

Berechnung der Schifffahrtsemissionen in Oberösterreich 2019

Überarbeitung und Präzisierung der räumlichen Emissionssituation im Raum Linz

**Donau-Schiffsverkehr
Hafenaktivitäten**

**Studie im Auftrag der Oberösterreichischen Landesregierung
E n d b e r i c h t**

März 2019

WIEN – KLAGENFURT

Impressum

Für den Inhalt verantwortlich:

DI Dr. Gert Fister

E-DATA Technische Chemie GmbH
Flurschützstraße 36/10/30
1120 Wien
FN: 422065i
Handelsgericht Wien

1. Ausgangssituation und Fragestellungen	5
1.1. Geplante Vorgehensweise und Arbeitsschritte	5
2. Ermittlung aktueller Daten im Bereich Schifffahrt - Datenerfassung und Durchführung von Erhebungen	7
2.1. Donau-Schiffsverkehr	7
2.2. Ausflugsschifffahrt	7
2.3. Hafenaktivitäten	8
2.4. Sonstiger Schiffsverkehr	9
2.5. Sonderbereich Flusskreuzfahrtschiffe	9
2.5.1. Einführung zur aktuellen Thematik Flusskreuzfahrtschiffe	9
2.5.2. Vorgehensweise bei der Betrachtung der Flusskreuzfahrtschiffe im Emissionsmodell	10
2.6. Sonderbereich Erhebungen Via Donau	10
2.6.1. Datenbanksystem DoRIS	10
2.6.2. Abstimmung zum Berechnungsmodell des Emissionskatasters	11
3. Erstellung des Berechnungsmodells	12
3.1. Donau-Schiffsverkehr	12
3.2. Hafenaktivitäten	13
3.3. Sonstiger Schiffsverkehr	13
3.4. Sonderbereich Flusskreuzfahrtschiffe	14
4. Emissionsfaktoren für die Schifffahrt	15
5. Umsetzung in Emikat	16
5.1. Übersicht Implementierung	16
5.1.1. Schiffsemissionen Geometrie	17
5.1.2. Sprengelanteile	17
5.1.3. Rasteranteile	18
5.1.4. Schiffsstrecken	18
5.1.5. Zuordnung Strecken-Flächen	18
5.1.6. Schiffsstatistik	19
5.1.7. Geschwindigkeiten	20
5.1.8. EF fahrende Schiffe	20
5.1.9. Treibstoffaktivitäten	21
5.1.10. Zuordnung Treibstoffaktivitäten	21
5.1.11. EF Treibstoffaktivitäten	22
5.1.12. Berechnungsmodell	23

6.	Emissionsergebnisse	25
6.1.	Gesamtemissionen nach betrachteten Sektoren	25
6.2.	Entwicklung der Schiffsemissionen	27
6.3.	Auswertung der Schiffsemissionen für den Raum Linz (Linz und Steyregg)	28
7.	Zusammenfassung der Studie und Diskussion der Ergebnisse	30
8.	Literaturquellen	31

1. Ausgangssituation und Fragestellungen

Die Oberösterreichische Landesregierung beabsichtigte im Sektor Schifffahrt ein eigenes Emissionsmodell in ihr Emissionskatastersystem zu implementieren und damit die bisher bestehenden Emissionen dieses Bereiches auf den neuesten Stand zu bringen. Mit dem neuen Emissionsmodell sollte es möglich sein, bedeutende Emissionen, die in diesem Sektor freigesetzt werden, zu berechnen und im Oberösterreichischen Emissionskataster detailliert auszuweisen. Betrachtet werden sollten sowohl der Schifffahrtsverkehr auf der Fließstrecke der Donau als auch Hafen-Aktivitäten im Bereich der Donau sowie Aktivitäten im Bereich der Kreuzfahrtschiffe.

Als Schadstoffe wurden die Emissionsspezies des Oberösterreichischen Emissionskatasters SO_2 , NO_x , CO , CO_2 , NMVOC, TSP, PM_{10} und NH_3 zur Betrachtung vorgegeben.

In der vorliegenden 2. Ausgabe der Studie erfolgt die Darstellung der Emissionssituation für ganz Oberösterreich sowie für den Raum Linz (Linz und Steyregg). In der ersten Ausgabe wurden die Emissionen ausschließlich für Linz dargestellt. Da die Grenze zwischen Linz und Steyregg größtenteils genau in der Mitte der Donau verläuft, erfolgt eine Aufteilung der Emissionen in etwa zu gleichen Teilen. Um eine Aufspaltung der Emissionen zu vermeiden, erschien es in dieser Ausgabe sinnvoll, eine Gesamtbetrachtung der Schifffahrtsemissionen in diesem Gebiet vorzunehmen.

Ziel war es auch, die räumlichen Emissions- und Immissionsberechnungen im Raum Linz zu verbessern. Überarbeitet wurde im Speziellen jene Donauabschnitte, die sich zwischen den Schleusen Ottensheim (stromaufwärts) und Abwinden (stromabwärts) befinden. Es erfolgte eine Korrektur der räumlichen Zuteilung der Emissionen auf der Donau selbst. Gleichzeitig wurden mit der präziseren räumlichen Zuordnung der Emissionen diese erneut mit Ergebnissen von Immissionsausbreitungsberechnungen verifiziert.

1.1. Geplante Vorgangsweise und Methodik

Die Durchführung der Arbeit wurde in fünf Teilbereiche unterteilt:

1. Als erster Schritt sollten aktuelle Daten ermittelt, erfasst und aufbereitet werden. Unter anderem handelt es sich dabei um grundlegende Daten der Schleusenstatistik der Statistik Austria, aber auch andere Basisdaten wie die Flusslänge, Staustrecken und andere Attribute wie beispielsweise Berg- oder Talfahrt sind dabei enthalten. Die folgenden beiden Sektoren wurden dabei auftragsgemäß behandelt:

- a) Donau-Schiffsverkehr
- b) Hafenaktivitäten

Zur Berechnung der Emissionen aus Hafen-Aktivitäten sollten Daten von der Statistik Austria eingeholt werden. Bei unzureichend vorhandenen Daten war eine gezielte Befragung bei Hafentreibern geplant.

2. Ein aktuelles Set an Emissionsfaktoren soll für die Anwendung im Oberösterreichischen Emissionskataster erstellt werden. Als Grundlage sollte dabei vor allem die Offroad-Datenbank für Emissionsfaktoren des BAFU, dem Bundesamt für Umwelt der Schweizerischen

Eidgenossenschaft, die eine detailreich gegliederte Datenquelle für Emissionsfaktoren des Offroad-Sektors darstellt, dienen. Gegebenenfalls sind auch weitere Literaturquellen einzubeziehen.

3. Im dritten Punkt sollte das Berechnungsmodell erstellt und so ausgelegt werden, dass es in möglichst effizienter Weise in Emikat implementierbar ist. Auf Synergiepotentiale im Emikat soll in möglichst weitgehender Weise eingegangen und individuelle Wünsche der Oberösterreichischen Landesregierung ins Berechnungsmodell eingebaut werden. Nach Abstimmung mit dem Auftraggeber sollte das Berechnungsmodell finalisiert und die Grundlagen- und Aktivitätsdaten miteinander verknüpft werden.

4. Zur Umsetzung des Berechnungsmodells der Schifffahrt im Emikat sollte einerseits eine Abstimmung mit AIT erfolgen, andererseits die Daten in die Emissionsdatenbank Emikat importiert werden. Nach erfolgtem Import sollten Testberechnungen durchgeführt und die Ergebnisse kontrolliert und verifiziert werden.

5. Schließlich sollten im Rahmen eines Kurzberichtes die Vorgehensweise, die Methode und das Berechnungsmodell mit seinen Ergebnissen in schriftlicher Form dokumentiert werden.

2. Ermittlung aktueller Daten im Bereich Schifffahrt – Datenerfassung und Durchführung von Erhebungen

2.1. Donau-Schiffsverkehr

Als Datengrundlage für den Schiffsverkehr auf der Fließstrecke der Donau eignet sich als Grundlage die Schleusenstatistik der Statistik Austria [8,11].

Es stellte sich am Beginn der Arbeiten heraus, dass das Berichtsjahr 2017 der Schleusenstatistik von Seiten der Statistik Austria [11] voraussichtlich erst Mitte 2018 zur Verfügung steht, dies wäre für die vorliegende Studie zu spät gewesen – somit müsste das Berichtsjahr 2016 als Basis herangezogen werden. Es konnte allerdings über die Via Donau [8] ebenfalls ein Weg gefunden werden, die Schleusenstatistik zu erhalten, dies sogar für das Berichtsjahr 2017 Anfang 2018. Da dieser Zeithorizont für die durchzuführende Arbeit akzeptabel war, wurde dieser Weg gewählt.

Für das zu implementierende Modell in Emikat wurde folgende Struktur benötigt:

- Schleuse bzw. Donauabschnitt zur Berechnung
- Monat
- Fahrtrichtung: zu Berg und zu Tal
- Schiffsart und Ladungsstatus zusammengefasst in
 - o Güterschiff leer
 - o Güterschiff beladen
 - o Zug-/Schubschiff
 - o Personenschiff

Für den österreichisch/deutschen Grenzbereich, in dem Schleusen auf deutschem Gebiet liegen (Kachlet und Jochenstein) und damit auch von Deutschland verwaltet werden, wurde das Wasserstraßen und Schifffahrtsamt Regensburg [12] kontaktiert.

Dort wurde in Erfahrung gebracht, dass einerseits das Berichtsjahr 2016 noch nicht veröffentlicht ist, andererseits detaillierte Angaben aus Datenschutzgründen nicht gemacht werden können. Es konnten an dieser Stelle aber auch Informationen erhalten werden, die Rückschlüsse von österreichischen Schleusen auf das Grenzgebiet zulassen. Diese Vorgehensweise wurde schlussendlich auch gewählt, nicht zuletzt auch deswegen, um allfällig entstehende Inkompatibilitäten zweier verschiedener Schleusenstatistiken von zwei Staaten zu vermeiden.

2.2. Ausflugsschifffahrt

Der Bereich der Ausflugsschifffahrt kann nur teilweise durch die Schleusenstatistik abgebildet werden, da diese Art von Schiffen auch zwischen den einzelnen Schleusen unterwegs sind und damit in der Schleusenstatistik nicht erfasst werden.

Darum wurden von sämtlichen Betreibern, die Ausflugsfahrten auf der Donau in Oberösterreich anbieten, die detaillierten Fahrpläne erfasst und auf Monatebene ausgewertet. Jene Schiffe, die weitere Ausflugsstrecken befahren, wurden ebenfalls, aber getrennt erfasst, um sie bei der Schleusenstatistik zu berücksichtigen und Doppelzählungen zu vermeiden.

2.3. Hafenaktivitäten

Bei den ersten Erhebungen zur Analyse der Hafenaktivitäten zeigte sich schnell, dass die Einholung von bereits vorhandenen Daten bei der Statistik Austria [11] nicht für die Abbildung des Sektors ausreichen. Ausschließlich Güterumschlagsmengen konnte die Statistik Austria zur Verfügung stellen, darüber hinaus standen keine Datensammlungen zur Verfügung. Die Durchführung von Einzelerhebungen war somit unumgänglich.

Folgende bedeutende Häfen, die auch potentiell relevante Energieeinsätze verzeichnen, sind dabei der näheren Betrachtung unterzogen worden:

- Handelshafen Linz
- Tankhafen Linz
- VOEST-Hafen
- Winterhafen / ÖSWAG Werft Linz AG
- Ennshafen

Bei diesen fünf Häfen wurde sowohl die Anzahl der anlegenden Schiffe pro Monat als auch deren Anlegedauer – soweit als möglich – erhoben. Relevant sind in diesem Bereich vor allem die Güterschiffe, die im Fachjargon auch als „schwarze Flotte“ bezeichnet werden. Im Gegensatz dazu ist im Bereich der Hafenaktivitäten die „weiße Flotte“, wie die Personen- und Kreuzfahrtschiffahrt bzw. Fahrgastkabinenschiffahrt bezeichnet wird, kaum relevant. Grund dafür ist das große Ausmaß der Versorgung dieser Schiffe mit Landstrom in den Häfen.

Bei den Häfen, bei denen Landstromanschlüsse existieren, wurde der Anteil der mit Landstrom versorgten Schiffe erhoben, berücksichtigt und nicht mehr jenen Schiffen zugezählt, die mit Dieselaggregaten versorgt werden.

Von der Österreichischen Schiffswerften AG konnten weiters wertvolle Informationen erhalten werden. Diese konnten bei der Berechnung der Energieeinsätze der mit Dieselaggregaten versorgten Schiffen eingesetzt werden.

Anlegestellen von Flusskreuzfahrtschiffen wurden nicht im Bereich „Hafenaktivitäten“ geführt, sondern werden unter dem Sektor „Sonderbereich Erhebungen Flusskreuzfahrtschiffe“ behandelt. Anlegeaufenthalte dieser Schiffe während der Kreuzfahrt haben sich bei den Erhebungen als durchaus energieintensiv herausgestellt.

Aufgrund des erkannten Ausmaß des Energieeinsatzes auf Flusskreuzfahrtschiffen infolge Stromerzeugung wurden weiterreichende Erhebungen zu diesem Thema durchgeführt und werden im Punkt „2.4. Sonderbereich Erhebungen Flusskreuzfahrtschiffe“ erläutert.

Die Landstromversorgung der Schiffe anstatt Versorgung mit Dieselaggregaten ist derzeit stark im Umbruch bzw. im Ausbau. Es gibt bereits Anlegestellen in Linz, die eine Landstromversorgung anbieten, im Winterhafen bei der Österreichischen Schiffswerften AG gibt es während den Arbeitszeiten ein Verbot des Einsatzes von Dieselaggregaten auf Schiffen. Über die Grenze in Passau gibt es eine Landstromversorgungspflicht von angelegten Schiffen.

2.4. Sonstiger Schiffsverkehr

Zum „Sonstigen Schiffsverkehr“ zählen Fährunternehmen, Klein- und Kleinstunternehmen bei der Ausflugsschiffahrt, Wasserschischulen, Sicherheitsdienste und ähnliche Unternehmungen.

Ausgehend von den Fährbetrieben und den Schiffskonzessionen konnte dabei aufgrund der überaus guten Mitarbeit der Betriebe bei der Erhebung eine Vollerhebung durchgeführt werden. Erhebungsgegenstand waren dabei die jährlich eingesetzten Mengen an Energieträger, zumeist Benzin oder Diesel. Die Verortung wurde dabei je nach Betrieb entweder als Punktquelle (bspw. bei Fähren) oder als Flächenquelle auf Donaupolygonen (bspw. bei Sicherheitsdiensten oder Wasserschischulen) durchgeführt.



Abbildung 1 – Fährverkehr in Schlögener Schlinge, Oberösterreich, im Juli 2018

2.5. Sonderbereich Flusskreuzfahrtschiffe

2.5.1. Einführung zur aktuellen Thematik Flusskreuzfahrtschiffe

Das Thema Energieeinsatz in Häfen durch Flusskreuzfahrtschiffe gewinnt derzeit europaweit vermehrt an Brisanz. Großstädte mit Häfen im Altstadtbereich, wie beispielsweise Köln, haben bereits teilweise massive Probleme mit der damit verbundenen Luftverschmutzung und der Lärmbelastung. Die Erhebungen und Expertengespräche zeigten, dass öffentliche Stellen und auch die entsprechenden Betreiber bereits für dieses Thema sensibilisiert sind. Grund dafür ist der enorme Strombedarf der Kreuzfahrtschiffe und dessen Abdeckung durch autarke Stromerzeugung direkt am Schiff mittels Dieselaggregaten. So werden laut Angabe des Geschäftsführers der Donauraum Wien GmbH in Europas Häfen im Bereich der Binnenschiffahrt etwa 5 Mio. m³ Diesel zur Stromerzeugung auf den Schiffen eingesetzt.



Abbildung 2 – Flusskreuzfahrtschiff bei der Schlögener Schlinge, Oberösterreich, im Juli 2018

Grund für diesen hohen Energieverbrauch ist, dass viele Flusskreuzfahrtschiffe schwimmende 5-Sterne-Hotels sind, die mit hohem Komfort wie beispielsweise Wellness und Sauna ausgestattet sind.

Der Leistungsverbrauch kann mit etwa 5.000 bis 6.000 kWh pro Tag angegeben werden.



Abbildung 3 – Anlegende Flusskreuzfahrtschiffe in Zweierreihe, landstromversorgt

2.5.2. Vorgehensweise bei der Betrachtung der Flusskreuzfahrtschiffe im Emissionsmodell

Aufgrund der beschriebenen und ausgesprochen spezifischen Charakteristik der Flusskreuzfahrtschiffe werden diese aus der allgemeinen Schleusenstatistik herausgerechnet und getrennt behandelt. Lediglich die verbleibenden Personenschiffe werden mit dem bislang üblichen Berechnungsmodell wie die Güterschiffe berechnet. Damit wird es auch möglich, die Flusskreuzfahrtschiffe in den Emissionsergebnissen getrennt auszuweisen.

2.6. Sonderbereich Erhebungen Via Donau

2.6.1. Datenbanksystem DoRIS

Im Rahmen dieser Arbeit wurde das Datenbanksystem DoRIS von der Via Donau [8] einer näheren Betrachtung unterzogen. Gegebenenfalls sollten für den Emissionskataster verwertbare Informationen in das Berechnungsmodell der Schiffsemissionen eingebaut werden.

Bei einem Expertengespräch mit der Via Donau Österreichische Wasserstraßen Gesellschaft mbH [8] konnte in Erfahrung gebracht werden, dass DoRIS vor allem ein Echtzeitsystem für Ort, Geschwindigkeit und Entfernung vom Grund eines jeden einzelnen Schiffes ist. Die Daten werden alle zwei Sekunden ermittelt, übertragen und gespeichert. Nach 30 Tagen werden diese Daten jedoch aufgrund ihres Umfangs gelöscht, nur wenn ein Unfall oder eine sonstige wichtige Begebenheit stattfindet, werden die Daten länger aufbewahrt.

Die Daten aus DoRIS sind bis auf die Geschwindigkeiten für den Einsatz in einem Emissionskataster irrelevant. Ein Einbezug von beispielsweise Pegelständen der Donau in das Berechnungsmodell, wie sie auch vorhanden wären, ist nicht zielführend, da dies eine Verfeinerung des Modells bedeuten würde, bei der nicht verfügbare Grundlagendaten benötigt werden würden. In diesem Fall müsste die Emissionsberechnung auf einzelnen Schiffen und Schiffstypen mit entsprechend unterschiedlichen Emissionsfaktoren ansetzen, was mangels an Daten nicht durchführbar ist.

Die Geschwindigkeiten hingegen können von der Via Donau als Durchschnittswerte angegeben werden. Allerdings nicht auf Schiffskategorie, sondern als Summenwert, da die Einzelwerte, wie bereits ausgeführt, nicht gespeichert werden. Konkret betragen die derzeit ermittelten allgemeinen Durchschnittsgeschwindigkeiten für Güterschiffe bspw. 9,13 km/h zu Berg und 16,49 km/h zu Tal.

Via Donau stellt weiters generell die Daten für die Statistik Austria für die Schleusenstatistik zur Verfügung. Damit sind die für das Berechnungsmodell eingesetzten Daten der Schleusenstatistik mit den Daten der Via Donau kompatibel. Wie eingangs bereits erwähnt, wurde aus Zeitgründen die Schleusenstatistik für Oberösterreich direkt von der Via Donau bezogen.

2.6.2. Abstimmung zum Berechnungsmodell des Emissionskatasters

Die Via Donau Österreichische Wasserstraßen Gesellschaft mbH führt selbst auch Emissionsstudien [1,2,3,4] durch, allerdings in sehr detailliertem Umfang auf Einzelschiffsebene. Ausgewählte Schiffe werden bei einzelnen Fahrten im Detail untersucht und auch auf die individuelle Schiffscharakteristik eingegangen. Bei diesen Studien handelt es sich um Momentaufnahmen bestimmter Schiffe, die gesamte auf der Donau eingesetzte Flotte könnte auf diese Weise aufgrund des damit verbundenen Aufwandes nicht untersucht werden.

Um diese Erfahrung trotzdem zu nutzen, wurden Gespräche mit dem Emissionsexperten der Via Donau geführt und das geplante Berechnungsmodell des Emissionskatasters besprochen.

Beispielsweise gab es Bestätigung von dieser Seite zur Annahme des Energieeinsatzes von Flusskreuzfahrtschiffen von 50% zur Stromerzeugung außerhalb der Antriebsenergie [8]. Bei Güterschiffen beträgt dieser Anteil 5 bis 15% [8].

Des Weiteren wurde der Ansatz des Berechnungsmodells und seine Strukturierung in die im Kapitel 2.1. angeführten Schiffskategorien von der Via Donau [8] bestätigt und als sinnvoll befunden sowie Annahmen bei der Geschwindigkeit von Schiffen im Berechnungsmodell bestätigt.

3. Erstellung des Berechnungsmodells

3.1. Donau-Schiffsverkehr

In diesem Sektor wird auf die Schleusenstatistik aufgebaut. Wie bereits in den voranstehenden Kapiteln ausgeführt, werden Flusskreuzfahrtschiffe aufgrund ihrer spezifischen Charakteristik aus diesem Bereich ausgeschlossen und getrennt behandelt.

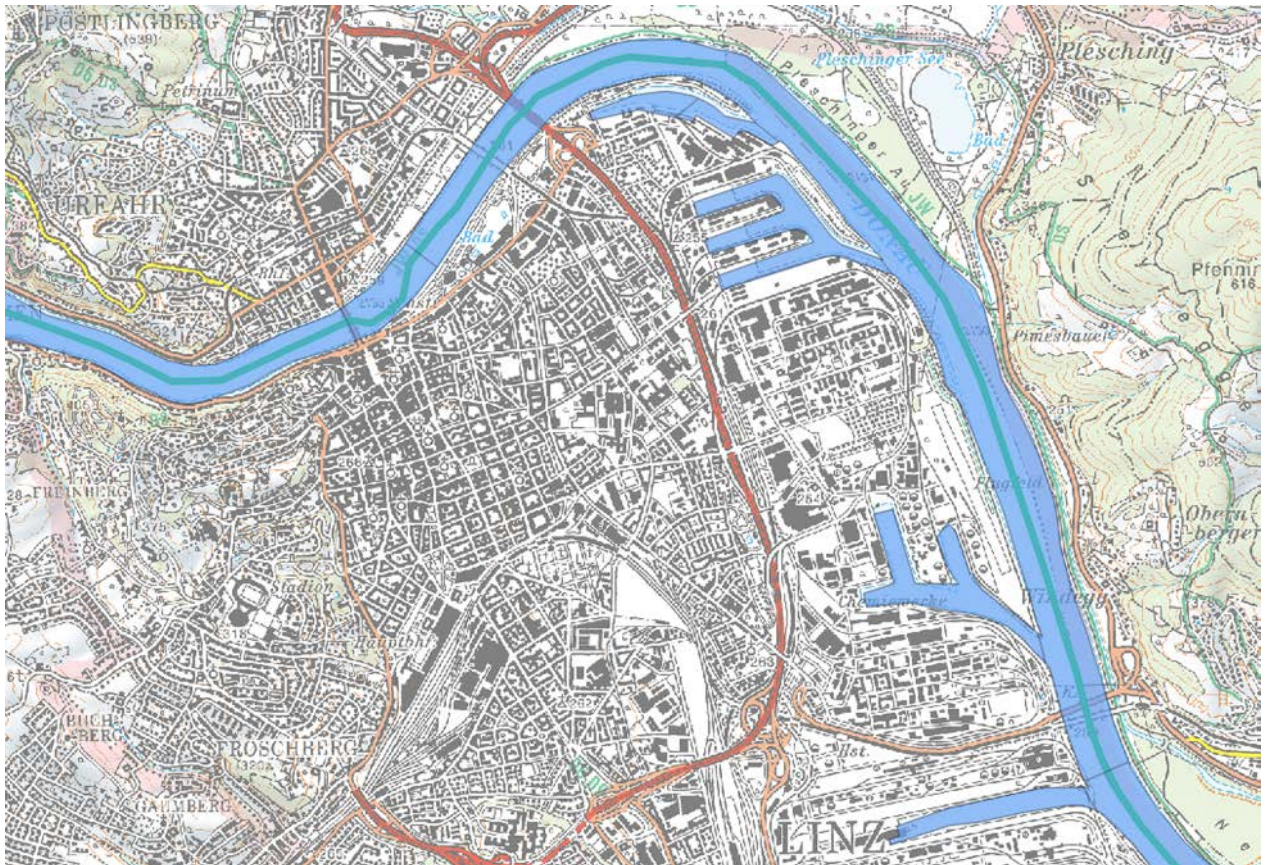


Abbildung 5 – Darstellung der Grundlagen zur Berechnung und Verortung im Modell

Güterschiffe, Zug- und Schubschiffe sowie Personenschiffe außer Flusskreuzfahrtschiffe werden hier berechnet. Die Basis sind Abschnitte an der Wasserstraße, die eine definierte Länge in Kilometer aufweisen (grüne Linien in Abbildung 5). Verortet wird die berechnete Emission allerdings nicht auf der Linie als Linienquelle, sondern auf einem Polygon als Fläche (blaue Flächensegmente von Donauabschnitten oder Hafenbereiche in Abbildung 5).

Die Schleusenstatistik wird zusammengefasst in folgender Struktur als Berechnungsbasis für das Modell herangezogen:

- Donauabschnitt
- Monat
- Fahrtrichtung: zu Berg und zu Tal
- Schiffsart und Ladungsstatus zusammengefasst in
 - o Güterschiffe leer
 - o Güterschiffe beladen
 - o Zug-/Schubschiffe

- Personenschiffe außer Flusskreuzfahrtschiffe
- Flusskreuzfahrtschiffe

Den oben angeführten vier Schiffskategorien werden für die Berg- und Talfahrt durchschnittliche Geschwindigkeiten zugeteilt, die daraufhin die verschiedenen Emissionsfaktoren der Schiffskategorien ansteuern. Die Emissionsfaktoren werden in der Einheit Menge Schadstoff pro km geführt.

Zusammengefasst ergibt dies die folgende Berechnungsformel:

Anzahl der Schiffe pro Abschnitt, Monat, Fahrtrichtung und Schiffskategorie * Emissionsfaktor einer bestimmten Schadstoffspezies bei einer bestimmten Geschwindigkeit und Schiffskategorie in kg/km * Länge des Abschnittes in km = Schadstoffmenge in kg der entsprechenden Schadstoffspezies, Fahrtrichtung und Schiffskategorie in einem bestimmten Monat am betrachteten Abschnitt

Für die Bundeslandsummen werden diese Teilsummen aufsummiert, für Sprengel- oder Rasterfeldauswertungen die Abschnitte weiter den entsprechenden Anteilen der Sprengel oder Rasterfelder aufgeteilt. Für Jahresemissionen werden die Monatemissionen summiert.

3.2. Hafenaktivitäten

In diesem Bereich werden Energieträgermengen pro Jahr eines bestimmten Standortes erfasst. Diese Energiemengen werden auf das entsprechende Polygon des Hafens verortet und mit den entsprechenden Emissionsfaktoren in Emissionen umgerechnet.

Die Berechnungsformel ergibt sich damit wie folgt:

Energieträgermenge eines bestimmten Standortes pro Jahr * Emissionsfaktor des entsprechenden Energieträgers in kg Schadstoff pro Menge Energieträger = Schadstoffmenge in kg der entsprechenden Schadstoffspezies am Standort pro Jahr
--

3.3. Sonstiger Schiffsverkehr

Beim „Sonstigen Schiffsverkehr“ wird von den eingesetzten Treibstoffmengen, zumeist Benzin oder Diesel, als Aktivität ausgegangen. Verortet wird entweder als Punktquelle wie es bei Fähren üblich ist oder auf den entsprechenden Donaupolygonen bei einem großflächigeren Einsatz, wie es bspw. bei Sicherheitsdiensten der Fall ist.

Die Berechnungsformel lautet:

Eingesetzte Treibstoffmenge an einem Standort bzw. Einsatzgebiet pro Jahr * Emissionsfaktor des entsprechenden Treibstoffes in kg Schadstoff pro Menge Treibstoff = Schadstoffmenge in kg der entsprechenden Schadstoffspezies am Standort bzw. Einsatzgebiet pro Jahr

3.4. Sonderbereich Flusskreuzfahrtschiffe

Bei den Flusskreuzfahrtschiffen wird im Berechnungsmodell zwischen der Fahrt am Fluss und dem angelegten Zustand, in dem nur Eigenstromerzeugung auftritt, unterschieden. Während der Fahrt ist Antriebsenergie und Eigenstromerzeugung relevant. Da die Aufteilung zwischen Antriebsenergie und Eigenstromerzeugungsenergie aufgrund der mangelnden Datengrundlage einer gewissen Unsicherheit unterliegt, muss derzeit von einem Expertenschätzwert ausgegangen werden. Dieser Wert kann in der Zukunft aufgrund von neu vorhandenem Wissen verändert werden und mittels einer Neuberechnung die Ergebnisse unproblematisch aktualisiert werden.

Die Formel zur Berechnung der Emissionen ergibt sich damit wie folgt:

$\begin{aligned} & \text{Eingesetzte Treibstoffmenge für Flusskreuzfahrtschiffe in Oberösterreich pro Monat} * \\ & \quad \text{Energieanteil für Antrieb in \%} * \\ & \quad \text{Betriebsstunden pro Treibstoffmenge} * \\ & \quad \text{Emissionsfaktor des Schiffes in kg Schadstoff pro Betriebsstunde} + \\ & \text{Eingesetzte Treibstoffmenge für Flusskreuzfahrtschiffe in Oberösterreich pro Monat} * \\ & \quad \text{Energieanteil für Stromerzeugung in \%} * \\ & \quad \text{Betriebsstunden pro Treibstoffmenge} * \\ & \quad \text{Emissionsfaktor des Schiffes in kg Schadstoff pro Betriebsstunde} = \\ & \text{Schadstoffmenge in kg der entsprechenden Schadstoffspezies pro Jahr} \end{aligned}$

4. Emissionsfaktoren für die Schifffahrt

Das BAFU [9,10] stellt 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. Für die vorliegende Studie ist nur der Bereich Schiffe relevant. Darin werden unterschieden:

- Segelboote mit Motor
- Berufsfischer & Arbeitsboote
- Miet- & private Motorboote
- Fahrgastschiffe
- Lastschiffe
- Fährschiffe
- Güterschiffe Rhein, Hauptmotoren
- Güterschiffe Rhein, Hilfsmotoren

Jede Kategorie wird jeweils nochmal nach Motortyp (Diesel, Benzin (2-Takt), Benzin (4-Takt) und Dampf), mehreren Leistungsklassen sowie den Schiffs-Emissionsstufen unterschieden. Es können damit mit dieser Datensammlung verschiedene Situationen im Detail abgedeckt werden. In Intervallen von 5 Jahren stehen weiters für die Jahre 1980 bis 2050 aggregierte Emissionsfaktoren zur Verfügung, die sich aus den entsprechenden Anteilen an den Emissionsstufen und Leistungsklassen ergeben.

Als Schadstoffspezies sind angegeben: HC, CO, NO_x, Treibstoffverbrauch, PM, CO₂, CH₄, NMHC, N₂O und Benzol. Die für den Oberösterreichischen Emissionskataster relevanten Schadstoffe wurden direkt der Datensammlung entnommen, nicht abgedeckte Schadstoffspezies wie beispielsweise SO₂ und NH₃ wurden aus dem spezifischen Treibstoffverbrauch ergänzt.

Als Bezugsjahr für die Emissionsfaktoren wurde das Jahr 2015 gewählt.

Die Datensammlung des BAFU [10] wurde im Detail analysiert und folgende Zuordnung für die oberösterreichische Situation getroffen:

Bereich OÖ EK	Kategorie BAFU
Güterschiffe	Lastschiffe
	Güterschiffe Rhein, Hauptmotoren
	Güterschiffe Rhein, Hilfsmotoren
Kreuzfahrtschiffe	Fahrgastschiffe
Ausflugschiffe	Fahrgastschiffe
Motorboote	Miet- & private Motorboote

Tabelle 1 – Zuordnung der Kategorien OÖ EK und BAFU

Unter Berücksichtigung verschiedener Motortypen und der Leistungsklasse wurden daraufhin die Emissionsfaktoren für die vorliegende Studie festgelegt.

5. Umsetzung in Emikat

Zur Implementierung der Schifffahrtsemissionen in Oberösterreich wurde das Szenario 2706 „Szenario zur Implementierung der Schifffahrt“ angelegt. Dieses Szenario basiert auf dem Szenario 2586 "OÖ Verkehrsmodell 2017".

5.1. Übersicht Implementierung

Zur Implementierung des Donau-Schiffsverkehrs in Emikat wurde im Oberösterreichischen Emissionskataster eine neue Datengruppe „Schifffahrt Donau“ in der Version #1 erzeugt und in der Hauptgruppe „SNAP08: Sonstige mobile Quellen“ angelegt. In der Datengruppe „Schifffahrt Donau“ sind folgende Tabellen angelegt (in eckigen Klammern ist der Datenbankname angeführt):

- Schiffsemissionen Geometrie [DONAU_SCHIFFSFLAECHE]
- Sprengelanteile [DONAU_SPRENGEL_ ANTEILE]
- Rasteranteile [DONAU_ R500_ ANTEILE]
- Schiffsstrecken [SCHIFF_ DONAU]
- Zuordnung Strecken-Flächen [DONAU_ LINIE_ FLAECHE]
- Schiffsstatistik [SCHLEUSENSTATISTIK]
- Geschwindigkeiten [DONAU_ GESCHWINDIGKEIT]
- EF fahrende Schiffe [DONAU_ EF]
- Treibstoffaktivitäten [SN08_ PKT_ AKTIVITAETEN]
- Zuordnung Treibstoffaktivitäten [DONAU_ ZUORD]
- EF Treibstoffaktivitäten [EMISSIONSFAKTOREN]
- Berechnungsmodell [MODELL_ FORMELN]

Parallel zur Erzeugung dieser neuen Datengruppe „Schifffahrt Donau“ zur Quantifizierung der aktuellen Schiffsemissionen wurde in der Hauptgruppe „SNAP08: Sonstige mobile Quellen“ in der Datengruppe „Aktivitäten SNAP08“ auch eine neue Datengruppenversion #6 angelegt, in der die bisherige, nunmehr veraltete, Schiffsaktivität in Form von Schiffskilometern gelöscht wurde.

Diese Vorgangsweise ist nötig, um Doppelberechnungen mit alten und neuen Daten zu verhindern.

5.1.1. Schiffsemissionen Geometrie [DONAU_SCHIFFSFLAECHEN]

In Tabelle 2 sind die schiffbaren Flächen der Donau (DO1 bis DO12) und der Enns (EN1) sowie die Punktquellen der Fähren und Anlegestellen (PU1 bis PU23) angeführt. Jedes Flächensegment oder jede Punktquelle kommt nur einmal vor und wird den verschiedenen Schiffsstrecken in der Tabelle „Zuordnung Strecken-Flächen“ bzw. in der Tabelle „Zuordnung Treibstoffaktivitäten“ zugeteilt.

Name	Datenbank-Name	Eingabehinweis	Schlüssel	Daten-Typ	Beschreibung
Lfd.nr.	LFDNR	Laufende Nummer		INTEGER	Laufende Nummer
Geometrie-ID	ID	Geometrie-ID	pk	STRING	ID des Donau-Abschnittes bzw. der Punktquelle
Gewässer	NAME	Gewässer		STRING	Name des Gewässers
Geometriename	ANMERKUNG	Geometriename		STRING	nähere (geografische) Bezeichnung des Donau Abschnittes oder der Punktquelle
Fläche [m ²]	FLAECHE	Fläche [m ²]		FLOAT	Fläche des Polygons des Donau-Abschnittes (erhalten aus dem GIS)
Umfang [m]	LAENGE	Streckenverkehrslänge innerhalb der Fläche		FLOAT	schiffbare Länge des Polygons des Donau-Abschnittes (erhalten aus dem GIS)
MultiPolygon	MULTIPOLYGON	MultiPolygon		GEOMETRY	geografische Information für die GIS-Darstellung

Tabelle 2 – Datenbankstruktur der Tabelle [DONAU_SCHIFFSFLAECHEN]

Aufgenommen sind die Fläche der Segmente in [m²] sowie der Umfang in [m] innerhalb des Segmentes. In Tabelle 2 im Feld „MultiPolygon“ befindet sich auch die geografische Information zu den Flächenpolygonen und den Punktquellen.

5.1.2. Sprenzelanteile [DONAU_SPRENGEL_ANTEILE]

Tabelle 3 wird von Emikat selbstständig berechnet und enthält die Verschneidung der Flächen-segmente der Gewässer mit den oberösterreichischen Verwaltungseinheiten.

Name	Datenbank-Name	Eingabehinweis	Schlüssel	Daten-Typ	Beschreibung
Flächen-ID	STR_ID	STR_ID	pk	STRING	Flächen-ID
Zählsprengel-ID	VERWSCHL	ZAEHLSP_ID	pk	STRING	Zählsprengel-ID
Anteil	ANTEIL	Anteil		FLOAT	Anteil

Tabelle 3 – Datenbankstruktur der Tabelle [DONAU_SPRENGEL_ANTEILE]

Zu den einzelnen Flächensegmenten sind auf Basis der Flächen-ID die entsprechenden Anteile an den Zählsprengeln ausgewiesen.

5.1.3. Rasteranteile [DONAU_R500_ANTEILE]

Tabelle 4 wird ebenfalls von Emikat selbstständig berechnet und enthält die Verschneidung der Flächensegmente der Gewässer mit den oberösterreichischen Rasterfeldern.

Name	Datenbank-Name	Eingabehinweis	Schlüssel	Daten-Typ	Beschreibung
Flächen-ID	STR_ID	Flächen-ID	pk	STRING	Flächen-ID
R500-ID	R500_ID	R500-ID	pk	STRING	R500-ID
Anteil	ANTEIL	Anteil		FLOAT	Anteil

Tabelle 4 – Datenbankstruktur der Tabelle [DONAU_R500_ANTEILE]

Zu den einzelnen Flächensegmenten sind auf Basis der Flächen-ID die entsprechenden Anteile an den Rasterfeldern ausgewiesen.

5.1.4. Schiffsstrecken [SCHIFF_DONAU]

Tabelle 5 stellt die Strecken der Donau und der Enns auf Basis der von Schiffen befahrenen Routen dar. Es sind dies einerseits Schleusenabschnitte auf der Donau als auch verschiedene Routen auf der Donau, die von Ausflugsschiffen befahren werden.

Name	Datenbank-Name	Eingabehinweis	Schlüssel	Daten-Typ	Beschreibung
Strecken-ID	STR_ID			INTEGER	
Kürzel Strecke	ABS_KUERZEL			STRING	
Streckename	ABS_NAME	ABS_NAME	pk	STRING	
Staubereich	SST_STAU	SST_STAU	UK	STRING	Staubereich der Donau (Ja / Nein)
Länge [m]	LAENGE	Länge der Strecke in m		FLOAT	

Tabelle 5 – Datenbankstruktur der Tabelle [SCHIFF_DONAU]

Dargestellt werden die einzelnen Strecken mit einer ID und einem Kürzel. Weiters ist die Länge angegeben, die aus dem GIS erhalten wurde und der Staubereich. Geografische Informationen sind hier keine verankert, da sie zur Darstellung nicht benötigt werden. Die geografische Darstellung der Ergebnisse wird auf Basis der schiffbaren Fläche durchgeführt. In dieser Tabelle sind die einzelnen Schiffsstrecken (Routen) getrennt angelegt, jede Schiffsstrecke hat in dieser Tabelle seine vollständige Länge. Damit wird ein bestimmter Abschnitt der Donau mehrfach abgebildet, was zur Emissionsberechnung notwendig ist.

5.1.5. Zuordnung Strecken-Flächen [DONAU_LINIE_FLAECHEN]

Tabelle 6 beinhaltet die Zuteilung der Linienzüge der Schiffsstrecken zu den korrespondierenden schiffbaren Flächen der Donau. Jede Schiffsstrecke wird eindeutig zu nur einmal vorkommenden Flächensegmenten zugeteilt. Die Berechnung der Schiffsemissionen basiert auf den Linien, zugeteilt werden die Emissionen auch proportional zur Linie, verteilt werden die Emissionen aber daraufhin auf der zur Linie korrespondierenden schiffbaren Fläche.

Name	Datenbank-Name	Eingabehinweis	Schlüssel	Daten-Typ	Beschreibung
Strecken-ID	ID_LINIE	Strecken-ID	pk	STRING	Strecken-ID
Kürzel Strecke	ID_LINIE_KURZ	Kürzel Strecke		STRING	Kürzel Strecke
Streckename	ABSCHNITT	Streckename		STRING	Streckename
Geometrie-ID	ID_FLAECHE	Geometrie-ID	pk	STRING	Geometrie-ID
Gewichtungsfaktor	FAKTOR	Gewichtungsfaktor		FLOAT	Anzahlung der Durchfahrtung
Flächenname	NAME_FLAECHE -> DONAU_SCHIFFSFLAECHEN .ID ANMERKUNG	Flächenname		STRING	Flächenname

Tabelle 6 – Datenbankstruktur der Tabelle [DONAU_LINIE_FLAECHE]

Neben der Strecken-ID, dem Kürzel der Strecke und dem Streckenname aus der Tabelle 5 „Schiffsstrecken“ ist die zugeordnete Flächen-ID und der Flächenname angeführt, wie sie in der Tabelle 2 „Schiffsemissionen Geometrie“ angelegt sind.

Das Feld „Gewichtungsfaktor“ wurde eingeführt, um das Berechnungsmodell für den Fall auszulegen, dass einzelne Strecken bzw. Flächen einer Schiffsroute mehrfach befahren werden. Ist in einem solchen Fall die Linienlänge nicht proportional der zugehörigen Fläche, würde es zu Verfälschungen bei der Emissionszuteilung auf die entsprechende Fläche kommen. Zur Zeit ist dies bei den angelegten Schiffsrouten nicht notwendig; alle Strecken werden entweder nur einmal oder zweimal vollständig in beide Richtungen durchfahren. Darum ist als Durchfahrtungsfaktor derzeit „1“ eingetragen. Wäre der Ausgangsort des Schiffes nicht der Zielort und würden nur Teile der Strecke doppelt durchfahren, könnte dies mit einem Gewichtungsfaktor „2“ berücksichtigt werden. Die Aufteilung der Emission auf die Fläche würde somit ebenfalls korrekt erfolgen.

Eine Ausnahme gibt es beim Donaupolygon DO7, dieses ist mit einem Gewichtungsfaktor von 0,5 versehen. Grund dafür ist, dass bei diesem relativ kurzen Polygon mehrere Ausflugsfahrten entweder flussaufwärts oder flussabwärts starten und damit nur die Hälfte des Polygons durchfahren wird.

5.1.6. Schiffsstatistik [SCHLEUSENSTATISTIK]

In Tabelle 7 sind die Schleusenstatistik sowie statistische Daten zu Schiffen, die nicht oder nur ungenügend durch die Schleusenstatistik erfasst werden, wie Ausflugschiffe oder Kreuzfahrtschiffe, enthalten.

Name	Datenbank-Name	Eingabehinweis	Schlüssel	Daten-Typ	Beschreibung
Strecke	ABS_KUERZEL	Strecken Kürzel	pk	STRING	Strecken Kürzel
Schiffsart	SCHIFFSART	Schiffsart	pk	STRING	Schiffsart
Fahrtrichtung	FAHRTRICHTUNG	Fahrtrichtung	pk	INTEGER	Fahrtrichtung
Anzahl Schiffe	ANZAHL_SCHIFFE	Anzahl Schiffe		INTEGER	Anzahl Schiffe
Monat	MONAT	Monat	pk	INTEGER	Monat
Jahr	JAHR	Jahr	pk	INTEGER	Jahr

Tabelle 7 – Datenbankstruktur der Tabelle [SCHLEUSENSTATISTIK]

Auf Basis der Strecke ist in Tabelle 7 die Schiffsart unter Berücksichtigung der Fahrtrichtung angeführt. Unterschieden wird bei der Fahrtrichtung zwischen „zu Tal“, „zu Berg“ und in den Fällen, in denen die Fahrtrichtung irrelevant ist „gemischt“. Angegeben sind in dieser Struktur die

Anzahl der Schiffe pro Monat, die auf der definierten Strecke unterwegs sind und das Bezugsjahr der Daten. Für den Bereich der Schleusenstatistik ist dies im vorliegenden Szenario 2017, für die Ausflugschiffe wurde der Fahrplan 2018 ausgewertet.

5.1.7. Geschwindigkeiten [DONAU_GESCHWINDIGKEIT]

In Tabelle 8 sind die Geschwindigkeiten der Schiffskategorien nach Fahrtrichtung und Staubereich angeführt. Diese Zuteilung dient auch teilweise zur Kategorisierung verschiedener Schiffstypen und zur Zuweisung der entsprechenden Emissionsfaktoren, insbesondere bei den Ausflugschiffen ist dies der Fall. Die Annahmen der durchschnittlichen Geschwindigkeiten wurden mit der Via Donau abgestimmt und bestätigt.

Name	Datenbank-Name	Eingabehinweis	Schlüssel	Daten-Typ	Beschreibung
Fahrtrichtung	RICHTUNG	Richtung	pk	INTEGER	Fahrtrichtung
Staubereich	STAU	Staubereich	pk	STRING	Staubereich
Schiffsart	SCHIFFFARTKURZ	SchiffartKurz	pk	STRING	Schiffsart Kurzbezeichnung
Geschwindigkeit [km/h]	GESCHWINDIGKEIT	Geschwindigkeit [km/h]		INTEGER	Geschwindigkeit [km/h]

Tabelle 8 – Datenbankstruktur der Tabelle [DONAU_GESCHWINDIGKEIT]

Beim Staubereich werden prinzipiell drei Kategorien unterschieden: J...Staubereich (ja), N...kein Staubereich = freie Fließstrecke (nein) und U...nicht festgelegter Staubereich (unbekannt). Hier ist auch die Annahme der Geschwindigkeit nur eine Hilfsgröße, mit der der richtige Emissionsfaktor zugeteilt wird.

5.1.8. EF fahrende Schiffe [DONAU_EF]

In Tabelle 9 sind die Emissionsfaktoren für die Schifffahrt in der Standardeinheit kg/km enthalten. Die Standardeinheit wurde gewählt, um mit den anderen Bereichen des Emissionskatasters kompatibel zu bleiben.

Name	Datenbank-Name	Eingabehinweis	Schlüssel	Daten-Typ	Beschreibung
Schadstoff	KOMP_NR -> C_KOMPONENTENV .KOMP_NR KOMP_KZ			STRING	
Geschwindigkeit [km/h]	GESCHWINDIGKEIT_IN_KMH	Geschwindigkeit [km/h]	pk	INTEGER	Geschwindigkeit [km/h]
EF	FAKTOR	EF		FLOAT	EF
Einheit	KOMP_NR -> C_KOMPONENTENV .KOMP_NR KOMP_EINHEIT			STRING	

Tabelle 9 – Datenbankstruktur der Tabelle [DONAU_EF]

Die Schadstoffe des Oberösterreichischen Emissionskatasters sind für ausgewählte Geschwindigkeiten, die bestimmten Schiffskategorien und Fahrzuständen (z.B. Staubereich, Fahrt zu Berg und zu Tal), zugeordnet sind, mit ihren Emissionsfaktoren angeführt.

5.1.9. Treibstoffaktivitäten [SN08_PKT_AKTIVITAETEN]

Tabelle 10 entspricht in der Struktur der Aktivitäten-Tabelle unter „Sonstige mobile Quellen“, „Aktivitäten in SNAP08“. Angeführt sind darin sämtliche Aktivitäten der Donauschifffahrt, die auf Treibstoffeinsätzen beruhen. Das sind Häfen, angelegte Flusskreuzfahrtschiffe und die sonstige Schifffahrt wie Fähren, Sicherheitsdienste, Wasserschischulen und ähnliche Bereiche.

Name	Datenbank-Name	Eingabehinweis	Schlüssel	Daten-Typ	Beschreibung
Aktivitäts-ID	AKTIVITAETS_ID	Aktivitäts-ID	pk	INTEGER	Aktivitäts-ID
Aktivitätsname	AKTIVITAETS_NAME	Aktivitätsname		STRING	Aktivitätsname
SNAP-ID	SNAP_ID	SNAP-ID	pk	STRING	SNAP-ID
SNAP-Bezeichnung	SNAP_ID -> C SNAP.SNAP_ID BEZEICHNUNG			STRING	
Jahr	JAHR	Jahr		INTEGER	Jahr
Transformations-ID	TRANSFORMATIONS_ID	Transformations-ID		INTEGER	Transformations-ID
Transformation	TRANSFORMATIONS_ID -> C_TRANSFORMATION.TFN_ID TFNAME			STRING	
Einsatzstoff-ID	EINSATZSTOFF_ID	Einsatzstoff-ID		INTEGER	Einsatzstoff-ID
Einsatzstoff	EINSATZSTOFF_ID -> C EINSATZSTOFFE.STOFF_ID BEZEICHNUNG			STRING	
Einsatzstoff-Menge	EINSATZSTOFF_MENGE	Einsatzstoff-Menge		FLOAT	Einsatzstoff-Menge
Einheit	EINSATZSTOFF_ID -> C EINSATZSTOFFE.STOFF_ID STANDARDEINHEIT			STRING	
Datenquelle	DATENQUELLE	Datenquelle		STRING	Datenquelle
Kommentar	KOMMENTAR	Kommentar		STRING	Kommentar

Tabelle 10 – Datenbankstruktur der Tabelle [SN08_PKT_AKTIVITAETEN]

Die Treibstoffeinsätze sind darin in Liter Benzin bzw. Diesel angegeben. Weiters ist dabei die Transformationsart und die SNAP-Bezeichnung angeführt.

5.1.10. Zuordnung Treibstoffaktivitäten [DONAU_ZUORD]

Analog der Tabelle 6 werden in der Tabelle 11 die Treibstoffaktivitäten mit ihren Aktivitäts-IDs den entsprechenden Geometrien zugeordnet. Entweder sind dies Flussabschnittspolygone oder Punkte. Eine bestimmte Aktivität kann dabei entweder einem Punkt oder einem oder auch mehreren Polygonen zugeteilt sein.

Name	Datenbank-Name	Eingabehinweis	Schlüssel	Daten-Typ	Beschreibung
Aktivitäts-ID	AKTIVITAETS_ID	Aktivitäts-ID	pk	INTEGER	Aktivitäts-ID
Aktivitätsname	AKTIVITAETSNAME	Aktivitätsname		STRING	Aktivitätsname
Gewässer	GEWAESSER	Gewässer		STRING	Gewässer
Geometrie-ID	GEOMETRIE_ID	Geometrie-ID	pk	STRING	Geometrie-ID
Gewichtungsfaktor	FAKTOR	Gewichtungsfaktor		FLOAT	Faktor, mit welchem Gewicht diese Fläche genutzt wird

Tabelle 11 – Datenbankstruktur der Tabelle [DONAU_ZUORD]

Auch hier gibt es den Gewichtungsfaktor. In den eingetragenen Fällen ist dieser jedoch immer mit „1“ angegeben.

5.1.11. EF Treibstoffaktivitäten [EMISSIONSFAKTOREN]

In Tabelle 12 sind die zugehörigen Emissionsfaktoren für die Treibstoffaktivitäten und Schadstoffe des Oberösterreichischen Emissionskatasters angeführt. Von der Struktur her entspricht sie der generellen Tabelle der Emissionsfaktoren des OÖ Emissionskatasters.

Name	Datenbank-Name	Eingabehinweis	Schlüssel	Daten-Typ	Beschreibung
SNAP-ID	SNAP_ID	Verursacherkategorie laut SNAP-System (6-stellig)	UK	STRING	Zuordnung nach dem europäischen Standardsystem für Emissionsquellen "SNAP" gemäß CORINAIR'03. Die Eingabemöglichkeiten sind in Tabelle "SNAP" definiert.
SNAP-Bezeichnung	SNAP_ID -> C_SNAP .SNAP_ID BEZEICHNUNG	Bezeichnung der SNAP-Verursacherkategorie		STRING	Bezeichnung der SNAP-Verursacherkategorie (wird aus der Tabelle "SNAP" übernommen)
Transform-ID	TFN_ID	Umwandlungsprozess (Transformations-ID aus Tabelle "Transformationen")	UK	STRING	ID des jeweiligen Transformationsprozesses. Dieser dient zur Unterscheidung von unterschiedlichen Arten von emissionsgenerierenden Prozessen in den SNAP-Kategorien. Die Eingabemöglichkeiten werden aus Tabelle "Transformationen" übernommen.
Transformation	TFN_ID -> C_TRANSFORMATION . TFN_ID TFNAME	Bezeichnung des Umwandlungsprozesses (Transformations-ID aus Tabelle "Transformationen")		STRING	Bezeichnung des jeweiligen Transformationsprozesses. Dieser dient zur Unterscheidung von unterschiedlichen Arten von emissionsgenerierenden Prozessen in den SNAP-Kategorien. Die Eingabemöglichkeiten werden aus Tabelle "Transformationen" übernommen.
Einsatzstoff-ID	STOFF_ID	Einsatzstoff-ID bzw. Brennstoff-ID	UK	STRING	Brennstoff-ID bzw. Einsatzstoff-ID (aus Tabelle "Einsatzstoffe")
Einsatzstoff	STOFF_ID -> C_EINSATZSTOFFE .S TOFF_ID BEZEICHNUNG	Brennstoff- bzw Einsatzstoffbezeichnung		STRING	Brennstoff- bzw Einsatzstoffbezeichnung (wird aus Tabelle "Einsatzstoffe" übernommen)
EF-Bezugseinheit	INPEH	Aktivitätseinheit, auf die sich der Emissionsfaktor bezieht	UK	STRING	Aktivitätseinheit, auf die sich der Emissionsfaktor bezieht (zB km, GJ, kg, L)

		(zB km, GJ, kg, L)			
KompNr	KOMP_NR		UK	INTEGER	
Schadstoff	KOMP_NR -> C_KOMPONENTEN .KOM P_NR KOMP_KZ	Kurzbezeichnung für den Luftschadstoff (wird aus Tabelle "Schadstoffe" übernommen)		STRING	Kurzbezeichnung für den Luftschadstoff (wird aus Tabelle "Schadstoffe" übernommen)
EF-Mengeneinheit	KOMP_NR -> C_KOMPONENTEN .KOM P_NR KOMP_EINHEIT	Mengeneinheit des Emissionsfaktors (Standard: "kg")		STRING	Mengeneinheit des Emissionsfaktors (Standard: "kg")
Emissionsfaktor	FAKTOR	Emissionsfaktor (EF Mengeneinheit / EF-Bezugseinheit, zB kg / km)		FLOAT	Emissionsfaktor (EF Mengeneinheit / EF-Bezugseinheit, zB kg / km)
Datenquelle	LITVW	Datenquelle oder Literaturhinweis (max 4000 Zeichen)		STRING	Datenquelle oder Literaturhinweis
Änderungshinweis	AENDERUNGSGRUND	Autorenschaft und allenfalls Begründung für die Änderungen eines Standard-Emissionsfaktors (max 4000 Zeichen)		STRING	Autorenschaft und allenfalls Begründung für die Änderungen eines Standard-Emissionsfaktors

Tabelle 12 – Datenbankstruktur der Tabelle [EMISSIONSFAKTOREN]

5.1.12. Berechnungsmodell [MODELL FORMELN]

In Tabelle 13 werden die Formeln des Berechnungsmodells abgelegt. Das Modell besteht dabei aus zwei verschiedenen Berechnungsformeln, eine für den fahrenden Schiffsverkehr und eine für Aktivitäten, die auf Treibstoffeinsätzen beruhen.

Name	Datenbank-Name	Eingabehinweis	Schlüssel	Daten-Typ	Beschreibung
Formelname	FORMELNAME	Kurzbezeichnung der Formel	UK	STRING	Kurzbezeichnung der Formel
Formel-Beschreibung	DESCRIPTION	Beschreibung der Formel: Zweck, Berechnungsart, Parameter		STRING	Beschreibung der Formel: Zweck, Berechnungsart, Parameter
Zieltabelle	TARGET	Zieltabelle für die Berechnungsergebnisse		STRING	Zieltabelle für die Berechnungsergebnisse. Folgende Zieltabellen sind möglich: - Flächenemissionen - Punktemissionen - Linienemissionen_V (für Straßenverkehr)
SNAP-Bezeichnung	SNAP_ID -> C_SNAP .SNAP_ID BEZEICHNUNG	Bezeichnung der SNAP-Kategorie		STRING	Bezeichnung der SNAP-Kategorie
Raumbezug	DISAGGREGATION_METHOD	Bezug für die räumliche Disaggregation der Ergebnisse		STRING	Bezug für die räumliche Disaggregation der Ergebnisse: z.B. - über Fläche - über Einwohner - über Flächennutzung (in diesem Fall ist im Feld "Flächennutzung" die Art der gewünschten Flächennutzung)

				einzugeben)
Flächennutzung	DISAGGREGATION_PARAM	Parameter für Disaggregation nach Flächennutzung		STRING Parameter für Disaggregation nach Flächennutzung. Angegeben sind die Kurzbezeichnungen der Tabelle S_FLAECHENNUTZUNG in der Szenario-Gruppe "Verwaltungseinheiten".
SQL-Query	SQLQUERY	SQL-Query für die gewünschte Berechnung		STRING

Tabelle 13 – Datenbankstruktur der Tabelle [MODELL_FORMELN]

6. Emissionsergebnisse

6.1. Gesamtemissionen nach betrachteten Sektoren

Durch die Überarbeitung der Studie infolge der Präzisierung der räumlichen Emissionssituation im Raum Linz ändern sich die Gesamtemissionen in Oberösterreich nur wenig. Generell kommt es über die verschiedenen Schadstoffspezies zu einer Abnahme der Emissionen um etwa 1,9%.

In Tabelle 14 sind die Gesamtemissionen nach betrachteten Sektoren angeführt. Güterschiffe werden als eine Position ausgewiesen, bei den Flusskreuzfahrtschiffen wird in die beiden Kategorien „fahrend“ und „angelegt“ unterschieden. Emissionen „fahrend“ werden der entsprechenden Donaupläche zugeteilt, der „angelegte“ Zustand wird als Punktquelle, dem Anlegestandort, zugeteilt. Weiters werden Hafenaktivitäten, Ausflugschiffe sowie Fähren und Zillen getrennt ausgewiesen. Die Zahlen sind auf drei signifikante Stellen gerundet.

	SO ₂ [kg]	CO [kg]	CO ₂ [t]	NO _x [kg]	NM _{VOC} [kg]	TSP [kg]	NH ₃ [kg]	PM ₁₀ [kg]
Güterschiffe	8.920	218.000	28.400	406.000	119.000	18.200	180	15.200
Kreuzfahrtschiffe fahrend	17.000	448.000	54.200	788.000	256.000	33.300	343	31.700
Kreuzfahrtschiffe angelegt	1.610	42.300	5.500	74.600	24.200	3.150	33	3.000
Hafenaktivitäten	404	8.900	1.380	12.600	2.860	902	8	752
Ausflugschiffe	289	7.120	920	12.500	4.080	554	6	504
Fähren & Zillen	50	10.100	172	1.400	521	65	1	62
Summe	28.800	747.000	92.300	1.320.000	414.000	57.300	581	52.100

Tabelle 14 – Gesamtemissionen für Oberösterreich

Für bedeutende Schadstoffspezies sind die sektoralen Ergebnisse in Diagrammform angeführt, wobei sich die Verteilungen zwischen einzelnen Emissionsspezies nicht wesentlich unterscheiden.

Beim Schadstoff CO₂ wird im OÖ Emissionskataster das CO₂ aus nicht erneuerbaren Energiemengen, in der Regel fossile Energiemengen, verstanden. Bei Betrachtung der Emissionsbeiträge

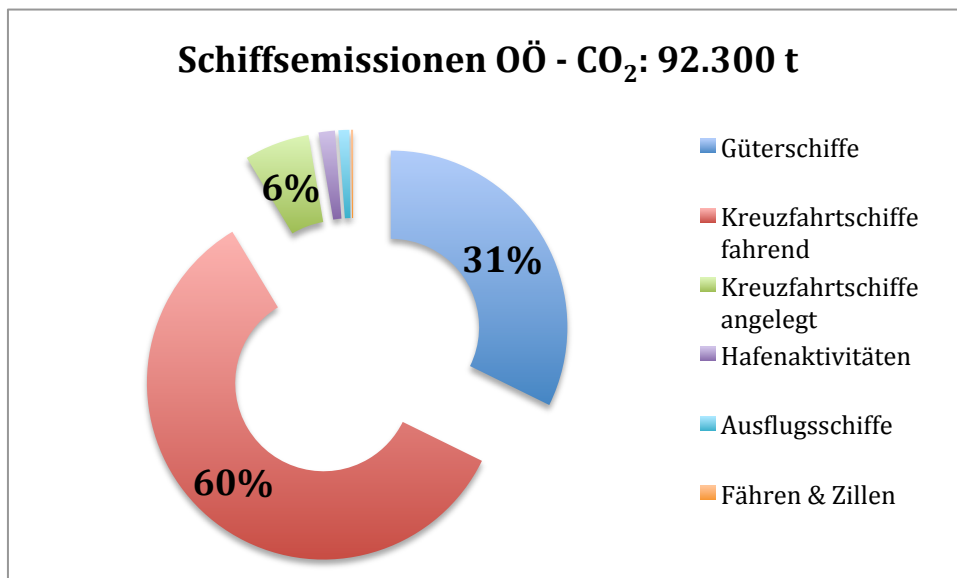


Diagramm 1 – CO₂-Schiffahrtsemissionen Oberösterreich

aus den verschiedenen Bereichen fällt auf, dass Flusskreuzfahrtschiffe eindeutig dominieren und zwar mit rund 60% bei fahrenden Schiffen, mit weiteren 6% bei angelegten Flusskreuzfahrtschiffen. Grund für den relativ kleinen Anteil der angelegten Schiffe ist die im Verhältnis zur Fahrzeit in OÖ Donaugewässern geringere Anlegedauer der Kreuzfahrtschiffe.

In dieser Zeit machen Touristen Ausflüge und Besichtigungen. Das Schiff liegt in dieser Zeit im Hafen an und muss als schwimmendes 5*-Hotel inzwischen mit Strom versorgt werden. Da manche

Schiffe Wellnessanlagen wie eine Sauna an Bord haben und die Standardausstattung bei vielen Schiffen eine 5*-Hotelküche bis zur eigenen Wäscherei ist, ergibt sich ein enormer Strombedarf. Dieser teilt sich auf die angelegte und fahrende Zeit der Schiffe auf.

Als zweitwichtigster Emissionsbeitrag ergibt sich der Bereich Güterschiffe. Mit einem Anteil von etwa 31% sind sie der zweitgrößte Anteil der gesamten Schiffsemissionen. Die Güterschiffe stellten in der Vergangenheit die wichtigste Emissionsquelle beim Schiffsverkehr dar, inzwischen sind sie deutlich auf den zweiten Platz verdrängt worden.

Die restlichen Kategorien sind wider Erwarten kaum relevant, die Ausflugsschiffe weisen nur mehr einen Anteil von 1,0% an den Gesamt-CO₂-Emissionen auf. Hafenaktivitäten haben in Oberösterreich einen Anteil von 1,5%, alle anderen Fähren, Zillen und sonstiger kleiner Ausflugsverkehr sowie Bewachungsdiensten weisen einen Anteil von 0,2% auf.

Bei den NO_x-Emissionen sieht das Bild sehr ähnlich dem des CO₂ aus. 61% und 6% Anteil sind den Flusskreuzfahrtschiffen in den beiden unterschiedenen Zuständen zuzuzählen. Danach kommen Güterschiffe mit 31%.

Hafenaktivitäten und Ausflugsschiffe sind hingegen in Bezug auf die Gesamtemission

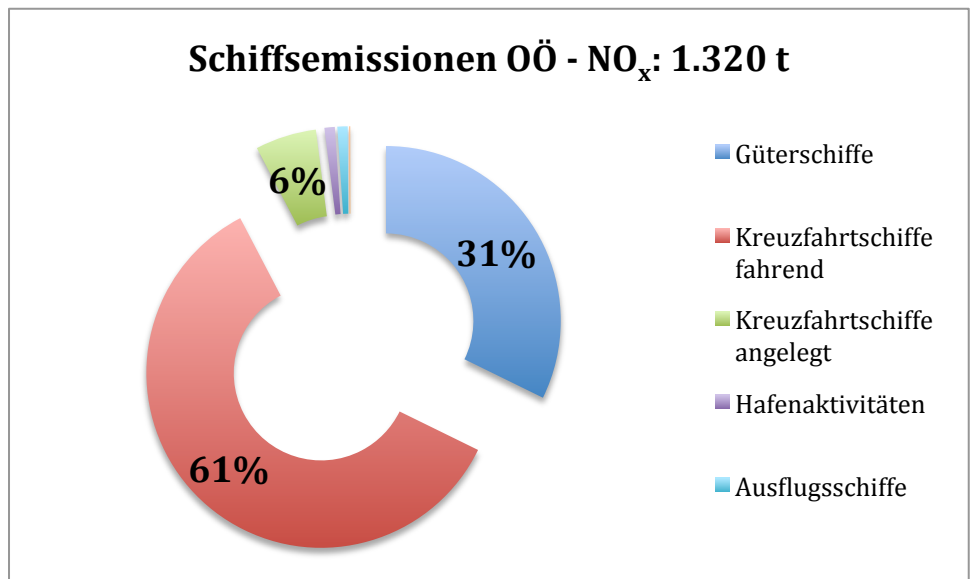


Diagramm 2 – NO_x-Schiffahrtsemissionen Oberösterreich

wieder kaum relevant. Bei NO_x können diese beiden Bereiche im Diagramm kaum erkannt werden, ihre Anteile betragen jeweils 1,0%. Auf die Fähren und Zillen fällt nur mehr ein Anteil von 1%.

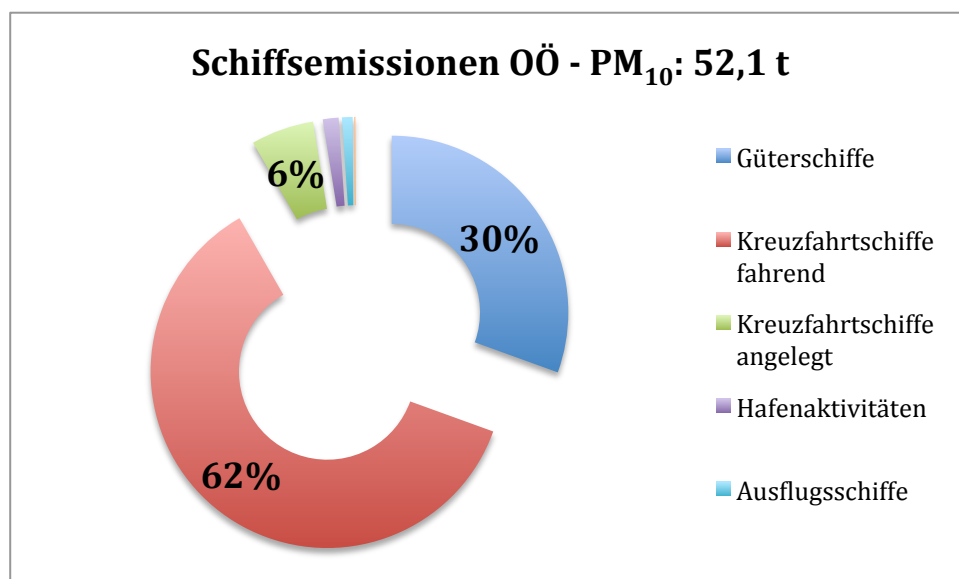


Diagramm 3 – PM₁₀-Schiffahrtsemissionen Oberösterreich

Bei der Feinstaubfraktion PM₁₀ ist die Aufteilung der Sektoren ebenfalls sehr ähnlich jener Aufteilung von CO₂ und NO_x. 62% und 6% gehen an die Flusskreuzfahrtschiffe „fahrend“ und „angelegt“, 30% Anteil werden von Güterschiffen erzeugt.

Auch bei PM₁₀ sind Hafenaktivitäten, Ausflugsschiffe sowie

Fähren und Zillen kaum relevant. Die Anteile dieser Bereiche an der Gesamtemission bewegen sich zwischen 0,1% und 1,4%.

6.2. Entwicklung der Schiffsemissionen

Bislang sind im Emissionskataster Oberösterreich die Emissionen der Schifffahrt auf Basis von Schiffs-Kilometern des Österreichischen Statistischen Zentralamtes (aktuell Statistik Austria GmbH) berechnet worden. Bereits zu dieser Aktivitätsgröße ist die aktuelle Schiffsanzahl, wie sie sich aus der Schleusenstatistik 2017 ergibt, etwa um den Faktor 4,4 höher.

Weitere im Zusammenhang mit Schiffsemissionen oft genannte Arbeiten sind die Studien „Berechnung der Emissionen mobiler Maschinen in Wien“ von der TU Graz aus den Jahren 2000 für Österreich und 2012 für Wien. Dabei werden alle Offroad-Bereiche betrachtet, neben der Schifffahrt als Teil der Arbeit auch der Bereich Forstwirtschaft, Landwirtschaft, Industrie, Haushalt und Gartenbereich, Bahn, Militär und ÖPNV.

Ohne das Modell der TU Graz im Detail zu kennen, kann aufgrund des Studieninhaltes vermutet werden, dass die Schiffsemissionen sowohl von den Leistungskategorien, als auch von den Aktivitäten her unterschätzt worden sind. Großgeräte wurden beispielsweise in der Studie der TU Graz mit der Kategorie >130kW angesetzt. Fahrgastschiffe haben jedoch Aggregate mit den Leistungsklassen 300-560 kW und > 560 kW – in Summe beträgt die installierte Leistung der Schiffe oft sogar weit über 1.000 kW, bei den Flusskreuzfahrtschiffen bis 3.000 kW.

Hinzu kommt, dass die Thematik der Flusskreuzfahrtschiffe zur Zeit der Erstellung der Studie der TU Graz sowie den alten Daten der nunmehrigen Statistik Austria GmbH bei weitem noch nicht diese Aktualität hatte wie sie es heute aufweist.

Aus diesen Gründen ist ein sinnvoller Vergleich der neuen Emissions- und Aktivitätsdaten mit den alten Werten nicht möglich. Bei der Betrachtung alter und neuer Daten ist allgemein aufgefallen, dass bei ähnlichen Aktivitätshöhen die Emissionen an SO₂, CO, TSP und PM₁₀ deutlich abgenommen haben. Durch die oben angeführten Gründe und die damit verbundene starke Zunahme der Aktivitäten des Bereiches Schifffahrt, die zum großen Teil durch das neue Thema der Flusskreuzfahrtschiffe verursacht worden ist, sind diese Abnahmen aber wieder überkompensiert worden.

6.3. Auswertung der Schiffsemissionen für den Raum Linz (Linz und Steyregg)

Die im Rahmen der Präzisierung der räumlichen Emissionssituation im Raum Linz wurden folgende Änderungen an der Studie durchgeführt:

- Ausweitung des betrachteten Gebietes von Linz auf den Raum Linz mit der Landeshauptstadt Linz und der Gemeinde Steyregg
- Präzisierung des Übergangsbereiches der Schleusen Ottensheim und Abwinden im Raum Linz mit einer Verschiebung des Überlappungsbereiches der Schleusenstatistik von Linz Lentos hin zum Vöst-Hafen.
- Präzisierung des Berechnungsmodells der räumlichen Verteilung der Emissionen auf den Donausegmenten Oberösterreichs.

Alle Verbesserungen ergaben sich durch eine intensive und auf iterativen Schritten beruhende Betrachtung von Emissions- und Immissionsituation im Raum Linz in Zusammenarbeit mit der OÖ Landesregierung, Abteilung Umweltschutz.

Anfangs gab es Schwierigkeiten, Emissionswerte mit den Immissionswerten infolge einer Immissionsausbreitungsberechnung im Raum Linz in Einklang zu bringen. Durch diesen Sachverhalt wurden umfangreiche Verifizierungsarbeiten im Bereich der Emissionsberechnung eingeleitet. Nachdem keine fehlerhaften Emissionswerte oder mangelhafte Annahmen gefunden werden konnten, wurde als nächster Schritt die räumliche Verteilung der Emissionen im Untersuchungsgebiet in die Analysen einbezogen, wobei es im Zuge intensiver fachlicher Diskussionen unter Berücksichtigung der Immissionsituation im Raum Linz zu oben angeführten Verbesserungsvorschlägen kam. Gleichzeitig wurde das Untersuchungsgebiet von Linz auf Linz und Steyregg ausgeweitet.

Nach Umsetzung dieser Verbesserungen und Präzisierungen wurde erneut eine Überprüfung durch Immissionsausbreitungsberechnungen durchgeführt und erfreulicherweise eine sehr gute Übereinstimmung zwischen der Emissions- und der Immissionsituation gefunden. Damit konnte einerseits die Emissionsberechnung selbst, aber auch alle dahinter liegenden Annahmen, die auf Expertenaussagen beruhen, bestätigt werden. Diese Vorgehensweise ist in dieser Art und Weise bisher erstmalig angewandt wurden.

Für den Raum Linz wurden die Gesamtemissionen in einem neuen Durchgang getrennt für Linz und Steyregg ausgewertet und in Summe dargestellt. Einerseits beinhaltet der Raum Linz die Landeshauptstadt von Oberösterreich, andererseits gibt es eine Vielzahl von Aktivitäten in dieser Region, die eine nähere Betrachtung notwendig gemacht haben. Tabelle 15 zeigt die Emissionssituation von Linz und Steyregg in Summe, nach Sektoren getrennt. Wie bei der Bundeslanddarstellung sind auch hier die Zahlen nach drei signifikanten Stellen gerundet:

	SO₂ [kg]	CO [kg]	CO₂ [t]	NO_x [kg]	NM_{VOC} [kg]	TSP [kg]	NH₃ [kg]	PM₁₀ [kg]
Güterschiffe	1.160	28.400	3.700	52.900	15.500	2.370	23	1.980
Kreuzfahrtschiffe fahrend	2.190	57.600	6.970	101.000	32.900	4.280	44	4.080
Kreuzfahrtschiffe angelegt	1.270	33.300	4.330	58.800	19.100	2.480	26	2.360
Hafenaktivitäten	299	6.600	1.020	9.350	2.120	669	6	557
Ausflugsschiffe	62	1.530	198	2.690	873	119	1	108
Fähren & Zillen	6	361	20	177	32	16	0	15
Summe	4.980	128.000	16.200	225.000	70.600	9.940	100	9.100

Tabelle 15 – Gesamtemissionen für den Raum Linz mit Linz und Steyregg

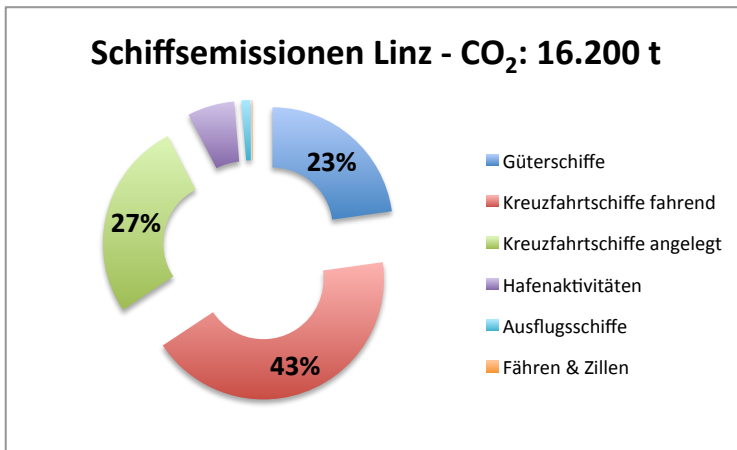


Diagramm 4 – CO₂-Schiffahrtsemissionen Linz

Die Diagramme 4 bis 6 zeigen die Aufteilungen der Sektoren für CO₂, NO_x und PM₁₀. Wie bei der Darstellung des Bundeslandes ist die Aufteilung für einzelne Emissionsspezies im Raum Linz im Vergleich zueinander ähnlich.

Einen deutlichen Unterschied gibt es allerdings in der Größenordnung der Verhältnisse der Sektoren untereinander. Angelegte Flusskreuzfahrtschiffe stellen im Raum Linz mit 26% bzw. 27% die zweitgrößte Gruppe dar.

Hatten die angelegten Kreuzfahrtschiffe im gesamten Bundesland Oberösterreich noch einen Anteil von 6% an den Gesamtemissionen, so steigt dies im Raum Linz aufgrund der überproportional hohen Anzahl an Anlegestellen auf knapp über ein Viertel an. Die Güterschiffe sind hingegen nur mehr mit Anteilen zwischen 22 und 24% vertreten. Die fahrenden Kreuzfahrtschiffe sind auch im Raum Linz mit Anteilen zwischen 43% und 47% die bedeutendste Gruppe.

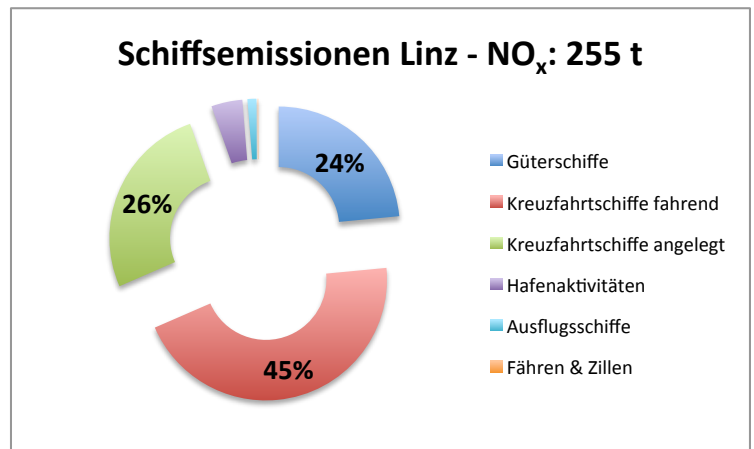


Diagramm 5 – NO_x-Schiffahrtsemissionen Linz

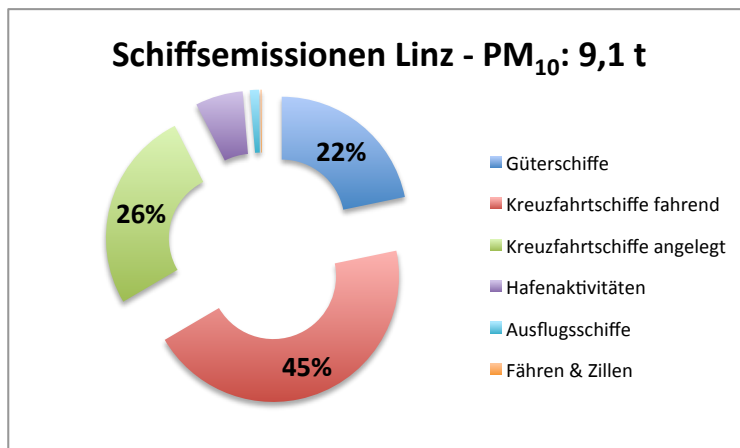


Diagramm 6 – PM₁₀-Schiffahrtsemissionen Linz

Naturgemäß weisen auch die Hafenaktivitäten im Raum Linz einen höheren Anteil verglichen zu Oberösterreich auf. Zwischen 3,0% und 6,7% liegt dieser Sektoranteil je nach Emissionsspezies.

Bei den Ausflugsschiffen ist die Situation gleich wie in gesamt Oberösterreich, sie machen im Raum Linz ebenfalls nur einen Anteil von 1,2% aus. Fähren und Zillen liegen zwischen 0,1% und 0,3%.

7. Zusammenfassung der Studie und Diskussion der Ergebnisse

Als wichtiges Ergebnis dieser Studie kann die Feststellung einer neuen bedeutenden Emittentengruppe im Bereich Schifffahrt gesehen werden. Flusskreuzfahrtschiffe im Bereich Personenschifffahrt wurden bislang bei Bundesländeremissionskatastern nicht oder nur nebenbei als „normale“ Personenschiffe betrachtet.

Im Zuge der Erhebungen, die im Rahmen der Erstellung dieser Studie durchgeführt wurden, konnte festgestellt werden, dass die Branche das Problem bereits auf internationaler Ebene erkannt hat. Sowohl Betreiber von Flusskreuzfahrtschiffen mit deren Vertreterorganisationen, wie der Verein für europäische Binnenschifffahrt und Wasserstraßen in Duisburg oder die Interessengemeinschaft der führenden europäischen Flusskreuzfahrtreedereien in Basel, haben die Problematik aufgenommen. Ein Betreiber von Flusskreuzfahrtschiffen hat bereits ein Schiff so ausgestattet, dass der Verbrauch von Energie zum Antrieb und zur Eigenstromerzeugung getrennt festgestellt werden kann. Bis dato sind kaum Aussagen darüber möglich gewesen, in Zukunft wird es eine bessere Datenlage geben.

Auch der Möglichkeit der Landstromversorgung von angelegten Schiffen in Häfen oder bei Anlegestellen wird großes Augenmerk geschenkt, in Linz gibt es schon bedeutende Ansätze zur Lösung des Problems.

In Bezug auf die absoluten Emissionsergebnisse der Studie kann eindeutig festgestellt werden, dass in Oberösterreich die beiden Emissionsquellen Flusskreuzfahrtschiffe (etwa zwei Drittel) und Güterschiffe (etwa ein Drittel) fast die Gesamtmenge der Emissionen aus dem Sektor verursachen. Ausflugschiffe tragen quer über alle Emissionsspezies mit einem 1%-Anteil an der Gesamtemissionssumme der Schifffahrt Oberösterreichs nur in untergeordnetem Ausmaß bei.

Bei Hafentätigkeiten gibt es keine bedeutenden Energiemengen, die umgesetzt werden. Dieselaggregate, die bei angelegten Güterschiffen laufen, produzieren nur geringe Energiemengen für die Heizung oder Klimatisierung einer oder weniger Kabinen. Jedenfalls steht dies in keinem Vergleich zu den Energiemengen, die bei in Betrieb befindlichen Flusskreuzfahrtschiffen benötigt werden. Auch bei Überwinterung und Servicierung können bedeutende Energiemengen anfallen, diese werden im Raum Oberösterreich aber oft über Landstromversorgung abgedeckt.

Der kleine Ausflugsverkehr in Oberösterreich wie der Betrieb von Fähren oder Zillen stellte sich im Rahmen der vorliegenden Studie ebenfalls als eine nicht bedeutende Emissionsquelle heraus. Die umgeschlagenen Treibstoffmengen sind zu gering, als dass eine bedeutende Emissionsbelastung resultieren könnte. Je nach Emissionsspezies entfällt auf diese Gruppe ein Anteil an den Gesamtemissionen der Schifffahrt von 0,1% bis 0,2%. Nur beim Schadstoff CO fällt der Anteil mit 1,4% etwas höher aus, da bei diesen Schiffen mit kleinen Motoren aufgrund unvollständiger Verbrennung mehr CO erzeugt wird.

Trotz der aus dieser Studie resultierenden bedeutenden Erhöhung der Schifffahrtsaktivitäten und Emissionen, ist die relative Bedeutung dieses Sektors zu den Gesamtemissionen Oberösterreichs gering. Diese ist mit Beiträgen von 0,1% bis 0,6% zur Gesamtemission Oberösterreichs im untergeordneten Bereich angesiedelt.

Dieser Umstand ist vor allem darauf zurückzuführen, dass die Schifffahrtsemissionen auf die Donau begrenzt sind und damit in der Gesamtsumme nicht wesentlich erscheinen. Bedeutung erlangen diese Emissionen hingegen bei den Anlegestellen vor allem im Raum Linz.

8. Literaturquellen

- /1/ J. Schweighofer, WP 7: System Integration & Assessment, D7.3 Environmental Impact, Final Report, MoVe IT, 2013
- /2/ J. Schweighofer, Capt. B. Szalma, Evaluation of a one-year operational profile of a danube vessel, PIANC World Congress San Francisco, USA, 2014
- /3/ via donau – Österreichische Wasserstraßen Gesellschaft mbH, Manual on Danube Navigation, 2007
- /4/ via donau – Österreichische Wasserstraßen Gesellschaft mbH, D2.4 Ex-ante cost/benefit analysis of business cases for energy-efficient navigation, 2015
- /5/ Nemi – Niederösterreichischer elektronischer Emissionskataster, Szenario „Nemi 2016“, 2018
- /6/ BEKat – Burgenländischer elektronischer Emissions- und Energiekataster, Szenario „Basis Burgenland-EK“, 2018
- /7/ emikat.at der Stadt Wien, Wiener Emissionskataster, Szenario zur Implementierung der Schiffsemissionen, 2018
- /8/ via donau - Österreichische Wasserstraßen Gesellschaft mbH, mündliche und schriftliche Mitteilungen, 2015, 2017, 2018
- /9/ Bundesamt für Umwelt BAFU, Energieverbrauch und Schadstoffemissionen des Non-road-Sektors, Bern im Dezember 2017, 2017
- /10/ Bundesamt für Umwelt BAFU, Non-road Datenbank, www.bafu.ch, 2018
- /11/ Statistik Austria GmbH, mündliche und schriftliche Mitteilungen, 2017, 2018
- /12/ Wasserstraßen und Schifffahrtsamt Regensburg, mündliche und schriftliche Mitteilungen, 2017
- /13/ Pressemitteilung des Vereins für europäische Binnenschifffahrt und Wasserstraßen e.V., Duisburg, 2015
- /14/ I. Düring, A. Moldenhauer, E. Nitzsche, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co KG, Berechnung der Luftschadstoffimmissionen von Binnenschiffen an Schifffahrtswegen - Abschnitt Oberrhein, südlich Karlsruhe – Kurzbericht, 2015
- /15/ I. Düring, A. Moldenhauer, E. Nitzsche, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co KG, Berechnung Berechnung der Luftschadstoffimmissionen von Binnenschiffen an Schifffahrtswegen - Abschnitt Niederrhein bei Wesel – Kurzbericht, 2015
- /16/ I. Düring, A. Moldenhauer, E. Nitzsche, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co KG, Berechnung Berechnung der Luftschadstoffimmissionen von Binnenschiffen an Schifffahrtswegen - Abschnitt Mittelrhein bei Köln/Bonn – Kurzbericht, 2015

/17/ I. Düring, A. Moldenhauer, E. Nitzsche, Ingenieurbüro Lohmeyer GmbH & Co KG, Berechnung der Luftschadstoffimmissionen von Binnenschiffen an Schifffahrtswegen - Abschnitt Spree, Berlin – Kurzbericht, 2015

/18/ S. Oitzl, Amt der OÖ Landesregierung - Direktion Umwelt und Wasserwirtschaft - Abteilung Umweltschutz/Luftgüteüberwachung, Immissionsstudie – Einfluss der Donauschifffahrt auf die NO₂-Belastung in Linz, 2019