



LAND

OBERÖSTERREICH

Immissionsstudie

NO₂-Zusatzbelastung durch die Donau-Schifffahrt in Linz



Quelle: www.donau.com



US

Inhaltsverzeichnis

1. Auftraggeber	2
2. Sachbearbeiter	2
3. Ausgangslage	3
4. Zusammenfassung - NO ₂ -Zusatzbelastung durch die Donau-Schifffahrt in Linz	3
5. Vorgehensweise bei der Ausbreitungsberechnung.....	4
5.1 Strömungsmodellierung mit GRAMM (Windfeldsimulation).....	4
5.2 Schadstoffausbreitung mit GRAL.....	4
5.3 Eingangsdaten.....	5
5.4 Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen mit GRAL	9
6. Literatur.....	11
7. Erläuterungen von Fachausdrücken.....	11

1. Auftraggeber

Amt der Oö. Landesregierung
Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft
Abteilung Umweltschutz
4021 Linz • Goethestraße 86

2. Sachbearbeiter

Mag. Stefan Oitzl (Meteorologe)
Amt der Oö. Landesregierung
Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft
Abteilung Umweltschutz/Luftgüteüberwachung
4021 Linz • Goethestraße 86

Tel.: (+43 732) 77 20-136 19

Fax: (+43 732) 77 20-21 36 42

Datum: 12. Februar 2019

3. Ausgangslage

Derzeit boomt die Personenschifffahrt, die im Jahr 2017 das vierte Jahr in Folge einen Anstieg verzeichnete. Insgesamt wurden auf dem österreichischen Donauabschnitt rund 1.265.000 Passagierinnen und Passagiere befördert, was einem Plus von 2,8 % im Vergleich zu 2016 entspricht. [1].

Grundsätzlich entlastet der Transport von Massengütern mit Binnenschiffen die Straßen und auch den Schienenverkehr. Dabei gilt das Binnenschiff als vergleichsweise umweltfreundliches Transportmittel. Doch wegen der zunehmenden Personenschifffahrt auf der Donau werden auch diese Emissionen zu einem nicht zu vernachlässigenden Problem für die Luftreinhaltung in Linz und entlang der Donau.

Um den Beitrag der fahrenden und anliegenden Schiffe zur Luftbelastung in Linz beurteilen zu können, wurde in einem ersten Schritt der Schiffsemissionskataster der Donau für das Jahr 2017 neu berechnet [2]. Zu den grundlegenden Daten gehörte die Schleusenstatistik der Statistik Austria. Daten über die Ausflugsschifffahrt, Hafenaktivitäten, Flusskreuzschiffe sowie über den sonstigen Schiffsverkehr mussten direkt bei den Betreiber erfragt werden.

Für die Beurteilung der Zusatzbelastung, im Speziellen durch NO_2 wurden in einem weiteren Schritt Ausbreitungsberechnungen für Linz durchgeführt. An der Messstelle Linz-Römerberg kann derzeit der Grenzwert für den NO_2 -Jahresmittelwert nicht eingehalten werden, daher sind die durchgeführten Berechnungen in Anbetracht des neu aufgelegten Maßnahmenprogramms [3] von Bedeutung. Es soll insbesondere dargelegt werden, welches Reduktionspotenzial die im Maßnahmenprogramm angestrebten Landstromanschlüsse aufweisen.



Abbildung 1: Donau-Schifffahrt an der Donau (Quelle: www.donau.com)

4. Zusammenfassung - NO_2 -Zusatzbelastung durch die Donau-Schifffahrt in Linz

Die Ausbreitungsberechnung der NO_2 -Zusatzbelastung durch die Donauschifffahrt erfolgte mit dem Programmpaket GRAMM/GRAL. Das Berechnungsgebiet umfasste in etwa Linz (Abbildung 2).

Emissionen: Die fahrenden Schiffe emittierten im Jahr 2017 in Linz 211 Tonnen NO_x , die anliegenden Schiffe immerhin noch 59 Tonnen (Abbildung 7). Für die Stromerzeugung verbrauchten die rund 1400 Schiffe an den Anlegestellen im Bereich der Nibelungenbrücke ca. 1,6 Millionen Liter Diesel.

Immissionen: Die Berechnungen zeigen, dass die mittlere jährliche NO₂-Zusatzbelastung entlang der Fahrrinne mehr als 30 µg/m³ beträgt, im Uferbereich der Donau sind es immerhin noch 10 µg/m³ bis 17 µg/m³ (Abbildung 9).

An den Anlegestellen im Bereich der Nibelungenbrücke kommen aufgrund der Stromerzeugung an Bord der anliegenden Schiffe nochmals bis zu maximal 20 µg/m³ an NO₂ hinzu (Abbildung 10).

Einsparungspotenzial von Landstromanschlüssen: Würde man alle Anlegestellen im Bereich der Nibelungenbrücke mit Landstrom ausstatten, so könnten 59 Tonnen NO_x an Emissionen und bis zu 20 µg/m³ NO₂ an Immissionen (direkt bei den Hauptanlegestellen) eingespart werden.

Die NO₂-Immissionsbelastung durch die Schifffahrt nimmt mit der Entfernung von der Donau rasch ab. An der Luftgütestation Linz-Römerberg liegt der Anteil der gesamten Schifffahrt an der Gesamtbelastung nur mehr bei 2,8 %. Betrachtet man ausschließlich den Anteil vom anliegenden Schiffsverkehr, so liegt dieser an der Station Linz-Römerberg bei 1 % (ca. 0,4 µg/m³ NO₂).

Abschließend sei noch festgehalten, dass Ergebnisse aus Ausbreitungsberechnungen im Allgemeinen größeren Unsicherheiten unterliegen als Ergebnisse aus Messungen. Daher werden weitere NO₂-Messungen im Bereich der Schiffsanlegestellen mittels Passivsammler empfohlen.

5. Vorgehensweise bei der Ausbreitungsberechnung

Für die Ausbreitungsrechnung stand eine gekoppeltes Euler/Lagrange Modell (GRAMM/GRAL) entwickelt von der Technischen Universität Graz, Inst. f. VKM u. THD, zur Verfügung [4].

5.1 Strömungsmodellierung mit GRAMM (Windfeldsimulation)

Zur Berechnung der räumlichen Schadstoffausbreitung werden dreidimensionale Strömungsfelder benötigt. Diese wurden hier mit Hilfe des prognostischen Windfeldmodells GRAMM berechnet. Prognostische Windfeldmodelle haben gegenüber diagnostischen Windfeldmodellen den Vorteil, dass neben der Erhaltungsgleichung für Masse auch jene für Impuls und Enthalpie in einem Euler'schen Gitter gelöst werden. Damit können dynamische Umströmungen von Hindernissen in der Regel besser simuliert werden. Mit GRAMM wurden für den Großraum Linz (15x20km) die Windverhältnisse für das Jahr 2017 simuliert und anschließend mit den Windmessdaten von den Linzer Messstellen abgeglichen.

5.2 Schadstoffausbreitung mit GRAL

Die Ausbreitung von Luftschadstoffen wird durch räumliche Strömungs- und Turbulenzvorgänge bestimmt. Diese sind für bodennahe Quellen neben den allgemeinen meteorologischen Bedingungen auch von der Geländestruktur, von Verbauungen und von unterschiedlichen Bodennutzungen abhängig. Um die Einflüsse möglichst gut zu erfassen, wurde in dieser Untersuchung das Lagrange'sche Partikelmodell GRAL zur Bestimmung der Zusatzbelastung der Immission verwendet.

Für die Bestimmung von Immissionskonzentrationen wurde in einem festgelegten Gitter zu jedem Zeitpunkt die Anzahl an Teilchen in jedem Gittervolumen ermittelt und über die Zeit integriert. Da erfahrungsgemäß die vertikalen Konzentrationsgradienten höher sind als die horizontalen, wurde ein Auszählgitter verwendet, dessen horizontale Abmessung 10 m und in der Vertikale 2 m beträgt. Damit werden die räumlichen Gradienten der Konzentration genügend genau erfasst und statistische Unsicherheiten vermieden. Die Auswertehöhe wurde auf 3 m über Grund gesetzt.

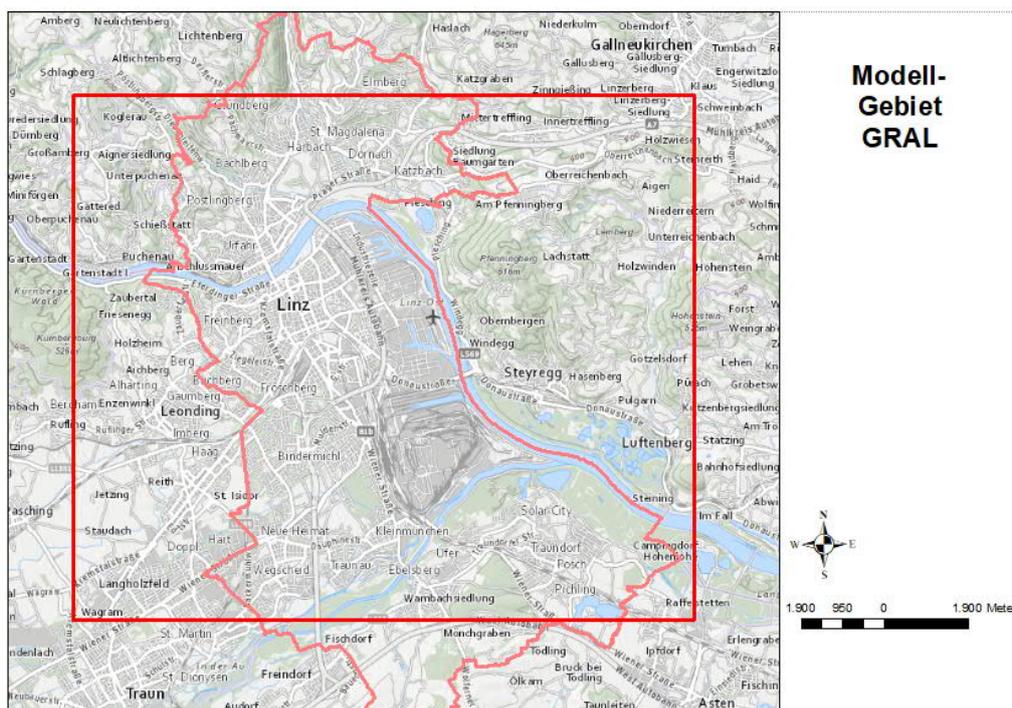


Abbildung 2: Modellgebiet GRAL

5.3 Eingangsdaten

Folgende Eingangsdaten wurden für die Windfeld- und für die nachfolgenden Ausbreitungsberechnungen mit GRAL eingesetzt:

- Meteorologische Messdaten von den Stationen Linz-Römerberg (S431), Linz-Neue Welt (S416), Linz-24er Turm (S415), Steyregg-Au (S173), und Traun (S404) von Jänner 2017 bis Dezember 2017
- GIS-Daten (Quelle Digitales Oberösterreichische Raum-Informationssystem (DORIS):
 - Topographie im Rasterformat (25m x 25m - für GRAMM)
 - Topographie im Rasterformat (10m x 10m - für GRAL)
 - CORINE-Landnutzungsdaten (100m x 100m – für GRAMM)
 - Straßen in "shp-Format" als Linie
 - Gebäudehöhen als „shp-Format“
- Emissionsdaten als Punkt- (Schiffsanliegestellen) und Linienquellen (fahrende Schiffe) aus dem Emissionskataster [2]

5.3.1 Meteorologische Daten an der Station Linz-24er Turm (S415)

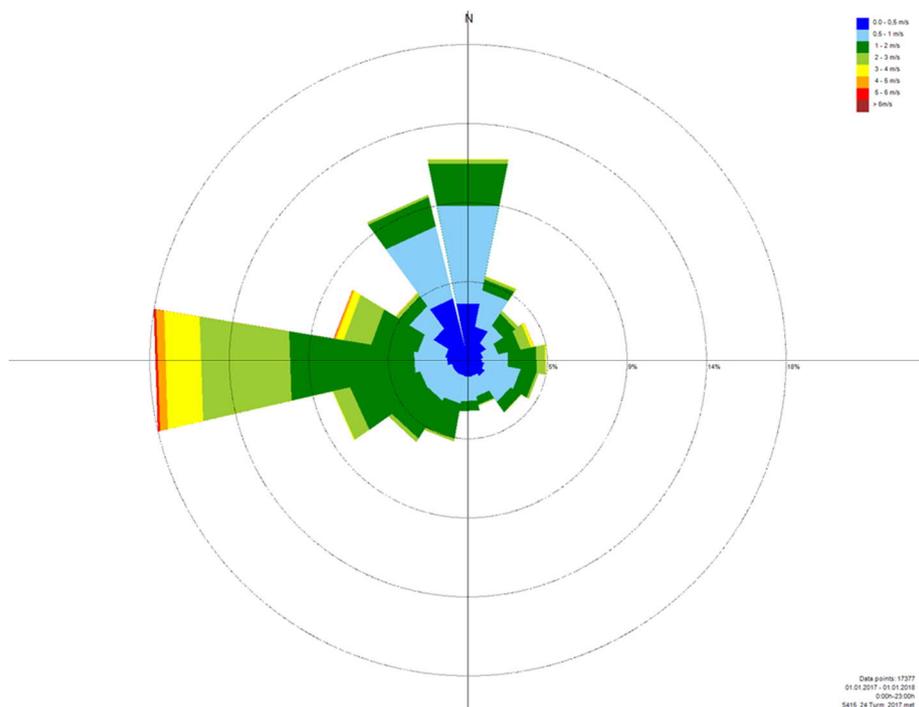


Abbildung 3: Windrichtungsverteilung in Abhängigkeit der Windgeschwindigkeit an der Station S415

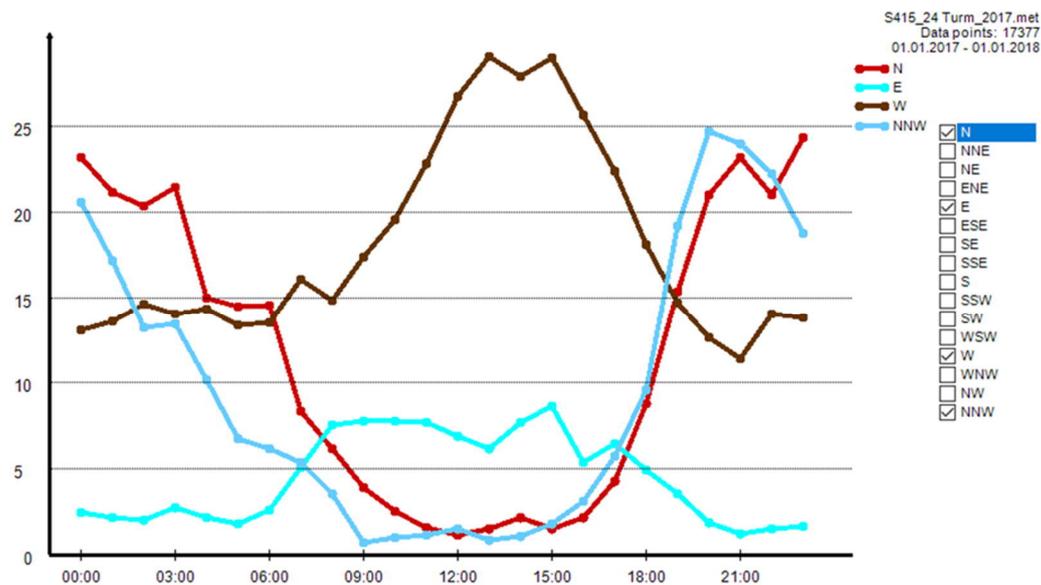


Abbildung 4: Tagesgang ausgesuchter Windrichtungssektoren

5.3.2 Emissionsdaten

In Abbildung 5 sind die Emissionen als Linienquellen (fahrender Schiffsverkehr) und in Abbildung 6 als Punktquellen (Schiffsanlegestellen) dargestellt – sie dienen als Eingangsdaten für die Ausbreitungsrechnungen.

Zu den grundlegenden Daten für die Emissionsberechnung gehört die Schleusenstatistik der Statistik Austria (2017). Daten über die Ausflugsschifffahrt, Hafenaktivitäten, Flusskreuzschiffe sowie über den sonstigen Schiffsverkehr mussten direkt bei den Betreibern erfragt werden. In Hinblick der Emissionsfaktoren stellt das Bundesamt für Umwelt, Energieverbrauch und Schadstoffemissionen in Bern seit Jahren die umfangreichste und eine qualitativ hochstehende Sammlung an Offroad-Emissionsfaktoren zur Verfügung. Es sind darin die Bereiche Baumaschinen, Industrie, Landwirtschaft, Forstwirtschaft, Gartenpflege/Hobby, Schiene, Schiffe und Militär betrachtet [2]. Für die Emissionsberechnung wurden konkret die Emissionsfaktoren für das Jahr 2015 herangezogen.

Die nachstehende Karte zeigt durchaus beträchtliche Emissionen entlang der Donau-Schiff-Fahrinne. Die Emissionen auf der Donau sind vergleichbar mit den Emissionen entlang der Hauptverkehrsrouten durch Linz, wie etwa der B127, abschnittsweise auch mit der A7.

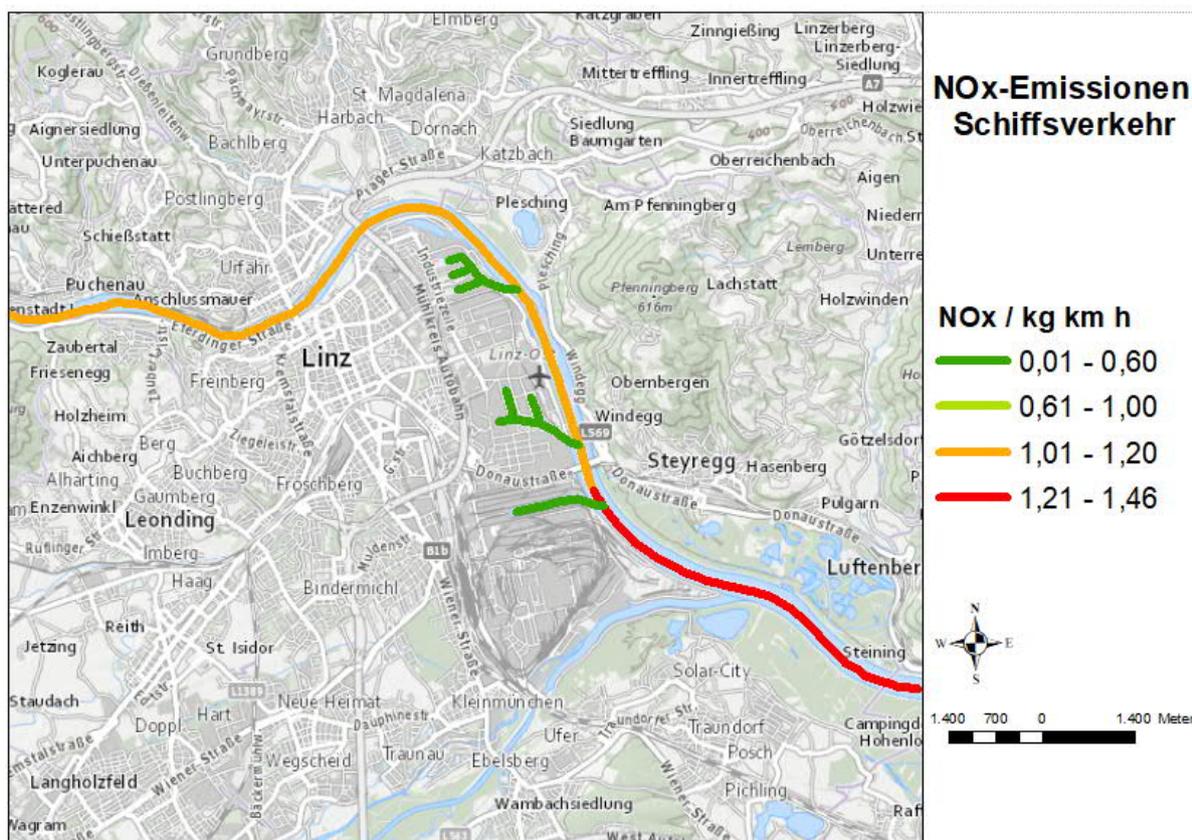


Abbildung 5: NOx-Emissionen aufgrund des fahrenden Schiffsverkehrs

Zwischen Linz und Ottensheim wurden 2017 10.686 Schiffe registriert. Davon waren 40 % Kreuzfahrtschiffe und 60 % Güter- bzw. Zug-/Schubschiffe. Zwischen Linz und Abwinden fuhren hingegen 16.216 Schiffe. Auf dieser Strecke verkehrten wesentlich mehr Güter- bzw. Zug-/Schubschiffe. Deren Anteil betrug auf diesem Streckensegment 71 %. Der Anteil an Kreuzfahrtschiffen lag bei 29%.

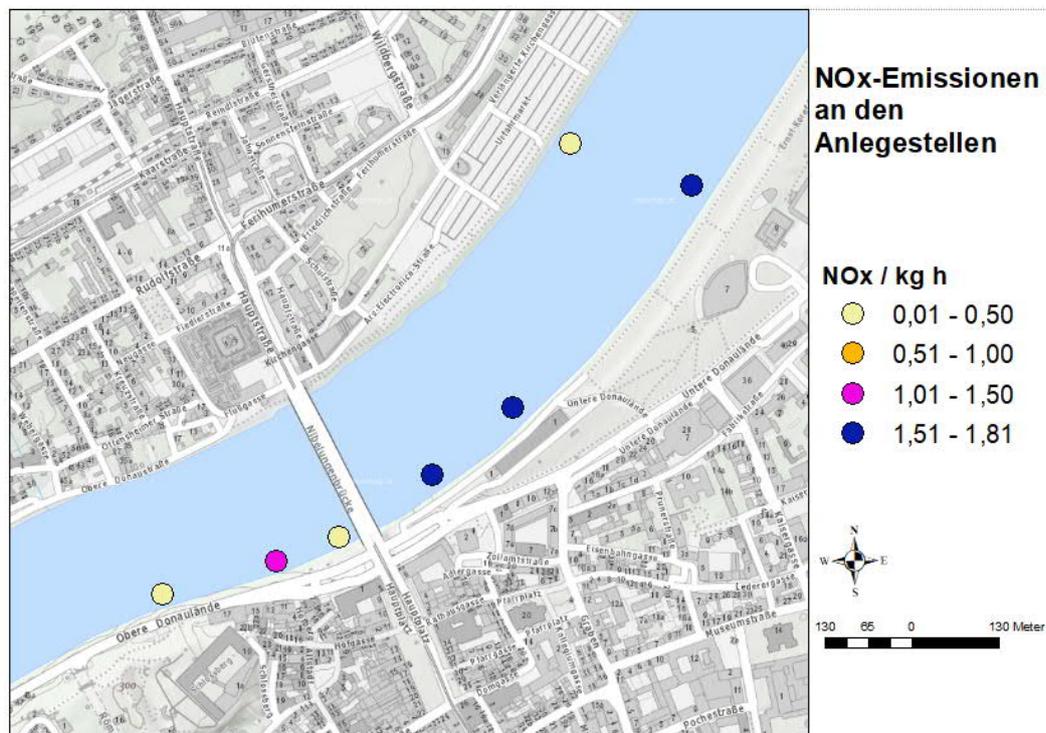


Abbildung 6: NOx-Emissionen an den Linzer Anlegestellen

In den oben dargestellten Anlegestellen haben im Jahr 2017 1400 Schiffe angelegt. An der Schiffs-Anlegestelle „Linz-Lentos“ wurde für die Stromerzeugung gut 430.000 Liter Diesel benötigt. In Anbetracht aller Anlegestellen betrug der errechnete Dieserverbrauch 1,6 Millionen Liter. Würde man also sämtliche Anlegestellen mit Landstrom versorgen, könnte man rund 59 Tonne an Stickoxiden einsparen.

NOx-Schiffsemissionen in Linz [2017]

Fahrende Schiffe	Anliegende Schiffe
[t/Jahr]	[t/Jahr]
211	59

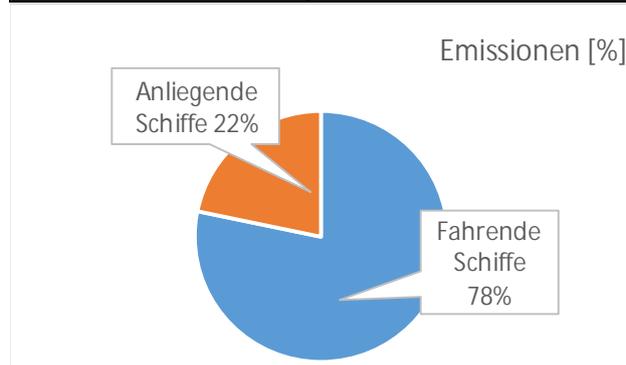


Abbildung 7: NOx-Emissionen von fahrenden und anliegenden Schiffen in Linz

5.4 Ergebnisse der Ausbreitungsrechnungen mit GRAL

In den nun folgenden Abschnitten werden die Ergebnisse der Ausbreitungsberechnungen mittels GRAL gezeigt.

5.4.1 Windsimulation an den Linzer Anlegestellen

Mit GRAL erfolgte die Simulation in einem Gitterabstand von 10 m. Dazu wurden ein Höhenmodell und die Gebäudehöhen in derselben Auflösung (10 m) unterstützend beigezogen. In Abbildung 8 sieht man das Strömungsmuster bei einem Westwind in 10 m Höhe. Der Wind über der Donau ist dabei wesentlich kräftiger als im innerstädtischen Bereich. Ebenfalls schön zu erkennen sind die höheren Windgeschwindigkeiten entlang des Uferbereiches, verursacht durch die höher gelegenen Dammkronen.

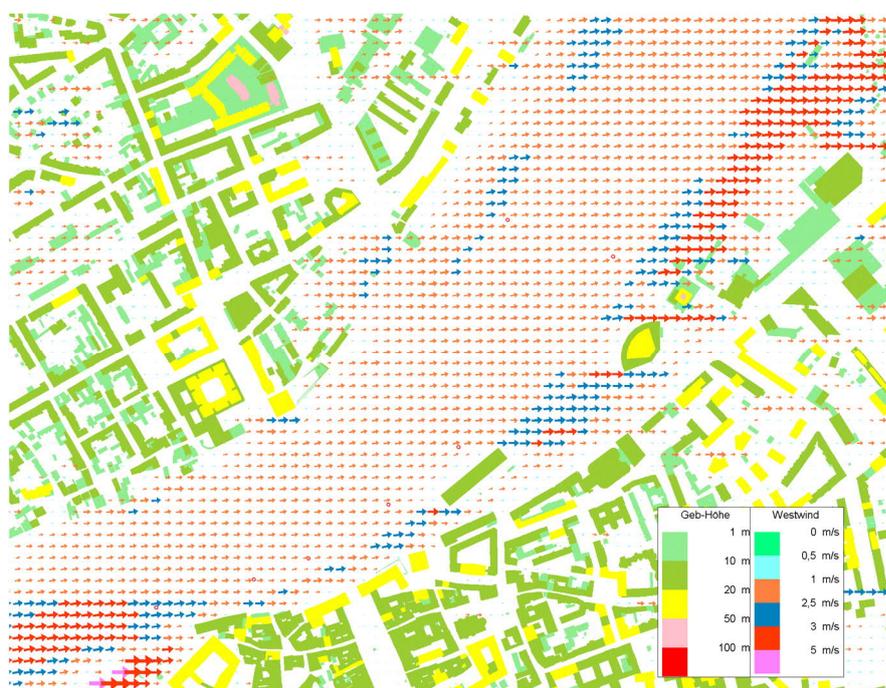


Abbildung 8: Strömungsmuster (Windvektorpfeile) bei Westwind in 10 m Höhe über Grund

5.4.2 Simulierte NO₂-Zusatzbelastung durch fahrende und anliegende Schiffe

Das Ergebnis der NO_x/NO₂-Immissionsberechnung beruht auf gut 1000 Windsituationen, die über das Jahr hinweg in Linz vorkommen können. Die mit GRAL berechneten NO_x-Zusatzkonzentrationen durch die Donau-Schifffahrt wurde mit der Umwandlungsfunktion (Formel 1) zu NO₂-Konzentrationen umgewandelt.

$$NO_{2,JMW} = NO_{x,JMW} * \left[\frac{45}{NO_{x,JMW} + 65} + 0,135 \right]$$

Formel 1: Empirischer Ansatz für die NO₂-Umwandlung

Entlang der Fahrinne beträgt die NO₂-Zusatzbelastung somit mehr als 30 µg/m³, im Uferbereich sind es immerhin noch 10 µg/m³ bis 17 µg/m³. An den Anlegestellen kommen aufgrund der Stromerzeugung nochmals bis zu 20 µg/m³ hinzu (Abbildung 10).

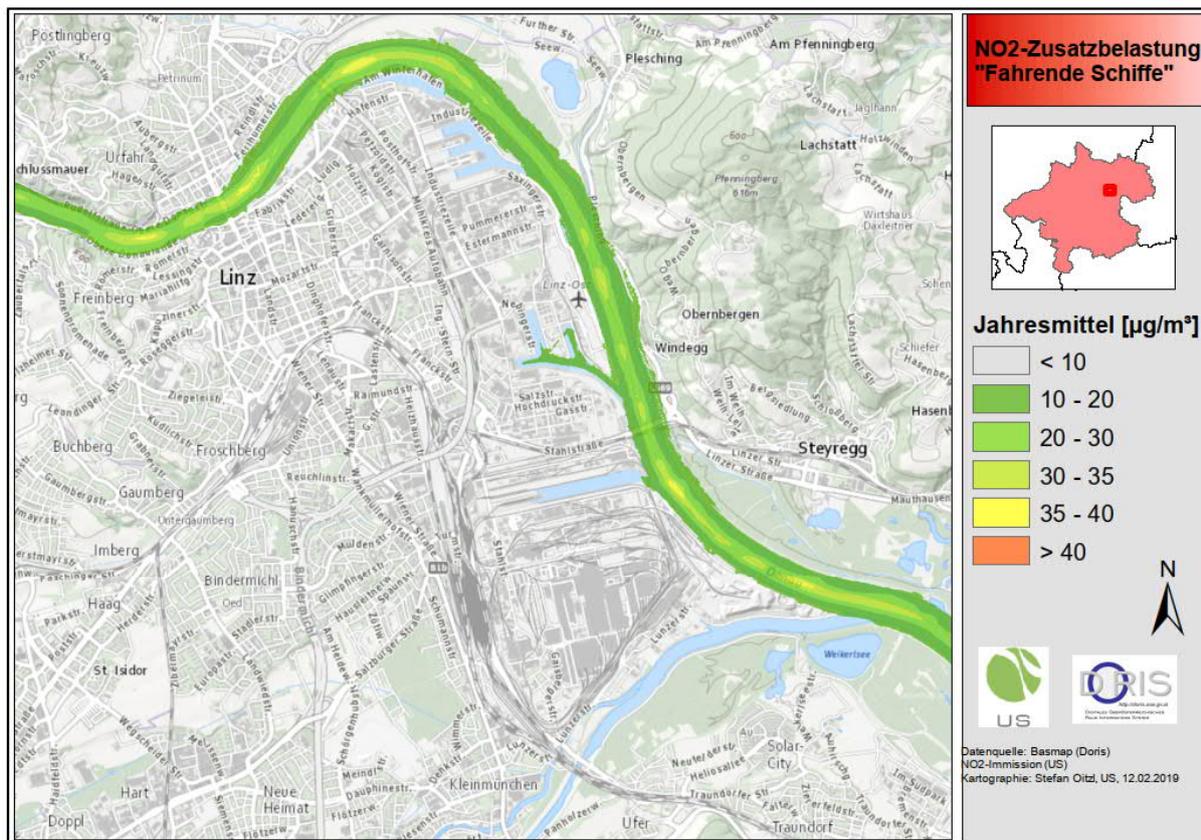


Abbildung 9: Berechnete NO₂-Immission aufgrund der fahrenden Schiffe (3m über Grund)

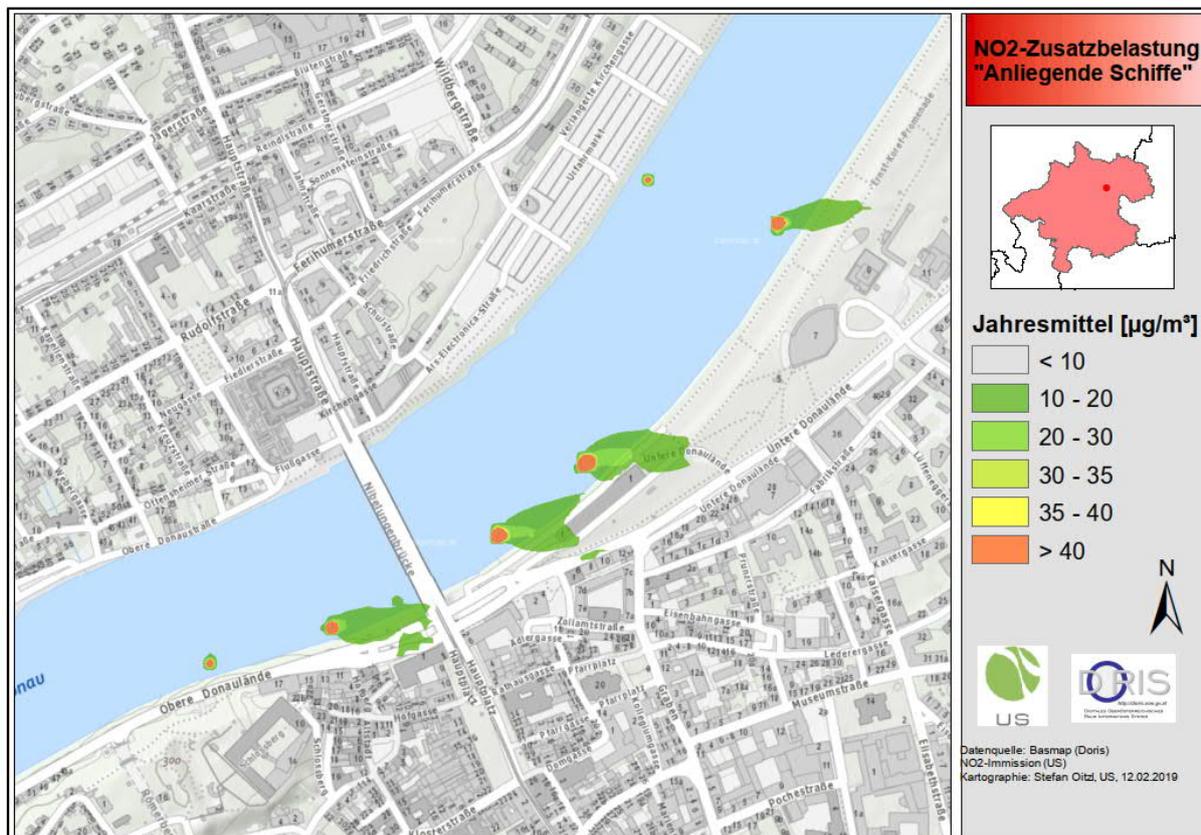


Abbildung 10: Berechnete NO₂-Immission aufgrund der anliegenden Schiffe (3m über Grund)

6. Literatur

- [1] Viadonau (2018): Jahresbericht Donauschifffahrt in Österreich
- [2] Land OÖ (2018): Berechnung der Schifffahrtsemissionen in Oberösterreich, E-Data Technische Chemie GmbH
- [3] Land OÖ (2018): Programm nach § 9a (6) IG-L (2018) zur Verringerung der Belastung von NO₂ in Linz (aufbauend auf dem Programm des Jahres 2011)
<https://www.land-oberoesterreich.gv.at/657.htm>
- [4] Land Steiermark (2017): Documentation of the Lagrangian Particle Model GRAL (Graz Lagrangian Model) Vs. 17.9;
<http://www.umwelt.steiermark.at/cms/beitrag/11023486/19222537/>

7. Erläuterungen von Fachausdrücken

Emission / Immission

Als Emission bezeichnet man die von einem Fahrzeug oder Schiff ausgestoßene Luftschadstoffmenge in Kilogramm Schadstoff pro Kilometer oder bei anderen Emittenten in Kilogramm pro Stunde. Die in die Atmosphäre emittierten Schadstoffe werden vom Wind verfrachtet und führen im umgebenden Gelände zu Luftschadstoffkonzentrationen, den so genannten Immissionen. Diese Immissionen stellen Luftverunreinigungen dar, die sich auf Menschen, Tiere, Pflanzen und andere Schutzgüter überwiegend nachteilig auswirken. Die Maßeinheit der Immissionen am Untersuchungsraum ist µg Schadstoff pro m³ Luft (µg/m³).

Hintergrundbelastung / Zusatzbelastung / Gesamtbelastung

Als Hintergrundbelastung werden die Immissionen bezeichnet, die bereits ohne die Emissionen des Schiffsverkehrs im Untersuchungsgebiet vorliegen. Dazu zählen Emissionen aus dem Straßenverkehr, Hausbrand, Gewerbe, der Industrie und aus dem regionalen Hintergrund. Die Zusatzbelastung ist diejenige Immission, die ausschließlich vom Verkehr auf der Donau hervorgerufen wird. Die Gesamtbelastung ist die Summe aus Hintergrundbelastung und Zusatzbelastung und wird in µg/m³ angegeben.

Stickoxide / Stickstoffdioxid

Die primären Quellen für Stickoxide (NO_x) sind Verbrennungsvorgänge in Kraftwerken und Kraftfahrzeugen. Bei einzelnen industriellen Prozessen (z.B. der Herstellung von Salpetersäure bei der Düngerproduktion) werden ebenfalls Stickoxide emittiert. Dem Kraftfahrzeugverkehr kommt wegen der direkten Ableitung der Abgase in den Aufenthaltsbereich des Menschen besondere Bedeutung zu. Stickoxide werden überwiegend zunächst in Form von Stickstoffmonoxid (NO) emittiert und wandeln sich an der Luft zu Stickstoffdioxid (NO₂) um.

