstbaumschnitt produziert. Zudem werden ergänzend zum Projekt rund 1'200 m^3 Hackschnitzel aus der Landwirtschaft und dem Gartenbau produziert und in das Holzkraftwerk nach Basel gebracht. Grössere Obstproduzenten lassen ihren Baumschnitt direkt häckseln und nutzen diese in ihren eigenen Holzschnitzelanlagen. Insgesamt sind dies rund 500 m^3 Holzschnitzel.

Jährlich können zwischen 4‘000 und 5‘000 m^3 Baumschnitt 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 Ebenrain weiterhin aktiv begleitet.

6.3.6. Massnahme Q1: Interreg V Projekt Verringerung Umweltbelastungen

Das Projekt Atmo-VISION wurde 2018 vom Expertenausschuss Luft der Oberrheinkonferenz initiiert und als Interreg-Projekt durchgeführt. Es waren Fachleute verschiedener Organisationen und Behörden aus Deutschland, Frankreich und der Schweiz beteiligt. Sie befassten sich in den mit den vernetzten Themen „Luft-Klima-Energie“ im Oberrheingebiet auf trinationaler Ebene. Zahlreiche Teilprojekte konnten erfolgreich abgeschlossen werden. Informationen zu den Projekten sind auf unter www.atmo-vision.eu abrufbar.
Im Rahmen von Interreg VI wurde mit «Atmo-Rhena plus» ein Nachfolgeprojekt gestartet, welches auf den Grundlagen des «Atmo-Vision Projekts» aufbaut. Innerhalb von drei Jahren soll ein Luft-Klima-Energie-Dashboard für den Oberrhein online verfügbar sein, ebenso wie verschiedene Karten, die die Bestandsaufnahme in Bezug auf Luftschadstoffe, Treibhausgase sowie Energieverbrauch und -produktion veranschaulichen. Zudem ist ein Klima-Luft-Energie-Plan inkl. zehn Massnahmen zur Verringerung der Luftverschmutzung vorgesehen.

6.4. Stossrichtung neue Massnahmen

6.4.1. Einzelmassnahmen Verkehr

Der Strassenverkehr verursacht hohe NO_x- und Feinstaub-Emissionen. Eine Reduktion ist durch die Umstellung auf alternative Antriebsformen oder durch eine Verlagerung des motorisierten Individualverkehrs auf den öffentlichen Verkehr und/oder den Fuss- und Veloverkehr möglich. Daher werden aus der Sicht der Luftreinhaltung die Massnahmen der Mobilitätsstrategien Basel-Stadt und Basel-Landschaft unterstützt, welche die Förderung der Elektromobilität und eine Verbesserung des Modalsplits (u. a. Förderung öV und Fuss-/Veloverkehr) vorsehen. Durch die vermehrte Beschaffung von kantonseigenen Fahrzeugen mit alternativen Antriebsformen erhöht sich der Flottenanteil der emissionsarmen Fahrzeuge. Weitere spezifische Massnahmen sind deshalb nicht vorgesehen.

Bei den indirekten Emissionen bestehen derzeit grosse Unsicherheiten bezüglich der effektiv in die Umwelt eingetragenen Mengen an PM2.5 aus dem Verkehr. So ist der Anteil der PM2.5-Emissionen des Schienenverkehrs und des motorisierten Individualverkehrs mit rund 22 Tonnen pro Jahr (jeweils 13 % der Gesamtemissionen) gleich hoch. Die hierbei zugrundeliegenden Emissionsfaktoren sind jedoch veraltet und methodisch zu hinterfragen und sind aufgrund der neusten Erkenntnisse zu aktualisieren. Dabei können die Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft mit eigenen Messungen einen Beitrag dazu leisten.

Seit den siebziger Jahren gelten festgelegte Grenzwerte für die Emissionen von Autos. 2017 wurden die Abgasnormen EURO 6c und 6d eingeführt, seit 2021 müssen Neuwagen die Abgasnorm EURO 6d-ISC-FCM erfüllen. Die neue Abgasnorm EURO 7 sollte im Sommer 2025 in Kraft treten. Wird die Norm eingeführt, gelten für alle Antriebe dieselben Grenzwerte, unabhängig davon, ob das Fahrzeug Benzin, Diesel, Strom oder alternative Kraftstoffe verwendet. Ein Diesel-betriebenes Fahrzeug darf mit EURO 6d 80 mg/km Stickoxide (NO_x) ausstossen. Mit EURO 7 wird der Grenzwert an die Benzin-betriebenen Fahrzeuge angeglichen und beträgt zukünftig 60 mg/km. Zudem werden Bestimmungen für Emissionen aus Bremsen- und Reifenabrieb eingeführt. Wann diese Norm in Kraft tritt, ist noch unklar. Der Bund soll sich deshalb für eine rasche Einführung von EURO 7 einsetzen.

Bezeichnung	Massnahmentitel	Stossrichtung Massnahmen
V9	**Antrag an den Bund: Verbesserung der Grundlagen zu den Einträgen durch Aufwirbelung und Abrieb sowie die Entwicklung von geeigneten Massnahmen**	Die direkten motorischen Emissionen konnten dank technischer Massnahmen und fortschreitender Elektrifizierung der Fahrzeugflotte deutlich reduziert werden. Bei den indirekten Emissionen bestehen derzeit grosse Unsicherheiten bezüglich der effektiv in die Umwelt eingetragenen Mengen an PM2.5. Die derzeit verwendeten Emissionsfaktoren sind teilweise über 15 Jahre alt und wurden noch auf der Grundlage von veralteten Messungen erarbeitet. Der Bund soll geeignete Forschungsarbeiten unterstützen und neue Testverfahren entwickeln lassen. Daraus aufbauend sollen geeignete Massnahmen abgeleitet werden.
V10	**Antrag an den Bund: Rasche Einführung der EURO 7-Norm**	Der Bund soll die rasche Einführung der EURO 7-Norm unterstützen. Die vorgesehenen Vorschriften sind kraftstoff- und technologieneutral und legen die gleichen Grenzen fest, unabhängig davon, ob das Fahrzeug Benzin, Diesel, Elektroantrieb oder alternative Kraftstoffe verwendet. Erstmals soll es zusätzliche Grenzwerte für Partikelemissionen von Bremsen und Regeln für Mikroplastikemissionen von Reifen geben. Diese Regeln gelten für alle Fahrzeuge. In diesem Punkt wären auch Elektrofahrzeuge von der EURO 7-Norm betroffen. Zudem soll das Onboard-Monitoring-System (OBM) neu in der Lage sein, Emissionsüberschreitungen zu erkennen und diese anzuzeigen.
V11	**Antrag an den Bund: Förderung von alternativen (emissionsfreien) Antriebsformen**	Die Umstellung auf alternative (emissionsfreie) Antriebsformen in der Mobilität ist ein wichtiger Schritt um die Luftschadstoff- und Lärmimmissionen sowie den Treibstoffverbrauch und Treibhausgasemissionen zu verringern. Der Bund soll geeignete Massnahmen zur Förderung von emissionsfreien Fahrzeugen vorsehen. Insbeson-

		dere ist eine Förderung des Ausbaus der Ladeinfrastruktur, verstärkte Kaufanreize und Lenkungsmassnahmen vorzusehen. Neben dem batterieelektrischen Antrieb kommt bei den schweren Nutzfahrzeugen auch der Wasserstoffantrieb in Frage Die Kantone BS und BL beantragen dem Bund die alternativen (emissionsfreien) Antriebsformen weiter zu fördern und insbesondere die auf Bundesebene zur Verfügung stehenden Regulierungs- und Förderinstrumente konsequent zu nutzen. .Zudem soll der Bund zur Förderung des Wasserstoffantriebs mögliche Pilotanlagen an güterverkehrsintensiven Standorten unterstützen.

Tab. 20: Einzelmassnahmen Verkehr

6.4.2. Einzelmassnahmen Notstromaggregate

Stationäre Verbrennungsmotoren die nur während höchstens 50 Stunden pro Jahr betrieben werden gelten gemäss Anhang 2 Ziffer 827 LRV als Notstromaggregate bzw. Notstromgruppen. Für diese Anlagen legen die Kanton nach Art. 4 LRV die vorsorglichen Emissionsbegrenzungen fest. In den kantonalen Verordnungen zum Luftreinhalteplan (BS: Massnahmenverordnung[23], BL: VVESA[24]) wurden Emissionsbegrenzungen für Kohlenmonoxid (CO) und insbesondere Stickoxide (NO_x) festgelegt. Trotz den geringen Betriebszeiten von Notstromaggregaten und Notstromgruppen werden jährliche NO_x-Frachten erreicht, die lokal zu übermässigen NO_2-Immissionen führen können.
Gesundheitlich von Bedeutung bei Notstromaggregaten und Notstromgruppen sind insbesondere die Partikelemissionen, da diese hauptsächlich aus krebserregendem Dieselruss bestehen. Emissionsbegrenzungen für Dieselruss und Staub sind zwar in der LRV festgelegt. Da Dieselruss als krebserzeugend gilt, wurde gestützt auf das Minimierungsgebot gemäss Anhang 2 Ziffer 82 LRV eine generelle Partikelfilterpflicht bei Neuanlagen in den kantonalen Verordnungen zum Luftreinhalteplan festgelegt. Aus Sicht der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft sollten in der Schweiz möglichst einheitliche Emissionsbegrenzungen für Notstromaggregate und Notstromgruppen gelten sowie eine rechtlich verbindliche Definition eines «Notstromregimes» vorgesehen werden.

Bezeichnung	Massnahmentitel	Stossrichtung Massnahmen
E9a	**Antrag an den Bund: Einheitliche Emissionsbegrenzungen für Notstromaggregate einführen**	Für Notstromaggregate und Notstromgruppen sind bisher nur Emissionsgrenzwerte für Staub und Dieselruss in der LRV festgelegt. Basel-Stadt Stadt und Basel-Landschaft haben die Grenzwerte der Cercl'Air Empfehlung Nr. 32 «Emissionsmindernde Massnahmen bei Notstromgruppen» vom September 2016 in ihre jeweilige Verordnung über die Verschärfung von Emissionsbegrenzungen für stationäre Anlagen übernommen. Diese Grenzwerte sind einheitlich zu übernehmen. Zudem ist eine generelle Partikelfilterpflicht vorzusehen. Im weiteren ist eine klare rechtliche Definition eines «Notstromregimes» vorzusehen. Diese Massnahmen führt zu einer Vereinfachung der Vollzugsaufgabe für die Behörden, da die Grenzwerte einheitlich in der ganzen Schweiz gelten. Zudem wird die Planungssicherheit bei den Anbietern und Betreibern von Notstromaggregaten erhöht. In Basel-Stadt und Basel-Landschaft sind aktuell 277 Notstromaggregate in Betrieb, davon 101 Anlagen mit einer Leistung >800 kW. Zehn dieser Anlagen verfügen über Entstickungsanlage. Im Jahr 2020 wurden zehn neue Anlagen >800 kW bewilligt, im Jahr 2021 waren es vier Anlagen, im Jahr 2022 zwei Anlagen und im Jahr 2023 neun Anlagen.

Tab. 21: Einzelmassnahme Notstromaggregate

[23] Massnahmenverordnung BS: http://www.gesetzessammlung.bs.ch/frontend/versions/2410
[24] VVESA BL: http://bl.clex.ch/frontend/versions/41?locale=de%5e

6.4.3. Einzelmassnahmen Holzfeuerungen

Die Holzfeuerungsanlagen sind für einen wesentlichen Teil der Feinstaubbelastung während der Wintermonate verantwortlich. Die vorgesehene Stossrichtung der Massnahmen sieht vor, die Emissionen von Feinstaub inkl. Russ und Stickoxiden durch Verschärfung der Grenzwerte und durch erhöhte Anforderungen an die Kontrolle und Wartung der Anlagen zu reduzieren.

Bezeichnung	Massnahmentitel	Stossrichtung Massnahmen
E10a	**Vorgaben Wärmespeicher bei Pelletsfeuerungen kleiner 70 kW Feuerungswärmeleistung**	Es soll geprüft werden, ob **neue Pelletsfeuerungen** mit einer Feuerungswärmeleistung (FWL) von < 70 kW mit einem Wärmespeicher auszurüsten sind, welche eine Grösse von mindestens 20 Litern pro kW Nennwärmeleistung aufweisen. Bei nachweislich räumlichen oder aus technischen Gründen, kann ein kleineres Speichervolumen bewilligt werden. Die Massnahme gilt nur für neue Anlagen. Die Sanierung wird als Antrag an den Bund formuliert (siehe E10b).
E10b	**Antrag an den Bund: Vorgaben Wärmespeicher bei Pelletsfeuerungen kleiner 70 kW Feuerungswärmeleistung**	Beim Bund wird beantragt das auch Pelletsfeuerungen mit einer Feuerungswärmeleistung (FWL) von < 70 kW mit einem Wärmespeicher auszurüsten sind, welche eine Grösse von mindestens 20 Litern pro kW Nennwärmeleistung aufweisen. Die LRV ist dahingehend zu ergänzen und eine Übergangsregelung für bestehende Anlagen vorzusehen.
E11a	**Anpassung des Feststoff-Grenzwerts für Holzfeuerungen ab 70 bis 500 kW Feuerungswärmeleistung**	Für Holzfeuerungen mit einer FWL von 70 bis 500 kW wird die Einführung eines verschärften Grenzwerts für Feinstaubemissionen geprüft (20 mg/m³ anstelle von 50 mg/m³). **Der verschärfte Grenzwert soll nur für Neuanlagen gelten**. Für bestehende Anlagen ist kein verschärfter Grenzwert vorzusehen, dies auf Grund von Überlegungen von Aufwand und Ertrag. Die Sanierung wird als Antrag an den Bund formuliert (siehe E11b).
E11b	**Antrag an den Bund: Verschärfter Feststoff-Grenzwert für Holzfeuerungen ab 70 bis 500 kW**	Beim Bund wird beantragt, den Feststoff-Grenzwert für Holzfeuerungen von 70 bis 500 kW auf 20 mg/m³ anstelle von 50 mg/m³, sowohl für neue wie auch bestehende Anlagen, zu verschärfen. Auf Grund der potenziell nicht unerheblichen Kosten bei der Sanierung der Anlagen ist eine einheitliche Umsetzung in der gesamten Schweiz sinnvoll.
E12	**Vorgaben für das Verbrennen von Altholz**	Für Holzfeuerungsanlagen mit einer FWL ab 350 kW bis 10 MW, in denen Altholz verbrannt wird, wird die Verschärfung der Emissionsgrenzwerte geprüft. Dies würde zu einer Angleichung von Anlagen mit einer FWL von > 10 MW führen. Altholz bezieht sich auf Altholz nach Anhang 5 Ziffer 31 Abs. 2 Bst a LRV. Für Anlagen < 10 MW FWL, in denen Altholz verbrannt wird, würden neu dieselben Emissionsgrenzwerte wie für entsprechende Anlagen > 10 MW FWL: CO: 150 mg/m³, NO_x: 150 mg/m³, Feststoffe: 10 mg/m³ gelten (die Emissionsgrenzwerte beziehen sich auf einen Sauerstoffgehalt im Abgas von 11 %.). Bei Neuanlagen gelten die neuen Grenzwerte ab sofort, für bestehende Anlagen mit zu hohen Emissionen wird eine Sanierungsfrist von zehn Jahren gewährt.

Tab. 22: Einzelmassnahmen Holzfeuerungen

6.4.4. Einzelmassnahmen Landwirtschaft

Die Landwirtschaft ist mit einem Anteil von mehr als 90 % die wichtigste Quelle von NH_3-Emissionen. Zur Reduktion der NH_3-Emissionen aus der Landwirtschaft wurde gemeinsam mit dem Ebenrain ein Massnahmenpaket erarbeitet. Mit technischen und betrieblichen Massnahmen soll eine weitere Reduktion der NH_3-Emissionen erreicht werden.

Als wichtigste Massnahmen wird bei Stallbauten ein Punktesystem eingeführt. In Abhängigkeit des Bauvorhabens und Anzahl bzw. Art der Tiere muss eine bestimmte Punktzahl aus einem vorgegebenen Massnahmenset erreicht werden. Im Weiteren ist ein Antrag an den Bund zur Einführung eines Ampelsystems für eine

optimale Gülleausbringung vorgesehen. Im Rahmen der Ausbildung von Landwirtinnen und Landwirten soll am Ebenrain vertieft auf die Möglichkeiten der Verminderung der Stickstoffverluste eingegangen werden und die gute landwirtschaftliche Praxis vermittelt werden.

Bezeichnung	Massnahmentitel	Stossrichtung Massnahmen
LW5	**Ammoniakreduktion bei Stallbauten und Baugesuchen: Einführung Punktesystem**	Abgestuft nach Grösse des Bauvorhabens, Betriebsintensität und Zone wird für die Planung von landwirtschaftlichen Bauten ein Punktesystem eingeführt. Das Ziel des neuen Systems ist es, dass nicht mehr eine relative Reduktion der Ammoniakemissionen im Vergleich zur Situation vor dem Bauvorhaben im Zentrum steht, sondern der Einsatz von emissionsmindernden baulichen Massnahmen, welche dem Stand der Technik entsprechen. Je mehr Grossvieheinheiten (GVE), desto mehr Punkte sind nötig. In Abhängigkeit des Planungsvorhabens und Anzahl bzw. Art der Tiere muss eine bestimmte Punktzahl aus einem vorgegebenen Massnahmenset erreicht werden.
LW6	**Antrag an den Bund: Einführung eines Ampelsystems**	Der Bund soll ein Ampelsystem mit entsprechenden Empfehlung bzw. Sensibilisierung prüfen, um eine optimale Gülleausbringung zu gewährleisten.
LW7	**Information und Beratung**	In der Ausbildung von Landwirtinnen und Landwirten kann am Ebenrain vertieft auf die Möglichkeiten der Verminderung der Stickstoffverluste eingegangen und die gute landwirtschaftliche Praxis vermittelt werden (z. B. mittels Stickstoffbilanzierung). Gerade in Zeiten steigender Düngerpreise und der politisch angestrebten Reduktion von Mineraldüngereinsatz ist die Vermeidung von Stickstoffverlusten auch ökonomisch bedeutend. Die Fütterung kann so optimiert werden, dass der Milchharnstoffwert (MHW) sinkt, was sich in etlichen Fällen auch positiv auf das Tierwohl auswirkt. Zudem sollen die Betriebe motiviert werden, die Gülleausbringung auch auf fahrbaren Flächen mit Hangneigungen von über 18 % (bis zur technisch möglichen Einsatzgrenze) vorzusehen.

Tab. 23: Einzelmassnahmen Landwirtschaft

6.4.5. Einzelmassnahmen Querschnittsbereich

Im September 2021 hat die WHO ihre Luftqualitätsleitlinien aktualisiert. Die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL) hat die neuen Empfehlungen der WHO von 2021 und deren Bedeutung für die LRV bewertet. Die EKL empfiehlt für die Schadstoffe NO_2, PM10, PM2.5 und O_3 eine Anpassung der Immissionsgrenzwerte in der LRV in Anlehnung an die WHO-Richtwerte.

Um die von EKL vorgeschlagenen Immissionsgrenzwert zu erreichen, ist eine weitergehende und koordinierte Verminderung der Schadstoffemissionen nötig. Eine Aktualisierung der Emissionsziele der Schweiz wäre deshalb sinnvoll. Insbesondere sollte der emissionsseitige Handlungsbedarf abgeklärt und das Luftreinhaltekonzept des Bundes von 2009 (LRK 2009) überprüft werden.

Bezeichnung	Massnahmentitel	Stossrichtung Massnahmen
Q3	**Antrag an den Bund: Aktualisierung der lufthygienischen Ziele der Schweiz**	In Anbetracht der neuen WHO Empfehlungen zur Luftqualität und den Empfehlungen der EKL ist eine Klärung des Handlungsbedarfs und eine Aktualisierung der Emissionsziele der Schweiz vorzusehen. Insbesondere ist der emissionsseitige Handlungsbedarf abzuklären.

Tab. 24: Einzelmassnahme Querschnittsbereich

6.4.6. Übersicht Emissionsreduktion durch Einzelmassnahmen

Mit den möglichen Einzelmassnahmen wäre für das Jahr 2030, die unten aufgeführte Emissionsreduktion pro Schadstoff erreichbar.

		NO_x			PM10			PM2.5			Russ			VOC			NH_3		
Bez.	**Einzelmassnahmen**	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**
	Verkehr																		
V3	Aktionsplan gesunde Luft in Wohnquartieren (nur BS)	-6.3	-10 %	38 %	-2.3	-10 %	50 %	-0.6	-10 %	23 %	n.q.	n.q.	n.q.	--	--	--	--	--	--
V8	Sicherstellung der Konformität der Fahrzeugemissionen	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	--	--	--
V9	Antrag an Bund: Verbesserung Grundlagen zu Einträgen durch Aufwirbelung und Abrieb	--	--	--	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	--	--	--	--	--	--	--	--	--
V10	Antrag an Bund: Rasche Einführung der EURO7-Norm	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	--	--	--
V11	Antrag an den Bund: Förderung von alternativen (emissionsfreien) Antriebsformen	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	--	--	--
	Rheinschifffahrt																		
S1	Landseitige Elektrifizierung der Liegeplätze (nur BS)	-7.1	-100 %	43 %	-0.14	-100 %	3 %	-0.1	-100 %	4 %	-0.1	-100 %	14 %	--	--	--	--	--	--
	Energie																		
E9a	Antrag an Bund: Einführung einheitlicher Emissionsbegrenzungen bei Notstromaggregaten	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	--	--	--
E10a	Vorgaben Wärmespeicher bei Pelletsfeuerungen kleiner 70 kW FWL	-0.3	-5 %	2%	-0.2	-5 %	4 %	-0.1	-5 %	4 %	-0.1	-5 %	14 %	--	--	--	--	--	--
E10b	Antrag an den Bund: Vorgaben Wärmespeicher bei Pelletsfeuerungen kleiner 70 kW Feuerungswärmeleistung	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	--	--	--
E11a	Anpassung des Feststoff-Grenzwerts für Holzfeuerungen ab 70 bis 500 kW FWL	--	--	--	-1	-11 %	22 %	-1	-11 %	38 %	-0.1	-11 %	14 %	--	--	--	--	--	--
E11b	Antrag an Bund: Verschärfter Feststoff-Grenzwert für Holzfeuerungen ab 70 bis 500 kW	--	--	--	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	--	--	--	--	--	--
E12	Vorgaben für das Verbrennen von Altholz	-2.4	-10 %	15 %	-0.2	-12 %	4 %	-0.1	-8 %	4 %	-0.1	-8 %	14 %	--	--	--	--	--	--

		NO_x			PM10			PM2.5			Russ			VOC			NH_3		
Nr.	**Einzelmassnahmen**	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**	**A**	**B**	**C**			
	Industrie und Gewerbe																		
IG3	Reduktion der VOC-Emissionen in Betrieben	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-26.0	-0.1	100 %	--	--	--
	Landwirtschaft																		
LW1	Verbot der offenen Verbrennung von Schlagabraum und Grünmaterial in der Wald- und Landwirtschaft zum Zwecke der Entsorgung (nur BL)	-0.4	-20 %	2 %	-0.8	-20 %	17 %	-0.7	-20 %	27 %	-0.3	-20 %	44 %	--	--	--	--	--	--
LW5	Ammoniakreduktion bei Stallbauten und Baugesuchen: Einführung Punktesystem (nur BL)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-5.32	-2%	40%
LW6	Antrag an den Bund: Einführung eines Ampelsystems	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-0.08	0 %	1 %
LW7	Information und Beratung (nur BL)	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-7.78	-3 %	59 %
	Querschnitt																		
Q1	Interreg VI Projekt Verringerung Umweltbelastungen	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.
Q3	Antrag an den Bund: Aktualisierung der lufthygienischen Ziele der Schweiz	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.	n.q.
	Gesamtreduktion	**-16.5**		100 %	**-4.6**		100 %	**-2.6**		100 %	**-0.7**		100 %	**-26.0**		100 %	**-13.2**		100 %

Tab. 25: Emissionsreduktion 2030 aufgrund der vorgeschlagenen Einzelmassnahmen nach Schadstoff
n.q.: Wirkung nicht quantifizierbar, da abhängig von den umgesetzten Projekten resp. Bundesregelung
A: absolutes Reduktionspotential der Massnahme in Tonnen pro Jahr
B: relative Veränderung mit Massnahme in %
C: Anteil an Gesamtreduktion in % (unterste Zeile fett)

6.4.7. Vergleich mit dem Handlungsbedarf

Für die Wirkungsabschätzung wurden die möglichen Massnahmen nur einzeln betrachtet und nicht miteinander überlagert. Die absolute Wirkung von mehreren Einzelmassnahmen muss nicht unbedingt die Summe der einzelnen Wirkungen sein, da es durchaus zu Abhängigkeiten zwischen zwei oder mehreren Massnahmen kommen kann. Bei einigen Einzelmassnahmen ist keine Wirkung abschätzbar, da diese abhängig ist von den umgesetzten Projekten (V8, Q1) bzw. der möglichen Bundesregelung (V9, V10, E9a, E10b, E11b, LW6, Q3).

Die nachfolgende Tabelle zeigt die Emissionsreduktion durch die Stossrichtung der Massnahmen des LRP 2024. Da gemäss der Trendentwicklung die Ziele des LRK für die Schadstoffe NO_x, PM2.5 und VOC im Jahr 2030 einhalten werden, tragen die möglichen Einzelmassnahmen zu weitergehenden Emissionsreduktionen bei. Bei PM10 und NH_3 könnten die neuen Einzelmassnahmen ebenfalls an der Reduktion der Ziellücke beitragen.

Schadstoff	Prognose Emissionen 2030	Verbleibende Ziellücken 2030 in BS/BL	Emissionsreduktion 2030 durch die Stossrichtung Massnahmen	Beitrag an Ziellücken bei Trendentwicklung bis 2030
	[t/a]	[t/a]	[t/a]	[%]
NO_x	1'300	weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht	17	weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht
PM10	390	50	5	10
PM2.5	150	weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht *t*	3	weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht
VOC	2'550	weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht	26	weitergehende Emissionsreduktion, da Ziel bereits erreicht
NH_3	690	160	13	8
Russ	19	19	0.7	4

Tab. 26: Vergleich Ziellücken zu Emissionsreduktion durch Stossrichtung Massnahmen für das Jahr 2030

Die Trendentwicklung zeigt aufgrund von technologischen Entwicklungen bei den Fahrzeugen eine deutliche Reduktion bei den NO_x-Emissionen, so dass das Reduktionsziel bis 2030 erreicht sein wird. Die mögliche Stossrichtung der Massnahmen, welche bei Hotspots wirksam werden, tragen mit rund 17 Tonnen NO_x pro Jahr somit zur weitergehenden Emissionsreduktion bei.

Die Stossrichtung der Massnahmen könnten zur Reduktion der Feinstaubemissionen von rund 5 Tonnen PM10 und rund 3 Tonnen PM2.5 bis 2030 beitragen. Einzelne Massnahmen führen auch zur Reduktion der Russemissionen um rund eine Tonne. Die Ziellücke wird beim PM2.5 geschlossen. Beim PM10 wird bereits heute der Jahresimmissionsgrenzwert der LRV von 20 µg/m^3 flächendeckend eingehalten. Die VOC Emissionen können mit den geplanten Massnahmen bis 2030 um rund 26 Tonnen reduziert werden. Das Reduktionsziel für die VOC Emissionen ist bereits erreicht.

Die Stossrichtung der Massnahmen zur Reduktion der landwirtschaftlichen Ammoniakemissionen sieht bis 2030 eine Reduktion um 13 Tonnen pro Jahr vor. Die möglichen Einzelmassnahmen leisten somit bis 2030 einen Beitrag von 8 % zur Schliessung der Ziellücke. Die Emissionsreduktionsziele für das Jahr 2030 werden mit den möglichen Massnahmen somit noch nicht ganz erreicht. Langfristig ist zur Erreichung der nationalen Ziele in der Region Basel eine Reduktion um 160 Tonnen NH_3 erforderlich.

6.4.8. Abschätzung Aufwand und Kosten der möglichen Einzelmassnahmen

In der nachfolgenden Tabelle ist eine erste Abschätzung der Kosten und des Aufwands der möglichen neuen kantonalen Einzelmassnahmen aufgeführt:

Einzelmassnahmen		Aufwand / Kosten
E10a	**Vorgaben Wärmespeicher bei Pelletsfeuerungen kleiner 70 kW FWL**	• Eine solche Massnahme würde in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft zu keinen administrativen Mehrkosten führen. Die Umsetzung kann mit dem bestehenden Stellenetat der Holzfeuerungskontrolle umgesetzt werden. Für die Umsetzung ist eine Anpassung der kantonalen Verordnungen über die Verschärfung von Emissionsbegrenzungen für stationäre Anlagen vorzusehen. • Unternehmen / Haushalte: Für einen Pufferspeicher entstehen Kosten von 1'000 bis 3'800 Franken. Je nach Grösse können die Preise variieren und nach oben oder unten abweichen. Wird ein Pufferspeicher bereits früh bei der Planung berücksichtigt, sind bei der Umsetzung keine Zusatzkosten zu erwarten. Da die Energieeffizienz der Feuerungsanlage deutlich verbessert wird, kommt es zu erheblichen Kosteneinsparungen, was die Mehrkosten wieder ausgleicht. In den Kantonen BS/BL sind rund 650 Pelletsfeuerungen kleiner 70 kW FWL in Betrieb (Stand Oktober 2023). Pro Jahr werden durchschnittlich rund 40 bis 50 neue Anlagen in Betrieb genommen.
E11a	**Anpassung des Feststoff-Grenzwerts für Holzfeuerungen ab 70 bis 500 kW Feuerungswärmeleistung**	• Eine solche Massnahme würde in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft zu keinen administrativen Mehrkosten führen. Die Umsetzung kann mit dem bestehenden Stellenetat der Holzfeuerungskontrolle umgesetzt werden. Für die Umsetzung ist eine Anpassung der kantonalen Verordnungen über die Verschärfung von Emissionsbegrenzungen für stationäre Anlagen vorzusehen. • Unternehmen / Haushalte: Der verschärfte Grenzwert kann beispielsweise mit einem Gewebefilter oder Elektroabscheider eingehalten werden. Die Kosten eines Filters bzw. Elektroabscheiders sind grundsätzlich leistungsabhängig: Bei einer Anlage mit beispielsweise 200 kW FWL sind die Kosten mit Gewebefilter rund 20 % höher und mit einem Elektrofilter rund 30 % höher. In den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft sind 210 Holzfeuerungen zwischen 70-500 kW (Stand Oktober 2023). Im Jahr 2023 wurden 25 neue Anlagen bewilligt.
E12	**Vorgaben für das Verbrennen von Altholz**	• Eine solche Massnahme würde in den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft zu keinen administrativen Mehrkosten führen. Die Umsetzung kann mit dem bestehenden Stellenetat der Holzfeuerungskontrolle umgesetzt werden. Für die Umsetzung ist eine Anpassung der kantonalen Verordnungen über die Verschärfung von Emissionsbegrenzungen für stationäre Anlagen vorzusehen. • Unternehmen / Haushalte: Durch die Massnahme könnte der Zubau von kleinen Altholzfeuerungen vermieden werden. Da praktisch nur Neuanlagen betroffen sind, wäre von sehr geringen Mehrkosten auszugehen.
LW5	**Einführung Punktesystem zur Reduktion Ammoniakreduktion bei Stallbauten**	• Die Kosten für die Erarbeitung des Punktesystems betragen ca. 30'000 Franken. Die Umsetzung kann mit dem bestehenden Stellenetat erfolgen. • Unternehmen / Haushalte: Es ist mit tieferen Umsetzungskosten aufgrund vereinfachter Planung zu rechnen. Zudem wird die Kosten/Nutzen-Transparenz erhöht, welche die Umsetzung von emissionsmindernden Massnahmen gemäss den Vorgaben der LRV mit sich bringt.
LW7	**Information und Beratung**	• Die Kosten zur Aufbereitung von Informationsunterlagen betragen ca. 10'000 bis 20'000 Franken. Die Umsetzung kann mit dem bestehenden Stellenetat erfolgen. • Betriebe: Durch die Reduktion der Stickstoffverluste wird insgesamt ein positiver Effekt auf das Betriebsergebnis erzielt. Allenfalls entstehen zusätzliche Kosten für die Mechanisierung bzw. zusätzliche Kosten die beim Lohnunternehmer bei der Gülleausbringung anfallen, welche aufgrund der neuen LRV-Vorgaben ohnehin anfallen.

Tab. 27: Übersicht Aufwand und Kosten der möglichen Einzelmassnahmen

6.4.8.1. Haushalte

Die Haushalte wären ausschliesslich von Einzelmassnahmen betroffen, welche die Feinstaub- und Russemissionen durch Holzfeuerungsanlagen vermindern. In den Kantonen Basel-Stadt und Basel-Landschaft gibt es rund 910 Holzfeuerungsanlagen mit Feuerungswärmeleitung kleiner 70 kW (rund 650 Pelletsfeuerungen und rund 290 Schnitzel-/Stückholzfeuerungen). Die Stossrichtung der Massnahmen sieht vor, dass nur neue und mit Ausnahmen bestehende Anlagen betroffen wären. Eine Umsetzung von Massnahmen für bestehende Anlagen könnte durch angemessene Übergangsfristen Rechnung getragen werden.

– Pelletsfeuerungen < 70 kW: Die Stossrichtung der Massnahme sieht vor, dass Neuanlagen mit einem Wärmespeicher auszurüsten sind. Pro Jahr werden durchschnittlich rund 40 bis 50 neue Anlagen in Betrieb genommen. Bestehende Anlagen (rund 650 Anlagen) sind optimal zu betreiben. Bei nachweislich übermässigen Immissionen könnte eine Nachrüstung eines Wärmespeichers als Sanierungsmassnahme geprüft werden. Die Kosten im Vergleich zu den gesamten Anlagekosten sind gering. Dank verbesserter Energieeffizienz sind Kosteneinsparungen im Betrieb zu erwarten.

6.4.8.2. Unternehmen inkl. Landwirtschaft

Nur wenige Unternehmen mit Holzfeuerungsanlagen > 70 kW wären von den möglichen Einzelmassnahmen betroffen, mit meist verhältnismässig geringen Mehraufwendungen. Generell ist der administrative Aufwand für die Unternehmen gering, da keine zusätzlichen Bewilligungen oder Kontrollen notwendig sind. Die Umsetzung der Einzelmassnahmen kann im bestehenden Vollzug erfolgen.

- Holzfeuerungen 70 bis 500 kW: Verschärfung des Grenzwerts für Feinstaubemissionen bei Neuanlagen. Neuanlagen sind entsprechend mit Filter bzw. Elektroabscheider auszurüsten. Die Mehrkosten betragen rund einen Fünftel bis einen Viertel der Kosten der Gesamtanlage.
- Altholzfeuerungen 350 kW bis 10 MW: Für die wenigen Unternehmen, welche in ihren Holzfeuerungsanlagen Altholz verbrennen (sieben Anlagen in Basel-Stadt und Basel-Landschaft), können innerhalb einer Sanierungsfrist von zehn Jahren Mehrkosten durch den Einbau von besseren Filter bzw. Elektroabscheider aufgrund verschärfter Grenzwerte entstehen. Bei Neuanlagen gelten die neuen Grenzwerte ab sofort. Durch die Massnahme wird der Zubau von kleinen Altholzfeuerungen vermieden. Da praktisch nur Neuanlagen betroffen wären, ist von keinen Mehrkosten auszugehen, da bereits bei der Planung effizientere Staubabscheidesysteme vorgesehen werden können.
- Einführung Punktesystem: Bauherren von neuen landwirtschaftlichen Bauten oder bei erheblichen Umbauten sollen emissionsmindernde Massnahmen gemäss den Vorgaben der Vollzugsrichtlinie «Umweltschutz in der Landwirtschaft» des BAFU und des Bundesamtes für Landwirtschaft berücksichtigen, welche dem neueren Stand der Technik entsprechen. Die zusätzlichen Kosten können über die Förderbeiträge der Strukturverbesserung zumindest teilweise gedeckt werden. Mit dem Punktesystem kann das Einsparungspotenzial unterschiedlicher Massnahmen einfach nachvollziehbar abgebildet und der Aufwand für Planung und Vollzug deutlich reduziert werden.
- Information und Beratung: Über die Massnahme Information und Beratung sollen die landwirtschaftlichen Betriebe in allen Aspekten betreffend die gute landwirtschaftliche Praxis geschult werden. Setzen die Betriebsleitenden freiwillig Massnahmen um, die Stickstoffverluste vermeiden (wie z. B. die Anwendung emissionsmindernder Ausbringungsverfahren auf nichtpflichtigen düngbaren Flächen, die rasche Einarbeitung von Mist auf unbestellten offenen Ackerflächen), oder erreichen sie aufgrund einer verbesserten Fütterungsstrategie reduzierte Milchharnstoffwerte, können Stickstoffverluste auf dem Betrieb reduziert werden, ohne dass dadurch Mehrkosten entstehen. Durch die Vermeidung unnötiger Stickstoffverluste entlang der verschiedenen Emissionsstufen können Kosteneinsparungen realisiert und das Betriebsergebnis positiv beeinflusst werden.

6.4.8.3. Öffentliche Hand

Die Umsetzung der möglichen Einzelmassnahmen kann im Rahmen des bestehenden Vollzugs mit den bestehenden Personalressourcen erfolgen. Für die Umsetzung wären die einzelnen Fachstellen oder Ämter zuständig. Das LHA würde die Umsetzung koordinieren. Der Vollzug kann im Rahmen von bestehenden Verfahren (Baubewilligungsverfahren, Betriebsbewilligungen, Sanierungsverfügungen usw.) erfolgen. Die Stossrichtung der Massnahmen sieht insbesondere eine Ergänzung der kantonalen Verordnungen zur Verschärfung der Emissionsbegrenzungen bei stationären Anlagen vor.

Der finanzielle Aufwand für die mögliche Erarbeitung des Punktesystems sowie zur Aufbereitung von Informationsunterlagen bei den Massnahmen Landwirtschaft LW5 und LW 7 beträgt ca. 40'000 bis 50'000 Franken.

7. Ausblick

Die Emissionsprognosen zeigen, dass bis zum Jahr 2030 die Ziellücken in unserer Region weiter verkleinert werden oder die Emissionen sogar weitergehend reduziert werden können. Die Stossrichtung der neuen Massnahmen tragen zu dieser Entwicklung bei. Dadurch wird sich die Luftqualität weiter verbessern.

Die dauerhafte übermässige Belastung der Luft wird sich so weit entschärfen, dass die Einhaltung der Jahresgrenzwerte bei den Schadstoffen näher rückt. Bis zum Jahr 2030 werden bei den Schadstoffen NO_2, PM10 und PM2.5 die Immissionsgrenzwerte eingehalten bzw. die Reduktionsziele vollständig erreicht sein.

Aufgrund der meteorologischen Einflüsse und den grenzüberschreitenden Schadstoffverfrachtungen werden Wintersmog-Episoden und zu hohe Ozonwerte im Sommer weiterhin auftreten. 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. 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 LHA koordiniert die Umsetzung. Der Vollzug der Massnahmen erfolgt im Rahmen von bestehenden Verfahren (Baubewilligungsverfahren, Betriebsbewilligungen, Sanierungsverfügungen usw.).

Gemäss Art. 33 Abs. 3 LRV müssen der LRP regelmässig bezüglich seiner 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 des LRP auch mittels Immissionsmessungen an verschiedenen Standorten überprüft. In Ergänzung zu den Messstationen wird in regelmässigen Abständen ein NO_2-Passivsammler-Netz - vornehmlich an Strassen - betrieben.

Eine Aktualisierung des vorliegenden Luftreinhaltplans ist für das Jahr 2032 vorgesehen. Dazu ist eine Aktualisierung des Emissionskatasters sowie der Immissionskarten vorgesehen. Die Ergebnisse dieser Erfolgskontrolle bilden die Grundlage für die weitere Umsetzung der Massnahmen und eine allfällige Weiterentwicklung des LRP 2024.

8. Verzeichnisse

8.1. Glossar

AOT40:
Englische 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 Load (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 Loads und Critical Levels wurden im Rahmen der Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (CLRTAP) entwickelt. Sie sind ein Mass für die Empfindlichkeit der Ökosysteme gegenüber Einträgen und Konzentrationen von Luftschadstoffen.

Critical Level (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).

Perzentil:
Das Perzentil ist eine angewendete Grösse in der Statistik. Einzelwerte werden nach Rang oder Grösse sortiert und daraufhin wird die relative Position als Prozentrang ausgedrückt

8.2. Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Entwicklung der NO_2-Jahresmittelwerte von 1990 bis 2023 14
Abb. 2: Maximale Tageswerte im 2023 14
Abb. 3: Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2021 der NO_2-Belastung für Basel Stadt und Basel-Landschaft 15
Abb. 4: Detailansicht Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2021 der NO_2-Belastung für Basel-Stadt 15
Abb. 5: Verteilung NO_2-Belastung der Anzahl betroffenen Bewohner in Wohngebäuden im 2021 16
Abb. 6: Entwicklung der PM10-Jahresmittelwerte von 1990 bis 2023 18
Abb. 7: Maximale Tageswerte im 2023 19
Abb. 8: Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2021 der PM10-Belastung Basel Stadt und Basel-Landschaft 19
Abb. 9: Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2021 der PM10-Belastung Basel Stadt. 20
Abb. 10: Verteilung PM10-Belastung der Anzahl betroffenen Bewohner in Wohngebäuden im 2021 21
Abb. 11: Entwicklung der PM2.5-Jahresmittelwerte von 1998 bis 2023 22
Abb. 12: Maximale Tageswerte im 2023 22
Abb. 13: Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2021 der PM2.5-Belastung Basel-Stadt und Basel-Landschaft 23
Abb. 14: Immissionskarte der Jahresmittelwerte im 2021 der PM2.5-Belastung in der Stadt Basel 23
Abb. 15: Bevölkerungsverteilung der PM2.5-Belastung Basel Stadt und Basel-Landschaft im 2021 24
Abb. 16: Entwicklung der Anzahl Grenzwertüberschreitungen O_3 von 1990 bis 2023 25
Abb. 17: Entwicklung der höchsten gemessenen O_3-Stundenwerte pro Jahr von 1990 bis 2023 26
Abb. 18: Anzahl O_3-Grenzwertüberschreitungen Stundengrenzwert von 120 µg/m³ im 2005 27
Abb. 19: Anzahl O_3-Grenzwertüberschreitungen Stundengrenzwert von 120 µg/m³ von 2010 bis 2015 27
Abb. 20: Anzahl O_3-Grenzwertüberschreitungen Stundengrenzwert von 120 µg/m³ von 2016 und 2021 27
Abb. 21: Ozonbelastung des Waldes von 2010 bis 2015 28
Abb. 22: Ozonbelastung des Waldes von 2016 und 2021 28
Abb. 23: Entwicklung der ozonfördernden VOC (Summenparameter) von 1990 bis 2022 28
Abb. 24: Entwicklung der NO_x-Jahresmittelwerte von 1990 bis 2022 28
Abb. 25: Karte des Stickstoff-Eintrags im 2020 aus der Luft in kg N/ha/Jahr 30
Abb. 26: NH_3-Konzentration im Jahr 2020 31
Abb. 27: Überschreitung der Critical Loads im 2020 von 10 kg N /ha/ Jahr für Wald 32
Abb. 28: Überschreitung der Critical Loads im 2020 für TWW 33
Abb. 29: NO_x-Emissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2020 in % 34
Abb. 30: Verlauf NO_x-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020 34
Abb. 31: PM10-Emissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2015 in % 35
Abb. 32: Verlauf PM10-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020 35
Abb. 33: PM2.5-Emissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2020 in % 36
Abb. 34: Verlauf PM2.5-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020 36
Abb. 35: Russ-Emissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2020 in % 37
Abb. 36: Verlauf Russ-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020 37
Abb. 37: VOC-Emissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2020 38
Abb. 38: Verlauf VOC-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020 38
Abb. 39: VOC-Anteile der wichtigsten Anwendungsbereiche in Industrie und Gewerbe in % 39
Abb. 40: VOC-Emissionen Industrie und Gewerbe in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020 39
Abb. 41: NH_3-Emissionen der Kantone Basel-Stadt und Basel-Landschaft im Jahr 2020 in % 39
Abb. 42: Verlauf der NH_3-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2020 39
Abb. 43: Klimawirksame Substanzen 43
Abb. 44: Zusammenhang zwischen Massnahmen zur Begrenzung des Klimawandels und Massnahmen zur Verbesserung der Luftqualität 44
Abb. 45: Verlauf NO_x-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2030 45
Abb. 46: Verlauf PM10-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2030 45
Abb. 47: Verlauf PM2.5-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2030 45
Abb. 48: Verlauf Russ-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2030 46
Abb. 49: Verlauf VOC-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2030 46
Abb. 50: Verlauf NH_3-Emissionen in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2030 46
Abb. 51: Entwicklung NO_x-Emissionen Strassenverkehr in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2030 50
Abb. 52: Entwicklung PM10, PM2.5 und Russ-Emissionen Strassenverkehr in Tonnen pro Jahr von 1990 bis 2030 50
Abb. 53: NO_2-Jahresmittelwerte 2009, 2015 und 2022 an Standorten in Grossbasel (in µg/m³) 58
Abb. 54: NO_2-Jahresmittelwerte 2009, 2015 und 2022 an Standorten in Kleinbasel (in µg/m³) 59
Abb. 55: Entwicklung Jahresmittelwerte Stickstoffoxide NO/NO_2 an der Feldbergstrasse 60
Abb. 56: Modellierte NO_2- Jahresmittelwerte 2021 an der Feldbergstrasse 61
Abb. 57: Modellierte PM10-Jahresmittelwerte 2021an der Feldbergstrasse 62
Abb. 58: Modellierte PM2.5-Jahresmittelwerte 2021 an der Feldbergstrasse 62
Abb. 59: Häufigkeitsverteilung der Anzahl an Messwerten nach Abgasnorm 66
Abb. 60: Verteilung der Fahrzeuge nach Antriebsart 66
Abb. 61: Mittlere NO_x-Emissionen in g/kg Treibstoff als schematische Übersicht 67
Abb. 62: NO_2-Jahresmittelwerte 2022 an Standorten entlang dem Rhein und im Hafengebiet (in µg/m³) 68
Abb. 63: Entwicklung VOC-Emissionen Chemieproduktion/Forschung sowie Anwendung Reinigungsmittel in der Industrie von 2005 bis 2020 70

8.3. Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Generelle Beurteilung der Übermässigkeit der Immissionen gemäss LRV-Immissionsgrenzwerte ... 11
Tab. 2: Auflistung der permanenten Messstationen mit Charakterisierung, Messbeginn und gemessenen Schadstoffen ... 12
Tab. 3: Betroffene Einwohner in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden NO_2-Belastungen im Jahr 2021 ... 16
Tab. 4: Komponenten sowie Vorläufer und Ursachen von PM10 ... 17
Tab. 5: Betroffene Einwohner in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden PM10-Belastungen im Jahr 2021 ... 20
Tab. 6: Betroffene Einwohner in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden PM2.5-Belastungen im Jahr 2021 ... 24
Tab. 7: Critical Loads für verschiedene Ökosysteme in den beiden Basel. ... 30
Tab. 8: Überblick zu den wichtigsten Luftschadstoffen in der Aussenluft und ihre Auswirkungen auf unsere Gesundheit, auf Ökosysteme und auf das Klima ... 40
Tab. 9: Zur Einhaltung der Schutzziele notwendige Emissionsreduktionen für die wichtigsten Luftschadstoffe gemäss Luftreinhaltekonzeptes des Bundes ... 47
Tab. 10: Emissionsziel LRK, Ist Emissionen 2020 und verbleibende Ziellücken 2020 in BS/BL ... 47
Tab. 11: Emissionsziel LRK, Prognose Emissionen 2030 und verbleibende Ziellücken 2030 in BS/BL ... 48
Tab. 12: Handlungsfelder und ihr Beitrag zur Verminderung der Schadstoffe ... 49
Tab. 13: Vergleich Grenzwert LRV und der Empfehlung der EKL bezogen auf Jahreswerte bzw. 8 Stunden Maximum für O_3 ... 52
Tab. 14: Übersicht Massnahmen Luftreinhalteplan beider Basel 2016 ... 53
Tab. 15: Übersicht über umgesetzte, abzuschreibende und nicht weiterzuführende Massnahmen ... 54
Tab. 16: Übersicht der fortzuschreibenden Massnahmen ... 55
Tab. 17: Abzuschreibende Massnahmen V3 ... 56
Tab. 18: Neue Massnahme V3 ... 56
Tab. 19: Betroffene Einwohner in Wohngebäuden mit grenzwertüberschreitenden Belastungen im Jahr 2021 ... 63
Tab. 20: Einzelmassnahmen Verkehr ... 72
Tab. 21: Einzelmassnahme Notstromaggregate ... 72
Tab. 22: Einzelmassnahmen Holzfeuerungen ... 73
Tab. 23: Einzelmassnahmen Landwirtschaft ... 74
Tab. 24: Einzelmassnahme Querschnittsbereich ... 74
Tab. 25: Emissionsreduktion 2030 aufgrund der vorgeschlagenen Einzelmassnahmen nach Schadstoff ... 76
Tab. 26: Vergleich Ziellücken zu Emissionsreduktion durch Stossrichtung Massnahmen für das Jahr 2030 ... 77
Tab. 27: Übersicht Aufwand und Kosten der möglichen Einzelmassnahmen ... 78