

## Untersuchung der räumlichen NO<sub>2</sub>- Belastungsmuster an innerstädtischen Lagen in Winterthur und Rapperswil-Jona



## Schlussbericht 2018

## Abkürzungsverzeichnis

DTV	Durchschnittlicher täglicher Verkehr
LRV	Eidgenössische Luftreinhalte-Verordnung (SR 814.318.142.1)
MIV	Motorisierter Individual-Verkehr
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Mikrogramm (Schadstoff) pro Kubikmeter (Luft)
NO	Stickstoffmonoxid
NO <sub>2</sub>	Stickstoffdioxid
NO <sub>x</sub>	Stickoxide (Summenparameter = NO <sub>2</sub> + NO, bezogen auf NO <sub>2</sub> )
SNV	Schwerer Nutzverkehr

### Impressum

Herausgeber:	OSTLUFT – Die Luftqualitätsüberwachung der Ostschweizer Kantone und des Fürstentums Liechtenstein
Projektteam:	Hanna Herich Susanne Schlatter, Björn Dreyer
Kontakt:	OSTLUFT, sekretariat@ostluft.ch
Titelbild:	Landkartenausschnitt Rapperswil-Jona und Winterthur
Copyright:	© OSTLUFT, Abdruck mit Quellenangabe erwünscht
Bezug und weitere Informationen:	Download pdf: <a href="http://www.ostluft.ch">www.ostluft.ch</a> (eine gedruckte Fassung liegt nicht vor)

# Inhaltsverzeichnis

1	Projektziele	5
2	Vorgehen	5
3	Ergebnisse	6
3.1	Winterthur	6
3.1.1	Gesamtbetrachtung	7
3.1.2	Zentrumsnahe Hauptverkehrsachsen	8
3.1.3	Städtische Strassenstandorte in den Aussenquartieren	9
3.1.4	Stadthintergrund	11
3.2	Rapperswil-Jona	13
3.2.1	Zentrumsnahe Hauptverkehrsachsen	14
3.2.2	Abstandversuch im Zentrum	15
3.2.3	Strassenstandorte in den Aussenquartieren	16
3.2.4	Hintergrundbelastung	17
4	Langzeitliche Entwicklung	18
4.1	NO <sub>2</sub> und DTV	18
4.2	Vergleich NO <sub>2</sub> Messung und Modellierung	19
5	Schlussfolgerungen	20
Anhang A:	Fotodokumentation der Messstandorte in Winterthur	22
Anhang B:	Fotodokumentation der Messstandorte in Rapperswil-Jona	26
Anhang C:	Messstandorte und Messwerte	29

# Zusammenfassung

Die Luftqualität hat sich seit den 80er Jahren kontinuierlich verbessert. Doch seit mehreren Jahren ist kaum noch eine Veränderung in der Stickstoffdioxidbelastung festzustellen. Insbesondere in der Nähe von Hauptverkehrsstrassen werden die Grenzwerte oft erheblich überschritten. Mit ein Grund für diese Situation sind Dieselfahrzeuge, die mehr Stickoxide ausstossen als die Abgasnormen vorschreiben. Stickstoffoxide begünstigen Atemwegs- und Herz-Kreislauf-Krankheiten und führen zu hohen Gesundheitsschadenkosten.

Im OSTLUFT-Gebiet wird das kontinuierliche NO<sub>2</sub>-Messnetz mit einer grösseren Anzahl NO<sub>2</sub> Passivsammlern ergänzt. 2017 wurden das bestehende Netz und die kontinuierlich laufenden Messstationen in Rapperswil-Jona und Winterthur durch zusätzliche NO<sub>2</sub>-Passivsammler-Messungen verdichtet. Diese dienen zur räumlichen Differenzierung der NO<sub>2</sub> Belastung im Umfeld städtischer Verkehrsknoten und an anderen relevanten Standorten. Pro Stadt wurden dazu 10 bzw. 16 zusätzliche NO<sub>2</sub>-Passivsammler eingesetzt.

Die 2017 durchgeführten NO<sub>2</sub>-Messungen in Winterthur und Rapperswil-Jona zeigen deutliche Grenzwert-Überschreitungen im direkten Umfeld von viel befahrenen Hauptverkehrsachsen. Der Grenzwert von 30 µg/m<sup>3</sup> wird in beiden Städten an allen Messorten nahe der Hauptverkehrsstrassen überschritten. Dies geschieht unabhängig davon, ob sich die Strassenmessorte in der Innenstadtlage, weniger bebauten Aussenquartieren oder sogar an offener Seelage befinden. Einen wichtigen Einfluss hat in den Städten die Bebauung. Gebäude schirmen einerseits ab, andererseits behindern sie die Durchlüftung. Liegt ein Messstandort an einer Hauptverkehrsachse mit dichter Bebauung oder schlechter Durchlüftung, liegen die NO<sub>2</sub>-Konzentrationen meist weit über 40 µg/m<sup>3</sup>.

Mit zunehmendem Abstand von Verkehrsachsen verringert sich die NO<sub>2</sub>-Belastung rasch. So wird der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwert in den meisten Wohnquartieren und in den Fussgängerzonen gut eingehalten. In einem Abstandsversuch lag die NO<sub>2</sub> Belastung bereits im Abstand von etwa einer Häuserreihe zur Hauptverkehrsachse unter dem Grenzwert.

# 1 Projektziele

Langjährige NO<sub>2</sub>-Passivsammlerreihen<sup>1</sup> im OSTLUFT-Gebiet zeigen, dass die NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte an strassennahen Standorten oft massiv überschritten werden<sup>2</sup>. Am Beispiel von verdichteten Messungen in den Zentren von Winterthur und Rapperswil-Jona soll die räumliche Differenzierung der NO<sub>2</sub> Belastung im Umfeld städtischer Verkehrsknoten und an anderen relevanten Standorten überprüft werden. Die Messungen sollen zeigen, ob und wo die Immissionsgrenzwerte an städtischen und verkehrsbelasteten Standorten eingehalten werden. Ausserdem helfen sie, die Ergebnisse der kontinuierlichen Messstationen Rapperswil-Tüchelweiher, Winterthur- St. Gallerstrasse und Winterthur- Veltheim in einen besseren räumlichen Zusammenhang zu setzen.

Mit zusätzlichen Messungen sollen die folgenden Fragen beantwortet werden:

- Wie verteilt sich die Luftbelastung entlang der Hauptverkehrsachsen in den Stadtzentren?  
Wie ist die Luftbelastung in den Hintergrundquartieren?
- Wie ausgeprägt ist die Abnahme der Luftbelastung mit zunehmendem Abstand zu den Hauptverkehrsachsen?
- Wie ist die Luftbelastung an Knotenpunkten des innerstädtischen öffentlichen Verkehrs?

## 2 Vorgehen

Zur Untersuchung der räumlichen Ausdehnung der verkehrsbedingten Luftbelastung wurden Messungen mit NO<sub>2</sub>-Passivsammlern durchgeführt, denn mit diesen lässt sich kostengünstig ein dichteres Netz von Messstandorten erfassen. Die Verteilung der NO<sub>2</sub>-Passivsammler in Winterthur und Rapperswil-Jona fokussierte sich auf zentrums- und verkehrsnahe Standorte sowie auf Übergangsbereiche in weniger verkehrsbelasteten Wohngebieten. Die Messungen wurden in zweiwöchigem Takt zwischen Januar und Dezember 2017 durchgeführt. Die vorliegende Auswertung basiert überwiegend auf den NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerten von 2017.

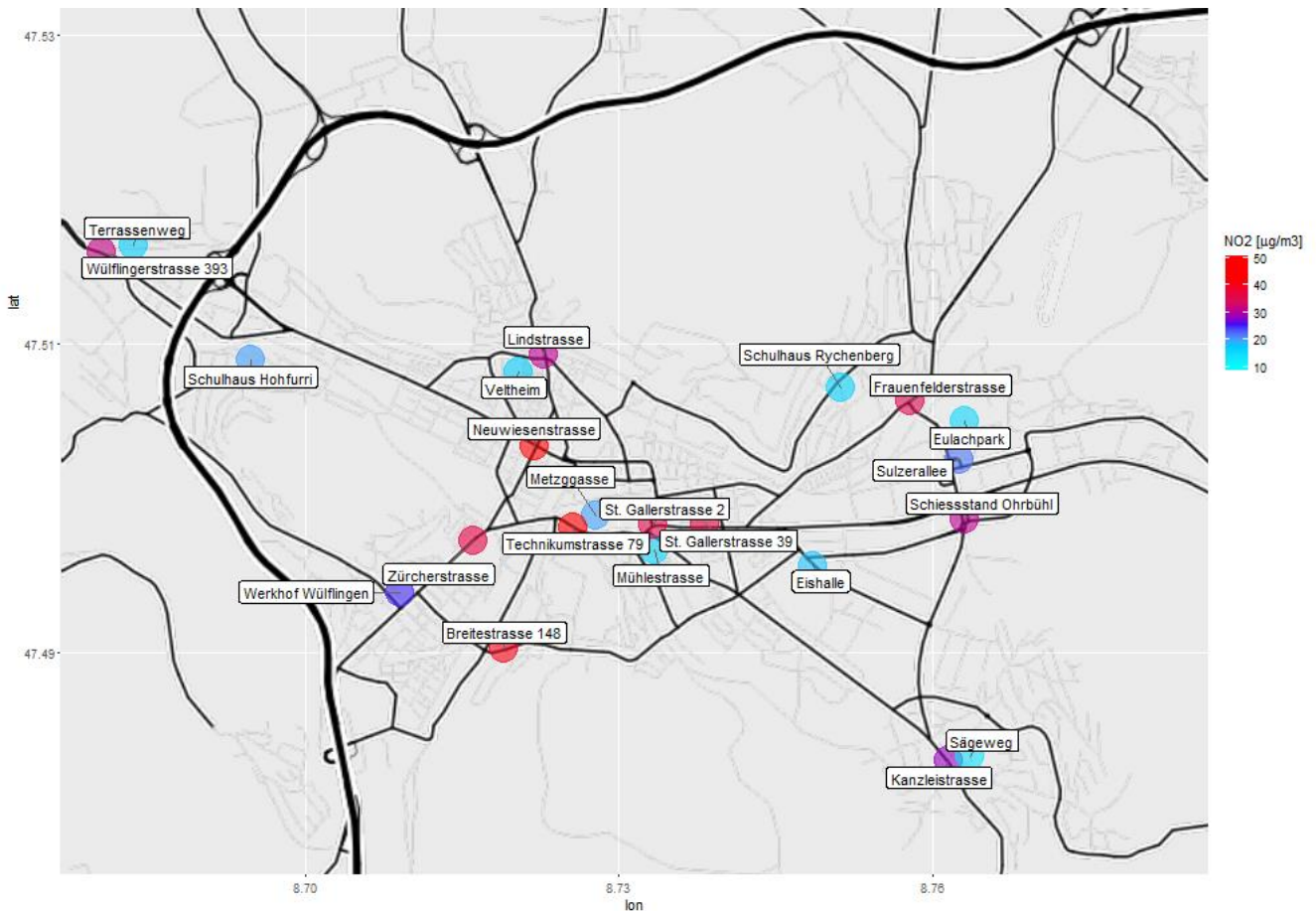
---

<sup>1</sup> Messröhrchen, welche Schadstoffe passiv über Diffusion über eine bestimmte Zeit (Expositionszeit) sammeln. Durch spätere Laboranalyse kann die mittlere Schadstoffkonzentration während der Expositionszeit ermittelt werden.

<sup>2</sup> Der NO<sub>2</sub>-Jahresmittel-Grenzwert nach Luftreinhalte Verordnung (LRV) beträgt 30 µg/m<sup>3</sup>. Bei Standorten mit Einhaltung des Jahresmittel-Grenzwerts von NO<sub>2</sub> ist erfahrungsgemäss auch mit einer Einhaltung des entsprechenden Tagesmittel-Grenzwertes zu rechnen.

## 3 Ergebnisse

### 3.1 Winterthur



**Abbildung 1:** Passivsammler-Standorte ( $\text{NO}_2$  Jahresmittelwert farbkodiert) in Winterthur: Metzggasse, Veltheim, Mühlestrasse, Eulachpark, Sägeweg, Technikumstrasse 79, Neuwiesenstrasse, St. Gallerstrasse 39, St. Gallerstrasse 2, Zürcherstrasse, Schiessstand Ohrbühl, Lindstrasse, Werkhof Wülflingen, Schulhaus Hohfurri, Schulhaus Rychenberg, Terrassenweg, Breitestrasse 148, Frauenfelderstrasse, Wülflingerstrasse 393, Kanzleistrasse, Sulzerallee, Eishalle

Die Stadt Winterthur hat rund 110'000 Einwohner und liegt auf einem Talboden zwischen mehreren Erhebungen. Von Südwest bis Nordost ist die Stadt von der Autobahn umgeben, der Hauptverkehrsfluss findet zwischen den vier Autobahnauffahrten und dem Stadtzentrum mit umliegenden Wohnquartieren statt. In den letzten Jahren hat sich die Stadt vor allem in Richtung Osten (Oberwinterthur/ Hegi) weiterentwickelt.

### 3.1.1 Gesamtbetrachtung

Die Luftverschmutzung durch die Stickoxide führt jährlich zu hohen Gesundheitsschadenkosten. In Winterthur liegen diese derzeit (Schätzung 2015) zwischen 100-230 Mio. CHF pro Jahr (econcept, Die Kosten der Luftverschmutzung 2005 bis 2015, Schlussbericht 2018). Das entspricht etwa 900-2'000 CHF pro Einwohner. Abb. 1 zeigt die Lage der Passivsammlerstandorte 2017, sowie Abb. 2 die NO<sub>2</sub> Jahresmittelwerte.

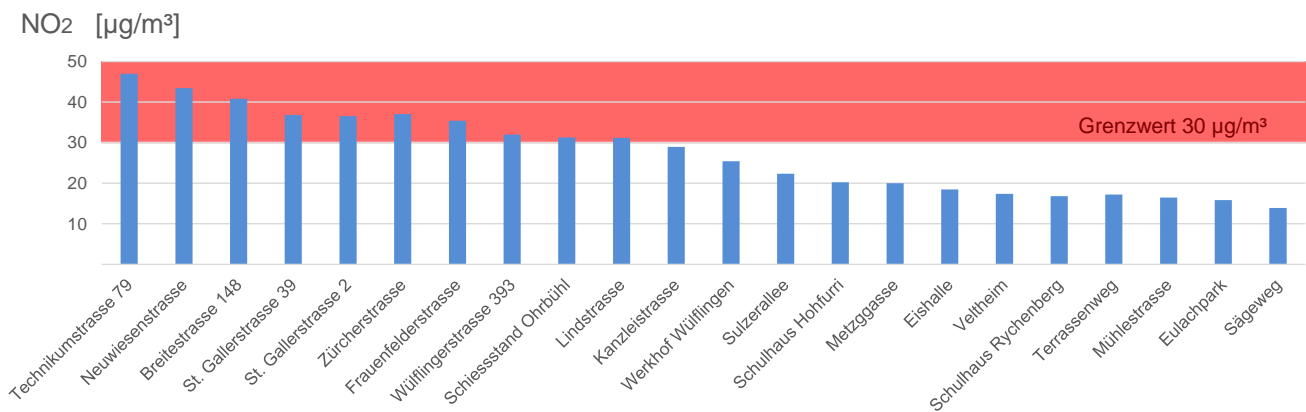


Abbildung 2: Passivsammler-Standorte in Winterthur und NO<sub>2</sub> Jahresmittelwerte 2017.

Die vorliegende Auswertung basiert überwiegend auf NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerten, denn an vielen Standorten ist die NO<sub>2</sub> Belastung ganzjährig ähnlich. An Hintergrundstandorten zeigt der NO<sub>2</sub> Jahrgang typischerweise starke saisonale Schwankungen, die durch verschiedene Einflüsse erklärbar sind (z.B. Heizperiode, Inversionslagen, Thermik, chemische Reaktionen etc.). An den kritischen Strassenstandorten ist die Belastung jedoch ganzjährig nahezu konstant (vergl. Abb. 3). Leichte Einbrüche gibt es nur während der Sommer- und Weihnachtsferien.

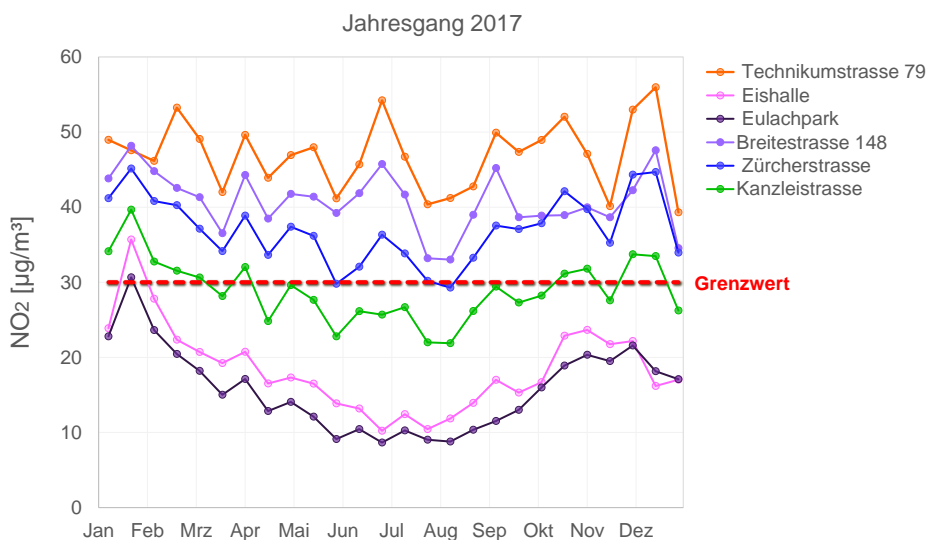
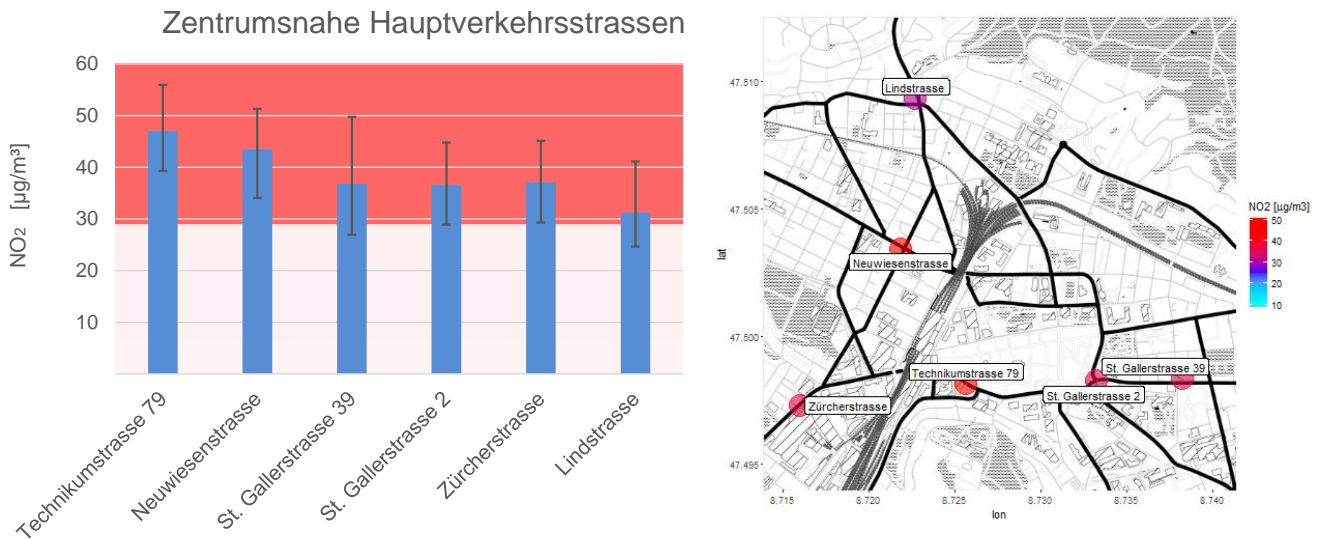
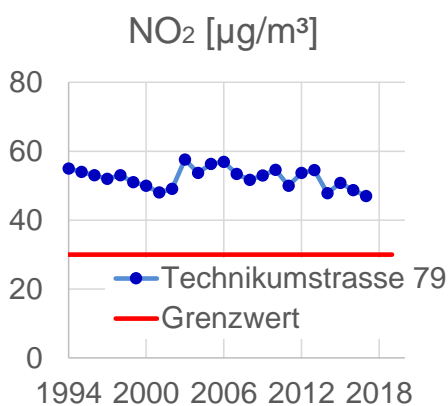


Abbildung 3: NO<sub>2</sub> Jahrgang 2017 an ausgewählten Standorten in Winterthur. Jeder Messpunkt entspricht einem zweiwöchigen Messintervall.

### 3.1.2 Zentrumsnahe Hauptverkehrsachsen



**Abbildung 4:** Passivsammler-Standorte an den Hauptverkehrsachsen im Zentrum der Stadt Winterthur und die zugehörigen NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte [µg/m<sup>3</sup>]. Die schwarzen begrenzten Linien zeigen die Spannweite zwischen dem niedrigsten und höchsten 14-tages-Periodenmittelwert von 2017.



**Abbildung 5:** Langjährige Messreihe der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte [µg/m<sup>3</sup>] an der Technikum-strasse in Winterthur

Die höchsten Belastungen durch die verkehrsbedingten Stickoxide treten erwartungsgemäss entlang der Hauptverkehrsachsen auf (siehe Abb.4). Alle dortigen Standorte zeigen massive Überschreitungen des Jahresmittelgrenzwerts von 30 µg/m<sup>3</sup>. Die stadtwweit höchsten Konzentrationen von 47 µg/m<sup>3</sup> im Jahresmittel wurden an der Technikumstrasse 79 gemessen. Dieser Messstandort liegt nahe dem Altstadt kern in einer schlecht durchlüfteten Strassenschlucht und repräsentiert das Strassenstück zwischen Bahnhof und Technikum. Auf dieser innenstadtnahen Hauptverkehrsachse sind sowohl schwerer Nutzverkehr (SNV) als auch motorisierter Individualverkehr (MIV) unterwegs und häufig kommt es zu stockendem Verkehr. Der DTV liegt bei etwa 20'000. Langjährige Messungen zeigen (siehe Abb. 5), dass die Belastungssituation an der Technikumsstrasse 79 zwar relativ stabil, aber in den letzten Jahren wieder leicht abgenommen hat. Ebenfalls stark

belastet ist die Neuwiesenstrasse mit einem Jahresmittelwert von 43 µg/m<sup>3</sup>, sie fungiert als Durchgangsachse und verbindet die westlichen Standquartiere. Im Gegensatz zur Technikumstrasse ist die Neuwiesenstrasse weniger eng bebaut, jedoch kommt es auch hier zu stockendem Verkehr bedingt durch lokale Verkehrsüberlastungen und Ampeln. Die nahegelegene ebenfalls stark befahrene Zürcherstrasse weist Belastungen von rund 37 µg/m<sup>3</sup> auf. Im Vergleich zur Neuwiesenstrasse ist sie noch breiter und damit besser durchlüftet. Ähnlich ist die Situation an der



Lindstrasse, an der offen bebauten Strasse liegen die Konzentrationen bei rund  $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Eine gute Durchlüftung entsteht hier zudem durch die Hanglage (Rosenberg) mit nächtlichem Kaltluftabfluss.

Der Standort St. Gallerstrasse 2 liegt an der St. Gallerstrasse, welche an die Technikumstrasse anschliesst, siehe Abb. 6. Trotz ebenfalls direkter Strassennähe fiel die  $\text{NO}_2$  Belastung dort mit  $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$  deutlich geringer aus als an der Technikumstrasse, wobei der Grenzwert auch hier noch überschritten wurde. Der offene Pausenplatz vom



Abbildung 6:  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] rund um die St.-Gallerstrasse

Schulhaus Geiselweid und einige Bebauungslücken führen an diesem Standort zu einer besseren Durchmischung der Luftmassen. Dem Strassenverlauf folgend bleibt die  $\text{NO}_2$  Konzentration konstant, so liegt sie an der St. Gallestrasse 39 ebenfalls bei  $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Mit zunehmendem Abstand von der Strasse nehmen die Konzentrationen schnell ab. So lagen die  $\text{NO}_2$  Belastungen an der kontinuierlichen Messstation St.-Galler-Strasse (hier nicht diskutiert) mit etwa 12 m Strassenabstand nur noch bei  $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### 3.1.3 Städtische Strassenstandorte in den Aussenquartieren

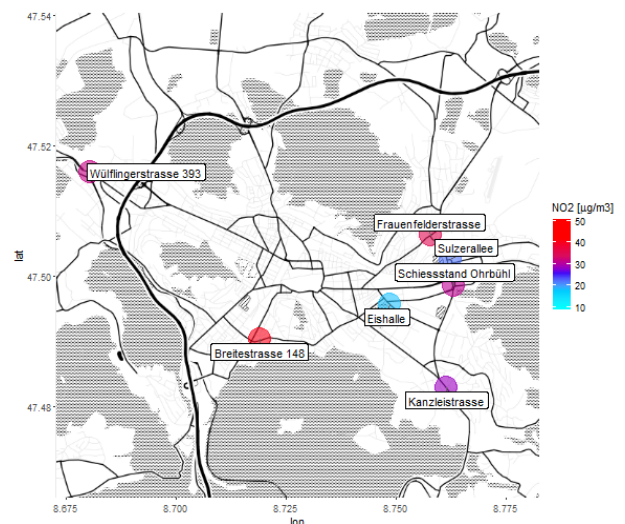
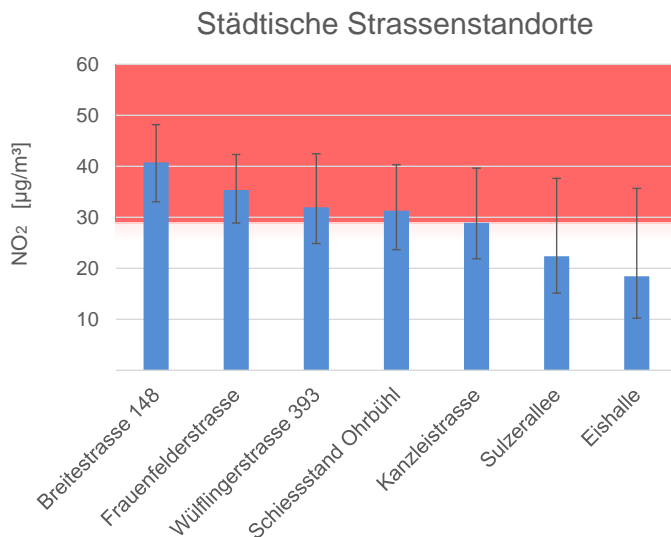
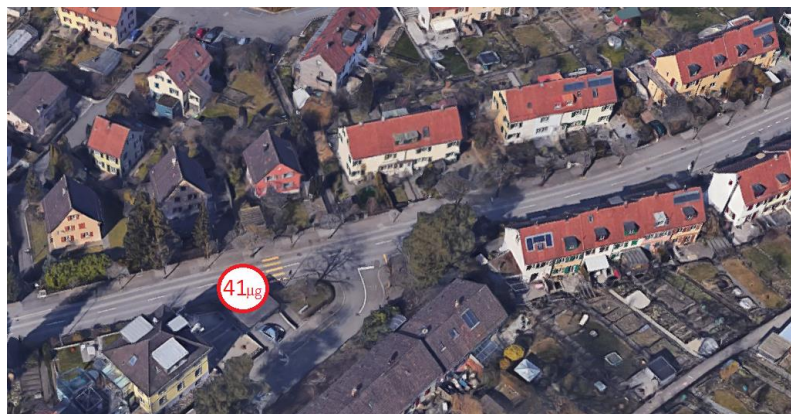
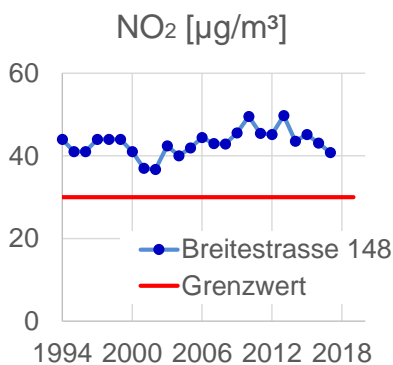


Abbildung 7: Passivsammler-Standorte an städtischen Strassenstandorten ausserhalb Stadtzentrums Winterthur und die zugehörigen  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]. Die Balken zeigen die Spannweite zwischen dem niedrigsten und höchsten Messwert von 2017.

Die NO<sub>2</sub> Konzentrationen an den stark verkehrsbelasteten Strassenstandorten etwas abseits vom Stadtzentrum unterscheiden sich oft nicht von denen im Stadtzentrum, auch hier wird der Grenzwert meist nicht eingehalten, siehe Abb. 8. Besonders problematisch ist in Winterthur die Situation an der Breitestrasse 148. Mit 41 µg/m<sup>3</sup>, dem dritthöchsten Messwert im Stadtgebiet, wird der Grenzwert massiv überschritten. Während das Gebiet um die Technikum- und Neuwiesenstrasse eher gewerblich genutzt wird, führt die Breitestrasse durch ein reines Wohnquartier und fungiert auch als Schulweg. Die Belastungssituation ist seit über 20 Jahren kritisch stabil, die minimale Abnahme seit 2015 ist wahrscheinlich auf die derzeitige Dauerbaustelle und den dadurch verringerten Verkehrsfluss zurückzuführen. Grund für die hohen Belastungen ist die bauliche Situation: Die ursprüngliche Quartierstrasse des Wohnquartiers Breite fungiert als Kantonsstrasse und Autobahnzubringer für den Südosten der Stadt. Solche massiven Verkehrsemissionen können in der schmalen Strasse nicht abgebaut werden.

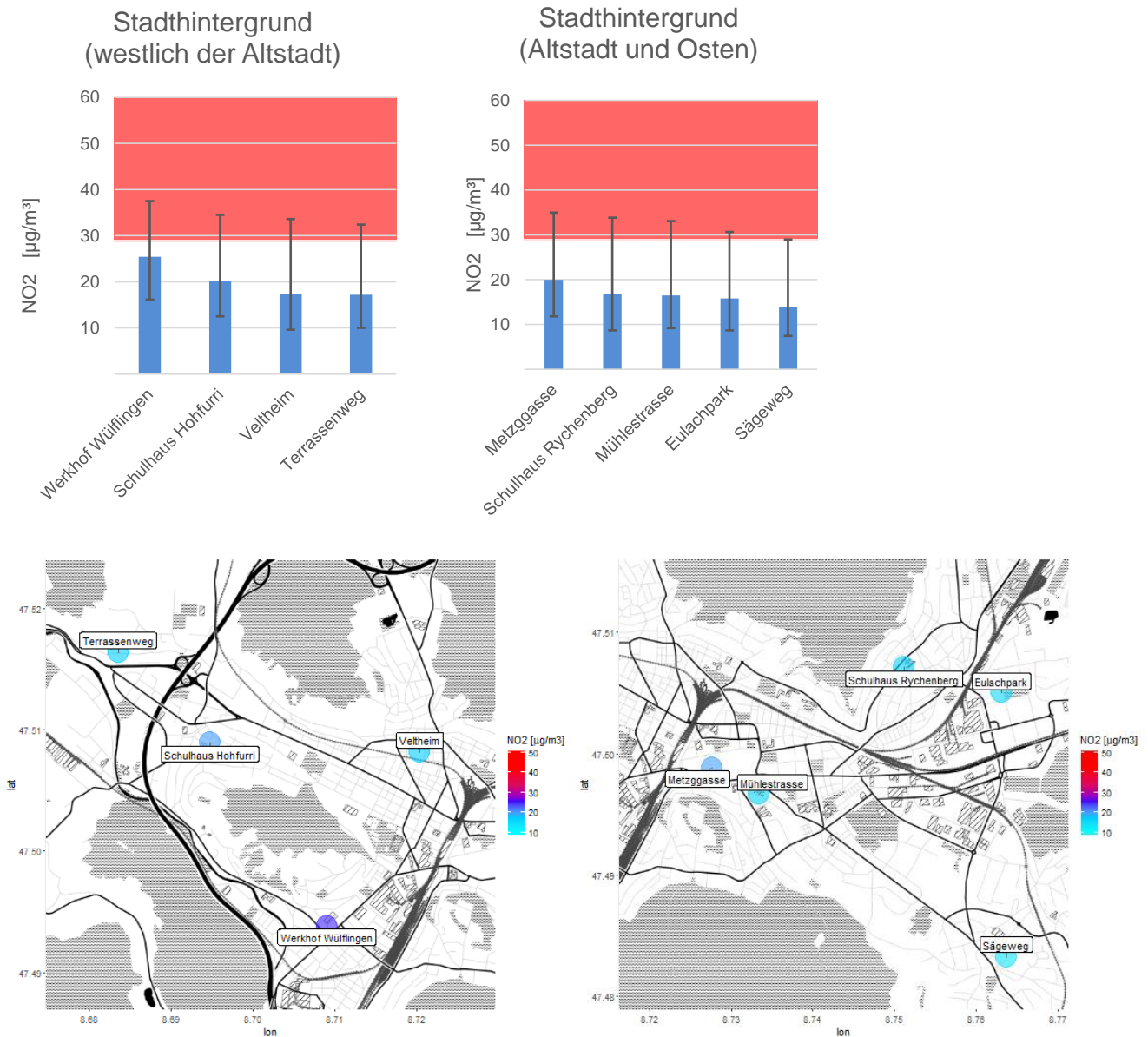
Weitere Strassenmessorte an denen der Grenzwert nicht eingehalten wird sind die Frauenfelderstrasse mit 35 µg/m<sup>3</sup>, die Wülflingerstrasse 393 mit 32 µg/m<sup>3</sup> und der Schiessstand Ohrbühl mit 31 µg/m<sup>3</sup>. Die Frauenfelderstrasse verbindet Oberwinterthur mit der Autobahn und dem Stadtzentrum. Die Wülflingerstrasse 393 befindet sich am westlichen Eingang von Winterthur. Beide Strassen weisen einen hohen Verkehrsfluss (DTV > 20'000) auf, sind aber breit und nicht zu geschlossen bebaut, so dass sich die Schadstoffe schneller verteilen. Der Messort Schiessstand Ohrbühl befindet sich nahe einem stark befahrenen Kreisverkehr im Industriegebiet Grütze, eine Überschreitung war hier zu erwarten. Die Standorte Kanzleistrasse, Sulzerallee und Eishalle sind zwar strassennah, jedoch weniger befahren und relativ offen bebaut, so dass die Grenzwerte gut eingehalten werden.



**Abbildung 8:** Langjährige Messreihe der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte [µg/m<sup>3</sup>] an der Breitestrasse in Winterthur

### 3.1.4 Stadthintergrund

Neben den strassennahen Standorten wurde in Winterthur die Luftqualität an neun Hintergrundstandorten überprüft. Die NO<sub>2</sub> Konzentrationen an den Hintergrundstandorten lagen zwischen 25 µg/m<sup>3</sup> (Werkhof Wülflingen) und 14 µg/m<sup>3</sup> (Sägeweg), und befinden sich damit alle unterhalb des Grenzwertes, siehe Abb. 9.



**Abbildung 9:** Passivsammler-Standorte an Stadthintergrund-Standorten Winterthur und die zugehörigen NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte [µg/m<sup>3</sup>]. Die Balken zeigen die Spannweite zwischen dem niedrigsten und höchsten Messwert von 2017.

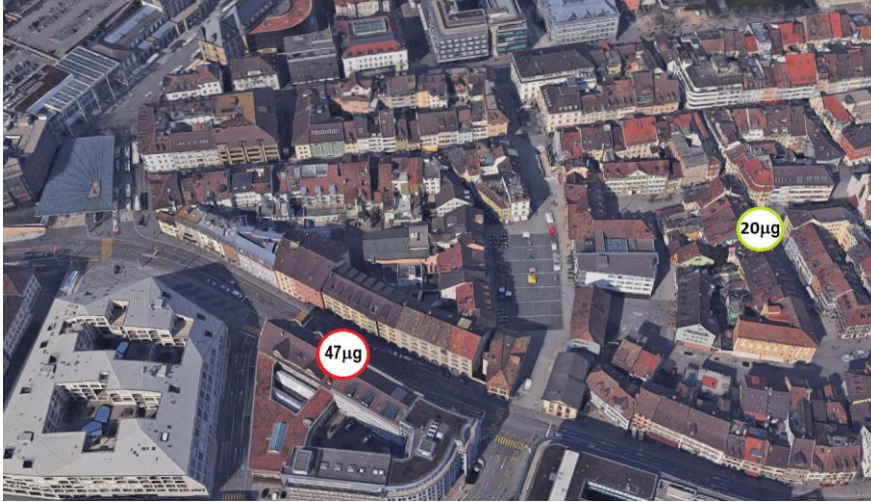
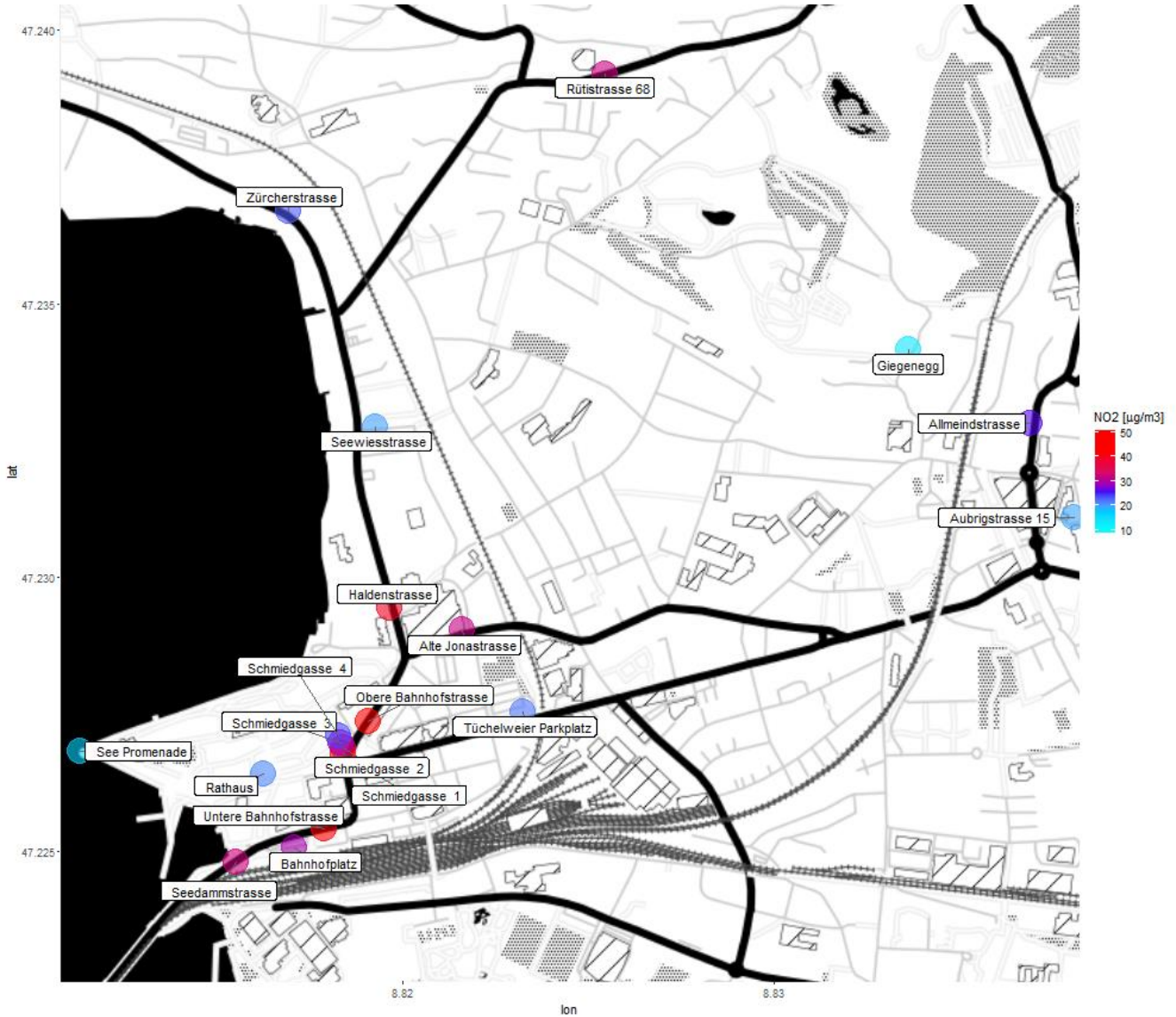


Abbildung 10: NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] im Zentrum von Winterthur.

Der Hintergrundstandort mit den höchsten Konzentrationen ist der Werkhof Wülflingen mit einer Belastung von  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Dieser befindet sich etwa 40 m abseits der Zürcherstrasse (vgl. Strassenstandort Zürcherstrasse mit  $37 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) in einer kaum befahrenen Nebenstrasse und repräsentiert Standorte in der Nähe einer Hauptverkehrsachse. Der Standort Metzgasse mit  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Stadtzentrum repräsentiert die Fussgängerzone Winterthurs, der Abstand zur Technikumstrasse (vgl. Strassenstandort Technikumstrasse mit  $47 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) beträgt etwa 120 m, siehe Abb. 10. Der Standort Sägeweg mit  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zeigt die Belastung in Wohnquartieren am Stadtrand (Seen).

### 3.2 Rapperswil-Jona



**Abbildung 11:** Passivsammler-Standorte (NO<sub>2</sub> Jahresmittelwert farbkodiert) in Rapperswil-Jona: Untere Bahnhofstrasse, Obere Bahnhofstrasse, Schmiedgasse 1, Haldenstrasse, Schmiedgasse 2, Seedammstrasse, Rütistrasse, Alte Jonastrasse, Bahnhofplatz, Schmiedgasse 3, Allmeindstrasse, Schmiedgasse 4, Zürcherstrasse, Messstation Tüchelweier, Rathaus, Seewiesstrasse, Aubrigstrasse, Seepromenade, Giegenegg.

Die Gemeinde Rapperswil-Jona mit 27'000 Einwohnern ist die zweitgrösste Stadt im Kanton St. Gallen und liegt am östlichen Ufer Zürichsee. Direkt ans historische Zentrum von Rapperswil-Jona grenzt der Seedamm (DTV ca. 25'000), der die beiden Ufer des Zürichsees verbindet. Vom Seedamm aus gelangt der Verkehr zunächst über die

Untere Bahnhofstrasse am Zentrum entlang schliesslich über die Neue Jonastrasse oder die Rütistrasse weiter zur Autobahn. Abb. 11 zeigt die Lage der Passivsammlerstandorte 2017 in Rapperswil-Jona, und Abb. 12 die NO<sub>2</sub> Jahresmittelwerte. Für Rapperswil-Jona liegen keine Berechnungen zu den Gesundheitsschadenkosten aufgrund der Stickoxidbelastungen vor.

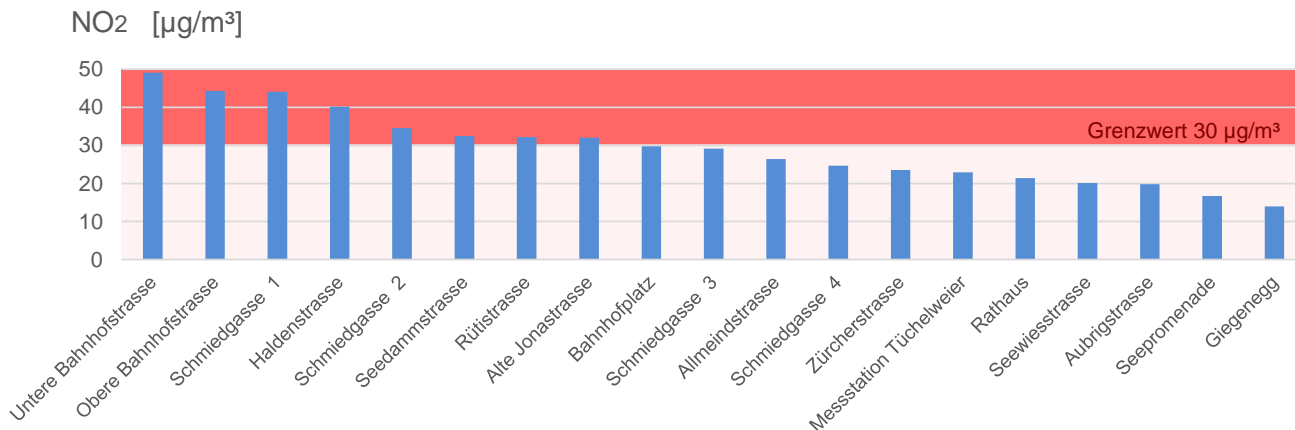


Abbildung 12: Passivsammler-Standorte in Rapperswil-Jona und NO<sub>2</sub> Jahresmittelwerte 2017.

### 3.2.1 Zentrumsnahe Hauptverkehrsachsen

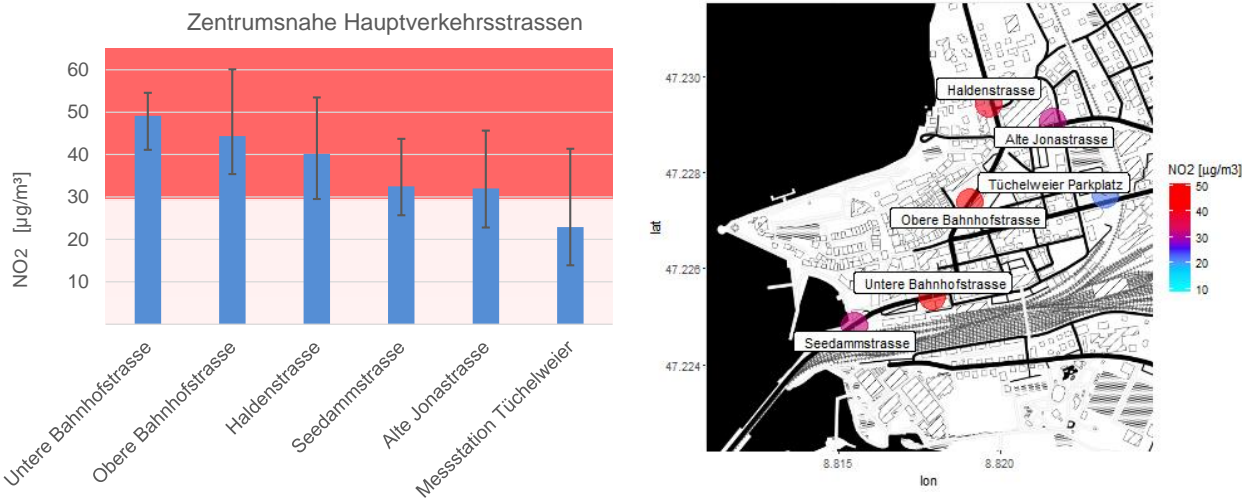
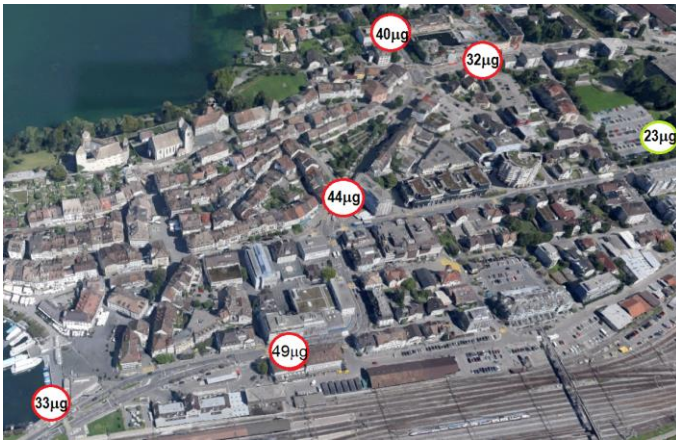


Abbildung 13: Passivsammler-Standorte an der Hauptverkehrsachse im Zentrum von Rapperswil-Jona und die zugehörigen NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte [µg/m<sup>3</sup>]. Die Balken zeigen die Spannweite zwischen dem niedrigsten und höchsten Messwert von 2017.

Hohe NO<sub>2</sub> Belastungen treten in Rapperswil-Jona erwartungsgemäss entlang der Hauptverkehrsachse auf, die am Zentrum entlangführt, siehe Abb. 13 und 14. Alle dortigen Standorte zeigen massive Überschreitungen des Jahresmittelgrenzwerts von 30 µg/m<sup>3</sup>, die direkt auf den Dieselverkehr zurückzuführen sind.



**Abbildung 14:** Passivsammler-Standorte im Zentrum von Rapperswil-Jona mit NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerten [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ].

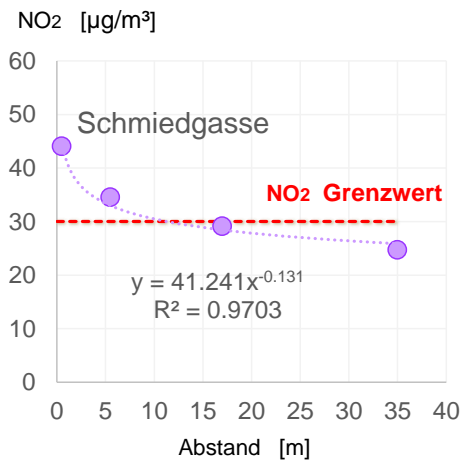
Die höchsten Konzentrationen von  $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel wurden an der Unteren Bahnhofsstrasse gemessen. Dieser Messstandort befindet sich neben dem Zentrum von Rapperswil-Jona in einer Strassenschlucht mit hohen Gebäuden und ist etwa 200 m vom See entfernt. Das Verkehrsregime ist meist im Stop-and-Go. In Verlängerung der Unteren Bahnhofsstrasse direkt am See liegt der Standort Seedamm. Hier wurden aufgrund der halboffenen Lage am See und der guten Durchlüftung nur noch Belastungen von  $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemessen. Weiter stadteinwärts an der Oberen Bahnhofsstrasse, an ebenfalls eher offen bebauter Lage, lagen die Konzentrationen hingegen noch bei  $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . An den Stadtausgängen Richtung Autobahn wurden noch Konzentrationen von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Haldenstrasse) und  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Alte Jonastrasse) gemessen. Am Standort Messstation Tüchelweiher lagen die Konzentrationen nur bei  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , jedoch liegt dieser Standort auf einer freien Parkfläche und ist mit 18 m Strassenabstand längst nicht so strassennah wie die anderen Standorte (vgl. Abstandsversuch). Ein weiterer Strassenstandort an der Schmiedgasse 1 in unmittelbarer Nähe zur Oberen Bahnhofstrasse wird im nachfolgenden Abschnitt diskutiert.

Die höchsten Konzentrationen von  $49 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Jahresmittel wurden an der Unteren Bahnhofsstrasse gemessen. Dieser Messstandort befindet sich neben dem Zentrum von Rapperswil-Jona in einer Strassenschlucht mit hohen Gebäuden und ist etwa 200 m vom See entfernt. Das Verkehrsregime ist meist im Stop-and-Go. In Verlängerung der Unteren Bahnhofsstrasse direkt am See liegt der Standort Seedamm. Hier wurden aufgrund der halboffenen Lage am See und der guten Durchlüftung nur noch Belastungen von  $33 \mu\text{g}/\text{m}^3$  gemessen. Weiter stadteinwärts an der Oberen Bahnhofsstrasse, an ebenfalls eher offen bebauter Lage, lagen die Konzentrationen hingegen noch bei  $44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . An den Stadtausgängen Richtung Autobahn wurden noch Konzentrationen von  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Haldenstrasse) und  $32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Alte Jonastrasse) gemessen. Am Standort Messstation Tüchelweiher lagen die Konzentrationen nur bei  $23 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , jedoch liegt dieser Standort auf einer freien Parkfläche und ist mit 18 m Strassenabstand längst nicht so strassennah wie die anderen Standorte (vgl. Abstandsversuch). Ein weiterer Strassenstandort an der Schmiedgasse 1 in unmittelbarer Nähe zur Oberen Bahnhofstrasse wird im nachfolgenden Abschnitt diskutiert.

### 3.2.2 Abstandsversuch im Zentrum



**Abbildung 15:** Passivsammler-Standorte an der Schmiedgasse im Zentrum von Rapperswil-Jona mit NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerten [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]. Die Balken zeigen die Spannweite zwischen dem niedrigsten und höchsten Messwert von 2017.

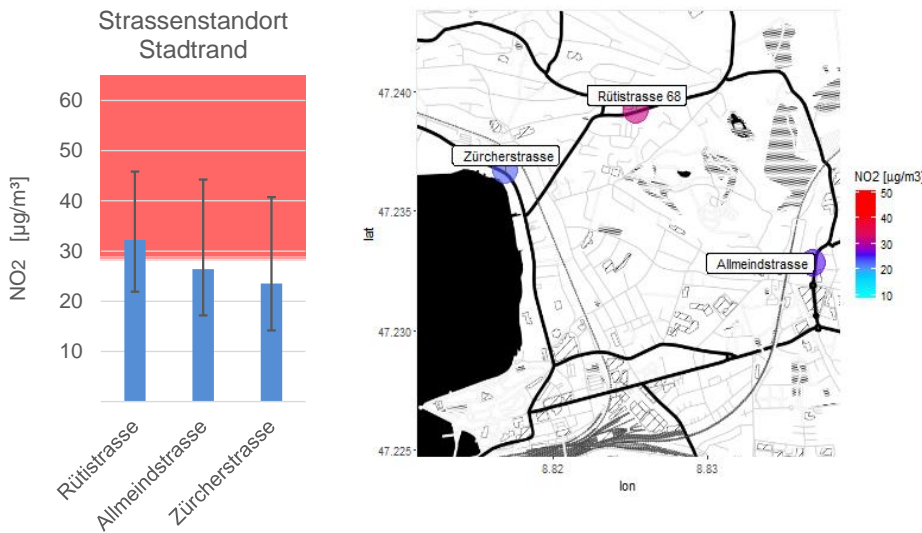


**Abbildung 16:** Abstandsversuch Schmiedgasse

In Rapperswil-Jona treten die höchsten NO<sub>2</sub> Belastungen entlang der Hauptverkehrsachse im Zentrum von Rapperswil-Jona auf. Mit einem Abstandsversuch wurde untersucht, wie die Belastung von der Strasse in Richtung Fussgängerzone abnimmt. Dazu wurden in der Nähe des Passivsammlers Obere Bahnhofstrasse vier Passivsammler in der Querstrasse Schmiedgasse befestigt. Der Abstand zur Hauptverkehrsstrasse betrug rund 1 m (Schmiedgasse 1), 6 m (Schmidgasse 2), 17 m (Schmidgasse 3) und 35 m (Schmidgasse 4). Die Konzentrationen am Standort Schmiedgasse sind mit 44 µg/m<sup>3</sup> identisch zu denen an der Oberen Bahnhofstrasse. Wie zu erwarten nehmen die Stickoxidbelastungen schnell mit dem Strassenabstand ab, vergl. Abb. 15 und 16. Nach 6 m liegt die Belastung noch bei 35 µg/m<sup>3</sup> und nach 17 m liegen die Konzentrationen in der Nähe des Grenzwerts. Diese Distanz entspricht etwa einer Häuserreihe im Zentrum. Am Standort 4, 35 m abseits der Hauptstrasse, wurden noch 25 µg/m<sup>3</sup> gemessen.

und nach 17 m liegen die Konzentrationen in der Nähe des Grenzwerts. Diese Distanz entspricht etwa einer Häuserreihe im Zentrum. Am Standort 4, 35 m abseits der Hauptstrasse, wurden noch 25 µg/m<sup>3</sup> gemessen.

### 3.2.3 Strassenstandorte in den Aussenquartieren



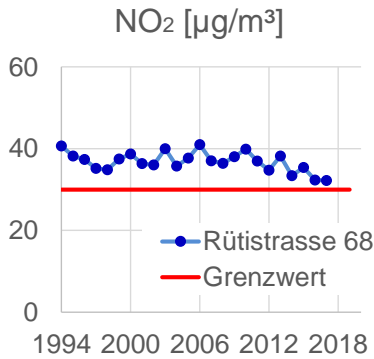
**Abbildung 17:** Passivsammler-Standorte am Rand von Rapperswil-Jona mit NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerten [µg/m<sup>3</sup>]. Die Balken zeigen die Spannweite zwischen dem niedrigsten und höchsten Messwert von 2017.

Die NO<sub>2</sub> Konzentrationen an den Strassenstandorten in den Aussenquartieren sind etwas besser als im Zentrum, siehe Abb. 17. An der Rütistrasse wird der Grenzwert mit 32 µg/m<sup>3</sup> zwar noch überschritten, ist damit aber geringer als noch vor wenigen Jahren, vergl. Abb. 18. Unter Berücksichtigung der typischen Verkehrssituation rund um die Rütistrasse (Stau, stop-and-go) ist der Messwert dennoch tiefer als erwartet. Grund dafür sind wahrscheinlich die Hanglage und die damit bessere Durchlüftung.

An den beiden Standorten Allmeindstrasse und Zürcherstrasse wird der Grenzwert gut eingehalten. Die Allmeindstrasse ist eine Alternativroute zur Autobahnausfahrt, allerdings gilt hier

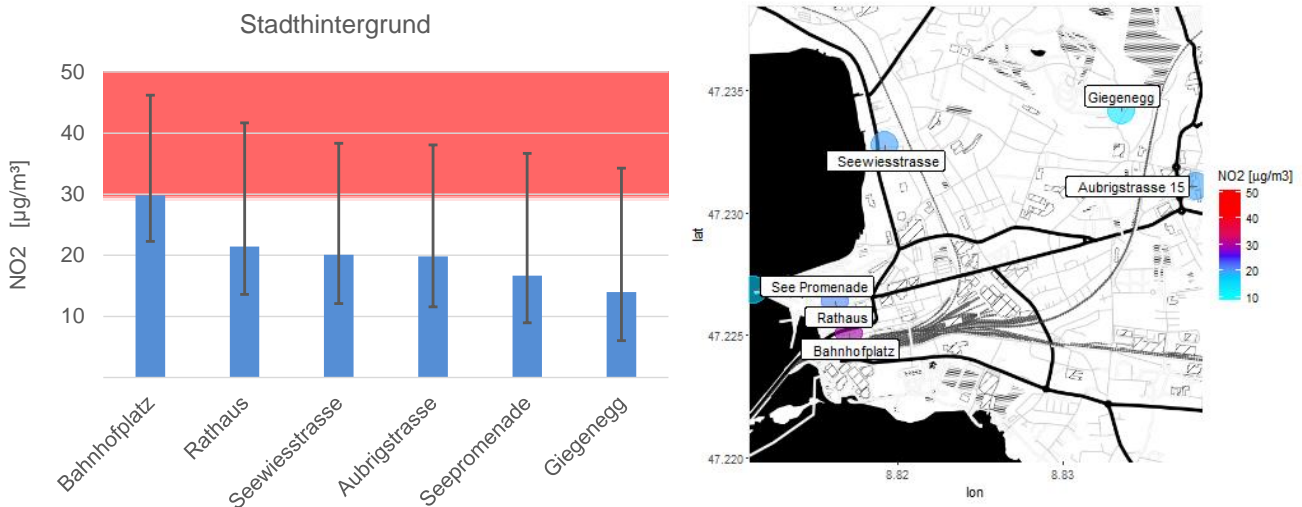


ein Lastwagenverbot. Die Zürcherstrasse ist die alte Hauptstrasse die von Rapperswil-Jona entlang der Goldküste nach Zürich führt.



**Abbildung 18:** Langjährige Messreihe der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte [µg/m<sup>3</sup>] an der Rütistrasse in Rapperswil-Jona.

### 3.2.4 Hintergrundbelastung



**Abbildung 19:** Passivsammler-Standorte an Hintergrundstandorten in Rapperswil-Jona und die zugehörigen NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerte [µg/m<sup>3</sup>]. Die Balken zeigen die Spannweite zwischen dem niedrigsten und höchsten Messwert von 2017.

Abb. 19 zeigt die NO<sub>2</sub>-Resultate an sechs Hintergrundstandorten in Rapperswil-Jona. Die NO<sub>2</sub> Konzentrationen lagen zwischen knapp 30 µg/m<sup>3</sup> (Bahnhofsplatz) und 14 µg/m<sup>3</sup> (Giegenegg), damit liegen sie alle unterhalb des Grenzwertes. Der Hintergrundstandort mit den höchsten Konzentrationen ist der Bahnhofsplatz, die dortige Belastung kann durch die direkte Nähe zur stark belasten Bahnhofsstrasse erklärt werden. Zudem halten auf dem

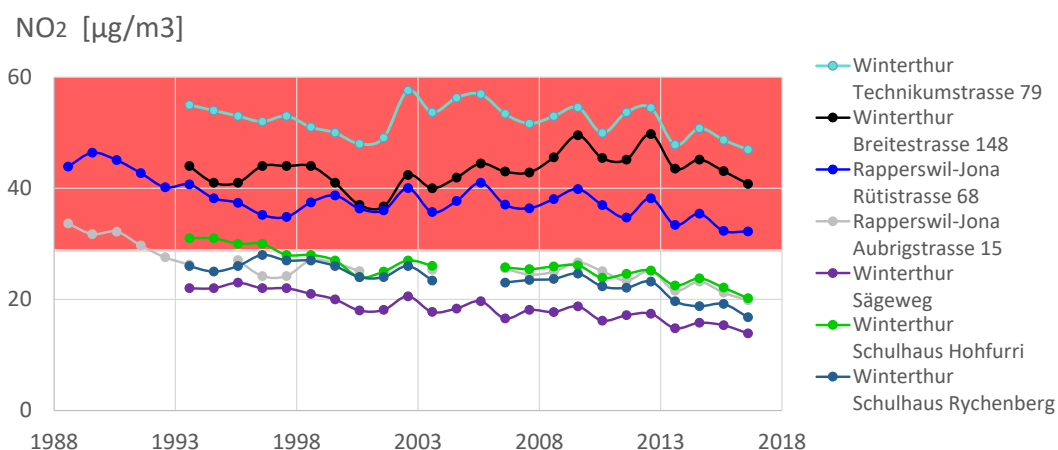
Platz die Busse des ÖV. Der Standort Rathaus mit gut  $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$  repräsentiert die Fussgängerzone im Zentrum von Rapperswil-Jona. Die dortige Belastung ist nahezu gleich wie in der Fussgängerzone im Zentrum von Winterthur. Der Standort Giegenegg mit  $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$  zeigt die Belastung in einer Grünanlage in Hanglage am Gemeinderand und repräsentiert den Schweizer  $\text{NO}_2$  Hintergrund ohne Strasseneinfluss. Die Aubrigstrasse repräsentiert ein Wohnquartier in Jona und die Seewiesstrasse liegt in zweiter Baureihe zur Hauptstrasse. Die Belastung an der Seepromenade ist etwas höher als am Giegenegg. Grund dafür sind können sowohl verfrachtete Emissionen vom Seedamm oder der Schiffverkehr sein.

## 4 Langzeitliche Entwicklung

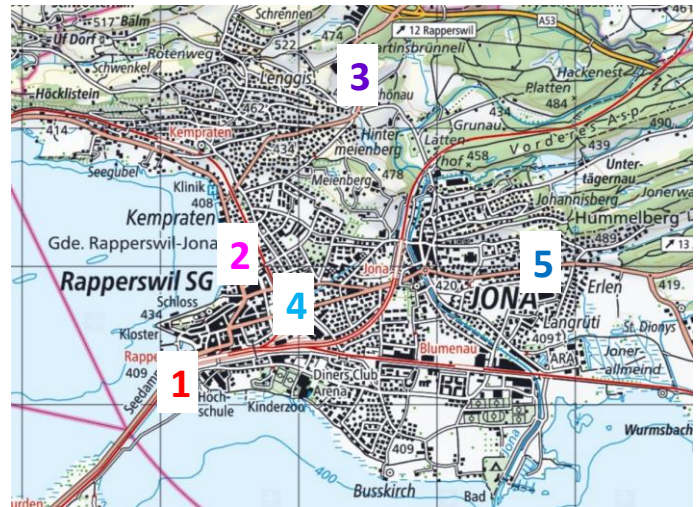
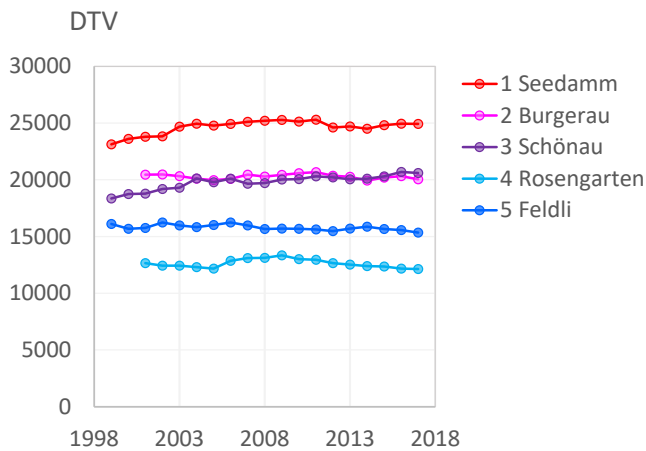
### 4.1 $\text{NO}_2$ und DTV

Viele der hier betrachteten Standorte gehören zum kontinuierlichen Passivsammlernetz von OSTLUFT. Für einige dieser Standorte reichen die  $\text{NO}_2$  Messreihen bis Ende der 80er / Anfang der 90er Jahre zurück. In Abb. 20 sind sechs Langzeitmessreihen aus Winterthur und Rapperswil-Jona dargestellt.

An zwei Standorten in Rapperswil-Jona reichen die Messungen bis 1988 zurück. Bis Anfang der 90er Jahre nahm die  $\text{NO}_2$  Belastung konstant ab. Am Hintergrundstandort Aubrigstrasse 15 blieben die Konzentrationen anschliessend konstant, gingen aber in den letzten zehn Jahren weiter um etwa 20% zurück. Am verkehrsbelasteten Standort Rütistrasse lagen die Belastungen in den 90er bis 2000er Jahren konstant bei rund  $35\text{-}40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , in den letzten zwei Jahren war eine leichte Abnahme zu verzeichnen.



**Abbildung 20:** Verlauf der  $\text{NO}_2$ -Jahresmittelwerte in den letzten 30 Jahren an verschiedenen Standorten in Rapperswil-Jona und Winterthur.



**Abbildung 21:** DTV Messreihen an fünf Standorten in Rapperswil-Jona

In Winterthur liegen  $\text{NO}_2$  Messreihen seit Beginn der 90er Jahre vor. An den beiden städtischen Hintergrundstandorten Schulhaus Hohfurri und Schulhaus Rychenberg nahmen die Konzentrationen in den letzten 20 Jahren um je etwa 30% ab. Der Verlauf der beiden Messreihen zeigt eine gute Übereinstimmung mit dem Standort Aubrigstrasse 15 in Rapperswil-Jona. Dies zeigt einerseits den Einfluss des Hintergrundniveaus und andererseits den der Witterung (Schwankungen von Jahr zu Jahr). Der Standort Sägeweg zeigt die Entwicklung der Hintergrundbelastung am Stadtrand, die  $\text{NO}_2$  Belastung nahm dort in den letzten 20 Jahren um rund ein Drittel ab. Die Langzeitmessungen an den verkehrsbelasteten Standorten Technikumstrasse 79 und Breitestrasse 148 wurden bereits zuvor diskutiert, die Situation ist an beiden Orten seit Beginn der Messreihe kritisch stabil. Für Rapperswil-Jona sind seit Ende der 90er Jahre DTV Messreihen an fünf Messorten in der Gemeinde vorhanden, siehe Abb. 21. Diese sind zwar nicht deckungsgleich mit den Passivsammlerstandorten, zeigen aber die generelle Verkehrssituation im Stadtgebiet. Der Verkehrsfluss war an allen Standorten in den zehn letzten Jahren stabil, der leichte Rückgang in der  $\text{NO}_2$  Belastung fand somit bei gleichbleibendem DTV statt.

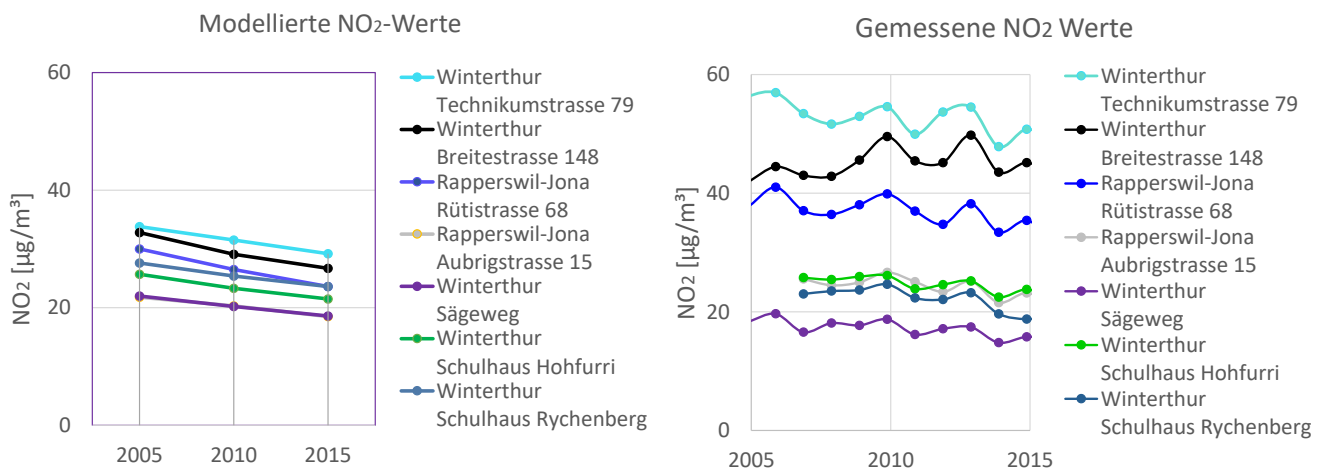
## 4.2 Vergleich $\text{NO}_2$ Messung und Modellierung

Auf der OSTLUFT Webseite wird jederzeit anhand einer modellierten Karte Auskunft über die Stickstoffdioxidbelastung im gesamten OSTLUFT-Gebiet gegeben. Doch in verkehrsnahen innerstädtischen Bereichen gibt es häufig Diskrepanzen zwischen tatsächlich gemessenen und modellierten Luftschadstoffdaten. Die Verteilung verkehrsbedingter Luftschadstoffe ist in städtischen Gebieten und an Strassen komplex und deshalb in Modellen schwierig zu erfassen. Zudem ist die übliche Modellauflösung im Hektarraster viel zu niedrig, um die lokal hohen Belastungen in Strassennähe wiederzugeben, da nur ein Mittelwert über das gesamte Hektarraster

berechnet wird. Um zu überprüfen, ob die Immissionsgrenzwerte an städtischen und verkehrsbelasteten Standorten eingehalten werden, sind daher Messungen zwingend notwendig.

Ein Vergleich der Langzeitmessungen aus Abschnitt 4.1 und modellierten Daten für die Jahre 2005, 2010 und 2015, dargestellt in Abb. 22, zeigt folgende Unterschiede:

- Die Belastungsniveaus sind in der modellierten Version einheitlicher und die Spannweite ist deutlich geringer.
- Die Reihenfolge der Belastungen stimmt grundsätzlich überein.
- Die Abnahme der NO<sub>2</sub>-Konzentrationen liegt relativ gesehen in einem ähnlichen Rahmen, besonders für die mittel bis schwach belasteten Standorte.
- Die Belastungen an den Strassenstandorten werden im Modell deutlich unterschätzt. Hauptgrund dafür liegt in der räumlichen Auflösung der Modellierung (Hektarraster) begründet



**Abbildung 22:** Messreihen von modellierten und gemessenen NO<sub>2</sub> Jahresmittelwerten an ausgewählten Standorten in Winterthur und Rapperswil-Jona.

## 5 Schlussfolgerungen

Die 2017 durchgeführten NO<sub>2</sub>-Messungen in Winterthur und Rapperswil-Jona zeigen deutliche Grenzwert-Überschreitungen im direkten Umfeld von viel befahrenen Hauptverkehrsachsen. Sowohl in Winterthur als auch in Rapperswil-Jona wird das Stadtzentrum von stark befahrenen Hauptverkehrsachsen tangiert.

Der Grenzwert von 30 µg/m<sup>3</sup> wird in Winterthur und Rapperswil-Jona an allen Messorten nahe der Hauptverkehrsstrassen überschritten. Dies geschieht unabhängig davon, ob sich die Strassenmessorte in

Innenstadtlage, weniger bebauten Aussenquartieren oder sogar an offener Seelage befinden. Einen wichtigen Einfluss hat in Städten neben dem Verkehrsaufkommen die Bebauung. Gebäude schirmen einerseits ab, andererseits behindern sie die Durchlüftung und bilden eine Barriere für die Luftschadstoffe. Liegt ein Messstandort an einer Hauptverkehrsachse mit dichter Bebauung und damit schlechter Durchlüftung, liegen die NO<sub>2</sub> Konzentrationen meist sogar über 40 µg/m<sup>3</sup>. Mit zunehmendem Abstand von Verkehrsachsen verringert sich die NO<sub>2</sub>-Belastung rasch. So wird der NO<sub>2</sub>-Jahresmittelgrenzwert in den meisten Wohnquartieren und in den Fussgängerzonen gut eingehalten. In einem Abstandsversuch lag die NO<sub>2</sub> Belastung im Abstand von etwa einer Häuserreihe (15 -20m) zur Hauptverkehrsachse bereits unter dem Grenzwert.

In Winterthur ist die Achse Bahnhofplatz – Technikumstrasse – St. Gallerstrasse am Rand der Altstadt am stärksten durch die Verkehrsemissionen belastet. Weitere problematische Orte mit ebenfalls Konzentrationen von über 40 µg/m<sup>3</sup> sind die Neuwiesenstrasse und die Breitestrasse. Zudem treten Grenzwertüberschreitungen an weiteren sieben Messorten neben Hauptverkehrsstrassen auf. Die Anwohner entlang dieser Hauptstrassen sind zu hohen Belastungen ausgesetzt. Die Einwohnerzahl der sechstgrössten Schweizer Stadt hat in den letzten 20 Jahren um mehr als 20% zugenommen und liegt heute bei rund 110'000. Es ist anzunehmen, dass die Bevölkerung und die Mobilität weiterhin wachsen. Selbst mit fortschreitender Technik ist daher nicht davon auszugehen, dass sich die Situation an den stark belasteten Messorten in den nächsten Jahren verbessern wird. Weitere Massnahmen sind nötig.

In der 27'000 Einwohner grossen Gemeinde Rapperswil-Jona stellt der über den Seedamm geführte Verkehrsfluss ein grosses Problem dar. Dieser führt auf einer Hauptverkehrsachse am Rand des historischen Zentrums von Rapperswil entlang. An diesem etwa 1 km langen Strassenstück an der Unteren / Oberen Bahnhofstrasse zeigen alle Messstandorte massive Überschreitungen des NO<sub>2</sub> Jahresmittelgrenzwerts, meist liegen die Konzentrationen über 40 µg/m<sup>3</sup>. Die umliegenden Gebäude werden vor allem gewerblich genutzt, es sind nur wenige Einwohner betroffen. Im weiteren Stadtgebiet wurde der Grenzwert nur noch an der Rütistrasse leicht überschritten. Das innerstädtische Verkehrsproblem ist seit Jahrzehnten bekannt, verschiedene Tunnelvarianten und Umleitungen wurden und werden als Lösungsansatz diskutiert. Grundsätzlich könnten auch konservative Ansätze wie eine Temporeduzierung kurzfristig zur Verbesserung der Luftqualität beitragen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in grossen Schweizer Städten wie Winterthur noch immer im gesamten Stadtgebiet Grenzwertüberschreitungen auftreten. Praktisch alle Standorte an stark befahrenen Strassen sowohl im Stadtzentrum als auch am Stadtrand sind betroffen. In kleineren Städten und Gemeinden wie Rapperswil-Jona ist die Luftqualität grundsätzlich gut und die NO<sub>2</sub>-Grenzwerte werden eingehalten. Die Grenzwert-Überschreitungen speziell Rapperswil-Jona sind ein lokales Problem, das auf die aussergewöhnliche Verkehrssituation rund um den Seedamm und den hohen Durchgangsverkehr zurückzuführen ist.

## Anhang A: Fotodokumentation der Messstandorte in Winterthur



Abb. 1a: Winterthur, Breitestrasse



Abb. 2a: Winterthur, Eishalle



Abb. 3a: Winterthur, Eulachpark



Abb. 4a: Winterthur, Frauenfelderstrasse



Abb. 5a: Winterthur, Kanzleistrasse



Abb. 6a: Winterthur, Lindstrasse



Abb. 7a: Winterthur, Metzggasse



Abb. 8a: Winterthur, Mühlestrasse



Abb. 9a: Winterthur, Neuwisenstrasse



Abb. 10a: Winterthur, Sägeweg



Abb. 11a: Winterthur, Schiessstand Ohrbühl



Abb. 12a: Winterthur, Schulhaus Hohfurri



**Abb. 13a:** Winterthur, Schulhaus Rychenberg



**Abb. 14a:** Winterthur, St. Gallerstrasse 2



**Abb. 15a:** Winterthur, St. Gallerstrasse 39



**Abb. 16:** Winterthur, Sulzerallee



**Abb. 17a:** Winterthur, Technikumstrasse



**Abb. 18a:** Winterthur, Terrassenweg





**Abb. 19a: Winterthur, Veltheim**



**Abb. 20a: Winterthur, Werkhof Wülflingen**



**Abb. 21a: Winterthur, Wülflingerstrasse**



**Abb. 22a: Winterthur, Zürcherstrasse**

## Anhang B: Fotodokumentation der Messstandorte in Rapperswil-Jona



Abb. 1b: Rapperswil-Jona Allmeindstrasse



Abb. 2b: Rapperswil-Jona Bahnhofplatz



Abb. 3b: Rapperswil-Jona Aubrigstrasse



Abb. 4b: Rapperswil-Jona Giegenegg



Abb. 5b: Rapperswil-Jona Haldenstrasse



Abb. 6b: Rapperswil-Jona Obere Bahnhofstrasse



**Abb. 7b: Rapperswil-Jona Rathaus**



**Abb. 8b: Rapperswil-Jona Rütistrasse**



**Abb. 9b: Rapperswil-Jona Seedammstrasse**



**Abb. 10b: Rapperswil-Jona Seepromenade**



**Abb. 11b: Rapperswil-Jona Seewiesstrasse**



**Abb. 12b: Rapperswil-Jona Schmiedgasse 1**



Abb. 13b: Rapperswil-Jona Schmiedgasse 2



Abb. 14b: Rapperswil-Jona Schmiedgasse 3



Abb. 15b: Rapperswil-Jona Schmiedgasse 4



Abb. 16b: Rapperswil-Jona Messstation Tüchelweiher



Abb. 17b: Rapperswil-Jona Untere Bahnhofstrasse



Abb. 18b: Rapperswil-Jona Zürcherstrasse

## Anhang C: Messstandorte und Messwerte

Gemeinde	Standortbezeichnung	x-Koordinate	y-Koordinate	müM	NO <sub>2</sub> -Jahresmittelwert 2017 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]
Winterthur	Sägeweg	2'699'862	1'260'009	458	13.9
Winterthur	Breitestrasse 148	2'696'487	1'260'734	463	40.8
Winterthur	Schulhaus Hohfurri	2'694'622	1'262'779	419	20.2
Winterthur	Schulhaus Rychenberg	2'698'881	1'262'648	485	16.8
Winterthur	Sulzerallee	2'699'747	1'262'149	460	22.3
Winterthur	Technikumstrasse 79	2'696'973	1'261'613	447	47.0
Winterthur	Eishalle	2'698'710	1'261'365	450	18.4
Winterthur	Schiessstand Ohrbühl	2'699'795	1'261'718	457	31.3
Winterthur	Eulachpark	2'699'779	1'262'427	459	15.8
Winterthur	Werkhof Wülflingen	2'695'728	1'261'118	436	25.4
Winterthur	Veltheim	2'696'556	1'262'725	440	17.4
Winterthur	Frauenfelderstrasse	2'699'387	1'262'562	456	35.4
Winterthur	Kanzleistrasse	2'699'708	1'259'976	464	28.9
Winterthur	Lindstrasse	2'696'734	1'262'854	442	31.2
Winterthur	Metzgasse	2'697'128	1'261'699	441	20.0
Winterthur	Mühlestrasse	2'697'556	1'261'462	443	16.5
Winterthur	Neuwiesenstrasse	2'696'677	1'262'197	436	43.4
Winterthur	St. Gallerstrasse 2	2'697'547	1'261'637	444	36.5
Winterthur	St. Gallerstrasse 39	2'697'924	1'261'652	446	36.8
Winterthur	Terrassenweg	2'693'765	1'263'594	426	17.2
Winterthur	Wülflingerstrasse 393	2'693'540	1'263'540	409	32.0
Winterthur	Zürcherstrasse	2'696'252	1'261'509	439	37.0
Rapperswil-Jona	Allmeindstrasse	2'705'880	1'232'265	422	26.4
Rapperswil-Jona	Alte Jonastrasse	2'704'730	1'231'825	415	32.0
Rapperswil-Jona	Aubrigstrasse 15	2'705'975	1'232'075	420	19.8
Rapperswil-Jona	Bahnhofplatz	2'704'395	1'231'375	409	29.8
Rapperswil-Jona	Giegenegg	2'705'630	1'232'410	437	14.0
Rapperswil-Jona	Haldenstrasse	2'704'580	1'231'865	413	40.2
Rapperswil-Jona	Obere Bahnhofstrasse	2'704'540	1'231'635	412	44.4
Rapperswil-Jona	Rathaus	2'704'330	1'231'524	414	21.4
Rapperswil-Jona	Rütistrasse 68	2'705'000	1'232'960	450	32.2
Rapperswil-Jona	Seedammstrasse	2'704'275	1'231'345	409	32.5
Rapperswil-Jona	See Promenade	2'703'955	1'231'565	407	16.7
Rapperswil-Jona	Seewiesstrasse	2'704'545	1'232'235	410	20.1
Rapperswil-Jona	Schmiedgasse 1	2'704'490	1'231'570	411	44.1
Rapperswil-Jona	Schmiedgasse 2	2'704'490	1'231'580	412	35.5
Rapperswil-Jona	Schmiedgasse 3	2'704'485	1'231'590	412	29.1
Rapperswil-Jona	Schmiedgasse 4	2'704'480	1'231'605	413	24.7
Rapperswil-Jona	Tüchelweier Parkplatz	2704856	1'231'660	412	22.1
Rapperswil-Jona	Untere Bahnhofstrasse	2'704'455	1'231'415	409	49.1
Rapperswil-Jona	Zürcherstrasse	2'704'360	1'232'670	409	23.5