

Departement Sicherheit und Umwelt

Umwelt- und Gesundheitsschutz
Fachstelle Umwelt

Pionierstrasse 7
8403 Winterthur

7. November 2023

Massnahmenplan Luftreinhaltung der Stadt Winterthur, Teil A: Grundlagen

Revision 2023 des Massnahmenplans Luftreinhaltung 2010 der Stadt Winterthur

Impressum

Herausgeber

Stadt Winterthur, Umwelt- und Gesundheitsschutz

Fachliche Bearbeitung

Arne Sussdorf, Fachstelle Umwelt, Umwelt- und Gesundheitsschutz, Stadt Winterthur

Irene Küpfer, Fachstelle Umwelt, Umwelt- und Gesundheitsschutz, Stadt Winterthur

Dan Ljungberg, DOL Environmental Engineering & Consulting, St. Gallen

Fachliche Begleitung

Amt für Städtebau

Amt für Baubewilligungen, Bauinspektorat

Amt für Baubewilligungen, Energie und Technik

Amt für Baubewilligungen, Feuerpolizei, Feuerungskontrolle

Immobilien

Personalamt

Schutz und Intervention, Technik und Logistik

Stadtgrün Winterthur

Stadtpolizei

Stadtwerk Winterthur

Tiefbauamt

Umwelt- und Gesundheitsschutz, Fachstelle Klima

Umwelt- und Gesundheitsschutz, Fachstelle Umwelt

Bezug

Stadt Winterthur

Umwelt- und Gesundheitsschutz

Pionierstrasse 7

8403 Winterthur

umwelt@win.ch

stadt.winterthur.ch/ugs

© Copyright: Stadt Winterthur, Umwelt- und Gesundheitsschutz

7. November 2023

Zusammenfassung

Der Massnahmenplan Luftreinhaltung ist das Instrument, das die Luftreinhalte-Verordnung (LRV) vorsieht für Fälle, in denen übermässige Immissionen von mehreren stationären Anlagen gemeinsam verursacht werden. Als «übermässig» gelten Immissionen, welche über den Grenzwerten der LRV liegen. In der Stadt Winterthur liegen, trotz laufender Verbesserungen der Luftqualität in den letzten Jahrzehnten, nach wie vor solche Immissionsgrenzwert-Überschreitungen vor. Die Stadt verfügt deshalb über einen Massnahmenplan Luftreinhaltung. Dieser stammt aus dem Jahr 2010 und bedarf einer Überprüfung und Aufdatierung. Der Stadtrat erteilte deshalb mit SR.178-1 vom 11. März 2020 der Fachstelle Umwelt den Auftrag, eine Teilrevision durchzuführen. Eine Vorgabe war, Synergien zwischen Luftreinhalte- und Klimapolitik zu nutzen und Doppelspurigkeiten zu eliminieren.

Die Analyse der Schadstoffbelastungs-Daten und Emissionsquellen zeigt, dass die LRV-Immissionsgrenzwerte für Stickstoffdioxid (NO₂) und Ozon (O₃) in Winterthur immer noch überschritten sind, und dass die Feinstaub-PM_{2.5}-Konzentration im Grenzwertbereich stagniert. Ausserdem zeigen Messungen, dass die Russbelastung in Winterthur deutlich über dem Ziel- und Richtwert der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene (EKL) und somit in einem stark gesundheitsgefährdenden Bereich liegt. Darüber hinaus tragen die genannten Luftschadstoffe auch zur Klimaerwärmung bei. Wichtige Quellen von Stickoxid- und Feinstaub-Emissionen sind Verbrennungsprozesse in Feuerungen und Motoren.

Da verkehrs- und energie- bzw. klimapolitisch begründete Instrumente der Stadt Winterthur bereits eine umfassende Palette an Massnahmen zur Reduktion des motorisierten Verkehrs beinhalten, fokussiert der teilrevidierte Massnahmenplan Luftreinhaltung auf die Sicherung des Stands der Technik bei neuen grossen Holzfeuerungen und bei stationären Motoren (Notstrommotoren).

Zudem sind begleitende Massnahmen in den Bereichen Kommunikation, Kooperation und Monitoring vorgesehen, welche eine ganzheitliche und vernetzte Herangehensweise und Kommunikation sowie das Verständnis wichtiger Emissionsquellen in Winterthur fördern sollen.

Der vorliegende Teil A (Grundlagen) des Schlussberichts zur Teilrevision des Massnahmenplans Luftreinhaltung enthält die Beschreibung der fachlichen Grundlagen und des rechtlichen und politischen Rahmens. Weiter wird das Instrument des städtischen Massnahmenplans vorgestellt, und die Ziele und der Prozess der Teilrevision werden erläutert. Es folgt eine aktuelle Analyse der lufthygienischen Situation in der Stadt Winterthur, woraus der grundsätzliche Emissionsreduktionsbedarf abgeleitet wird. Nach der Abgrenzung der jeweiligen Aufgabengebiete von Lufthygiene und Klimaschutz werden schliesslich die Handlungsmöglichkeiten im Rahmen der Teilrevision des Massnahmenplans Luftreinhaltung beleuchtet, woraus ein Fazit für die angezeigten Anpassungen am Massnahmenkatalog formuliert wird.

Der eigentliche teilrevidierte Massnahmenplan Luftreinhaltung der Stadt Winterthur liegt im separaten Bericht, Teil B (Massnahmenkatalog) vor.

Inhalt

1 Einleitung.....	7
1.1 Ausgangslage	7
1.2 Ziel und Aufbau des vorliegenden Berichts	7
2 Fachliche Grundlagen	8
2.1 Begriffe: Emissionen und Immissionen.....	8
2.2 Wichtigste Luftschadstoffe	9
2.3 Wechselwirkungen zwischen Luftschadstoffen und Klimagasen	10
3 Rechtliche (und weitere) Grundlagen	11
3.1 Schweizerische Luftreinhaltepolitik.....	11
3.2 Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung.....	12
3.3 Weitere Belastungsgrenzwerte für die Beurteilung übermässiger Immissionen	12
3.4 Schutzziele des Bundes.....	13
3.5 Ziel- und Richtwert der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene für Russbelastung	13
3.6 Neue WHO-Richtwerte (Air Quality Guidelines)	14
4 Der Massnahmenplan Luftreinhaltung der Stadt Winterthur.....	15
4.1 Ziele der Teilrevision.....	15
4.2 Ablauf der Teilrevision und Beteiligte	16
5 Luftqualität und Emissionsquellen in der Stadt Winterthur (nach Schadstoffen).....	18
5.1 Relevante Daten und Informationsquellen.....	18
5.2 Stickoxide (NO _x).....	18
5.3 Bodennahes Ozon (O ₃).....	21
5.4 Feinstaub PM10, PM2.5	23
5.5 Russ	28
5.6 Ammoniak (NH ₃)	31
6 Analyse des Emissionsreduktionsbedarfes (nach Quellen).....	32
6.1 Emissionsreduktionsbedarf bei Verkehr und stationären Motoren	32
6.2 Emissionsreduktionsbedarf bei Feuerungen	33
6.3 Emissionsreduktionsbedarf in Industrie und Gewerbe sowie in Haushalten.....	33
6.4 Emissionsreduktionsbedarf in der Landwirtschaft (Viehhaltung).....	34
7 Lufthygienische Wirkung des Winterthurer Klimaschutzes	35
7.1 Handlungsfeld Mobilität.....	35
7.2 Handlungsfeld Energieversorgung und Gebäude	35
7.3 Abschätzung der lufthygienischen Wirkung von Massnahmen des Energie- und Klimakonzepts	36

8 Handlungsmöglichkeiten im Rahmen der Teilrevision des Massnahmenplans Luftreinhaltung	37
8.1 Erkenntnisse zu Einzelraumfeuerungen und kleineren Holzzentralheizungen	37
8.2 Erkenntnisse zu grossen Holzzentralheizungen	37
8.3 Erkenntnisse zu stationären Motoren, Notstrommotoren	38
8.4 Erkenntnisse zu übrigen Emittenten	38
8.5 Folgerungen für die Teilrevision des Massnahmenplans Luftreinhaltung	38
9 Abbildungsverzeichnis	39
10 Tabellenverzeichnis	39
11 Abkürzungsverzeichnis	40
12 Quellenverzeichnis	41
13 Anhang	44
A Abschätzung der lufthygienischen Wirkung einiger Klimaschutzmassnahmen	44

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Für den Vollzug der schweizerischen Luftreinhalte-Gesetzgebung sind grundsätzlich die Kantone zuständig. Der Kanton Zürich hat den Städten Zürich und Winterthur die entsprechenden Aufgaben vollumfänglich delegiert. In der Stadt Winterthur werden sie von der Feuerungskontrolle (Amt für Baubewilligungen) und von der Fachstelle Umwelt (Umwelt- und Gesundheitsschutz) wahrgenommen.

Gemäss Art. 44a des Umweltschutzgesetzes (USG, SR 814.01) und Art. 31 der Luftreinhalte-Verordnung (LRV, SR 814.318.142.1) erstellt die zuständige Behörde in Fällen, in denen schädliche oder lästige Einwirkungen von Luftverunreinigungen¹ durch mehrere Quellen verursacht werden, einen Massnahmenplan. Der Kanton Zürich verfügt über einen solchen «Massnahmenplan Luftreinhaltung». Auch in der Stadt Winterthur sind – trotz erheblichen Verbesserungen der Luftqualität in den letzten Jahrzehnten – nach wie vor nicht alle Immissionsgrenzwerte gemäss LRV eingehalten. Deshalb verfügt die Stadt Winterthur zusätzlich über einen eigenen Massnahmenplan Luftreinhaltung («Massnahmenplan Luftreinhaltung 2010 der Stadt Winterthur»).

Mit Beschluss vom 11. März 2020 (SR.20.178-1) erteilte der Stadtrat dem Umwelt- und Gesundheitsschutz, Fachstelle Umwelt, den Auftrag, eine Teilrevision des Massnahmenplans Luftreinhaltung durchzuführen. Der bestehende Massnahmenplan ist mehr als 10 Jahre alt und bedarf einer Aktualisierung sowie einer Anpassung an inzwischen geänderte übergeordnete Rechtsgrundlagen. Gleichzeitig sollen Doppelspurigkeiten mit anderen Instrumenten der Stadt Winterthur eliminiert werden.

1.2 Ziel und Aufbau des vorliegenden Berichts

Der vorliegende Bericht stellt den Teil A des Schlussberichts zur Teilrevision des Massnahmenplans Luftreinhaltung 2010 der Stadt Winterthur dar. Er vermittelt die fachlichen und rechtlichen Grundlagen und zeigt die aktuelle lufthygienische Situation in der Stadt Winterthur sowie den daraus abgeleiteten Handlungsbedarf auf. Er dient zusammen mit dem Berichtsteil B, der die Änderungen am Massnahmenkatalog enthält, dem Stadtrat als Entscheidungsgrundlage, um die Teilrevision des Massnahmenplans Luftreinhaltung zu beschliessen.

Der Bericht ist wie folgt aufgebaut: Zunächst werden die fachlichen Grundlagen erläutert (Kapitel 2) sowie der rechtliche und politische Rahmen beschrieben (Kapitel 3). Anschliessend wird das Instrument des Massnahmenplans Luftreinhaltung der Stadt Winterthur vorgestellt, und es werden die Ziele sowie der Prozess der Teilrevision beschrieben (Kapitel 4). Die weiteren Berichtskapitel enthalten eine aktuelle Analyse der lufthygienischen Situation in der Stadt Winterthur (Kapitel 5) und des grundsätzlichen Emissionsreduktionsbedarfs (Kapitel 6). In Kapitel 7 wird ausserdem aufgezeigt, wie sich die Klimaschutz-Massnahmen der Stadt Winterthur auf die Lufthygiene auswirken. In Kapitel 8 werden schliesslich die Handlungsmöglichkeiten im Rahmen der Teilrevision des Massnahmenplans Luftreinhaltung dargelegt. Daraus leiten sich die Anpassungen am Massnahmenkatalog ab.

Eine Übersicht über die Anpassungen am Massnahmenkatalog und detaillierte Beschreibungen der einzelnen Massnahmen sowie ihrer erwarteten Wirkungen sind Gegenstand des separaten Berichts «Massnahmenplan Luftreinhaltung Stadt Winterthur, Teil B: Massnahmenkatalog (Revision 2023 des Massnahmenplans Luftreinhaltung 2010 der Stadt Winterthur)».

¹ Gemäss der schweizerischen Umweltschutz-Gesetzgebung sind Einwirkungen dann als «schädlich oder lästig» zu beurteilen, wenn sie über den Immissionsgrenzwerten liegen.

2 Fachliche Grundlagen

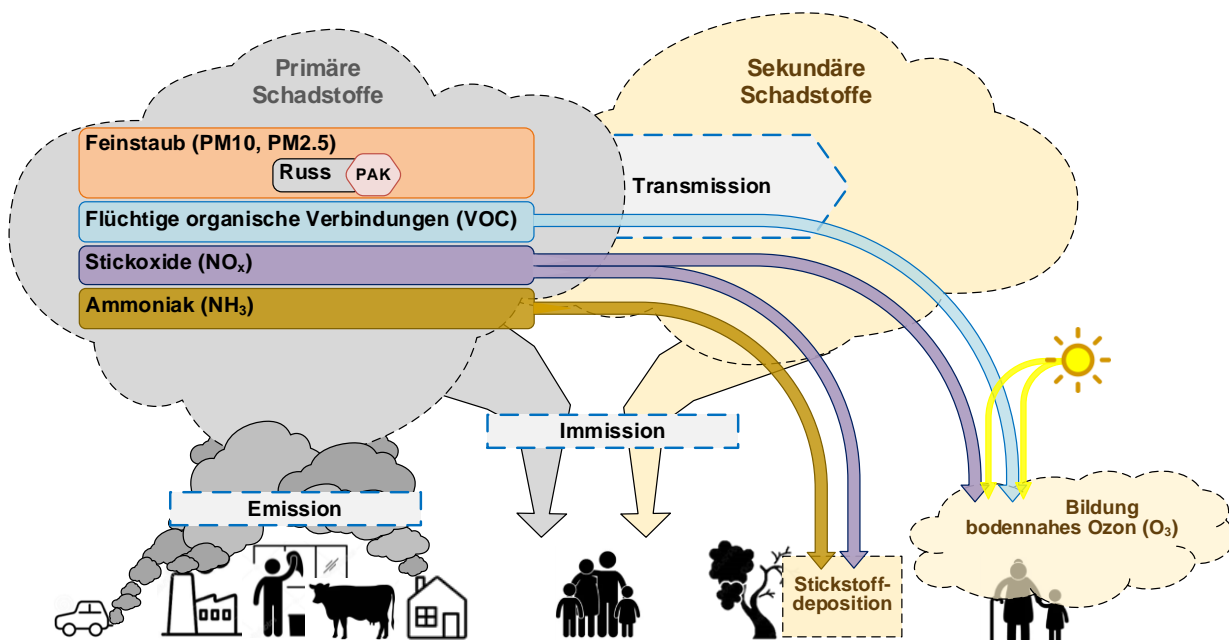
Saubere Luft ist eine wichtige Lebensgrundlage für Menschen, Tiere und Pflanzen. Luftverschmutzung verursacht Umweltschäden, zerstört Ökosysteme und verursacht hohe volkswirtschaftliche Kosten, unter anderem im Gesundheitswesen.² Die Luftverschmutzung steht zudem in engem Zusammenhang mit der globalen Klimaerwärmung (IPCC 2021). Als Luftschadstoffe werden Stoffe bezeichnet, welche schädliche oder lästige Einwirkungen auf Mensch, Tier und Pflanzen haben können. Diese Stoffe können gasförmig, flüssig oder als Feststoff in der Luft vorkommen.

2.1 Begriffe: Emissionen und Immissionen

Luftschadstoffe werden von verschiedenen Quellen an die Umwelt abgegeben (→ «Emission»; vgl. Abbildung 1). Die Emissionen gelangen durch verschiedene Ausbreitungsbedingungen (→ «Transmission») an den Ort, wo die Schadstoffe auf die Umwelt einwirken (→ «Immission»).

Einige Immissionen können klar lokalen Quellen zugewiesen werden. Andere entstehen nicht nur durch direkte Emissionen einzelner Stoffe (→ «primäre Schadstoffe»), sondern auch durch Umwandlungsprozesse, bei welchen gewisse Schadstoffe aus Vorläufersubstanzen gebildet werden (→ «sekundäre Schadstoffe»). Ein- und Austräge sowie Witterungseinflüsse (z.B. Sonneneinstrahlung), welche die Bildung und Konzentration von Luftschadstoffen beeinflussen, sind dabei wichtige Faktoren.

Abbildung 1: Emission, Transmission und Immission der wichtigsten Luftschadstoffe



² Die Feinstaub-Emissionen verursachen gemäss einer Studie des Kantons Zürich, der Stadt Zürich und der Stadt Winterthur aus dem Jahr 2018 Gesundheitskosten von ca. 70 Mio. Franken pro Jahr (Econcept 2018). Eine neue Studie der Stadt Zürich aus dem Jahr 2022 beziffert für das Jahr 2020 die Kosten, die alleine auf dem Gebiet der Stadt Zürich durch den Leitschadstoff Feinstaub PM2.5 anfielen, auf rund 1.4 Mia. Franken (Econcept 2022).

2.2 Wichtigste Luftschadstoffe

Zu den wichtigsten Luftschadstoffen gehören Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5}) und dessen krebserzeugende Bestandteile respektive Begleitstoffe wie Russ (EBC) und polyaromatische Kohlenwasserstoffe (PAK). Ebenfalls wichtig sind Stickstoffdioxid (NO₂) und Ozon (O₃). Darüber hinaus sind auch flüchtige organische Verbindungen (VOC) und Ammoniak (NH₃) zu beachten, welche unter anderem als Vorläufersubstanzen für die obengenannten Schadstoffe fungieren (vgl. Abbildung 1).

2.2.1 Feinstaub (PM₁₀, PM_{2.5})

Während grobe Staubpartikel rasch zu Boden fallen und beispielsweise auf Fensterbrettern sichtbar sind, ist Feinstaub für das menschliche Auge unsichtbar. Die Begriffe Feinstaub PM₁₀ und Feinstaub PM_{2.5} umfassen den lungengängigen Anteil des Schwebstaubs. Die Bezeichnungen PM₁₀ und PM_{2.5} stehen für Teilchen (engl. «Particulate Matter») mit einem Durchmesser unter 10 bzw. unter 2.5 Mikrometern (Tausendstel Millimeter).

Primärer Feinstaub entsteht zum Beispiel aus Verbrennungen in Motoren oder Heizungen. Andere Quellen sind mechanische Prozesse wie der Abrieb von Strassenbelag, Reifen, Brems- und Kupplungsbelägen sowie die Aufwirbelung des auf dem Boden liegenden Staubs. Sekundärer Feinstaub wird in der Atmosphäre aus gasförmigen Vorläufersubstanzen, insbesondere aus Ammoniakemissionen der Landwirtschaft sowie aus Stickoxid- und VOC-Emissionen gebildet.

Zum Feinstaub PM_{2.5}, welcher eine Teilmenge des Feinstaubes PM₁₀ ist, gehören die gefährlichsten Partikel, wie der Russ, welcher bei der Verbrennung von Diesel und Holz entsteht und krebserzeugende Begleitstoffe aufweist. Es gibt zahlreiche Studien, welche die negativen gesundheitlichen Auswirkungen von Feinstaub belegen (WHO 2021).

2.2.2 Russ (EBC)

Russpartikel bestehen überwiegend aus Kohlenstoff und sind vor allem im besonders feinen Feinstaub zu finden. Russ kann als elementarer Kohlenstoff (EC) oder als schwarzer Kohlenstoff (BC) bestimmt werden. Schweizweit und international hat sich ein auf parallelen Vergleichsmessungen basierendes Verfahren etabliert, welches die gemessene Russkonzentration als «Equivalent Black Carbon» (EBC) angibt (OSTLUFT 2017). Russ entsteht bei unvollständiger Verbrennung von flüssigen und festen Brennstoffen. So wird er zum Beispiel von Motoren ohne wirksame Abgasfilter oder bei schlechter (unvollständiger) Verbrennung von Biomasse (z.B. Holz) ausgestossen (EKL 2013).

Auf der Oberfläche der Russpartikel lagern sich flüssige oder feste chemische Gifte ab, wie zum Beispiel polyaromatische Kohlenwasserstoffe aus dem Verbrennungsprozess. Diese werden als krebserzeugend eingestuft (z.B. SUVA 2022). Aus gesundheitlicher Sicht sind diese ultrafeinen Partikel besonders bedenklich, weil sie, zusammen mit ihren toxischen Begleitstoffen, über die Lunge bis in den Blutkreislauf und in das Gehirn vordringen können (EKL 2013, Empa 2017b).

2.2.3 Stickoxide (NO_x)

Mit dem Begriff Stickoxide (NO_x) werden die beiden Verbindungen Stickstoffmonoxid (NO) und Stickstoffdioxid (NO₂) zusammengefasst. Stickoxide werden direkt bei Verbrennungsprozessen gebildet, wobei Stickstoffdioxid für den Menschen giftig ist und zu Atemwegserkrankungen führt. Stickoxide sind auch wichtige Vorläufersubstanzen für die Bildung von bodennahem Ozon, sekundärem Feinstaub und Nitrat.

2.2.4 Bodennahes Ozon (O₃)

Im Gegensatz zur lebenswichtigen Ozonschicht, welche in der Stratosphäre (oberhalb von ca. 10 bis 12 km) als Schutzfilter gegen die schädliche UV-Strahlung der Sonne wirkt, ist bodennahes Ozon unerwünscht. Das bodennahe Ozon ist ein Sekundärschadstoff, der in der Atmosphäre bei intensiver Sonneneinstrahlung durch photochemische Reaktionen aus Vorläufersubstanzen wie Stickoxiden und flüchtigen organischen Verbindungen gebildet wird. Das Ozon wirkt als Reizgas und kann bei Menschen und Tieren schon bei relativ niedrigen Konzentrationen zu Reizungen der Atemwege führen. In höheren Konzentrationen wirkt es auch pflanzenschädigend. Das bodennahe Ozon ist zudem ein wichtiger Mitverursacher der globalen Erwärmung.

2.2.5 Flüchtige organische Verbindungen (VOC)

Flüchtige organische Verbindungen sind kohlenstoffhaltige Substanzen, welche in der Atmosphäre gasförmig vorkommen. Mit der Bezeichnung NMVOC (flüchtige organische Substanzen ohne Methan) wird das in der Atmosphäre häufige und hochwirksame Klimagas Methan explizit ausgeklammert. NMVOC stammen vorwiegend aus der Anwendung von Lösungsmitteln in Industrie, Gewerbe und Haushalten. Die Toxizität von VOC ist unterschiedlich. Benzol gilt z.B. als krebserregend. Andere gelten als gesundheitlich irritativ oder können Allergien auslösen. Zu den möglichen gesundheitlichen Auswirkungen zählen u. a. Müdigkeit, Kopfschmerzen, reduzierte Leistungsfähigkeit, Infektionsanfälligkeit, Augenirritationen und trockene Schleimhäute.

NMVOC sind Vorläuferstoffe für bodennahes Ozon und für die organischen Anteile im Feinstaub. Halogenierte NMVOC tragen massgeblich zur Zerstörung der stratosphärischen Ozonschicht bei und verstärken die globale Erwärmung.

2.2.6 Ammoniak (NH₃)

Ammoniak ist ein stark stechend riechendes, farbloses, wasserlösliches giftiges Gas.

Die vorwiegend aus der Nutztierhaltung stammenden Ammoniak-Emissionen und der daraus folgende Stickstoffeintrag tragen zu einer unerwünschten, weiträumigen Überdüngung von sensiblen Ökosystemen (z.B. Wälder, Magerwiesen, Moore) bei. Ammoniak ist zudem ein Vorläuferstoff von sekundär gebildetem Feinstaub.

2.3 Wechselwirkungen zwischen Luftschadstoffen und Klimagasen

Klassische Luftschadstoffe sind unterschätzte Klimatreiber. Kohlenmonoxid (CO), Stickoxide (NO_x) und flüchtige Kohlenwasserstoffe (VOC) führen beispielsweise zur Bildung von Ozon (O₃), das ein signifikantes Erwärmungspotenzial besitzt. Ammoniak (NH₃) ist eine Ausgangsquelle zur Bildung von Lachgas (N₂O), welches ebenfalls ein hohes Erwärmungspotenzial aufweist. Schwefeldioxid (SO₂), Stickoxide (NO_x) und Ammoniak (NH₃) führen zu klimaveränderndem sekundärem Feinstaub (u.a. Ammoniumsulfat und Ammoniumnitrat). Der im Feinstaub enthaltene Russ verstärkt den Treibhauseffekt ebenfalls (IPCC 2021).

Treibhausgase und Luftschadstoffe haben zahlreiche gemeinsame Quellen und Wechselwirkungen. Die Reduktion der Luftbelastung im Rahmen der Luftreinhaltung dient somit auch dem Klimaschutz. Umgekehrt führen die Anstrengungen im Klimaschutz oft auch zu besserer Luftqualität. Die Prognosen des IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change, Weltklimarat) deuten auf der anderen Seite darauf hin, dass sich mit der Klimaerwärmung die lokale und regionale Luftverschmutzung verschlimmert (IPCC 2013).

Weil Luftverschmutzung und globaler Klimawandel in enger Wechselwirkung zueinander stehen, sollten Reduktionsstrategien der Luftreinhaltung und des Klimaschutzes nicht komplett losgelöst voneinander betrachtet werden. In Kapitel 7 wird deshalb auf die lufthygienische Relevanz der Winterthurer Energie- und Klimapolitik eingegangen.

3 Rechtliche (und weitere) Grundlagen

3.1 Schweizerische Luftreinhaltungspolitik

Die schweizerische Luftreinhaltungspolitik richtet sich nach dem Umweltschutzgesetz (USG) und der Luftreinhalte-Verordnung (LRV). Seit dem Inkrafttreten der LRV am 1. März 1986 gelten in der Schweiz einheitliche und verbindliche Vorschriften über die Luftreinhaltung. Dabei sind Emissionen grundsätzlich an der Quelle zu begrenzen. Um Mensch und Umwelt vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen zu schützen, sieht das USG ein zweistufiges Konzept vor:

1. Stufe - Vorsorge

Der Schutz vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen erfolgt einerseits durch die vorsorgliche Emissionsbegrenzung beim Austritt an der Quelle (Anlage), soweit dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist (Art. 11 Abs. 2 USG).

2. Stufe - Verschärfung

Steht fest oder ist zu erwarten, dass trotz Realisierung der vorsorglichen Emissionsbegrenzungen schädliche oder lästige Einwirkungen entstehen, werden die Emissionsbegrenzungen verschärft (Art. 11 Abs. 3 USG).

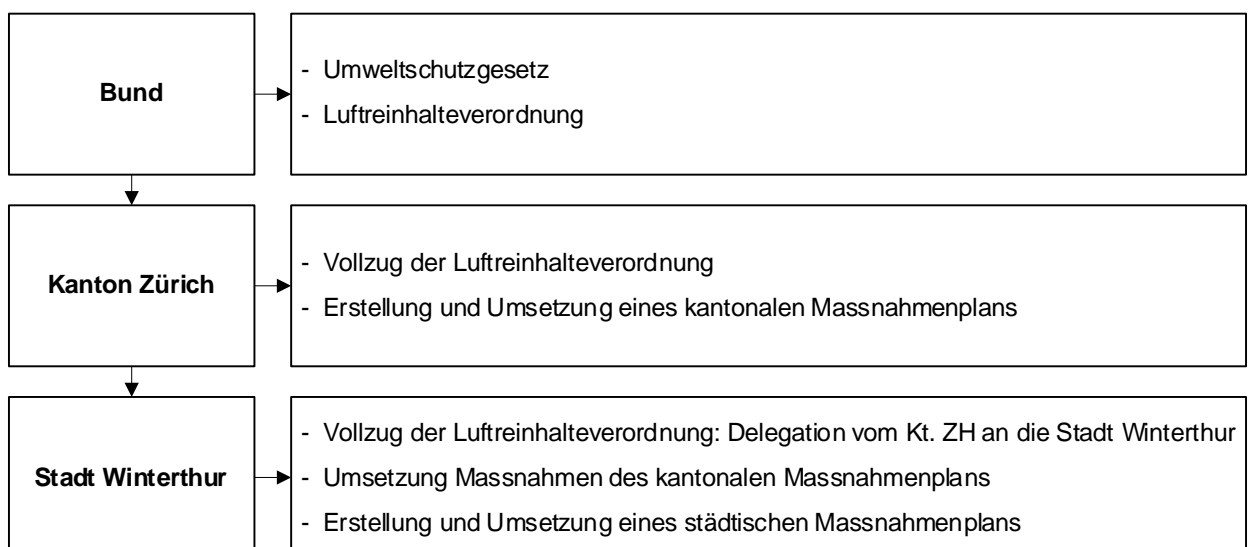
Als schädliche oder lästige Einwirkungen werden übermässige Immissionen verstanden. Übermässig sind Immissionen, welche über den Immissionsgrenzwerten der LRV liegen (Art. 2 Abs. 5 LRV; zu den Immissionsgrenzwerten vgl. Kapitel 3.2). Bestehen für einen Schadstoff keine Immissionsgrenzwerte, so gelten die Immissionen als übermässig, wenn:

- sie Menschen, Tiere, Pflanzen, ihre Lebensgemeinschaften oder ihre Lebensräume gefährden;
- aufgrund einer Erhebung feststeht, dass sie einen wesentlichen Teil der Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden erheblich stören;
- sie Bauwerke beschädigen; oder
- sie die Fruchtbarkeit des Bodens, die Vegetation oder die Gewässer beeinträchtigen.

Wenn übermässige Immissionen durch mehrere Anlagen verursacht werden, erstellt die zuständige Behörde einen Massnahmenplan, um die schädlichen oder lästigen Einwirkungen zu vermindern oder zu beseitigen (Art. 44a Abs. 1 USG).

Abbildung 2 zeigt, wie die Stadt Winterthur in die schweizerische Luftreinhaltung eingebettet ist.

Abbildung 2: Rollen von Bund, Kanton Zürich und der Stadt Winterthur in der schweizerischen Luftreinhaltungspolitik



3.2 Immissionsgrenzwerte der Luftreinhalte-Verordnung

Als ein Mass für die zu erreichende Luftqualität dienen die Immissionsgrenzwerte der LRV. Tabelle 1 zeigt die Immissionsgrenzwerte für Feinstaub, Ozon und Stickstoffdioxid.

Tabelle 1: Immissionsgrenzwerte nach Anhang 7 LRV

Immissionsgrenzwerte	Luftschadstoffe			
	Stickstoffdioxid NO ₂ [µg/m ³]	Ozon O ₃ [µg/m ³]	Feinstaub PM10 [µg/m ³]	Feinstaub PM2.5 [µg/m ³] ^{c)}
Jahresmittelwert	30	-	20	10
95 %-Wert der ½-Stunden-Mittelwerte des Jahres	100	-	-	-
98 %-Wert der ½-Stunden-Mittelwerte des Monats	-	100	-	-
24-Stunden-Mittelwert	80	-	-	-
Ein-Stunden-Mittelwert	-	120 ^{a)}	-	-
24-Stunden-Mittelwert	-	-	50 ^{b)}	-

a) Darf höchstens einmal pro Jahr überschritten werden.

b) Darf höchstens dreimal pro Jahr überschritten werden.

c) In Kraft seit 1. Juni 2018.

3.3 Weitere Belastungsgrenzwerte für die Beurteilung übermässiger Immissionen

Um zu beurteilen, ob Schadstoff-Immissionen, für welche die LRV keine Grenzwerte vorschreibt, im Sinne von Art. 2 Abs. 5 LRV übermässig sind, ist es auch in der Schweiz üblich, auf umfassende Untersuchungen anerkannter wissenschaftlichen Fachliteratur zu den schädlichen Auswirkungen der Luftschadstoffe zurückzugreifen (BAFU 2021a).

Zum Beispiel sind in diesem Zusammenhang die «Air Quality Guidelines» der WHO oder die von der UNO-Wirtschaftskommission für Europa (UNECE) definierten Belastungsgrenzen zu nennen, welche als «Critical Loads» und «Critical Levels» bezeichnet werden. Immissionen, welche diese Werte überschreiten, werden nach dem heutigen Stand des Wissens als «übermässig» eingestuft, da sie nachgewiesenermassen schädliche Auswirkungen auf Mensch und Umwelt haben (BAFU 2021a). Im «Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung» der UNECE und mit der Ratifizierung des zugehörigen Göteborg-Protokolls³, hat sich auch die Schweiz verpflichtet, diese «Critical Loads» - zum Beispiel für Stickstoffeinträge - einzuhalten (BAFU 2021b). Die «Critical Loads» sind als Konsequenz auch im Luftreinhaltekonzept des Bundes als immissionsseitige Ziele («Schutzziele») festgehalten.

³ «Das Übereinkommen über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (Convention on long-range transboundary air pollution, CLRTAP) der UNO-Wirtschaftskommission für Europa (UNECE) wurde 1979 in Genf beschlossen und ist 1983 in Kraft getreten. Es umfasst acht Protokolle zur Reduktion von Luftschadstoffen. Die Schweiz hat alle Protokolle ratifiziert [...]» (BAFU 2021b)

3.4 Schutzziele des Bundes

In seinem Luftreinhaltungskonzept vom 11. September 2009 (Bundesrat 2009) beschreibt der Bund, wie gross die relativen Emissionsreduktionen sein müssen, um die Immissionsgrenzwerte der LRV und die übrigen Schutzziele zu erreichen.

Bezogen auf das Jahr 2005 sind die in Tabelle 2 ersichtlichen Reduktionen der schweizerischen Schadstoffemissionen erforderlich, um in den Bereich zu gelangen, wo nur noch vorsorgliche Massnahmen nötig sind.

Tabelle 2: Schutzziele und notwendige Emissionsreduktionen gemäss «Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes»

Schadstoff	Notwendige Emissionsreduktion gegenüber dem Jahr 2005	Gemäss Schutzziel
NO _x	ca. 50 %	IGW Stickstoffdioxid IGW Ozon ^{a)} CL Säure
VOC	20 – 30 %	IGW Ozon ^{a)} IGW PM10
Feinstaub	ca. 45 %	IGW PM10
NH ₃	ca. 40 %	IGW PM10 ^{b)} CL Stickstoff
Kanzerogene Stoffe (z.B. Russ)	So weit wie technisch möglich und verhältnismässig	Gesundheit: Minimierungsgebot LRV

IGW: Immissionsgrenzwert der LRV; CL: Kritischer Belastungswert («Critical Loads»).

a) Stickoxide und VOC sind Vorläuferstoffe für bodennahes Ozon.

b) NH₃ und VOC tragen wesentlich zur Bildung von sekundärem Feinstaub PM10 bei.

3.5 Ziel- und Richtwert der Eidgenössischen Kommission für Lufthygiene für Russbelastung

Die Eidgenössische Kommission für Lufthygiene (EKL) ist eine vom Bund eingesetzte ausserparlamentarische Fachkommission. Das Experten-Gremium berät den Bundesrat und die Bundesverwaltung in lufthygienischen Themen. Unter anderem wertet sie vorhandene Daten und wissenschaftliche Fachliteratur aus und leitet daraus Empfehlungen für die Luftreinhaltungspolitik des Bundes ab.

Wie in Abbildung 2 ersichtlich ist, gilt für Russ ein Minimierungsgebot⁴, da es für kanzerogene Schadstoffe keine unschädlichen Schwellenwerte gibt. Davon ausgehend, dass Russ-Immissionen, welche mehr als einen Krebsfall pro Million Einwohner verursachen, als «übermässig» zu beurteilen sind, hat die EKL entsprechende Schutzziele definiert. Der Jahresmittel-Zielwert für Russ-Immissionen an weniger verkehrsbelasteten Standorten beträgt 0.1 µg/m³. Für die stark verkehrsbelasteten Standorte, welche regelmässig eine höhere Russbelastung aufweisen, wurde ein Jahresmittel-Richtwert von 0.2 - 0.3 µg/m³ festgelegt (EKL 2013).

⁴ Als Minimierungsgebot wird in diesem Zusammenhang Anh. 1 Ziff. 82 LRV bezeichnet.

3.6 Neue WHO-Richtwerte (Air Quality Guidelines)

Die Welt-Gesundheitsorganisation (WHO) hat 2021 die Richtwerte für verschiedene Schadstoffe aufgrund aktueller wissenschaftlicher Erkenntnisse zu deren Auswirkungen angepasst (WHO 2021). Tabelle 3 stellt die Richtwerte der WHO den Immissionsgrenzwerten der LRV für ausgesuchte Schadstoffe gegenüber. Es ist zu sehen, dass die in der Schweiz geltenden Immissionsgrenzwerte den bisherigen WHO-Richtwerten entsprechen oder sogar strenger sind.

Tabelle 3: Gegenüberstellung ausgewählter bisheriger und neuer WHO-Richtwerte und LRV-Immissionsgrenzwerte (Jahresmittel)

Schadstoff	Richtwert WHO 2005 [µg/m ³]	Richtwert WHO 2021 [µg/m ³]	IGW LRV [µg/m ³]
Feinstaub PM10	20	15	20
Feinstaub PM2.5	10	5	10
Stickstoffdioxid (NO ₂)	40	10	30

Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird die EKL dem Bundesrat empfehlen, die neuen WHO-Richtwerte in die LRV zu übernehmen. Eine LRV-Änderung dauert allerdings in der Regel einige Jahre.

4 Der Massnahmenplan Luftreinhaltung der Stadt Winterthur

Der Massnahmenplan Luftreinhaltung 2010 der Stadt Winterthur beinhaltet zwei verschiedene Typen von Massnahmen:

1. Vollzugsanweisung der Stadt Winterthur (siehe externe Erlass-Sammlung, SRS 7.4-3)

Massnahmen, die Gegenstand der Vollzugsanweisung sind, weisen rechtliche Verbindlichkeit gegenüber Dritten im Winterthurer Stadtgebiet auf. Sie betreffen stationäre Anlagen. Änderungen der Vollzugsanweisung bedürfen der Genehmigung durch den Regierungsrat.

2. Verwaltungsinterne Massnahmen der Stadt Winterthur

Einige Massnahmen gelten nur für die Verwaltung der Stadt Winterthur und betreffen zum Beispiel stadteigene Anlagen oder Prozesse. Ein Teil dieser Massnahmen basiert auf Empfehlungen aus dem kantonalen Massnahmenplan an die Gemeinden, selber verwaltungsinterne Massnahmen zu ergreifen.

Zudem besteht die Verordnung zum Massnahmenplan Luftreinhaltung des Kantons Zürich vom 9. Dezember 2009 (LS 713.11), welche - wie die Winterthurer Vollzugsanweisung - gegenüber Dritten verbindliche Massnahmen enthält. Diese Massnahmen sind zwar nicht eigentliche Bestandteile des städtischen Massnahmenplans, aber sie sind im ganzen Kantonsgebiet gültig und es liegt an der Stadt Winterthur, sie in ihrem Stadtgebiet zu vollziehen. Die kantonalen Massnahmen sind deshalb in den städtischen Prozess der Massnahmenplanung bzw. die zugehörige Erfolgskontrolle integriert.

Eine Überprüfung der bestehenden Massnahmen und der Luftschadstoffbelastung in der Stadt Winterthur im Jahr 2018 ergab, dass viele Massnahmen abgeschlossen, überholt oder nicht mehr notwendig sind, dass aber nach wie vor Bedarf nach einem Massnahmenplan besteht. Der Stadtrat erteilte deshalb mit SR.178-1 vom 11. März 2020 der Fachstelle Umwelt den Auftrag, eine Teilrevision des Massnahmenplans Luftreinhaltung durchzuführen.

Ziel des Massnahmenplans ist es, die Emissionen der wichtigsten Luftschadstoffe weiter zu senken, so dass die Immissionsgrenzwerte gemäss LRV langfristig eingehalten werden können.

4.1 Ziele der Teilrevision

Durch die Teilrevision des Massnahmenplans sollen abgeschlossene und nicht mehr zielführende Massnahmen aus dem Massnahmenkatalog entfernt, bestehende Massnahmen aktualisiert sowie bei Bedarf neue Massnahmen formuliert werden. Insbesondere sollen auch Doppelspurigkeiten mit anderen Instrumenten (z.B. dem Energie- und Klimakonzept) eliminiert werden.

Die Teilrevision orientiert sich an folgenden generellen Grundsätzen der Massnahmenplanung: Die Massnahmen müssen zweckmässig, verhältnismässig und rechtsgleich ausgestaltet sein. Bei verschärften Emissionsbegrenzungen ist zwar die Vermeidung von übermässigen Gesundheits- oder Umweltbelastungen höher zu werten als wirtschaftliche Überlegungen, dennoch sollen die Massnahmen ein vernünftiges Kosten-Nutzen-Verhältnis aufweisen.

4.2 Ablauf der Teilrevision und Beteiligte

Der Prozess der Teilrevision wurde geleitet von der Fachstelle Umwelt des Umwelt- und Gesundheitsschutzes Winterthur (UGS) und begleitet durch den externen Experten Dan Ljungberg (DOL Environmental Engineering & Consulting). Abbildung 3 beschreibt das Vorgehen:

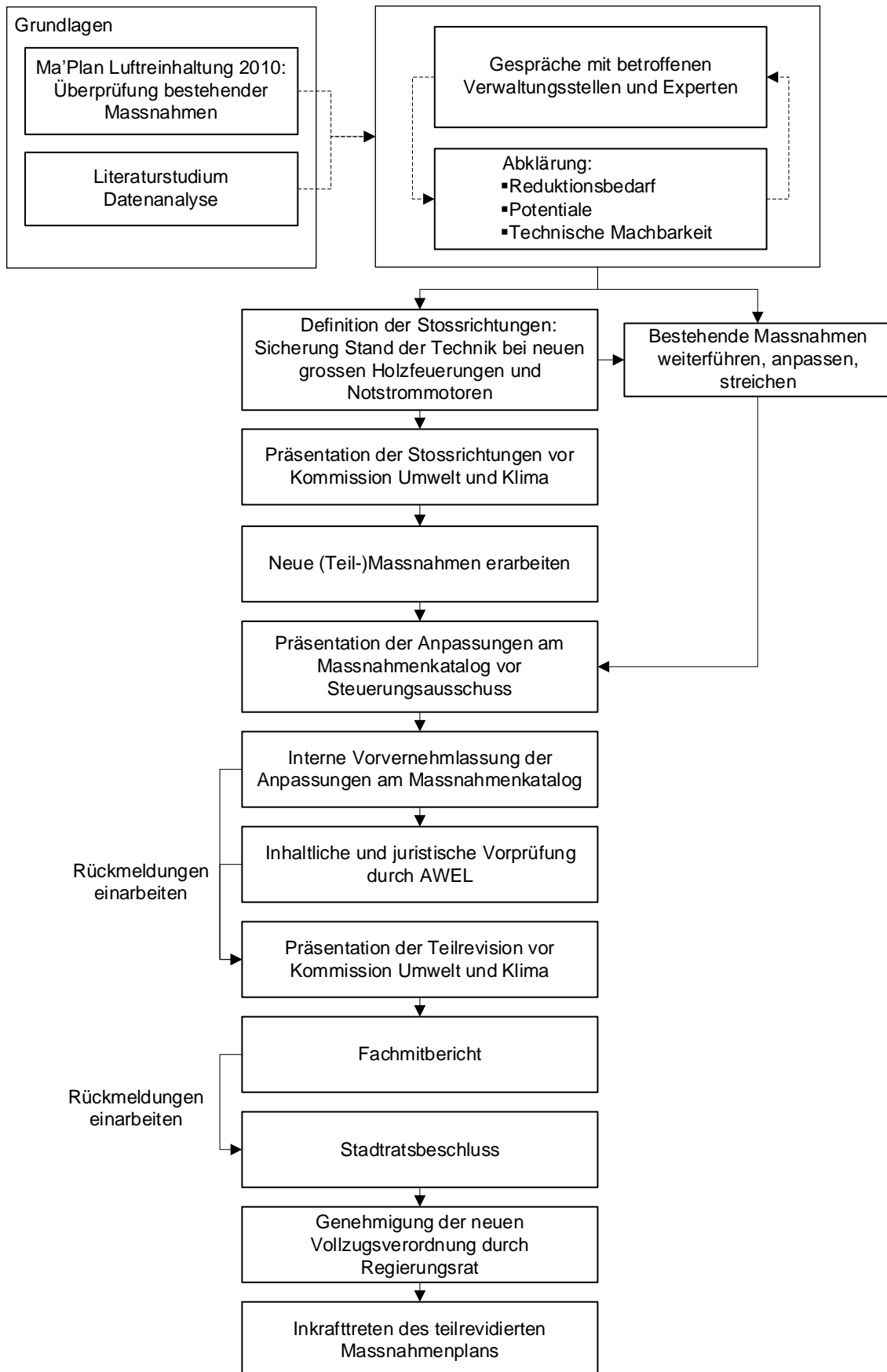
Für die Situationsanalyse, die Überprüfung und Überarbeitung bestehender Massnahmen und die Bedarfsabklärung für neue Massnahmen wurden diverse Gespräche mit Vertreterinnen und Vertretern der beteiligten Verwaltungsstellen geführt. Ausserdem wurden Wirkungen und technische Machbarkeiten potenzieller neuer Massnahmen mit Fachpersonen innerhalb und ausserhalb der Stadtverwaltung erörtert. Darauf aufbauend wurden die inhaltlichen Stossrichtungen der Teilrevision skizziert. Die Kommission Umwelt und Klima⁵ nahm diese im Mai 2022 zur Kenntnis.

Anschliessend wurden die weiter ausgearbeiteten Änderungsvorschläge am Massnahmenkatalog im Rahmen einer stadtinternen Vor-Vernehmlassung den involvierten und betroffenen Verwaltungseinheiten zur Stellungnahme vorgelegt. Die die Vollzugsanweisung betreffenden inhaltlichen Änderungen, welche vom Regierungsrat genehmigt werden müssen, wurden der Sektion Emissionskontrolle des Amtes für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) Ende 2022 zu einer Vorprüfung vorgelegt.

Die resultierenden Anpassungen am Massnahmenkatalog sind im separaten Bericht «Teilrevision Massnahmenplan Luftreinhaltung 2010 der Stadt Winterthur, Schlussbericht, Teil B: Änderungen am Massnahmenkatalog» ersichtlich. Sie wurden unter Berücksichtigung der im Prozess erhaltenen Rückmeldungen erstellt.

⁵ Kommission Umwelt und Klima: Neuer Name der bisherigen Kommission Umwelt und Energie (SR.22.281-1 vom 04.05.2022)

Abbildung 3: Vorgehen bei der Teilrevision des Massnahmenplans Luftreinhaltung unter der Projektleitung der Fachstelle Umwelt des UGS



5 Luftqualität und Emissionsquellen in der Stadt Winterthur (nach Schadstoffen)

In Kapitel 5 werden die verfügbaren Immissions-Messdaten, die wichtigsten Emissionsquellen sowie die Zusammenhänge und Auswirkungen der Schadstoffe diskutiert. Diese Analyse basiert auf den nachfolgend beschriebenen Daten- und Informationsquellen.

5.1 Relevante Daten und Informationsquellen

Die Stadt Winterthur betreibt als Partnerin von OSTLUFT, einem Zusammenschluss der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein, seit 2015 in Winterthur Veltheim eine stationäre Luftqualitäts-Messstation. Die Immissionen von Feinstaub, Russ (EBC), Ozon (O₃), Stickstoffdioxid (NO₂) sowie Temperatur und Luftfeuchtigkeit werden dort kontinuierlich gemessen. Da die Messstation in Veltheim aufgrund ihres Standorts nur die städtische Hintergrundbelastung erfasst, fand im Jahr 2017 an der stärker verkehrsbelasteten St. Gallerstrasse eine Messung mit einer mobilen Messstation statt. Zusätzlich werden die NO₂-Immissionen mit über das Stadtgebiet verteilten Passivsammlern überwacht.

Um die Entwicklung der Emissionen in der Stadt Winterthur verfolgen zu können, wird seit 2004 im Vierjahres-Rhythmus ein Emissionskataster erstellt. Mit der letzten Aktualisierung des Emissionskatasters der Stadt Winterthur vom Juni 2021 wurde das Emissionsjahr 2020 ergänzt. Der Emissionskataster ist ein wichtiges Instrument, um die relevanten Emissionsquellen, Schadstofffrachten und Handlungsfelder für die Luftreinhaltung zu identifizieren und einzuordnen. Da dem Emissionskataster ein komplexes Berechnungsmodell zugrunde liegt, stellt er eine Annäherung an die tatsächliche Emissionssituation dar. Um die Ergebnisse des Emissionskatasters zu ergänzen, wird im vorliegenden Bericht auch auf Daten und Erkenntnisse aus einschlägiger Fachliteratur Bezug genommen.

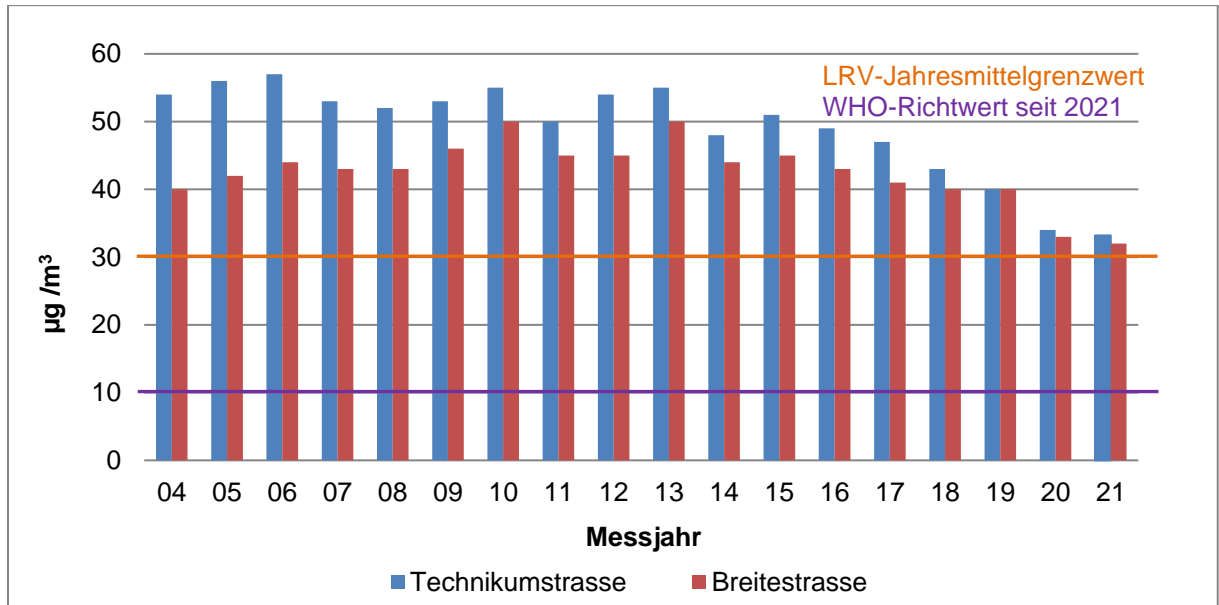
5.2 Stickoxide (NO_x)

5.2.1 NO_x-Immissionen 2004 - 2021

Die an der Messstation Veltheim gemessene Belastung mit Stickstoffdioxid (NO₂) liegt im Jahresmittel seit 2007 unter dem LRV-Grenzwert von 30 Mikrogramm pro Kubikmeter. Die zusätzlichen Messungen mit Passivsammlern an der Technikum- und an der Breitestrasse zeigen einen kontinuierlichen Rückgang seit 2015. Die Belastung an diesen stark befahrenen Strassen liegt jedoch nach wie vor über dem Jahresmittel-Grenzwert der LRV (siehe Abb. 7.2).

Die deutlich tieferen Messwerte von 2020 und 2021 gegenüber 2019 sind möglicherweise zum Teil auf verminderte Mobilität in der Corona Pandemie zurückzuführen.

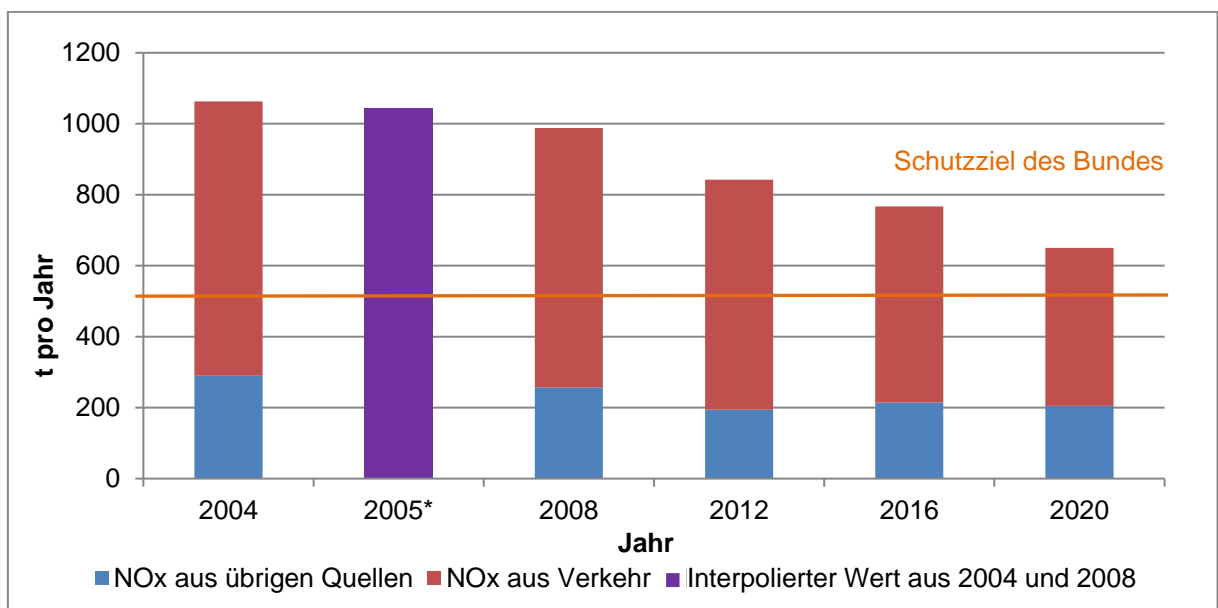
Abbildung 4: Entwicklung der NO₂-Immissionen (Jahresmittelwerte in Mikrogramm pro Kubikmeter) an der Technikumstrasse und an der Breitestrasse, 2004 bis 2021 (Datenquelle: Passivsammler)



5.2.2 NO_x-Emissionen 2004 - 2020

Die Entwicklung der vierjährlich im Emissionskataster ausgewiesenen Stickoxidemissionen zeigt ein ähnliches Bild wie die Immissionsmessungen. Die Emissionen sind insgesamt rückläufig, primär aufgrund technologischer Verbesserungen bei den Fahrzeugen. Der Anteil der Emissionen, der nicht auf den Verkehr zurückzuführen ist, bleibt seit Längerem ungefähr konstant. 2020 stammten die Stickoxide zu knapp 75 % aus dem Verkehr. Die restlichen 25 % wurden durch Feuerungen und im Rahmen verschiedener anderer Prozesse ausgestossen. Um das Schutzziel des Bundes (Reduktion der NO_x-Emissionen um 50 % gegenüber dem Jahr 2005) zu erreichen, ist eine weitere Senkung um rund 20 % nötig.

Abbildung 5: Entwicklung der NO_x-Emissionen (in Tonnen pro Jahr) gemäss Emissionskataster der Stadt Winterthur, 2004 bis 2020



*Referenzjahr für die Emissionsreduktion um 50 % zur Erreichung des Schutzziels des Bundes.

5.2.3 NO_x-Emissionsquellen 2020 und Fazit

Im Emissionskataster wurden die zehn wichtigsten NO_x-Emittenten für das Jahr 2020 ermittelt, welche zusammen knapp 90 % der Stickoxid-Emissionen auf dem Stadtgebiet ausmachen (siehe Tabelle 4).

Die wichtigste Emittentengruppe ist der Verkehr. Diesel-Fahrzeuge verantworten zwei Drittel der Stickoxid-Emissionen. Davon stammt rund die Hälfte von Personenwagen. Dazu kommen rund 4 % aus benzinbetriebenen Personenwagen. Rund 13 % der Stickoxid-Emissionen auf dem Stadtgebiet werden durch die Kehrichtverwertungsanlage (KVA) emittiert. Fossil betriebene Heizungen mit < 1 MW Leistung und grosse Holzschmelzheizungen tragen zusammen rund 7 % zu den Emissionen bei.

Tabelle 4: Wichtigste NO_x-Emittenten in der Stadt Winterthur gemäss Emissionskataster 2020

Quelle gemäss Emissionskataster 2020	NO _x -Emissionen [t/a]	Anteil am Total
PKW, Diesel	204	31 %
Lastwagen, Diesel	108	17 %
KVA	88	13 %
Lieferwagen, Diesel	84	13 %
PKW, Benzin 4-Takt	27	4 %
Holz, Holzschmelz > 70 kW	22	3 %
Gasfeuerungen < 1 MW ^{a)}	15	2 %
Linienbusse, Diesel	12	2 %
Baumaschinen Offroad	11	2 %
Ölfeuerungen < 1 MW ^{b)}	11	2 %
Übrige Quellen	69	11 %
Total	650	100 %

a) Nur Emissionskataster-Kategorie «Gas Gebläse kondensierend Low-NO_x».

b) Nur Emissionskataster-Kategorie «Öl kondensierend Low-NO_x».

Fazit Handlungsbedarf Stickoxide:

Trotz der seit 2005 kontinuierlich abnehmenden Belastung mit Stickoxiden ist der Jahresmittel-Immissionsgrenzwert der LRV für NO₂ an verkehrsexponierten Lagen nach wie vor überschritten. Der Handlungsbedarf ergibt sich jedoch nicht nur daraus, sondern auch aus der Rolle von Stickoxiden als Vorläuferstoffe für die Bildung von bodennahem Ozon und als beschleunigende Faktoren für die Bodenversauerung. Der grösste Handlungsbedarf besteht bei den Emissionen aus dem Verkehr respektive aus Dieselmotoren.⁶ Auch bei den Emissionen aus Holzschmelzheizungen und fossilen Heizungen ist eine Verbesserung wünschenswert. Die Emissionen aus der KVA sind substanziell; hier liegt aber aus verschiedenen Gründen kein zusätzlicher Handlungsbedarf vor.⁷

⁶ Vgl. dazu Kapitel 6.1.

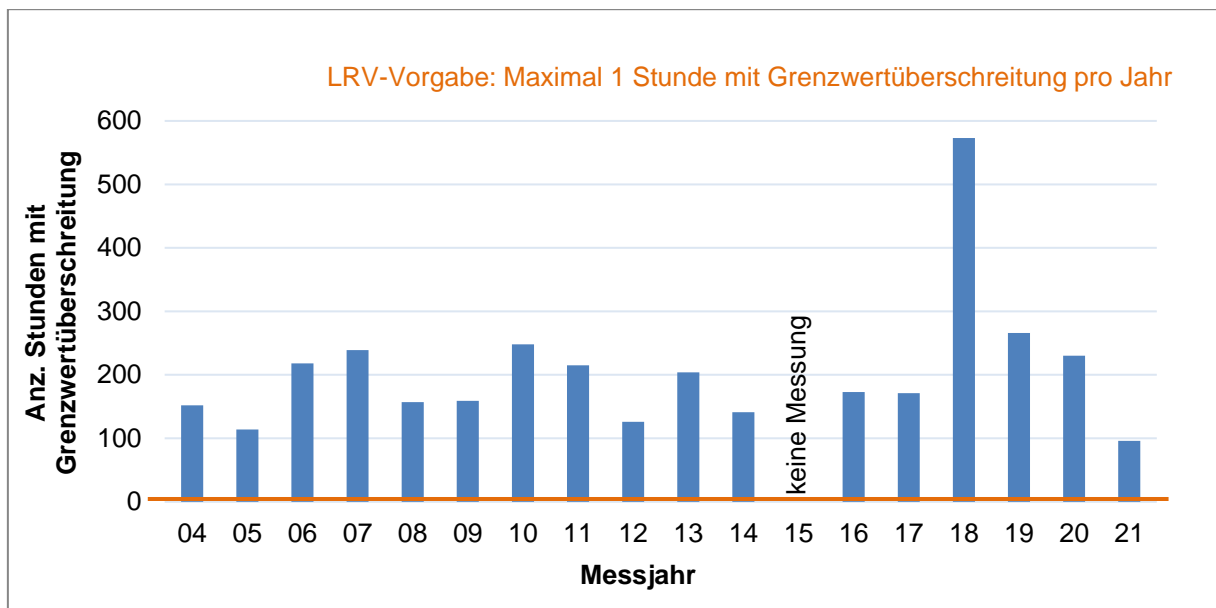
⁷ Die Abgasreinigung der KVA ist heute bereits fortschrittlich. Mit der anstehenden Erneuerung der Verbrennungslinie 2 ist eine weitere Verbesserung der Abgasreinigung geplant, welche die Stickoxid-Emissionen zusätzlich reduzieren wird. Zudem bewirkt der hohe Kamin eine sehr starke Verdünnung der Abgase, sodass die Schadstoffkonzentrationen in Bodennähe tief sind.

5.3 Bodennahes Ozon (O₃)

5.3.1 Ozon-Immissionen 2004 – 2021

Die O₃-Belastung in Bodennähe ist noch immer zu hoch. Der Stundenmittel-Grenzwert von 120 Mikrogramm pro Kubikmeter Luft dürfte gemäss LRV nur einmal pro Jahr überschritten werden. In Winterthur wurde dieser Grenzwert 2019 und 2020 jeweils während mehr als 200 Stunden pro Jahr überschritten. Im Hitzesommer 2018 war dies während mehr als 550 Stunden der Fall. Selbst im sehr niederschlagsreichen Jahr 2021 wurde der Grenzwert während 96 Stunden überschritten. Die Grenzwertüberschreitungen finden überwiegend im Sommerhalbjahr statt (siehe Abbildung 6).

Abbildung 6: Entwicklung der Ozonbelastung 2004 bis 2021, Messstation Veltheim



Die Ausreisser 2018 und 2021 sind wetterbedingt: 2018 war heiss und niederschlagsarm, 2021 war besonders niederschlagsreich.

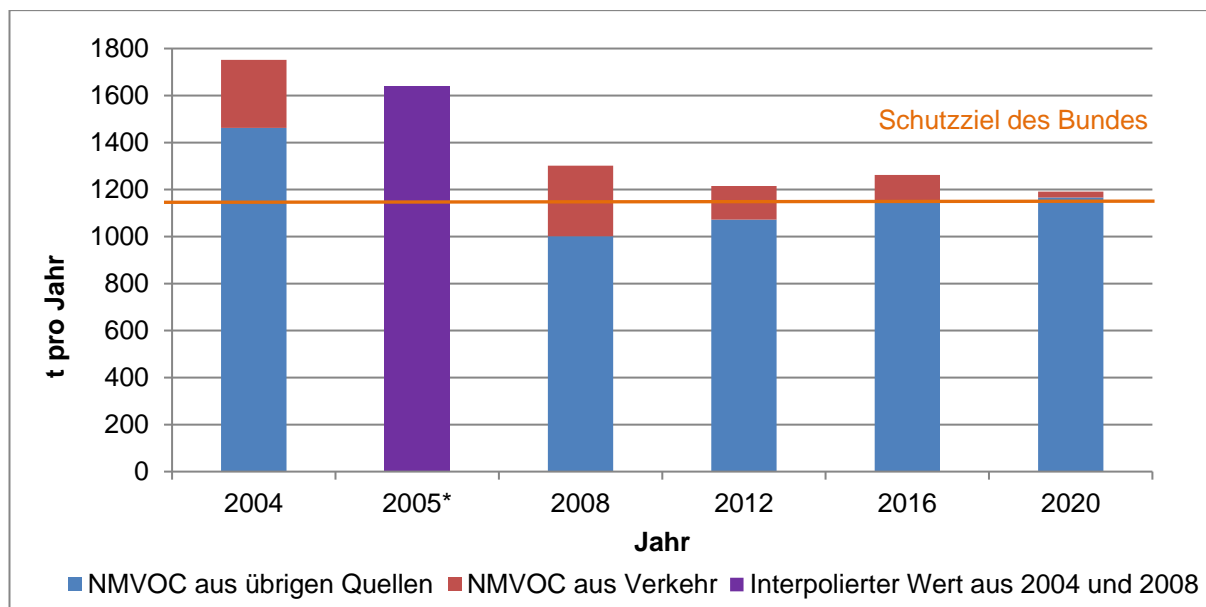
5.3.2 Emissionen flüchtiger organischer Verbindungen ohne Methan (NMVOC) 2004 – 2020

Ozon ist ein Sekundärschadstoff, der in der Atmosphäre durch komplexe photochemische Reaktionen aus Vorläufersubstanzen wie NO_x und NMVOC gebildet wird.

Die NMVOC-Emissionen stammen aus industriellen und gewerblichen Prozessen, insbesondere aus dem Einsatz von Lösungsmitteln, sowie aus Haushalten, Motorfahrzeugen und dem Umschlag von Brenn- und Treibstoffen. Sie gelangen durch Verdunstung von Lösemitteln und Treibstoffen sowie durch unvollständige Verbrennungsprozesse in die Atmosphäre.

Abbildung 7 zeigt zwischen 2004 und 2008 eine deutliche Reduktion der NMVOC-Emissionen. Seit 2008 stagnieren sie. Für die Einhaltung der Ozon-Immissionsgrenzwerte und für die klare Erreichung des Schutzziels des Bundes (Reduktion von 30 % gegenüber 2005) ist eine weitere Senkung der NMVOC-Emissionen notwendig.

Abbildung 7: Entwicklung der NMVOC-Emissionen (in Tonnen pro Jahr) gemäss Emissionskataster Stadt Winterthur, 2004 bis 2020



*Referenzjahr für die Emissionsreduktion um 30 % zur Erreichung des Schutzziels des Bundes.

5.3.3 NMVOC-Emissionsquellen 2020 und Fazit

Im Emissionskataster wurden die zehn wichtigsten NMVOC-Emittenten im Jahr 2020 ermittelt, welche zusammen knapp 80 % der Emissionen auf dem Stadtgebiet ausmachen (Tabelle 5).

Die wichtigste Emittentengruppe sind die Farbanwender in Industrie und Bau, welche ca. 42 % der NMVOC-Emissionen verantworten. Zusammen mit den anderen grösseren Emittenten aus Industrie und Gewerbe beträgt der Anteil ca. 55 %. Die Emittentengruppe «Haushalte» verursacht rund 16 % der NMVOC-Emissionen. Diese Emissionen stammen u.a. aus Farben, Verdünnern, Reinigungsmitteln und Spraydosen.

Tabelle 5: Wichtigste NMVOC-Emittenten in Winterthur gemäss Emissionskataster 2020

Quelle gemäss Emissionskataster 2020	NMVOC-Emissionen [t/a]	Anteil am Total
Farbanwendungen, Industrie	267	22 %
Farbanwendungen, Bau	234	20 %
Reinigungsmittel/Lösungsmittel, Haushalte	124	10 %
Benzinumschlag, Tankstellen	72	6 %
Anwendung von Gasen	65	5 %
Metallreinigung	45	4 %
Feinchemikalien-Produktion	45	4 %
Farbanwendung, Haushalte	37	3 %
Spraydosen, Haushalte	30	3 %
Benzinumschlag, Tanklager	28	2 %
Übrige Quellen	244	20 %
Total	1'191	100 %

Fazit Handlungsbedarf bodennahe Ozon:

Die NMVOC-Emissionen, welche (neben Stickoxiden) als Vorläuferstoffe für die Bildung von bodennahem Ozon wirken, konnten in den letzten Jahrzehnten in der ganzen Schweiz deutlich reduziert werden (Luftkollektiv 2020). Die stagnierende und zu hohe bodennahe Ozonbelastung weist trotzdem auf Handlungsbedarf hin. Nicht nur die Stickoxid-, sondern auch die NMVOC-Emissionen sind weiter zu reduzieren. Bei den NMVOC besteht der Handlungsbedarf in erster Linie im Bereich Industrie und Gewerbe sowie bei der Anwendung verschiedener Produkte in Privathaushalten.⁸

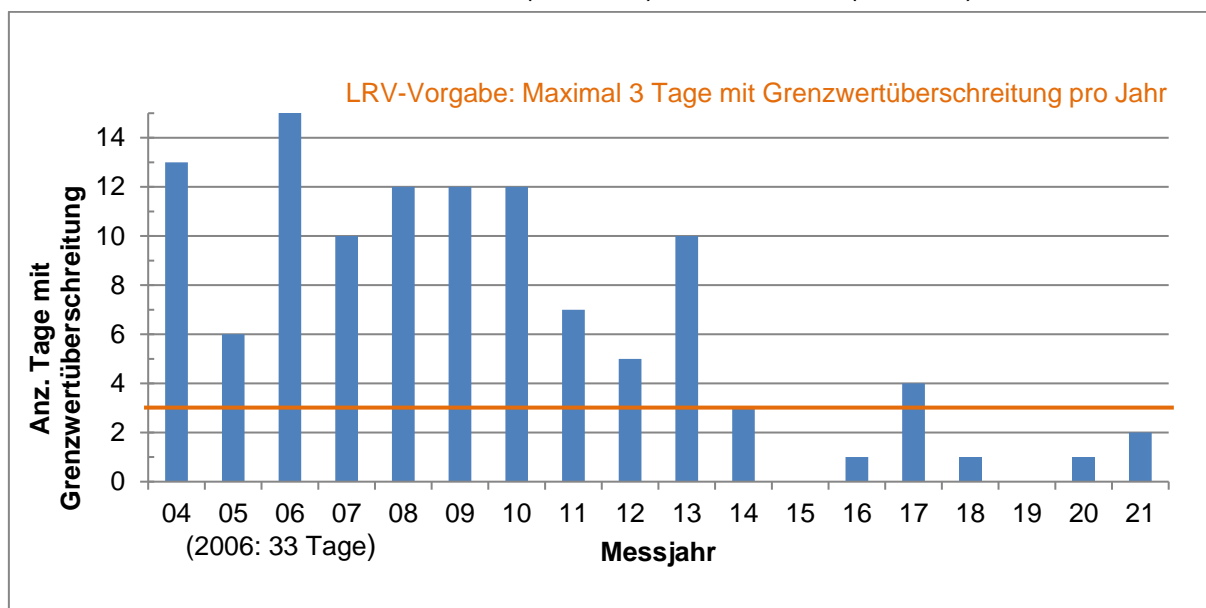
5.4 Feinstaub PM10, PM2.5

5.4.1 Feinstaub-Immissionen 2004 – 2021

Die Belastung mit Feinstaub (PM10) ist in den vergangenen Jahren stark zurückgegangen. Wesentlich dazu beigetragen haben Massnahmen zur Eindämmung der Emissionen aus Holzfeuerungen und technologische Verbesserungen bei Motoren. Wie in Abbildung 8 ersichtlich ist, wurde die LRV-Vorgabe, dass der Tagesmittelwert von 50 Mikrogramm pro Kubikmeter an maximal drei Tagen überschritten werden darf, letztmals im Jahr 2017 nicht eingehalten.

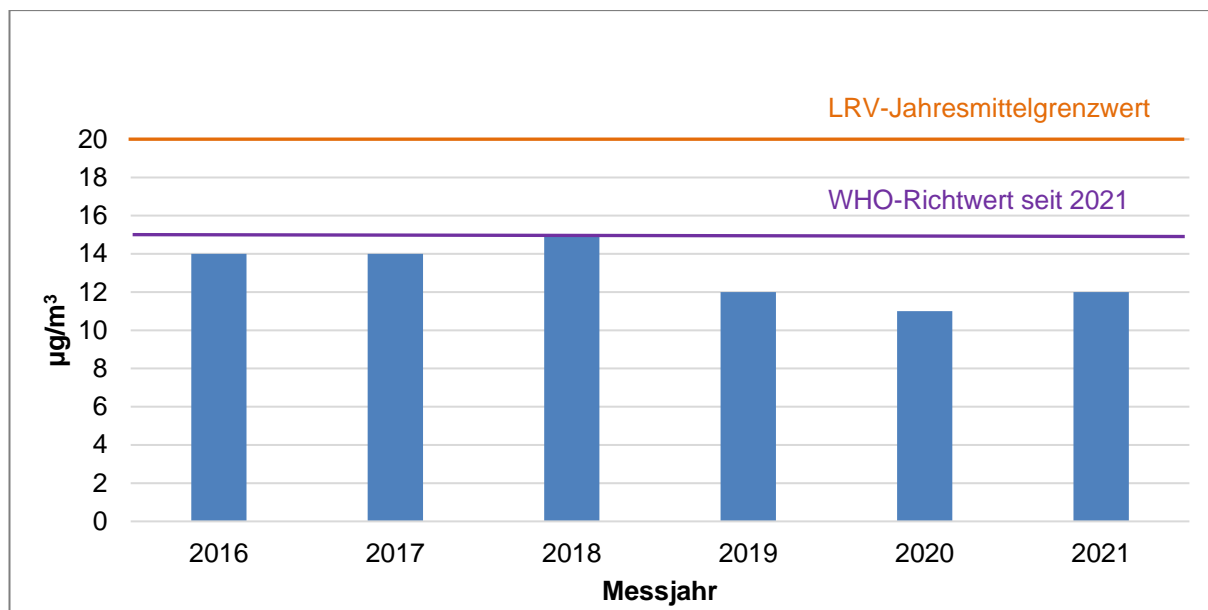
Abbildung 9 zeigt die in Veltheim seit 2016 gemessenen PM10-Jahresmittelwerte, welche weit unter dem LRV-Immissionsgrenzwert (20 Mikrogramm pro Kubikmeter) liegen.

Abbildung 8: Entwicklung der PM10-Immissionen (Anz. Tage mit Grenzwertüberschreitung) 2004 bis 2021, Messstationen Obertor (bis 2015) und Veltheim (ab 2016)



⁸ Vgl. dazu Kapitel 6.3.

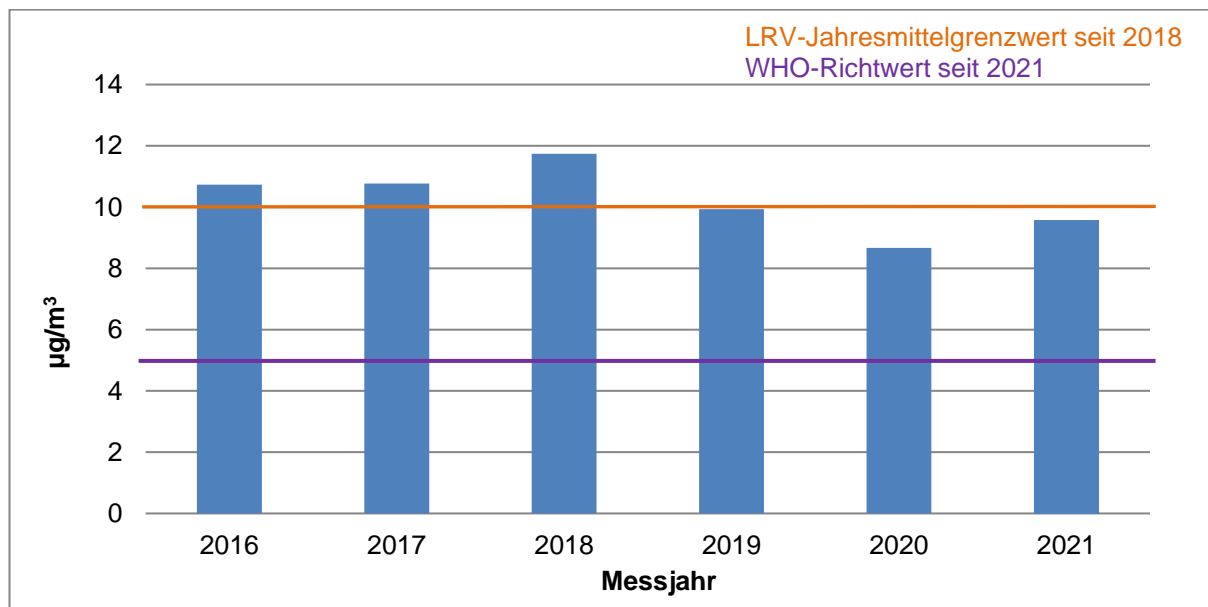
Abbildung 9: Entwicklung der PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) 2016 bis 2021, Messstation Veltheim



Aufgrund der gesundheitsschädigenden Wirkung der kleineren Partikel wurde die Luftreinhalte-Verordnung 2018 um einen Jahresmittel-Immissionsgrenzwert für PM2.5 ergänzt. Gemessen wird diese Feinstaub-Fraktion in Veltheim seit 2016.

Auch bei PM2.5 bewegt sich die städtische Hintergrundbelastung seit 2019 in Veltheim in einem knapp gesetzeskonformen Bereich, während sie in den Jahren davor noch leicht darüber lag. Zudem ist die Feinstaubbelastung im Winterhalbjahr jeweils höher als im Sommerhalbjahr, so betragen die in den Wintermonaten 2020 in Veltheim gemessenen PM2.5-Immissionen im Durchschnitt 11.6 Mikrogramm pro Kubikmeter. Der LRV-Grenzwert für das Jahresmittel liegt bei 10 Mikrogramm pro Kubikmeter.

Abbildung 10: Entwicklung der PM2.5-Immissionen (Jahresmittelwerte) 2016 bis 2021, Messstation Veltheim

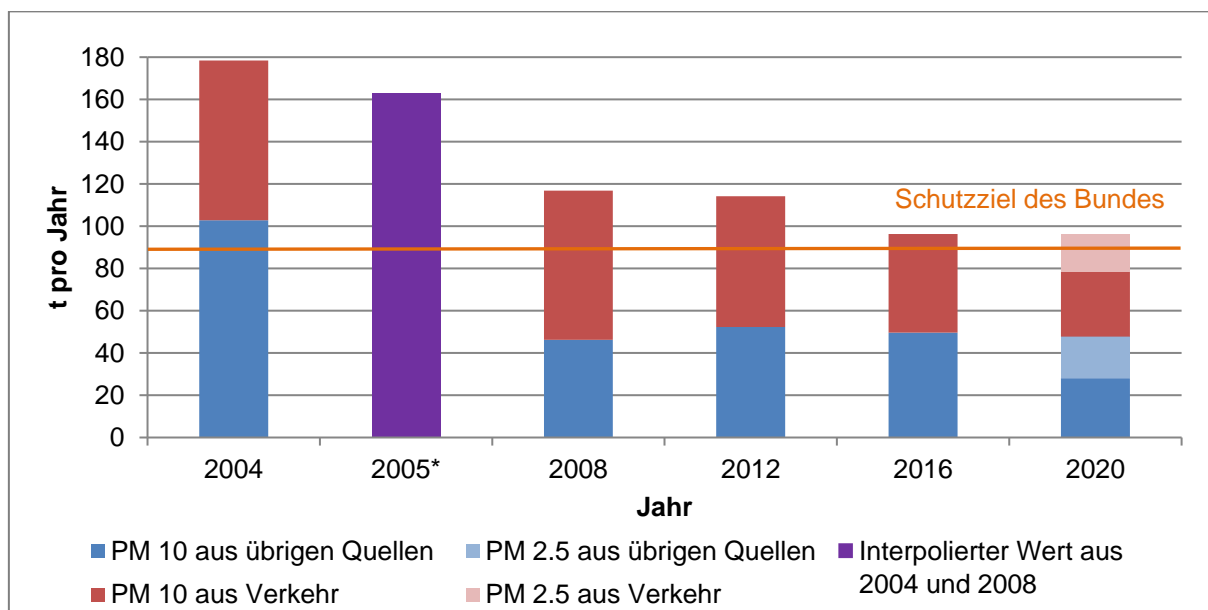


Für zentraler oder näher an den Hauptverkehrsachsen gelegene Standorte liegen keine PM2.5-Messungen vor. Erfahrungsgemäss liegen die PM2.5-Immissionen an verkehrsbelasteten Standorten deutlich über der städtischen Hintergrundbelastung.

5.4.2 Feinstaub-Emissionen 2004 – 2020

Seit einigen Jahren stagnieren die Feinstaubemissionen in der Stadt Winterthur. Sie sind gemäss Emissionskataster ungefähr zur Hälfte auf den Strassenverkehr zurückzuführen. Die andere Hälfte stammt aus Feuerungen und weiteren Quellen (vgl. Kapitel 5.4.3). Für das Jahr 2020 wurden im Emissionskataster auch die PM2.5-Emissionen berechnet, welche rund 40 % der PM10-Emissionen ausmachen.

Abbildung 11: Entwicklung der Feinstaub-Emissionen (in Tonnen pro Jahr) gemäss Emissionskataster Stadt Winterthur, 2004 bis 2020



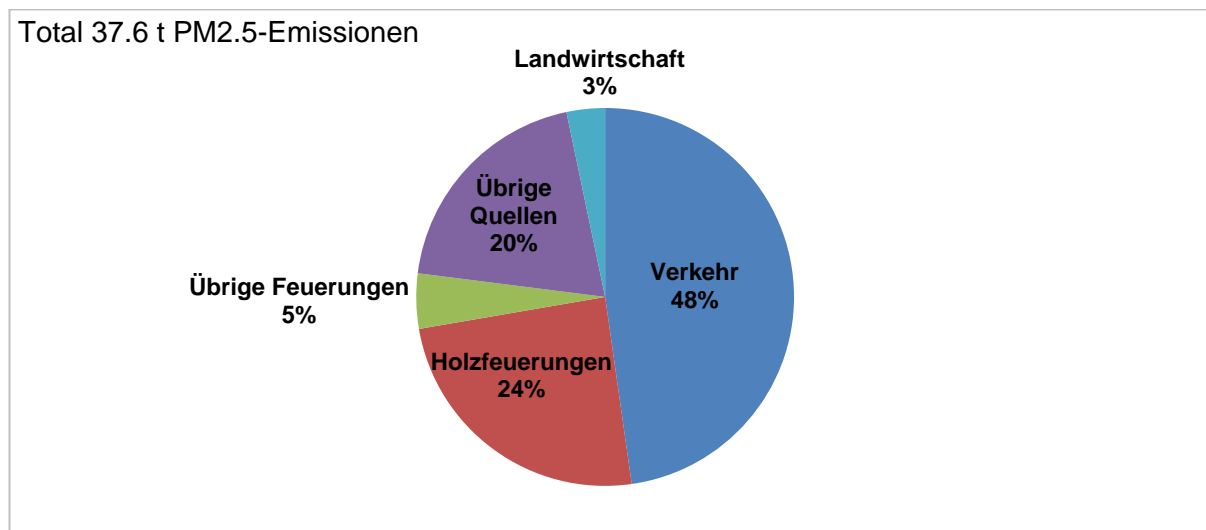
*Referenzjahr für die Emissionsreduktion um 45 % zur Erreichung des Schutzziels des Bundes.

Im Folgenden wird auf die Quellen der PM2.5-Feinstaubpartikel fokussiert, weil die grösseren Partikel nach dem Einatmen in der Regel wieder gut ausgehustet werden können und zudem die Immissionsgrenzwerte für PM10 in der Stadt Winterthur eingehalten werden.

5.4.3 Feinstaub-Emissionsquellen 2020 und Fazit

Abbildung 12 zeigt, dass der Verkehr gemäss Emissionskataster 2020 etwa die Hälfte zu den PM2.5-Emissionen beiträgt. Davon stammen über zwei Drittel aus mechanischen Prozessen, wie Reifenabrieb oder Aufwirbelung. Die PM2.5-Emissionen von Feuerungen betragen knapp ein Drittel und stammen vorwiegend aus Holzheizungen. Die übrigen Quellen, z.B. in Industrie, Gewerbe und in Haushalten und die Landwirtschaft verursachen zusammen noch knapp ein Viertel des PM2.5-Ausstosses.

Abbildung 12: Anteile der verschiedenen Quellen an den gesamten PM2.5-Emissionen gemäss Emissionskataster 2020



Da viele gesundheitlich bedenkliche Partikel aus Verbrennungsprozessen stammen, werden nachfolgend deren Emittenten genauer betrachtet: Wie in Abbildung 13 zu sehen ist, tragen die Verbrennungsprozesse aus dem Verkehr etwa 28 % zu diesen Emissionen bei. Dieser Anteil ist vor allem auf Dieselfahrzeuge ohne korrekt funktionierende Partikelfilter zurückzuführen. Die Feuerungen bilden mit einem Anteil von 55 % die wichtigste Emittentengruppe bei den Verbrennungsprozessen, wobei Holzheizungen mit rund 46 % deutlich im Vordergrund stehen. Dies, obwohl die in Winterthur installierte Leistung von Öl- und Gasfeuerungen mehr als 10 Mal höher ist als diejenige der Holzfeuerungen. Die Holzheizungen emittieren also bei der Verbrennung pro Energieeinheit massiv mehr Feinstaub als Öl- und Gasheizungen oder auch Motoren.

Abbildung 13: Anteile der verschiedenen Quellen an den PM2.5-Emissionen aus Verbrennungsprozessen gemäss Emissionskataster 2020

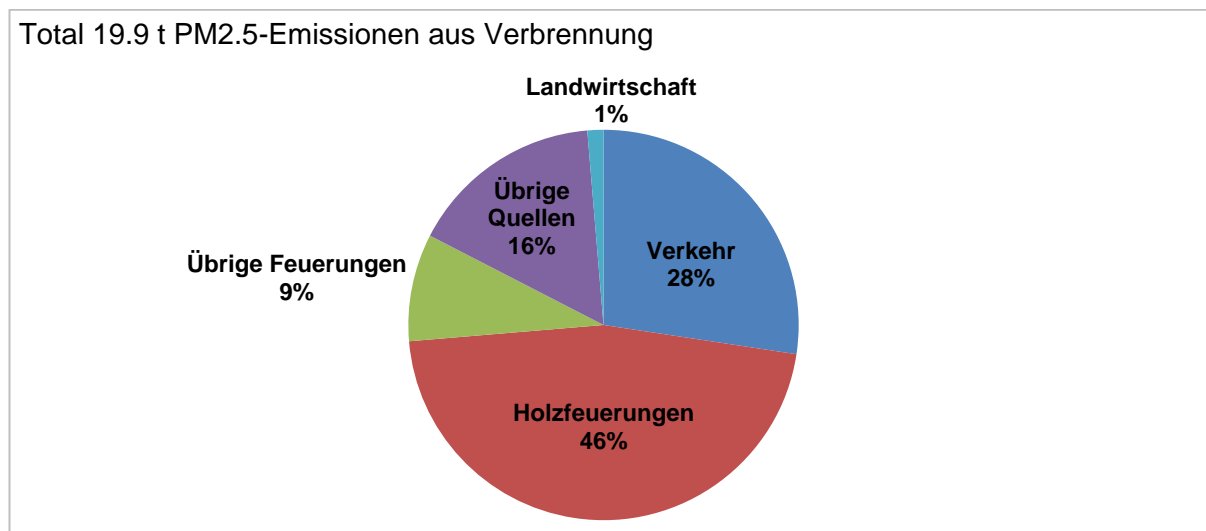
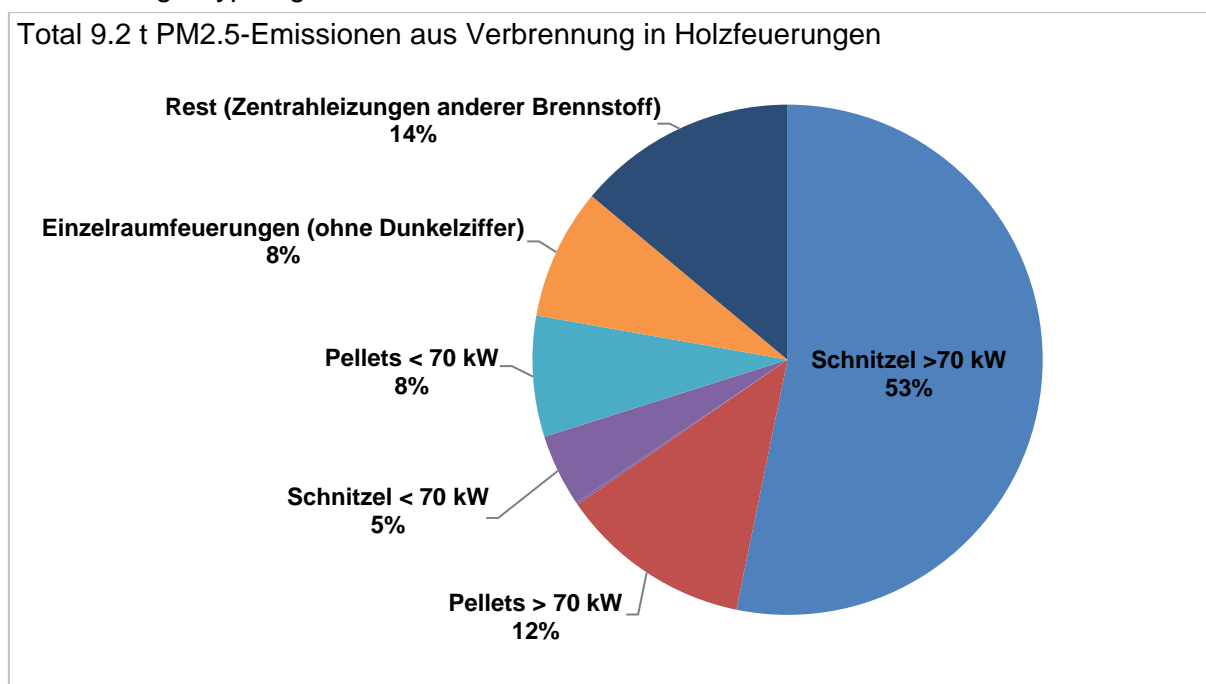


Abbildung 14 zeigt die Anteile der verschiedenen Feuerungstypen an den PM_{2.5}-Emissionen aus Verbrennungsprozessen in Holzheizungen. Die Schnitzel-Grossanlagen mit einer Feuerungswärmeleistung über 70 kW machen gemäss Emissionskataster mehr als die Hälfte der Emissionen aus. Die Anteile der übrigen Feuerungstypen belaufen sich auf zwischen 5 % und 14 %. Dabei ist zu bemerken, dass sich der hohe Anteil der Schnitzelfeuerungen > 70 kW auch wegen der grossen absoluten Menge der in Winterthur verfeuerten Holzsnitzel ergibt. Weiter ist festzuhalten, dass der Anteil der Einzelraumfeuerungen im Emissionskataster unterschätzt wurde, weil der Behörde nicht alle Einzelraumfeuerungen bekannt sind.

Kleinere respektive von Hand beschickte Holzheizungen weisen im Vergleich zu grösseren, automatischen Anlagen (Pellet- und Schnitzelfeuerungen) ein Vielfaches der Emissionen auf. Bei den automatischen Anlagen weisen Schnitzelfeuerungen die höheren Emissionen als Pelletsfeuerungen auf (Sussdorf 2022).

Abbildung 14: PM_{2.5}-Emissionen aus Verbrennungsprozessen; Anteile der verschiedenen Holzheizungs-Typen gemäss Emissionskataster 2020



Fazit Handlungsbedarf Feinstaub:

Emissionsseitig ist das Schutzziel des Bundes für PM₁₀ in Winterthur noch nicht erreicht. Die PM_{2.5}-Immissionen bewegen sich im Jahresmittel im Grenzwertbereich, und es ist seit 2019 keine klare Tendenz ersichtlich. Aufgrund der besonders schädlichen Wirkung von Russ-Partikeln aus Verbrennungsprozessen, welche vorwiegend im feineren Feinstaub enthalten sind, besteht nach wie vor Handlungsbedarf, vor allem in den Bereichen Verkehr und Feuerungen.⁹ Bei den Feuerungen sind insbesondere die grossen, automatischen Holzheizungen (v.a. Schnitzelheizungen) sowie die kleinen respektive handbeschickten Holzheizungen zu beachten.

⁹ Vgl. dazu Kapitel 6.1 und 6.2.

5.5 Russ

5.5.1 Russ-Immissionen 2017 – 2021

Bei krebserregenden Substanzen verlangt die LRV, dass die Belastung so weit wie möglich minimiert statt nur bis zu einem gewissen Grenzwert gesenkt wird (Anh. 1 Ziff. 82 LRV). Russ (angegeben als EBC, vgl. Kapitel 2.2.2) wird in Winterthur erst seit 2017 gemessen.

Abbildung 15 zeigt die Ergebnisse der Russ-Messungen in Winterthur Veltheim von 2018 – 2021. Die Messwerte zeigen eine klar über dem EKL-Schutzziel von 0.1 Mikrogramm pro Kubikmeter liegende Russbelastung.

Es ist ein deutlicher Anstieg in der Heizperiode erkennbar.

Abbildung 15: Russ-Immissionen, Messstation Veltheim

a) 2018 und 2019

b) 2020 und 2021 (12-Tages-Stichproben)

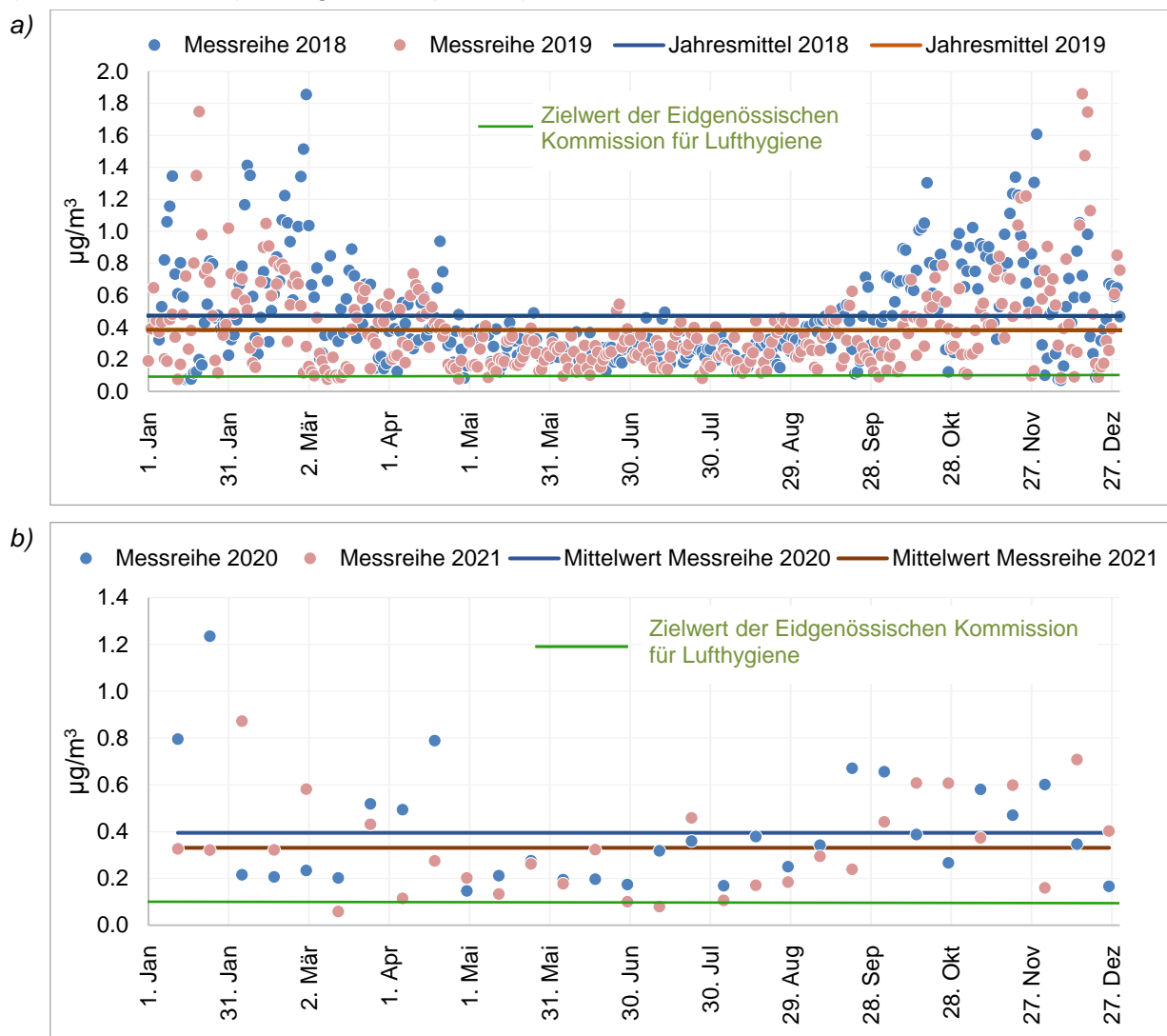
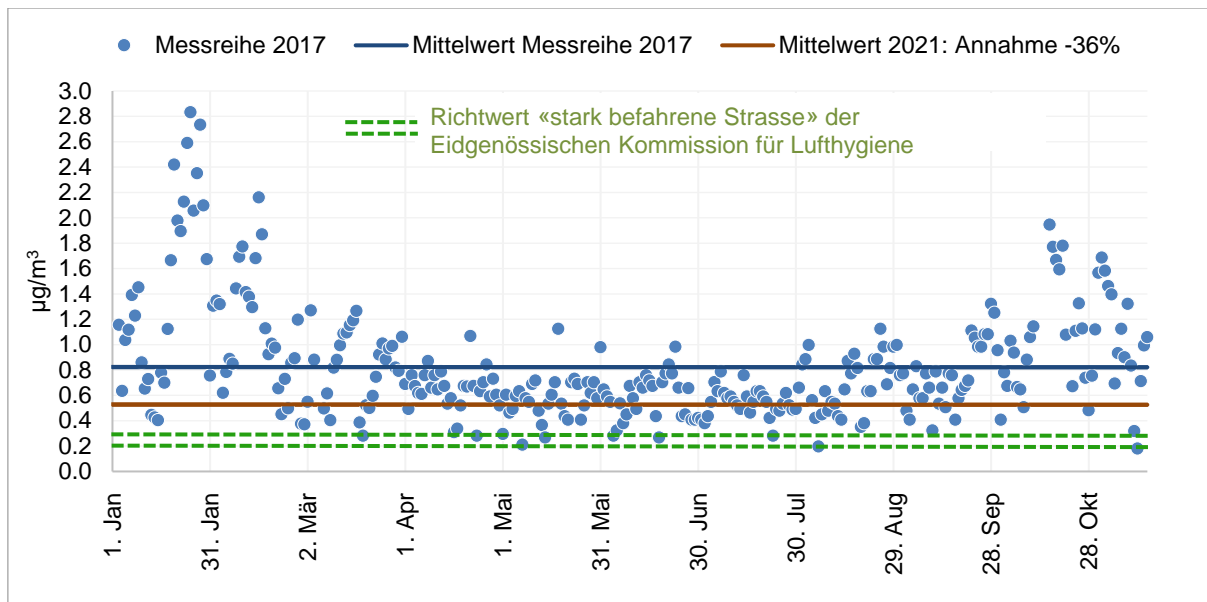


Abbildung 16 zeigt die Russ-Immissionen an der St. Gallerstrasse im Jahr 2017 (Messung) und 2021 (Abschätzung). Für Standorte mit höherem Verkehrsaufkommen gibt die EKL einen Richtwert von maximal 0.2 - 0.3 Mikrogramm pro Kubikmeter vor (vgl. Kapitel 3.5), welcher im Messjahr 2017 an der St. Gallerstrasse deutlich überschritten wurde.

Auch an diesem Standort wurde ein Anstieg in der Heizperiode verzeichnet, wobei für die Zeit ab Mitte November keine Messdaten vorliegen. Dies sind bislang die einzigen Russ-Messungen, welche in Winterthur an einem stärker verkehrsbelasteten Standort durchgeführt wurden. In den Städten St. Gallen und Zürich wurde an vergleichbaren Standorten¹⁰ von 2017 bis 2021 eine durchschnittliche Reduktion der Russ-Immissionen von 36 % verzeichnet. Der Mittelwert für 2021 in Abbildung 16 stellt eine Abschätzung der durchschnittlichen Russbelastung an der St. Gallerstrasse für das Jahr 2021 dar, unter der Annahme, dass dort ein vergleichbarer Rückgang stattgefunden hat. In diesem Szenario wird der Richtwert 2021 nach wie vor überschritten.

*Abbildung 16: Russ-Immissionen, St. Gallerstrasse
Tagesmittelwerte Januar bis Mitte November 2017, Messstation St. Gallerstrasse;
Abschätzung für 2021 (Annahme: 36 % Reduktion gegenüber 2017)*



5.5.2 Russ-Emissionen

Im städtischen Emissionskataster wurden die Russ-Emissionen und dessen Hauptquellen noch nicht ausgewiesen. Die meisten Russpartikel sind deutlich kleiner als PM_{2.5} (Empa 2013). Sie sind also eine Teilmenge von PM_{2.5}. Ein grosser Teil der Russbelastung geht auf Partikel mit einer Grösse von weniger als 0.42 Mikrometern zurück. Sie stammen aus lokaler Verbrennung, also aus der nahen Umgebung (Poulain et al. 2021).

5.5.3 Russ-Emissionsquellen und Fazit

Wie in Kapitel 5.4.3 beschrieben, sind Feuerungen und Motoren die Hauptquellen des Feinstaubs PM_{2.5} aus Verbrennungsprozessen. Dieser umfasst auch die besonders kleinen Russpartikel aus unvollständigen Verbrennungsprozessen.

Die in Kapitel 5.5.1 ersichtliche, relativ konstante Russbelastung in Veltheim und an der St. Gallerstrasse in den Sommermonaten widerspiegelt den mehrheitlich durch den Verkehr verursach-

¹⁰ St.Gallen Blumenbergplatz sowie Zürich Rosengartenstrasse, Schimmelstrasse und Stampfenbachstrasse

ten Teil der Belastung. Die deutlich höhere Russbelastung in der Heizperiode lässt auf eine signifikante Rolle von unvollständigen Verbrennungen in Holzfeuerungen schliessen. Die schlechtere Durchlüftung durch Bodeninversionen¹¹, welche vornehmlich im Winter auftreten, erhöht die Russbelastung in der Heizperiode zusätzlich.

Bekannte Emittenten von Russ und seinen toxischen Begleitstoffen sind Dieselmotoren (Fahrzeuge, Blockheizkraftwerke und Notstromaggregate) und direkteinspritzende benzinbetriebene Fahrzeuge ohne oder ohne korrekt funktionierende Partikelfilter.

Im Bereich der Feuerungen sind die Quellen von Russ gut untersucht; Analysen der Bestandteile von Feinstaub-Immissionen in fünf aufeinanderfolgenden Winterperioden an sechzehn Schweizer Messstationen zeigten, dass die unvollständige Verbrennung von Holz in diesen Perioden für ca. 42 % der Russ-Immissionen verantwortlich war (Zotter et al. 2014). Je unvollständiger die Verbrennung von Holz, desto mehr Schadstoffe werden ausgestossen. Das gemeinsame Auftreten von Russ und den krebserzeugenden PAK bei unvollständigen Verbrennungsprozessen führt dazu, dass Feuerungen mit besseren Ausbrandbedingungen, also automatische Holzfeuerungen, bei gutem Betrieb eine deutlich bessere Schadstoffbilanz aufweisen. Mit höherer Anlagenleistung steigt allerdings die Menge an verbranntem Holzbrennstoff und an schadstoffbelastetem Abgas, weshalb die Emissionen grosser automatischer Anlagen relevant sind (Kelz et al. 2012, Sussdorf 2022).

Fazit Handlungsbedarf Russ:

Die in Winterthur gemessenen Russ-Immissionen übersteigen den Ziel- und Richtwert der EKL deutlich. Aufgrund der besonders schädlichen Wirkung von Partikeln, welche bei Verbrennungsprozessen in Motoren und Feuerungen ausgestossen werden, besteht hier klar Handlungsbedarf. Bei den Feuerungen sind die grossen, automatischen Holzheizungen und die kleinen respektive handbeschickten Holzheizungen zu beachten.¹² Die EKL fordert schon länger Vorschriften für Holzfeuerungen nach bestem Stand der Technik bezüglich Schadstoffemissionen und Wirkungsgrad sowie strenge lufthygienische Vorschriften für stationäre Motoren wie Notstromaggregate (EKL 2013).

¹¹ Bodeninversion: In Bodennähe liegt kältere Luft als in den darüber liegenden Luftschichten. Die Inversionsschicht (Obergrenze der kälteren Luftschichten) verhindert den Luftaustausch zwischen der bodennahen Luft und den darüber liegenden Luftschichten, wodurch sich emittierte Schadstoffe in Bodennähe anreichern können.

¹² Vgl. dazu Kapitel 6.2.

5.6 Ammoniak (NH₃)

5.6.1 Stickstoffdepositionen und Ammoniak-Emissionen 2008 – 2020

In der LRV sind keine konkreten Immissionsgrenzwerte für Ammoniak festgelegt. Für die Beurteilung von übermässigen NH₃-Immissionen werden die international festgelegten maximal zulässigen Stickstoffeinträge (Critical Loads, siehe Kapitel 3.4) beigezogen.

Zum Stickstoffeintrag in den Wald und andere empfindliche Ökosysteme in Winterthur liegen keine Messdaten vor. Im Rahmen eines Ausbaus des Ammoniak-Messnetzes von OSTLUFT ist seit 2021 ein entsprechender Passivsammler in Winterthur stationiert. Die seit 2008 im Emissionskataster der Stadt Winterthur geschätzten Ammoniak-Emissionen sind praktisch unverändert.

5.6.2 Ammoniak-Emissionsquellen 2020 und Fazit

Die Hauptquelle von Ammoniak-Emissionen ist die Nutztierhaltung, welche gemäss Emissionskataster 2020 rund 79 % aller Ammoniak-Emissionen auf dem Stadtgebiet ausmacht. Weitere rund 15 % der Ammoniak-Emissionen werden durch die Benutzung von Diesel-Personen- und -Lastwagen sowie benzinbetriebene Personenwagen verursacht. Während die Stickoxide aus Verbrennungsprozessen in den letzten dreissig Jahren reduziert werden konnten, ist dies beim Ammoniak aus der Landwirtschaft bisher nicht der Fall. Im Vergleich mit der Schweiz und dem Kanton Zürich leben jedoch in der Stadt Winterthur pro Fläche nur etwa halb so viele Nutztiere.

Fazit Handlungsbedarf Ammoniak:

Ohne deutliche Reduktion bei den landwirtschaftlichen Ammoniak-Emissionen können die durch die «Critical Loads» für verschiedene Ökosysteme definierten Ziele nicht eingehalten werden. Auch wenn zur Stickstoffdeposition auf dem Winterthurer Stadtgebiet noch keine Messdaten vorliegen und die Nutztierdichte im schweizerischen Vergleich eher tief ist, ist davon auszugehen, dass die Ammoniak-Emissionen aus der Nutztierhaltung auch in Winterthur weiter zu reduzieren sind, um das Schutzziel erreichen zu können.¹³

¹³ Vgl. dazu Kapitel 6.4.

6 Analyse des Emissionsreduktionsbedarfes (nach Quellen)

Um die Luftqualität in der Stadt Winterthur zu sichern und, wo Immissionsgrenzwerte überschritten werden, zu verbessern, braucht es weiterhin Massnahmen zur Emissionsbegrenzung. Bei allen erwähnten Schadstoffemissionen sind weitere Anstrengungen notwendig.

Sollten die LRV-Immissionsgrenzwerte dereinst an die neuesten Richtlinien der WHO (vgl. Kapitel 3.6) angepasst werden, erhöht sich dieser Handlungsbedarf nochmals deutlich.¹⁴

6.1 Emissionsreduktionsbedarf bei Verkehr und stationären Motoren

Eine wesentliche Quelle von Luftschadstoffemissionen ist nach wie vor der Verkehr, welcher einen beträchtlichen Teil zu den Stickoxid-, Feinstaub- und Russemissionen beiträgt. Aufgrund technischer Entwicklungen (Partikelfilter, Euro-Abgasnormen und beginnende Elektrifizierung des Verkehrs) konnte in der Schweiz in den letzten beiden Jahrzehnten eine messbare, deutliche Reduktion dieser Schadstoffemissionen erzielt werden. Dies, obwohl Verkehrsaufkommen und Fahrzeugbestand stetig gewachsen sind (Empa 2019, BFS 2022). Zudem ist ein Trend hin zu grösseren Personenwagen erkennbar (AGVS/UPSA 2021). In den letzten Jahren wurde festgestellt, dass rund ein Zehntel der Dieselpartikelfilter von Bestandsfahrzeugen nicht ordnungsgemäss funktioniert, was eine hohe Anzahl emittierter Feinstaubpartikel zur Folge hat (AWEL 2018; AWEL 2019). Weiter ergaben Untersuchungen der Empa, dass auch bei direkteinspritzenden Benzinfahrzeugen hohe Konzentrationen an Russpartikeln zusammen mit ihren krebserregenden Begleitstoffen (z.B. PAK) ausgestossen werden (Empa 2017b). Ein Partikelanzahl-Grenzwert für Direkteinspritzer in der EURO-6d-Norm sowie eine Optimierung der Abgasmessungen bei Motorfahrzeugkontrollen ab 2023 werden in diesem Bereich voraussichtlich zu Verbesserungen führen.

Die wirksamste Massnahme, um im Verkehrsbereich Schadstoffemissionen zu vermeiden, ist die Verlagerung der Mobilität weg vom motorisierten Verkehr hin zur Fortbewegung zu Fuss, per Velo oder mit öffentlichen Verkehrsmitteln. Diesbezüglich enthielt der bisherige Massnahmenplan Luftreinhaltung 2010 der Stadt Winterthur einige verwaltungsintern geltende Massnahmen. Da dieses Thema in der Zwischenzeit umfassend durch das Energie- und Klimakonzept und den dazugehörigen Massnahmenplan sowie durch verkehrspolitische Steuerungsinstrumente abgedeckt ist, ergibt sich im Rahmen des Massnahmenplans Luftreinhaltung aktuell kein diesbezüglicher zusätzlicher Handlungsbedarf.

Was die Massnahmen mit Verbindlichkeit gegenüber Dritten anbelangt, so darf die Stadt Winterthur gemäss § 1 der Verordnung zum Massnahmenplan Luftreinhaltung des Kantons Zürich ausschliesslich stationäre Anlagen betreffende Massnahmen festsetzen.

Es sei jedoch nochmals auf die grosse lufthygienische Relevanz von Massnahmen zur Förderung des Anteils klimaschonender Verkehrsmittel am Modal Split hingewiesen, wie sie im Energie- und Klimakonzept sowie in weiteren städtischen Programmen und Projekten enthalten sind. Die Umsetzung dieser Massnahmen wird durch Synergieeffekte gleichzeitig den Schadstoffausstoss senken (vgl. Kapitel 7). Um Doppelspurigkeiten zu vermeiden, werden die bestehenden Massnahmen, welche den Mobilitätsbereich betreffen, im Rahmen der Teilrevision aus dem Massnahmenplan Luftreinhaltung 2010 der Stadt Winterthur gestrichen respektive an andere Programme und Instrumente übergeben.

Im Bereich der stationären Motoren soll mit dem Massnahmenplan Luftreinhaltung dagegen die Sicherstellung des Stands der Technik gewährleistet werden.

¹⁴ Bei einer Anpassung der LRV-Immissionsgrenzwerte an die neuen WHO-Richtwerte würden die (dann zumal tieferen) Immissionsgrenzwerte für NO₂ und PM_{2.5} in der Stadt Winterthur voraussichtlich überschritten.

6.2 Emissionsreduktionsbedarf bei Feuerungen

Die Emissionen von Öl- und Gasheizungen wurden in der Vergangenheit aufgrund technischer Fortschritte, konsequenter Gesetzgebung und deren Vollzug reduziert. Auch ist der Anteil der mit fossilen Brennstoffen betriebenen Feuerungen in den letzten Jahren gesunken, und er wird auch in Zukunft aufgrund der energie- und klimapolitischen Entwicklung weiter sinken. Damit gibt es im Bereich der Wärmeversorgung starke Synergieeffekte mit Massnahmen zur Bekämpfung des Klimawandels (vgl. Kapitel 7). Aus lufthygienischer Sicht sind Wärmeverbünde und Heizungen, welche nicht auf Verbrennungsprozessen basieren, Holzheizungen klar vorzuziehen.

Auch bei den Holzfeuerungen wurden zwar grosse technische Fortschritte erzielt, und der Vollzug der schweizerischen Luftreinhalte-Verordnung sowie der bestehenden Massnahmenpläne sorgt für eine Begrenzung der Schadstoffemissionen. Im Vergleich zu Öl und Gas ist es allerdings schwieriger, Holz vollständig und schadstoffarm zu verbrennen. Holzheizungen stossen gegenüber Öl- oder Gasfeuerungen ein Vielfaches an Feinstaub aus. Gleichzeitig wird bei den Holzfeuerungen ein Zuwachs verzeichnet. Im Kontext der stark gesundheitsschädigenden Bestandteile des Feinstaubes und der hohen Russ-Konzentrationen im Winter besteht bei Holzfeuerungen weiterhin deutlicher Handlungsbedarf.

Wo neue Holzheizungen nicht vermieden werden können, sind grössere Heizungen, bei welchen der beste Stand der Technik auch unter Berücksichtigung der Verhältnismässigkeit verlangt werden kann, kleinen Einzelanlagen vorzuziehen. Handbeschickte Einzelraumfeuerungen sind aus lufthygienischer Sicht sogar klar zu vermeiden: Bei älteren Einzelraumfeuerungen (wie beispielsweise Cheminée- oder Kachelöfen) ist nicht auszuschliessen, dass einige Anlagen nicht oder nicht regelmässig durch einen Kaminfeger gereinigt und kontrolliert werden und nicht emissionsarm betrieben werden (z.B. der Feuerungskontrolle unbekannte Anlagen). Die periodische Kontrolle der übrigen Einzelraumfeuerungen (wie auch von Holzzentralheizungen bis 70 kW) wird in Winterthur von externen Dienstleistern durchgeführt. Deren Beanstandungsquote ist tief. Neue handbeschickte Einzelraumfeuerungen weisen z.T. keine Feinstaubabscheider und nicht den besten verfügbaren Stand der Technik auf. Seit 2015 hat sich der Bestand bekannter Einzelraumfeuerungen mehr als verdoppelt, wobei die Tendenz steigend ist.

Allgemein gilt, dass *neue* Holzheizungen dem besten Stand der Technik entsprechend ausgerüstet und betrieben werden müssen. Einer guten Planung und Dimensionierung von neuen Grossfeuerungsanlagen kommt aufgrund der erheblichen Menge an verbranntem Holz und der entsprechend grossen Abgasmenge eine entscheidende Bedeutung zu. Ein entsprechendes Qualitätsmanagement drängt sich auf, so dass solche Feuerungen nach ihrer Errichtung effizient und emissionsarm betrieben werden können.

Auch *bestehende* Holzheizungen müssen effizient und emissionsarm betrieben werden können oder dann mittelfristig ersetzt werden. Bei bestehenden grossen Holzzentralheizungen ist die Überwachung der Betriebsparameter weiterzuverfolgen.

6.3 Emissionsreduktionsbedarf in Industrie und Gewerbe sowie in Haushalten

Die NMVOC-Emissionen stammen mehrheitlich aus in der Industrie und im Gewerbe hergestellten oder verwendeten Produkten, wobei Farbanwendungen im Vordergrund stehen. Die Lösemitel, die im Haushalt verwendet werden, befinden sich hauptsächlich in Farben und Lacken sowie in Reinigungs- und Verdünnungsmitteln. Ausserdem werden NMVOC-haltige Treibmittel in Spraydosen verwendet. Die Emissionen konnten in den letzten Jahrzehnten deutlich reduziert werden. Durch die im Jahr 2000 eingeführte Lenkungsabgabe auf flüchtige organische Verbindungen (VOC), die Luftreinhalte-Verordnung und den kantonalen Massnahmenplan Luftreinhaltung liegen für diesen Bereich wirkungsvolle Instrumente vor, welche weiterhin konsequent anzuwenden sind. Durch die stetige Forschung und Entwicklung auf diesem Gebiet konnte während

den letzten Jahrzehnten der Lösemittelgehalt in den Konsumprodukten wesentlich gesenkt werden, oder es konnte sogar eine vollständige Umstellung auf wässrige Produkte erreicht werden.

Mit dem fortlaufenden konsequenten Vollzug der erwähnten bestehenden Massnahmen soll weiter auf die Erreichung des Schutzzieles gemäss dem Luftreinhaltekonzept des Bundes hingearbeitet werden. Aufgrund der wichtigen Rolle der VOC als Vorläuferstoffe für Feinstaub und die Ozonbildung ist es zusätzlich empfehlenswert, die Bevölkerung entsprechend zu sensibilisieren.

6.4 Emissionsreduktionsbedarf in der Landwirtschaft (Viehhaltung)

Um den Stickstoffeintrag unter die kritischen Werte abzusenken, müssen die Ammoniak-Emissionen aus der Landwirtschaft, insbesondere aus der Nutztierhaltung, weiter reduziert werden. Aktuelle LRV-Verschärfungen betreffend emissionsarmer Lagerung (seit 2022) und Ausbringung (ab 2024) von Gülle werden voraussichtlich eine Reduktion der Ammoniak-Emissionen bewirken. Weiter ist ein kantonaler Massnahmenplan zur Verminderung der Ammoniakemissionen in Arbeit. Eine zusätzliche, indirekte Verbesserung der überregionalen Situation könnten Massnahmen zur Sensibilisierung der Bevölkerung zu den Auswirkungen des Konsums von tierischen Produkten bringen, wie sie im Rahmen des Energie- und Klimakonzepts der Stadt Winterthur erarbeitet werden.

Aus diesem Grund werden keine zusätzlichen Massnahmen im Massnahmenplan Luftreinhaltung vorgeschlagen, sondern für diesen Sektor ist die konsequente Umsetzung der bereits bestehenden und geplanten Massnahmen wichtig.

7 Lufthygienische Wirkung des Winterthurer Klimaschutzes

Mit den bereits laufenden Aktivitäten und Programmen in den Bereichen Klimaschutz, Energie, Verkehr und Siedlungsentwicklung, welche auf das übergeordnete Ziel «Netto Null Treibhausgasemissionen bis 2040» ausgerichtet sind, werden zahlreiche Massnahmen geplant und umgesetzt, welche auch lufthygienisch relevant sind. Das Energie- und Klimakonzept dient als Rahmen, um Massnahmen bestehender Programme und neue Massnahmen im Klimaschutz zu koordinieren. Insbesondere wurden Massnahmen in den Bereichen «Mobilität», «Energieversorgung und Gebäude», sowie «lokale Wirtschaft, Konsum und Freizeit» erarbeitet und beschlossen. Dabei sind vor allem in den Bereichen Mobilität sowie Energieversorgung und Gebäude wesentliche Beiträge zur Verbesserung der Luftqualität zu erwarten. Im Bereich «lokale Wirtschaft, Konsum und Freizeit» wurden ebenfalls wichtige Massnahmen beschlossen, sie haben aber hauptsächlich eine indirekte Wirkung auf die Luftqualität.

7.1 Handlungsfeld Mobilität

Mit der schrittweisen Umsetzung des städtischen Gesamtverkehrskonzepts arbeitet die Stadt beharrlich an einer Verbesserung der Infrastruktur für den Fuss- und Velo-, aber auch für Benutzende des öffentlichen Verkehrs. Aufbauend auf den 2016 verabschiedeten Grundsätzen zur Elektromobilität (SR.16.542-1 vom 29. Juni 2016) wurden ausserdem eine Strategie und ein Konzept zur Förderung der Elektromobilität und neuer Mobilitätsformen entwickelt, die in den nächsten Jahren zügig umgesetzt werden sollen. Weitere Beispiele für aktuelle städtische Massnahmen in diesem Bereich sind die Fahrzeugstrategie der Stadtverwaltung oder die Bestrebungen von Stadtbus, die Fahrgäste nur noch fossilfrei zu transportieren. Fortschritte in diesem Bereich bewirken eine wesentliche Reduktion der Emissionen von Stickoxiden, Feinstaub und Russ.

7.2 Handlungsfeld Energieversorgung und Gebäude

Zurzeit sieht es so aus, als ob aufgrund von Klimaschutz-Überlegungen respektive auf Basis des neuen kantonalen Energiegesetzes in den nächsten Jahren viele Hauseigentümer/-innen ihre Öl- und Gasheizungen durch Holzheizungen ersetzen könnten. Es ist dafür zu sorgen, dass bei der Substitution von fossil betriebenen Heizungen durch Holzheizungen künftig keine Verschlechterung der Feinstaubsituation (PM2.5, Russ) in der Stadt Winterthur entsteht.

Eine bessere Wärmeisolation von Gebäudehüllen, der Ausbau von Fernwärmenetzen und Wärmeverbänden sowie der vermehrte Einsatz von Wärmepumpen-Heizungen und Solarthermie wirken sich positiv auf die Luftqualität in der Stadt aus. Aus lufthygienischer Sicht ist es wichtig, dass nicht nur der Verbrauch und die Emissionen von fossilen Brennstoffen, sondern vor allem jene von Holzbrennstoffen mithilfe von Massnahmen wie der Sanierung von Gebäudehüllen und Systemoptimierungen reduziert werden.

Eine hohe Anschlussdichte bei zukünftigen Wärmeverbänden anstelle der Erstellung vieler kleinerer Holzheizungen muss aus lufthygienischer Sicht dabei ein übergeordnetes Ziel sein.

7.3 Abschätzung der lufthygienischen Wirkung von Massnahmen des Energie- und Klimakonzepts

Die meisten Massnahmen des Energie- und Klimakonzepts der Stadt Winterthur haben direkt oder indirekt einen positiven Effekt auf die Luftqualität. Die Umsetzung dieser Massnahmen lässt insbesondere eine Reduktion der Belastung durch NO_x, PM10, PM2.5 und unter Umständen auch Russ erwarten und hat dementsprechend auch für die Luftreinhaltung eine hohe Priorität. Folgende Massnahmen im Energie- und Klimakonzept haben gemäss unserer Einschätzung das grösste Potenzial zur Minderung der Luftschadstoffe:

- E1.4 Hohe Anschlussdichte an Wärmeverbunde sicherstellen
- E4.1 Räumliche Ausdehnung Gasnetz und Gasprodukte anpassen
- E4.2 Lokale Wärmeverbunde (Mikroverbunde) realisieren
- E4.3 Fernwärmegebiet ab KVA erweitern, Anschlussdichte erhöhen und mittelfristig treibhausgasfreie Spitzenlastabdeckung sicherstellen
- E4.5 Angebote für Heizungersatz optimieren: Beratung, Förderung
- M2.1 Legislaturziel «Erarbeitung einer Strategie und eines Konzepts zur Förderung der Elektromobilität und neuer Mobilitätsformen» beschleunigen und Umsetzung forcieren
- M3.1 «Räumliche Entwicklungsperspektive Winterthur 2040» für Veränderung des Modalsplits nutzen
- M3.4 Fahrverbote für emissionsintensive Fahrzeuge MIV prüfen

Bei den bereits beschlossenen Massnahmen im Energie- und Klimakonzept wurden die erwarteten CO₂-Emissionsreduktionen abgeschätzt. Dies ermöglicht es, die korrelierende Wirkung auf die Luftschadstoffbilanz zu berechnen. Anhang A enthält eine Abschätzung der jährlichen Emissionsreduktion und der dadurch vermiedenen jährlichen Gesundheitskosten, welche bei der vollständigen Umsetzung der Massnahmen E4, M2 und M3 des Energie- und Klimakonzepts erreicht werden könnten.

8 Handlungsmöglichkeiten im Rahmen der Teilrevision des Massnahmenplans Luftreinhaltung

Die Analyse der Schadstoffbelastungs-Daten und Emissionsquellen zeigt verschiedene Handlungsbedarfe auf. Teilweise werden diese durch energie- und klimapolitisch motivierte Instrumente wahrgenommen. Wo Handlungsbedarf besteht, welchem durch die Luftreinhaltung zu begegnen ist, wurden Lösungsansätze mit Fachpersonen innerhalb und ausserhalb der Stadtverwaltung diskutiert. Wo sich daraus konkrete Ideen für die Teilrevision des Massnahmenplans Luftreinhaltung der Stadt Winterthur ableiten liessen, wurden diese auf die technische, wirtschaftliche und politische Machbarkeit hin untersucht.

Primär wurden Massnahmen bei Holzöfen (Einzelraumfeuerungen), bei Holzzentralheizungen bis 70 kW Feuerungswärmeleistung, bei grossen Holzfeuerungen ab 70 kW Feuerungswärmeleistung und bei stationären Motoren geprüft. Nicht alle Massnahmen-Ideen erwiesen sich als umsetzbar. Kapitel 8 fasst die gewonnenen Erkenntnisse zusammen.

8.1 Erkenntnisse zu Einzelraumfeuerungen und kleineren Holzzentralheizungen

Bei den Holzöfen (Einzelraumfeuerungen) und bei Holzzentralheizungen mit bis zu 70 kW Feuerungswärmeleistung wurde vorwiegend Handlungsbedarf identifiziert, welcher nicht, noch nicht oder nicht in eigener Zuständigkeit wahrgenommen werden kann. Für die Nutzung einiger dieser Potenziale sind die Winterthurer Vollzugsbehörden auf die Betreiber von Anlagen, externe Dienstleister und auf Entwicklungen in den Branchen oder auf Kantons- respektive Bundesebene angewiesen, oder die Erhebung zusätzlicher Datengrundlagen wäre nötig, bevor weitere Schritte unternommen werden. Verschiedene Massnahmenvorschläge wurden in diesem Zusammenhang nach Gesprächen mit der städtischen Feuerungskontrolle und Fachpersonen des Kantons Zürich verworfen.

In diesem Kontext sind begleitende Massnahmen in den Bereichen Monitoring sowie Kommunikation und Kooperation sinnvoll.

8.2 Erkenntnisse zu grossen Holzzentralheizungen

Auch im Zusammenhang mit grossen Holzzentralheizungen mit über 70 kW Feuerungswärmeleistung wurden einige Lösungsansätze verworfen, weil diese aus wirtschaftlichen oder technischen Gründen nicht oder noch nicht umsetzbar sind. Es fehlen teilweise Informationen, um zu bestimmen, ob potenzielle Massnahmen mit höheren Kosten für die Betreiber in allen Fällen gerechtfertigt wären (z.B. die Nachrüstung elektrischer Staubabscheider bei bestehenden Anlagen).

Bei neuen grossen Holzfeuerungen ist es aufgrund der erheblichen Abgasmenge jedoch entscheidend, dass der klar definierte Stand der Technik hinsichtlich Planung und Dimensionierung, Abgasreinigung und Inbetriebnahme einer Anlage einwandfrei eingehalten wird. Die Erfahrung aus dem Vollzug zeigt, dass dies bisher nicht immer der Fall ist. Deshalb wurden entsprechende neue Massnahmen definiert.

Für die stadteigenen automatischen Holzfeuerungen über 70 kW wurden - im Sinne der Vorbildrolle der Stadtverwaltung - Betriebsoptimierungen als Massnahme aufgenommen, unter anderem auch, weil sich hier eine Synergie mit einer Massnahme des städtischen Energie- und Klimakonzepts ergibt. Daraus gewonnene Erkenntnisse, beispielsweise zur dadurch erzielten Senkung des jährlichen Brennstoffverbrauchs, könnten die Anwendung dieser Massnahme auch für private Anlagebetreiber attraktiver machen.

8.3 Erkenntnisse zu stationären Motoren, Notstrommotoren

Im Bereich der stationären Motoren kann mit der Teilrevision des Massnahmenplans Luftreinhaltung eine weitere Verbesserung der Emissionssituation bewirkt werden. Hier besteht insbesondere Handlungsbedarf bei der Ausstattung sehr grosser Notstromgruppen mit Entstickungsanlagen. Ohne diese Abgasbehandlung könnten bedenklich grosse Mengen an Stickoxiden ausgetossen werden.

8.4 Erkenntnisse zu übrigen Emittenten

Im Bereich Industrie und Gewerbe werden zurzeit keine zusätzlichen Massnahmen vorgeschlagen.

Die bestehenden kantonalen und städtischen Massnahmen sollen weiterhin konsequent vollzogen werden, um insbesondere die VOC-Emissionen zu begrenzen. Dasselbe gilt für die Nutztierhaltung, bei welcher der Vollzug der aktuellen und bevorstehenden LRV-Verschärfungen betreffend Lagerung und Ausbringung von Gülle eine Verbesserung bewirken wird.

Um die Bevölkerung zu den Themen Ozon und NMVOC zu sensibilisieren, sind zielgerichtete Kommunikationsaktivitäten sinnvoll.

8.5 Folgerungen für die Teilrevision des Massnahmenplans Luftreinhaltung

Die Teilrevision des Massnahmenplans Luftreinhaltung beschränkt sich auf Massnahmen bei stationären Anlagen. Der Fokus der Stossrichtungen liegt bei der Sicherung des Stands der Technik bei neuen grossen Holzfeuerungen und stationären Motoren.

Begleitende Massnahmen in den Bereichen Kommunikation, Kooperation und Monitoring sollen ausgearbeitet werden, welche eine ganzheitliche und vernetzte Herangehensweise und Kommunikation und das Verständnis wichtiger Emissionsquellen in Winterthur fördern.

Stadtinterne Massnahmen im Bereich Mobilität werden aufgehoben respektive ausgelagert, da sie unterdessen im Rahmen anderer städtischer Steuerungsinstrumente (u.a. Energie- und Klimakonzept) abgedeckt sind.

Der eigentliche teilrevidierte Massnahmenplan Luftreinhaltung der Stadt Winterthur, welcher die Anpassungen am Massnahmenkatalog beinhaltet, liegt im separaten Bericht «Teilrevision Massnahmenplan Luftreinhaltung 2010 der Stadt Winterthur, Schlussbericht, Teil B: Änderungen am Massnahmenkatalog» vor.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Emission, Transmission und Immission der wichtigsten Luftschadstoffe	8
Abbildung 2: Rollen von Bund, Kanton Zürich und der Stadt Winterthur in der schweizerischen Luftreinhaltungspolitik	11
Abbildung 3: Vorgehen bei der Teilrevision des Massnahmenplans Luftreinhaltung unter der Projektleitung der Fachstelle Umwelt des UGS.....	17
Abbildung 4: Entwicklung der NO ₂ -Immissionen (Jahresmittelwerte in Mikrogramm pro Kubikmeter) an der Technikumstrasse und an der Breitestrasse, 2004 bis 2021 (Datenquelle: Passivsammler).....	19
Abbildung 5: Entwicklung der NO _x -Emissionen (in Tonnen pro Jahr) gemäss Emissionskataster der Stadt Winterthur, 2004 bis 2020	19
Abbildung 6: Entwicklung der Ozonbelastung 2004 bis 2021, Messstation Veltheim	21
Abbildung 7: Entwicklung der NMVOC-Emissionen (in Tonnen pro Jahr) gemäss Emissionskataster Stadt Winterthur, 2004 bis 2020	22
Abbildung 8: Entwicklung der PM10-Immissionen (Anz. Tage mit Grenzwertüberschreitung) 2004 bis 2021, Messstationen Obertor (bis 2015) und Veltheim (ab 2016)	23
Abbildung 9: Entwicklung der PM10-Immissionen (Jahresmittelwerte) 2016 bis 2021, Messstation Veltheim.....	24
Abbildung 10: Entwicklung der PM2.5-Immissionen (Jahresmittelwerte) 2016 bis 2021, Messstation Veltheim.....	24
Abbildung 11: Entwicklung der Feinstaub-Emissionen (in Tonnen pro Jahr) gemäss Emissionskataster Stadt Winterthur, 2004 bis 2020	25
Abbildung 12: Anteile der verschiedenen Quellen an den gesamten PM2.5-Emissionen gemäss Emissionskataster 2020	26
Abbildung 13: Anteile der verschiedenen Quellen an den PM2.5-Emissionen aus Verbrennungsprozessen gemäss Emissionskataster 2020.....	26
Abbildung 14: PM2.5-Emissionen aus Verbrennungsprozessen; Anteile der verschiedenen Holzheizungs-Typen gemäss Emissionskataster 2020	27
Abbildung 15: Russ-Immissionen, Messstation Veltheim a) 2018 und 2019 b) 2020 und 2021 (12-Tages-Stichproben).....	28
Abbildung 16: Russ-Immissionen, St. Gallerstrasse Tagesmittelwerte Januar bis Mitte November 2017, Messstation St. Gallerstrasse; Abschätzung für 2021 (Annahme: 36 % Reduktion gegenüber 2017)	29

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Immissionsgrenzwerte nach Anhang 7 LRV	12
Tabelle 2: Schutzziele und notwendige Emissionsreduktionen gemäss «Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes»	13
Tabelle 3: Gegenüberstellung ausgewählter bisheriger und neuer WHO-Richtwerte und LRV-Immissionsgrenzwerte (Jahresmittel)	14
Tabelle 4: Wichtigste NO _x -Emittenten in der Stadt Winterthur gemäss Emissionskaster 2020..	20
Tabelle 5: Wichtigste NMVOC-Emittenten in Winterthur gemäss Emissionskataster 2020	22

11 Abkürzungsverzeichnis

AWEL	Amt für Wasser Energie und Luft des Kantons Zürich
BAFU	Bundesamt für Umwelt
BC	Black Carbon; schwarzer Kohlenstoff
BUWAL	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (Name des heutigen Bundesamts für Umwelt BAFU bis 2006)
CL	Critical Loads; kritischer Belastungswert
CLTRAP	Konvention über weiträumige grenzüberschreitende Luftverunreinigungen
CO	Kohlenmonoxid
CO ₂	Kohlendioxid
EBC	Equivalent Black Carbon; Bezeichnung für Russ (BC Daten korrigiert anhand von EC nach Referenzverfahren)
EC	Elemental Carbon; elementarer Kohlenstoff
EGW	Emissionsgrenzwert
EKL	Eidgenössische Kommission für Lufthygiene
FWL	Feuerungswärmeleistung
IPCC	Weltklimarat
kW, MW	Kilowatt, Megawatt (Leistungseinheiten)
LRV	Luftreinhalte-Verordnung (SR 814.318.142.1)
NH ₃	Ammoniak
NMVOG	Flüchtige organische Verbindungen ohne Methan
NO	Stickstoffmonoxid
NO ₂	Stickstoffdioxid
NO _x	Stickoxide (NO + NO ₂)
O ₃	Ozon
PAK	Polyaromatische Kohlenwasserstoffe
PKW	Personen(kraft)wagen
PM10, PM2.5	Particulate Matter; teilchenförmiges Material in der Luft mit < 10 respektive < 2.5 Mikrometern Durchmesser
rGVK	Regionales Gesamtverkehrskonzept
SO ₂	Schwefeldioxid
UGS	Umwelt- und Gesundheitsschutz der Stadt Winterthur
UNECE	UNO-Wirtschaftskommission für Europa
UNO	Vereinte Nationen

USG	Umweltschutzgesetz (SR 814.01)
VOC	Flüchtige organische Verbindungen
WHO	Weltgesundheitsorganisation
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mikrogramm (Schadstoff) pro Kubikmeter (Luft)

12 Quellenverzeichnis

AGVS/UPSA 2021	Autogewebeverband Schweiz, Sektion beider Basel (13. Juli 2021). <i>Auto-Scout24 - SUV dominieren Angebot</i> . https://www.agvsbsbl.ch/de/news/news-archiv/suv-dominieren-angebot
AWEL 2018	Gloor B. (2018). <i>Survey about functional efficiency of DPF during PTI in Zürich</i> [Präsentation]. AWEL Abteilung Luft, Klima und Strahlung. 22. ETH Nanoparticles Conference, Zürich.
AWEL 2019	Gloor B. (2019). <i>Anzahlmessung nach DPF bei Fahrzeugen. Funktionskontrolle von Dieselmotorkatalsystemen mittels Partikelanzahlmessungen anlässlich der periodischen Fahrzeugkontrolle im Strassenverkehrsamt Albisgüetli ZH</i> [Präsentation]. AWEL Kanton Zürich, Abteilung Luft Klima und Strahlung. StVA BL/BS, Münchenstein.
BAFU 2021a	Bundesamt für Umwelt BAFU (2021). <i>Critical Loads und Critical Levels für Luftschadstoffe</i> . https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/fachinformationen/luftqualitaet-in-der-schweiz/grenzwerte-fuer-die-luftbelastung/critical-loads-und-critical-levels-fuer-luftschadstoffe.html
BAFU 2021b	Bundesamt für Umwelt BAFU (2021). <i>UNECE-Übereinkommen über weit-räumige grenzüberschreitende Luftverunreinigung (CLRTAP)</i> . https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/luft/fachinformationen/internationale-luftreinhaltung/unece-uebereinkommen-ueber-weit-raeumige-grenzueberschreitende-lu.html
BFS 2022	Bundesamt für Statistik BFS (2022). <i>Strassenfahrzeuge – Bestand, Motorisierungsgrad</i> . https://www.bfs.admin.ch/bfs/de/home/statistiken/mobilitaet-verkehr/verkehrsinfrastruktur-fahrzeuge/fahrzeuge/strassenfahrzeuge-bestand-motorisierungsgrad.html#-875701140
Bundesrat 2009	Bundesrat (11. September 2009). <i>Bericht. Konzept betreffend lufthygienische Massnahmen des Bundes</i> (09.000).
Econcept 2018	Bade S., Montanari D., von Grünigen S. (2018). <i>Die Kosten der Luftverschmutzung 2005 bis 2015</i> . econcept AG (im Auftrag von: AWEL Kanton Zürich, UGZ Stadt Zürich, Fachstelle Umwelt Winterthur).

Econcept 2022	Delb V., Bade S., Hotz A. (2022). <i>Luftschadstoffbedingte Gesundheitskosten in der Stadt Zürich</i> . econcept AG (im Auftrag von: UGZ Stadt Zürich).
EKL 2013	Eidgenössische Kommission für Lufthygiene EKL (2013). <i>Feinstaub in der Schweiz 2013</i> . Bern. 63 S.
Empa 2013	Herich H., Hüglin C. (2013): <i>Russbelastung in der Schweiz Messungen im Rahmen des NABEL</i> . Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology, Abteilung Luftfremdstoffe und Umwelttechnik.
Empa 2017a	Klose R. (2017). <i>Was beim Gasgeben rauskommt</i> . EmpaQuarterly, 2017 (Nr. 56), 12-14. Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology.
Empa 2017b	P. Comte, J. Czerwinski, A. Keller, N. Kumar, M. Muñoz, S. Pieber, A. Prévôt, A. Wichser, N. Heeb (2017). <i>GASOMEP: Current Status and New Concepts of Gasoline Vehicle Emission Control for Organic, Metallic and Particulate Non-Legislative Pollutants</i> . Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology.
Empa 2019	Ch. Hueglin, A. Fischer, B. Schwarzenbach, L. Emmenegger (2019). <i>Entwicklung der Luftqualität in der Schweiz - Waren die Massnahmen zur Minderung der Schadstoffemissionen des Strassenverkehrs erfolgreich?</i> [Präsentation] Empa, Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology. ETH-Tagung Aspekte der individuellen Mobilität - Benzin- und Dieselmotoren, Zürich.
IPCC 2013	IPCC (2013). <i>Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change</i> [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
IPCC 2021	IPCC (2021): <i>Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change</i> [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
Kelz et al. 2012	Kelz, J., Brunner, T. & Obernberger, I. (2012). <i>Emission factors and chemical characterisation of fine particulate emissions from modern and old residential biomass heating systems determined for typical load cycles</i> . Environmental Sciences Europe 24 , 11 (2012).
Luftkollektiv 2020	Schneider A., Eggenberger Y. (2020). <i>VOC-Immissionsmessungen in der Schweiz 1991 - 2019</i> , Luftkollektiv GmbH.
OSTLUFT 2017	Herich H., Schlatter S. (2017). <i>Kontinuierliche Kurzzeitmessungen von Russ in Feinstaub - Einsatz von MAAP-Geräten im OSTLUFT-Gebiet</i> . OSTLUFT – Die Luftqualitätsüberwachung der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein.

- Poulain et al. 2021 Poulain L., Fahlbusch B., Spindler G., Mueller K., Pinxteren D., Wu Z., Iinuma Y., Birmili W., Wiedensohler, A., Herrmann H. (2020). *Source apportionment and impact of long-range transport on carbonaceous aerosol particles in Central Germany during HCCT-2010*.
<https://doi.org/10.5194/acp-2020-626>
- Susssdorf 2022 Susssdorf Arne (2022) *Feinstaub PM2.5-, Russ- und PAK-Emissionen verschiedener Holzfeuerungsstypen im CH-Bestand 2021 pro Energieeinheit gemäss EMIS-Datenbank Submission 2022*. Fachstelle Umwelt der Stadt Winterthur.
- SUVA 2022 Schweizerische Unfallversicherungsanstalt SUVA (2022) *Liste der arbeitshygienischen Grenzwerte*.
<https://www.suva.ch/de-ch/services/grenzwerte#gnw-location=%2F>
- WHO 2021 World Health Organization WHO (2021). *WHO global air quality guidelines: particulate matter (PM2.5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide*.
<https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>
- Zotter et al. 2014 Zotter, P., Ciobanu V., Zhang, Y., El-Haddad, I., Macchia, M., Daellenbach, K., Salazar, G., Huang, R., Wacker, L., Hueglin, C., Piazzalunga, A., Fermo, P., Schwikowski, M., Baltensperger, U., Szidat, S., Prevot, A. (2014). *Radiocarbon analysis of elemental and organic carbon in Switzerland during winter-smog episodes from 2008 to 2012 – Part 1: Source apportionment and spatial variability*. *Atmospheric Chemistry and Physics*.
<https://doi.org/10.5194/acp-14-13551-2014>

13 Anhang

A Abschätzung der lufthygienischen Wirkung einiger Klimaschutzmassnahmen

Die folgende Tabelle zeigt die geschätzte Schadstoffreduktion und die entsprechende Vermeidung von jährlichen Gesundheitskosten bis 2030 bei der vollständigen Umsetzung einiger Massnahmen aus dem Energie- und Klimakonzept der Stadt Winterthur.

Massnahmen im Energie- und Klimakonzept der Stadt Winterthur		Vermiedene Emissionen [t/a]				Vermiedene jährliche Gesundheitskosten [CHF]
		NO _x	PM ₁₀	PM _{2.5}	CO ₂	
E4	Infrastrukturentwicklung und Ersatz fossiler Heizungen	18.7	1.65	0.90	99'000	1'203'000
M2	Förderung der Elektromobilität	37.0	0.45	0.45	22'000	328'000
M3	Nachhaltiges Mobilitätsmanagement	73.9	0.90	0.90	44'000	656'000
Reduktion Schadstoff-Emissionen bis 2030		263.8	5.7	4.6	264'000	4'156'000

Annahmen: 110'000 Einwohner/-innen; Luftschadstoffreduktion proportional zur CO₂-Reduktion gemäss Energie- und Klimakonzept. Gesundheitskosten durch PM10-Immissionen in Winterthur jährlich ca. 70 Mio. CHF bei ca. 96 t ausgestossenem PM10.

Die zugrundeliegenden, durch PM10-Immissionen in Winterthur verursachten Gesundheitskosten von 70 Mio. CHF pro Jahr basieren auf einer Studie des Kantons Zürich, der Stadt Zürich und der Stadt Winterthur aus dem Jahr 2018 (Econcept 2018). Eine neue Studie der Stadt Zürich aus dem Jahr 2022 beziffert die Kosten, die alleine auf dem Gebiet der Stadt Zürich durch den Leit-schadstoff Feinstaub PM2.5 im Jahr 2020 anfielen, auf rund 1.4 Mia. CHF (Econcept 2022). Eine analoge Berechnung für die Stadt Winterthur würde deutlich höhere vermiedene Gesundheitskosten ausweisen als die hier dargestellten.

