

# **NO<sub>x</sub>/NO<sub>2</sub>-Immissionskataster**

## Stadt Salzburg bis Eugendorf

Erstellt im Auftrag der  
Salzburger Landesregierung

Bericht Nr. FVT-34/14/Ku V&U 11/28/6300 V1.0 vom 01.04.2014

Dieser Bericht darf nur vollinhaltlich, ohne Weglassen und Hinzufügen, veröffentlicht werden. Sollte er auszugsweise abgedruckt oder vervielfältigt werden, so ist vorher die schriftliche Genehmigung der Ersteller einzuholen.

# NO<sub>x</sub>/NO<sub>2</sub>-Immissionskataster Stadt Salzburg bis Eugendorf

Fachbereich: Verkehr & Umwelt

Inffeldgasse 21A A-8010 Graz

Tel.: +43 (0) 316-873-30201

Geprüft	Sturm	01.04.2014	
Erstellt	Goger/Kurz	01.04.2014	

Bericht Nr. FVT-34/14/Ku V&U 11/28/6300 V1.0 vom 01.04.2014

<b>1</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>UNTERSUCHUNGSRAUM UND -ZEIT .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>UNTERSUCHUNGSMETHODIK .....</b>	<b>9</b>
<b>4.1</b>	<b>Methodik Emissionen .....</b>	<b>9</b>
4.1.1	Punktquellen .....	9
4.1.2	Linienquellen .....	10
4.1.3	Flächenquellen .....	10
4.1.4	Ganglinien der Emissionen .....	11
<b>4.2</b>	<b>Methodik Immissionen .....</b>	<b>13</b>
4.2.1	Grenzwerte .....	13
4.2.2	Berechnung der Immissionsbelastungen .....	14
4.2.3	Eingangsparameter .....	14
4.2.4	Zeitliche und räumliche Auflösung .....	15
4.2.5	NO-NO <sub>2</sub> Umwandlung .....	15
4.2.6	Berechnung des max. HMW bei NO <sub>2</sub> .....	16
<b>5</b>	<b>BESCHREIBUNG DER EINGANGSDATEN .....</b>	<b>18</b>
<b>5.1</b>	<b>Meteorologie .....</b>	<b>18</b>
<b>5.2</b>	<b>Luftgüte .....</b>	<b>22</b>
5.2.1	Kontinuierliche Messstationen .....	22
5.2.2	Ergebnisse der Messungen mit Passivsammler .....	25
5.2.3	Vertikale Abhängigkeit der Vorbelastung .....	26
<b>5.3</b>	<b>Emissionen .....</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>SIMULATIONEN .....</b>	<b>34</b>
<b>6.1</b>	<b>Strömungsmodellierung .....</b>	<b>34</b>
<b>6.2</b>	<b>Jahresmittelwert Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>) .....</b>	<b>37</b>
6.2.1	Simulationsergebnisse .....	37
6.2.2	Vergleich mit Messdaten .....	48
6.2.3	Quellgruppenanteile .....	50
<b>6.3</b>	<b>Jahresmittelwert Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>) .....</b>	<b>53</b>
6.3.1	Simulationsergebnisse .....	53
6.3.2	Vergleich mit Messdaten .....	55

6.3.3	Gebiet mit Grenzwertüberschreitungen .....	58
<b>6.4</b>	<b>Maximaler Tagesmittelwert an NO<sub>x</sub>.....</b>	<b>59</b>
6.4.1	Simulationsergebnisse .....	59
6.4.2	Vergleich mit Messdaten .....	60
<b>6.5</b>	<b>Kurzzeitmittelwert an NO<sub>2</sub> .....</b>	<b>62</b>
6.5.1	Simulationsergebnisse .....	62
6.5.2	Vergleich mit Messdaten .....	64
6.5.3	Gebiet mit Grenzwertüberschreitungen .....	66
<b>7</b>	<b>UNSICHERHEITEN BEI DER MODELLIERUNG.....</b>	<b>67</b>
<b>8</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>69</b>
<b>9</b>	<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>71</b>
<b>10</b>	<b>TABELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>75</b>
<b>11</b>	<b>ANHANG.....</b>	<b>76</b>
<b>11.1</b>	<b>Emissionen .....</b>	<b>76</b>
<b>11.2</b>	<b>Passivsammler .....</b>	<b>77</b>
<b>11.3</b>	<b>Parameter für die Ausbreitungsmodellierung .....</b>	<b>78</b>

# 1 Zusammenfassung

Inhalt dieser Studie ist die Erstellung eines Immissionskatasters für das Modellgebiet Salzburg Stadt bis Eugendorf. Dazu wird das am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik entwickelte Modellsystem

Der Untersuchungsraum umfasst das gesamte Salzburger Stadtgebiet bis Eugendorf. Die Ausbreitungsrechnungen wurden für ein Gebiet mit 18 km x 26 km Seitenlänge durchgeführt

Für die Initialisierung der Windfeldmodellierung wurden meteorologische Eingangsdaten der Station Salzburg Flughafen für den Bezugszeitraum Juni 2008 bis Mai 2009 Juni verwendet. Die Daten des Emissionskatasters Salzburg beziehen sich auf das Referenzjahr 2010. Das verwendete Modellsystem ermöglicht die Integration von Punkt-, Linien-, und Flächenquellen. Insgesamt wurden für 13 verschiedene Quellgruppen die Konzentrationsfelder berechnet. Zur Berechnung der  $\text{NO}_2$ -Konzentrationen wurde die Rombergfunktion verwendet.

Die Emissionsdaten wurden vom Amt der Salzburger Landesregierung bereitgestellt. Im Modellgebiet stellt der Verkehr die dominierende  $\text{NO}_x$  Quelle dar. Bei verkehrsnahen Standorten beträgt der Beitrag zur Gesamtbelastung bis zu 80%.

Für den Jahresmittelwert an  $\text{NO}_x$  und der Jahresmittelwert an  $\text{NO}_2$  ergibt sich eine gute Übereinstimmung mit den Messwerten der Stationen Haunsberg, Lehen und Mirabellplatz. Abweichungen ergeben sich bei der Station Rudolfsplatz. Diese Unterschätzung ist zum Teil darauf zurückzuführen, dass in der großräumigen Modellierung keine Gebäude berücksichtigt wurden.

Auch für den maximalen Halbstundemittelwert an  $\text{NO}_2$  ergibt sich eine gute Übereinstimmung mit den Messdaten.

Auf Basis der Modellierung können die Gebiete mit Grenzwertüberschreitungen ausgewertet werden. Sowohl der Grenzwert für den Jahresmittelwert als auch der Grenzwert für den maximalen Halbstundenmittelwert werden nur entlang der Autobahn und entlang von innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen überschritten.

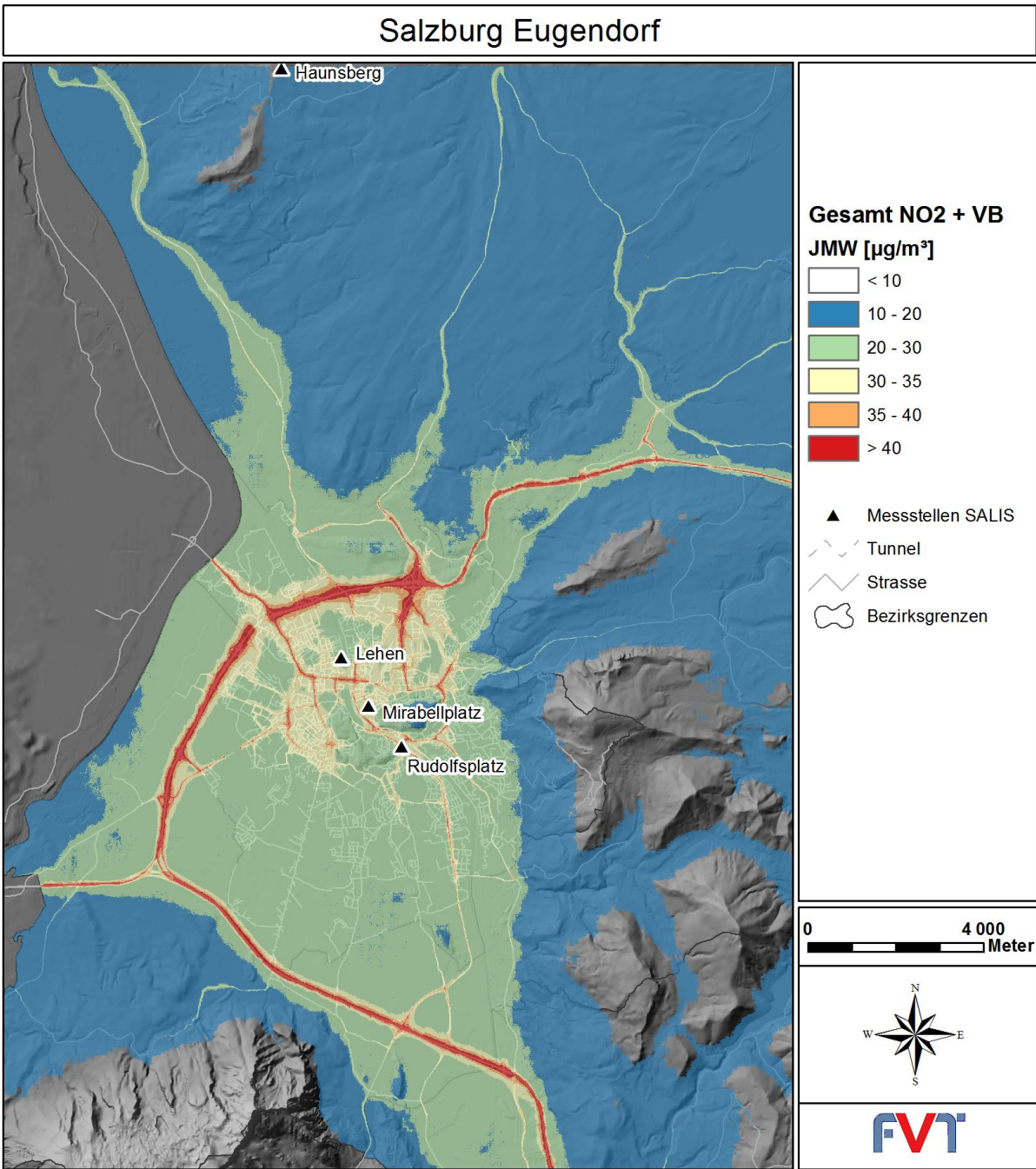


Abbildung 1: Modellierete NO<sub>2</sub>-Konzentration im Jahresmittel

## 2 Aufgabenstellung

Inhalt dieser Studie ist die Erstellung eines Immissionskatasters für das Modellgebiet Salzburg Stadt bis Eugendorf. Dazu wird das am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik entwickelte Modellsystem GRAMM/GRAL verwendet. Dieses setzt sich aus dem prognostischen Windfeldmodell GRAMM (Grazer Mesoskaliges Modell) und dem Lagrange'schen Partikelmodell GRAL (Grazer Lagrange Modell) zusammen. Dieses Modellsystem entspricht dem Stand der Technik und wird den besonderen Ansprüchen bei Simulationen im komplexen Gelände und bei windschwachen Wetterlagen gerecht.

Die meteorologischen Eingangsdaten wurden vom Amt der Salzburger Landesregierung zur Verfügung gestellt und von der ZAMG Salzburg geprüft. Dabei wurde bei der Wahl des Zeitraumes darauf geachtet, dass ein meteorologisch durchschnittliches Jahr herangezogen worden ist [18]. Auf Basis dieser Messdaten wird das Windfeldmodell initialisiert und validiert.

Für die Validierung der Ausbreitungsrechnungen und Ermittlung der Vorbelastungen werden amtliche Luftgütemessungen des Landes Salzburg herangezogen.

Die verwendeten Emissionsdaten sämtlicher Quellen wurden vom Land Salzburg zur Verfügung gestellt. Das verwendete Modellsystem ermöglicht die Integration von Punkt-, Linien- und Flächenquellen sowie Tunnelportalen.

Anhand des Modellsystems werden flächendeckende Konzentrationsfelder für den nach IG-L begrenzten Luftschadstoff  $\text{NO}_2$  berechnet. Das Hauptaugenmerk wird dabei auf den Jahresmittelwert gelegt. Zuerst werden die Immissionsbelastungen für  $\text{NO}_x$  inert berechnet und anschließend die Umwandlung von  $\text{NO}$  zu  $\text{NO}_2$  mit Hilfe der Rombergfunktion [6] ermittelt. Die Simulationen werden mit einer zeitlichen Auflösung von 30 Minuten durchgeführt. Für das Gebiet Salzburg Stadt bis Eugendorf beträgt die räumliche Auflösung 20 m x 20 m für die Punkt- und Flächenquellen und 10 m x 10 m für die Linienquellen.

### 3 Untersuchungsraum und -zeit

Der Untersuchungsraum umfasst das gesamte Salzburger Stadtgebiet bis Eugendorf. Die Ausbreitungsrechnungen wurden für ein Gebiet mit 18 km x 26 km Seitenlänge durchgeführt (siehe Abbildung 2).

Für die Initialisierung der Windfeldmodellierung wurden meteorologische Eingangsdaten der Station Salzburg Flughafen für den Bezugszeitraum Juni 2008 bis Mai 2009 verwendet. Die Daten des Emissionskatasters Salzburg beziehen sich auf das Referenzjahr 2010.

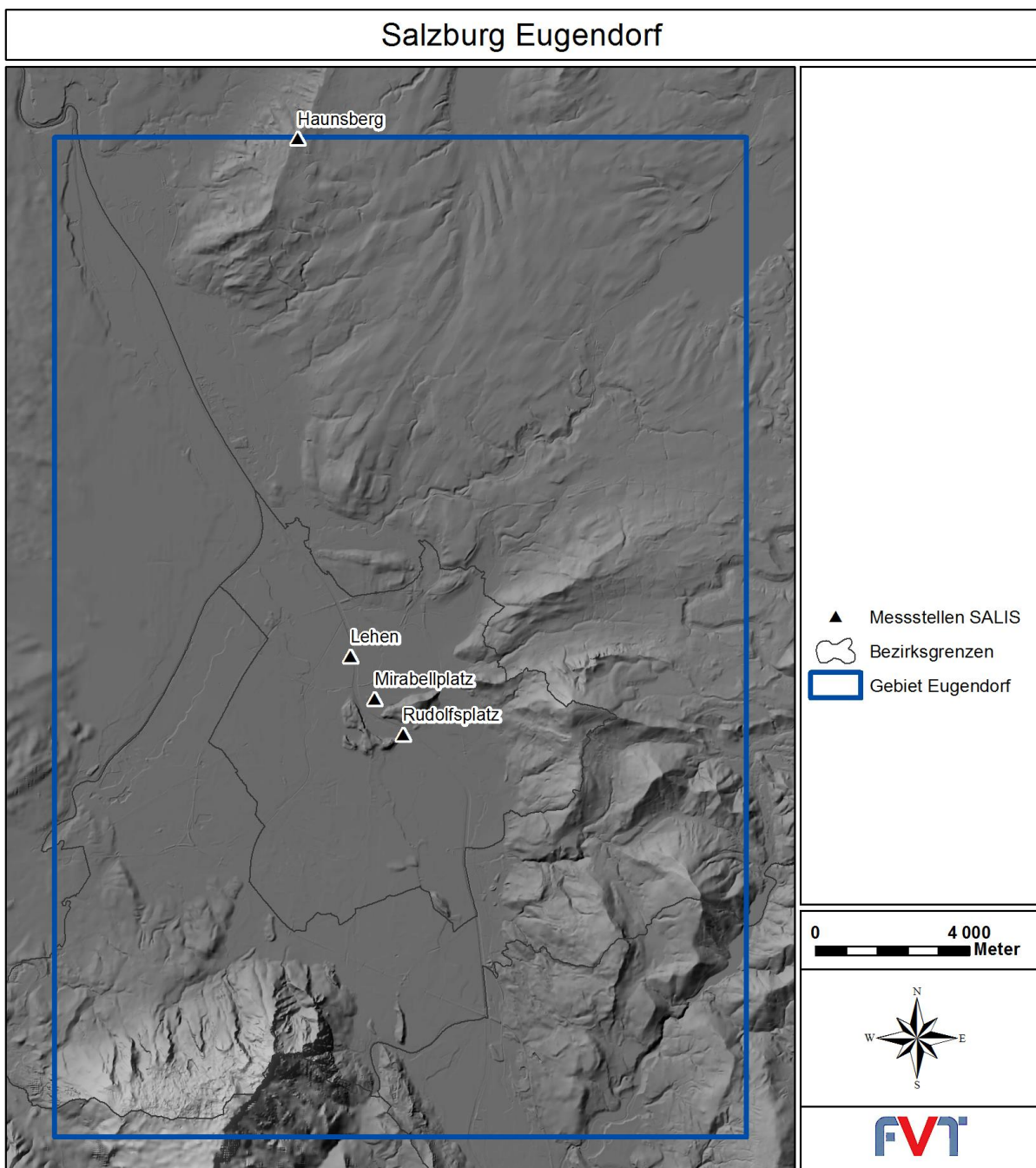


Abbildung 2: Untersuchungsraum für den Immissionskataster Salzburg Eugendorf



## 4 Untersuchungsmethodik

### 4.1 Methodik Emissionen

Die Verkehrszählraten wurden von der Stadt Salzburg, sämtliche andere Eingangsdaten wurden vom Referat Chemie und Umwelttechnik des Amtes der Salzburger Landesregierung zur Verfügung gestellt und umfassen ein Gebiet von 23 km x 42 km, dieses ist demnach größer als das Untersuchungsgebiet Salzburg Stadt bis Eugendorf. In der Ausbreitungsrechnung werden allerdings nur die Emissionen verwendet, die sich innerhalb des Untersuchungsraumes Salzburg Stadt bis Eugendorf befinden. Als Basis für die Ausbreitungsrechnungen müssen die verschiedenen Schadstoffemittenten charakterisiert werden. Für das Gebiet werden die unterschiedlichen Quelltypen aus dem Emissionskataster Salzburg erfasst. Dieser unterscheidet folgende Quelltypen:

- Punktquellen: Verbrennungsemissionen, die Kaminen zugeordnet werden können
- Linienquellen: Verkehrsemissionen
- Flächenquellen: Emissionen von Haushalten, Kleinverbraucher, Off-Road, Flächenverkehr und Pistenwalzen

Die Daten der Emissionsquellen wurden von der Salzburger Landesregierung zur Verfügung gestellt. Eine Übersicht der Emissionsdaten befindet sich in Kapitel 5.3.

#### 4.1.1 Punktquellen

Für das Gebiet wurden 36 Kamine als Punktquellen erfasst. Neben den NO<sub>x</sub>-Emissionen sind für die Ausbreitungsrechnungen zusätzliche Abluftparameter (Koordinaten, Austrittsgeschwindigkeit, Durchmesser, Austrittstemperatur, Kaminhöhe) notwendig. Sämtliche Eingangsdaten wurden vom Referat Chemie und Umwelttechnik des Amtes der Salzburger Landesregierung zur Verfügung gestellt. Die in Summe 36 Kamine wurden in vier Quellgruppen zusammengefasst.

##### Quellgruppe 1 – Gewerbe und Industrie:

Alpenmilch Salzburg, Alternative Energie Salzburg GmbH/Siezenheim, Bäckerei Flöckner, Bergheimer Verzinkerei, FHW Elsbethen, Kaindl Wals, Kässbohrer, MACO, SAB Deponie, Salzburger Schokolade & Süßwarenfabrik GesmbH & CoKG, Stieglbrauerei Salzburg

##### Quellgruppe 2 - Heizwerke:

Biomasse-Heizwerk Grödig, Eugendorfer Nahwärme GmbH, Hackschnitzelheizw.

Elixhausen, Heizkraftwerk Mitte, Heizwerk Nord, Krankenhaus Oberndorf, LKA St. Johannis Spital, Nahwärme Obertum

Quellgruppe 3 - Zellstoffwerk:

Schweighofer Fiber – liegt jedoch nicht im Untersuchungsgebiet

Quellgruppe 4 - Zementwerk:

Leube

#### **4.1.2 Linienquellen**

Die Verkehrsemissionen wurden auf Basis der Verkehrsdaten der Stadt Salzburg vom Referat Chemie und Umwelttechnik des Amtes der Salzburger Landesregierung für 4 Quellgruppen zur Verfügung gestellt:

Quellgruppe 10: PKW, io+oa

Emissionen von PKWs, Außerorts und Innerorts.

Quellgruppe 11: LKW, io+ao

Emissionen von LKWs, Außerorts und Innerorts.

Quellgruppe 12: PKW, ab

Emissionen von PKWs, Autobahnen.

Quellgruppe 13: LKW, ab

Emissionen von LKWs, Autobahnen.

Für die Modellierungen wurden folgende Annahmen getroffen:

- Die Straßenbreite wurde vom Auftragsteller zur Verfügung gestellt.
- Emissionen von Tunnelstrecken wurden nur über die dazugehörigen Tunnelportale freigesetzt.
- Bei einem Tunnel, der im Richtungsverkehr geführt wird, werden die gesamten Emissionen des Tunnels über das Ausfahrtsportal emittiert.

#### **4.1.3 Flächenquellen**

Die Emissionsdaten der verschiedenen Flächenquellen wurden vom Referat Chemie und Umwelttechnik des Amtes der Salzburger Landesregierung als Rasterdaten mit unterschiedlichen horizontalen Auflösungen (50 m x 50 m, 100 m x 100 m und 200 m x 200 m) zur Verfügung gestellt:

Quellgruppe 5 – Flächenverkehr:

Verkehrsemissionen, welche nicht den Linienquellen zugeordnet wurden

Auflösung: 100 m x 100 m und 200 m x 200 m

Quellgruppe 6 – Bahn:

Emissionen der Eisenbahn

Auflösung: 50 m x 50 m

Quellgruppe 7 – Kleinverbraucher und Haushalte:

kleine stationäre Flächenquellen und Haushalte

Auflösung: 50 m x 50 m, 100 m x 100 m und 200 m x 200 m

Quellgruppe 8 – Off-Road (Baumaschinen, Traktoren, usw.):

Emissionen verursacht durch Off-Road-Maschinen, darunter beispielsweise Baumaschinen und Traktoren

Auflösung: 50 m x 50 m, 100 m x 100 m und 200 m x 200 m

Quellgruppe 9 – Pistenwalzen:

Emissionen verursacht durch den Betrieb von Pistenwalzen im Winter

Auflösung: 50 m x 50 m

Für jede Quellgruppe müssen neben der Quellstärke und den Rasterkoordinaten Freisetzungshöhen definiert werden. Diese können Tabelle 1 entnommen werden

Tabelle 1: Freisetzungshöhen der Flächenquellen

<b>Quellgruppe</b>		<b>Methodik Quellhöhe</b>	<b>z</b>	<b>dz</b>
5	Flächenverkehr	mittlere Höhe 2 m	2	1
6	Bahn	mittlere Höhe 4 m	4	1
7	Kleinverbraucher	mittlere Höhe 10 m	10	2
8	Off-Road	mittlere Höhe 4 m	4	1
9	Pistenwalzen	mittlere Höhe 4 m	4	1

#### **4.1.4 Ganglinien der Emissionen**

Bei der Berechnung der Immissionsbelastungen werden Tages- und Jahresgang der Emissionsquellen berücksichtigt. Die verwendeten Ganglinien werden in Abbildung 3 und Abbildung 4 dargestellt.

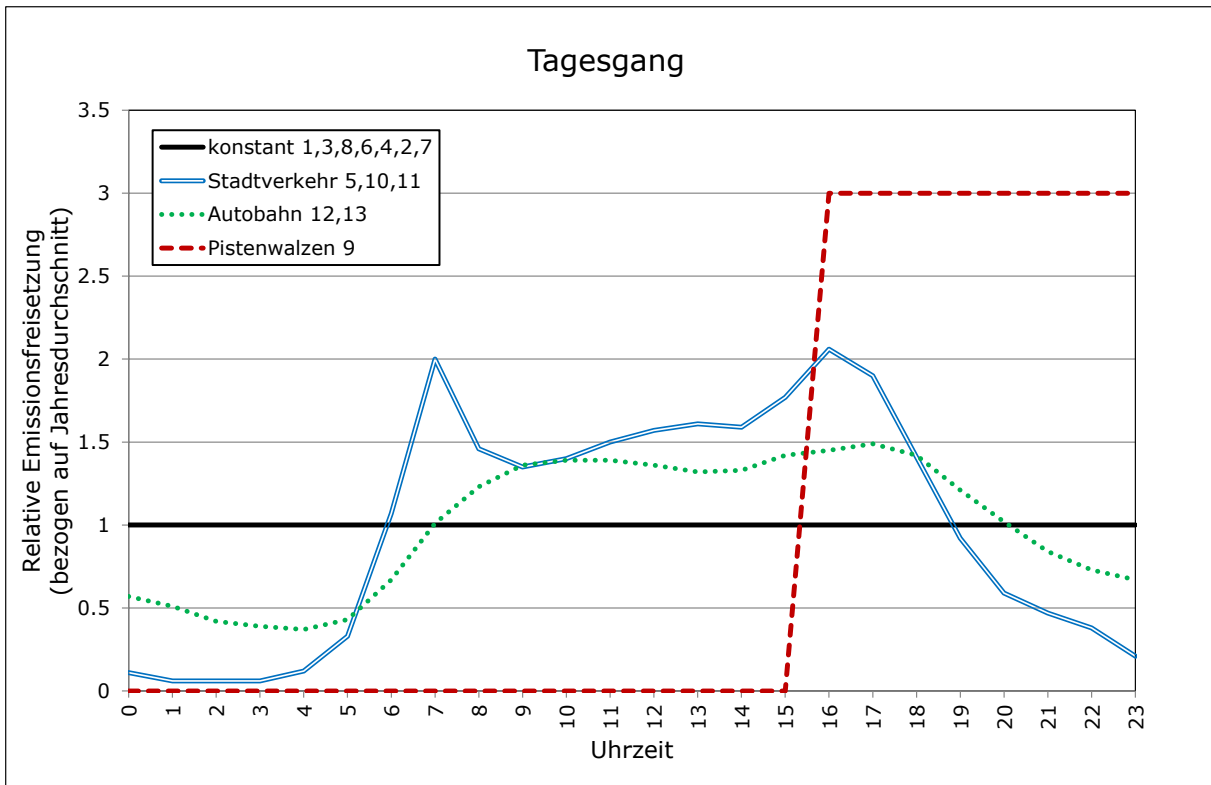


Abbildung 3: Relativer Tagesgang der Emissionsquellen

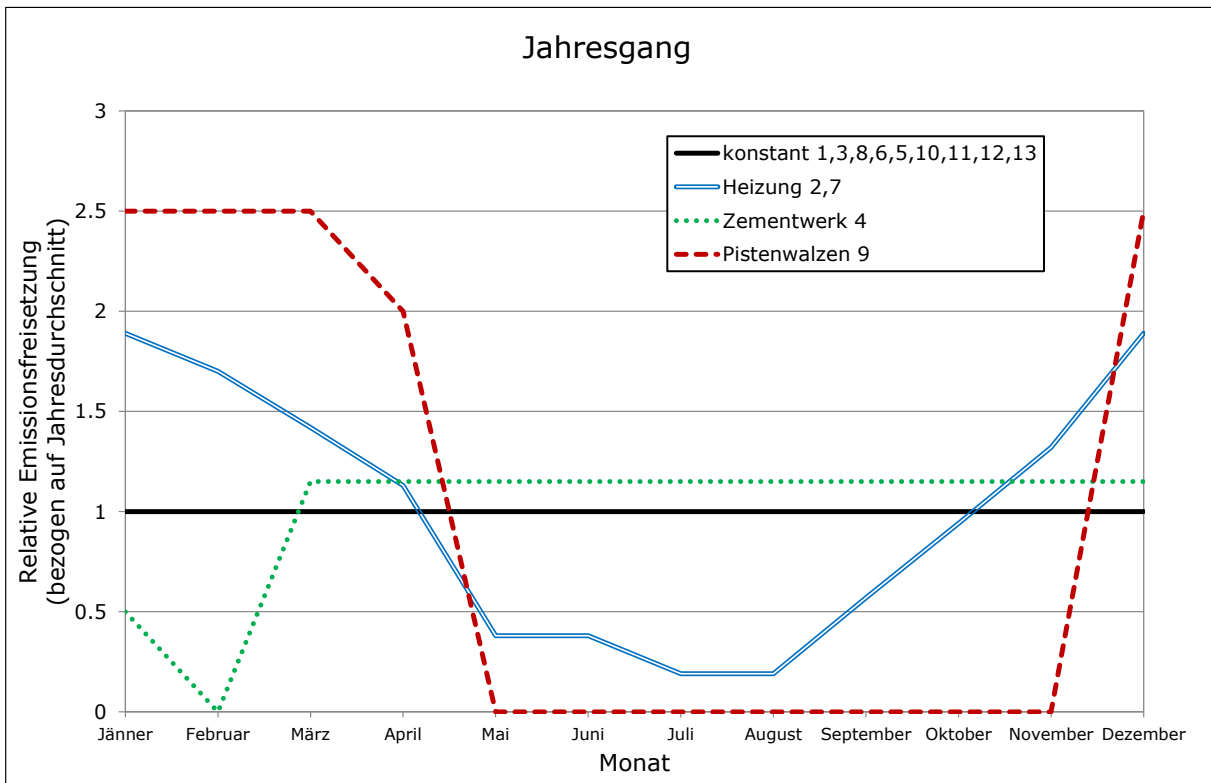


Abbildung 4: Relativer Jahresgang der Emissionsquellen

## 4.2 Methodik Immissionen

### 4.2.1 Grenzwerte

Die für das Berechnungsgebiet relevanten gesetzlichen Grenzwerte können den folgenden Tabellen entnommen werden:

Tabelle 2: Immissionsgrenzwerte nach IG-L [2] alle Werte in [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

Luftschadstoff	HMW	MW8	TMW	JMW
Schwefeldioxid SO <sub>2</sub>	200 <sup>3)</sup>		120	
Kohlenmonoxid CO		10 000		
Stickstoffdioxid NO <sub>2</sub>	200			30 <sup>1)</sup>
Benzol				5
Blei in PM <sub>10</sub>				0.5
PM <sub>10</sub>			50 <sup>2)</sup>	40
PM <sub>2,5</sub>				25 <sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> seit 1.1.2011 gilt eine Toleranzmarge von 5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Die Absenkung auf 0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  Toleranzmarge wurde derzeit noch nicht evaluiert.

<sup>2)</sup> darf 25-Mal pro Jahr überschritten werden.

<sup>3)</sup> Drei Halbstundenmittelwerte pro Tag, jedoch maximal 48 Halbstundenmittelwerte pro Kalenderjahr bis zu einer Konzentration von 350  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  gelten nicht als Überschreitung.

<sup>4)</sup> gültig ab 01.01.2015. Die Toleranzmarge von 20 % für diesen Grenzwert wird ausgehend vom 11. Juni 2008 am folgenden 1. Jänner und danach alle 12 Monate um einen jährlich gleichen Prozentsatz bis auf 0 % am 1. Jänner 2015 reduziert.

Tabelle 3: Grenzwerte zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation (BGBL. II 298/2001) in [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] [1].

Luftschadstoff	Winter	TMW	Jahresmittelwert
Schwefeldioxid	20	50	20
Stickstoffoxide (als NO <sub>2</sub> )		80	30

## 4.2.2 Berechnung der Immissionsbelastungen

Die Berechnung der Immissionsbelastungen erfolgt mit dem Modellsystem GRAMM/GRAL, wobei die Windfelder mit dem prognostischen Strömungsmodell GRAMM und die Konzentrationsfelder mit dem Partikelmodell GRAL berechnet werden. Eine detaillierte Beschreibung des Modells und Ergebnisse von Validierungsrechnungen findet sich in [9]. Die verwendeten Eingangsparameter für die vorliegenden Berechnungen werden im Anhang (Kapitel 11.3) dokumentiert.

## 4.2.3 Eingangsparameter

Um eine differenzierte Aussage über den Beitrag unterschiedlicher Emittenten zur gemessenen Luftschadstoffkonzentrationen machen zu können, wurden möglichst viele Quellen im Simulationsmodell als eigene Quellgruppe definiert. Das bedeutet, dass für diese Quellgruppen eigene Konzentrationsfelder für alle klassifizierten Wetterlagen berechnet werden. Tabelle 4 zeigt die 13 verwendeten Quellgruppen.

Tabelle 4: Definition der Quellgruppen

	Quelle	Quellgruppe
Punktquellen	Gewerbe & Industrie	1
	Heizwerke	2
	Zellstoffwerk	3
	Zementwerk	4
Flächenquellen	Flächenverkehr	5
	Bahn	6
	Kleinverbraucher, Haushalte	7
	Traktoren	8
	Pistenwalzen	9
Linienquelle	PKW ohne Autobahn	10
	LKW ohne Autobahn	11
	PKW Autobahn	12
	LKW Autobahn	13

In den Simulationen wurde eine möglichst hohe Partikelanzahl verwendet, damit möglichst stetig verlaufende Konzentrationsfelder berechnet werden. In diesem Fall wurde folgende Partikelanzahl gewählt:

Punktquellen            1500 Partikel/Sekunde  
Flächenquellen        800 Partikel/Sekunde  
Linienquellen          800 Partikel/Sekunde

Insgesamt ergibt das für alle Emissionen im gesamten Berechnungsgebiet eine Partikelanzahl von 5.58 Millionen pro 30 Minuten.

#### 4.2.4 Zeitliche und räumliche Auflösung

Das gesamte Rechengebiet besitzt eine Größe von 18 km x 26 km. Die horizontale Auflösung der Konzentrationsfelder der Linienquellen beträgt 10 m und die der Punkt- und Flächenquellen 20 m. Dadurch können hohe Konzentrationsgradienten (beispielsweise neben Straßen) abgebildet werden. Die vertikale Auflösung des Auszählgitters beträgt 2 m. In der Simulation wurde die Schnittebene mit 3 m über Grund festgelegt.

Die zeitliche Auflösung der Simulationen beträgt 30 Minuten. Das Modell berechnet die Konzentrationsfelder für 936 klassifizierte Wetterlagen. Auf Basis dieser Wetterlagen wird der Konzentrationsverlauf eines Jahres simuliert. Mit Hilfe von Tages- und Jahresgängen kann auch die Variabilität der einzelnen Quellen berücksichtigt werden. Diese Methodik ermöglicht ebenfalls eine Auswertung von maximalen Tages- und Halbstundenmittelwerten sowie von Perzentilen.

#### 4.2.5 NO-NO<sub>2</sub> Umwandlung

Die emittierten Stickstoffoxid-Emissionen (NO<sub>x</sub>) bestehen zum überwiegenden Teil aus NO. Nach dem Austritt in die Atmosphäre wird in der Folge NO zu NO<sub>2</sub> oxidiert. Eine detaillierte Berechnung dieses Oxidationsprozesses mittels geeignetem Chemiemodell ist für diese Untersuchung nicht möglich, da hierfür umfangreiche Eingangsparameter notwendig wären, welche nicht zur Verfügung stehen (z. B. Strahlungsdaten, Temperaturverteilung, Ozongehalt, HC-Gehalt, zeitlich hochauflösende Emissionsverläufe, usw.).

Als einfache Alternative zur Ermittlung der NO<sub>2</sub>-Umwandlung wird ein empirischer Ansatz [6] verwendet. Dabei werden die emittierten Stickstoffoxide NO<sub>x</sub> (Summe aus NO<sub>2</sub> und NO, wobei NO als NO<sub>2</sub> gerechnet wird) zuerst inert betrachtet und die Konzentration berechnet. Auf Basis dieser Konzentrationsverteilung wird dann mit der Beziehung

$$NO_2 = NO_x \left[ \frac{A}{NO_x + B} + C \right] \quad (1)$$

die NO<sub>2</sub>-Konzentration ermittelt. Die Parameter *A*, *B* und *C* wurden empirisch aus langen Messreihen für ca. 210 Stationen ermittelt. Zwischenzeitlich wurde diese Beziehung mit den zugehörigen Parametern mit aktuellen Messungen überprüft und es wurde ein neuer Ansatz mit veränderten Parametern in [7] und [8] veröffentlicht. Die Werte für die Parameter aller drei Ansätze sind in Tabelle 5 angegeben. In Abbildung 11 und Abbildung 12 werden die drei Ansätze mit den Messwerten der letzten Jahre verglichen. Für die weiteren Berechnungen wurde

die Umwandlungsfunktion von Romberg 1996 [6] gewählt, da sie am besten die lokalen Gegebenheiten beschreibt.

Tabelle 5: Parameter der Regressionskurven für den NO<sub>2</sub>-Umwandlungsgrad nach Romberg et al. [6], Bächlin et al. 2006 [7] und Bächlin et al. (2008) [8].

Konzentrationsgröße	Funktionsparameter		
<i>Romberg 1996 [6]</i>	A	B	C
Jahresmittelwert	103	130	0.005
98 Perzentil	111	119	0.039
<i>Bächlin 2006 [7]</i>			
Jahresmittelwert	43	53	0.129
98-Perzentilwert	46	27	0.128
<i>Bächlin 2008 [8]</i>			
Jahresmittelwert	29	35	0.217
98-Perzentil	40	20	0.170

#### 4.2.6 Berechnung des max. HMW bei NO<sub>2</sub>

Die Modellierung von Spitzenbelastungen mit einem Ausbreitungsmodell ist immer mit größeren Unsicherheiten verbunden als die Modellierung von Jahresmittelwerten. Die Ursache liegt darin, dass Spitzenbelastungen per Definition Einzelereignisse und somit statistische Ausreißer sind. Diese können im Falle von NO<sub>2</sub> durch außergewöhnlichen Chemismus (beispielsweise Ozon) von NO zu NO<sub>2</sub>, durch hohe Vorbelastungswerte (z.B. Ferntransport) oder außergewöhnlich hohes Verkehrsaufkommen (Stauereignis) verursacht werden. Außerdem basieren Ausbreitungsmodelle immer auf mehreren Turbulenzparametrisierungen, wo statistische Ausreißer, die zu Spitzenbelastungen führen können, nicht berücksichtigt werden. Letztlich können auch Einzelereignisse, welche in der Modellierung nicht berücksichtigt werden können, zu Spitzenbelastungen bei einzelnen Aufpunkten führen (z.B. temporäre Dieselaggregate oder andere temporäre Emissionsquellen). Aus diesen Gründen wird in dieser Untersuchung auf eine explizite Modellierung des maximalen Halbstundenmittelwertes verzichtet. Die verwendete Methodik basiert auf der Berechnung der Gesamtbelastung für das 98-Perzentil für NO<sub>2</sub> und in weiterer Folge in einer Korrelation zwischen der Gesamtbelastung für das 98-Perzentil mit der Gesamtbelastung für den maximalen Halbstundenmittelwert ([4], [5]). Damit lassen sich auch Aussagen über die Wahrscheinlichkeit einer Grenzwertüberschreitung beim max. HMW für NO<sub>2</sub> treffen. Addiert man die einfache Standardabweichung von 25 µg/m<sup>3</sup>, so erhält man eine Prognosesicherheit von 84 %, addiert man die zweifache Standardabweichung so beträgt die Prognosesicherheit schließlich knapp 98 %. Letztlich kann eine



Grenzwertüberschreitung an einzelnen Aufpunkten durch Einzelereignisse nie völlig ausgeschlossen werden. Abbildung 5 stellt obigen Sachverhalt dar.

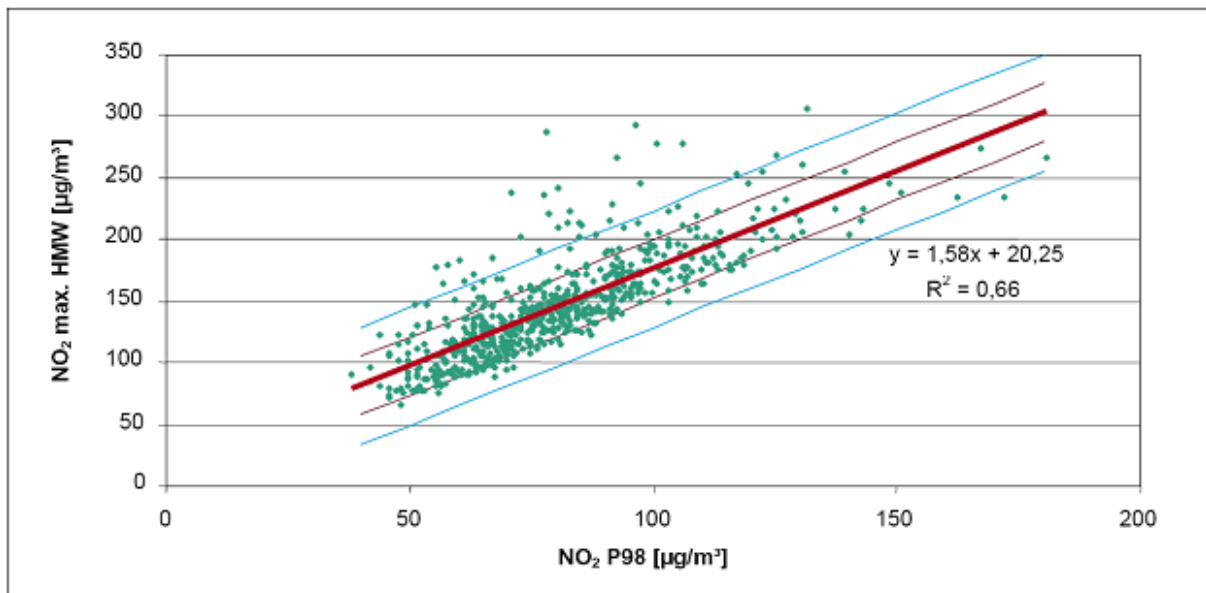


Abbildung 5: Empirischer Zusammenhang zwischen 98 Perzentil NO<sub>2</sub> und dem maximalen Halbstundenmittelwert von NO<sub>2</sub> (Quelle: [11])

## 5 Beschreibung der Eingangsdaten

Als Grundlagen für die Modellierung des NO<sub>x</sub>/NO<sub>2</sub>-Immissionskatasters wurden folgende Daten verwendet:

- Digitales Geländemodell von Salzburg
- Meteorologische Daten der der ZAMG Salzburg
- Emissionskataster Salzburg
- Luftgütemessungen vom Amt der Salzburger Landesregierung

### 5.1 Meteorologie

Für die Ausbreitungsmodellierungen wurde eine Zeitreihe der meteorologischen Parameter Windgeschwindigkeit, -richtung und Ausbreitungsklasse gemäß ÖNORM M 9440 benötigt. Da nur eine meteorologische Station für die Initialisierung verwendet wird, ist die Standortwahl von hoher Bedeutung. Die Messung sollte das übergeordnete Windsystem möglichst gut erfassen und repräsentativ für das Untersuchungsgebiet sein. In dieser Untersuchung wurde die Station Flughafen Salzburg (Abbildung 6) ausgesucht, da diese das übergeordnete Strömungsfeld im Raum Salzburg am besten wiedergibt und die damit initialisierten Simulationen gute Übereinstimmungen mit den Messwerten der restlichen Stationen zeigen. Die meteorologischen Eingangsdaten wurden vom Amt der Salzburger Landesregierung zur Verfügung gestellt und von der ZAMG Salzburg geprüft. Der Messzeitraum erstreckt sich von 01.06.2008 bis 31.05.2009.

Die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeitsklassen ist in Abbildung 7 dargestellt. Windschwache Wetterlagen unter 0.8 m/s kommen in knapp 19 % des Jahres vor. Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit betrug 2.1 m/s.

Betrachtet man die mittlere Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen, so sind zwei Hauptwindrichtungen erkennbar (Abbildung 8). Hauptsächlich treten Windrichtungen aus Nordwest und Südsüdost auf.

Der mittlere Tagesgang der Windrichtungen ist in Abbildung 10 dargestellt. Tagsüber zwischen 9:00 h und 18:00 h treten meistens Windrichtungen aus Norden auf. Nachts sind hingegen südliche Windrichtungen häufiger. Diese stehen mit schlechteren Ausbreitungsbedingungen in Verbindung, da die thermische Schichtung der Atmosphäre stabiler ist.

# Salzburg Eugendorf

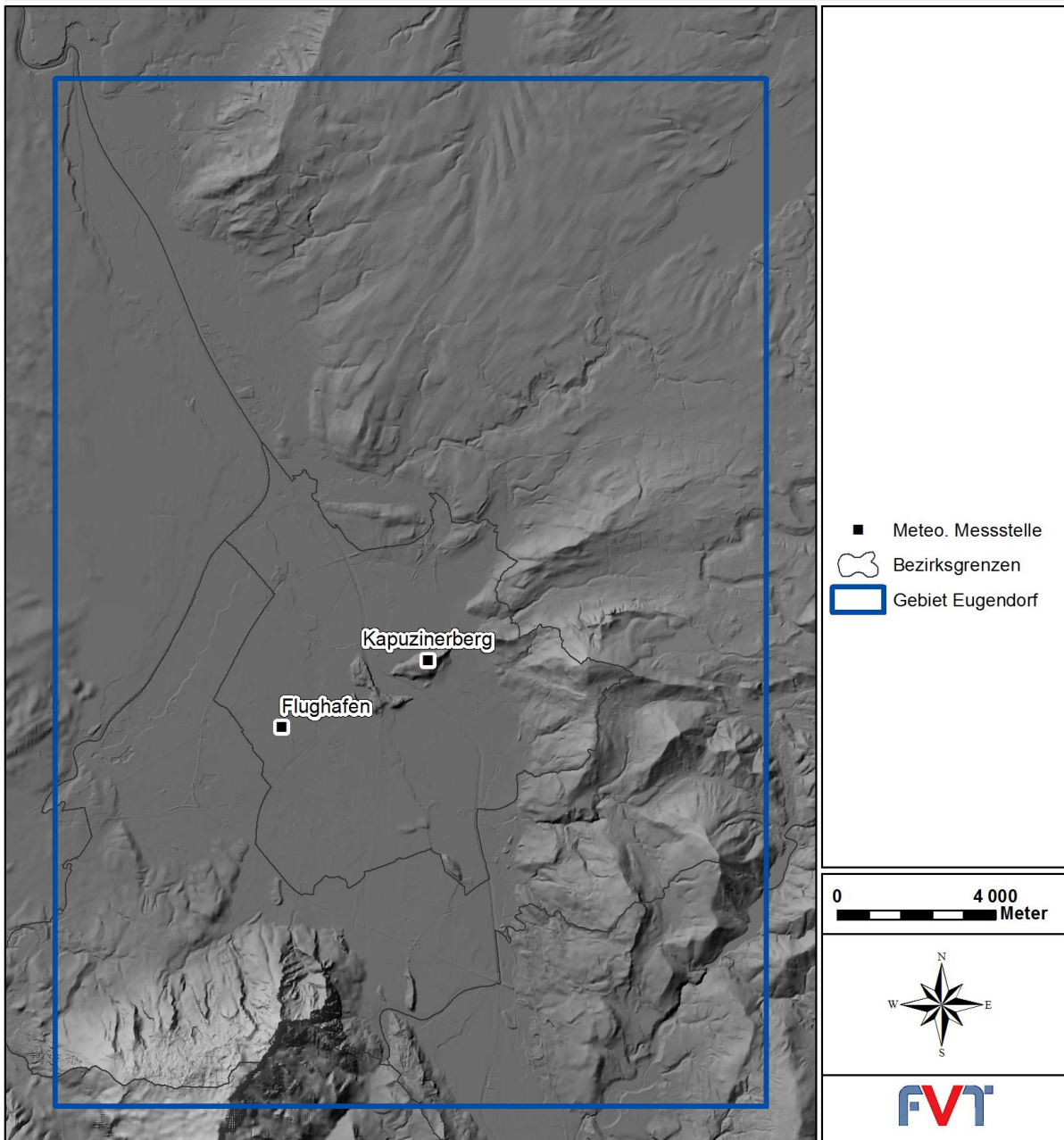


Abbildung 6: Übersicht meteorologische Messstellen

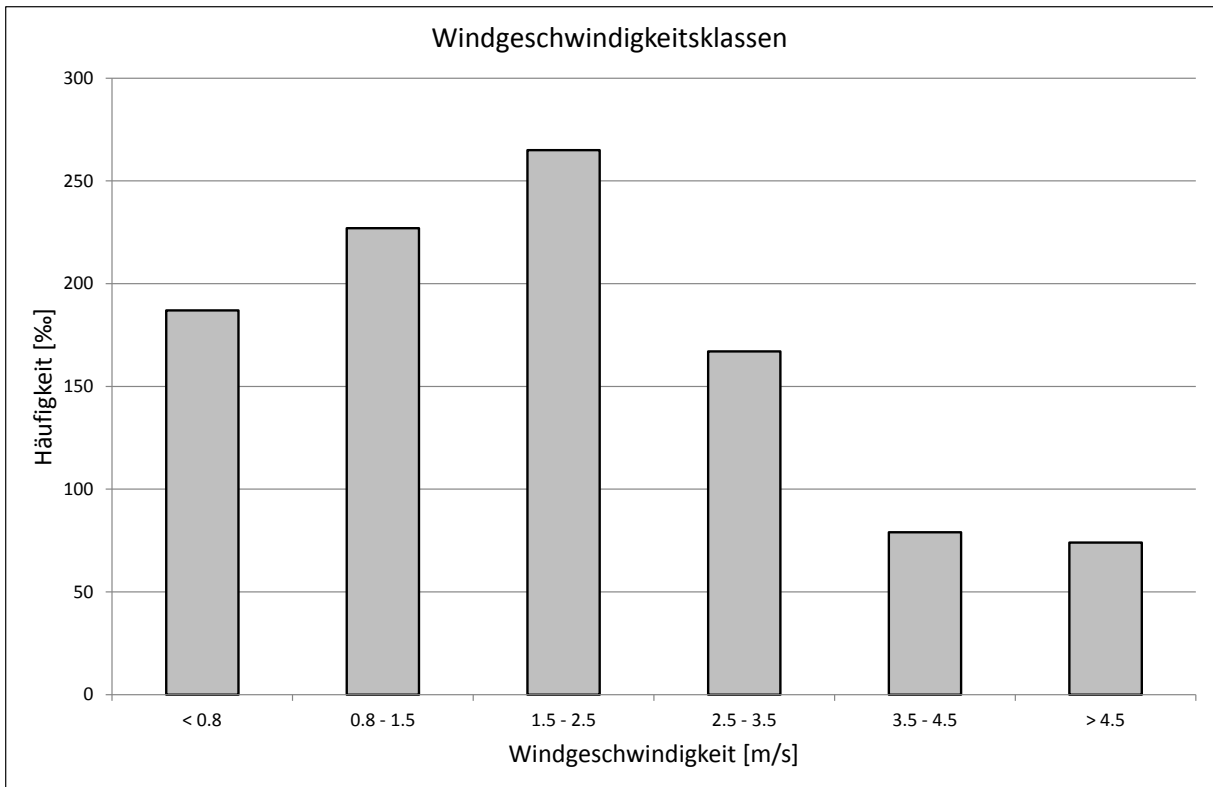


Abbildung 7: Mittlere Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit am Standort Salzburg Flughafen

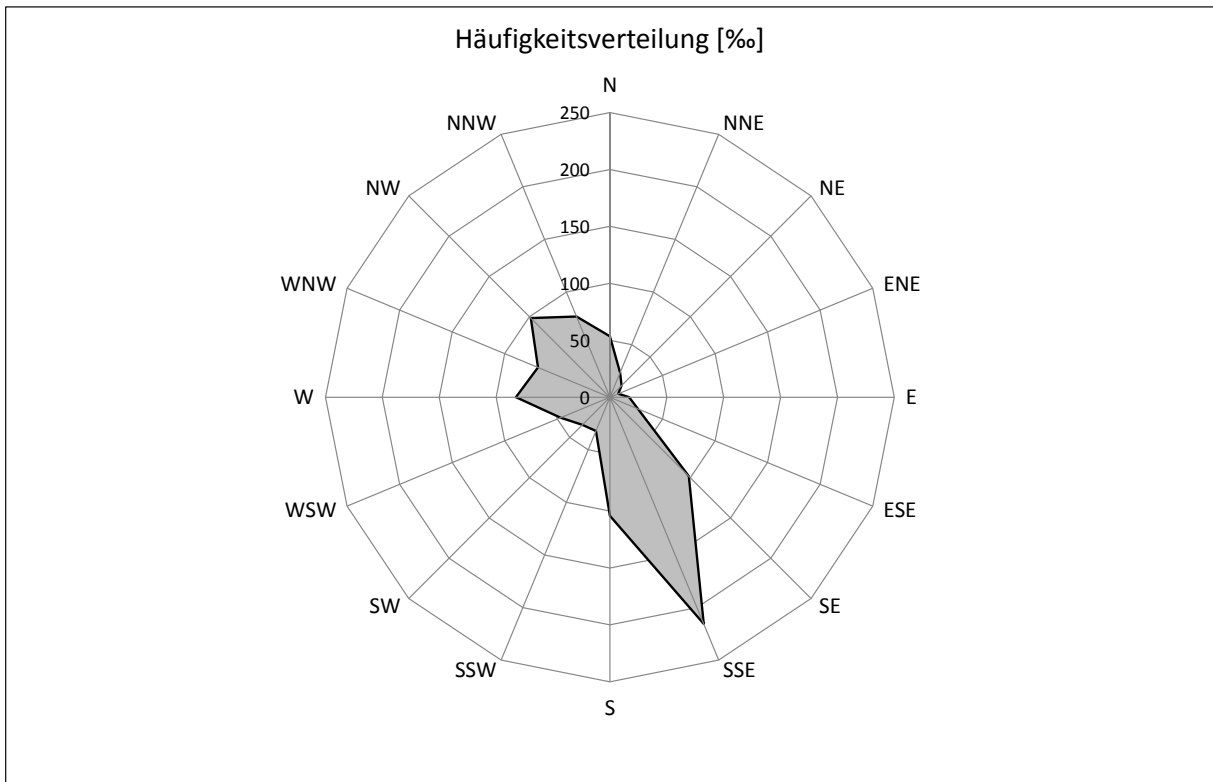


Abbildung 8: Mittlere Windrichtungsverteilung [%] am Standort Salzburg Flughafen

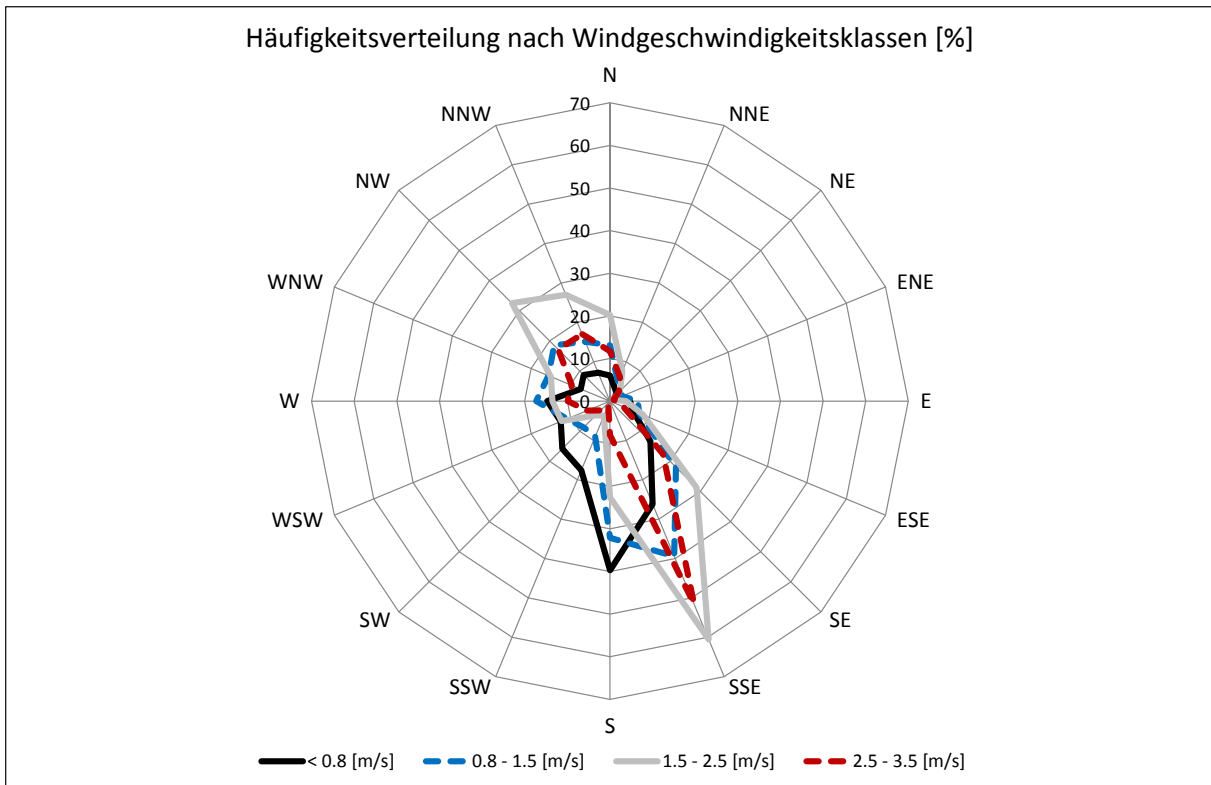


Abbildung 9: Mittlere Windrichtungsverteilung nach Windgeschwindigkeitsklassen [%] am Standort Salzburg Flughafen

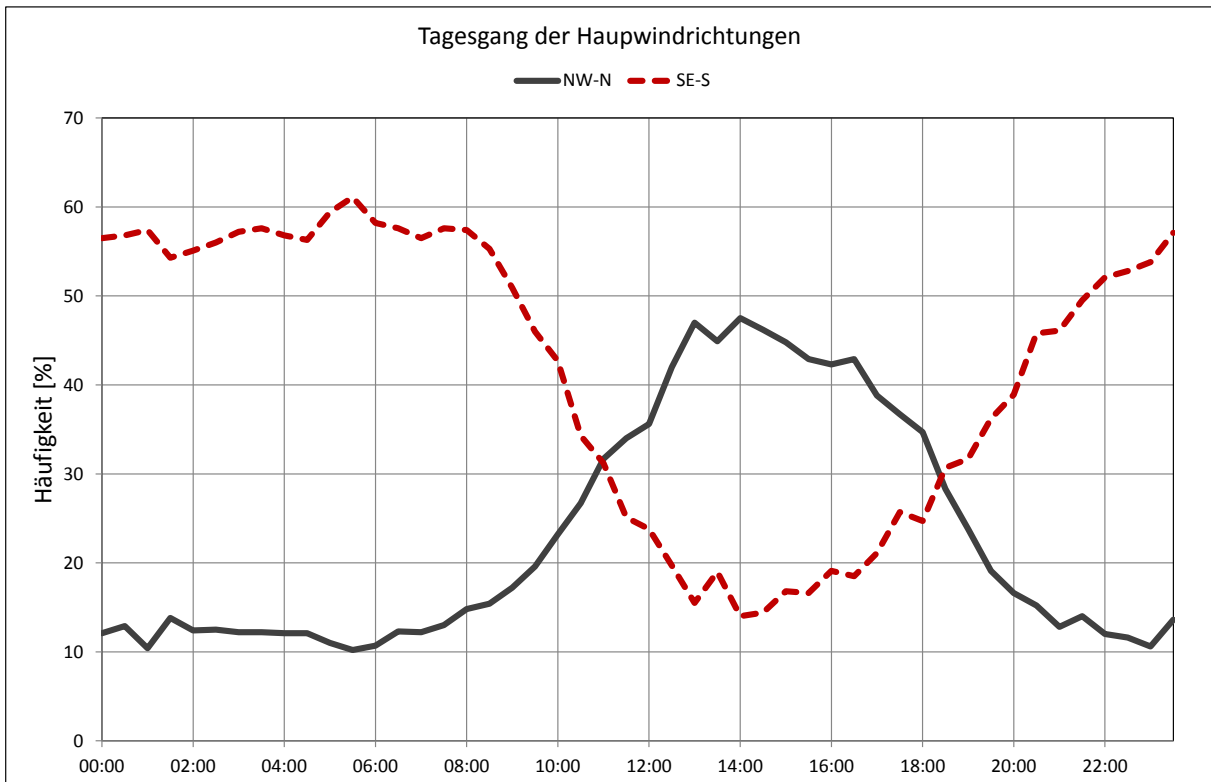


Abbildung 10: Mittlere Häufigkeit der beiden Hauptwindrichtungen am Standort Salzburg Flughafen

## 5.2 Luftgüte

Zur Validierung der Ausbreitungsrechnungen werden Messwerte der kontinuierlichen Luftgütestationen des Messsystems SALIS und Passivsammlermessungen aus dem Jahr 2010 herangezogen. Die Lage der Messstationen ist in Abbildung 2 dargestellt. Die Werte wurden aus den Jahresberichten 2008-2012 entnommen ([12], [13], [14], [15] und [16]).

### 5.2.1 Kontinuierliche Messstationen

Der Grenzwert für den Jahresmittelwert an  $\text{NO}_2$  wurde in den letzten Jahren an den Stationen Salzburg Rudolfsplatz, Hallein Kreisverkehr und Hallein Autobahn deutlich überschritten. Bei allen anderen Stationen wurde der Grenzwert eingehalten. Der Grenzwert für den maximalen Halbstundenmittelwert wurde in den letzten Jahren (2010-2011) bei der Station Salzburg Rudolfsplatz überschritten. Im Jahr 2012 kam es bei keiner Station zu einer Überschreitung des maximalen Halbstundenmittelwertes.

In Abbildung 11 bis Abbildung 13 werden die verwendeten Umwandlungsfunktionen von  $\text{NO}_x$  zu  $\text{NO}_2$  mit den Messwerten im Untersuchungsgebiet verglichen. Es ergibt sich eine relativ gute Übereinstimmung mit den Messwerten, jedoch zeigen die Messwerte bei hohen  $\text{NO}_x$ -Werten höhere  $\text{NO}_2/\text{NO}_x$  Verhältnisse, sowohl für den Jahresmittelwert als auch für das 98-Perzentil.

Tabelle 6: Gemessene NO<sub>2</sub>- und NO<sub>x</sub>-Konzentrationen in Salzburg – kontinuierliches Messnetz

Stationsname	Jahr	NO <sub>2</sub>				NO <sub>x</sub>		
		JMW [µg/m <sup>3</sup> ]	TMW <sub>max</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	HMW <sub>max</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	Üb [#]	JMW [µg/m <sup>3</sup> ]	TMW <sub>max</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	HMW <sub>max</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]
Salzburg Rudolfsplatz	2010	59	127	278	7	147	548	1336
	2011	57	111	243	6	148	469	1145
	2012	53	100	191	0	136	343	792
Salzburg Mirabellplatz	2010	33	96	158	0	58	293	711
	2011	34	79	136	0	63	213	547
	2012	32	72	121	0	56	170	414
Salzburg Lehen	2010	27	92	143	0	43	235	584
	2011	28	76	113	0	47	216	577
	2012	26	78	110	0	39	199	577
Hallein B159-Kreisverk.	2010	48	111	194	0	125	370	1106
	2011	47	98	183	0	125	372	1030
	2012	43	99	165	0	119	325	996
Hallein Autobahn	2010	53	107	194	0	134	361	856
	2011	54	100	186	0	141	363	1027
	2012	53	102	187	0	133	343	906
Hallein Winterstall	2010	15	60	81	0	21	155	201
	2011	15	52	77	0	21	132	232
	2012	14	51	76	0	18	114	189
Haunsberg	2010	11	42	68	0	13	62	118
	2011	10	37	69	0	12	63	105
	2012	10	42	66	0	12	47	91
St. Johann - BH	2010	26	75	115	0	47	239	473
	2011	26	80	112	0	52	276	476
	2012	25	72	105	0	46	183	373
Tamsweg	2010	15	58	97	0	29	201	486
	2011	15	49	100	0	33	159	472
	2012	15	54	139	0	28	123	335
Zederhaus	2010	33	91	152	0	81	359	610
	2011	35	92	166	0	90	369	671
	2012	34	94	189	0	81	346	798
Zell am See	2012	22	73	152	0	38	176	463

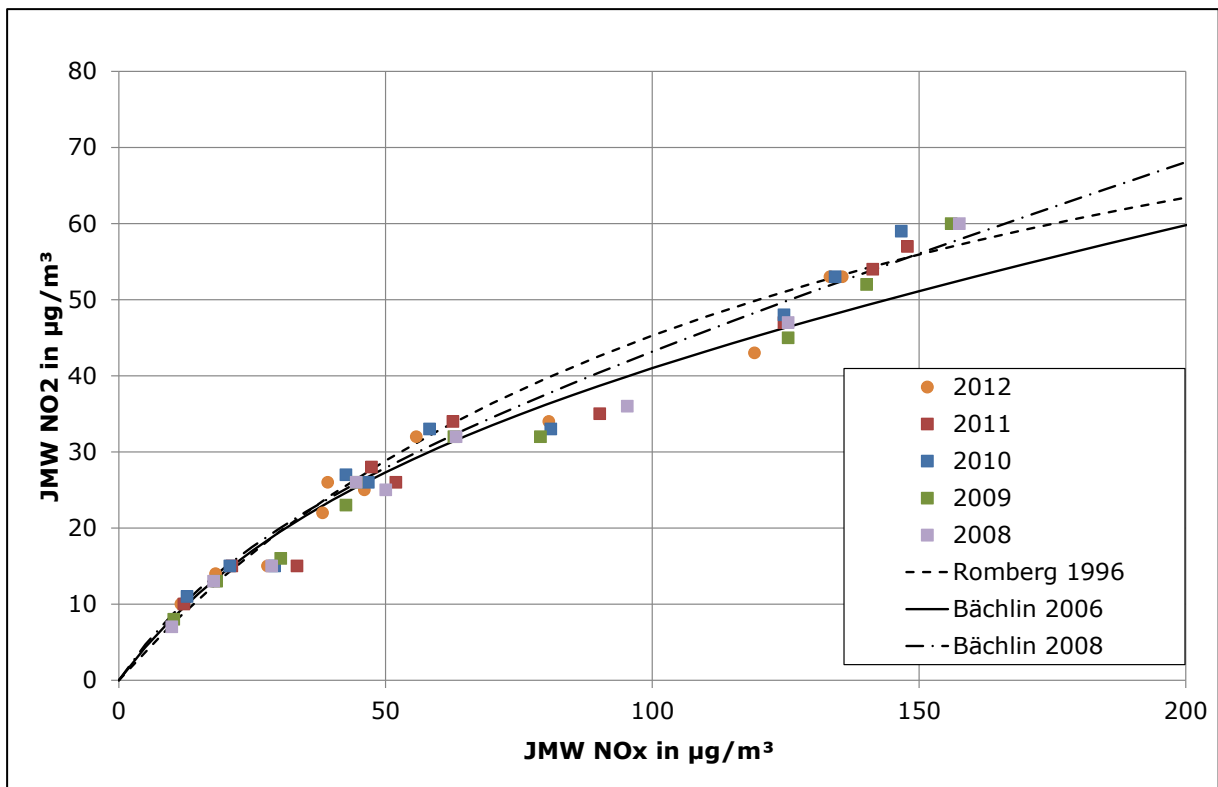


Abbildung 11: Vergleich der Umwandlungsfunktionen für den JMW NO<sub>2</sub> mit Messwerten

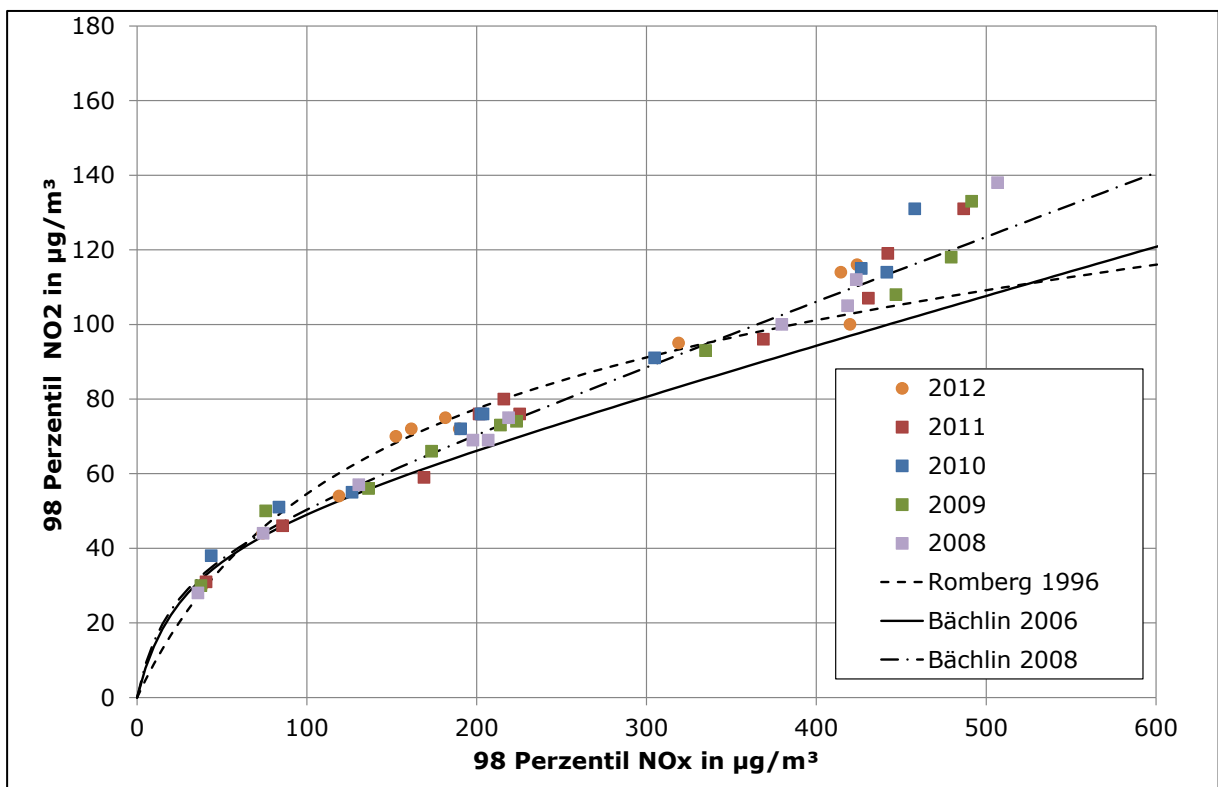


Abbildung 12: Vergleich der Umwandlungsfunktionen für das 98-Perzentil an NO<sub>2</sub> mit Messwerten



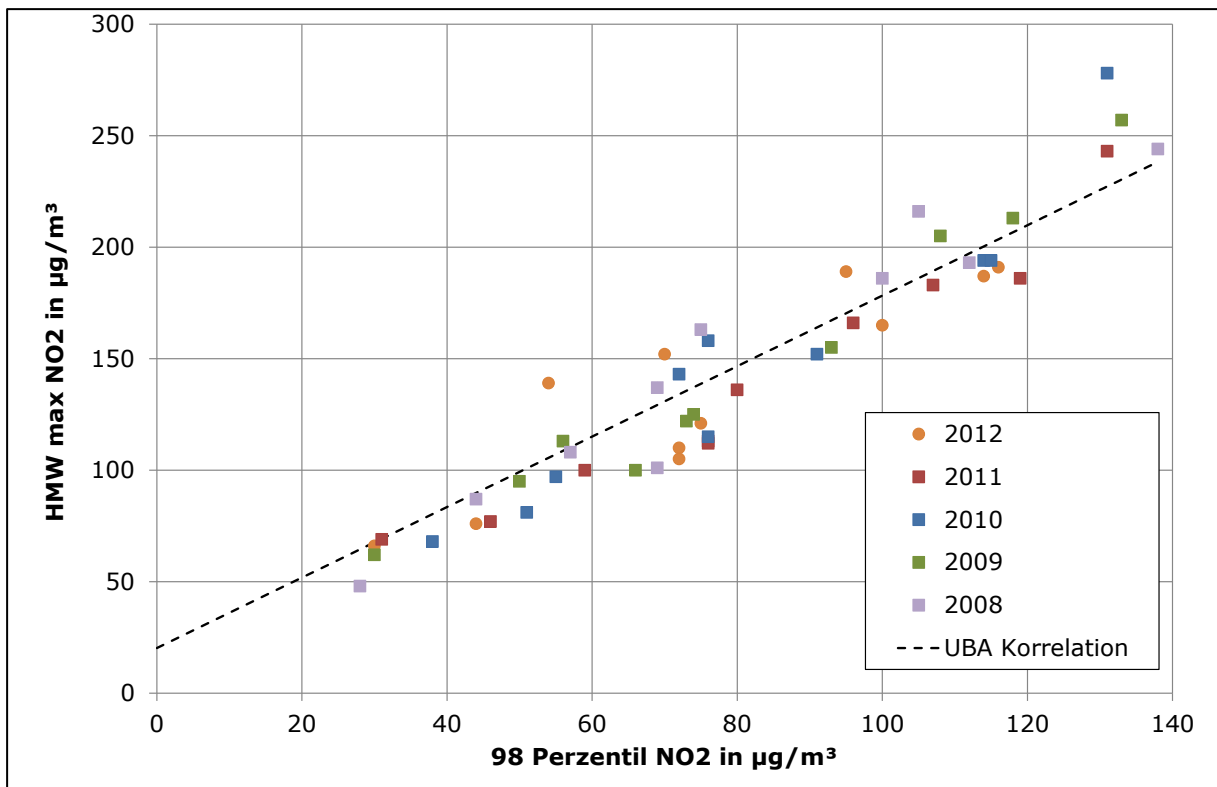


Abbildung 13: Vergleich der Umwandlungsfunktionen für den HMW NO<sub>2</sub> mit Messwerten

### 5.2.2 Ergebnisse der Messungen mit Passivsammler

Seit dem Jahr 2010 führt das Land Salzburg verstärkt Luftqualitätsmessungen mit Passivsammlern durch. Diese Messdaten werden in weiterer Folge für die Validierung der Simulationsergebnisse herangezogen. Für die Messpunkte innerhalb des Untersuchungsgebietes werden die Ergebnisse der Messkampagne aus dem Jahr 2010 Tabelle 7 zusammengefasst.

Tabelle 7: Ergebnisse der Passivsammlermessungen für das Jahr 2010

Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	JMW NO <sub>2</sub> [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]	Klasse	ObjectID
Grödig Steinbachbauer	Tennengau	industrienah	18.1	I	217
Hallein Kraihammer 1	Tennengau	Industrienah	18.5	I	220
Grödig Goisweg	Tennengau	Industrienah	19	I	221
Wals Ortsrand	Flachgau	städtischer Hintergrund	20.1	I	227
Grödig Gartenau St.Leonhard	Tennengau	Industrienah	21.7	I	218
Salzburg Ulrich-Schreier-Strasse 18	Stadt Salzburg	Wohngebiet	24.2	I	157
Salzburg Alpenstrasse	Stadt Salzburg	Wohngebiet, verkehrsnah	25.5	I	153
Salzburg Gnigl Sportplatz	Stadt Salzburg	Wohngebiet	26.3	II	149
Salzburg Lehen Messstation	Stadt Salzburg	Wohngebiet	26.5	II	156
Hallein Rif Föhrenweg	Tennengau	Industrienah	26.6	II	219
Eugendorf Feuerwehr	Flachgau	Wohngebiet, verkehrsnah	28.3	II	163
Puch Bahnhof	Tennengau	Wohngebiet, verkehrsnah	31.9	II	173
Salzburg Flughafen	Stadt Salzburg	Verkehrsnah	33.7	III	226
Salzburg Lieferung Autobahn	Stadt Salzburg	Verkehrsnah	39.3	III	165
Wals Europark	Flachgau	Verkehrsnah	42.7	IV	228
Salzburg Vogelweiderstrasse	Stadt Salzburg	Verkehrsnah	52.4	IV	152
Salzburg Rudolf-Biebl-Strasse	Stadt Salzburg	Verkehrsnah	54.4	IV	150
Salzburg Rudolfsplatz	Stadt Salzburg	Verkehrsnah	57.7	IV	145

### 5.2.3 Vertikale Abhängigkeit der Vorbelastung

Zur Beschreibung der Abhängigkeit der Hintergrundbelastung von der Seehöhe wurde ein exponentieller Ansatz nach Seinfeld [17] verwendet. Für den Talboden auf einer Seehöhe von ca. 450 m wurde eine Vorbelastung von  $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für den Jahresmittelwert und  $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$  für den maximalen Tagesmittelwert angenommen. Der vertikale Verlauf der Vorbelastung wird in den folgenden Abbildungen mit Messdaten im Raum Salzburg verglichen.

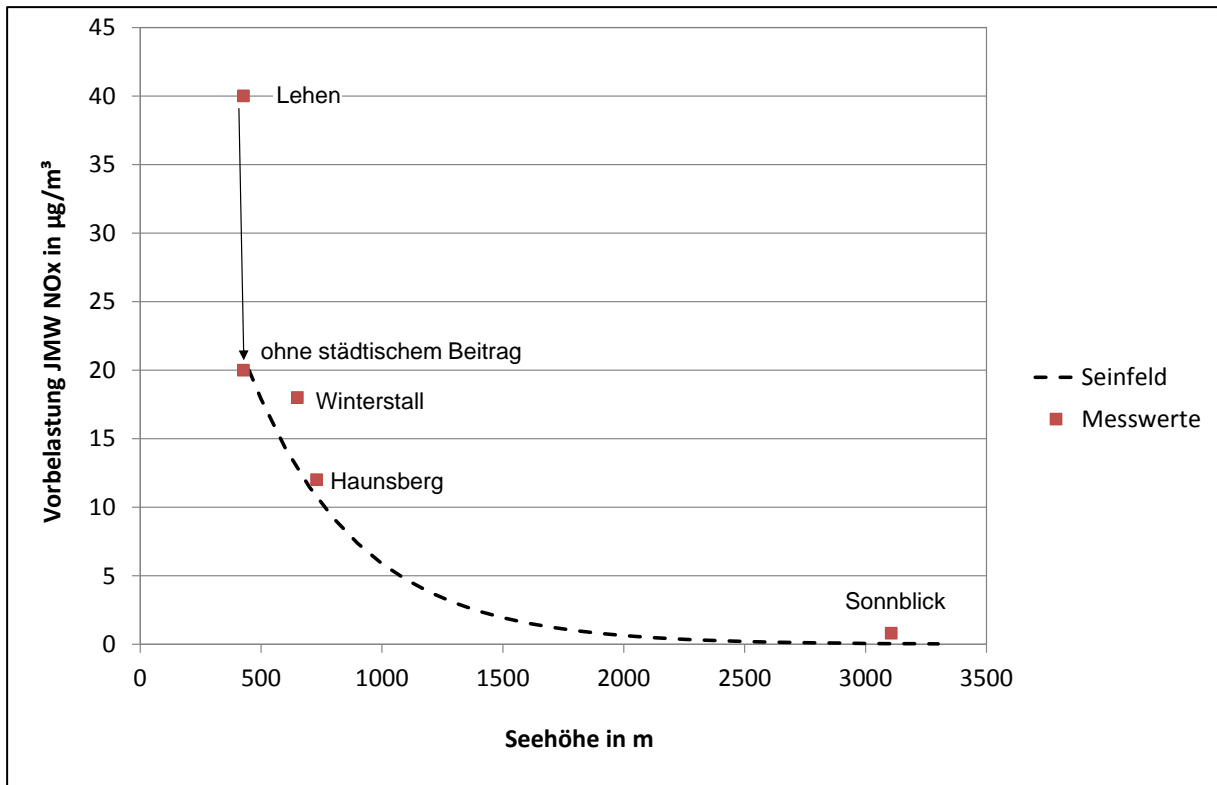


Abbildung 14: Abhängigkeit der NO<sub>x</sub>-Vorbelastung für den JMW von der Seehöhe

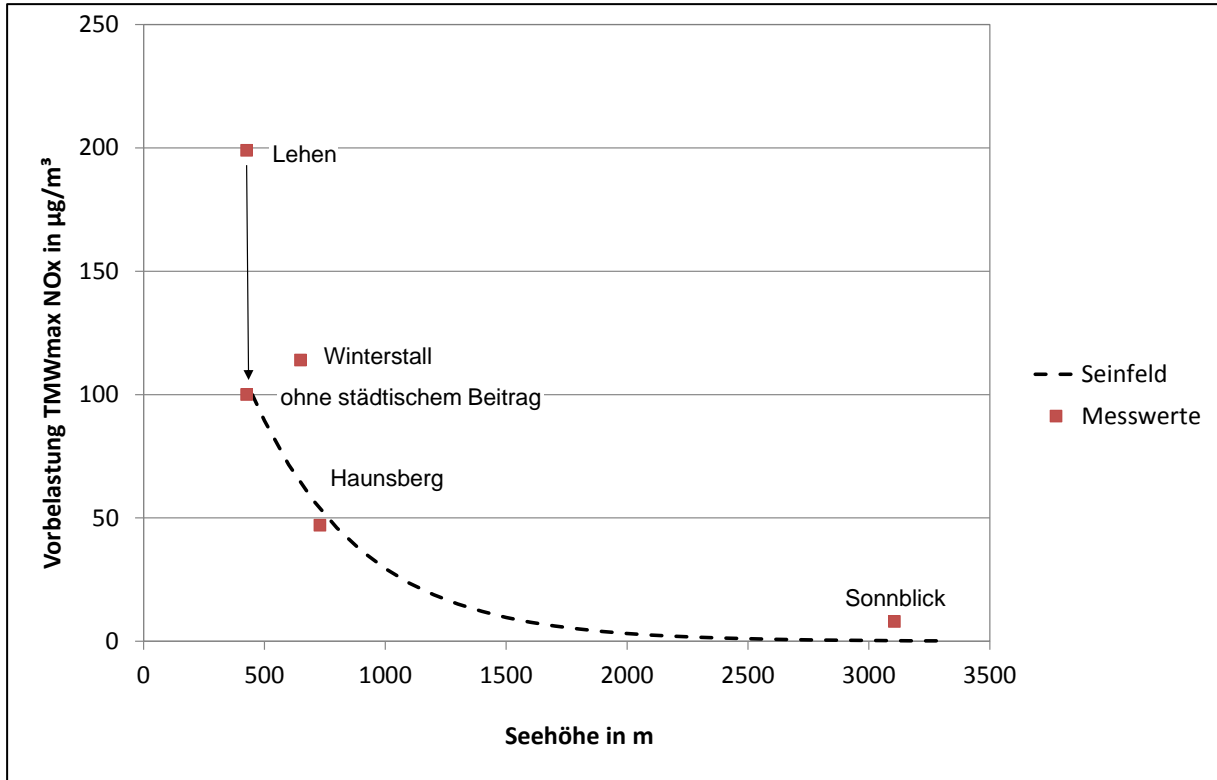


Abbildung 15: Abhängigkeit der NO<sub>x</sub>-Vorbelastung für den TMW<sub>max</sub> von der Seehöhe

### 5.3 Emissionen

Zur besseren Übersicht werden in diesem Kapitel die Emissionen innerhalb des Berechnungsgebietes dargestellt. Die Emissionsangaben wurden vom Land Salzburg zur Verfügung gestellt. In Tabelle 8 sind die Emissionen der Punkt-, Linien- und Flächenemissionen aufgelistet. Die Anteile der unterschiedlichen Quellen an den Gesamtemissionen werden in Abbildung 16 dargestellt.

Tabelle 8: NO<sub>x</sub>-Emissionen im Untersuchungsgebiet für das Jahr 2010

	Quellgruppe	NO <sub>x</sub> [t/a]
Punkte	1 Gewerbe & Industrie	447
	2 Heizwerke	109
	4 Zementwerk	252
Flächen	5 Flächenverkehr	116
	6 Bahn	34
	7 Kleinverbraucher & Haushalte	504
	8 Off-Road	300
	9 Pistenwalzen	1
Linien	10 PKW, IO+AO	396
	11 LKW, IO+AO	250
	12 PKW, AB	568
	13 LKW, AB	598

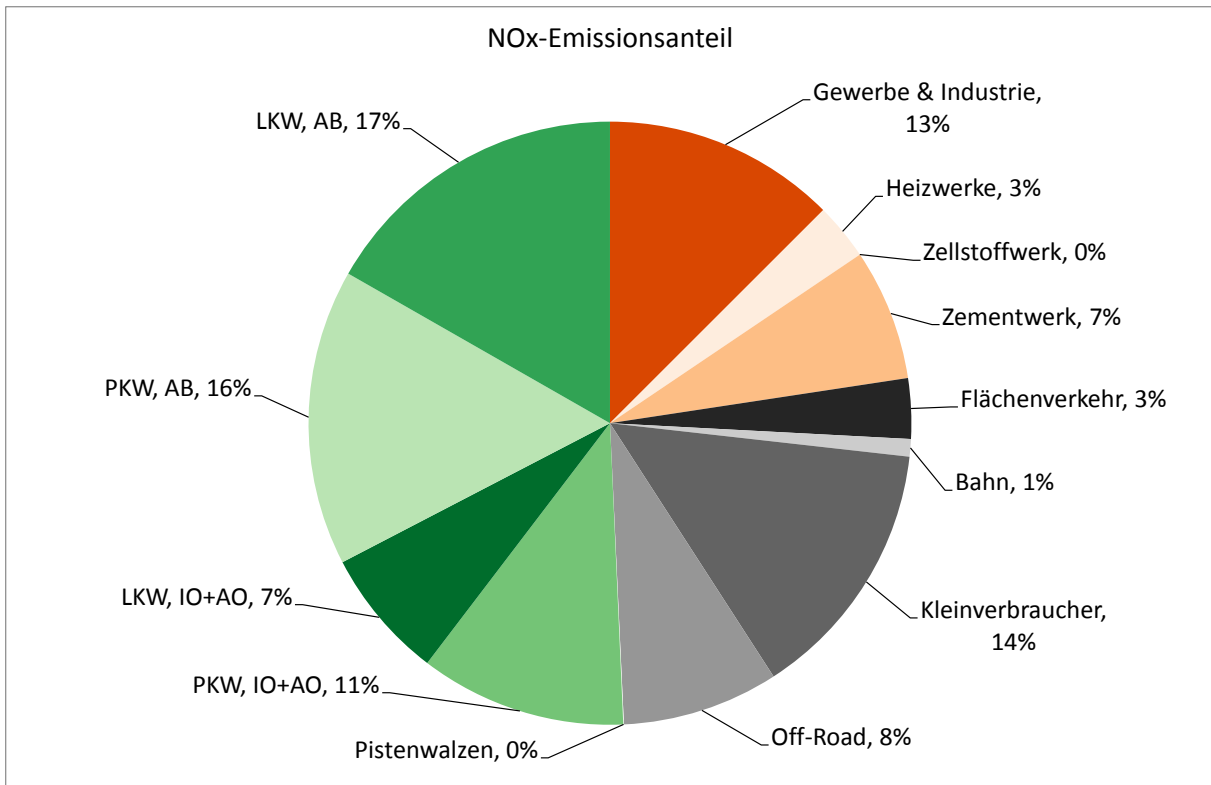


Abbildung 16: Anteil der Quellgruppen an den NO<sub>x</sub>-Emissionen im Untersuchungsgebiet

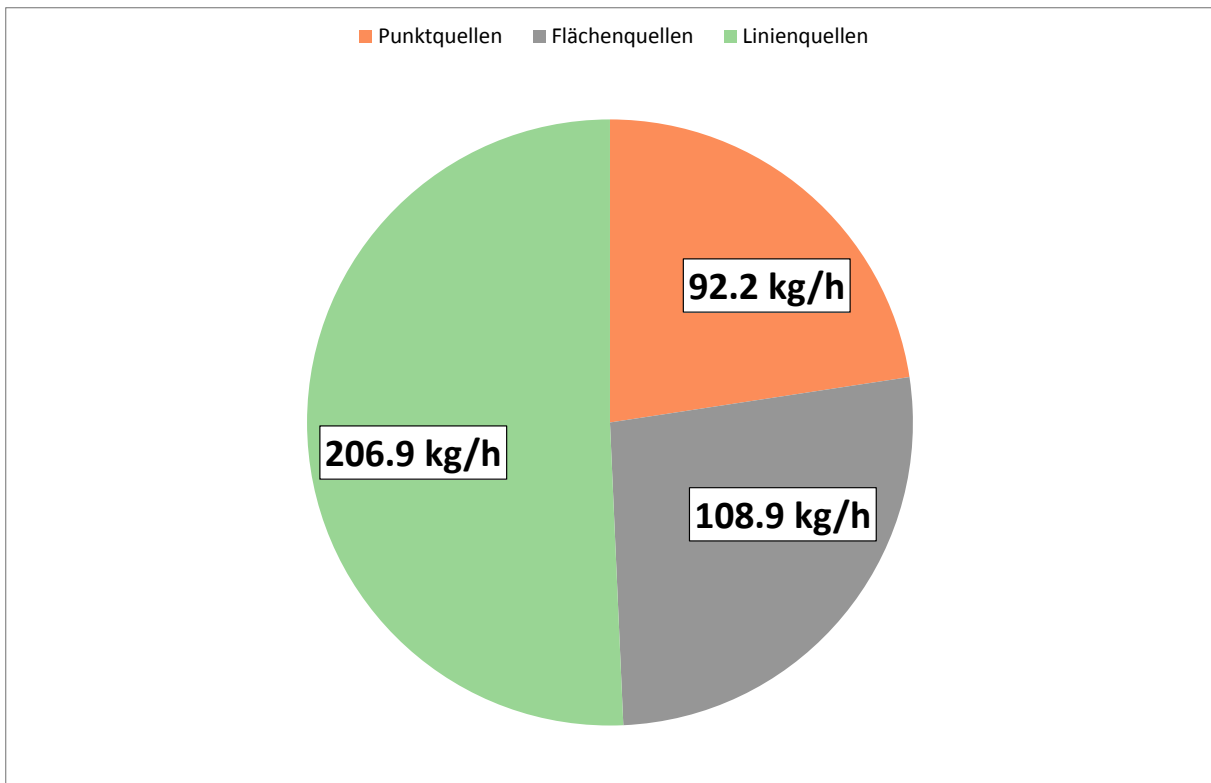


Abbildung 17: Anteil der Quellkategorien an den NO<sub>x</sub>-Emissionen im Untersuchungsgebiet

Der größte Emittent im Untersuchungsgebiet ist der Verkehr. Rund 54 % der gesamten NO<sub>x</sub>-Emissionen werden ihm zugeschrieben. Die übrigen Emissionen stammen zu 24 % von Gewerbe- und Industrieanlagen. Haushalte leisten mit 8 % einen kleinen Beitrag zu den Emissionen. Die restlichen 16 % entfallen auf Traktoren, Pistenwalzen und Kleinverbraucher.

Die Linienquellen haben aufgrund der geringen Quellhöhe den höchsten Einfluss auf die bodennahen Immissionsbelastungen.

In den folgenden Abbildungen wird die räumliche Verteilung der Punkt-, Linien-, und Flächenquellen innerhalb des Untersuchungsgebietes von Salzburg dargestellt. Insgesamt gibt es im Untersuchungsgebiet 36 Punktquellen die in vier Quellgruppen aufgeteilt worden sind, wobei eine Quellgruppe (Quellgruppe 3, Zellstoffwerk) nicht im Untersuchungsgebiet liegt, aufgrund Vollständigkeit jedoch angeführt wird. Die meisten dieser Punktquellen sind kleine Quellen. 10 Punktquellen emittieren mehr als 1 kg/h, wovon 4 mehr als 10 kg/h emittieren. Die höchste Punktemission beträgt 30 kg/h, das sind rund 260 t/Jahr.

Bei den Linienquellen weisen die Tauernautobahn und die West-Autobahn aufgrund der großen Verkehrsbelastung die größten Quellstärken auf.

Die Summen der NO<sub>x</sub>-Emissionen sind erwartungsgemäß im Stadtzentrum am höchsten.

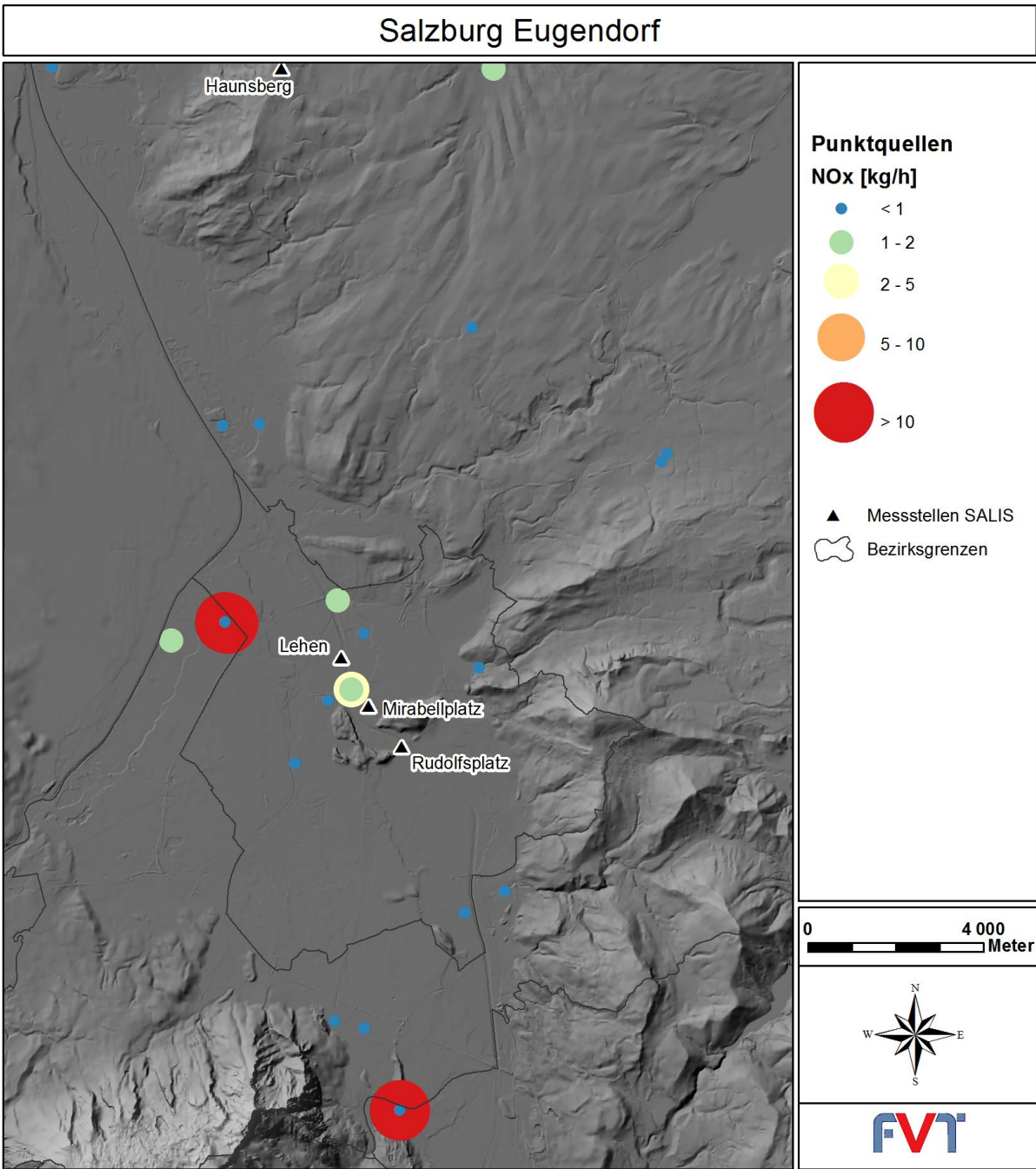


Abbildung 18: NO<sub>x</sub>-Punktquellen im Untersuchungsgebiet

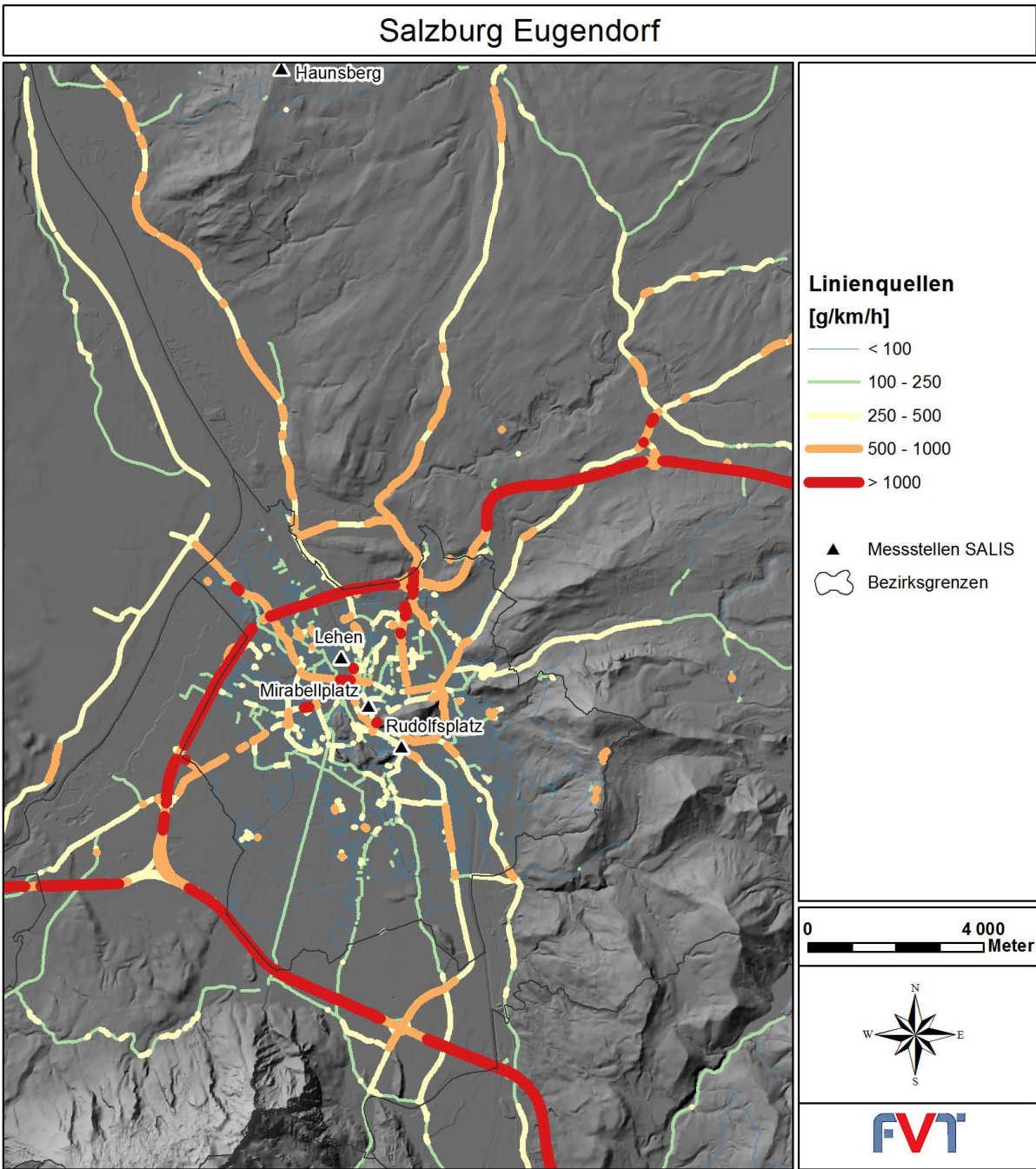


Abbildung 19: NO<sub>x</sub>-Linienquellen Im Untersuchungsgebiet



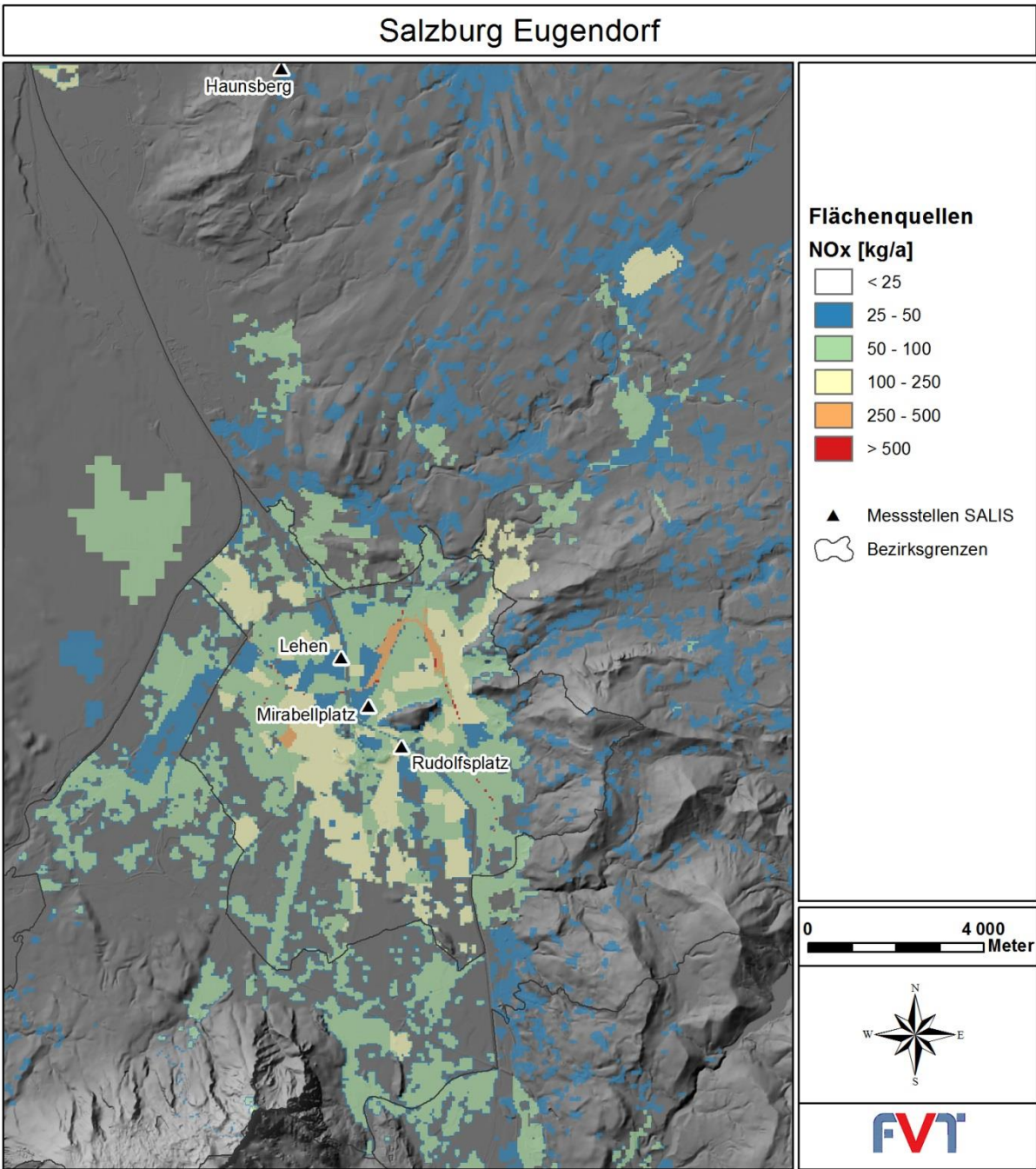


Abbildung 20: NO<sub>x</sub>-Flächenquellen im Untersuchungsgebiet

## 6 Simulationen

### 6.1 Strömungsmodellierung

Die Modellierung der Strömungssituationen wurde mit dem Modell GRAMM (Version 2012/06) mit einer horizontalen Auflösung von 250 m x 250 m durchgeführt. Als Eingangsdaten wurde die Messzeitreihe der Station Salzburg Flughafen für den Messzeitraum Juni 2008 bis Mai 2009 verwendet. Die Dateien wurden klassifiziert und in eine Ausbreitungsklassenstatistik umgewandelt. Insgesamt wurden 936 klassifizierte Strömungssituationen simuliert.

Das Windfeld umfasst die Untersuchungsgebiete Salzburg Eugendorf und Salzburg Zentralraum. Dadurch entstehen keine Unschärfen an den Grenzen zu den Untersuchungsgebieten.

Für die Validierung der Strömungsfelder werden die Modellergebnisse mit den Messdaten der Stationen Flughafen Salzburg und Kapuzinerberg verglichen (Abbildung 6).

In Abbildung 21 und Abbildung 23 werden die simulierten Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung mit den gemessenen Häufigkeitsverteilungen verglichen. Die Hauptwindrichtungen stimmen bei fast allen Stationen sehr gut überein.

Abbildung 22 und Abbildung 24 zeigen die simulierten und gemessenen Windgeschwindigkeitsverteilungen an den einzelnen Messstationen. Bei beiden Stationen weisen die Modellergebnisse eine geringe Verschiebung zu niedrigeren Windgeschwindigkeitsklassen auf und die Kalmenhäufigkeit wird überschätzt.

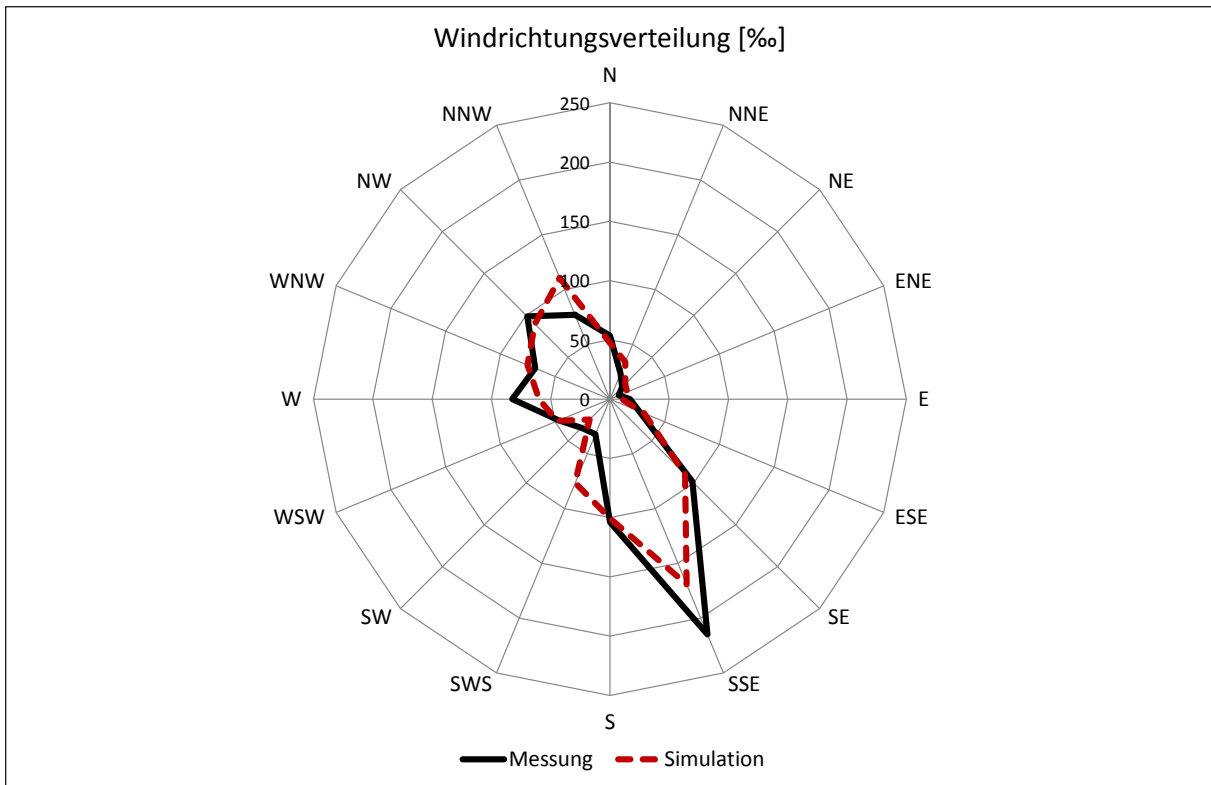


Abbildung 21: Windrose Flughafen Salzburg, Vergleich Messung gegen Simulation

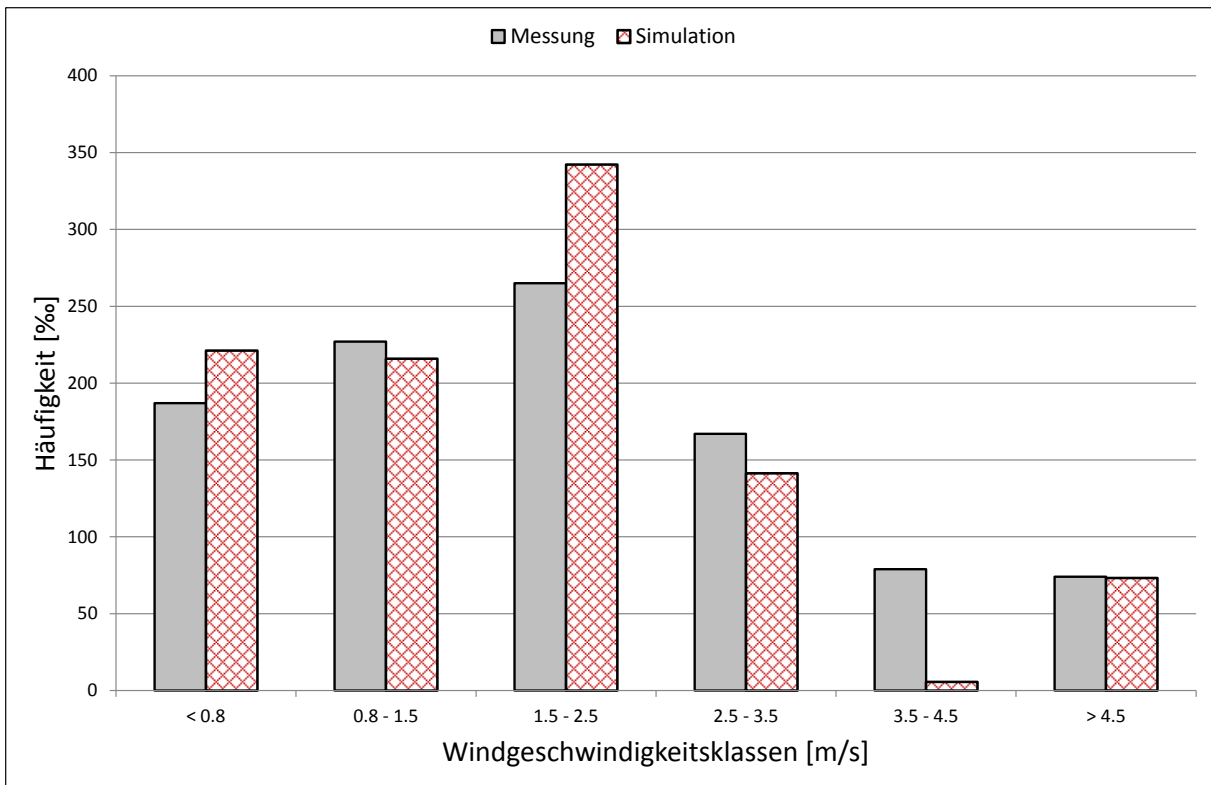


Abbildung 22: Windgeschwindigkeitsklassen Flughafen Salzburg, Vergleich Messung gegen Simulation

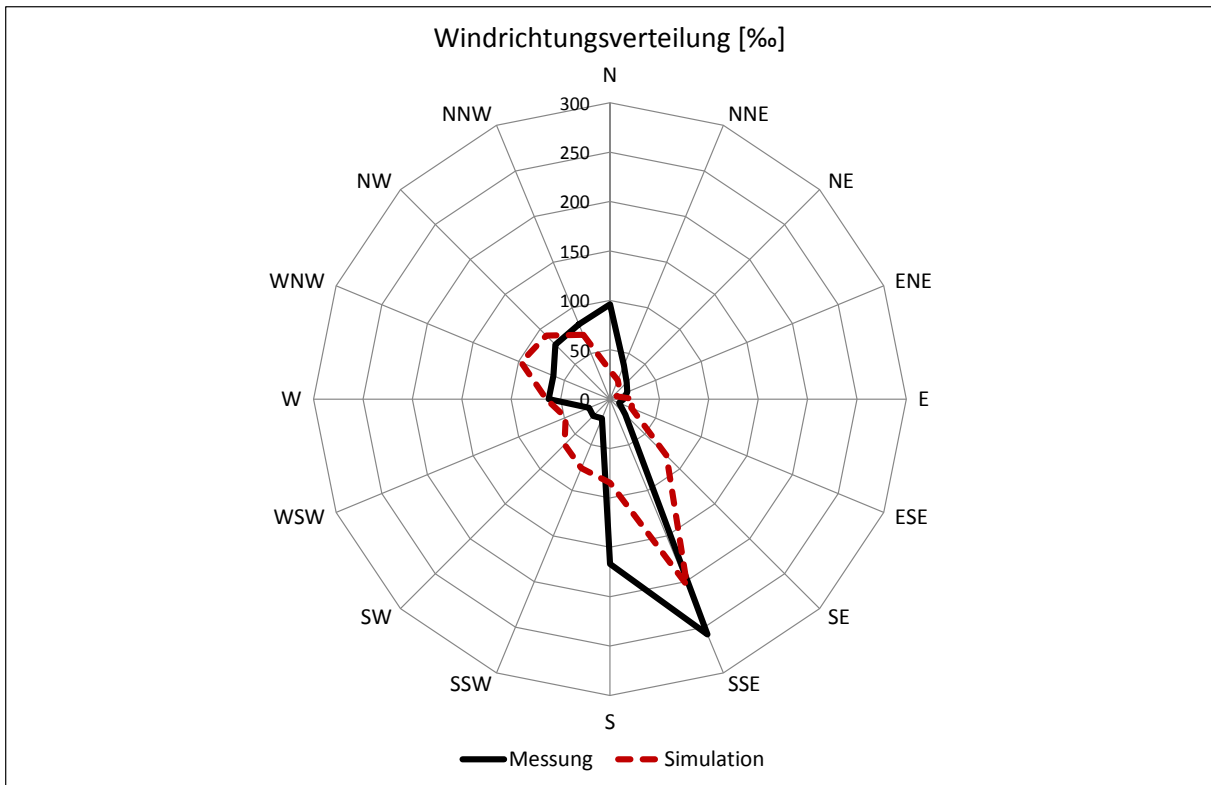


Abbildung 23: Windrose Kapuzinerberg, Vergleich Messung gegen Simulation

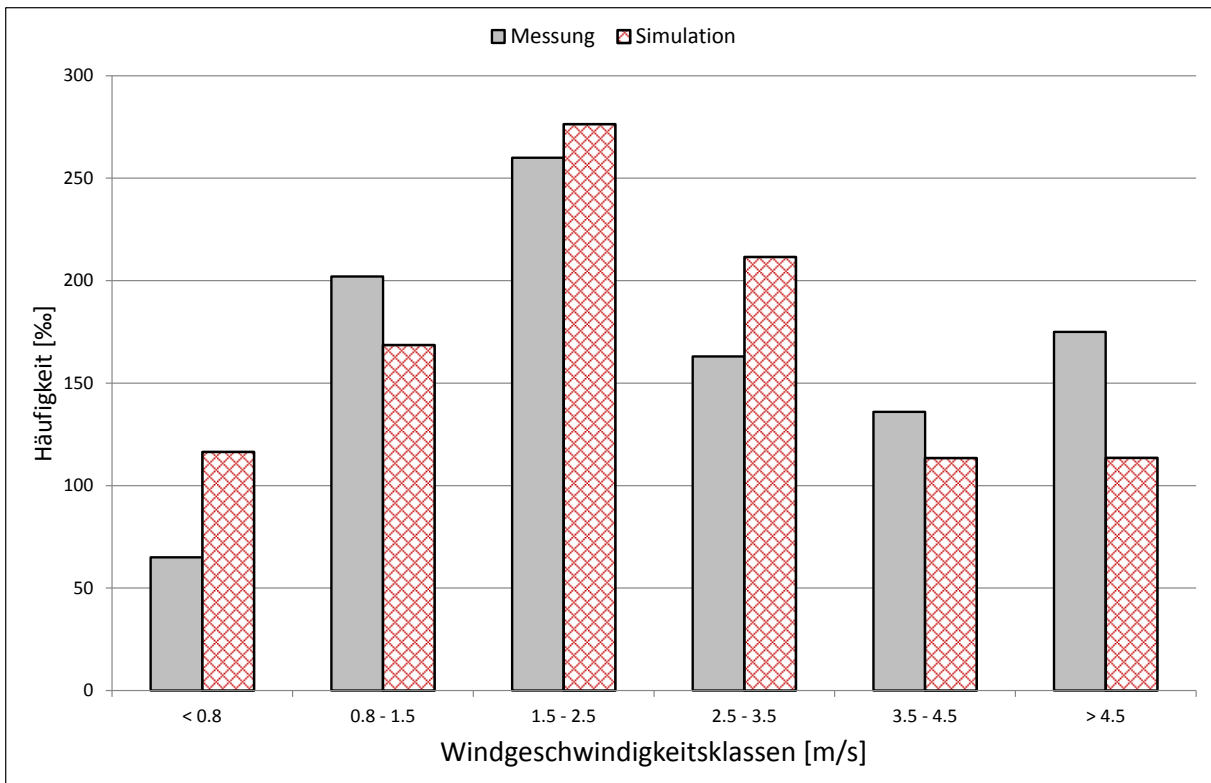


Abbildung 24: Windgeschwindigkeitsklassen Kapuzinerberg, Vergleich Messung gegen Simulation

## 6.2 Jahresmittelwert Stickstoffoxide (NO<sub>x</sub>)

Die Quellgruppe Bahn wird in der Immissionsberechnung nicht mit einbezogen. Der Grund hierfür ist die schlechte Datengrundlage dieser Quellgruppe. Die dadurch entstehende Unterschätzung in den Immissionskonzentrationen kann großflächig aufgrund der geringen Emission von rund 30 Tonnen pro Jahr vernachlässigt werden. Lokal, wie beispielsweise an Verschiebebahnhöfen, kann der Unterschied merklich größer ausfallen.

### 6.2.1 Simulationsergebnisse

In den folgenden Abbildungen werden die Ergebnisse der Modellierung der bodennahen jahresdurchschnittlichen NO<sub>x</sub>-Konzentrationen für die verschiedenen Quellgruppen dargestellt.

Die Kaminemissionen der Punktquellen verursachen in begrenzten Gebieten maximale Immissionsbelastungen über 5 µg/m<sup>3</sup>. Der Einfluss auf die urbane Grundbelastung ist jedoch gering (1-2 µg/m<sup>3</sup> in Stadt Salzburg).

Die berechneten Immissionsbelastungen durch den Flächenverkehr erreichen maximal 2-5 µg/m<sup>3</sup>, vor allem in besiedelten Gebieten. Im Stadtgebiet Salzburg trägt diese Quellgruppe praktisch nichts zur Gesamtbelastung bei, da in diesem Bereich das Straßennetz (Linienquellen) auch die Nebenstraßen erfasst.

Bei der Quellgruppe Kleinverbraucher und Haushalte treten die höchsten Konzentrationen im Stadtgebiet von Salzburg auf und betragen 10-15 µg/m<sup>3</sup>. Im Großraum übrigen Stadtgebiet liegen die Immissionen unter 10 µg/m<sup>3</sup>. In Hallein betragen die Konzentrationen 2-5 µg/m<sup>3</sup> und südlich von Hallein unter 2 µg/m<sup>3</sup>.

Bei der Quellgruppe Off-Road liegen die Konzentrationen im Großraum Salzburg und in Hallein zwischen 2-5 µg/m<sup>3</sup>. Im übrigen Gebiet liegen die Konzentrationen darunter.

Der Beitrag der Quellgruppe Pistenwalzen ist im gesamten Untersuchungsgebiet kleiner als 1 µg/m<sup>3</sup>.

Die Immissionsbeiträge durch den PKW-Verkehr zeigen typischerweise einen starken Konzentrationsgradienten in Abhängigkeit von der Entfernung zu verkehrsbelasteten Straßen. Entlang der Autobahn erreichen die Belastungen über 50 µg/m<sup>3</sup>, entlang von Hauptverkehrsstraßen 10-20 µg/m<sup>3</sup> und im gesamten Stadtgebiet von Salzburg werden flächendeckend 2-5 µg/m<sup>3</sup> modelliert. Die Immissionsbelastungen durch den LKW Verkehr zeigen ein

ähnliches Bild. Sehr hohe Belastungen treten wieder entlang der Autobahn auf, die Belastung im innerstädtischen Bereich fällt jedoch geringer aus.

Die gesamte modellierte jahresdurchschnittliche Belastung wird in Abbildung 34 dargestellt.

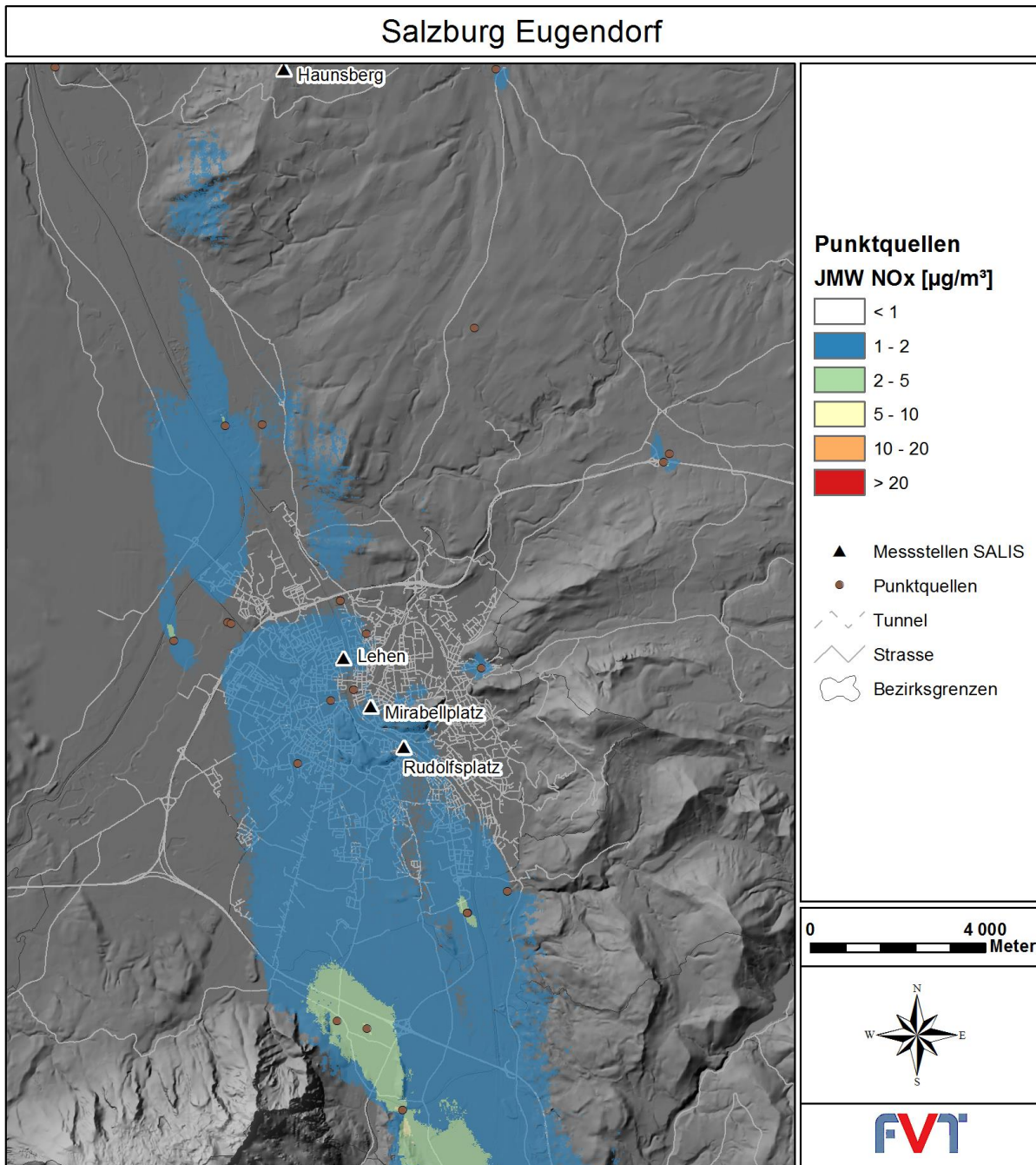


Abbildung 25: Modellierte NO<sub>x</sub>-Konzentration im Jahresmittel – Punktquellen (Gewerbe, Industrie, Heizkraftwerke, Heizwerke, Zellstoffwerk, Zementwerk)



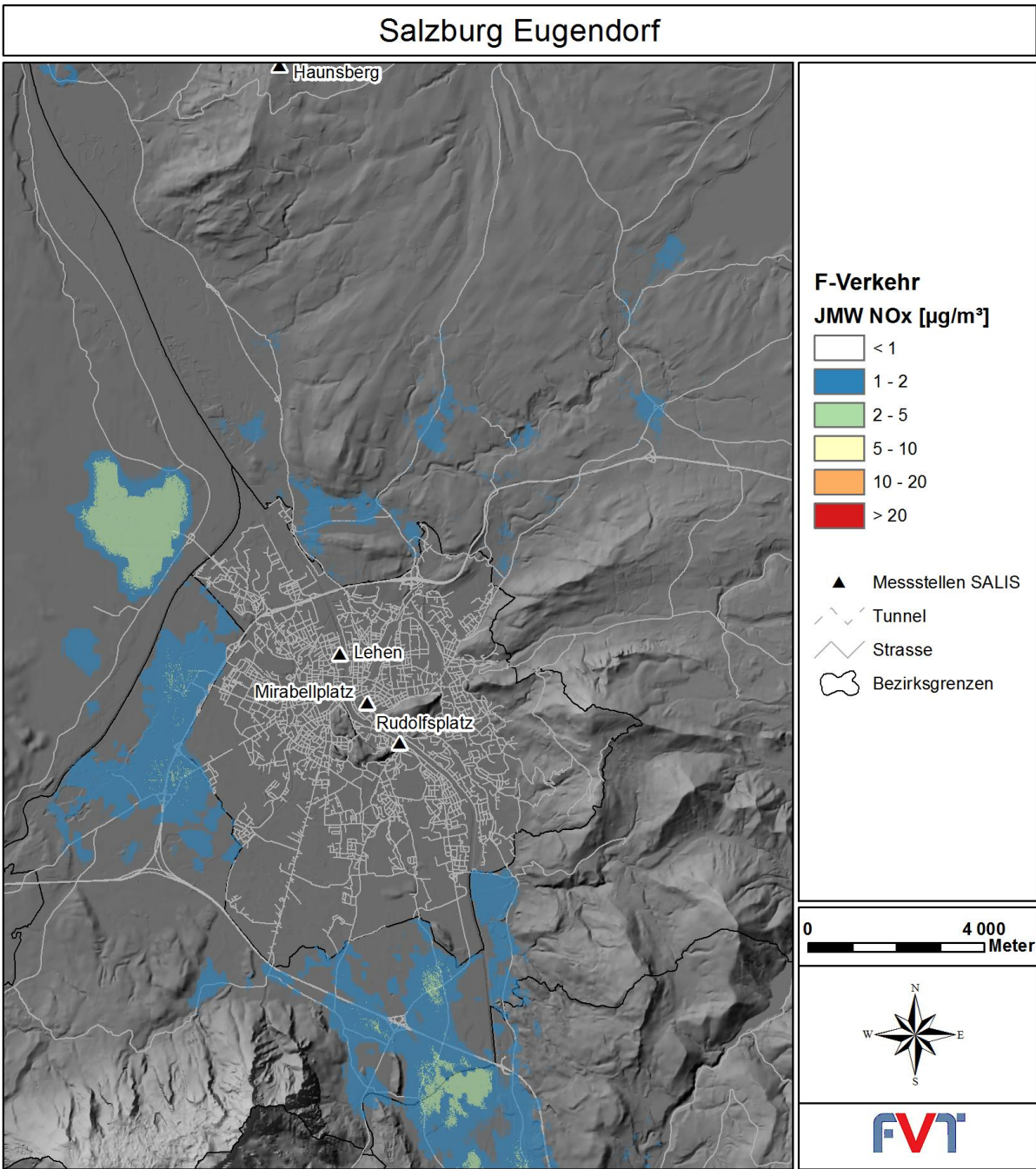


Abbildung 26: Modellierte NO<sub>x</sub>-Konzentration im Jahresmittel - Flächenverkehr

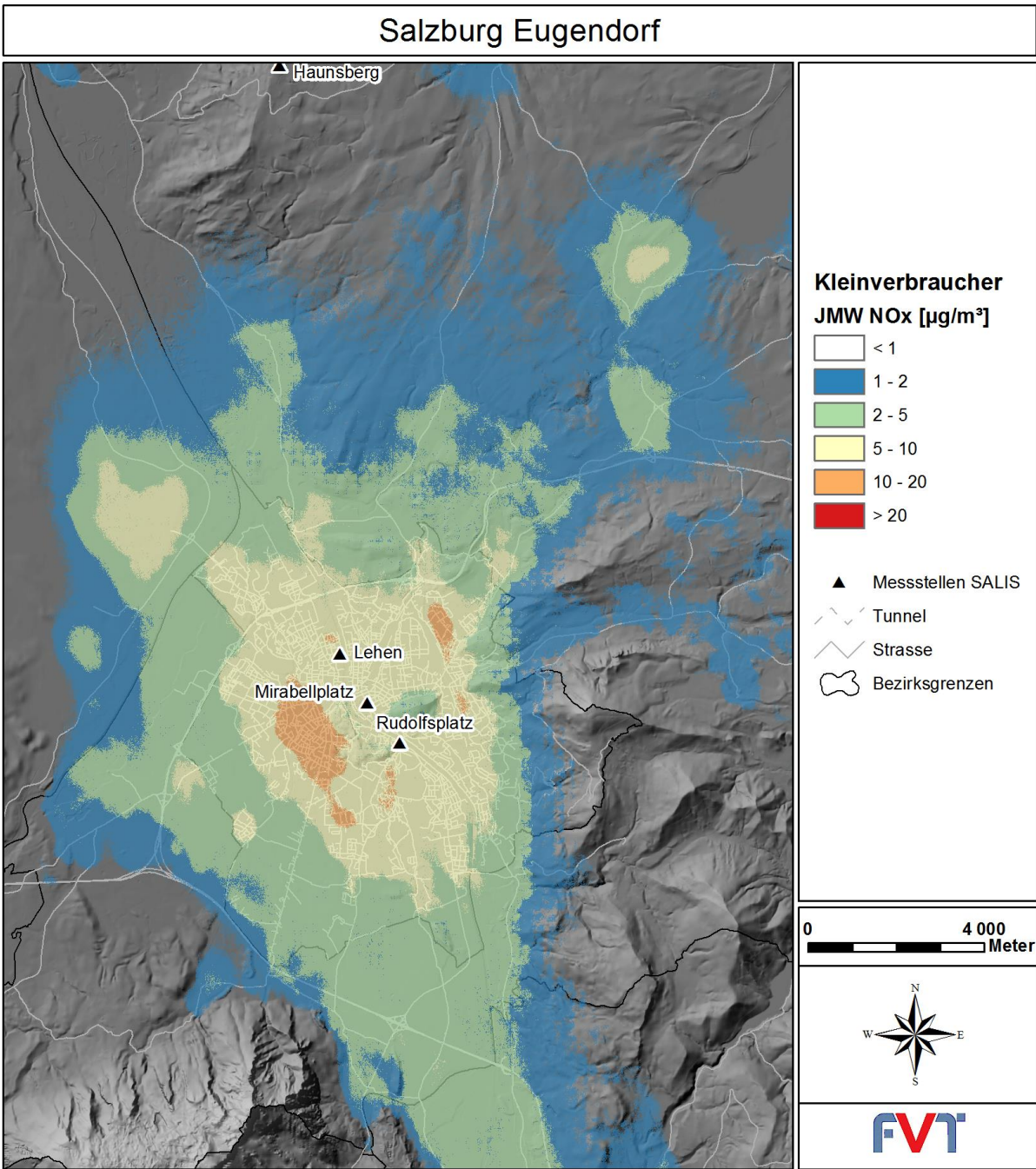


Abbildung 27: Modellierte NO<sub>x</sub>-Konzentration im Jahresmittel - Kleinverbraucher



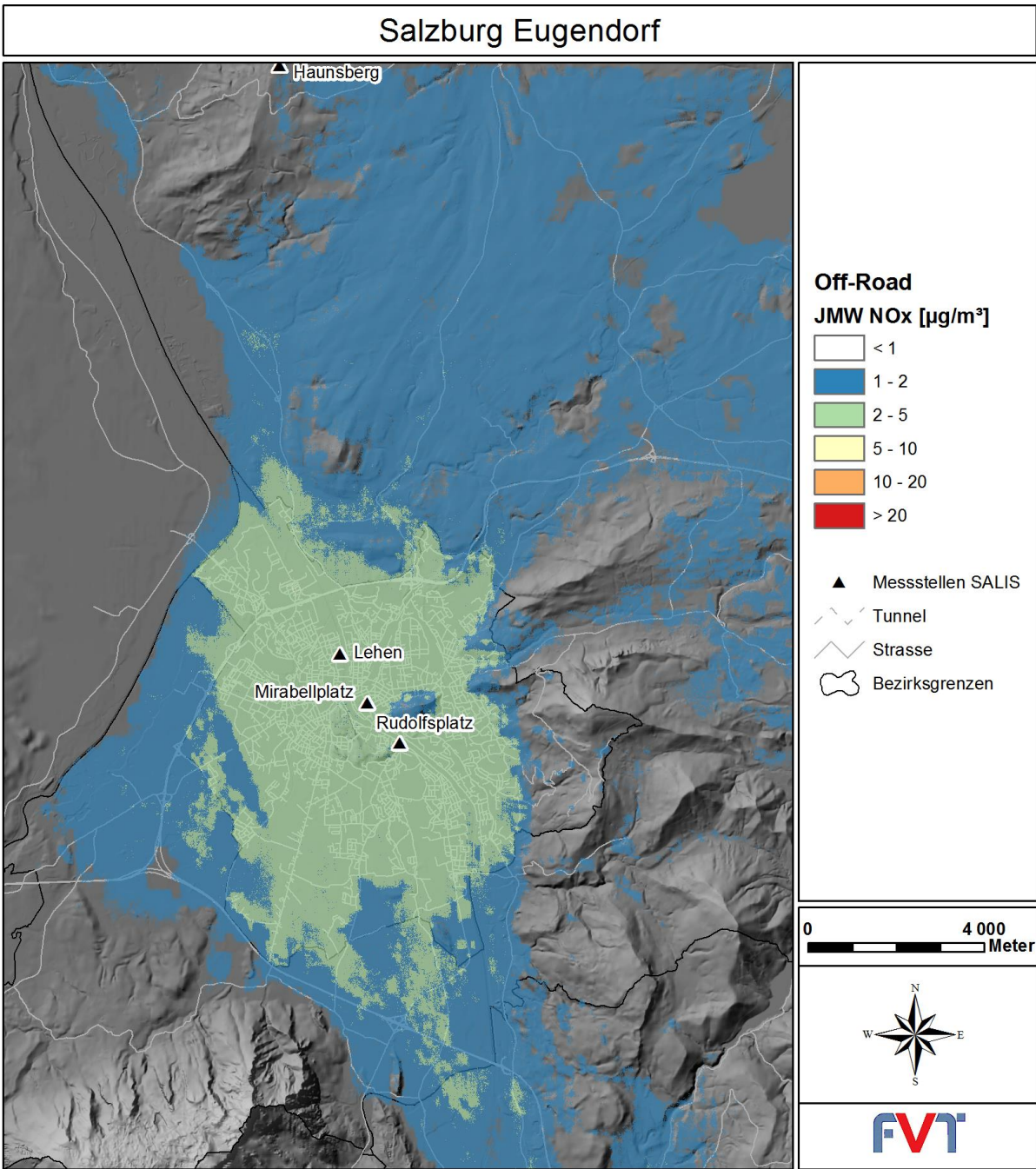


Abbildung 28: Modellierete NO<sub>x</sub>-Konzentration im Jahresmittel – Off-Road (Baumaschinen, Traktoren, ...)

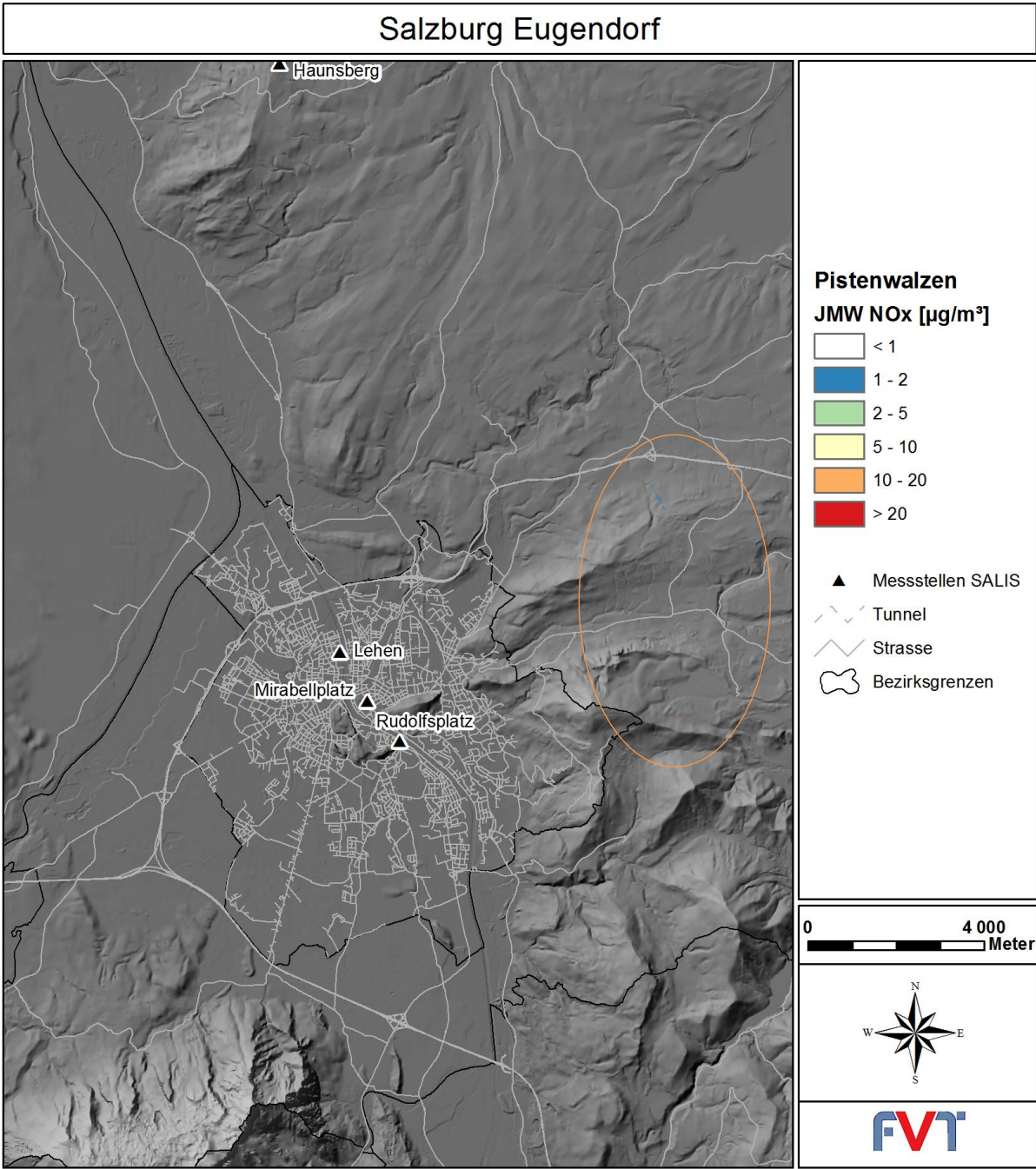


Abbildung 29: Modellierte NO<sub>x</sub>-Konzentration im Jahresmittel – Pistenwalzen (oranger Kreis)



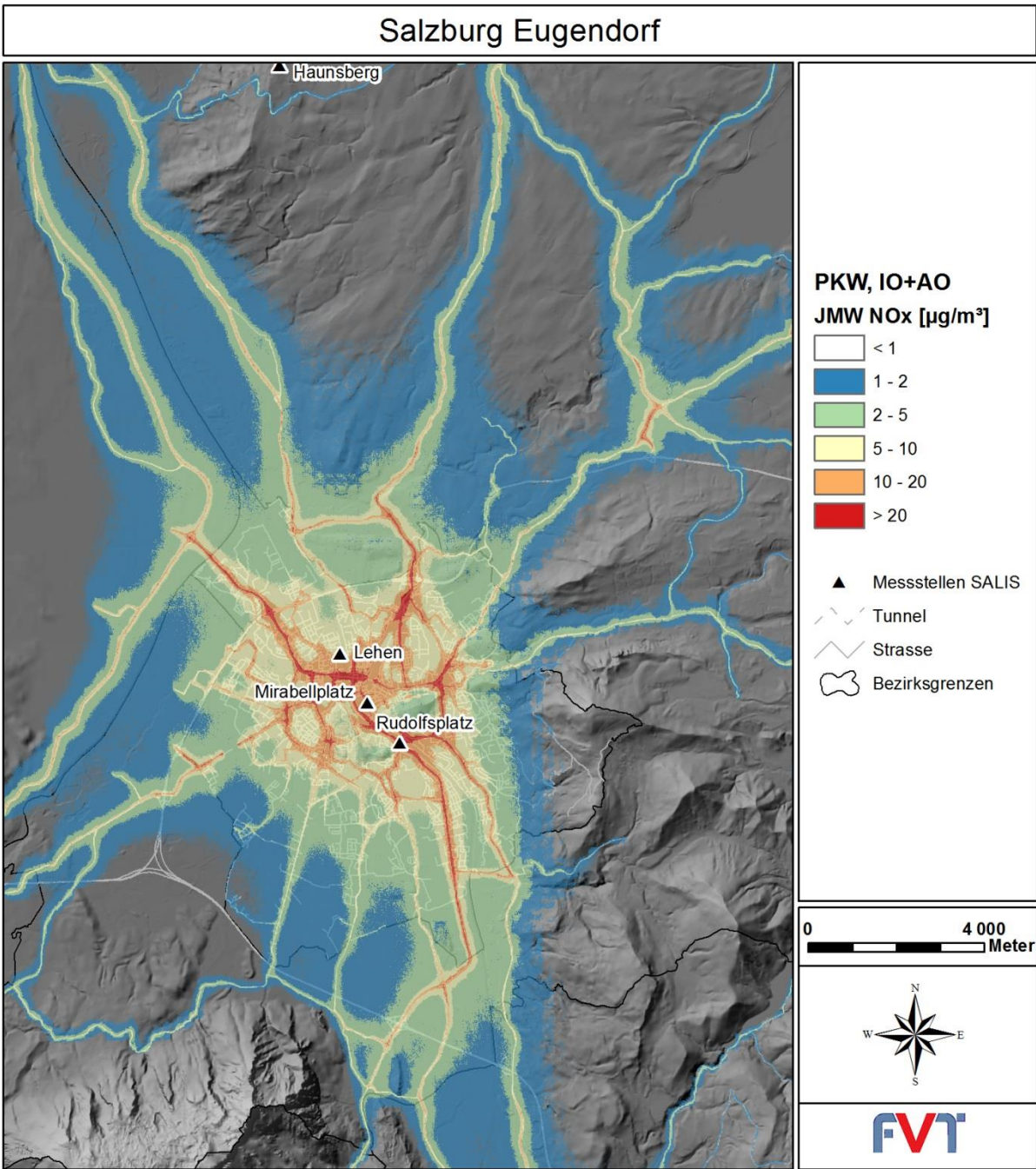


Abbildung 30: Modellierte NO<sub>x</sub>-Konzentration im Jahresmittel – PKW, Innerorts und Außerorts

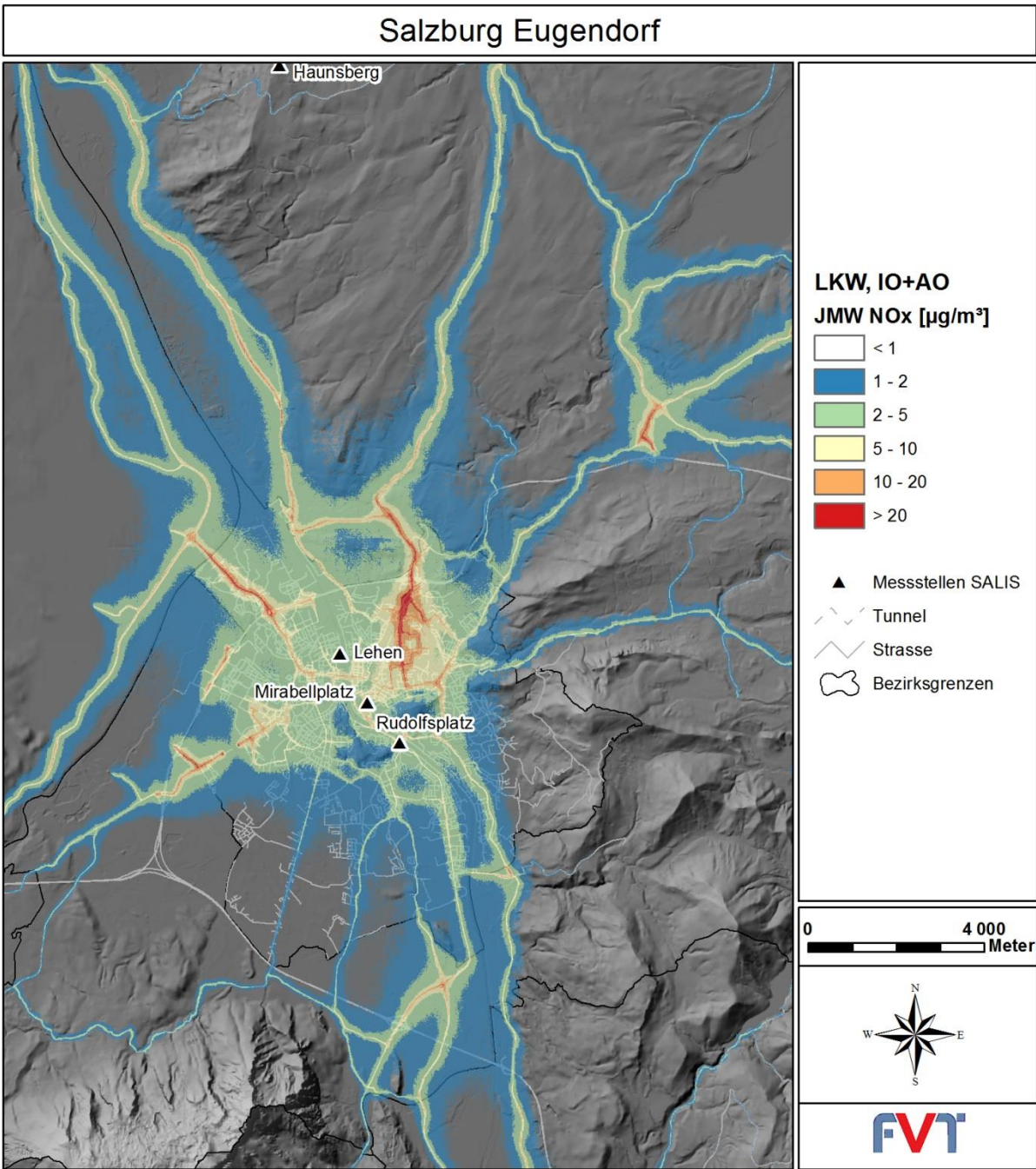


Abbildung 31: Modellierte NO<sub>x</sub>-Konzentration im Jahresmittel - LKW, Innerorts und Außerorts



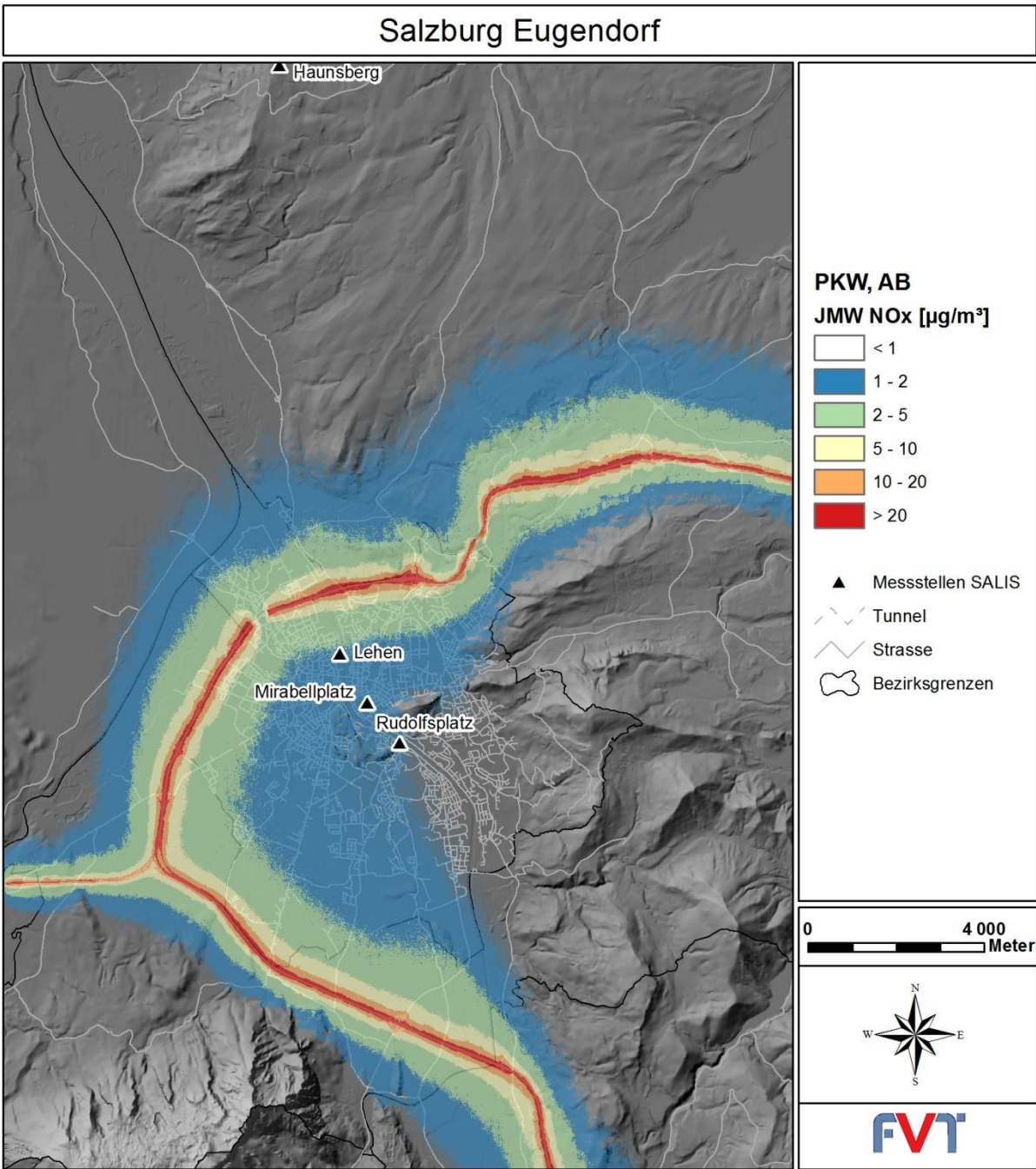


Abbildung 32: Modellierte NO<sub>x</sub>-Konzentration im Jahresmittel - PKW, Autobahn

# Salzburg Eugendorf

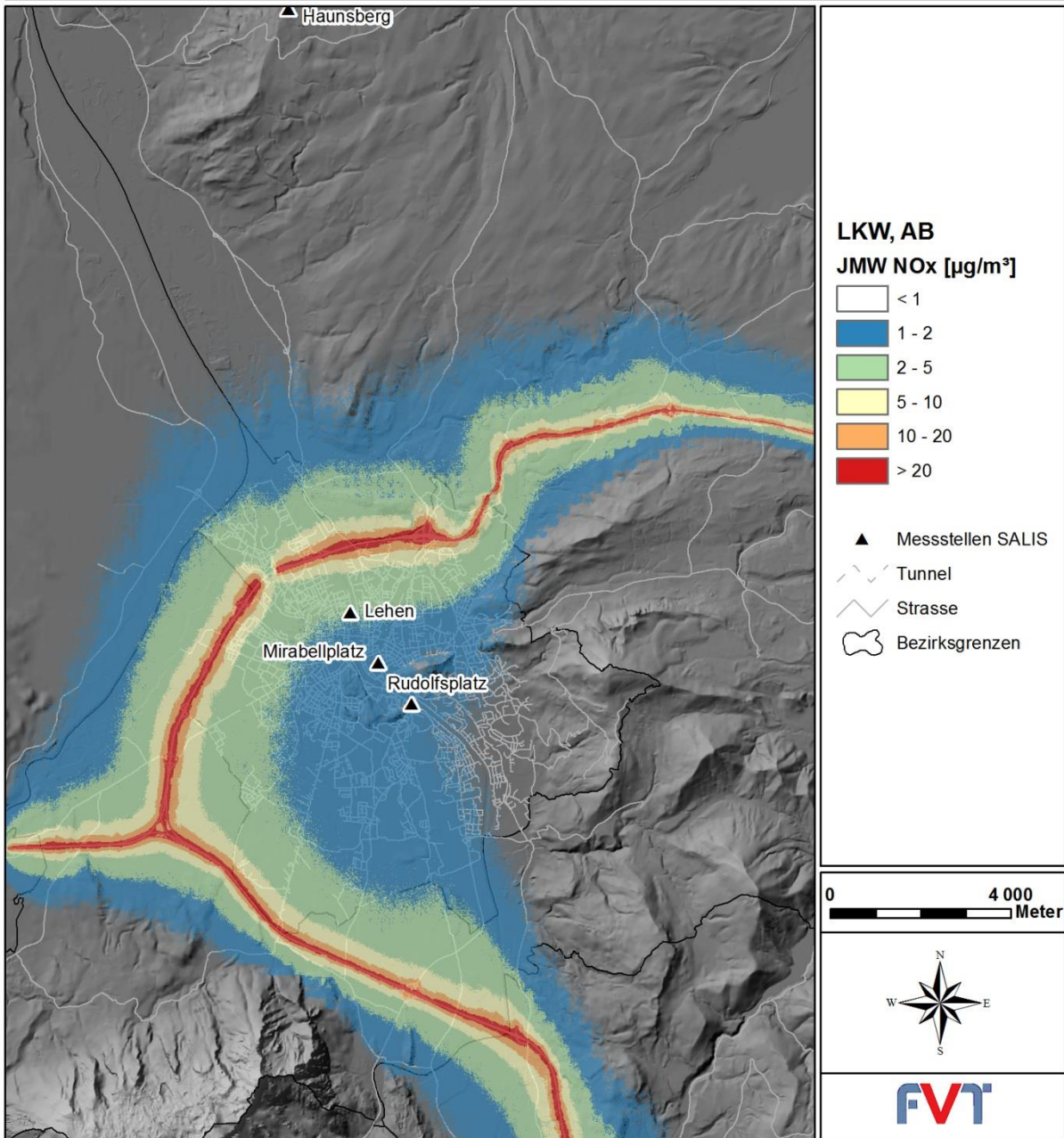


Abbildung 33: Modellierte NO<sub>x</sub>-Konzentration im Jahresmittel - LKW, Autobahn



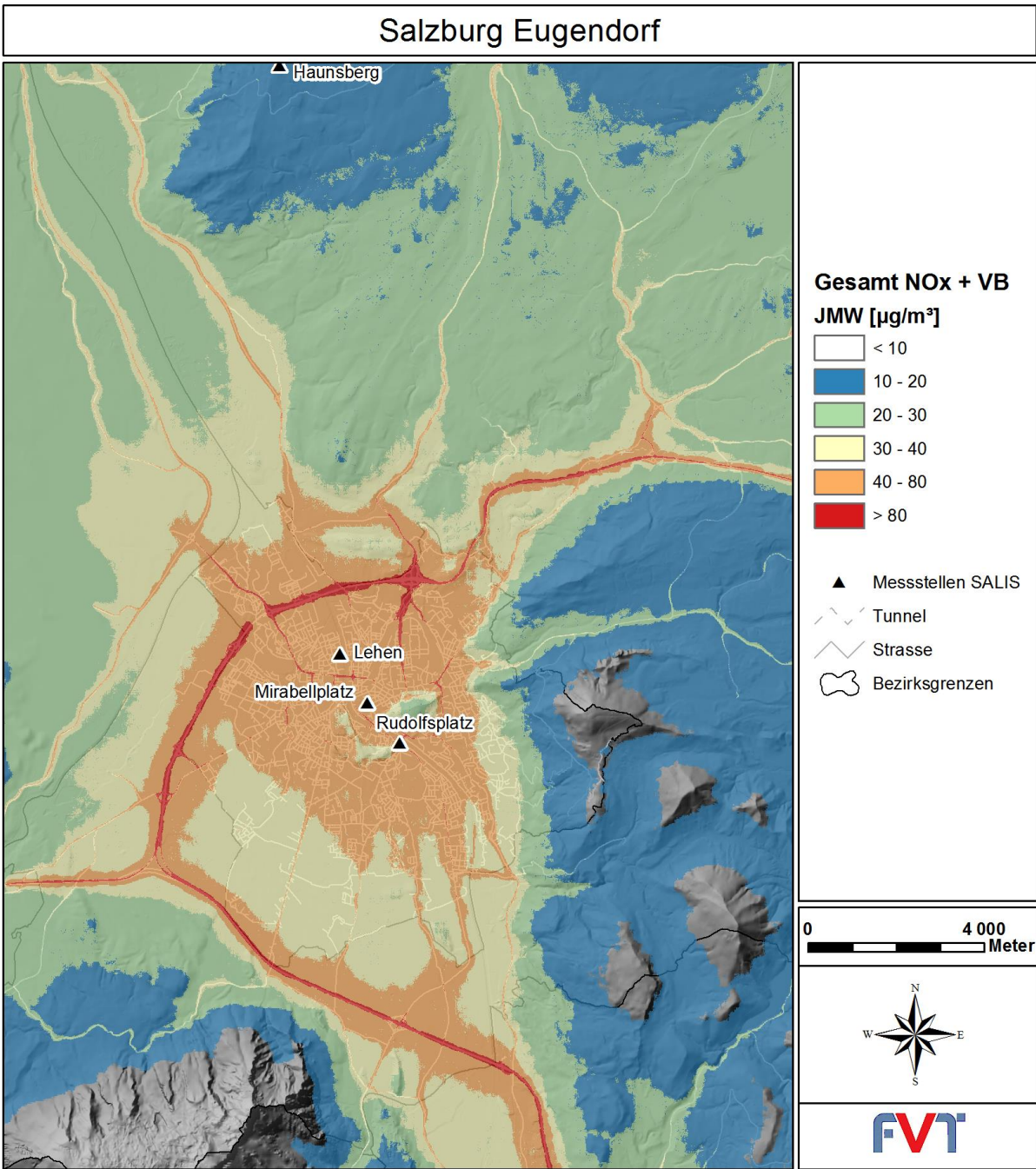


Abbildung 34: Modellierte NO<sub>x</sub>-Konzentration im Jahresmittel – Gesamtbelastung inklusive Vorbelastung

### **6.2.2 Vergleich mit Messdaten**

Abbildung 35 zeigt den Vergleich zwischen den errechneten und den gemessenen jahresdurchschnittlichen Werten bei den kontinuierlichen Messstationen.

Bei den Stationen Hausberg, Lehen und Mirabellplatz ergibt sich eine relativ gute Übereinstimmung. Bei der Station Rudolfsplatz fällt der errechnete Wert deutlich niedriger als der Messwert aus.

Für diese Unterschätzung kommen verschiedene Faktoren innerhalb der Rechenkette in Frage (Emissionen, Windfelder, Modellvereinfachungen). Eine genaue Quantifizierung der Einflussfaktoren ist jedoch nicht möglich (siehe Kapitel 7).

Zum Teil ist diese Unterschätzung darauf zurückzuführen, dass in der Modellierung weder Gebäude noch Staustunden berücksichtigt wurden. Auf stark belasteten innerstädtischen Straßen kann das zu einer Unterschätzung der durchschnittlichen Emissionen führen.



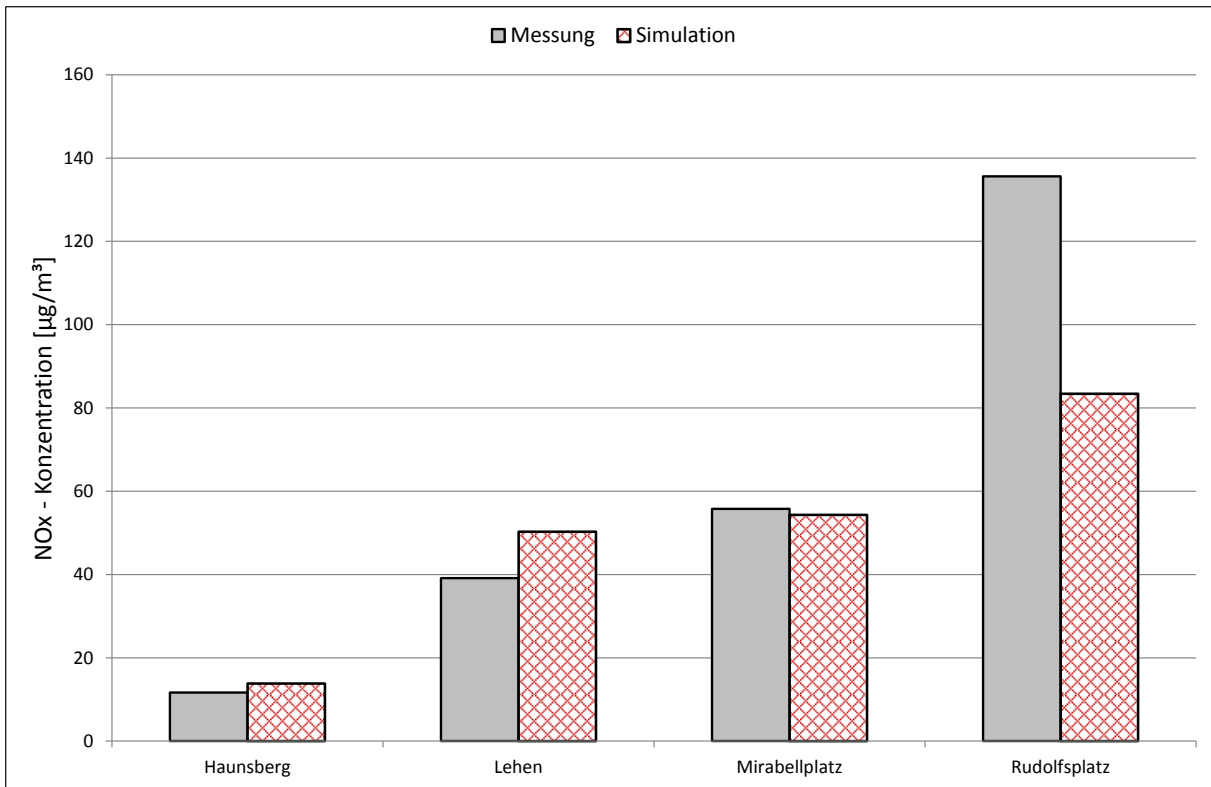


Abbildung 35: Vergleich zwischen gemessenen und modellierten NO<sub>x</sub>-Jahresmittelwerten (inklusive Vorbelastung) - (1)

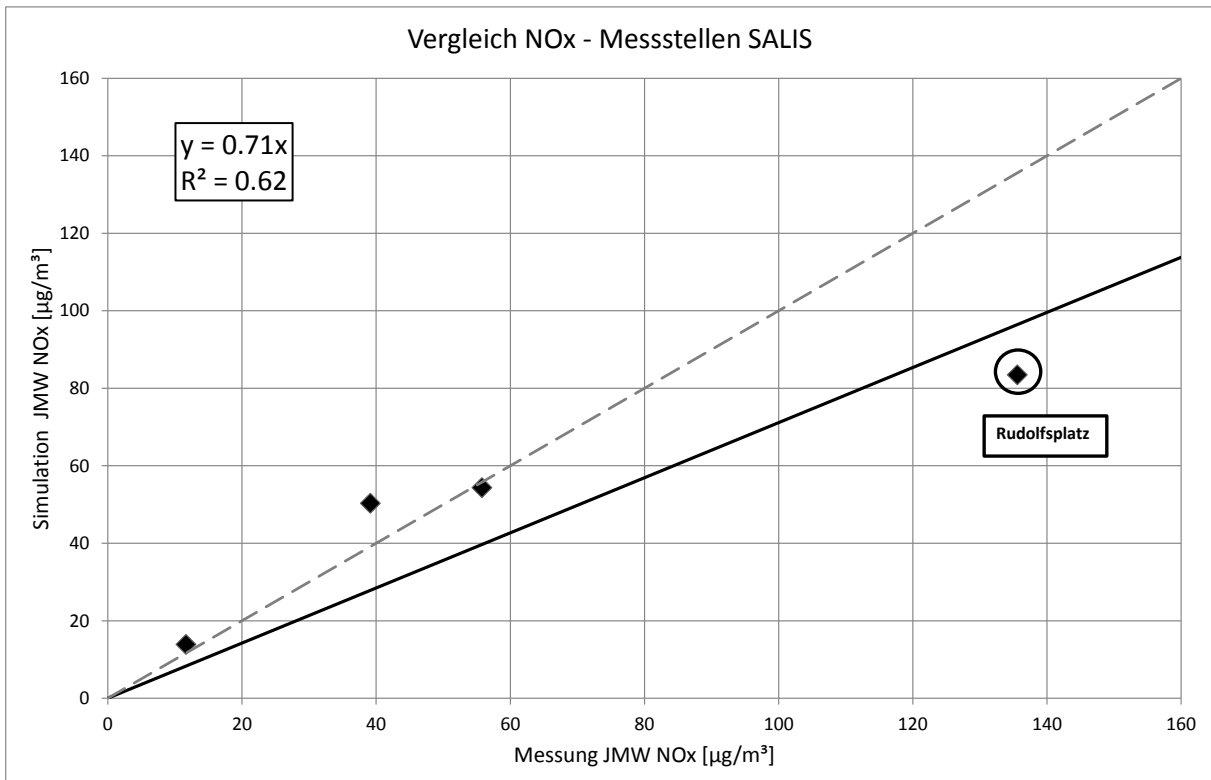


Abbildung 36: Vergleich zwischen gemessenen und modellierten NO<sub>x</sub>-Jahresmittelwerten (inklusive Vorbelastung) - (2)

### 6.2.3 Quellgruppenanteile

Die modellierten Immissionsbeiträge der einzelnen Quellgruppen für den Jahresmittelwert an NO<sub>x</sub> sind in Abbildung 37 dargestellt. Bei den meisten Stationen ist der Verkehr die dominierende Quelle.

In Abbildung 38 bis Abbildung 41 werden die Quellgruppenanteile an der jahresdurchschnittlichen NO<sub>x</sub>-Konzentration für 4 ausgewählte Messstationen ausgewertet. Der Verkehrsanteil liegt zwischen 10 % und 60 %, der Anteil der Flächenquellen zwischen 8 % und 23 % und der Anteil der Punktquellen variiert zwischen 1 % und 3 %.

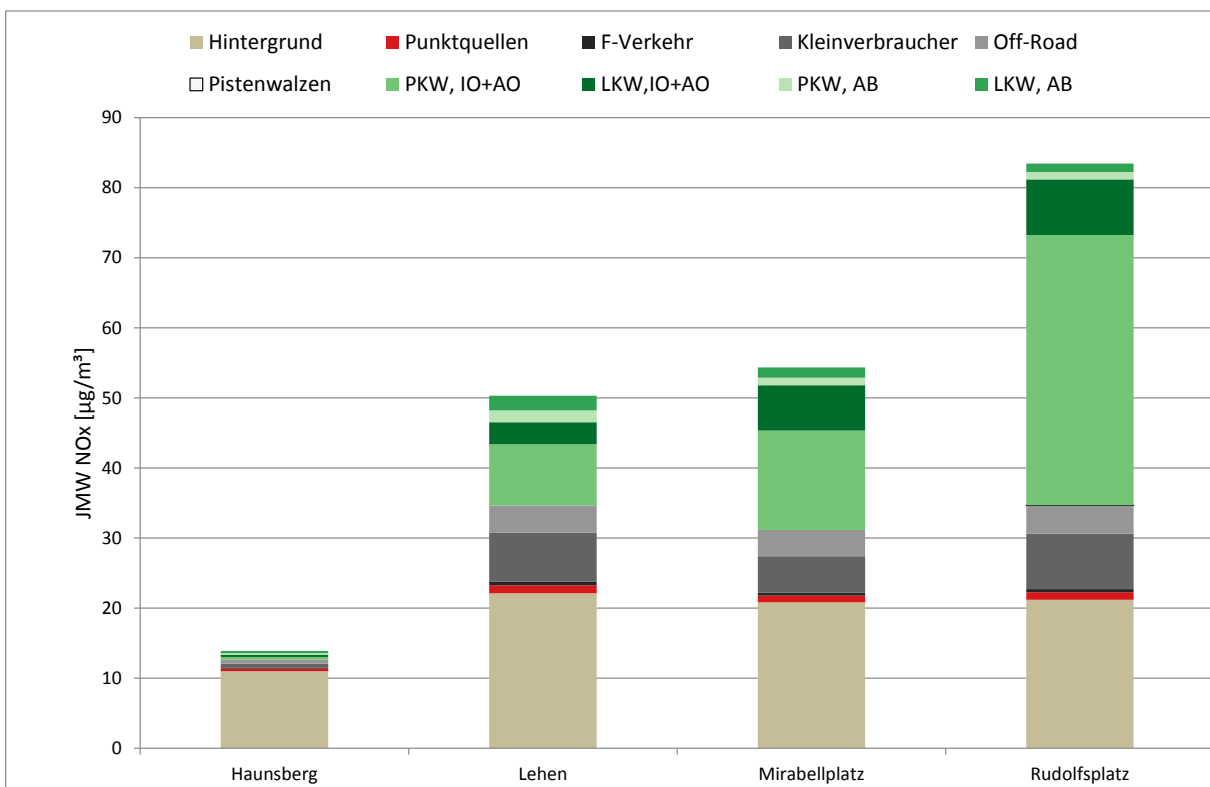


Abbildung 37: Modellierte Immissionsbeiträge der einzelnen Quellgruppen - JMW NO<sub>x</sub>

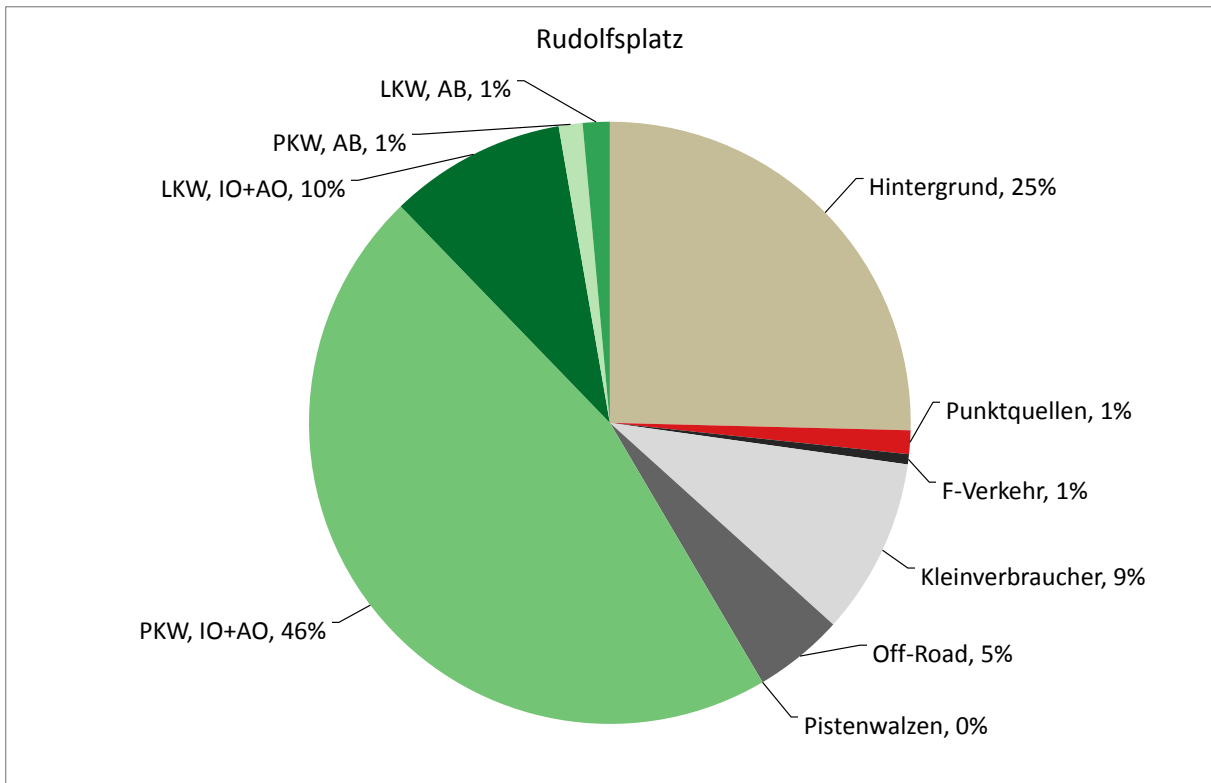


Abbildung 38: Berechnete Anteile der Quellgruppen an der jahresdurchschnittlichen NO<sub>x</sub>-Konzentration – Rudolfplatz

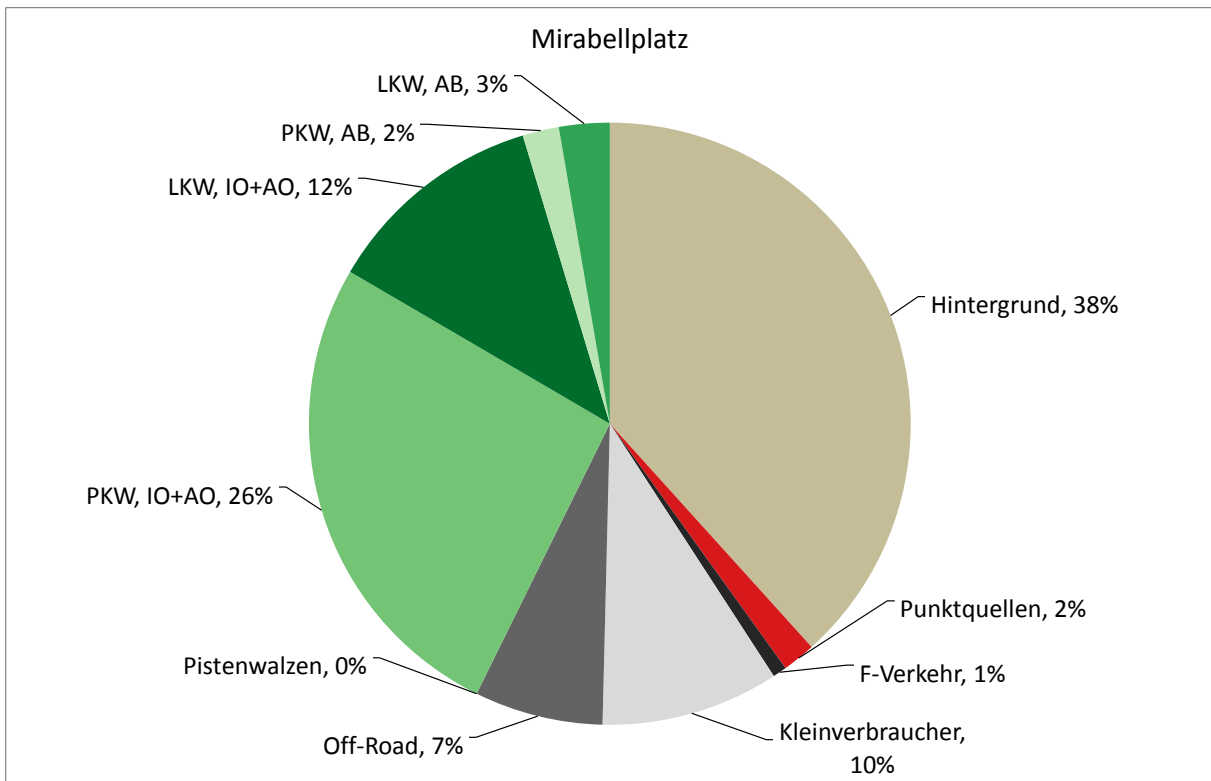


Abbildung 39: Berechnete Anteile der Quellgruppen an der jahresdurchschnittlichen NO<sub>x</sub>-Konzentration – Mirabellplatz

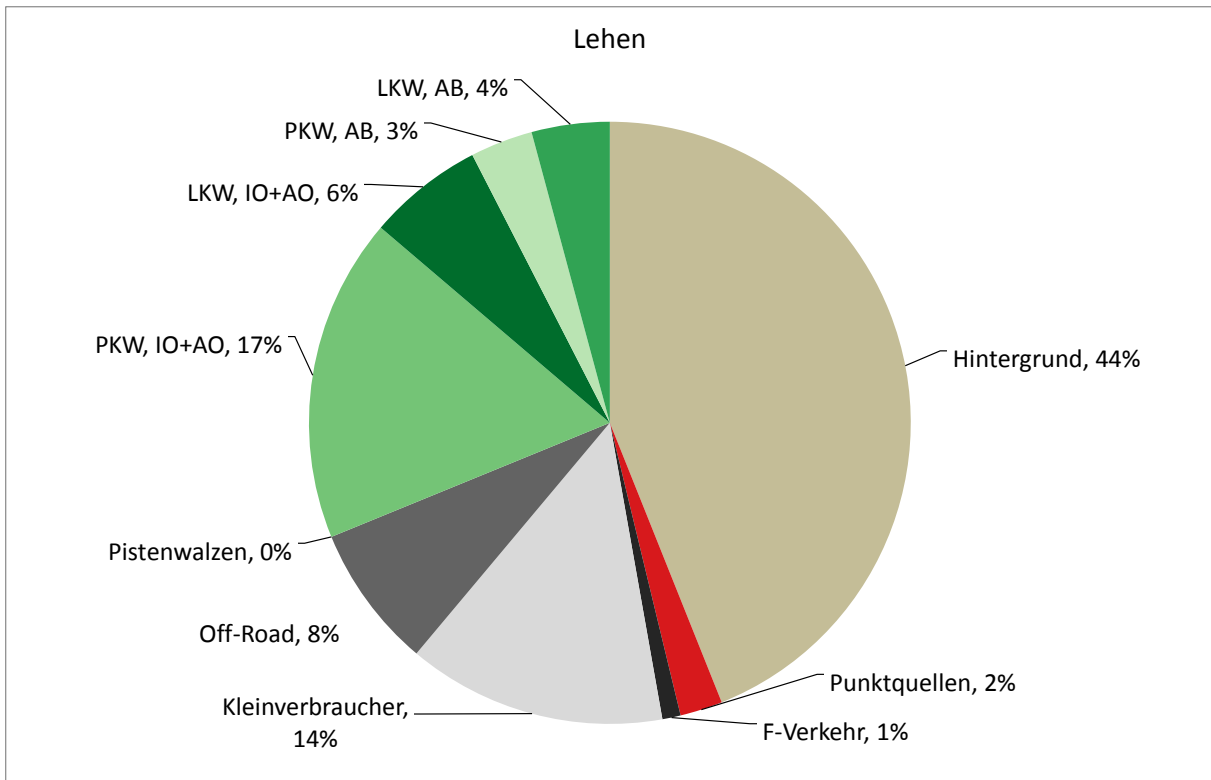


Abbildung 40: Berechnete Anteile der Quellgruppen an der jahresdurchschnittlichen NO<sub>x</sub>-Konzentration – Lehen

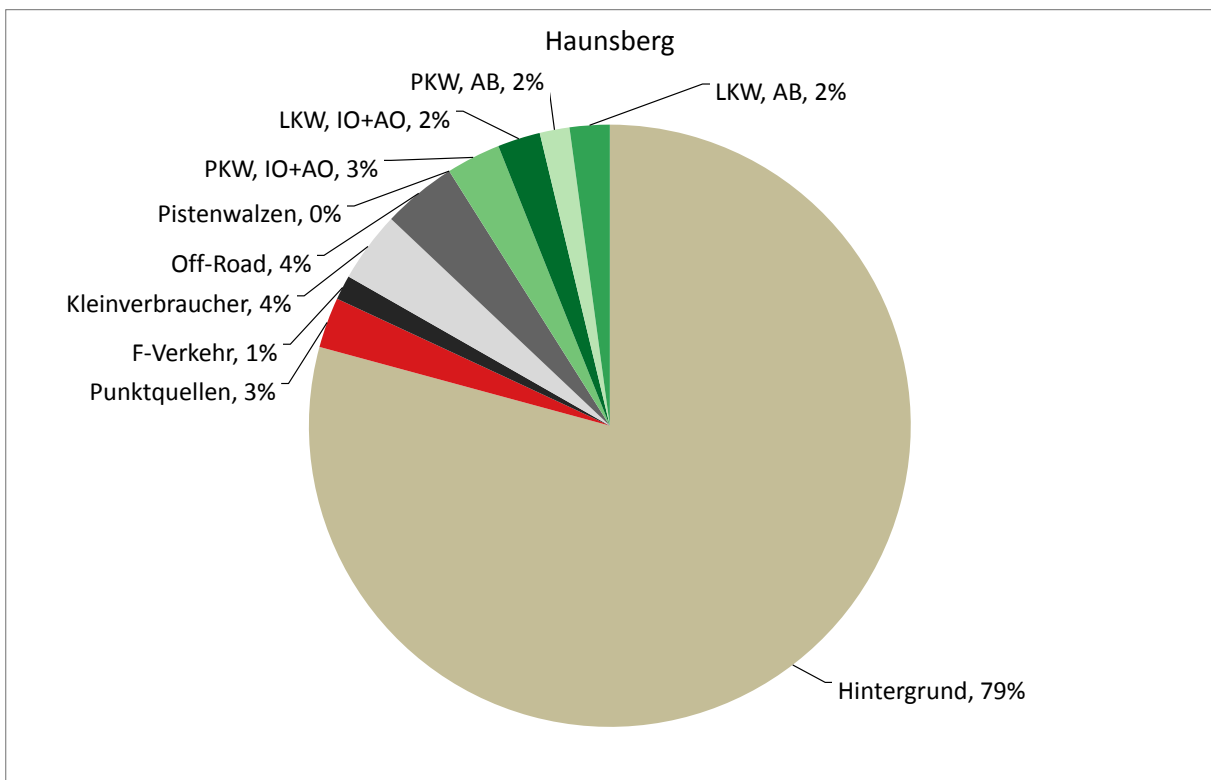


Abbildung 41: Berechnete Anteile der Quellgruppen an der jahresdurchschnittlichen NO<sub>x</sub>-Konzentration – Haunsberg

## **6.3 Jahresmittelwert Stickstoffdioxid (NO<sub>2</sub>)**

Zur Berechnung der jahresdurchschnittlichen NO<sub>2</sub>-Belastung wurde die Umwandlungsfunktion nach Romberg verwendet (Kapitel 4.2.5).

### **6.3.1 Simulationsergebnisse**

Das Ergebnis für den Jahresmittelwert an NO<sub>2</sub> ist in Abbildung 42 dargestellt. Die höchsten Belastungen über 40 µg/m<sup>3</sup> treten entlang der Tauernautobahn, der West-Autobahn und einigen Hauptverkehrsstraßen auf und. Im Großteil der Salzburger Innenstadt betragen die Belastungen über 30 µg/m<sup>3</sup>, außer beim Kapuzinerberg und Mönchsberg.

Im Bereich des Talbodens bis Hallein wurde ein Jahresmittelwert von 20-30 µg/m<sup>3</sup> modelliert. In höheren Lagen nimmt die Belastung deutlich ab. Ab ca. 800 m Seehöhe beträgt die Belastung weniger als 10 µg/m<sup>3</sup>.

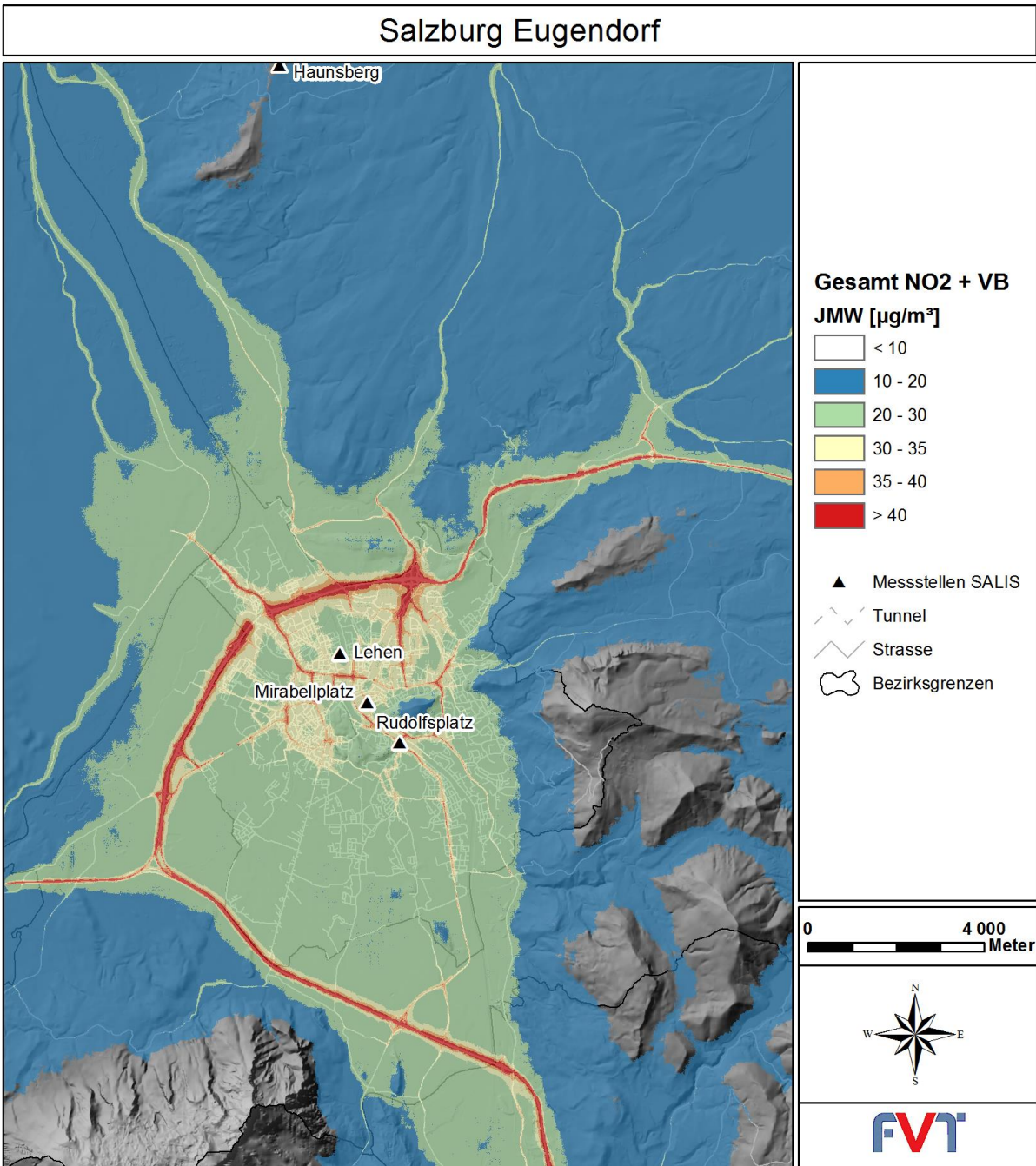


Abbildung 42: Modellierter NO<sub>2</sub>-Konzentration im Jahresmittel – Gesamtbelastung inklusive Vorbelastung

### 6.3.2 Vergleich mit Messdaten

In Abbildung 43 und Abbildung 44 werden die berechneten jahresdurchschnittlichen NO<sub>2</sub>-Konzentrationen mit den Messwerten der kontinuierlichen Luftgütemessstationen im Untersuchungsgebiet verglichen. Bei der Station Rudolfsplatz ergibt sich eine Unterschätzung des Modelles. Bei den restlichen Stationen passen Simulation und Messung sehr gut überein.

Neben den Daten der kontinuierlichen Messstationen standen die Ergebnisse der NO<sub>2</sub>-Passivsammler (siehe Abbildung 53) zur Verfügung. In Abbildung 45 und Abbildung 46 werden die Simulationsergebnisse mit diesen Messwerten aus dem Jahr 2010 verglichen. Insgesamt ergibt sich, vor allem bei den höher belasteten Standorten, eine leichte Unterschätzung des Modells.

Für diese Unterschätzung kommen verschiedene Faktoren innerhalb der Rechenkette in Frage (Emissionen, Windfelder, Modellvereinfachungen). Eine genaue Quantifizierung der Einflussfaktoren ist jedoch nicht möglich (siehe Kapitel 7).

Bei innerstädtischen Standorten ist die Unterschätzung zum Teil darauf zurückzuführen, dass bei dieser Modellierung keine Gebäude berücksichtigt wurden. Außerdem wurden bei der Berechnung der Verkehrsemissionen die Staustunden nicht berücksichtigt. Auf stark belasteten innerstädtischen Straßen kann das zu einer Unterschätzung der durchschnittlichen Emissionen führen.

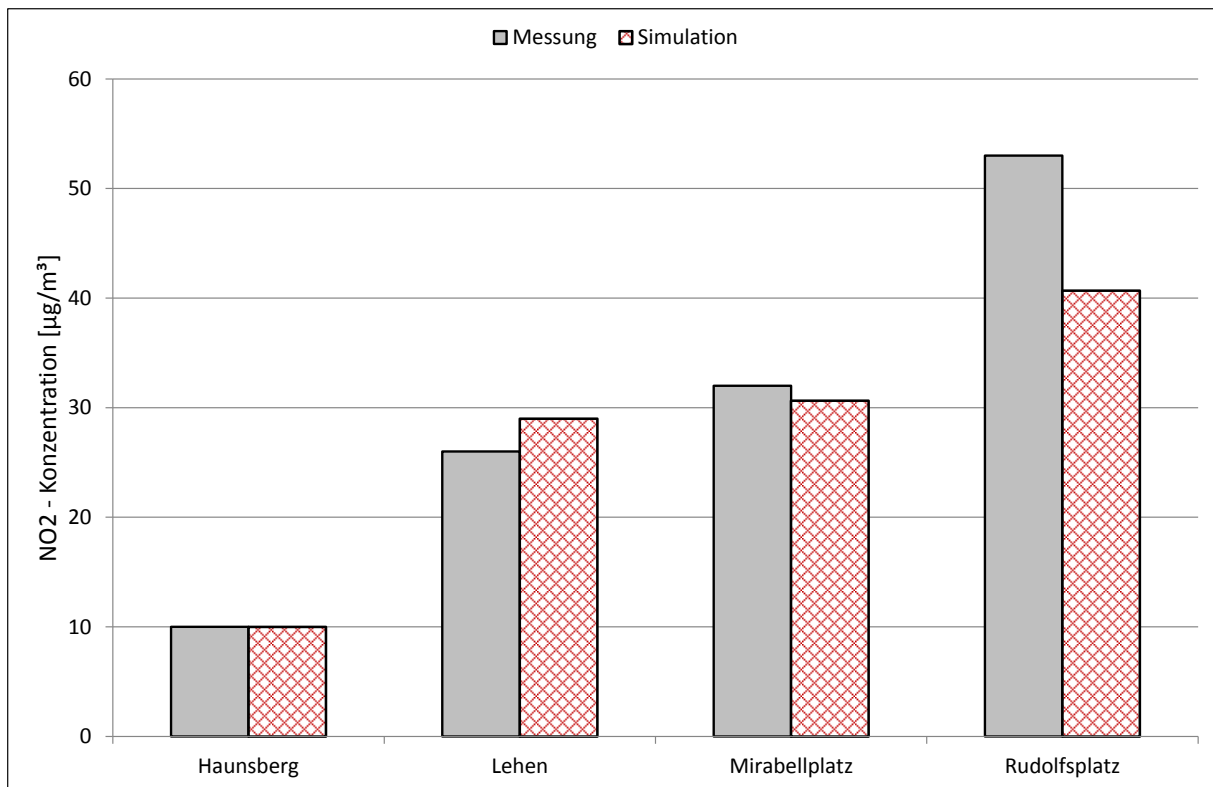


Abbildung 43: Vergleich zwischen gemessenen und modellierten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerten - (1)

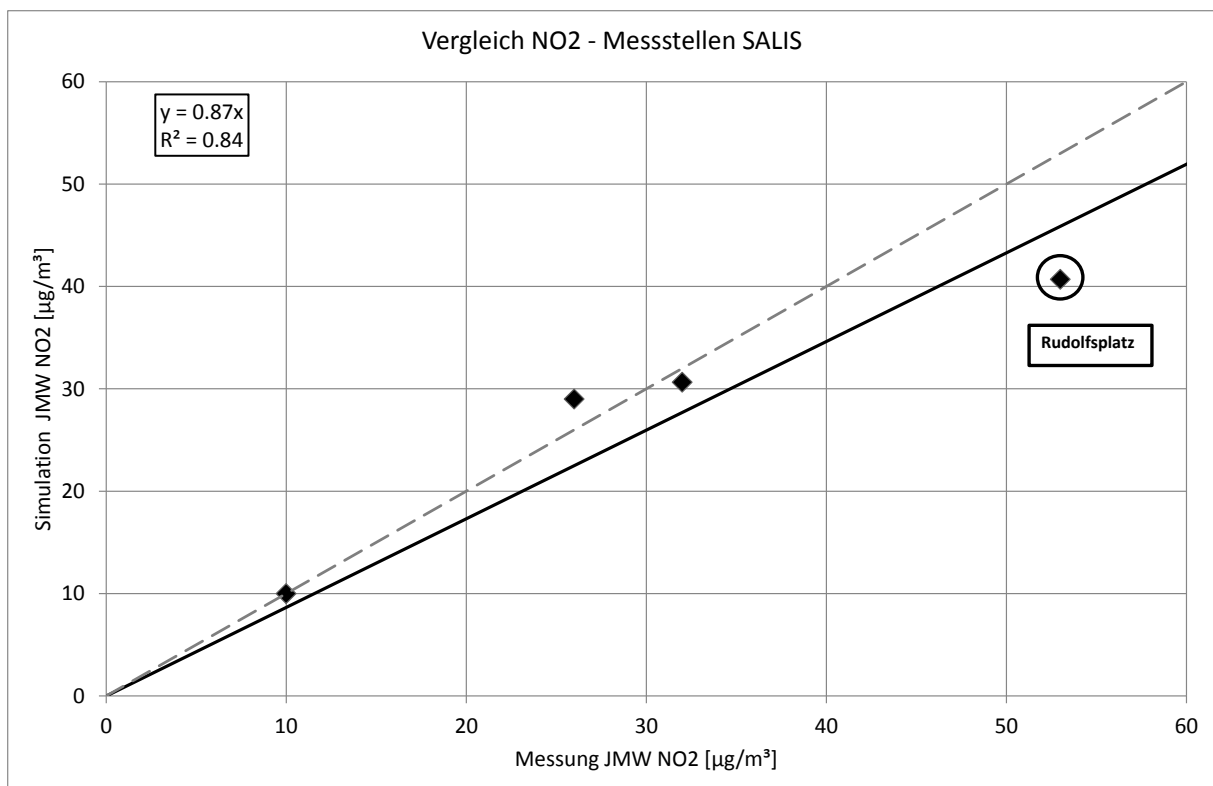


Abbildung 44: Vergleich zwischen gemessenen und modellierten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerten - (2)



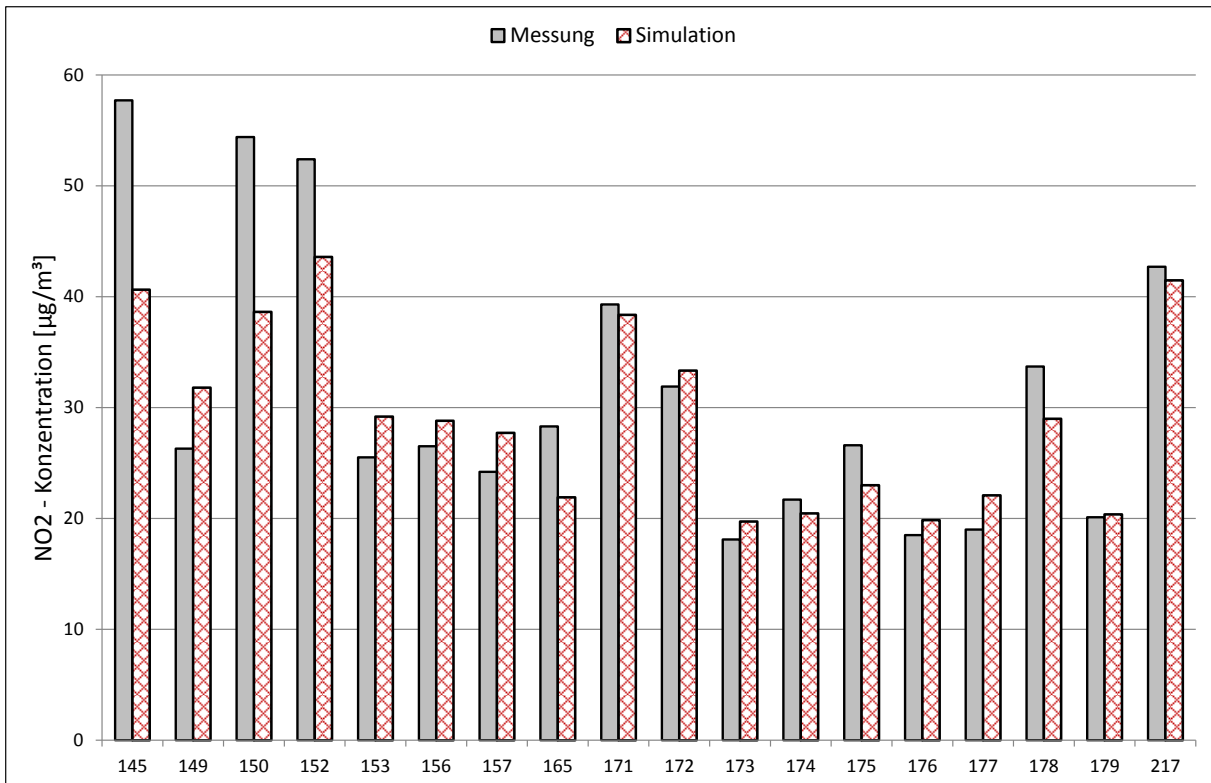


Abbildung 45: Vergleich zwischen gemessenen und modellierten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerten - Passivsammler - (1)

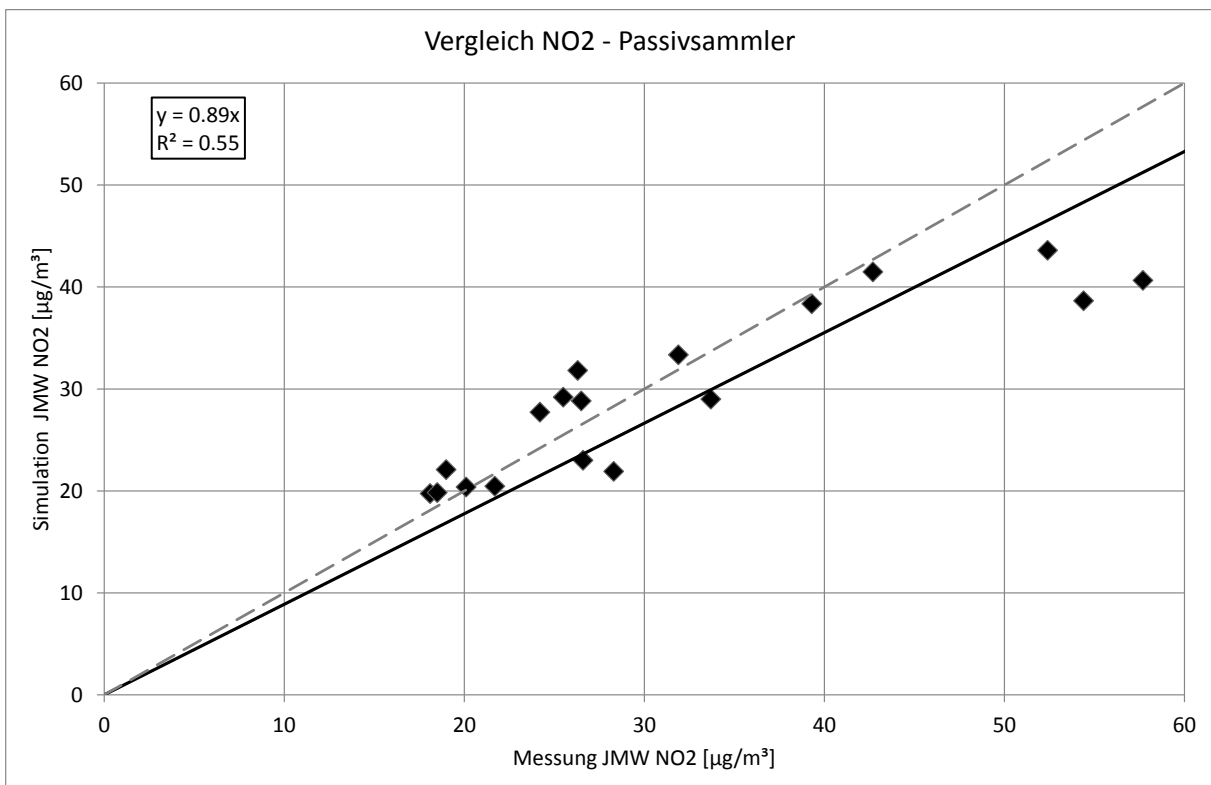


Abbildung 46: Vergleich zwischen gemessenen und modellierten NO<sub>2</sub>-Jahresmittelwerten - Passivsammler - (2)

### 6.3.3 Gebiet mit Grenzwertüberschreitungen

Die Ausbreitungsrechnungen können auch dazu verwendet werden, die Flächen auszuwerten, welche von Grenzwertüberschreitungen betroffen sind. Im Gebiet, das eine Gesamtfläche von 468 km<sup>2</sup> aufweist, wird der Wert von 30 µg/m<sup>3</sup> auf einer Fläche von 25 km<sup>2</sup> überschritten. 35 µg/m<sup>3</sup> werden auf einer Fläche von 9 km<sup>2</sup> überschritten. 40 µg/m<sup>3</sup> werden auf einer Fläche von 4 km<sup>2</sup> überschritten.

Tabelle 9: Gebiet mit Grenzwertüberschreitungen für den JMW NO<sub>2</sub>

JMW	km <sup>2</sup>	Prozent
< 30 [µg/m <sup>3</sup> ]	442	94 %
30 - 35 [µg/m <sup>3</sup> ]	16	3 %
35 - 40 [µg/m <sup>3</sup> ]	5	1 %
> 40 [µg/m <sup>3</sup> ]	4	1 %

## 6.4 Maximaler Tagesmittelwert an NO<sub>x</sub>

### 6.4.1 Simulationsergebnisse

Das Ergebnis für den maximalen Tagesmittelwert an NO<sub>x</sub> ist in Abbildung 42 dargestellt. Die höchsten Belastungen treten entlang der Tauernautobahn und der West-Autobahn auf. In einigen Bereichen der Innenstadt liegen die Belastungen über 100 µg/m<sup>3</sup>.

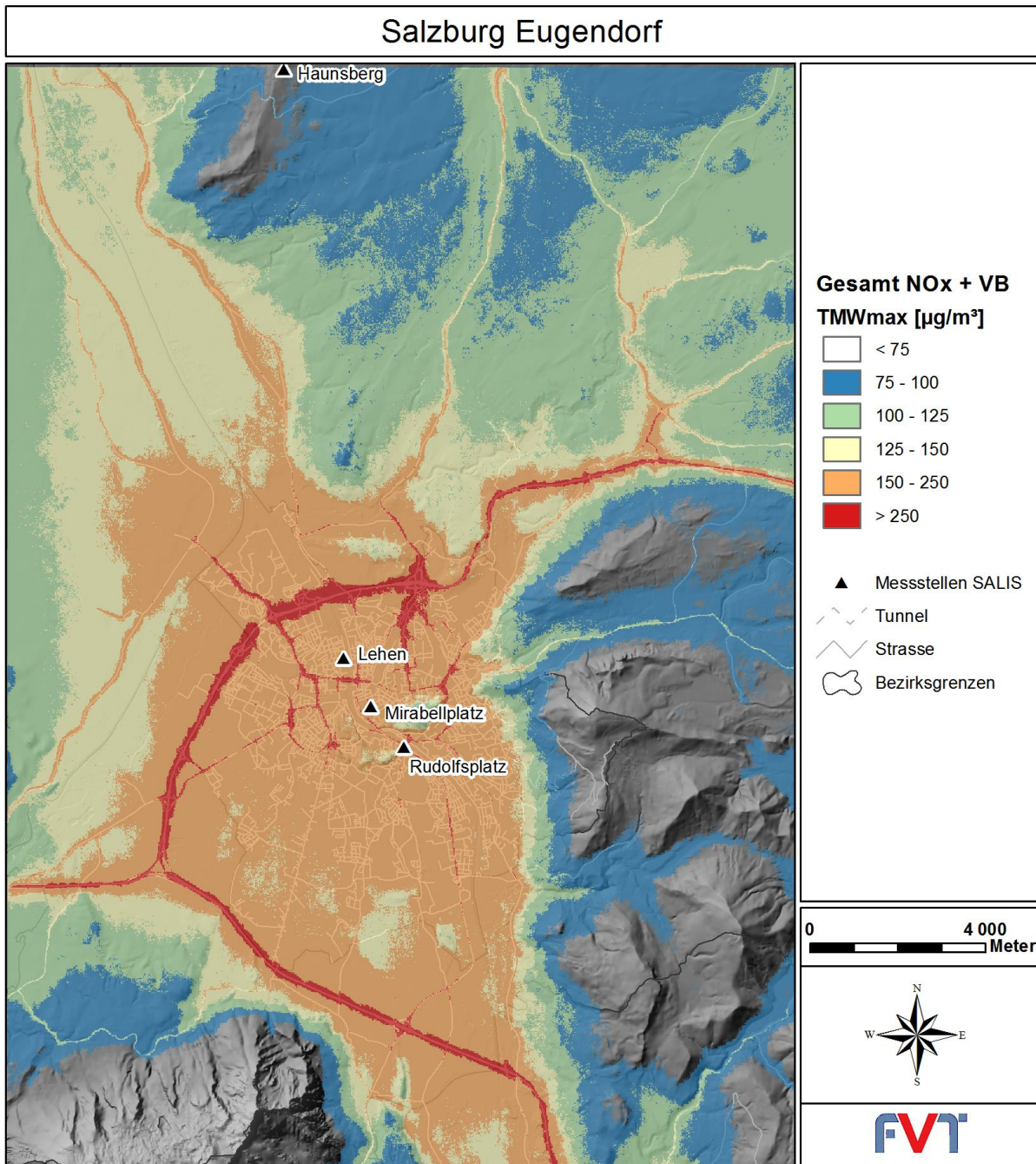


Abbildung 47: Modellierter NO<sub>x</sub>-Konzentration für den maximalen Tagesmittelwert – Gesamtbelastung inklusive Vorbelastung

### **6.4.2 Vergleich mit Messdaten**

Abbildung 48 zeigt den Vergleich zwischen den errechneten und den gemessenen Werten für den maximalen Tagesmittelwert an  $\text{NO}_x$  bei den kontinuierlichen Messstationen. Die Steigung der Trendgeraden in Abbildung 49 zeigt, dass die Simulation die Messergebnisse gut abbildet. Bei der Station Rudolfsplatz unterschätzt das Modell etwas. Mögliche Gründe für die Unterschätzung wurden bereits vorher angeführt.

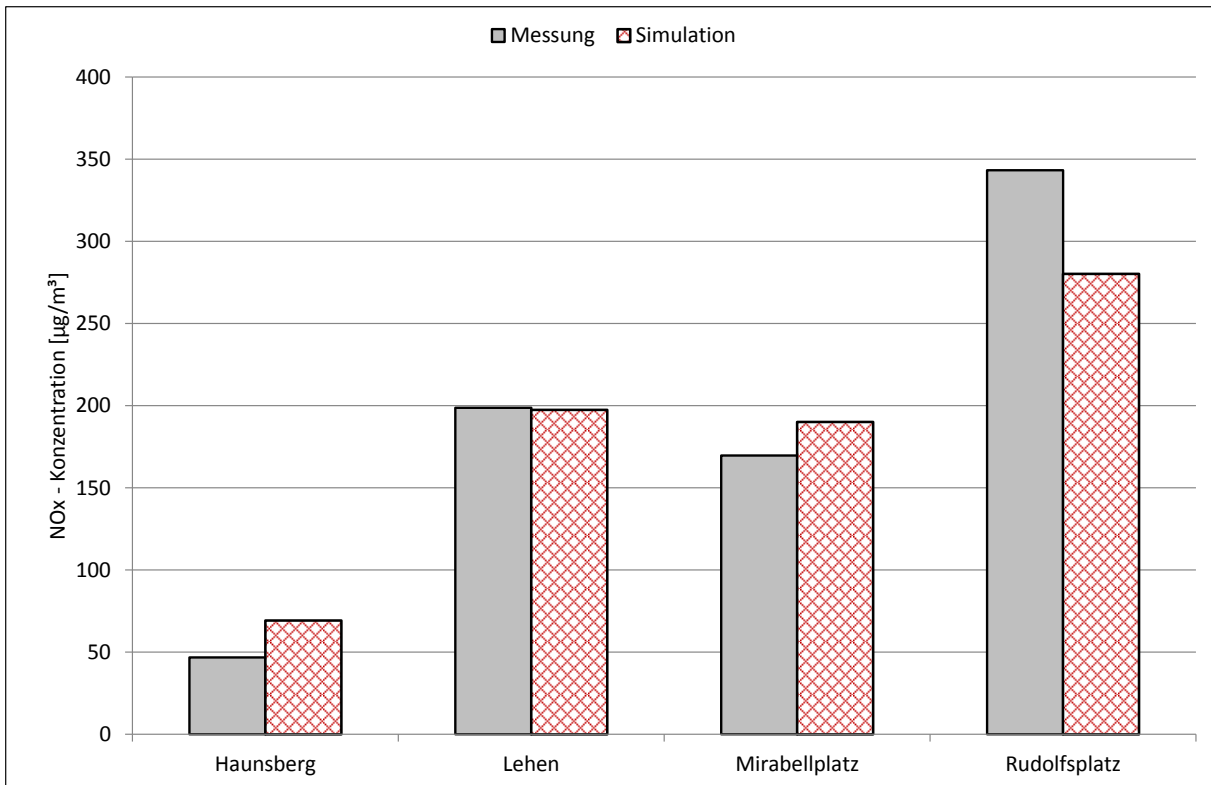


Abbildung 48: Vergleich zwischen gemessenem und modelliertem  $\text{NO}_x\text{-TMW}_{\max}$  (inklusive Vorbelastung) –(1)

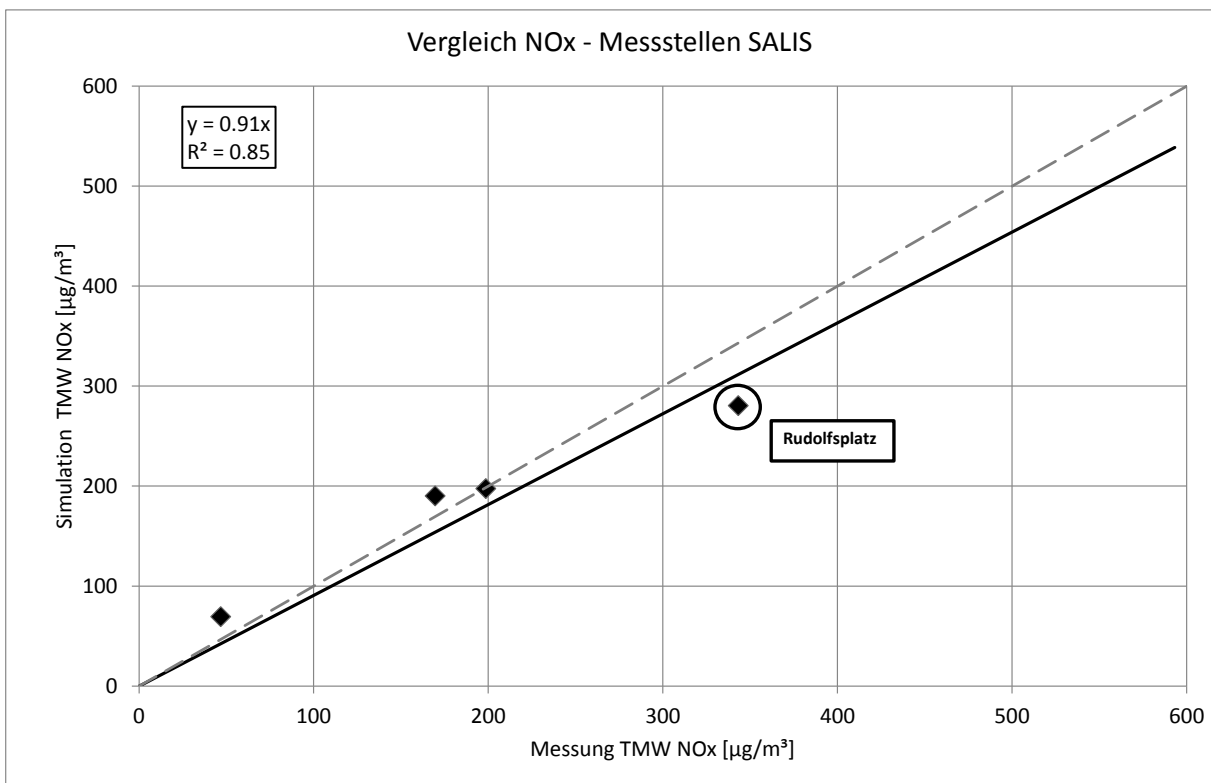


Abbildung 49: Vergleich zwischen gemessenem und modelliertem  $\text{NO}_x\text{-TMW}_{\max}$  (inklusive Vorbelastung) – (2)

## **6.5 Kurzzeitmittelwert an NO<sub>2</sub>**

Für die Berechnung des maximalen Halbstundenmittelwertes wurde die Methodik aus Kapitel 4.2.6 und die Umwandlungsfunktion für das 98 Perzentil nach Romberg aus Kapitel 4.2.5 verwendet.

### **6.5.1 Simulationsergebnisse**

Das Ergebnis für den maximalen Halbstundenmittelwert an NO<sub>2</sub> ist in Abbildung 50 dargestellt. Die höchsten Belastungen treten entlang der Tauernautobahn und der West-Autobahn auf und erreichen knapp 200 µg/m<sup>3</sup>. Entlang von Hauptverkehrsstraßen liegen die Belastungen über 150 µg/m<sup>3</sup> und im gesamten Stadtgebiet von Salzburg über 125 µg/m<sup>3</sup>. Im gesamten Talbodenbereich betragen die Immissionsbelastungen über 100 µg/m<sup>3</sup>.

Addiert man die doppelte Standardabweichung aus Kapitel 4.2.6, so ergeben sich entlang der Autobahn und entlang von innerstädtischen Hauptverkehrsstraßen Werte über dem Grenzwert von 200 µg/m<sup>3</sup>. In diesen Bereichen sind Grenzwertüberschreitungen nicht sehr wahrscheinlich, können aber aufgrund von Einzelereignissen nicht ausgeschlossen werden.

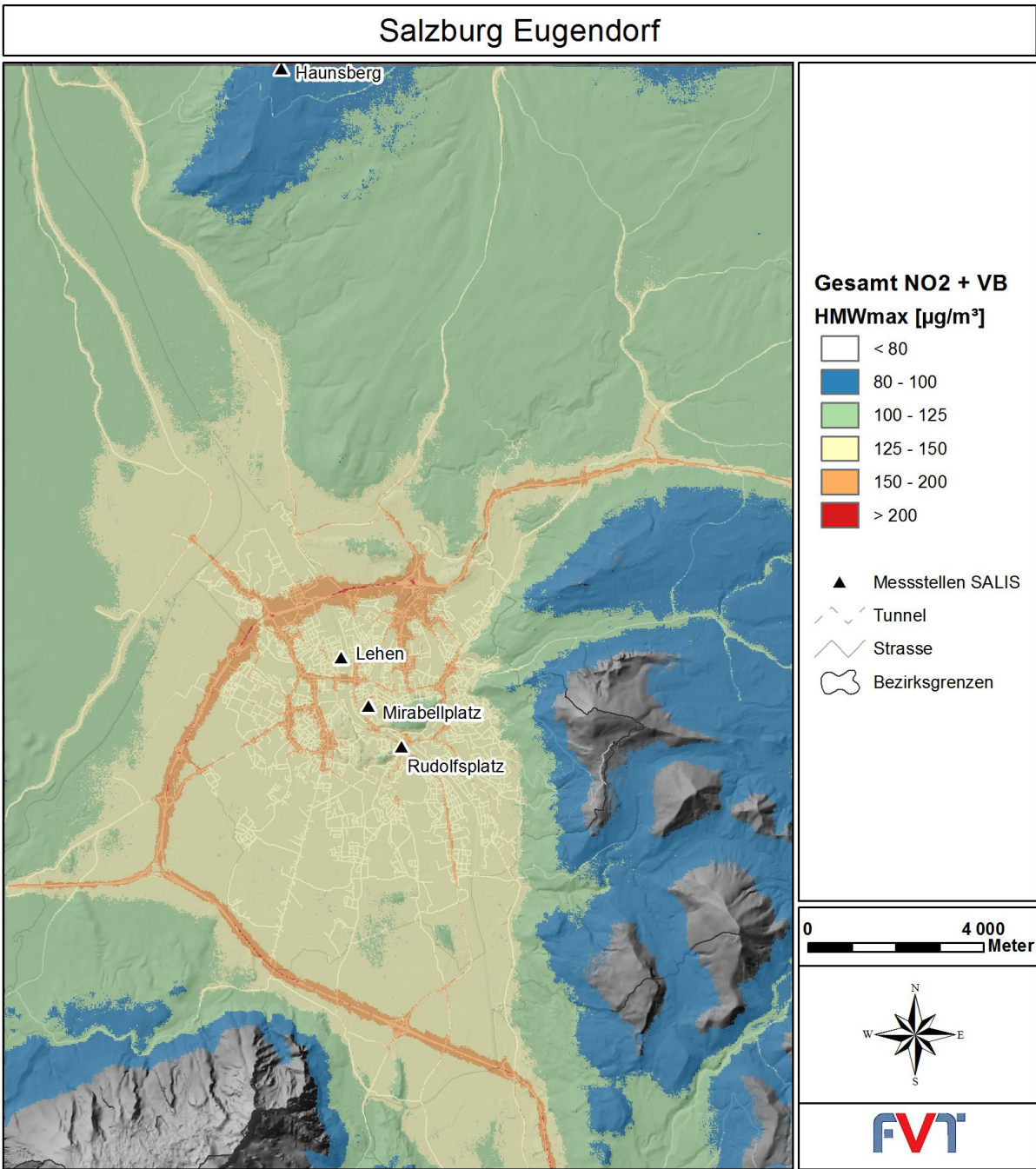


Abbildung 50: Modellierete NO<sub>2</sub>-Konzentration im maximalen Halbstundenmittel

### **6.5.2 Vergleich mit Messdaten**

In Abbildung 51 und Abbildung 52 werden die berechneten maximalen NO<sub>2</sub>-Konzentrationen mit den Messwerten der kontinuierlichen Luftgütemessstationen im Untersuchungsgebiet verglichen.

Die Steigung der Trendgeraden zeigt, dass die Simulation die Messergebnisse sehr gut abbildet. Bei der Station Rudolphsplatz wird die Belastung geringfügig unterschätzt. Mögliche Gründe für die Unterschätzung wurden bereits vorher angeführt.



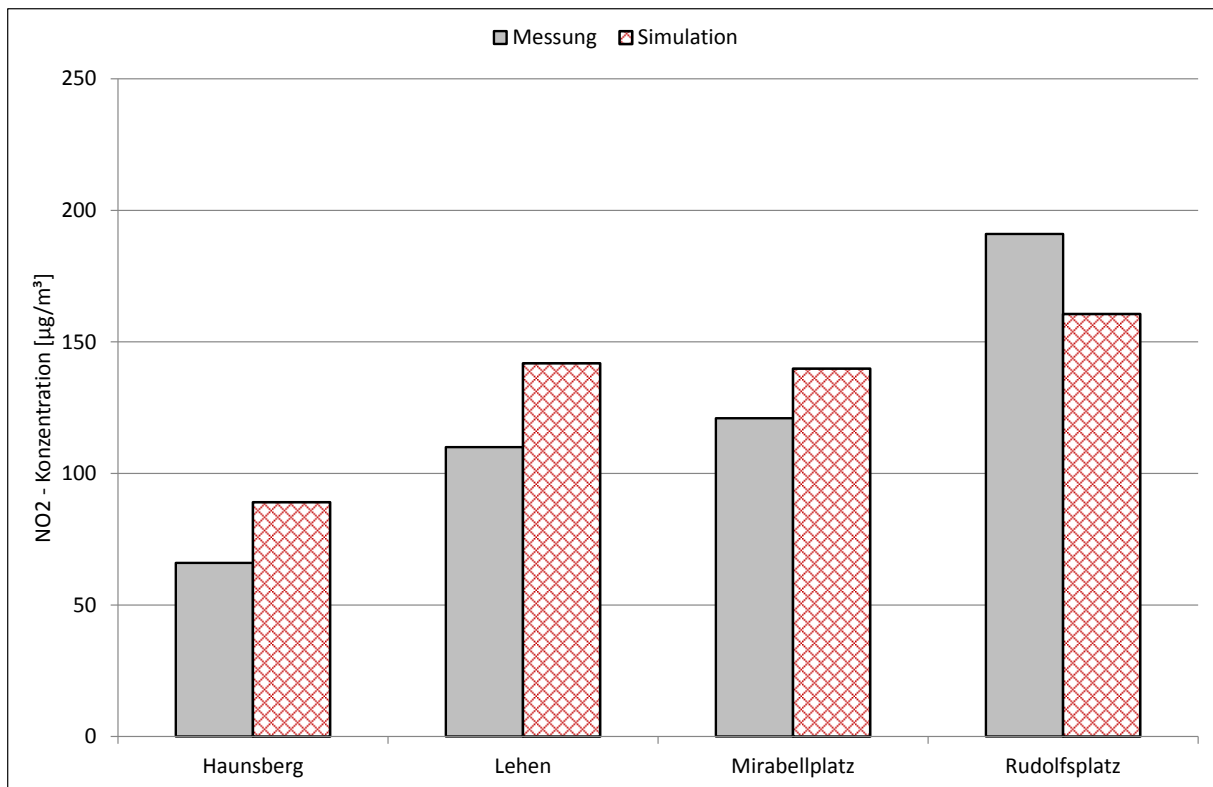


Abbildung 51: Vergleich zwischen gemessenen und modellierten  $HMW_{max}$   $NO_2$  (inklusive Vorbelastung) -1

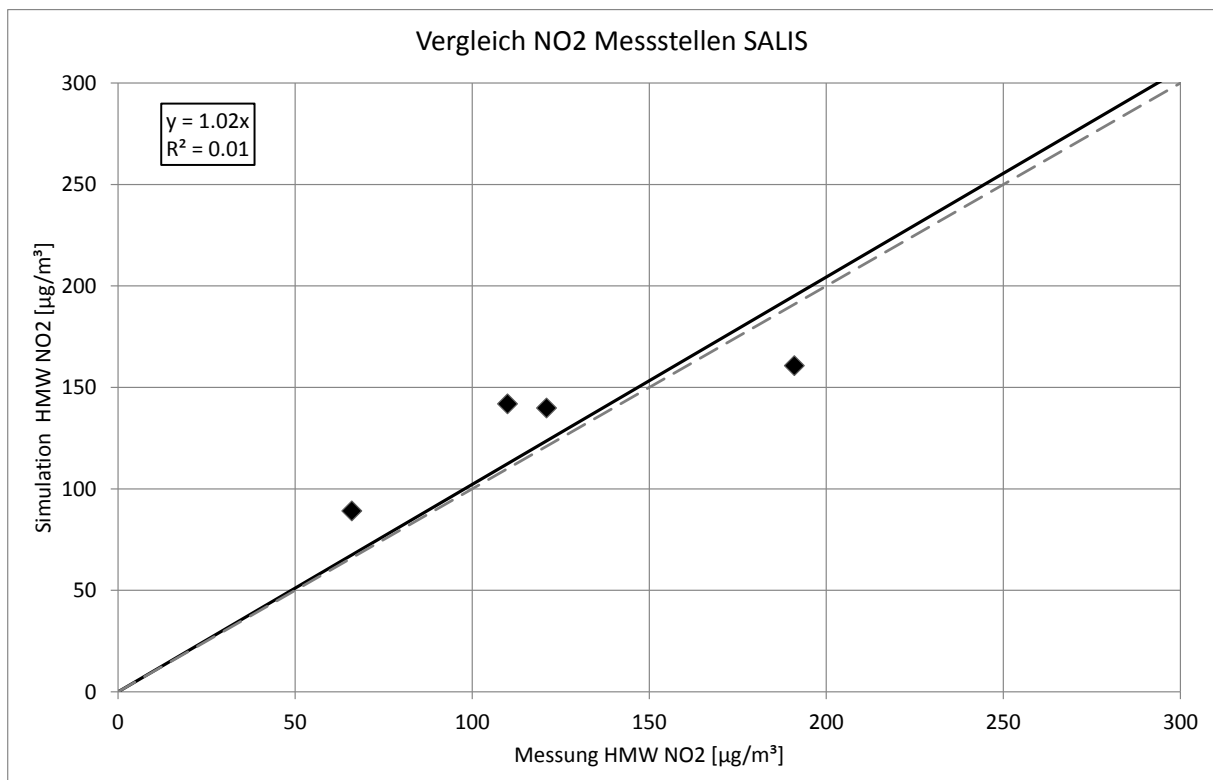


Abbildung 52: Vergleich zwischen gemessenen und modellierten  $HMW_{max}$   $NO_2$  (inklusive Vorbelastung) -2

### 6.5.3 Gebiet mit Grenzwertüberschreitungen

Die Ausbreitungsrechnungen können auch dazu verwendet werden, die Flächen auszuwerten, welche von Grenzwertüberschreitungen betroffen sind. Im Gebiet Zentralraum, das eine Gesamtfläche von 468 km<sup>2</sup> aufweist, kommt es nur in einer Fläche von 0.2 km<sup>2</sup> zu Überschreitungen des Grenzwertes von 200 µg/m<sup>3</sup>.

Tabelle 10: Gebiet mit Grenzwertüberschreitungen für den HMW<sub>max</sub> NO<sub>2</sub>

HMW <sub>max</sub>	km <sup>2</sup>	Prozent
< 200 [µg/m <sup>3</sup> ]	467.8	99.96 %
> 200 [µg/m <sup>3</sup> ]	0.2	0.04 %

Anzumerken ist hier jedoch die relativ große Prognoseunsicherheit bei der Bestimmung des maximalen Halbstundenmittelwertes (siehe Kapitel 4.2.6).

## 7 Unsicherheiten bei der Modellierung

Naturgemäß sind Modelle mit Unsicherheiten behaftet. Bei einfacheren physikalischen Zusammenhängen kann man eine Fehlerrechnung durchführen, welche auf der Schwankungsbreite der Eingabeparameter beruht. Bei der Berechnung eines Immissionskatasters wird eine sehr komplexe Modellkette angewendet, wodurch die Unsicherheiten der einzelnen Rechenoperationen nicht genau quantifizierbar sind. Deswegen ist es nur möglich, die Endergebnisse mit Messungen zu vergleichen (= Validierung der Modellkette).

In der vorliegenden Untersuchung ergibt sich aus dem Vergleich der Simulationsergebnisse mit den Luftgütemessdaten eine geringfügige Unter- bzw. Überschätzung der gesamten Modellkette, wofür verschiedene Faktoren innerhalb der Rechenkette in Frage kommen:

### 1. Eingangsdaten

Schon die Eingangsdaten wie z.B. meteorologische Messungen, Datenerhebungen für die Emissionsberechnungen, Verkehrszählungen usw. sind mit Unsicherheiten behaftet.

### 2. Emissionen

Bei der Berechnung der Emissionen werden Annahmen getroffen, welche schwierig quantifizierbar sind: Emissionsfaktoren von Fahrzeugen, Emissionsfrachten von Kaminen, diffuse Staubemissionen usw.

### 3. Windfelder

Zur Initialisierung der Windfelder wird nur eine geeignete Messstation herangezogen und damit die meteorologische Situation im gesamten Berechnungsgebiet modelliert. Außerdem wird die Messzeitreihe in eine Ausbreitungsklassenstatistik mit klassifizierten Parametern umgewandelt, um die Anzahl der Strömungssituationen zu verringern. Gerade bei großen Berechnungsgebieten mit komplexen meteorologischen Situationen ergeben sich dadurch Unsicherheiten bei der Beschreibung der Ausbreitungssituation.

### 4. Ausbreitungsrechnungen

In einem Ausbreitungsmodell werden verschiedene physikalische Zusammenhänge parametrisiert, z.B. bei der Beschreibung der Turbulenz und der Berechnung der Mischungsschichthöhen. Diese Modellannahmen beinhalten Unsicherheiten.

## 5. Modellvereinfachungen

Bei jedem Modell müssen Vereinfachungen getroffen werden. Bei einem Modellgebiet dieser Größe ist beispielsweise die Berücksichtigung von Gebäuden bei vertretbarem Rechenaufwand nicht möglich. Außerdem müssen für unbekannte Eingangsdaten (Quellhöhen, Straßenbreiten) plausible Werte abgeschätzt werden.

## 6. Zeitliche und räumliche Auflösung

Grundsätzlich beträgt die zeitliche Auflösung der Konzentrationsfelder 30 min und die horizontale räumliche Auflösung 10-20 m. Zu beachten ist allerdings, dass in einem Gebiet dieser Größe der Gebäudeeinfluss nicht berücksichtigt werden kann. Der Immissionskataster gibt zwar die flächenhafte Verteilung der Luftschadstoffbelastung wieder, für eine detaillierte Beschreibung sind allerdings kleinräumigere Simulationen mit genaueren Eingangsdaten notwendig. Im Allgemeinen ist die Unsicherheit bei der Berechnung von Langzeitmittelwerten wesentlich niedriger als bei der Berechnung von Kurzzeitmittelwerten, da sich Abweichung nach oben und nach unten aufheben können. Vor allem die Berechnung von maximalen Halbstundenmittelwerten ist aufgrund von variierenden Ausbreitungs- oder Umwandlungsbedingungen mit großen Unsicherheiten behaftet.

Insgesamt wird bei der Simulation eines Immissionskatasters versucht, einen „Erwartungswert“ so realistisch wie möglich wiederzugeben. Bei Langzeitwerten liegt die Unsicherheit eines modellierten Immissionsbeitrages bei ca. 25%, bei Kurzzeitmittelwerten kann diese bis zu einem Faktor 2 betragen.

In der vorliegenden Untersuchung ergibt sich die beste Übereinstimmung mit den Messwerten, wenn die modellierten Immissionsbeiträge mit dem Faktor 1.2 multipliziert werden. Die Vorbelastung ergibt sich dann aus der Differenz zwischen der gemessenen Gesamtbelastung und dem modellierten Immissionsbeitrag.

## 8 Literaturverzeichnis

- [1] Immissionsgrenzwerte und Immissionszielwerte zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation (BGBl II Nr. 298/2001)
- [2] Immissionsschutzgesetz Luft Novelle (BGBl. I Nr. 77/2010), idF.: vom 18.08.2010
- [3] ÖNORM M9440 (1992): Ausbreitung von luftverunreinigenden Stoffen in der Atmosphäre – Berechnung von Immissionskonzentrationen und Ermittlung von Schornsteinhöhen
- [4] RVS 09.02.33 (2005): Tunnel, Projektierungsrichtlinien, Lüftungsanlagen, Immissionsbelastungen an Portalen
- [5] RVS 04.02.12 (2007): Umweltschutz, Lärm und Luftschadstoffe; Schadstoffausbreitung an Straßen; FSV Wien 1. Mai 2002.
- [6] Romberg E., Bösing R., Lohmeyer A., Ruhnke R., Röth E. (1996): NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlung für die Anwendung bei Immissionsprognosen für Kfz-Abgase. *Gefahrstoffe-Reinhaltung der Luft*, **56**, p 215-218
- [7] Bächlin W., Bösing R., Brandt A., Schulz T. (2006): Überprüfung des NO-NO<sub>2</sub>-Umwandlungsmodells für die Anwendung bei Immissionsprognosen für bodennahe Stickoxidfreisetzung, *Gefahrstoffe - Reinhaltung der Luft*, 66, p 154-157
- [8] Bächlin W., Bösing R. (2008): Untersuchungen zu Stickstoffdioxid-Konzentrationen, Los 1 Überprüfung der Rombergformel. - Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co. KG, Karlsruhe. Projekt 60976-04-01, Stand: Dezember 2008. Gutachten im Auftrag von: Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, Recklinghausen.
- [9] Amt der Steiermarkischen Landesregierung (2012): Documentation of the Lagrangian Particle Model GRAL (Graz Lagrangian Model) Vs. 13.3, Bericht Nr. LU-03-13
- [10] Bmwfj (2012): Technische Grundlage zur Qualitätssicherung in der Luftschadstoff-Ausbreitungsrechnung, Bundesministerium für Wirtschaft Familie und Jugend
- [11] Umweltbundesamt (2007): Leitfaden UVP und IG-L. Umgang mit Überschreitungen von Immissionsgrenzwerten von Luftschadstoffen in UVP-Verfahren. Überarbeitete Version 2007. BE-274
- [12] Luftgüte – Jahresbericht 2008, Land Salzburg, Abteilung 16, Umweltschutz Referat 16/02, Immissionsschutz, Juni 2009
- [13] Luftgüte – Jahresbericht 2009, Land Salzburg, Abteilung 16, Umweltschutz Referat 16/02, Immissionsschutz, Juni 2010
- [14] Luftgüte – Jahresbericht 2010, Land Salzburg, Abteilung 5, Umweltschutz Referat 5/02, Immissionsschutz, Juni 2011

- [15] Luftgüte – Jahresbericht 2011, Land Salzburg, Abteilung 5, Umweltschutz Referat 5/02, Immissionsschutz, Juni 2012
- [16] Luftgüte – Jahresbericht 2012, Land Salzburg, Abteilung 5, Umweltschutz Referat 5/02, Immissionsschutz, Juni 2013
- [17] Seinfeld et al. (1998) Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change
- [18] ZAMG (2011): Meteorologische Ausbreitungsverhältnisse der Winter 2004-2010 im Stadtbereich von Salzburg, 21.03.2011, Zahl 181-OI/2011

## 9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Modellierte NO <sub>2</sub> -Konzentration im Jahresmittel .....	6
Abbildung 2: Untersuchungsraum für den Immissionskataster Salzburg Eugendorf .....	8
Abbildung 3: Relativer Tagesgang der Emissionsquellen .....	12
Abbildung 4: Relativer Jahresgang der Emissionsquellen .....	12
Abbildung 5: Empirischer Zusammenhang zwischen 98 Perzentil NO <sub>2</sub> und dem maximalen Halbstundenmittelwert von NO <sub>2</sub> (Quelle: [11]) .....	17
Abbildung 6: Übersicht meteorologische Messstellen .....	19
Abbildung 7: Mittlere Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit am Standort Salzburg Flughafen.....	20
Abbildung 8: Mittlere Windrichtungsverteilung [‰] am Standort Salzburg Flughafen .....	20
Abbildung 9: Mittlere Windrichtungsverteilung nach Windgeschwindigkeitsklassen [%] am Standort Salzburg Flughafen.....	21
Abbildung 10: Mittlere Häufigkeit der beiden Hauptwindrichtungen am Standort Salzburg Flughafen.....	21
Abbildung 11: Vergleich der Umwandlungsfunktionen für den JMW NO <sub>2</sub> mit Messwerten .....	24
Abbildung 12: Vergleich der Umwandlungsfunktionen für das 98-Perzentil an NO <sub>2</sub> mit Messwerten .....	24
Abbildung 13: Vergleich der Umwandlungsfunktionen für den HMW NO <sub>2</sub> mit Messwerten .....	25
Abbildung 14: Abhängigkeit der NO <sub>x</sub> -Vorbelastung für den JMW von der Seehöhe .....	27

Abbildung 15: Abhängigkeit der NO <sub>x</sub> -Vorbelastung für den TMW <sub>max</sub> von der Seehöhe .....	27
Abbildung 16: Anteil der Quellgruppen an den NO <sub>x</sub> -Emissionen im Untersuchungsgebiet .....	29
Abbildung 17: Anteil der Quellkategorien an den NO <sub>x</sub> -Emissionen im Untersuchungsgebiet .....	29
Abbildung 18: NO <sub>x</sub> -Punktquellen im Untersuchungsgebiet .....	31
Abbildung 19: NO <sub>x</sub> -Linienquellen Im Untersuchungsgebiet.....	32
Abbildung 20: NO <sub>x</sub> -Flächenquellen im Untersuchungsgebiet.....	33
Abbildung 21: Windrose Flughafen Salzburg, Vergleich Messung gegen Simulation.....	35
Abbildung 22: Windgeschwindigkeitsklassen Flughafen Salzburg, Vergleich Messung gegen Simulation .....	35
Abbildung 23: Windrose Kapuzinerberg, Vergleich Messung gegen Simulation..	36
Abbildung 24: Windgeschwindigkeitsklassen Kapuzinerberg, Vergleich Messung gegen Simulation .....	36
Abbildung 25: Modellierte NO <sub>x</sub> -Konzentration im Jahresmittel – Punktquellen (Gewerbe, Industrie, Heizkraftwerke, Heizwerke, Zellstoffwerk, Zementwerk) .....	38
Abbildung 26: Modellierte NO <sub>x</sub> -Konzentration im Jahresmittel - Flächenverkehr	39
Abbildung 27: Modellierte NO <sub>x</sub> -Konzentration im Jahresmittel - Kleinverbraucher .....	40
Abbildung 28: Modellierte NO <sub>x</sub> -Konzentration im Jahresmittel – Off-Road (Baumaschinen, Traktoren, ...).....	41



Abbildung 29: Modellierte NO <sub>x</sub> -Konzentration im Jahresmittel – Pistenwalzen (oranger Kreis) .....	42
Abbildung 30: Modellierte NO <sub>x</sub> -Konzentration im Jahresmittel – PKW, Innerorts und Außerorts.....	43
Abbildung 31: Modellierte NO <sub>x</sub> -Konzentration im Jahresmittel - LKW, Innerorts und Außerorts.....	44
Abbildung 32: Modellierte NO <sub>x</sub> -Konzentration im Jahresmittel - PKW, Autobahn	45
Abbildung 33: Modellierte NO <sub>x</sub> -Konzentration im Jahresmittel - LKW, Autobahn	46
Abbildung 34: Modellierte NO <sub>x</sub> -Konzentration im Jahresmittel – Gesamtbelastung inklusive Vorbelastung .....	47
Abbildung 35: Vergleich zwischen gemessenen und modellierten NO <sub>x</sub> - Jahresmittelwerten (inklusive Vorbelastung) – (1).....	49
Abbildung 36: Vergleich zwischen gemessenen und modellierten NO <sub>x</sub> - Jahresmittelwerten (inklusive Vorbelastung) – (2).....	49
Abbildung 37: Modellierte Immissionsbeiträge der einzelnen Quellgruppen - JMW NO <sub>x</sub> .....	50
Abbildung 38: Berechnete Anteile der Quellgruppen an der jahresdurchschnittlichen NO <sub>x</sub> -Konzentration – Rudolfsplatz.....	51
Abbildung 39: Berechnete Anteile der Quellgruppen an der jahresdurchschnittlichen NO <sub>x</sub> -Konzentration – Mirabellplatz .....	51
Abbildung 40: Berechnete Anteile der Quellgruppen an der jahresdurchschnittlichen NO <sub>x</sub> -Konzentration – Lehen .....	52
Abbildung 41: Berechnete Anteile der Quellgruppen an der jahresdurchschnittlichen NO <sub>x</sub> -Konzentration – Haunsberg.....	52
Abbildung 42: Modellierte NO <sub>2</sub> -Konzentration im Jahresmittel – Gesamtbelastung inklusive Vorbelastung .....	54

Abbildung 43: Vergleich zwischen gemessenen und modellierten NO <sub>2</sub> - Jahresmittelwerten - (1).....	56
Abbildung 44: Vergleich zwischen gemessenen und modellierten NO <sub>2</sub> - Jahresmittelwerten - (2).....	56
Abbildung 45: Vergleich zwischen gemessenen und modellierten NO <sub>2</sub> - Jahresmittelwerten - Passivsammler - (1) .....	57
Abbildung 46: Vergleich zwischen gemessenen und modellierten NO <sub>2</sub> - Jahresmittelwerten - Passivsammler - (2) .....	57
Abbildung 47: Modellierte NO <sub>x</sub> -Konzentration für den maximalen Tagesmittelwert - Gesamtbelastung inklusive Vorbelastung .....	59
Abbildung 48: Vergleich zwischen gemessenem und modelliertem NO <sub>x</sub> -TMW <sub>max</sub> (inklusive Vorbelastung) -(1) .....	61
Abbildung 49: Vergleich zwischen gemessenem und modelliertem NO <sub>x</sub> -TMW <sub>max</sub> (inklusive Vorbelastung) - (2) .....	61
Abbildung 50: Modellierte NO <sub>2</sub> -Konzentration im maximalen Halbstundenmittel	63
Abbildung 51: Vergleich zwischen gemessenen und modellierten HMW <sub>max</sub> NO <sub>2</sub> (inklusive Vorbelastung) -1 .....	65
Abbildung 52: Vergleich zwischen gemessenen und modellierten HMW <sub>max</sub> NO <sub>2</sub> (inklusive Vorbelastung) -2 .....	65
Abbildung 53: Passivsammler im Untersuchungsraum Salzburg bis Eugendorf .	77

## 10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Freisetzungshöhen der Flächenquellen .....	11
Tabelle 2: Immissionsgrenzwerte nach IG-L [2] alle Werte in [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] .....	13
Tabelle 3: Grenzwerte zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation (BGBL. II 298/2001) in [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] [1]. .....	13
Tabelle 4: Definition der Quellgruppen .....	14
Tabelle 5: Parameter der Regressionskurven für den $\text{NO}_2$ -Umwandlungsgrad nach Romberg et al. [6], Bächlin et al. 2006 [7] und Bächlin et al. (2008) [8]... 16	
Tabelle 6: Gemessene $\text{NO}_2$ - und $\text{NO}_x$ -Konzentrationen in Salzburg – kontinuierliches Messnetz.....	23
Tabelle 7: Ergebnisse der Passivsammlermessungen für das Jahr 2010.....	26
Tabelle 8: $\text{NO}_x$ -Emissionen im Untersuchungsgebiet für das Jahr 2010.....	28
Tabelle 9: Gebiet mit Grenzwertüberschreitungen für den JMW $\text{NO}_2$ .....	58
Tabelle 10: Gebiet mit Grenzwertüberschreitungen für den $\text{HMW}_{\text{max}} \text{NO}_2$ .....	66
Tabelle 11: Emissionen aller verwendeten Punktquellen im Untersuchungsgebiet .....	76
Tabelle 12: Parameter für die Strömungssimulationen .....	78
Tabelle 13: Parameter für die Ausbreitungsrechnungen.....	78

# 11 Anhang

## 11.1 Emissionen

Tabelle 11: Emissionen aller verwendeten Punktquellen im Untersuchungsgebiet

Name	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Kaminhöhe [m]	NOx [kg/h]	Quellgruppe
Alpenmilch Salzburg	428222	298037	18	0.27	1
Alternative Energie Salzburg GmbH/Siezenheim	423810	297879	10	1.24	1
Bäckerei Flöckner	430854	297264	12	0.16	1
Bergheimer Verzinkerei	425836	302825	15	0.09	1
Biomasse-Heizwerk Grödig	428239	289009	10	0.74	2
Eugendorfer Nahwärme GmbH	435029	301970	10	0.99	2
FHW Elsbethen	431450	292150	20	0.75	1
Hackschnitzelheizw. Elixhausen	430697	305044	10	0.25	2
Heizkraftwerk Mitte	427931	296763	70	1.63	2
Heizkraftwerk Mitte	427931	296763	70	3.51	2
Heizwerk Nord	427620	298800	68	1.37	2
Heizwerk Nord	427620	298800	68	1.52	2
Kaindl Wals	425046	298311	10	0.00	1
Kaindl Wals	425046	298311	50	30.02	1
Kaindl Wals	425132	298280	50	16.99	1
Kässbohrer (neu)	435153	302153	15	0.05	1
Krankenhaus Oberndorf	421100	311000	20	0.02	2
Leube	429051	287148	14	0.02	4
Leube	429051	287148	67	14.43	4
Leube	429051	287148	57	14.30	4
LKA St. Johanns Spital	427404	296511	56	0.86	2
MACO	430531	291663	12	0.02	1
MACO	430531	291663	12	0.00	1
MACO	430531	291663	9	0.03	1
MACO	430531	291663	9	0.02	1
MACO	430531	291663	9	0.07	1
MACO	430531	291663	6	0.03	1
MACO	430531	291663	9	0.05	1
MACO	430531	291663	12	0.06	1
MACO	430531	291663	6	0.02	1
MACO	430531	291663	9	0.03	1
MACO	430531	291663	12	0.02	1
Nahwärme Obertrum	431189	310962	10	1.55	2
SAB Deponie	425000	302800	10	0.78	1
Salzb. Schokolade & Süßwarenfabrik GesmbH & CoKG	427552	289191	8	0.05	1
Stieglbrauerei Salzburg	426650	295079	40	0.29	1

## 11.2 Passivsammler

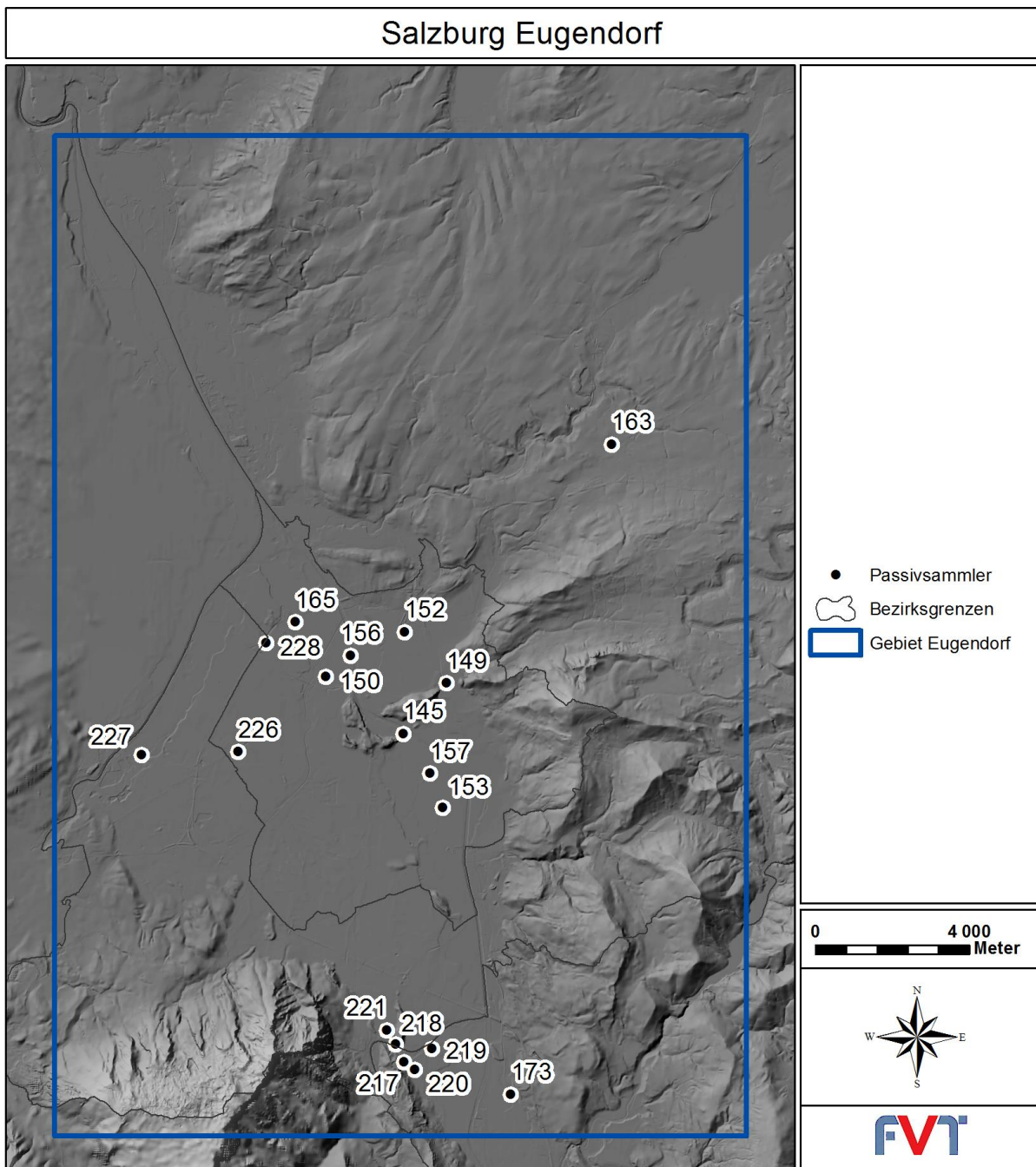


Abbildung 53: Passivsammler im Untersuchungsraum Salzburg bis Eugendorf

### 11.3 Parameter für die Ausbreitungsmodellierung

Gemäß Technische Grundlage Qualitätssicherung [10] werden die Parameter für die Ausbreitungsmodellierung in folgenden Tabellen dokumentiert.

Tabelle 12: Parameter für die Strömungssimulationen

Parameter Strömungssimulation	
Modell	GRAMM
Version (YY_MM)	12_06
Topographiedaten	Digitales Geländemodell (Aster)
Auflösung	30 m
Größe Modellgebiet	23x42 km
Horizontales Gitter	250 m
Höhe unterste Zelle	10 m
Stretchingfaktor	1.4
Initialisiert mit Messstation	Salzburg Flughafen
Koordinaten	425745 / 294592
Projektion	MGI Austria GK M31
Seehöhe	347 m – 2904 m
Auswertezeitraum	01. Juni 2008 bis 31. Mai 2009
Zeitliche Auflösung	HMW
Windmesser	-
Höhe über Grund	10 m
Methodik Ausbreitungsklassen	ÖNORM M 9440
Rauhigkeitslänge	Corinne-Daten

Tabelle 13: Parameter für die Ausbreitungsrechnungen

Parameter Ausbreitungsmodell	
Modell	GRAL
Version (YY_MM)	13_16
Größe Modellgebiet	18x26km
Horizontales Gitter	10 m bzw. 20 m
Vertikales Gitter	2 m
Auswerteebene	3 m
Rauhigkeitslänge	0.5 m
Gebäudeeinfluss	nein