



Regionale Disparitäten in der Transformation

Empirische Evidenz und Implikationen für die Regionalpolitik

Impressum

© Bertelsmann Stiftung, Gütersloh
März 2024

Bertelsmann Stiftung
Carl-Bertelsmann-Straße 256
33311 Gütersloh

Daniel Posch
Project Manager
Telefon +49 30 275788-173

daniel.posch@bertelsmann-stiftung.de
www.bertelsmann-stiftung.de

Verantwortlich:

Daniel Posch
Dr. Marcus Wortmann

Autoren:

Prof. Dr. Jens Südekum
Philip Rademacher

© Titelfoto: swissa - stock.adobe.com

DOI-Nummer: 10.11586/2024023

Über uns

Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft

Wirtschaftliche Leistungsfähigkeit und soziale Teilhabe produktiv miteinander zu verbinden – das ist der Kerngedanke und das Erfolgsrezept der Sozialen Marktwirtschaft. Doch der Klimawandel und die Begrenzung natürlicher Ressourcen, ein abnehmendes Erwerbspersonenpotenzial, Globalisierungsprozesse und der digitale Wandel setzen unser bisheriges Wirtschafts- und Gesellschaftsmodell unter Druck. Damit die Soziale Marktwirtschaft auch für künftige Generationen ein verlässliches Leitbild bleibt, müssen wir sie zu einer Nachhaltigen Sozialen Marktwirtschaft transformieren.

Die ökologische Transformation erzeugt Wechselwirkungen und Konflikte zwischen den verschiedenen Zieldimensionen einer Nachhaltigen Sozialen Marktwirtschaft. Der Arbeitsschwerpunkt „Economics of Transformation“ widmet sich den makroökonomischen Wirkungszusammenhängen zwischen verschiedenen Zielparametern und schafft empirisches Steuerungswissen zu wirtschaftspolitischen Maßnahmenbündeln, die den inhärenten Zielkonflikten vorbeugen, sie auflösen oder Synergiepotenziale freisetzen können. Diese Studie ist eine von mehreren „Tiefenbohrungen“, die in wichtigen Transformationsfeldern – in diesem Fall dem Zusammenspiel zwischen Klimapolitik und regionalen Disparitäten – zu einem besseren Verständnis der ökonomischen Effekte unterschiedlicher klimapolitischer Interventionen beitragen sollen.

Regionale Disparitäten in der Transformation

Empirische Evidenz für Deutschland und Implikationen für die Regionalpolitik

Jens Südekum und Philip Rademacher

Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf

Inhalt

Inhalt.....	6
1 Einleitung.....	8
2 Daten und Methodik.....	10
2.1 Verwendete Datenquellen.....	10
2.2 Shift-Share-Ansatz zur Berechnung regionaler CO ₂ -Emissionen	11
3 Beschäftigung und Emissionen im Zeitverlauf.....	11
3.1 Sektorale CO ₂ -Emissionen im Überblick.....	11
3.2 Sektorale Beschäftigung, Gesamt- und Pro-Kopf-Emissionen.....	15
3.3 Zuordnung der sektoralen Emissionen auf Regionen und Plausibilitätscheck	18
4 Regionale CO₂-Emissionen.....	19
4.1 Absolute und relative Veränderungen der regionalen Emissionen	19
4.2 Emissions- versus Wirtschaftswachstum	24
4.3 Emissionen versus Wirtschaftswachstum in heterogenen Regionen	27
4.4 Fallstudie: Regionen mit erfolgreicher Entkopplung	28
4.5 Zwischenfazit der vergangenheitsbezogenen Betrachtung.....	30
5 Zukünftiger regionaler Transformationsdruck.....	30
5.1 Branchen und Regionen mit starkem Dekarbonisierungsbedarf	31
5.2 Branchen und Regionen mit bereits starkem Decoupling.....	32
6 Fazit und Politikempfehlungen.....	33
6.1 Zusammenfassung der Kernergebnisse	34
6.2 Wirtschaftspolitische Implikationen	37

Executive Summary	41
Literatur	43
Anhang	44

1 Einleitung

Die deutsche Volkswirtschaft befindet sich in einem massiven Strukturwandel, der in den kommenden Jahren noch erheblich an Geschwindigkeit zulegen dürfte. Die wesentlichen Treiber dieses Wandels werden oft als „die drei großen D“ bezeichnet: Dekarbonisierung, Digitalisierung und Demografie.

Die übergeordnete Fragestellung dieser Forschungsarbeit ist, wie sich dieser Strukturwandel auf regionale ökonomische Disparitäten in Deutschland auswirken wird. Ist mit einer Verschärfung von regionalen Ungleichgewichten, wie etwa dem Stadt-Land-Gefälle, zu rechnen und besteht daher höherer regionalpolitischer Handlungsbedarf? Oder führt der Strukturwandel im Gegenteil zu regionaler ökonomischer Konvergenz und damit zu regionalpolitischer Entspannung?

Wir adressieren diese Frage für eines der großen D, die Dekarbonisierung. Deutschland hat sich im Rahmen der globalen Klimaschutzanstrengungen auf ambitionierte Ziele verpflichtet und strebt die Klimaneutralität der gesamten Volkswirtschaft bis zum Jahr 2045 an. Dies setzt eine massive Transformation in allen Bereichen der Gesellschaft voraus, insbesondere im Bereich der Produktion. So werden alle Wirtschaftszweige in allen Sektoren (Industrie, Dienstleistungen, Landwirtschaft) klimaneutrale Produktionsprozesse und Wertschöpfungsketten etablieren müssen, um zum gesamtwirtschaftlichen „Netto-Null-Ziel“ beizutragen. Wir untersuchen diese Transformation aus einer regionalökonomischen Perspektive und versuchen, regionalpolitische Handlungsempfehlungen daraus abzuleiten.

Unser Fokus auf die Dekarbonisierung ist deshalb wichtig, weil ihre raumwirtschaftlichen Auswirkungen bislang noch weniger bekannt sind. Für die beiden anderen D's – Digitalisierung und Demografie – liegt schon eine Reihe von wissenschaftlichen Arbeiten vor. So haben Dauth et al. (2022) oder Firgo et al. (2018) herausgearbeitet, dass die Digitalisierung voraussichtlich das Stadt-Land-Gefälle verstärken wird. Denn im Zuge der Digitalisierung neu entstehende Arbeitsplätze, etwa im IT-Bereich, sind tendenziell urbaner geprägt, während die Provinz eine Überrepräsentanz von Arbeitsplätzen mit höherem Routinegrad aufweist, die im Zuge der Digitalisierung unter Druck geraten dürften. Auch die Demografie dürfte regionale ökonomische Disparitäten eher verstärken, weil ländliche Regionen viel stärker von Abwanderung betroffen sind, während die Metropolen eher mit steigenden Bevölkerungszahlen rechnen dürfen (siehe z. B. Hüther et al. 2019).

Für die Dekarbonisierung liegen ebenfalls erste Befunde vor. So gehen Rodríguez-Pose und Bartalucci (2023) und Maucorps et al. (2022) davon aus, dass sich regionale Disparitäten innerhalb der Europäischen Union (EU) im Zuge der grünen Transformation verschärfen und sich für die Kohäsionspolitik entsprechend zusätzliche Herausforderungen stellen werden. Hingegen verweisen Többen et al. (2023) darauf, dass ländliche EU-Regionen erheblich von der Transformation der Energieerzeugung profitieren können, konstatieren aber ebenfalls einen erheblichen Reformbedarf in der Ausgestaltung der Kohäsions- und Regionalpolitik.

Unsere Studie fokussiert sich auf Deutschland und erlaubt eine kleinräumigere Analyse als die bisherige Literatur, nämlich auf Basis von NUTS3-Regionen (Landkreise). Da detaillierte Informationen zu regionalen Emissionen auf dieser granularen Ebene nicht vorliegen, konstruieren wir diese Daten

mithilfe des in der Literatur etablierten Shift-Share-Ansatzes. Konkret verwenden wir sektorale Emissionsdaten des Statistischen Bundesamtes für den Zeitraum 2000 bis 2019 und rechnen diese basierend auf regionalen Beschäftigungsanteilen auf Landkreise um.¹

Unser erstes Ziel ist die Untersuchung der Korrelation zwischen regionalem Wirtschaftswachstum (gemessen an der Beschäftigung oder am Bruttoinlandsprodukt) und den regionalen CO₂-Emissionen. Hierbei zeigt sich, dass Regionen mit stärkerer Emissionsreduktion bisher tendenziell geringeres Wirtschaftswachstum aufgewiesen haben. Die Dekarbonisierung war also – zumindest bislang – auf regionaler Ebene mit entsprechenden Beschäftigungs- und Wertschöpfungsverlusten verbunden. So konnte z. B. das Ruhrgebiet Erfolge bei der Dekarbonisierung feiern. Dies gelang aber vor allem deshalb, weil sehr emissionsintensive Industriezweige (z. B. Kohlenbergbau und Stahlproduktion) lokal stark geschrumpft sind. Dieses Profil der Dekarbonisierung entspricht nicht der politischen und gesellschaftlichen Zielvorstellung. Danach soll die Transformation ja so gelingen, dass sie im Idealfall mit Zuwächsen bei Output und Beschäftigung einhergeht, etwa weil deutsche Unternehmen durch entsprechende Investitionen in neue Technologien ihre globale Marktposition markieren und als „First Mover“ an der Transformation verdienen. In der Breite ist dieser wünschenswerte Transformationspfad indes noch nicht festzustellen. Das deutet auf die Notwendigkeit einer intensiven regionalpolitischen Begleitung der Dekarbonisierung hin.

Wo wird der Handlungsbedarf am größten sein? Das ist Gegenstand einer zukunftsbezogenen Projektion, dem zweiten Ziel unserer Analyse. Ausgangspunkt ist dabei, dass unterschiedliche Wirtschaftszweige sehr unterschiedliche Dynamiken bei ihren Emissionen aufweisen. Während einige bereits recht erfolgreich waren beim Abbau der CO₂-Emissionen pro Arbeitsplatz, hängen andere weit hinterher. Diese Branchen haben somit noch weitaus größeren Handlungsbedarf im Bereich der Dekarbonisierung. Dieser sektorale Druck übersetzt sich je nach räumlicher Verteilung dieser Branchen in regionalen „Transformationsstress“. Dabei zeigt unsere Analyse, dass die Regionen mit den größten Herausforderungen keinem einfachen räumlichen Muster unterliegen. Zu konstatieren ist insbesondere, dass es etliche betroffene Regionen außerhalb der aktuellen Fördergebietskulisse der Gemeinschaftsaufgabe Regionale Wirtschaftsstruktur (GRW) gibt, dem Hauptinstrument der Regionalpolitik in Deutschland. Eine regionalpolitische Begleitung dieser Regionen, die absehbar hohe Herausforderungen im Zuge der Dekarbonisierung zu schultern haben werden, stellt sich entsprechend schwierig unter diesem Dach dar.

Im Jahr 2022 erfolgte die umfassendste Reform der GRW seit mehr als 50 Jahren. Eine wesentliche Veränderung bestand dabei in der Erweiterung des Zielsystems, das nun stärker auf die Transformation hin zu Klimaneutralität und Nachhaltigkeit ausgerichtet ist. Trotz dieser Neuausrichtung blieb die regionale Fördergebietskulisse aber unverändert. Unsere Analyse wirft die Frage nach einer möglichen Erweiterung dieser Gebietskulisse auf, um eine effektive regionalpolitische Begleitung zu ermöglichen. Dies gilt insbesondere in einem proaktiven Sinne. Regionalpolitik sollte idealerweise nicht erst im Nachgang agieren und erfolgte Strukturbrüche reparieren. Zielführender wäre ein

¹ Dieser Ansatz ist inspiriert von Arbeiten im Kontext des „China-Schocks“ oder zu Arbeitsmarkteffekten von Robotern (siehe Dauth et al. 2014, 2017), wo nationale Handels- bzw. Technologiedaten auf einzelne Regionen vergleichbar heruntergebrochen werden.

Ansatz, bei dem die regionalpolitische Unterstützung bereits *während* der Transformation erfolgt, damit Regionen diesen Prozess erfolgreich meistern können. Unsere Analyse liefert einen Beitrag zu dieser Diskussion, indem sie aufzeigt, in welchen Regionen der Transformationsdruck voraussichtlich am stärksten sein wird. Auf diese kann die Regionalpolitik ihren Instrumentenkasten dann insbesondere ausrichten.

2 Daten und Methodik

2.1 Verwendete Datenquellen

Für die Quantifizierung der regionalen Verteilung der CO₂-Emissionen und des Zusammenhangs zwischen regionalem Emissions- und Wirtschaftswachstum verknüpfen wir Daten aus drei unterschiedlichen Quellen.

[1] Beschäftigungsdaten nach Wirtschaftszweig auf Kreisebene

Diese Datenquelle vom Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung (IAB) enthält Beschäftigtenanzahlen aufgeschlüsselt nach Kreisen und Wirtschaftszweig, gemessen in Vollzeitäquivalenten (VZÄ bzw. FTE), für den Zeitraum 2000 bis 2019. Dabei sind Wirtschaftszweige als Zweistellerbranchen gemäß der WZ 2008 definiert, die Grenzen der Landkreise sind rückwirkend auf den Stand 2019 gerechnet. Mit diesen Daten erfolgt einerseits die Zuteilung der aggregierten sektoralen Emissionsdaten auf die deutschen Landkreise gemäß den lokalen Beschäftigungsanteilen der Wirtschaftszweige. Andererseits verwenden wir die Daten zur Berechnung regionaler Wachstumsraten der Gesamt- bzw. der Industriebeschäftigung.

[2] Anthropogene Luftemissionen – 2000 bis 2020 nach Art und Produktionsbereich

Das [Statistische Bundesamt](#) weist für den Zeitraum 2000 bis 2020 die aggregierten (nationalen) Emissionen für Wirtschaftszweige gemäß der WZ 2008 aus. Wir beschränken unsere Analyse auf die CO₂-Emissionen, siehe insbesondere Tabellenblatt 2.1 („CO₂-Emissionen insgesamt“). Im nächsten Abschnitt diskutieren wir weitere Details dieses Datensatzes und geben einen deskriptiven Überblick der branchenspezifischen Emissionstrends in der Beobachtungsperiode.

Für einen Plausibilitätscheck ziehen wir zusätzlich Daten zu den CO₂-Emissionen auf Ebene der Bundesländer heran. Hierfür verwenden wir die CO₂-Emissionen im Endverbrauchsbereich nach Emittentensektoren vom [Länderarbeitskreis Energiebilanzen](#) für das Jahr 2019.

[3] Bruttoinlandsprodukt/Bruttowertschöpfung

Schließlich berechnen wir als alternatives Erfolgsmaß regionale Wachstumsraten des Bruttoinlandsprodukts (BIP) bzw. der Bruttowertschöpfung (BWS) anhand der [Regionaldatenbank](#), Tabellen-ID: 82111-01-05-4, des Statistischen Bundesamtes. Die Daten liegen für den Zeitraum 2000 bis 2019 für die deutschen Landkreise bzw. kreisfreien Städte vor.

2.2 Shift-Share-Ansatz zur Berechnung regionaler CO₂-Emissionen

Die CO₂-Emissionen eines Wirtschaftszweiges gemäß Datensatz [2] werden auf die Beschäftigten in diesem Zweig umgelegt.² Die Gesamtbeschäftigung eines Wirtschaftszweiges wird dazu mit dem IAB-Datensatz [1] berechnet. Über die so errechneten „Pro-Kopf-Emissionen“ werden mithilfe der lokalen Beschäftigungsdaten [1] die CO₂-Emissionen der einzelnen Wirtschaftszweige in den Kreisen und kreisfreien Städten berechnet.

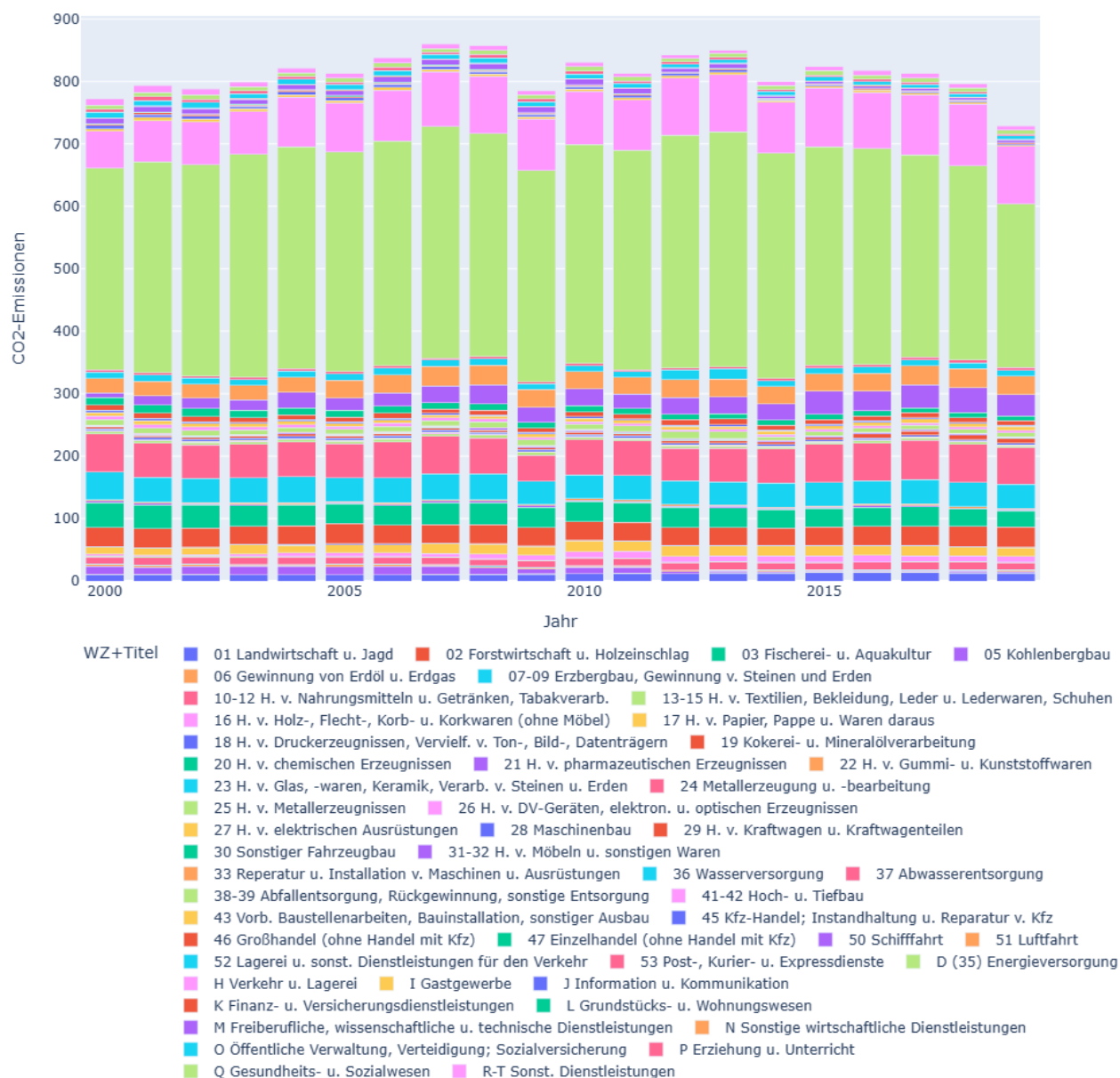
Die Summe über alle CO₂-Emissionen der Wirtschaftszweige eines Kreises ergibt die lokalen CO₂-Emissionen, die auf die lokalen Wertschöpfungsprozesse zurückzuführen sind. Emissionen aus der Energieversorgung und aus privaten Haushalten werden im Shift-Share-Ansatz nicht berücksichtigt. Der Shift-Share-Ansatz wurde beim IAB-Datensatz auf den unzensierten Angaben zur Beschäftigung durchgeführt und die regionalen CO₂-Emissionen wurden anschließend übermittelt. Die sektoralen Analysen wurden mithilfe der Vollzeitäquivalente (FTE) durchgeführt, da diese nicht zensiert wurden.

3 Beschäftigung und Emissionen im Zeitverlauf

3.1 Sektorale CO₂-Emissionen im Überblick

Die Abbildungen 1a–b bietet einen Überblick der CO₂-Emissionen der Unternehmen nach WZ-Branchenklassifikation gemäß der Datenquelle [2] des Statistischen Bundesamtes. Emissionen der Privathaushalte (z. B. durch Heizen) werden nicht berücksichtigt. Zunächst fällt die überragende Bedeutung des Energiesektors (hellgrüne Balken in Abbildung 1a für die Gesamtemissionen der Unternehmen auf.

² Dieser Shift-Share-Ansatz ist in der Literatur weitverbreitet. Im aktuellen Kontext ist er insbesondere inspiriert durch die Arbeiten zum „China-Schock“ oder zu Arbeitsmarkteffekten von Robotern (siehe Dauth et al. 2014, 2017), wo sektorale Handels- bzw. Technologiedaten auf der nationalen Ebene auf einzelne Regionen vergleichbar heruntergebrochen werden.

Abbildung 1a: CO₂-Emissionen im Zeitverlauf nach WZ-Sektor, mit Energieversorgung (in Mio. Tonnen)

Dies wirft die Frage auf, wie Wertschöpfungsketten und insbesondere der Energiebezug in den Emissionsdaten behandelt werden. Im Datensatz [2] werden die Emissionen ausschließlich dem WZ-Sektor zugeordnet, der sie tatsächlich emittiert.³ Energiebedingte Emissionen entstehen bei der Verbrennung von Energieträgern zur Erzeugung von Strom oder Wärme. In den Industriesektoren werden somit Emissionen im Zusammenhang mit Strom (indirekte energiebedingte Emissionen) nur dann innerhalb des eigenen Sektors erfasst, wenn das Unternehmen ein eigenes Kraftwerk zur

³ Siehe die [methodischen Erläuterungen](#) zum Datensatz [2]

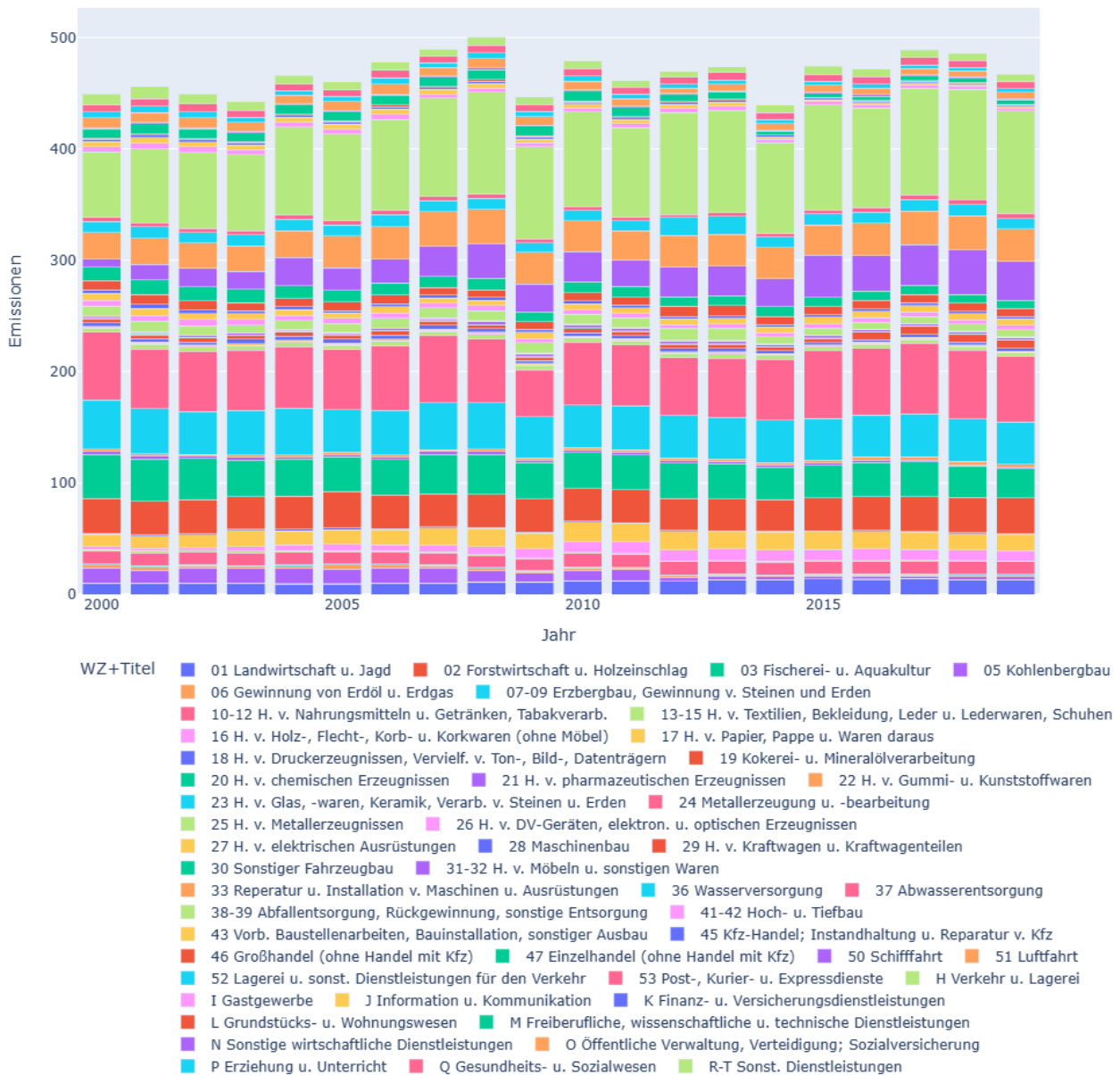
Stromerzeugung betreibt. Deckt es hingegen den Strombedarf durch den Bezug von Strom über den Markt, werden die Emissionen im Sektor „Energieversorgung“ verbucht. Zudem werden Emissionen aus Industriekraftwerken, deren erzeugte Energie in öffentliche Netze fließt, nicht dem Energiesektor (oder Haushalten als Endverbrauchern), sondern dem Wirtschaftszweig zugeordnet, zu dem das Kraftwerk gehört. Daneben fallen in den Industriesektoren weitere direkte energiebedingte Emissionen, z. B. durch Prozesswärme, Dampf oder mechanische Arbeit, sowie prozessbedingte Emissionen (z. B. durch Koks bei der Stahlherstellung) an.⁴

Um diese Abgrenzungsprobleme adäquat zu berücksichtigen, fokussieren wir unsere Analysen zunächst auf die CO₂-Emissionen der Unternehmen außerhalb des Energiesektors. In Sensitivitätsanalysen führen wir die Untersuchungen dann aber auch unter Einbeziehung dieses Sektors durch, was an unseren Kernergebnissen jedoch nichts ändert. In Abbildung 1b illustrieren wir die nationalen Gesamtemissionen aller Unternehmen ohne den Energiesektor. Wie schon in Abbildung 1a fällt auf, dass diese Gesamtemissionen im Zeitablauf recht stabil sind und abgesehen von einzelnen Jahren gleichmäßig um einen Wert von ca. 450 Mio. t schwanken (ohne Energieversorgung).

In der Beobachtungsperiode von 2000 bis 2019 fand also keine nennenswerte Dekarbonisierung der deutschen Wirtschaft in einem *absoluten* Sinne mehr statt, im Gegensatz zu den 1990er-Jahren, wo starke Reduktionen etwa im Zusammenhang mit dem Zusammenbruch der DDR-Industrie zu beobachten waren. In einem *relativen* Sinne gab es natürlich auch nach 2000 Decoupling, denn das Bruttoinlandsprodukt ist im betrachteten Zeitraum spürbar gewachsen. Dieses Wachstum führte aber nicht zu einem Anstieg der Emissionen, die Emissionsintensität der Wirtschaftsleistung ist also gesunken. Gleichwohl verteilt unsere Shift-Share-Analyse jedes Jahr einen nahezu gleich großen absoluten nationalen Emissionsbetrag auf die einzelnen deutschen Landkreise.

⁴ Siehe auch die Erläuterungen zu [Ursachen für Industrieemissionen](#)

Abbildung 1b: CO₂-Emissionen im Zeitverlauf nach WZ-Sektor, ohne Energieversorgung (in Mio. Tonnen)



Eine weitere Auffälligkeit in Abbildung 1b betrifft die Schifffahrtsbranche (WZ 50, violette Balken), deren Gesamtemissionen im Zeitablauf besonders stark steigen. Hierzu ist zu sagen, dass diesem Sektor die Emissionen zugerechnet werden, die beim Transport von Gütern oder Personen in der See-, Küsten- oder Binnenschifffahrt entstehen. Die Emissionen aus dem Bau von Schiffen werden im WZ-Sektor 30 „Sonstiger Fahrzeugbau“ erfasst. Das hohe CO₂-Wachstum im WZ-50-Sektor „Schifffahrt“ dürfte somit maßgeblich auf ein erhöhtes Verkehrsaufkommen des internationalen

Schiffsverkehrs zurückgehen.⁵ Die Emissionsrechnung des Statistischen Bundesamtes folgt dabei dem Inländerkonzept. Somit werden alle weltweit entstehenden Emissionen im deutschen Wirtschaftszweig 50 erfasst, wenn sie von Schiffen einer deutschen Reederei emittiert wurden.

Diese Beispiele verdeutlichen, dass bei der Definition von sektoralen Emissionen immer eine Reihe von Ermessensentscheidungen zu treffen sind, insbesondere im Hinblick auf die Abbildung von Wertschöpfungsketten. Es wäre wünschenswert, wenn zukünftig Informationen zu Emissionen noch kleinräumiger und in diversen Abgrenzungsvarianten zur Verfügung stünden. Derzeit handelt es sich bei [2] aber um die einzige öffentlich zugängliche offizielle Datenquelle, die zur Konstruktion regionaler CO₂-Emissionsprofile herangezogen werden könnte.

3.2 Sektorale Beschäftigung, Gesamt- und Pro-Kopf-Emissionen

Nach Darstellung der sektoralen Gesamtemissionen gemäß [2] kombinieren wir diese mit den IAB-Beschäftigungsdaten [1] zur Berechnung der Emissionen pro Vollzeitarbeitsplatz (FTE), die wir vereinfacht als „Pro-Kopf-Emissionen“ bezeichnen.

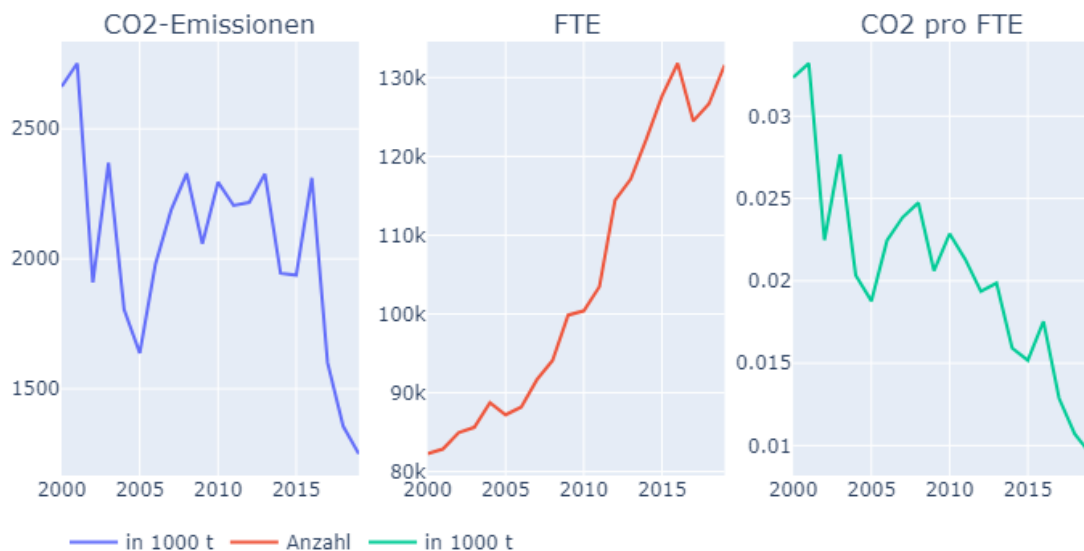
Abbildung 2 zeigt exemplarisch für zwei Wirtschaftszweige die Entwicklung der gesamten CO₂-Emissionen (in 1.000 t), der Gesamtbeschäftigung (in FTE) und der resultierenden Pro-Kopf-Emissionen, die gemäß einem Shift-Share-Ansatz durchschnittlich auf eine Vollzeitstelle in diesem Sektor entfallen würden. In Anhang A1 finden sich entsprechende grafische Darstellungen für alle 47 Wirtschaftszweige.

Im Pharma-Sektor (WZ 21) ist die Beschäftigung im Zeitraum 2000 bis 2019 stark gewachsen, von rund 80.000 auf über 130.000 VZÄ. Gleichzeitig sind die Gesamtemissionen im Zeitablauf gefallen, sodass eine deutlich reduzierte Emission pro Vollzeitjob vorliegt. In dieser Branche hat somit bereits ein deutliches Decoupling der Wirtschaftstätigkeit (gemessen in Beschäftigung) von CO₂-Emissionen stattgefunden. Dieses war zumindest im Vergleich zu anderen Wirtschaftszweigen in Deutschland sehr erfolgreich.

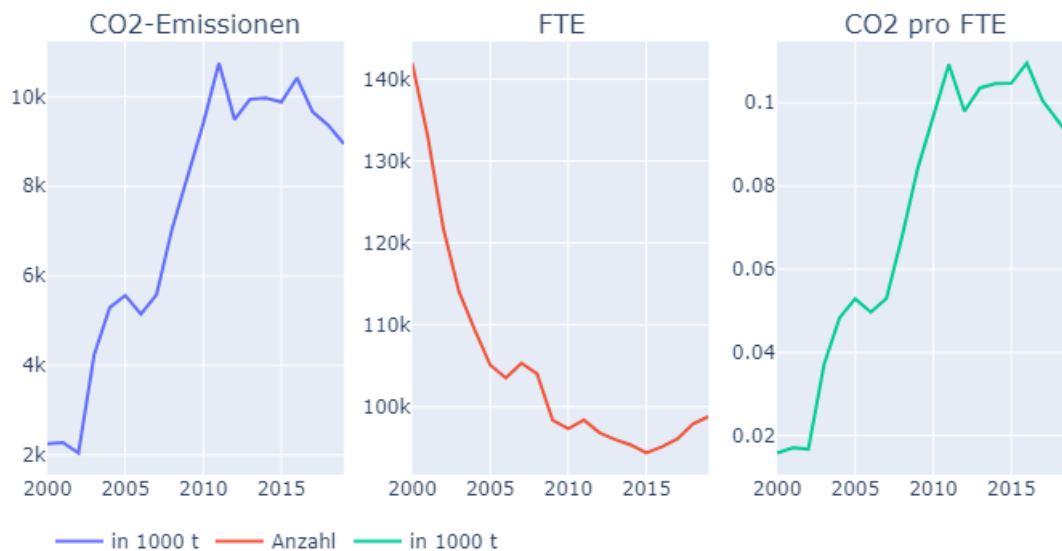
⁵ Siehe z. B. Abb. 1.1. in [dieser UN-Studie](#) im *Review of Maritime Transport*, die zeigt, dass sich der Gütertransport auf dem Seeweg seit 2000 fast verdoppelt hat

Abbildung 2: Beschäftigung, CO₂-Emissionen gesamt und pro Arbeitsplatz in beispielhaften Wirtschaftszweigen

21 H. v. pharmazeutischen Erzeugnissen



16 H. v. Holz-, Flecht-, Korb- u. Korkwaren (ohne Möbel)



Eine ganz andere Dynamik zeigt sich in der Branche der Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (WZ 16, kurz „Holzbranche“). Hier ist die Beschäftigung im Zeitablauf gefallen, während die Gesamtemissionen und damit auch die Emissionen pro Kopf (zumindest bis 2015) deutlich gestiegen sind. Ein Decoupling konnte in der Holzbranche somit bislang nicht erreicht werden – ganz im Gegenteil ist

sie sogar wesentlich emissionsintensiver geworden. Der Weg zur klimaneutralen Produktion ist in dieser Branche somit besonders anspruchsvoll und lang.

Tabelle 1 gibt einen Überblick aller Wirtschaftszweige, in denen die Pro-Kopf-Emissionen zwischen 2000 und 2019 gestiegen sind. Diese Sektoren werden absehbar die größten Herausforderungen auf dem Weg zur Klimaneutralität (Netto-Null) zu schultern haben, wenn sie im Rahmen der Transformation in Deutschland verbleiben. Wir sprechen in der Folge deshalb auch verkürzt von den „Problem-Branchen“. Hierzu gehört nicht nur die Holzbranche (WZ 16) und die bereits angesprochene Schifffahrtsbranche (WZ 50), sondern etwa auch die Bereiche der Kokerei und Mineralölverarbeitung (WZ 19) oder die Logistikbranche (WZ H „Verkehr und Lagerei“).

Tabelle 1: Übersicht zu Wirtschaftszweigen mit Pro-FTE-CO₂-Wachstum zwischen 2000 und 2019 (in 1000 t)
Die dunkel markierten Industrien liegen oberhalb des 10 %-Quantils, die hell markierten oberhalb des 20 %-Quantils.

WZ	Beschreibung	Pro FTE 2000	Pro FTE 2019	Differenz
50	Schifffahrt	370,79	1.991,62	1.620,83
19	Kokerei u. Mineralölverarbeitung	1.137,19	1.608,38	471,20
16	H. v. Holz-, Flecht-, Korb- u. Korkwaren (ohne Möbel)	15,87	90,55	74,69
51	Luftfahrt	551,76	602,04	50,28
17	H. v. Papier, Pappe u. Waren daraus	85,03	132,61	47,58
05	Kohlenbergbau	199,27	244,87	45,60
H	Verkehr u. Lagerei	126,43	157,36	30,92
24	Metallerzeugung u. -bearbeitung	196,82	225,87	29,05
23	H. v. Glas-, -waren, Keramik, Verarb. v. Steinen u. Erden	176,10	204,69	28,59
01	Landwirtschaft u. Jagd	57,86	68,97	11,11
02	Forstwirtschaft u. Holzeinschlag	19,38	27,70	8,32
29	H. v. Kraftwagen u. Kraftwagenteilen	4,57	8,78	4,21
31-32	H. v. Möbeln u. sonstigen Waren	3,24	6,35	3,12
18	H. v. Druckerzeugnissen, Vervielf. v. Ton-, Bild-, Datenträgern	5,21	7,66	2,45
36	Wasserversorgung	1,08	2,43	1,35
22	H. v. Gummi- u. Kunststoffwaren	6,08	7,33	1,25
10-12	H. v. Nahrungsmitteln u. Getränken, Tabakverarb.	19,09	19,89	0,79
41-42	Hoch- u. Tiefbau	7,87	8,53	0,66
33	Reparatur u. Installation v. Maschinen u. Ausrüstungen	1,87	2,42	0,55
43	Vorb. Baustellenarbeiten, Bauinstallation, sonstiger Ausbau	4,74	5,27	0,53
27	H. v. elektrischen Ausrüstungen	2,32	2,66	0,34

Tabelle 2 weist analog die Branchen mit dem stärksten Rückgang der Pro-Kopf-Emissionen aus, bei denen das Decoupling schon vergleichsweise gut gelungen ist. Teilweise dürfte dies der Tatsache geschuldet sein, dass Dekarbonisierung ein nicht linearer Prozess ist, bei dem gerade in besonders emissionsintensiven Sektoren die Anfangserfolge relativ einfach zu erreichen sind, dann aber sukzessive anspruchsvoller und teurer werden.⁶

Tabelle 2: Übersicht zu Wirtschaftszweigen mit Pro-FTE-CO₂-Rückgang zwischen 2000 und 2019 (in 1000 t)

WZ	Beschreibung	Pro FTE 2000	Pro FTE 2019	Differenz
06	Gewinnung von Erdöl u. Erdgas	0,98	0,50	-0,47
D (35)	Energieversorgung	1,46	1,34	-0,12
20	H. v. chemischen Erzeugnissen	0,12	0,09	-0,03
37	Abwasserentsorgung	0,03	0,01	-0,02
21	H. v. pharmazeutischen Erzeugnissen	0,03	0,01	-0,02
38-39	Abfallentsorgung, Rückgewinnung, sonstige Entsorgung	0,06	0,04	-0,02
J	Information u. Kommunikation	0,01	0,00	-0,01
52	Lagerei u. sonst. Dienstleistungen für den Verkehr	0,02	0,01	0,00
M	Freiberufliche, wissenschaftliche u. technische Dienstleistungen	0,01	0,00	0,00
R-T	Sonst. Dienstleistungen	0,01	0,01	0,00

Zu den Branchen mit (relativ) erfolgreichem Decoupling gehört neben der Pharmabranche (WZ 21) und der chemischen Industrie (WZ 20) auch der Bereich der Energieversorgung (WZ 35) – mutmaßlich im Zuge der Energiewende.

3.3 Zuordnung der sektoralen Emissionen auf Regionen und Plausibilitätscheck

Je nach lokalen Spezialisierungsmustern schlagen diese unterschiedlichen sektoralen Dynamiken auf die CO₂-Profile einzelner deutscher Landkreise und deren bevorstehende Herausforderungen im Zuge der Klimatransformation durch. Diese regionalen CO₂-Emissionen sind nicht trennscharf zu

⁶ So kann z. B. in der chemischen Industrie (WZ 20) eine Dekarbonisierung im ersten Schritt durch Investitionen in Energieeffizienz oder die verbesserte Nutzung von Prozesswärme vergleichsweise günstig erreicht werden. Die weiteren Schritte, etwa die vollständige Substitution von fossilen Energien durch z. B. Wasserstoff, sind dagegen nur schwieriger und zu höheren Kosten zu realisieren.

messen, da kleinräumige offizielle Daten zu den tatsächlichen Emissionen maximal auf Bundeslandebene vorliegen, und dort auch nur für aktuelle Jahre.

Unser Shift-Share-Ansatz illustriert aber die zu erwartenden regionalen Emissionen unter der Annahme, dass die Technologie in einem Sektor prinzipiell, zumindest hinsichtlich ihrer Emissionsintensität, in den einzelnen deutschen Regionen identisch ist. Unter dieser identifizierenden Annahme (die in anderen Kontexten in der ökonomischen Literatur stark verbreitet ist, siehe Autor et al. 2013; Dauth et al. 2014, 2017) werden die gesamten sektoralen Emissionen gemäß lokalen Beschäftigungsanteilen auf die Landkreise zugeteilt.

Anhang A2 untermauert die Anwendbarkeit dieses Shift-Share-Ansatzes im Kontext unserer Forschungsarbeit. Dort vergleichen wir die *hypothetischen* CO₂-Emissionen, die sich gemäß unserer Vorgehensweise für die 16 deutschen Bundesländer im Jahr 2019 ergeben würden, mit den *tatsächlichen* Emissionen gemäß [Länderarbeitskreis Energiebilanzen](#) (siehe oben) und finden einen sehr hohen Grad der Übereinstimmung.

4 Regionale CO₂-Emissionen

In diesem Abschnitt illustrieren wir die Veränderung der Gesamtemissionen der Landkreise im Zeitraum von 2000 bis 2019. Die dabei zugrunde liegenden absoluten Gesamtemissionen der Regionen in den Jahren 2000 und 2019 sind in der Landkarte in Anhang A3 dargestellt. Dort wird deutlich, dass Großstädte wie Berlin oder Hamburg deutliche höhere Gesamtemissionen ausweisen als ländliche Regionen, letztlich weil die Zahl der Arbeitsplätze in diesen Großstädten wesentlich höher ist. Doch bereits hier wird auch der Einfluss der sektoralen Spezialisierungsstruktur auf das regionale Emissionsprofil deutlich. So werden Hamburg deutlich höhere absolute Emissionen zugewiesen als dem rund doppelt so großen Berlin, was letztlich den wesentlich höheren Industrieanteil Hamburgs widerspiegelt.⁷

4.1 Absolute und relative Veränderungen der regionalen Emissionen

Für unsere Analyse betrachten wir die Veränderungen der regionalen CO₂-Emissionen im Zeitablauf. Abbildung 3 zeigt zunächst die Landkarte der absoluten Veränderungen gemessen in 1000 t. Hier springt die starke Emissionsreduktion im Ruhrgebiet ins Auge, die dem Rückgang der dortigen Industrieproduktion in den emissionsintensiven Branchen „Kohle“ und „Stahl“ geschuldet ist. Weitere absolute Rückgänge sind auch in der Lausitz oder im Saarland zu beobachten. Dagegen stehen Landkreise, in denen die absoluten Emissionen im Zeitablauf stark angestiegen sind, darunter etliche

⁷ In der Landkarte in Anhang A3 springt außerdem die Stadt Ludwigshafen ins Auge, deren hohe Gesamtemissionen durch den außergewöhnlich starken Spezialisierungsgrad in der chemischen Industrie zustande kommt, die zwar erhebliche Dekarbonisierungserfolge zu verzeichnen hatte (siehe Tabelle 2), aber weiterhin in einem absoluten Sinne energie- und emissionsintensiv ist.

Küstenregionen in Niedersachsen und Schleswig-Holstein, aber auch eine Reihe von Landkreisen in Bayern und Baden-Württemberg.

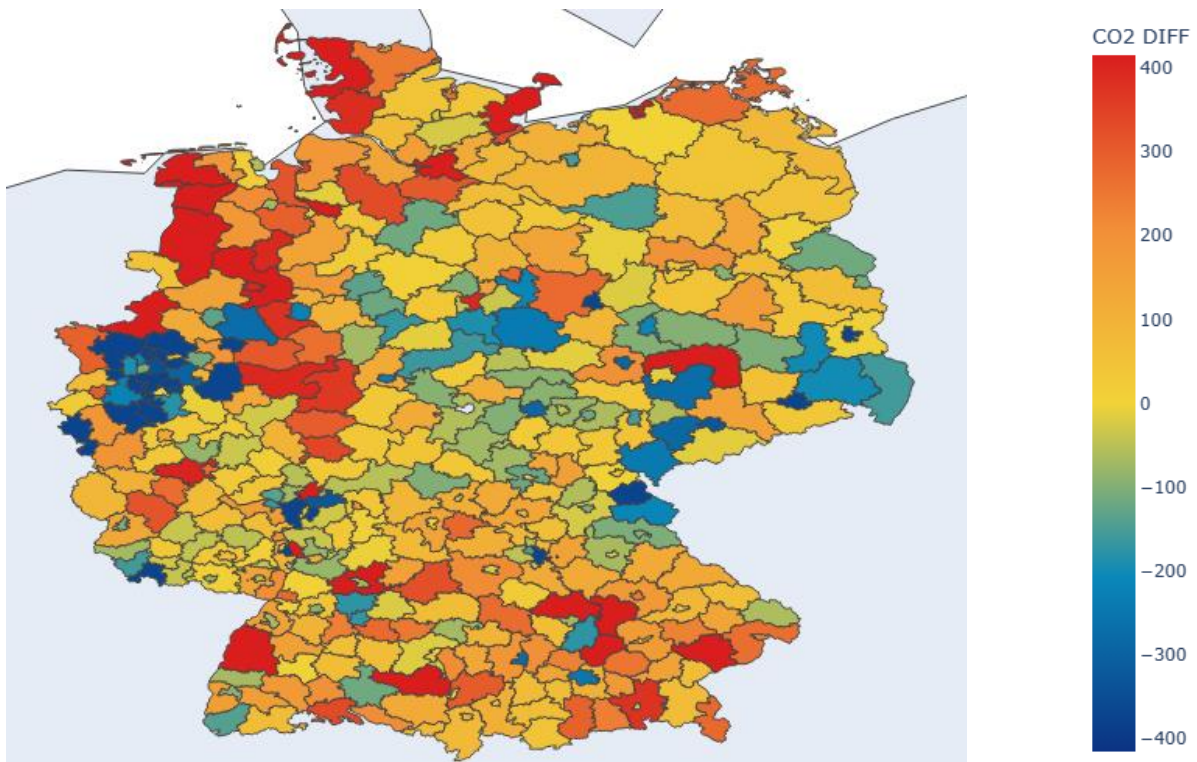


Abbildung 3: Absolute CO₂-Veränderungen zwischen 2000 und 2019 (in 1.000 t)

Zur besseren Übersicht wurden Ausreißer oberhalb des 95 %-Quantils und unterhalb des 5 %-Quantils auf die Quantilswerte gesetzt.

Im Aggregat ist die Summe der absoluten Zuwächse und Rückgänge recht ausgeglichen, da die nationalen industriellen Gesamtemissionen in der Beobachtungsperiode nahezu konstant geblieben sind (siehe Abbildung 1b).

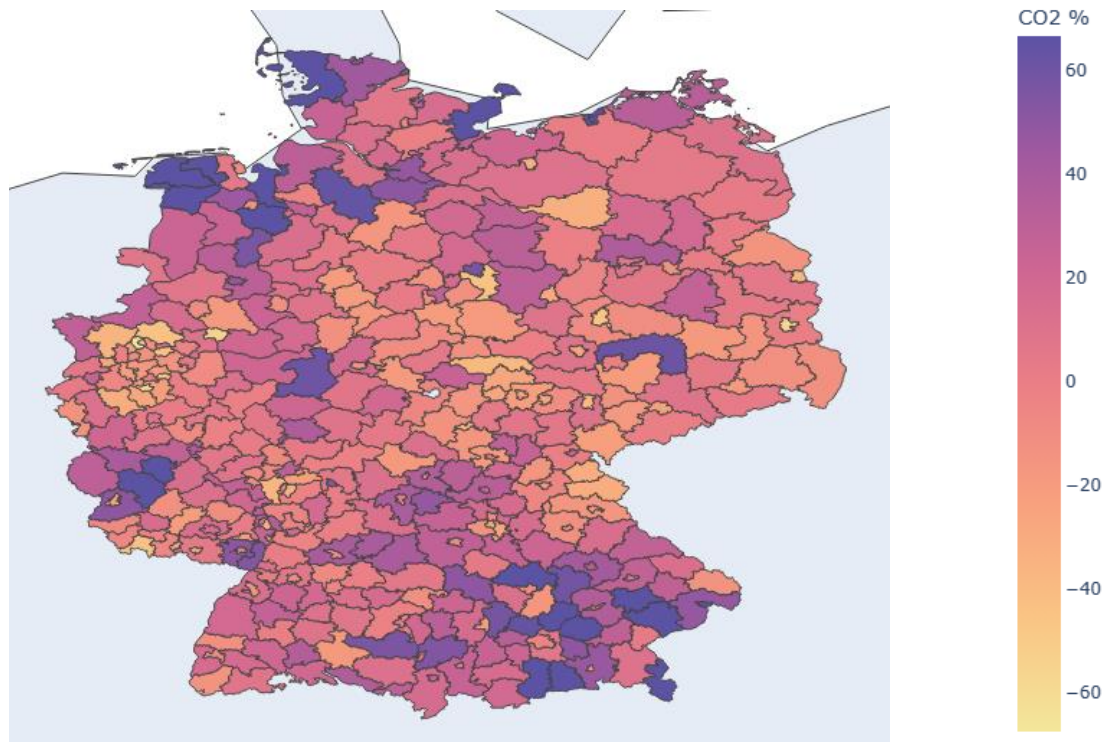


Abbildung 4a: Relative CO₂-Veränderungen zwischen 2000 und 2019

Zur besseren Übersicht wurden Ausreißer oberhalb des 95 %-Quantils und unterhalb des 5 %-Quantils auf die Quantilswerte gesetzt.

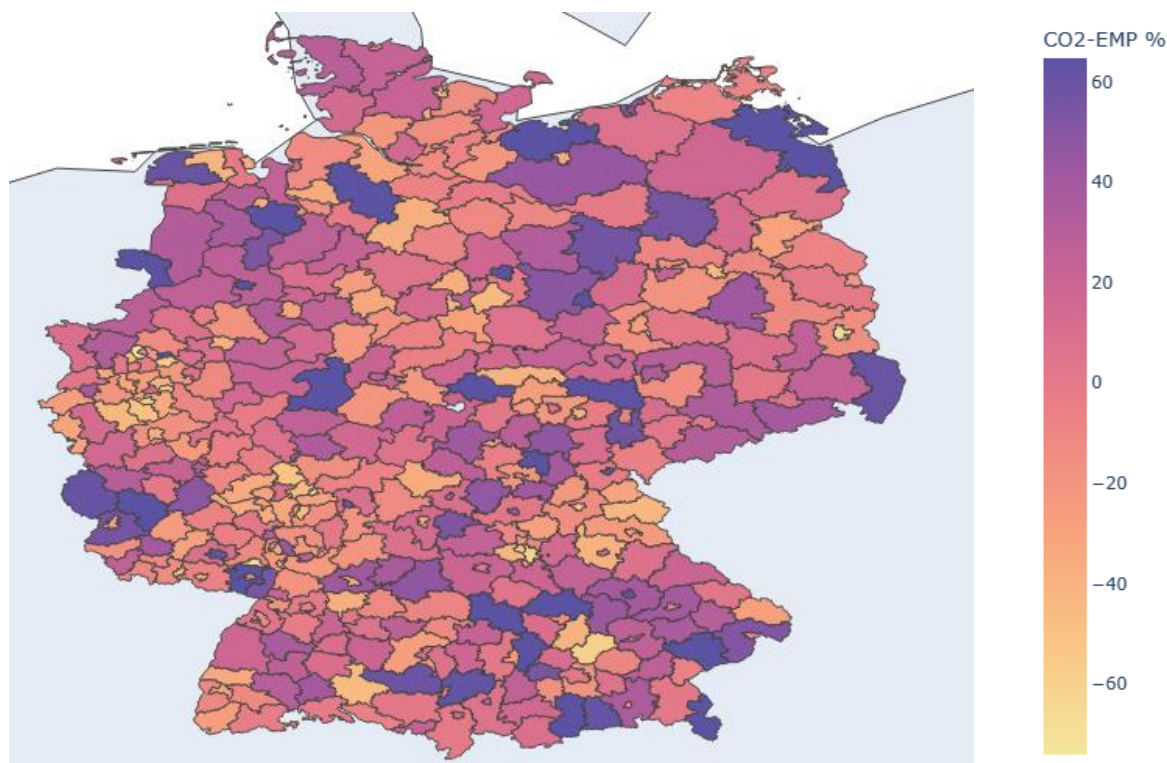


Abbildung 4b: Relative CO₂-Veränderungen zwischen 2000 und 2019 im verarbeitenden Gewerbe
 Zur besseren Übersicht wurden Ausreißer oberhalb des 95 %-Quantils und unterhalb des 5 %-Quantils auf die Quantilswerte gesetzt.

Bedeutsamer für unsere Analyse sind die *relativen* Änderungen der CO₂-Emissionen, also das regionale Emissionswachstum von 2000 bis 2019. Dieses wird in den Abbildungen 4a+b kartografiert, wobei Landkarte 4a das Emissionswachstum aller Wirtschaftszweige illustriert, während Landkarte 4b sich auf die Emissionen im verarbeitenden Gewerbe fokussiert.⁸

In der Summe zeigen die Abbildungen 4a+b ein ähnliches Muster: So weist das Ruhrgebiet auch in dieser Betrachtung gesunkene Emissionen aus, während starkes Emissionswachstum z. B. in Ostfriesland oder in der Uckermark zu verzeichnen ist. Insgesamt sind die Regionen mit den höchsten Emissionswachstumsraten (dunkelblau) aber recht gleichmäßig im Raum verteilt.

Was sind die Haupttreiber dieses regionalen Emissionswachstums? In Abbildung 5a stellen wir für alle Landkreise mit positivem Emissionswachstum (alle nicht grauen Regionen) den Sektor mit dem stärksten absoluten Emissionswachstum dar, der also rechnerisch am stärksten zum gesamten Emissionswachstum beigetragen hat.

⁸ In beiden Fällen wurde eine Bereinigung um Ausreißer vorgenommen, weil einige kleinere Regionen (mit geringen absoluten Emissionen) z. T. exorbitante Wachstumsraten aufweisen. Anhang A4 zeigt separate Landkarten für das regionale Emissionswachstum in einzelnen Branchen.

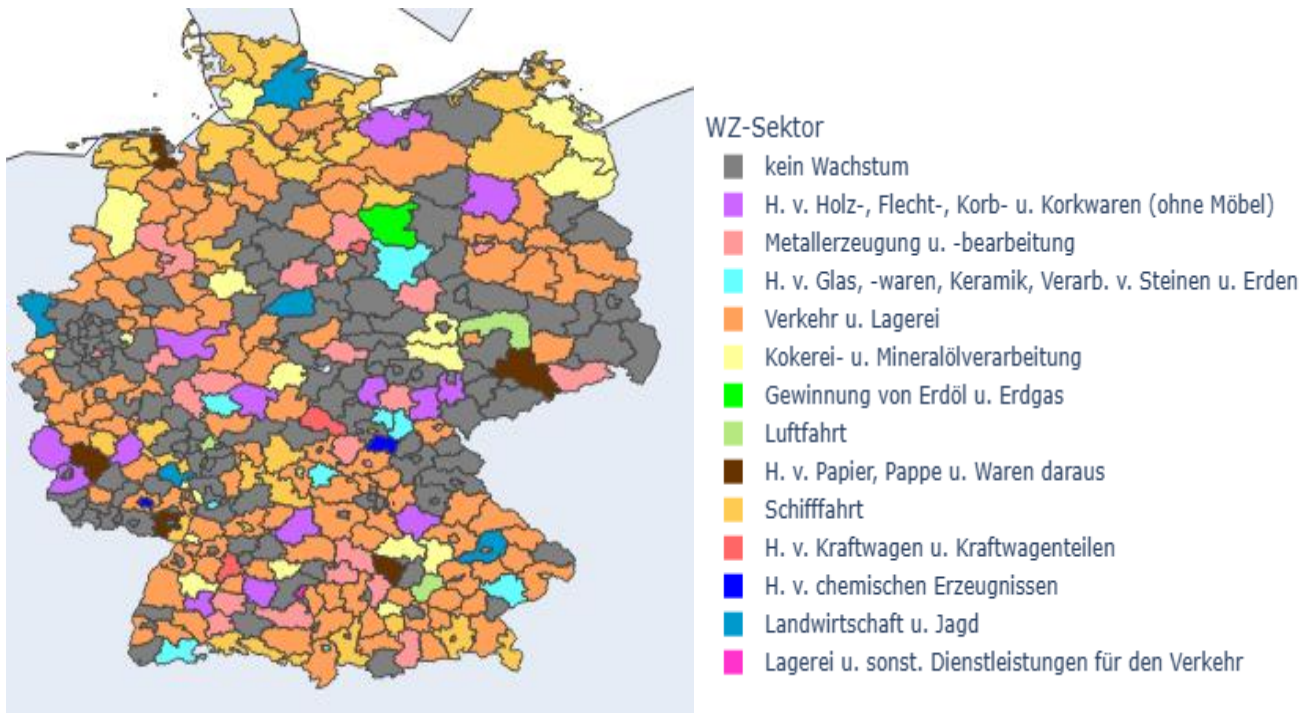


Abbildung 5a: Für Kreise mit prozentualem CO₂-Wachstum: WZ-Sektor mit größter absoluter CO₂-Zunahme

Analog illustrieren wir in Abbildung 5b für alle Landkreise mit negativem Gesamtwachstum der Emissionen (alle nicht grauen Regionen) den jeweiligen Sektor, der durch absolute Reduktionen am stärksten zu diesem Trend beigetragen hat.

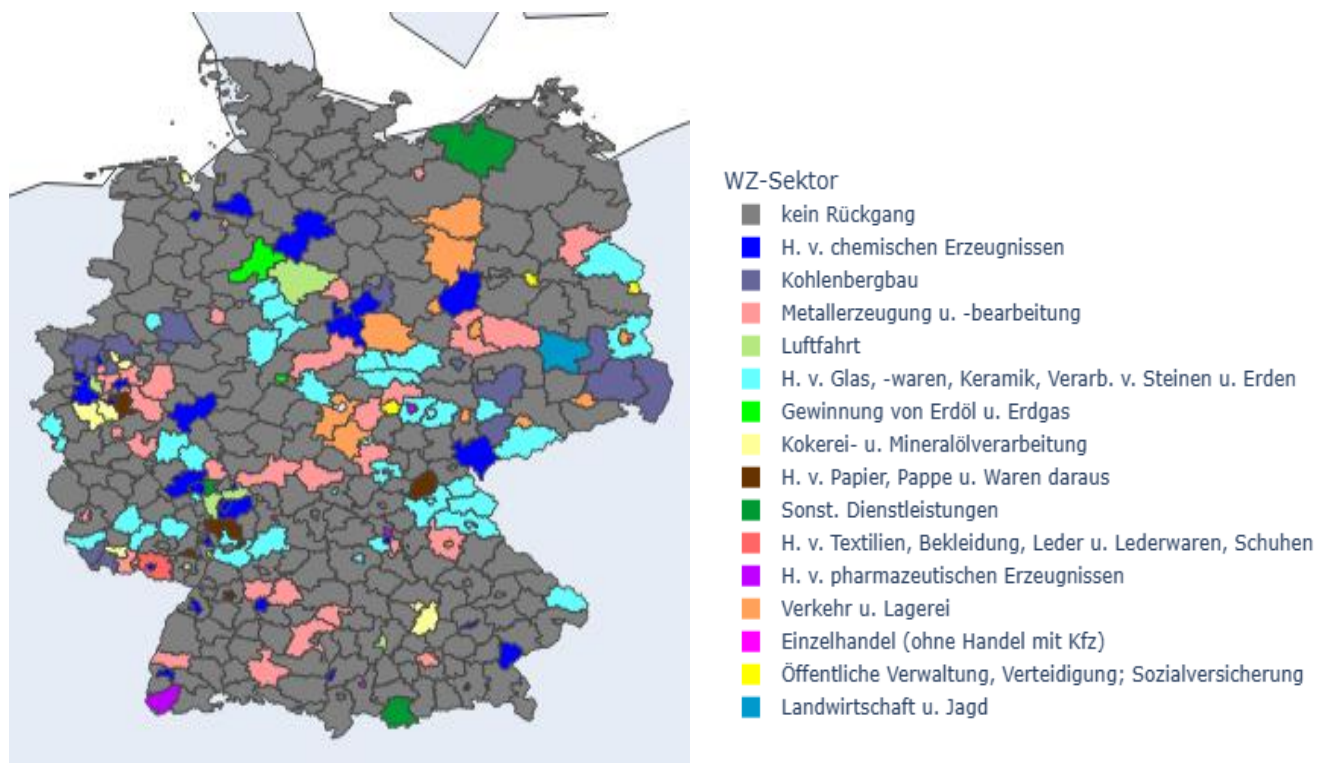


Abbildung 5b: Für Kreise mit prozentualem CO₂-Rückgang: WZ-Sektor mit größter absoluter CO₂-Abnahme

Diese Darstellungsweise zeigt, dass Anstiege der regionalen Emissionen oft im Logistiksektor („Verkehr und Lagerei“) bzw. bei der Schifffahrt stattgefunden haben. Diese Regionen sind in Abbildung 5a in Orange dargestellt. Beide Sektoren weisen einen starken Anstieg bei den Pro-Kopf-Emissionen aus, was bereits bei hoher lokaler Konzentration einen Anstieg der regionalen Gesamtemissionen erklären kann. Andererseits kann das regionale Emissionswachstum auch durch einen dortigen Beschäftigungsanstieg in diesen Branchen hervorgerufen worden sein.

Bei den Regionen mit insgesamt negativem Emissionswachstum (Abb. 5b) war dies oft den Entwicklungen im Kohlenbergbau (violett) oder in der Metallerzeugung (rosa) geschuldet. Da beide Branchen ebenfalls einen Anstieg der Pro-Kopf-Emissionen ausweisen, muss deren Beitrag zu einem absoluten regionalen Emissionsrückgang folglich in dort rückläufiger Beschäftigung bestehen.

Diese Beobachtung verdeutlicht, dass sinkende regionale Gesamtemissionen nicht zwingend einen zunehmenden Fokus auf Sektoren implizieren müssen, denen starkes Beschäftigungswachstum bei gleichzeitig sinkenden Emissionen gelungen ist. Vielmehr kann ein Rückgang von regionalen Gesamtemissionen auch durch Beschäftigungseinbußen bei besonders emissionsintensiven Branchen erreicht werden. Dieser Aspekt wird in der nun folgenden Korrelationsanalyse weiter vertieft.

4.2 Emissions- versus Wirtschaftswachstum

Die Abbildungen 6a–c illustrieren den Zusammenhang zwischen dem regionalen Gesamtwachstum der CO₂-Emissionen (wie dargestellt in Abb. 4a) und unterschiedlichen Maßen für regionales Wirtschaftswachstum. Letzteres messen wir anhand des gesamten regionalen

Beschäftigungswachstums von 2000 bis 2019 (Abb. 6a), des Wachstums der Industriebeschäftigung (Abb. 6b) oder des Wachstums des regionalen Bruttoinlandsprodukts gemäß Datenquelle [3] (Abb. 6c).

Unabhängig davon, wie wir regionales Wirtschaftswachstum konkret messen, finden wir in allen Fällen eine deutlich positive Korrelation mit dem regionalen Emissionswachstum. Mit anderen Worten: Regionales Wirtschaftswachstum fand tendenziell dort statt, wo auch die CO₂-Emissionen relativ stark gewachsen sind, bzw. ging eine Reduktion der regionalen CO₂-Emissionen tendenziell einher mit schwachem Wirtschaftswachstum, also mit Einbußen bei der regionalen Beschäftigung und Wertschöpfung.

Während die Abbildungen 6a–c Korrelationen von regionalen Wachstumsraten zeigen, verfolgen wir in Anhang A5.1 einen anderen Ansatz. Dort berechnen wir die sog. regionale „CO₂-Exposure“, indem wir sektorale Emissionswachstumsraten auf die Landkreise gemäß den Niveaus ihrer Beschäftigungsanteile im Jahr 2000 zuteilen. Der Energiesektor bleibt in diesen Grafiken weiter außen vor, ebenso bereinigen wir in der unteren Grafik in A5.1 um den Schifffahrtssektor als Ausreißer. Weiterhin finden wir eine positive Korrelation von CO₂-Exposure und regionalem (Beschäftigungs-) Wachstum. Qua Konstruktion fällt diese Korrelation nun geringer aus, aber die Grundaussage bleibt erhalten: Regionen mit höherer CO₂-Exposure sind tendenziell stärker gewachsen.

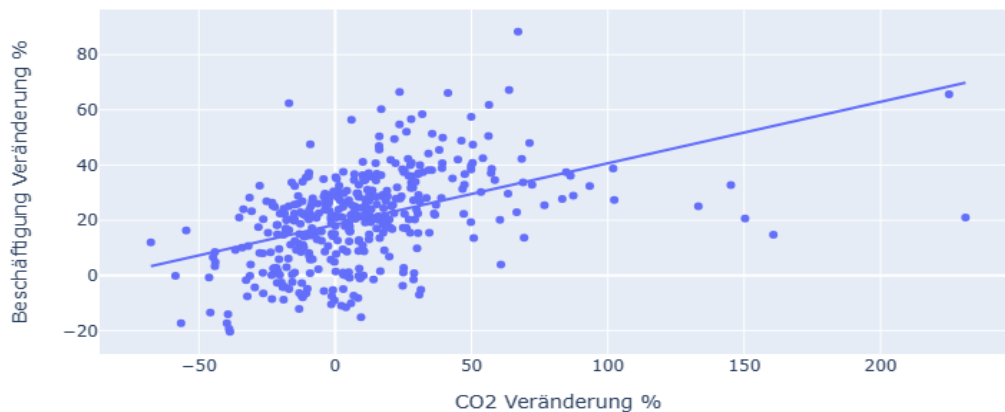


Abbildung 6a: Korrelation zwischen CO₂-Veränderungen und Beschäftigungsveränderungen

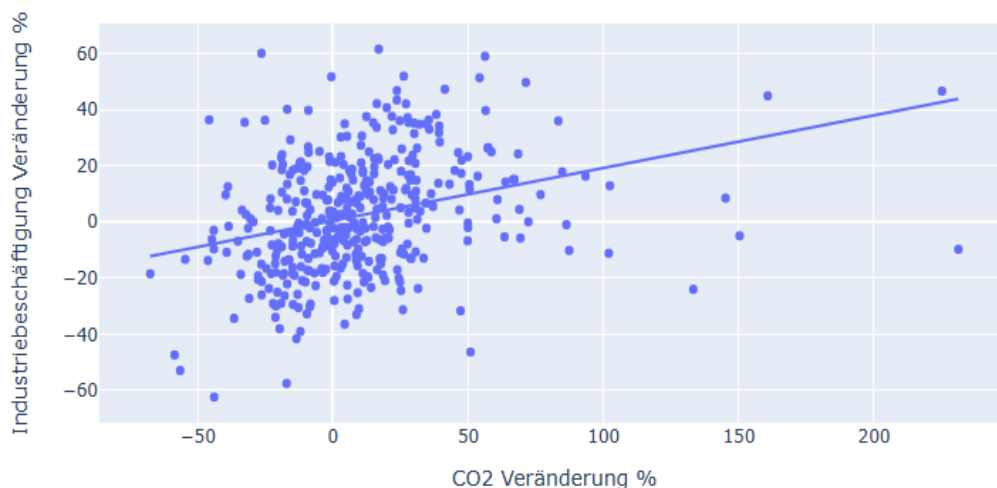


Abbildung 6b: Industriebeschäftigung (WZ C) als alternatives Wachstumsmaß

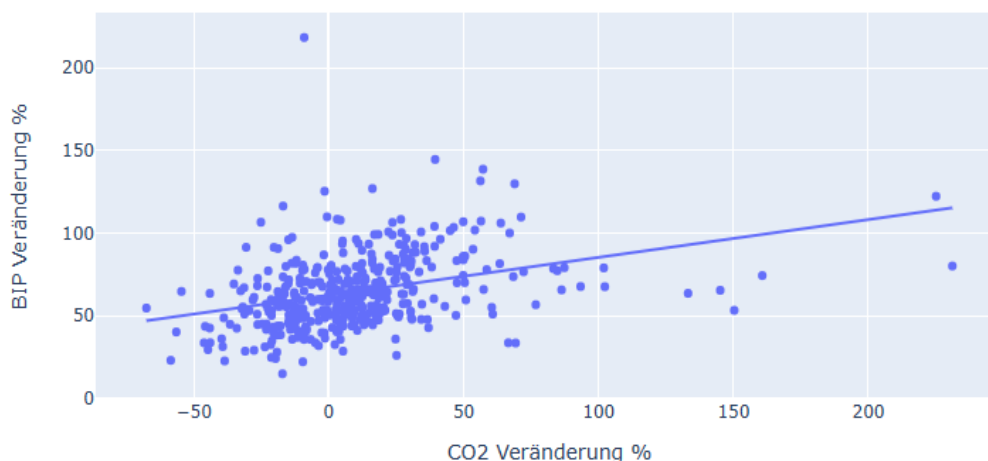


Abbildung 6c: Korrelation zwischen CO₂-Veränderungen und BIP-Veränderungen [4]

In Anhang A5.2 führen wir die angesprochene Sensitivitätsanalyse zur Rolle des Energiesektors (WZ 35) durch: Dessen Emissionen fallen indirekt in den Wertschöpfungsketten der anderen Industriezweige an, sind aber nicht trennscharf zurechenbar. Die resultierenden Punktwolken bei Einbeziehung des Energiesektors verlaufen aber ähnlich zu denen in den Abbildungen 6a–c, und die positiven Korrelationen bleiben erhalten. Somit kommt unsere Analyse mit und ohne Einbeziehung der Emissionen des Energiesektors im Kern zu denselben Schlussfolgerungen:

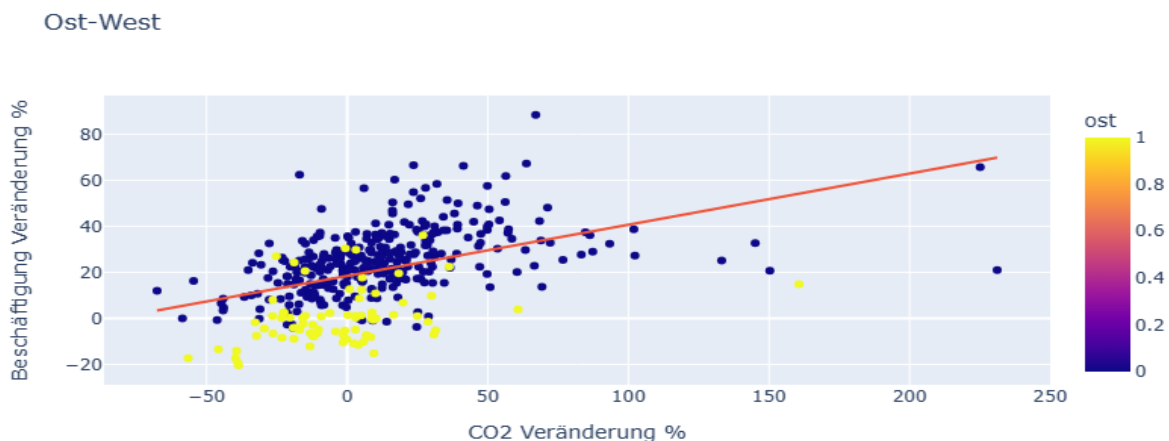
Es können keine Indizien für das (möglicherweise politisch erhoffte) Muster, wonach Reduktionserfolge bei den CO₂-Emissionen ohne Einbußen bzw. idealerweise sogar mit Wachstum bei der Wirtschaftstätigkeit erzielt werden sollen, gefunden werden. Wäre dem so gewesen, hätten die Korrelationen in den Abbildungen 6a–c negativ verlaufen müssen, etwa weil Leuchtturmregionen bei der Dekarbonisierung durch erhöhte Investitionen oder den Einsatz moderner Technologien schneller wachsen. Aber das ist nicht der Fall gewesen. Bislang gingen Emissionsreduktionen tendenziell mit Beschäftigungs- und Wertschöpfungseinbußen einher. Das ist auch insofern plausibel,

wenn man bedenkt, dass die nationalen Gesamtemissionen bislang im Zeitablauf konstant waren (siehe Abb. 1a+b).⁹

4.3 Emissionen versus Wirtschaftswachstum in heterogenen Regionen

In diesem Abschnitt untersuchen wir, ob ein erfolgreiches Decoupling (also starke Reduktion der Emissionen bei gleichzeitig hohem Wirtschaftswachstum) zumindest in Teilgruppen deutscher Regionen gelungen ist. Hierfür wiederholen wir die Korrelationsanalyse und unterteilen dabei die Landkreise in verschiedene relevante Typen. Konkret unterscheiden wir die Landkreise in die Kategorien „Ost-West“, „Nord-Süd“ und „Stadt-Land“.

Die Korrelationsanalyse wird ansonsten identisch zum bisherigen Ansatz durchgeführt, und wir weisen die einzelnen Untergruppen grafisch separat aus. Abbildung 7 zeigt die Korrelation zwischen dem regionalen Emissionswachstum und dem Wachstum der Gesamtbeschäftigung als Maß für die Wirtschaftstätigkeit. Analoge Abbildungen für das Wachstum der Industriebeschäftigung und der regionalen Bruttoinlandsprodukte als Maße für Wirtschaftstätigkeit finden sich in Anhang A5. Sie erbringen wiederum sehr ähnliche Schlussfolgerungen.



⁹ Zu beachten ist, dass unsere Datenbasis keine genaue Aufschlüsselung der regionalen Emissionen erlaubt, sondern diese mittels eines Shift-Share-Ansatzes konstruiert werden. Somit ist prinzipiell denkbar, dass es beim Zusammenhang zwischen dem regionalen Wirtschaftswachstum und den tatsächlichen Emissionen stärkere Ausreißer gibt – also mehr Einzelfälle, in denen Emissionsreduktion bei gleichzeitigem Wachstum gelungen ist, z. B. durch eine frühzeitige Investitionstätigkeit.

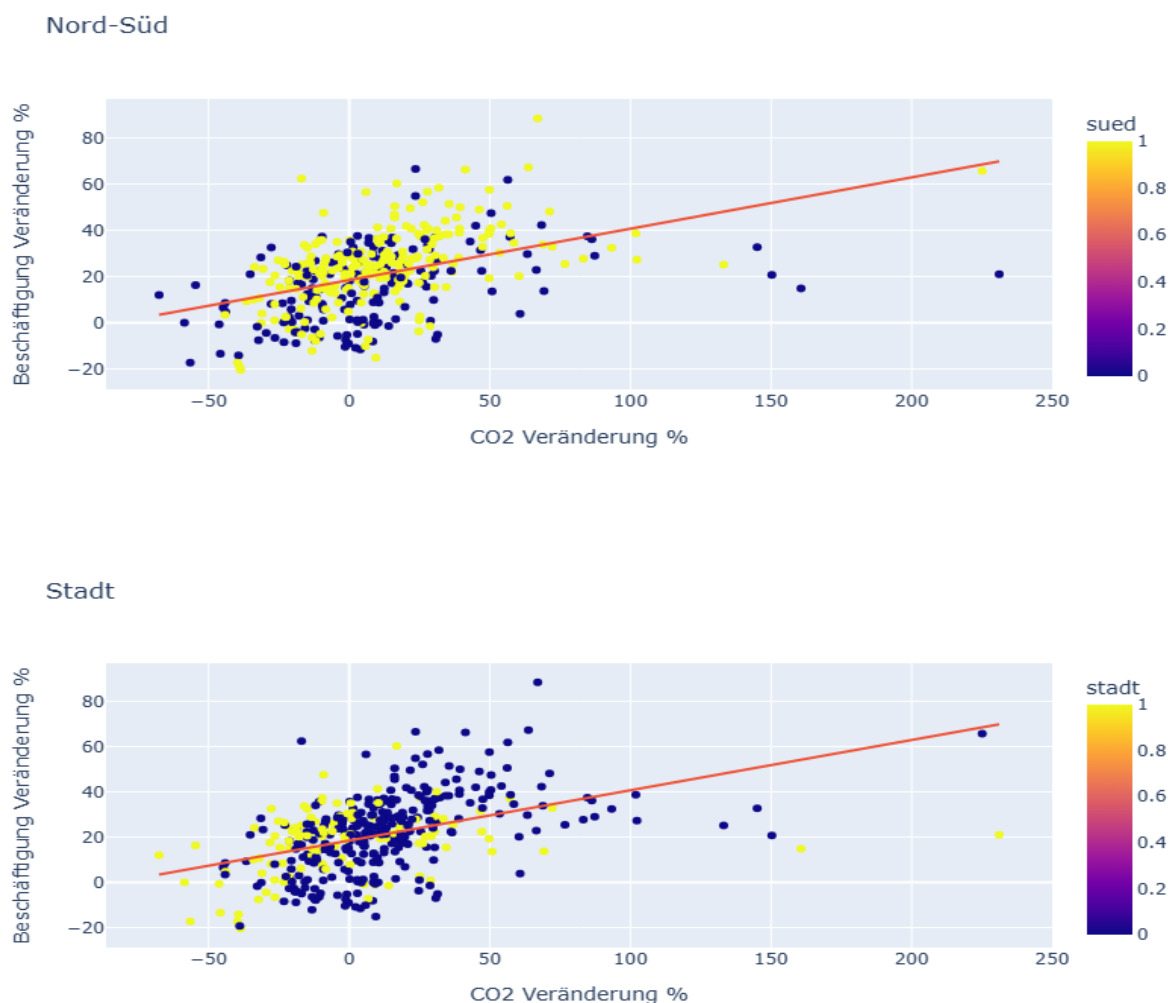


Abbildung 7: Korrelation zwischen CO₂-Veränderungen und Beschäftigungsveränderungen in verschiedenen regionalen Subgruppen

So findet sich in keiner der betrachteten Subgruppen ein systematisch anderer Zusammenhang als im Aggregat, sondern es ergibt sich überall ein ähnliches Bild: Wir finden eine positive Korrelation der Wachstumsraten – sprich: Der Emissionsrückgang ging in Ost wie West, Nord wie Süd sowie in der Stadt wie auf dem Land tendenziell mit einem entsprechenden Beschäftigungsrückgang in der jeweiligen Region einher.

4.4 Fallstudie: Regionen mit erfolgreicher Entkopplung

Auch wenn gemäß den Abbildungen 6a–c auf breiter Front Wirtschaftswachstum und Emissionswachstum Hand in Hand gingen, so gab es doch einzelne Ausreißer, wo ein relativ hohes regionales Wirtschaftswachstum und eine starke Reduktion der CO₂-Emissionen zusammengefallen sind, wo also vergleichsweise gute Erfolge beim Decoupling erzielt werden konnten.

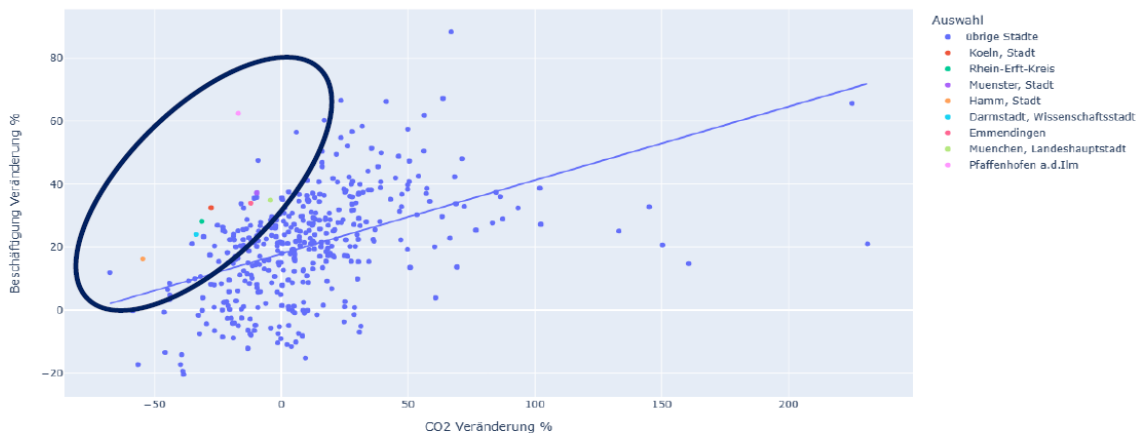


Abbildung 8: Korrelation zwischen CO₂-Veränderungen und Beschäftigungsveränderungen

Diese Ausreißer sind nochmals in Abbildung 8 dargestellt, die ansonsten identisch mit der Abbildung 6a ist. Die eingekreisten Ausreißer, die wir in der Folge näher betrachten, sind die Landkreise bzw. kreisfreien Städte Köln, München, Münster, Hamm, Darmstadt, Emmendingen, Pfaffenhofen a. d. Ilm und der Rhein-Erft-Kreis.

Köln

5315 Köln, Stadt

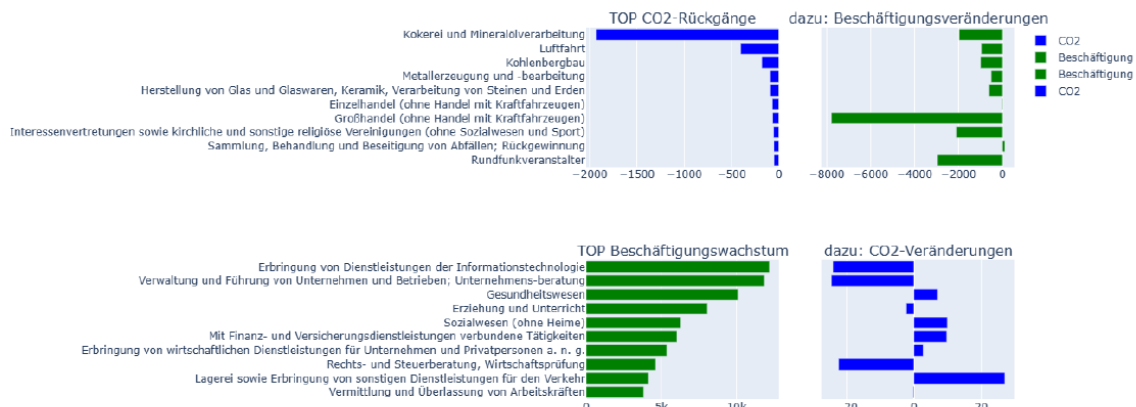


Abbildung 9: Beschäftigungs- und Emissionsveränderungen in Köln

Aus dieser Gruppe greifen wir die Stadt Köln heraus und illustrieren in Abbildung 9 ihr detailliertes Profil des sektoralen Beschäftigungs- und Emissionswachstums. Hierbei ergibt sich ein Muster, das auch für die anderen Ausreißer-Fälle repräsentativ ist.

So gelang die Emissionsreduktion in Köln durch einen spürbaren Beschäftigungsrückgang in sehr emissionsintensiven Industrien (Kokerei und Mineralölverarbeitung), der durch Wachstum in

emissionsarmen Dienstleistungsbranchen entsprechend (über-)kompensiert werden konnte. In Köln waren das konkret die Unternehmensberatungs- sowie die IT-Branche. Im Kleinen ging die Dekarbonisierung also mit einer Deindustrialisierung einher. Für einzelne Städte mag dieser Weg gangbar sein, aber nicht für die gesamte Volkswirtschaft. Denn die nationalen Klimaziele sollen ja nicht dadurch erreicht werden, dass aktuell emissionsintensive Industriezweige einfach aus dem Land verschwinden. Dies würde das globale Klimaproblem nicht lösen, sondern bloß den Wohlstand hierzulande mindern und die Emissionen in andere Teile der Welt verschieben. Ziel der Transformation für Deutschland insgesamt ist deshalb eine Dekarbonisierung bei gleichzeitigem Wachstum des Outputs innerhalb der gegebenen Industriebranchen. Aber dieses Leitbild war auch im Beispiel der Stadt Köln bislang nicht zu verzeichnen.

4.5 Zwischenfazit der vergangenheitsbezogenen Betrachtung

Als wichtiges Zwischenfazit unserer Analyse ergibt sich, dass die Dekarbonisierung der Industrie kein „Selbstläufer“ war, sondern – zumindest bislang – auf regionaler Ebene mit entsprechenden Beschäftigungs- und Wertschöpfungsverlusten einherging. Zwar gibt es einzelne Beispiele von Regionen, wo es gelungen ist, hohes Wirtschaftswachstum mit starker Reduktion von Emissionen zu kombinieren (siehe Abschnitt 4.4.). Aber in der Breite der Wirtschaft war das nicht der Fall, auch nicht in der Breite einzelner Subgruppen von Regionen. Zudem ist zwar im Fall einzelner Städte (wie im Beispiel Köln) Dekarbonisierung durch Deindustrialisierung denkbar – für Deutschland insgesamt ist das aber kein sinnvolles politisches Leitbild.

Nun darf unsere Analyse sicher nicht überinterpretiert werden, denn wir zeigen lediglich die Korrelationen von Emissions- und Wirtschaftswachstum, ohne genauer auf kausale Zusammenhänge eingehen zu können. Dies ist auch dem Umstand geschuldet, dass es unsere Datenbasis nicht erlaubt, CO₂-Emissionen trennscharf einzelnen regionalen Produktionsprozessen zuzuordnen. Trotzdem deutet unsere Analyse auf die Notwendigkeit einer intensiven regional- und industriepolitischen Begleitung der Dekarbonisierung hin, die in den kommenden 20 Jahren zur Erreichung der Klimaziele erforderlich ist. Wo wird der Handlungsbedarf am größten sein? Das ist Gegenstand der zukunftsbezogenen Analyse im nächsten Abschnitt.

5 Zukünftiger regionaler Transformationsdruck

Unsere Analyse war bislang vergangenheitsbezogen: Wie hing im Zeitraum von 2000 bis 2019 regionales Wachstum der CO₂-Emissionen mit regionalem Wirtschaftswachstum zusammen? In diesem Abschnitt führen wir eine komplementäre Analyse durch, die einen Ausblick auf zukünftig zu erwartenden Transformationsdruck gibt.

5.1 Branchen und Regionen mit starkem Dekarbonisierungsbedarf

Ausgangspunkt der Analyse ist der Stand des Decoupling in unterschiedlichen Wirtschaftszweigen. Wie in den Tabellen 1 und 2 angedeutet, weisen unterschiedliche Wirtschaftszweige sehr unterschiedliche Dynamiken bei ihren Pro-Kopf-Emissionen auf. Während einige, wie die Pharmabranche, beim Abbau der CO₂-Emissionen pro Arbeitsplatz bereits recht erfolgreich waren, hängen andere (wie z. B. die Holzbranche) noch weit hinterher. Diese „Problem-Branchen“ haben somit noch weitaus größeren Handlungsbedarf im Bereich der Dekarbonisierung, wenn sie im Zuge der Transformation am Standort Deutschland verbleiben.

Dieser sektorale Transformationsdruck übersetzt sich in regionalen Transformationsdruck, je nach der räumlichen Verteilung der Branchen und den entsprechenden regionalen Spezialisierungsmustern. Die Landkarten in den Abbildungen 10a+b illustrieren die regionalen Beschäftigungsanteile von „Problem-Branchen“. Dabei fokussiert sich Abbildung 10a auf die fünf Branchen mit dem höchsten Wachstum der Pro-Kopf-Emissionen (dunkel hinterlegt in Tabelle 1), während Abbildung 10b die kombinierten Beschäftigungsanteile aller Branchen mit positivem Wachstum der Pro-Kopf-Emissionen illustriert (alle Branchen aus Tabelle 1).

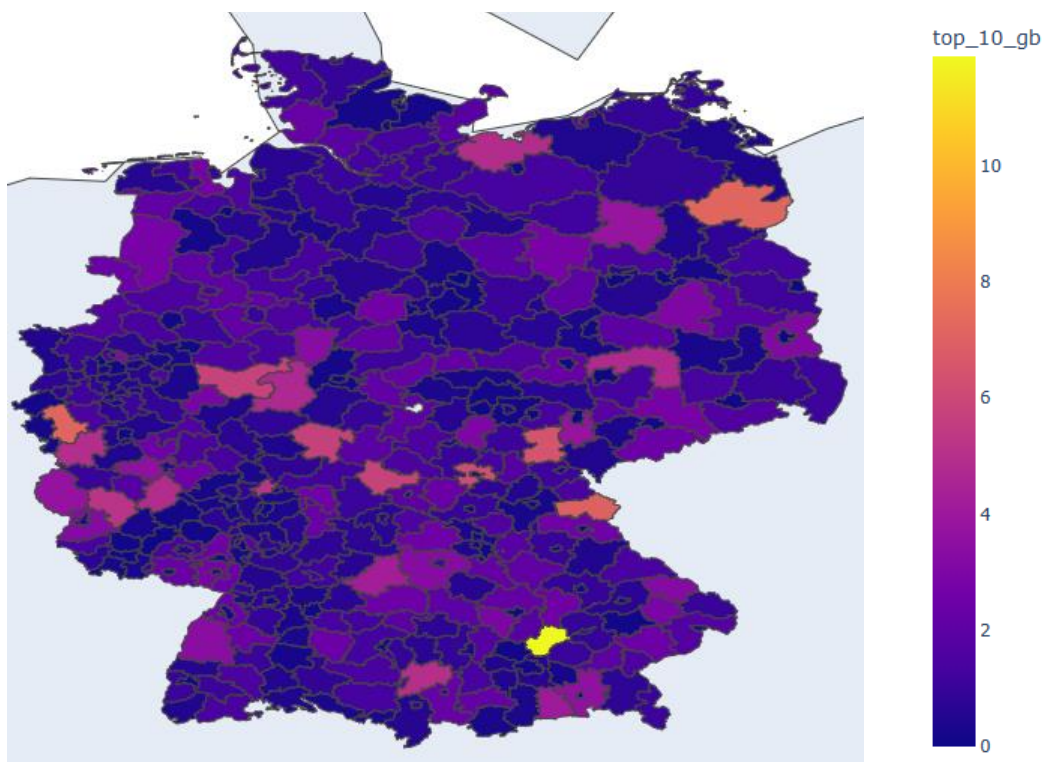


Abbildung 10a: Beschäftigungsanteil in WZ-Sektoren mit 10 % größten CO₂-Pro-FTE-Wachstum

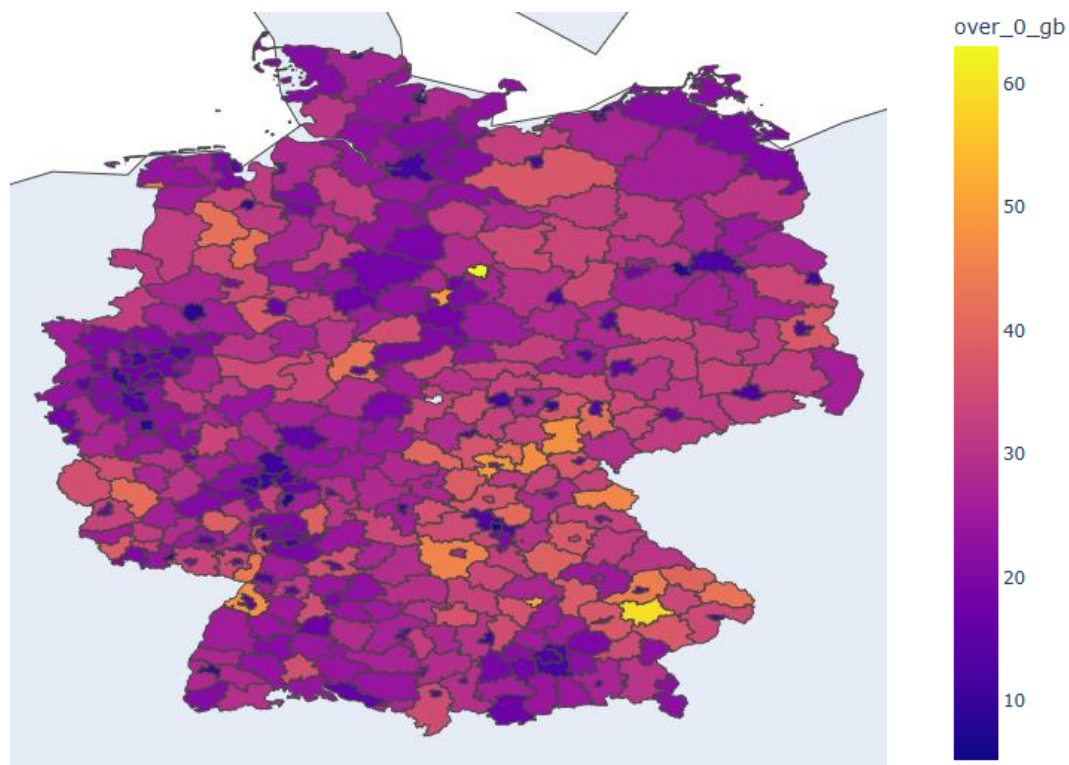


Abbildung 10b: Beschäftigungsanteil in WZ-Sektoren mit positivem CO₂-Pro-FTE-Wachstum

Es zeigen sich einige markante Fälle von Regionen mit hoher lokaler Konzentration von „Problem-Branchen“, so etwa Freising (Luftverkehr wegen Flughafen München), Tirschenreuth und Düren (Papierindustrie), Hochsauerlandkreis (Holzproduktion), Kreis Uckermark (Mineralölverarbeitung), Duisburg (Metallerzeugung, Verkehr), Saale-Orla-Kreis (Landwirtschaft und Holz), Rhein-Pfalz-Kreis (Landwirtschaft) oder auch die Automobilregionen Wolfsburg und Dingolfing-Landau.

Diese Regionen könnten aufgrund ihrer Spezialisierungsmuster zukünftig dem größten „Transformationsstress“ ausgesetzt sein. Eine deutliche Überlappung mit der Fördergebietskulisse der GRW (siehe Abb. 12) ist dabei nicht zu erkennen.

5.2 Branchen und Regionen mit bereits starkem Decoupling

Spiegelbildlich gibt es jene Branchen, die bereits vergleichsweise gute Erfolge beim Decoupling vorzuweisen haben, also einen Rückgang der Pro-Kopf-Emissionen verzeichnen konnten. Diese Branchen sind in Tabelle 2 zusammengefasst, und Abbildung 11 zeigt die kombinierten regionalen Beschäftigungsanteile.

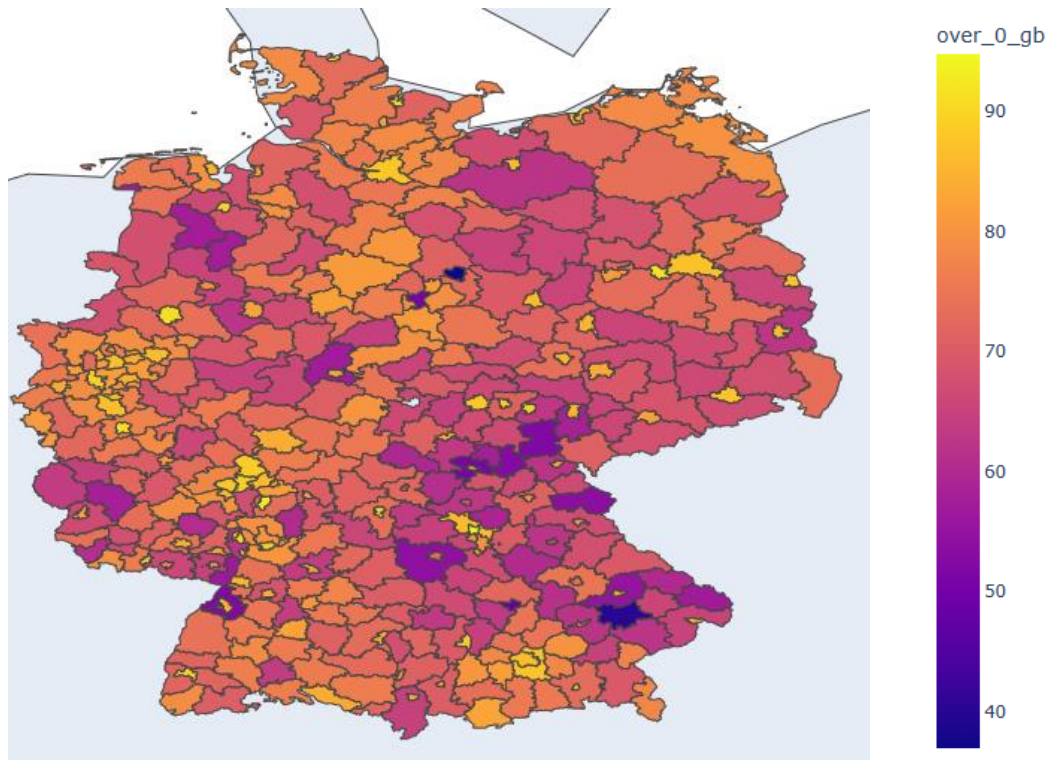


Abbildung 11: Beschäftigungsanteil in WZ-Sektoren mit CO₂-Pro-FTE-Rückgang

Auffällig sind hierbei insbesondere Städte mit großen lokalen Dienstleistungssektoren (z. B. Düsseldorf, München, Berlin) sowie Universitätsstädte (z. B. Münster, Bonn, Oldenburg, Freiburg). Diese lokalen Spezialisierungsmuster deuten darauf hin, dass der künftige „Transformationsstress“ hier entsprechend geringer ausfallen könnte.

Allerdings bietet das nur ein begrenztes Leitbild für die heutigen Industrieregionen mit einer hohen lokalen Konzentration von „Problem-Branchen“ (Abb. 10a+b) oder für die Volkswirtschaft insgesamt. Denn es ist kaum vorstellbar, dass alle Regionen einfach das Spezialisierungsmuster von Groß- und Universitätsstädten übernehmen.

6 Fazit und Politikempfehlungen

Deutschland steht vor der großen Herausforderung der Dekarbonisierung. Hierbei geht es einerseits um die Erreichung der selbst gesteckten Klimaziele (Netto-Null bis 2045), um der globalen Herausforderung des menschengemachten Klimawandels Einhalt zu gebieten. Andererseits ist die Dekarbonisierung ein zentraler Wirtschaftsfaktor geworden, insbesondere für das produzierende Gewerbe. Schon mittelfristig werden sich nur noch nachhaltige und klimaneutrale Produkte am Markt behaupten können. Auf globaler Ebene ist mittlerweile ein Rennen um die Technologie- und Marktführerschaft bei „grünen“ Geschäftsmodellen in Gang gekommen, in vielen Fällen begleitet durch dezidierte Subventionen und Ansiedlungsanreize für die entsprechenden Unternehmen. Hierdurch werden schon heute die Weichen im Hinblick auf die zukünftige Verteilung von Wohlstand und Wachstumschancen gestellt.

Vor diesem Hintergrund hat die Industrie am Standort Deutschland nur eine Zukunft, wenn sie die Transformation hin zu klimaneutralen Produktionsweisen erfolgreich gestaltet. Im Idealfall vollzieht sie diesen Prozess schneller und gründlicher als andere Länder, denn eine Vorreiterrolle bei der Entwicklung und Anwendung neuer Technologien markiert die Marktposition in zukunftsträchtigen Wirtschaftsbereichen und verspricht dadurch handfeste ökonomische Vorteile. Gleichwohl ist die Dekarbonisierung des produzierenden Gewerbes ein anstrengender und zunächst kostenträchtiger Prozess. Hier sind im großen Stil Investitionen erforderlich, die zunächst einen „braunen“ durch einen „grünen“ Kapitalstock ersetzen müssen, bevor sie durch Skalierung und Ausbau der globalen Marktposition wirtschaftliches Wachstum generieren. Die Transformation erfordert deshalb einen langen Atem.

6.1 Zusammenfassung der Kernergebnisse

Diese Studie hat zunächst aufgezeigt, dass einige Industriezweige auf dem Weg zur Dekarbonisierung schon wesentlich weiter sind als andere. So ist z. B. in der Pharmabranche schon ein beachtliches Decoupling gelungen, in dem Sinne, dass die wirtschaftliche Aktivität dieser Branche (gemessen an der Beschäftigung) deutlich zugelegt hat, während die absoluten CO₂-Emissionen spürbar gesunken sind. In anderen Fällen war das Gegenteil der Fall, z. B. in der Holzbranche. Die Beschäftigung in dieser Branche ist tendenziell gesunken, die gesamten Emissionen sind aber trotzdem gestiegen. Somit steht dieser Branche, sollte sie im Zuge der Transformation am Standort Deutschland verbleiben, noch ein wesentlich weiterer und anspruchsvollerer Weg bei der Dekarbonisierung bevor.

Das Kernanliegen dieser Studie besteht darin, aufzuzeigen, wie sich diese sektoralen Muster im Raum auf die deutschen Landkreise verteilen. Hierfür wenden wir das in der Literatur etablierte Shift-Share-Verfahren an und verteilen anhand regionaler Beschäftigungsanteile sektorale CO₂-Emissionsprofile auf die einzelnen deutschen Landkreise. Diese Analyse erlaubt einen kleinräumigen und dadurch neuartigen Blick auf zwei zentrale Fragen.

Zunächst können wir vergangenheitsbezogen regionale Emissionsprofile quantifizieren: Welche Landkreise konnten seit 2000, gegeben ihre sektoralen Spezialisierungsmuster, die lokalen CO₂-Emissionen bereits reduzieren bzw. wo ist dies noch nicht gelungen? Dieses Wachstum der regionalen Emissionen korrelieren wir mit Standardmaßen des Wirtschaftswachstums (z. B. Beschäftigung bzw. regionales Bruttoinlandsprodukt) und zeigen auf, dass bislang ein positiver statistischer Zusammenhang zwischen diesen Wachstumsraten bestanden hat.

Mit anderen Worten: Bislang gingen Reduktionen der regionalen Emissionen tendenziell mit einem Beschäftigungs- und Wachstumsverlust einher. So konnte z. B. das Ruhrgebiet starke Erfolge bei der Dekarbonisierung feiern. Dies gelang aber vor allem deshalb, weil sehr emissionsintensive Industriezweige (z. B. Kohlenbergbau und Stahlproduktion) in der Region entsprechend stark geschrumpft sind. Dieses Profil entspricht nicht der politischen und gesellschaftlichen Zielvorstellung. Danach soll die Transformation ja so gelingen, dass eine Dekarbonisierung der Produktion ohne Einbußen bzw. im Idealfall sogar mit Zuwächsen bei Output und Beschäftigung einhergeht,

etwa weil deutsche Unternehmen durch entsprechende Investitionen in neue Technologien ihre globale Marktposition markieren und als „First Mover“ an der Transformation verdienen.

In der Breite der deutschen Regionen ist dieser wünschenswerte Transformationspfad indes noch nicht festzustellen, auch nicht in einzelnen Untergruppen von Regionen. Diese nüchterne Bilanz stellt nicht die durchaus vorzeigbaren Erfolge infrage, die Deutschland als Ganzes im Bereich der Dekarbonisierung vorzuweisen hat. So sind die Gesamtemissionen des produzierenden Gewerbes seit 2000 relativ konstant geblieben, während die Wirtschaftstätigkeit insgesamt deutlich zugelegt hat. In einem makroökonomischen Sinne hatte Deutschland somit Erfolge beim Decoupling, weil die CO₂-Intensität des Wirtschaftswachstums bereits spürbar gesunken ist.

Gleichzeitig macht der erste Teil unserer Analyse aber deutlich, dass der Prozess der Dekarbonisierung in einem wirtschaftsgeografischen Sinne anstrengend für die deutschen Landkreise wird und deshalb eine intensive regionalpolitische Begleitung erfordert. Denn bislang war die Transformation für die Regionen kein „Selbstläufer“: Die Landkreise mit den besten Dekarbonisierungserfolgen hatten bislang nicht das höchste Wirtschaftswachstum vorzuweisen. Das Gegenteil war der Fall.

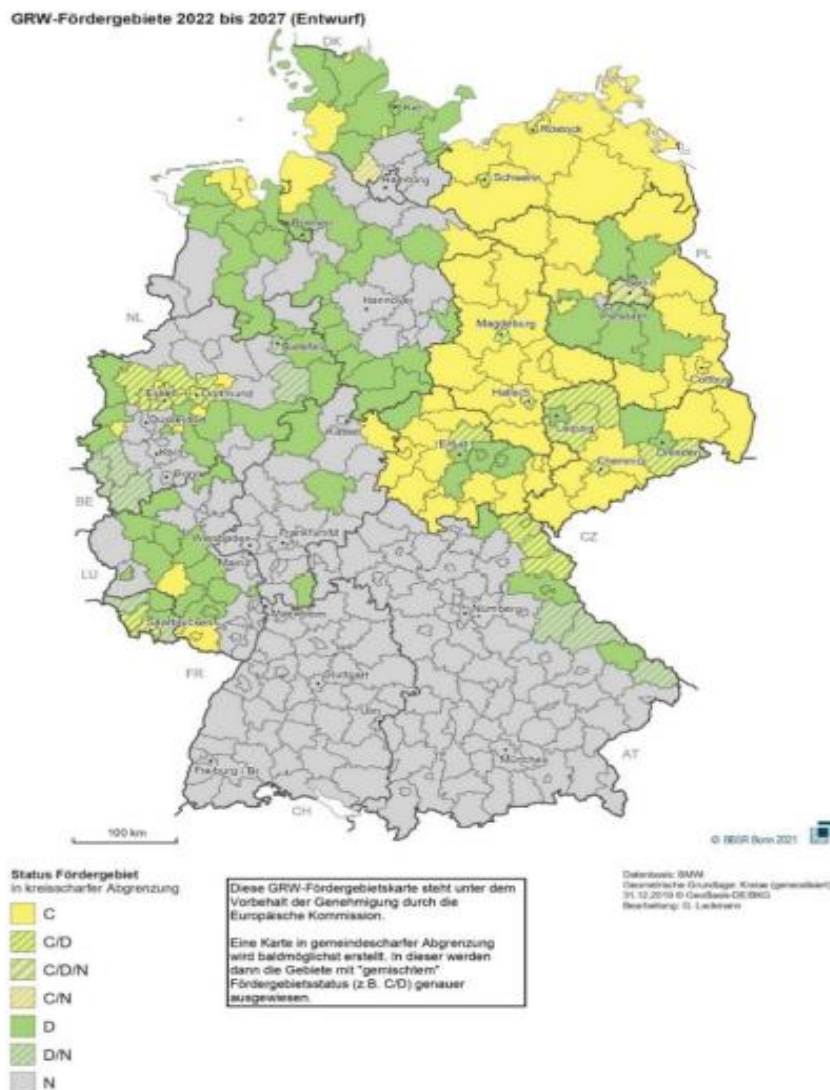


Abbildung 12: Aktuelle GRW-Fördergebietskulisse

In einem zweiten Analyseschritt nehmen wir eine zukunftsbezogene Perspektive ein und quantifizieren den künftig zu erwartenden regionalen „Transformationsstress“. Solcher Stress ist insbesondere dort zu erwarten, wo die gegenwärtige Wirtschaftsstruktur eine hohe lokale Konzentration solcher Branchen aufweist, die bislang beim Decoupling noch hinterherhinken. Das bedeutet, dass hier noch ein weiterer (und mutmaßlich schmerzhafterer) Weg zu beschreiten ist, wenn diese Wirtschaftszweige ihre Produktion vor Ort dekarbonisieren sollen, ohne dass sie sich im Zuge der Transformation an andere Standorte (ggf. außerhalb Deutschlands) verlagern. Beispiele für solche Regionen mit starken zu erwartenden Herausforderungen sind etwa Freising (Luftverkehr wegen Flughafen München), Tirschenreuth und Düren (Papierindustrie), Hochsauerlandkreis (Holzproduktion), Kreis Uckermark (Mineralölverarbeitung), Duisburg (Metallerzeugung, Verkehr), Saale-Orla-Kreis (Landwirtschaft und Holz), Rhein-Pfalz-Kreis (Landwirtschaft) oder auch die Automobilregionen Wolfsburg und Dingolfing-Landau.

Viele dieser in den Abbildungen 10a+b kartografierten Regionen liegen außerhalb der in Abbildung 12 dargestellten GRW-Fördergebietskulisse. Diese Landkreise sind daher im Rahmen des zentralen regionalpolitischen Instrumentariums der Bundesrepublik Deutschland prinzipiell nicht förderfähig. Die entsprechenden regionalpolitischen Herausforderungen und Vorschläge für mögliche Reformen thematisieren wir in Abschnitt 6.2.

Geringer dürfte der „Transformationsstress“ in solchen Regionen werden, die eine starke lokale Konzentration von Branchen aufweisen, die weniger emissionsintensiv sind bzw. denen in der Vergangenheit bereits ein stärkeres sektorales Decoupling von Wirtschaftstätigkeit und Emissionen gelungen ist. Dies trifft, wie in Abbildung 11 dargestellt, insbesondere für Metropolen mit großen lokalen Dienstleistungssektoren (z. B. Düsseldorf, München, Berlin) sowie für Universitätsstädte (z. B. Münster, Bonn, Oldenburg, Freiburg) zu. Als Beispiel haben wir die Stadt Köln herausgegriffen. Dort gelang eine Emissionsreduktion durch einen spürbaren Beschäftigungsrückgang in sehr emissionsintensiven Industrien (Kokerei und Mineralölverarbeitung). Diese Beschäftigungsverluste wurden aber durch Wachstum in emissionsarmen Dienstleistungsbranchen wie IT oder Unternehmensberatung entsprechend (über-)kompensiert.

In Köln gelang die Dekarbonisierung also gewissermaßen durch Deindustrialisierung. Dieses Prinzip ist für die Volkswirtschaft als Ganzes aber schwerlich anwendbar. Zwar ist „Tertiarisierung“ – also ein Beschäftigungsrückgang im Industriesektor bei gleichzeitigem Wachstum des Dienstleistungssektors – ein normales Kennzeichen des Strukturwandels in entwickelten Ländern. Aber eine beschleunigte Deindustrialisierung ist politisch wie ökonomisch kein probates Mittel zur Erreichung der nationalen Klimaziele. Diese sollen ja nicht dadurch erreicht werden, dass die „Problem-Branchen“ einfach aus dem Land verschwinden. Dies würde das globale Klimaproblem nicht lösen, sondern bloß den Wohlstand hierzulande mindern und die Emissionen in andere Teile der Welt verschieben. Ziel der Transformation für Deutschland ist vielmehr eine Dekarbonisierung bei gleichzeitigem Wachstum des Outputs innerhalb der gegebenen Industriebranchen. Dieses Leitbild verlangt eine ganz andere wirtschafts- und regionalpolitische Begleitung, auf die wir nun eingehen werden.

6.2 Wirtschaftspolitische Implikationen

Um den gewünschten Pfad der Dekarbonisierung zu erreichen, der gleichzeitig ein Wachstum des Outputs und der Beschäftigung generiert, sind massive Investitionen in neue Technologien und eine entsprechende Transformation der jeweiligen Produktionsprozesse in den einzelnen Branchen erforderlich. Diese Aufgabe stellt sich natürlich zuallererst für die Unternehmen und ihre private Investitionstätigkeit. Aber eine wirtschaftspolitische Begleitung und eine öffentliche Kofinanzierung von privaten Investitionen durch entsprechende öffentliche Förderprogramme werden dabei unabdingbar sein.

So gehen Pisani-Ferry und Mahfouz (2022) davon aus, dass rund die Hälfte des gesamtstaatlichen Investitionsbedarfs für die Klimatransformation bei der öffentlichen Hand anfallen wird. Dieser Betrag setzt sich zusammen aus klassischen öffentlichen Investitionen in eine klimagerechte Infrastruktur. Diese machen insgesamt aber nur den kleineren Anteil aus. Weitaus bedeutsamer sind

die besagten Förderinstrumente für Forschung und Entwicklung sowie zur Beschleunigung privater Investitionen. Dies wird die öffentlichen Haushalte vor große fiskalpolitische Herausforderungen stellen, um die erforderlichen Finanzbedarfe darzustellen und in effizienten und zielgenauen Maßnahmen zu realisieren. Diese Debatte betrifft auch etwaige Reformen der nationalen und europäischen Fiskalregeln (darunter die deutsche Schuldenbremse), auf die hier aber nicht näher eingegangen wird.

Aus einer regionalpolitischen Perspektive stellt sich als erstes Grundproblem, dass ein hoher Investitions- und damit Unterstützungsbedarf auch in solchen Regionen anfallen wird, die sich außerhalb der Fördergebietskulisse der GRW befinden. Damit kann eine entsprechende Regionalförderung unter dem Dach der GRW derzeit nicht erfolgen.

Das zweite Grundproblem besteht darin, dass die Förderung der privaten Investitionen einen *proaktiven* Ansatz in der Regionalpolitik verlangt. Typischerweise agiert Regionalpolitik reaktiv und wird in solchen Regionen aktiv, die entweder im Hinblick auf ihre ökonomischen Kennzahlen weit unterhalb des nationalen Durchschnitts liegen oder die in der Vergangenheit herbe Strukturbrüche zu erleiden hatten. Bildlich gesprochen wird Regionalpolitik also typischerweise erst dann aktiv, wenn „das Kind bereits in den Brunnen gefallen ist“. Sie versucht dann, lokale Strukturen zu reparieren und eine weitere Erosion zu verhindern. Im Bereich der Dekarbonisierung erscheint aber ein *proaktiver* Ansatz zielführender zu sein, der die Regionen bei den erforderlichen Investitionen unterstützt und auf diese Weise dazu beiträgt, dass die Transformation ohne Beschäftigungs- und Wachstumseinbußen gelingt. Hierfür ist die GRW derzeit nicht ausgerichtet. Viele Regionen mit einem hohen lokalen Beschäftigungsanteil in „Problem-Branchen“ werden absehbar vor großen Herausforderungen stehen, um ihren lokalen Industriebestand bei der Dekarbonisierung zu unterstützen. Aber aktuell stehen viele dieser Regionen mit ihren ökonomischen Kennziffern gut dar und klassifizieren sich deshalb nicht für eine Regionalförderung.

Es sind zwei grundsätzliche Wege denkbar, um diese Probleme zu adressieren:

- 1) eine Reform der GRW, um die Möglichkeit zu schaffen, dass sie auch proaktiv und außerhalb der aktuellen Fördergebietskulisse tätig werden kann
- 2) die Entwicklung eines neuen Förderinstrumentariums mit proaktiven Elementen und flexibler Gebietskulisse

Für Option 1 spricht, dass die GRW eine administrativ gut eingespielte Förderpraxis darstellt, auch hinsichtlich der hälftigen Aufteilung der Finanzierung zwischen Bund und Ländern, die insbesondere direkte Investitionskostenzuschüsse für Unternehmen erlaubt. Dies ist in anderen Förderprogrammen beihilferechtlich oftmals nicht möglich. Hier beschränkt sich die öffentliche Förderung auf Infrastrukturinvestitionen, die zwar wichtig sind, im Zuge der Transformation aber nicht ausreichen.

Gegen Option 1 spricht, dass eine Reform bzw. Ausweitung der GRW absehbar Verteilungsdebatten nach sich ziehen wird. Ein verstärkt proaktiver Mitteleinsatz in aktuell starken Regionen kann eine entsprechende Reduktion in den klassischen Fördergebieten bedeuten, die von diesen nur schwerlich akzeptiert werden dürfte. Dieses Verteilungsproblem ließe sich nur durch einen

Mittelaufwuchs bei der GRW entschärfen, um die neuen Aufgabengebiete finanziell darstellen zu können. In Zeiten (künstlich) knapper Budgets ist eine solche Ausweitung aber kurzfristig kaum realistisch.

Mit dieser Schwierigkeit hätte indes auch ein ganz neues Förderinstrumentarium (Option 2) zu kämpfen. Die Finanzierung müsste sichergestellt werden und dürfte nicht zulasten etablierter Instrumente gehen. Zudem müssten die beihilferechtlichen und politischen Vorzüge der GRW auf dieses hypothetische neue Instrument übertragen werden, was in der Praxis auf erhebliche Schwierigkeiten stoßen dürfte.

Unabhängig davon, welche Option die Politik schlussendlich wählt, muss die grundsätzliche Ausrichtung einer proaktiven Regionalpolitik bzw. regionalen Industriepolitik geklärt werden. Unsere Analyse macht deutlich, dass ein sektoraler Fokus am Anfang stehen muss: Erforderlich sind die Entwicklung und die breite Anwendung neuer Technologien zur Dekarbonisierung der Produktion in den jeweiligen Industriezweigen, insbesondere in den „Problem-Branchen“, aber auch darüber hinaus. Die hierfür notwendigen privaten Investitionen müssen entsprechend (industrie-)politisch begleitet und gefördert werden. In einem zweiten Schritt geht es dann um die regionalpolitische Dimension, konkret um die Diffusion dieser technologischen Innovationen im Raum, damit sie auch in kleineren Regionen und in KMUs zur Anwendung kommen können.

Als Vorbild für diese proaktive Industrie- und Regionalpolitik kann das Transfergesamtkonzept für die Automobilindustrie dienen, das 2021 im Zuge des „Zukunftsfonds Automobilindustrie“ mit zunächst 340 Millionen Euro von der Bundesregierung gefördert wurde.¹⁰ In diesem Konzept sind zunächst technologiezentrierte „Transformationshubs“ vorgesehen, die Ergebnisse aus der Grundlagenforschung in anwendbare Geschäftsmodelle für die Branche übertragen sollen. Das zweite Element sind regionale Transformationsnetzwerke, in denen die technologischen Entwicklungen aus den Hubs in die Regionen getragen und dort insbesondere in KMUs zur Anwendung gebracht werden sollen. Diese Matrixstruktur aus Technologie-Hubs und regionalen Netzwerken scheint auch über die Automobilindustrie hinaus ein gutes Konzept zu sein. Das Instrument ist proaktiv angelegt und folgt keiner regionalen Förderkulisse. Prinzipiell sind Netzwerke in allen deutschen Regionen förderfähig, bzw. die tatsächlich geförderten knapp 30 Netzwerke repräsentieren Automobilcluster aus dem gesamten Bundesgebiet. Ungeklärt sind allerdings die längerfristige Finanzierung des Transfergesamtkonzepts sowie die beihilferechtliche Problematik, dass eine Einzelförderung von Unternehmen nicht vorgesehen ist.¹¹

Dieser Aspekt spräche dafür, die existierenden Potenziale der GRW zu nutzen und dieses zentrale Instrument der deutschen Regionalpolitik auszuweiten – zu einem Gesamtkonzept für regionale Industriepolitik, proaktiv ausgestaltet und über die aktuelle Fördergebietskulisse hinaus. Eine Möglichkeit bestünde darin, neben der etablierten GRW eine weitere Säule („GRW green“ oder

¹⁰ Siehe hierzu: <https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/bericht-des-expertenausschuss-zum-zukunftsfonds-automobilindustrie-forderschwerpunkte-fur-den-weg-in-die-mobilitat-der-zukunft.html>

¹¹ Das gleiche Problem mit der betrieblichen Einzelförderung betrifft übrigens auch andere Beispiele von proaktiver Regionalpolitik, wie etwa das Strukturstärkungsgesetz für die deutschen Braunkohlereviere.

„GRW flex“) aufzubauen, die sich dezidiert mit transformativen Investitionen zum Zwecke der Dekarbonisierung befasst und damit überall im Bundesgebiet zum Einsatz kommen darf. Ein solches Instrument könnte einen enormen Beitrag leisten, damit die deutsche Volkswirtschaft die enormen Herausforderungen der Dekarbonisierung meistert und mittelfristig von dieser Transformation wirtschaftlich profitiert.

Executive Summary

If Germany wants to become climate-neutral by 2045, this will imply considerable economic structural change. All sectors of the economy are challenged to establish climate-neutral production processes. An analysis of regional carbon emissions, carried out for the first time at the level of districts and independent cities, shows that the decarbonization progress of production made to date has varied largely depending on the spatial economic structure. The green transformation therefore has the potential to increase regional economic disparities in Germany.

The analysis shows that the production-related carbon emissions of companies outside the energy sector have remained more or less constant between 2000 and 2019. In contrast, total production of these economic sectors increased over time. Although the overall emission intensity has thus fallen, it was not enough to reduce production-related carbon emissions. As a consequence, only a relative decoupling took place in Germany.

The various economic sectors show considerable differences in the development of emission intensities. On the one hand, some sectors, for example, the manufacture of pharmaceutical or chemical products and energy supply were able to significantly reduce this intensity. On the other hand, there are also a number of branches whose emission intensity increased. This includes shipping and aviation, coking and oil refining, the manufacture of wood, basket and cork products, the manufacture of paper and cardboard, transport and storage as well as metal production and metal processing. In these sectors, emissions intensities have developed in the wrong direction, meaning that they can be classified as "problematic sectors".

Accordingly, the development of regional carbon emissions was heterogeneous between 2000 and 2019. Regions that were able to achieve green growth (i.e. rising gross domestic product with simultaneously falling emissions) include Cologne, Munich, Münster, Hamm, Darmstadt, Emmendingen and the Rhine-Erft district. These regions have in common that they cut back on emissions-intensive sectors and instead increased economic performance and employment in less intensive service sectors. This strategy may be a viable approach for individual regions. However, this does not apply to the entire German economy, because it would result in widespread deindustrialization.

In contrast to successful regions, there are areas that recorded a significant increase in their carbon emissions in the period under review. This involves regions with a high concentration of "problem industries". Examples are Freising (air traffic due to Munich Airport), Tirschenreuth and Düren (paper industry), the Hochsauerland district (wood production), Duisburg (metal production and transport), the Saale-Orla district (agriculture and wood), the Rhein-Pfalz district (agriculture) and the regions of Wolfsburg and Dingolfing-Landau with large automotive sectors.

The fact that industry-related emissions in Germany remained more or less constant between 2000 and 2019 shows that there is still a long way to go to achieve a climate-neutral economy. Massive investment in climate-friendly technologies and products is required to achieve this goal – a task that primarily concerns companies. However, economic policy support and public co-financing of

private investments through appropriate public funding programs will be indispensable. Unfortunately, the current approach of regional policy can meet these challenges only to a limited extent.

Today, the central regional policy instrument in Germany, GRW (in German: “Gemeinschaftsaufgabe Verbesserung der regionalen Wirtschaftsstruktur”), is dedicated to those regions that are structurally weak and lagging behind. However, many of the regions that will have problems in the future due to their high share of emissions-intensive sectors are located outside the areas supported by the GRW. Therefore, future regional policy would have to take a more proactive approach in order to support these regions.

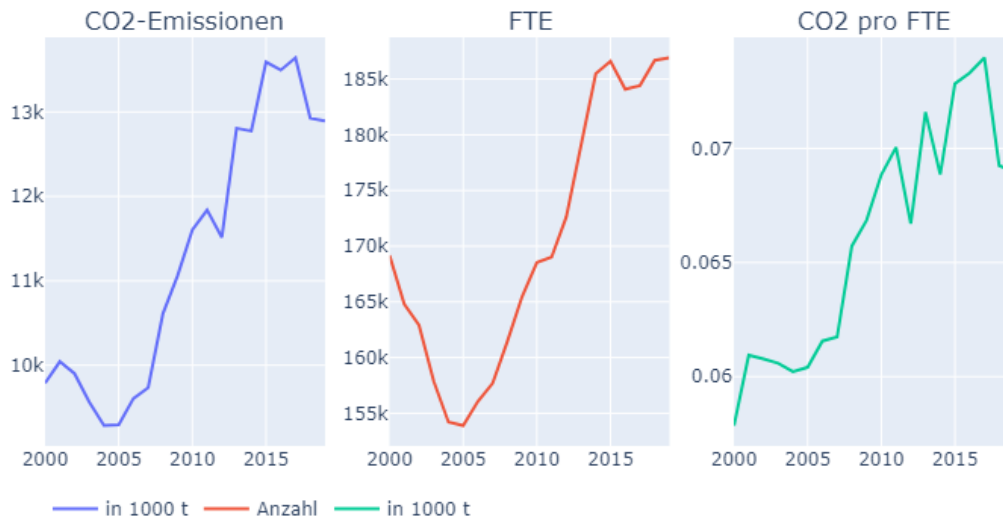
Literatur

- Autor, D., D. Dorn, G. Hanson (2013). The China Syndrome: Local Labor Market Effects of Import Competition in the United States. *American Economic Review* 103(6): 2121–2168.
- Dauth, W., S. Findeisen, J. Suedekum (2014). The Rise of the East and the Far East: German Labor Markets and Trade Integration. *Journal of the European Economic Association* 12(6): 1643–1675.
- Dauth, W., S. Findeisen, J. Suedekum (2017). Trade and Manufacturing Jobs in Germany. *American Economic Review* 107(5): 337–342.
- Dauth, W., S. Findeisen, E. Moretti, J. Suedekum (2022). Matching in Cities. *Journal of the European Economic Association* 20(4): 1478–1521.
- Firgo, M., P. Mayerhofer, M. Peneder, P. Piribauer, P. Reschenhofer (2018). Beschäftigungseffekte der Digitalisierung in den Bundesländern sowie in Stadt und Land. Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung (WIFO), Wien.
- Maucorps, M., R. Römisch, T. Schwab, N. Vujanovic (2022). The Future of EU Cohesion – Effects of the Twin Transition on Disparities across European Regions. Bertelsmann Stiftung, Gütersloh. Siehe: <https://www.bertelsmann-stiftung.de/en/publications/publication/did/the-future-of-eu-cohesion> (letzter Aufruf: 23.2.2024).
- Pisani-Ferry J., S. Mahfouz (2022). L'action climatique : un enjeu macroéconomique. *La Note d'analyse* No. 114, France Stratégie. Siehe: <https://www.strategie.gouv.fr/publications/laction-climatique-un-enjeu-macroeconomique> (letzter Aufruf: 23.2.2024).
- Rodríguez-Pose, A., F. Bartalucci (2023). The green transition and its potential territorial discontents. *Cambridge Journal of Regions, Economy and Society* rsad039, <https://doi.org/10.1093/cjres/rsad039> (letzter Aufruf: 23.2.2024).
- Többen, J., M. Banning, K. Hembach-Stunden, B. Stöver, P. Ulrich, T. Schwab (2023). Energising EU Cohesion: Powering up lagging regions in the renewable energy transition, MPRA Paper 119374, GWS - The Institute of Economic Structures Research / Bertelsmann Stiftung, Gütersloh.

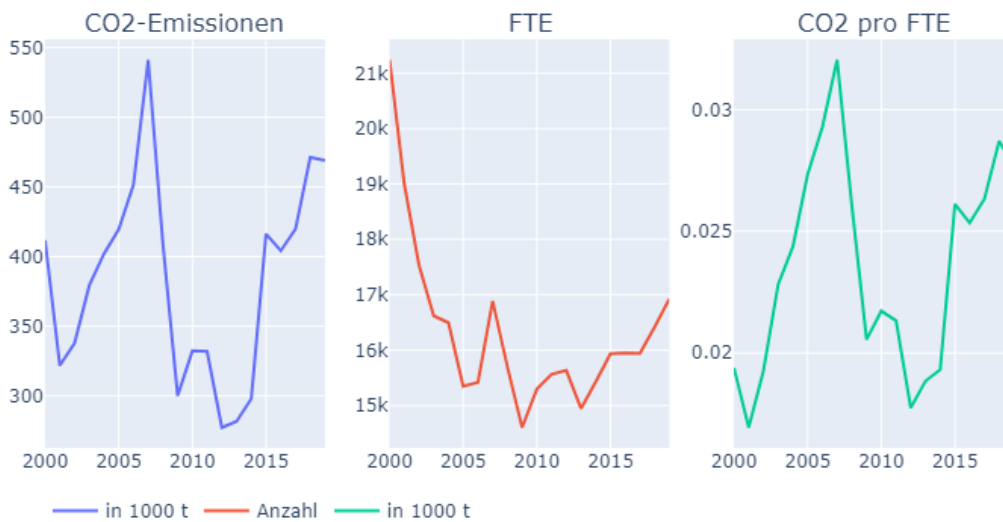
Anhang

A1) Sektorale Beschäftigung, Gesamtemissionen und Pro-Kopf-Emissionen im Zeitablauf

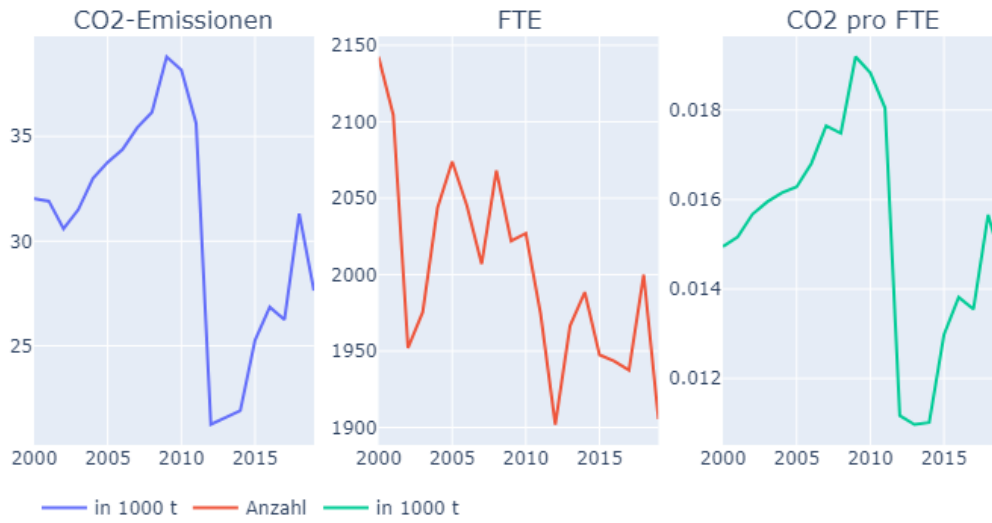
01 Landwirtschaft u. Jagd



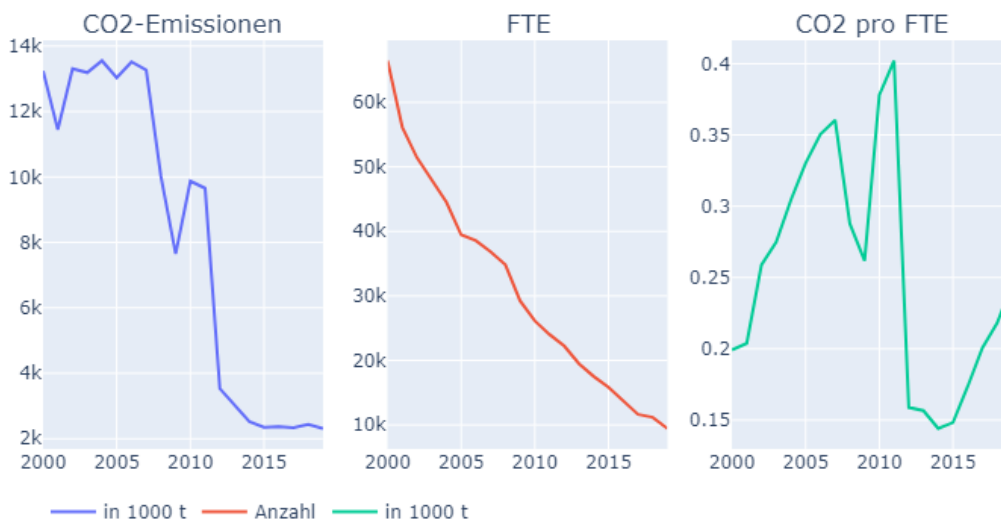
02 Forstwirtschaft u. Holzeinschlag



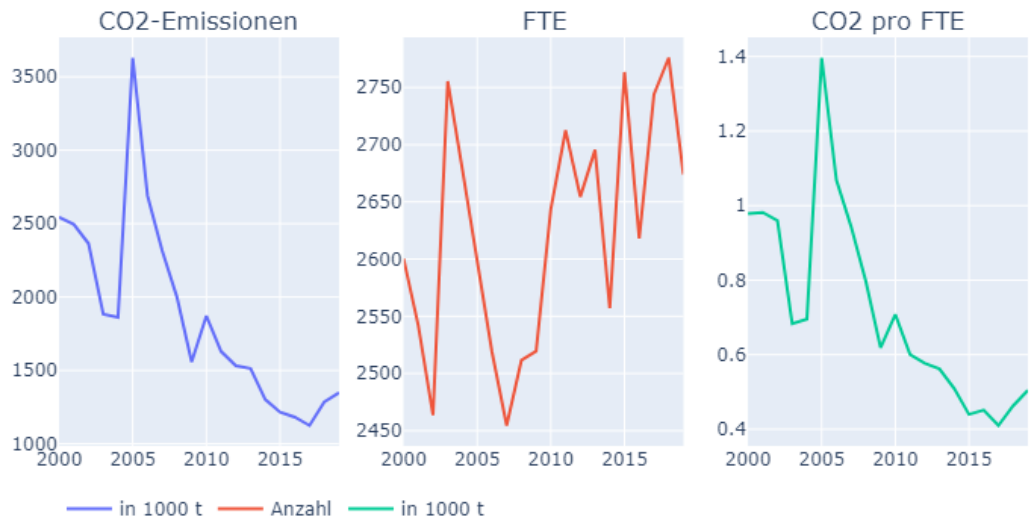
03 Fischerei- u. Aquakultur



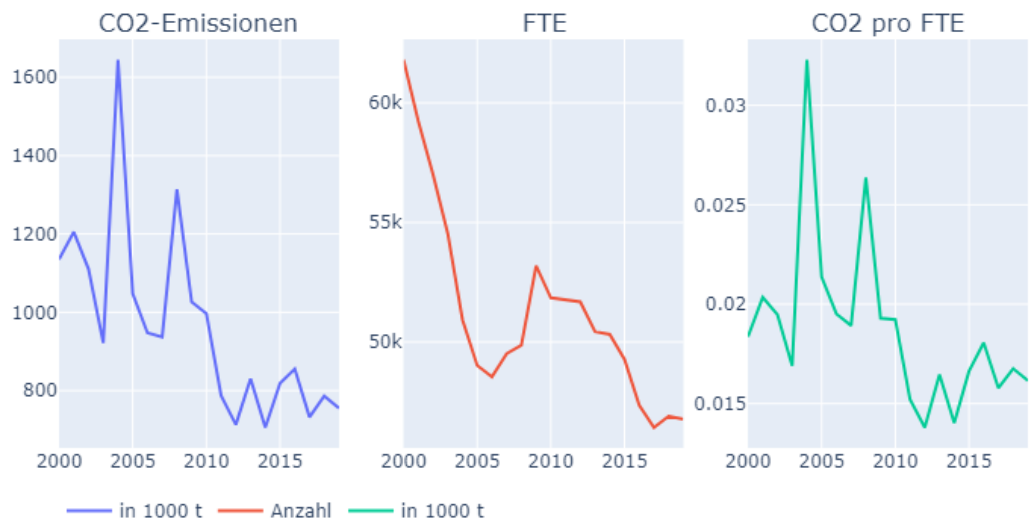
05 Kohlenbergbau



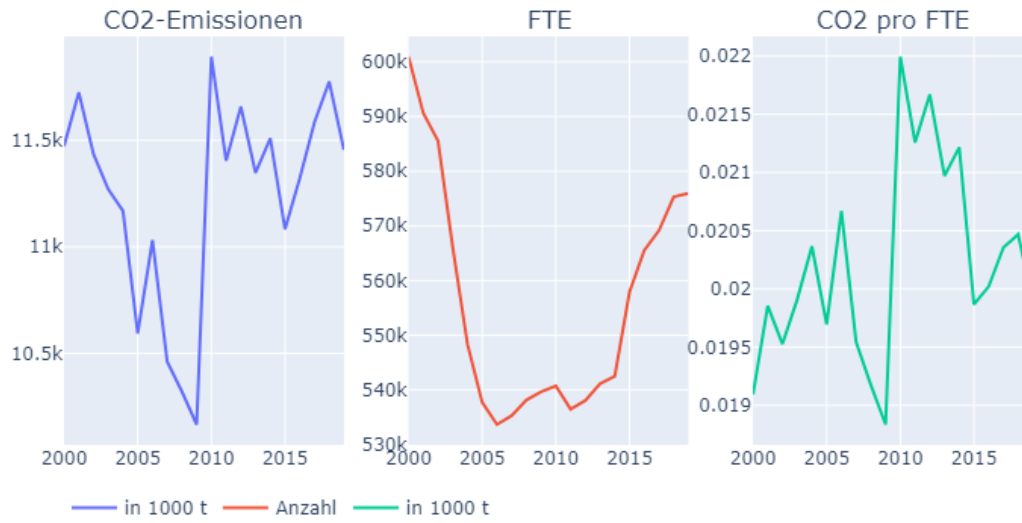
06 Gewinnung von Erdöl u. Erdgas



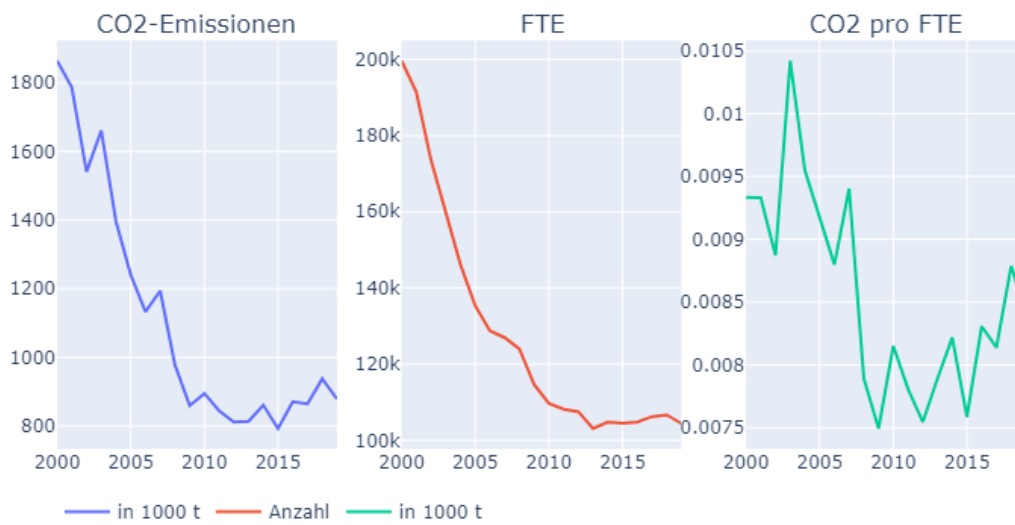
07-09 Erzbergbau, Gewinnung v. Steinen und Erden



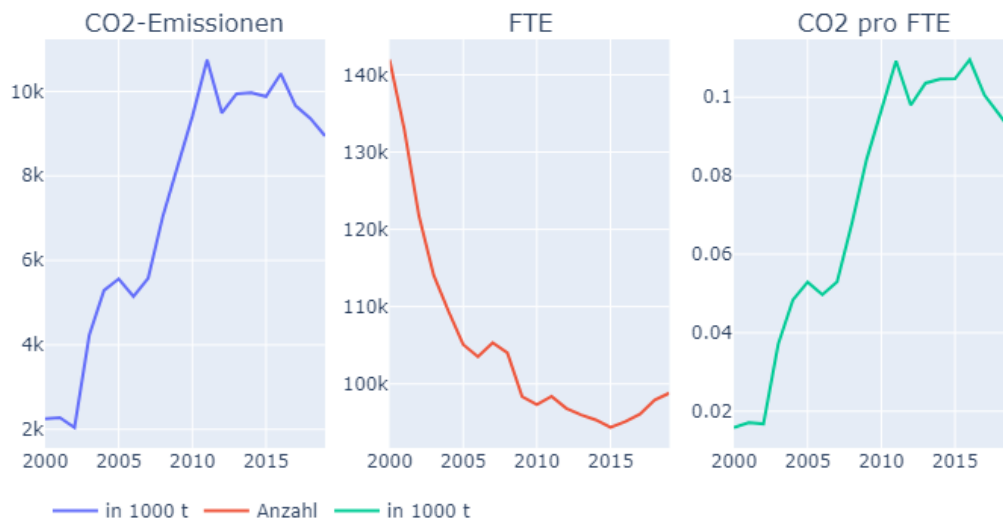
10-12 H. v. Nahrungsmitteln u. Getränken, Tabakverarb.



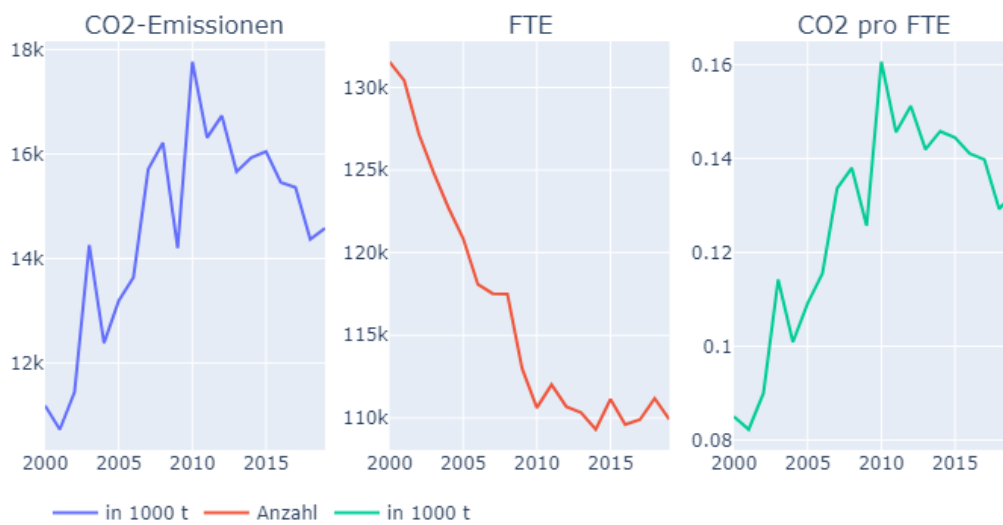
13-15 H. v. Textilien, Bekleidung, Leder u. Lederwaren, Schuhen



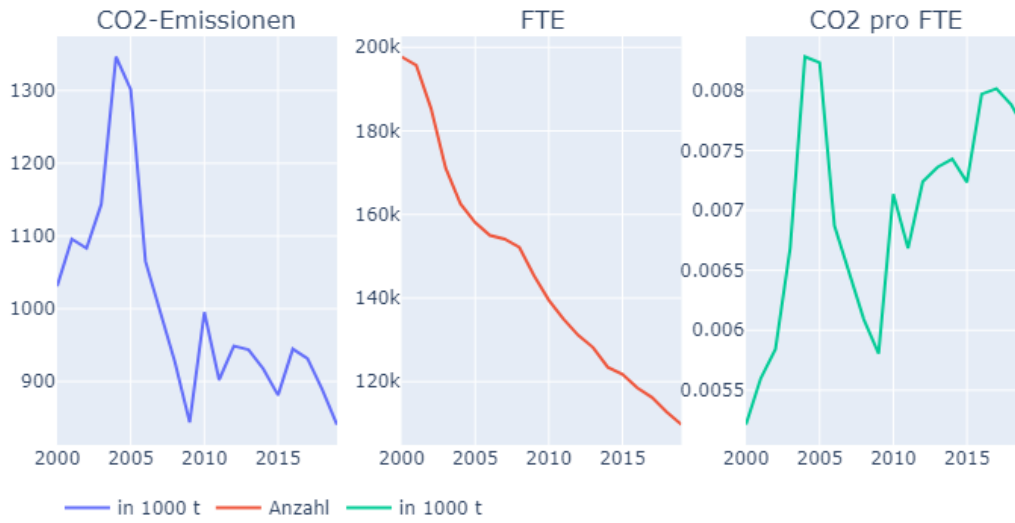
16 H. v. Holz-, Flecht-, Korb- u. Korkwaren (ohne Möbel)



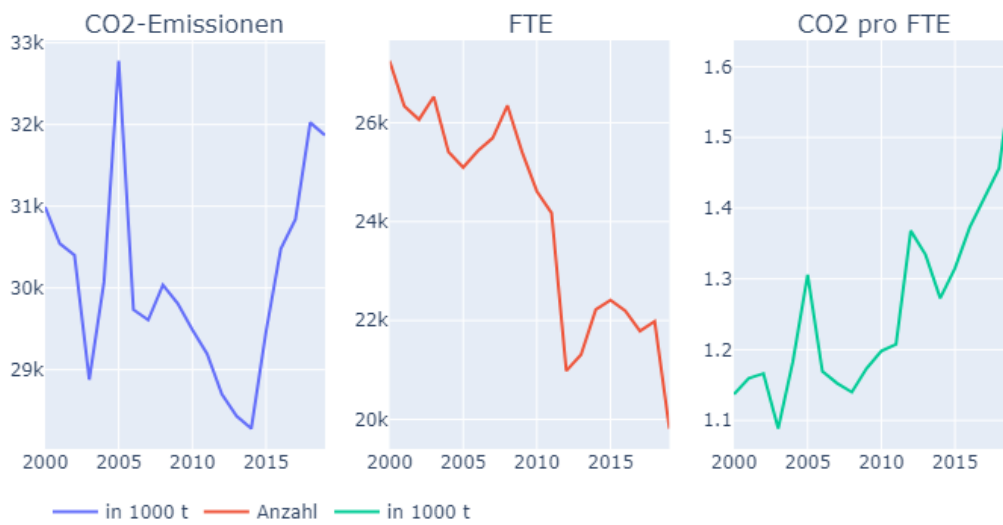
17 H. v. Papier, Pappe u. Waren daraus



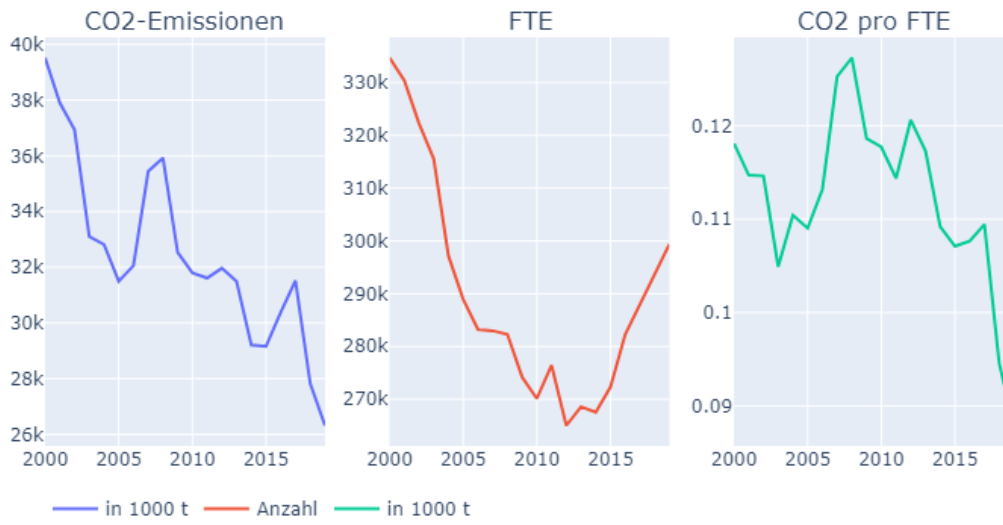
18 H. v. Druckerzeugnissen, Vervielf. v. Ton-, Bild-, Datenträgern



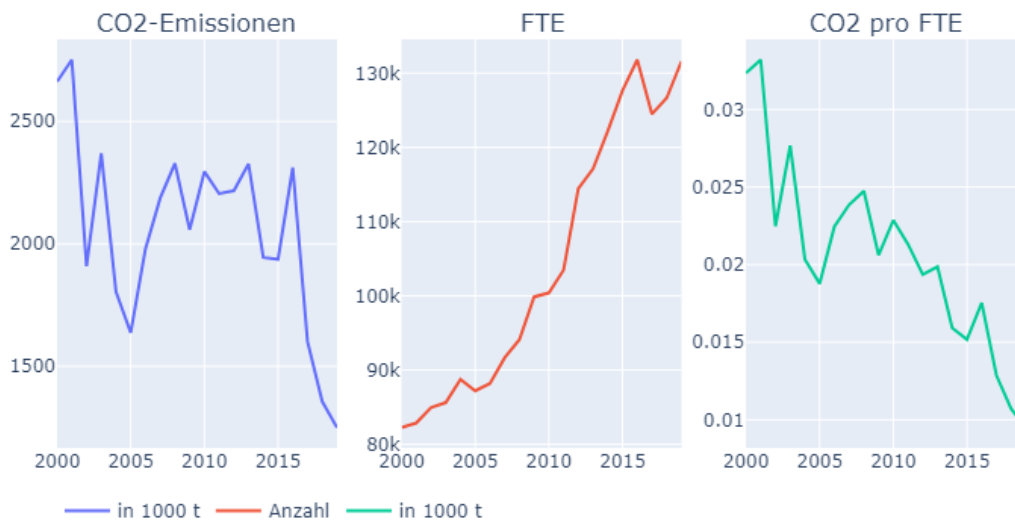
19 Kokerei- u. Mineralölverarbeitung



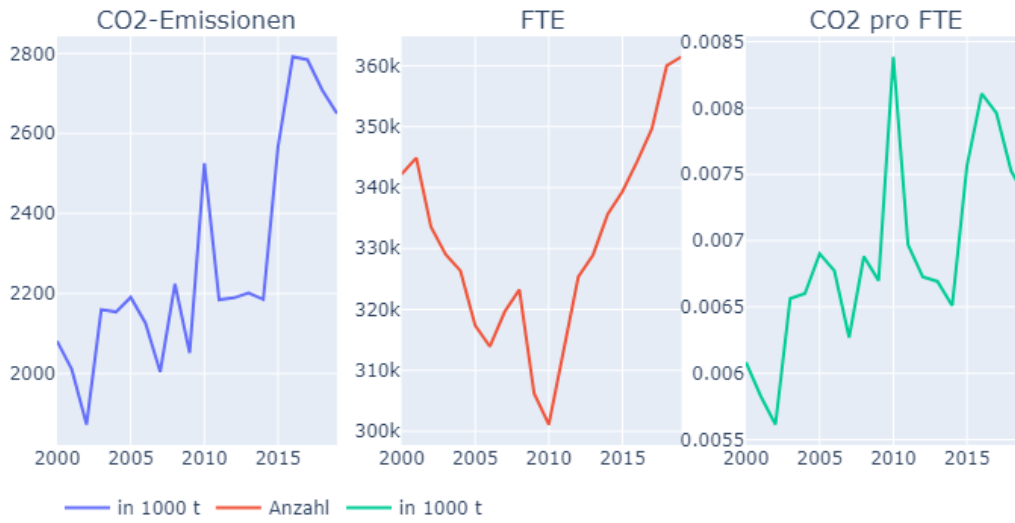
20 H. v. chemischen Erzeugnissen



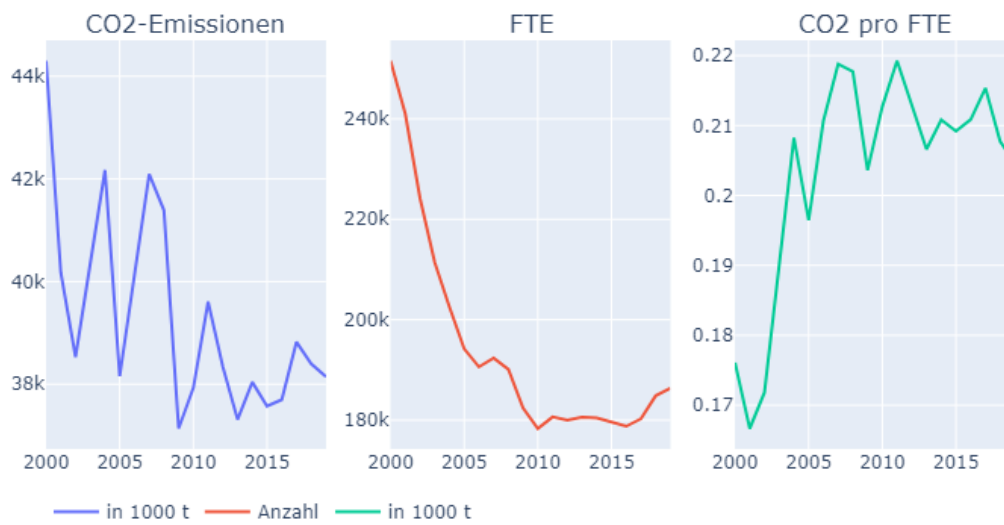
21 H. v. pharmazeutischen Erzeugnissen



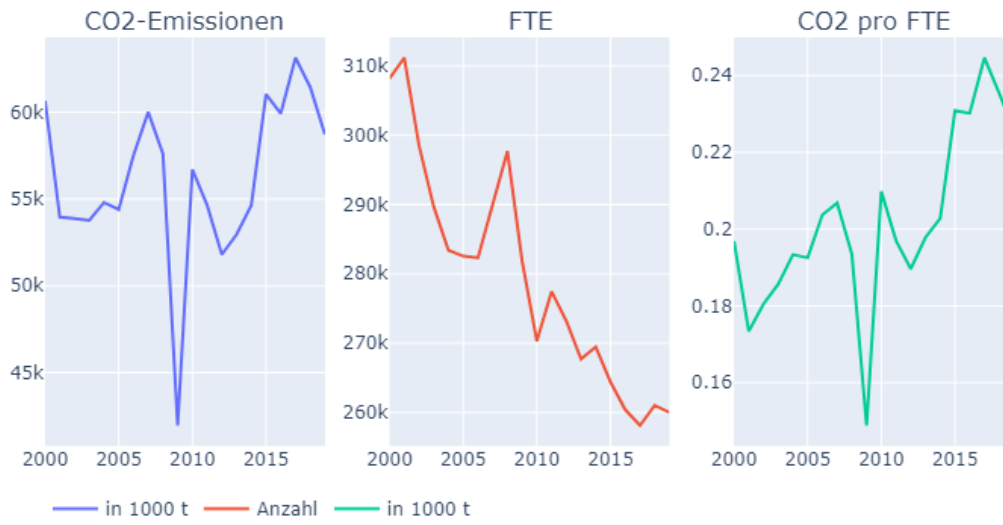
22 H. v. Gummi- u. Kunststoffwaren



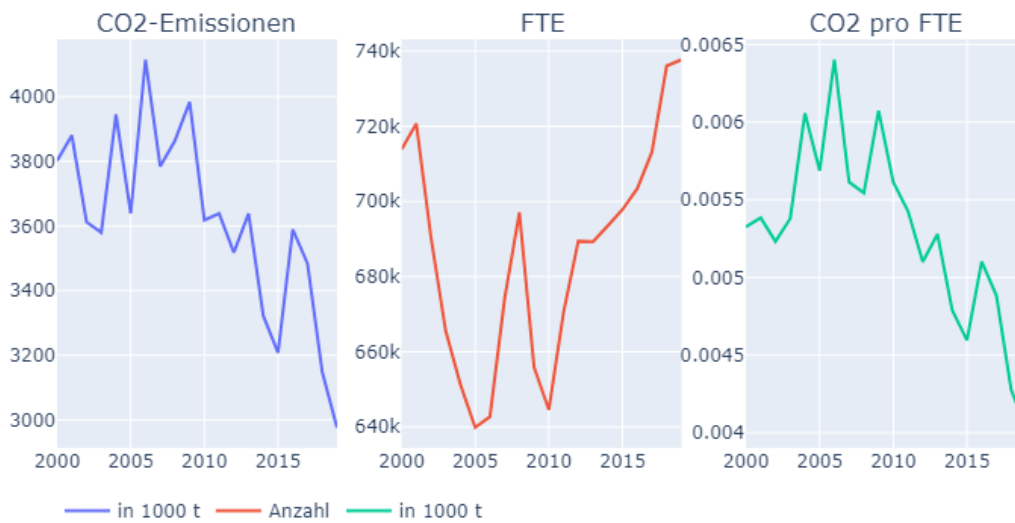
23 H. v. Glas, -waren, Keramik, Verarb. v. Steinen u. Erden



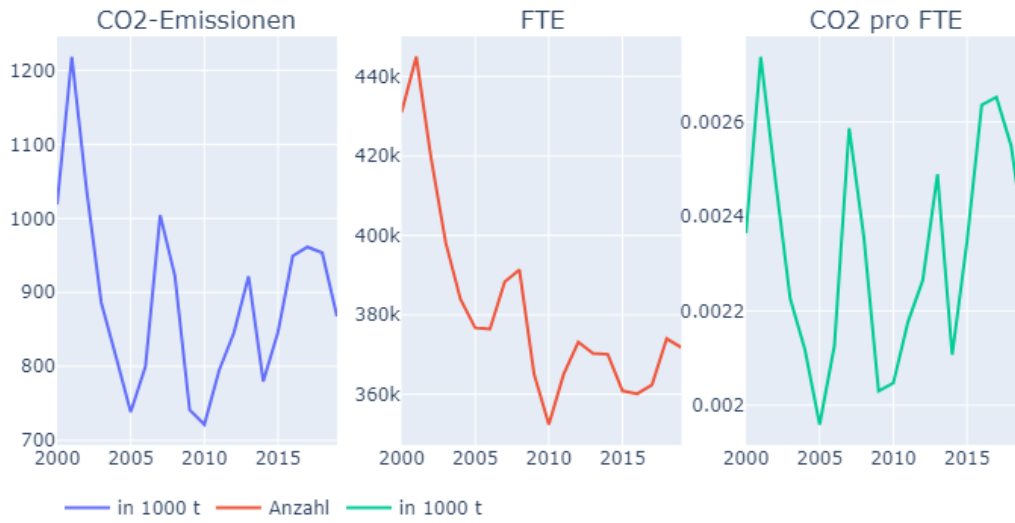
24 Metallerzeugung u. -bearbeitung



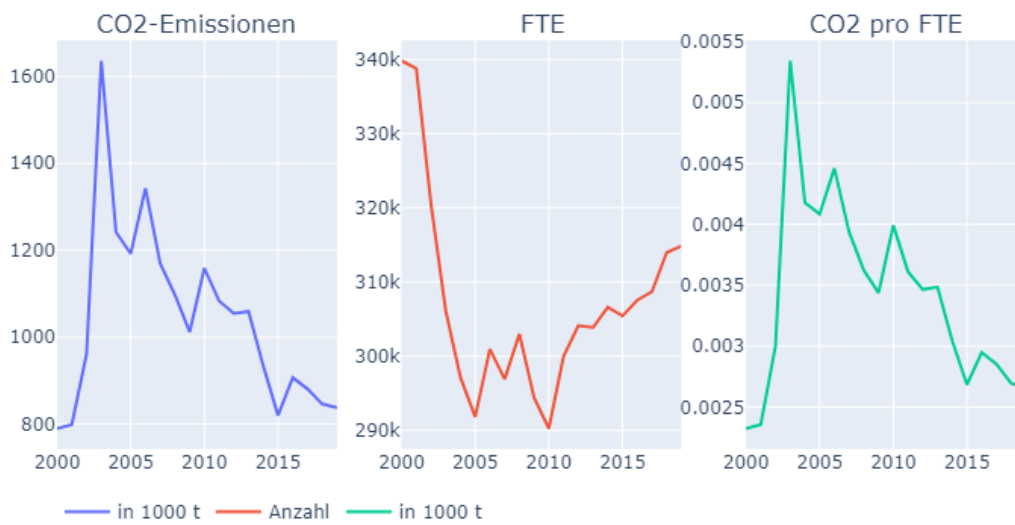
25 H. v. Metallerzeugnissen



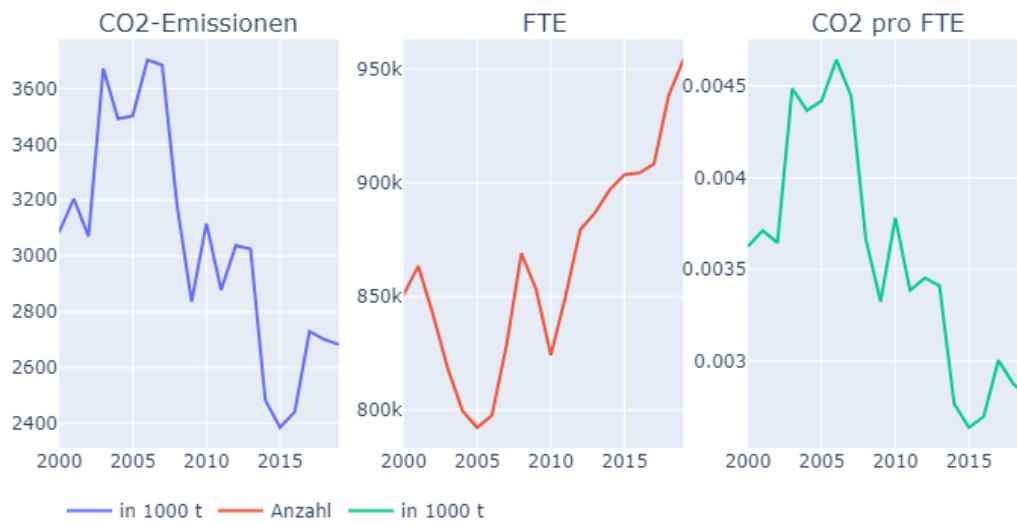
26 H. v. DV-Geräten, elektron. u. optischen Erzeugnissen



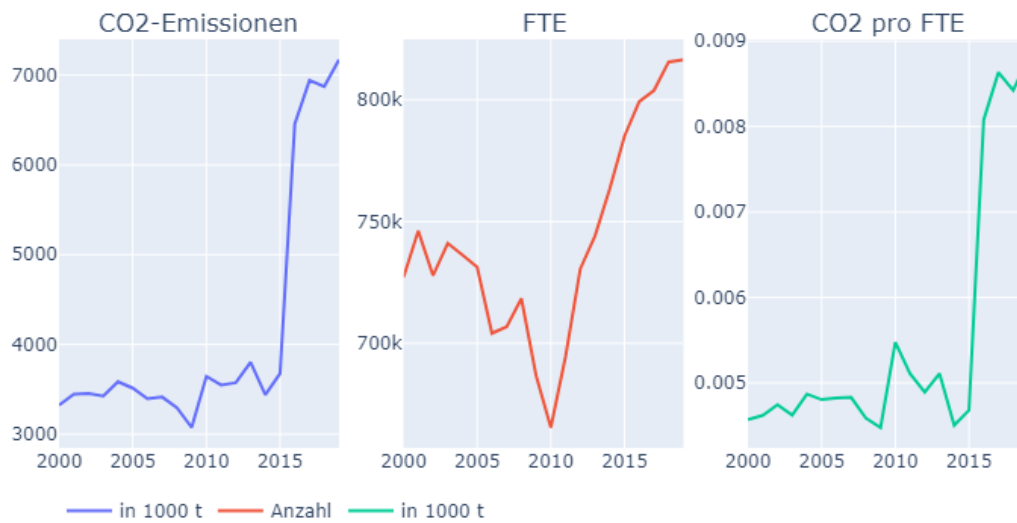
27 H. v. elektrischen Ausrüstungen



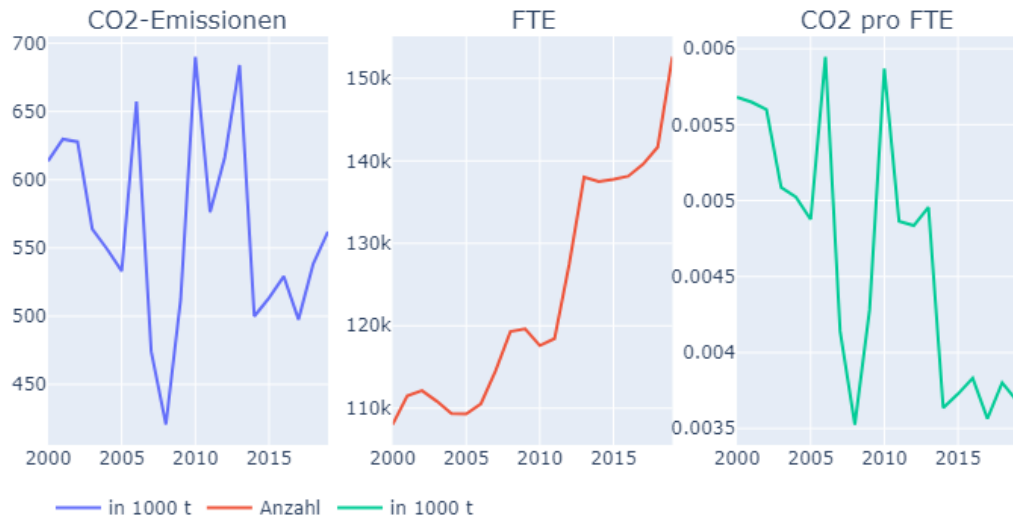
28 Maschinenbau



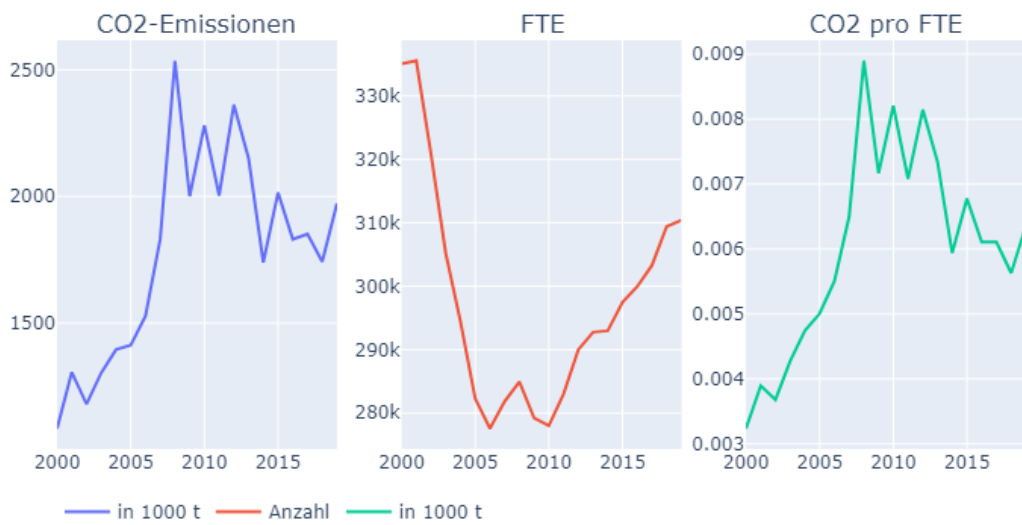
29 H. v. Kraftwagen u. Kraftwagenteilen



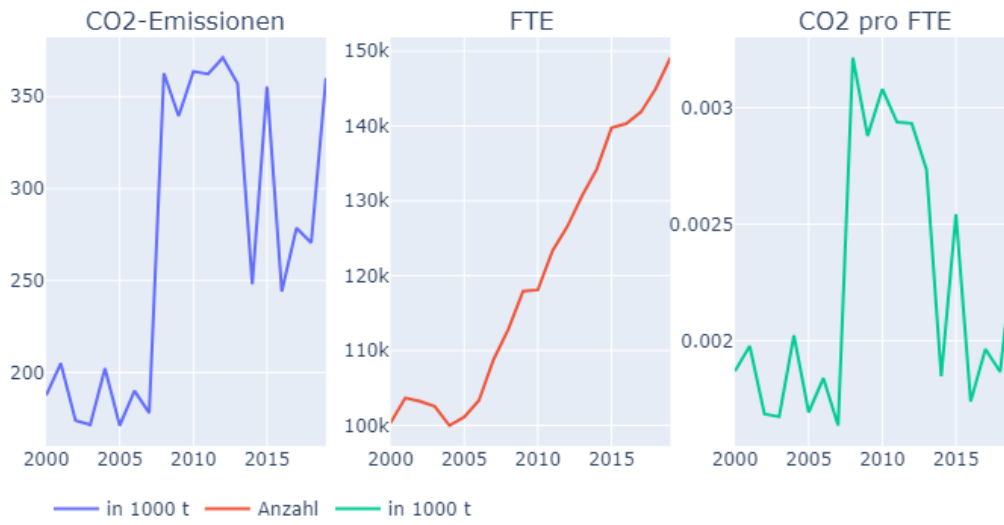
30 Sonstiger Fahrzeugbau



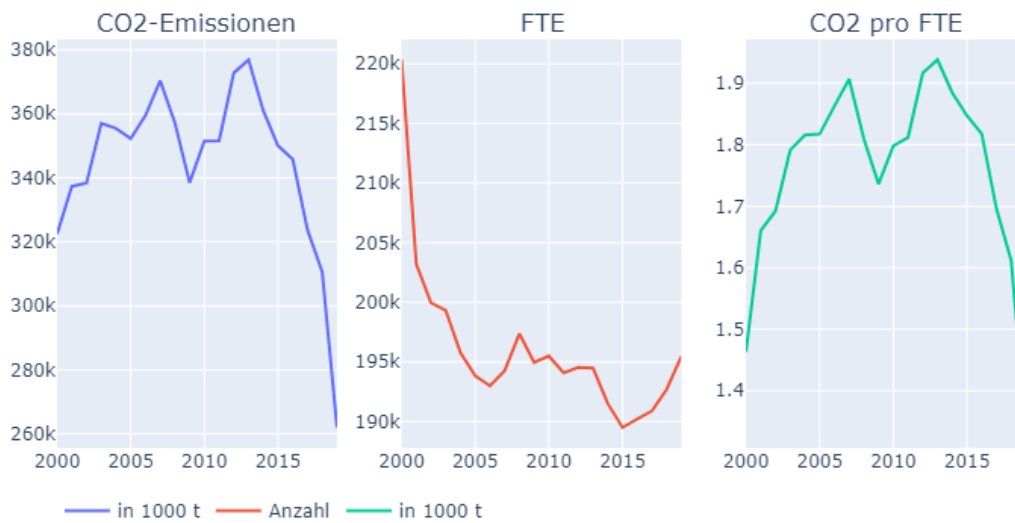
31-32 H. v. Möbeln u. sonstigen Waren



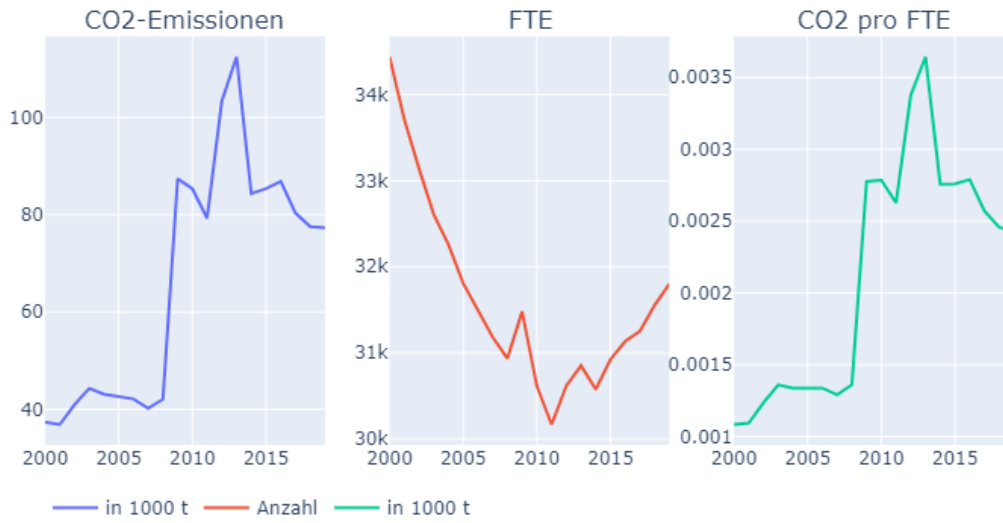
33 Reparatur u. Installation v. Maschinen u. Ausrüstungen



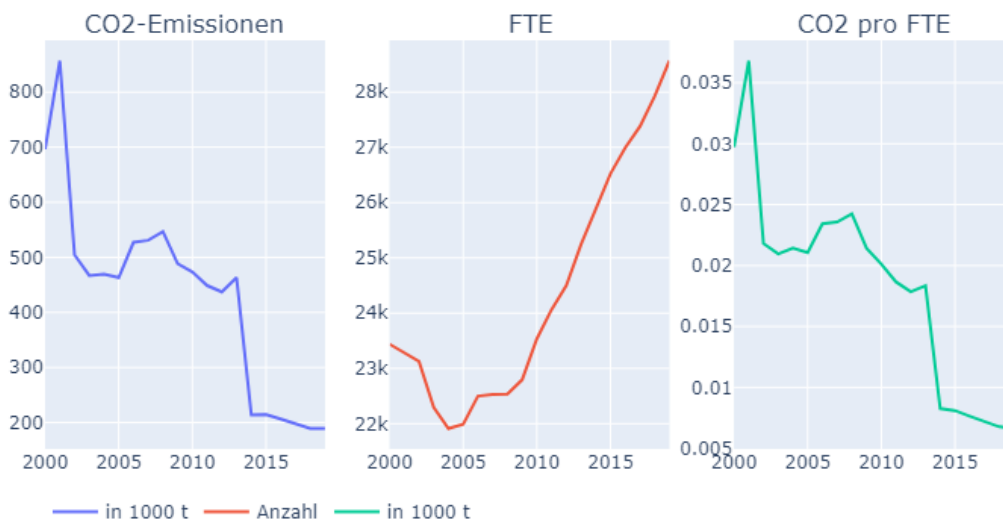
D (35) Energieversorgung



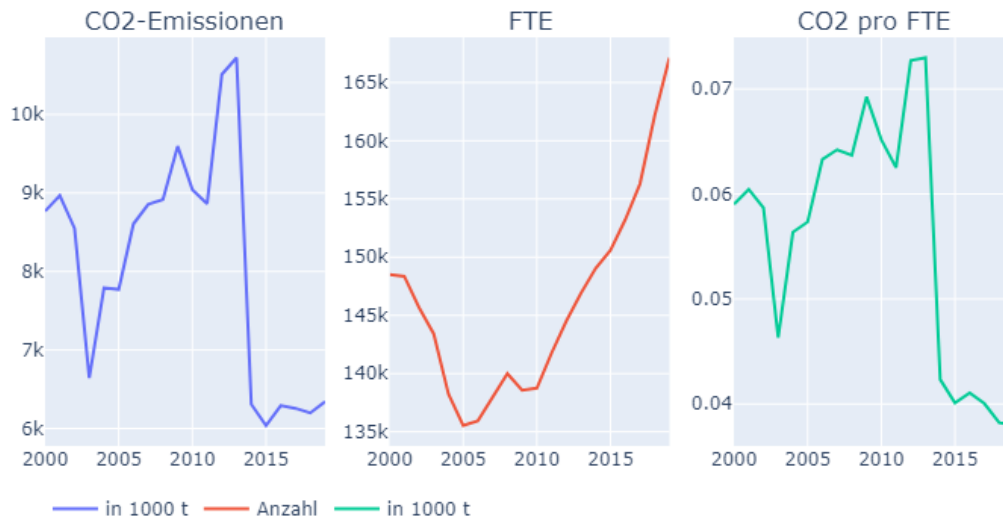
36 Wasserversorgung



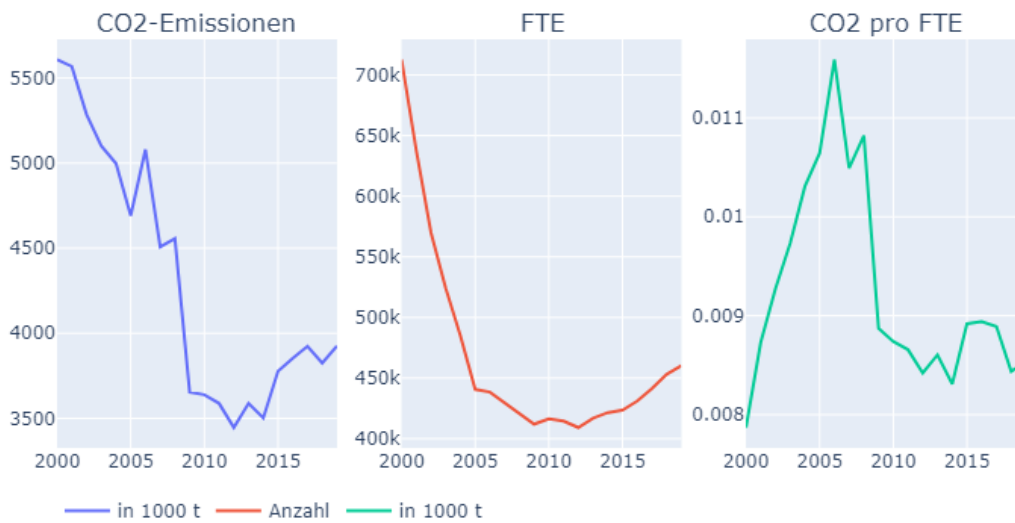
37 Abwasserentsorgung



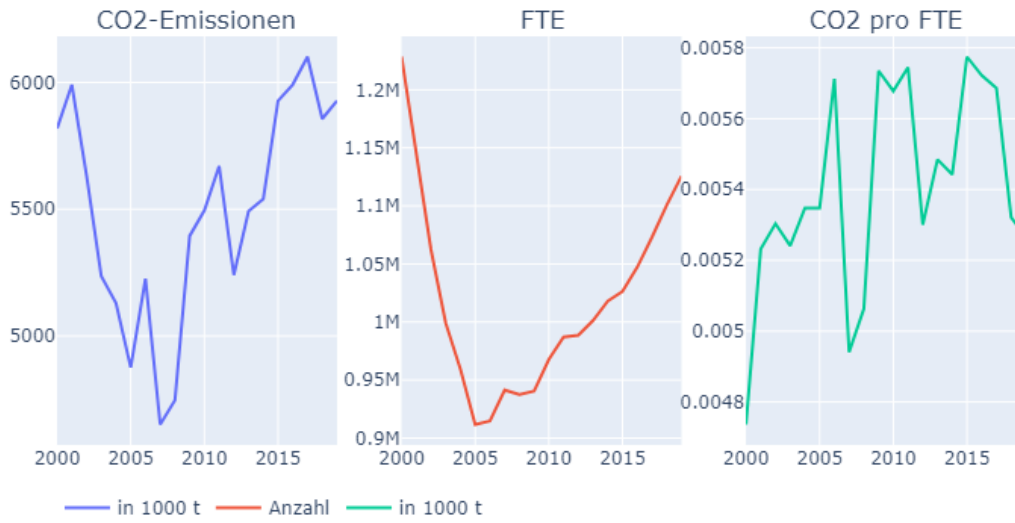
38-39 Abfallentsorgung, Rückgewinnung, sonstige Entsorgung



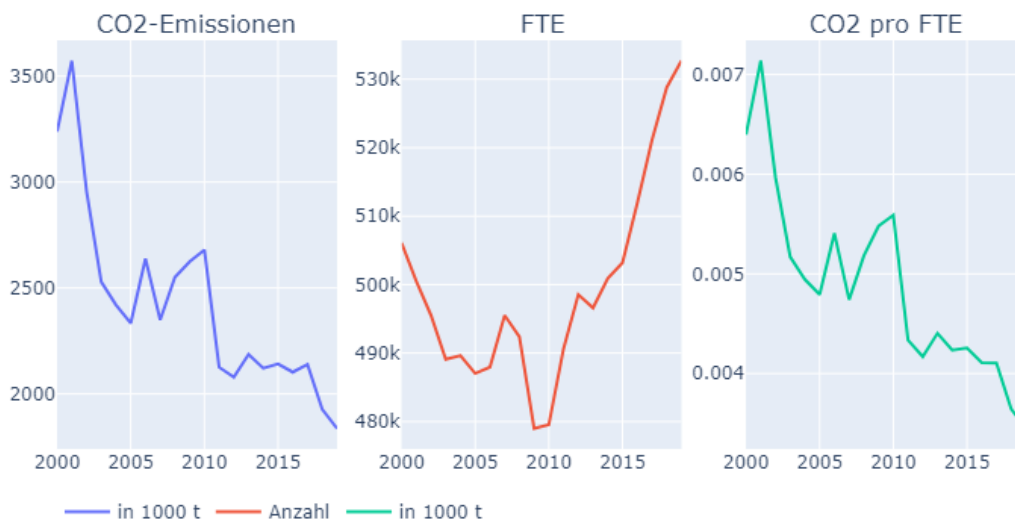
41-42 Hoch- u. Tiefbau



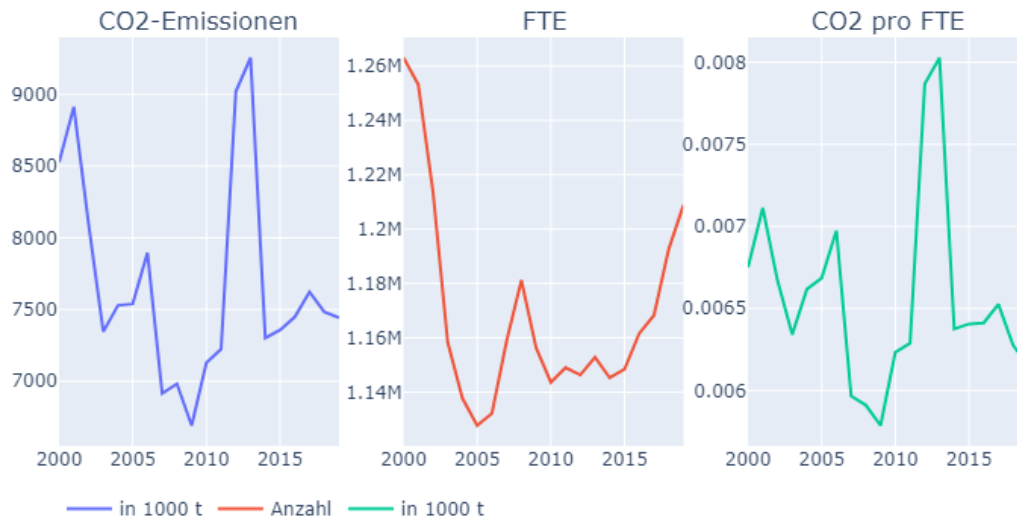
43 Vorb. Baustellenarbeiten, Bauinstallation, sonstiger Ausbau



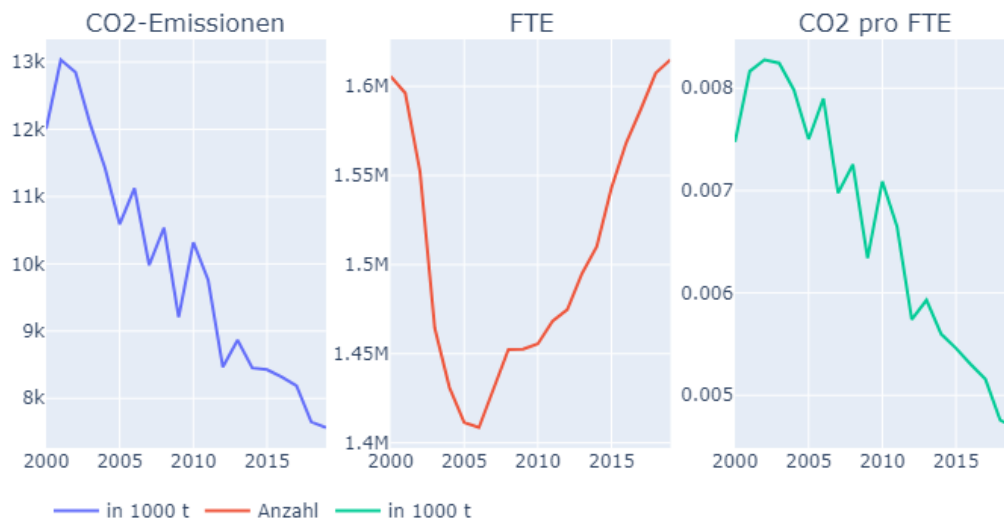
45 Kfz-Handel; Instandhaltung u. Reparatur v. Kfz



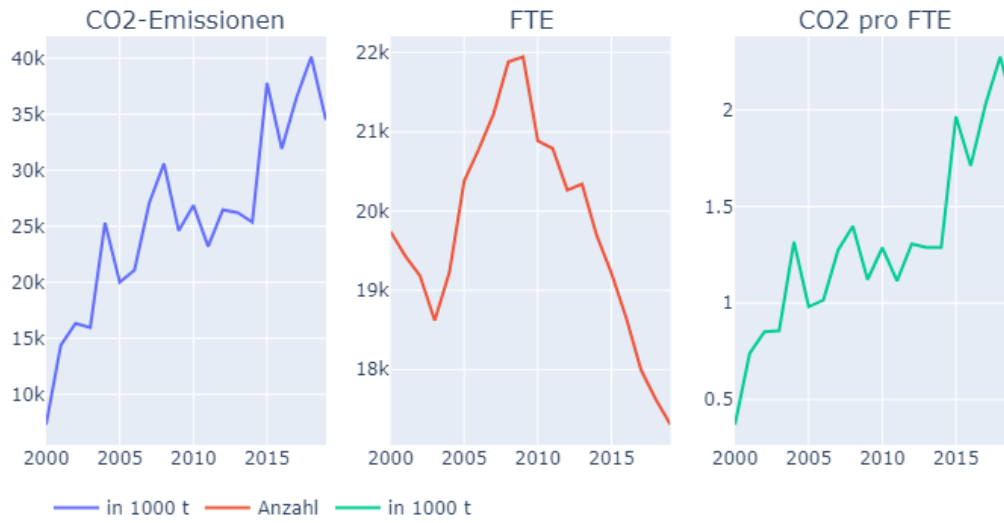
46 Großhandel (ohne Handel mit Kfz)



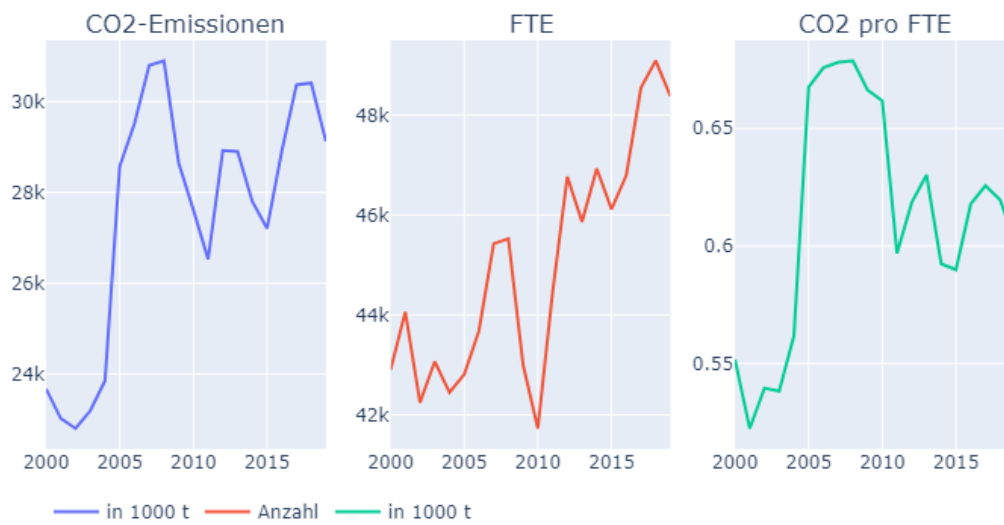
47 Einzelhandel (ohne Handel mit Kfz)



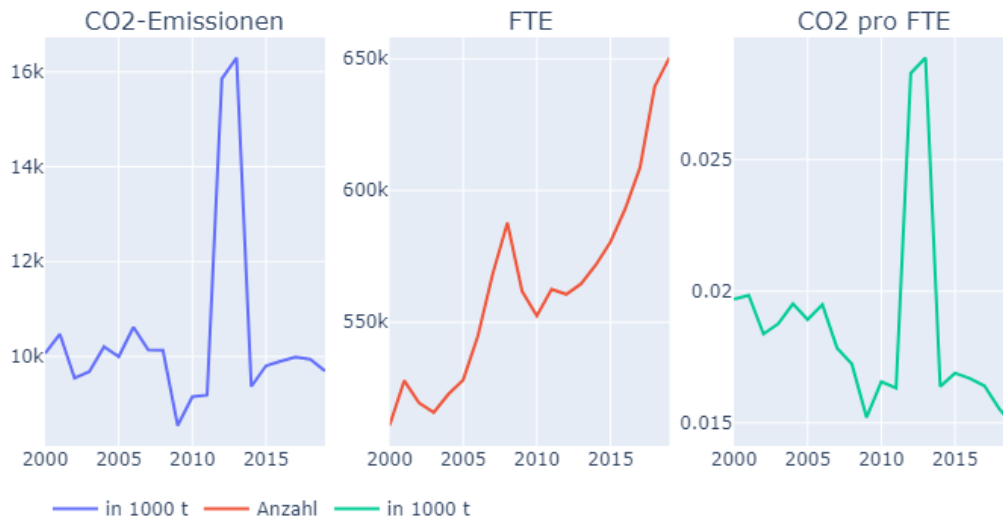
50 Schifffahrt



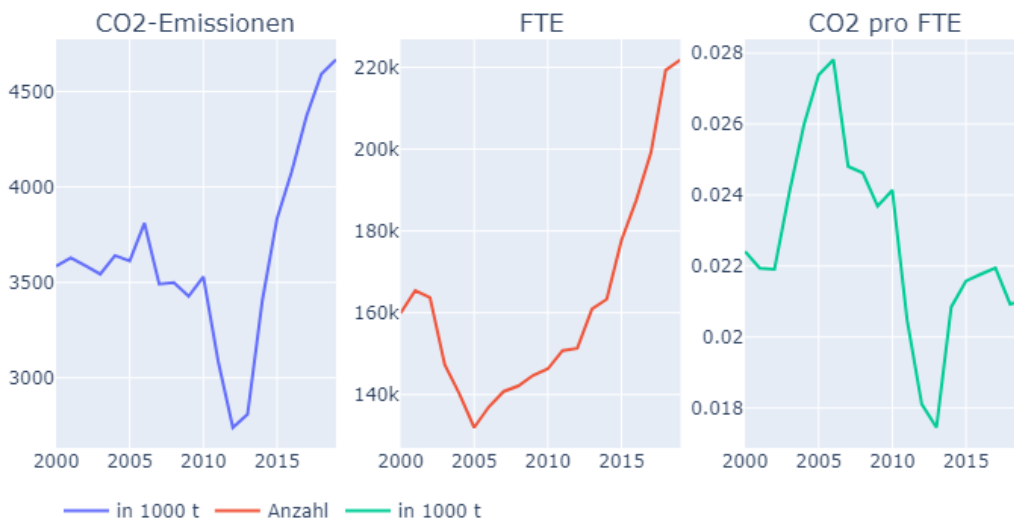
51 Luftfahrt



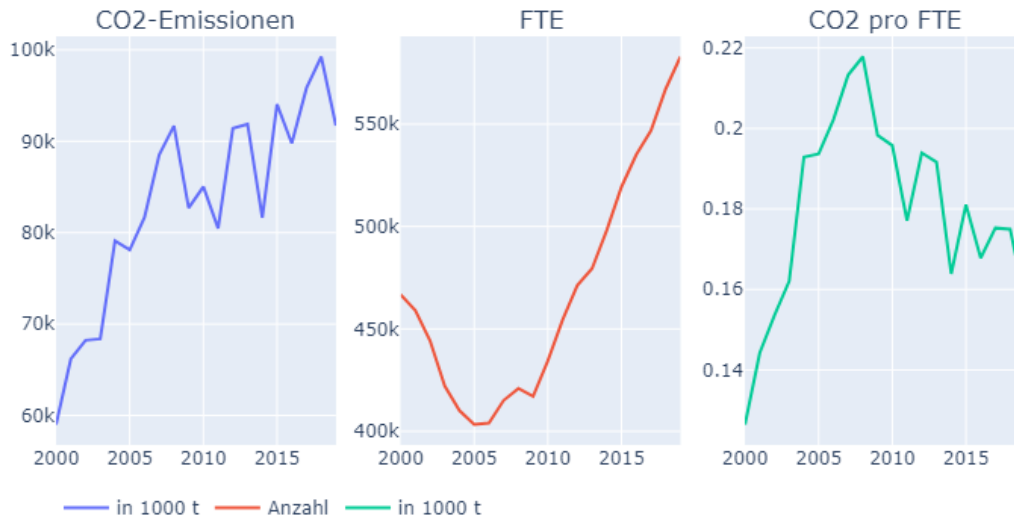
52 Lagerei u. sonst. Dienstleistungen für den Verkehr



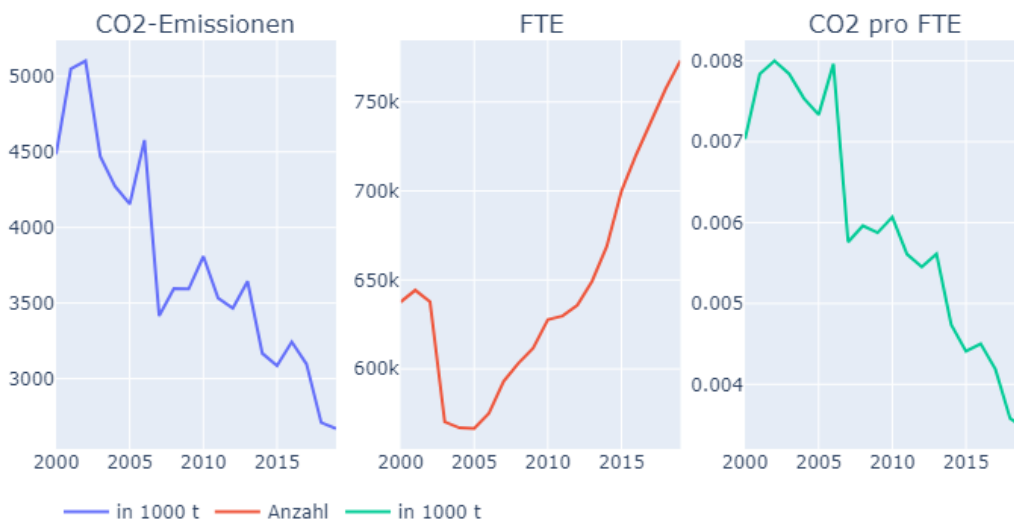
53 Post-, Kurier- u. Expressdienste



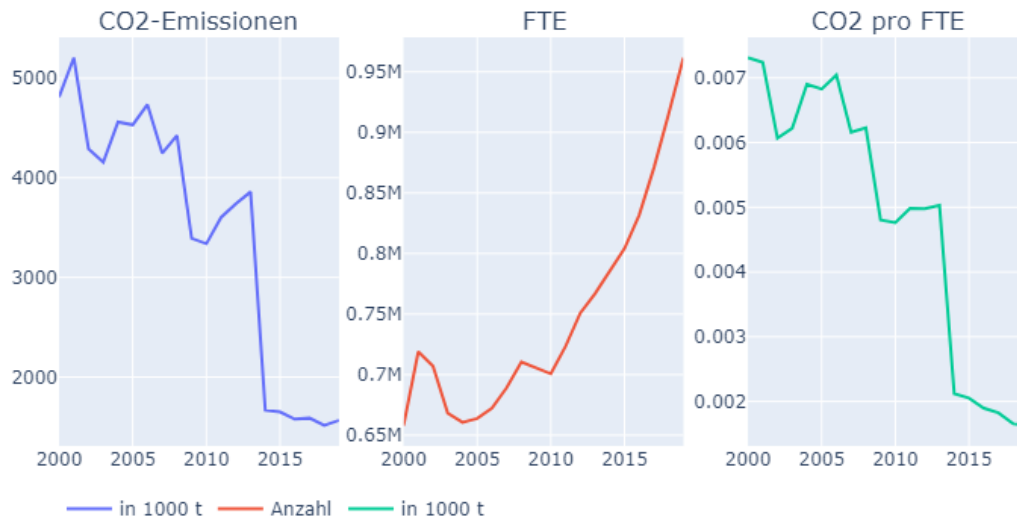
H Verkehr u. Lagerei



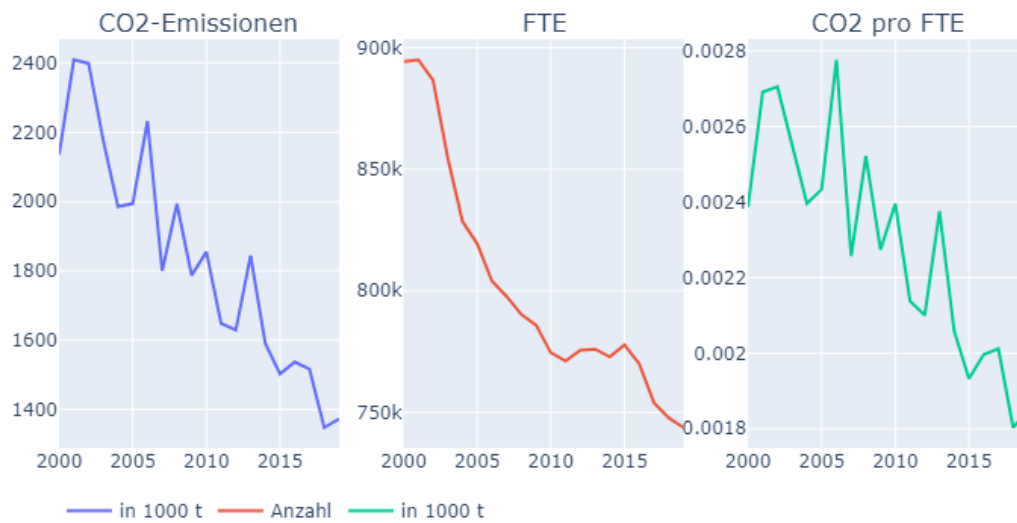
I Gastgewerbe



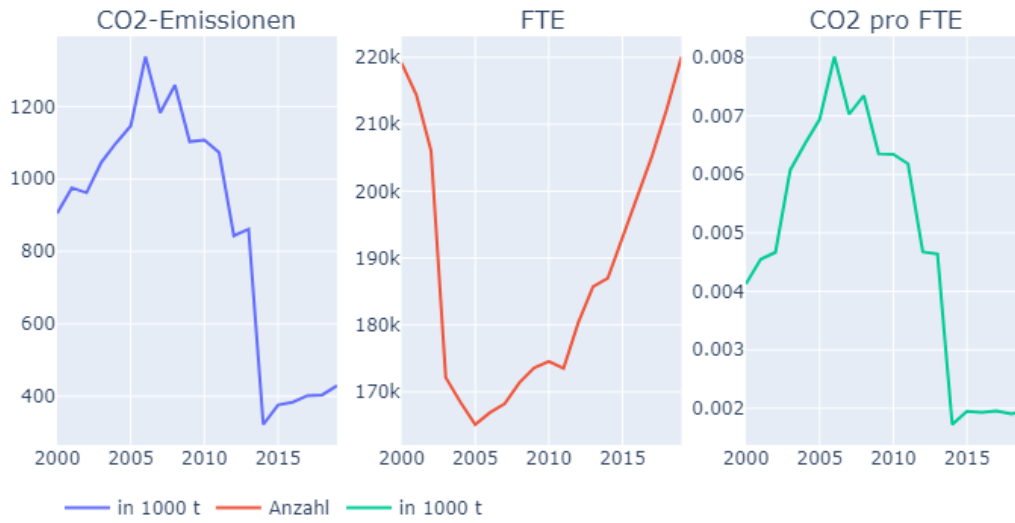
J Information u. Kommunikation



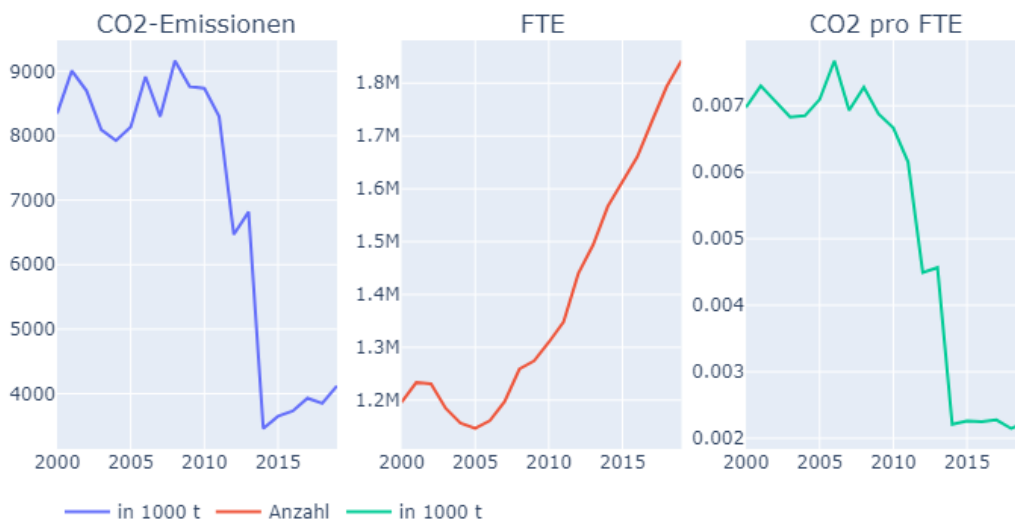
K Finanz- u. Versicherungsdienstleistungen



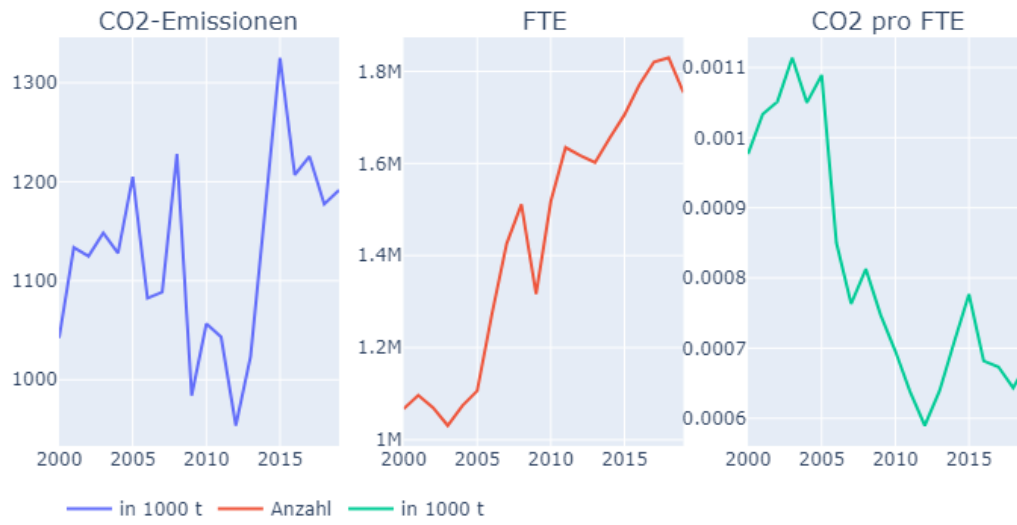
L Grundstücks- u. Wohnungswesen



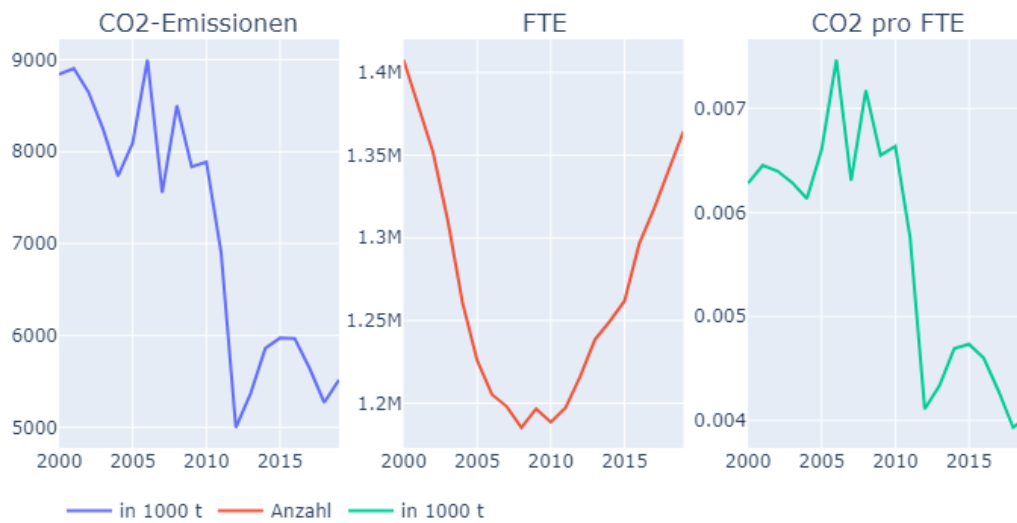
M Freiberufliche, wissenschaftliche u. technische Dienstleistungen



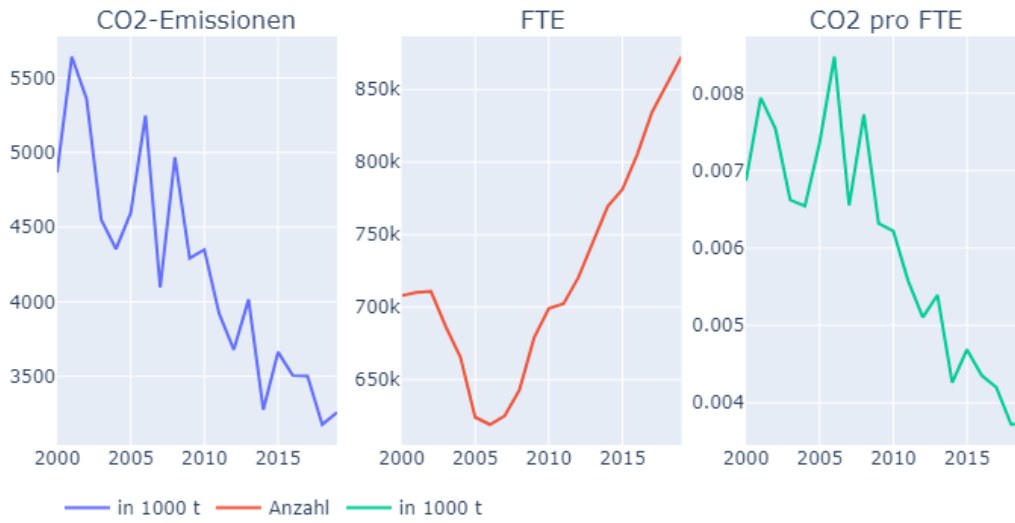
N Sonstige wirtschaftliche Dienstleistungen



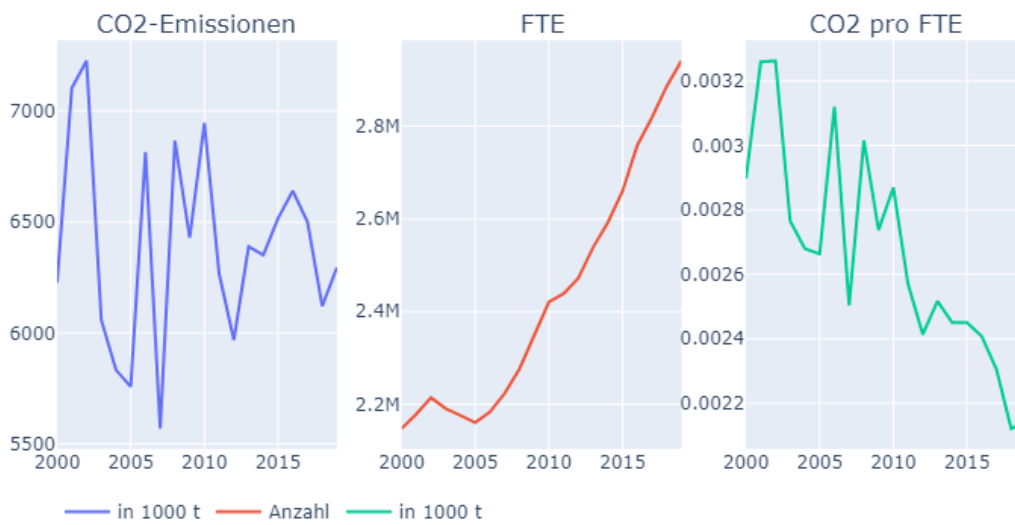
O Öffentliche Verwaltung, Verteidigung; Sozialversicherung



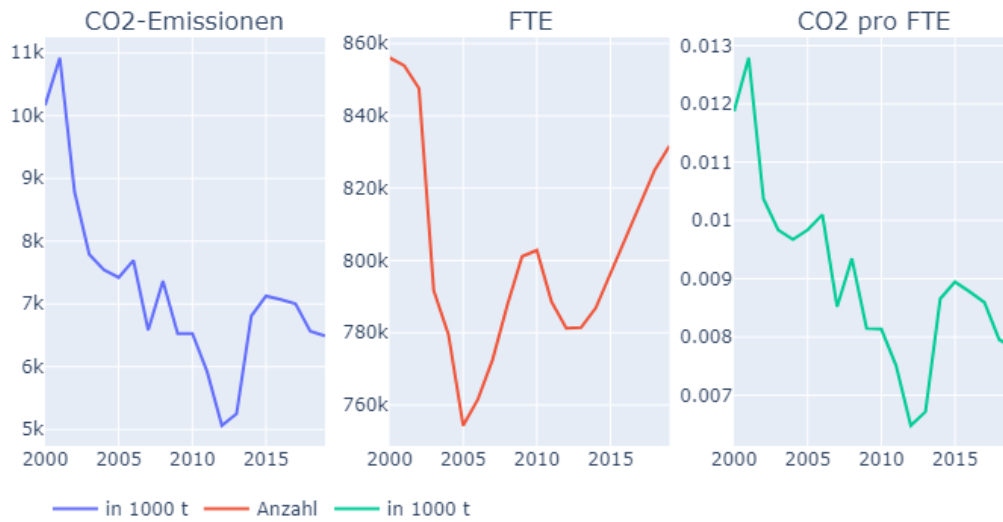
P Erziehung u. Unterricht



Q Gesundheits- u. Sozialwesen



R-T Sonst. Dienstleistungen



A2) Plausibilitätscheck Emissionsverteilung 2019

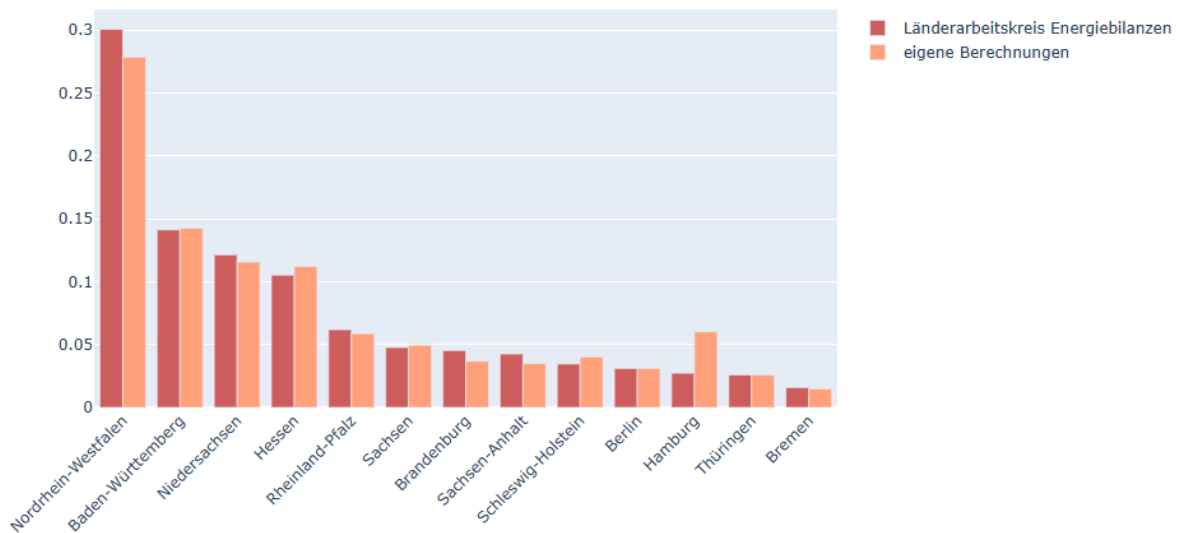


Abbildung A2: Vergleich der verteilten CO₂-Emissionen auf die einzelnen Bundesländer mit den Ergebnissen des Länderarbeitskreises Energiebilanzen für das Jahr 2019 [3]

A3) Globale CO₂-Landkarten

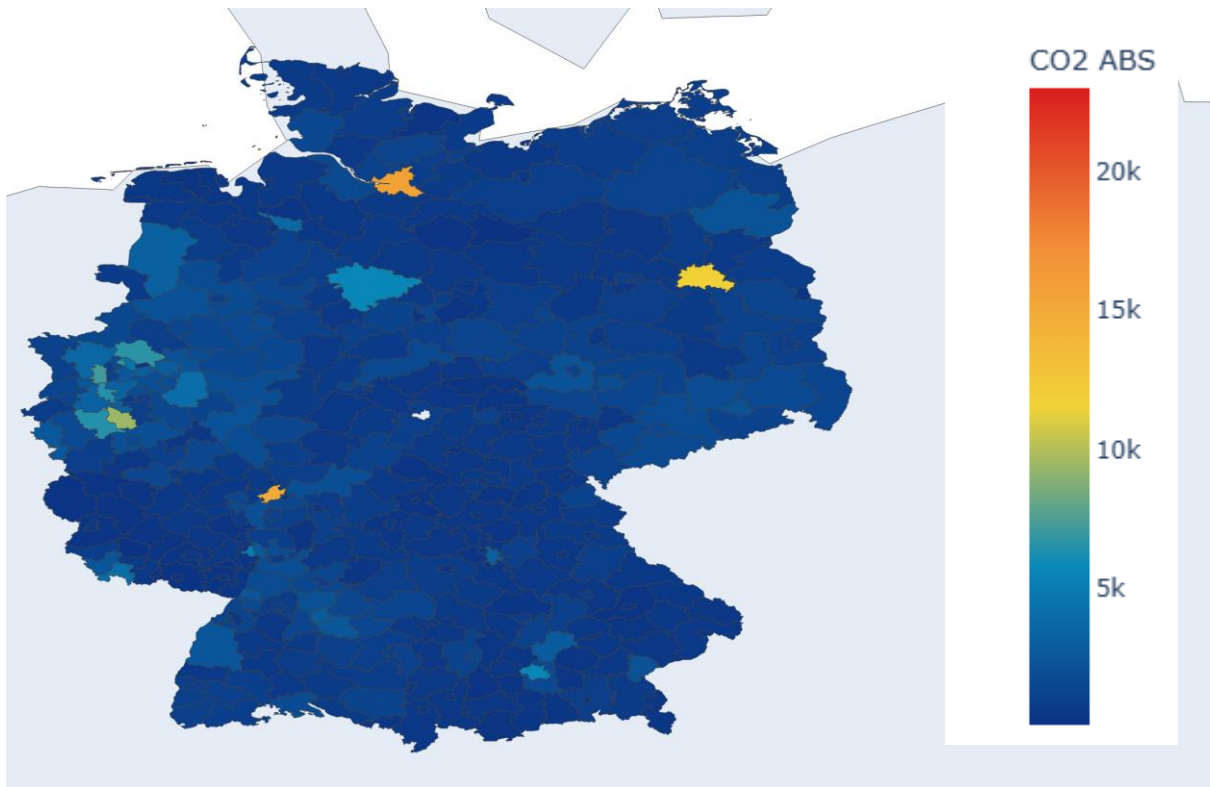


Abbildung A3.1: CO₂-Emissionen (in 1.000 t), Jahr: 2000

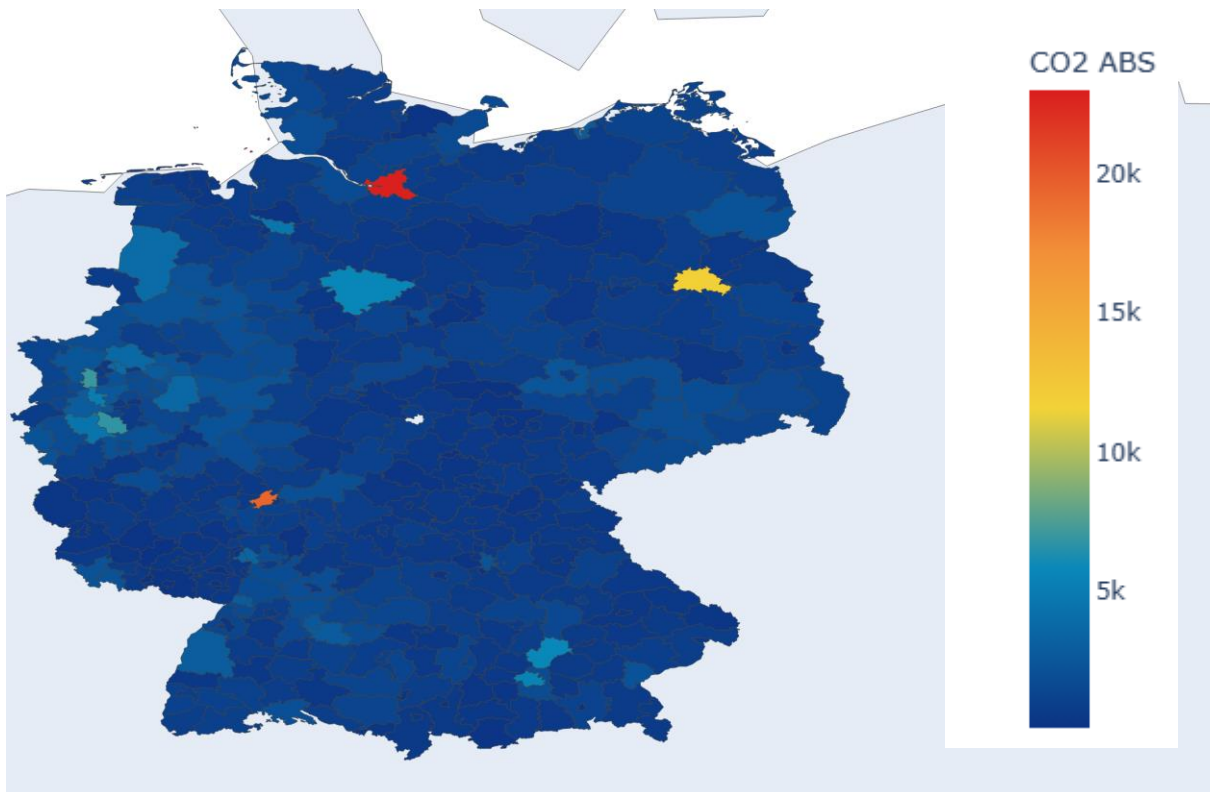


Abbildung A3.2: CO₂-Emissionen (in 1.000 t), Jahr: 2019

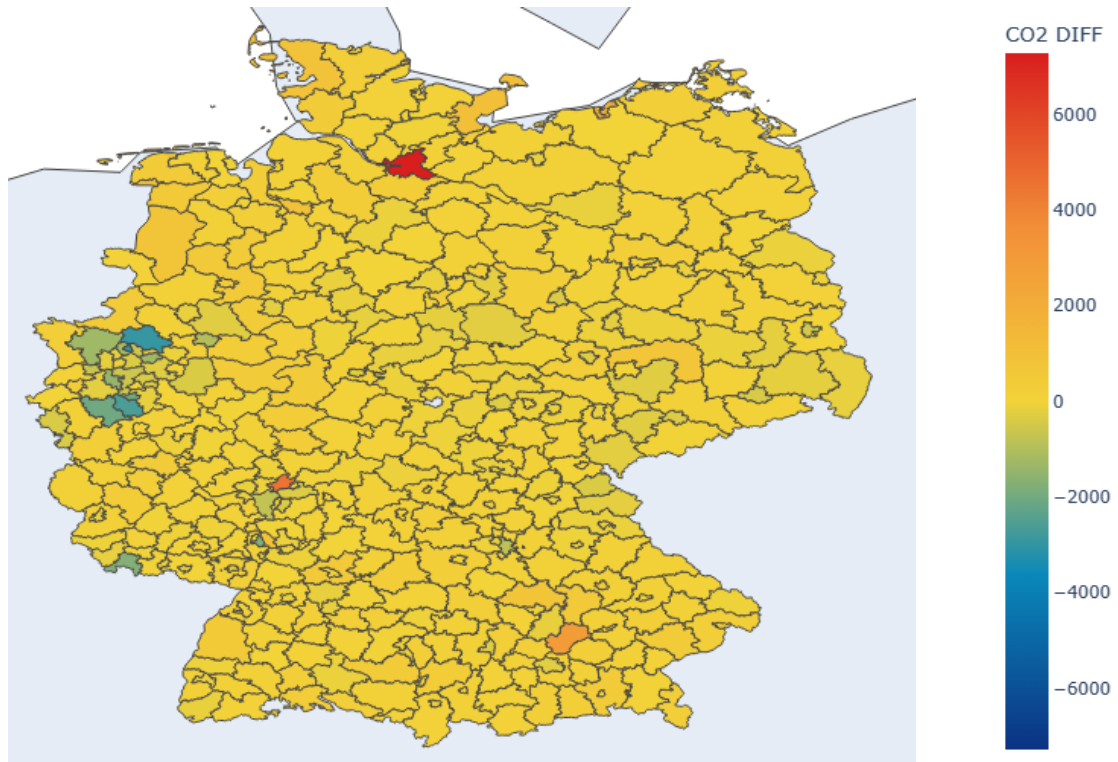


Abbildung A3.3: Absolute CO₂-Veränderungen zwischen 2000 und 2019 (in 1.000 t)

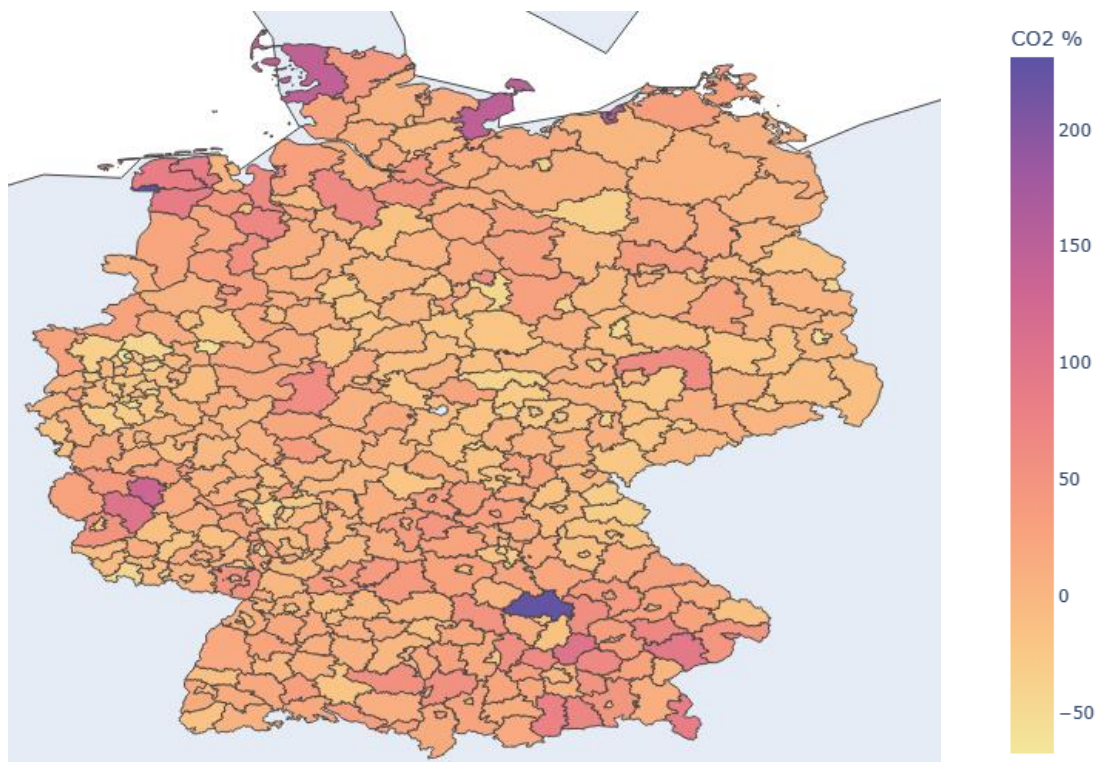
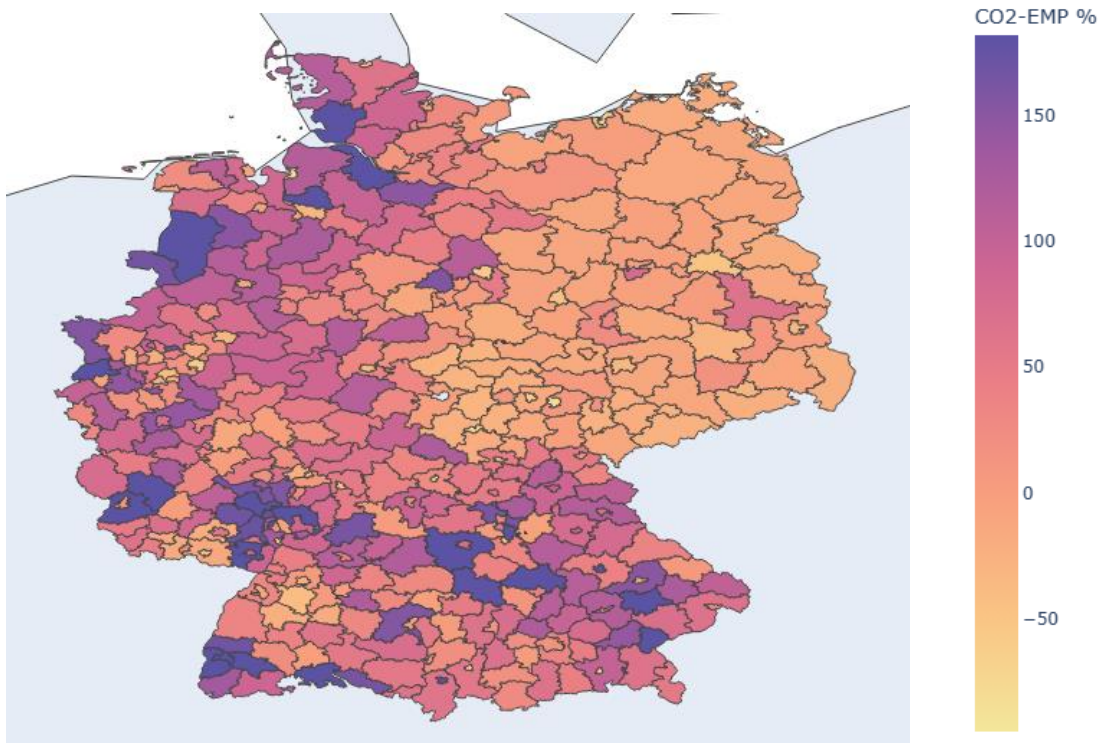


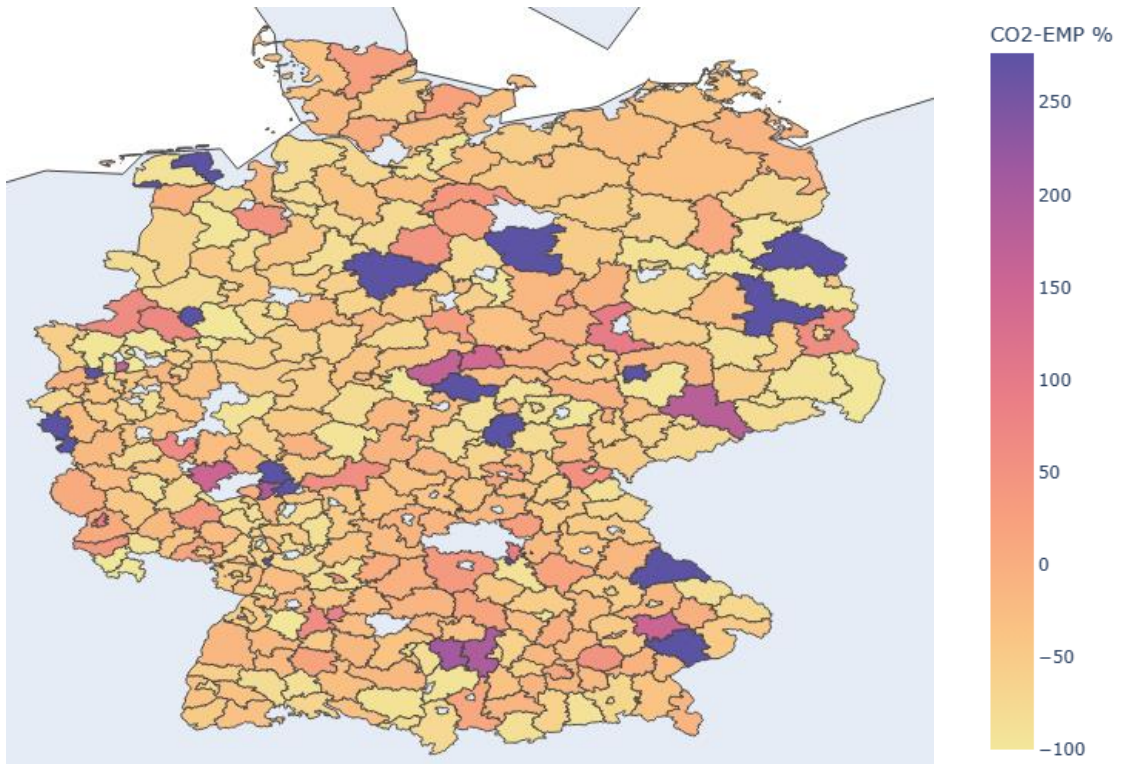
Abbildung A3.4: Relative CO₂-Veränderungen zwischen 2000 und 2019

A4) Sektorale CO₂-Landkarten

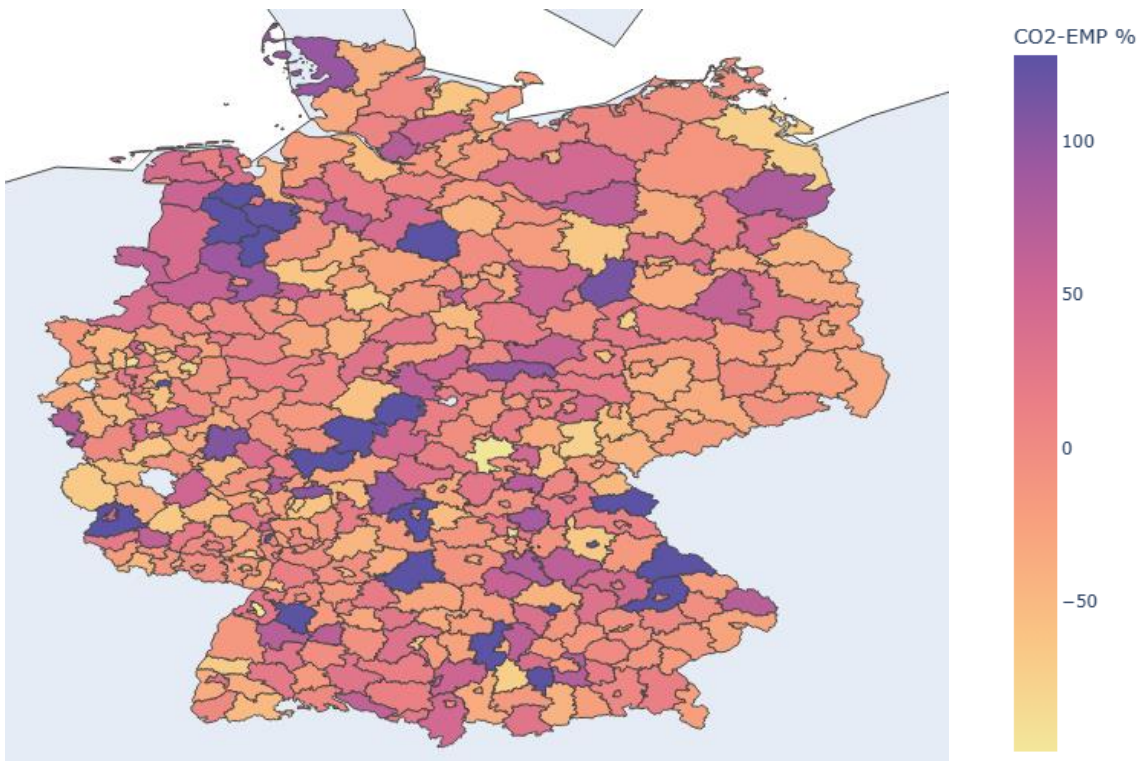
Die folgenden Landkarten zeigen relative Emissionsveränderungen (von 2000 auf 2019) in den einzelnen WZ-Sektoren der ersten Ebene. Zur besseren Darstellung wurden die Landkarten um Ausreißer nach oben bereinigt. Die 5 % der höchsten Werte wurden dazu auf den Wert des 95 %-Quantils herabgesetzt.



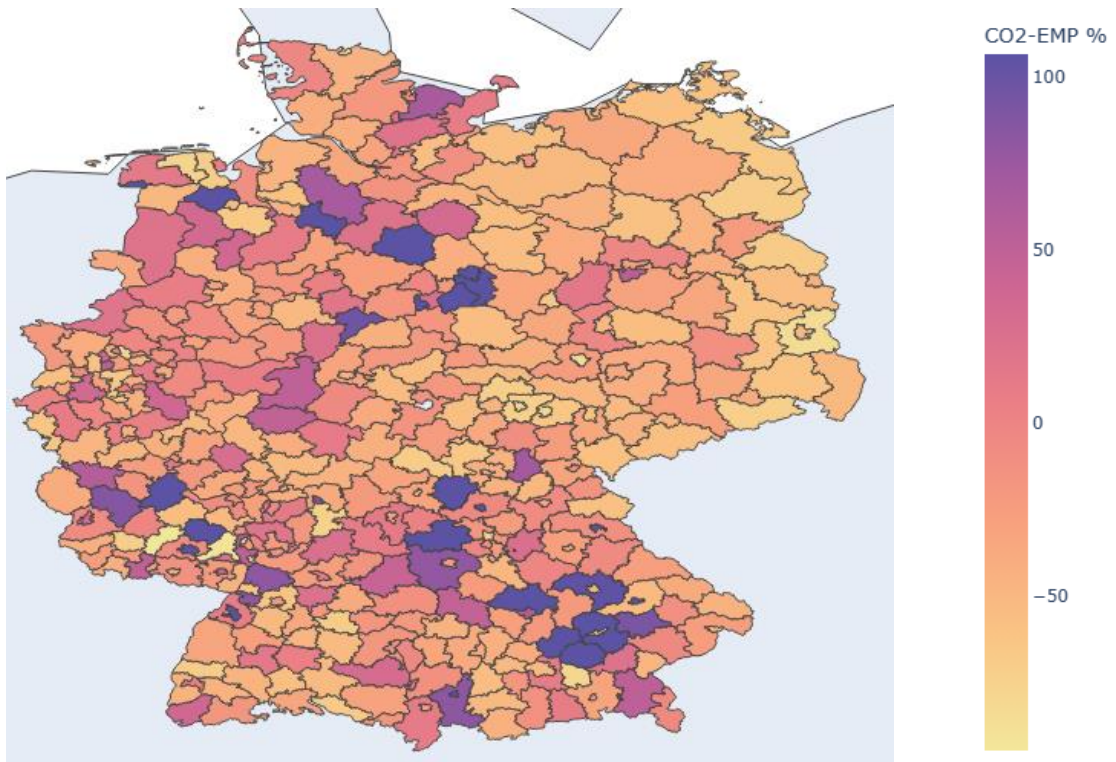
A, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei



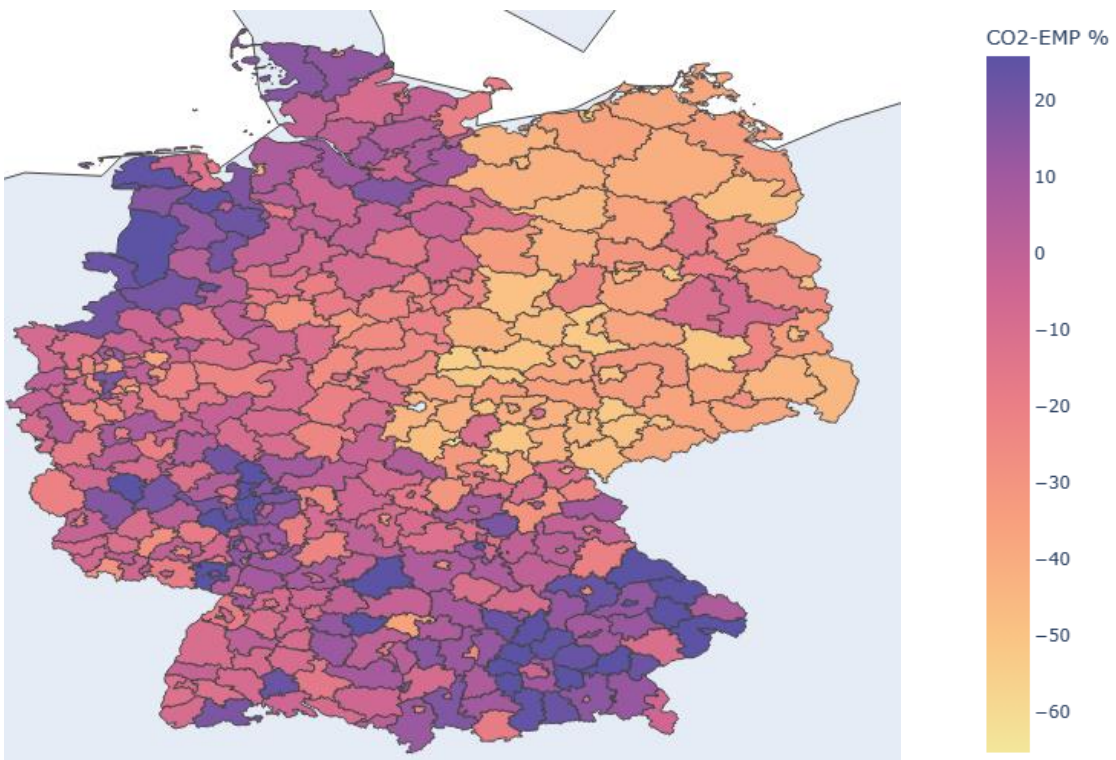
B, Bergbau und Gewinnung von Steinen und Erden



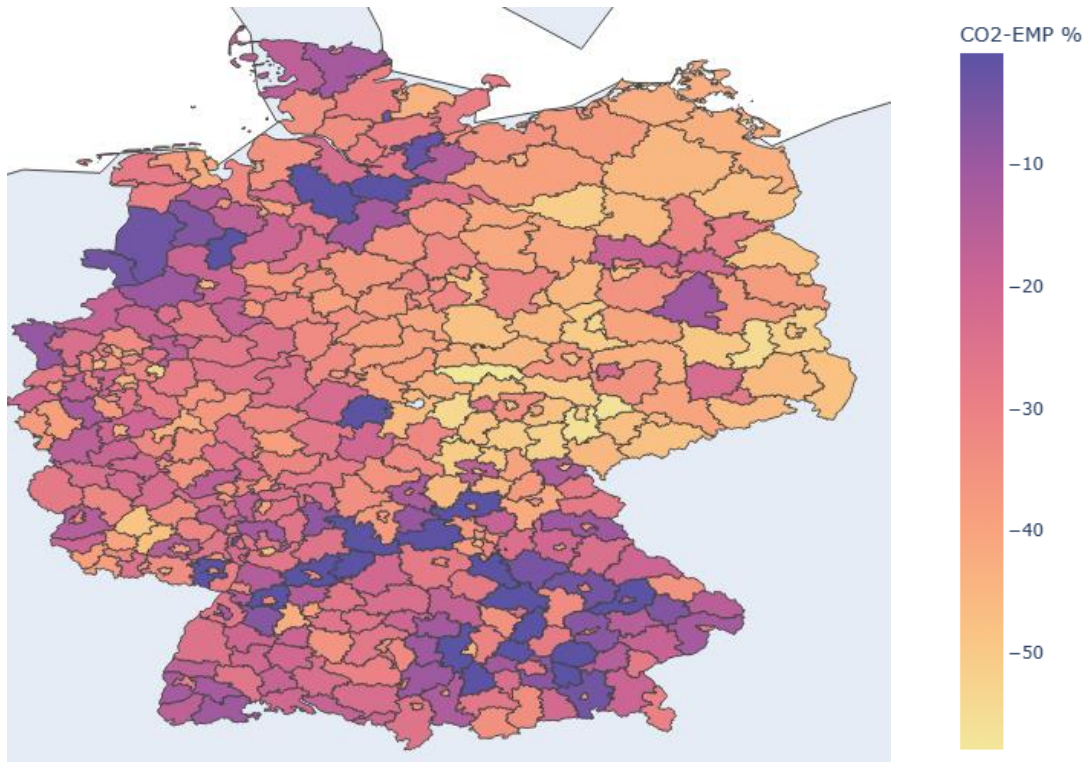
D, Energieversorgung



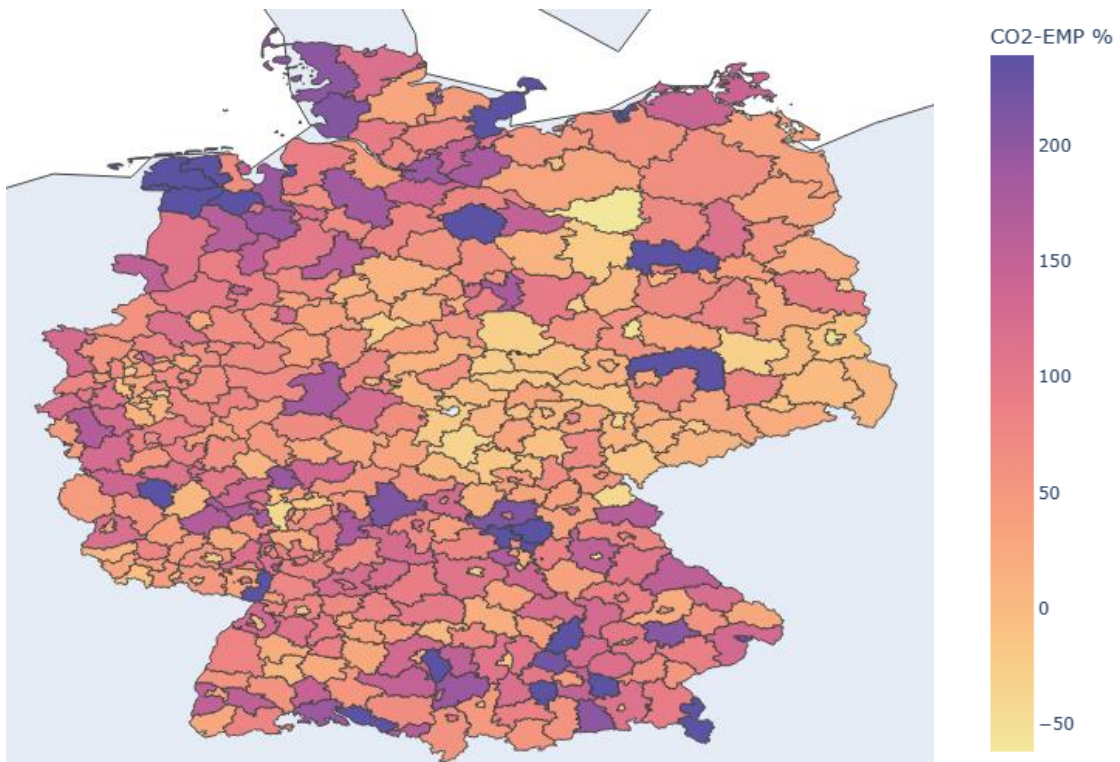
E, Wasserversorgung; Abwasser- und Abfallentsorgung und Beseitigung von Umweltverschmutzungen



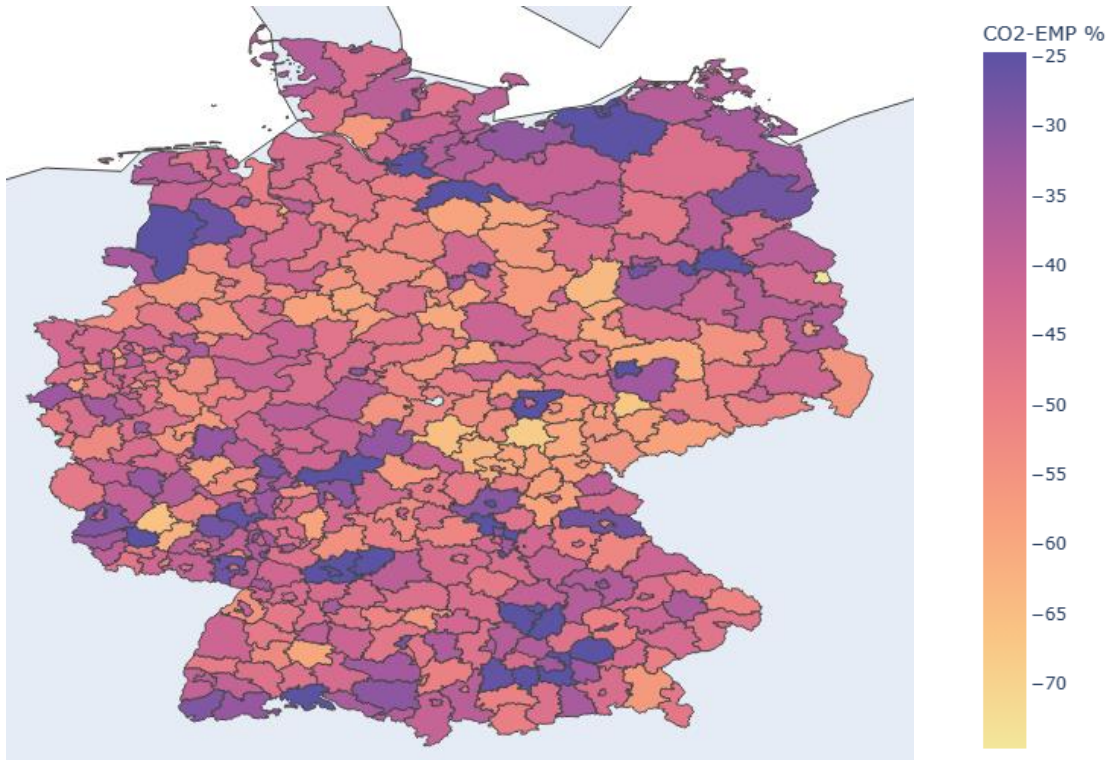
F, Baugewerbe



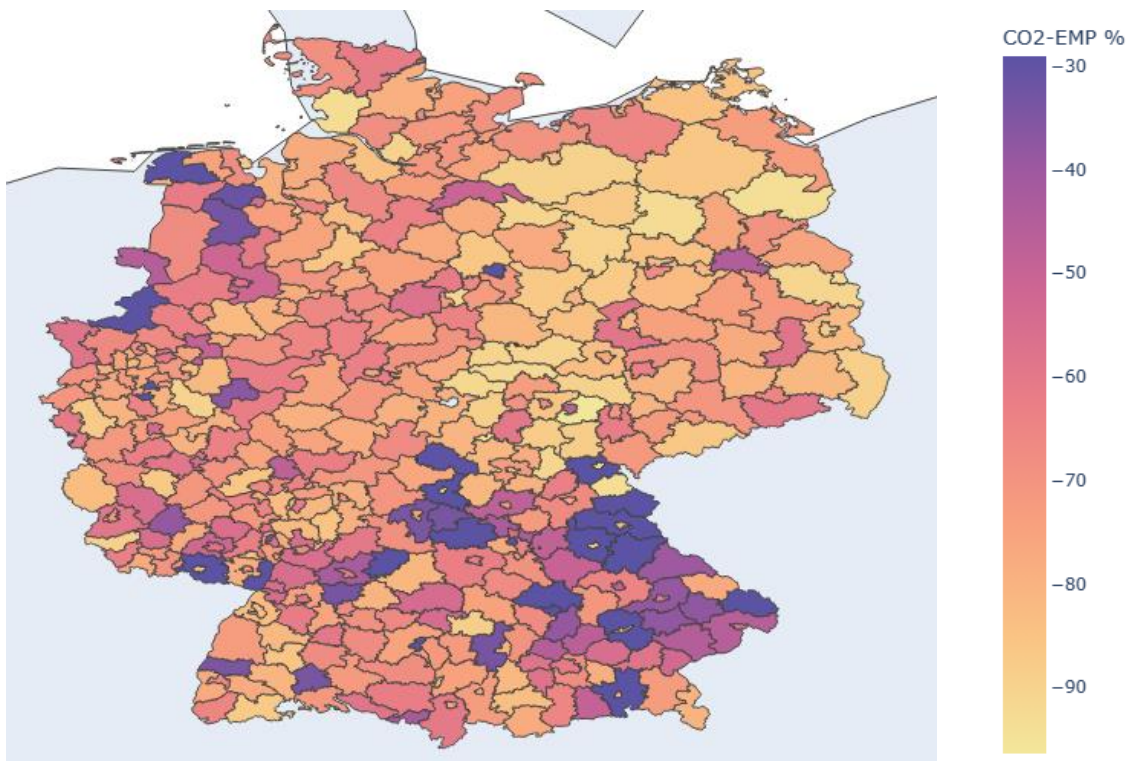
G, Handel; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen



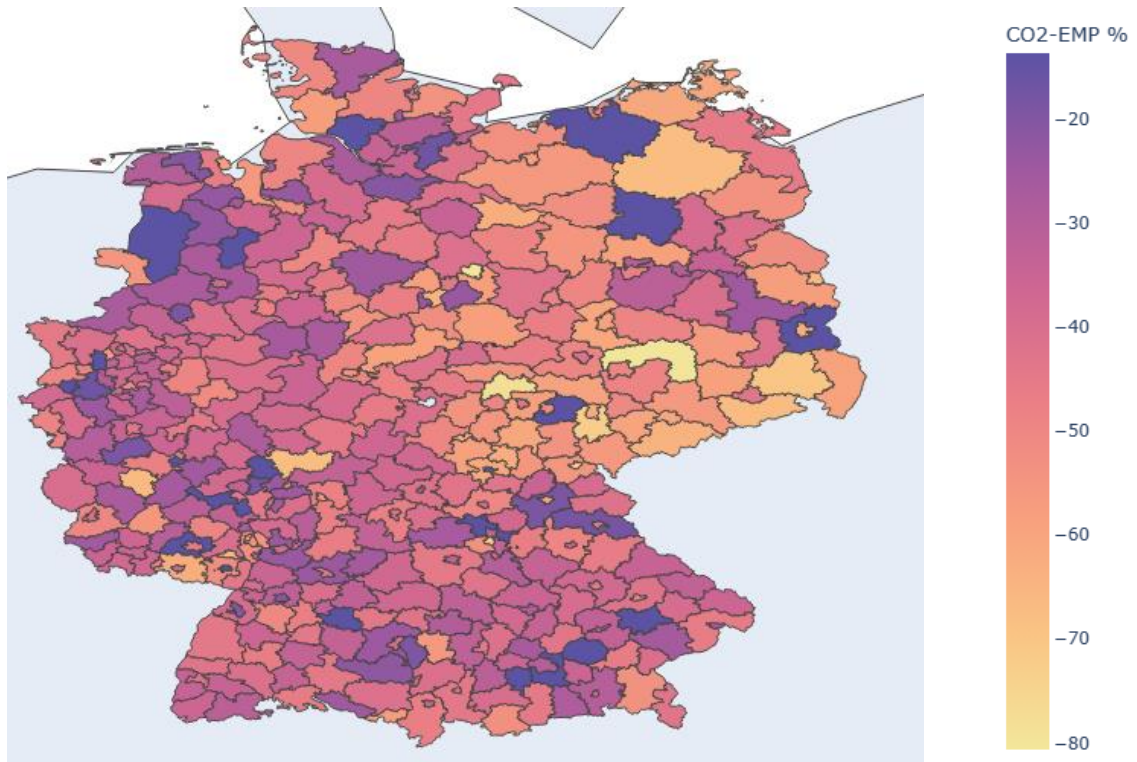
H, Verkehr und Lagerei



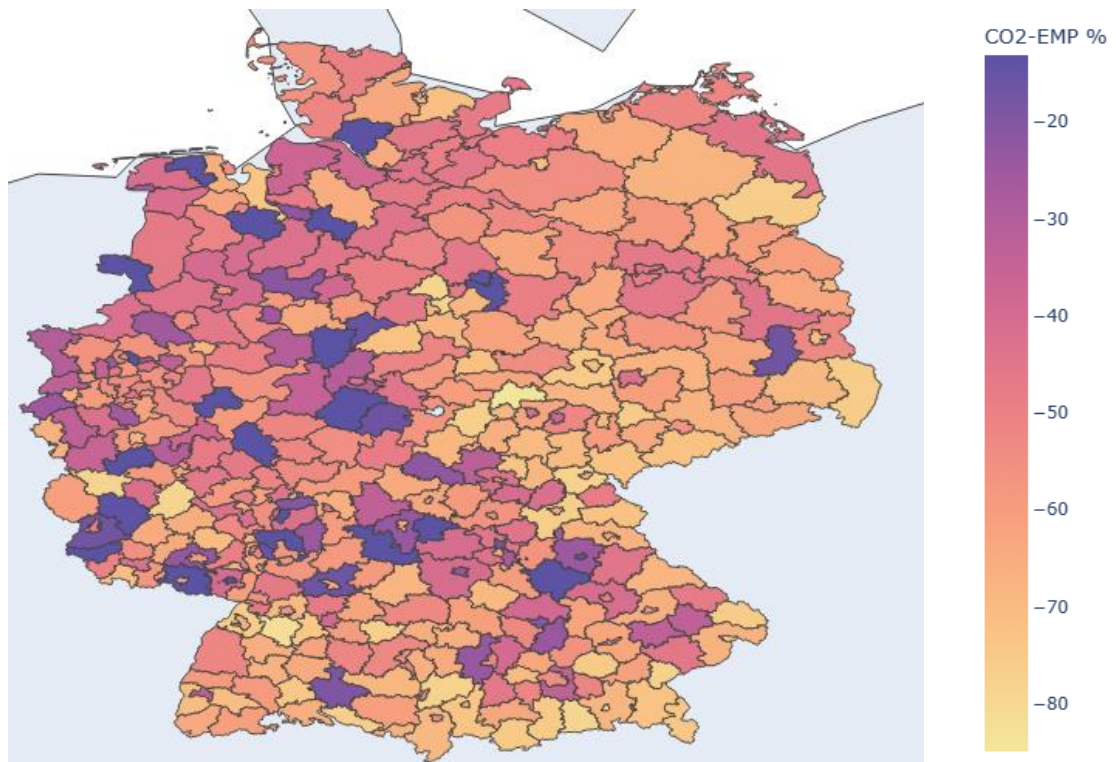
I, Gastgewerbe



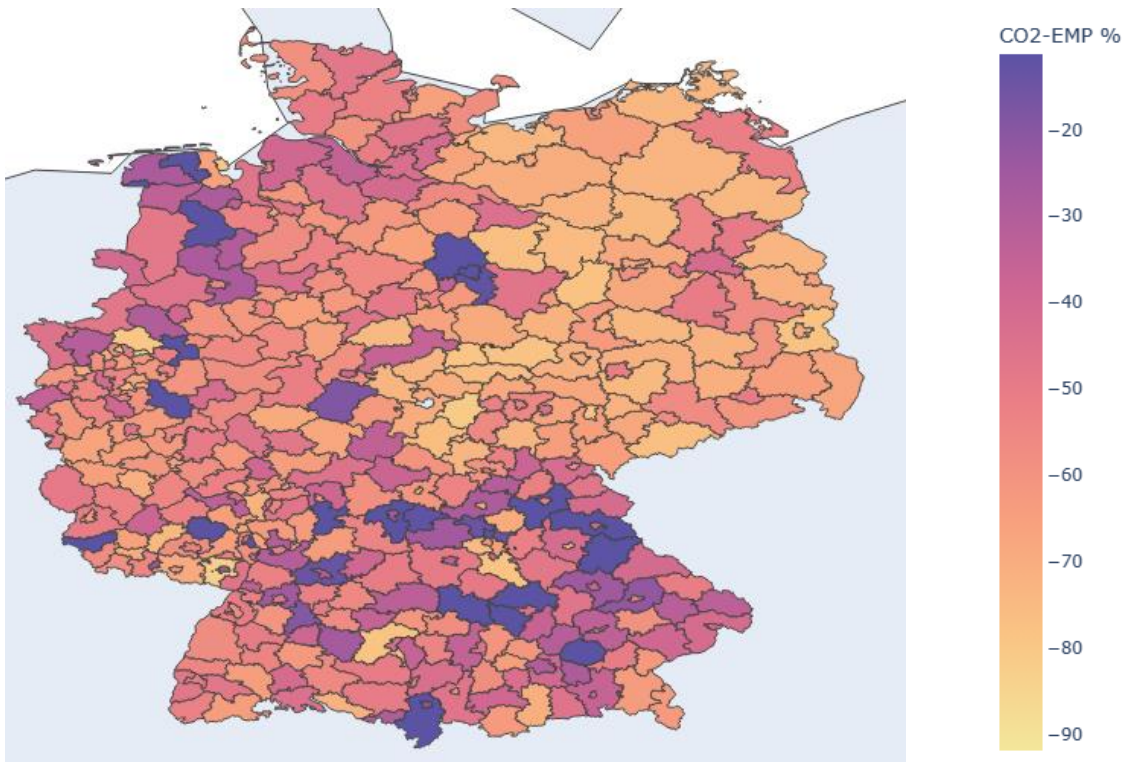
J, Information und Kommunikation



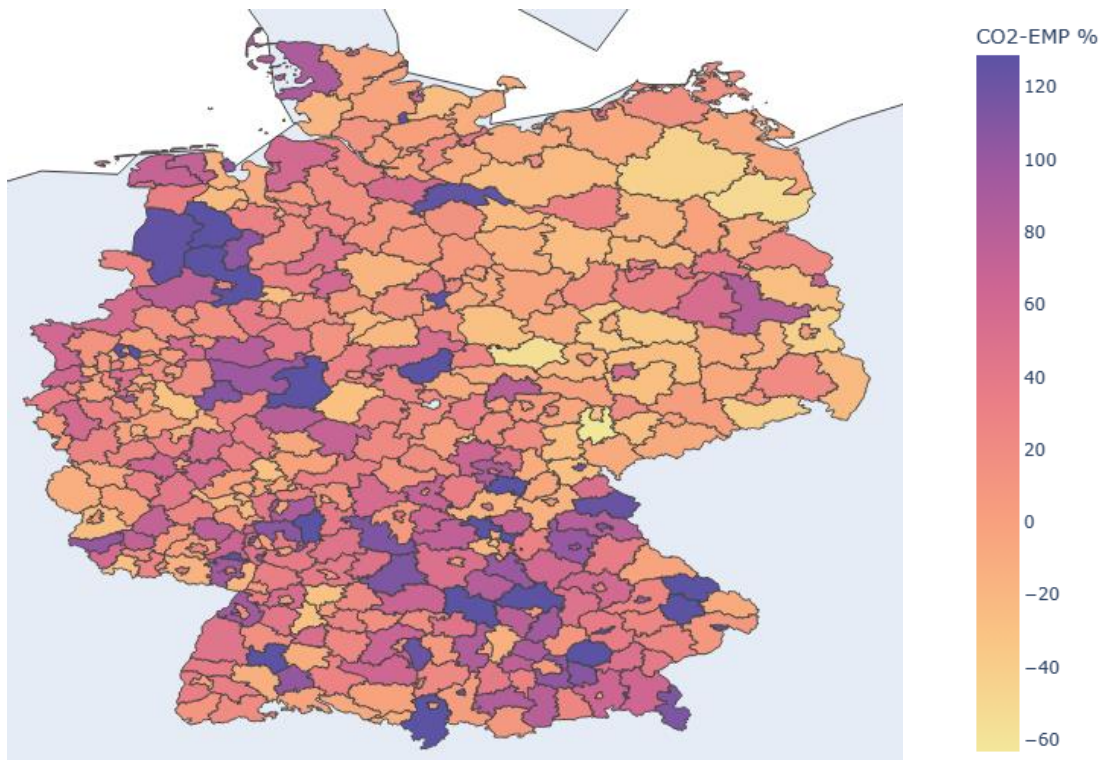
K, Erbringung von Finanz- und Versicherungsdienstleistungen



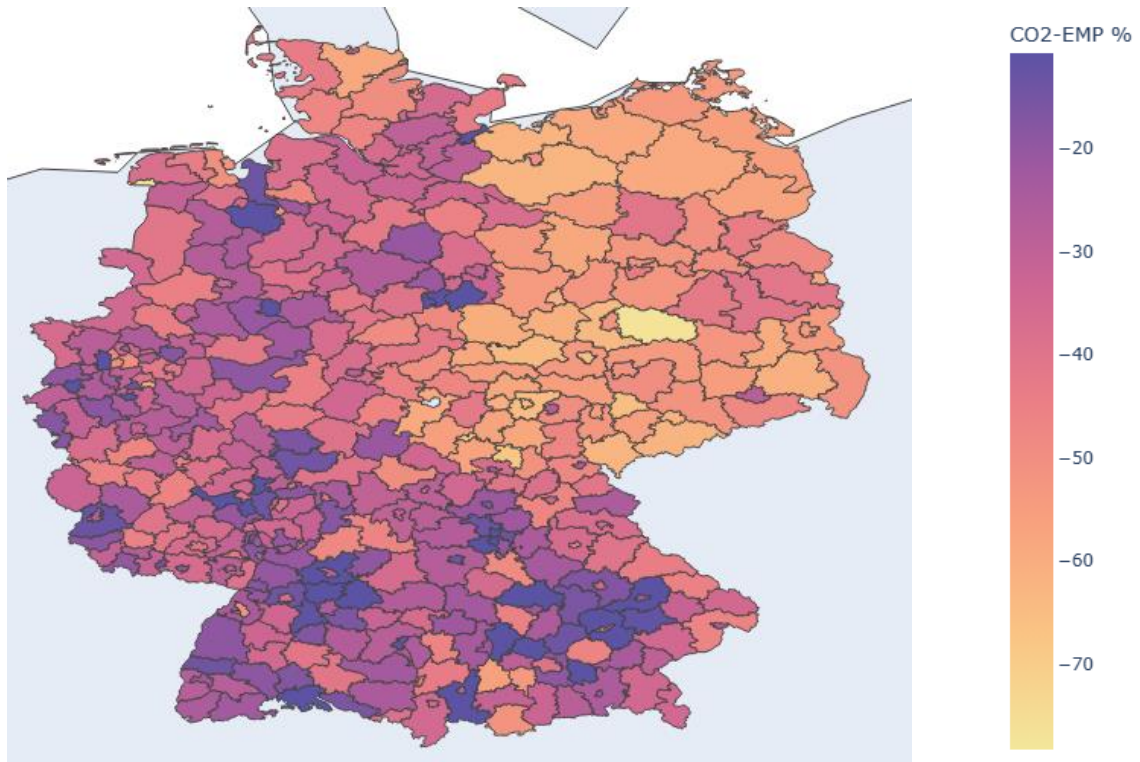
L, Grundstücks- und Wohnungswesen



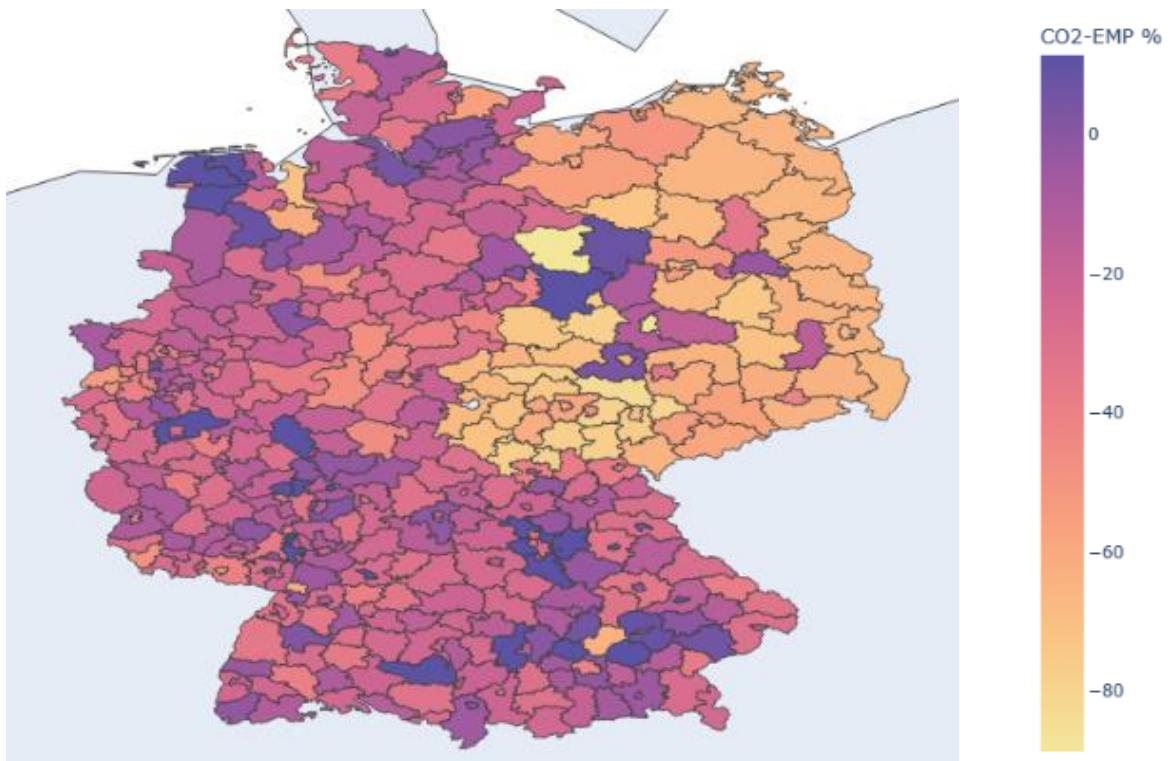
M, Erbringung von freiberuflichen, wissenschaftlichen und technischen Dienstleistungen



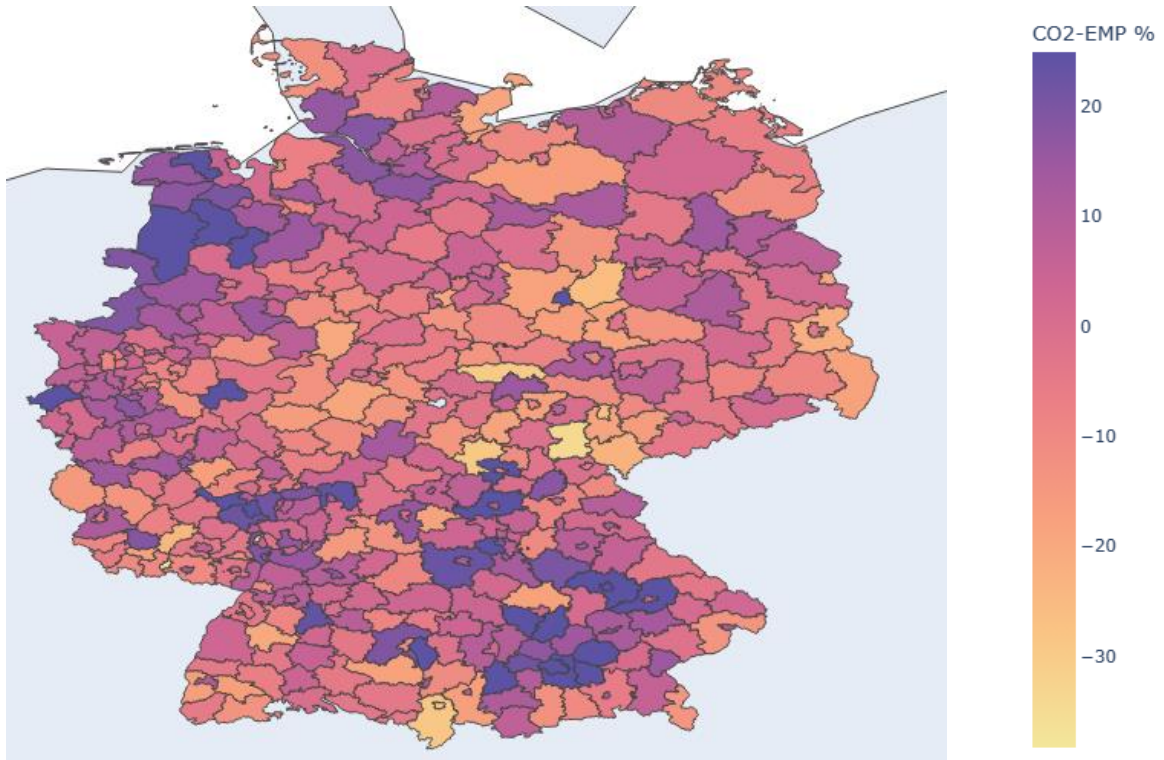
N, Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen



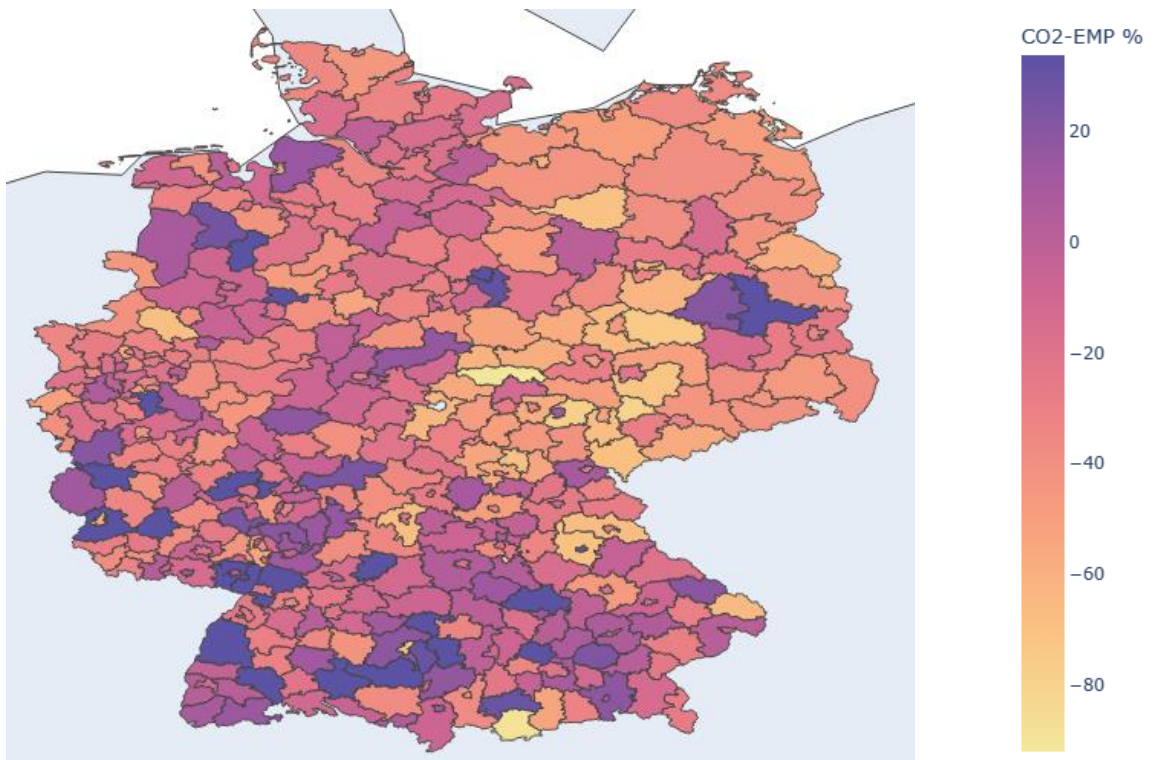
O, Öffentliche Verwaltung, Verteidigung; Sozialversicherung



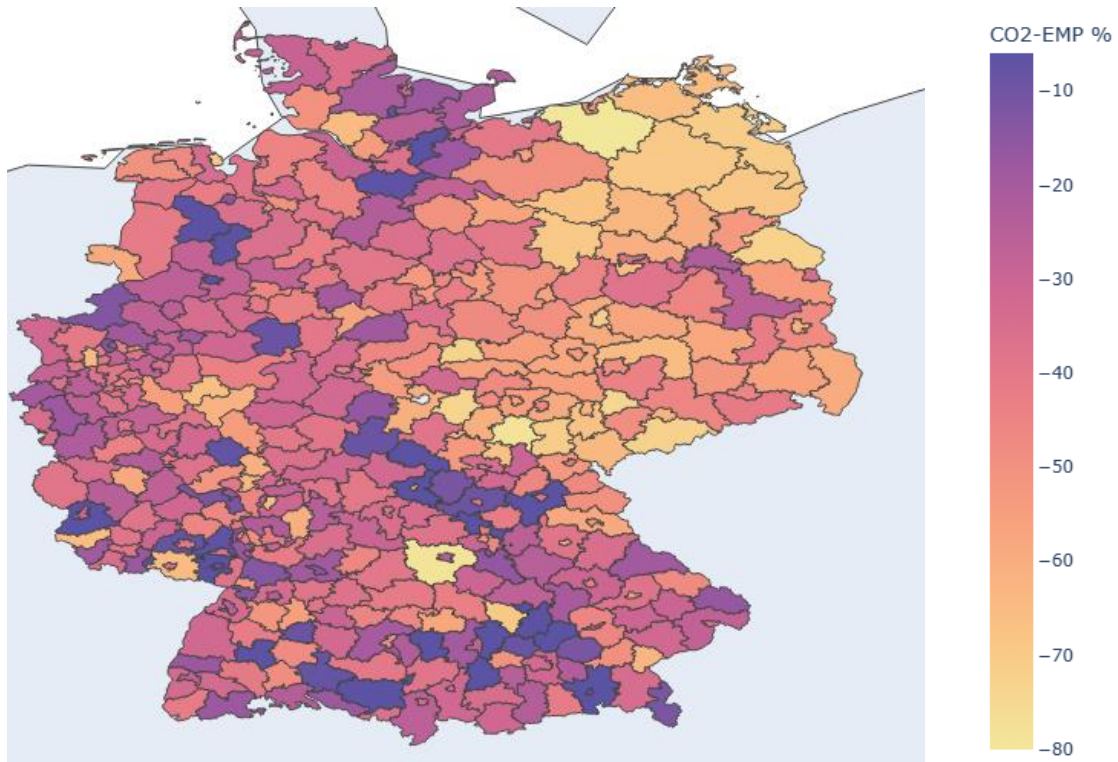
P, Erziehung und Unterricht



Q, Gesundheits- und Sozialwesen



R, Kunst, Unterhaltung und Erholung



S, Erbringung von sonstigen Dienstleistungen

A5) Regionale Emissionen und Wirtschaftstätigkeit

A5.1: Regionales CO₂-Exposure und Beschäftigungswachstum

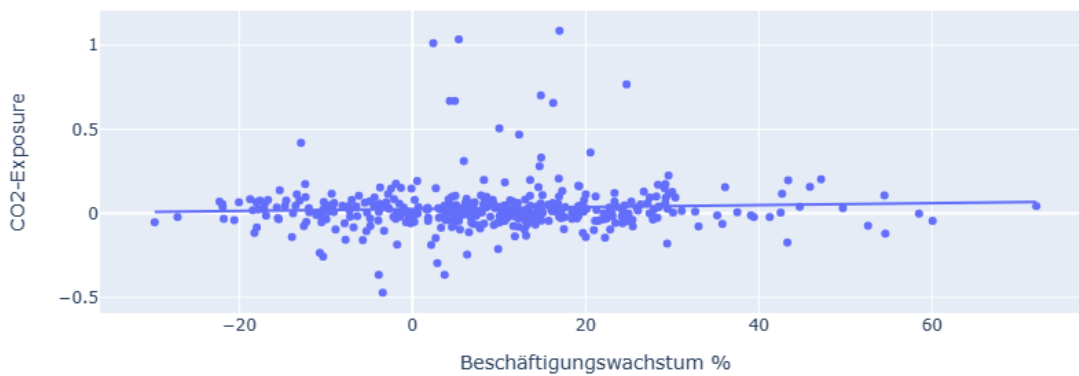


Abbildung A5.1a: CO₂-Exposure (d. h. CO₂-Veränderungen 2000–2019 auf Beschäftigung von 2000 verteilt) gegenüber den Beschäftigungsveränderungen 2000–2019, hier ohne: Energieversorgung (WZ 35). Beides in Prozent.

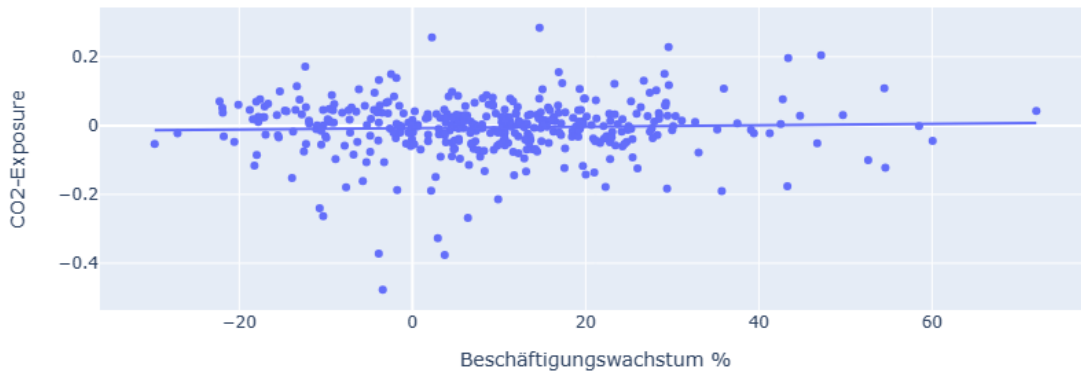


Abbildung A5.1b: CO₂-Exposure gegenüber Beschäftigungsveränderungen, hier ohne: Energieversorgung (WZ 35) und Schiffsverkehr (WZ 50). Beides in Prozent.

A5.2: Regionales Emissionswachstum und Beschäftigungswachstum, mit Energieversorgung

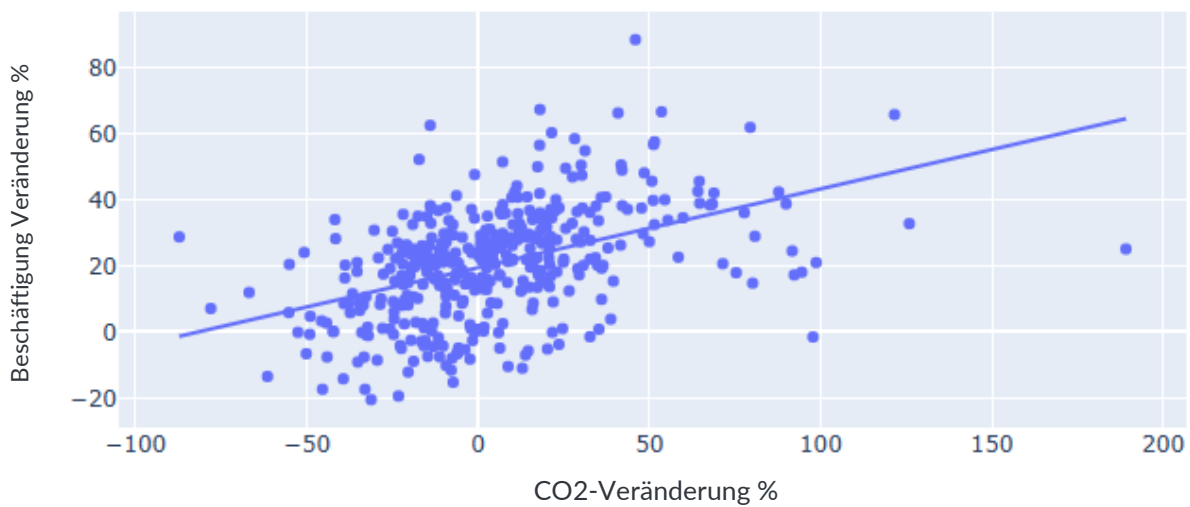
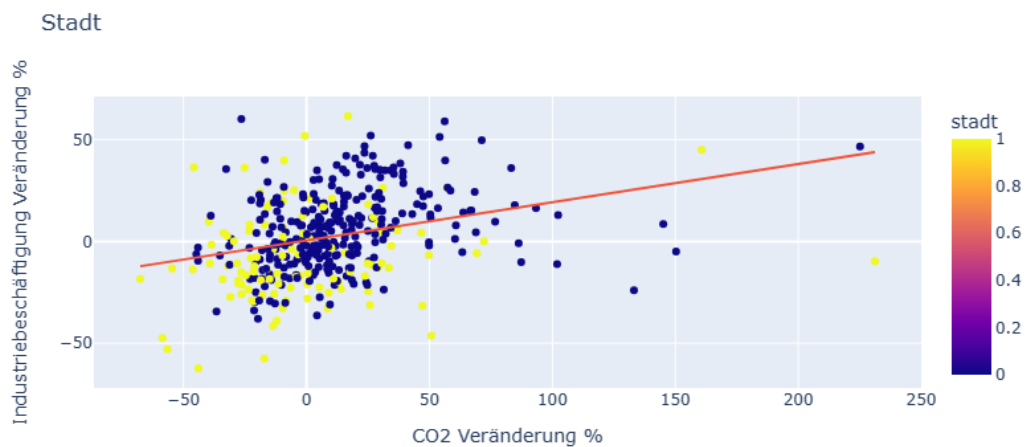
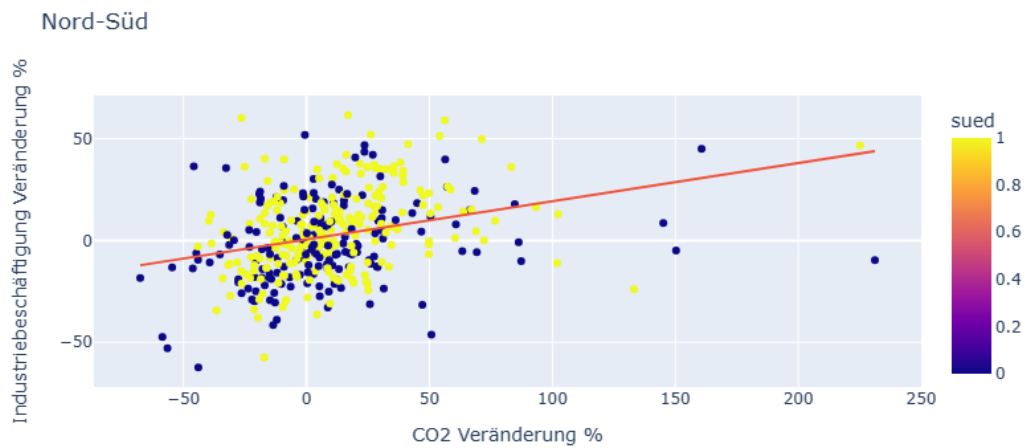
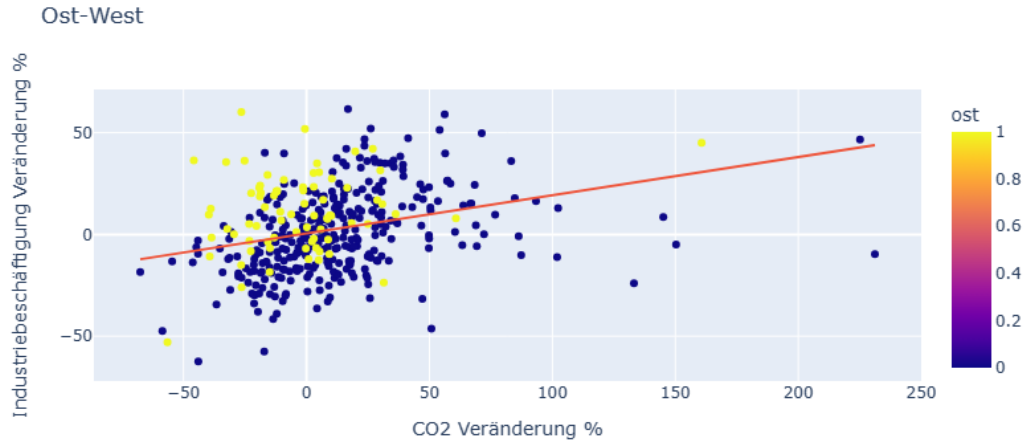


Abbildung A5.2: Korrelation zwischen CO₂-Wachstum und Beschäftigung, hier mit Berücksichtigung der Energieversorgung im Shift-Share

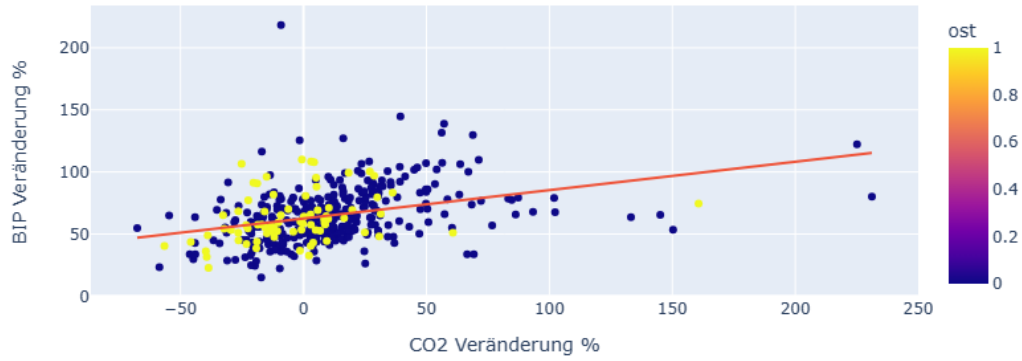
A6) Korrelation Emissionen und Wirtschaftstätigkeit in heterogenen Regionen

A6.1: Industriebeschäftigung

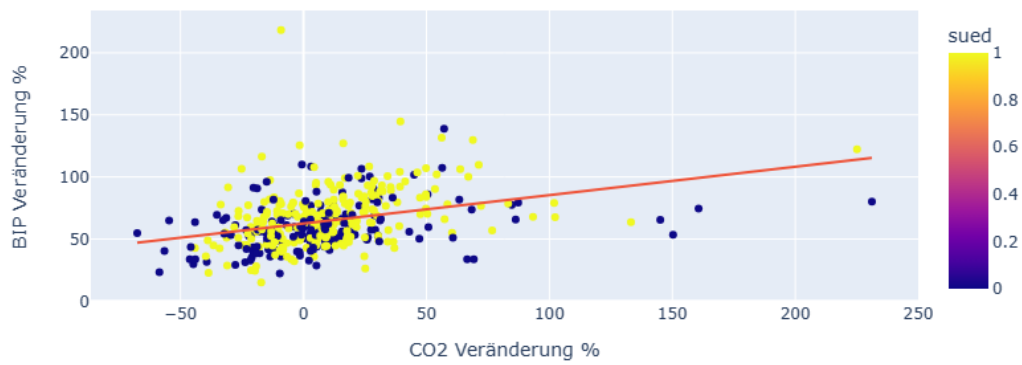


A6.2: Bruttoinlandsprodukt

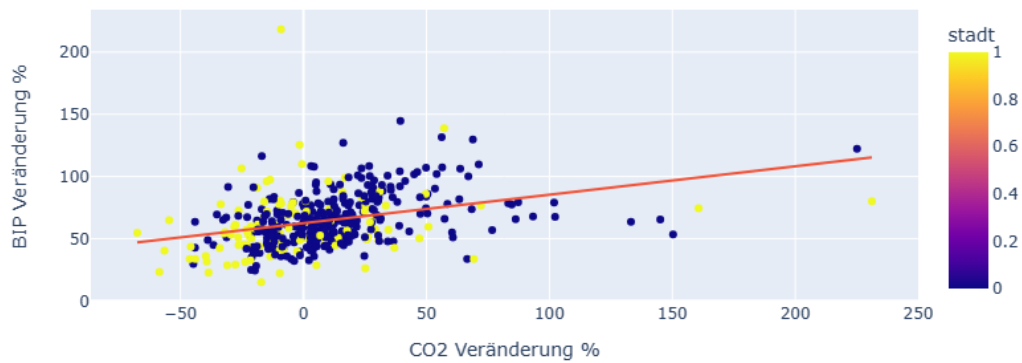
Ost-West



Nord-Süd

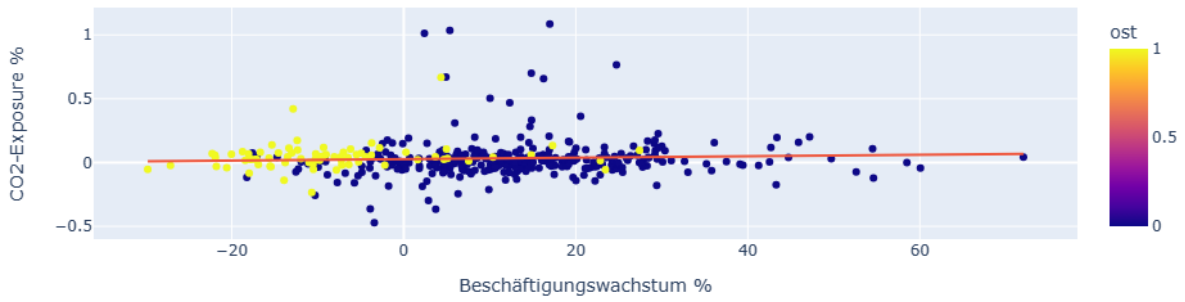


Stadt

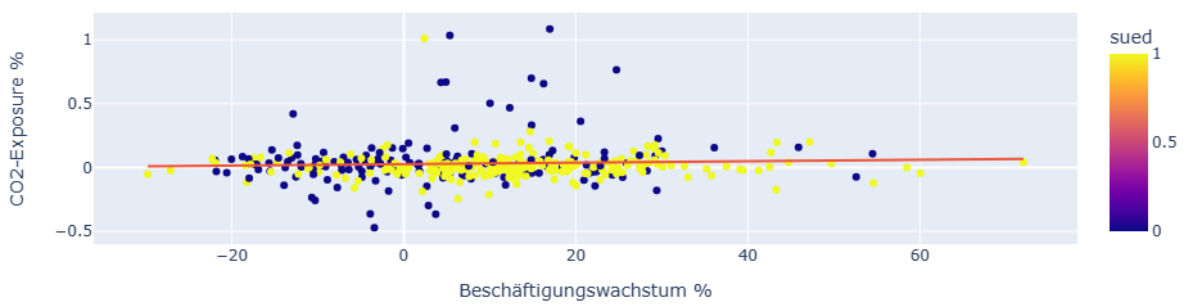


A6.3: Beschäftigungswachstum

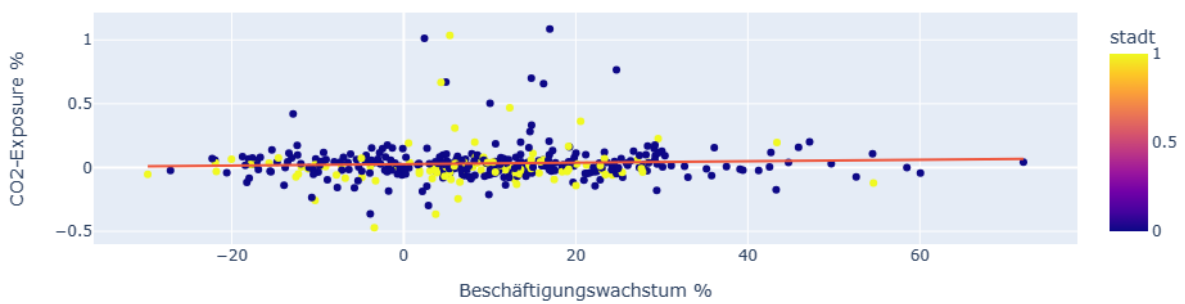
Ost-West



Nord-Süd



Stadt



Adresse | Kontakt

Bertelsmann Stiftung
Carl-Bertelsmann-Straße 256
33311 Gütersloh
Telefon +49 5241 81-0
bertelsmann-stiftung.de

Daniel Posch
Project Manager
Nachhaltige Soziale Marktwirtschaft
Telefon +49 30 275788-173
daniel.posch@bertelsmann-stiftung.de
<https://www.bertelsmann-stiftung.de/de/unsere-projekte/nachhaltig-wirtschaften>