

NO_x/NO₂-Immissionskataster

Zell am See - Saalfelden

Auftraggeber

Salzburger Landesregierung

Bericht Nr.	Version	Datum
FVT-136/18/CH V&U 11/32/6300	1.0	10.10.2018

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 Verfasser einzuholen.

Versionen

Version	Datum	Bearbeiter	Änderung
0.1	14.09.2018	MSc Carina Harringer & Dr. Ulrich Uhrner	Erstellung des Dokuments
1.0	10.10.2018	MSc Carina Harringer & Dr. Ulrich Uhrner	Überarbeitung/Korrekturen

NO_x/NO₂-Immissionskataster Zell am See - Saalfelden

Freigegeben: Dr. Christian Kurz

Erstellt: MSc Carina Harringer
Dipl.-Met. Dr. Ulrich Uhrner

Inhalt

1	Zusammenfassung.....	6
2	Aufgabenstellung.....	8
3	Untersuchungsraum und –zeit.....	9
4	Untersuchungsmethodik.....	10
4.1	Methodik Emissionen	10
4.1.1	Punktquellen	10
4.1.2	Linienquellen.....	11
4.1.3	Flächenquellen.....	11
4.1.4	Ganglinien der Emissionen.....	12
4.2	Methodik Immissionen.....	14
4.2.1	Grenzwerte	14
4.2.2	Berechnung der Immissionsbelastung.....	14
4.2.3	Eingangsparameter	14
4.2.4	Berechnung der Gesamtbelastung.....	15
4.2.5	Zeitliche und räumliche Auflösung.....	15
4.2.6	NO-NO ₂ -Umwandlung.....	16
4.2.7	Berechnung des maximalen Halbstundemittelwertes von NO ₂	18
5	Beschreibung der Eingangsdaten.....	19
5.1	Meteorologie	19
5.1.1	Standort Niedersill	20
5.1.2	Standort Schmittenhöhe.....	23
5.1.3	Standort Zell am See.....	26
5.2	Luftgüte.....	29

5.2.1	Kontinuierliche Messstationen.....	29
5.2.2	Ergebnisse der Messungen mit Passivsammler	29
5.2.3	Vertikale Abhängigkeit der Vorbelastung.....	30
5.3	Emissionen	31
6	Simulationen	35
6.1	Strömungsmodellierung	35
6.2	Jahresmittelwert Stickoxide (NO _x)	38
6.2.1	Simulationsergebnisse	38
6.2.2	Vergleich mit Messdaten	43
6.2.3	Quellgruppenanteile	44
6.3	Jahresmittelwert Stickstoffdioxid (NO ₂)	45
6.3.1	Simulationsergebnisse	45
6.3.2	Vergleich mit Messdaten	46
6.3.3	Gebiete mit Grenzwertüberschreitungen	47
6.4	Maximaler Tagesmittelwert an NO _x	48
6.4.1	Simulationsergebnisse	48
6.4.2	Vergleich mit Messdaten	49
6.5	Maximaler Halbstundemittelwert an NO ₂	50
6.5.1	Simulationsergebnisse	50
6.5.2	Vergleich mit Messdaten	51
6.5.3	Gebiet mit Grenzwertüberschreitungen	51
7	Unsicherheiten bei der Modellierung	52
8	Literaturverzeichnis	54
9	Abbildungsverzeichnis.....	56

10	Tabellenverzeichnis	59
11	Anhang	60
11.1	Emissionen	60
11.2	Passivsammler	60
11.3	Parameter für Ausbreitungsmodellierung	61

1 Zusammenfassung

Inhalt dieser Studie ist die Erstellung eines Immissionskatasters für das Modellgebiet Zell am See - Saalfelden. Dazu wird das Modellsystem GRAMM/GRAL verwendet, welches am Institut für Verbrennungskraftmaschinen und Thermodynamik entwickelt wurde.

Der Untersuchungsraum umfasst den Raum Fieberbrunn – Saalfelden - Zell am See – Niedernsill. Die Windfeldmodellierung und die Ausbreitungsrechnung wurden für ein Gebiet mit 28,9 km x 25,7 km Seitenlänge durchgeführt. Die Emissionsdaten wurden vom Amt der Salzburger Landesregierung bereitgestellt.

In der Windfeldmodellierung wurden die meteorologischen Messdaten von zwei Stationen (Niedernsill und Schmittenhöhe) im Untersuchungsgebiet berücksichtigt (Funktion „match-to-observation“). Betrachtet wurde das Bezugsjahr 2010. Die Daten des Immissionskatasters Salzburg beziehen sich auf das Referenzjahr 2015. Das verwendete Modellsystem ermöglicht die Integration von Punkt-, Linien-, und Flächenquellen. Insgesamt wurden für acht verschiedene Quellgruppen die Konzentrationsfelder berechnet. Zur Berechnung der NO₂-Konzentrationen wurde die Umwandlungsfunktion gemäß der RVS 04.02.12 [1] herangezogen.

Im Modellgebiet stellt der Verkehr die dominierende NO_x Quelle dar. Für den Jahresmittelwert und den maximalen Halbstundemittelwert an NO₂ ergeben sich gute Übereinstimmungen mit den Messwerten der Station Zell am See.

Daher können auf Basis der Modellierung die Gebiete mit Grenzwertüberschreitungen ausgewertet werden. Sowohl der Grenzwert für den Jahresmittelwert als auch der Grenzwert für den maximalen Halbstundenmittelwert werden nur in einem sehr kleinen Bereich des Untersuchungsraumes bei den Hauptverkehrsstraßen und im Nahfeld des Abluftschachtes Schmittentunnel überschritten. In Abbildung 1 ist der Jahresmittelwert (JMW) für NO₂ dargestellt.

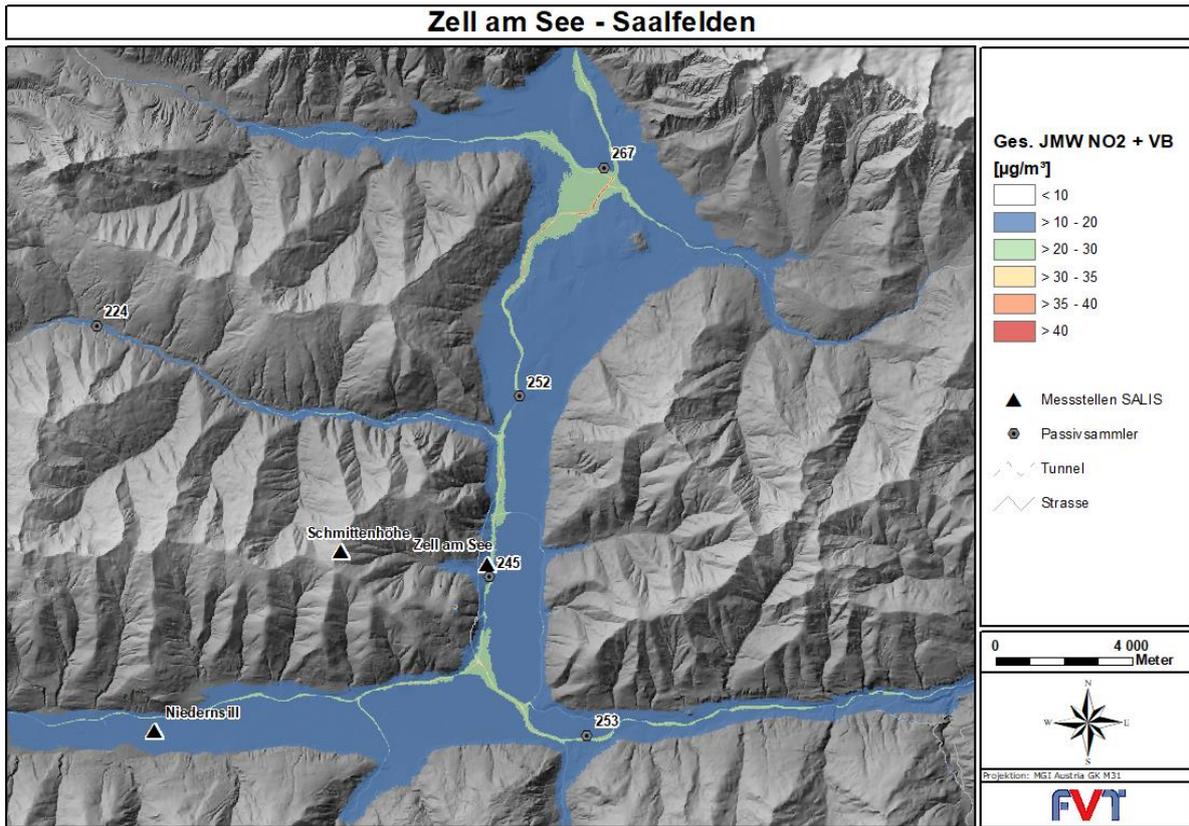


Abbildung 1: Modellierter NO₂-Konzentrationen im Jahresmittel

2 Aufgabenstellung

Inhalt dieser Studie ist die Erstellung eines Immissionskatasters für das Modellgebiet Zell am See – Saalfelden. 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 repräsentatives Jahr herangezogen worden ist. Diese Messdaten wurden im Rahmen der „match-to-observation“-Funktion für die Erstellung des Windfeldmodells verwendet.

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 (Abteilung 5: Natur und Umweltschutz, Gewerbe; Referat 5/03: Chemie- und Umwelttechnik) 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 NO_2 berechnet. Das Hauptaugenmerk wird dabei auf den Jahresmittelwert gelegt. Zuerst werden die Immissionsbelastungen für NO_x inert berechnet und anschließend die Umwandlung von NO_x zu NO_2 zufolge der RVS 04.02.12 [1] ermittelt. Die Simulationen werden mit einer zeitlichen Auflösung von 30 Minuten durchgeführt. Für das Gebiet Zell am See - Saalfelden beträgt die horizontale Auflösung für die Ausbreitungsmodellierung mit GRAL 10 m x 10 m.

3 Untersuchungsraum und –zeit

Der Untersuchungsraum umfasst den Bereich Fieberbrunn – Saalfelden – Zell am See - Niedersill. Die Windfeldmodellierung und die Ausbreitungsrechnungen wurden für ein Gebiet mit 28,9 km x 25,7 km Seitenlänge durchgeführt (siehe Abbildung 2).

Für die Anwendung der „match-to-observation“-Funktion bei der Windfeldmodellierung standen meteorologische Eingangsdaten der Stationen Niedersill, Schmittenhöhe und Zell am See für den Bezugszeitraum Jänner 2010 bzw. Mai 2010 bis Mitte Dezember 2010 zur Verfügung. Aufgrund des kürzeren Bezugszeitraumes der Station Zell am See wurden nur die Stationen Niedersill und Schmittenhöhe für die Windfeldberechnung verwendet. Die Daten des Emissionskatasters Salzburg beziehen sich auf das Referenzjahr 2015.

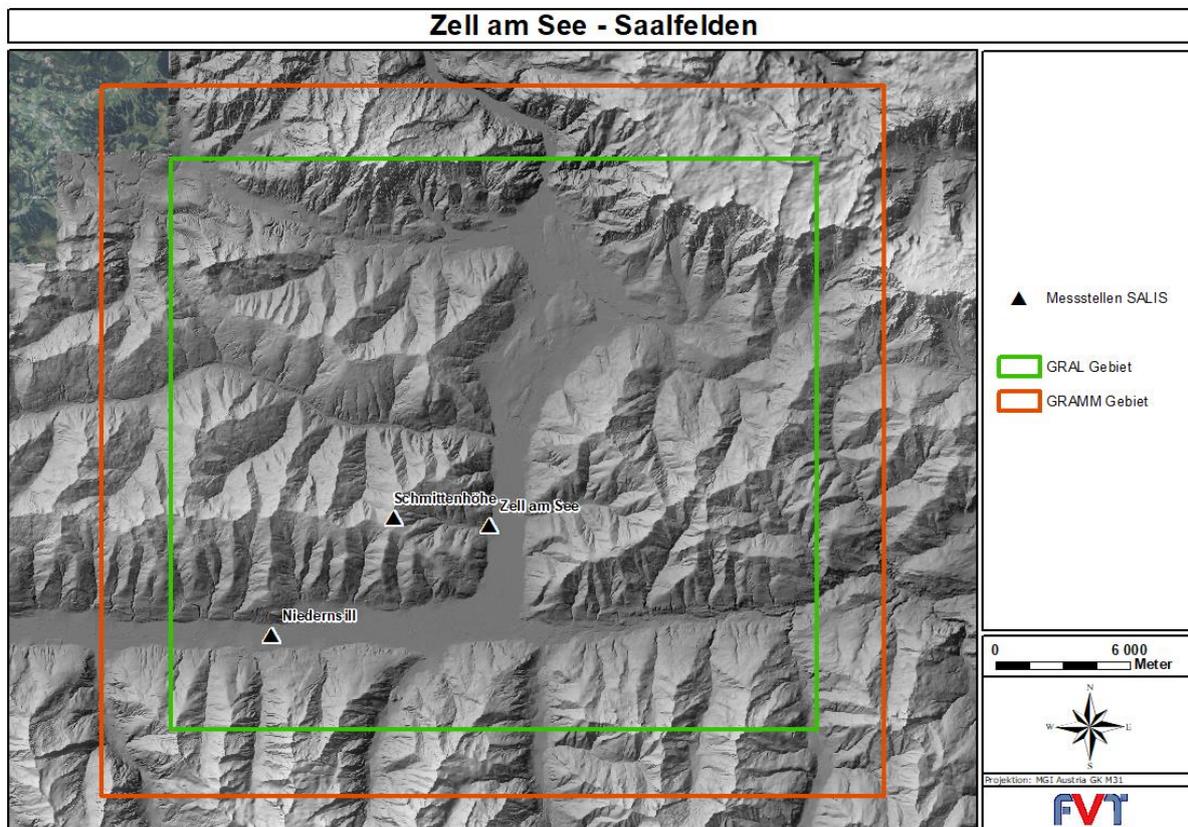


Abbildung 2: Untersuchungsraum für den Immissionskataster Zell am See – Saalfelden

4 Untersuchungsmethodik

4.1 Methodik Emissionen

Die Verkehrszählraten wurden von der Stadt Salzburg und sämtliche andere Eingangsdaten wurden vom Referat Chemie und Umwelttechnik des Amtes der Salzburger Landesregierung zur Verfügung gestellt und umfassen ein Gebiet von 42 km x 48 km. Dieses ist größer als das Untersuchungsgebiet Zell am See - Saalfelden. In der Ausbreitungsrechnung werden folglich nur jene Emissionen verwendet, die sich innerhalb des definierten Untersuchungsraumes befinden. Als Basis für die Ausbreitungsrechnungen müssen die verschiedenen Schadstoffemittenten charakterisiert werden. Für das Gebiet werden die unterschiedlichen Quelltypen aus dem Emissionskataster Zell am See erfasst. Dieser unterscheidet folgende Quelltypen:

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

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 neun Kamine als Punktquellen erfasst. Neben den NO_x-Emissionen sind für die Ausbreitungsrechnungen zusätzlich 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 neun Kamine wurden in zwei Quellgruppen zusammengefasst:

Quellgruppe 1 – Gewerbe und Industrie:

Pinzgau Milch reg. Ges.m.b.H., Schößwendter Holz GmbH, SIG Combibloc gesmbH

Quellgruppe 2 - Heizwerke:

Biomasseheizwerk Asitz GmbH, Hackschnitzelheizwerk Saalfelden, Heizschnitzelheizwerk Leogang, Heizschnitzelheizwerk Niedersill, Hackschnitzelheizwerk Bruck SAFE, Hackschnitzelheizwerk Maria Alm

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 zwei Quellgruppen zur Verfügung gestellt:

Quellgruppe 3: PKW, IO+AO

Emissionen von PKWs, Innerorts und Außerorts

Quellgruppe 4: LKW, IO+AO

Emissionen von LKWs, Innerorts und Außerorts

Für die Modellierungen wurden folgende Annahmen getroffen:

- Die Straßenbreite wurde vom Auftragsteller zur Verfügung gestellt.
- Emissionen von Tunnelstrecken unter einer Länge von 500 m wurden nur über die dazugehörigen Tunnelportale freigesetzt.
- Emissionen von Tunnelportalen über einer Länge von 500 m wurden nur über das Abluftsystem und nicht über die dazugehörigen Tunnelportale freigesetzt.
- Eine Ausnahme stellt der Schmittentunnel dar, bei welchem tagsüber ein Belüftungssystem betrieben wird und die Emissionen über einen Abluftschacht abgesaugt werden und in der Nacht die natürliche Belüftung ausreichend ist.

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 – Flächenquellen stationär:

Kleine stationäre Flächenquellen (Haushalte und Kleinverbraucher)

Auflösung: 50 m x 50 m und 100 m x 100 m

Quellgruppe 6 – Off-Road und Sonstige:

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

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

Quellgruppe 7 – Pistenwalzen:

Emissionen verursacht durch den Betrieb von Pistenwalzen im Winter

Auflösung: 50 m x 50 m

Quellgruppe 8 – Flächenverkehr:

Verkehrsemissionen, welche nicht den Linienquellen zugeordnet wurden

Auflösung: 100 m x 100 m

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

Tabelle 1: Freisetzungshöhen der Flächenquellen

Quellgruppe		Methodik Quellhöhe	Quellhöhe	vertikale Ausdehnung
5	Flächenquellen stationär	mittlere Höhe 10 m	10	2
6	Off-Road	mittlere Höhe 4 m	4	1
7	Pistenwalzen	mittlere Höhe 4 m	4	1
8	Flächenverkehr	mittlere Höhe 2 m	2	1

4.1.4 Ganglinien der Emissionen

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

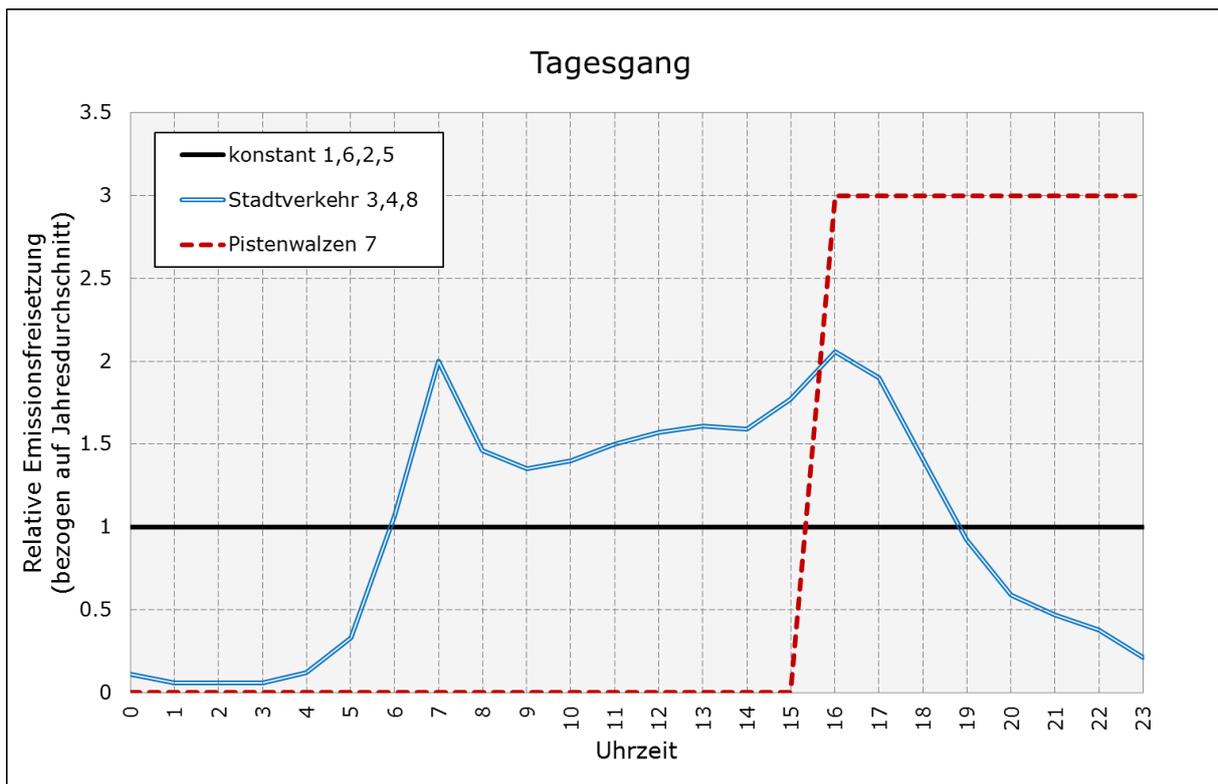


Abbildung 3: Relativer Tagesgang der Emissionsquellen

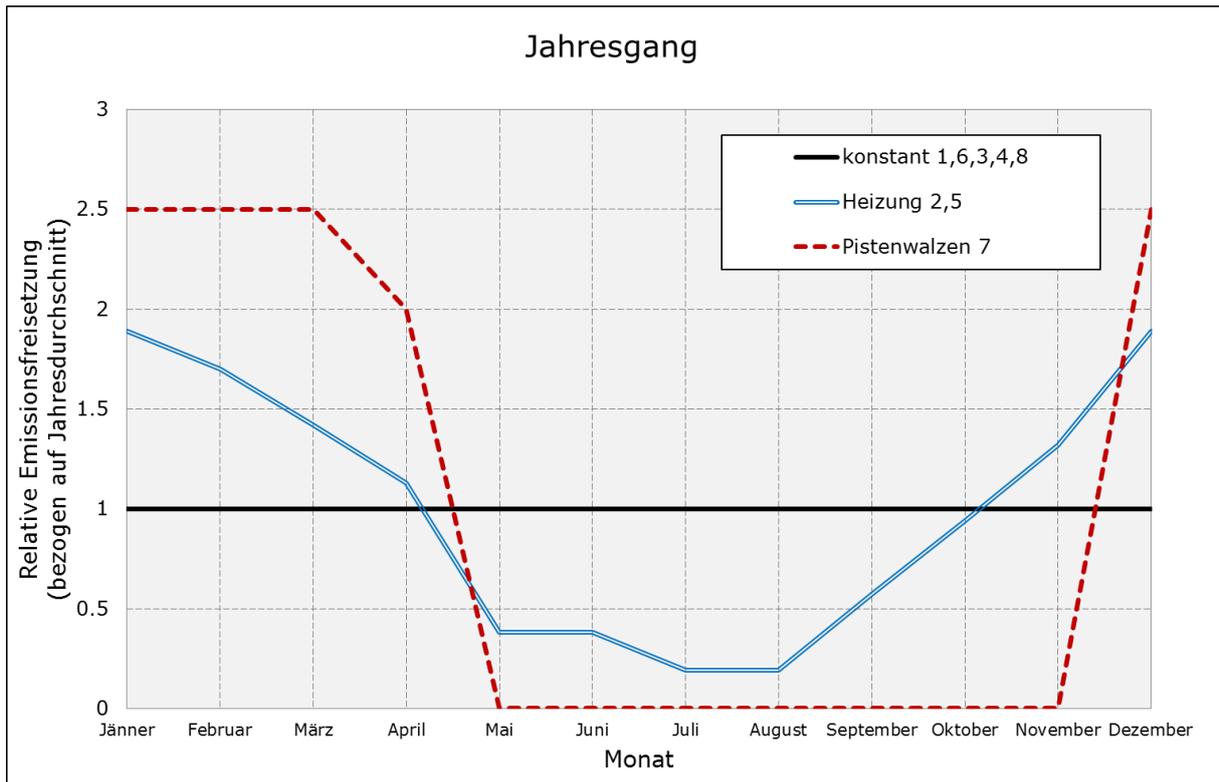


Abbildung 4: Relativer Jahresgang der Emissionsquellen

4.2 Methodik Immissionen

4.2.1 Grenzwerte

Als Immissionsgrenzwert der Konzentration zum dauerhaften Schutz der menschlichen Gesundheit in ganz Österreich gelten gemäß IG-L [2] die Werte in nachfolgender Tabelle:

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

Luftschadstoff	HMW	MW8	TMW	JMW
Schwefeldioxid SO ₂	200 ³⁾		120	
Kohlenmonoxid CO		10 000		
Stickstoffdioxid NO ₂	200			30 ¹⁾
Benzol				5
Blei in PM ₁₀				0.5
PM ₁₀			50 ²⁾	40
PM _{2,5}				25 ⁴⁾

¹⁾Seit 01.01. 2010 beträgt die Toleranzmarge 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Im Jahr 2012 ist eine Evaluierung der Wirkung der Toleranzmarge für die Jahre 2010 und 2011 durchzuführen. Auf Grundlage dieser Evaluierung wird gegebenenfalls der Entfall der Toleranzmarge verordnet.

²⁾Darf seit 01.01.2010 nur mehr 25-mal pro Jahr überschritten werden.

³⁾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.

⁴⁾gültig seit 01.01.2015.

Tabelle 3: Grenzwerte zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation [3] in $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Luftschadstoff	Winter	TMW	Jahresmittelwert
Schwefeldioxid	20	50	20
Stickstoffoxide (als NO ₂)		80	30

4.2.2 Berechnung der Immissionsbelastung

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 (Version: Jänner 2018) berechnet werden. Eine detaillierte Beschreibung des Modells und Ergebnisse von Validierungsrechnungen können auf der Website des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung heruntergeladen werden [4]. Die verwendeten Eingangsparameter für die vorliegenden Berechnungen werden im Anhang (Kapitel 11) 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. Die Tabelle 4 zeigt die 8 verwendeten Quellgruppen.

Tabelle 4: Definition der Quellgruppen

	Quelle	Quellgruppe
Punktquellen	Gewerbe & Industrie	1
	Heizwerke	2
Linienquellen	PKW IO und AO	3
	LKW IO und AO	4
Flächenquellen	Flächenquellen stationär	5
	Off-Road	6
	Pistenwalzen	7
	Flächenverkehr	8

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 Berechnung der Gesamtbelastung

In der Ausbreitungsmodellierung werden nur die Immissionsbeiträge der berücksichtigten Emissionen berechnet. Zur Ermittlung der Gesamtbelastung muss noch die Vorbelastung hinzugezählt werden. Diese wird aus dem Vergleich der gemessenen Gesamtbelastung und der modellierten Zusatzbelastung für den Istzustand ermittelt.

4.2.5 Zeitliche und räumliche Auflösung

Das gesamte Rechengebiet besitzt eine Größe von 28,9 km x 25,7 km. Die horizontale Auflösung der Konzentrationsfelder der Emissionsquellen beträgt 10 m. Dadurch können hohe Konzentrationsgradienten (beispielsweise neben Straßen) abgebildet werden. Die vertikale Auflösung des Auszählgitters beträgt 1 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 610 klassifizierte Wetterlagen, d.h. anhand einer halbstündlich zugewiesenen Windgeschwindigkeitsklasse, 10° Windrichtungssektor und Stabilitätsklasse. Auf Basis dieser Klassifikation wird der Konzentrationsverlauf eines Jahres simuliert. Mit Hilfe von Tages- und Jahregängen kann auch die Variabilität der einzelnen Quellen berücksichtigt werden. Diese Methodik ermöglicht ebenfalls eine Auswertung von maximalen Tages- und Halbstundenmittelwerten sowie von Perzentilen.

4.2.6 NO-NO₂-Umwandlung

Die emittierten Stickstoffoxid-Emissionen (NO_x) bestehen zum überwiegenden Teil aus NO. Nach dem Austritt in die Atmosphäre wird in der Folge NO zu NO₂ oxidiert. Eine detaillierte Berechnung dieses Oxidationsprozesses mittels geeignetem Chemiemodell ist für diese Untersuchung nicht zielführend, da hierfür umfangreiche Eingangsparameter notwendig wären, welche nicht zur Verfügung stehen (z. B. Strahlungsdaten, Temperaturverteilung, Ozongehalt, HC-Gehalt, zeitlich hochauflösende Emissionsverläufe aller Emittenten des Untersuchungsgebiets usw.).

Eine einfache Alternative zur Ermittlung der NO₂-Umwandlung stellt die empirische Konversionsfunktion nach Romberg dar (VDI-Richtlinie 3782 [5]). Dabei werden die emittierten Stickstoffoxide NO_x (Summe aus NO₂ und NO, wobei NO als NO₂ gerechnet wird) zuerst inert betrachtet und die Konzentration berechnet. Auf Basis dieser Konzentrationsverteilung wird dann mit der Beziehung

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

die NO₂-Konzentration ermittelt.

Für Österreich wurden die Parameter A, B und C aus Messdaten der Jahre 2005-2011 in [1] abgeleitet. Zu beachten ist, dass die Umwandlungsrate regional unterschiedlich sein kann. Zur Überprüfung wurden die Konversionsfunktionen mit Messdaten im Untersuchungsraum (Station Zell am See) verglichen (Abbildung 5) und die Konversionsfunktion gemäß Tabelle 5 verwendet.

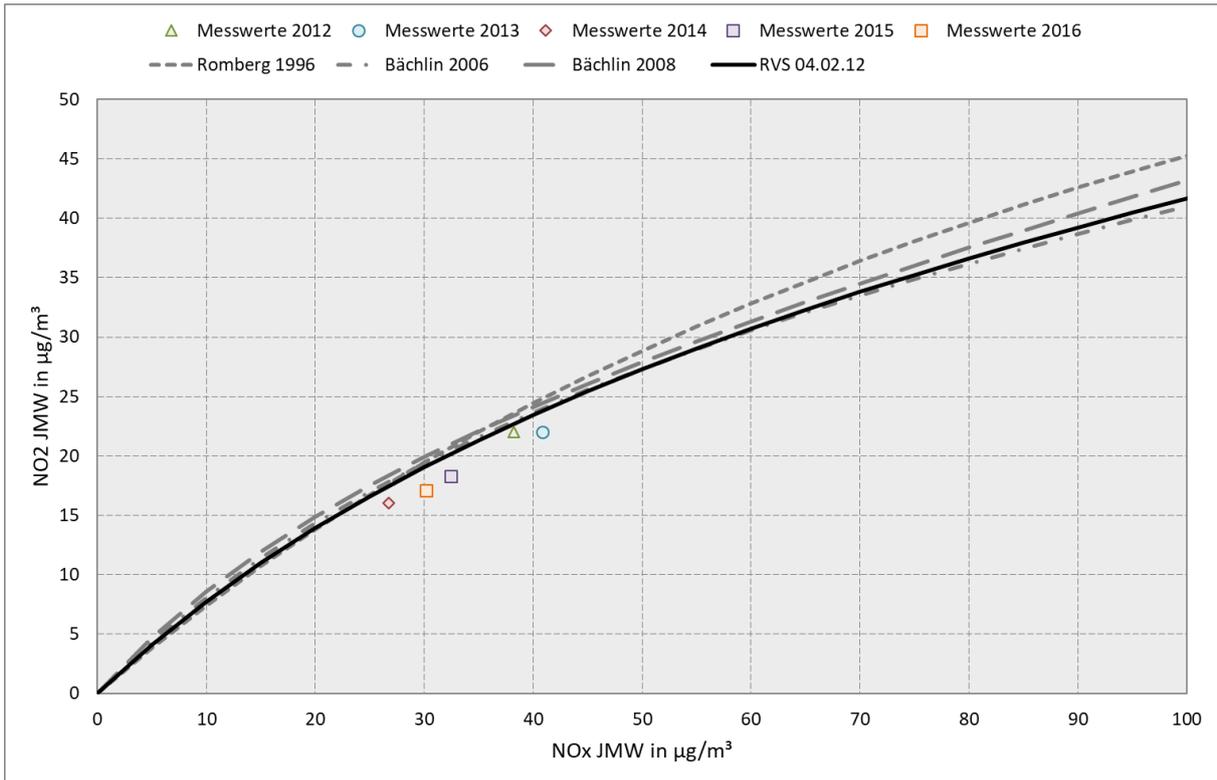


Abbildung 5: NO_x zu NO₂ Umwandlung für den Untersuchungsraum

Tabelle 5: Parameter für die NO₂-Umwandlungsfunktion abgeleitet aus österreichischen Datensätzen

Konzentrationsgröße	Funktionsparameter		
	A	B	C
Jahresmittelwert	49	65	0.12
98 Perzentil HMW	65	65	0.12
99.8 Perzentil HMW	70	65	0.12

4.2.7 Berechnung des maximalen Halbstundemittelwertes von NO₂

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 NO₂ durch außergewöhnlich hohe Umwandlungsraten von NO zu NO₂, durch hohe Vorbelastungswerte (z.B. Transport in Rechendomäne) oder außergewöhnlich hohes Verkehrsaufkommen (Stauereignis) verursacht werden. Außerdem basieren Ausbreitungsmodelle immer auf mehreren Turbulenzparametrisierungen, wodurch z.B. statistische Ausreißer, die zu Spitzenbelastungen führen können, nicht berücksichtigt werden können. Letztlich können auch Einzelereignisse, welche in der Modellierung nicht berücksichtigt werden können, zu Spitzenbelastungen bei einzelnen Aufpunkten führen (z.B. starke temporäre Emissionsquellen).

Aus diesen Gründen wird auf eine explizite Modellierung des maximalen Halbstundenmittelwertes verzichtet. Die verwendete Methodik basiert auf der Berechnung der Gesamtbelastung für das 98-Perzentil für NO₂ und in weiterer Folge in einer Korrelation zwischen der Gesamtbelastung für das 98-Perzentil mit der Gesamtbelastung für den maximalen Halbstundenmittelwert [1].

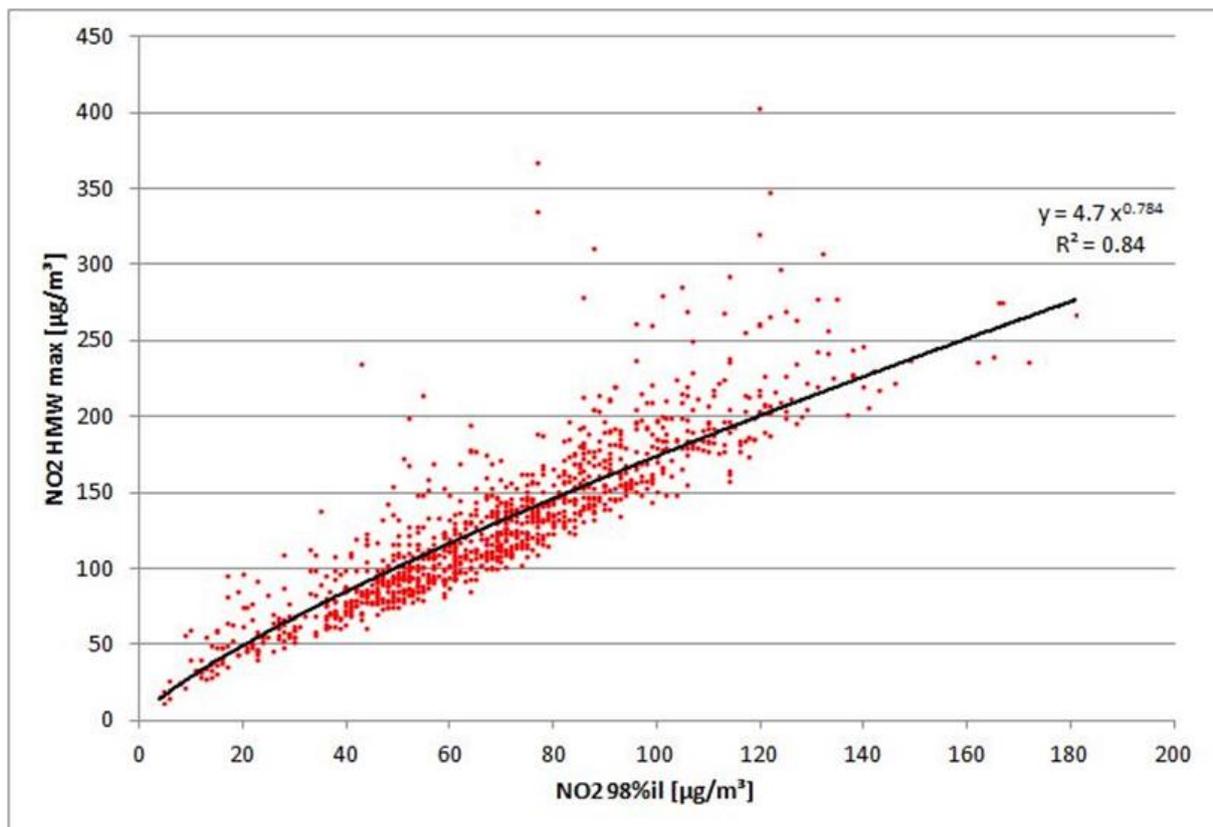


Abbildung 6: Empirischer Zusammenhang zwischen 98 Perzentil NO₂ und dem maximalen Halbstundenmittelwert von NO₂ [14]

5 Beschreibung der Eingangsdaten

Als Grundlagen für die Modellierung des NO_x/NO₂-Immissionskatasters wurden folgende Daten verwendet:

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

5.1 Meteorologie

Ausbreitungsmodellierungen im komplexen Gelände stellen eine große Herausforderung hinsichtlich des Modellantriebes, d.h. der meteorologischen Initialisierung und der Randbedingungen, dar. Prinzipiell wäre die Verwendung von Re-Analysen denkbar. Jedoch aufgrund der noch viel zu großen Maschenweiten sowie Rechenzeitbeschränkungen, können bei Re-Analysen mittels Wettersvorhersagemodellen (z.B. ECMWF-IFS), Messstationen im komplexen Gelände bei der Datenassimilation nicht verwendet werden, da Täler oder auch Bergrücken nicht aufgelöst werden, bzw. die Höhe der Modell Orographie signifikant von der realen Höhe einer Messstation abweicht [6]. Auch die mögliche Kopplung Wettersvorhersagemodell – Mikroskalenmodell (z.B. WRF – GRAMM) stellt aufgrund der oft wichtigen, fehlenden meteorologischen Informationen zur Charakterisierung der Verhältnisse in Tälern (vor allem lokale Windsysteme und Inversionen) derzeit noch keine anwendbare Alternative dar [7].

Deshalb bietet sich die Möglichkeit an, Windfelder für charakteristische Situationen zu berechnen, z.B. unter Verwendung einer Zeitreihe der meteorologischen Parameter Windgeschwindigkeit, Windrichtung und Ausbreitungsklassen gemäß ÖNORM M 9440. Sofern die zugrunde liegenden Messungen die übergeordneten und lokalen Windsysteme (im wesentlichen Berg-Tal-Windsysteme) gut erfasst und diese für das Untersuchungsgebiet repräsentativ sind, eignet sich diese Klassifizierung zum Antrieb für das Strömungsmodell [8], [7], [9]. Details dieser Methodik wurden in den Projekten PMinter [7] und ALPNAP [9] beschrieben. Bei dieser Vorgehensweise können allerdings nur die Windmessungen einer Messstation verwendet werden.

In dieser Untersuchung stehen Windmessungen von den Stationen Niedernsill und Schmittenhöhe für den Zeitraum 01.01.2010 bis 13.12.2010 sowie Zell am See für den Zeitraum 05.05.2010 bis 13.12.2010 zur Verfügung. Die meteorologischen Eingangsdaten wurden vom Amt der Salzburger Landesregierung zur Verfügung gestellt. Die Ausbreitungsklassenstatistik wurde von der ZAMG Salzburg erstellt. Daher wurde auf eine neuere Methodik [10] zurückgegriffen. Windfelder wurden für eine synthetische Klassifizierung der relevanten Windgeschwindigkeitsklassen, Windrichtungen (10° Sektoren) und 7 Ausbreitungsklassen im Untersuchungsgebiet durchgeführt. Danach wurden anhand der klassifizierten Zeitreihen für die Stationen Niedernsill und Schmittenhöhe in Abhängigkeit der Ausbreitungsklasse, die Strömungsfelder mit der insgesamt besten Übereinstimmung zugeordnet. Die Daten der Station Zell am See wurden dabei nicht berücksichtigt, da diese

nicht den gesamten Betrachtungszeitraum abdecken und bei Verwendung der sogenannten „Match-to-Observation“ Funktion [10] der verwertbare Zeitraum stark eingeschränkt wird. Letztendlich konnte durch die Verwendung der beiden Stationen Niedersill und Schmittenhöhe die beste Güte in den Windfeldsimulationen erzielt werden.

5.1.1 Standort Niedersill

Die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeitsklassen ist in der Abbildung 7 dargestellt. Windschwache Wetterlagen unter 0,5 m/s kommen in ca. 12 % des Jahres vor. Insgesamt sind knapp 34 % der Windgeschwindigkeiten kleiner als 1 m/s. Windgeschwindigkeiten zwischen 1 und 2 m/s treten in ca. 31 % der Fälle auf. Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit betrug 1,8 m/s.

Der Abbildung 8 ist die mittlere Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen zu entnehmen. Es treten hauptsächlich Winde aus westlicher und östlicher Richtung auf, wobei erstere etwa doppelt so häufig vorkommen.

Der mittlere Tagesgang der Windrichtungen ist in der Abbildung 9 dargestellt. Tagsüber dominieren die Windrichtungen aus Osten, wobei auch westliche Winde oft vorkommen. Nachts hingegen sind Winde aus Westen wesentlich häufiger. Letztere stehen mit schlechteren Ausbreitungsbedingungen in Verbindung, da die thermische Schichtung der Atmosphäre stabiler ist.

Der Tagesgang der mittleren Windgeschwindigkeit kann der Abbildung 10 entnommen werden. Das Maximum liegt in den Nachmittagsstunden, in denen die mittlere Windgeschwindigkeit über 2,3 m/s erreicht. In der Nacht schwankt die durchschnittliche Windgeschwindigkeit um etwa 1,6 m/s. Insgesamt gibt der dargestellte Tagesgang mit dem ausgeprägten Maximum in den Nachmittagsstunden und nächtlichem Minimum den charakteristischen Verlauf einer alpinen Tallage wieder.

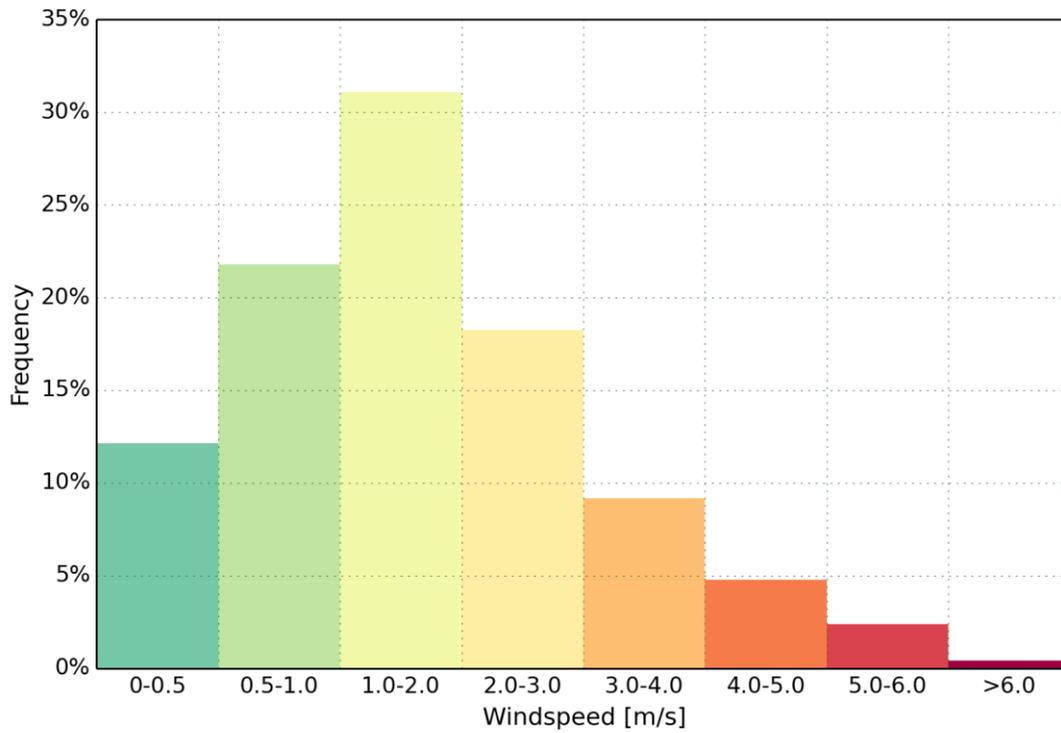


Abbildung 7: Mittlere Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit am Standort Niedersill

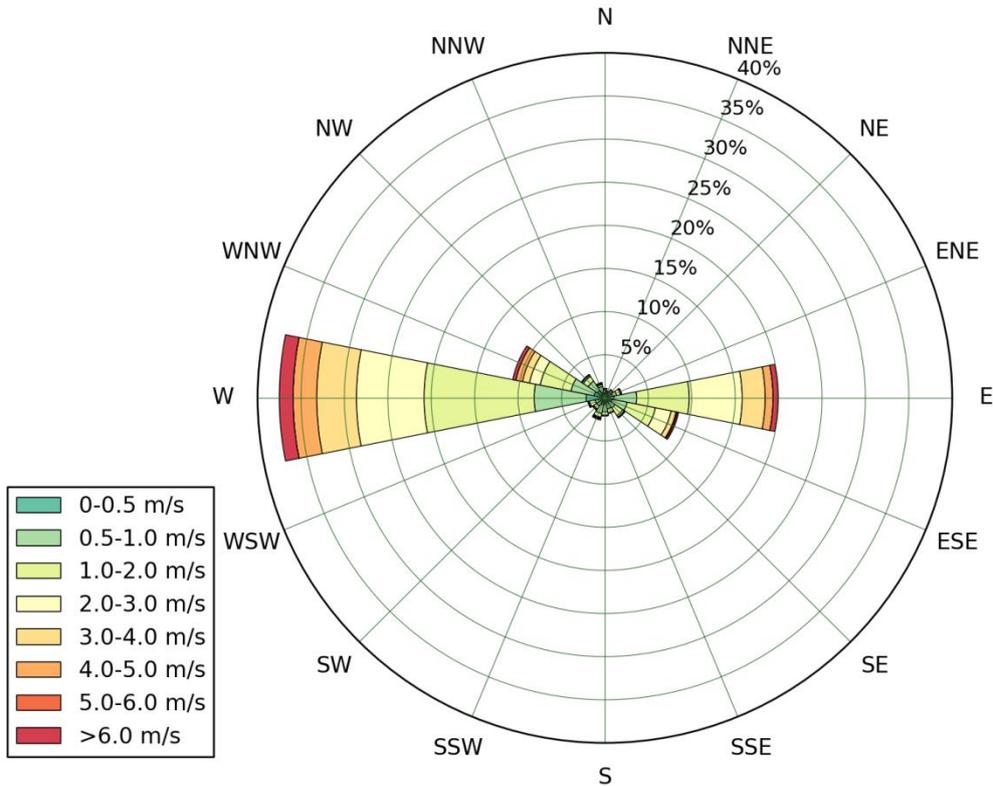


Abbildung 8: Mittlere Windrichtungsverteilung [%] inklusive Windgeschwindigkeitsklassen am Standort Niedersill

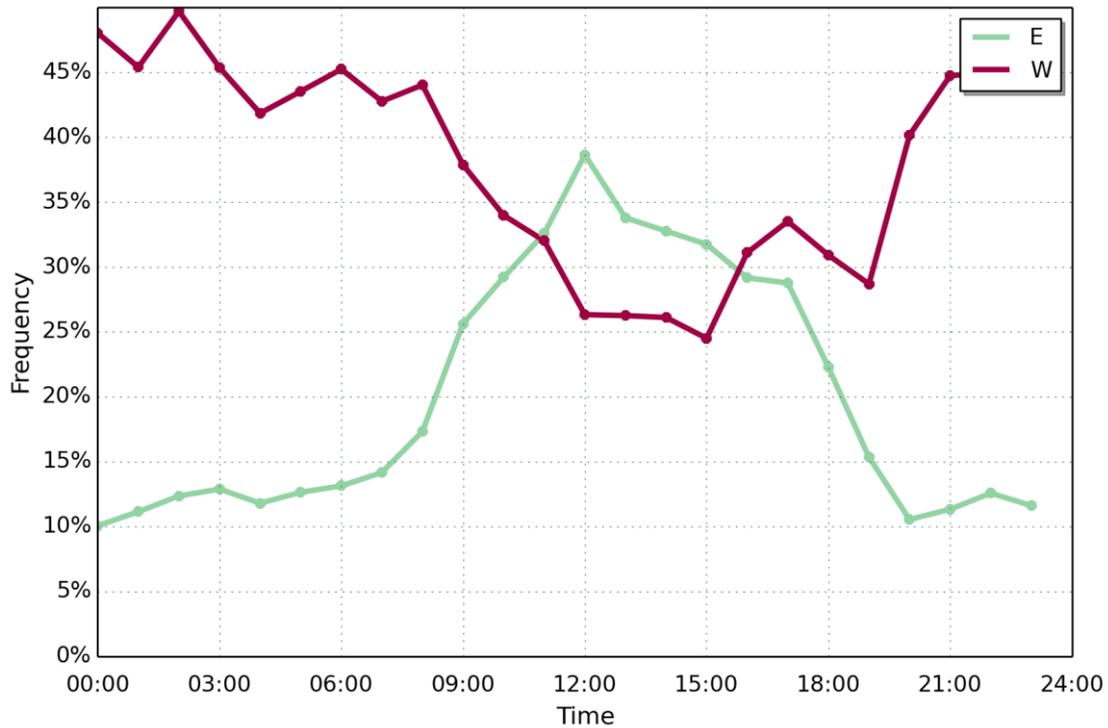


Abbildung 9: Mittlere Häufigkeit der Hauptwindrichtungen am Standort Niedersill

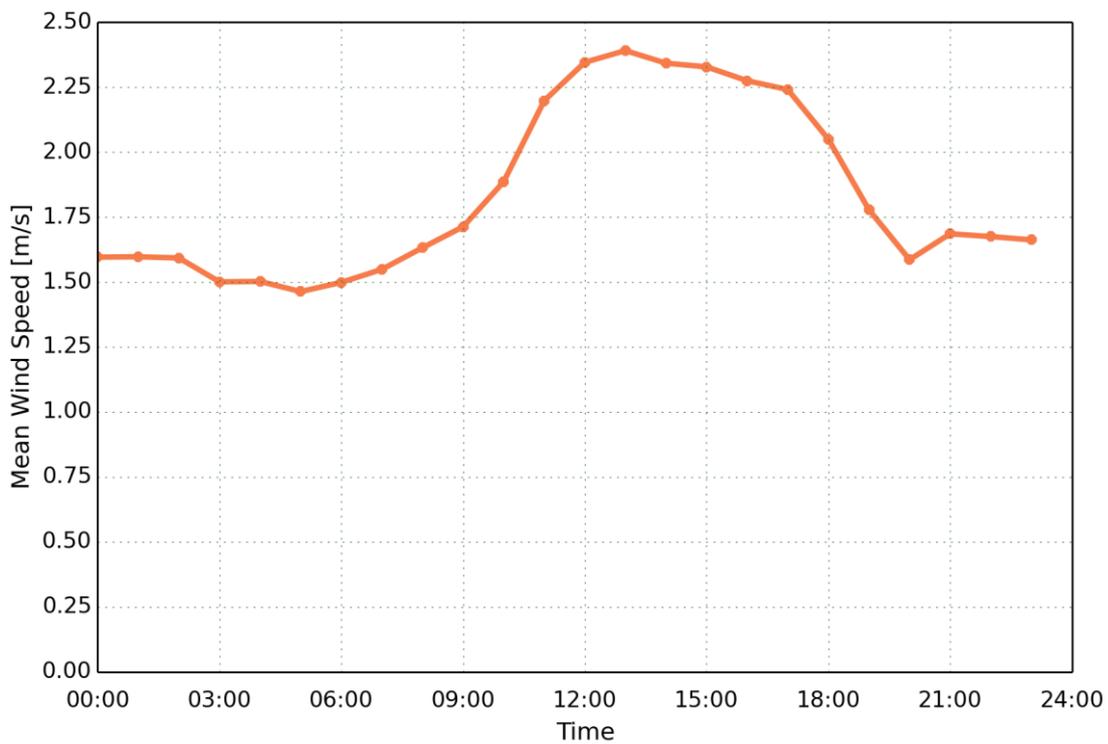


Abbildung 10: Tagesgang der mittleren Windgeschwindigkeiten am Standort Niedersill

5.1.2 Standort Schmittenhöhe

Die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeitsklassen ist in der Abbildung 11 dargestellt. Windschwache Wetterlagen unter 0,5 m/s kommen in ca. 2 % des Jahres vor. Winde unter 1 m/s kommen in ca. 16 % der Fälle vor. Windgeschwindigkeiten zwischen 1 und 2 m/s treten in knapp 38 % der Fälle auf, Windgeschwindigkeiten zwischen 2 und 3 m/s in etwas über 24 % der Fälle. Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit betrug 2,2 m/s.

In der Abbildung 12 ist die mittlere Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen dargestellt. Es treten vorwiegend Winde aus nördlichen Richtungen auf. Winde aus östlichen bis südöstlichen Sektoren treten ebenfalls häufig auf. Die Windrose am hochgelegenen Standort Schmittenhöhe ist beeinflusst durch das umgebende teilweise höhere Terrain, beinhaltet den übergeordneten Antrieb auf der synoptischen Skala unter Einfluss des umgebenden Reliefs. .

Der mittlere Tagesgang der Windrichtungen ist in der Abbildung 13 dargestellt. Tagsüber kommen sowohl Winde aus den nördlichen als auch den östlichen und ost-südöstlichen Richtungen häufig vor. Nachts hingegen sind Winde aus nördlicher Richtung häufiger. Die nächtlich stärker ausgeprägten NNW sind entweder einer abgelenkten, zonalen, westlichen Grundströmung oder Ausgleichswinden zuzuordnen. Die östlichen und ost-südöstlichen Windrichtungen könnten einerseits durch Hangaufwinde, andererseits mit dem Südföhn in Verbindung stehen [11]. Im Vergleich zur Station Niedernsill fallen die tageszeitlichen Schwankungen deutlich geringer aus.

Der Tagesgang der mittleren Windgeschwindigkeit kann der Abbildung 14 entnommen werden. Aufgrund der erhöhten Lage der Messstation auf einem Bergrücken in 1973 m (über NN) ist kein ausgeprägter Tagesgang der Windgeschwindigkeit zu erkennen. Die mittlere Windgeschwindigkeit sinkt nie unter 2 m/s und steigt nur nachts etwas an.

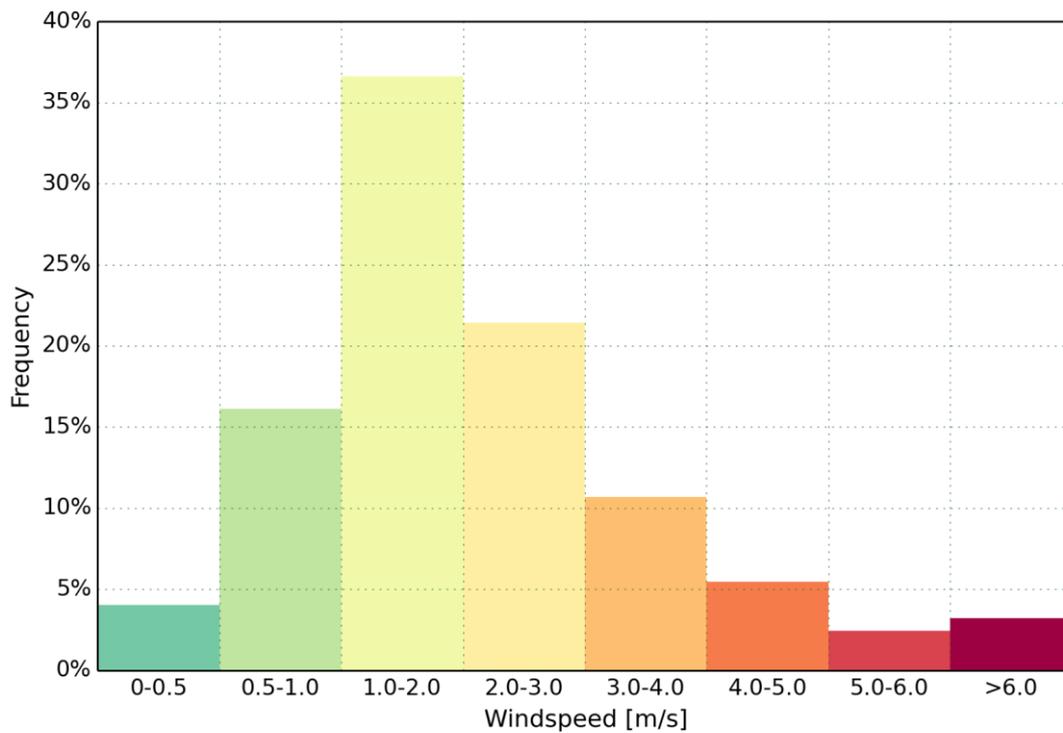


Abbildung 11: Mittlere Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit am Standort Schmittenhöhe

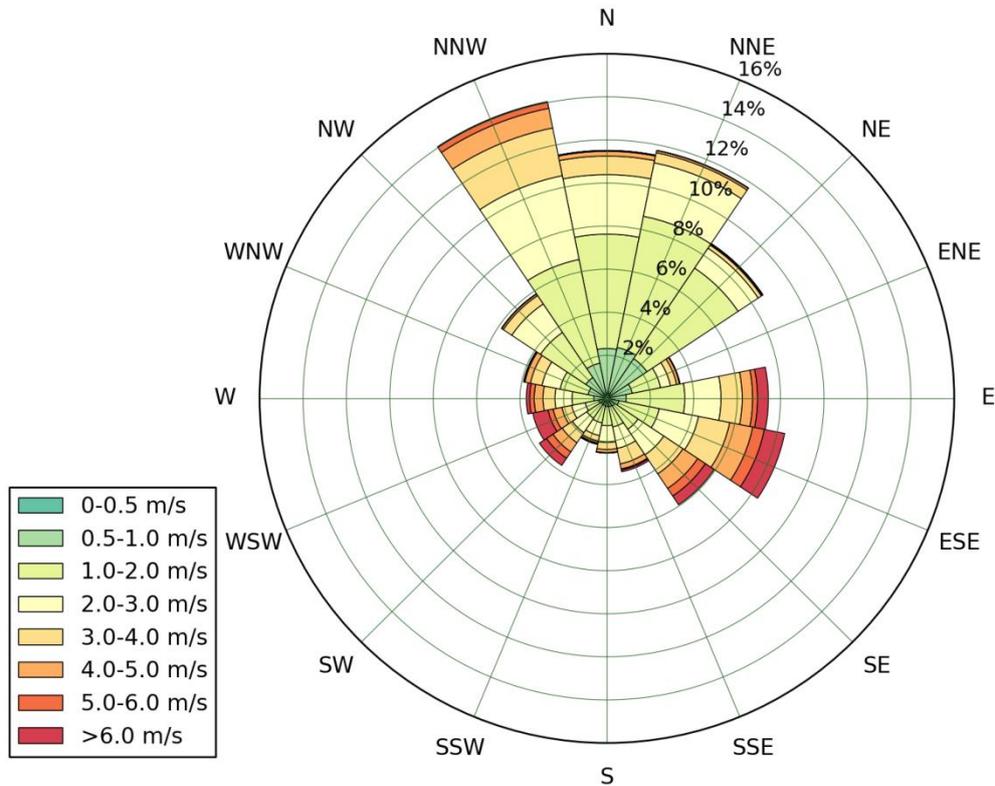


Abbildung 12: Mittlere Windrichtungsverteilung [%] inklusive Windgeschwindigkeitsklassen am Standort Schmittenhöhe

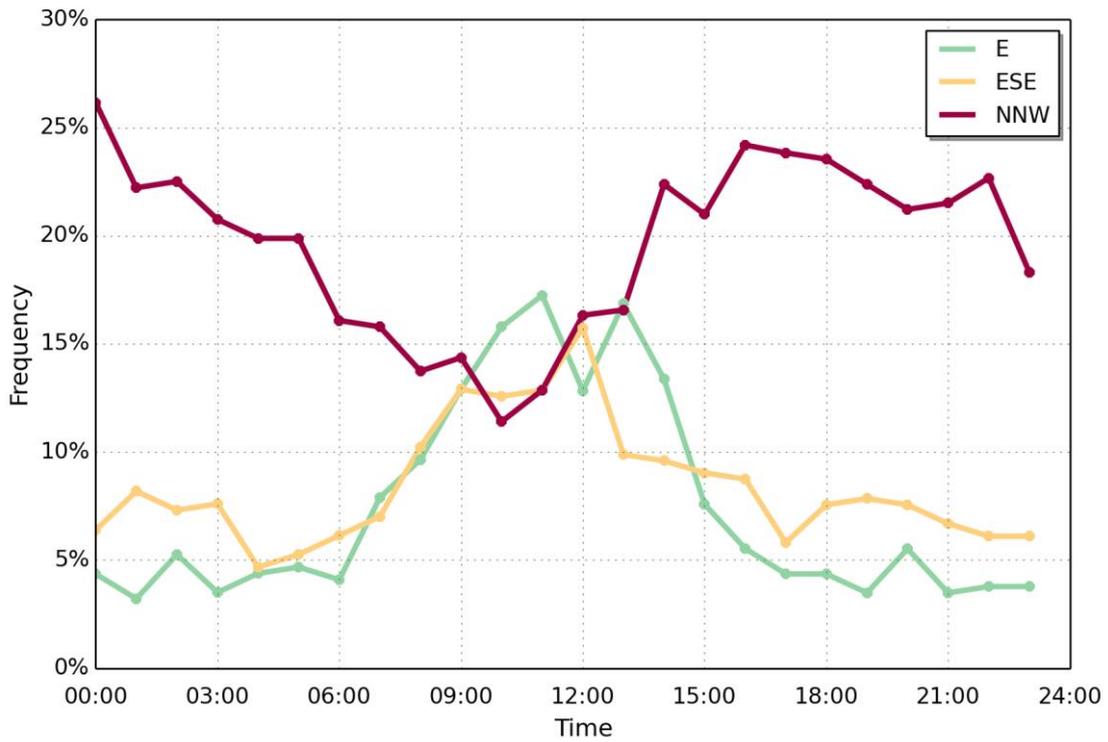


Abbildung 13: Mittlere Häufigkeit der Windrichtungen am Standort Schmittenhöhe

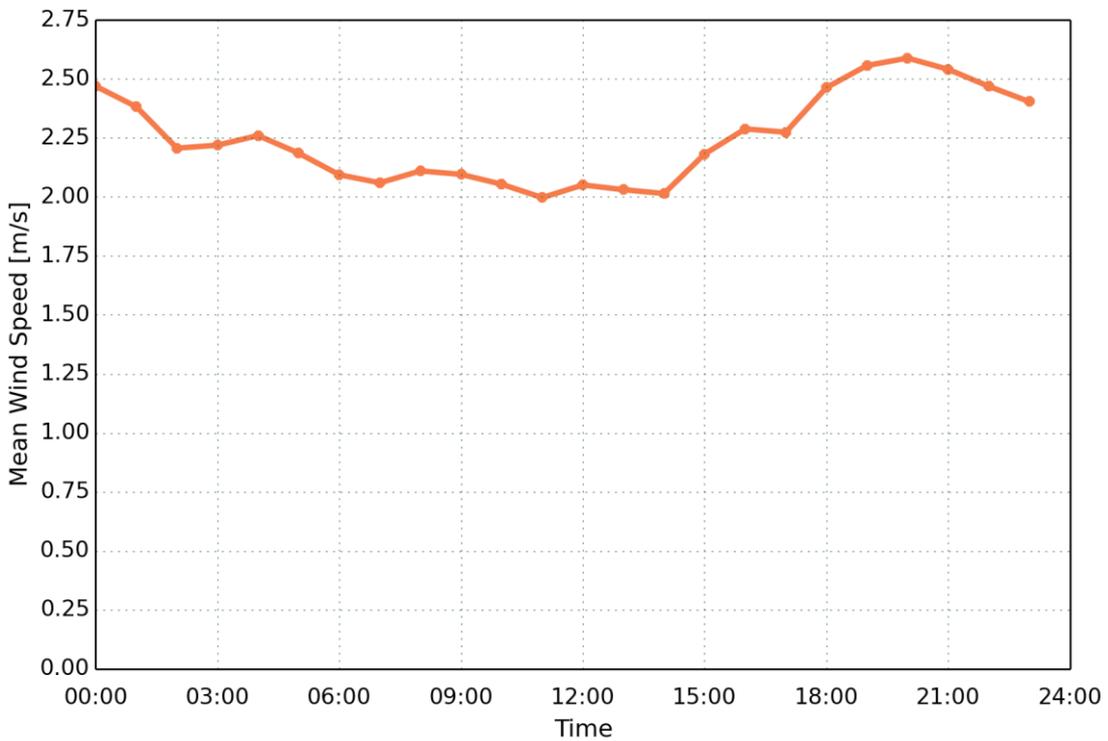


Abbildung 14: Tagesgang der mittleren Windgeschwindigkeit am Standort Schmittenhöhe

5.1.3 Standort Zell am See

Für den Messstandort Zell am See standen nur Daten für den Zeitraum Mai bis Dezember 2010 zur Verfügung, wodurch sich folgende Auswertungen nur auf diesen Betrachtungszeitraum beziehen und kein ganzes Jahr abbilden. Insbesondere die Wintermonate sind unterrepräsentiert. Die Station zeichnet sich durch eine äußerst komplexe orographische und topographische Lage (West-Ufer Zeller See) aus.

Die Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeitsklassen ist in der Abbildung 15 dargestellt. Windschwache Wetterlagen unter 0,5 m/s kommen in ca. 30 % des Bezugszeitraumes vor. Winde unter 1 m/s kommen insgesamt in knapp 78 % der Fälle vor. Windgeschwindigkeiten zwischen 1 und 2 m/s treten in ca. 20 % der Fälle auf. Die durchschnittliche Windgeschwindigkeit betrug 0,7 m/s. Die in [11] beschriebenen Windmessungen für Zell am See (01.01.2002 bis 31.12.2007) weisen einen Kalmenanteil von 14 % auf, Winde unter 1 m/s treten in insgesamt 43 % über den 6-jährigen Zeitraum auf. Die mittlere Windgeschwindigkeit beträgt 1.5 m/s.

In der Abbildung 16 ist die mittlere Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen dargestellt. Die Hauptwindrichtung ist West, welche sich durch das westlich gelegene kleine Tal ergibt. Dennoch verteilen sich die Windrichtungen auch auf die nördlichen und südlichen Sektoren, die sich aus der Nord-Süd-Ausrichtung des übergeordneten Tales ergeben. Die in [11] beschriebene Windrose für Zell am See (01.01.2002 bis 31.12.2007) weist vorherrschende Windrichtungen aus NNO und WSW auf.

Der mittlere Tagesgang der Windrichtungen ist in der Abbildung 17 dargestellt. Winde aus westlicher Richtung treten mit hoher Häufigkeit ab den späten Nachmittagsstunden und am Abend auf, sowie mit hoher Häufigkeit auch nachts. Dies deutet auf katabatische Winde Schmittenhöhe – Zell am See hin. Während den Nachtstunden dominieren Winde aus NNW, W und S. Tagsüber treten häufig Winde aus nordöstlicher Richtung auf, welche sich bis zum Nachmittag hin Richtung Norden und zum Abend hin Richtung NNW drehen.

Der Tagesgang der mittleren Windgeschwindigkeit kann der Abbildung 18 entnommen werden. Es zeigt sich ein charakteristischer, ausgeprägter Tagesgang mit dem Maximum am Nachmittag und einem Minimum vor Sonnenaufgang.

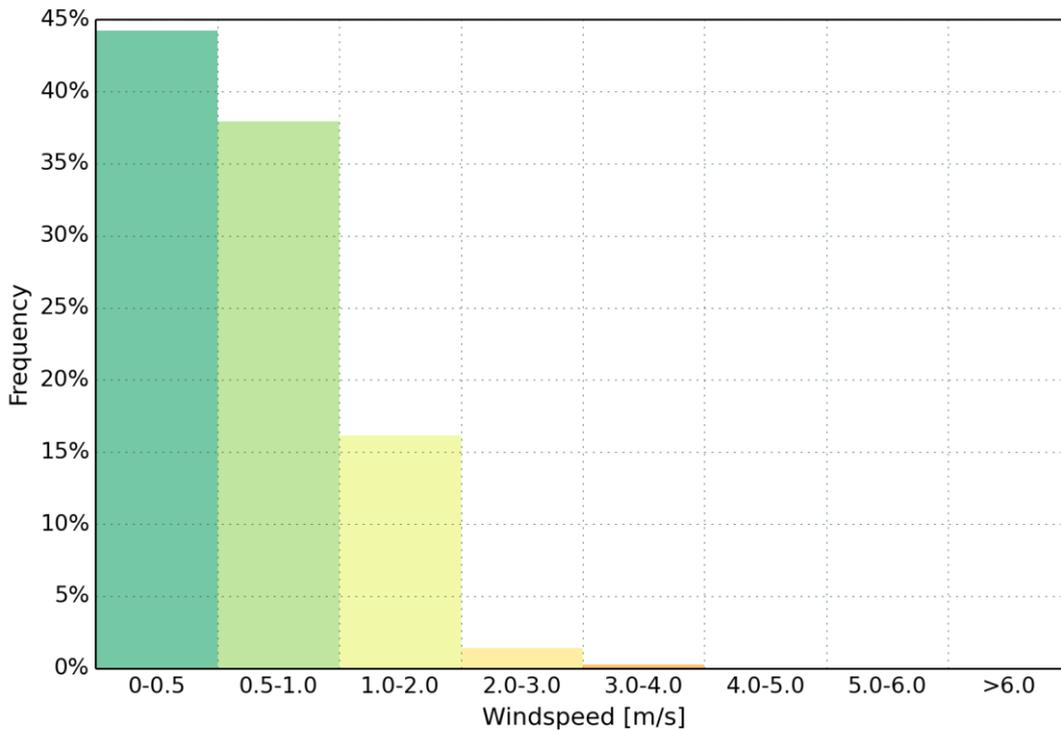


Abbildung 15: Mittlere Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit am Standort Zell am See

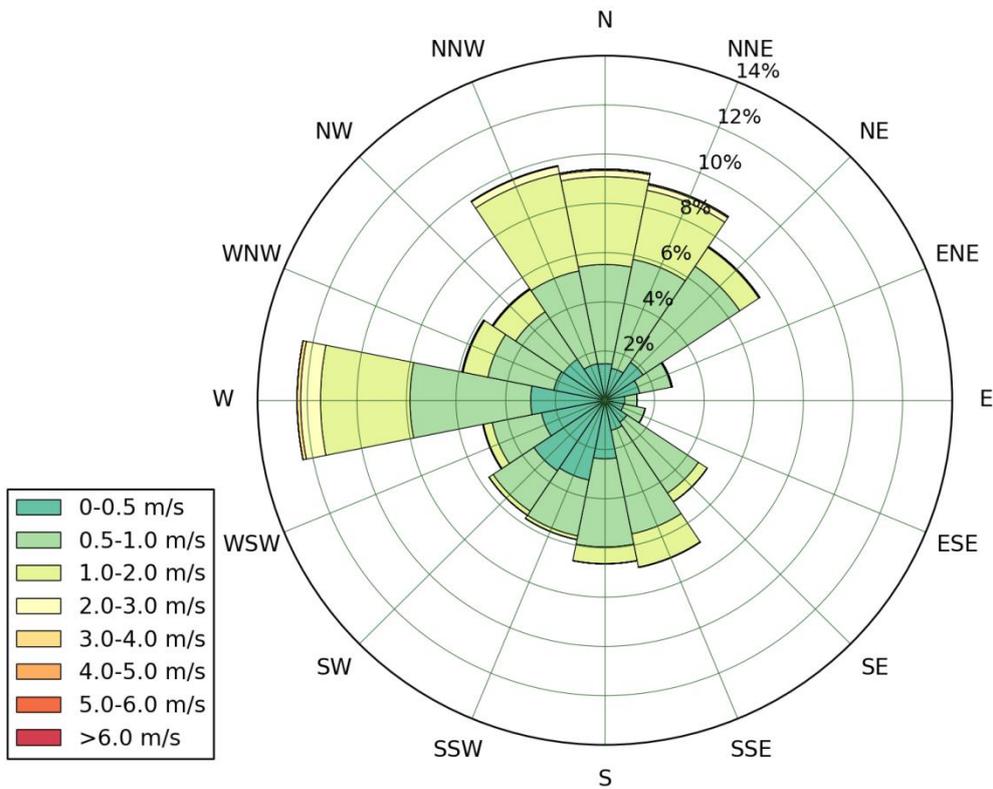


Abbildung 16: Mittlere Windrichtungsverteilung [%] inklusive Windgeschwindigkeitsklassen am Standort Zell am See

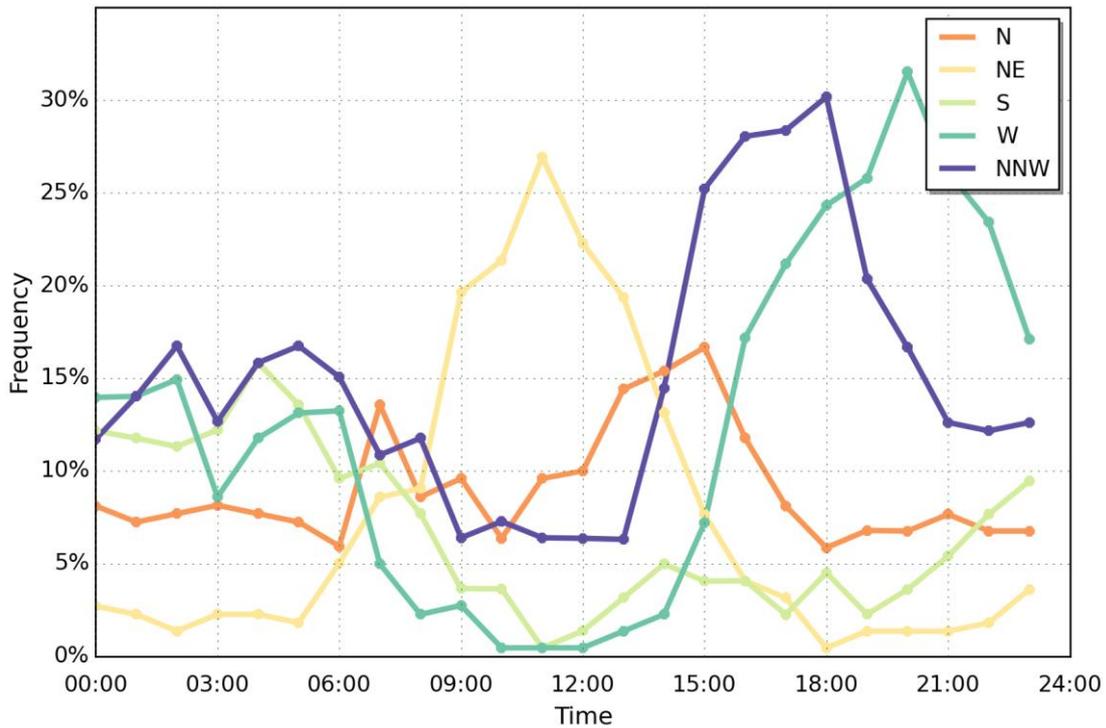


Abbildung 17: Mittlere Häufigkeit der Hauptwindrichtungen am Standort Zell am See

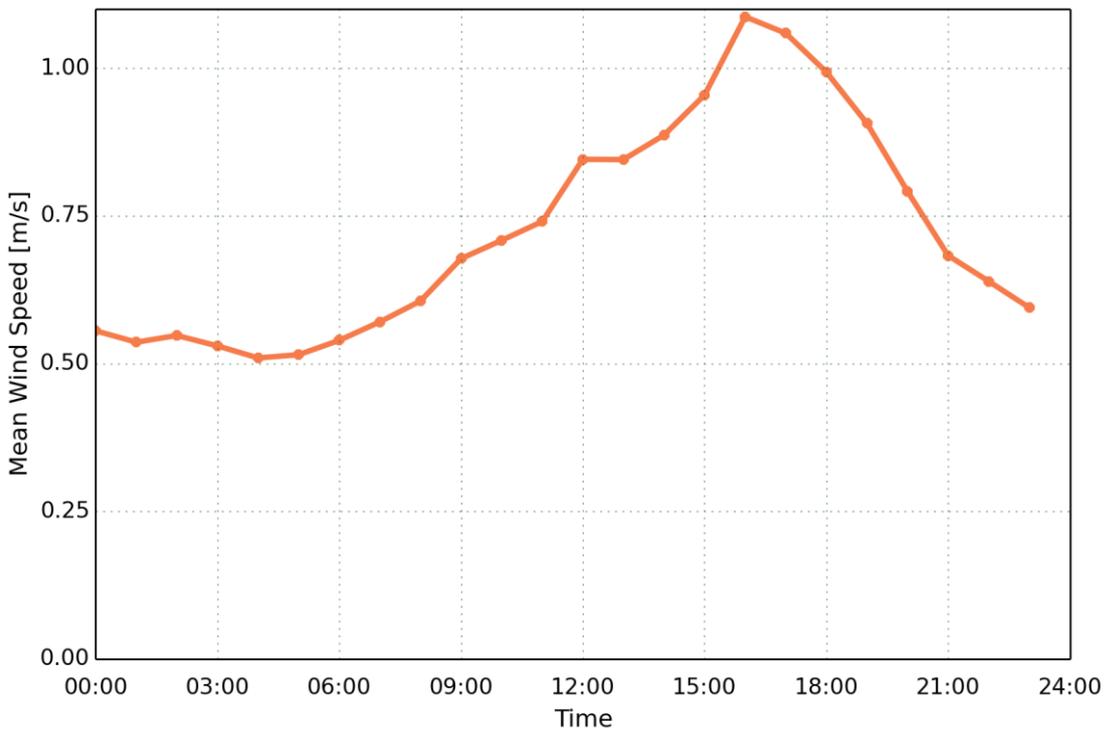


Abbildung 18: Tagesgang der mittleren Windgeschwindigkeit am Standort Zell am See

5.2 Luftgüte

Zur Validierung der Ausbreitungsrechnungen werden die Messwerte der kontinuierlichen Luftgütestation Zell am See vom Messsystem SALIS und Passivsammlermessungen im Untersuchungsgebiet aus den Jahren 2015 und 2016 herangezogen. Die Werte wurden aus den Jahresberichten 2012 – 2016 sowie den Passivsammlerberichten 2015 und 2016 entnommen [12], [13], [14], [15], [16], [17], [18].

5.2.1 Kontinuierliche Messstationen

Der Grenzwert für den Jahresmittelwert an NO₂ wurde in den letzten Jahren an der Station Zell am See eingehalten. Der Grenzwert für den maximalen Halbstundenmittelwert wurde in diesem Zeitraum im Jahr 2013 überschritten.

Tabelle 6: Gemessene NO₂- und NO_x-Konzentrationen bei der Station Zell am See – kontinuierliches Messnetz

Stationsname	Jahr	NO ₂			NO _x		
		JMW µg/m ³	TMW _{max} µg/m ³	HMW _{max} µg/m ³	JMW µg/m ³	TMW _{max} µg/m ³	HMW _{max} µg/m ³
Zell am See	2012	22	73	152	38	176	463
	2013	22	61	248	41	168	936
	2014	16	42	85	27	124	256
	2015	18	58	96	32	134	352
	2016	17	52	78	30	131	279

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 2015 und dem Jahr 2016 für das Untersuchungsgebiet in der Tabelle 7 und in der Tabelle 8 zusammengefasst. Die Lage der Passivsammler ist der Abbildung 49 im Kapitel 11.2 zu entnehmen.

Tabelle 7: Ergebnisse der Passivsammlermessungen für das Jahr 2015

Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	NO ₂ [µg/m ³]	Klasse	ID
Saalfelden Försterweg	Pinzgau	Wohngebiet	16	I*	267
Maishofen Kirchham	Pinzgau	Wohngebiet	17	I*	252
Bruck Oberhof	Pinzgau	Wohngebiet	17	I*	253
Saalbach Rotes Kreuz	Pinzgau	Wohngebiet, verkehrsnah	30	II**	224
Zell am See Gemeinde	Pinzgau	Wohngebiet, verkehrsnah	29	II**	245

*NO₂: < 26 µg/m³: JMW geringer als die Beurteilungsschranke (EU-Richtlinie 2008/50/EG)

**NO₂: 26 – 32 µg/m³: JMW zwischen oberer und unterer Beurteilungsschranke (EU-Richtlinie 2008/50/EG)

Tabelle 8: Ergebnisse der Passivsammlermessungen für das Jahr 2016

Messort	Bezirk	Siedlungsstruktur	NO ₂ [µg/m ³]	Klasse	ID
Saalfelden Försterweg	Pinzgau	Wohngebiet	15	I*	267
Maishofen Kirchham	Pinzgau	Wohngebiet	17	I*	252
Bruck Oberhof	Pinzgau	Wohngebiet	17	I*	253
Saalsbach Rotes Kreuz	Pinzgau	Wohngebiet, verkehrsnah	26	II**	224
Zell am See Gemeinde	Pinzgau	Wohngebiet, verkehrsnah	27	II**	245

*NO₂: < 26 µg/m³: JMW geringer als die Beurteilungsschranke (EU-Richtlinie 2008/50/EG)

*NO₂: 26 – 32 µg/m³: JMW zwischen oberer und unterer Beurteilungsschranke (EU-Richtlinie 2008/50/EG)

5.2.3 Vertikale Abhängigkeit der Vorbelastung

Zur Beschreibung der Abhängigkeit der Hintergrundbelastung von der Seehöhe wurde ein exponentieller Ansatz nach Seinfeld [19] verwendet. Für den Talboden auf einer Seehöhe von ca. 770 m wurde eine Vorbelastung von 10 µg/m³ für den Jahresmittelwert (Abbildung 19) und 100 µg/m³ für den maximalen Tagesmittelwert (Abbildung 20) angenommen. Der vertikale Verlauf der Vorbelastung wird in den folgenden Abbildungen mit Messdaten im Raum Zell am See (2015) verglichen.

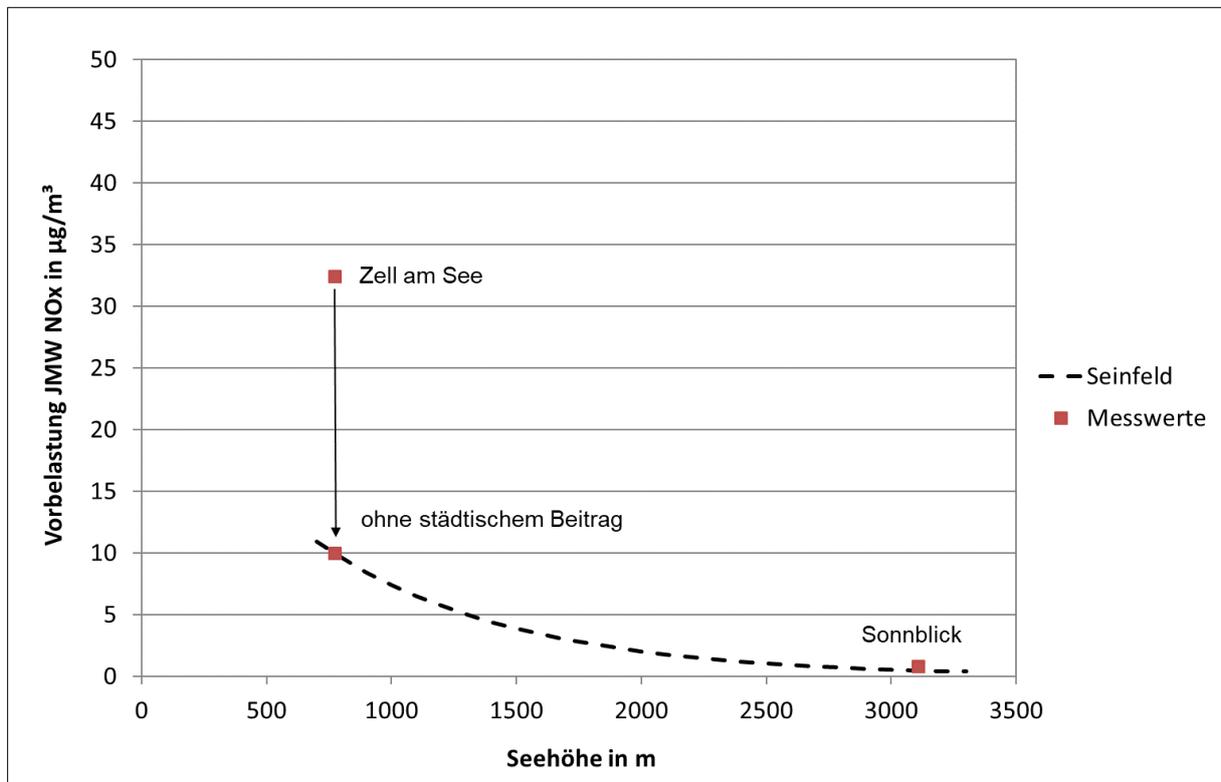


Abbildung 19: Abhängigkeit der NO_x-Vorbelastung für den JMW von der Seehöhe

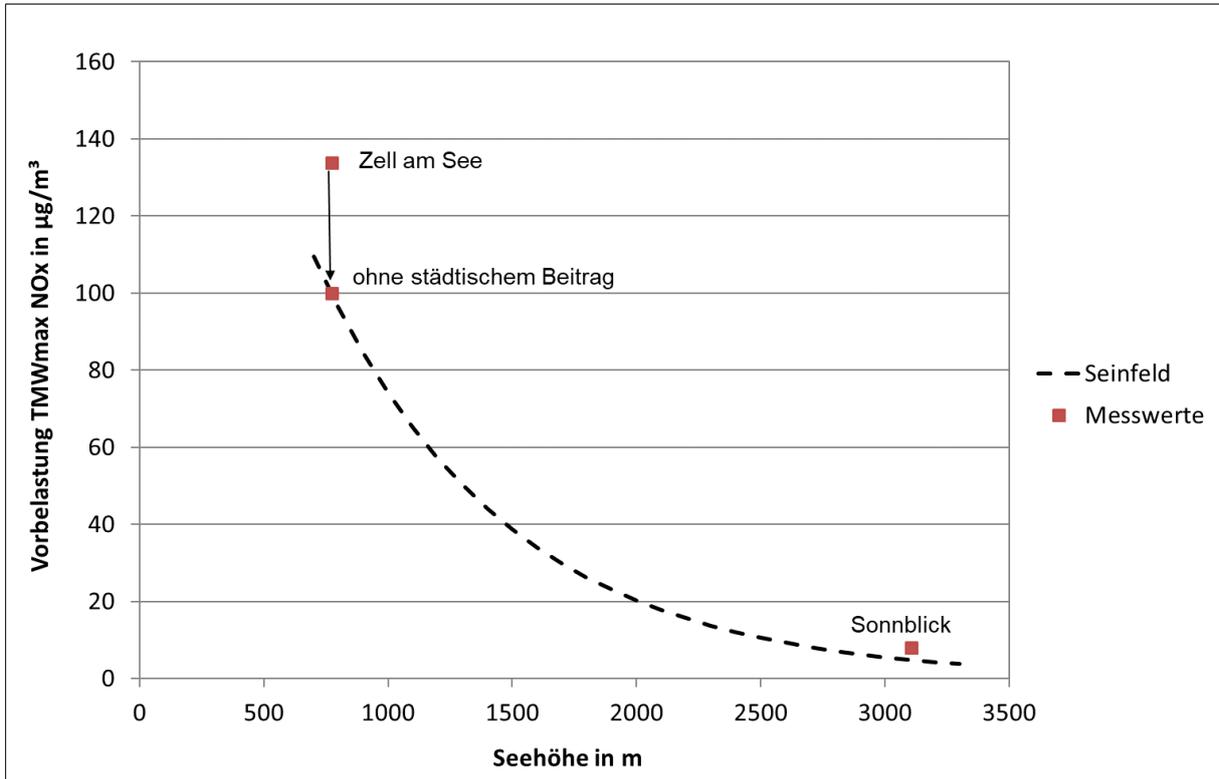


Abbildung 20: Abhängigkeit der NO_x-Vorbelastung für den TMW_{max} von der Seehöhe

5.3 Emissionen

Zur besseren Übersicht werden in diesem Kapitel die Emissionen innerhalb des Berechnungsgebietes dargestellt. In Tabelle 9 sind die Emissionen der Punkt-, Linien- und Flächenemissionen aufgelistet. Die Anteile der unterschiedlichen Quellen an den Gesamtemissionen im Untersuchungsgebiet von Salzburg werden in Abbildung 21 dargestellt.

Tabelle 9: NO_x-Emissionen im Untersuchungsgebiet für das Jahr 2015

	Quellgruppe		NO _x [t/a]
Punkte	1	Gewerbe & Industrie	56
	2	Heizwerke	23
Linien	3	PKW, IO+AO	203
	4	LKW, IO+AO	125
Flächen	5	Flächenquellen stationär	91
	6	Off-Road	159
	7	Pistenwalzen	28
	8	Flächenverkehr	53

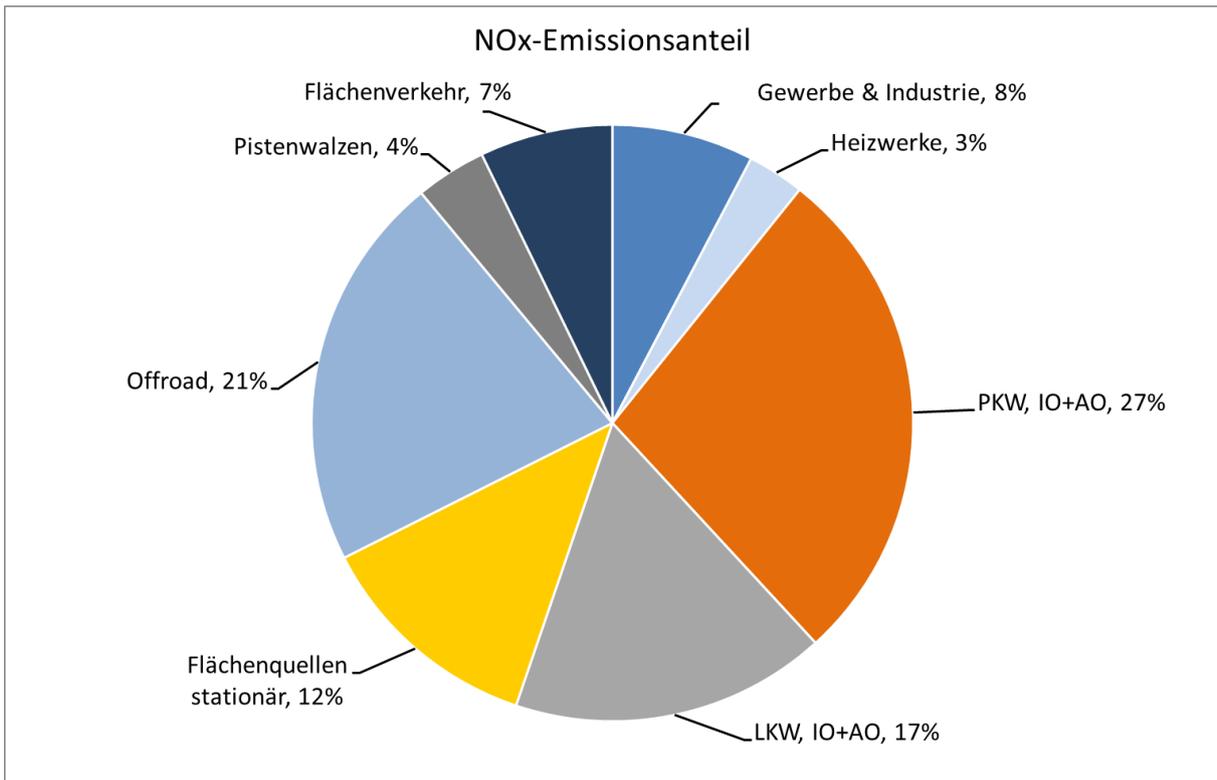


Abbildung 21: Anteil der Quellgruppen an den NO_x-Emissionen im Untersuchungsgebiet

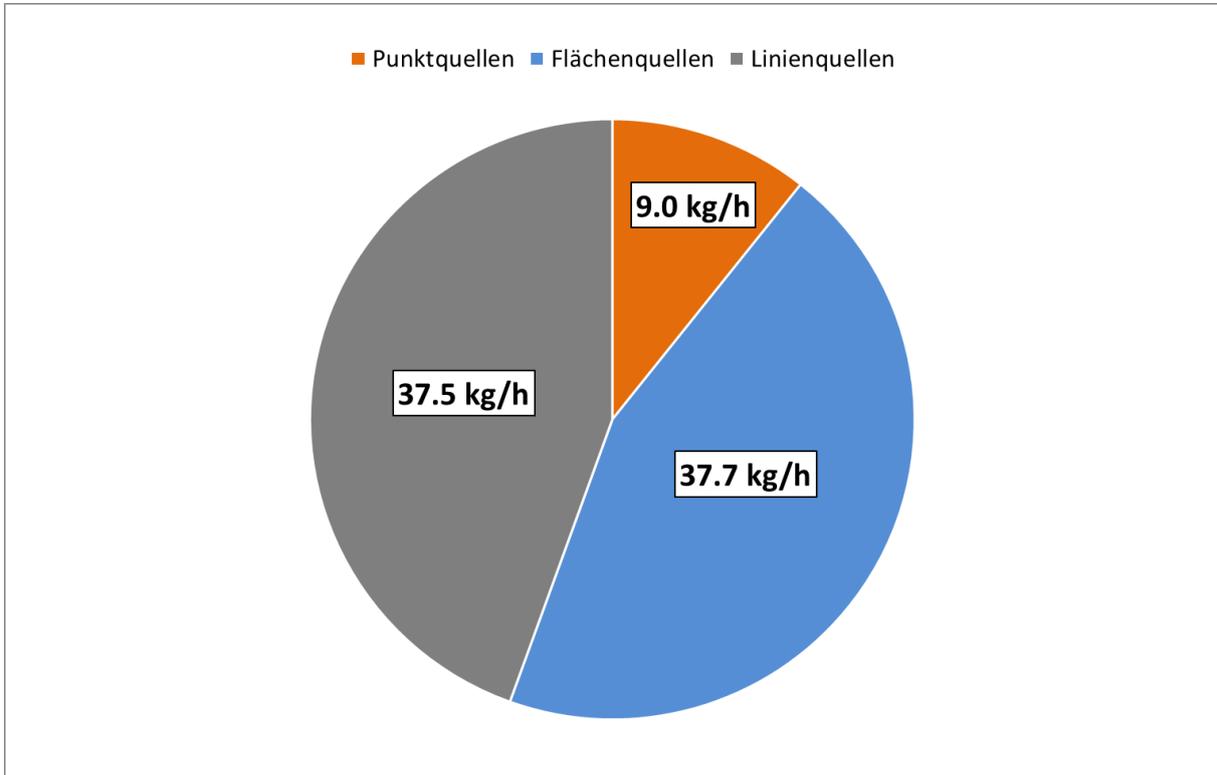


Abbildung 22: Anteil der Quellkategorien an den NO_x-Emissionen im Untersuchungsgebiet

Der größte Emittent im Raum Zell am See – Saalfelden ist der Verkehr. Rund 52 % der gesamten NO_x-Emissionen werden ihm zugeschrieben. Dabei beinhaltet dieser die verkehrenden PKW und LKW sowie den Flächenverkehr. Die übrigen Emissionen stammen zu 11 % von Gewerbe- und Industrieanlagen und Heizwerken. Die restlichen 38 % entfallen auf Off-Road (21 %), Pistenwalzen (4 %) und Kleinverbraucher und Flächenverkehr (12 %).

Die Linienquellen und Flächenquellen 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 Zell am See – Saalfelden dargestellt. Insgesamt gibt es im Untersuchungsgebiet neun Punktquellen die in zwei Quellgruppen aufgeteilt worden sind. Die meisten dieser Punktquellen sind kleine Quellen. Zwei Punktquellen emittieren mehr als 1 kg/h, wovon der größte Beitrag 4,6 kg/h bzw. knapp 40 t/Jahr ausmacht.

Bei den Linienquellen weisen die Brucker bzw. Pinzgauer Bundesstraße aufgrund der großen Verkehrsbelastung die größten Quellstärken auf.

Die Summen der NO_x-Emissionen sind erwartungsgemäß in den dicht besiedelten Gebieten sowie im Umfeld von stark frequentierten Straßen am höchsten.

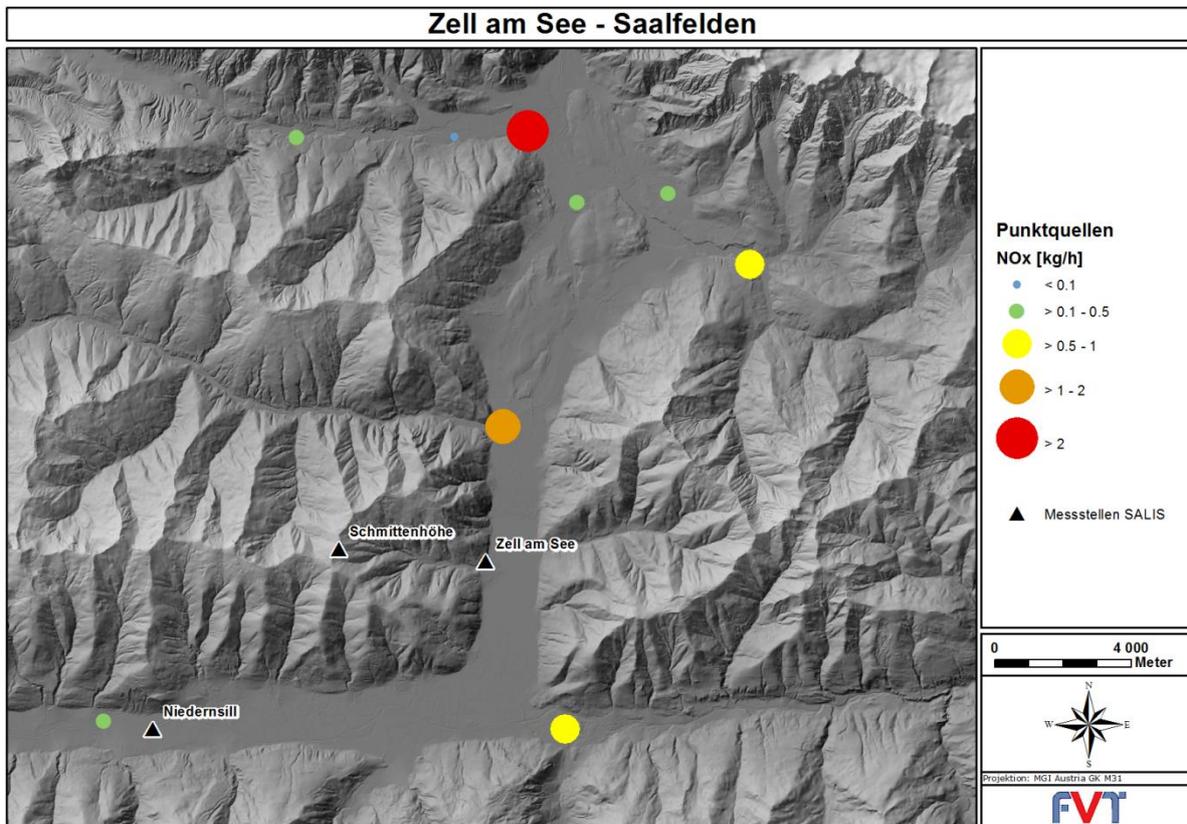


Abbildung 23: NO_x-Punktquellen im Untersuchungsgebiet

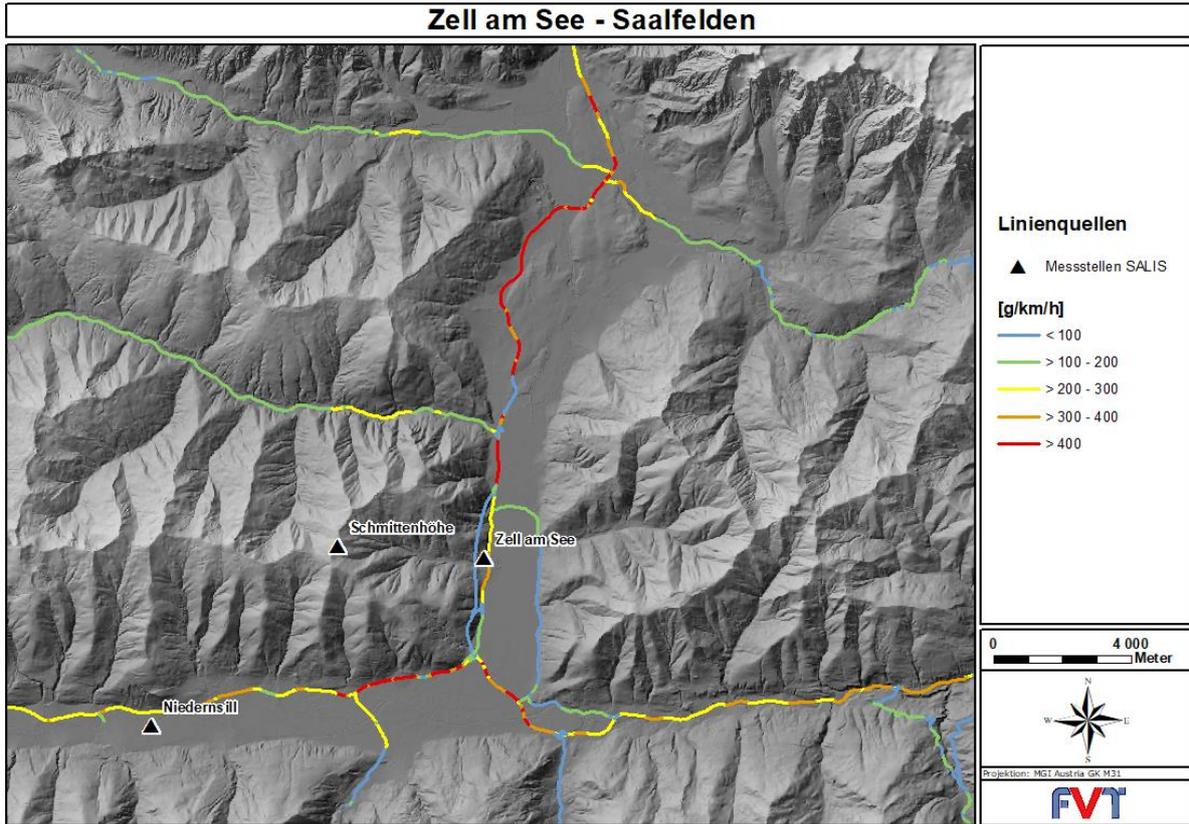


Abbildung 24: NO_x-Linienquellen im Untersuchungsgebiet

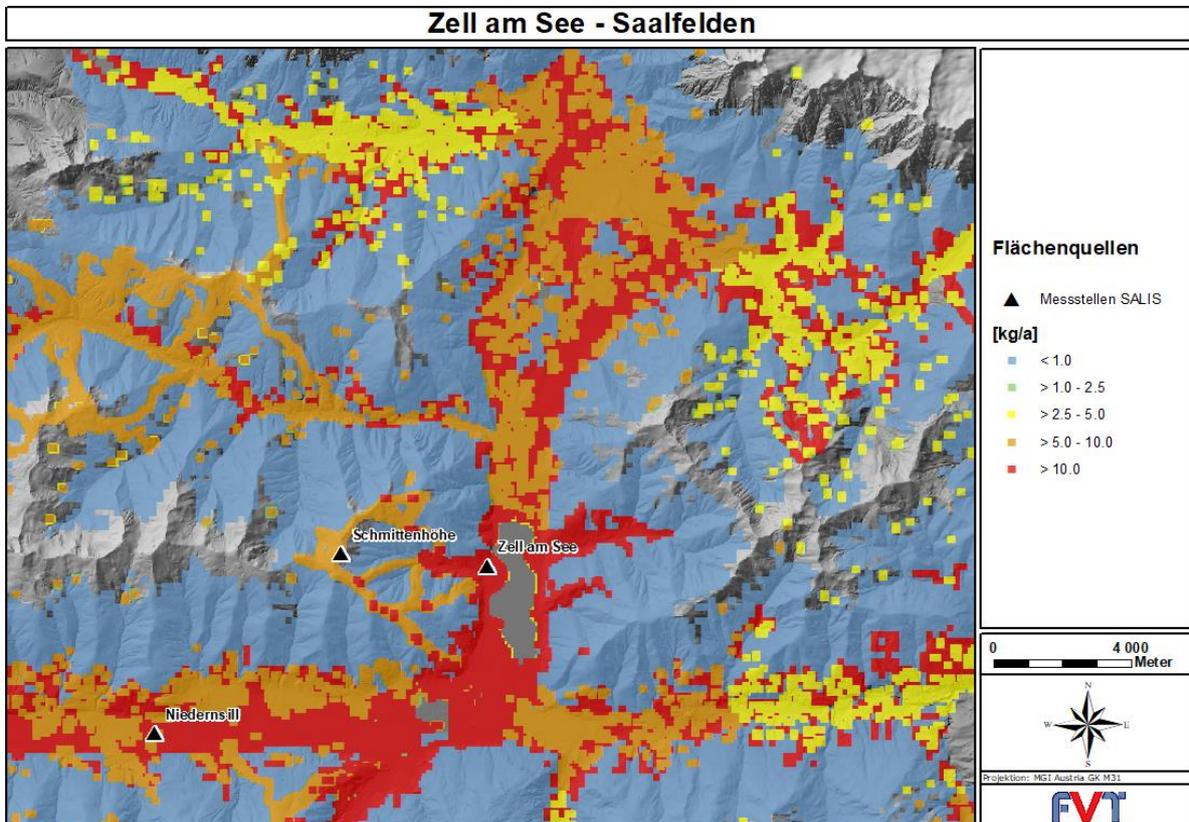


Abbildung 25: NO_x-Flächenquellen im Untersuchungsgebiet

6 Simulationen

6.1 Strömungsmodellierung

Die Modellierung der Strömungsfelder wurde mit dem Modell GRAMM (Version 2016/08) mit einer horizontalen Auflösung von 150 m x 150 m durchgeführt. Als Eingangsdaten wurde eine synthetische Messzeitreihe verwendet und folgend mit den Messdaten der Stationen Niedersill und Schmittenhöhe abgeglichen. Die Station Zell am See wurde aufgrund den kürzeren Betrachtungszeitraumes dafür nicht herangezogen. Für Niedersill wurde ein Gewichtungsfaktor von 1.0 angewandt, bei der Schmittenhöhe ein Gewichtungsfaktor von 0.6. Die Dateien wurden klassifiziert und in eine Ausbreitungsklassenstatistik umgewandelt. Insgesamt wurden 610 klassifizierte Strömungssituationen simuliert.

Das Windfeld umfasst das Untersuchungsgebiet Zell am See – Saalfelden.

Für die Validierung der Strömungsfelder werden die Modellergebnisse mit den Messdaten der Stationen Niedersill, Schmittenhöhe und Zell am See verglichen (Abbildung 2). Für die Station Zell am See umfassen die Messdaten und folglich auch der Vergleich mit der Simulation nur den Zeitraum Mai bis Dezember.

In der Abbildung 26, der Abbildung 28 und der Abbildung 30 werden die simulierten Häufigkeitsverteilungen der Windrichtung mit den gemessenen Häufigkeitsverteilungen verglichen. Die Hauptwindrichtungen stimmen bei der Station Niedersill sehr gut überein, bei der Station Zell am See werden sie auch ausreichend gut wiedergegeben. Erstaunlicherweise liegt die simulierte Windrose viel näher an der gemessenen 6-jährigen Windrose (2002 bis 2007) aus [11]. Bei der Station Schmittenhöhe streuen die Hauptwindrichtungen der simulierten Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen wesentlich mehr als bei der gemessenen.

In der Abbildung 27, der Abbildung 29 und der Abbildung 31 ist der Vergleich der simulierten und der gemessenen Windgeschwindigkeitsverteilungen dargestellt. Bei den Stationen Niedersill und Schmittenhöhe weisen die Modellergebnisse eine geringe Verschiebung zu niedrigeren Windgeschwindigkeitsklassen auf, bei der Station Zell am See erfolgt eine geringe Verschiebung zu höheren Windgeschwindigkeitsklassen. Damit wird die Kalmenhäufigkeit im Modell insgesamt geringfügig überschätzt.

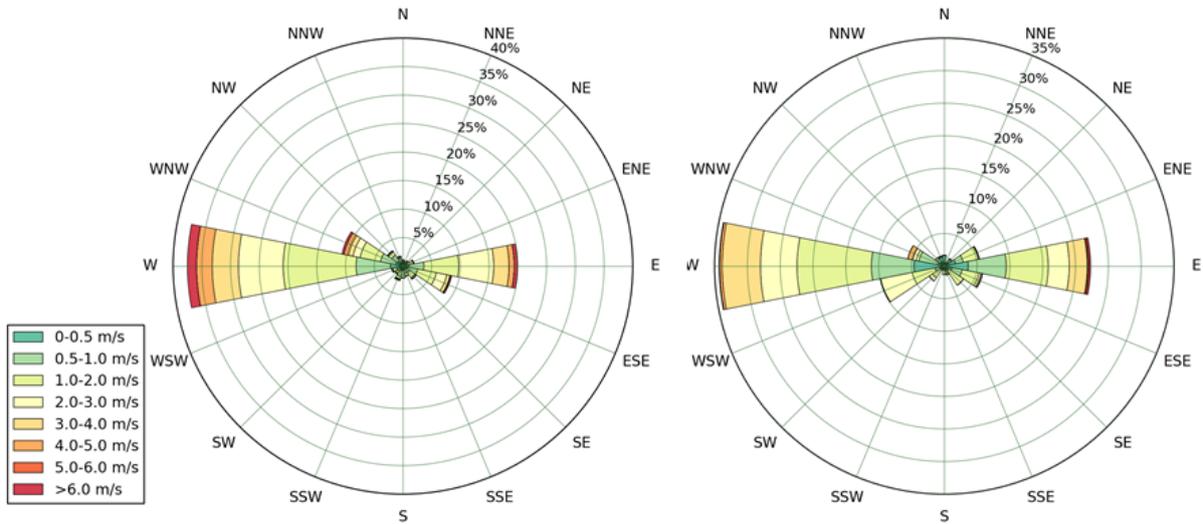


Abbildung 26: Windrose Niederersill, Vergleich Messung (links) gegen Simulation (rechts)

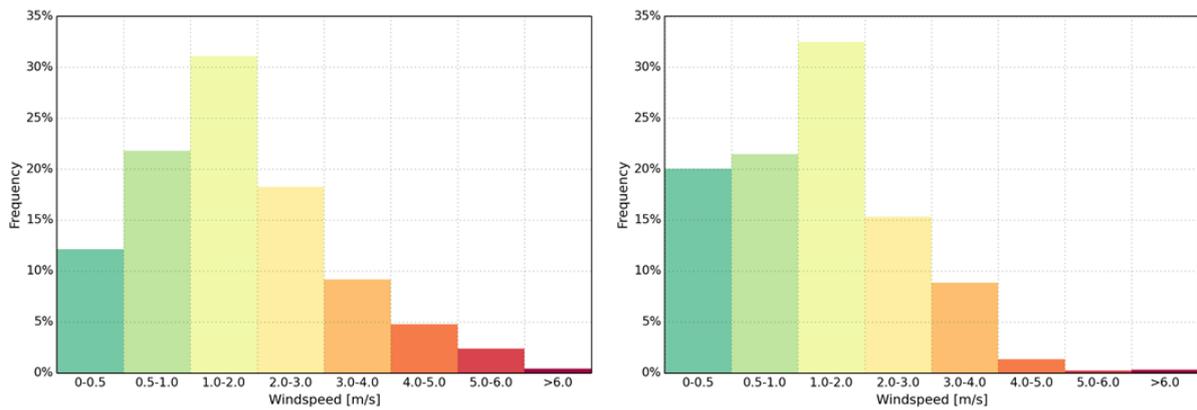


Abbildung 27: Windgeschwindigkeitsklassen Niederersill, Vergleich Messung (links) gegen Simulation (rechts)

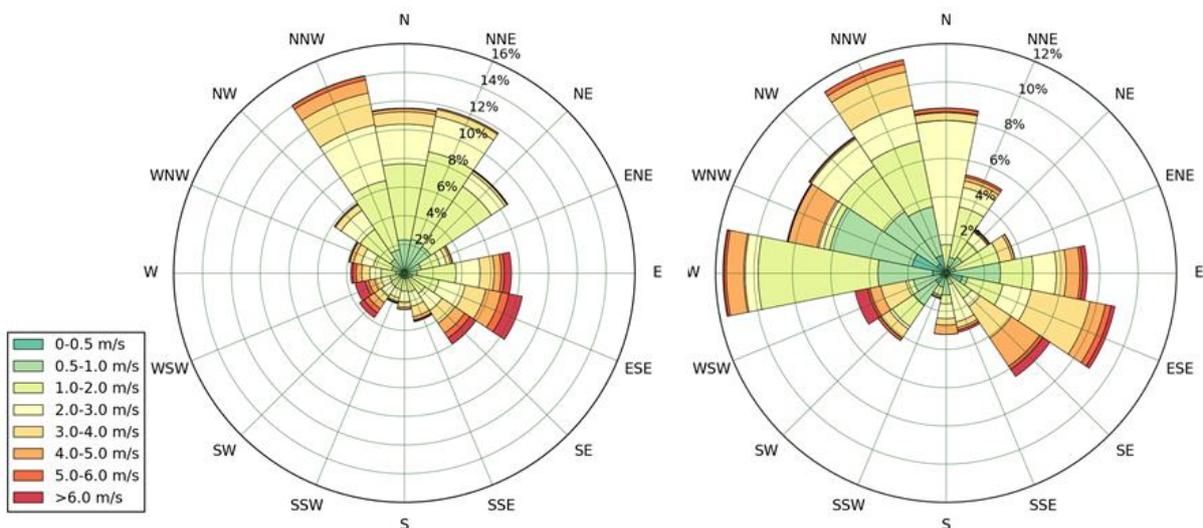


Abbildung 28: Windrose Schmittenhöhe, Vergleich Messung (links) gegen Simulation (rechts)

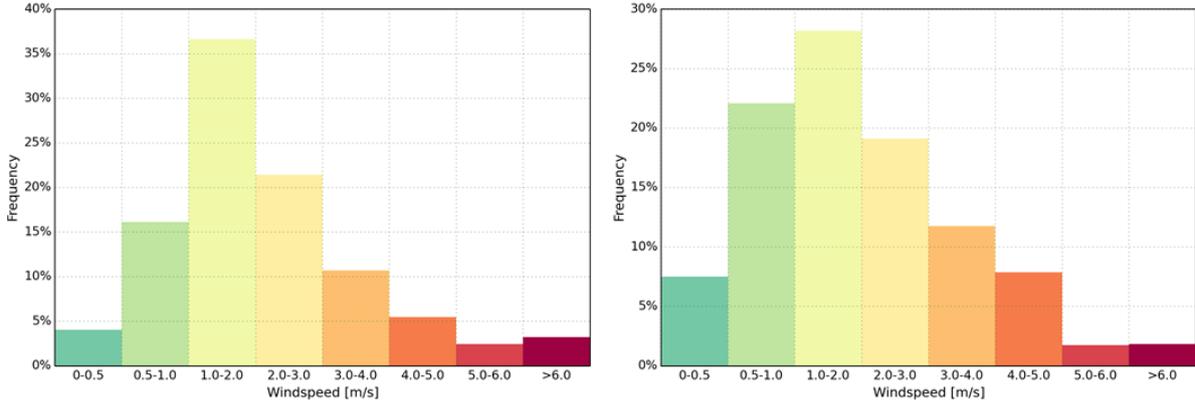


Abbildung 29: Windgeschwindigkeitsklassen Schmittenhöhe, Vergleich Messung (links) gegen Simulation (rechts)

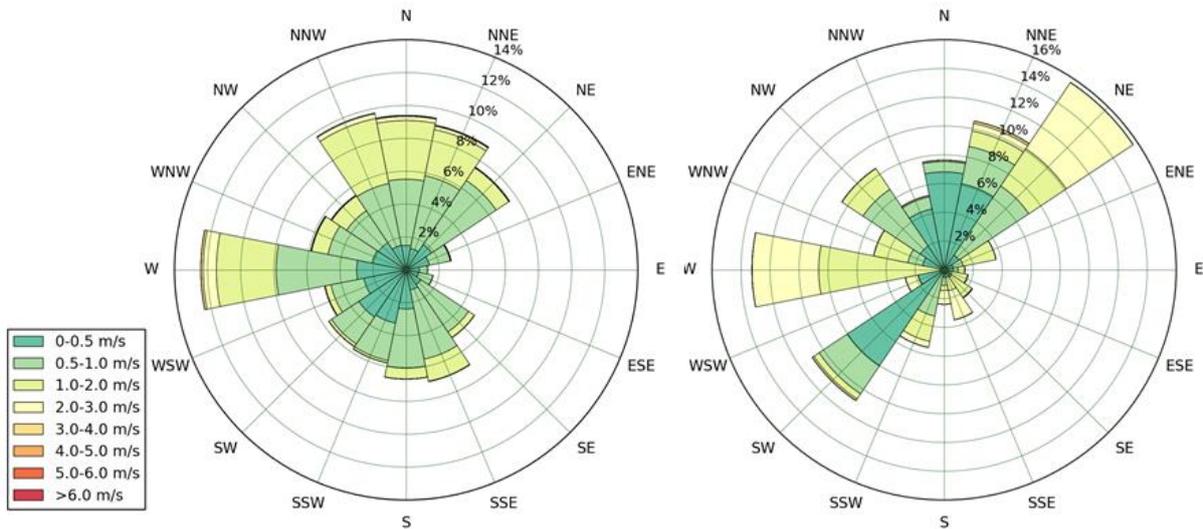


Abbildung 30: Windrose Zell am See, Vergleich Messung (links) gegen Simulation (rechts)

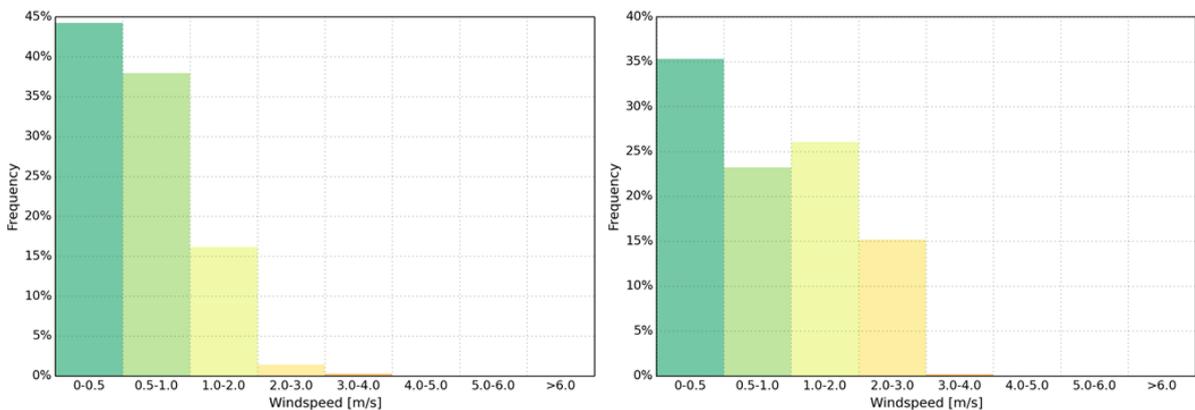


Abbildung 31: Windgeschwindigkeitsklassen Zell am See, Vergleich Messung (links) gegen Simulation (rechts)

6.2 Jahresmittelwert Stickoxide (NO_x)

6.2.1 Simulationsergebnisse

In den folgenden Abbildungen werden die Ergebnisse der Modellierung der bodennahen jahresdurchschnittlichen NO_x-Konzentrationen für die verschiedenen Quellgruppen dargestellt.

Die Kaminemissionen der Punktquellen (Abbildung 32) verursachen maximale, punktuelle Immissionsbelastungen von 7,5 µg/m³, wobei der Einfluss auf die Grundbelastung in besiedelten Gebieten gering ist (maximal 1-2 µg/m³).

Die Immissionsbeiträge durch den PKW-Verkehr sind in der Abbildung 33 dargestellt und zeigen typischerweise einen starken Konzentrationsgradienten in Abhängigkeit von der Entfernung zu verkehrsbelasteten Straßen. Entlang der Hauptverkehrsstraßen sowie straßennah werden Belastungen zwischen 10 – 20 µg/m³ modelliert, wobei der flächendeckende Beitrag zur Grundbelastung dieser zwischen 2 – 5 µg/m³ liegt.

Die Immissionsbelastungen durch den LKW Verkehr zeigen ein ähnliches Bild (Abbildung 34), wobei allgemein deren Immissionsbeiträge geringer ausfallen. Vor allem auf den Hauptverkehrsachsen ist der Einfluss der LKW auf die Grundbelastung sichtbar (straßennah bis zu 10 – 20 µg/m³).

In der Abbildung 35 ist die Quellgruppe Kleinverbraucher und Haushalte zusehen. Bei dieser treten die höchsten Konzentrationen im Stadtgebiet von Saalfelden mit 10-15 µg/m³ auf. Im Großraum der übrigen dichter besiedelten Gebiete liegen die Immissionen bei maximal 5 µg/m³.

Bei der Quellgruppe Off-Road (Abbildung 36) liegen die Konzentrationen im Stadtgebiet Saalfelden bei maximal 7 µg/m³. Im besiedelten Großraum Zell am See - Saalfelden beträgt der Beitrag zur Grundbelastung zwischen 2 – 5 µg/m³.

Der Beitrag der Quellgruppe Pistenwalzen (Abbildung 37) beträgt vorwiegend weniger als 0,5 µg/m³, stellenweise treten auch Zusatzbelastungen bis zu 1,5 µg/m³ auf.

Die berechneten Immissionsbelastungen durch den Flächenverkehr können der Abbildung 38 entnommen werden. In dichter besiedelten Gebieten erreichen die Belastungen maximal 2 – 5 µg/m³, großflächig betragen diese zwischen 1 – 2 µg/m³.

Die gesamte modellierte jahresdurchschnittliche Belastung inklusive der NO_x-Vorbelastung ist in der Abbildung 39 dargestellt.

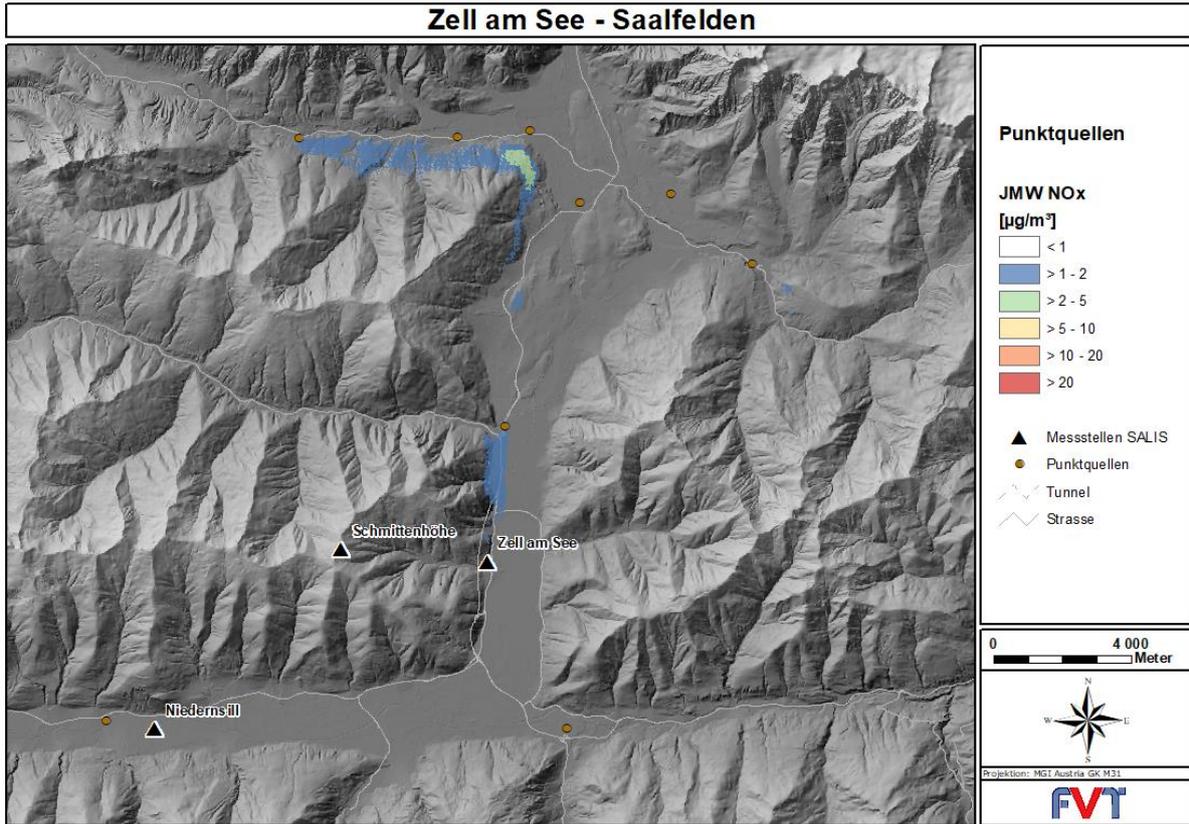


Abbildung 32: Modellierte NO_x-Konzentration im Jahresmittel – Punktquellen (Gewerbe, Industrie, Heizwerke)

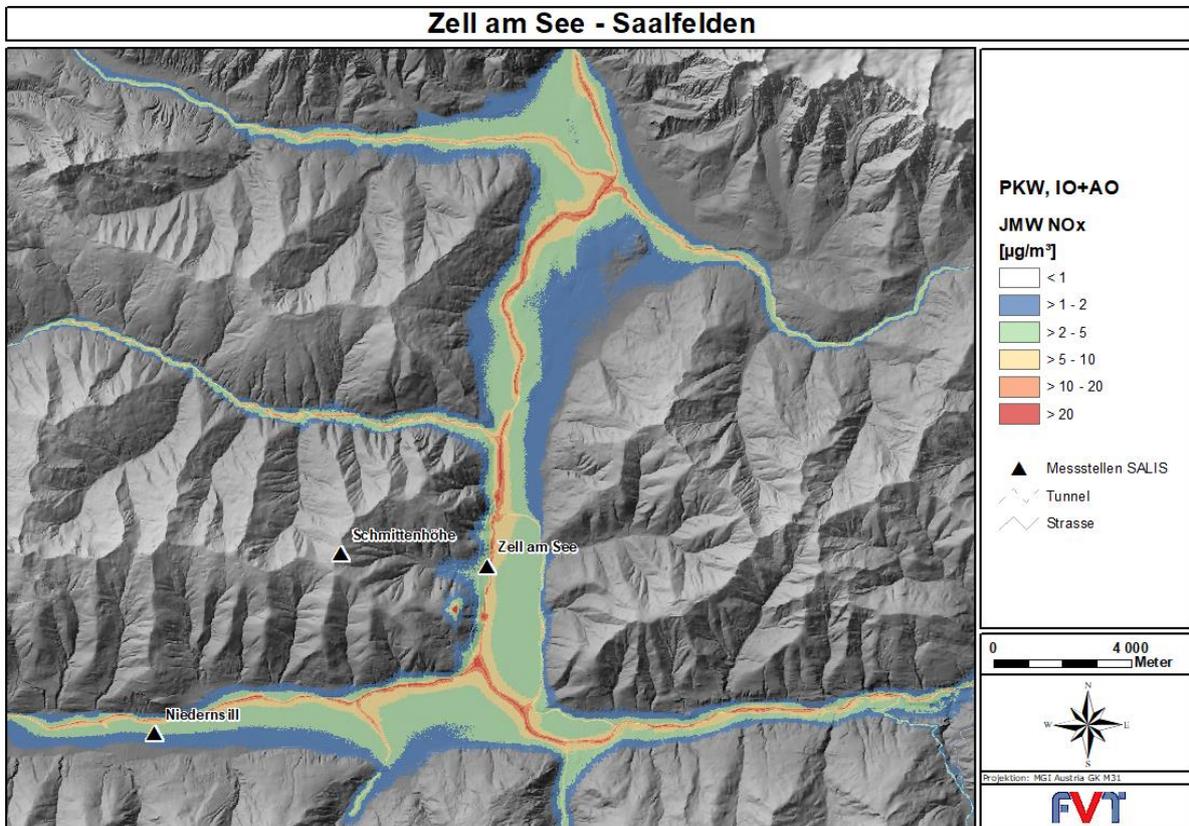


Abbildung 33: Modellierte NO_x-Konzentration im Jahresmittel –PKW, Innerorts und Außerorts

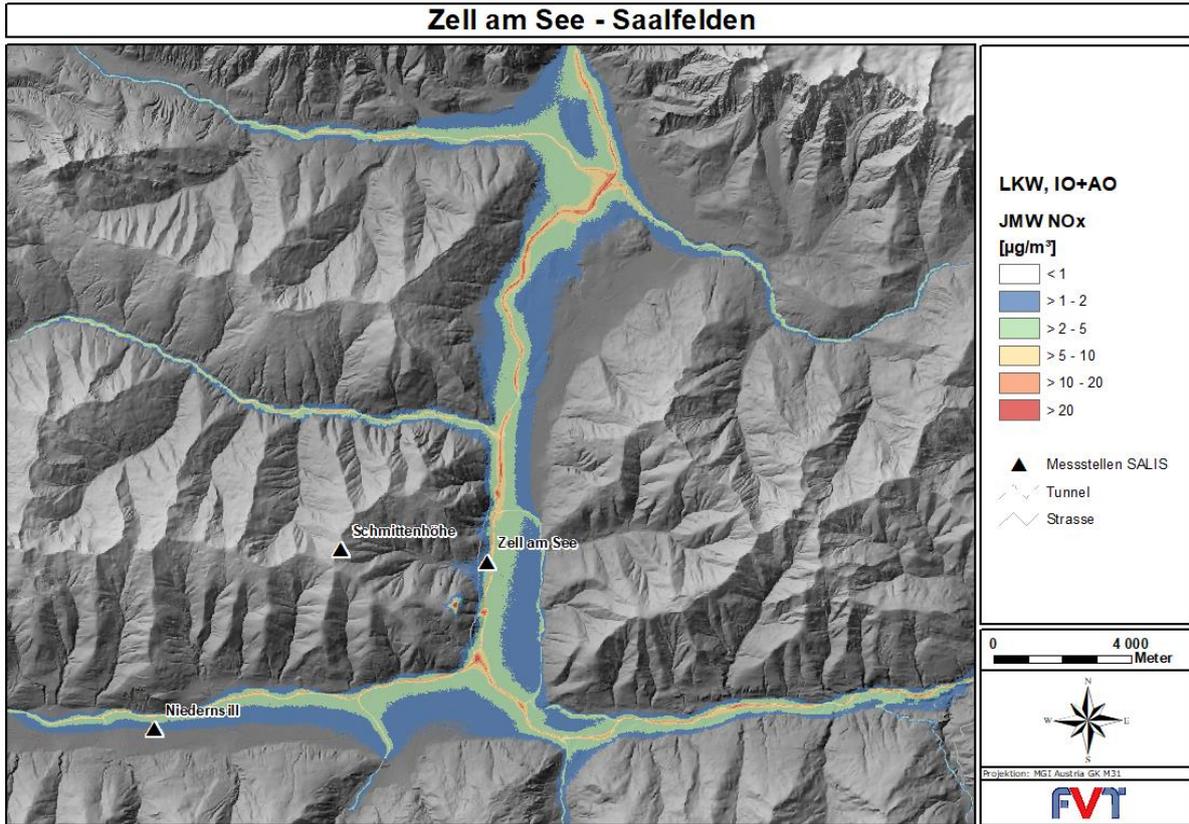


Abbildung 34: Modellierte NO_x-Konzentration im Jahresmittel - LKW, Innerorts und Außerorts

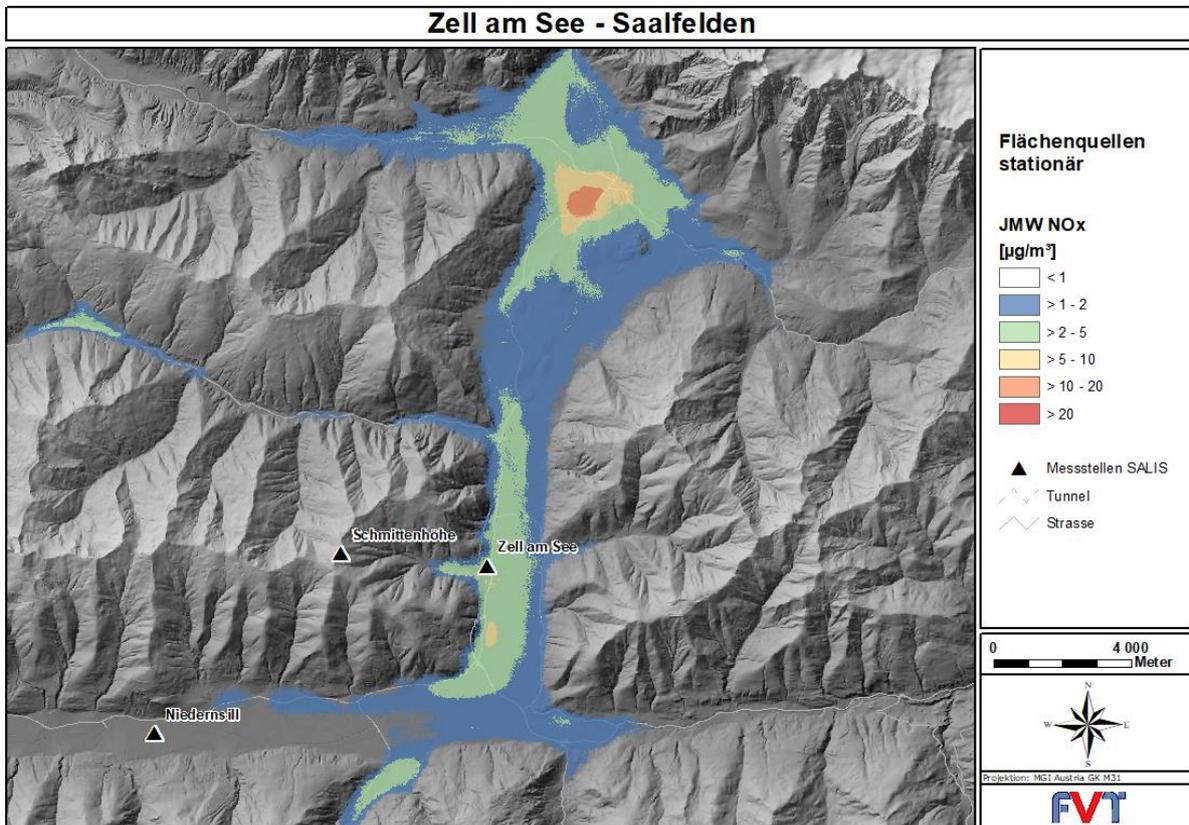


Abbildung 35: Modellierte NO_x-Konzentration im Jahresmittel – Kleinverbraucher + Haushalte

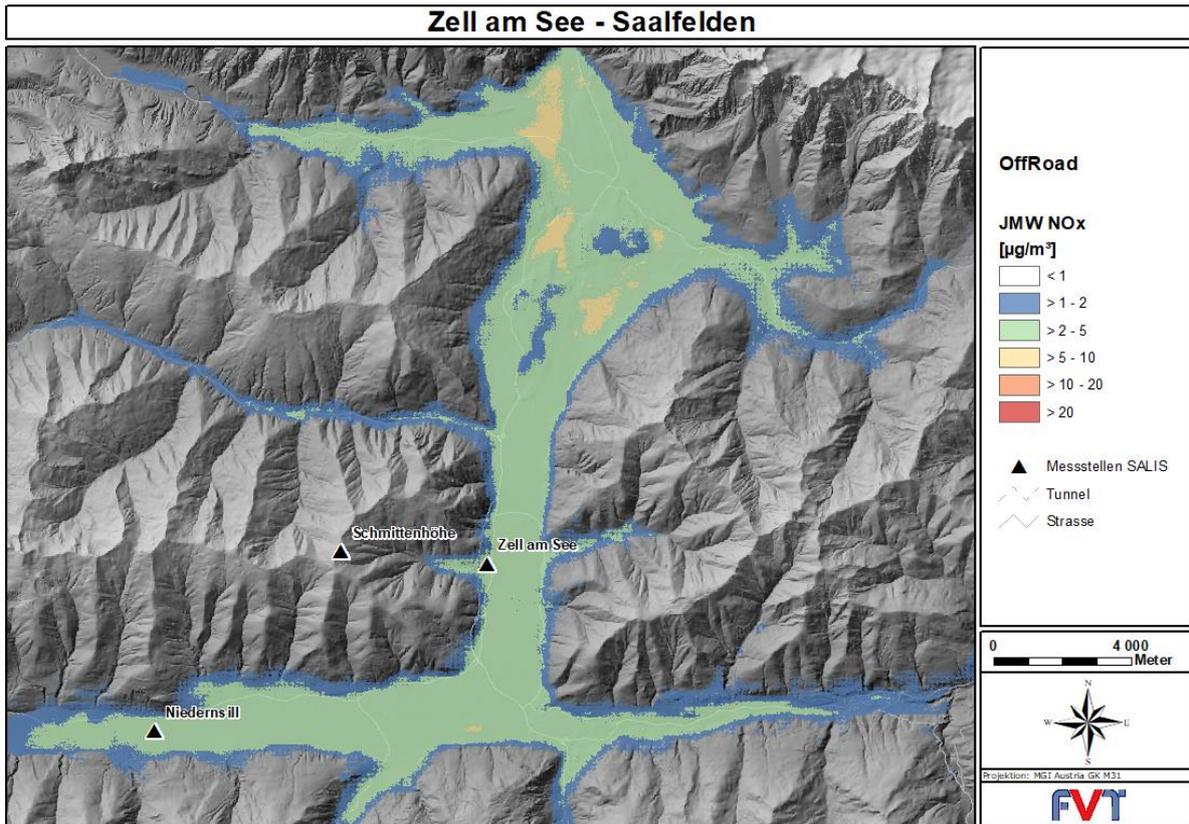


Abbildung 36: Modellierte NO_x-Konzentration im Jahresmittel – Off-Road (Baumaschinen, Traktoren)

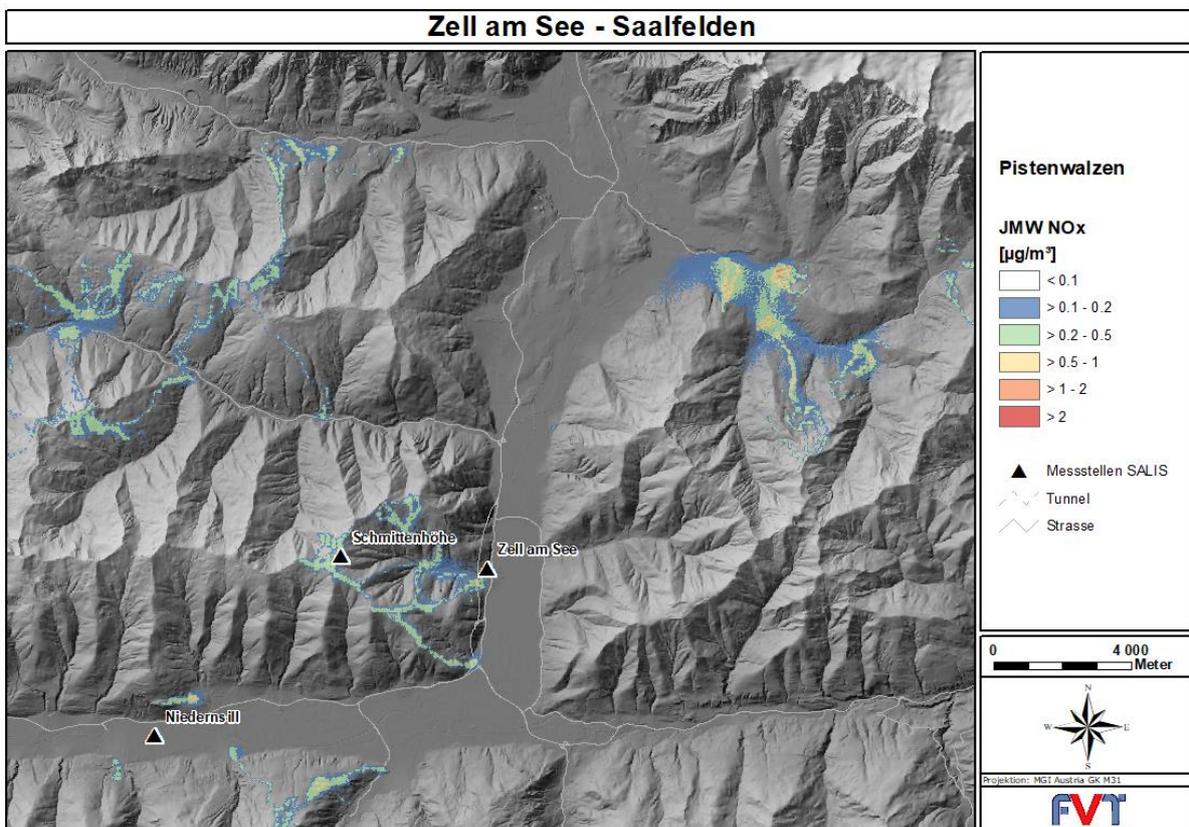


Abbildung 37: Modellierte NO_x-Konzentration im Jahresmittel – Pistenwalzen (andere Skalierung)

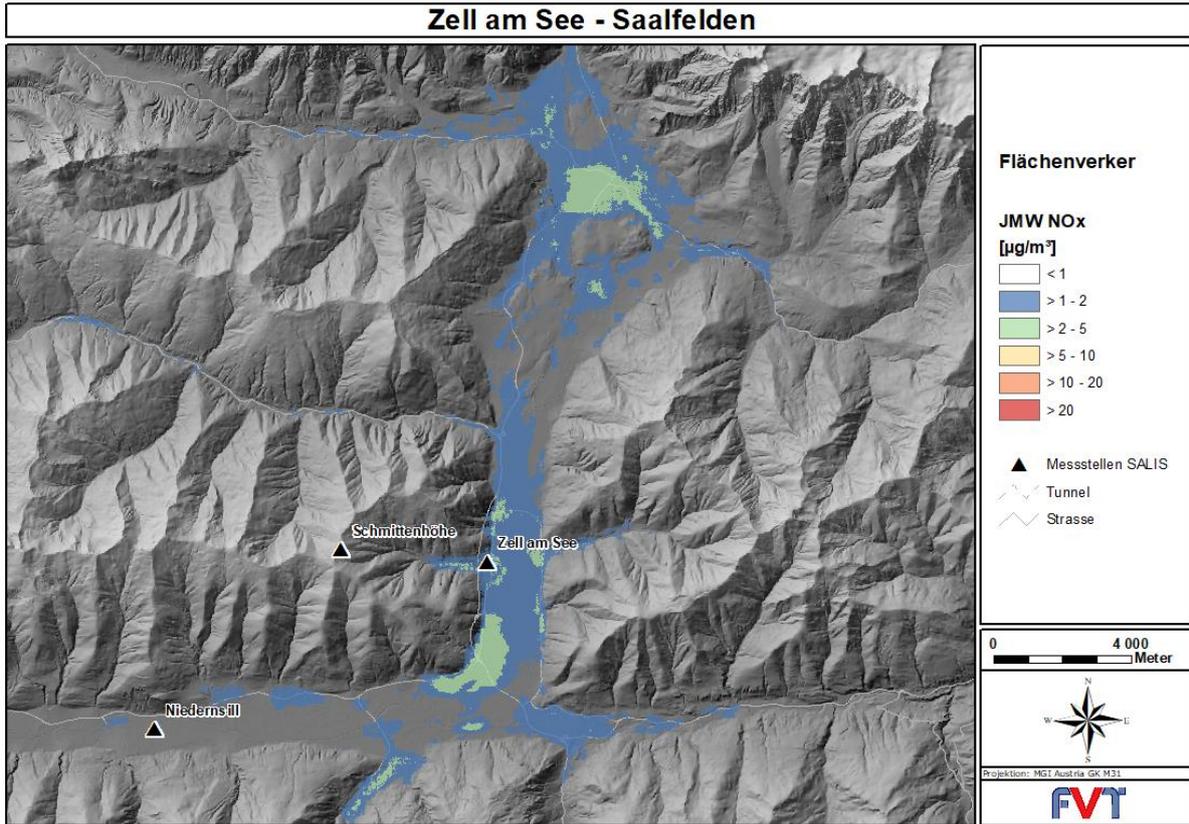


Abbildung 38: Modellierte NO_x-Konzentration im Jahresmittel - Flächenverkehr

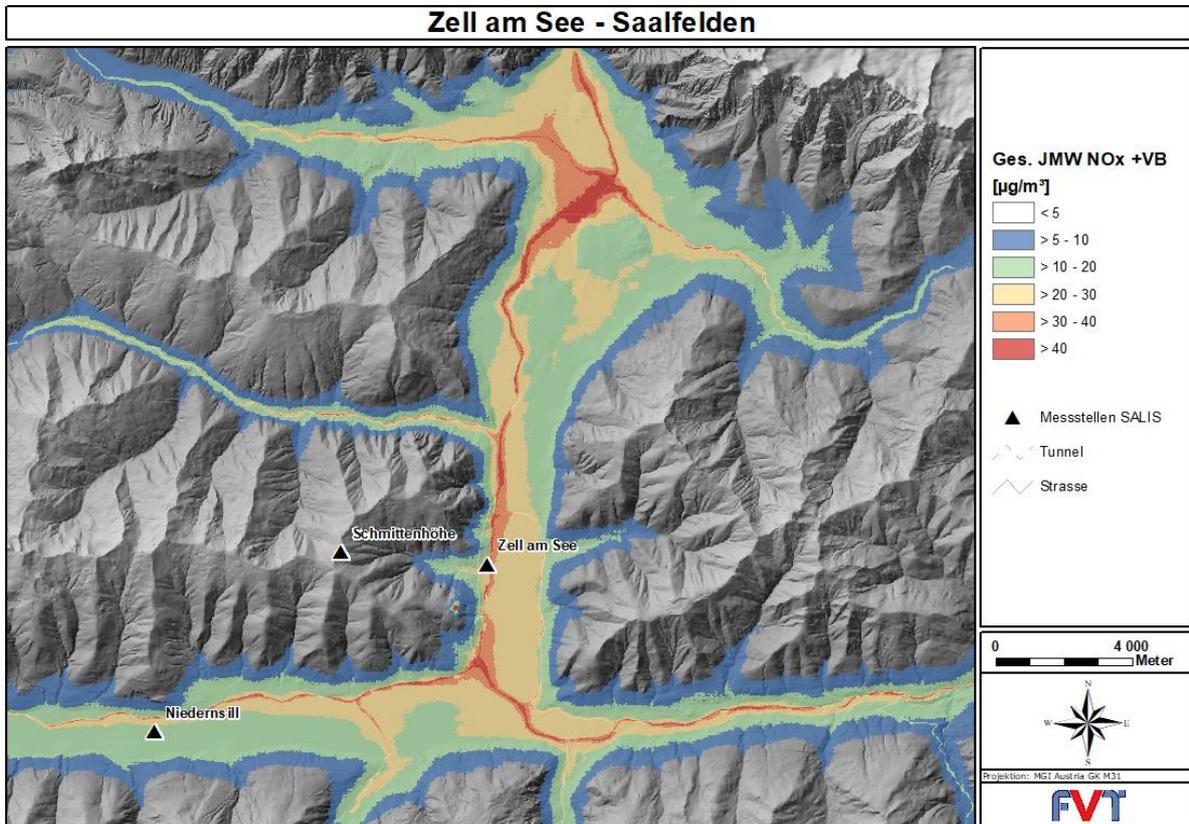


Abbildung 39: Modellierte NO_x-Konzentration im Jahresmittel – Gesamtbelastung inklusive Vorbelastung

6.2.2 Vergleich mit Messdaten

Die Abbildung 40 zeigt den Vergleich zwischen den errechneten und den gemessenen jahresdurchschnittlichen Werten bei der kontinuierlichen Messstation Zell am See. Es zeigt sich eine relativ gute Übereinstimmung, wobei die Simulation unterschätzt. Diese Unterschätzung der NO_x-Immissionen kann in diesem Fall akzeptiert werden, da das Hauptaugenmerk auf den NO₂-Immissionen liegt.

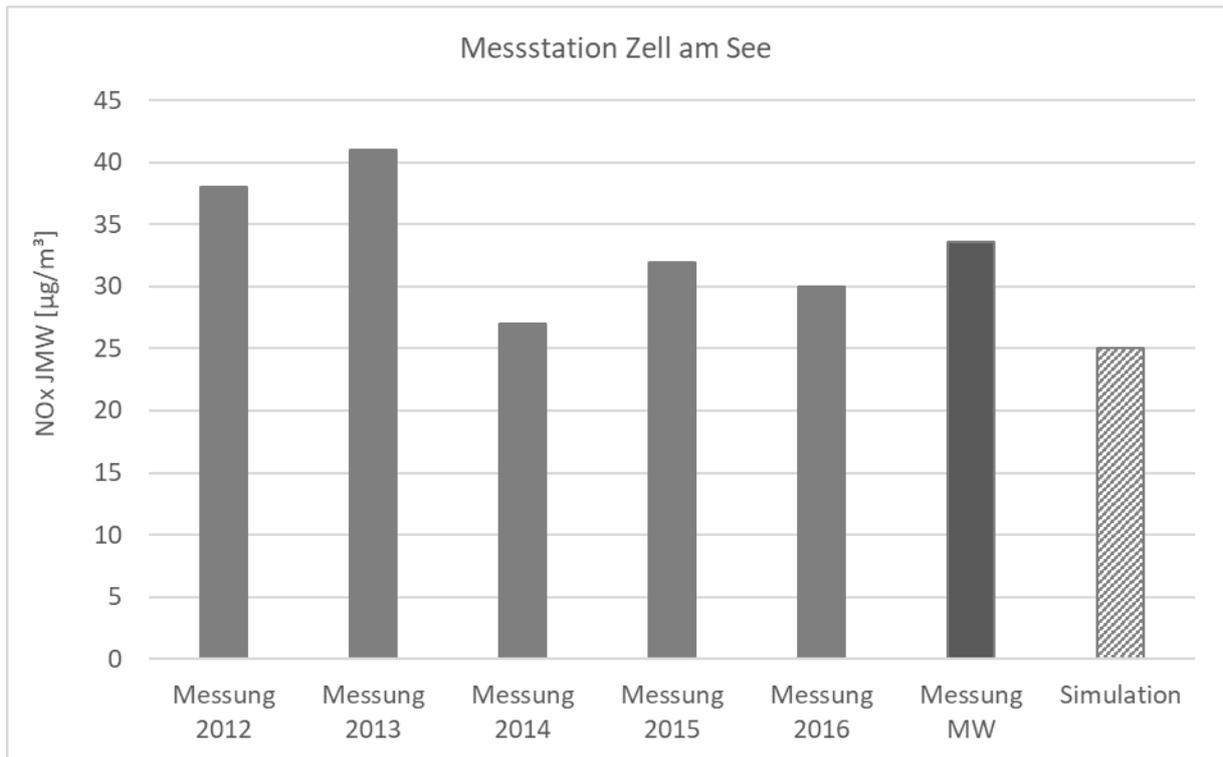


Abbildung 40: Vergleich zwischen gemessenen und modellierten NO_x-Jahresmittelwerten (inklusive Vorbelastung)

6.2.3 Quellgruppenanteile

Die modellierten Immissionsbeiträge der einzelnen Quellgruppen für den Jahresmittelwert an NO_x sind in der Abbildung 41 dargestellt. Der Verkehr stellt mit 19 % die dominierende Quelle dar, wobei davon 12 % von den PKW und 7 % von den LKW resultieren. Die Haushalte und Kleinverbraucher stellen die zweitstärkste Quellgruppe mit einem Anteil von 10 % an den gesamten NO_x-Immissionen dar. Der Beitrag aller betrachteten Flächenquellen beläuft sich auf 22 %, jener der Punktquellen auf 2 %.

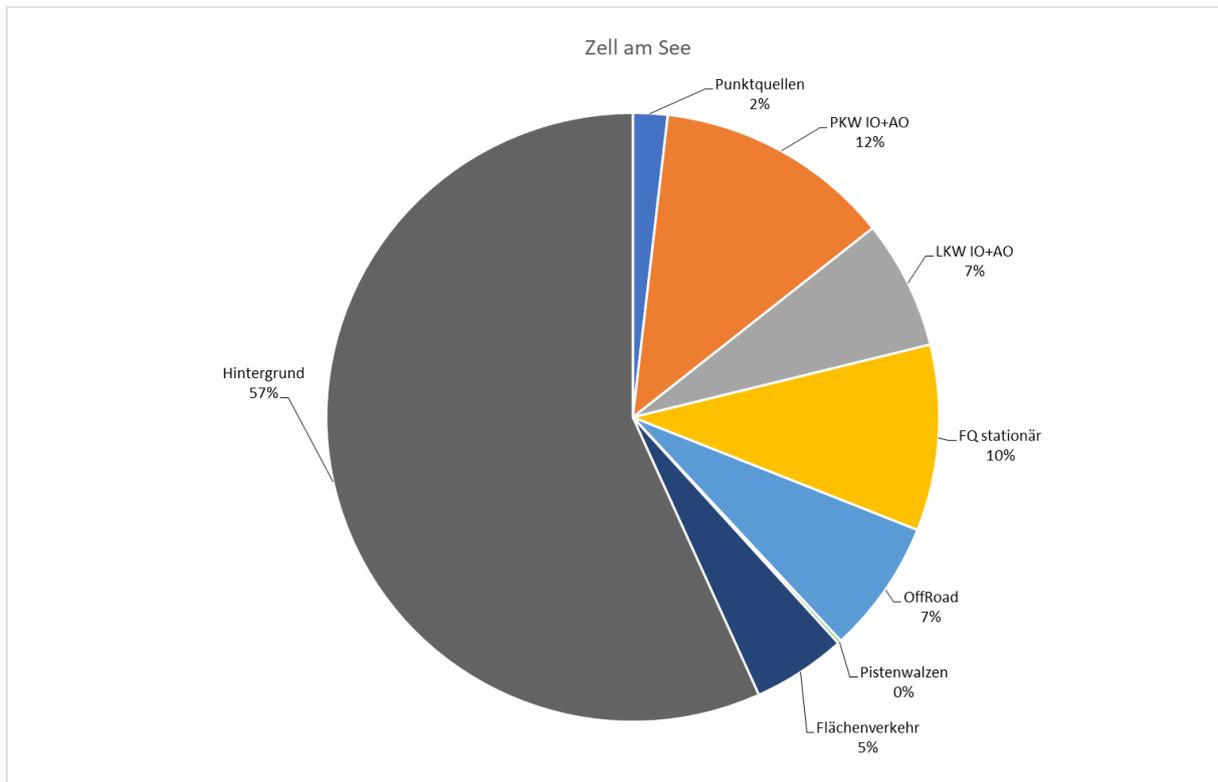


Abbildung 41: Berechnete Anteile der Quellgruppen an der jahresdurchschnittlichen NO_x-Konzentration – Zell am See

6.3 Jahresmittelwert Stickstoffdioxid (NO₂)

Zur Berechnung der jahresdurchschnittlichen NO₂-Belastung wurde die Umwandlungsfunktion nach der RVS 04.12.12 verwendet (Kapitel 4.2.6)

6.3.1 Simulationsergebnisse

Das Ergebnis für den Jahresmittelwert an NO₂ ist in der Abbildung 42 dargestellt. Die höchsten Belastungen über 40 µg/m³ treten nur teilweise auf den Hauptverkehrsstraßen sowie beim Belüftungsschacht des Schmittentunnels auf. Im Großteil des Gebiets Zell am See – Saalfelden betragen die Belastungen unter 30 µg/m³.

Im Bereich des Talbodens wurde in den besiedelten Gebieten ein Jahresmittelwert von 20 - 30 µg/m³ modelliert, in Bereichen des Talbodens weiter entfernt vom Verkehrseinfluss ein Jahresmittelwert von 10 – 20 µg/m³. In höheren Lagen nimmt die Belastung deutlich ab. Ab ca. 1000 m Seehöhe beträgt die Belastung weniger als 10 µg/m³.

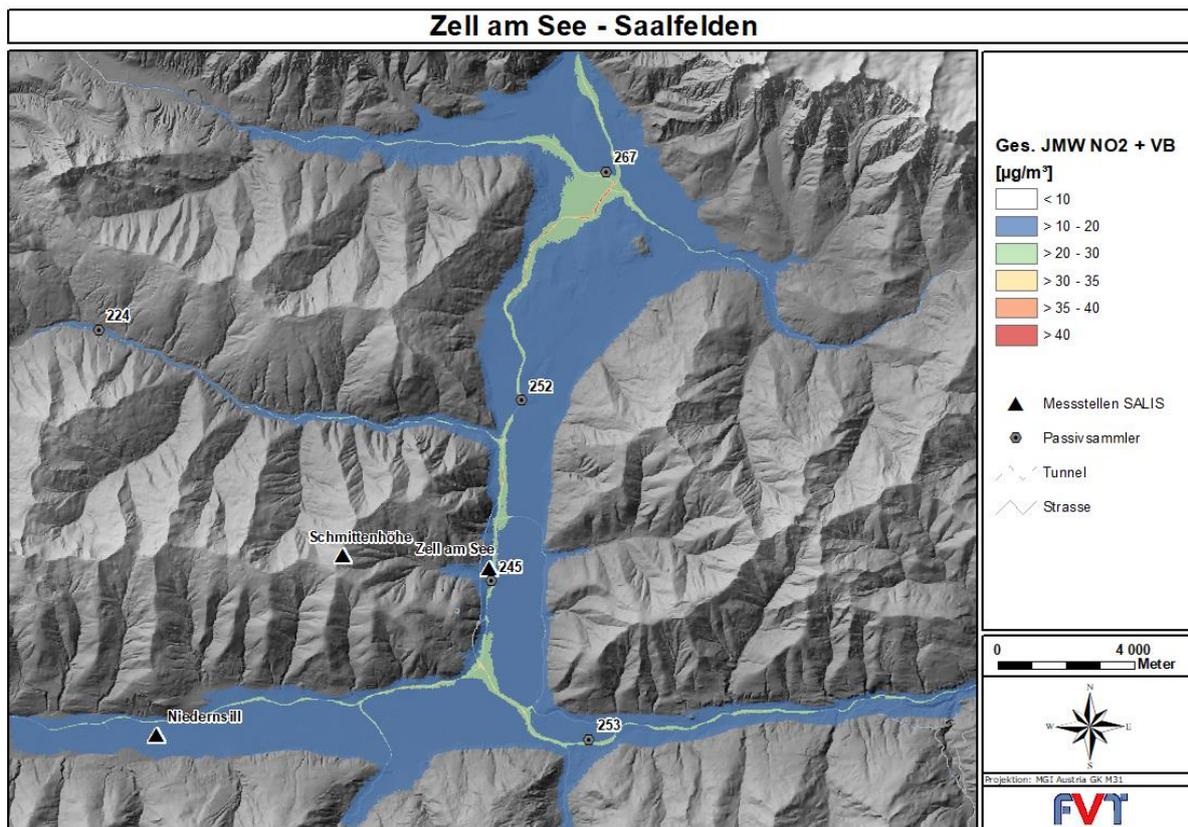


Abbildung 42: Modellierter NO₂-Konzentration im Jahresmittel

6.3.2 Vergleich mit Messdaten

Bei der Messstation Zell am See beträgt der durchschnittliche (2012 – 2016) Jahresmittelwert an NO₂ 19 µg/m³. Als Ergebnis der Ausbreitungsberechnung wurde an der Station ein Wert von 17 µg/m³ modelliert (Abbildung 43).

Neben den Daten der kontinuierlichen Messstationen standen die Ergebnisse der NO₂-Passivsammler (siehe Abbildung 44) zur Verfügung (Jahr 2015 und 2016). Insgesamt ergibt sich bei den beiden höher belasteten Standorten eine Unterschätzung des Modells und bei den weniger belasteten Standorten meist eine leichte Überschätzung 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).

Die Abweichungen der gemessenen und der modellierten NO₂ Jahresmittelwerte kann zum Teil darauf zurückzuführen sein, dass bei dieser Modellierung keine Gebäude berücksichtigt wurden. Zusätzlich kann der Schiverkehr, welcher im Jahrgang nicht separat berücksichtigt wurde, einen Einfluss auf die Unterschätzung der Stationen Saalbach - Rotes Kreuz und Zell am See – Gemeinde haben.

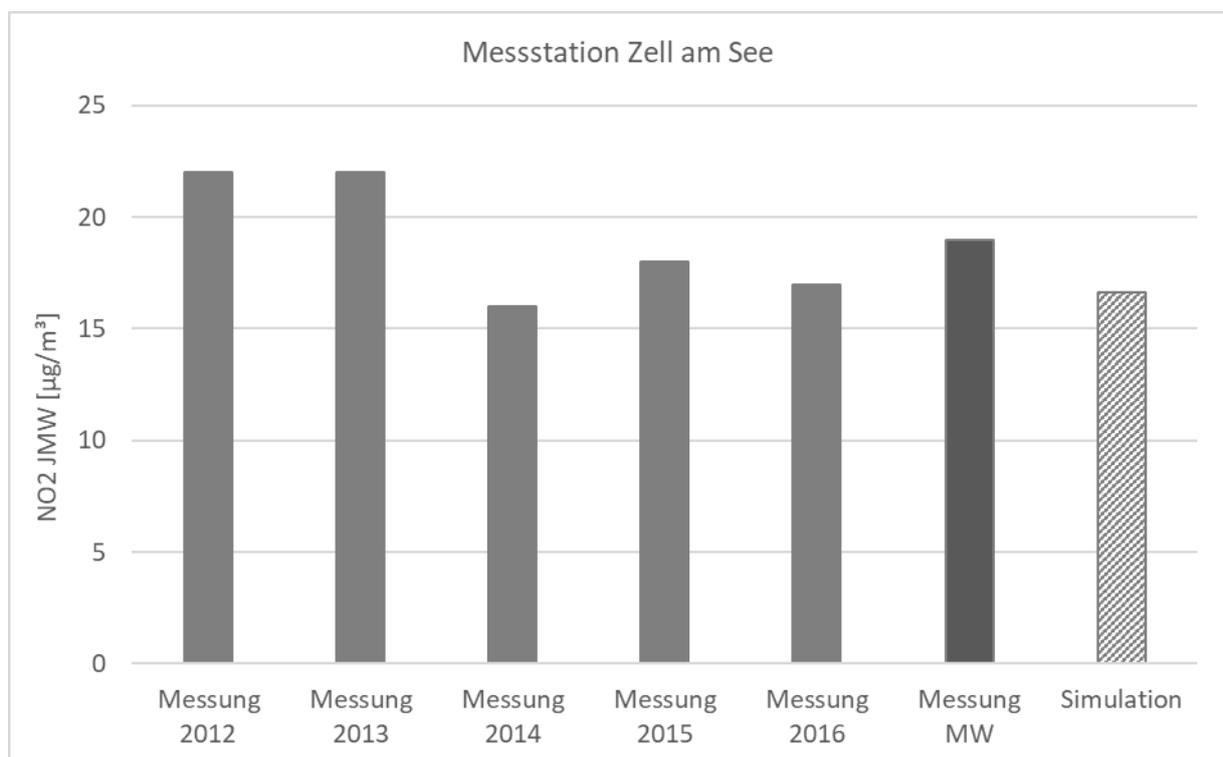


Abbildung 43: Vergleich zwischen gemessenen und simulierten NO₂-Jahresmittelwerten

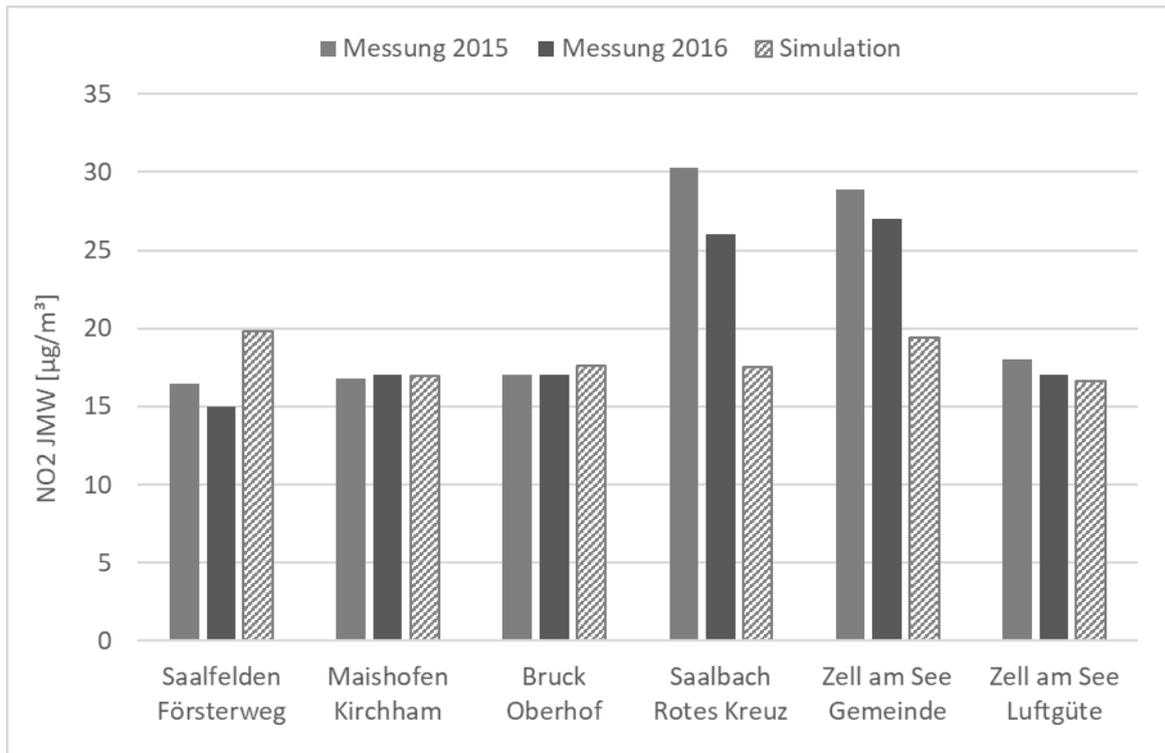


Abbildung 44: Vergleich zwischen gemessenen und simulierten NO₂-Jahresmittelwerten - Passivsammler

6.3.3 Gebiete mit Grenzwertüberschreitungen

Anhand der Ausbreitungsrechnungen kann der Flächenanteil ausgewertet werden der über bzw. unter einem bestimmten Konzentrationswert liegt. So ist es möglich, die Größe der Flächen mit Grenzwertüberschreitungen abzuschätzen. Im Gebiet Zell am See – Saalfelden, welches eine Gesamtfläche von 742,7 km² aufweist, wird der Wert von 30 µg/m³ auf einer Fläche von 0,6 km² überschritten.

Tabelle 10: Gebiet mit Grenzwertüberschreitungen für den JMW NO₂

JMW	km ²	Prozent
< 15 [µg/m ³]	700.5	94.3%
15 - 20 [µg/m ³]	33.0	4.4%
20 - 30 [µg/m ³]	8.7	1.2%
> 30 [µg/m ³]	0.6	0.1%

6.4 Maximaler Tagesmittelwert an NO_x

6.4.1 Simulationsergebnisse

Das Ergebnis für den maximalen Tagesmittelwert an NO_x ist in der Abbildung 45 dargestellt. Die höchsten Belastungen treten entlang der Hauptverkehrsstraßen in Saalfelden, zwischen Saalfelden und Zell am See und südlich von Zell am See in Schüttdorf auf. Hier erreichen die Belastungen über 200 µg/m³. Zum Großteil belüftet sich der maximale Tagesmittelwert an NO_x bei den verkehrsnahen Bereichen auf Werte zwischen 150 – 175 µg/m³, in besiedelten Gebieten zwischen 125 – 150 µg/m³.

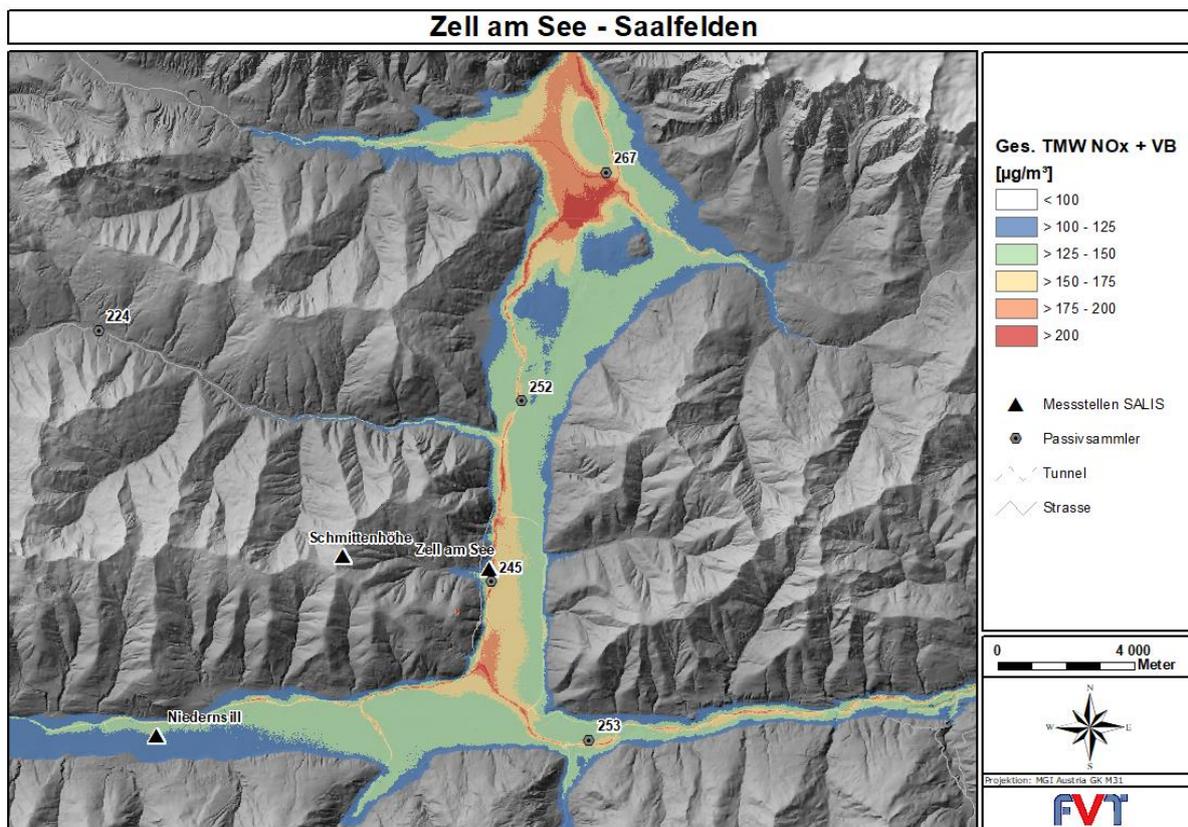


Abbildung 45: Modellierter NO_x-Konzentration für den maximalen Tagesmittelwert – Gesamtbelastung inklusive Vorbelastung

6.4.2 Vergleich mit Messdaten

Der Vergleich zwischen den errechneten und den gemessenen Werten der Jahre 2012 – 2016 für den maximalen Tagesmittelwert an NO_x zeigt eine gute Übereinstimmung (Abbildung 46). Der durchschnittliche NO_x-Wert (2012 – 2016) bei der Station Zell am See beträgt 147 µg/m³. Als Ergebnis der Ausbreitungsberechnung wurde an der Station ein Wert von 144 µg/m³ modelliert.

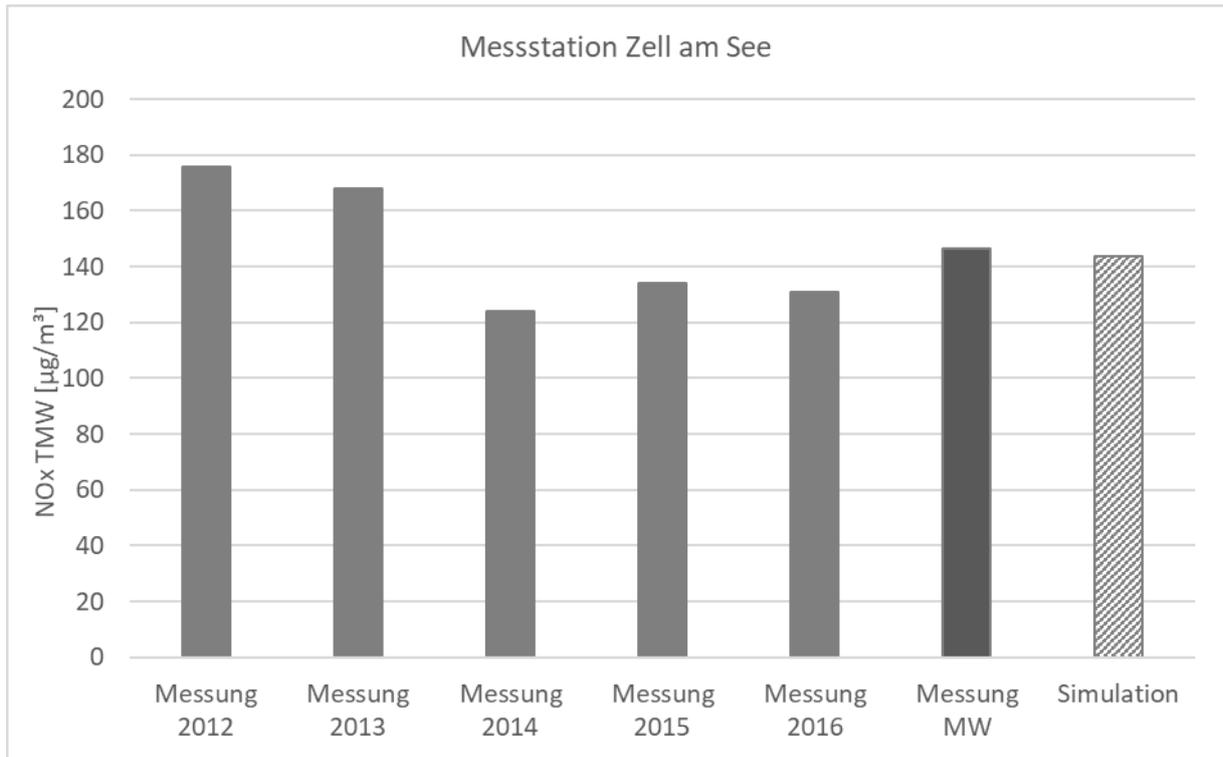


Abbildung 46: Vergleich zwischen gemessenen und simulierten maximalen NO_x-Tagesmittelwerten

6.5 Maximaler Halbstundemittelwert an NO₂

Für die Berechnung des maximalen Halbstundenmittelwertes wurde die Methodik aus Kapitel 4.2.7 und die Umwandlungsfunktion für das 98. Perzentil nach der RVS 04.02.12 aus Kapitel 4.2.6 verwendet.

6.5.1 Simulationsergebnisse

Das Ergebnis für den maximalen Halbstundenmittelwert an NO₂ ist in der Abbildung 47 dargestellt. Die höchsten Belastungen treten entlang der Hauptverkehrsstraßen in Saalfelden sowie beim Belüftungsschacht des Schmittentunnels auf. In diesen Bereichen erreichen sie zwischen 150 - 200 µg/m³. In den besiedelten Gebieten treten großflächig 120 - 150 µg/m³ NO₂ für das maximale Halbstundemittel auf, in den anderen Gebieten liegen die Werte deutlich darunter. Im gesamten Talbodenbereich nahe von Verkehrsstraßen betragen die Immissionsbelastungen über 100 µg/m³, in höheren Lagen liegen diese darunter.

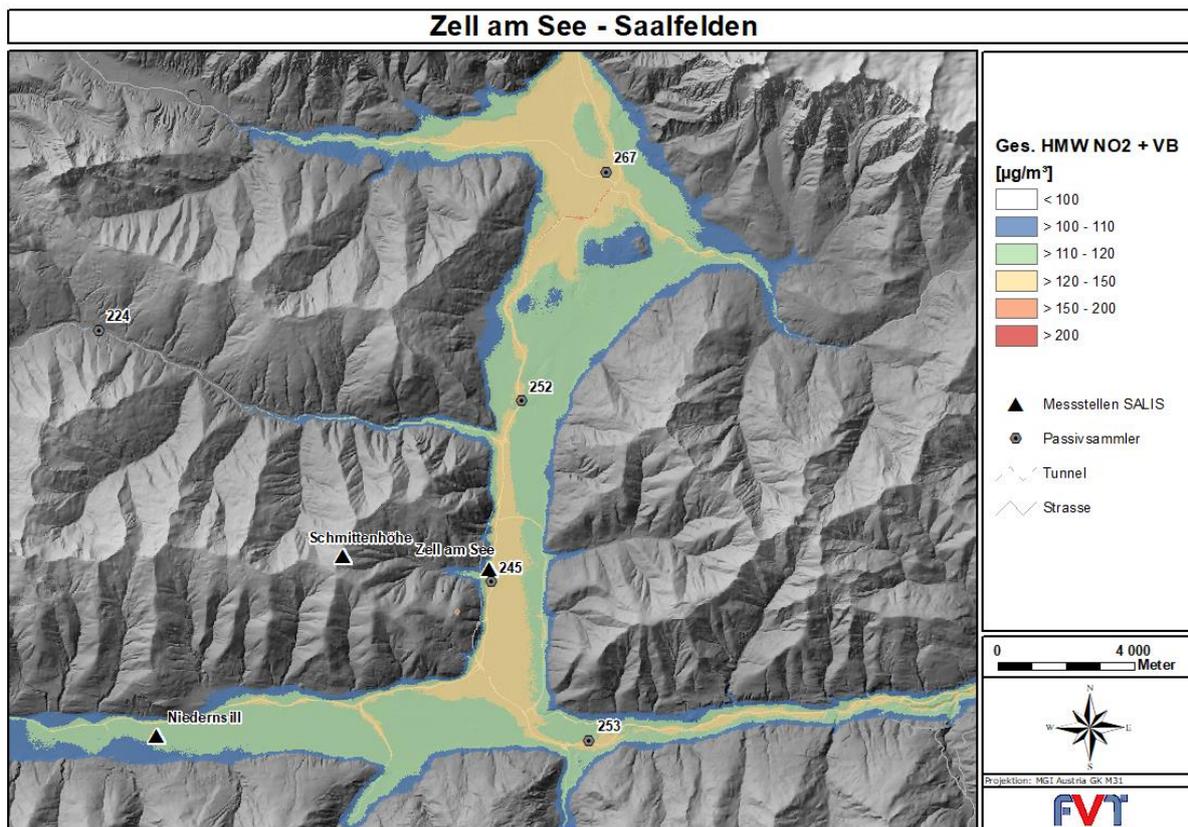


Abbildung 47: Modellierte NO₂-Konzentration im maximalen Halbstundenmittel

6.5.2 Vergleich mit Messdaten

Beim Vergleich der gemessenen und der simulierten maximalen NO₂-Konzentration für den maximalen Halbstundenmittelwert ergibt sich bei der kontinuierlichen Luftgütemessstation Zell am See eine relativ gute Übereinstimmung: Für den Zeitraum 2012 – 2016 wurde bei der Station im Mittel ein Wert von 132 µg/m³ gemessen, wobei die Tendenz über die Jahre hin abnehmend ist. In der Simulation wurde für den HMW_{max} ein Wert von 120 µg/m³ berechnet.

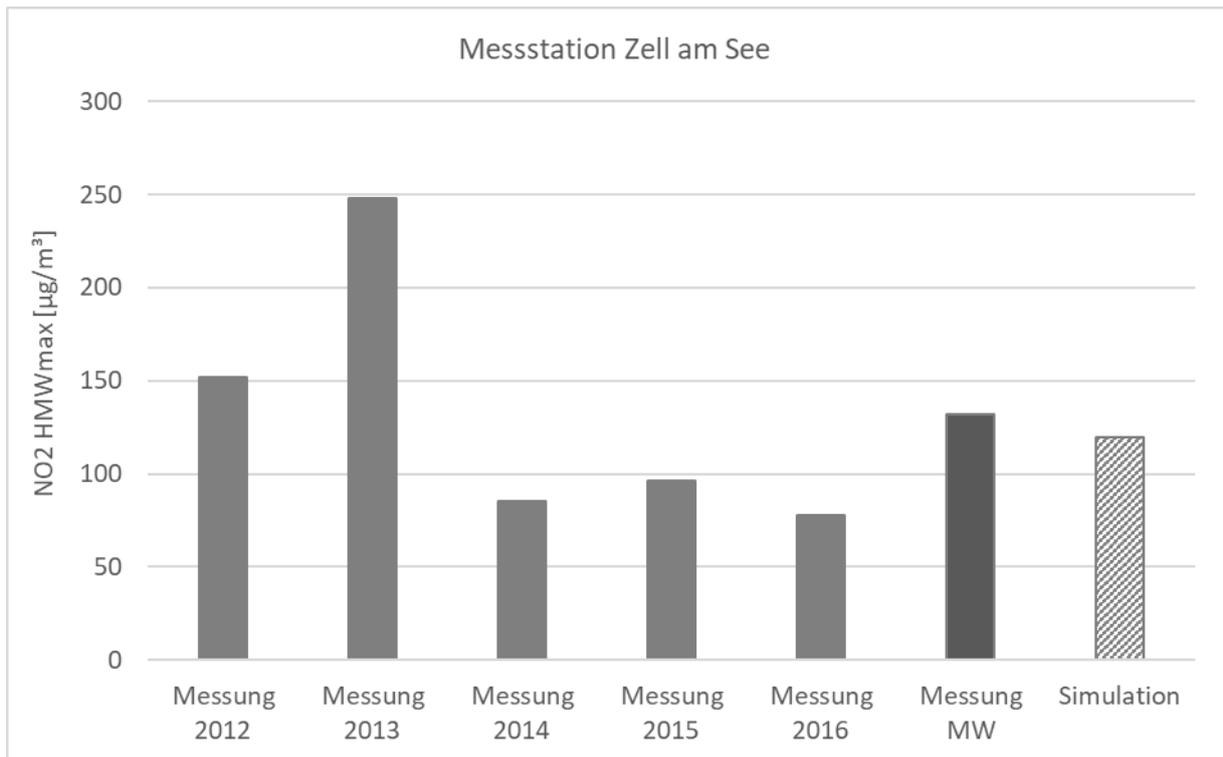


Abbildung 48: Vergleich zwischen gemessenen und simulierten maximalen NO₂-Halbstundenwerten

6.5.3 Gebiet mit Grenzwertüberschreitungen

Die Ausbreitungsrechnungen können auch dazu verwendet werden, die Flächen abzuschätzen, welche von Grenzwertüberschreitungen betroffen sind. Im Gebiet Zell am See – Saalfelden, welches eine Gesamtfläche von 742,7 km² aufweist, kommt es nur in einer Fläche von 0.001 km² zu Überschreitungen des Grenzwertes von 200 µg/m³.

Tabelle 11: Gebiet mit Grenzwertüberschreitungen für den HMW_{max} NO₂

HMW _{max}	km ²	Prozent
< 200 [µg/m ³]	742.729	99.9999 %
> 200 [µg/m ³]	0.001	0.0001 %

Anzumerken ist hier jedoch die relativ große Prognoseunsicherheit bei der Bestimmung eines maximalen Halbstundenmittelwertes (siehe Kapitel 4.2.7).

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 für NO₂ 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 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.

8 Literaturverzeichnis

- [1] „RVS 04.02.12 - Ausbreitung von Luftschadstoffen an Verkehrswegen und Tunnelportalen“, Forschungsgesellschaft Straße - Schiene - Verkehr, Wien, Apr. 2014.
- [2] R. Bundeskanzleramt der Republik Österreich, *Immissionsschutzgesetz Luft Novelle*, Bd. BGBl I Nr. 77/2010 idF 18.08.2010. 2010.
- [3] B. BMLFUW, *Immissionsgrenzwerte und Immissionszielwerte zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation*. 2001.
- [4] D. Oettl, „Documentation of the Lagrangian Particle Model GRAL (Graz Lagrangian Model) Vs. 18.1“, LU-01-2018, 2018.
- [5] E. Romberg, R. Böisinger, A. Lohmeyer, R. Ruhnke, und E. Röth, „NO-NO₂ conversion for predicting the air quality impact of traffic“, *Gefahrstoffe-Reinhalt. Luft*, Bd. 56, S. 215–218, 1996.
- [6] U. Uhrner, „The impact of new sub-grid scale orography on the ECMWF model Reading“, ECMWF, Research Department, UK, Technical Memorandum No. 329, 2001.
- [7] U. Uhrner, B. C. Lackner, R. Reifeltshammer, M. Steiner, R. Forkel, und P. J. Sturm, *Inter-Regional Air Quality Assessment - Bridging the Gap between Regional and Kerbside PM Pollution. Results of the PMInter Project (Final Report)*. Graz: Institute for Internal Combustion Engines and Thermodynamics, 2014.
- [8] D. Öttl u. a., „Lagrangian particle model simulation to assess air quality along the Brenner transit corridor through the Alps“, 2006, S. 416–423.
- [9] D. Heimann u. a., *ALPNAP Air Pollution, Traffic Noise and Related Health Effects in the Alpine Space*. 2007.
- [10] D. Oettl, „Benutzerhandbuch GRAL Benutzeroberfläche 15.4“, 2015.
- [11] Weber, Sebastian, „Ein Windatlas für das Bundesland Salzburg.“, Diplomarbeit eingereicht am Institut für Meteorologie und Geophysik, Universität Innsbruck, 2009.
- [12] A. der S. Landesregierung, „Luftgüte - Jahresbericht 2012“, 2013.
- [13] A. der S. Landesregierung, „Luftgüte - Jahresbericht 2013“, 2014.
- [14] A. der S. Landesregierung, „Luftgüte - Jahresbericht 2014“, 2015.
- [15] A. der S. Landesregierung, „Luftgüte - Jahresbericht 2015“, 2016.
- [16] A. der S. Landesregierung, „Luftgüte - Jahresbericht 2016“, 2017.
- [17] U. L. Salzburg, „Luftgüte - Messungen mit Passivsammler Jahresbericht 2015“, Juli 2016.
- [18] U. L. Salzburg, „Luftgüte - Messungen mit Passivsammler Jahresbericht 2016“, Juli 2016.
- [19] J. H. Seinfeld und S. N. Pandis, „From Air Pollution to Climate Change“, 1998.

[20] BMWFJ (Bundesministerium für Wirtschaft Familie und Jugend), „Technische Grundlage zur Qualitätssicherung in der Luftschadstoff- Ausbreitungsrechnung“, 2012.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Modellierter NO ₂ -Konzentrationen im Jahresmittel	7
Abbildung 2: Untersuchungsraum für den Immissionskataster Zell am See – Saalfelden	9
Abbildung 3: Relativer Tagesgang der Emissionsquellen	12
Abbildung 4: Relativer Jahresgang der Emissionsquellen	13
Abbildung 5: NO _x zu NO ₂ Umwandlung für den Untersuchungsraum	17
Abbildung 6: Empirischer Zusammenhang zwischen 98 Perzentil NO ₂ und dem maximalen Halbstundenmittelwert von NO ₂ [14]	18
Abbildung 7: Mittlere Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit am Standort Niedernsill	21
Abbildung 8: Mittlere Windrichtungsverteilung [%] inklusive Windgeschwindigkeitsklassen am Standort Niedernsill	21
Abbildung 9: Mittlere Häufigkeit der Hauptwindrichtungen am Standort Niedernsill	22
Abbildung 10: Tagesgang der mittleren Windgeschwindigkeiten am Standort Niedernsill	22
Abbildung 11: Mittlere Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit am Standort Schmittenhöhe ..	24
Abbildung 12: Mittlere Windrichtungsverteilung [%] inklusive Windgeschwindigkeitsklassen am Standort Schmittenhöhe	24
Abbildung 13: Mittlere Häufigkeit der Windrichtungen am Standort Schmittenhöhe	25
Abbildung 14: Tagesgang der mittleren Windgeschwindigkeit am Standort Schmittenhöhe	25
Abbildung 15: Mittlere Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit am Standort Zell am See	27
Abbildung 16: Mittlere Windrichtungsverteilung [%] inklusive Windgeschwindigkeitsklassen am Standort Zell am See	27
Abbildung 17: Mittlere Häufigkeit der Hauptwindrichtungen am Standort Zell am See	28
Abbildung 18: Tagesgang der mittleren Windgeschwindigkeit am Standort Zell am See	28
Abbildung 19: Abhängigkeit der NO _x -Vorbelastung für den JMW von der Seehöhe	30
Abbildung 20: Abhängigkeit der NO _x -Vorbelastung für den TMW _{max} von der Seehöhe	31
Abbildung 21: Anteil der Quellgruppen an den NO _x -Emissionen im Untersuchungsgebiet	32
Abbildung 22: Anteil der Quellkategorien an den NO _x -Emissionen im Untersuchungsgebiet	32

Abbildung 23: NO _x -Punktquellen im Untersuchungsgebiet.....	33
Abbildung 24: NO _x -Linienquellen im Untersuchungsgebiet	34
Abbildung 25: NO _x -Flächenquellen im Untersuchungsgebiet.....	34
Abbildung 26: Windrose Niedernsill, Vergleich Messung (links) gegen Simulation (rechts).....	36
Abbildung 27: Windgeschwindigkeitsklassen Niedernsill, Vergleich Messung (links) gegen Simulation (rechts).....	36
Abbildung 28: Windrose Schmittenhöhe, Vergleich Messung (links) gegen Simulation (rechts)	36
Abbildung 29: Windgeschwindigkeitsklassen Schmittenhöhe, Vergleich Messung (links) gegen Simulation (rechts).....	37
Abbildung 30: Windrose Zell am See, Vergleich Messung (links) gegen Simulation (rechts)	37
Abbildung 31: Windgeschwindigkeitsklassen Zell am See, Vergleich Messung (links) gegen Simulation (rechts).....	37
Abbildung 32: Modellierte NO _x -Konzentration im Jahresmittel – Punktquellen (Gewerbe, Industrie, Heizwerke).....	39
Abbildung 33: Modellierte NO _x -Konzentration im Jahresmittel –PKW, Innerorts und Außerorts	39
Abbildung 34: Modellierte NO _x -Konzentration im Jahresmittel - LKW, Innerorts und Außerorts.....	40
Abbildung 35: Modellierte NO _x -Konzentration im Jahresmittel – Kleinverbraucher + Haushalte	40
Abbildung 36: Modellierte NO _x -Konzentration im Jahresmittel – Off-Road (Baumaschinen, Traktoren)	41
Abbildung 37: Modellierte NO _x -Konzentration im Jahresmittel – Pistenwalzen (andere Skalierung)...	41
Abbildung 38:Modellierte NO _x -Konzentration im Jahresmittel - Flächenverkehr	42
Abbildung 39: Modellierte NO _x -Konzentration im Jahresmittel – Gesamtbelastung inklusive Vorbelastung.....	42
Abbildung 40: Vergleich zwischen gemessenen und modellierten NO _x -Jahresmittelwerten (inklusive Vorbelastung)	43
Abbildung 41: Berechnete Anteile der Quellgruppen an der jahresdurchschnittlichen NO _x -Konzentration – Zell am See.....	44
Abbildung 42: Modellierte NO ₂ -Konzentration im Jahresmittel	45
Abbildung 43: Vergleich zwischen gemessenen und simulierten NO ₂ -Jahresmittelwerten	46

Abbildung 44: Vergleich zwischen gemessenen und simulierten NO₂-Jahresmittelwerten - Passivsammler 47

Abbildung 45: Modellierte NO_x-Konzentration für den maximalen Tagesmittelwert – Gesamtbelastung inklusive Vorbelastung..... 48

Abbildung 46: Vergleich zwischen gemessenen und simulierten maximalen NO_x-Tagesmittelwerten 49

Abbildung 47: Modellierte NO₂-Konzentration im maximalen Halbstundenmittel 50

Abbildung 48: Vergleich zwischen gemessenen und simulierten maximalen NO₂-Halbstundenwerten51

Abbildung 49: Passivsammler im Untersuchungsgebiet Zell am See – Saalfelden..... 60

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Freisetzungshöhen der Flächenquellen	12
Tabelle 2: Immissionsgrenzwerte nach IG-L in [$\mu\text{g}/\text{m}^3$].....	14
Tabelle 3: Grenzwerte zum Schutz der Ökosysteme und der Vegetation [3] in $\mu\text{g}/\text{m}^3$	14
Tabelle 4: Definition der Quellgruppen	15
Tabelle 5: Parameter für die NO_2 -Umwandlungsfunktion abgeleitet aus österreichischen Datensätzen	17
Tabelle 6: Gemessene NO_2 - und NO_x -Konzentrationen bei der Station Zell am See – kontinuierliches Messnetz	29
Tabelle 7: Ergebnisse der Passivsammlermessungen für das Jahr 2015	29
Tabelle 8: Ergebnisse der Passivsammlermessungen für das Jahr 2016	30
Tabelle 9: NO_x -Emissionen im Untersuchungsgebiet für das Jahr 2015.....	31
Tabelle 10: Gebiet mit Grenzwertüberschreitungen für den JMW NO_2	47
Tabelle 11: Gebiet mit Grenzwertüberschreitungen für den $\text{HMW}_{\text{max}} \text{NO}_2$	51
Tabelle 12: Emissionen aller Punktquellen im Untersuchungsgebiet	60
Tabelle 13: Parameter für die Ausbreitungsmodellierung	61

11 Anhang

11.1 Emissionen

Tabelle 12: Emissionen aller Punktquellen im Untersuchungsgebiet

Name	Rechtswert [m]	Hochwert [m]	Kaminhöhe [m]	NOx [kg/h]
Biomasseheizwerk Asitz GmbH	403849	255729	10	0.4
Hackschnitzelheizw. Saalfelden	414722	254068	10	0.5
Hackschnitzelheizwerk Leogang	408477	255752	10	0.0
Hackschnitzelhw. Niedersill	398199	238519	10	0.1
Hackschnitzelwerk Bruck SAFE	411702	238301	17	0.6
Hackschnitzelwerk Maria Alm	417105	252005	22	0.9
Pinzgau Milch reg. Gen.m.b.H.	409893	247211	16	1.8
Schößwendter Holz GmbH	410609	255928	32	4.6
SIG Combibloc gesmbH	412064	253808	22	0.1

11.2 Passivsammler

In der Abbildung 49 sind die Passivsammler-Messungen im Untersuchungsgebiet dargestellt. Die relevanten Messungen wurden farblich hervorgehoben.

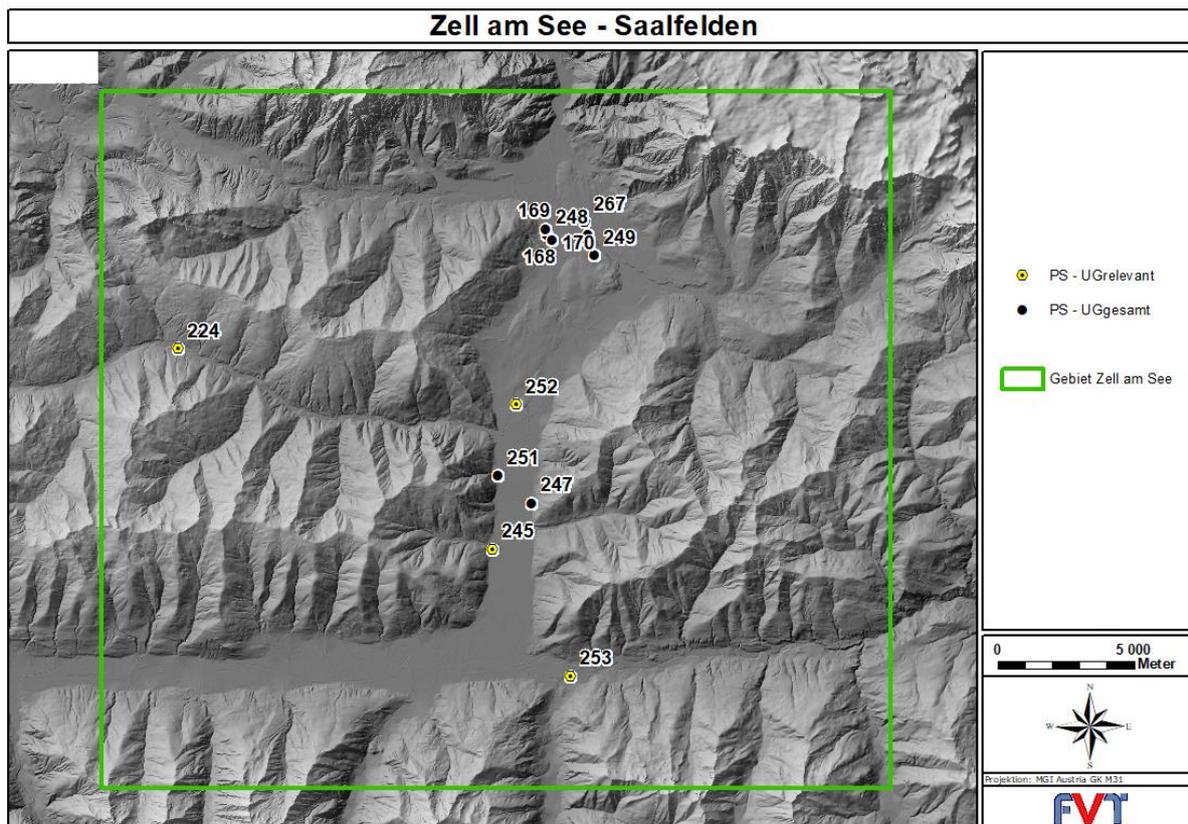


Abbildung 49: Passivsammler im Untersuchungsgebiet Zell am See – Saalfelden

11.3 Parameter für Ausbreitungsmodellierung

Gemäß der Technischen Grundlage Qualitätssicherung [20] werden die Parameter für die Ausbreitungsmodellierung in folgenden Tabellen dokumentiert.

Tabelle 13: Parameter für die Ausbreitungsmodellierung

Project - General	
Dispersion time	3600 s
Particles per sec.	800 bzw. 1500
Surface roughness	1 m
Latitude	47 °
Start with Dispersion sit.	
Buildings	Prognostic GRAL

Project - Concentration grids	
Vertical thickness of concentration layers	1 m
Horizontal grid resolution	10.0 m
Number of horizontal slices	3
Heights above ground	3 6 10 m

Domain - GRAL	
West Border	395100
East Border	424000
South Border	234000
North Border	259700
Width	28900 m
Height	25700 m

Domain - Internal flow field grid GRAL	
Horizontal grid resolution	10.0 m
Vertical thickness of first layer	2 m
Vertical stretching factor	1.01 m
Number of cells in z-direction	40
Relative layer height	99.8 m
Relaxation velocity	0.1
Relaxation pressure correct.	1.0
Run until steady-state	No
Minimum iterations	100
Maximum iterations	500
Roughness of building walls	0.001 m
Write building_heights.txt	No
Save intermediate GRAL flow fields	No

Meteorology	
Not specified	

Topography - GRAMM domain	
West Border	394950
East Border	424050
South Border	234000
North Border	259950
Width	29.1 km
Height	25.95 km

Topography - GRAMM grid	
Horizontal grid resolution	150.0 m
Vertical thickness of first layer	10 m
Number of vertical layers	18
Vertical stretching factor	1.4
Relative layer height	18: 10675.0 m

Topography - GRAMM input	
	-
GRAMM grid	...\ggeom.asc
Landuse file	...\landuse.asc
Max time step	3 s
Modelling time	3600 s
Relaxation velocity	0.05
Relaxation scalars	0.05
Catabatic forcing	No
Write GRAL_Topography.txt	No

Sources	
1	Gewerbe & Industrie
2	Heizwerke
3	andere PKW
4	andere LKW
5	Flächenquellen stationär
6	Offroad
7	Pistenwalzen
8	Flächenverkehr
Selected Pollutant	NO _x