

ÖKOBILANZIELLE
BEWERTUNG
DES STADTTTEILS
DUISBURG-RUHRORT
2021

Ökobilanzielle Bewertung des Stadtteils Duisburg-Ruhrort 2021



Im Auftrag der
Projektgesellschaft Urban Zero Ruhrort mbH
Tiergartenstraße 24-26
47053 Duisburg

urban^{zero}

Autorin: M.Sc. Veronika Wagner
August 2023

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	iv
Abbildungsverzeichnis	vi
Tabellenverzeichnis	vii
Kapitel 1: Einleitung.....	1
Kapitel 2: Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens	2
2.1. Ziel	2
2.1.1. Ziel der Studie	2
2.1.2. Gründe der Durchführung	3
2.1.3. Anwendung der Studie	3
2.1.4. Zielgruppe.....	3
2.2. Untersuchungsrahmen.....	3
2.2.1. Stadtteil Duisburg-Ruhrort und Definition der Berichtseinheit	3
2.2.2. Systemgrenzen.....	4
2.2.3. Datenerhebung und Anforderungen an die Datenqualität	11
2.2.4. Methode der Wirkungsabschätzung und Kostenbewertung	11
2.2.5. Art und Methode der Auswertung.....	13
2.2.6. Annahmen und Beschränkungen.....	13
Kapitel 3: Sachbilanz.....	15
3.1. Datengrundlage	15
3.2. Modellierung.....	16
3.2.1. Energie.....	17
3.2.2. Transport.....	24
3.2.3. Abfall.....	34
3.2.4. Industrielle Prozesse und Produktnutzung	39
3.2.5. Land-, Forstwirtschaft und Sonstige Landnutzung und -änderung.....	40
3.2.6. Privater Konsum	41

Kapitel 4: Wirkungsabschätzung	42
4.1. Energie	45
4.2. Transport.....	52
4.3. Abfall	60
4.4. Industrielle Prozesse und Produktnutzung.....	65
4.5. Land-, Forstwirtschaft und Sonstige Landnutzung.....	65
4.6. Privater Konsum.....	65
Kapitel 5: Auswertung	66
5.1. Identifikation der signifikanten Parameter.....	66
5.2. Sensitivitätsprüfung.....	69
5.2.1. Energie.....	69
5.2.2. Transport.....	70
5.2.3. Abfall.....	71
5.2.4. Landnutzung (Gebäudeinfrastruktur).....	74
5.2.5. Privater Konsum	75
5.3. Vollständigkeits- und Konsistenzprüfung	75
5.4. Berechnung der Umweltkosten.....	77
5.5. Schlussfolgerungen und Zusammenfassung.....	78
Referenzen	82
Anhang	85

Abkürzungsverzeichnis

- AP *Acidification Potential (Versauerungspotenzial), Acidification Potential (Versauerungspotenzial)*
- CH *Schweiz*
- CO₂-Äq. *Kohlenstoffdioxid (CO₂)-Äquivalente (Bezugseinheit Treibhauspotenzial), Kohlenstoffdioxid (CO₂)-Äquivalente (Bezugseinheit Treibhauspotenzial)*
- DE *Deutschland*
- DVG *Duisburger Verkehrsgesellschaft AG*
- FEP *Freshwater Eutrophication Potential (Eutrophierungspotenzial, Süßwasser), Freshwater Eutrophication Potential (Eutrophierungspotenzial, Süßwasser)*
- GHD *Gewerbe, Handel, Dienstleistungen*
- GHG-Protokoll *Greenhouse Gas Protokoll*
- GLO *Global*
- GMVA *Gemeinschaftsmüllverbrennungsanlage*
- GPC *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories*
- GWP *Global Warming Potential (Treibhauspotenzial), Global Warming Potential (Treibhauspotenzial)*
- IR *Ionizing Radiation (Ionisierende Strahlung), Ionizing Radiation (Ionisierende Strahlung)*
- LU *Land Use (Landnutzung), Land Use (Landnutzung)*
- LVP *Leichtverpackung*
- MEP *Marine Eutrophication Potential (Eutrophierungspotenzial, Meerwasser), Marine Eutrophication Potential (Eutrophierungspotenzial, Meerwasser)*
- MIV *Motorisierter Individualverkehr*
- N-Äq. *Nitrat (N)-Äquivalente (Bezugseinheit Eutrophierungspotenzial, Meerwasser), Nitrat (N)-Äquivalente (Bezugseinheit Eutrophierungspotenzial, Meerwasser)*
- NIAG *Niederrheinische Verkehrsbetriebe AG*
- NO_x-Äq. *Stickstoffoxide (NO_x)-Äquivalente (Bezugseinheit Ozonbildungspotenzial), Stickstoffoxide (NO_x)-Äquivalente (Bezugseinheit Ozonbildungspotenzial)*
- ODP *Ozone Depletion Potential (Ozonabbaupotenzial), Ozone Depletion Potential (Ozonabbaupotenzial)*
- ÖPNV *Öffentlicher Personennahverkehr*
- P-Äq. *Phosphor (P)-Äquivalente (Bezugseinheit Eutrophierungspotenzial, Süßwasser), Phosphor (P)-Äquivalente (Bezugseinheit Eutrophierungspotenzial, Süßwasser)*
- pkm *Personenkilometer*
- PM *Particulate Matter (Feinstaubbildung), Particulate Matter (Feinstaubbildung)*
- POCP *Photochemical Ozone Creation Potential (Ozonbildungspotenzial), Photochemical Ozone Creation Potential (Ozonbildungspotenzial)*
- PPK *Papier, Pappe und Kartonage*
- PVGIS *Photovoltaic Geographical Information System, Photovoltaic Geographical Information System*
- RER *Europa*
- RM *Restmüll*
- RoW *Rest-of-the-World*
- SO₂-Äq. *Schwefeldioxid (SO₂)-Äquivalente (Bezugseinheit Versauerungspotenzial), Schwefeldioxid (SO₂)-Äquivalente (Bezugseinheit Versauerungspotenzial)*
- tkm *Tonnenkilometer, Tonnenkilometer*

UBA *Umweltbundesamt*

WBD *Wirtschaftsbetriebe Duisburg*

WDP *Water Depletion Potential (Ressourcenverbrauch, Wasser), Water Depletion Potential
(Ressourcenverbrauch, Wasser)*

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Administrative Stadtteilgrenzen von Duisburg-Ruhrort.....	4
Abbildung 2. Umweltwirkungen der Sektoren im Verhältnis zum Gesamtergebnis.....	43
Abbildung 3. Umweltwirkungen der Scopes im Verhältnis zum Gesamtergebnis im Sektor Energie.....	46
Abbildung 4. Umweltwirkungen der Teilspektoren im Verhältnis zum Gesamtergebnis im Sektor Energie.....	47
Abbildung 5. Umweltwirkungen der Scopes und Teilspektoren im Verhältnis zum Gesamtergebnis im Sektor Energie (detailliert).....	48
Abbildung 6. Umweltwirkungen der Scopes im Verhältnis zum Gesamtergebnis im Sektor Transport.....	53
Abbildung 7. Umweltwirkungen der Unterkategorien (Straßen-, Schienen-, Wasserverkehr) im Verhältnis zum Gesamtergebnis im Sektor Transport.....	54
Abbildung 8. Umweltwirkungen differenziert nach „Private Mobilität“, „Gütertransport“ und „Sonstiges“ im Verhältnis zum Gesamtergebnis im Sektor Transport.....	55
Abbildung 9. Umweltwirkungen der Scopes und Unterkategorien im Verhältnis zum Gesamtergebnis im Sektor Transport (detailliert).....	56
Abbildung 10. Umweltwirkungen der Scopes im Verhältnis zum Gesamtergebnis im Sektor Abfall.....	61
Abbildung 11. Umweltwirkungen der Scopes und Unterkategorien im Verhältnis zum Gesamtergebnis im Sektor Abfall (detailliert).....	62
Abbildung 12. Sensitivität ausgewählter Parameter im Verhältnis zum Ergebnis im Sektor Energie.....	69
Abbildung 13. Sensitivität ausgewählter Parameter im Sektor Energie im Verhältnis zum Gesamtergebnis.....	70
Abbildung 14. Sensitivität ausgewählter Parameter im Verhältnis zum Ergebnis im Sektor Transport.....	71
Abbildung 15. Sensitivität ausgewählter Parameter im Sektor Transport im Verhältnis zum Gesamtergebnis.....	71
Abbildung 16. Sensitivität ausgewählter Parameter im Verhältnis zum Ergebnis im Sektor Abfall.....	73
Abbildung 17. Sensitivität ausgewählter Parameter im Sektor Abfall im Verhältnis zum Gesamtergebnis.....	73
Abbildung 18. Sensitivität bezogen auf das Ergebnis im Sektor Landnutzung.....	74
Abbildung 19. Sensitivität bezogen auf das Gesamtergebnis.....	74
Abbildung 20. Vereinfachte Darstellung der Anteile zusammengefasster Wirkungsbereiche an den gesamten Umweltkosten.....	81

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Übersicht aller Scopes	6
Tabelle 2. Umweltwirkungskategorien und Methoden der Wirkungsabschätzung.....	12
Tabelle 3. Kostensätze für die Wirkungskategorien (de Bruyn, et al., 2023).....	13
Tabelle 4. Netzstromverbrauch Duisburg-Ruhrort basierend auf Angaben der DWV nach Teilsektoren für das Referenzjahr 2021	18
Tabelle 5. Endenergieeinsatz basierend auf Angaben der DWV, sowie Schornsteinfegerdaten für Duisburg-Ruhrort im Referenzjahr 2021 differenziert nach Teilsektoren und Energieträger.....	18
Tabelle 6. Erdgasverbrauch Duisburg-Ruhrort nach Teilsektoren für das Referenzjahr 2021.....	19
Tabelle 7. Verbrauch und verwendete Datensätze nicht-leitungsgebundener Energieträger, Duisburg-Ruhrort für das Referenzjahr 2021: Private Haushalte.....	20
Tabelle 8. Verbrauch und verwendete Datensätze nicht-leitungsgebundener Energieträger, Duisburg-Ruhrort für das Referenzjahr 2021: GHD	21
Tabelle 9. Bruttoleistung und jährliche Energieproduktion der PV-Anlagen, Duisburg-Ruhrort.....	22
Tabelle 10. Netzstromverbrauch Duisburg-Ruhrort nach Teilsektoren für das Referenzjahr 2021.....	22
Tabelle 11. Durchschnittsverluste nach Spannungsebene.....	23
Tabelle 12. Betrachtete Unterkategorien des Sektors Transport und Datenquellen	24
Tabelle 13. Gesamtkilometer Straßenverkehr: MIV (Scope 1) differenziert nach Treibstoffart und Schadstoffklasse.....	26
Tabelle 14. DVG: zurückgelegte Personenkilometer differenziert nach Transportmittel.....	27
Tabelle 15. NIAG: Zurückgelegte Personenkilometer differenziert nach Transportmittel.....	27
Tabelle 16. Duisburger Hafen AG: Gesamtkilometer Straßenverkehr, Firmenfahrzeuge (Scope 1) differenziert nach Treibstoffart und Schadstoffklasse	28
Tabelle 17. HANIEL: Gesamtkilometer Straßenverkehr, Firmenfahrzeuge differenziert nach Treibstoffart und Schadstoffklasse.....	29
Tabelle 18. Gesamtkilometer Straßenverkehr, Güter (Scope 1).....	29
Tabelle 19. Gesamtkilometer Straßenverkehr, Abfallentsorgung und Stadtreinigung (Scope 1)	30
Tabelle 20. Gesamtkilometer Straßenverkehr: MIV (Scope 2) differenziert nach Treibstoffart und Schadstoffklasse.....	31
Tabelle 21. Duisburger Hafen AG: Gesamtkilometer Straßenverkehr, Firmenfahrzeuge (Scope 2).....	32
Tabelle 22. HANIEL: Gesamtkilometer Straßenverkehr, Firmenfahrzeuge (Scope 2) differenziert nach Treibstoffart und Schadstoffklasse	32
Tabelle 23. Abfall zur biologischen Behandlung.....	36
Tabelle 24. Abfall zur thermischen Verwertung.....	37
Tabelle 25. Gewerbeabfall zur thermischen Verwertung.....	38
Tabelle 26. Abwasser nach Sektoren	39
Tabelle 27. Berücksichtigte industrielle Prozesse und Produktnutzung gem. GPC.....	39

Tabelle 28. Modellierung Gebäudeinfrastruktur: Gebäudetyp, Fläche/Volumen, verwendeter ecoinvent 3.8-Datensatz	41
Tabelle 29. Umweltwirkungen von Duisburg-Ruhrort differenziert nach Sektoren und Wirkungskategorien	42
Tabelle 30. Umweltwirkungen im Sektor Energie von Duisburg-Ruhrort differenziert nach Scopes und Wirkungskategorien	45
Tabelle 31. Umweltwirkungen im Sektor Transport von Duisburg-Ruhrort differenziert nach Scopes und Wirkungskategorien	52
Tabelle 32. Umweltwirkungen im Sektor Abfall von Duisburg-Ruhrort differenziert nach Scopes und Wirkungskategorien	60
Tabelle 33. Umweltwirkungen im Sektor Land-, Forstwirtschaft und Sonstige Landnutzung von Duisburg-Ruhrort differenziert nach Scopes und Wirkungskategorien	65
Tabelle 34. Sensitivität: Abfall zur thermischen Verwertung.....	72
Tabelle 35. Sensitivität: Abfall zur biologischen Behandlung.....	73
Tabelle 36. Umweltkosten von Duisburg-Ruhrort, differenziert nach Sektoren inkl. privater Konsum und Wirkungskategorien nach GREENZERO Standard, aktualisierte Kostensätze und Wirkungskategorien	77

Kapitel 1: Einleitung

Urban Zero markiert den weltweit erstmaligen Versuch, ein urbanes Quartier – Duisburg-Ruhrort – in wenigen Jahren (bis 2029) in einen „umweltneutral handelnden“ Stadtteil, also in einen die Biosphäre nicht länger belastenden Zustand, zu transformieren.

Das Projekt gliedert sich in drei Phasen: Analyse, Reduktion und Kompensation. Dies bedeutet, dass

- auf der Grundlage einer Ökobilanz die Umweltleistung von Duisburg-Ruhrort analysiert wird,
- die potenziellen Umweltauswirkungen so weit wie möglich reduziert werden,
- und die verbleibenden Auswirkungen, möglichst auf dem Stadtteilgebiet von Duisburg-Ruhrort, kompensiert werden.

Die Umsetzung und Ergebnisse der Analyse der Umweltauswirkungen von Duisburg-Ruhrort im Referenzjahr 2021 werden im vorliegenden Bericht dokumentiert und zusammengefasst. Gegenstand der Analyse sind die Aktivitäten innerhalb der Sektoren Energie, Transport, Abfall, industrielle Prozesse und Produktnutzung, Land-, Forstwirtschaft und sonstige Landnutzung, sowie privater Konsum.

Die Methode der Ökobilanz, welche Grundlage der vorliegenden Analyse ist, hat sich seit vielen Jahren als Werkzeug zur Erfassung und Umsetzung des technischen Umweltschutzes bewährt (DIN EN ISO 14044:2018; DIN EN ISO 14040:2009). Bilanziert werden dabei die Umweltwirkungen eines Produkts, eines Verfahrens, einer Dienstleistung oder einer Organisation über deren gesamten Lebenszyklus, d.h. von der Nutzung stofflicher oder energetischer Ressourcen bis hin zur Entsorgung oder Wiederverwertung von Stoffen und Energieströmen am Ende der Nutzungsphase (DIN EN ISO 14044:2018; DIN EN ISO 14040:2009). Es lassen sich somit Umweltlasten ganzheitlich erfassen, den Lebenswegphasen zuordnen, sowie Handlungsempfehlungen und Entscheidungen in Bezug auf Umweltschutzaspekte ableiten.

Für Kommunen oder Städte gibt es bisher noch keinen definierten Standard für die ganzheitliche Bewertung potenzieller Umweltauswirkungen. Das Projekt ist dahingehend als Pilotprojekt zu verstehen. Jedoch stützt sich die Durchführung der Analyse maßgeblich auf die ISO-Standards 14040 und 14044, sowie auf das Greenhouse Gas Protokoll für Städte.

Das Greenhouse Gas Protokoll (GHG-Protokoll) für Städte steht kurz für Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories (GPC) und ist ein renommiertes und anerkanntes Framework für die stadtweite Bilanzierung von Treibhausgas-Emissionen und Berichterstattung. Es wurde gemeinsam vom World Resources Institute, der C40 Cities Climate Leadership Group und Local Governments for Sustainability (ICLEI) erstellt (World Resources Institute, 2021).

In den ISO-Standards 14040 und 14044 sind die Grundsätze und Regeln zur Durchführung von Ökobilanzen allgemein international festgelegt.

Kapitel 2: Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens

2.1. Ziel

In den folgenden Abschnitten wird zunächst das Ziel der Studie definiert, gefolgt von der Erläuterung von Teilaspekten der Zieldefinition, wie Gründe für die Durchführung der Studie, die beabsichtigte Anwendung und die Zielgruppen.

2.1.1. Ziel der Studie

Ziel der Studie ist es, eine Ökobilanz des Stadtteils Duisburg-Ruhrort zu erstellen, um

- die Umweltauswirkungen des Stadtteils Duisburg-Ruhrort zu ermitteln,
- den Beitrag der verschiedenen Sektoren an den Umweltauswirkungen zu verstehen,
- eine Basislinie der Umweltauswirkungen zu erstellen:
 - zur Festlegung von evidenzbasierten Reduktionszielen
 - als Evidenzbasis zur Unterstützung der Entwicklung, Umsetzung und Verfolgung von Reduktionsstrategien und -maßnahmen
- und letztendlich die Umweltkosten zu berechnen.

Die Studie soll außerdem als strategische und übergeordnete Ziele

- mehr Vertrauen bei Entscheidungsträgern und Investoren schaffen
- und die Kommunikation mit Einwohnern und Unternehmen verbessern.

Die Studie zielt nicht darauf ab, die Umweltwirkungen mit anderen Städten zu vergleichen. Dies würde eine „funktionelle Einheit“ erfordern. Eine „funktionelle Einheit“ ist der quantifizierte Nutzen eines Systems für die Verwendung als Vergleichseinheit. Die „funktionelle Einheit“ sollte einen Vergleich auf der Grundlage desselben Zwecks ermöglichen (d.h. dieselbe Funktion erfüllen). Städte sind multifunktionale Systeme und erfüllen unterschiedliche Funktionen, was die Definition einer „funktionellen Einheit“ erschwert. In der Literatur gibt es verschiedene Ansätze zur Definition einer „funktionellen Einheit“ für Städte, aber noch keinen wissenschaftlichen Konsens.

Die Ergebnisse der Studie umfassen:

- 1) Eine Sachbilanz ausgewählter mit dem Stadtteil Duisburg-Ruhrort verbundener Aktivitäten und Tätigkeiten
- 2) Eine Auswahl quantifizierter Umweltwirkungen der einzelnen Sektoren

Die Erfassung der Inputs und Outputs, sowie die Auswertung der Ergebnisse ist in Anlehnung an das GHG-Protokoll für Städte in Sektoren und Teilsektoren kategorisiert und nach Scopes differenziert, zur Unterscheidung zwischen Umweltauswirkungen, die innerhalb und außerhalb der Stadtgrenzen stattfinden, sowie direkter Umweltauswirkungen und der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette (siehe Tabelle 1).

2.1.2. Gründe der Durchführung

Durch die ökobilanzielle Bewertung erwartet die Projektgesellschaft Urban Zero Ruhrort mbH fundierte Informationen über die Umweltwirkungen des Stadtteils Duisburg-Ruhrort. Die Ergebnisse sollen neben der Projektgesellschaft und ihren Projektpartner, auch Entscheidungsträgern aus Politik und Verwaltung, sowie weiteren Akteuren in Duisburg-Ruhrort beispielsweise als Grundlage dienen, um Reduktionsmaßnahmen zu priorisieren oder um diese bei strategischen Entscheidungen zu berücksichtigen und um zu verstehen, wie die verbleibenden Umweltauswirkungen kompensiert werden können.

2.1.3. Anwendung der Studie

Diese Studie wird unter Verwendung von Primär- und Sekundärdaten auf der Grundlage technischer Realitäten und wissenschaftlicher Fakten durchgeführt. Die Ergebnisse der Studie dienen als wissenschaftliche Unterstützung, um Informationen über Umweltkosten, Umweltauswirkungen und Hotspots zu liefern, die für weitere Entscheidungen zur Verbesserung der Umweltleistung von Duisburg-Ruhrort hilfreich sein können.

Diese Ökobilanz-Studie wird in Anlehnung an das GPC, sowie den Normen ISO 14040 und ISO 14044 durchgeführt und die Umweltkosten werden auf der Grundlage der CE-Delft-Methode berechnet (World Resources Institute, 2021; DIN EN ISO 14040:2009; DIN EN ISO 14044:2018; de Bruyn, et al., 2023).

2.1.4. Zielgruppe

Die Zielgruppe dieser Studie sind neben der Projektgesellschaft und ihren Projektpartner, alle Entscheidungsträger aus Politik und Verwaltung, sowie weitere Stakeholder bspw. aus Industrie, sowie Privatpersonen, die den Stadtteil Duisburg-Ruhrort weiterentwickeln wollen.

2.2. Untersuchungsrahmen

Im Folgenden werden die verschiedenen Aspekte des Untersuchungsrahmens der Studie definiert und erläutert.

2.2.1. Stadtteil Duisburg-Ruhrort und Definition der Berichtseinheit

Das untersuchte System ist der Stadtteil Duisburg-Ruhrort (folgend „Ruhrort“ genannt).

Ruhrort ist ein rechtsrheinischer Stadtteil von Duisburg, welcher zum Stadtbezirk 400 Homberg-Ruhrort-Baerl gehört und nördlich des Zusammenflusses der beiden Flüsse Rhein und Ruhr liegt. Der Stadtteil umfasst eine Fläche von insgesamt 5,41 km², in welchem sich der größte Teil des Duisburger Hafens befindet. Im Jahr 2021 hatte Ruhrort 5.593 Einwohner. Ruhrort besteht in erster Linie aus zwei PLZ-Gebieten: 47119, 47138. Zusätzlich gibt es eine kleine Überschneidung mit dem PLZ-Gebiet 47059.

Die Berichtseinheit der vorliegenden Studie ist "der Stadtteil Duisburg-Ruhrort für ein Jahr, unter Berücksichtigung von Aktivitäten, die auf dem Gebiet des Stadtteils stattfinden". Als Referenzjahr wird das Jahr 2021 definiert. Das Gebiet des Stadtteils wird durch seine administrativen Grenzen definiert (siehe Abbildung 1).

2.2.2. Systemgrenzen

In die Systemgrenze, welche den Umfang der Studie festlegt, sind sowohl direkte als auch indirekte Aktivitäten des Stadtteils Ruhrort eingeschlossen. Der Stadtteil selbst wird durch die administrativen Grenzen definiert (siehe Abbildung 1).

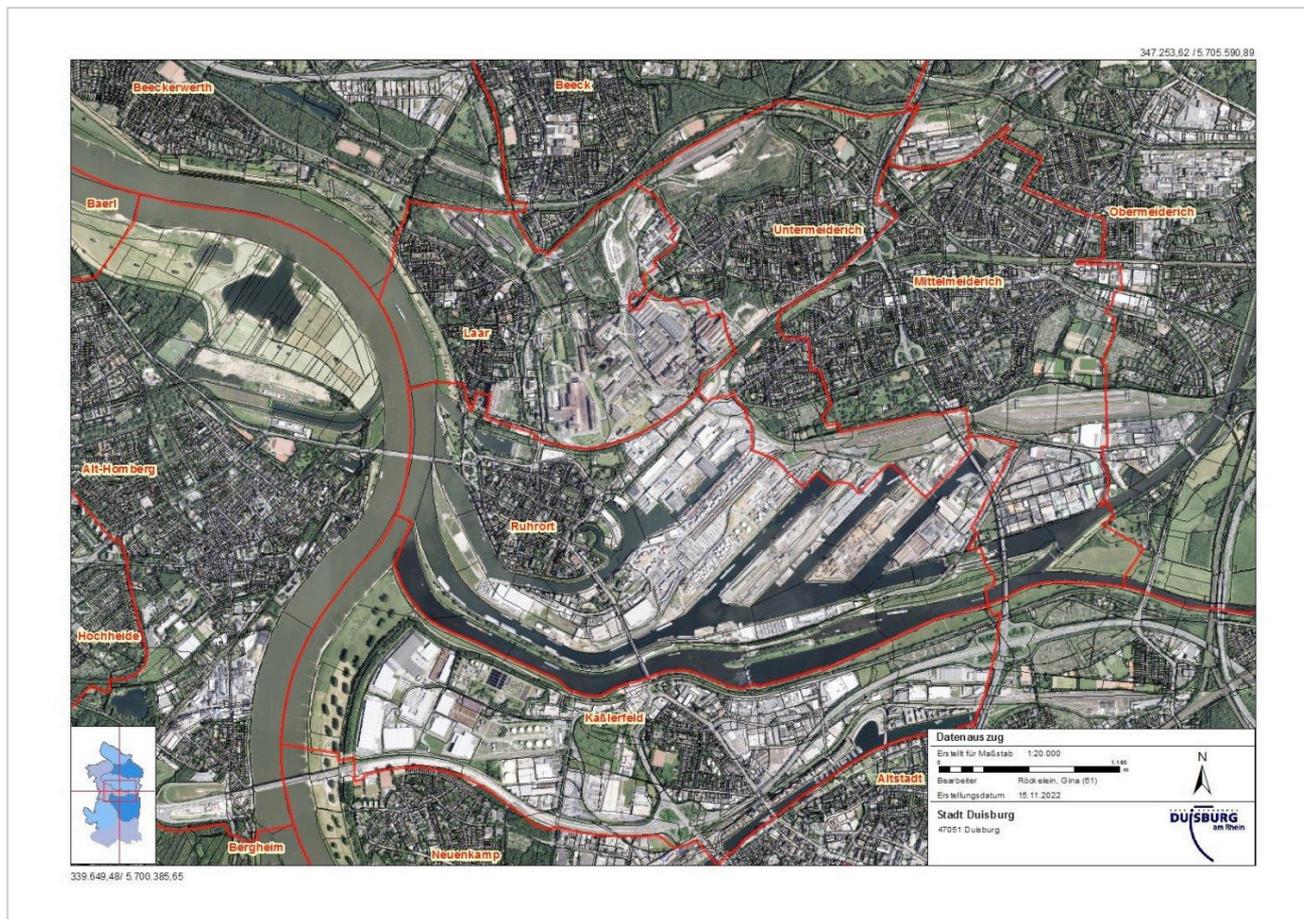


Abbildung 1. Administrative Stadtteilgrenzen von Duisburg-Ruhrort

Alle Aktivitäten und Prozesse innerhalb der Systemgrenzen werden, in Anlehnung an das GPC, in folgende Sektoren und Teilsektoren kategorisiert:

- I) Energie
- II) Transport
- III) Abfall
- IV) Industrielle Prozesse und Produktnutzung
- V) Land-, Forstwirtschaft und Sonstige Landnutzung
- VI) Privater Konsum (nicht Teil des GPCs)

Zur Unterscheidung direkter Emissionen und indirekte Umweltauswirkungen vor- und nachgelagerter Wertschöpfungskette, sowie zwischen Umweltauswirkungen, die innerhalb und außerhalb der Stadtgrenzen stattfindet, wird außerdem nach Scopes differenziert. Diese sind wie folgt definiert:

- 1) **Scope 1: Direkte** Emissionen, die aus **Quellen innerhalb** der Stadtteilgrenze entstehen

- 2) **Scope 2: Direkte** Emissionen, die als Folge der **Nutzung von Netzstrom und -wärme** entstehen
- 3) **Scope 3: Direkte** Emissionen, die **außerhalb** der Stadtteilgrenze entstehen als Folge von Aktivitäten innerhalb
- 4) **„Sonstige Scope 3“: Indirekte Umweltauswirkungen** (der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette), die **außerhalb** der Stadtteilgrenze entstehen als Folge von Aktivitäten innerhalb. Dies umfasst bspw. Umweltauswirkungen, die bei der Produktion und dem Transport von Brennstoffen entstehen oder die in Baumaterialien enthalten sind

Es ist anzumerken, dass „Sonstige Scope 3“ aktuell nicht Teil des GPC sind und gem. GPC lediglich optional erfasst werden können.

Tabelle 1 gibt eine Übersicht über alle berücksichtigten und ausgeschlossenen Sektoren, Teilsektoren und Scopes.

Tabelle 1. Übersicht aller Scopes

GPC Referenz-Nr.	Scope	Beschreibung	Berücksichtigt (ja/nein)	Referenz-jahr
I		Energie		
I.1		Private Haushalte		
I.1.1	Scope 1	Emissionen aus der Verbrennung von Kraftstoffen innerhalb der Stadtgrenzen	Ja	2021
I.1.2	Scope 2	Emissionen aus netzgespeister Energie, die innerhalb des Stadtgebiets verbraucht wird	Ja	2021
I.1.3	Scope 3	Emissionen aus Übertragungs- und Verteilungsverlusten durch den Verbrauch von Energie aus dem Netz	Ja	2021
I.2		Gewerbe, Handel Dienstleistung (GHD)		
I.2.1	Scope 1	Emissionen aus der Verbrennung von Kraftstoffen innerhalb der Stadtgrenzen	Ja	2021
I.2.2	Scope 2	Emissionen aus netzgespeister Energie, die innerhalb des Stadtgebiets verbraucht wird	Ja	2021
I.2.3	Scope 3	Emissionen aus Übertragungs- und Verteilungsverlusten durch den Verbrauch von Energie aus dem Netz	Ja	2021
I.3 und I.4		Industrie		
I.3.1/I.4.1	Scope 1	Emissionen aus der Verbrennung von Kraftstoffen innerhalb der Stadtgrenzen	Ja	2021
I.3.2/I.4.2	Scope 2	Emissionen aus netzgespeister Energie, die innerhalb des Stadtgebiets verbraucht wird	Ja	2021
I.3.3/I.4.3	Scope 3	Emissionen aus Übertragungs- und Verteilungsverlusten durch den Verbrauch von Energie aus dem Netz	Ja	2021
I.4.4	Scope 1	Direkte Emissionen aus der Energieerzeugung innerhalb des Stadtgebiets, die ins Netz eingespeist wird	Ja	2021
I.5		Landwirtschaft, Forst- und Fischereiwesen	Nein	-
I.6		Nicht spezifizierte Quellen	Nein	-
I.7		Flüchtige Emissionen aus dem Abbau, der Verarbeitung, der Lagerung und dem Transport von Kohle	Nein	-
I.8		Flüchtige Emissionen aus Erdöl- und Erdgassystemen	Nein	-

II	Transport		
II.1	Straßenverkehr		
II.1.1	Emissionen aus der Verbrennung von Kraftstoffen im Straßenverkehr innerhalb des Stadtgebiets	Ja	2015 ¹ ; 2021 ²
II.1.2	Emissionen aus netzgespeicherter Energie, die innerhalb des Stadtgebiets für den Straßenverkehr verbraucht wird	Ja	2015 ³ ; 2021 ⁴
II.1.3	Emissionen aus dem Teil der grenzüberschreitenden Fahrten, der außerhalb der Stadtgrenze stattfindet, sowie Übertragungs- und Verteilungsverluste aus dem Verbrauch von aus dem Netz gelieferter Energie	Nein	-
II.2	Schielenverkehr		
II.2.1	Emissionen aus der Verbrennung von Kraftstoffen für den Schienenverkehr innerhalb des Stadtgebiets	Ja	2021
II.2.2	Emissionen aus netzgespeicherter Energie, die innerhalb der Stadtgrenze für den Schienenverkehr verbraucht wird	Ja	2021
II.2.3	Emissionen aus dem Teil der grenzüberschreitenden Fahrten, der außerhalb der Stadtgrenze stattfindet, sowie Übertragungs- und Verteilungsverluste aus dem Verbrauch von netzgespeicherter Energie	Nein	-
II.3	Wasserverkehr		
II.3.1	Emissionen aus der Verbrennung von Kraftstoffen für die Schifffahrt innerhalb des Stadtgebiets	Ja	2021
II.3.2	Emissionen aus netzgespeicherter Energie, die innerhalb der Stadtgrenze für die Schifffahrt verbraucht wird	Nein	-
II.3.3	Emissionen aus dem Teil der grenzüberschreitenden Fahrten, der außerhalb der Stadtgrenze stattfindet, sowie Übertragungs- und Verteilungsverluste aus dem Verbrauch von netzgespeicherter Energie	Nein	-
II.4	Flugverkehr	Nein	-
II.5	Verkehr abseits öffentlicher Flächen		
II.5.1	Emissionen aus der Verbrennung von Kraftstoffen für den Off-Road-Transport innerhalb des Stadtgebiets	Nein	-
II.5.2	Emissionen aus netzgespeicherter Energie, die innerhalb des Stadtgebiets für den Transport abseits der Straße verbraucht wird	Nein	-

¹ Motorisierter Individualverkehr

² Gütertransport und ÖPNV (Busse)

³ Motorisierter Individualverkehr

⁴ Gütertransport und ÖPNV (Busse)

III	Abfall		
III.1	Abfall zur Ablagerung		
III.1.1	Emissionen aus festen Abfällen, die innerhalb des Stadtgebiets erzeugt und in Deponien oder offenen Ablagerungen innerhalb des Stadtgebiets entsorgt werden	Nein	-
III.1.2	Emissionen aus festen Abfällen, die innerhalb des Stadtgebiets erzeugt, aber in Deponien oder offenen Ablagerungen außerhalb des Stadtgebiets entsorgt werden	Ja	2021
III.1.3	Emissionen aus Abfällen, die außerhalb des Stadtgebiets erzeugt und auf Deponien oder offenen Ablagerungen innerhalb des Stadtgebiets entsorgt werden	Nein	-
III.2	Abfall zur biologischen Behandlung		
III.2.1	Emissionen aus festen Abfällen, die innerhalb der Stadtgrenzen erzeugt und innerhalb der Stadtgrenzen biologisch behandelt werden	Nein	-
III.2.2	Emissionen aus festen Abfällen, die innerhalb des Stadtgebiets erzeugt, aber außerhalb des Stadtgebiets biologisch behandelt werden	Ja	2021
III.2.3	Emissionen aus Abfällen, die außerhalb des Stadtgebiets erzeugt, aber innerhalb des Stadtgebiets biologisch behandelt werden	Nein	-
III.3	Abfall zur Verbrennung		
III.3.1	Emissionen aus festen Abfällen, die innerhalb des Stadtgebiets erzeugt und verbrannt werden	Nein	-
III.3.2	Emissionen aus festen Abfällen, die innerhalb der Stadtgrenzen erzeugt, aber außerhalb der Stadtgrenzen verbrannt werden	Ja	2021
III.3.3	Emissionen aus Abfällen, die außerhalb der Stadtgrenzen erzeugt, aber innerhalb der Stadtgrenzen verbrannt werden	Nein	-
III.4	Abwasserbehandlung und -einleitung		
III.4.1	Emissionen aus Abwässern, die innerhalb der Stadtgrenzen erzeugt und behandelt werden	Nein	-
III.4.2	Emissionen aus Abwasser, das innerhalb der Stadtgrenze anfällt, aber außerhalb der Stadtgrenze behandelt wird	Ja	2021
III.4.3	Emissionen aus Abwasser, das außerhalb der Stadtgrenze anfällt, aber innerhalb der Stadtgrenze behandelt wird	Nein	-
IV	Industrielle Prozesse und Produktnutzung	Nein	
IV.1	Direkte Emissionen aus industriellen Prozessen (Mineralien-, Metall- und Chemische Industrie), die innerhalb der Stadtgrenzen stattfinden	Nein	-
IV.2	Direkte Emissionen aus der Verwendung von Produkten (Schmierstoffe und Paraffinwaxse; FC-Base; Fluorierte Gase) innerhalb der Stadtgrenzen	Nein	-
V	Land-, Forstwirtschaft und Sonstige Landnutzung		
V.1	Emissionen aus dem Viehbestand innerhalb der Stadtgrenze	Nein	-

Festlegung des Ziels und Untersuchungsrahmens | 9

V.2	Scope 1	Emissionen aus der Landnutzung bzw. -änderung innerhalb der Stadtgrenze	Nein	-
V.3	Scope 1	Emissionen aus aggregierten Quellen und Nicht-CO ₂ -Emissionsquellen auf Flächen innerhalb der Stadtgrenze	Nein	-
VI		Sonstige Scope 3		
		Energie		
		<i>[Nach Teilsektoren]</i>		
	Sonstige Scope 3	Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette aus der Verbrennung von Kraftstoffen innerhalb der Stadtgrenzen	Ja	2021
	Sonstige Scope 3	Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette aus netzgespeicherter Energie, die innerhalb des Stadtgebiets verbraucht wird	Ja	2021
		Transport		
		<i>[Nach Teilsektoren]</i>		
	Sonstige Scope 3	Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette aus Transport (Verbrennung von Kraftstoffen) innerhalb des Stadtgebiets	Ja	2021; 2015 ⁵
	Sonstige Scope 3	Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette aus netzgespeicherter Energie, die innerhalb des Stadtgebiets für den Transport verbraucht wird	Ja	2021; 2015 ⁶
	Sonstige Scope 3	Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette aus dem Teil der grenzüberschreitenden Fahrten, der außerhalb der Stadtgrenze stattfindet	Nein	-
		Abfall		
		<i>[Nach Entsorgungsart]</i>		
	Sonstige Scope 3	Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette aus Abfällen, die innerhalb des Stadtgebiets erzeugt und innerhalb des Stadtgebiets entsorgt werden	Nein	-
	Sonstige Scope 3	Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette aus Abfällen, die innerhalb des Stadtgebiets erzeugt, aber außerhalb des Stadtgebiets entsorgt werden	Ja	2021
	Sonstige Scope 3	Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette aus Abfällen, die außerhalb des Stadtgebiets erzeugt und innerhalb des Stadtgebiets entsorgt werden	Nein	-

⁵ Motorisierter Individualverkehr

⁶ Motorisierter Individualverkehr

		Industrielle Prozesse und Produktnutzung		
Sonstige Scope 3		Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette aus industriellen Prozessen, die innerhalb der Stadtgrenzen stattfinden	Nein	-
Sonstige Scope 3		Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette aus der Verwendung von Produkten innerhalb der Stadtgrenzen	Nein	-
		Land-, Forstwirtschaft und Sonstige Landnutzung		
Sonstige Scope 3		Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette aus Flächennutzungsaktivitäten außerhalb der Stadtgrenze (z.B. importierte landwirtschaftliche Erzeugnisse für den Verbrauch innerhalb der Stadtgrenzen)	Nein	-
Sonstige Scope 3		Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette aus der Landnutzung innerhalb der Stadtgrenze	Ja	2021
		Sonstiger Konsum		
Sonstige Scope 3		Sonstige private Konsumgüter	Nein ⁷	2022

⁷ Befindet sich aktuell noch in der Auswertung

2.2.3. Datenerhebung und Anforderungen an die Datenqualität

Die Modellierung der in der Sachbilanz abgebildeten Aktivitäten erfolgte unter Einbeziehung verschiedener Datenquellen. Standortspezifische (primäre) Daten wurden verwendet, wenn sie zugänglich waren. Für die Aktivitäten, für die keine standortspezifischen Daten vorliegen, wurden allgemeine oder durchschnittliche Daten aus der ecoinvent-3.8 Datenbank oder der Literatur verwendet.

Primärdaten werden für folgende Aktivitäten bereitgestellt:

Sektor Energie:

- Verbräuche leitungsgebundener Energie (Strom und Erdgas) für Ruhrort: Duisburger Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft mbH (DVV) basierend auf Angaben der Stadtwerke Duisburg (SWDU)
- Heizungsanlagen nach Jahr, Leistung, Energieträger: Schornsteinfegerinnung Düsseldorf

Sektor Transport:

- Straßen- und Schienenverkehr, ÖPNV (Personenkilometer): Duisburger Verkehrsgesellschaft AG (DVG) und Niederrheinische Verkehrsbetriebe AG (NIAG)
- Straßenverkehr, Firmenfahrzeuge (Fahrzeugkilometer): Duisburger Hafen AG und Franz Haniel & Cie. GmbH
- Straßenverkehr, Abfallentsorgung (Fahrzeugkilometer): Wirtschaftsbetriebe Duisburg (WBD)
- Schienenverkehr, Güter (empfangene, versandte Gütermenge): Duisburger Hafen AG
- Wasserverkehr, Güter (empfangene, versandte Gütermenge): Duisburger Hafen AG

Sektor Abfall:

- Abfallmenge für Leichtverpackung (LVP), Restmüll bzw. Hausmüll (RM), Papier, Pappe und Kartonage (PPK), Biomüll, Sperrgut und Schrott: WBD
- Frischwassereinleitungsmenge: DVV

Die Anforderungen an die Datenqualität basieren auf den Vorgaben der ISO 14044 und sind der Excel-Tabelle Anforderungen an die Datenqualität zu entnehmen (siehe Zusatzmaterialien).

2.2.4. Methode der Wirkungsabschätzung und Kostenbewertung

Die Aufgabe der Wirkungsabschätzung ist es, die in der Sachbilanz erhobenen Daten in Hinblick auf bestimmte Umweltwirkungen, sogenannte Wirkungskategorien, zu untersuchen.

In diesem Projekt wurden die Wirkungskategorien auf der Grundlage des GREENZERO-Standards für Umweltneutralität gewählt (Lochner, Bach, Finkbeiner, & Honkomp, 2022) und um die Kategorien ionisierende Strahlung, Feinstaubbildung, Ressourcenverbrauch, Wasser und Landnutzung ergänzt, welche ebenfalls voraussichtlich in den kommenden Jahren in den GREENZERO-Standard aufgenommen werden. Die Wirkungsabschätzung basiert auf der international akzeptierten Methode und den Daten des ReCiPe 2016 (Huijbregts, 2017). Die Wirkungskategorien sind in Tabelle 2 zusammengefasst.

Tabelle 2. Umweltwirkungskategorien und Methoden der Wirkungsabschätzung

Wirkungskategorie	Charakterisierungsmethode	Bezugseinheit
Treibhauspotenzial (GWP)	ReCiPe 2016 (H)	kg CO ₂ -Äq.
Ozonabbaupotenzial (ODP)	ReCiPe 2016 (H)	kg CFC-11-Äq.
Ionisierende Strahlung (IR)	ReCiPe 2016 (H)	kBq Co-60-Äq.
Feinstaubbildung (PM)	ReCiPe 2016 (H)	kg PM _{2,5} -Äq.
Ozonbildungspotenzial (POCP)	ReCiPe 2016 (H), Ökosysteme	kg NO _x -Äq.
Terrestrisches Versauerungspotenzial (AP)	ReCiPe 2016 (H)	kg SO ₂ -Äq.
Eutrophierungspotenzial, Süßwasser (FEP)	ReCiPe 2016 (H)	kg P-Äq.
Eutrophierungspotenzial, Meerwasser (MEP)	ReCiPe 2016 (H)	kg N-Äq.
Ressourcenverbrauch, Wasser (WDP)	ReCiPe 2016 (H)	m ³ water
Landnutzung (LU)	ReCiPe 2016 (H)	m ² a-crop-Äq.

Wirkungsabschätzungsergebnisse sind relative Aussagen und machen keine Voraussagen über Auswirkungen auf die Wirkungsendpunkte, Schwellenwertüberschreitungen, Sicherheitsspannen oder Risiken.

Die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung werden monetarisiert, d.h. in Umweltkosten umgerechnet. Bei der Monetarisierung von Ökobilanzergebnissen handelt es sich um eine Form der Gewichtung. Weitere optionalen Bestandteile der Wirkungsabschätzung, wie Normierung oder Ordnung werden in dieser Studie jedoch nicht ausgeführt (DIN EN ISO 14044:2018).

Ähnlich wie die Methoden der Wirkungsabschätzung wurden auch die Methode für die Berechnung der Umweltkosten auf der Grundlage des GREENZERO-Standards für Umweltneutralität gewählt (Lochner, Bach, Finkbeiner, & Honkomp, 2022). Die Faktoren zur Umrechnung der Umweltauswirkungen in monetäre Kosten für jede Wirkungskategorie sind in Tabelle 3 dargestellt und basieren auf der aktuellen Version des CE DELFT Handbuch für Umweltkosten 2023 (de Bruyn, et al., 2023).

In der Wirkungsabschätzung ist die Maßeinheit für die Kategorie Ozonbildungspotenzial kg NO_x-Äq., während die Maßeinheit für die Kostenabschätzung €/kg NMVOC-Äq. ist. Um gleiche Einheiten zu haben und den Kostensatz auf das Ergebnis der Wirkungsabschätzung anwenden zu können, muss ein Umrechnungsfaktor von 3,45 NMVOC/NO_x mit den Ergebnissen der Wirkungskategorie Ozonbildungspotenzial verrechnet werden (Lochner, Bach, Finkbeiner, & Honkomp, 2022).

Tabelle 3. Kostensätze für die Wirkungskategorien (de Bruyn, et al., 2023)

Wirkungskategorie	Einheit	Kostensätze in €-2023
Treibhauspotenzial (GWP)	€/kg CO ₂ -Äq.	0,13
Ozonabbaupotenzial (ODP)	€/kg CFC-11-Äq.	29,10
Ionisierende Strahlung (IR)	€/kBq Co-60-Äq.	4,22E-03
Feinstaubbildung (PM)	€/kg PM _{2,5} -Äq.	99,20
Ozonbildungspotenzial (POCP)	€/kg NO _x -Äq.	0,42
Terrestrisches Versauerungspotenzial (AP)	€/kg SO ₂ -Äq.	5,27
Eutrophierungspotenzial, Süßwasser (FEP)	€/kg P-Äq.	3,74
Eutrophierungspotenzial, Meerwasser (MEP)	€/kg N-Äq.	14,25
Ressourcenverbrauch, Wasser (WDP)	€/m ³ water	0,407
Landnutzung (LU)	€/m ² a-crop-Äq.	0,099

2.2.5. Art und Methode der Auswertung

Die Auswertung wird entsprechend den in ISO 14044 geforderten Bestandteilen durchgeführt (DIN EN ISO 14044:2018). Diese umfassen:

- Identifizierung der signifikanten Parameter auf der Grundlage der Ergebnisse der Sachbilanz und der Wirkungsabschätzungs-Phasen der Ökobilanz
- Sensitivitäts- sowie Vollständigkeits- und Konsistenzprüfung und
- Schlussfolgerungen

2.2.6. Annahmen und Beschränkungen

Die folgenden Annahmen und Einschränkungen der Studie werden genannt:

Energie

- Die Informationen zu registrierten Photovoltaikanlagen liegen nur PLZ-spezifisch vor. Ruhrort besteht in erster Linie aus den zwei PLZ-Gebieten 47119 und 47138, welche sich jedoch mit anderen Stadtteilgebieten überschneiden. Daher wurde die Erzeugungsmenge basierend auf Abschätzungen auf das Stadtgebiet extrapoliert.

Transport

- Die Modellierung des Straßenverkehrs, Individualverkehrs basiert auf der Mobilitätsbefragung 2015 Duisburg und wurde nach der "Resident Activity Method" gem. GPC durchgeführt. Dadurch ist keine Unterteilung in Scope 1 und Scope 3 möglich.
- Die Daten zu Straßenverkehr, Firmenfahrzeuge stammen ausschließlich von der Duisburger Hafen AG und Franz Haniel & Cie. GmbH.

Abfall

- Die Gewerbeabfallmengen basieren in erster Linie auf Abschätzung der WBD. Demnach werden ca. 20 % der gesamten privatwirtschaftlichen Gewerbeabfälle in Ruhrort durch die WBD gesammelt. Die Menge des von der WBD in Duisburg im Referenzjahr 2021 gesammelten Gewerbeabfalls basiert auf der Abfallbilanz 2021. Es wird die Annahme getroffen, dass sich diese aus den Mengen der Abfallarten „hausmüllähnliche Gewerbeabfälle“, „gemischte Verpackungen gewerblicher Abfallerzeuger“, „Abfälle aus Einrichtungen des Gesundheitsdienstes“, sowie „sonstige Gewerbeabfälle“ zusammensetzt. Die Menge wurde basierend auf der Einwohneranzahl für Ruhrort berechnet und auf 100 % extrapoliert.
- Es wird angenommen, dass 80 % des Frischwasserverbrauchs dem Abwasser zugeführt werden.

Landnutzung: Gebäudeinfrastruktur

- Die Fläche der Nichtwohngebäude: Industrie basiert auf Abschätzung der Gebäudeflächen auf dem Hafengebiet mithilfe des Google Maps Tools zur Bemessung von Flächen.
- Die Fläche der sonstigen Nichtwohngebäude basiert auf folgender Abschätzung: Gemäß des Analyse-Projekts „Quartiersentwicklung Ruhrort Alte Traditionen – Neue Ideen“ gibt es in Ruhrort 110 Gebäude gemischter Nutzung und 46 Gewerbe-Gebäude. Gemäß Buschka et al. (2021) haben gewerbliche Gebäude eine durchschnittliche Fläche von 953 m² (Buschka, Bischof, Meier-Dotzler, & Lang, 2021). Die Fläche weiterer Gebäude (bspw. Haniel, Augenklinik Tausendfensterhaus, Malteserstift St. Nicholas, Kaufland oder HGK-Shipping) wurde außerdem mithilfe des Google Maps Tools zur Bemessung von Flächen annähernd abgeschätzt.
- Es wird eine Raumhöhe von 2,40 m nach der Landesbauordnung NRW angenommen (Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen, 2023).

Kapitel 3: Sachbilanz

Das folgende Kapitel gibt Auskunft über die Modellierung der verschiedenen Aktivitäten innerhalb des Stadtteils Ruhrort in den Sektoren Energie, Transport, Abfall, Industrielle Prozesse und Produktnutzung, Land-, Forstwirtschaft und Sonstige Landnutzung und Privater Konsum, die bei der Modellierung verwendeten Inventardaten, sowie die Sachbilanzergebnisse.

3.1. Datengrundlage

Die bei der Modellierung der verschiedenen Aktivitäten zugrunde gelegten Stoff- bzw. Energieströme wurden teilweise eigens erhoben (Primärdaten), teilweise aus publizierten Inventar-/Prozessdaten entnommen und teilweise extrapoliert. Verwendete Sekundärdaten entstammen in erste Linie folgender Quellen:

Energie

- Die Erzeugungsmengen der regenerativen Stromproduktion durch Photovoltaikanlagen beruhen auf Hochrechnungen mithilfe des Tools „JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)“ der Europäischen Kommission basierend auf Angaben zu registrierten Photovoltaikanlagen aus dem Marktstammdatenregister in den zwei PLZ-Gebieten 47119 und 47138
- Berechnung Endenergieverbrauch basierend auf Schornsteinfegerdaten unter Bezugnahme von (Struschka, Kilgus, Springmann, & Baumbach, 2008; Deutscher Wetterdienst (DWD), 2023; DESTATIS / Statistisches Bundesamt, 2014; Stadt Duisburg, 2021; Deutscher Wetterdienst (DWD), 2023)
- Heizwärmebedarf kamingebundener Energieträger mittels Daten zur Gebäudestatistik und charakteristischen Wärmebedarfswerten.
- Durchschnittsverluste nach Spannungsebene/Umspannebene der Duisburger Netze (Stadtwerke Duisburg, 2022)

Transport

- Straßenverkehr, MIV:
 - Schlussbericht: Mobilitätsbefragung 2015 (Helmert, Henninger, & Allekotte, 2016)
 - Diesel, Benzin, Schadstoffklasse: registrierte Autos Duisburg (Quelle)
- Distanz Hafen - Stadtteilgrenze (Schienen-, Straßen- und Wasserverkehr: Güter): Google Maps

Abfall

- Die Werte zur Umrechnung von Abfallvolumen auf -gewicht basiert auf der Abfallumrechnungstabelle der VHS UMWELTBERATUNG GmbH (VHS UMWELTBERATUNG GmbH, 2022)
- Die Art der Behandlung und die Wege des Duisburger Abfalls basiert ebenfalls auf dem Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht 2021 der WBD und wird in der Abfallbilanz 2021 spezifiziert (Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022b).

Landnutzung: Gebäudeinfrastruktur

- Fläche der Wohngebäude (kommunaler Wohnungsbaununternehmen) mit 16.206 m² basiert auf Primärdaten der GEBAG
- Fläche sonstiger Wohngebäude basiert auf der Statistik „Wohngebäude, Wohnungen und Wohnfläche 2021“ der Stadt Duisburg (Stadt Duisburg, 2021)
- Die Fläche der Nichtwohngebäude: Industrie mit 581.906 m² basiert auf Abschätzung der Gebäudeflächen auf dem Hafengebiet mithilfe des Google Maps Tools zur Bemessung von Flächen.
- Die Fläche der Nichtwohngebäude mit 126.215, 31 m² basiert auf folgender Abschätzung: Gemäß des Analyse-Projekts „Quartiersentwicklung Ruhrort Alte Traditionen – Neue Ideen“ gibt es in Ruhrort 110 Gebäude gemischter Nutzung und 46 Gewerbe-Gebäude. Gemäß Buschka et al. (2021) haben gewerbliche Gebäude eine durchschnittliche Fläche von 953 m² (Buschka, Bischof, Meier-Dotzler, & Lang, 2021). Die Fläche weiterer Gebäude (bspw. Haniel, Augenklinik Tausendfensterhaus, Malteserstift St. Nicholas, Kaufland oder HGK Shipping) wurde außerdem mithilfe des Google Maps Tools zur Bemessung von Flächen annähernd abgeschätzt.
- Es wird eine Raumhöhe von 2,40 m nach der Landesbauordnung NRW angenommen (Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen, 2023).

Privater Konsum

- Die Abschätzung der Umweltauswirkungen des privaten Konsums in der Wirkungskategorie Treibhauspotenzial basiert auf Angaben des UBA. Demnach ist von jährlich 1,7 t CO₂-Äq. pro Kopf für Ernährung und 3,4 t CO₂-Äq. für Sonstigen Konsum auszugehen (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, 2022).

An Stellen, wo keine Primär- oder Sekundärdaten verfügbar waren, wurden Annahmen getroffen bzw. Näherungswerte verwendet, wobei abgeschätzte Datensätze grundsätzlich als solche gekennzeichnet sind.

Die Datensätze, die für die Modellierung in der LCA Software SimaPro verwendet wurden, entstammen der ecoinvent 3.8 Datenbank, die derzeit weltweit führende Quelle für Ökobilanzdaten (ecoinvent 3.8, 2022). Der geographische Bezug der Datensätze wurde nach Möglichkeit landesspezifisch gewählt. Aktivitäten, die nicht in ecoinvent 3.8 abgebildet sind, wurden durch gleichwertige Prozesse (d.h. Prozesse mit gleichwertiger Funktion und Umweltlast) substituiert.

3.2. Modellierung

Die der Modellierung zu Grunde liegenden ecoinvent 3.8 Datensätze umfassen immer sowohl direkte Emissionen als auch indirekte Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette. Um die Aktivitäten gemäß der Scope-Kategorisierung abzubilden und die Ergebnisse entsprechend auswerten zu können, müssen die ecoinvent 3.8 Datensätze angepasst werden. Hierzu werden die Datensätze aufgeteilt. Direkte Prozess-Emissionen werden den Datensätze mit der Bezeichnung Scope 1, 2 bzw. 3 und indirekte Umweltauswirkungen der vor-

und nachgelagerten Wertschöpfungskette werden Datensätzen mit der Bezeichnung „Sonstige Scope 3“ zugeordnet.

3.2.1. Energie

Gem. GPC umfasst Scope 1 direkte Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe innerhalb des Stadtteilgebiets, Scope 2 direkte Emissionen aus dem Verbrauch von netzgebundener Energie und Scope 3 Emissionen, die durch die Verteilungsverluste netzgebundener Energie entstehen. Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette, die bspw. bei der Produktion der Energieträger, durch Infrastruktur oder Transport entstehen, werden unter „Sonstige Scope 3“ berücksichtigt.

Allgemein wurden die Endenergieverbräuche der Teilspektoren „Private Haushalte“, „Gewerbe, Handel, Dienstleistungen“ (GHD)⁸ und „Industrie“⁹ auf dem Stadtteilgebiet Ruhrort differenziert nach Energieträgern erhoben (Übersicht siehe Tabelle 4 und Tabelle 5).

Die Verbräuche leitungsgebundener Energie im Referenzjahr 2021, resp. Strom und Erdgas, sind in Zusammenarbeit mit dem Duisburger Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft mbH (DVV) basierend auf Angaben der Stadtwerke Duisburg (SWDU) erhoben worden. In die Berechnung sind die vertriebsseitigen Energieverbräuche der SWDU auf dem Stadtteilgebiet eingeflossen. Um auch die Endenergieverbräuche zu erfassen, die zwar im Netz des Energieversorgers verteilt, aber von anderen Energieversorgern vertrieben werden, wurden die Angaben mithilfe der Software enersis extrapoliert.

Der Endenergieeinsatz der nicht-leitungsgebundenen Energieträgern (Flüssiggas, Heizöl, Holz und Holzpellets) wird auf Basis der Schornsteinfegerdaten abgeschätzt. Die Daten für das Referenzjahr 2021 liegen für Duisburg gesamt vor und wurden unter Berücksichtigung stadtteilspezifischer Informationen (bspw. zum Fernwärmenetz oder eingesetzte Energieträger) auf den Stadtteil Ruhrort extrapoliert.

Weitere kamingebundene Energieträger, bspw. Kohle, sowie Fernwärme, sind nicht in die Betrachtung eingeflossen, da im Stadtteilgebiet keine Nutzung stattfindet.

Die Erzeugungsmengen der regenerativen Stromproduktion durch Photovoltaikanlagen beruhen auf Hochrechnungen mithilfe des Tools „JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)“ der Europäischen Kommission basierend auf Angaben zu registrierten Photovoltaikanlagen aus dem Marktstammdatenregister (Huld, Müller, & Gambardella, 2012) (Marktstammdatenregister, 2023). Die Informationen liegen nur PLZ-spezifisch vor. Ruhrort besteht in erster Linie aus den zwei PLZ-Gebieten 47119 und 47138, welche sich mit anderen Stadtteilgebieten überschneiden. Daher wurde die Erzeugungsmenge basierend auf

⁸ Zum Teilssektor GHD zählen Handel, Instandhaltung und Reparatur von Kfz; freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleistungen; Baugewerbe; Gastgewerbe; Gesundheits- und Sozialwesen; Grundstücks- und Wohnungswesen; Verkehr und Lagerei; Kunst, Unterhaltung und Erholung; Erziehung und Unterricht; Erbringung von Finanz- und Versicherungsleistungen; Sonstige (wirtschaftliche) Dienstleistungen

⁹ Industrie ist per Definition "die gewerbliche Gewinnung, Bearbeitung und Weiterverarbeitung von Rohstoffen oder Zwischenprodukten zu Sachgütern"

Abschätzungen auf das Stadtgebiet extrapoliert. Details zur Datenerhebung und Modellierung differenziert nach Scopes findet sich in den Unterkapiteln 3.2.1.1 bis 3.2.1.4 sowie im Anhang.

Tabelle 4. Netzstromverbrauch Duisburg-Ruhrort basierend auf Angaben der DVV nach Teilsektoren für das Referenzjahr 2021

Teilsektor	Verbrauch	Einheit
Private Haushalte	10.135.408	kWh
Gewerbe, Handel & Dienstleistungen	20.050.080	kWh
Industrie	1.608.476	kWh
gesamt	31.793.964	kWh

Tabelle 5. Endenergieeinsatz basierend auf Angaben der DVV, sowie Schornsteinfegerdaten für Duisburg-Ruhrort im Referenzjahr 2021 differenziert nach Teilsektoren und Energieträger

Energieträger	Endenergieeinsatz		
	[kWh] Private Haushalte	[kWh] GHD	[kWh] Industrie
Einzelraumfeuerstätten (Annahme: Holz)	657.278	n/a	n/a
Zentralheizung			
Holz (unbehandelt)	26.488	13.178	n/a
Pellets	74.528	11.777	n/a
Öl	3.807.120	1.040.469	n/a
Erdgas	56.259.773	51.690.299	4.262.093
Flüssiggas	200.441	17.892	n/a
Blockheizkraftwerk			
Erdgas	28.212	16.626	n/a
gesamt	61.053.840	52.790.241	4.262.093

3.2.1.1. Scope 1: Direkte Emissionen aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe innerhalb der Stadtteilgrenze

Leitungsgebundene Energie (Erdgas)

Die Verbräuche des leitungsgebundenen Energieträger Erdgas sind in Zusammenarbeit mit der DVV basierend auf Angaben der SWDU und mithilfe der Software enersis erhoben worden. Die Verbräuche nach Teilssektoren, sowie verwendete ecoinvent 3.8-Datensätze sind Tabelle 6 zu entnehmen. Eine Erläuterung der Datenerhebung findet sich im Anhang unter „Datenerhebung leitungsgebundener Energie (Strom und Erdgas)“

Tabelle 6. Erdgasverbrauch Duisburg-Ruhrort nach Teilssektoren für das Referenzjahr 2021

Teilssektor	Verbrauch	Einheit	Verwendeter Datensatz
Private Haushalte	56.259.772,72	kWh	Scope 1 Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland} ¹⁰ heat production, natural gas, at boiler modulating <100kW Cut-off, U
Gewerbe, Handel und Dienstleistungen	51.690.299,43	kWh	Scope 1 Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland} market for heat, central or small-scale, natural gas Cut-off, U
Industrie	4.262.093,15	kWh	Scope 1 Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at boiler modulating >100kW Cut-off, U

Nicht-leitungsgebundene Energie (Flüssiggas, Heizöl, Kohle, Holz)

Der Endenergieeinsatz der nicht-leitungsgebundenen Energieträgern (Flüssiggas, Heizöl, Holz, Holzpellets) wird auf Basis der Schornsteinfegerdaten bestimmt. Unabhängig von den Schornsteinfegerdaten wird der Heizwärmebedarf kamingebundener Energieträger zusätzlich mittels Daten zur Gebäudestatistik und charakteristischen Wärmebedarfswerten bestimmt. Die Summe dieser Abschätzung werden als Vergleichswerte zur Abschätzung des Endenergieeinsatzes aus den Schornsteinfegerdaten im Rahmen von Sensitivitätsanalysen herangezogen. Eine Erläuterung der Datenberechnung ist dem Anhang „Berechnung des Endenergieeinsatzes fossiler Brennstoffe“ zu entnehmen.

¹⁰ Europe without Switzerland: Bezeichnung von ecoinvent Datensätze, die für die durchschnittliche europäische Produktion (ohne die Schweiz) repräsentativ sind

Tabelle 7. Verbrauch und verwendete Datensätze nicht-leitungsgebundener Energieträger, Duisburg-Ruhrort für das Referenzjahr 2021: Private Haushalte

Energieträger		Verbrauch	Einheit	Verwendeter Datensatz
Einzelraumfeuerstätten (Annahme: Holz)		657.278	kWh	Scope 1 Heat, central or small-scale, other than natural gas {CH} ¹¹ heat production, mixed logs, at wood heater 6kW, state-of-the-art 2014 Cut-off, U
Zentralheizung	Holz (unbehandelt)	26.488	kWh	Scope 1 Heat, central or small-scale, other than natural gas {CH} heat production, mixed logs, at furnace 30kW, state-of-the-art 2014 Cut-off, U
	Pellets	74.528	kWh	Scope 1 Heat, central or small-scale, other than natural gas {CH} heat production, wood pellet, at furnace 25kW, state-of-the-art 2014 Cut-off, U
	Öl	3.807.120	kWh	Scope 1 Heat, central or small-scale, other than natural gas {Europe without Switzerland} heat production, light fuel oil, at boiler 100kW, non-modulating Cut-off, U
	Flüssiggas	200.441	kWh	Scope 1 Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at boiler modulating <100kW Cut-off, U
Blockheizkraftwerk	Erdgas	28.212	kWh	Scope 1 Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland} heat and power co-generation, natural gas, 50kW electrical, lean burn Cut-off, U

¹¹ CH: Bezeichnung von ecoinvent Datensätze, die für die durchschnittliche Schweizer Produktion repräsentativ sind

Tabelle 8. Verbrauch und verwendete Datensätze nicht-leitungsgebundener Energieträger, Duisburg-Ruhrort für das Referenzjahr 2021: GHD

Energieträger		Verbrauch	Einheit	Verwendeter Datensatz
Zentralheizung	Holz (unbehandelt)	13.178	kWh	Scope 1 Heat, central or small-scale, other than natural gas {CH} heat production, mixed logs, at furnace 100kW, state-of-the-art 2014 Cut-off, U
	Pellets	11.777	kWh	Scope 1 Heat, central or small-scale, other than natural gas {CH} heat production, wood pellet, at furnace 300kW, state-of-the-art 2014 Cut-off, U
	Öl	1.040.469	kWh	Scope 1 Heat, central or small-scale, other than natural gas {Europe without Switzerland} heat production, light fuel oil, at boiler 100kW, non-modulating Cut-off, U
	Flüssiggas	17.892	kWh	Scope 1 Heat, district or industrial, natural gas {Europe without Switzerland} heat production, natural gas, at boiler modulating >100kW Cut-off, U
Blockheizkraftwerk	Erdgas	16.626	kWh	Scope 1 Heat, central or small-scale, natural gas {Europe without Switzerland} heat and power co-generation, natural gas, 160kW electrical, lambda=1 Cut-off, U

Regenerativen Stromproduktion durch Photovoltaikanlagen

Die Erzeugungsmengen der regenerativen Stromproduktion durch Photovoltaikanlagen beruhen auf Hochrechnungen mithilfe des Tools „JRC Photovoltaic Geographical Information System (PVGIS)“ der Europäischen Kommission basierend auf Angaben zu registrierten Photovoltaikanlagen aus dem Marktstammdatenregister (Huld, Müller, & Gambardella, 2012) (Marktstammdatenregister, 2023). Die Informationen liegen nur PLZ-spezifisch vor. Ruhrort besteht in erster Linie aus den zwei PLZ-Gebieten 47119 und 47138, welche sich jedoch mit anderen Stadtteilgebieten überschneiden. Daher wurde die Erzeugungsmenge basierend auf Abschätzungen auf das Stadtgebiet Ruhrort extrapoliert: Die registrierten Photovoltaik-Anlagen des PLZ-Bereichs 47138 sind aus folgendem Grund nicht Teil der Betrachtung: Die PV-Anlagen von Unternehmen im PLZ-Bereich 47138 lassen sich eindeutig anderen Stadtteilen zuordnen. Da der PLZ-Bereich 47138 überwiegend das Hafengebiet in Ruhrort umfasst ist davon auszugehen, dass es dort keine privaten Gebäude gibt und sich die im PLZ-Bereich 47138 registrierten PV-Anlagen privater Haushalte außerhalb Ruhrorts befinden.

Die im Markstammdatenregister für den PLZ-Bereich 47119 registrierten PV-Anlagen lassen sich teilweise eindeutig dem Stadtteilgebiet Ruhrort zuordnen (werden als „sicher“ bezeichnet) bzw. eindeutig einem anderen Stadtteil zuordnen. Die PV-Anlagen, die sich eindeutig einem anderen Stadtteil zuordnen lassen, sind nicht Teil der vorliegenden Betrachtung. Jene PV-Anlagen, bei denen keine eindeutige Zuordnung möglich ist, (werden als „unsicher“ bezeichnet), sind nach dem konservativen Ansatz Teil der Betrachtung.

Die abgeschätzte Bruttoleistung basierend auf Daten aus dem Markstammdatenregister, sowie die jährliche Energieproduktion der PV-Anlagen basierend auf dem Tool „PVGIS“ für das Stadtteilgebiet Ruhrort ist der Tabelle 9 zu entnehmen:

Tabelle 9. Bruttoleistung und jährliche Energieproduktion der PV-Anlagen, Duisburg-Ruhrort

	Bruttoleistung [kWp]	Jährliche Energieproduktion [kWh]
Haushalte, „sicher“	14,75	14.157
Haushalte, „unsicher“	30,42	29.196
Unternehmen, „sicher“	30,23	29.014
gesamt	75,40	72.367

3.2.1.2. Scope 2: Direkte Emissionen aus netzgespeister Energie, die innerhalb des Stadtgebiets verbraucht wird

Netzstromverbrauch

Der Netzstromverbrauch des Stadtteils Ruhrort nach Teilsektoren für das Referenzjahr 2021 findet sich in Tabelle 10. Die Verbräuche sind in Zusammenarbeit mit der DVV basierend auf Angabe der SWDU und mithilfe der Software enersis erhoben worden. Eine Erläuterung der Datenerhebung findet sich im Anhang unter „Datenerhebung leitungsgebundener Energie (Strom und Erdgas)“.

Tabelle 10. Netzstromverbrauch Duisburg-Ruhrort nach Teilsektoren für das Referenzjahr 2021

Teilsektor	Verbrauch	Einheit	Verwendeter Datensatz
Private Haushalte	10.135.407,72	kWh	Scope 2 Strommix, Duisburg, Normalstrom
Gewerbe, Handel, Dienstleistungen	20.050.079,56	kWh	Scope 2 Strommix, Duisburg, Unternehmensmix
Industrie	1.608.476,45	kWh	Scope 2 Strommix, Duisburg, Unternehmensmix

3.2.1.3. Scope 3: Emissionen aus Übertragungs- und Verteilungsverlusten durch den Verbrauch von Energie aus dem Netz

Die Durchschnittsverluste nach Spannungsebene/Umspannebene der Duisburger Netze sind der Tabelle 11 zu entnehmen.

Tabelle 11. Durchschnittsverluste nach Spannungsebene

Spannungsebene/Umspannebene	[%]
Hochspannung	0,24
Hochspannung/Mittelspannung	0,49
Mittelspannung	0,93
Mittelspannung/Niederspannung	0,87
Niederspannung	3,15

Es wird die Annahme getroffen, dass private Haushalte an das Niederspannungsnetz und Unternehmen im den Teilssektoren GHD und Industrie an das Mittelspannungsnetz angeschlossen sind (konservative Annahme). Nach den Angaben der Duisburger Netze ist somit für Strom bei Niederspannung ein Verlust von in Summe 5,68 % und für Strom bei Mittelspannung ein Verlust von in Summe 1,66 % anzunehmen (Stadtwerke Duisburg, 2022).

3.2.1.4. Sonstige Scope 3

„Sonstige Scope 3“ Umweltauswirkungen umfassen alle Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette der Stromerzeugung und -distribution (bspw. Produktion und Transport von Brennstoffen, Infrastruktur der Kraftwerke und Übertragungsnetze, sonstige verwendete Ressourcen) und bei der Verbrennung von Brennstoffen zur Wärmeerzeugung (bspw. Produktion und Transport von Brennstoffen, Infrastruktur der Heizungsanlage).

3.2.2. Transport

Gem. GPC umfasst Scope 1 direkte Emissionen aus der Verbrennung von Kraftstoffen und Scope 2 direkte Emissionen aus netzgespeister Energie, die innerhalb des Stadtgebiets für den Transport verbraucht wird. Scope 3 umfasst Emissionen aus dem Teil der grenzüberschreitenden Fahrten, der außerhalb der Stadtgrenze stattfindet, sowie Übertragungs- und Verteilungsverluste aus dem Verbrauch von aus dem Netz gelieferter Energie. Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette, die bspw. bei der Produktion von Kraftstoffen oder durch die Straßen- und Fahrzeuginfrastruktur entstehen, werden unter „Sonstige Scope 3“ berücksichtigt.

Die Erfassung der Umweltauswirkungen durch den Transport außerhalb der Stadtteilgrenze von Ruhrort (Scope 3) sind nicht Teil der Analyse.

Allgemein wird gem. GPC in der Betrachtung zwischen Straßenverkehr, Schienenverkehr, Wasserverkehr, sowie Flugverkehr unterschieden. Tabelle 12 gibt eine Übersicht über die Datenquellen, differenziert nach Unterkategorien.

Der Flugverkehr ist nicht in die Betrachtung eingeflossen, da es keinen Flugverkehr im Stadtteilgebiet Ruhrort gibt. Auch privater Wasserverkehr ist nicht Teil der Betrachtung, da hierzu keine Daten vorliegen.

Tabelle 12. Betrachtete Unterkategorien des Sektors Transport und Datenquellen

Unterkategorie	Datenquelle
Straßenverkehr	
Straßenverkehr: MIV ¹²	Schlussbericht: Mobilitätsbefragung 2015 (Helmert, Henninger, & Allekotte, 2016)
Straßenverkehr: ÖPNV ¹³	Primärdaten DVG und NIAG
Straßenverkehr: Firmenfahrzeuge	Primärdaten Duisburger Hafen AG und Franz Haniel & Cie. GmbH
Straßenverkehr: Güter	Annahme basierend auf Angabe der Duisburger Hafen AG
Straßenverkehr: Abfallentsorgung	Primärdaten WBD

¹² Motorisierter Individualverkehr (MIV)

¹³ Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV)

Schieneverkehr

Schieneverkehr: ÖPNV

Primärdaten DVG

Schieneverkehr: Güter

Primärdaten Duisburger Hafen AG

Wasserverkehr

Wasserverkehr: Güter

Primärdaten Duisburger Hafen AG

Weiterhin gibt es folgende Einschränkung: Der Straßenverkehr: MIV wurde gem. GPC nach der „Resident activity“ Methode modelliert. Diese Methode quantifiziert die Umweltauswirkungen aus dem Verkehr, die nur von den Einwohnern der Stadt verursacht werden – auch über die Stadtteilgrenze hinaus. D.h. die Auswirkungen des Verkehrs durch Pendler, Touristen oder anderen Reisenden werden nicht berücksichtigt. Außerdem kann hierbei nicht zwischen Transport innerhalb (Scope 1) und außerhalb der Stadtteilgrenzen (Scope 3) unterschieden werden.

3.2.2.1. Scope 1: Direkte Emissionen aus der Verbrennung von Kraftstoffen für den Transport innerhalb des Stadtgebiets

Straßenverkehr

Straßenverkehr: MIV

Die Modellierung des Straßenverkehrs: MIV basiert gem. GPC auf der sogenannten „Resident Activity Method“ (dt. „Methode der Bewohneraktivitäten“). Diese Methode quantifiziert die Emissionen aus dem Verkehr, die nur von den Einwohnern der Stadt verursacht werden – auch über die Stadtteilgrenze hinaus. Sie erfordert Informationen über die zurückgelegten Fahrzeugkilometer (engl. Vehicle kilometers traveled, VKT) der Einwohner.

Laut dem Schlussbericht: Mobilitätsbefragung 2015 der Stadt Duisburg legen die Einwohner Duisburgs an einem Werktag 2,8 Wege pro Tag zurück (Helmert, Henninger, & Allekotte, 2016). Nach dem sog. „Modal Split“, also der Wahl der Verkehrsmittel, liegt der MIV-Anteil im Stadtbezirk „Homberg/Ruhrort/Baerl“ bei 68,4 %. Die mittlere Entfernung pro Weg von durchschnittlichen Kfz-Fahrern (Selbst- und Mitfahrer) liegt in Duisburg bei 10,5 km/Weg. Somit ergibt sich für den Stadtteil Ruhrort an Werktagen eine gesamte MIV-Entfernung von 20,11 km pro Person¹⁴. Basierend auf Angaben zur Reisezweckverteilung im Schlussbericht: Mobilitätsbefragung 2015 wird die Annahme getroffen, dass samstags 47 % und sonntags 23 % der an Werktagen gefahrenen Gesamtkilometer zurückgelegt werden. Unter Berücksichtigung des bundesdurchschnittlichen PKW-Besetzungsgrades von 1,46 Personen/PKW ergibt sich für die Gesamteinwohnerzahl von Ruhrort somit insgesamt ca. 22,5 Mio. zurückgelegte Kilometer pro Jahr (Deutscher Bundestag, 2018). Basierend auf den Fahrzeugzulassungen für das Jahr 2021 der

¹⁴ Der Schlussbericht: Mobilitätsbefragung berücksichtigt auch Kinder und immobile Personen.

Stadt Duisburg werden die jährlich gefahrenen Kilometer nach Kraftstoffart und Schadstoffklasse aufgeteilt (Kraftfahrt-Bundesamt, 2021). Die Gesamtkilometer nach Treibstoffart und Schadstoffklasse, sowie die verwendeten ecoinvent 3.8 Datensätze, können Tabelle 13 entnommen werden.

Tabelle 13. Gesamtkilometer Straßenverkehr: MIV (Scope 1) differenziert nach Treibstoffart und Schadstoffklasse

Beschreibung des Transportmittels	Kilometer/Jahr, Verwendeter Datensatz	Ruhrort
PKW, Diesel, EURO 3	633.744	Scope 1 Transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 3 {RER ¹⁵ } transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 3 Cut-off, U
PKW, Diesel, EURO 4	949.683	Scope 1 Transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 4 {RER} transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 4 Cut-off, U
PKW, Diesel, EURO 5	3.544.046	Scope 1 Transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 5 {RER} transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 5 Cut-off, U
PKW, Benzin, EURO 3	2.353.790	Scope 1 Transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 3 {RER} transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 3 Cut-off, U
PKW, Benzin, EURO 4	4.228.278	Scope 1 Transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 4 {RER} transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 4 Cut-off, U
PKW, Benzin, EURO 5	8.251.474	Scope 1 Transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5 {RER} transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5 Cut-off, U
PKW, Gas, Annahme: EURO 5	441.020	Scope 1 Transport, passenger car, medium size, natural gas, EURO 5 {RER} transport, passenger car, medium size, natural gas, EURO 5 Cut-off, U
PKW, Hybrid, Annahme: EURO 5 ¹⁶	365.475	Scope 1 Proxy, hybrid car

¹⁵ RER: Bezeichnung von ecoinvent Datensätze, die für die durchschnittliche europäische Produktion repräsentativ sind

¹⁶ Es wird die Annahme getroffen, dass 50 % der Hybridfahrzeuge kraftstoffbetrieben und 50 % elektrobetrieben sind. Im Rahmen von Scope 1 werden lediglich die Emissionen durch die Verbrennung von Kraftstoff betrachtet.

PKW, Sonstige, Annahme: Benzin, EURO 5	3.728	Scope 1 Transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5 {RER} transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5 Cut-off, U
Krafträder	1.659.593 [pkm]	Scope 1 Transport, passenger, motor scooter {CH} processing Cut-off, U

Straßenverkehr: ÖPNV

Die Modellierung des Straßenverkehrs: ÖPNV basiert auf Primärdaten der in Ruhrort verkehrenden ÖPNV-Anbietern DVG und NIAG. Tabelle 14 und Tabelle 15 geben eine Übersicht über die in Ruhrort zurückgelegten Personenkilometer (pkm) differenziert nach Anbieter und Transportmittel. Für die Modellierung wird der ecoinvent 3.8 Datensatz „Scope 1 | Transport, regular bus {GLO¹⁷}| market for | Cut-off, U“ verwendet.

Tabelle 14. DVG: zurückgelegte Personenkilometer differenziert nach Transportmittel

Beschreibung des Transportmittels	Zurückgelegte Distanz [pkm]
Standardbus, Diesel	368.155
Gelenkbus, Diesel	574.990

Tabelle 15. NIAG: Zurückgelegte Personenkilometer differenziert nach Transportmittel

Beschreibung des Transportmittels	Zurückgelegte Distanz [pkm]
Linie 911: Solo-Linienbus, Diesel	736.011
Linie 911: Gelenk-Linienbus, Diesel	1.064.027
Linie 929: Solo-Linienbus, Diesel	1.216.673
Linie 929: Gelenk-Linienbus, Diesel	827.775

Straßenverkehr: Firmenfahrzeuge

Hier werden lediglich die Firmenfahrzeuge der Duisburger Hafen AG und der Franz Haniel & Cie. GmbH, als mutmaßlich die zwei größten Arbeitgeber in Ruhrort, betrachtet. Weitere Unternehmen

¹⁷ GLO: Bezeichnung von ecoinvent Datensätze, die für die durchschnittliche weltweite Produktion repräsentativ sind

finden hier keine Berücksichtigung. Ggf. sind weitere Unternehmen zu ergänzen. Die Angaben basieren auf Primärdaten der Unternehmen.

Die Berechnung der zurückgelegten Kilometer der Firmenfahrzeuge der Duisburger Hafen AG basiert auf folgender Rechnung: Anzahl der Fahrzeuge im Jahr 2021 multipliziert mit der Anzahl der durchschnittlich gefahrenen Tage im Jahr 2021 multipliziert mit einer angenommenen durchschnittlichen Strecke innerhalb Ruhrorts von 3,8 km.

Tabelle 16. Duisburger Hafen AG: Gesamtkilometer Straßenverkehr, Firmenfahrzeuge (Scope 1) differenziert nach Treibstoffart und Schadstoffklasse

Beschreibung des Transportmittels	Kilometer/ Jahr	Verwendeter Datensatz
PKW, Diesel, Annahme: EURO 5	55.176	Scope 1 Transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 5 {RER} transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 5 Cut-off, U
PKW, Benzin, Annahme: EURO 5	7.524	Scope 1 Transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5 {RER} transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5 Cut-off, U
PKW, Gas, Annahme: EURO 5	836	Scope 1 Transport, passenger car, medium size, natural gas, EURO 5 {RER} transport, passenger car, medium size, natural gas, EURO 5 Cut-off, U
PKW, Hybrid, Annahme: EURO 5 ¹⁸	6.688	Scope 1 Proxy, hybrid car

Die Berechnung der zurückgelegten Kilometer der Firmenfahrzeuge der Franz Haniel & Cie. GmbH basiert auf der organisationsbezogenen Ökobilanz des Unternehmens und umfasst die insgesamt im Jahr 2021 zurückgelegten Kilometer basierend auf dem verbrauchten Kraftstoff. Somit ist keine eindeutige Zuordnung nach Scopes möglich.

¹⁸ Es wird die Annahme getroffen, dass 50 % der Hybridfahrzeuge kraftstoffbetrieben und 50 % elektrobetrieben sind. Im Rahmen von Scope 1 werden lediglich die Emissionen durch die Verbrennung von Kraftstoff betrachtet.

Tabelle 17. HANIEL: Gesamtkilometer Straßenverkehr, Firmenfahrzeuge differenziert nach Treibstoffart und Schadstoffklasse

Beschreibung des Transportmittels	Kilometer/Jahr	Verwendeter Datensatz
PKW, Diesel, Annahme: EURO 5	508.791	Scope 1 Transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 5 {RER} transport, passenger car, medium size, diesel, EURO 5 Cut-off, U
PKW, Benzin, Annahme: EURO 5	230.233	Scope 1 Transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5 {RER} transport, passenger car, medium size, petrol, EURO 5 Cut-off, U

Straßenverkehr: Güter

Zu dem Straßenverkehr: Güter sind keine detaillierten Primärdaten verfügbar. Die Modellierung basiert auf folgender interner Schätzung der Duisburger Hafen AG: „Die vertriebsseitige Schätzung bezüglich der Containerverkehre im Bahnverkehre geht davon aus, dass 80(-85) % der Vor-/Nachläufe per LKW passieren, ca. 5 % von/nach Schiff kommen/gehen und (10-)15 % Bahn-Bahn-Verkehre sind.“ Auf dieser Annahme basieren die im Referenzjahr 2021 transportierte Gütermenge. Für den Transport innerhalb der Stadtteilgrenzen von Ruhrort wird eine durchschnittliche Strecke von 1 km basierend auf Abmessungen mit Hilfe von google maps angenommen. Die auf diesen Annahmen basierenden Gesamtkilometer des Straßenverkehrs, Güter für das Referenzjahr 2021 in Duisburg Ruhrort ist Tabelle 18 zu entnehmen.

Für die Modellierung wird der ecoinvent 3.8 Datensatz „Scope 1 | Transport, freight, lorry 16-32 metric ton, EURO class average according to German registration, market for, RER“ verwendet.

Tabelle 18. Gesamtkilometer Straßenverkehr, Güter (Scope 1)

Beschreibung	tkm/Jahr
LKW-Versand, von Bahn	2.612.415
LKW-Empfang, nach Bahn	2.063.821
LKW-Versand, von Schiff	2.228.682
LKW-Empfang, nach Schiff	2.771.667

Straßenverkehr: Abfallentsorgung und Stadtreinigung

Die Angaben basieren auf Primärdaten der WBD. Die im Referenzjahr Jahr 2021 zurückgelegten Tonnenkilometer sind Tabelle 19 zu entnehmen. Für die Stadtreinigung, sowie die Abfallentsorgung LVP, PPK und Restmüll liegen die tatsächlich zurückgelegten Kilometer auf dem Stadtteilgebiet Ruhrort vor, welche mit der durchschnittlichen Beladung von 4,1 Tonnen multipliziert wird, welche in dem ecoinvent 3.8-Datensatz „Municipal waste collection service by 21 metric ton

lorry {CH}| processing | Cut-off, U" hinterlegt ist. Für die Abfallentsorgung Schrott, Biomüll und Sperrmüll liegen diese Daten nicht vor. Es wird angenommen, dass die Abfallmengen zum nächsten Recyclinghof transportiert werden (Distanz: ca. 4,5 km).

Tabelle 19. Gesamtkilometer Straßenverkehr, Abfallentsorgung und Stadtreinigung (Scope 1)

Beschreibung	tkm/Jahr	Verwendeter Datensatz
Stadtreinigung	16.564 [km]	Scope 1 Cleaning vehicle, large size, diesel, EURO 5 {RER} Cut-off, U
Abfallentsorgung, Schrott	77,3 t * 4,5 km	Scope 1 Municipal waste collection service by 21 metric ton lorry {CH} processing Cut-off, U
Abfallentsorgung, LVP	825 km * 4,1 t	Scope 1 Municipal waste collection service by 21 metric ton lorry {CH} processing Cut-off, U
Abfallentsorgung, PPK	3.180 km * 4,1 t	Scope 1 Municipal waste collection service by 21 metric ton lorry {CH} processing Cut-off, U
Abfallentsorgung, Restmüll	3.650 km * 4,1 t	Scope 1 Municipal waste collection service by 21 metric ton lorry {CH} processing Cut-off, U
Abfallentsorgung, Biomüll	20,54 t * 4,5 km	Scope 1 Municipal waste collection service by 21 metric ton lorry {CH} processing Cut-off, U
Abfallentsorgung, Sperrgut	450,8 t * 4,5 km	Scope 1 Municipal waste collection service by 21 metric ton lorry {CH} processing Cut-off, U

Schienerverkehr

Schienerverkehr: ÖPNV

(siehe Kapitel 0. Scope 2)

Schienerverkehr: Güter

Die Modellierung des Schienenverkehrs: Güter basiert auf Primärdaten der Duisburger Hafen AG. Hier liegen statistische Daten zu empfangenen, versendeten, sowie lokal transportierten Tonnen je Zug vor. Insgesamt wurden im Referenzjahr 2021 via Zug 3.073.429 Tonnen empfangen, 2.428.025 Tonnen versandt und 10.268 Tonnen lokal transportiert. Um die auf dem Stadtteilgebiet Duisburg-Ruhrort zurückgelegten Tonnenkilometern (tkm) zu berechnen wird eine durchschnittliche Entfernung zu den Stadtteilgrenzen von Ruhrort, gemessen über Google Maps, von 0,78 km angenommen und mit den der Menge an transportieren Gütern multipliziert. Daraus ergeben sich auf dem Stadtteilgebiet Ruhrort im Referenzjahr 2021 insgesamt 4.307.152 zurückgelegte Tonnenkilometer via Schiff. Für die Modellierung wird der Ecoinvent-Datensatz

„Scope 1 | Transport, freight train {DE¹⁹} | processing | Cut-off, U“ verwendet, wobei hier lediglich die direkten Emissionen durch die Verbrennung von Kraftstoffen berücksichtigt werden.

Wasserverkehr

Wasserverkehr: Güter

Die Modellierung des Wasserverkehrs: Güter basiert auf Primärdaten der Duisburger Hafen AG. Hier liegen statistische Daten zu aus- und eingehendem Transport von in Ruhrort verladene bzw. empfangene Gütern je Schiff vor. Insgesamt wurden im Referenzjahr 2021 via Schiff 2.943.065 Tonnen „beladen“ und 2.531.099 Tonnen „gelöscht“. Um die auf dem Stadtteilgebiet Ruhrort zurückgelegten Tonnenkilometern (tkm) zu berechnen wird eine durchschnittliche Entfernung zu den Stadtteilgrenzen von Ruhrort, gemessen über Google Maps, von 3,9 km angenommen und mit den der Menge an transportieren Gütern multipliziert. Daraus ergeben sich auf dem Stadtteilgebiet Ruhrort im Referenzjahr 2021 insgesamt 21.349.240 zurückgelegte Tonnenkilometer via Schiff. Für die Modellierung wird der Ecoinvent-Datensatz „Scope 1 | Transport, freight, inland waterways, barge tanker {RER} | processing | Cut-off, U“ verwendet.

3.2.2.2. Scope 2: Indirekte Emissionen aus netzgespeister Energie, die innerhalb des Stadtgebiets für den Transport verbraucht wird

Straßenverkehr

Straßenverkehr: MIV

Die Erläuterung der Berechnung ist dem Unterpunkt „Straßenverkehr: MIV“ in Kapitel 3.2.2.1 zu entnehmen. Folgende Angaben liegen der Modellierung zugrunde (siehe Tabelle 20).

Tabelle 20. Gesamtkilometer Straßenverkehr: MIV (Scope 2) differenziert nach Treibstoffart und Schadstoffklasse

Beschreibung des Transportmittels	Kilometer/Jahr, Verwendeter Datensatz Ruhrort	
PKW, E-Auto	64.537	Scope 2 Transport, passenger car, electric {Duisburg} processing Cut-off, U
PKW, Hybrid, Annahme: EURO 5 ²⁰	365.475	Scope 2 Proxy, hybrid car

¹⁹ DE: Bezeichnung von ecoinvent Datensätze, die für die durchschnittliche deutsche Produktion repräsentativ sind

²⁰ Es wird die Annahme getroffen, dass 50 % der Hybridfahrzeuge kraftstoffbetrieben und 50 % elektrobetrieben sind. Im Rahmen von Scope 2 werden lediglich die Emissionen berücksichtigt, die durch die Stromerzeugung entstehen.

Straßenverkehr: ÖPNV

In Ruhrort verkehren keine E-Busse.

Straßenverkehr: Firmenfahrzeuge

Hier werden lediglich die Firmenfahrzeuge der Duisburger Hafen AG und der Franz Haniel & Cie. GmbH betrachtet. Weitere Unternehmen finden hier keine Berücksichtigung. Ggf. sind weitere Unternehmen zu ergänzen. Die Angaben basieren auf Primärdaten der Unternehmen. Berechnungen der Gesamtkilometer je Unternehmen sind dem Unterpunkt „Straßenverkehr, Firmenfahrzeuge“ im Kapitel 3.2.2.1 zu entnehmen. Folgende Angaben liegen der Modellierung zugrunde (siehe Tabelle 21 und Tabelle 22).

Tabelle 21. Duisburger Hafen AG: Gesamtkilometer Straßenverkehr, Firmenfahrzeuge (Scope 2)

Beschreibung des Transportmittels	Kilometer/Jahr	Verwendeter Datensatz
PKW, E-Auto	8.360	Scope 2 Transport, passenger car, electric {Duisburg} processing Cut-off, U
PKW, Hybrid ²¹	6.688	Scope 2 Proxy, hybrid car

Tabelle 22. HANIEL: Gesamtkilometer Straßenverkehr, Firmenfahrzeuge (Scope 2) differenziert nach Treibstoffart und Schadstoffklasse

Beschreibung des Transportmittels	Kilometer/Jahr	Verwendeter Datensatz
PKW, E-Auto	11.085	Scope 2 Transport, passenger car, electric {Duisburg} processing Cut-off, U

Schienerverkehr

Schienerverkehr: ÖPNV

Die Modellierung des Schienenverkehrs, ÖPNV basiert auf Primärdaten des in Ruhrort verkehrenden ÖPNV-Anbietern DVG²². Jährlich legt die Straßenbahn 901 auf dem Stadtteilgebiet

²¹ Es wird die Annahme getroffen, dass 50 % der Hybridfahrzeuge kraftstoffbetrieben und 50 % elektrobetrieben sind. Im Rahmen von Scope 1 werden lediglich die Emissionen durch die Verbrennung von Kraftstoff betrachtet.

²² Der Anbieter NIAG hat keinen Schienenverkehr in Ruhrort

Ruhrort 4.801.546 pkm zurück. Für die Modellierung wird der Ecoinvent-Datensatz „Scope 2 | Transport, passenger train {DE}| urban, electric, hydropower | Cut-off, U“ verwendet.

Wasserverkehr

(siehe Kapitel 3.2.2.1 Scope 1)

3.2.2.3. Scope 3: Emissionen aus dem Teil der grenzüberschreitenden Fahrten, der außerhalb der Stadtgrenze stattfindet, sowie Übertragungs- und Verteilungsverluste aus dem Verbrauch von aus dem Netz gelieferter Energie

Scope 3 Emissionen sind nicht Teil der Betrachtung. Netzstromverluste der E-Autos werden vernachlässigt, da diese nur einen geringen Anteil am Gesamtergebnis beitragen.

3.2.2.4. Sonstige Scope 3

„Sonstige Scope 3“ umfassen alle Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette, die bspw. bei der Verbrennung von Kraftstoffen entstehen (bspw. Produktion und Transport von Kraftstoffen, Infrastruktur und Instandhaltung der Straßen, sonstige verwendete Ressourcen) und bei der Stromerzeugung für den Transport.

3.2.3. Abfall

Gem. GPC umfasst Scope 1 Emissionen aus Abfällen, die innerhalb der Stadtteilgrenzen behandelt werden und entweder innerhalb oder außerhalb der Stadtteilgrenzen erzeugt werden. Scope 2 Emissionen entfallen im Sektor Abfall. Scope 3 umfasst Emissionen aus Abfällen, die innerhalb der Stadtteilgrenzen erzeugt, aber außerhalb behandelt werden. Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette werden unter „Sonstige Scope 3“ berücksichtigt.

Allgemein wird gem. GPC in der Betrachtung zwischen Abfall zur Ablagerung, zur biologischen Behandlung, zur Verbrennung, sowie Abwasser unterschieden. Abfall zum Recycling wird gem. GPC nicht berücksichtigt und ist auch nicht Teil der vorliegenden Betrachtung.

Laut WBD wird kein Abfall, der auf dem Stadtteilgebiet Duisburg-Ruhrort erzeugt wird, auch dort behandelt. Auf dem Stadtteilgebiet Ruhrort befindet sich mit TSR Recycling GmbH & Co. KG ein Recyclingunternehmen für Stahlschrott und Nichteisenmetalle. Abfall zum Recycling ist jedoch nicht Teil der Betrachtung. Somit entfallen Scope 1 Emissionen.

Die Abfallmengen privater Haushalte, welche im Jahr 2021 in Duisburg-Ruhrort anfallen, basieren in erster Linie auf Primärdaten der WBD. Für Leichtverpackung (LVP), Restmüll bzw. Hausmüll (RM), Papier, Pappe und Kartonage (PPK) und Biomüll werden die Abfallmengen aus Behältervolumen und Leerungsintervallen, der in Ruhrort registrierten Abfallbehälter, berechnet. Die Mengen an Sperrgut und Schrott basiert auf dem tatsächlich gesammelten Volumen im Referenzjahr 2021. Die Werte zur Umrechnung von Abfallvolumen auf -gewicht basiert auf der Abfallumrechnungstabelle der VHS UMWELTBERATUNG GmbH (VHS UMWELTBERATUNG GmbH, 2022).

Laut dem Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht 2021 der WBD, in welchem u.a. die Wege des Duisburger Abfalls beschreiben werden, werden bestimmte Abfallarten neben dieser sogenannten „Haushaltsnahen Sammlung“ zusätzlich über Recyclinghöfe bzw. Depotcontainer entsorgt (Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022b). Um diese Mengen sowie weitere Abfallarten, welche über Recyclinghöfe bzw. Depotcontainer entsorgt werden, ebenfalls zu berücksichtigen, werden die in der Abfallbilanz 2021 genannten Mengen für Duisburg basierend auf der Einwohneranzahl auf Duisburg-Ruhrort extrapoliert (Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022a).

Die Art der Behandlung der verschiedenen Abfallarten basiert ebenfalls auf dem Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht 2021 der WBD und wird in der Abfallbilanz 2021 spezifiziert (Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022b).

Die Gewerbeabfallmengen basieren in erster Linie auf Abschätzung der WBD. Demnach werden ca. 20 % der gesamten privatwirtschaftlichen Gewerbeabfälle in Ruhrort durch die WBD gesammelt. Die restlichen 80 % werden durch andere Dienstleister der Abfallwirtschaft entsorgt. Die Menge des von der WBD in Duisburg im Referenzjahr 2021 gesammelten Gewerbeabfalls basiert auf der Abfallbilanz 2021. Es wird die Annahme getroffen, dass sich diese aus den Mengen der Abfallarten „hausmüllähnliche Gewerbeabfälle“, „gemischte Verpackungen gewerblicher Abfallerzeuger“, „Abfälle aus Einrichtungen des Gesundheitsdienstes“, sowie „sonstige

Gewerbeabfälle“ zusammensetzt. Die Menge wurde basierend auf der Einwohneranzahl für Ruhrort berechnet und auf 100 % extrapoliert.

Die Frischwassereinleitungsmenge basiert auf Primärdaten der DVV zum Wasserverbrauch in Ruhrort der und wird differenziert nach privaten Haushalten, GHD und Industrie betrachtet. Es wird angenommen, dass 80 % des Frischwasserverbrauchs dem Abwasser zugeführt werden und die restlichen 20 % bspw. verdampfen.

Genauere Berechnungen können dem Excel-Arbeitsblatt „[Berechnung_Abfallwirtschaft.xlsx](#)“ entnommen werden.

3.2.3.1. Scope 1: Emissionen aus Abfällen, die innerhalb der Stadtteilgrenzen erzeugt und behandelt werden

Laut WBD wird kein Abfall, der auf dem Stadtteilgebiet Ruhrort erzeugt wird, auch dort behandelt, daher entfallen diese Scope 1 Emissionen.

3.2.3.2. Scope 1: Emissionen aus Abfällen, die außerhalb der Stadtteilgrenzen erzeugt und innerhalb behandelt werden

Laut WBD wird kein Abfall auf dem Stadtteilgebiet Ruhrort behandelt, jedoch befindet sich mit TSR Recycling GmbH & Co. KG ein Recyclingunternehmen für Stahlschrott und Nichteisenmetalle auf dem Stadtteilgebiet. Da Abfall zum Recycling nicht Teil der Betrachtung ist, entfallen diese Scope 1 Emissionen.

3.2.3.3. Scope 3: Emissionen aus Abfällen, die innerhalb der Stadtteilgrenzen erzeugt, aber außerhalb behandelt werden

Abfall zur Ablagerung

Gem. GPC werden Emissionen aus festen Abfällen berücksichtigt, die auf Deponien oder Ablagerungsplätzen entsorgt werden, einschließlich der Beseitigung in einer bewirtschafteten Deponie. Laut Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht 2021 der WBD wird kein Abfall auf Deponien oder Ablagerungsplätzen entsorgt (Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022b).

Abfall zur biologischen Behandlung

Die biologische Behandlung von Abfällen bezieht sich auf die Kompostierung und anaerobe Vergärung von organischen Abfällen wie Lebensmittelabfällen, Garten- und Parkabfällen, Klärschlamm und anderen organischen Abfallquellen.

Die Bioabfälle, welche in Duisburg anfallen, werden in einem Kompostwerk mit vorgeschalteten Vergärungsstufen zur Gewinnung von Biogas eingesetzt und zu Komposterde verarbeitet. Grünabfälle werden zunächst zerkleinert und gesiebt. Der holzreiche Anteil wird zur Erzeugung erneuerbarer Energien in Biomasseheizkraftwerken genutzt. Das verbleibende Substrat wird kompostiert. Etwa 4 % waren nicht verwertbare Grünabfälle. Sie wurden der Gemeinschaftsmüllverbrennungsanlage zugeführt und hier thermisch verwertet (Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022a).

Tabelle 23. Abfall zur biologischen Behandlung

Abfallart	Menge [kg]/Jahr	Quelle	Verwendeter Datensatz
Bioabfall, 100 % haushaltsnahe Sammlung	20.540	Primärdaten WBD	Scope 3 Biowaste {DE} treatment of biowaste by anaerobic digestion Cut-off, U
Grünabfall (26 % haushaltsnahe Sammlung; 47 % Recyclinghöfe; 27 % Park, Grünflächen & Friedhofspflege)	370.188	(Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022a; 2022b)	Scope 3 Biowaste {DE} treatment of biowaste by anaerobic digestion Cut-off, U

Abfall zur Verbrennung (thermische Behandlung)

Die Verbrennung von Abfällen ist ein kontrollierter, industrieller Prozess, oft mit Energierückgewinnung, bei dem Input und Emissionen gemessen werden können und häufig Daten verfügbar sind. Im Gegensatz dazu ist die offene Verbrennung ein unkontrollierter, oft illegaler Prozess mit unterschiedlichen Emissionen und kann in der Regel nur auf der Grundlage von Sammelraten geschätzt werden. In der vorliegenden Betrachtung wird die Annahme getroffen, dass keine offene Verbrennung von Abfällen durchgeführt wird.

Abfälle, die nicht separat erfasst werden, werden in der Regel der Gemeinschaftsmüllverbrennungsanlage (GMVA) Oberhausen zugeführt. Die bei der Abfallverbrennung freigesetzte Energie wird für die Stromproduktion und als Fernwärme genutzt (Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022a).

Tabelle 24. Abfall zur thermischen Verwertung

Abfallart	Menge [kg]/Jahr	Quelle	Verwendeter Datensatz
Hausmüll, 93 % haushaltsnahe Sammlung	1.498.094	Primärdaten WBD	Scope 3 Residual waste, specific composition, Duisburg, 2019, for incineration ²³
Hausmüll, 7 % Recyclinghof	102.736	(Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022a; 2022b)	Scope 3 Residual waste, specific composition, Duisburg, 2019, for incineration
Sperrmüll, 79 % haushaltsnahe Sammlung	450.800	Primärdaten WBD	Scope 3 Municipal solid waste {DE} treatment of, incineration Cut-off, U
Sperrmüll, 21 % Recyclinghof	49.107	(Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022a; 2022b)	Scope 3 Municipal solid waste {DE} treatment of, incineration Cut-off, U
Grünabfall (26 % haushaltsnahe Sammlung; 47 % Recyclinghöfe; 27 % Park, Grünflächen & Friedhofspflege)	15.424	(Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022a; 2022b)	Scope 3 Biowaste {DE} treatment of biowaste by anaerobic digestion Cut-off, U
Leichtstoffverpackung 97 % haushaltsnahe Sammlung	90.867 ²⁴	Primärdaten WBD	Scope 3 Waste plastic, mixture {Europe without Switzerland} treatment of waste plastic, mixture, municipal incineration Cut-off, U
Leichtstoffverpackung, 3 % Recyclinghof	2.693 ¹³	(Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022a; 2022b)	Scope 3 Waste plastic, mixture {Europe without Switzerland} treatment of waste plastic, mixture, municipal incineration Cut-off, U

²³ Die Zusammensetzung des Hausmülls basiert auf einer Analyse des Instituts für Abfall, Abwasser und Infrastruktur-Management GmbH aus dem Jahr 2019 (Santjer & Hannes, 2019).

²⁴ Verwertungsweg LVP: 40 % Verwertung und Recycling zu Recyclingkunststoff; 60 % Thermische Verwertung

Bekleidung, Textilien	2.291 ²⁵	(Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022a; 2022b)	Scope 3 Waste textile, soiled {CH} treatment of, municipal incineration Cut-off, U
Bau- und Abbruchabfälle (Straßenaufbruch, Dämmmaterial und asbesthaltige Baustoffe, gemischte Bau- und Abbruchabfälle)	8.922 ²⁶	(Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022a; 2022b)	Scope 3 Waste cement-fibre slab, dismantled {RoW} ²⁷ treatment of waste cement- fibre slab, municipal incineration Cut-off, U
Infrastrukturabfälle (Straßenkehrschutt, Abfälle aus Kanalreinigung, Sonstige Infrastrukturabfälle)	102.795	(Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022a; 2022b)	Scope 3 Municipal solid waste {DE} treatment of, incineration Cut-off, U

Tabelle 25. Gewerbeabfall zur thermischen Verwertung

Abfallart	Menge [kg]/Jahr	Quelle	Verwendeter Datensatz
Hausmüllähnliche Gewerbeabfälle	1.132	(Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022a; 2022b)	Scope 3 Residual waste, specific composition, Duisburg, 2019, for incineration
Gemischte Verpackungen gewerblicher Abfallerzeuger	4.319	(Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022a; 2022b)	Scope 3 Waste plastic, mixture {Europe without Switzerland} treatment of waste plastic, mixture, municipal incineration Cut-off, U
Sonstige Gewerbeabfälle	23.137	(Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022a; 2022b)	Scope 3 Municipal solid waste {DE} treatment of, incineration Cut-off, U
Abfälle aus Einrichtungen des Gesundheitsdienstes	85.192	(Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022a; 2022b)	Scope 3 Municipal solid waste {DE} treatment of, incineration Cut-off, U

²⁵ Verwertungsweg Bekleidung, Textilien: 8 % Thermische Verwertung; 27 % Verwertung und Recycling; 63 % Wiederverwendung

²⁶ Verwertungsweg: überwiegend thermische Verwertung

²⁷ RoW: Bezeichnung von ecoinvent Datensätze, die für die durchschnittliche weltweite Produktion repräsentativ sind

Abwasser

Tabelle 26. Abwasser nach Sektoren

	Menge [m ³]/Jahr	Quelle	Verwendeter Datensatz
Private Haushalte	260.045	Primärdaten DVV	Scope 3 Wastewater, average {DE} treatment of wastewater, average, capacity 1E9l/year Cut-off, U
GHD	30.368		
Industrie	2.317		

3.2.3.4. Sonstige Scope 3

„Sonstige Scope 3“ umfassen alle Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette der Abfallentsorgung, wie bspw. benötigte Energie oder Infrastruktur zur Abfallverwertung.

3.2.4. Industrielle Prozesse und Produktnutzung

Gem. GPC umfasst Scope 1 Emissionen, die durch industrielle Prozesse, Produktverwendung und der nichtenergetischen Verwendung fossiler Brennstoffe innerhalb der Stadtteilgrenzen entstehen. Scope 2 Emissionen entfallen bzw. werden im Rahmen des Sektors Energie berücksichtigt. Emissionen, welche außerhalb der Stadtteilgrenzen entstehen, können gem. GPC gegebenenfalls unter „Sonstige Scope 3“ berücksichtigt werden, sind allerdings nicht Teil der vorliegenden Betrachtung. Tabelle 27 gibt eine Übersicht über die gem. GPC berücksichtigten industriellen Prozesse und Produktverwendungen. In Ruhrort gibt es keine Unternehmen, welche Metalle oder Mineralprodukte herstellen. Mit dem Unternehmen Clariant Produkte (Deutschland) GmbH gibt es ein Unternehmen der Chemieindustrie auf dem Stadtteilgebiet. Auf Anfrage wollte das Unternehmen jedoch keine Daten zur Verfügung stellen.

Daher werden keine Aktivitäten im Sektor Industrielle Prozesse und Produktnutzung betrachtet.

Tabelle 27. Berücksichtigte industrielle Prozesse und Produktnutzung gem. GPC

Emissionsquellen	industrielle Prozesse oder Produktverwendung
Emissionen aus industriellen Prozessen	<ul style="list-style-type: none"> • Herstellung und Verwendung von Mineralprodukten • Herstellung und Verwendung von Chemikalien • Herstellung von Metallen
Emissionen aus der Produktnutzung	<ul style="list-style-type: none"> • Schmierstoffe und Paraffinwachse, die in nichtenergetischen Produkten verwendet werden • FC-Gase, die in der Elektronikproduktion verwendet werden • Fluorierte Gase, die als Ersatz für Ozon abbauende Stoffe verwendet werden

3.2.5. Land-, Forstwirtschaft und Sonstige Landnutzung und -änderung

Gem. GPC umfasst Scope 1 Emissionen, die aus landwirtschaftlicher Landnutzung und Landnutzungsänderung innerhalb der Stadtgrenze entstehen. Scope 2 Emissionen entfallen gem. GPC. Landnutzungsaktivitäten außerhalb der Stadt (z.B. landwirtschaftliche Produkte, die zum Verbrauch innerhalb der Stadtgrenze gedacht sind) können gem. GPC gegebenenfalls unter „Sonstige Scope 3“ berücksichtigt werden und finden teilweise im Rahmen des Sektors „Privater Konsum“ durch die Berücksichtigung von Lebensmitteln Beachtung.

In Ruhrort gibt es keine Viehzucht und mit ca. 650 m² (0,01 %) eine vernachlässigbare Fläche, die zur Landwirtschaft genutzt wird. Ebenso gibt es keinen Wald und somit keine Forstwirtschaft in Ruhrort. Die Landnutzung selbst hat keine Auswirkung auf die betrachteten Umweltwirkungskategorien. Zur Landnutzungsänderung innerhalb der letzten 20 Jahre gem. GPC liegen keine Informationen vor. Daher werden keine Aktivitäten im Sektor Land-, Forstwirtschaft und Sonstige Landnutzung und Landnutzungsänderung betrachtet.

Nicht Teil der Analyse gem. GPC, jedoch in der vorliegenden Betrachtung unter „Sonstige Scope 3“ im Sektor Land-, Forstwirtschaft und Sonstige Landnutzung und Landnutzungsänderung berücksichtigt, werden die Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsketten von Baumaterialien bzw. Gebäuden. Die Modellierung basiert auf Sekundärdaten. Art der Gebäude, Fläche und verwendete ecoinvent 3.8-Datensätze sind Tabelle 28 zu entnehmen.

Sonstige Scope 3 – Gebäudeinfrastruktur

Die Fläche der Wohngebäude (kommunaler Wohnungsbauunternehmen) mit 16.206 m² basiert auf Primärdaten der GEBAG, welche als einziges kommunales Wohnungsbauunternehmen Gebäude in Ruhrort hat. Die Fläche sonstiger Wohngebäude basiert auf der Statistik „Wohngebäude, Wohnungen und Wohnfläche 2021“ der Stadt Duisburg (Stadt Duisburg, 2021). Demnach hat Ruhrort Wohnfläche von insgesamt 224.408 m². Abzüglich der Fläche der Wohngebäude kommunaler Wohnungsbauunternehmen ergibt das eine Fläche für sonstige Wohngebäude von 208.202 m². Die Fläche der Nichtwohngebäude: Industrie mit 581.906 m² basiert auf Abschätzung der Gebäudeflächen auf dem Hafengebiet mithilfe des Google Maps Tools zur Bemessung von Flächen. Die Fläche der Nichtwohngebäude mit 126.215 m² basiert auf folgender Abschätzung: Gemäß des Analyse-Projekts „Quartiersentwicklung Ruhrort Alte Traditionen – Neue Ideen“ gibt es in Ruhrort 110 Gebäude gemischter Nutzung und 46 Gewerbe-Gebäude. Gemäß Buschka et al. (2021) haben gewerbliche Gebäude eine durchschnittliche Fläche von 953 m² (Buschka, Bischof, Meier-Dotzler, & Lang, 2021). Die Fläche weiterer Gebäude (bspw. Haniel, Augenklinik Tausendfensterhaus, Malteserstift St. Nicholas, Kaufland oder HGK Shipping) wurde außerdem mithilfe des Google Maps Tools zur Bemessung von Flächen annähernd abgeschätzt.

Für den ecoinvent 3.8-Datensatz „Building, multi-storey {RER} construction | Cut-off, U“ wird nicht die Fläche, sondern das Gebäudevolumen benötigt. Es wird eine Raumhöhe von 2,40 m nach der Landesbauordnung NRW angenommen (Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen, 2023). Basierend darauf wird das Volumen für die verschiedenen Gebäudetypen berechnet (siehe Tabelle 28).

Tabelle 28. Modellierung Gebäudeinfrastruktur: Gebäudetyp, Fläche/Volumen, verwendeter ecoinvent 3.8-Datensatz

Gebäudetyp	Fläche/ Volumen	Einheit	verwendete ecoinvent 3.8-Datensätze
Wohngebäude	499.685	m ³	Building, multi-storey {RER} construction Cut-off, U
Wohngebäude (kommunal)	38.894	m ³	Building, multi-storey {RER} construction Cut-off, U
Nichtwohngebäude: Industrie	581.906	m ²	„Building, hall {CH} construction Cut-off, U“
Nichtwohngebäude: GHD	302.917	m ³	Building, multi-storey {RER} construction Cut-off, U

Die Lebensdauer der Gebäude wird mit 80 Jahren angenommen. Die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung müssen demnach auf ein Jahr (Referenzjahr) extrapoliert werden.

3.2.6. Privater Konsum

Die Erhebung von Primärdaten des Privaten Konsums befindet sich noch in der Auswertung und ist nicht Teil dieser ersten Version des Projektberichts. Eine Abschätzung der Umweltwirkungen des Privaten Konsums wird im Rahmen der Sensitivitätsprüfung basierend auf Angaben des Umweltbundesamts (UBA) vorgenommen (siehe Kapitel 5.2.5).

Kapitel 4: Wirkungsabschätzung

Im Folgenden werden die Ergebnisse der Wirkungsabschätzung, d.h. die potenziellen Umweltwirkungen von Duisburg-Ruhrort dargestellt. Die Zusammenfassung der absoluten Werte in den betrachteten Wirkungskategorien findet sich in der Tabelle 29. Dargestellt sind die Gesamtauswirkungen, sowie die Wirkungen differenziert nach Sektoren.

Tabelle 29. Umweltwirkungen von Duisburg-Ruhrort differenziert nach Sektoren und Wirkungskategorien

Wirkungskategorie	Einheit	Gesamt	Energie	Transport	Abfall	Industrie	Land- nutzung	Privater Konsum
Treibhauspotenzial (GWP)	kg CO ₂ -Äq.	65.711.520	45.821.888	12.655.327	1.529.390	n/a	5.704.914	n/a
Ozonabbaupotenzial (ODP)	kg CFC-11-Äq.	27	16	7	2	n/a	2	n/a
Ionisierende Strahlung (IR)	kBq Co-60-Äq.	3.640.789	3.013.740	358.856	43.131	n/a	225.062	n/a
Feinstaubbildung (PM)	kg PM2.5-Äq.	52.708	16.523	14.701	709	n/a	20.775	n/a
Ozonbildungspotenzial (POCP)	kg NO _x -Äq.	107.468	39.235	45.016	1.682	n/a	21.536	n/a
Terrestrisches Versauerungspotenzial (AP)	kg SO ₂ -Äq.	146.488	47.430	35.141	1.806	n/a	62.110	n/a
Eutrophierungspotenzial, Süßwasser (FEP)	kg P-Äq.	18.918	7.593	3.571	1.054	n/a	6.699	n/a
Landnutzung (LU)	m ² a-crop-Äq.	1.887.103	422.924	516.380	12.986	n/a	934.812	n/a
Wassernutzung (WDP)	m ³ water	248.638	55.695	44.383	87.894	n/a	60.666	n/a
Eutrophierungspotenzial, Meerwasser (MEP)	kg N-Äq.	2.351	546	172	1.421	n/a	212	n/a

Eine bildliche Darstellung der relativen Anteile der einzelnen Sektoren zu den Gesamtumweltwirkungen zeigt Abbildung 2.

In den Unterkapiteln 4.1 bis 4.6 werden die Beiträge der Umweltwirkung der einzelnen Sektoren genauer erläutert.



Abbildung 2. Umweltwirkungen der Sektoren im Verhältnis zum Gesamtergebnis

Wie zu erkennen ist, leistet der **Sektor Energie** die größten Beiträge in den Wirkungskategorien **Ionisierende Strahlung mit 83 %**, **Treibhauspotenzial mit 70 %**, sowie **Ozonabbaupotenzial mit 57 %**. Dies ist in der Wirkungskategorie ionisierende Strahlung auf die Stromerzeugung aus Kernenergie zurückzuführen und in der Wirkungskategorie **Treibhauspotenzial** auf die **direkten Emissionen bei der Wärmeerzeugung mit Erdgas zu fast gleichen Anteilen in den Teilsektoren Private Haushalte und GHD**, sowie auf die **Stromerzeugung aus Kohle überwiegend im Teilsektor GHD** zurückzuführen. Einen signifikanten Beitrag leistet der Sektor Energie außerdem mit **40 % zu Eutrophierungspotenzial, Süßwasser**, mit **37 % zu Ozonbildungspotenzial**, mit **32 % zu Terrestrisches Versauerungspotenzial** und mit **31 % zur Feinstaubbildung**. Zu den Wirkungskategorien Landnutzung und Ressourcenverbrauch, Wasser leistet der Sektor Energie einen Beitrag von je 22 % bzw. von 23 % zu Eutrophierungspotenzial, Meerwasser.

Der **Sektor Abfall** hat mit **60 %** den größten Beitrag zur Wirkungskategorie **Eutrophierungspotenzial, Meerwasser**. Die ist fast ausschließlich auf die **Abwasserbehandlung** zurückzuführen. Mit **35 %** hat der Sektor Abfall außerdem einen signifikanten Beitrag zur Kategorie **Ressourcenverbrauch, Wasser**, sowie zu den Wirkungskategorien Ozonabbaupotenzial und Eutrophierungspotenzial, Süßwasser einen geringen Beitrag von 7 % bzw. 6 %. In den anderen Wirkungskategorien ist der Sektor Abfall mit einem Beitrag von < 2 % zu vernachlässigen.

Der **Sektor Transport** hat mit **42 %** den größten Beitrag zur Kategorie **Ozonbildungspotenzial**.

Dies ist hauptsächlich auf die **direkten Emissionen bei der Verbrennung von Kraftstoffen** zurückzuführen. Außerdem hat der Sektor Transport einen signifikanten Beitrag zur Wirkungskategorie **Feinstaubbildung mit 28 %**, **Ozonabbaupotenzial** und **Landnutzung mit je 27 %**, **Terrestrisches Versauerungspotenzial mit 24 %**, je **19 % zu den Kategorien Treibhauspotenzial und Eutrophierungspotenzial**, **Süßwasser** und **18 % zu Ressourcenverbrauch, Wasser**. In der Wirkungskategorien Ionisierende Strahlung und Eutrophierungspotenzial, Meerwasser hat der Sektor Transport mit 10 % bzw. 6 % einen geringen Beitrag.

Der **Sektor Landnutzung** (ausschließlich Gebäudeinfrastruktur) hat mit **50 % den größten Beitrag zur Kategorie Landnutzung**, sowie einen signifikanten Beitrag zu den Wirkungskategorien **Terrestrisches Versauerungspotenzial mit 42 %**, **Feinstaubbildung mit 39 %**, **Eutrophierungspotenzial, Süßwasser mit 35 %**, **Ressourcenverbrauch, Wasser mit 24 %** und **Ozonbildungspotenzial mit 20 %**. In den Wirkungskategorien Treibhauspotenzial und Eutrophierungspotenzial, Meerwasser mit je 9 % und Ozonabbaupotenzial mit 8 % hat der Sektor Landnutzung einen geringen Beitrag.

Aktivitäten im **Sektor Industrielle Prozesse und Produktnutzung** werden nicht betrachtet. Die Analyse des **Privaten Konsums** befindet sich noch in der Auswertung und ist lediglich im Rahmen der Sensitivitätsprüfung Teil dieser Version des Projektberichts.

4.1. Energie

Die Zusammenfassung der absoluten Werte des Sektors Energie in den sechs betrachteten Wirkungskategorien findet sich in der Tabelle 30. Dargestellt sind die Gesamtauswirkungen im Sektor Energie, sowie die Wirkungen differenziert nach Scopes.

Tabelle 30. Umweltwirkungen im Sektor Energie von Duisburg-Ruhrort differenziert nach Scopes und Wirkungskategorien

Wirkungskategorie	Einheit	gesamt	Scope 1	Scope 2	Scope 3	Sonstige Scope 3
Treibhauspotenzial	kg CO ₂ -Äq.	45.821.888	24.909.894	12.204.273	293.020	8.414.701
Ozonabbaupotenzial	kg CFC-11-Äq.	16	3	5	0	8
Ionisierende Strahlung	kBq Co-60-Äq.	3.013.740	0	93.930	2.258	2.917.552
Feinstaubbildung	kg PM2,5-Äq.	16.523	1.393	3.645	87	11.398
Ozonbildungspotenzial	kg NOx-Äq.	39.235	7.801	7.839	188	23.406
Terrestrisches Versauerungspotenzial	kg SO ₂ -Äq.	47.430	3.702	10.515	252	32.961
Eutrophierungspotenzial, Süßwasser	kg P-Äq.	7.593	0	11	0	7.582
Landnutzung	m ² a-crop-Äq.	422.924	0	121	3	422.801
Wassernutzung	m ³ water	55.695	0	32.086	771	22.838
Eutrophierungspotenzial, Meerwasser	kg N-Äq.	546	0	7	0	538

Eine bildliche Darstellung der relativen Anteile der einzelnen Scopes zu den Gesamtumweltwirkungen im Sektor Energie zeigt Abbildung 3.



Abbildung 3. Umweltwirkungen der Scopes im Verhältnis zum Gesamtergebnis im Sektor Energie

Wie zu erkennen ist, leistet mit **54 %** der **Scope 1** (Verbrennung fossiler Brennstoffe) zu fast gleichen Anteilen in den Teilsektoren Private Haushalte und GHD den größten Beitrag zu der Wirkungskategorie **Treibhauspotenzial**. Einen signifikanten Beitrag leistet Scope 1 außerdem mit **20 % zum Ozonbildungspotenzial** und mit **18 % zum Ozonabbaupotenzial**, sowie mit je 8 % einen geringen Beitrag zu den Wirkungskategorien Feinstaubbildung und terrestrisches Versauerungspotenzial, ebenfalls zu fast gleichen Anteilen in den Teilsektoren Private Haushalte und GHD. In den anderen Wirkungskategorien hat Scope 1 keinen Beitrag.

Scope 2 (Netzstrom) leistet mit **58 %** den größten Beitrag zur Wirkungskategorie **Ressourcenverbrauch, Wasser**, überwiegend im Teilsektor GHD, sowie einen signifikanten Beitrag zu den Wirkungskategorien **Ozonabbaupotenzial mit 33 %**, **Feinstaubbildung** und **terrestrisches Versauerungspotenzial mit je 22 %** und **Ozonbildungspotenzial mit 20 %**. In den anderen Wirkungskategorien hat Scope 2 keinen Beitrag.

„**Sonstige Scope 3**“ (Umweltauswirkung der vor- bzw. nachgelagerten Wertschöpfungskette) **dominiert** die Wirkungskategorien **Landnutzung, Eutrophierungspotenzial, Süß- und Meerwasser mit je 100 % bzw. 99 %** und **Ozonabbaupotenzial mit 97 %**. Einen signifikanten Beitrag leistet „Sonstige Scope 3“ außerdem mit **je 69 %** zu der Kategorie **Terrestrisches Versauerungspotenzial** und **Feinstaubbildung**, mit **60 % zu Ozonbildungspotenzial**, mit **48 % zu Ozonabbaupotenzial** und **41 % zu Ressourcenverbrauch, Wasser**. In den anderen Wirkungskategorien hat „Sonstige Scope 2“ keinen Beitrag.

Abbildung 4 zeigt eine bildliche Darstellung der relativen Anteile der einzelnen Teilsektoren (Private Haushalte, GHD und Industrie) zu den Gesamtumweltwirkungen im Sektor Energie.

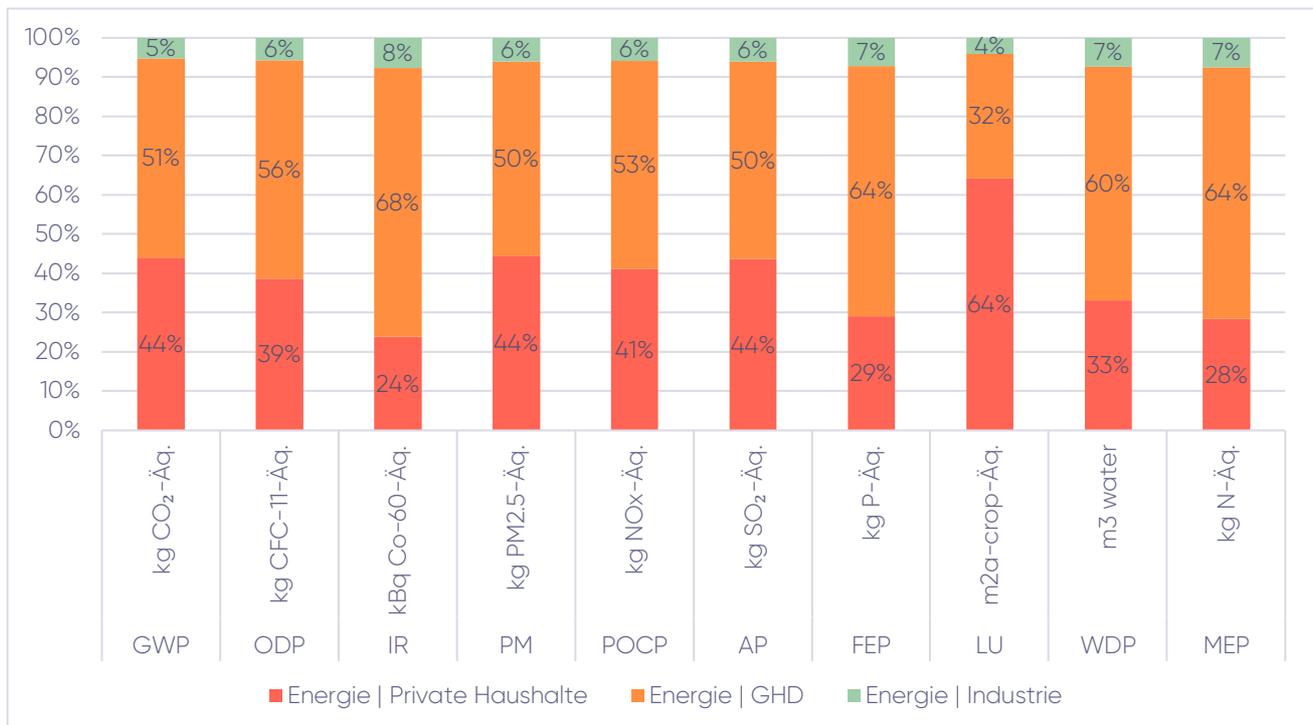


Abbildung 4. Umweltwirkungen der Teilsektoren im Verhältnis zum Gesamtergebnis im Sektor Energie

Wie zu erkennen ist, hat der **Teilssektor GHD** mit **51 – 65 %** in den meisten Wirkungskategorien den **größten Beitrag zu den Umweltauswirkungen**, gefolgt von dem **Teilssektor Private Haushalte** mit **24 – 44 %**. Lediglich zur Wirkungskategorie **Landnutzung** hat der Teilssektor **Private Haushalte** mit **64 %** den größten Beitrag, gefolgt von dem **Teilssektor GHD** mit **32 %**.

Der **Teilssektor Industrie** hat mit **4 – 8 %** lediglich einen **geringen Beitrag** zu den einzelnen Wirkungskategorien.

Eine detaillierte Darstellung der relativen Anteile der einzelnen Teilsektoren und Scopes zu den Gesamtumweltwirkungen im Sektor Energie zeigt Abbildung 5.

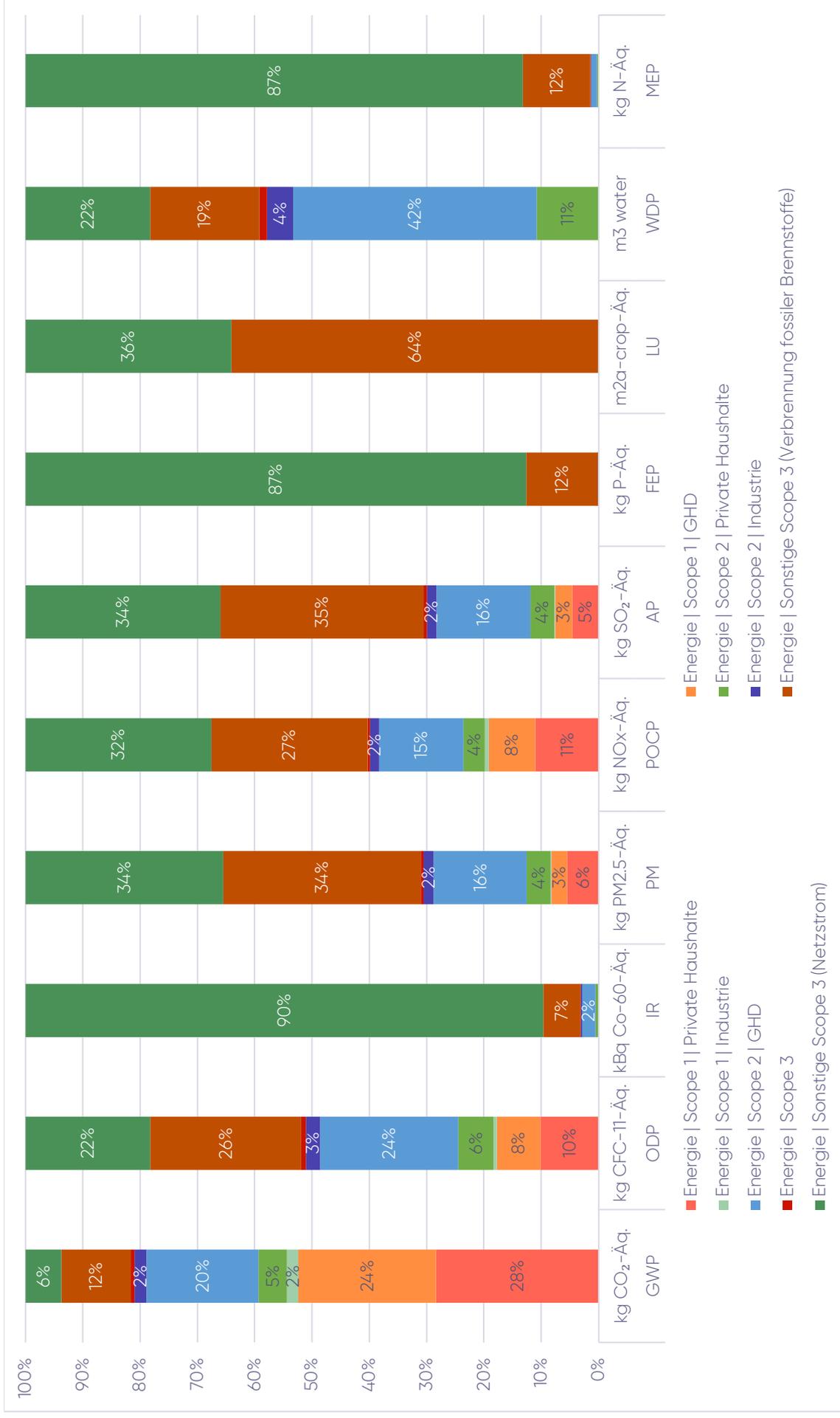


Abbildung 5. Umweltwirkungen der Scopes und Teilsektoren im Verhältnis zum Gesamtergebnis im Sektor Energie (detailliert)

Treibhauspotenzial

Den größten Beitrag zur Wirkungskategorie Treibhauspotenzial hat **Scope 1 (Private Haushalte) mit 28 %**, gefolgt von **Scope 1 (GHD) mit 24 %** und **Scope 2 (GHD) mit 20 %**. Einen geringen Beitrag am Treibhauspotenzial hat außerdem „Sonstige Scope 3“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe) mit 12 % und „Sonstige Scope 3“ (Netzstrom) mit 6 % bzw. Scope 2 (Private Haushalte) mit 5 %.

Dies ist in Scope 1 in erster Linie auf die direkten Emissionen bei der Wärmeerzeugung mit Erdgas zurückzuführen, in Scope 2 auf die Stromerzeugung aus Kohle, gefolgt von Erdgas und Öl, in „Sonstige Scope 3“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe) auf die Herstellung und den Transport von Erdgas und in „Sonstige Scope 3“ (Netzstrom) auf die Herstellung und den Transport von Kohle.

Ozonabbaupotenzial

Den größten Beitrag zur Wirkungskategorie Ozonabbaupotenzial hat **„Sonstige Scope 3“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe) mit 26 %**, gefolgt von **Scope 2 (GHD) mit 24 %** und **„Sonstige Scope 3“ (Netzstrom) mit 22 %**. Einen geringen Beitrag am Ozonabbaupotenzial hat außerdem Scope 1 (Private Haushalte) mit 10 % und Scope 1 (GHD) mit 8 %, sowie Scope 2 (Private Haushalte) mit 6 %.

Dies ist in „Sonstige Scope 3“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe) in erster Linie auf die Herstellung und den Transport von Erdgas zurückzuführen, in Scope 2 überwiegend auf die Stromerzeugung aus Kohle, in „Sonstige Scope 3“ (Netzstrom) auf den Transport von Erdgas, sowie in Scope 1 auf die direkten Emissionen bei der Wärmeerzeugung mit Erdgas.

Ionisierende Strahlung

„Sonstige Scope 3“ (Netzstrom) dominiert mit einem Beitrag von **90 %** die Wirkungskategorie Ionisierende Strahlung. Einen geringen Beitrag mit 7 % hat außerdem „Sonstige Scope 3“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe).

Dies ist in „Sonstige Scope 3“ (Netzstrom) und „Sonstige Scope 3“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe) in erster Linie auf die vor- bzw. nachgelagerten Wertschöpfungskette der Energieerzeugung aus Kernenergie zurückzuführen.

Feinstaubbildung

Den größten Beitrag zur Wirkungskategorie Feinstaubbildung haben **„Sonstige Scope 3“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe und Netzstrom) mit je 34 %**, gefolgt von Scope 2 (GHD) mit 16 %. Einen geringen Beitrag hat außerdem Scope 1 (Private Haushalte) mit 6 %.

Dies ist in „Sonstige Scope 3“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe) in erster Linie auf die vorgelagerte Wertschöpfungskette von Erdgas (Sauggas²⁸, verbrannt in der Gasturbinenverarbeitung), in „Sonstige Scope 3“ (Netzstrom) auf den Transport von Kohle, in Scope 2 auf die direkten

²⁸ Sauggas ist die Bezeichnung für unaufbereitetes Erdgas, das einen signifikanten Schwefelwasserstoff-Gehalt hat

Emissionen bei der Stromerzeugung aus Kohle und in Scope 1 auf die direkten Emissionen bei der Wärmeerzeugung aus Erdgas zurückzuführen.

Ozonbildungspotenzial

„**Sonstige Scope 3**“ (Netzstrom) hat mit **32 %** den größten Beitrag zur Wirkungskategorie Ozonbildungspotenzial, gefolgt von „**Sonstige Scope 3**“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe) mit **27 %**. Einen geringen Beitrag am Ozonbildungspotenzial haben außerdem Scope 2 (GHD) mit 15 %, Scope 1 (Private Haushalte) mit 11 % und Scope 1 (GHD) mit 8 %.

Dies ist in „Sonstige Scope 3“ (Netzstrom) in erster Linie auf den Transport der Kohle, sowie Sprengungsarbeiten zurückzuführen, in „Sonstige Scope 3“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe) auf die benötigte Elektrizität für die Kompressor-Station bei der Erdgasbereitstellung, in Scope 2 auf die Stromerzeugung aus Kohle und in Scope 1 auf die direkten Emissionen bei der Wärmeerzeugung aus Erdgas.

Terrestrisches Versauerungspotenzial

„**Sonstige Scope 3**“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe) mit **35 %** und „**Sonstige Scope 3**“ (Netzstrom) mit **34 %** haben den größten Beitrag zur Wirkungskategorie terrestrisches Versauerungspotenzial. **Scope 2 (GHD)** mit **16 %** leistet ebenfalls einen **geringen Beitrag**. **Scope 1 (Private Haushalte, GHD, Industrie), Scope 2 (Private Haushalte, Industrie) und Scope 3** leisten mit **je < 5 %** einen **vernachlässigbaren Beitrag** zur Wirkungskategorie terrestrisches Versauerungspotenzial.

Dies ist in „Sonstige Scope 3“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe) in erster Linie auf die vorgelagerte Wertschöpfungskette von Erdgas (Sauergas²⁹, verbrannt in der Gasturbinenverarbeitung) zurückzuführen, in „Sonstige Scope 3“ (Netzstrom) auf den Transport von Kohle, sowie Gipsabfällen sowie Sprengungsarbeiten, in Scope 2 auf die direkten Emissionen bei der Stromerzeugung aus Kohle und in Scope 1 auf die direkten Emissionen bei der Wärmeerzeugung aus Erdgas, gefolgt von Öl.

Eutrophierungspotenzial, Süß- und Meerwasser

Die Wirkungskategorien Eutrophierungspotenzial, Süß- und Meerwasser werden mit **je 87 %** in **erster Linie** durch „**Sonstige Scope 3**“ (Netzstrom) dominiert. Einen geringen Beitrag hat mit **je 12 %** außerdem „**Sonstige Scope 3**“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe). Scope 1 bzw. 2 haben keinen Beitrag zu den Wirkungskategorien Eutrophierungspotenzial, Süß- und Meerwasser.

Dies ist in „Sonstige Scope 3“ (Netzstrom und Verbrennung fossiler Brennstoffe) in erster Linie auf den Abraum zurückzuführen, der während des Bergbaus abgetragen wird, um Zugang zum darunter liegenden Kohleflöz zu erhalten.

²⁹ Sauergas ist die Bezeichnung für unaufbereitetes Erdgas, das einen signifikanten Schwefelwasserstoff-Gehalt hat

Landnutzung

Die Wirkungskategorie Landnutzung wird ausschließlich durch „Sonstige Scope 3“ beeinflusst, davon hat **„Sonstige Scope 3“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe)** einen Beitrag von **64 %** und **„Sonstige Scope 3“ (Netzstrom)** einen Beitrag von **36 %**.

Dies ist in „Sonstige Scope 3“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe) in erster Linie auf die Landnutzung aufgrund von Forstwirtschaft, sowie die On-shore Infrastruktur für die Gas- und Öl-Produktion und die Pipeline-Infrastruktur zurückzuführen und in „Sonstige Scope 3“ (Netzstrom) u.a. auf die Landnutzung aufgrund von Forstwirtschaft, den Betrieb von Kohlebergwerken, Straßen- und Schieneninfrastruktur für den Transport von Energieträger, sowie On-shore Infrastruktur für die Gas und Öl Produktion.

Ressourcenverbrauch, Wasser

Scope 2 (GHD) hat mit 42 % den größten Beitrag zum Ressourcenverbrauch, Wasser, gefolgt von **„Sonstige Scope 3“ (Netzstrom) mit 22 %**, **„Sonstige Scope 3“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe) mit 19 %** und Scope 2 (Private Haushalte) mit 11 %.

Dies ist in Scope 2 in erster Linie auf den Kühlwasserverbrauch bei der Stromerzeugung aus Kernkraft zurückzuführen, in „Sonstige Scope 3“ (Netzstrom und Verbrennung fossiler Brennstoffe) u.a. auf die Stromerzeugung aus Wasserkraft.

4.2. Transport

Die Zusammenfassung der absoluten Werte des Sektors Transport in den betrachteten Wirkungskategorien findet sich in der Tabelle 31. Dargestellt sind die Gesamtauswirkungen im Sektor Transport, sowie die Wirkungen differenziert nach Scopes.

Tabelle 31. Umweltwirkungen im Sektor Transport von Duisburg-Ruhrort differenziert nach Scopes und Wirkungskategorien

Wirkungskategorie	Einheit	gesamt	Scope 1	Scope 2	Scope 3	Sonstige Scope 3
Treibhauspotenzial	kg CO ₂ -Äq.	12.655.327	7.839.488	127.188	0	4.688.651
Ozonabbaupotenzial	kg CFC-11-Äq.	7	4	0	0	4
Ionisierende Strahlung	kBq Co-60-Äq.	358.856	0	973	0	357.882
Feinstaubbildung	kg PM2.5-Äq.	14.701	3.410	38	0	11.254
Ozonbildungspotenzial	kg NOx-Äq.	45.016	27.169	81	0	17.765
Terrestrisches Versauerungspotenzial	kg SO ₂ -Äq.	35.141	9.404	109	0	25.627
Eutrophierungspotenzial, Süßwasser	kg P-Äq.	3.571	0	0	0	3.571
Landnutzung	m ² a-crop-Äq.	516.380	0	1	0	516.379
Wassernutzung	m ³ water	44.383	0	11.931	0	32.452
Eutrophierungspotenzial, Meerwasser	kg N-Äq.	172	0	0	0	172

Eine bildliche Darstellung der relativen Anteile der einzelnen Scopes zu den Gesamtumweltwirkungen im Sektor Transport zeigt Abbildung 6.



Abbildung 6. Umweltwirkungen der Scopes im Verhältnis zum Gesamtergebnis im Sektor Transport

Wie zu erkennen ist, leistet **Scope 1** (direkte Emissionen durch die Verbrennung fossiler Kraftstoffe auf dem Stadtteilgebiet) mit **62 % den größten Beitrag zu der Wirkungskategorie Treibhauspotenzial**. Einen signifikanten Beitrag leistet Scope 1 außerdem mit **60 % zum Ozonbildungspotenzial**, mit **48 % zum Ozonabbaupotenzial**, sowie mit **27 % zum terrestrisches Versauerungspotenzial** und mit **23 % zur Feinstaubbildung**. In den anderen Wirkungskategorien hat Scope 1 keinen Beitrag.

Scope 2 hat, mit Ausnahme der Wirkungskategorie Ressourcenverbrauch, Wasser mit einem Beitrag von 27 %, einen **vernachlässigbaren Beitrag** zu den Umweltauswirkungen der einzelnen Kategorien

„**Sonstige Scope 3**“ dominiert mit einem Beitrag von **je 100 % die Wirkungskategorien Eutrophierungspotenzial, Süß- und Meerwasser, Ionisierende Strahlung und Landnutzung** und leistet mit **77 % bzw. 73 %** außerdem einen signifikanten Beitrag zu den Kategorie **Feinstaubbildung, terrestrisches Versauerungspotenzial und Ressourcenverbrauch, Wasser**. Zu den Kategorien **Treibhauspotenzial und Ozonbildungspotenzial** trägt „Sonstige Scope 3“ mit **37 % bzw. 39 %** ebenfalls einen signifikanten Beitrag.

Eine bildliche Darstellung der Anteile der Unterkategorien differenziert nach „Straßen-, Schienen- und Wasserverkehr“ zu den Umweltwirkungen im Sektor Transport zeigt Abbildung 7.



Abbildung 7. Umweltwirkungen der Unterkategorien (Straßen-, Schienen-, Wasserverkehr) im Verhältnis zum Gesamtergebnis im Sektor Transport

Wie zu erkennen ist, leistet die **Unterkategorie mit Straßenverkehr mit je 66 – 91 % den größten Beitrag in allen Wirkungskategorien**. Die Unterkategorie **Wasserverkehr leistet mit 24 % einen signifikanten Beitrag zur Kategorie Ozonbildungspotenzial**, mit 14 % zur Kategorie terrestrisches Versauerungspotenzial und je 11 bzw. 12 % zu den Kategorien Ozonabbaupotenzial, Feinstaubbildung und Landnutzung. Zu den Wirkungskategorien Treibhauspotenzial, Ionisierende Strahlung, Eutrophierungspotenzial, Süß- und Meerwasser, Ozonabbaupotenzial und Ressourcenverbrauch, Wasser leistet die Unterkategorie Wasserverkehr mit 5 – 8 % einen geringen Beitrag. Die Unterkategorie **Schienerverkehr** trägt mit Ausnahme der Kategorie **Landnutzung (29 %)** und ionisierende Strahlung (9 %) einen vernachlässigbaren Beitrag (2 – 5 %) zu den Wirkungskategorien.

Eine bildliche Darstellung der Anteile differenziert nach „Private Mobilität“, „Gütertransport“ und „Sonstiges“ zu den Umweltwirkungen im Sektor Transport zeigt Abbildung 8.

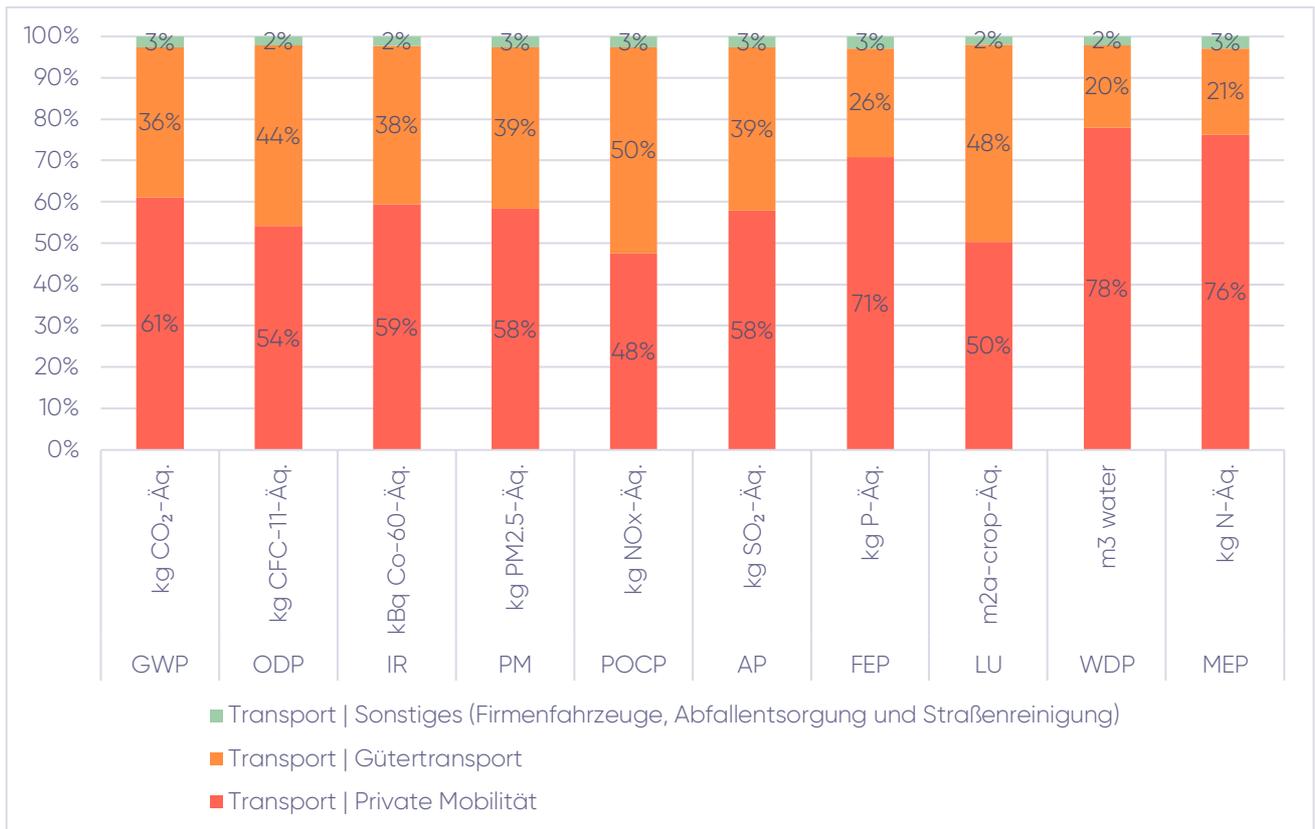


Abbildung 8. Umweltwirkungen differenziert nach „Private Mobilität“, „Gütertransport“ und „Sonstiges“ im Verhältnis zum Gesamtergebnis im Sektor Transport

Wie zu erkennen ist, leistet die **Private Mobilität mit 50 – 78 %** den größten Beitrag zu den meisten Wirkungskategorien mit Ausnahme des Ozonbildungspotenzials (48 %). Hier leistet mit 50 % knapp der Gütertransport den höchsten Beitrag. In den andern Wirkungskategorien leistet der **Gütertransport mit 20 – 48 %** ebenfalls einen **signifikanten Beitrag** zum Sektor Transport.

Der **sonstige Verkehr** trägt mit einem Beitrag von **2 – 3 %** einen **vernachlässigbaren Beitrag** zu allen Wirkungskategorien.

Eine detaillierte Darstellung der relativen Anteile der einzelnen Teilsektoren und Scopes zu den Gesamtumweltwirkungen im Sektor Energie zeigt Abbildung 9.

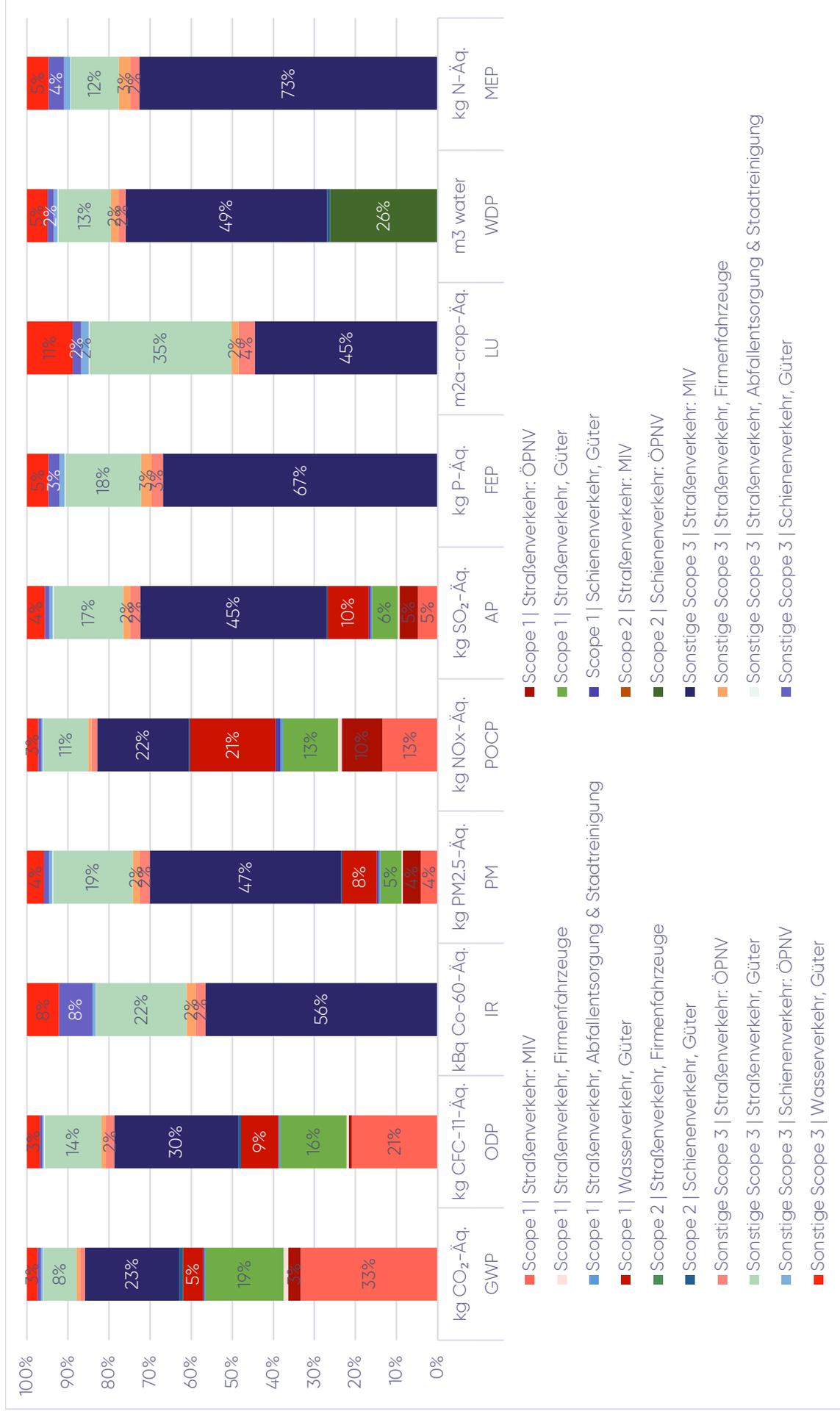


Abbildung 9. Umweltwirkungen der Scopes und Unterkategorien im Verhältnis zum Gesamtergebnis im Sektor Transport (detailliert)

Treibhauspotenzial

Den größten Beitrag zur Wirkungskategorie Treibhauspotenzial hat **Scope 1 (Straßenverkehr; MIV) mit 33 %**, gefolgt von **„Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, MIV) mit 23 %** und **Scope 1 (Straßenverkehr, Güter) mit 19 %**. Einen geringen Beitrag am Treibhauspotenzial hat außerdem „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, Güter) mit 8 %. Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <5 % bzw. keinen Beitrag zum Treibhauspotenzial.

Dies ist in Scope 1 in erster Linie auf die direkten Emissionen bei der Verbrennung fossiler Kraftstoffe (Diesel und Benzin) zurückzuführen, sowie in „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr) u.a. auf die Herstellung von Diesel- bzw. Benzin.

Ozonabbaupotenzial

Den größten Beitrag zur Wirkungskategorie Ozonabbaupotenzial hat **„Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr; MIV) mit 30 %**, gefolgt von **Scope 1 (Straßenverkehr; MIV) mit 21 %**. Einen geringeren Beitrag am Ozonabbaupotenzial haben außerdem Scope 1 (Straßenverkehr, Güter) mit 16 % und „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, Güter) mit 14 %, sowie Scope 1 (Wasserverkehr, Güter) mit 9 %. Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <3 % bzw. keinen Beitrag zum Ozonabbaupotenzial.

Dies ist in „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr) in erster Linie auf die Benzinherstellung zurückzuführen, sowie in Scope 1 (Straßenverkehr) auf die direkten Emissionen bei der Verbrennung fossiler Kraftstoffe (Diesel und Benzin).

Ionisierende Strahlung

„Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, MIV) dominiert mit einem Beitrag von **56 %** die Wirkungskategorie ionisierende Strahlung. Einen geringen Beitrag mit 22 % hat außerdem „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, Güter), sowie mit je 8 % „Sonstige Scope 3“ (Wasserverkehr, Güter) und „Sonstige Scope 3“ (Schienenverkehr, Güter). Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <2 % bzw. keinen Beitrag zur Wirkungskategorie Ionisierende Strahlung.

Dies ist in „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr) in erster Linie auf die vor- bzw. nachgelagerte Wertschöpfungskette der Energieerzeugung durch Kernkraft zurückzuführen.

Feinstaubbildung

Den größten Beitrag zur Wirkungskategorie Feinstaubbildung haben **„Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, MIV) mit 47 %**, gefolgt von „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, Güter) mit 19 %. Einen geringen Beitrag hat außerdem Scope 1 (Wasserverkehr, Güter) mit 8 %. Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <5 % bzw. keinen Beitrag zur Wirkungskategorie Feinstaubbildung.

Dies ist in „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr) u.a. auf die vorgelagerte Wertschöpfungskette von Erdgas (Sauggas³⁰, verbrannt in der Gasturbinenverarbeitung) zurückzuführen, in Scope 1 auf die direkten Emissionen bei der Verbrennung fossiler Kraftstoffe.

Ozonbildungspotenzial

„Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, MIV) und Scope 1 (Wasserverkehr, Güter) haben mit **22 % bzw. 21 %** den größten Beitrag zur Wirkungskategorie Ozonbildungspotenzial, gefolgt von **Scope 1 (Straßenverkehr, Güter) und Scope 1 (Straßenverkehr, MIV)** mit je **13 %**, sowie „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, Güter) und Scope 1 (Straßenverkehr, ÖPNV) mit 11 % bzw. 10 %. Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <3 % bzw. keinen Beitrag zum Ozonbildungspotenzial.

Dies ist in „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr) in erster Linie auf den Diesel zurückzuführen, welcher in der Baumaschine verbrannt wird und in Scope 1 auf die direkten Emissionen bei der Verbrennung fossiler Kraftstoffe.

Terrestrisches Versauerungspotenzial

„Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, MIV) mit **45 %** hat den größten Beitrag zur Wirkungskategorie terrestrisches Versauerungspotenzial. „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, Güter) mit **17 %** und **Scope 1 (Wasserverkehr, Güter)** mit 10 % leistet ebenfalls einen **geringen Beitrag**. Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <6 % bzw. keinen Beitrag zum Ozonbildungspotenzial.

Dies ist in „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr) in erster Linie auf die Herstellung und den Transport von Benzin und Diesel, sowie die Abgase, saures Erdgas, bei der Herstellung von Erdgas zurückzuführen und in Scope 1 auf die direkten Emissionen bei der Verbrennung fossiler Kraftstoffe.

Eutrophierungspotenzial, Süßwasser

Die Wirkungskategorie Eutrophierungspotenzial, Süßwasser wird mit **67 %** in **erster Linie** durch „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, MIV) dominiert. Einen geringen Beitrag hat mit **18 %** außerdem „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, Güter). Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <5 % bzw. keinen Beitrag zur Wirkungskategorie Eutrophierungspotenzial, Süßwasser.

Dies ist in „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr) u.a. auf die Benzinherstellung zurückzuführen, sowie auf den Abraum, der während des Bergbaus abgetragen wird, um Zugang zum darunter liegenden Kohleflöz zu erhalten.

Landnutzung

Die Wirkungskategorie Landnutzung wird mit 45 % durch „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, MIV) und mit 35 % durch „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, Güter) beeinflusst. Einen geringen

³⁰ Sauggas ist die Bezeichnung für unaufbereitetes Erdgas, das einen signifikanten Schwefelwasserstoff-Gehalt hat

Beitrag hat mit **11 %** außerdem **„Sonstige Scope 3“ (Wasserverkehr, Güter)**. Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <4 % bzw. keinen Beitrag zur Wirkungskategorie Landnutzung.

Dies ist in „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr) in erster Linie auf die Straßeninfrastruktur, sowie die On-shore Infrastruktur für die Gas- und Ölproduktion zurückzuführen und in „Sonstige Scope 3“ (Wasserverkehr) auf den Kanalbau, den Sandabbau (Gewinnung aus dem Flussbett), sowie Betrieb eines Kalksteinbruchs und die On-shore Infrastruktur für die Gas- und Ölproduktion zurückzuführen.

Ressourcenverbrauch, Wasser

„Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, MIV) hat mit 49 % den größten Beitrag zum Ressourcenverbrauch, Wasser, gefolgt von **Scope 2 (Schienenverkehr: ÖPNV) mit 26%** und **„Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, Güter) mit 13 %**. Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <5 % bzw. keinen Beitrag zum Ressourcenverbrauch, Wasser.

Dies ist in „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr) und in Scope 2 (Schienenverkehr: ÖPNV) in erster Linie auf die Stromerzeugung aus Wasserkraft zurückzuführen.

Eutrophierungspotenzial, Meerwasser

Die Wirkungskategorien Eutrophierungspotenzial, Meerwasser wird mit **73 %** in **erster Linie** durch **„Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, MIV)** dominiert. Einen geringen Beitrag hat mit **12 %** außerdem **„Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, Güter)**. Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <5 % bzw. keinen Beitrag zur Wirkungskategorie Eutrophierungspotenzial, Meerwasser.

Dies ist in „Sonstige Scope 3“ u. a. auf die Benzinherstellung zurückzuführen, sowie auf den Abraum, der während des Bergbaus abgetragen wird, um Zugang zum darunter liegenden Kohleflöz zu erhalten.

4.3. Abfall

Die Zusammenfassung der absoluten Werte des Sektors Abfall in den sechs betrachteten Wirkungskategorien findet sich in der Tabelle 32. Dargestellt sind die Gesamtauswirkungen im Sektor Abfall, sowie die Wirkungen differenziert nach Scopes.

Tabelle 32. Umweltwirkungen im Sektor Abfall von Duisburg-Ruhrort differenziert nach Scopes und Wirkungskategorien

Wirkungskategorie	Einheit	gesamt	Scope 1	Scope 2	Scope 3	Sonstige Scope 3
Treibhauspotenzial	kg CO ₂ -Äq.	1.529.390	0	0	1.293.769	235.621
Ozonabbaupotenzial	kg CFC-11-Äq.	2	0	0	2	0
Ionisierende Strahlung	kBq Co-60-Äq.	43.131	0	0	31.374	11.758
Feinstaubbildung	kg PM _{2.5} -Äq.	709	0	0	376	332
Ozonbildungspotenzial	kg NO _x -Äq.	1.682	0	0	1.105	576
Terrestrisches Versauerungspotenzial	kg SO ₂ -Äq.	1.806	0	0	1.204	602
Eutrophierungspotenzial, Süßwasser	kg P-Äq.	1.054	0	0	881	173
Landnutzung	m ² a-crop-Äq.	12.986	0	0	2.622	10.364
Wassernutzung	m ³ water	87.894	0	0	85.750	2.144
Eutrophierungspotenzial, Meerwasser	kg N-Äq.	1.421	0	0	1.413	8

Eine bildliche Darstellung der relativen Anteile der einzelnen Scopes zu den Gesamtumweltwirkungen im Sektor Abfall zeigt Abbildung 10.

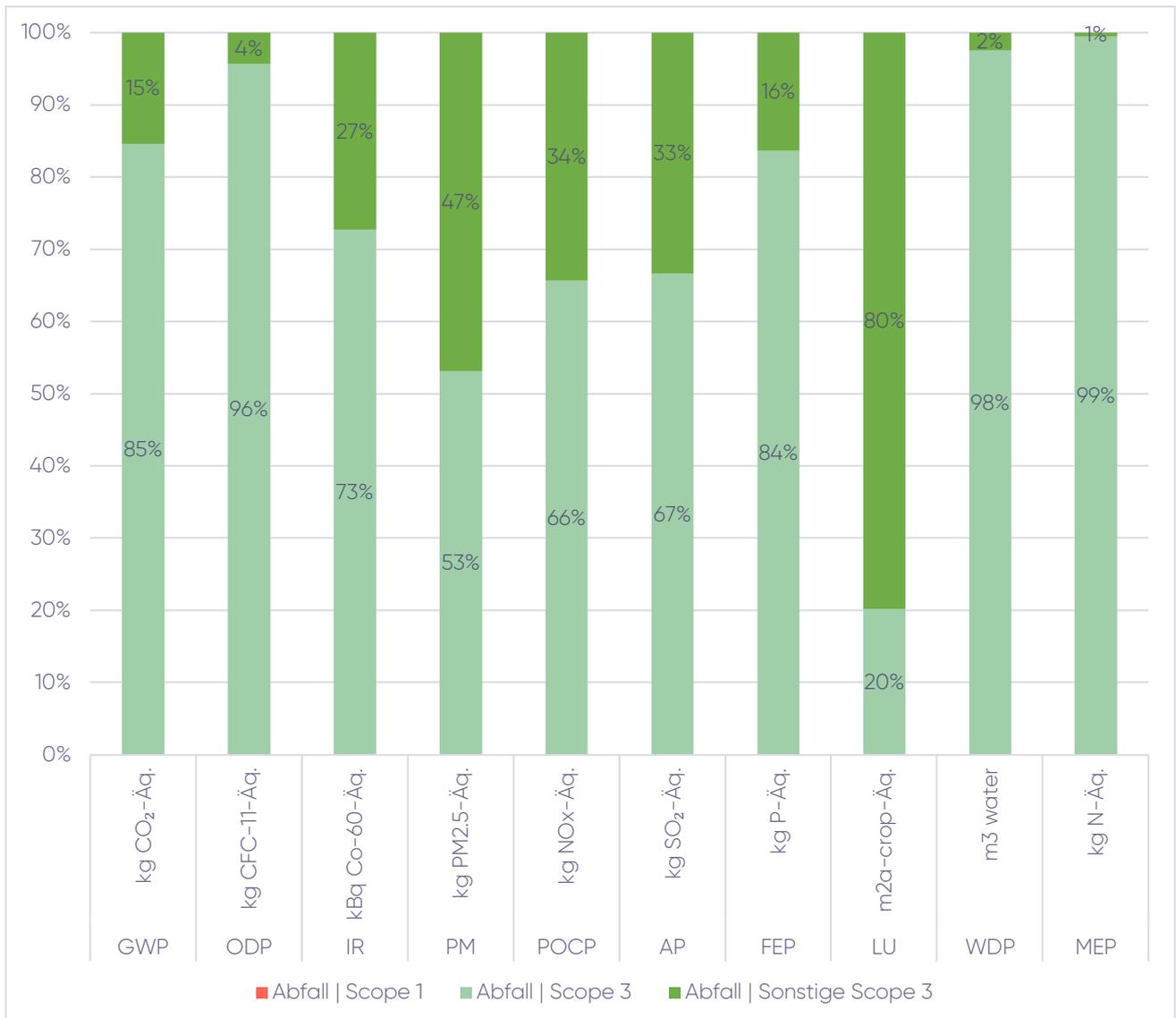


Abbildung 10. Umweltwirkungen der Scopes im Verhältnis zum Gesamtergebnis im Sektor Abfall

Wie zu erkennen ist, leistet Scope 1 keine Auswirkungen, da keine Abfälle innerhalb der Stadtteilgrenzen von Ruhrort behandelt werden.

Scope 3 dominiert mit einem Beitrag von **96 – 99 %** die Wirkungskategorien **Ozonabbaupotenzial Ressourcenverbrauch Wasser und Eutrophierungspotenzial, Meerwasser** und leistet mit **53 – 85 %** außerdem einen **signifikanten Beitrag zu den anderen Wirkungskategorien, mit Ausnahme** der Wirkungskategorie **Landnutzung**, welche mit **80 %** von „Sonstige Scope 3“ dominiert wird.

Eine detaillierte Darstellung der relativen Anteile der einzelnen Unterkategorien und Scopes zu den Umweltwirkungen im Sektor Abfall zeigt Abbildung 11.

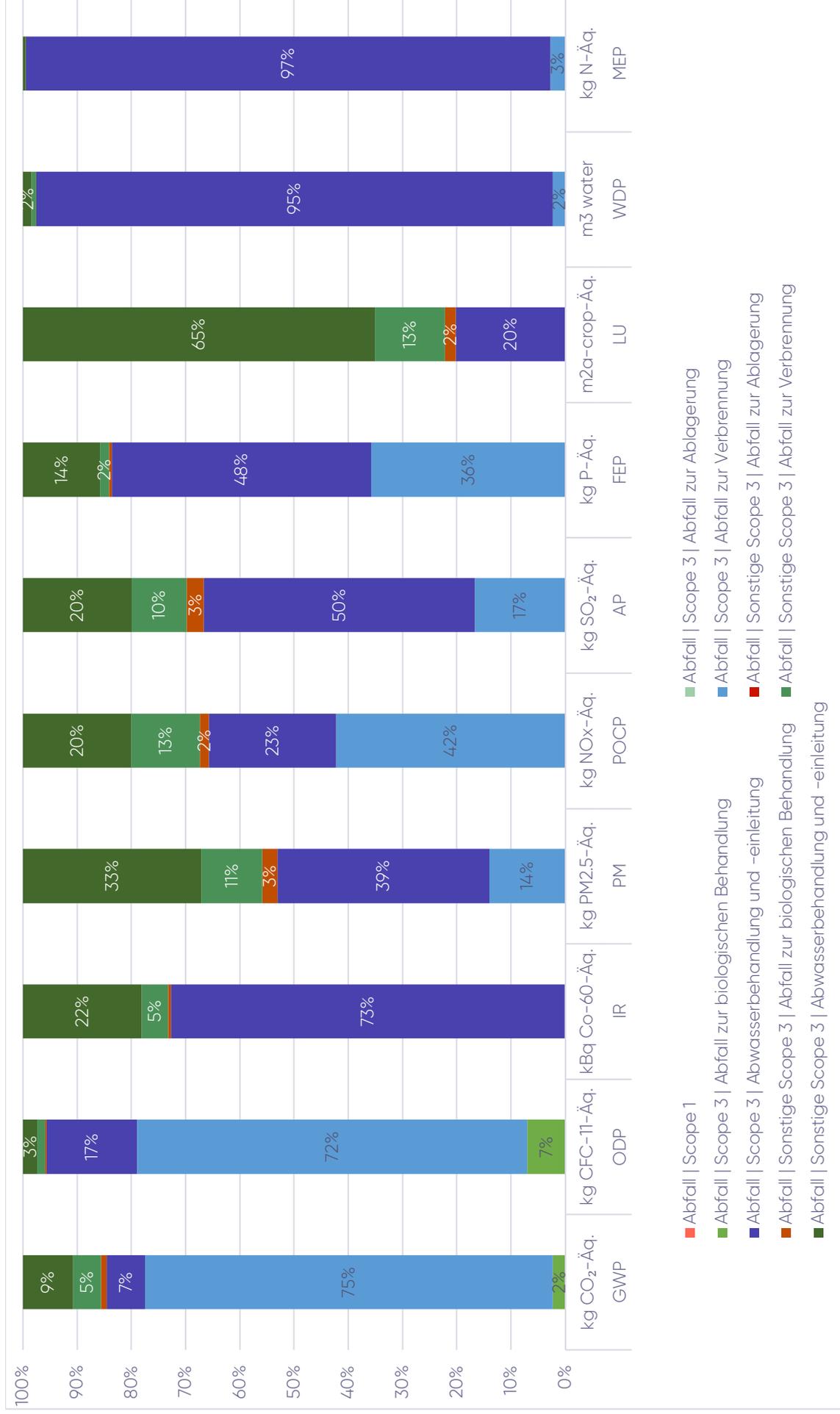


Abbildung 11. Umweltwirkungen der Scopes und Unterkategorien im Verhältnis zum Gesamtergebnis im Sektor Abfall (detailliert)

Treibhauspotenzial

Den größten Beitrag zur Wirkungskategorie Treibhauspotenzial hat **mit 75 % Scope 3 (Abfall zur Verbrennung)**. Einen geringen Beitrag am Treibhauspotenzial hat außerdem „Sonstige Scope 3“ (Abfall zur Verbrennung) mit 9 %, Scope 3 (Abwasserbehandlung und -einleitung) und Scope 3 (Abfall zur biologischen Behandlung) mit 5 %. Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <2 % bzw. keinen Beitrag zum Treibhauspotenzial.

Dies ist in Scope 3 (Abfall zur Verbrennung) in erster Linie auf die direkten Emissionen bei Verbrennung von Plastik bzw. Sperrmüll zurückzuführen.

Ozonabbaupotenzial

Den größten Beitrag zur Wirkungskategorie Ozonabbaupotenzial hat **Scope 3 (Abfall zur Verbrennung) mit 72 %**. Einen geringeren Beitrag am Ozonabbaupotenzial haben außerdem Scope 3 (Abwasserbehandlung und -einleitung) mit 17 % und Scope 3 (Abfall zur biologischen Behandlung) mit 7 %. Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <3 % bzw. keinen Beitrag zum Ozonabbaupotenzial.

Dies ist in Scope 3 (Abfall zur Verbrennung) in erster Linie auf die direkten Emissionen bei der Verbrennung von Sperrmüll, gefolgt von Biomüll, Plastik und Bekleidung zurückzuführen.

Ionisierende Strahlung

Scope 3 (Abwasserbehandlung und -einleitung) dominiert mit einem Beitrag von **73 %** die Wirkungskategorie ionisierende Strahlung. Einen geringen Beitrag mit 22 % hat außerdem „Sonstige Scope 3“ (Abfall zur Verbrennung), sowie mit 5 % Scope 3 (Abfall zur biologischen Behandlung). Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <1 % bzw. keinen Beitrag zur Wirkungskategorie Ionisierende Strahlung.

Feinstaubbildung

Den größten Beitrag zur Wirkungskategorie Feinstaubbildung haben **Scope 3 (Abwasserbehandlung und -einleitung) mit 39 %**, gefolgt von „Sonstige Scope 3“ (Abfall zur Verbrennung) mit 33 %. Einen geringen Beitrag hat außerdem Scope 3 (Abfall zur Verbrennung) mit 14 % und Scope 3 (Abfall zur biologischen Behandlung) mit 11 %. Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <3 % bzw. keinen Beitrag zur Wirkungskategorie Feinstaubbildung.

Dies ist in Scope 3 (Abwasserbehandlung und -einleitung) in erster Linie auf direkte Emissionen (Schwefeldioxid) zurückzuführen.

Ozonbildungspotenzial

Scope 3 (Abfall zur Verbrennung) hat mit **42 %** den größten Beitrag zur Wirkungskategorie Ozonbildungspotenzial, gefolgt von **Scope 3 (Abwasserbehandlung und -einleitung) mit 23 %** und **„Sonstige Scope 3“ (Abfall zur Verbrennung) mit 20 %**, sowie Scope 3 (Abfall zur biologischen Behandlung) mit **13 %**. Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <3 % bzw. keinen Beitrag zum Ozonbildungspotenzial.

Dies ist in Scope 3 (Abfall zur Verbrennung) in erster Linie auf direkte Emissionen, bei der Verbrennung von Sperrmüll zurückzuführen, gefolgt von Biomüll, Plastik und Textilien und in Scope 3 (Abwasserbehandlung und -einleitung) auf direkte Emissionen (v.a. Stickstoffoxide)

Terrestrisches Versauerungspotenzial

Scope 3 (Abwasserbehandlung und -einleitung) mit **50 %** hat den größten Beitrag zur Wirkungskategorie terrestrisches Versauerungspotenzial. **„Sonstige Scope 3“ (Abfall zur Verbrennung)** mit **20 %**, und **Scope 3 (Abfall zur Verbrennung)** mit **17 %** und **Scope 3 (Abfall zur biologischen Behandlung)** mit **10 %** leistet ebenfalls einen **geringen Beitrag**. Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <3 % bzw. keinen Beitrag zum Ozonbildungspotenzial.

Dies ist in Scope 3 (Abwasserbehandlung und -einleitung) in erster Linie auf direkte Emissionen (Schwefeldioxid, Ammoniak, Stickstoffoxide) zurückzuführen.

Eutrophierungspotenzial, Süßwasser

Die Wirkungskategorie Eutrophierungspotenzial, Süßwasser wird mit **48 %** in **erster Linie** durch **Scope 3 (Abwasserbehandlung und -einleitung)**, sowie mit **36 %** durch **Scope 3 (Abfall zur Verbrennung)** dominiert. Einen geringen Beitrag hat mit **14 %** außerdem **„Sonstige Scope 3“ (Abwasserbehandlung und -einleitung)**. Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <2 % bzw. keinen Beitrag zur Wirkungskategorie Eutrophierungspotenzial, Süßwasser.

Dies ist in Scope 3 (Abwasserbehandlung und -einleitung) in erster Linie auf direkte Emissionen (Phosphate, COD (Chemical Oxygen Demand), BOD5 (Biological Oxygen Demand)) zurückzuführen und in Scope 3 (Abfall zur Verbrennung) auf die direkten Emissionen bei der Verbrennung von Sperrmüll.

Landnutzung

Die Wirkungskategorie Landnutzung wird mit **65 %** in erster Linie durch **„Sonstige Scope 3“ (Abwasserbehandlung und -einleitung)** beeinflusst. Einen **geringen Beitrag** hat mit **20 %** außerdem **Scope 3 (Abwasserbehandlung und -einleitung)** und **13 %** **Scope 3 (Abfall zur biologischen Behandlung)**. Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <2 % bzw. keinen Beitrag zur Wirkungskategorie Landnutzung.

Dies ist in „Sonstige Scope 3“ (Abwasserbehandlung und -einleitung) auf die Kläranlage zurückzuführen.

Ressourcenverbrauch, Wasser

Scope 3 (Abwasserbehandlung und -einleitung) dominiert mit **95 %** den größten Beitrag zum Ressourcenverbrauch, Wasser. Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <2 % bzw. keinen Beitrag zum Ressourcenverbrauch, Wasser.

Eutrophierungspotenzial, Meerwasser

Scope 3 (Abwasserbehandlung und -einleitung) dominiert mit **97 %** die Wirkungskategorien Eutrophierungspotenzial, Meerwasser. Alle weiteren Kategorien haben einen Beitrag <3 % bzw. keinen Beitrag zur Wirkungskategorie Eutrophierungspotenzial, Meerwasser.

Dies ist in Scope 3 (Abwasserbehandlung und -einleitung) in erster Linie auf die direkten Emissionen (Nitrate und Ammonium) zurückzuführen.

4.4. Industrielle Prozesse und Produktnutzung

Es wurden keine Aktivitäten im Sektor Industrielle Prozesse und Produktnutzung betrachtet.

4.5. Land-, Forstwirtschaft und Sonstige Landnutzung

Die Zusammenfassung der absoluten Werte des Land-, Forstwirtschaft und Sonstige Landnutzung in den sechs betrachteten Wirkungskategorien findet sich in der Tabelle 33.

Dargestellt sind die Gesamtauswirkungen im Sektor Land-, Forstwirtschaft und Sonstige Landnutzung, sowie die Wirkungen differenziert nach Scopes bezogen auf 1 Jahr.

Tabelle 33. Umweltwirkungen im Sektor Land-, Forstwirtschaft und Sonstige Landnutzung von Duisburg-Ruhrort differenziert nach Scopes und Wirkungskategorien

Wirkungskategorie	Einheit	gesamt	Scope 1	Scope 2	Scope 3	Sonstige Scope 3
Treibhauspotenzial	kg CO ₂ -Äq.	5.704.914	0	n/a	n/a	5.704.914
Ozonabbaupotenzial	kg CFC-11-Äq.	2	0	n/a	n/a	2
Ionisierende Strahlung	kBq Co-60-Äq.	225.062	0	n/a	n/a	225.062
Feinstaubbildung	kg PM2.5-Äq.	20.775	0	n/a	n/a	20.775
Ozonbildungspotenzial	kg NO _x -Äq.	21.536	0	n/a	n/a	21.536
Terrestrisches Versauerungspotenzial	kg SO ₂ -Äq.	62.110	0	n/a	n/a	62.110
Eutrophierungspotenzial, Süßwasser	kg P-Äq.	6.699	0	n/a	n/a	6.699
Landnutzung	m ² a-crop-Äq.	934.812	0	n/a	n/a	934.812
Wassernutzung	m ³ water	60.666	0	n/a	n/a	60.666
Eutrophierungspotenzial, Meerwasser	kg N-Äq.	212	0	n/a	n/a	212

4.6. Privater Konsum

Die Erhebung von Primärdaten des Privaten Konsums befindet sich noch in der Auswertung und ist nicht Teil dieser ersten Version des Projektberichts. Eine Abschätzung der Umweltwirkungen des Privaten Konsums wird im Rahmen der Sensitivitätsprüfung basierend auf Angaben des UBA vorgenommen (siehe Kapitel 5.2.5).

Kapitel 5: Auswertung

In den nachfolgenden Unterkapiteln werden die Ergebnisse der Ökobilanz ausgewertet. Hierzu werden zunächst Parameter und Annahmen, die das Ergebnis der Ökobilanz wesentlich beeinflussen, herausgearbeitet und diskutiert. Die signifikanten Parameter in dieser Ökobilanz werden näher betrachtet und die zu prüfenden Punkte einer Sensitivitätsprüfung unterzogen. Weiter erfolgen eine Vollständigkeits- und Konsistenzprüfung. Abschließend geht Kapitel 5.5 zusammenfassend auf Schlussfolgerungen ein, die sich aus der Ökobilanz ergeben.

5.1. Identifikation der signifikanten Parameter

Die lebenszyklusbasierten Umweltwirkungen des Stadtteils Duisburg-Ruhrort für das Jahr 2021, unter Berücksichtigung von Aktivitäten, die auf dem Gebiet des Stadtteils stattfinden, werden in den Wirkungskategorien **ionisierende Strahlung mit 83 %**, **Treibhauspotenzial mit 70 %** und **Ozonabbaupotenzial mit 57 %** in erster Linie durch den Sektor **Energie** bestimmt.

Signifikante Beiträge im Sektor Energie sind:

- Ionisierende Strahlung
 - 90 % „Sonstige Scope 3“ (Netzstrom): Umweltauswirkungen in der vor- bzw. nachgelagerten Wertschöpfungskette der Energieerzeugung aus Kernkraft
- Treibhauspotenzial
 - 28 % Scope 1 (Private Haushalte) und 24 % Scope 1 (GHD): direkte Emissionen bei der Wärmeerzeugung mit Erdgas
 - 20 % Scope 2 (GHD): Stromerzeugung aus Kohle, gefolgt von Erdgas und Öl
- Ozonabbaupotenzial
 - 26 % „Sonstige Scope 3“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe): Herstellung und den Transport von Erdgas
 - 22 % „Sonstige Scope 3“ (Netzstrom): Transport von Erdgas
 - 24 % Scope 2 (GHD): Stromerzeugung aus Kohle

Der Sektor **Abfall mit 60 %** dominiert die Wirkungskategorie **Eutrophierungspotenzial, Meerwasser**.

Signifikante Beiträge im Sektor Abfall sind:

- Eutrophierungspotenzial, Meerwasser
 - 48 % Scope 3 (Abwasserbehandlung und -einleitung) und 36 % Scope 3 (Abfall zur Verbrennung): direkte Emissionen (v.a. Nitrate und Ammonium)

Die Wirkungskategorie **Feinstaubbildung** wird zu ähnlichen Anteilen von der **Gebäudeinfrastruktur mit 39 %**, und den Sektoren **Energie mit 31 %** und **Transport mit 28 %** bestimmt.

Signifikante Beiträge zur Wirkungskategorie Feinstaubbildung sind:

- Sektor Energie:
 - 34 % „Sonstige Scope 3“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe): vorgelagerte Wertschöpfungskette von Erdgas (Sauergas, verbrannt in der Gasturbinen-Verarbeitung)
 - 34 % „Sonstige Scope 3“ (Netzstrom): Transport von Kohle
- Sektor Transport:
 - 33 % Scope 1 (Straßenverkehr; MIV) und 19 % Scope 1 (Straßenverkehr, Güter): direkte Emissionen bei der Verbrennung fossiler Kraftstoffe (Diesel und Benzin)
 - 23 % „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, MIV): u. a. auf die Herstellung von Diesel- bzw. Benzin

Die Wirkungskategorie **Ozonbildungspotenzial** wird in erster Linie von dem Sektor **Transport mit 42 %** bestimmt, gefolgt von **Energie mit 37 %** und der **Gebäudeinfrastruktur mit 20 %**.

Signifikante Beiträge zur Wirkungskategorie Ozonbildungspotenzial sind:

- Sektor Energie:
 - 32 % „Sonstige Scope 3“ (Netzstrom): Transport der Kohle, sowie Sprengungsarbeiten
 - 27 % „Sonstige Scope 3“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe): benötigte Elektrizität für die Kompressor-Station bei der Erdgasbereitstellung
- Sektor Transport:
 - 22 % „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, MIV): Diesel, welcher in Baumaschine verbrannt wird
 - 21 % Scope 1 (Wasserverkehr, Güter): direkten Emissionen bei der Verbrennung fossiler Kraftstoffe

Die Wirkungskategorie **terrestrische Versauerung** wird in erster Linie von der **Gebäudeinfrastruktur mit 42 %** bestimmt, gefolgt den Sektoren **Energie mit 32 %** und **Transport mit 24 %**.

Signifikante Beiträge zur Wirkungskategorie terrestrische Versauerung sind:

- Sektor Energie:
 - 35 % „Sonstige Scope 3“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe): vorgelagerte Wertschöpfungskette von Erdgas (Sauergas, verbrannt in der Gasturbinen-Verarbeitung)
 - 34 % „Sonstige Scope 3“ (Netzstrom): u. a. Transport von Kohle, sowie Gipsabfällen und Sprengungsarbeiten
- Sektor Transport:
 - 45 % „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, MIV) und 17 % „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, Güter): Herstellung und den Transport von Benzin und Diesel, sowie die Abgase von saurem Erdgas bei der Herstellung von Erdgas

Die Wirkungskategorie **Eutrophierungspotenzial, Süßwasser** wird in erster Linie von dem Sektor **Energie mit 40 %** bestimmt, gefolgt von der **Gebäudeinfrastruktur mit 35 %** und dem Sektor **Transport mit 19 %**.

Signifikante Beiträge zur Wirkungskategorie Eutrophierungspotenzial, Süßwasser sind:

- Sektor Energie:
 - 87 % „Sonstige Scope 3“ (Netzstrom): Abraum, der während des Bergbaus abgetragen wird, um Zugang zum darunter liegenden Kohleflöz zu erhalten
- Sektor Transport:
 - 67 % „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, MIV) u.a. Benzinherstellung

Die Wirkungskategorie **Ressourcenverbrauch, Wasser** wird in erster Linie von dem **Sektor Abfall mit 35 %** bestimmt, gefolgt von der **Gebäudeinfrastruktur mit 24 %** und den Sektoren **Energie mit 22 %** und **Transport mit 18 %**.

Signifikante Beiträge zur Wirkungskategorie Ressourcenverbrauch, Wasser sind:

- Sektor Energie:
 - 42 % Scope 2 (GHD): Kühlwasserverbrauch bei der Stromerzeugung aus Kernkraft
 - 22 % „Sonstige Scope 3“ (Netzstrom), 19 % Sonstige Scope 3 (Verbrennung fossiler Brennstoffe): u.a. auf die Stromerzeugung aus Wasserkraft
- Sektor Transport:
 - 49 % „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, MIV), 26 % Scope 2 (Schienenverkehr: ÖPNV), 13 % „Sonstige Scope 3“ (Straßenverkehr, Güter): Stromerzeugung aus Wasserkraft

Die absoluten Ergebnisse sind der Tabelle 29 zu entnehmen. Eine bildliche Darstellung der relativen Anteile der einzelnen Sektoren zu den Gesamtumweltwirkungen zeigt Abbildung 2.

Im **Sektor industrielle Prozesse und Produktnutzung** wurden keine relevanten Aktivitäten identifiziert. Die Analyse des **privaten Konsums** befindet sich noch in der Auswertung und ist nicht Teil dieser ersten Version des Projektberichts.

5.2. Sensitivitätsprüfung

Im Folgenden wird die Sensitivität der Ergebnisse der Ökobilanz anhand von ausgewählten, ergebnisrelevanten Einflussgrößen dargestellt und diskutiert. Die Sensitivitätsprüfung dient auch dazu die Unsicherheiten einer Ökobilanz einzuschätzen und einzuschränken.

Die untersuchten Parameter umfassen im Sektor Energie die Modellierung des Erdgasverbrauchs basierend auf Angaben der Schornsteinfeger. Außerdem wird die Sensitivität des Endenergieverbrauchs der anderen Energieträger mit einer Abweichung von + 50 % getestet. Im Sektor Transport wird der motorisierte Individualverkehr sowie der Straßenverkehr, Güter auf den Daten aus dem Lärmaktionsplan der Stadt Duisburg modelliert (Stadt Duisburg, 2020). Außerdem wird die Sensitivität der angenommenen durchschnittlichen Distanz bei der Modellierung des Gütertransports (Wasser-, Straßen- und Schienenverkehr) zu den Stadtteilgrenzen mit einer Abweichung von 20 % getestet. Im Sektor Abfall werden die Mengen der Abfallarten, die auf Primärdaten basieren, resp. LVP, Restmüll, PPK, Biomüll, Sperrmüll und Schrott, basierend auf Sekundärdaten modelliert. Ebenso wird die Sensitivität der teilweise auf Abschätzungen basierenden Gebäudevolumen bzw. -flächen mit einer Abweichung von 20 % getestet. Zuletzt werden die Umweltauswirkungen des privaten Konsums basierend auf Angaben des UBA abgeschätzt.

5.2.1. Energie

Der Erdgasverbrauch, basierend auf Daten der Schornsteinfegerinnung berechnet, ist um etwa 50 % geringer als der Erdgasverbrauch basierend auf Primärdaten des DVV bzw. der SWDU. Details zur Berechnung des Erdgasverbrauchs basierend auf Daten der Schornsteinfeger finden sich im Anhang). Erdgas macht mit ca. 80 % den Großteil der Energieträger für die Wärmeerzeugung in Ruhrort aus. Außerdem wird die Sensitivität des Endenergieverbrauchs der anderen Energieträger mit einer Abweichung von + 50 % getestet. Die Abbildung 12 zeigt den Einfluss der Parameter bezogen auf das Ergebnis im Sektor Energie und die Abbildung 13 bezogen auf das Gesamtergebnis.

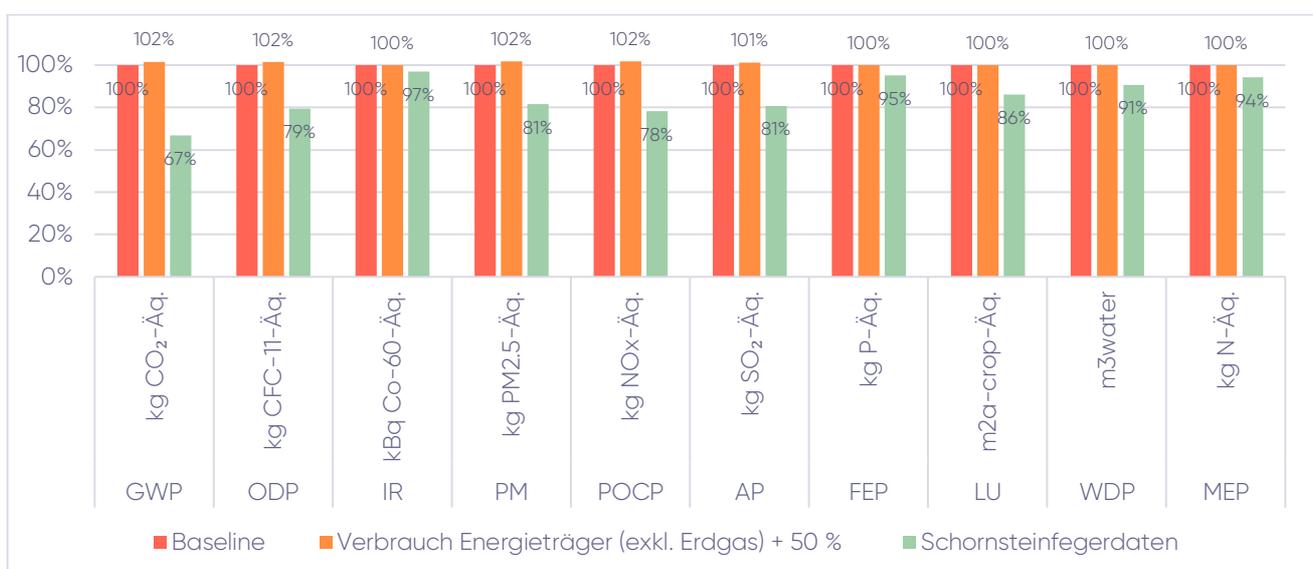


Abbildung 12. Sensitivität ausgewählter Parameter im Verhältnis zum Ergebnis im Sektor Energie

Die Verwendung der Schornsteinfegerdaten hat in Relation zu dem Ergebnis im Sektor Energie allgemein eine hohe Sensitivität auf das Treibhauspotenzial (33%) und eine signifikante Sensitivität auf das Ozonbildungspotenzial (22 %), das Ozonabbaupotenzial (21 %), auf die Feinstaubbildung und das terrestrische Versauerungspotenzial (je 19 %), sowie auf die Landnutzung (14 %). Auf die restlichen Wirkungskategorien hat die Verwendung der Schornsteinfegerdaten eine Sensitivität von < 9 %.

Die Erhöhung des Endenergieverbrauchs sonstiger Energieträger hat in Relation zum Ergebnis im Sektor Energie in allen Wirkungskategorien eine geringe Sensitivität von < 2 %.

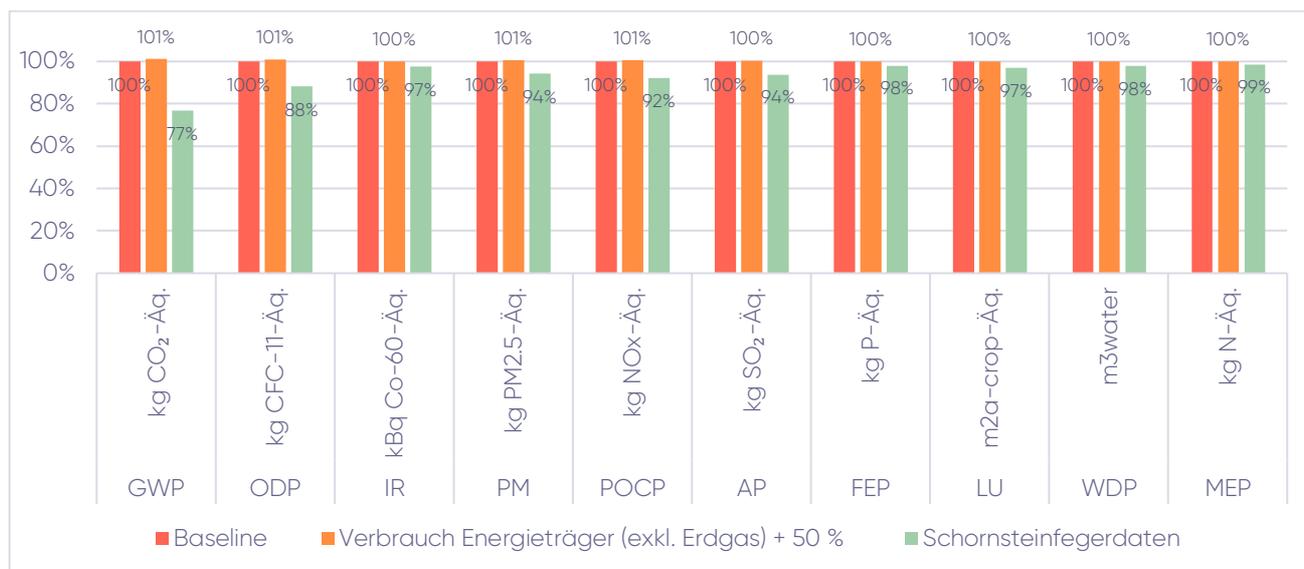


Abbildung 13. Sensitivität ausgewählter Parameter im Sektor Energie im Verhältnis zum Gesamtergebnis

Die Verwendung der Schornsteinfegerdaten hat in Relation zu dem Gesamtergebnis allgemein eine hohe Sensitivität auf das Treibhauspotenzial (23%) und eine geringe Sensitivität auf das Ozonabbaupotenzial (12 %), sowie auf die restlichen Wirkungskategorien von 1 – 8 %. Die Erhöhung des Endenergieverbrauchs sonstiger Energieträger hat in Relation zum Gesamtergebnis in allen Wirkungskategorien eine Sensitivität von < 1 %.

5.2.2. Transport

Im Sektor Transport wird der motorisierte Individualverkehr sowie der Straßenverkehr, Güter basierend auf den Daten aus dem Lärmaktionsplan der Stadt Duisburg modelliert (Stadt Duisburg, 2020). Demnach wird für den Straßenverkehr, Güter 24.263.551 tkm für das Jahr 2021 angenommen und für den Straßenverkehr, MIV 26.708.300 km. Außerdem wird die Sensitivität der angenommenen durchschnittlichen Distanz bei der Modellierung des Gütertransports (Wasser-, Straßen- und Schienenverkehr) zu den Stadtteilgrenzen mit einer Abweichung von 20 % getestet. Die Abbildung 14 zeigt den Einfluss der veränderten Parameter bezogen auf das Ergebnis im Sektor Transport und die Abbildung 15 bezogen auf das Gesamtergebnis.

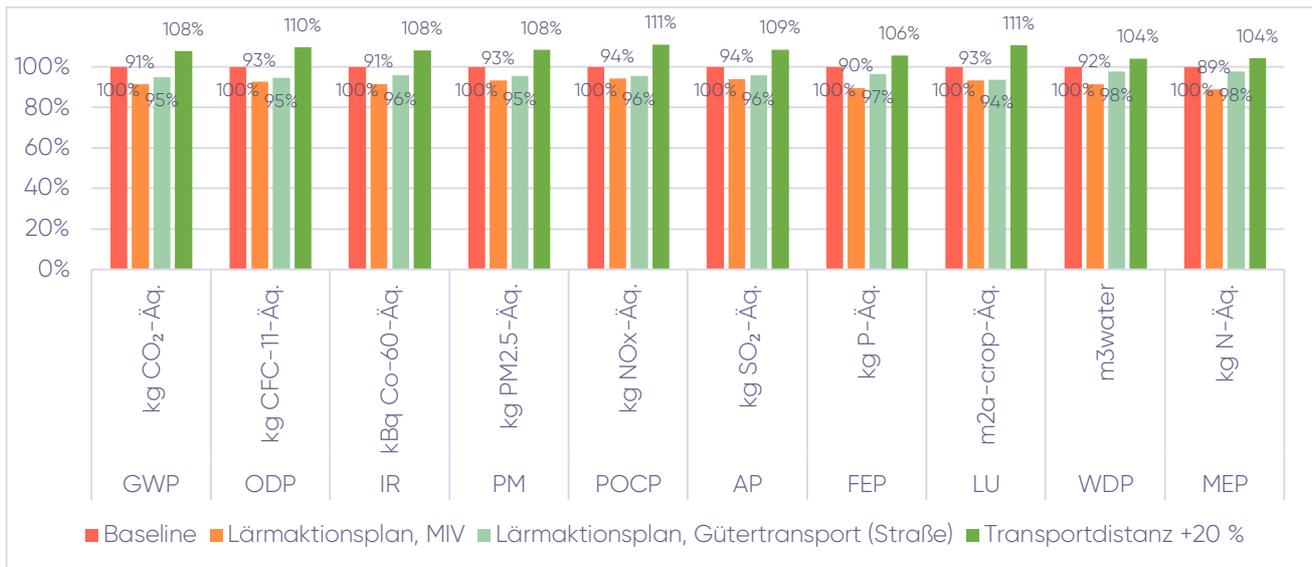


Abbildung 14. Sensitivität ausgewählter Parameter im Verhältnis zum Ergebnis im Sektor Transport

Die Erhöhung der Transportdistanz des Gütertransports (Wasser-, Straßen- und Schienenverkehr) um 20 % hat eine geringe Sensitivität von 4 – 11 % in allen Wirkungskategorien. Die Modellierung Straßenverkehr, MIV sowie Straßenverkehr, Güter basierend auf Daten aus dem Lärmaktionsplan der Stadt Duisburg hat ebenfalls eine geringe Sensitivität von 3 -10 % in allen Wirkungskategorien.



Abbildung 15. Sensitivität ausgewählter Parameter im Sektor Transport im Verhältnis zum Gesamtergebnis

Wie zu erkennen ist, haben die ausgewählten Parameter in Relation zu dem Gesamtergebnis in allen Wirkungskategorien eine geringe Sensitivität von <4 %

5.2.3. Abfall

Im Sektor Abfall werden die Mengen der Abfallarten, die auf Primärdaten basieren, (LVP, Restmüll, PPK, Biomüll, Sperrmüll) basierend auf Sekundärdaten (Abfallbilanz) modelliert. Die genauen

Mengen sind der Tabelle 34 und Tabelle 35 zu entnehmen. Die Abbildung 16 zeigt den Einfluss der veränderten Parameter bezogen auf das Ergebnis im Sektor Abfall und die Abbildung 17 bezogen auf das Gesamtergebnis.

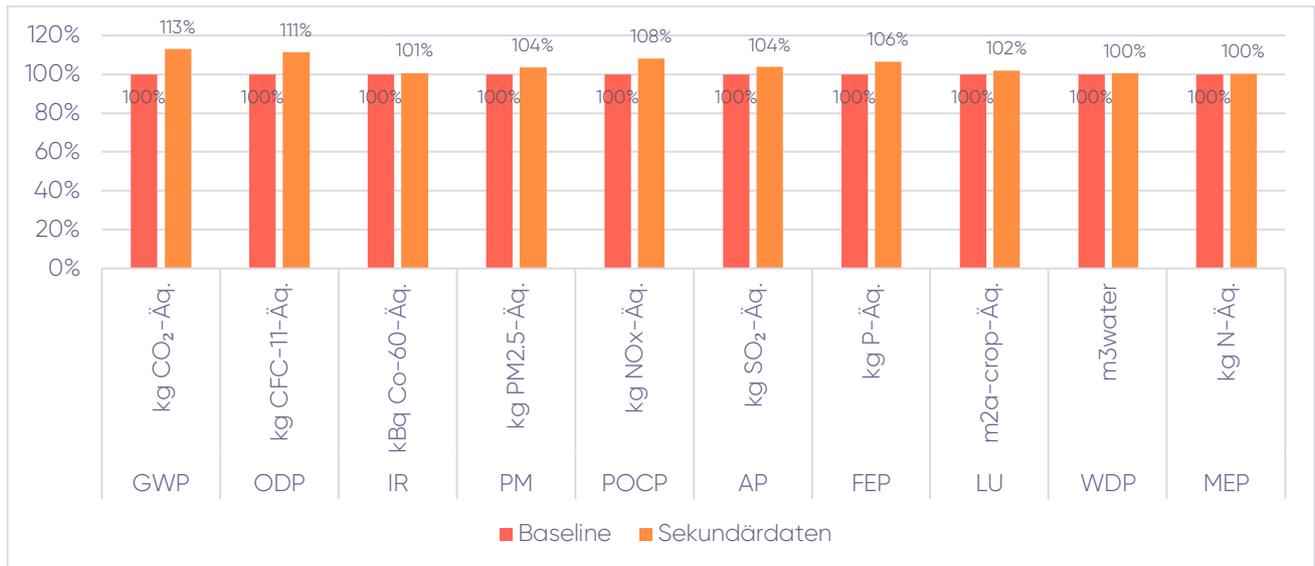
Tabelle 34. Sensitivität: Abfall zur thermischen Verwertung

Abfallart	Menge [kg]/Jahr	Quelle	Verwendeter Datensatz
Hausmüll, 93 % haushaltsnahe Sammlung	1.364.899	(Wirtschaftsbetriebe Duisburg – AöR, 2022a; 2022b)	Scope 3 Residual waste, specific composition, Duisburg, 2019, for incineration ³¹
Hausmüll, 7 % Recycling- hof	$(1.498.094/100)*7=$ 104.867	ausgehend von Primärdaten WBD	Scope 3 Residual waste, specific composition, Duisburg, 2019, for incineration
Sperrmüll, 79 % haushaltsnahe Sammlung	184.726	(Wirtschaftsbetriebe Duisburg – AöR, 2022a; 2022b)	Scope 3 Municipal solid waste {DE} treatment of, incineration Cut-off, U
Sperrmüll, 21 % Recyclinghof	$(450.800/100)*21=$ 94.668	ausgehend von Primärdaten WBD	Scope 3 Municipal solid waste {DE} treatment of, incineration Cut-off, U
Leichtstoffverpackung 97 % haushaltsnahe Sammlung	87.070	(Wirtschaftsbetriebe Duisburg – AöR, 2022a; 2022b)	Scope 3 Waste plastic, mixture {Europe without Switzerland} treatment of waste plastic, mixture, municipal incineration Cut-off, U
Leichtstoffverpackung, 3 % Recyclinghof	$(90.867/100)*3=$ 2.726	ausgehend von Primärdaten WBD	Scope 3 Waste plastic, mixture {Europe without Switzerland} treatment of waste plastic, mixture, municipal incineration Cut-off, U

³¹ Die Zusammensetzung des Hausmülls basiert auf einer Analyse des Instituts für Abfall, Abwasser und Infrastruktur-Management GmbH aus dem Jahr 2019 (Santjer & Hannes, 2019).

Tabelle 35. Sensitivität: Abfall zur biologischen Behandlung

Abfallart	Menge [kg]/Jahr	Quelle	Verwendeter Datensatz
Bioabfall, 100 % haushaltsnahe Sammlung	11.751	(Wirtschaftsbetriebe Duisburg - AöR, 2022a; 2022b)	Scope 3 Biowaste {DE} treatment of biowaste by anaerobic digestion Cut-off, U



Die Verwendung von Sekundärdaten in Relation zum Ergebnis im Sektor Abfall hat eine geringe Sensitivität, insbesondere in den Wirkungskategorien Treibhauspotenzial und Ozonabbaupotenzial von 13 % bzw. 11 % sowie in den anderen Wirkungskategorien von >8 %.

Abbildung 16. Sensitivität ausgewählter Parameter im Verhältnis zum Ergebnis im Sektor Abfall

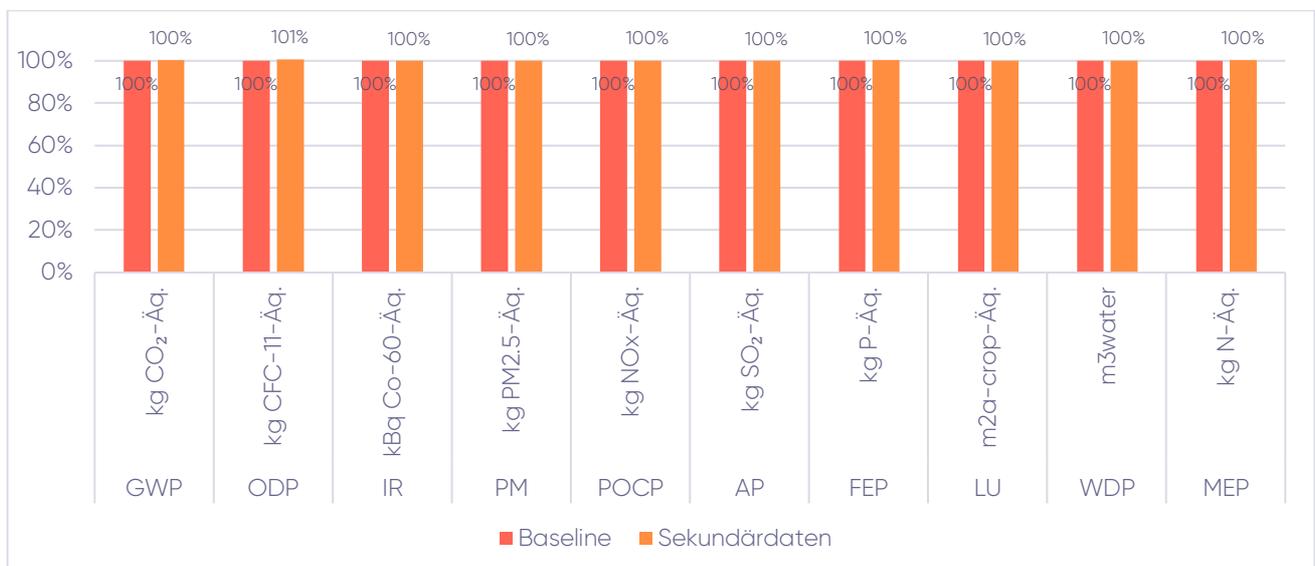


Abbildung 17. Sensitivität ausgewählter Parameter im Sektor Abfall im Verhältnis zum Gesamtergebnis

Die Verwendung von Sekundärdaten hat in Relation zu dem Gesamtergebnis keine Sensitivität. Dies ist auf den geringen Beitrag des Sektors Abfall an den Ergebnissen in den meisten Wirkungskategorien zurückzuführen.

5.2.4. Landnutzung (Gebäudeinfrastruktur)

Es wird die Sensitivität der teilweise auf Abschätzungen basierenden Gebäudevolumen bzw. -flächen mit einer Abweichung von 20 % getestet.

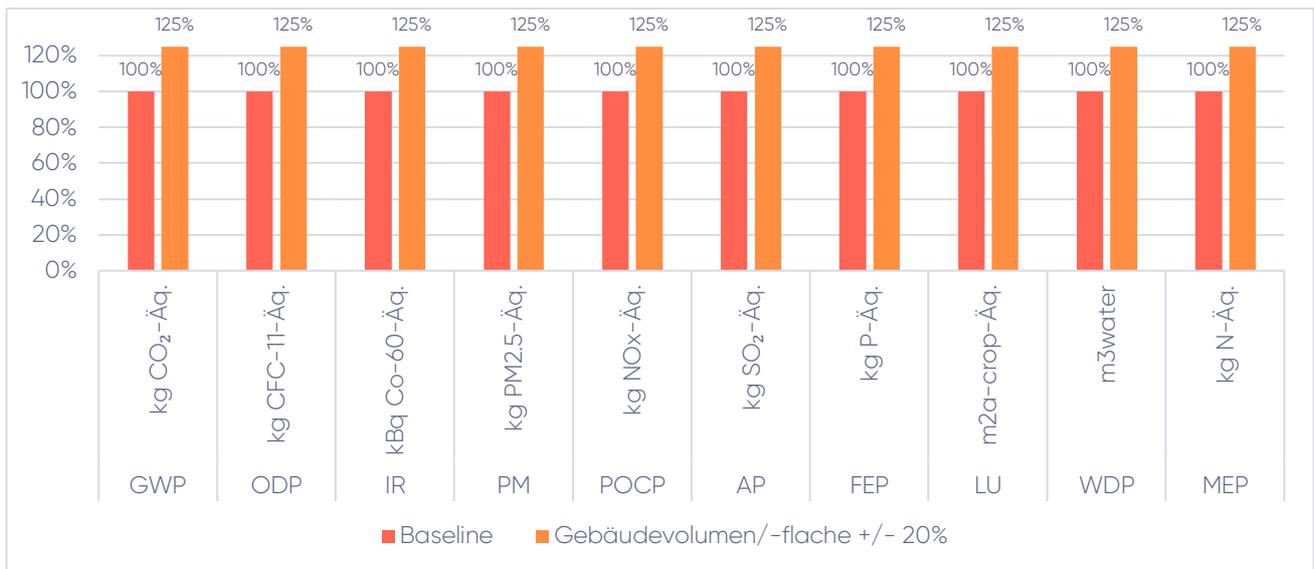


Abbildung 18. Sensitivität bezogen auf das Ergebnis im Sektor Landnutzung

Eine Abweichung des Gebäudevolumens bzw. der -fläche von 20 % in Relation zum Ergebnis der Gebäudeinfrastruktur hat eine signifikante Sensitivität von 25 % in allen Wirkungskategorien.

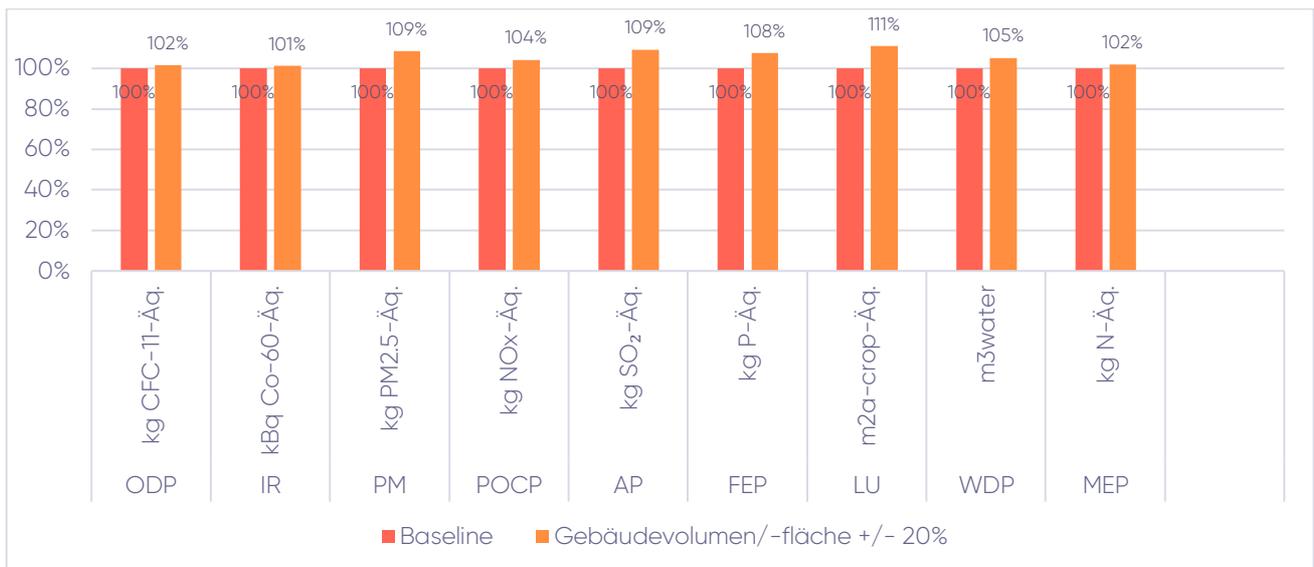


Abbildung 19. Sensitivität bezogen auf das Gesamtergebnis

Eine Abweichung des Gebäudevolumens bzw. der -fläche von 20 % in Relation zum Gesamtergebnis hat eine geringe Sensitivität in den Wirkungskategorien Landnutzung, Feinstaubbildung, terrestrisches Versauerungspotenzial und Eutrophierungspotenzial, Süßwasser von 8 – 11 %, sowie in den anderen Wirkungskategorien von <5 %.

5.2.5. Privater Konsum

Die Abschätzung der Umweltauswirkungen des privaten Konsums im Rahmen der Sensitivitätsprüfung in der Wirkungskategorie Treibhauspotenzial basiert auf Angaben des UBA. Demnach ist in Deutschland von jährlich 1,7 t CO₂-Äq. pro Kopf für Ernährung und 3,4 t CO₂-Äq. für Sonstigen Konsum auszugehen (Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, 2022). Die Wirkungen im Bereich Sonstiger Konsum setzt sich aus den Bereichen Innenausstattung, Freizeit und Kultur, Bekleidung und Schuhe, Elektronische Geräte, Beherbergung, Streaming sowie Haustiere zusammen (Umweltbundesamt, 2023). Hochgerechnet auf die 5.593 Einwohner:innen in Duisburg-Ruhrort ergibt das jährlich insgesamt 28.524 t CO₂-Äq.

5.3. Vollständigkeits- und Konsistenzprüfung

Es wurden alle relevanten Sektoren bzw. Aktivitäten gem. GPC berücksichtigt. Im Sektor Landnutzung wurde lediglich die Gebäudeinfrastruktur unter „Sonstige Scope 3“ berücksichtigt, da keine landwirtschaftlichen Tätigkeiten bzw. Forstwirtschaft in Ruhrort stattfinden. Im Sektor Industrielle Prozesse und Produktnutzung wurden keine relevanten Aktivitäten identifiziert.

Die Methodik ist konsistent gem. GPC eingesetzt, mit folgender Einschränkung bei der Modellierung des motorisierten Individualverkehrs: Hier wurde gem. Resident Activity Method die Umweltwirkungen aus dem Verkehr der Einwohner der Stadt erfasst. Eine Aufteilung in Scope 1 (Aktivitäten innerhalb der Stadtteilgrenze) und Scope 3 (Aktivitäten außerhalb der Stadtteilgrenze) ist hier nicht möglich. Eine weitere Abweichung gibt es bei der Modellierung des Scope 3: Abfall zur Verbrennung. Wird bei der Abfallverbrennung Energie freigesetzt, sollen gem. GPC die Umweltauswirkungen im Sektor Energie berücksichtigt werden. In der vorliegenden Studie werden diese jedoch im Sektor Abfall betrachtet.

Ecoinvent 3.8-Datensätze wurden konsequent nach der Scope Kategorisierung aufgeteilt. Die Modellierung basiert bevorzugt auf Datensätzen, welche für Deutschland (DE) repräsentativ sind. Wenn diese in der ecoinvent Datenbank nicht verfügbar waren, wurden Datensätze gewählt, die für Europa ohne Schweiz (Europe without Switzerland) repräsentativ sind, gefolgt von Datensätze, welche für die Schweiz (CH) oder für Europa (Europe) repräsentativ sind. Bei wenigen Ausnahmen wurden globale (GLO) Datensätze oder Rest-of-World (RoW)-Datensätze verwendet, wenn keine der zuvor genannten Datensätze verfügbar waren. Die verwendeten Datensätze aus der ecoinvent 3.8.-Datenbank sind überwiegend repräsentativ für das Jahr 2021 (ecoinvent, 2022). Lediglich drei Datensätze sind repräsentativ für das Jahr 2020 bzw. ein Datensatz für das Jahr 2017. Details zur zeitlichen bzw. geografischen Einordnung der verwendeten ecoinvent-Datensätze sind der Excel-Tabelle Anforderungen an die Datenqualität zu entnehmen.

Alle Datenquellen stammen aus dem Referenzjahr 2021 mit Ausnahme der Datenquellen zum motorisierten Individualverkehr. Hier entstammen die Daten dem Schlussbericht Mobilitätsbefragung der Stadt Duisburg aus dem Jahr 2015. Zusätzlich sind wenige Datenquellen, welche für die Herleitung bzw. Berechnung von Aktivitätsdaten verwendet wurden, aus Quellen, deren Alter 10 Jahre Differenz zum Referenzjahr entspricht.

Die Datenquellen stammen überwiegend aus dem Untersuchungsgebiet Ruhrort bzw. aus Duisburg, wurden dann, wenn möglich auf Duisburg-Ruhrort bspw. anhand der Einwohnerzahl, extrapoliert. Zusätzlich entstammen wenige Daten, welche für die Herleitung bzw. Berechnung von Aktivitätsdaten verwendet wurden, von einem geographisch größeren Gebiet (Deutschland). Keine Daten stammen aus unbekanntem Gebiet oder deutlich unterschiedlichem Gebiet. Details hierzu sind der Excel-Tabelle Anforderungen an die Datenqualität zu entnehmen.

Die Konsistenz der eingesetzten Daten wird weitestgehend sichergestellt durch die überwiegende Verwendung von Primärdaten bzw. Sekundärdaten aus wissenschaftlich fundierten Studien oder offiziellen Datenbanken. Mit Ausnahme der Angaben zur transportierten Gütermenge im Straßenverkehr, welche auf einer qualifizierten Abschätzung der Duisburger Hafen AG beruht, sowie der Fläche von Nichtwohngebäuden, welche aus abschätzenden Messungen mithilfe von google maps basiert. Um die Unsicherheiten dieser Parameter einzuschätzen und einzuschränken wurde die Sensitivität dieser im Rahmen einer Sensitivitätsprüfung dargestellt und diskutiert.

Im Hinblick auf das Ziel und den Umfang der Studie werden die modellierten Aktivitäten sowie verwendete Daten als ausreichend vollständig und detailliert eingeschätzt.

5.4. Berechnung der Umweltkosten

Tabelle 36. Umweltkosten von Duisburg-Ruhrort, differenziert nach Sektoren inkl. privater Konsum und Wirkungskategorien nach GREENZERO Standard, aktualisierte Kostensätze und Wirkungskategorien.

Wirkungskategorie	Gesamt	Energie	Transport	Abfall	Landnutzung	Privater Konsum
Treibhauspotenzial	8.542.498 €	5.956.845 €	1.645.192 €	198.821 €	741.639 €	3.708.159 € ³²
Ozonabbaupotenzial	797 €	457 €	217 €	59 €	64 €	
Ionisierende Strahlung	15.364 €	12.718 €	1.514 €	182 €	950 €	
Feinstaubbildung	5.228.615 €	1.639.087 €	1.458.342 €	70.284 €	2.060.902 €	
Ozonbildungspotenzial	45.136 €	16.478 €	18.907 €	706 €	9.045 €	
Terrestrisches Versauerungspotenzial	771.991 €	249.958 €	185.193 €	9.520 €	327.319 €	
Eutrophierungspotenzial, Süßwasser	70.753 €	28.399 €	13.357 €	3.941 €	25.056 €	1.483.264 € ³³
Eutrophierungspotenzial, Meerwasser	33.506 €	7.776 €	2.454 €	20.254 €	3.022 €	
Ressourcenverbrauch, Wasser	101.196 €	22.668 €	18.064 €	35.773 €	24.691 €	
Landnutzung	186.823 €	41.870 €	51.122 €	1.286 €	92.546 €	
Gesamt	20.188.101 €	7.976.257 €	3.394.361 €	340.825 €	3.285.235 €	5.191.423 €

³² Siehe Fußnote Nr. 18

³³ Für die Extrapolation auf weiteren Wirkungskategorien wird ein Faktor von 1,4 angenommen.

5.5. Schlussfolgerungen und Zusammenfassung

Bezogen auf die Zielstellung der Studie (Kapitel 2.1) können folgende Schlussfolgerungen gezogen werden:

Die lebenszyklusbasierten Umweltwirkungen des Stadtteils Duisburg-Ruhrort für das Jahr 2021, unter Berücksichtigung von Aktivitäten, die auf dem Gebiet des Stadtteils stattfinden, werden in den Wirkungskategorien **ionisierende Strahlung, Treibhauspotenzial und Ozonabbaupotenzial** in erster Linie durch den Sektor **Energie bestimmt**.

Der Sektor **Abfall** dominiert die Wirkungskategorie **Eutrophierungspotenzial, Meerwasser** und hat einen signifikanten Anteil an der Wirkungskategorie **Ressourcenverbrauch, Wasser**, gefolgt von der Gebäudeinfrastruktur und den Sektoren Energie und Transport, jedoch einen vernachlässigbaren Anteil an den anderen Wirkungskategorien.

Die Wirkungskategorien **Feinstaubbildung, Ozonbildungspotenzial, terrestrische Versauerung, und Eutrophierungspotenzial, Süßwasser** werden in unterschiedlicher Abstufung von den Sektoren **Energie** und **Transport** und der **Gebäudeinfrastruktur** bestimmt.

Im Sektor Industrielle Prozesse und Produktnutzung wurden keine relevanten Aktivitäten identifiziert. Die Primärdatenerhebung zum Privaten Konsum befindet sich noch in der Auswertung und ist nicht Teil dieser ersten Version des Projektberichts. Es wurde lediglich eine Abschätzung des Privaten Konsums basierend auf Angaben zum pro Kopf Treibhauspotenzial des UBA durchgeführt.

In Bezugnahme auf der Höhe der Umweltkosten haben in erster Linie die Wirkungskategorien **Treibhauspotenzial, Feinstaubbildung, terrestrische Versauerung, Landnutzung und Ressourcenverbrauch Wasser** eine **hohe Relevanz**, sowie die Wirkungskategorie **Eutrophierungspotenzial, Süßwasser** eine **signifikante Relevanz**. Die Wirkungskategorien **ionisierende Strahlung, Eutrophierungspotenzial, Meerwasser und Ozonbildungspotenzial** hingegen haben eine **geringe Relevanz**, die Wirkungskategorie **Ozonabbaupotenzial** hat **keine Relevanz**.

Hinsichtlich der einzelnen Sektoren lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

Sektor Energie

Der Sektor Energie wird in erster Linie durch die Energieerzeugung im Untersektor Gewerbe, Handel und Dienstleistungen (GHD) bestimmt, gefolgt von dem Untersektor Private Haushalte. Der Untersektor Industrie spielt eine vernachlässigbare Rolle.

Mit wenigen Ausnahmen lassen sich die Umweltauswirkungen in Scope 1 und „Sonstige Scope 3“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe) in erster Linie auf die Wärmeerzeugung aus Erdgas zurückführen. Der Energieträger Erdgas macht gem. Schornsteinfederdaten etwa 80 % der Energieträger für die Wärmeerzeugung in Ruhrort aus. Die Umweltauswirkungen in Scope 2 und „Sonstige Scope 3“ (Netzstrom) lassen sich mit wenigen Ausnahmen in erster Linie auf die Stromerzeugung aus Kohle zurückführen, welche im Jahr einen Beitrag von 20,8 % der

Energieträger für die Erzeugung des Normalstroms und 41,4 % der Energieträger für die Erzeugung des Unternehmensmixes haben.

Die Wirkungskategorien Ionisierende Strahlung, Eutrophierungspotenzial, Süß- und Meerwasser, Landnutzung werden fast ausschließlich durch „Sonstige Scope 3“ (Verbrennung fossiler Brennstoffe und Netzstrom) bestimmt. „Sonstige Scope 3“ beeinflusst außerdem überwiegend die Wirkungskategorien Feinstaubbelastung, Ozonbildungspotenzial und terrestrisches Versauerungspotenzial, gefolgt von Scope 2 und Scope 1. Den größten Einfluss auf die Wirkungskategorie Treibhauspotenzial hat Scope 1, gefolgt von Scope 2 und zu einem geringen Anteil „Sonstige Scope 3“. Zu den Wirkungskategorien Ozonabbaupotenzial und Ressourcenverbrauch, Wasser haben „Sonstige Scope 3“ ebenfalls einen signifikanten Beitrag, gefolgt von Scope 2 und bei Ozonabbaupotenzial Scope 1.

Daraus ergibt sich für private Haushalte insbesondere Handlungsbedarf zur Verbesserung der Umweltauswirkungen im Bereich Wärme (Scope 1) und für Unternehmen in den Bereichen Wärme- und Stromerzeugung.

Sektor Transport

Die Umweltwirkungen im Sektor Transport werden in erster Linie durch den Straßenverkehr bestimmt und zu einem geringen Anteil durch den Wasserverkehr. Der Schienenverkehr hat mit Ausnahme der Wirkungskategorie Ressourcenverbrauch, Wasser einen vernachlässigbaren Beitrag.

Die Private Mobilität hat zu allen Wirkungskategorien den höchsten Beitrag, gefolgt von dem Gütertransport. Sonstiger Transport (Firmenfahrzeuge, Abfallentsorgung und Straßenreinigung) hat einen vernachlässigbaren Beitrag. Im Bereich privater Mobilität ist anzumerken, dass keine Unterteilung in Scope 1 (Aktivitäten innerhalb der Stadtteilgrenzen) und Scope 3 (Aktivitäten außerhalb der Stadtteilgrenzen) erfolgt. Der MIV-Anteil ist in Homberg/Ruhrort/Baerl mit 68 % am höchsten in ganz Duisburg (Helmert, Henninger, & Allekotte, 2016).

Die Umweltauswirkungen lassen sich in erster Linie in Scope 1 auf die direkten Emissionen bei der Verbrennung fossiler Kraftstoffe zurückführen. Die Umweltauswirkungen in „Sonstige Scope 3“ lassen sich mit Ausnahme der Wirkungskategorien Ressourcenverbrauch, Wasser und Landnutzung, auf die Herstellung der Kraftstoffe (Benzin und/oder Diesel) zurückführen. Scope 2 hat lediglich in der Wirkungskategorie Ressourcenverbrauch, Wasser eine Relevanz und ist hier auf die Stromerzeugung aus Wasserkraft zurückzuführen. „Sonstige Scope 3“ in den Wirkungskategorien Eutrophierungspotenzial, Süß- und Meerwasser wird außerdem durch den Abraum, der während des Bergbaus abgetragen wird, um Zugang zum darunter liegenden Kohleflöz zu erhalten, bestimmt.

Die Wirkungskategorien ionisierende Strahlung, Eutrophierungspotenzial, Süß- und Meerwasser, Landnutzung werden ausschließlich durch „Sonstige Scope 3“ bestimmt. „Sonstige Scope 3“ beeinflusst außerdem überwiegend die Wirkungskategorien Feinstaubbelastung und terrestrisches Versauerungspotenzial, gefolgt von Scope 1, sowie den Ressourcenverbrauch, Wasser, gefolgt von Scope 2. Den größten Einfluss auf die Wirkungskategorie Treibhauspotenzial

hat Scope 1, gefolgt von „Sonstige Scope 3“. Die Wirkungskategorie Ozonabbaupotenzial wird zu gleichen Anteilen von „Sonstige Scope 3“ und Scope 2 bestimmt.

Sektor Abfall

Im Gegensatz zu den Sektoren Energie und Transport hat der Sektor Abfall eine geringere Relevanz und ist größtenteils auf direkte Emissionen bei der Verbrennung von Abfall und der Abwasserbehandlung zurückzuführen (Scope 3). „Sonstige Scope 3“ hat mit Ausnahme der Wirkungskategorie Landnutzung und Feinstaubbildung eine geringere Relevanz. Es ist anzumerken, dass kein Abfall bzw. Abwasser auf dem Stadtteilgebiet von Ruhrort behandelt wird.

Sektor Landnutzung (Gebäudeinfrastruktur)

Die Analyse zeigt, dass die Gebäudeinfrastruktur insbesondere in den Wirkungskategorien Feinstaubbildung, terrestrisches Versauerungspotenzial, Eutrophierungspotenzial, Süßwasser, Landnutzung und Ozonbildungspotenzial eine signifikante Relevanz hat. Dies sollte bei Neubauprojekten bzw. Renovierungsarbeiten berücksichtigt werden und Reduktionsmaßnahmen individuell evaluiert werden.

Allgemein haben alle im Rahmen der Sensitivitätsprüfung getesteten Parameter in Relation zum Gesamtergebnis eine geringe Sensitivität von < 8 %, mit Ausnahme der Erdgasverbrauchsmenge. Die Verringerung des Erdgasverbrauchs um - 50 %, basierend auf den Schornsteinfegerdaten, hat in Relation zum Gesamtergebnis eine hohe Sensitivität in den Wirkungskategorien Treibhauspotenzial (23%) und eine geringe Sensitivität auf das Ozonabbaupotenzial (12 %). Allgemein ist anzunehmen, dass die Primärdaten zum Erdgasverbrauch der DVW akkurater sind. Für zukünftige Studien wird empfohlen insbesondere im Sektor Energie auf Primärdaten zurückzugreifen.

Die vorliegende Analyse zeigt die Wichtigkeit nicht nur direkte Emissionen, sondern auch Umweltwirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungskette zu berücksichtigen. Mit Ausnahme des Sektors Abfall, dominieren diese sogenannten „Sonstige Scope 3“ die Wirkungskategorien Ionisierende Strahlung, Eutrophierungspotenzial, Süß- und Meerwasser, Landnutzung und haben außerdem einen signifikanten Beitrag in den Wirkungskategorien Feinstaubbildung, und terrestrisches Versauerungspotenzial. Lediglich in der Wirkungskategorie Treibhauspotenzial dominieren direkte Emissionen des Scope 1 bzw. Scope 2. Nur, wenn eine Vielzahl von Wirkungskategorien sowie Umweltauswirkungen der vor- und nachgelagerten Wertschöpfungsketten berücksichtigt werden, können Umweltwirkungen einer Stadt ganzheitlich reduziert werden.

In Anlehnung an die allgemeine Strukturierung des Projekts zeigt Abbildung 20 eine vereinfachte Darstellung der Anteile zusammengefasster Wirkungsbereiche an den gesamten Umweltkosten. Eine detaillierte Darstellung findet sich in Tabelle A9 im Anhang.

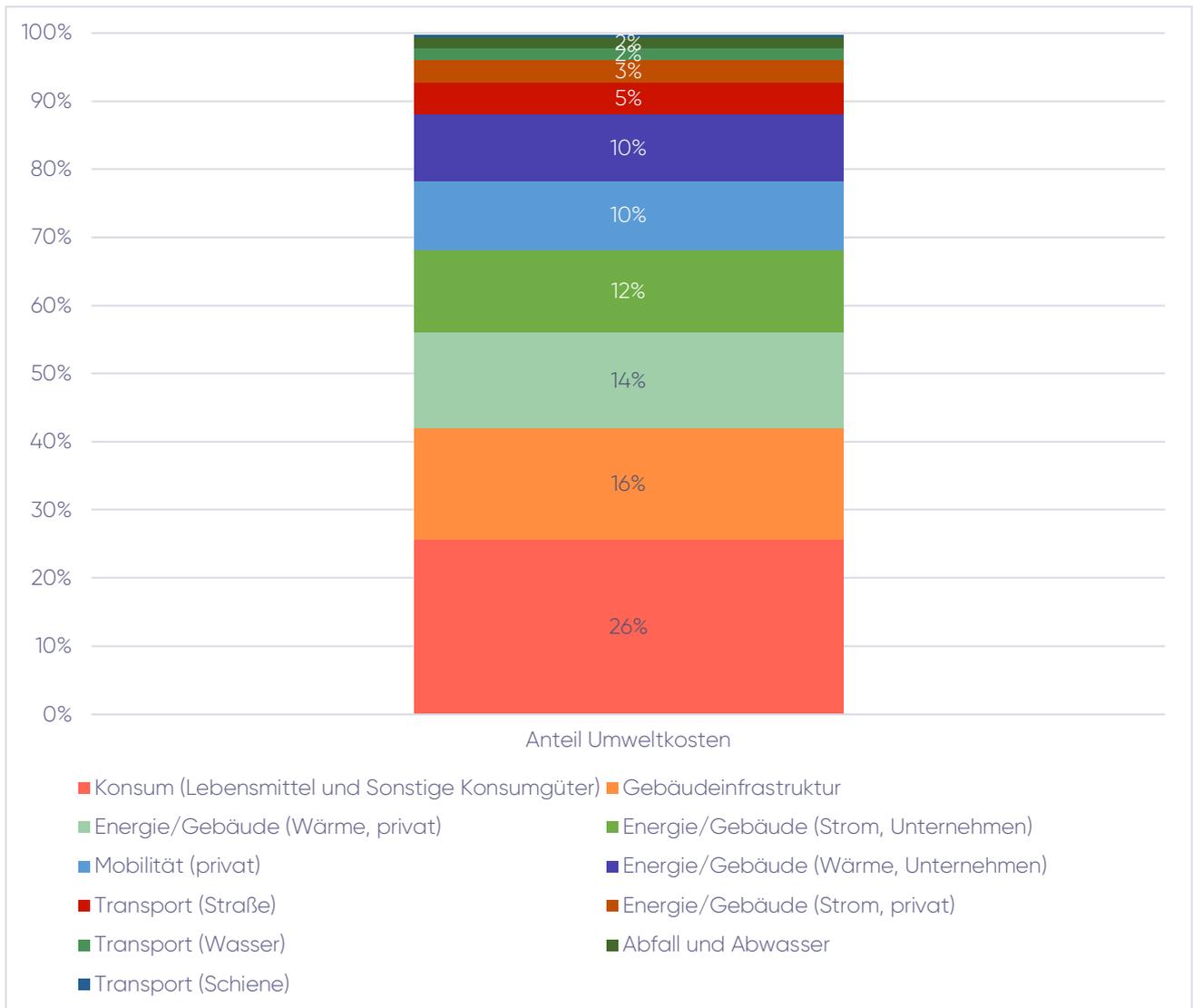


Abbildung 20. Vereinfachte Darstellung der Anteile zusammengefasster Wirkungsbereiche an den gesamten Umweltkosten

Referenzen

- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz. (25. Februar 2022). *Infografik: Kohlenstoffdioxid-Fußabdruck pro Kopf in Deutschland*. Von <https://www.bmu.de/media/kohlenstoffdioxid-fussabdruck-pro-kopf-in-deutschland> abgerufen
- Buschka, M., Bischof, J., Meier-Dotzler, C., & Lang, W. (2021). Developing non-residential building stock archetypes for LCI – a German case study of office and administration buildings. *The International Journal of Life Cycle Assessment (2021)*, 1735–1752.
- CML. (2016). *CML-IA Characterisation Factors, CML-Department of Industrial Ecology*. Abgerufen am 22. Juni 2023 von <https://www.universiteitleiden.nl/en/research/research-output/science/cml-ia-characterisation-factors>
- Cremer, A., Müller, K., Berger, M., & Finkbeiner, M. (2020). A framework for environmental decision support in cities incorporating organizational LCA. *The International Journal of Life Cycle Assessment*.
- de Bruyn, S., de Vries, J., Juijn, D., Bijleveld, M., van der Giesen, C., Korteland, M., . . . Pápai, S. (2023). *Handboek Milieuprijzen 2023 (Environmental Prices Handbook 2023)*. Delft: CE Delft. Abgerufen am 24. Juli 2023 von https://ce.nl/wp-content/uploads/2023/03/CE_Delft_220175_Handboek_Milieuprijzen_2023_DEF.pdf
- DESTATIS / Statistisches Bundesamt. (2014). *Zensus 2011: Gebäude und Wohnungen sowie Wohnverhältnisse der Haushalte*. Düsseldorf: Information und Technik Nordrhein-Westfalen. Abgerufen am 23. Juni 2023 von <https://www.it.nrw/sites/default/files/gemeindebl%C3%A4tter/G05112.pdf>
- Deutscher Bundestag. (22. März 2018). *Verkehr und digitale Infrastruktur – Antwort – hib 182/2018*. Von Nur 1,46 Personen pro Pkw unterwegs: https://www.bundestag.de/webarchiv/presse/hib/2018_03/548536-548536 abgerufen
- Deutscher Wetterdienst (DWD). (2023). *Kostenfreie Gradtagzahlen/Gradtage*. Abgerufen am 23. Juni 2023 von https://www.dwd.de/DE/leistungen/gtz_kostenfrei/gtz_kostenfrei.html
- (2009). *DIN EN ISO 14040:2009-11: Umweltmanagement – Ökobilanz – Grundsätze und Rahmenbedingungen*.
- (2018). *DIN EN ISO 14044:2018-05: Umweltmanagement – Ökobilanz – Anforderungen und Anleitungen*.
- DVGW, D. V.-u. (Hrsg.). (01. März 2011). *Abschlussberichte Systemanalyse Teil I und II*. Abgerufen am 23. Juni 2023 von G 5/04/09: Bewertung der Energieversorgung mit leitungsgebundenen gasförmigen Brennstoffen im Vergleich zu anderen Energieträgern

(Teilprojekt 1 und II): <https://www.dvgw.de/themen/forschung-und-innovation/forschungsprojekte/dvgw-forschungsberichte-g-5/04/09-teile-i-und-ii>

ecoinvent. (2022). *Allocation, cut-off by classification, ecoinvent database version 3.8*.

Guinée, J. e. (2002). *Handbook on life cycle assessment. Operational guide to the ISO standards*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.

Helmert, C., Henninger, K., & Allekotte, R. (2016). *Mobilitätsbefragung 2015 zum werktäglichen Verkehrsverhalten der Bevölkerung in der Stadt Duisburg: Schlussbericht*. Ingenieurbüro Helmert. Aachen: Stadt Duisburg: Amt für Stadtentwicklung und Projektmanagement.

Huijbregts, M. e. (2017). *ReCiPe 2016 v1.1 - A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. Report I: Characterization, National Institute for Public Health and Environment*. BA Bilthoven.

Huld, T., Müller, R., & Gambardella, A. (2012). A new solar radiation database for estimating PV performance in Europe and Africa. *Solar Energy*, 86, 1803–1815. Von <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038092X12001119?via%3Dihub> abgerufen

Kraftfahrt-Bundesamt (Hrsg.). (April 2021). *Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken*. Abgerufen am 26. Juni 2023 von https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.kba.de%2FSharedDocs%2FDownloads%2FDE%2FStatistik%2FFahrzeuge%2FFZ1%2Ffz1_2021.xlsx%3F__blob%3DpublicationFile%26v%3D2&wdOrigin=BROWSELINK

Lochner, D., Bach, V., Finkbeiner, M., & Honkomp, H. (2022). *Umweltneutralität nach HeimatERBE - Mehrdimensionale und ganzheitliche Kompensation von Umweltauswirkungen - Standard Version 1.0*. Berlin.

Marktstammdatenregister. (2023). Abgerufen am 23. Juni 2023 von Aktuelle Einheitenübersicht: <https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/OeffentlicheEinheiteneuebersicht>

Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen. (14. Juni 2023). *Geltende Gesetze und Verordnungen (SGV. NRW.)*. Von § 46 Aufenthaltsräume: https://recht.nrw.de/lmi/owa/br_bes_detail?sg=0&menu=0&bes_id=39224&anw_nr=2&aufgehoben=N&det_id=524067 abgerufen

Netze Duisburg. (31. Dezember 2022). *Verlustenergie Strom*. Abgerufen am 23. Juni 2023 von <https://www.netze-duisburg.de/netz-nutzen/verlustenergie-strom>

Santjer, M., & Hannes, L. (26. September 2019). *Zusammensetzung des Restabfalls in der Stadt Duisburg - Ergebnistabellen*. Ahlen: INFA - Institut für Abfall, Abwasser und Infrastruktur-Management GmbH.

- Stadt Duisburg. (2020). *Lärmaktionsplan der Stadt Duisburg*. Duisburg: Stadt Duisburg, Amt für Stadtentwicklung und Projektmanagement, Abteilung Stadtplanung, Verkehrlicher Immissionsschutz.
- Stadt Duisburg. (2021). *Smart City Duisburg Open Data*. Abgerufen am 23. Juni 2023 von Wohngebäude, Wohnungen und Wohnfläche: <https://opendata-duisburg.de/>
- Stadtwerke Duisburg. (November 2022). *Informationen zur Stromlieferung der Stadtwerke Duisburg AG 2021 gemäß § 42 Energiewirtschaftsgesetz*. Abgerufen am 23. Juni 2023 von https://www.stadtwerke-duisburg.de/fileadmin/Bilder/Privatkunden/Strom/Stromkennzeichnung/SWDU_Stromkennzeichnung.png
- Struschka, D.-I., Kilgus, D.-I., Springmann, D.-I., & Baumbach, P.-I. (2008). *Effiziente Bereitstellung aktueller Emissionsdaten für die Luftreinhaltung*. Dessau-Roßlau: Umweltbundesamt. Abgerufen am 23. Juni 2023 von <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/publikation/long/3677.pdf>
- Umweltbundesamt. (Juni 2023). Abgerufen am 31. Juli 2023 von https://uba.co2-rechner.de/de_DE
- VHS UMWELTBERATUNG GmbH. (2022). *Abfallumrechnungstabelle*. Von <https://www.umweltberatung.at/download/?id=abfallumrechnungstabelle-3044-umweltberatung.pdf> abgerufen
- Wirtschaftsbetriebe Duisburg – AöR. (2022a). *Abfallbilanz 2021*.
- Wirtschaftsbetriebe Duisburg – AöR. (2022b). *Geschäfts- und Nachhaltigkeitsbericht 2021*. Duisburg. Abgerufen am 12. Juni 2023 von https://www.wb-duisburg.de/unternehmen/Nachhaltigkeit/index.php.media/148804/WBD_Geschaefts_und_-Nachhaltigkeitsbericht_2021.pdf
- World Resources Institute. (2021). *Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Inventories. An Accounting and Reporting Standard for Cities Version 1.1*. World Resources Institute, C40 Cities Climate Leadership Group, ICLEI – Local Governments for Sustainability. Abgerufen am 01. August 2023 von https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/GPC_Full_MASTER_RW_v7.pdf

Anhang

Datenerhebung leitungsgebundener Energie (Strom und Erdgas)

Die Verbräuche leitungsgebundener Energie, resp. Strom und Erdgas, sind in Zusammenarbeit mit dem Duisburger Versorgungs- und Verkehrsgesellschaft mbH (DVV) basierend auf Angaben der Stadtwerken Duisburg (SWDU) und mithilfe der Software enersis erhoben worden.

Die Software enersis hat bereits Basisdaten hinterlegt, welche nach Angaben der Betreiber „auf wissenschaftlichen Daten von Instituten (ifeu Institut), statischen Erhebungen (LAK), ingenieurwissenschaftlichen Vorgaben sowie Erfahrungswerten aus Projekten in unterschiedlichen Gebieten der DACH-Region“ beruhen. Mit Hilfe von Informationen aus Zensus-Daten, Gebäudevolumina, Dachformationen und Gebäudealter wird anhand statistischer Erhebungen sowie Projekterfahrungen über einen automatisierten mehrstufigen Analysezyklus Informationen zu Grundinformationen der einzelnen Gebäude zusammengetragen. Diese Informationen sind die Basis um anhand von klassischen ingenieurwissenschaftlichen Berechnungen und Emissionsfaktoren (u.a. ifeu-Institut und NIR) Berechnungen für eine Basisdatengrundlage durchzuführen.

Die SWDU hat die vertrieblichen Erdgasverbrauchswerte aller von ihr belieferten Verbrauchsstellen in die Software von enersis eingespeist. Diese ersetzen dort die von enersis bereitgestellten Basisdaten. Die Datenlieferung der Verbrauchswerte bezieht sich auf das Jahr 2021. Die Werte der SWDU wurden zu ca. 60 % hochgerechnet, da sich der Jahresabschluss 2021 zum Zeitpunkt der Datenlieferung noch in Bearbeitung befand.

Die Daten der einzelnen Anschlussobjekte wurden mit Hilfe der Adressinformationen mit den jeweiligen LOD-Geometrien der Gebäude verschnitten und somit regional zugeordnet. Für die Aufschlüsselung in die einzelnen Teilsektoren, hat die Software enersis Mappings aus bisherigen Projekten herangezogen. Diese Umschlüsselungen kommen regelmäßig für Treibhausgasbilanzierungen im BSKO-Standard zum Einsatz

Berechnung des Endenergieeinsatzes fossiler Brennstoffe

Zunächst wird der Endenergieeinsatz der kamingebundenen Energieträger für Duisburg gesamt dargestellt, geschätzt auf Basis der Schornsteinfegerdaten. Der Vergleich mit einer zusätzlichen Abschätzung auf Basis der Gebäudeflächen liefert ein Maß der Unsicherheit. Der Endenergieeinsatz für Duisburg wird dann auf den Stadtteil Duisburg-Ruhrort verteilt. Die Berechnungen sind der Excel-Tabelle Berechnung des Endenergieeinsatz fossiler Brennstoffe.xlsx zu entnehmen. Folgend wird das allgemeine Vorgehen zur Bestimmung des Endenergiebedarfs fossiler Brennstoffe in Duisburg-Ruhrort stichpunktartig beschrieben:

Berechnung des Endenergieeinsatz fossiler Brennstoffe für Duisburg

- 1) Die Schornsteinfegerdaten liegen differenziert nach Brennstoff und Leistungsklasse summiert für gesamt Duisburg vor.
- 2) Mit Hilfe von mittleren installierten Leistungen pro Leistungsklasse und mittleren Volllaststunden pro Brennstoff und Leistungsklasse nach Struschka et al. wird der Endenergieeinsatz pro Brennstoff für Duisburg bestimmt (Struschka, Kilgus, Springmann, & Baumbach, 2008).
- 3) Da sich die Angaben von Struschka et al. auf das Jahr 2005 beziehen, werden die Endenergieeinsätze mit Hilfe der Gradtagszahlen³⁴ des DWD für das Jahr 2021 umgerechnet.
- 4) Zusätzlich wird für Duisburg die gesamte Wohnfläche differenziert nach Ein- bzw. Mehrfamilienhaus und Baujahr bestimmt und basierend darauf mit Hilfe des spezifischen Heizwärmebedarfs nach DBI der Heizwärmebedarf in Wohngebäuden in Duisburg berechnet.³⁵

Verteilung auf den Stadtteil Duisburg-Ruhrort

- 5) Für den Stadtteil Duisburg-Ruhrort wird die gesamte Wohnfläche differenziert nach Ein- bzw. Mehrfamilienhaus und Baujahr bestimmt.
- 6) Mit Hilfe des spezifischen Heizwärmebedarfs nach DBI wird für den Stadtteil Duisburg-Ruhrort der Heizwärmebedarf in Wohngebäuden berechnet.
- 7) Der so bestimmte Heizwärmebedarf wird als Verteilparameter für die aus den Schornsteinfegerdaten für Duisburg bestimmten Endenergieeinsätze verwendet.
- 8) Bei der Differenzierung nach Energieträgern werden lokalen Informationen bspw. zum Fernwärmeeinsatz oder zum Einsatz erneuerbarer Energieträger berücksichtigt.³⁶

³⁴ Definition Gradtagzahl: Gradtagzahl (auch Gradtagszahl, GTZ, Gt) und Heizgradtage (HGT, G) werden zur Berechnung des Heizwärmebedarfs eines Gebäudes während der Heizperiode herangezogen. Sie stellen den Zusammenhang zwischen Raumtemperatur und der Außenlufttemperatur für die Heiztage eines Bemessungszeitraums dar.

³⁵ Zu Berechnung des Faktors zu Verteilung des Endenergieeinsatzes auf den Stadtteil Duisburg-Ruhrort.

³⁶ So gibt es bspw. in Duisburg-Ruhrort kein Fernwärmenetz oder Kohleheizungen

Auswertung der Schornsteinfegerdaten

Die Schornsteinfeger-Innung für den Regierungsbezirk Düsseldorf hat Erhebungen aus dem Jahr 2021 aller Feuerungsanlagen für Duisburg zur Verfügung gestellt.

Die Daten liegen in folgender Differenzierung vor:

- Brennstoffe: Erdgas, Flüssiggas, Öl, Kohle, Holz (unbehandelt und unbehandelt), Sonstige feste Brennstoffe, Scheitholz, Holzpellets, Hackschnitzel
- Errichtungszeitpunkt
- Leistungsklasse
- Anlagenart (Einzelfeuerstätte, Brennwert/Heizwert, Blockheizkraftwerke)

Zur Berechnung des jeweiligen Endenergieeinsatzes H sind weitere Eigenschaften der Feuerungsanlagen erforderlich: Der Endenergieeinsatz H pro Energieträger i ergibt sich für jede Leistungsklasse j als Produkt der mittleren Anlagenleistung pro Leistungsklasse P_{ij} und der mittleren Anzahl Volllaststunden pro Jahr T_{ij} . Dazu gibt es eine Untersuchung von Struschka et al., welche die Werte $P^{\text{BRD},2005}_{ij}$ und $T^{\text{BRD},2005}_{ij}$ für bundesmittlere Verhältnisse und das Jahr 2005 ausweist (Struschka, Kilgus, Springmann, & Baumbach, 2008). Diese Werte sind in Tabelle A1 angegeben. Wo die Leistungsklassen nicht mit denen der Schornsteinfegerdaten übereinstimmen, wurde entsprechend interpoliert.

$$H^{\text{BRD},2005}_{ij} = T^{\text{BRD},2005}_{ij} \times P^{\text{BRD},2005}_{ij}$$

Die mittlere Anzahl Volllaststunden liefert die Proportionalität zwischen installierter Leistung und Endenergieeinsatz. Sie hängt von den Eigenschaften der Feuerungsanlage, sowie dem Energieträger oder der Einsatzart (z.B. Einzelraumfeuerstätte oder Zentralheizung), aber auch von externen Parametern wie der Meteorologie, der vorherrschenden Bauweise (Wärmedämmung), der Bebauungsdichte und den Heizgewohnheiten ab.

Tabelle A1: Feuerungsanlagen: Mittlere Nennwärmeleistung und jährliche Volllaststunden

Feuerungsanlagen	Leistungsklasse [kW]	Mittlere Nennwärmeleistung [kW]	Jährliche Volllaststunden [h/a]
Gas			
Zentralheizung	< 4 - 10	10,0	1.000
	11 - 25	21,0	1.000
	26 - 50	45,0	950
	51 - 100	90,0	950
	> 100	150,0	950
Öl			
Zentralheizung	< 4 - 10	10,0	1.000
	11 - 25	21,0	1.000
	26 - 50	45,0	950
	51 - 100	90,0	950

	> 100	150,0	950
Festbrennstoffe			
Kohle	> 4 - 15	10,0	1.020
	16 - 50	40,0	928
	> 50	80,0	930
Holz, unbehandelt	> 4 - 15	10,0	1.020
	16 - 50	40,0	928
	> 50	80,0	930
Holzbriketts, Pellets	> 4 - 15	10,0	1.020
	16 - 50	40,0	928
	> 50	80,0	930
Holz, behandelt	> 30 - 50	40,0	928
	> 50	80,0	930
Sonstige nachwachsende Rohstoffe	> 4 - 15	10,0	1.020
	16 - 50	40,0	928
	> 50	80,0	930
Einzelfeuerstätten	<= 6	4,0	350
	> 6; <= 8	7,0	596
	> 8	10,0	596
	Ohne Angabe	7,0	596

Die Volllaststunden beziehen sich auf bundesmittlere Verhältnisse und das Jahr 2005. Mit Hilfe der in Tabelle A2 angegebenen Gradtagzahlen des Deutschen Wetterdienstes (DWD) (Quelle) werden diese an die Verhältnisse in Duisburg 2021 angepasst (Deutscher Wetterdienst (DWD), 2023). Die Gradtagzahl Deutschland gesamt 2005 wurde als Mittelwert über 44 Städte gebildet. Die Gradtagzahl für Duisburg 2021 bezieht sich auf die Messstation Duisburg-Baerl.

Tabelle A2: Skalierungsfaktor zur Anpassung der Volllaststunden an das Jahr 2021 aus den Gradtagzahlen DWD

Gradtagzahl Duisburg-Baerl, 2021	3.110
Gradtagzahl Deutschland gesamt, 2005	3.773
Skalierungsfaktor zur Anpassung der Volllaststunden	0,824

Die sich ergebenden Werte für die Anzahl der Anlagen, die installierte Leistung sowie für den Endenergieeinsatz nach Energieträger differenziert für Duisburg, gesamt sind in Tabelle A3 ausgewiesen.

Tabelle A3: Hochrechnung Schornsteinfegerdaten 2021: Anzahl Anlagen, installierte Leistung und Endenergieeinsatz für Duisburg

Energieträger	Anzahl Anlagen	Installierte Leistung [MW]	Endenergieeinsatz, Duisburg [MWh/a]	2021
Einzelraumfeuerstätten (überwiegend Holz)	19.490	110	43.233	
Zentralheizungen				
Kohle	203	7	5.132	
Holz (unbehandelt)	67	5	3.467	
Pellets	246	7	5.822	
Holz (behandelt)	1	80 kW	61	
Sonstige	2	20 kW	17	
Öl	9.045	435	344.592	
Erdgas	66.898	2.170	1.627.122	
Flüssiggas	597	18	14.476	
Blockheizkraftwerk				
Erdgas	74	6	4.518	
gesamt			2.162.763	

Auswertung der Gebäudestatistik

Mit Hilfe von Informationen über Wohnflächen in Ein- und Mehrfamilienhäusern sowie über das Alter des Gebäudebestands kann der Heizwärmebedarf im Wohnungsbereich „bottom-up“ bestimmt werden. Dies dient einerseits zur Einordnung des aus den Schornsteinfegerdaten bestimmten Endenergieeinsatzes und andererseits zur räumlichen Verteilung.

Für die vorliegende Auswertung wurden folgende Daten für Duisburg verwendet:

- Gebäude mit Wohnraum nach Baujahr und Heizungsart³⁷
- Anzahl EFH (Einfamilienhäuser), Anzahl MFH (Mehrfamilienhäuser), Anzahl Wohnungen³⁸

Weiterhin verwendet wurde die mittlere Wohnfläche für Duisburg (75,4 m²) (DESTATIS / Statistisches Bundesamt, 2014). Hierbei wird nicht zwischen EFH und Wohnung in MFH

³⁷ Quelle: Zensus 2011 (DESTATIS / Statistisches Bundesamt, 2014)

³⁸ Quelle: Wohngebäude, Wohnungen und Wohnfläche 2021 (Stadt Duisburg, 2021)

unterschieden, obwohl davon auszugehen ist, dass die Wohnfläche von EFH, die von Wohnungen in MFH durchschnittlich übersteigt.

Auf Stadtteilebene:

- Anzahl EFH (Einfamilienhäuser), Anzahl MFH (Mehrfamilienhäuser), Anzahl Wohnungen, Mittlere Wohnfläche (70,3 m²)³⁹

Bei der mittleren Wohnfläche wird nicht zwischen EFH und Wohnung in MFH unterschieden, obwohl davon auszugehen ist, dass die Wohnfläche von EFH, die von Wohnungen in MFH durchschnittlich übersteigt.

Auf Stadtteilebene liegen keine Angaben zur Altersstruktur der Gebäude vor. Daher wird jeweils die Verteilung des Gebäudebestands nach Baujahr für die gesamte Stadt Duisburg angesetzt.

Damit kann auch auf die Stadtteilebene die mittlere Wohnfläche nach Baujahr bestimmt werden.

Leerstehende Wohnungen, durch Fernwärme, Solarthermie, Wärmepumpen oder elektrisch beheizte Wohnungen sowie Wohnungen ohne Heizung gehen nicht in die Auswertung ein.

Ermittlung des spezifischen Heizwärmebedarf

Der jährliche Heizwärmebedarf ergibt sich als Produkt der Wohnfläche mit dem spezifischen Heizwärmebedarf. Dieser ist für Einfamilienhäuser höher als für Mehrfamilienhäuser. Der spezifische Heizwärmebedarf in Deutschland nach Baujahr differenziert entstammt folgender Quelle:

- Bewertung der Energieversorgung mit leitungsgebundenen gasförmigen Brennstoffen im Vergleich zu anderen Energieträgern (Teil I) (DVGW, 2011)

Die in der Literatur angegebenen Altersklassen wurden durch Interpolation auf die Altersklassen des Gebäudebestands in Duisburg gebildet. Der so bestimmte Heizwärmebedarf nach Altersklassen für Duisburg ist in Tabelle A4 dargestellt. Es gibt sich einen gesamten Heizwärmebedarf von 2.685.432.159 kWh/a in Duisburg.

Tabelle A4: Spezifischer Heizwärmebedarf nach Baujahr: Duisburg

	Spezifischer Heizwärmebedarf, Einfamilienhäuser [kWh/a]	Spezifischer Heizwärmebedarf, Wohnungen in Mehrfamilienhäuser [kWh/a]
vor 1919	22.239.626	461.170.728
1919-1948	25.832.910	538.634.084

³⁹ Quelle: Wohngebäude, Wohnungen und Wohnfläche 2021 (Stadt Duisburg, 2021)

1949–1978	49.554.102	1.260.977.558
1979–1986	4.222.765	81.020.700
1987–1990	2.342.394	39.356.382
1991–1995	3.189.368	55.917.992
1996–2000	2.905.295	61.082.216
2001–2004	1.574.037	44.111.077
2005–2008	852.926	24.398.180
Ab 2009	219.242	5.830.575
Gesamt	112.932.665	2.572.499.493

Verteilung auf den Stadtteil Duisburg–Ruhrort

Basis für die räumliche Verteilung des Heizwärmebedarfs ist die Abschätzung des Heizwärmebedarfs auf Basis der Gebäudestatistik. Der so bestimmte Heizwärmebedarf nach Altersklassen für Duisburg ist in Tabelle A5 dargestellt. Es gibt sich einen gesamten Heizwärmebedarf von 40.826.970 kWh/a in Duisburg–Ruhrort. Demnach ergibt sich für den Stadtteil Duisburg–Ruhrort einen Anteil von 1,52 % am Heizwärmebedarf privater Gebäude Duisburg.

Tabelle A5: Spezifischer Heizwärmebedarf nach Baujahr: Duisburg–Ruhrort

	Spezifischer Heizwärmebedarf, Einfamilienhäuser [kWh/a]	Spezifischer Heizwärmebedarf, Wohnungen in Mehrfamilienhäuser [kWh/a]
vor 1919	1.158.089	6.264.788
1919–1948	1.345.203	7.317.092
1949–1978	2.580.443	17.129.789
1979–1986	219.893	1.100.628
1987–1990	121.976	534.638
1991–1995	166.081	759.620
1996–2000	151.288	829.773
2001–2004	81.965	599.228

2005–2008	44.415	331.438
Ab 2009	11.417	79.206
Gesamt	5.880.770	34.946.200

Es wird die Annahme getroffen, dass Anlagen über 100 kW dem Teilsektor GHD zugeschrieben werden, alle Anlagen unter 100 kW den privaten Haushalten.

Unter Verwendung dieser Annahme und des Verteilungsparameters von 1,52 % ergibt sich für den Stadtteil Duisburg–Ruhrort folgender Endenergieeinsatz differenziert nach Teilsektoren (siehe Tabelle A6).

Tabelle A6: Hochrechnung basierend auf Angaben der Schornsteinfegerdaten 2021: Endenergieeinsatz für Duisburg–Ruhrort

Energieträger		Endenergieeinsatz [kWh/a] Private Haushalte	Endenergieeinsatz [kWh/a] GHD	Endenergieeinsatz [kWh/a] Industrie
Einzelraumfeuerstätten		657.278	n/a	n/a
Zentralheizung	Holz (unbehandelt)	26.488	13.178	n/a
	Pellets	74.528	11.777	n/a
	Öl	3.807.120	1.040.469	n/a
	Erdgas	21.772.618	20.004.225	n/a
	Flüssiggas	200.441	17.892	n/a
	Sonstige	256	n/a	n/a
Blockheizkraftwerk	Erdgas	28.212	16.626	n/a
gesamt		61.053.840	52.790.241	4.262.093

Übersicht Strommix

Tabelle A7: Strommix Duisburg, Normalstrom, 2021 (Stadtwerke Duisburg, 2022)

Energieträger	Anteil	Verwendeter, generischer Datensatz ⁴⁰
Kernenergie	6,9 %	Electricity, high voltage {DE} electricity production, nuclear, boiling water reactor Cut-off, U
Erdgas	9,2 %	Electricity, high voltage {DE} electricity production, natural gas, combined cycle power plant Cut-off, U
Kohle	20,8 %	Electricity, high voltage {DE} electricity production, hard coal Cut-off, U
Sonstige fossile Energieträger	0,7 %	Electricity, high voltage {DE} electricity production, oil Cut-off, U
Strom aus Erneuerbare Energien mit Herkunftsnachweisen, nicht finanziert aus der EEG-Umlage	5,2 %	Electricity, high voltage {DE} electricity production, wind, 1-3MW turbine, onshore Cut-off, U
Erneuerbare Energien, finanziert aus der EEG-Umlage	57,2 %	Electricity, high voltage {DE} electricity production, wind, 1-3MW turbine, onshore Cut-off, U

Tabelle A8: Strommix Duisburg, Unternehmensmix, 2021 (Stadtwerke Duisburg, 2022)¹

Energieträger	Anteil	Verwendeter, generischer Datensatz
Kernenergie	13,7 %	Electricity, high voltage {DE} electricity production, nuclear, boiling water reactor Cut-off, U
Erdgas	18,4 %	Electricity, high voltage {DE} electricity production, natural gas, combined cycle power plant Cut-off, U
Kohle	41,4 %	Electricity, high voltage {DE} electricity production, hard coal Cut-off, U

⁴⁰ Verwendete Datensätze wurden gem. Scope 2 bzw. Sonstige Scope 3 angepasst.

Sonstige fossile Energieträger	1,5 %	Electricity, high voltage {DE} electricity production, oil Cut-off, U
Strom aus Erneuerbare Energien mit Herkunftsnachweisen, nicht finanziert aus der EEG-Umlage	25,0 %	Electricity, high voltage {DE} electricity production, wind, 1-3MW turbine, onshore Cut-off, U

Detaillierte Darstellung der Anteile an den gesamten Umweltkosten

Tabelle A9: Detaillierte Darstellung der Anteile an den gesamten Umweltkosten, sortiert

Wirkungsbereiche	Anteil Umweltkosten
Privater Konsum (Ernährung und Sonstiger Konsum basierend auf UBA)	26%
Landnutzung (Gebäudeinfrastruktur): Sonstige Scope 3	16%
Energie Scope 1: Verbrennung fossiler Brennstoffe "Wärme" (Private Haushalte)	9%
Energie Scope 2: Strom (GHD)	7%
Energie Scope 1: Verbrennung fossiler Brennstoffe "Wärme" (GHD)	7%
Transport Sonstige Scope 3: Straßenverkehr: Individualverkehr (MIV)	6%
Energie Sonstige Scope 3: Verbrennung fossiler Brennstoffe "Wärme" (Private Haushalte)	5%
Energie Sonstige Scope 3: Strom (GHD)	4%
Transport Scope 1: Straßenverkehr: Individualverkehr (MIV)	3%
Transport Sonstige Scope 3: Straßenverkehr: Güter	2%
Transport Scope 1: Straßenverkehr: Güter	2%
Energie Scope 2: Strom (Private Haushalte)	2%
Energie Sonstige Scope 3: Verbrennung fossiler Brennstoffe "Wärme" (GHD)	1%
Energie Sonstige Scope 3: Strom (Private Haushalte)	1%
Transport Scope 1: Wasserverkehr: Güter	1%
Abfall Scope 3: Abfall zur Verbrennung	1%
Energie Scope 2: Strom (Industrie)	1%
Transport Scope 1: Straßenverkehr: Individualverkehr (ÖPNV)	1%
Energie Scope 1: Verbrennung fossiler Brennstoffe "Wärme" (Industrie)	1%
Transport Sonstige Scope 3: Wasserverkehr: Güter	1%
Abfall Scope 3: Abwasser	1%
Energie Sonstige Scope 3: Strom (Industrie)	0%

Energie Sonstige Scope 3: Verbrennung fossiler Brennstoffe "Wärme" (Industrie)	0%
Transport Sonstige Scope 3: Straßenverkehr: Individualverkehr (ÖPNV)	0%
Energie Scope 3: Verteilungsverluste von Strom (Private Haushalte, GHD, Industrie)	0%
Abfall Sonstige Scope 3: Abwasser	0%
Transport Sonstige Scope 3: Straßenverkehr: Firmenfahrzeuge	0%
Transport Sonstige Scope 3: Schienenverkehr: Güter	0%
Transport Scope 1: Straßenverkehr: Firmenfahrzeuge	0%
Transport Sonstige Scope 3: Schienenverkehr: Individualverkehr (ÖPNV)	0%
Abfall Sonstige Scope 3: Abfall zur Verbrennung	0%
Transport Scope 2: Schienenverkehr: Güter	0%
Transport Scope 1: Straßenverkehr: Abfallentsorgung & Stadtreinigung	0%
Transport Scope 1: Schienenverkehr: Güter	0%
Transport Scope 2: Schienenverkehr: Individualverkehr (ÖPNV)	0%
Transport Sonstige Scope 3: Straßenverkehr: Abfallentsorgung & Stadtreinigung	0%
Abfall Scope 3: Abfall zur biologischen Behandlung	0%
Abfall Sonstige Scope 3: Abfall zur biologischen Behandlung	0%
Transport Scope 2: Straßenverkehr: Individualverkehr (MIV)	0%
Transport Scope 2: Straßenverkehr: Firmenfahrzeuge	0%
Transport Scope 2: Straßenverkehr: Individualverkehr (ÖPNV)	0%
Transport Scope 2: Straßenverkehr: Güter	0%
Transport Scope 2: Straßenverkehr: Abfallentsorgung & Stadtreinigung	0%
Transport Scope 1: Schienenverkehr: Individualverkehr (ÖPNV)	0%
Transport Scope 2: Wasserverkehr: Güter	0%



GREENZERO GMBH
PREUSWEG 99
52074 AACHEN
WWW.GREENZERO-GROUP.COM

GREENZERO AX GMBH
ROSA-BAVARESE-STRASSE 3
80639 MÜNCHEN
WWW.GREENZERO-AX.COM