



Hochschule für Technik
und Wirtschaft Berlin

University of Applied Sciences

< Entwicklung von CO2 Rechner >

Projektarbeit

Studiengang

<Betriebliche Umweltinformatik>

Fachbereich 2

von

Mauladendra, Imdi Melvana

Datum:

Berlin, 01.09.2024

Abstract

In diesem Projekt wurde ein CO2 Rechner entwickelt. Der Rechner soll Berechnungen zu den Emissionen verschiedener Alltagsaktivitäten und Verkehrsmittel ermöglichen. Der Rechner nutzt Emissionsfaktordaten des Umweltbundesamtes (UBA) und ist in eine benutzerfreundliche Anwendung integriert. Vor der Implementierung der Technologie wurden die Grundlagen der CO2 Emissionen erforscht und die Bedeutung dieses Tools im Kontext der Nachhaltigkeit bewertet. Das Schwergewicht des Projekts liegt auf der Methodik der Datenerfassung und -verarbeitung, um die Genauigkeit und Relevanz der dargestellten Informationen zu gewährleisten. Die Entwicklung dieser Anwendung, die Webtechnologien wie Ionic und React nutzt, macht es einfach in einem kleinen Rahmen zu erstellen. Die Ergebnisse geben auch Einblicke in die Funktionen von nachhaltigen Codes und Behinderungen. Das Projekt zielt darauf ab, einen praktischen Beitrag zum Management von CO2-Emissionen zu leisten und breitere Nachhaltigkeitsbemühungen zu unterstützen.

Inhaltsverzeichnis	
Abstract	i
Abbildungsverzeichnis	iii
Abkürzungsverzeichnis	iv
Tabellenverzeichnis	v
1. Einleitung	1
1.1. Hintergrund und Motivation	1
1.2. Zielsetzung der Arbeit.....	3
1.3. Grenzen der Forschung	3
1.4. Aufbau der Arbeit.....	5
2. Theoretische Grundlagen	7
2.1. Grundlagen der CO2 Emissionen	7
2.2. Berechnungsmethoden für CO2 Emissionen.....	9
2.3. Bedeutung und Anwendung von CO2 Rechnern	11
2.4. Nachhaltige Codierung und Barrierefreiheit.....	11
3. Methodik und Analyse	13
3.1. Analyse des Ist-Zustands	13
3.2. Soll-Zustand	14
3.2.1. Funktionale Anforderungen	14
3.2.2. Nicht Funktionale Anforderungen	15
3.3. Datenquellen und -integration	15
3.3.1. Übersicht über Datenquellen	16
3.3.2. Integration der Daten	18
4. Entwicklung des CO2 Rechners	21
4.1. Systemarchitektur.....	21
4.2. Aufbau der Benutzeroberfläche	23
4.2.1. Startseite und Navigationsmenü.....	24
4.2.2. Eingabeseite.....	25
4.2.3. Ergebnisübersicht	27
4.2.4. Empfehlungsseite	29
5. Fazit	30
Literaturverzeichnis.....	vi

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Total THG Emission 1990-2022 (vgl. UN Environment Programme 2023: 5)	1
Abbildung 2: Kohlendioxidemissionen je Einwohner Jahr 2021 (vgl. statistisches Bundesamt)	2
Abbildung 3: Treihausgas (THG) nach Sektoren und Emissionbudget (vgl. Germany's Greenhouse Gas Emissions and Energy Transition Targets 2024)	8
Abbildung 4: THG Reduktionsziel (vgl. Germany's Greenhouse Gas Emissions and Energy Transition Targets 2024)	9
Abbildung 5: Emissionfaktor (vgl. umweltbundesamt)	18
Abbildung 6: Faktorkollektion	19
Abbildung 7: Ergebniskollektion	20
Abbildung 8: Softwarearchitektur	22
Abbildung 9: Backendstruktur	23
Abbildung 10: Frontendstruktur	24
Abbildung 11: Startseite	25
Abbildung 12: Startseite Code (Home.js und Navigation.js)	25
Abbildung 13: Eingabesicht (Bsp. Verkehr)	26
Abbildung 14: Verkehr.js Code (Frontend)	27
Abbildung 15: Ergebnissicht (Bsp. Verkehr)	28
Abbildung 16: verkehr.js (Frontend)	28
Abbildung 17: ApiService.js	29
Abbildung 18: Empfehlungsseite	29

Abkürzungsverzeichnis

UBA	Umweltbundesamt
CO ₂	Kohlendioxid
z. B.	<i>zum Beispiel</i>
Bsp.	Beispiel
inkl.	inklusive
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
EFDB	Emission Factor Database
TREMOD	Transport Emission Model
DESTATIS	Statistisches Bundesamt Deutschland
DB AG	Deutsche Bahn Aktiengesellschaft
ISO	International Organization for Standardization
THG	Treibhausgas

Tabellenverzeichnis

1. Einleitung

In diesem Kapitel wird zunächst über den Einfluss von Klimawandel als Hauptgrundlage für die Entwicklung eines benutzerfreundlichen Hilfsmittels zur Berechnung von CO₂ diskutiert. Anschließend wird der Zweck der Erstellung eines CO₂ Rechners detailliert beschrieben. In diesem Abschnitt werden auch die Grenzen dieser Arbeit, wie beispielsweise die Beschränkungen und der Einsatz von Technologie, besprochen. Abgeschlossen wird mit dem Überblick über das Kapitel, das diese Arbeit zusammenstellt.

1.1. Hintergrund und Motivation

Die globalen Treibhausgasemissionen haben in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich zugenommen und erreichten im Jahr 2022 einen neuen Höchststand von 57,4 Gigatonnen CO₂ Äquivalent (siehe Abbildung 1). Diese Entwicklung verdeutlicht die Dringlichkeit, Maßnahmen zur Reduzierung der Emissionen zu ergreifen, um den Klimawandel zu bekämpfen und die globale Erwärmung zu begrenzen. Dabei ist es besonders besorgniserregend, dass die Emissionen trotz internationaler Abkommen und nationaler Klimaschutzmaßnahmen weiter steigen.

Figure 2.1 Total net anthropogenic GHG emissions, 1990–2022

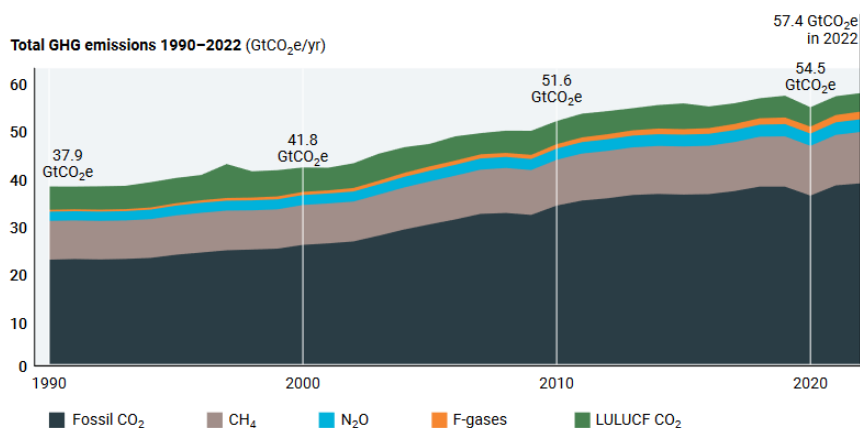


Abbildung 1: Total THG Emission 1990-2022 (vgl. UN Environment Programme 2023: 5)

In diesem Kontext ist es wichtig zu verstehen, dass die Emissionen nicht gleichmäßig auf alle Länder verteilt sind. Beispielsweise betrugen die CO₂-Emissionen pro Kopf in Deutschland im Jahr 2021 8,1 Tonnen, was über dem Durchschnitt der Europäischen Union von 6,3 Tonnen liegt, aber unter den Werten großer Emittenten wie der Vereinigten Staaten (14,2 Tonnen) und Saudi-Arabiens (16,6 Tonnen) (siehe Abbildung 2). Diese Unterschiede verdeutlichen die unterschiedlichen Ausgangsbedingungen und Herausforderungen, denen sich verschiedene Länder bei der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen gegenübersehen.

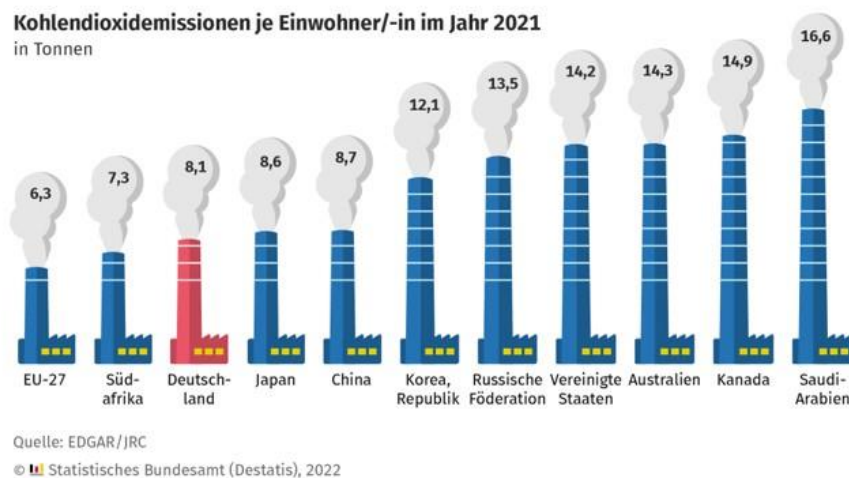


Abbildung 2: Kohlendioxidemissionen je Einwohner Jahr 2021 (vgl. statistisches Bundesamt)

Vor diesem Hintergrund zielt diese Arbeit darauf ab, ein benutzerfreundliches CO₂-Berechnungstool zu entwickeln, das hauptsächlich für den persönlichen Gebrauch konzipiert ist. Die Motivation hinter diesem Projekt liegt in der Notwendigkeit, das Bewusstsein für die individuellen Beiträge zum globalen Treibhausgasausstoß zu schärfen und praktische Werkzeuge bereitzustellen, die zu einem nachhaltigeren Verhalten führen können. Das Tool soll den Nutzern helfen, ein tieferes Verständnis für die eigenen Emissionen zu entwickeln und mögliche Maßnahmen zur Reduzierung dieser Emissionen im Alltag zu identifizieren und umzusetzen.

1.2. Zielsetzung der Arbeit

Dieses Projekt dient hauptsächlich der Verbesserung des Bewusstseins für die Auswirkungen von CO₂ Emissionen und der Bereitstellung eines benutzerfreundlichen Tools zur Berechnung und Reduzierung dieser Emissionen. Vor dem Hintergrund des Klimawandels, einer der weltweit drängendsten Probleme, ist es wichtig für Einzelpersonen und Organisationen, die Auswirkungen der täglichen Aktivitäten auf die Umwelt zu berücksichtigen. Dieses Projekt soll den Nutzern helfen, ein tieferes Verständnis für den persönlichen Emissionsausstoß zu entwickeln. Durch die Visualisierung von Emissionsdaten können die Nutzer klar erkennen, welche Aktivitäten die meisten Emissionen verursachen und welche Schritte zur Verringerung der Umweltauswirkungen möglich sind.

Außerdem bietet das Projekt ein benutzerfreundliches Berechnungstool, wodurch die Berechnung der eigenen CO₂ Emissionen auch ohne spezielle technische Kenntnisse möglich ist. Die einfache Benutzeroberfläche und die klaren Anweisungen stellen sicher, dass das Tool für alle zugänglich ist, auch für Personen ohne technischen Hintergrund sowie für kleine Unternehmen und Organisationen, so dass die Emissionen überwacht werden können.

Die Forschung konzentriert sich auch auf die Unterstützung von Maßnahmen zur Nachhaltigkeit durch die Bereitstellung von Daten, die für die Planung und Entscheidungsfindung in Bezug auf Emissionsreduzierungen benötigt werden. Das Tool kann einen wesentlichen Beitrag zur Erreichung von Umweltzielen in einem Umfeld leisten, wo das Thema Nachhaltigkeit immer wichtiger wird. Es hilft den Nutzern, die Auswirkungen von Maßnahmen zu messen und gibt konkrete Empfehlungen zur Emissionsreduzierung und unterstützt damit die weltweiten Klimaschutzaktivitäten.

1.3. Grenzen der Forschung

Bei der Entwicklung dieser CO₂ Rechner-Anwendung gibt es einige Grenzen zu berücksichtigen, die sich auf die Ergebnisse und die Benutzerfreundlichkeit dieser

Anwendung auswirken werden. Das Hauptziel dieser Anwendung besteht zwar darin, ein effektives Werkzeug zur Berechnung der CO₂-Emissionen von Einzelpersonen zur Verfügung zu stellen, aber es gibt auch einige Schwierigkeiten zu berücksichtigen.

1. Emissionfaktordaten

Diese Anwendung basiert auf externen Emissionsfaktoren, die vom Umweltbundesamt (UBA) zur Verfügung gestellt werden. Obwohl die Daten des UBA eine zuverlässige Quelle sind, können nicht alle Variablen berücksichtigt werden, die sich auf die Emissionen auswirken können, wie z. B. Unterschiede in der Technologie von Fahrzeugen oder unterschiedliche Stromquellen. Deshalb kann die Berechnung der CO₂ Emissionen durch die Anwendung nicht ganz akkurat sein.

2. Varianten bei der Berechnung

Die berechneten Emissionen sind Emissionen von Fahrzeugen (inkl. Kraftstoffarten), Flugzeugen, Schiffen, Strom und Wärme. Die verfügbaren Daten sind auf allgemeine Kategorien beschränkt und sind nicht immer spezifisch für alle Bedingungen, so dass die Anwendung möglicherweise nicht die maximalen Ergebnisse anzeigt.

3. Verwendung lokaler Systeme

Diese Anwendung wurde für die Ausführung auf einem lokalen Computer entwickelt und verwendet Technologien wie React und Ionic für das Frontend, Node.js für das Backend und MongoDB für die Datenbank. Obwohl die Anwendung und die Daten dadurch vollständig kontrolliert werden können, ist die Anwendung vor Ort nur begrenzt skalierbar und zugänglich. Die Anwendung ist nicht für die Cloud oder eine breitere Nutzung konzipiert, sodass die Möglichkeit der Nutzung von Echtzeitdaten oder der Integration mit anderen Systemen möglicherweise eingeschränkt ist.

4. Begrenzte Berechnungsmöglichkeiten

Die Methode zur Emissionsberechnung in dieser Anwendung basiert auf einem Standardmodell, das spezifische Bedingungen oder Abweichungen, die die Ergebnisse beeinflussen können, nicht berücksichtigt. So kann beispielsweise

der Emissionsfaktor für Strom je nach der vom Stromversorger in einer bestimmten Region verwendeten Energiequelle stark variieren.

5. Aktualisierung von Daten

Die in dieser Anwendung verwendeten Daten zum CO₂ Emissionsfaktor werden vom UBA aktualisiert. Es sind regelmäßige Aktualisierungen erforderlich, die die Genauigkeit der Schätzungen von CO₂ Emissionen beeinflussen können.

1.4. Aufbau der Arbeit

Diese Arbeit ist in fünf Hauptkapitel unterteilt, die aufeinander aufbauen und die Entwicklung des CO₂ Rechners von der theoretischen Grundlage bis hin zur praktischen Implementierung und Analyse der Ergebnisse begleiten.

Das erste Kapitel, die Einleitung, dient dazu, den Kontext der Arbeit zu erläutern, die Motivation und Ziele darzustellen sowie einen Überblick über den Aufbau der Arbeit zu geben.

Im zweiten Kapitel, Theoretische Grundlagen, werden die wissenschaftlichen und technologischen Grundlagen behandelt, die für die Entwicklung des CO₂ Rechners relevant sind. Es wird ein Überblick über die wichtigsten Konzepte der CO₂ Emissionen und deren Berechnungsmethoden gegeben, sowie die Bedeutung und Anwendung von CO₂ Rechnern in verschiedenen Bereichen diskutiert.

Das dritte Kapitel, Datenquellen und Methodik, konzentriert sich auf die Analyse der genutzten Datenquellen sowie die Beschreibung der verwendeten Methodik. Hier wird der Ist Zustand der aktuellen Technologien und Methoden untersucht, bevor im Soll-Zustand die geplanten Verbesserungen und die angestrebte Zielsetzung beschrieben werden.

Das vierte Kapitel, Entwicklung des CO₂ Rechners, widmet sich der praktischen Umsetzung. Es umfasst die Spezifikation der Anforderungen, die Integration und Verarbeitung der Daten, das Design der Systemarchitektur sowie die Implementierung

des Tools. Besonderes Augenmerk wird dabei auf die Benutzerfreundlichkeit und die technische Präzision gelegt.

Kapitel fünf enthält die Zusammenfassung aller Ergebnisse der Untersuchung und der Entwicklung von CO2 Rechner und gibt Empfehlungen für die weitere Arbeit.

2. Theoretische Grundlagen

In diesem Kapitel werden die theoretischen Grundlagen erläutert, die die Entwicklung von CO₂ Rechner unterstützen. Dieses Kapitel beinhaltet eine Erklärung von CO₂ Emissionen, die Berechnungsmethode zur Ermittlung der Emissionen und die Bedeutung bei der Entwicklung von CO₂ Rechner in unterschiedlichen Bereichen. Darüber hinaus wird das Konzept des Green Coding diskutiert, das eine effiziente und nachhaltige Softwareentwicklung in den Mittelpunkt stellt. Mit Hilfe robuster wissenschaftlicher und technischer Grundlagen kann die Bedeutung und Anwendung von CO₂ Rechner im Rahmen von Klimaschutzmaßnahmen aufgezeigt werden.

2.1. Grundlagen der CO₂ Emissionen

CO₂ Emissionen sind ein zentrales Thema in der Diskussion um den Klimawandel und die globale Erwärmung. In Deutschland, wie auch weltweit, sind die Emissionen von Treibhausgasen maßgeblich für die Erhöhung der globalen Durchschnittstemperaturen verantwortlich, die weitreichende Konsequenzen für Umwelt und Gesellschaft haben. Ein tiefes Verständnis der Grundlagen der CO₂ Emissionen ist daher entscheidend, um wirksame Klimaschutzmaßnahmen entwickeln und implementieren zu können.

Die Grafik über die „Deutsche Treibhausgasemissionen nach Sektoren 1990–2023“ verdeutlicht die Entwicklung der Emissionen in verschiedenen Sektoren über die letzten Jahrzehnte und bietet gleichzeitig eine Perspektive auf die zukünftigen Emissionsziele gemäß dem Klimaschutzgesetz von 2021. Die Daten zeigen, dass der Energiesektor seit 1990 die höchste Emissionsmenge verzeichnet, gefolgt von Industrie, Transport und Gebäuden. Während die Emissionen im Energiesektor signifikant gesunken sind, stagnieren oder sinken die Emissionen in anderen Sektoren nur langsam, was die Herausforderungen bei der Umsetzung von Emissionsreduzierungen in diesen Bereichen unterstreicht (UBA, 2024).

German greenhouse gas emissions by sector 1990-2023 and mandated emission budgets 2020-2030

Data: UBA (2024) / Climate Action Law (2021).

CLEAN
ENERGY
WIRE

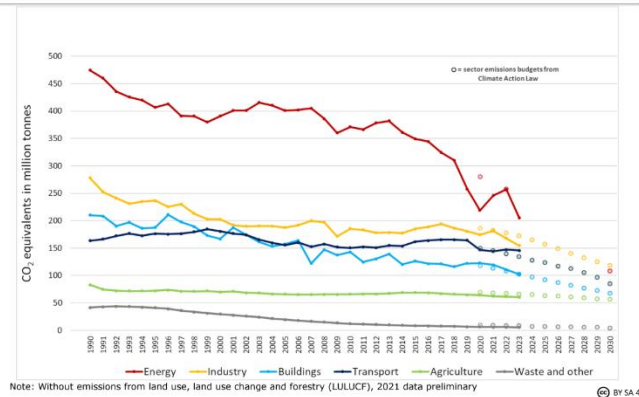


Abbildung 3: Treihausgas (THG) nach Sektoren und Emissionbudget (vgl. Germany's Greenhouse Gas Emissions and Energy Transition Targets 2024)

Ein wesentlicher Aspekt der CO₂ Emissionen liegt in der sektoralen Verteilung. Der Energiesektor ist historisch gesehen der größte Emittent von Treibhausgasen, was hauptsächlich auf die Verbrennung fossiler Brennstoffe zur Strom- und Wärmeherzeugung zurückzuführen ist. Die Industrie emittiert durch energieintensive Prozesse und den Einsatz fossiler Brennstoffe, während der Transportsektor durch den Einsatz von Kraftstoffen in Fahrzeugen maßgeblich zur CO₂ Belastung beiträgt. Der Gebäudesektor, insbesondere durch Heizung und Kühlung, sowie die Landwirtschaft und Abfallwirtschaft tragen ebenfalls erheblich zu den Emissionen bei (Bazzanella & Krämer 2017: 12-16).

Die Notwendigkeit zur Reduktion der Emissionen wird durch die vom Gesetzgeber festgelegten Emissionsbudgets verdeutlicht, die die maximal zulässigen Emissionen bis 2030 für jeden Sektor festlegen. Diese Budgets basieren auf den Klimazielen der Bundesregierung, die eine Reduktion der Treibhausgasemissionen um 65 % bis 2030 im Vergleich zu 1990 vorsehen.

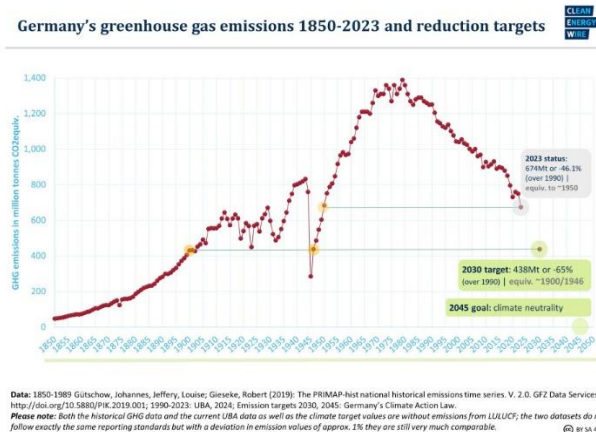


Abbildung 4: THG Reduktionsziel (vgl. *Germany's Greenhouse Gas Emissions and Energy Transition Targets 2024*)

Diese Herausforderung erfordert eine starke sektorübergreifende Koordinierung, um einen erfolgreichen Übergang zu einer grüneren Wirtschaft zu gewährleisten. Der Übergang zu einer CO₂-neutralen Wirtschaft ist nicht nur wichtig, um die Klimaziele zu erreichen, sondern auch, um den Planeten in Zukunft vor den negativen Auswirkungen des Klimawandels zu schützen.

2.2. Berechnungsmethoden für CO₂ Emissionen

Es gibt zahlreiche Methoden zur Berechnung von CO₂ Emissionen, die von den Anforderungen und der Verfügbarkeit von Daten abhängig sind. Zu den beliebtesten Verfahren gehören die Anwendung von Modellierungswerkzeugen, die Verwendung von Emissionsfaktoren und die direkte Messung von Emissionen. In der Industrie werden häufig direkte Messungen vorgenommen, während bei der Analyse des Energie- und Verkehrssektors häufig Emissionsfaktoren verwendet werden, die eine Standardmenge an Emissionen pro Tätigkeitseinheit angeben. Die Zusammenstellung von Szenarien und die Vorhersage künftiger Emissionstrends kann durch Modellierungstechniken erreicht werden, die komplexe Umweltsysteme nachbilden. Die Erstellung und Anwendung erfolgreicher Pläne zur Minderung des Klimawandels hängt von einer genauen Schätzung der CO₂ Emissionen ab.

Das Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) hat eine umfassende Methodik entwickelt, die international als Standard gilt, um Emissionen von Treibhausgasen zu messen und zu quantifizieren. Diese Methodik ist in den 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories festgelegt und wird regelmäßig durch wissenschaftliche Updates, wie die 2019 Refinement to the 2006 Guidelines, ergänzt. Die folgende Formel zur Berechnung der CO₂ Emissionen wird häufig verwendet.

$$\text{CO}_2 \text{ Emissionen} = \text{Aktivitätsrate} \times \text{Emissionsfaktor}$$

Ein wichtiger Indikator, der angibt, wie stark eine bestimmte Tätigkeit zu den CO₂ Emissionen beiträgt, ist die Aktivitätsrate. Dabei kann es sich zum Beispiel um die Anzahl der gefahrenen Kilometer, die Menge des verbrauchten Kraftstoffs in Litern oder die Menge des erzeugten Stroms in Kilowattstunden handeln. Dieser Wert dient als Grundlage für die Schätzung der CO₂ Emissionen und spiegelt die tatsächliche Nutzung oder Leistung einer Aktivität wider.

Die Datenbank von IPCC (Emission Faktor Database, EFDB) enthält Emissionsfaktoren, die aus einer Reihe von wissenschaftlichen Quellen und methodischen Verfahren zusammengestellt wurden. Die Hauptquelle dieser Daten für das IPCC sind wissenschaftliche Studien mit Peer Reviews, die weltweit von angesehenen Fachleuten aus den Bereichen Umweltwissenschaft, Technik und Klimaforschung durchgeführt werden. Die jeweiligen Emissionswerte für verschiedene Brennstoffe, Produktionsverfahren und Technologien werden durch eine Kombination aus empirischen Messungen und theoretischen Modellierungen in diesen Untersuchungen ermittelt.

2.3. Bedeutung und Anwendung von CO2 Rechnern

Emissionsrechner sind ein wichtiges Instrument für den Klimaschutz, indem die individuelle und kommunale Auswirkung von Treibhausgasemissionen genau quantifiziert werden kann. Sie bieten eine intuitive Benutzeroberfläche, die komplizierte wissenschaftliche Daten in Informationen umwandelt, die für Einzelpersonen, Unternehmen und politische Entscheidungsträger gleichermaßen leicht verständlich und nützlich sind.

Im Unternehmenskontext bieten CO2 Rechner wertvolle Einblicke in die Umweltauswirkungen von Betriebsprozessen und helfen Unternehmen, die Auswirkungen der Produktions- und Logistikprozesse auf das Klima zu bewerten. Auf diese Weise können Unternehmen fundierte Entscheidungen zur Verringerung der Emissionen treffen, indem das Unternehmen beispielsweise energieeffiziente Technologien einsetzt oder auf erneuerbare Energien umstellt (vgl. James 2015: 157).

Außerdem spielen CO2 Rechner eine wichtige Rolle bei der politischen Entscheidungsfindung, denn Regierungen und internationale Organisationen können damit Emissionsdaten auf nationaler und globaler Ebene sammeln und analysieren. Diese Daten sind entscheidend für die Entwicklung von Klimaschutzstrategien, die auf wissenschaftlichen Berechnungen basieren, um realistische und erreichbare Ziele zu setzen. Die Berechnung und Definition der CO2 Bilanz ist von großer Bedeutung für das Erreichen der globalen Klimaschutzziele (Wright et al. 2014: 50).

2.4. Nachhaltige Codierung und Barrierefreiheit

Das Ziel von Green Coding ist es, die Auswirkungen von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) auf die Umwelt zu reduzieren, indem Software optimiert wird. Diese Praxis beinhaltet das Entwerfen, Ausarbeiten, Instandhalten und Wiederverwenden von Software, um den Energieverbrauch und die Nutzung natürlicher Ressourcen möglichst gering zu halten. Bei Green Coding handelt es sich um Verfahren und Instrumente, die die ökologische Nachhaltigkeit in allen Phasen des

Softwarelebenszyklus vom Entwicklungsstadium über den Betrieb bis zur Entsorgung unterstützen (vgl. Junger et al., 2024: 2–3).

Barrierefreiheit ist ein ebenso wichtiger Aspekt der modernen Softwareentwicklung. Es wird gewährleistet, dass digitale Produkte für jeden zugänglich sind, unabhängig von den körperlichen oder geistigen Fähigkeiten. Die Barrierefreiheit wird außerdem in der Entwurfsphase berücksichtigt. Dazu gehören die Unterstützung von Hilfstechnologien wie Bildschirmlesegeräten, die Verwendung eines hohen Farbkontrasts und die Gestaltung von Benutzeroberflächen, die ohne Maus oder Touchscreen verwendet werden können (vgl. Yilmaz et al., 2022:600).

Die Kombination von nachhaltiger Kodierung und Barrierefreiheit verdeutlicht die möglichen Synergieeffekte beider Konzepte. Die Nutzung älterer oder weniger leistungsfähiger Geräte kann durch ressourceneffiziente Software, die den Energieverbrauch minimiert, erleichtert werden. Dies trägt zur Förderung der digitalen Integration bei. Die Entwickler können durch Integration von Nachhaltigkeit und Barrierefreiheit in den Softwareentwicklungsprozess sicherstellen, dass die eigenen Produkte nicht nur umweltfreundlich, sondern auch für alle Nutzer zugänglich sind. Das ist ein wichtiger Beitrag zu einer modernen und verantwortungsvollen digitalen Gesellschaft.

3. Methodik und Analyse

Die präzise und verlässliche Berechnung von CO₂-Emissionen erfordert eine sorgfältige Auswahl und Verarbeitung von Datenquellen sowie eine klar definierte methodische Vorgehensweise. In diesem Kapitel werden die verwendeten Datenquellen sowie die methodischen Ansätze detailliert erläutert. Dabei wird besonderes Augenmerk auf die Qualität und Herkunft der Daten, die angewandten Modelle und Algorithmen sowie die Validierung der Ergebnisse gelegt.

3.1. Analyse des Ist-Zustands

Die Entwicklung dieser CO₂ Anwendung konzentrierte sich auf die Erstellung eines Tools, das von Einzelpersonen zur Überwachung der eigenen CO₂ Emissionen genutzt werden kann. Die Anwendung ist einfach gestaltet und verwendet Technologien wie Node.js, React.js und Ionic, um eine intuitive Schnittstelle zu bieten. Da die Anwendung lokal läuft und keinen externen Server benötigt, können die Nutzer über eine lokale URL im Browser auf die Anwendung zugreifen.

Die Emissionsdaten zur Berechnung werden in einer MongoDB Datenbank gespeichert und enthalten die Hauptkollektionen Faktor und Ergebnis. Allerdings werden die Emissionsdaten nicht automatisch aktualisiert, da es sich um eine einfache persönliche Anwendung handelt. Bei Änderungen der Emissionsfaktoren müssen die Benutzer die Daten manuell aktualisieren, um die Genauigkeit der Berechnung zu gewährleisten.

Der Umfang dieser Anwendung ist zwar klein und der Anwendungsbereich noch begrenzt, aber trotzdem werden Gedanken zur Erstellung von Schutzmaßnahmen zum Schutz der Nutzerdaten gemacht. Darüber hinaus muss der Umsetzung nachhaltiger Kodierungsprinzipien zur Verringerung der Umweltauswirkungen des Ressourcenverbrauchs besondere Bedeutung beigemessen werden. Die Integration von Barrierefreiheitsfunktionen ist zwar zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht möglich, aber es ist wichtig, solche Funktionen für die Zukunft zu planen und zu berücksichtigen, um sicherzustellen, dass die Anwendung für alle Personen, auch für Personen mit

besonderen Bedürfnissen, zugänglich ist und die Inklusion und Gleichstellung unterstützt.

3.2. Soll-Zustand

Der Soll-Zustand definiert die angestrebten Eigenschaften und Funktionen des neuen CO2 Rechners, basierend auf den Erkenntnissen der Ist-Analyse. Die Entwicklung dieser Anwendung konzentriert sich darauf, ein genaues und effizientes Instrument für Einzelpersonen zu schaffen, die den eigenen Emissionsausstoß überwachen wollen und gleichzeitig die volle Kontrolle über die persönlichen Daten behalten wollen, ohne komplexe Funktionen.

3.2.1. Funktionale Anforderungen

Die Entwicklung des CO2 Rechners basiert auf klar definierten Anforderungen und Spezifikationen, die sicherstellen, dass das Endprodukt sowohl funktional als auch benutzerfreundlich ist. Einige der Hauptanforderungen für diese Anwendung sind.

- **Manuelle Eingabe und Aktualisierung von Emissionsdaten**
Die Benutzer müssen die Möglichkeit haben, Emissionsdaten manuell einzugeben und Emissionsfaktoren in der MongoDB Datenbank zu aktualisieren. Diese Funktion ist wichtig, da die Anwendung nicht über eine automatische Datenaktualisierungsfunktion verfügt.
- **Genaue CO2 Emissionsberechnung**
Die Anwendung muss Emissionsberechnungen auf der Grundlage der verfügbaren Daten durchführen und dabei sicherstellen, dass die verwendeten Daten aktuell sind und vom Benutzer manuell aktualisiert wurden.
- **Klare Darstellung der Ergebnisse**

Die Nutzer müssen die Ergebnisse der Emissionsberechnungen übersichtlich anzeigen können, einschließlich historischer Daten, die für künftige Referenzen gespeichert werden können.

- Zugang über eine lokale URL

Die Benutzer können über eine URL im Browser auf diese Anwendung zugreifen, auch wenn die Anwendung in einer lokalen Umgebung ausgeführt wird.

3.2.2. Nicht Funktionale Anforderungen

Folgende nicht funktionale Anforderungen müssen berücksichtigt werden:

- Leistung und Effektivität

Die Anwendung muss effizient und reaktionsschnell bleiben, obwohl sie in einer lokalen Umgebung und ohne externe Serverinfrastruktur läuft.

- Datensicherheit und Datenschutz

Auch wenn die Anwendung privat ist und in einer lokalen Umgebung läuft, muss die Datensicherheit gewährleistet sein, um die persönlichen Informationen und Daten der Benutzer zu schützen.

- Wartungsfreundlichkeit

Die Anwendung sollte für die Nutzer einfach zu verwalten und zu aktualisieren sein, insbesondere im Hinblick auf die Aktualisierung der Emissionsdaten und gegebenenfalls erforderliche Änderungen am Code.

3.3. Datenquellen und -integration

Die Daten für dieses Projekt wurden vom Umweltbundesamt (UBA) zur Verfügung gestellt. Das UBA ist eine zuverlässige Quelle, deren Datensätze sorgfältig ausgewählt und aufbereitet werden, um die Anforderungen des Projekts besser zu erfüllen. Hier

wird detailliert beschrieben, wie die Daten des UBA in das bestehende System integriert und eingebunden werden sowie der Abruf der Faktorendaten erfolgt.

3.3.1. Übersicht über Datenquellen

Das Umweltbundesamt (UBA) ist die wichtigste Behörde, die für die Erfassung und Weitergabe von Emissionsdaten in Deutschland zuständig ist und die Emissionen aus verschiedenen Sektoren erfasst, die in Modellen wie TREMOD zur Berechnung der CO₂ Emissionen aus verschiedenen Verkehrsaktivitäten verwendet werden. Die Emissionsfaktoren werden regelmäßig auf der Grundlage der neuesten Forschungsergebnisse aktualisiert und spiegeln Veränderungen in der Technologie und im Energieverbrauchsverhalten der Gesellschaft wider (vgl. Allekotte et al., 2020, S. 19-21). TREMOD verwendet Daten aus geprüften Quellen wie nationalen Erhebungen und Berichten von Unternehmen wie der Deutschen Bahn AG (DB AG) und Flixbus sowie Verkehrs- und Betriebsdaten aus offiziellen Quellen wie dem Statistischen Bundesamt (DESTATIS) und Umweltforschungszentren mit Schwerpunkt Verkehrswesen. Mit diesen umfassenden Daten können die Berechnungen von TREMOD genau aktualisiert werden, indem wichtige Variablen wie Fahrzeugtyp, gefahrene Strecke und Art des verwendeten Kraftstoffs berücksichtigt werden (vgl. Allekotte et al., 2020, S. 40-42).

Das Treibhausgasprotokoll ist ein internationaler Leitfaden für die Berichterstattung über Treibhausgasemissionen durch öffentliche und private Organisationen, der die Emissionen in drei Hauptbereiche kategorisiert (vgl. Huckestein, 2020, S. 22-23):

- Bereich 1: Direkte Emissionen aus Verbrennungsprozessen in stationären und mobilen Anlagen, einschließlich Heizungsanlagen und Fahrzeugen, sowie Emissionen aus physikalischen oder chemischen Prozessen wie z. B. Kältemittelleckagen.

- Bereich 2: Indirekte Emissionen aus der Nutzung von eingekaufter Energie, wie z.B. Strom und Wärme und der entsprechenden Produktions- und Verteilungsprozesse.
- Bereich 3: Alle anderen indirekten Emissionen aus den Aktivitäten der Organisation, einschließlich der Emissionen aus der Lieferkette (vorgelagert) und der Verwendung von Produkten durch Endverbraucher (nachgelagert), die oft den größten Anteil an den Gesamtemissionen einer Organisation ausmachen.

Das Treibhausgasprotokoll und die ISO 14064-1 schreiben die Berichterstattung über Emissionen in den Bereichen 1 und 2 vor, während die Berichterstattung in Bereich 3 optional ist, aber dringend empfohlen wird, insbesondere für öffentliche Organisationen, die eine Vorbildfunktion bei der Eindämmung des Klimawandels haben. Organisationen werden dazu angehalten, alle Aktivitäten, die sich auf die Treibhausgasemissionen auswirken, systematisch zu ermitteln und zu bewerten, um sicherzustellen, dass alle wesentlichen Emissionen berücksichtigt werden.

Außerdem stellte Huckestein die Bedeutung der wichtigsten Grundsätze bei der Berichterstattung über Treibhausgasemissionen heraus, um Genauigkeit und Glaubwürdigkeit zu gewährleisten und zwar die Transparenz zur Sicherstellung der Klarheit aller Annahmen, Daten und Dokumentationsmethoden, die Relevanz, die ein realistisches Bild der Gesamtemissionen der Organisation für eine fundierte Entscheidungsfindung widerspiegelt, die Vollständigkeit zur Erfassung aller relevanten Emissionen einschließlich der indirekten Emissionen sowie die Konsistenz zur Sicherstellung einer konsistenten Berichterstattung in Bezug auf den geografischen Geltungsbereich sowie die zeitliche und inhaltliche Abgrenzung, die Genauigkeit zur Vermeidung signifikanter systematischer Fehler und schließlich die Kohärenz zur Sicherstellung eines konsistenten Ansatzes und einer einheitlichen Berichtslogik (Huckestein, 2020, S. 30-31).

Durch die Anwendung dieser Grundsätze können Organisationen sicherstellen, dass die Berichterstattung über Treibhausgasemissionen genau, relevant und

zuverlässig ist und als Grundlage für umweltbezogene Entscheidungen und Leistungsbewertungen dient. Die gesammelten Daten umfassen spezifische Emissionsfaktoren für verschiedene Kraftstoffe, Fahrzeuge und industrielle Tätigkeiten, die dann in Form von Publikationen und öffentlich zugänglichen Datenbanken veröffentlicht und in Tabellen der verwendeten Emissionsfaktoren dargestellt werden. Im Folgenden werden die verwendeten Emissionsfaktordaten gezeigt.

die THG-Emissionen (in CO₂-Äquivalent) als Summe aus direkten und indirekten THG-Emissionen in einer Übersicht

Energieträger	Menge	Einheit	Emissionsfaktor (direkt)	Einheit	THG-Emissionen direkt (in CO ₂ -Äquivalent)	Emissionsfaktor (indirekt)	Einheit	THG-Emissionen indirekt (in CO ₂ -Äquivalent)	Emissionsfaktor gesamt	Einheit	THG-Emissionen gesamt (in CO ₂ -Äquivalent) (inkl. Vorkette)
Stromaufbringung Österreich	0,00	kWh	-		-	-		-	0,23	kg/kWh	0,00kg
Kraftwerkspark Österreich	0,00	kWh	-		-	-		-	0,17	kg/kWh	0,00kg
Umweltzeichen "Grüner Strom"	0,00	kWh	-		-	-		-	0,01	kg/kWh	0,00kg
Heizöl	0,00		2,57	kg/l	0,00kg	0,72	kg/l	0,00	3,39	kg/l	0,00kg
Erdgas	0,00	m³	2,04	kg/m³	0,00kg	0,50	kg/m³	0,00	2,54	kg/m³	0,00kg
Flüssiggas	0,00		1,60	kg/l	0,00kg	0,57	kg/l	0,00	2,17	kg/l	0,00kg
Diesel	0,00		2,51	kg/l	0,00kg	0,75	kg/l	0,00	3,25	kg/l	0,00kg
Benzin	0,00		2,23	kg/l	0,00kg	0,55	kg/l	0,00	2,78	kg/l	0,00kg
Holzpellets	0,00	kg	0,03	kg/kg	0,00kg	0,10	kg/kg	0,00	0,13	kg/kg	0,00kg
Holz	0,00	kg	0,03	kg/kg	0,00kg	0,03	kg/kg	0,00	0,06	kg/kg	0,00kg
Biodiesel	0,00		0,04	kg/l	0,00kg	1,04	kg/l	0,00	1,08	kg/l	0,00kg
Bioethanol	0,00		0,01	kg/l	0,00kg	0,54	kg/l	0,00	0,54	kg/l	0,00kg
Fernwärme	0,00	kWh	-		-	-		-	0,13	kg/kWh	0,00kg
Anmerkungen:											Summe: 0,00kg
Die Menge des jeweiligen Energieträgers multipliziert mit dem "Emissionsfaktor gesamt" ergibt die Gesamtmenge an CO ₂ -Äquivalent.											
Beispiel: Einsparung von 50 l Heizöl ergibt eine CO ₂ -Äquivalent-Einsparung von 170 kg!											
Rechnung: 50 l * 3,39kg/l = 170 kg											

Abbildung 5: Emissionfaktor (vgl. umweltbundesamt)

3.3.2. Integration der Daten

Die gesammelten Daten aus verschiedenen Quellen werden über MongoDB in die Anwendung integriert, die als Hauptdatenbank für die Speicherung und Verwaltung emissionsbezogener Informationen dient. Die Struktur dieser Datenbank ist so konzipiert, dass verschiedene Arten von Daten untergebracht werden können, die für umfassende Emissionsberechnungen erforderlich sind.

MongoDB umfasst zwei Hauptkollektionen und zwar Faktor und Ergebnis. Die Faktorkollektion speichert Emissionsfaktordaten für verschiedene Fahrzeug- und Kraftstoffkategorien, einschließlich detaillierter Informationen wie Kraftstofftyp, Emissionskategorie und relevante Emissionsfaktorwerte. Die Ergebniskollektion speichert die Ergebnisse von CO₂ Emissionsberechnungen

auf der Grundlage von Benutzereingaben. Diese Daten werden in Form einer Tabelle dargestellt, die die Endergebnisse der Emissionsberechnungen auf der Grundlage der vom Benutzer eingegebenen Daten zeigt.

Das folgende Bild zeigt die Kollektionen in MongoDB. Dieses Bild veranschaulicht die Struktur der Kollektion, die Emissionsfaktoren und Ergebnisse für verschiedene Berechnungskategorien speichert.

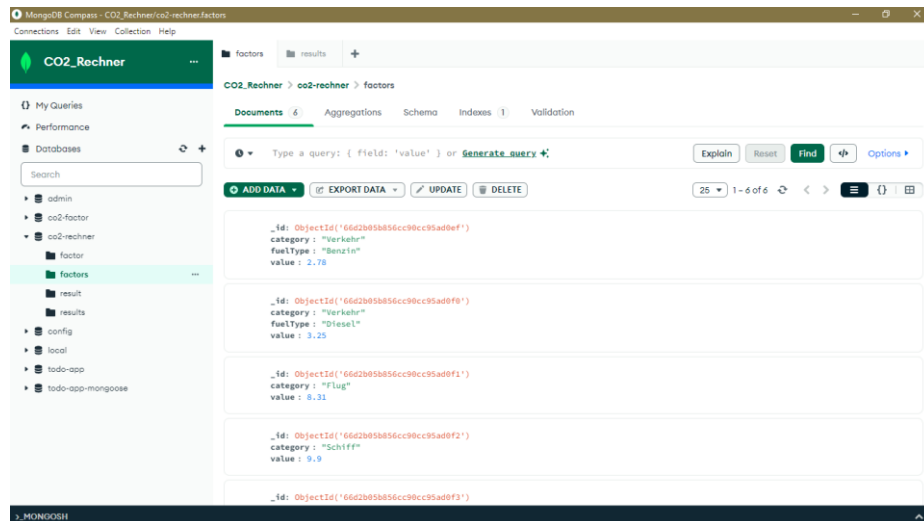


Abbildung 6: Faktorkollektion

In der Faktorkollektion enthalten die Daten:

- Kategorie: Emissionskategorie wie Fahrzeug, Luft oder Sturm.
- Kraftstofftyp: Kraftstofftyp, falls relevant (z.B. Diesel oder Benzin für Fahrzeug).
- Wert: Wert des Emissionsfaktors in CO2 pro Einheit (z.B. ein Kilogramm CO2 pro Kilometer).

Das folgende Bild zeigt die Ergebnisliste in MongoDB. Diese Kollektion enthält tabellarische Daten, die die Ergebnisse von Berechnungen der CO2 Emissionen basierend auf Benutzereingaben zeigen.

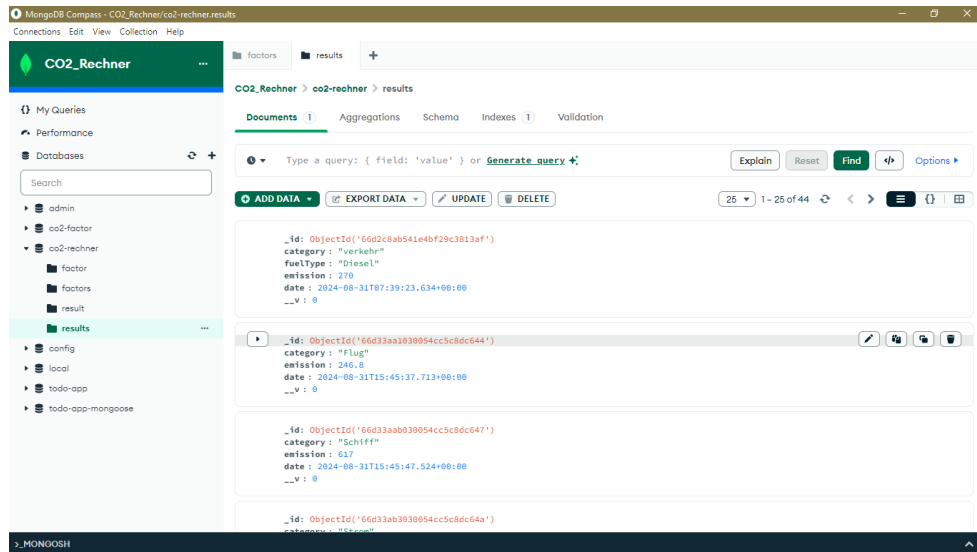


Abbildung 7: Ergebniskollektion

Die Ergebnisliste enthält verschiedene Daten wie z.B.:

- ID: Angabe der ID der gespeicherten Ergebnisdaten.
- Kategorie: Die Kategorie der Emissionsberechnung, zum Beispiel Verkehr oder Strom.
- Datum: Das Datum, an dem die Daten gespeichert wurden, nachdem der Benutzer die Kohlenstoffemissionen berechnet hat.
- Emissionen: Die Ergebnisse der Berechnung von CO2 Emissionen basierend auf den Eingabedaten und relevanten Emissionsfaktoren.

4. Entwicklung des CO2 Rechners

Die Entwicklung eines CO2-Rechners ist ein komplexes Unterfangen, das eine sorgfältige Planung und Umsetzung erfordert. In diesem Kapitel werden die Anforderungen und Spezifikationen des Projekts erläutert, die Integration und Verarbeitung von Daten beschrieben, die Systemarchitektur und das Design vorgestellt sowie die Implementierung des CO2 Rechners detailliert erklärt.

4.1. Systemarchitektur

Die Systemarchitektur des CO2 Rechners bildet das technische Fundament, auf dem die gesamte Anwendung aufbaut. Die Gestaltung einer robusten Architektur ist entscheidend für die Skalierbarkeit, Wartbarkeit und Leistungsfähigkeit des Systems (vgl. Richards et. al., 2020: 77). Die Prinzipien und Methoden, die bei der Entwicklung dieser Architektur angewendet wurden, basieren auf den Leitlinien, die in Richards und Ford (2020) *Fundamentals of Software Architecture* beschrieben sind.

Die Architektur des CO2 Rechners folgt einem mehrschichtigen Ansatz, der in verschiedene, klar definierte Schichten unterteilt ist. Jede Schicht übernimmt spezifische Funktionen und interagiert über wohldefinierte Schnittstellen mit den anderen Schichten. Dies entspricht dem "Layered Architecture Pattern", das die Trennung von Verantwortlichkeiten und die Verbesserung der Wartbarkeit fördert (vgl. Richards et. al., 2020: 133).

Die Präsentationsschicht, entwickelt mit React und Ionic, bildet die Schnittstelle zum Benutzer und gewährleistet, dass die Anwendung auf verschiedenen Geräten und Bildschirmgrößen gut funktioniert. Diese Schicht kommuniziert mit der Anwendungsschicht, die die Geschäftslogik der Anwendung enthält und in Node.js implementiert wurde. Diese Architekturkomponente ist zentral für die Verarbeitung der vom Benutzer eingegebenen Daten und die Durchführung der CO2 Berechnungen.

MongoDB wird als Datenbank in der Datenhaltungsschicht verwendet, um eine flexible und performante Speicherung von Daten zu gewährleisten. Diese Schicht ermöglicht

die effiziente Verwaltung und Abfrage großer Mengen unstrukturierter Daten, was in Übereinstimmung mit den Prinzipien der "Polyglot Persistence" steht.

Zudem basiert die Architektur des CO2 Rechners auf dem Prinzip der serviceorientierten Architektur (SOA), bei der jede Funktionalität in unabhängigen Diensten gekapselt ist. Dies bietet eine erhöhte Modularität und erleichtert die Skalierbarkeit sowie die Wartung des Systems. Die Implementierung von Sicherheitsmechanismen, wie Authentifizierung, Autorisierung und Datenverschlüsselung, stellt sicher, dass die Anwendung den hohen Sicherheitsanforderungen gerecht wird und die Integrität der Daten gewahrt bleibt.

Ein Diagramm, das die Systemarchitektur des CO2 Rechners visualisiert, wird im Folgenden dargestellt, um die Interaktionen zwischen den verschiedenen Komponenten zu verdeutlichen.

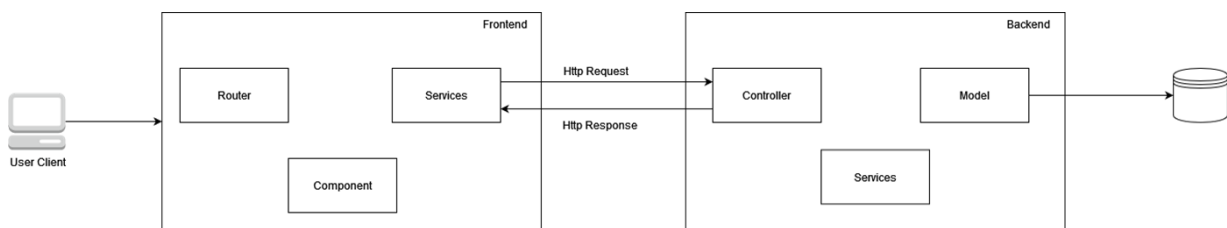


Abbildung 8: Softwarearchitektur

Im Folgenden ist ein Bild von der Struktur des Backends zu sehen, die entwickelt hat. Diese Struktur besteht aus Modellen und Routen und läuft ebenfalls auf localhost 5062.

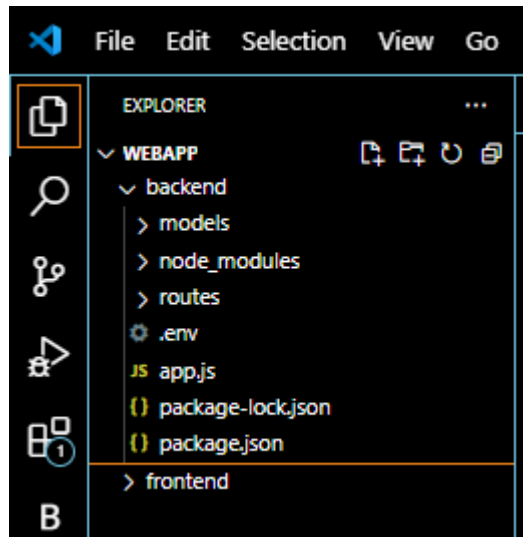


Abbildung 9: Backendstruktur

4.2. Aufbau der Benutzeroberfläche

In diesem Kapitel wird die Struktur der Benutzeroberfläche einer Anwendung zur Berechnung von CO2 Emissionen vorgestellt. Der Schwerpunkt liegt dabei auf der Frage, wie die Gestaltung der Benutzeroberfläche zum Gesamterlebnis des Benutzers beiträgt. Ein effektives Design der Benutzeroberfläche erleichtert nicht nur die Navigation, sondern stellt auch sicher, dass jedes Element der Anwendung gut funktioniert und den Bedürfnissen des Benutzers entspricht.

Die Prinzipien einer effektiven Benutzeroberfläche sind Konsistenz, klares Feedback und Lesbarkeit. Bei der Gestaltung von Benutzeroberflächen sollte die Benutzerfreundlichkeit und die Zufriedenheit der Benutzer im Vordergrund stehen (Galitz 2007: 44-45). Diese Prinzipien werden bei der Gestaltung dieser Anwendung angewandt, so dass die Benutzeroberfläche in allen Bereichen intuitive und effiziente Interaktionen unterstützt. Unten ist ein Bild der Frontendstruktur abgebildet.

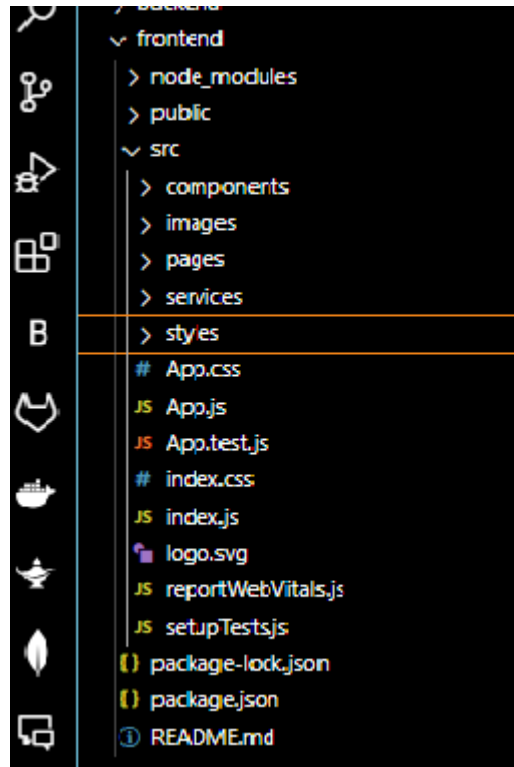


Abbildung 10: Frontendstruktur

4.2.1. Startseite und Navigationsmenü

Die Startseite dient als Startpunkt für die Benutzer in der Anwendung. Auf dieser Seite wird der Benutzer mit einer sauberen und gut strukturierten Oberfläche begrüßt. Im oberen Bereich befindet sich eine Kopfzeile, die das Anwendungslogo und den Namen der Anwendung anzeigt. Unterhalb der Kopfzeile befindet sich ein Navigationsmenü, das Navigationsoptionen für die Auswahl von Berechnungskategorien für CO2 Emissionen, wie z.B. Verkehr, Flugreisen, Schiff, Strom und Wärme sowie Empfehlungen bietet. Für jede Kategorie gibt es repräsentative Tasten, so dass der Nutzer die Funktion der jeweiligen Option schnell erkennen kann. Das Bild von der Startseite zeigt das Layout der Hauptseite, einschließlich klarer und leicht zugänglicher Navigationstasten sowie eines kurzen, aber informativen Textes.

Außerdem wird in den Codeausschnitten veranschaulicht, wie diese Elemente mit React.js und Ionic implementiert werden und wie die Struktur dieser Seite sowie das Navigationsmenü gestaltet sind, um die Zugänglichkeit und Benutzerfreundlichkeit zu erhöhen.

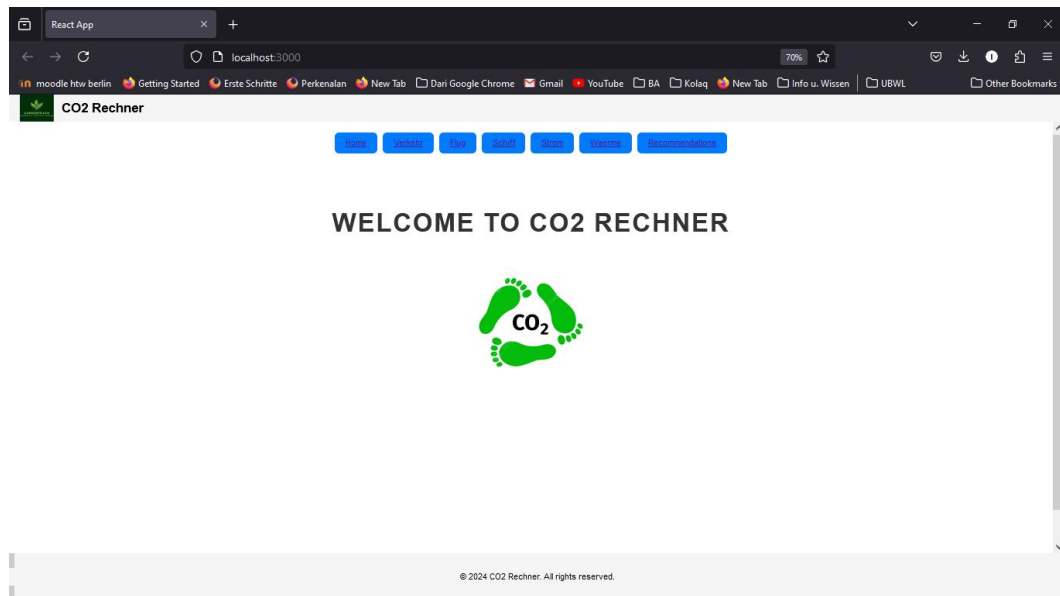


Abbildung 11: Startseite

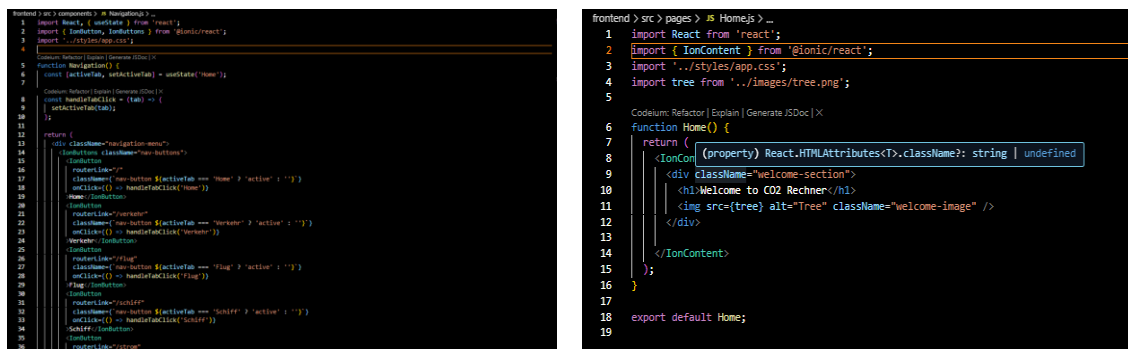


Abbildung 12: Startseite Code (Home.js und Navigation.js)

4.2.2. Eingabeseite

Die Eingabeseite ist der Bereich, in dem die Benutzer die für die Berechnung von CO2 Emissionen erforderlichen Daten eingeben. Auf dieser Seite wird

beispielsweise in die Kategorie „Verkehr“ ein Formular eingeblendet, das Informationen über die Art des verwendeten Kraftstoffs abfragt. Das Formular ist mit übersichtlichen Feldern, beschreibenden Bezeichnungen und kurzen Anweisungen gestaltet, um das Ausfüllen der Daten zu erleichtern.

Die Abbildung der Eingabeseite unten zeigt die verschiedenen Elemente des Formulars, einschließlich der Dropdownmenüs für die Auswahl der Kraftstoffart und der Textfelder für die Eingabe der gefahrenen Strecke. Außerdem gibt es Tasten zum Berechnen und Zurücksetzen, um dem Benutzer das Berechnen und Löschen von Eingaben wie Kraftstoffart und Strecke zu erleichtern.

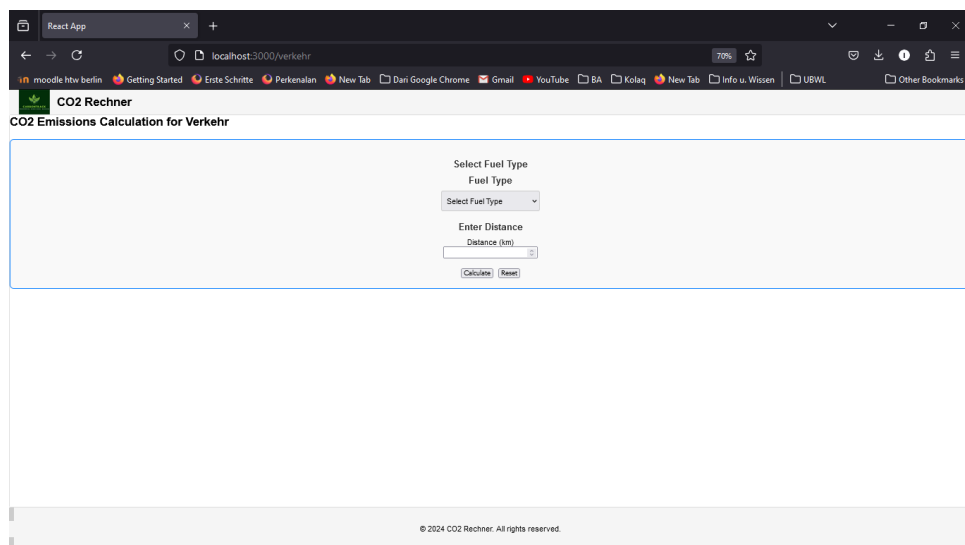
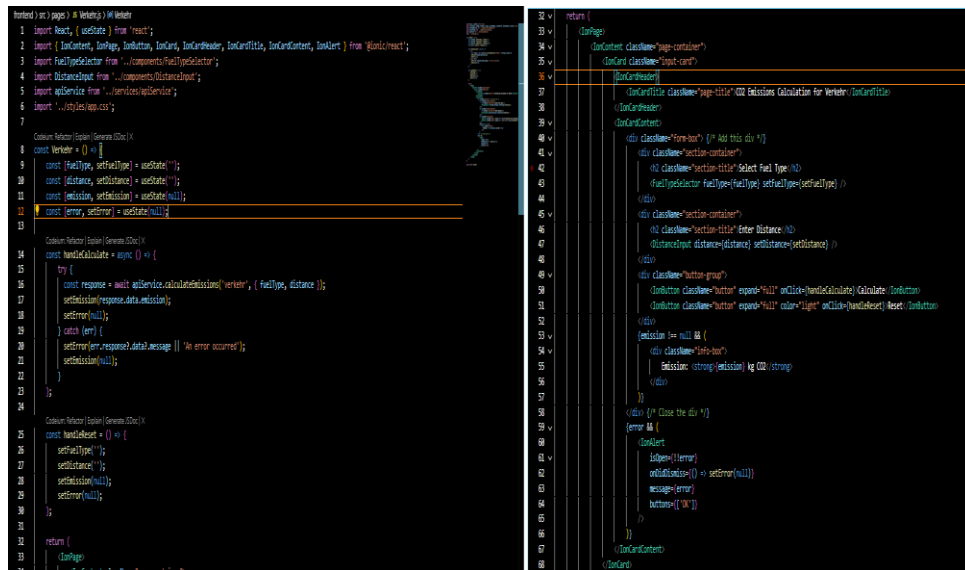
The image shows a web browser window with the address bar displaying 'localhost:3000/verkehr'. The page title is 'CO2 Rechner' and the subtitle is 'CO2 Emissions Calculation for Verkehr'. The main content area contains a form with the following elements: a label 'Select Fuel Type' above a dropdown menu labeled 'Fuel Type'; a label 'Enter Distance' above a text input field labeled 'Distance (km)'; and two buttons, 'Calculate' and 'Reset', positioned below the input field. The footer of the page contains the text '© 2024 CO2 Rechner. All rights reserved.'

Abbildung 13: Eingabesicht (Bsp. Verkehr)

Das folgende Codeschnipsel zeigt, wie dieses Formular gestaltet und mit dem Backend für Berechnungen integriert ist.



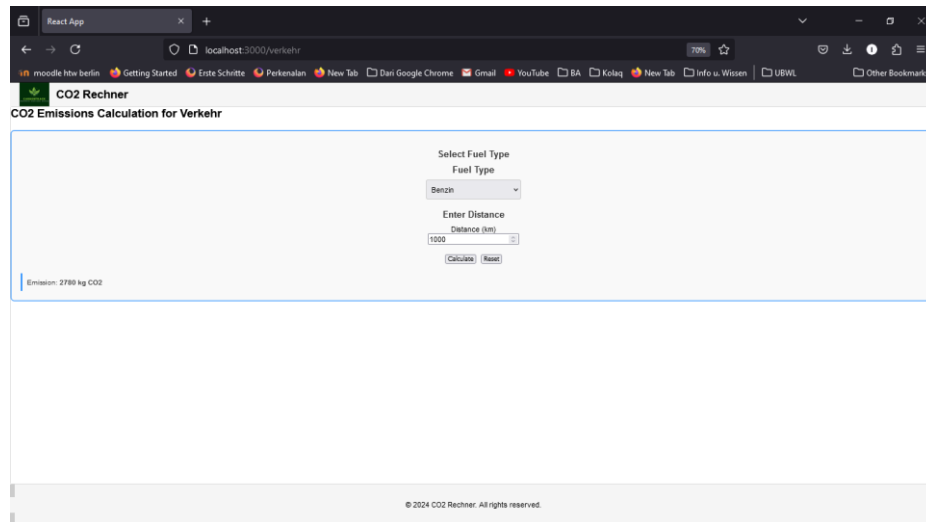


Abbildung 15: Ergebnissicht (Bsp. Verkehr)

Das folgende Script zeigt, wie die Berechnungsdaten im Backend dargestellt werden und wie der Zugriff für das Frontend erfolgt.

```

backend > routes > .js verkehr.js >
1  const express = require('express');
2  const router = express.Router();
3  const Factor = require('../models/factor');
4  const Result = require('../models/result');
5
6  // Route for calculating CO2 emissions
7  router.post('/calculate', async (req, res) => {
8      const { fuelType, distance } = req.body;
9
10     // Validate input
11     if (!fuelType || typeof fuelType !== 'string' || fuelType.trim() === '') {
12         return res.status(400).json({ message: 'Fuel type is required and cannot be empty' });
13     }
14     if (!distance || typeof distance !== 'number' || distance <= 0) {
15         return res.status(400).json({ message: 'Distance must be a positive number' });
16     }
17
18     try {
19         // Find the factor based on category and fuelType
20         const factor = await Factor.findOne({ category: 'Verkehr', fuelType });
21         if (!factor) {
22             return res.status(404).json({ message: 'Factor not found for the given fuel type' });
23         }
24
25         // Calculate emission
26         const emission = factor.value * distance;
27
28         // Save result to database
29         const result = new Result({ category: 'Verkehr', fuelType, emission });
30         await result.save();
31
32         // Return calculated emission
33         res.json({ emission });
34     } catch (error) {
35         console.error('Error calculating emission:', error);
36         res.status(500).json({ message: 'Server Error', error: error.message });
37     }
38 });

```

Abbildung 16: verkehr.js (Frontend)

```

frontend > src > services > JS apiService.js > ...
1 // src/services/apiService.js
2 import axios from 'axios';
3
4 const apiService = {
5   // Codeium: Refactor | Explain | Generate JSDoc | X
6   calculateEmissions: async (category, data) => {
7     const response = await axios.post(`http://localhost:5062/${category}/calculate`, data);
8     return response;
9   },
10 };
11 export default apiService;
12

```

Abbildung 17: *ApiService.js*

4.2.4. Empfehlungsseite

Die Empfehlungsseite bietet den Nutzern Tipps und Empfehlungen zur Reduzierung von Treibhausgasemissionen. Die Seite enthält praktische Informationen, die zur Reduzierung der Umweltauswirkungen umgesetzt werden können.

In der Abbildung der Empfehlungsseite wird gezeigt, dass die Informationen zu den Empfehlungen in Form einer Liste oder Informationskarten mit spezifischen Ratschlägen präsentiert werden.

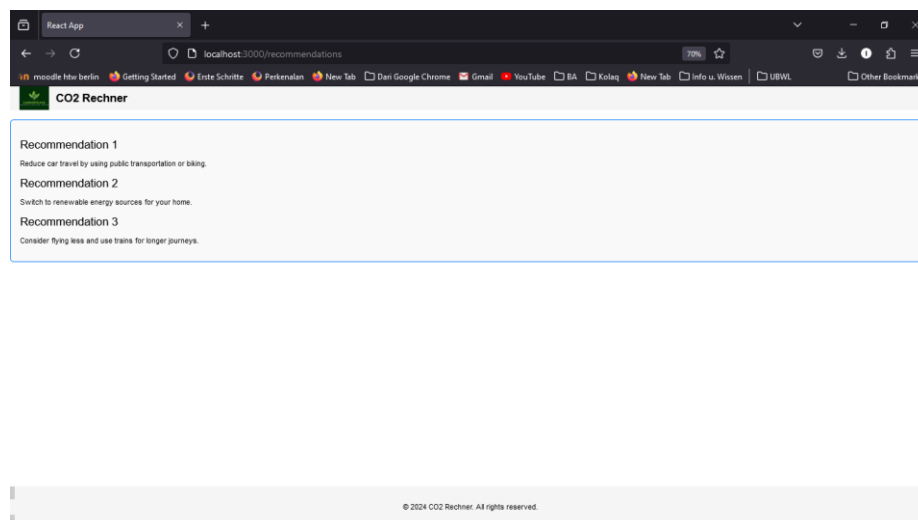


Abbildung 18: *Empfehlungsseite*

5. Fazit

Die Entwicklung von CO₂ Rechner stellt ein gutes Beispiel für die Umsetzung wissenschaftlicher Erkenntnisse in praktische Werkzeuge dar, die Einzelpersonen und Unternehmen bei der Verringerung von CO₂ Emissionen helfen können. Das Projekt macht deutlich, wie wichtig genaue Daten und benutzerfreundliche Anwendungen sind, um das Umweltbewusstsein zu steigern und konkrete Schritte zur Reduzierung der Emissionen zu erleichtern. Damit ist der Rechner nicht nur im aktuellen Kontext nützlich, sondern leistet auch einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der weltweiten Klimaziele.

Für die Zukunft gibt es mehrere Möglichkeiten, den CO₂ Rechner weiterzuentwickeln. Eine Möglichkeit besteht darin, neue Datenquellen hinzuzufügen, z. B. spezifischere Emissionsdaten oder Informationen über die neuesten Technologien, um die Genauigkeit des Rechners zu verbessern. Die Anpassung des Rechners an verschiedene Anwendungsfälle, z. B. durch Hinzufügen spezifischer Module für Sektoren wie Verkehr oder Energie, würde den Rechner für Benutzer aus verschiedenen Branchen noch relevanter machen.

Verbesserungen an der Benutzeroberfläche und die Hinzufügung interaktiver Funktionen würden den Rechner ebenfalls benutzerfreundlicher und effektiver machen. Künftige Versionen könnten zusätzliche Funktionen enthalten, wie z. B. Prognosen über künftige Emissionen, Vergleiche mit Industriestandards oder Empfehlungen für Maßnahmen zur Verringerung der CO₂ Bilanz.

Der Nachhaltigkeitsaspekt der Kodierung sollte bei der Entwicklung des Rechners ebenfalls berücksichtigt werden. Die Anwendung effizienter und umweltfreundlicher Kodierungsverfahren wie die Optimierung von Algorithmen und die Verringerung des Energieverbrauchs von Servern kann dazu beitragen, den CO₂Fußabdruck beim Entwicklungsprozess selbst zu verringern. Wichtig ist auch, dass der CO₂ Rechner für alle Nutzer zugänglich ist, auch für Menschen mit Einschränkungen. Die Implementierung von Zugänglichkeitsmerkmalen wie Screenreadern,

Tastaturnavigation und ein Design, das für Benutzer mit verschiedenen speziellen Bedürfnissen geeignet ist, stellt sicher, dass alle Benutzer das Tool optimal nutzen können.

Literaturverzeichnis

Junger, D., Westing, M., Freitag, C. P., Guldner, A., Mittelbach, K., Obergöker, K., Weber, S., Naumann, S., & Wohlgemuth, V. (2024). Potentials of Green Coding -- Findings and Recommendations for industry, education and Science -- Extended paper. *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2402.18227>

Yilmaz, M., Clarke, P., Messnarz, R., & Wöran, B. (2022). *Systems, software and services process improvement: 29th European Conference, EuroSPI 2022, Salzburg, Austria, August 31 – September 2, 2022, Proceedings*. Springer Nature.

Galitz, W. O. (2007). *The essential guide to user interface design: An Introduction to GUI Design Principles and Techniques*. John Wiley & Sons.

Richards, M., & Ford, N. (2020). *Fundamentals of software Architecture: An Engineering Approach*. O'Reilly Media.

Allekotte, Biemann, Heidt, Colson, & Knörr. (2020). Aktualisierung der Modelle TREMOD/TREMOD-MM für die Emissionsberichterstatt UNG 2020 (Berichtsperiode 1990-2018) Berichtsteil „TREMOD“. In <https://www.umweltbundesamt.de/>.

Publications - IPCC-TFI. (o.D.). <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/index.html> (abgerufen am 01.08.2024).

(THG)-Emissionen Verschiedener - Umweltbundesamt. Berechnung von Treibhausgas (THG)-Emissionen verschiedener Energieträger. (o.D.). <https://secure.umweltbundesamt.at/co2mon/co2mon.html> (abgerufen am 20.08.2024).

United Nations Environment Programme (2023). Emissions Gap Report 2023: Broken Record – Temperatures hit new highs, yet world fails to cut emissions (again). Nairobi. <https://doi.org/10.59117/20.500.11822/43922>.

James, L. (2015). *Sustainability footprints in SMEs: Strategy and Case Studies for Entrepreneurs and Small Business*. John Wiley & Sons.

Wright, L. A., Coello, J., Kemp, S., & Williams, I. (2014). Carbon footprinting for climate change management in cities. *Carbon Management*, 2(1), 49–60.

<https://doi.org/10.4155/cmt.10.41>

Treibhausgase: G20 verursachen 81 % der globalen CO2-Emissionen. (n.d.). Statistisches Bundesamt. https://www.destatis.de/DE/Themen/Laender-Regionen/Internationales/Thema/umwelt-energie/umwelt/G20_CO2.html (abgerufen am 25.07.2024).

Germany's greenhouse gas emissions and energy transition targets. (2024). Clean Energy Wire. <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/germanys-greenhouse-gas-emissions-and-climate-targets> (abgerufen am 25.07.2024).

Umweltbundesamt. (2024). *Indicator: Greenhouse gas emissions.* Umweltbundesamt. <https://www.umweltbundesamt.de/en/data/environmental-indicators/indicator-greenhouse-gas-emissions#at-a-glance> (abgerufen am 25.07.2024).

Bazzanella, A., & Krämer, D. (2017). *Technologien für Nachhaltigkeit und Klimaschutz - chemische Prozesse und stoffliche Nutzung: Ergebnisse der BMBF-Fördermaßnahme.*