

## **Transformationsrisiken in den Kreditportfolios: Die Kohlenstoffabhängigkeit der Bankkredite**

Von Markus Demary\*, Anna-Maria Hagenberg\*\* und Niklas Taft\*\*\*

### **Zusammenfassung**

Neben Risiken, die durch den Klimawandel entstehen, resultieren auch Risiken aus der Transformation der Unternehmen hin zu einer kohlenstoffneutralen Wirtschaft. Denn die emissionsintensiven Produzenten müssen massiv in klimafreundliche Technologien investieren und es ist noch nicht absehbar, wie hoch der Wirkungsgrad dieser Technologien für die Produktion emissionsarmer Güter sein wird, wie hoch die Herstellungskosten diese Güter sein werden und wie hoch die Zahlungsbereitschaft der Käufer für diese Güter sein wird. Kredite, die zur Finanzierung der Transformation dieser Unternehmen vergeben werden, sind also abhängig von diesen Risikofaktoren, die von den Emissionsintensitäten der Branchen abhängen. Als erste Abschätzung wird in diesem Beitrag die Kohlenstoffabhängigkeit der Bankkredite ermittelt. Die neuen Kennzahlen verknüpfen die Treibhausgasemissionen einer Branche mit dem Kreditvolumen, das eine Bankengruppe in diese Branchen vergeben hat. Es zeigt sich, dass finanzierte Emissionen nicht auf einzelne Bankengruppen oder Größenklassen konzentriert sind, sondern dass branchenspezifische Transformationsrisiken in allen Bankengruppen bestehen.

### **Summary**

In addition to risks arising from climate change, risks also result from the transformation of companies towards a carbon-neutral economy. This is because emission-intensive producers have to invest in climate-friendly technologies and it is not yet possible to predict how efficient these technologies will be for the production of low-emission goods, how high the production costs of these goods will be and how high the willingness of buyers to pay for these goods will be. Loans granted to finance the transformation of these companies are dependent on these risk factors, which depend on the emission-intensities of the industries. In a first step, this article determines the carbon-dependency of bank loans. The new indicators link the greenhouse gas emissions of an industry with the volume of loans that a banking group has granted to the industry. It is shown that these risk

---

\* Markus Demary, Institut der deutschen Wirtschaft, E-Mail: [demary@iwkoeln.de](mailto:demary@iwkoeln.de)

\*\* Anna-Maria Hagenberg, Institut der deutschen Wirtschaft, E-Mail: [hagenberg@iwkoeln.de](mailto:hagenberg@iwkoeln.de)

\*\*\* Niklas Taft, Institut der deutschen Wirtschaft, E-Mail: [taft@iwkoeln.de](mailto:taft@iwkoeln.de)

factors are not concentrated on certain banking groups or size classes, but that sector-specific transformation risks exist in all banking groups.

*JEL classification:* G21, G28, G32

*Keywords:* Banken, Dekarbonisierung, Finanzaufsicht, Finanzielle Risiken, Finanzmarktstabilität, Kreditausfallrisiko, Makroprudenzielle Aufsicht, Regulierung; banks, decarbonization, financial supervision, financial risks, financial market stability, credit default risk, macroprudential supervision, regulation

## 1. Einleitung

Neben Risiken, die aus dem Klimawandel entstehen, resultieren auch Risiken aus der Transformation der Unternehmen hin zu einer kohlenstoffneutralen Wirtschaft. Denn die emissionsintensiven Produzenten müssen massiv in klimafreundliche Technologien investieren und diese Technologien haben teilweise noch keine Marktreife erreicht. Dies gilt beispielsweise für Technologien, wie Carbon Capture and Storage oder Wasserstoff. D.h. es ist noch nicht absehbar, wie hoch der Wirkungsgrad dieser Technologien für die Produktion emissionsarmer Güter sein wird, wie hoch die Herstellungskosten für diese Güter sein werden und wie hoch die Zahlungsbereitschaft der Käufer für diese Güter sein wird. Kredite, die zur Finanzierung der Transformation dieser Unternehmen vergeben wurden, hängen somit von diesen Risikofaktoren ab, deren Höhe in einem Zusammenhang mit ihrer Emissionsintensität stehen. Die Bankenaufsicht ist sich dieser Risiken bewusst. So behandelt die Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (BaFin) Klima- und Transformationsrisiken nicht als neue Risikoart, sondern sie nutzt die etablierten Risikokategorien (BaFin, 2023). Die Höhe der Ausfallrisiken in Bezug auf die Transformationskredite, und wie diese sich im Bankensystem verteilen oder konzentrieren, ist noch unbekannt und es bedarf Forschung zu diesem Thema.

Der Ansatz, dem wir in diesem Beitrag folgen, ist die Ermittlung der aus der Unternehmensfinanzierung resultierenden finanzierten Treibhausgasemissionen von Bankengruppen auf der makroprudenziellen Ebene. Unter der Hypothese, dass emissionsintensive Branchen ein höheres Transformationsrisiko aufweisen als weniger emissionsintensive Branchen, können die finanzierten Treibhausgasemissionen von Banken Aufschluss über potenzielle makroprudenzielle Transformationsrisiken geben und einen ersten Überblick geben, auf welche Bankengruppen und Größenklassen sich diese Risiken eventuell fokussieren.

Für die Analyse der Transformationsrisiken der Unternehmen berechnen wir die Kohlenstoffabhängigkeit der Bankkredite und nutzen dazu die Methodik aus Demary und Taft (2023), in der die Energieabhängigkeit der Bankkredite ermittelt wurde. Diese wird mit einer Methodik der Partnership for Carbon Account-

ting Financials (PCAF) zur Messung der finanzierten Treibhausgasemissionen in den Portfolios von Banken und Kapitalanlagegesellschaften erweitert (PCAF 2022). Im Vergleich zur Methodik der PCAF, die einen mikroprudenziellen Ansatz verfolgt, liegt der Fokus in diesem Beitrag auf einer makroprudenziellen Sichtweise. D.h., dass der hier verfolgte Ansatz nicht die Kohlenstoffabgängigkeit einzelner Banken untersucht, sondern des Bankensystems in Deutschland. Ein hohes Exposure von Bankengruppen gegenüber Branchen mit einem hohen Transformationsbedarf kann dabei als gemeinsamer Risikofaktor interpretiert werden. Die Indikatoren können aus öffentlich verfügbaren Daten des Statistischen Bundesamtes und der Deutschen Bundesbank für Bankengruppen berechnet werden (Deutsche Bundesbank 2024a, Statistisches Bundesamt 2024b, c). Die Kennzahlen verknüpfen den Treibhausgasausstoß einer Branche mit Gewichtungsfaktoren auf Basis des Kreditvolumens, das eine Bankengruppe in diese Branche vergeben hat. Durch Aufsummieren der so gewichteten Emissionen entsteht eine Kennzahl, welche beschreibt, wie hoch die finanzierten Treibhausgasemissionen aus der Unternehmensfinanzierung einer Bankengruppe sind. Diese Kennzahl gibt einen Überblick über die Kohlenstoffabhängigkeit des Bankensystems und mögliche Konzentrationsrisiken auf einzelne Bankengruppen. Die Daten können im Fall einer nicht erfolgreichen Transformation einer oder mehrerer Branchen auf ein höheres Kreditausfallrisiko in den Kreditportfolios der Banken hindeuten. Auch wenn die Indikatoren in Bezug auf eine Charakterisierung der Transformationsrisiken weiterentwickelt werden können, geben sie einen Überblick über mögliche makroprudenziellen Risiken. Die Indikatoren können zum einen zu einem Vergleich zwischen Bankengruppen, zum anderen aber auch zur Analyse der Kohlenstoffabhängigkeit der Bankengruppen im zeitlichen Verlauf, d.h. während der Transformationsphase als Beobachtungsgröße, dienen.

Nachdem mit dieser Methodik ermittelt wurde, welche Bankengruppen eine besonders hohe Kohlenstoffabhängigkeit in ihren Kreditportfolios aufweisen, werden die Grenzen und Möglichkeiten dieser Kennzahl zur Abschätzung von systemischen Risiken aus der Transformationsphase für die Finanzmarktstabilität analysiert und diskutiert.

## 2. Methoden der Messung von finanzierten CO<sub>2</sub>-Emissionen

Die Finanzwirtschaft hat schon vor längerer Zeit damit begonnen, nachhaltige Finanzprodukte anzubieten bzw. ihre Asset Allocation nach Nachhaltigkeitskriterien auszurichten. Damit diese Finanzprodukte bzw. die Kapitalanlagen als nachhaltig gelten, dürfen sie keine umweltschädlichen Aktivitäten finanzieren. So war beispielsweise der norwegische Staatsfonds einer der ersten Fonds, der eine Nachhaltigkeitsstrategie implementiert hat. Der Fonds nutzt dazu einen risiko-basierten Ansatz, d.h. er investiert nicht in Unternehmen mit umwelt-

schädlichen oder nicht ethischen Aktivitäten und verkauft deren Anteile, wenn diese durch umweltschädliche oder nicht ethische Aktivitäten die zukünftige Rendite des Fonds bedrohen könnten. Die Ausschlusskriterien fallen dabei in die beiden Kategorien produktbasierter Ausschluss und verhaltensbasierter Ausschluss (NBIM 2024). Bei diesem Ansatz werden die finanzierten Emissionen allerdings nicht gemessen, sondern es werden Unternehmen aus der Kapitalanlage ausgeschlossen, die nicht den Nachhaltigkeitsaspekten des Fonds entsprechen.

Zusätzlich zu den Branchenstandards ist mit der EU-Taxonomie für nachhaltige Wirtschaftsaktivitäten ein einheitlicher Rechtsrahmen für die EU geschaffen worden (Europäische Union 2020). Im Rahmen der Taxonomie werden jedoch keine finanzierten Emissionen gemessen, sondern es werden Kennzahlen für drei Aktivitäten und sechs Umweltziele auf Basis der Daten der Kreditnehmer ermittelt:

- **Grüne Aktivitäten:** Dies sind Aktivitäten, die zu den sechs Umweltzielen Klimaschutz, Klimawandelanpassung, Schonung der Wasserressourcen, Kreislaufwirtschaft, Verschmutzungsvermeidung sowie dem Erhalt des Ökosystems und der Biodiversität beitragen, ohne ein anderes Ziel zu beeinträchtigen.
- **Enabling-Aktivitäten:** Diese Aktivitäten, z.B. Datenservices, unterstützen grüne Aktivitäten.
- **Transition-Aktivitäten:** Für diese Aktivitäten existieren noch keine CO<sub>2</sub>-armen Alternativen.

Die Taxonomie betrifft dreizehn Sektoren, wie beispielsweise die Energieerzeugung, das Verarbeitende Gewerbe, den Transportsektor und den Gebäudesektor. Unternehmen müssen dann auf Basis der Taxonomie die Kennzahlen taxonomie-konformer Umsatzanteil, taxonomie-konformer Investitionsanteil und taxonomie-konformer Betriebskostenanteil ermitteln. Banken können diese Kennzahlen von ihren Kunden einfordern und ihre Kreditvergabe danach steuern. Für eine Analyse der Kohlenstoffabhängigkeit des Bankensektors eignen sich diese drei Kennzahlen allerdings nicht, da sie nicht aus öffentlich verfügbaren Daten ermittelt werden können, sondern nur auf Basis von Kundendaten der Banken.

Um die Daten zu den Treibhausgasemissionen der Wirtschaftsbereiche mit der Kreditvergabe nach Wirtschaftsbereichen über amtliche Daten zu verknüpfen, verwenden wir deshalb eine Methodik, die an PCAF (2022) und Demary und Taft (2023) angelehnt ist. Nach der Methodik der PCAF werden die finanzierten Treibhausgasemissionen in den Kredit- und Anlageportfolios für die von Banken und Kapitalanlagegesellschaften finanzierten Vermögensklassen ermittelt. PCAF teilt diese z. B. in Unternehmen, Immobilien, Fahrzeuge oder Infrastrukturprojekte ein, wobei der Fokus dieses Beitrages auf den Unternehmenskrediten liegt.

Zu den Treibhausgasemissionen der einzelnen Assetklassen gehören laut PCAF die folgenden drei Emissionsklassen:

- **Scope-1-Emissionen:** dies sind direkte Emissionen, die beim berichtenden Unternehmen oder von ihm kontrollierten Beteiligungsgesellschaften im Produktionsprozess entstehen.
- **Scope-2-Emissionen:** dies sind indirekte Emissionen, die durch den Erwerb von für die Produktion erforderliche Elektrizität, Dampf, Wärme oder Kälte entstanden sind.
- **Scope-3-Emissionen:** dies sind indirekte Emissionen, die nicht in Scope-2 enthalten sind. Scope-3-Emissionen können als Upstream Emissionen (z. B. aus dem Einkauf von Materialien) oder als Downstream Emissionen (z. B. bei der Logistik) entstehen.

Finanzierte Treibhausgasemissionen, also Emissionen, die bei einem Unternehmen anfallen, das von Banken finanziert wird, sind aus Sicht der finanzierenden Bank Downstream Emissionen und werden auf der Scope-3-Ebene der finanzierenden Bank gemessen. Bei einer Bank können die finanzierten Emissionen einem Vielfachen ihrer eigenen Scope-1- und Scope-2-Emissionen entsprechen. Die Scope-1- und Scope-2-Emissionen einer Bank können z. B. aus dem Betrieb eines Rechenzentrums oder einer Filiale entstehen. Diese werden in unserer Analyse aber ausgeblendet.

Bei PCAF (2022) werden im ersten Schritt für die Assetklassen Gewichtungsfaktoren errechnet, die dann mit den Treibhausgasemissionen des finanzierten Unternehmens, des finanzierten Projekts, der finanzierten Immobilie, des finanzierten Fahrzeugs oder des finanzierten öffentlichen Sektors multipliziert werden. So wird der Gewichtungsfaktor bei Bankkrediten berechnet, indem das an ein Unternehmen vergebene Kreditvolumen durch das Volumen des Eigenkapitals und der Fremdfinanzierungsinstrumente des Unternehmens geteilt wird. Anschließend wird dieser Gewichtungsfaktor mit den Treibhausgasemissionen des Unternehmens multipliziert. Die gewichteten Emissionen aller Kreditnehmer werden anschließend aufsummiert. Analoge Berechnungen sind für Projektfinanzierungen, Gewerbeimmobilien, Hypotheken, Autofinanzierungen und Staatsanleihen möglich.

Für das Berichten der finanzierten Emissionen schlägt PCAF die folgenden Kennzahlen vor:

- **Absolute Emissionen:** Hierbei handelt es sich um die gesamten finanzierten Treibhausgasemissionen eines Portfolios. Dazu werden die CO<sub>2</sub>-Emissionen der verschiedenen Kreditnehmer mit ihren Gewichtungsfaktoren multipliziert und aufsummiert. Die absoluten Emissionen werden in Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten gemessen.

- **Ökonomische Emissionsintensität:** Diese berechnet sich durch Division der absoluten Emissionen von finanzierten Unternehmen durch das Volumen an Finanzierung für diese Unternehmen.
- **Physische Emissionsintensität:** Hierbei handelt es sich um die absoluten Emissionen von finanzierten Unternehmen im Verhältnis zum Energieverbrauch der Unternehmen. Sie werden in Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten pro Megawattstunde gemessen.
- **Gewichtete mittlere Emissionsintensität:** Diese Kennzahl misst das Exposure eines Portfolios gegenüber emissions-intensiven Unternehmen. Diese Kennzahl wird durch das Verhältnis der absoluten Emissionen der finanzierten Unternehmen und den Umsätzen der Unternehmen gemessen.

Im folgenden Abschnitt wird unsere daran angelehnte Methodik zur Messung der finanzierten CO<sub>2</sub>-Emissionen des Bankensystems beschrieben.

### 3. CO<sub>2</sub>-Emissionen der Wirtschaftsbereiche

#### 3.1 Methodik

Für die Analyse wird in Anlehnung an Demary und Taft (2023) und PCAF (2022) die aus der Unternehmensfinanzierung resultierende Emissionskreditlast als ein Maß der von Banken finanzierten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Unternehmen definiert. Mit Hilfe von öffentlich verfügbaren Daten der Deutschen Bundesbank (2024a) und des Statistischen Bundesamts (2024b, c) kann dieser Indikator für Branchen und Bankengruppen berechnet werden. Im Gegensatz zur Methodik der PCAF, welche auf Daten von Einzelinstituten basieren, wird hier auf die Systemsicht fokussiert, d.h. das Bankensystem als Ganzes mit seinen Teilbereichen der Bankengruppen wird betrachtet und es werden dazu aggregierte Daten der Bankengruppen verwendet.

**Definition: Emissionskreditlast**

Die Emissionskreditlast ist eine multiplikative Verknüpfung von Emissionen mit Gewichtungsfaktoren aus Kreditvolumen und Wertschöpfung. Dies entspricht einem funktionalen Zusammenhang zwischen Emissionsintensität und Kreditvolumen. Die (absolute) Emissionskreditlast wird dadurch in der Einheit Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten gemessen:

$$EKL_{ij} = \frac{KV_{ij}}{WS_i} \times E_i = EI_i \times KV_{ij}$$
$$EKL_j = \sum_i EKL_{ij}$$
$$relEKL_j = \frac{\sum_i EKL_{ij}}{\sum_i KV_{ij}} = \sum_i \frac{KV_{ij}}{\sum_r KV_{rj}} \times EI_i$$

$EKL_{ij}$	Absolute Emissionskreditlast von Bankengruppe $j$ in Branche $i$ gemessen in Millionen Tonnen CO <sub>2</sub> -Äquivalenten
$relEKL_j$	Relative Emissionskreditlast von Bankengruppe $j$ gemessen in Tonnen CO <sub>2</sub> -Äquivalenten pro Tausend Euro
$\frac{KV_{ij}}{WS_i}$	Gewichtungsfaktor für Bankengruppe $j$ und Branche $i$
$E_i$	Emissionen von Branche $i$ gemessen in Tonnen CO <sub>2</sub> -Äquivalenten
$WS_i$	Wertschöpfung von Branche $i$ gemessen in Tausend Euro
$EI_i = \frac{E_i}{WS_i}$	Emissionsintensität in Branche $i$ gemessen in Tonnen CO <sub>2</sub> -Äquivalenten pro Tausend Euro Wertschöpfung
$KV_{ij}$	Kreditvolumen vergeben durch Bankengruppe $j$ in Branche $i$ , gemessen in Milliarden Euro

Die Emissionskreditlast besteht aus einem Gewichtungsfaktor für eine Branche, der mit den Treibhausgasemissionen dieser Branche multipliziert wird. Als Gewichtungsfaktor wird das an eine Branche vergebene Kreditvolumen einer Bankengruppe ins Verhältnis zur Wertschöpfung dieser Branche gesetzt. Anschließend können die gewichteten Emissionen der finanzierten Branchen aufsummiert werden. Auf diese Art und Weise ergibt sich eine Kennzahl, welche beschreibt, welches Emissionsvolumen hinter dem von einer Bankengruppe finanzierten Kreditvolumen steht. Wird diese Zahl nun ins Verhältnis zur gesamten Größe des Kreditvolumens einer Bankengruppe gesetzt, so ergibt sich mit der relativen Emissionskreditlast eine Variable, welche einen Vergleich zwischen verschiedenen Kreditinstituten ermöglicht. Diese Kennzahl ist vergleichbar mit der mittleren Emissionsintensität aus der Methodik der PCAF.

Ausgangspunkt sind Daten zu den absoluten Treibhausgasemissionen der Branchen. Diese werden von Statistischen Bundesamt nach Wirtschaftszweigen aufgeschlüsselt und in Tonnen an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten ausgewiesen (Statistisches Bundesamt, 2024b). Dabei umfassen die in CO<sub>2</sub>-Äquivalenten ausgewiesenen Emissionen auch den Ausstoß anderer klimawirksamer Treibhausgase, wie beispielsweise Methan (CH<sub>4</sub>) oder Lachgas (N<sub>2</sub>O). Die Emissionen dieser anderen Treibhausgase werden so errechnet, dass eine Einheit CO<sub>2</sub>-Äquivalent die Menge an CO<sub>2</sub> beschreibt, welche den gleichen effektiven Treibhausgaseffekt hätte (Umweltbundesamt 2022). Nachdem die absoluten Emissionen ins Verhältnis mit der im jeweiligen Wirtschaftszweig erbrachten Wertschöpfung ins Verhältnis gesetzt wurden, ergibt sich die Emissionsintensität für die jeweilige Branche. Diese Größe beschreibt den Ausstoß an Emissionen pro erbrachten Euro an Wertschöpfung. Anschließend wird die Emissionsintensität mit den jeweiligen Kreditvolumina multipliziert. Die Kreditdaten werden von der Deutschen Bundesbank nach Wirtschaftszweigen und Bankengruppen veröffentlicht (Deutsche Bundesbank, 2024a).

Der Vorteil dieser Messgröße ist, dass sie nicht nur die unterschiedlichen Emissionsintensitäten der Branchen berücksichtigt, sondern dass auch die Bedeutung der jeweiligen Branche für die jeweilige Bankengruppe miteinbezogen wird.

### *3.2 Korrelation von Energieintensität und Emissionsintensität*

Ausgangspunkt für die Abschätzung der aus der Unternehmensfinanzierung resultierenden finanzierten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Bankengruppen ist die CO<sub>2</sub>-Intensität der von den Bankengruppen finanzierten Wirtschaftsbereichen. Die CO<sub>2</sub>-Intensität der Wirtschaftsbereiche korreliert stark mit deren Energieintensität, da die Scope-2-Emissionen einen großen Teil der gesamten Emissionen ausmachen. Wie gut die Transformation der Energiebranche gelingt, ist damit über die Steuerung von Scope-2-Emissionen ein entscheidender Teil des Transformationsrisikos energieintensiver Unternehmen und der sie finanzierenden Banken. Ein Großteil des Verbrauchs von Energieträgern durch Unternehmen in Deutschland konzentriert sich dabei auf einige wenige Wirtschaftszweige, wie die Chemische Industrie, die Energiewirtschaft, der Verkehrssektor und die Metallerzeugung, wie aus Abbildung 1 ersehen werden kann. Bei der Chemischen Industrie muss berücksichtigt werden, dass die Ölprodukte auch stofflich genutzt werden. Andere Wirtschaftsbereiche nutzen diese dann beispielsweise in Form von Kunststoffen.



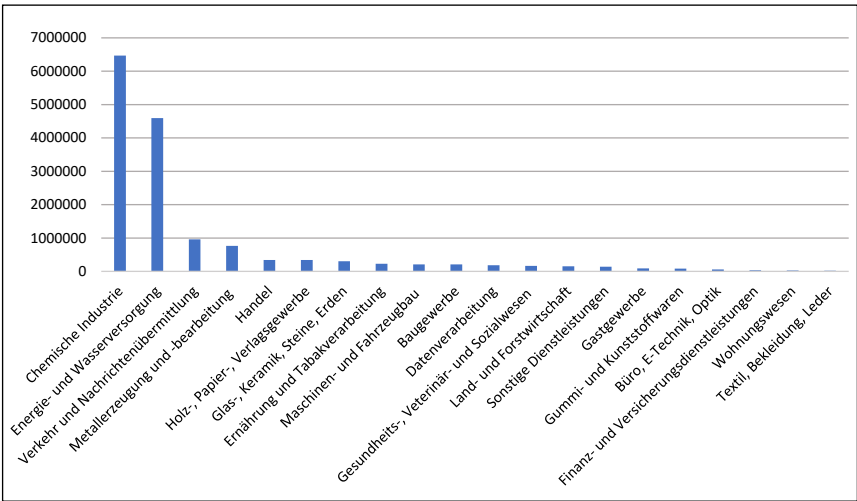


Abbildung 1: Energieträgerverbrauch ausgewählter Branchen  
Deutschland, 2020, in TeraJoule

Quelle: Statistisches Bundesamt (2024a).

Richtet man den Blick wiederum auf die durch Unternehmen verursachten Treibhausgasemissionen zeigt sich ein ähnliches Branchenbild (Abbildung 2). Die Emissionen lassen sich in Emissionen der Energieverwendung, des Straßenverkehrs sowie in Emissionen von sonstigen Prozessen unterteilen. In den meisten Branchen entsteht der Großteil der Emissionen bei der Energieverwendung, insgesamt sind es 76 Prozent. Nur 7 Prozent der Treibhausgasemissionen lassen sich auf den Straßenverkehr und 17 Prozent auf sonstige Prozesse zurückführen. Die mit Abstand höchsten Treibhausgasemissionen von rund 284 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten entstehen in der Energie- und Wasserwirtschaft, gefolgt von der Land- und Forstwirtschaft (ca. 75,4 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten) sowie der Verkehr- und Nachrichtenübermittlung (ca. 74,1 Mio. Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten). Ebenfalls emissionsstark sind die Metallerzeugung, die Chemische Industrie sowie der Wirtschaftsbereich Glas, Keramik, Steine und Erden, zu der auch die Zement- und die Kalkproduzenten gezählt werden.

Wie auch beim Verbrauch von Energieträgern, konzentriert sich somit ein Großteil der ausgestoßenen Treibhausgase auf wenige Branchen. Diese Branchen korrelieren wiederum mit wenigen Ausnahmen mit den energieintensiven Branchen. So ist insbesondere die Energiewirtschaft aktuell mit Abstand der größte einzelne Emittent von Treibhausgasen. Ausnahmen von dieser Korrelation bilden hingegen die Landwirtschaft und die Chemische Industrie. So ist die Landwirtschaft der zweitgrößte Emittent von Treibhausgasen. Sie gehört jedoch

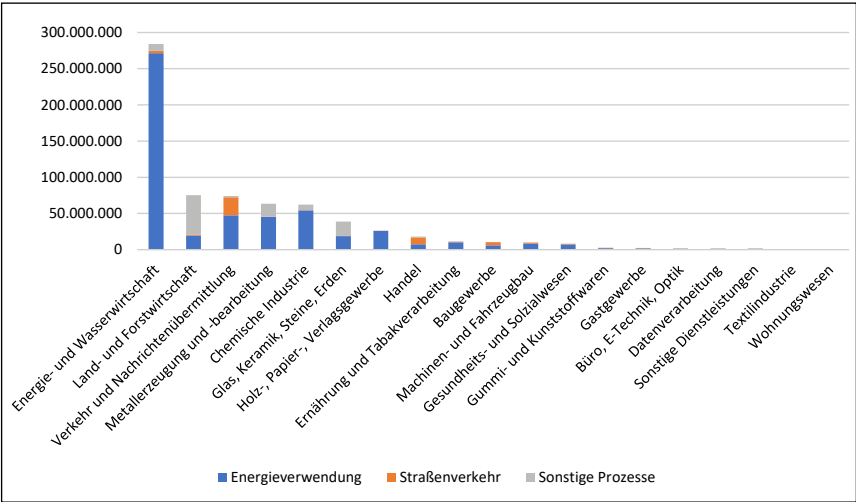


Abbildung 2: Absolute Treibhausgasemissionen ausgewählter Branchen Deutschland, 2021, in Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten

Quelle: Statistisches Bundesamt (2024b).

nicht zu den Branchen mit außergewöhnlich hohem Verbrauch an Energieträgern. Ihre Transformationsrisiken hängen damit weniger von dem Gelingen der Energiewende und dafür stärker von der Reduzierung der Scope-1-Emissionen der Landwirtschaftsbetriebe ab.

3.3 Emissionsintensität

Die Emissionsintensität einer Branche ist definiert als die gesamten Treibhausgasemissionen einer Branche im Verhältnis zu ihrer jeweiligen Nettowertschöpfung. Sie gilt als Maß dafür, wie viele Treibhausgasemissionen bei der Produktion in der jeweiligen Branche entstehen. Dies gilt aber nur für die von der Branche hergestellten Endprodukte. Denn eine Branche mit geringen Treibhausgasemissionen für die Produktion ihrer Produkte kann durchaus Vorprodukte einsetzen, deren Herstellung viele Treibhausgasemissionen verursacht. So sind die Emissionen der Wohnungswirtschaft nicht sehr hoch. Durch die Regulierung von Emissionen im Gebäudesektor ist diese Branche aber auch in einem Transformationsprozess, den unsere Daten allerdings nicht abbilden können.

Die Emissionsintensität als Messgröße bietet die Möglichkeit, die Treibhausgasemissionen einer Branche ins Verhältnis mit ihrer volkswirtschaftlichen Bedeutung zu setzen. Dies verdeutlicht Abbildung 3, insbesondere im Vergleich

mit Abbildung 2. So hat die Energie- und Wasserwirtschaft zwar den mit Abstand höchsten absoluten Emissionsausstoß (284 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente, Abbildung 2), wird in der Emissionsintensität jedoch von der Land- und Forstwirtschaft übertroffen (Abbildung 3). Dies ist darauf zurückzuführen, dass letztere unter den berücksichtigten Branchen die zweinniedrigste Nettowertschöpfung von 13,7 Mrd. Euro aufweist und nur von der Textilindustrie mit einer Nettowertschöpfung von rund 6,3 Mrd. Euro untertroffen wird. Ebenso weist das Glas- und Keramikgewerbe, zu dem auch die Zement- und die Kalkindustrie gezählt werden, aufgrund ihrer relativ geringen Nettowertschöpfung von rund 15,6 Mrd. Euro trotz eines moderaten absoluten Emissionsausstoßes (38,9 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten, Abbildung 2) die dritthöchste Emissionsintensität von ca. 2,4 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten/Tausend Euro auf (Abbildung 3).

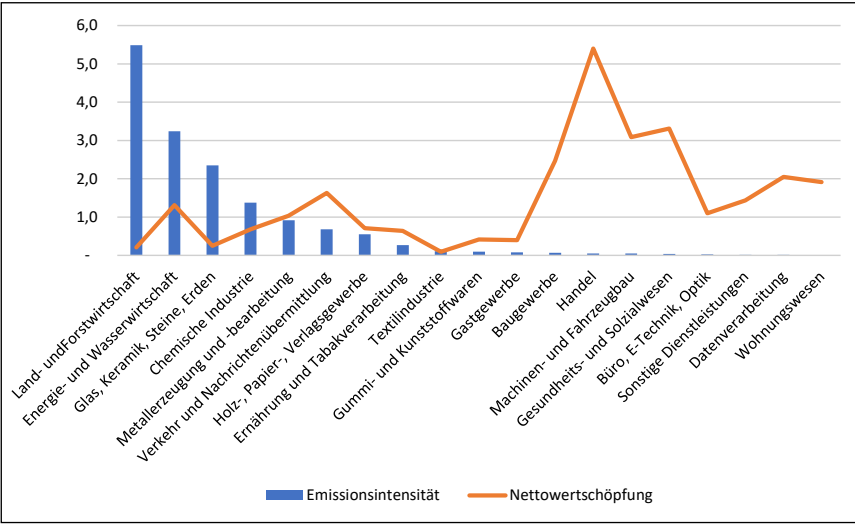


Abbildung 3: Emissionsintensität und Nettowertschöpfung nach Branchen  
Deutschland, 2021, Emissionsintensität in Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten/Tausend Euro  
(linke Achse), Nettowertschöpfung in Mrd. Euro (rechte Achse)

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten des Statistischen Bundesamtes (2024b, c).

Neben diesen Branchen weisen auch die Chemische Industrie, die Metallerzeugung und der Verkehrssektor hohe Emissionsintensitäten auf. Auf diese Branchen liegt deshalb der Fokus der folgenden Analyse.

#### 4. Finanzierte Treibhausgasemissionen nach Bankengruppen

Eine wichtige Frage aus Sicht der makroprudenziellen Bankenaufsicht ist, inwieweit sich die durch die CO<sub>2</sub>-Emissionen und aus der damit verbundenen Transformation entstandenen betriebswirtschaftlichen Risiken in verschiedenen Sektoren auf die finanzierenden Banken auswirken. Wir nehmen dazu an, dass die Transformationsrisiken in den CO<sub>2</sub>-intensiven Branchen höher ausfallen im Vergleich zu weniger CO<sub>2</sub>-intensiven Branchen, da die zur Klimaneutralität notwendigen Technologien noch nicht marktreif sind, die Produktionskosten für klimaneutrale Güter noch unbekannt und die Zahlungsbereitschaft der Kunden für klimaneutrale Güter nicht bekannt sind. Gegenstand der Analyse ist die Frage, wie hoch die Engagements der Bankengruppen in emissionsintensive Branchen sind und ob sich die finanzierten Emissionen auf einige wenige Bankengruppen konzentrieren.

##### *4.1 Kreditvergabe nach Bankengruppen*

Die einzelnen Bankengruppen sind unterschiedlich stark in der Unternehmensfinanzierung aktiv (Abbildung 4). So hat der Sparkassensektor im Oktober 2023 knapp über 28 Prozent des Volumens der gesamten Unternehmenskredite vergeben. Fast ein Viertel des gesamten Volumens an Unternehmenskrediten sind auf die Kreditvergabe der Genossenschaftsbanken zurückzuführen, während die privaten Regionalbanken 13 Prozent des Kreditvolumens vergeben haben. Diese Anteile zeigen die hohe Bedeutung von kleineren Banken mit regionalem Bezug in Deutschland. Die größeren Landesbanken und Großbanken haben 8,5 Prozent und 11,6 Prozent des Volumens an Unternehmenskrediten gestellt.

Aus den an Unternehmen vergebenen Kreditvolumina und der Anzahl der Banken lässt sich die durchschnittliche Größe der Unternehmenskreditvergabe der Bankengruppen berechnen (Deutsche Bundesbank, 2024a, b). Die drei Großbanken weisen in Durchschnitt ein Unternehmenskreditportfolio in Höhe von 38,7 Mrd. Euro pro Bank auf. Dieser Durchschnitt ist fast dreimal so groß, wie der Durchschnitt der Kreditportfolios der Landesbanken. Im Vergleich dazu sind die Kreditportfolios der kleineren Banken deutlich kleiner. Im Durchschnitt haben Sparkassen ein Unternehmenskreditportfolio in Höhe von 800 Millionen Euro pro Bank. Der Durchschnitt der Sparkassen fällt wegen zwei sehr großen Instituten höher aus als der Durchschnitt der Genossenschaftsbanken, die im Durchschnitt über ein Kreditportfolio von 300 Millionen Euro pro Bank verfügen. Die Regionalbanken vergeben im Durchschnitt ein Unternehmenskreditvolumen in Höhe von 1 Mrd. Euro pro Bank (Abbildung 4). Insgesamt zeigen diese Zahlen, dass über 70 Prozent des Kreditvolumens an Unternehmen von fast 1300 sehr kleinen Banken vergeben wurde. Aufgrund der

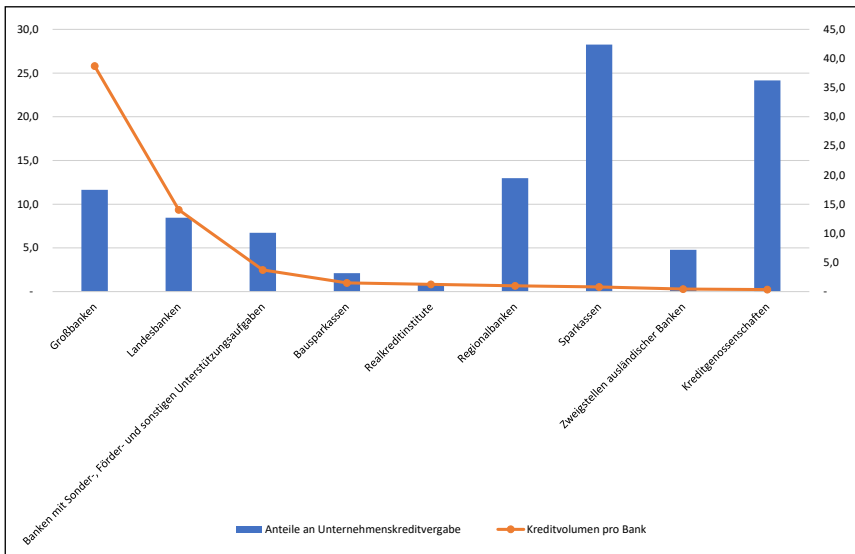


Abbildung 4: Kredite an Unternehmen nach Bankengruppen  
Deutschland, 3. Quartal 2023, Anteile in Prozent (linke Achse) bzw.  
Kreditvolumen in Mrd. Euro (rechte Achse)

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten der Deutschen Bundesbank (2024a, b).

regulatorisch geltenden Großkreditbeschränkung sind dies vor allem Kredite an kleine und mittelständische Unternehmen und spiegelt die mittelständisch geprägte Wirtschaftsstruktur des Unternehmenssektors wider. Die Großbanken und Landesbanken können aufgrund ihrer Größe deutlich größere Unternehmen finanzieren. Ob die größeren Banken damit auch größeren Transformationsrisiken ausgesetzt sind als die kleineren Banken, kann hieraus aber noch nicht geschlossen werden, da die kleineren Banken theoretisch auch kleinere emissions-intensive Unternehmen finanzieren können und damit ebenfalls Transformationsrisiken ausgesetzt sein können. Aus diesem Grund muss die Verteilung der Kreditvolumina der Bankengruppen nach Wirtschaftsbereichen analysiert werden.

#### 4.2 Kreditvergabe nach Wirtschaftsbereichen

Bei der Kreditvergabe der Bankengruppen nach Branchen zeigt sich, dass die Kreditgenossenschaften am stärksten in der Finanzierung der Landwirtschaft aktiv sind. Fast die Hälfte des Kreditvolumens dieser Branche wurde von den Genossenschaftsbanken vergeben, ein weiteres Fünftel von den Sparkassen und

weitere 10 Prozent von den privaten Regionalbanken. Großbanken und Landesbanken sind in der Finanzierung der Landwirtschaft kaum aktiv. Da die Betriebe der Landwirtschaft zwar eher klein, aber emissionsintensiv sind, können sich hier durchaus Transformationsrisiken in den Bankbilanzen der kleineren Banken finden.

Ebenfalls stark durch kleinere Banken finanziert ist das Baugewerbe. Über 36 Prozent des Kreditvolumens stammen von den Sparkassen und weitere fast 37 Prozent von den Kreditgenossenschaften. Auch in dieser Branche sind die Großbanken und Landesbanken weniger aktiv. Die Bauwirtschaft selbst ist weniger direkt emissions-intensiv. Da der Gebäudesektor aber für einen erheblichen Teil der CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich ist und deshalb dekarbonisieren muss, sind auch die Unternehmen der Bauwirtschaft aufgrund zunehmender Regulierungsstandards für Gebäude in einem Transformationsprozess. Die durch Hypotheken finanzierten CO<sub>2</sub>-Emissionen sind in unseren Daten allerdings nicht enthalten und bedürfen einer separaten Analyse.

Großbanken und Landesbanken sind stärker an der Finanzierung von Unternehmen aus dem Maschinenbau, der Elektrobranche und der Chemischen Industrie, aber auch im Bereich Textil beteiligt. Dies kann darauf zurückzuführen sein, dass in diesen Branchen größere Unternehmen zu finden sind, die größere Kreditvolumina nachfragen. Der Maschinenbau selbst ist nicht allzu emissions-intensiv, fragt aber emissionsintensive Vorprodukte, wie Stahl nach. Zur Senkung ihrer Scope-3-Emissionen müssten diese Unternehmen klimaschonend produzierten Stahl nachfragen. Dieser kann aber durchaus teurer als der traditionell produzierte Stahl sein, so dass diese Unternehmen mit höheren Kosten für den Einkauf von Vorleistungsgütern rechnen müssen und damit auch Transformationsrisiken unterliegen.

In weiteren Branchen mit einer hohen Emissionsintensität, wie der Energieversorgung, der Chemischen Industrie, Glas und Keramik, der Metallerzeugung oder den Verkehrsbetrieben sind alle Bankengruppen vertreten. Zu den Energieversorgern und Verkehrsbetrieben gehören auch kleine und mittelständische Unternehmen, die von kleineren Banken finanziert werden.

Es zeigt sich, dass die finanzierten Treibhausgasemissionen von Unternehmen nicht so sehr auf einzelne Bankengruppen verteilt sind, sondern sich recht gleichmäßig über das Bankensystem verteilen. Damit unterliegt nicht eine Bankengruppe einem speziellen Transformationsrisiko, sondern es unterliegen alle Bankengruppen branchenspezifischen Transformationsrisiken, die durch weitere Forschung noch quantifiziert werden müssen.

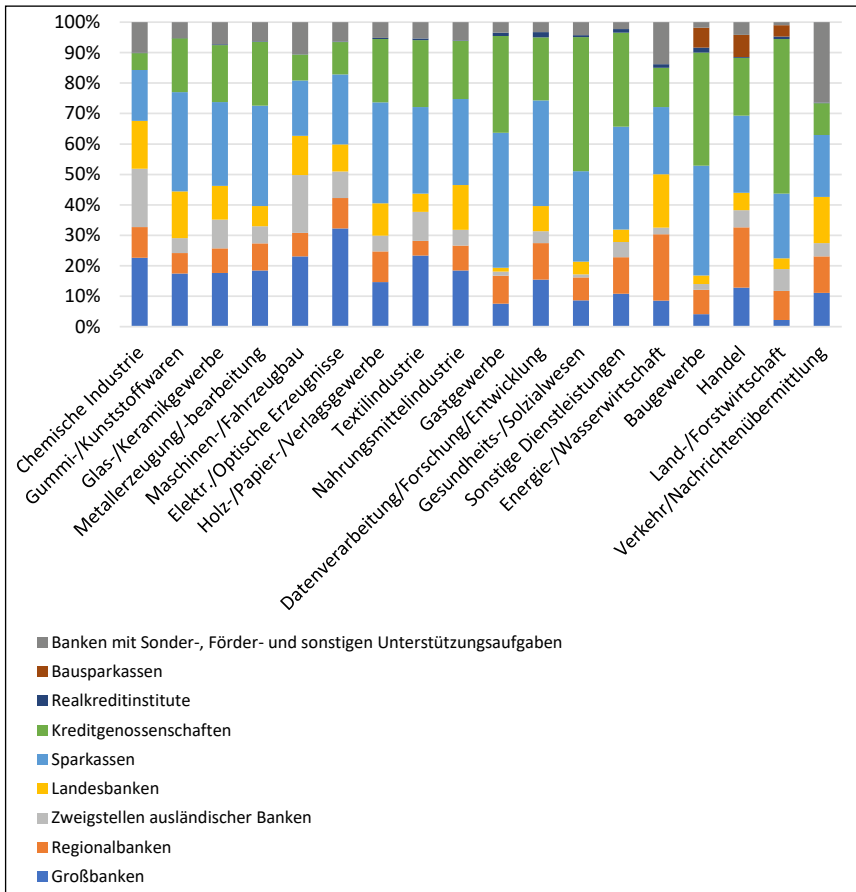


Abbildung 5: Kreditvergabe der Bankengruppen an die Wirtschaftsbereiche Deutschland, 3. Quartal 2023, in Prozent des an den Wirtschaftsbereich vergebenen Kreditvolumens

Quelle: Deutsche Bundesbank (2024a), eigene Berechnung.

#### 4.3 Emissionskreditlast nach Wirtschaftsbereichen und Bankengruppen

Die absolute kumulierte Emissionskreditlast beschreibt, wie viele Emissions-einheiten mit den von Banken gewährten Kreditvolumina finanziert wurden. Bei der relativen kumulierten Emissionskreditlast wird die absolute kumulierte Emissionskreditlast ins Verhältnis mit dem von einer Bankengruppe vergebenen Kreditvolumen gesetzt. Sie ist vergleichbar mit der mittleren Emissionsintensität aus der PCAF-Methodik, also eine mit Kreditanteilen gewichtete durchschnitt-

liche Emissionsintensität. Banken, die einen hohen Anteil ihrer Kredite an emissionsintensive Branchen vergeben haben, sollten eine hohe relative Emissionskreditlast aufweisen.

Abbildung 6 zeigt die absolute sowie relative kumulierte Emissionskreditlast für verschiedene Bankengruppen aus dem Jahr 2021. In absoluten Zahlen trugen die Kreditgenossenschaften mit rund 235,5 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten zusammen die höchste kumulierte Emissionskreditlast. Ihnen folgen die Sparkassen (ca. 198,2 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente), die Regionalbanken (ca. 140,3 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente) sowie die Landesbanken (ca. 104,1 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente). Die hohe absolute Emissionskreditlast der aus vielen kleinen Instituten bestehenden Bankengruppen basiert darauf, dass ein Großteil der Unternehmenskredite von diesen Banken vergeben wurde. So trägt zur hohen Emissionskreditlast der Genossenschaftsbanken bei,

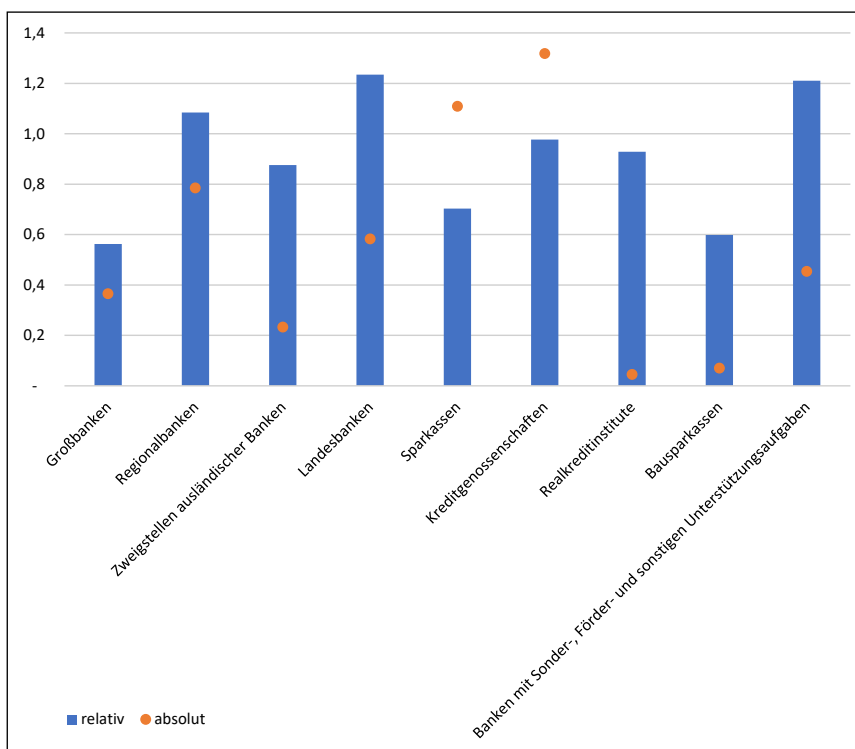


Abbildung 6: Kumulierte Emissionskreditlast  
Deutschland, 2021, absolute Emissionskreditlast in Mio. Euro (rechte Achse),  
relative Emissionskreditlast in t CO<sub>2</sub>eq/Tsd. Euro (linke Achse)

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten des Statistischen Bundesamtes (2024b, c) und der Deutschen Bundesbank (2024a).



dass sie die emissionsintensive Landwirtschaft finanzieren. Bei den Sparkassen ist die hohe Emissionskreditlast auch auf die Finanzierung der Energiewirtschaft zurückzuführen.

Ein geringer Teil der absoluten Emissionskreditlast entfällt auf die Realkreditinstitute und Bausparkassen, die kaum in der Unternehmensfinanzierung aktiv sind. Ihre Kohlenstoffabhängigkeit resultiert über die Immobilienfinanzierung, die aber nicht im Fokus dieser Analyse liegt und einer separaten Analyse bedarf.

Wird die Emissionskreditlast jedoch mit dem Gesamtvolumen der von den Bankengruppen vergebenen Unternehmenskrediten ins Verhältnis gesetzt, so verändert sich das Bild. Insgesamt ist die kumulierte relative Emissionskreditlast sehr viel gleichmäßiger über die verschiedenen Bankengruppen verteilt. Die höchste Last tragen hier mit ca. 1,23 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalenten/Tausend Euro die Landesbanken, gefolgt von den Banken mit Sonder-, Förder-, und sonstigen Unterstützungsaufgaben (ca. 1,21 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente/Tausend Euro), auf die in absoluten Zahlen eine vergleichsweise geringe Emissionskreditlast verfällt. Auf der anderen Seite tragen die Realkreditinstitute und Bausparkassen im Verhältnis zu ihrem gesamten Kreditvolumen eine nicht zu vernachlässigende kumulierte relative Emissionskreditlast von ca. 0,93 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente/Tausend Euro bzw. 0,6 Tonnen CO<sub>2</sub>-Äquivalente/Tausend Euro. Diese hohen Werte resultieren aus einem Portfolioanteil der Realkreditinstitute von nahe 20 Prozent für die Energieversorger und einem Portfolioanteil der Bausparkassen von 10 Prozent für Landwirtschaftsbetriebe. Die Sparkassen und Kreditgenossenschaften weisen dafür die niedrigste relative Emissionskreditlast auf. Kreditgenossenschaften sind zwar sehr stark in der Finanzierung der Landwirtschaft und der Energiewirtschaft, aktiv. Gleichzeitig haben beide Bankengruppen aber auch einen hohen Anteil an Unternehmen aus wenig emissionsintensiven Branchen, wie Handel, Baugewerbe und Dienstleistungen in ihrem Kreditportfolio, welche zu einer niedrigen durchschnittlichen Emissionsintensität hinter ihrem Kreditportfolio beitragen. Die hohe relative Emissionskreditlast der Landesbanken resultiert aus hohen Portfoliogewichten für den Energiesektor und den Verkehrssektor. Die Großbanken sind in Bezug auf ihre Emissionskreditlast gut diversifiziert und weisen deshalb eine niedrige relative Emissionskreditlast auf.

Abbildung 7 verdeutlicht den Zusammenhang zwischen der relativen Emissionskreditlast der Bankengruppen und dem Portfoliogewicht auf die emissionsintensiven Branchen Chemie, Glas und Keramik, Metallerzeugung, Energiewirtschaft, dem Verkehrssektor und der Landwirtschaft. Der Korrelationskoeffizient zwischen dem Portfoliogewicht und der relativen Emissionskreditlast liegt bei 0,85. Die Portfoliogewichte der Förderbanken und den Landesbanken liegen bei 58,0 Prozent und 47,1 Prozent und deuten auf potenzielle Transformationsrisiken hin. Im Vergleich dazu liegt das Portfoliogewicht emissionsintensiver Branchen bei den Großbanken nur bei 24,4 Prozent.

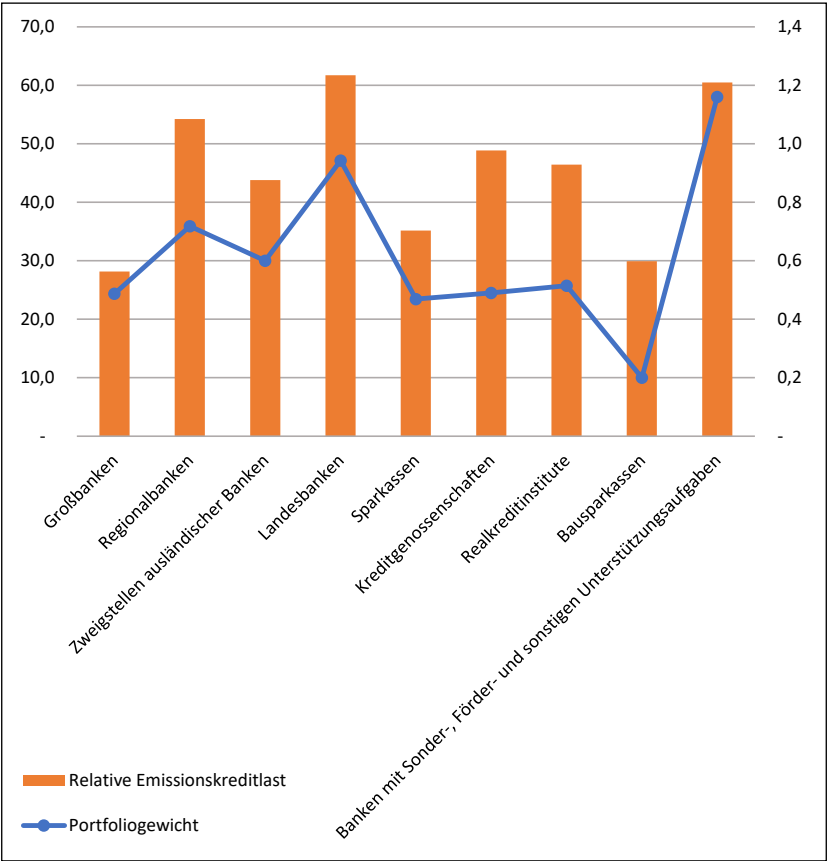


Abbildung 7: Relative Emissionskreditlast und Portfoliogewichte von Krediten an emissionsintensive Branchen  
Branchen: Chemie, Glas und Keramik, Metallherzeugung, Energiewirtschaft, Landwirtschaft und der Verkehrssektor

Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Daten des Statistischen Bundesamts (2024b, c) und der Deutschen Bundesbank (2024a).

5. Diskussion der Ergebnisse

Mit der Emissionskreditlast wurde in diesem Beitrag ein Indikator für die durch die Unternehmensfinanzierung finanzierten Treibhausgasmissionen entwickelt, der unter der Annahme, dass emissionsintensive Branchen einem höheren Transformationsrisiko unterliegen, einen ersten Überblick über mögliche Transformationsrisiken in den Bankbilanzen geben kann. Auch wenn die Transformationsrisiken auf der mikroprudenziellen Ebene noch detaillierter charak-

terisiert werden müssen, so gibt die Emissionskreditlast einen Überblick über die makroprudenzielle Bedeutung der finanzierten Treibhausgasemissionen. Die Analyse hat gezeigt, dass nicht eine Bankengruppe besonders hohe Transformationsrisiken trägt, sondern dass alle Bankengruppen branchenspezifische Transformationsrisiken tragen.

Die in diesem Beitrag ermittelten Indikatoren können auch als Zeitreihen dargestellt werden und können damit den Fortschritt in der Dekarbonisierung der Kreditportfolios der Banken messen. Fraglich ist allerdings, wie gut die Indikatoren unterscheiden können, ob die finanzierten Emissionen sinken, weil die Kreditnehmer erfolgreich dekarbonisieren oder weil die Banken tendenziell weniger Kredite an emissions-intensive Unternehmen vergeben, um ihre finanzierten Emissionen zu senken.

Zu diskutieren ist ebenfalls, inwieweit die hier vorgestellte Indikatorik genutzt werden kann, um Risiken des Klimawandels bzw. Risiken der Transformation in den Bankbilanzen zu analysieren. Die Daten zeigen zwar an, wie hoch die Exposures der Bankengruppen in emissionsintensiven Branchen sind. Es bedarf aber noch weiterer Analysen zum Zusammenhang zwischen Emissionsintensität und Transformationsrisiken der Branchen. Forschungsbedarf besteht auch in möglichen negativen Auswirkungen aus der Optimierung von Kennzahlen, wie den finanzierten Emissionen oder der Green Asset Ratio, auf die Unternehmensfinanzierung, da Banken finanzierte Emissionen durch Kreditrationierung schneller senken können, als es Unternehmen gelingt, ihren CO<sub>2</sub>-Ausstoß zu reduzieren. Hieraus könnte eine restriktive Kreditvergabe für energieintensive und langsam transformierende Unternehmen folgen.

Auch wenn die Analyse eher deskriptiver Natur war und vor allem der Entwicklung einer Indikatorik gedient hat, so können einige vorsichtige Politikempfehlungen aus der Analyse abgeleitet werden. Da die Bankengruppen auf die Finanzierung von Branchen spezialisiert sind, wie die Genossenschaftsbanken im Bereich der Landwirtschaft oder die Großbanken im Bereich Chemie, müssten die Banken die entsprechenden Transformationsrisiken ihrer Kunden eigentlich durch lange Geschäftsbeziehungen einschätzen können, auch wenn dazu zum Teil auch zusätzliches technisches Wissen erforderlich ist. Wie gut die Banken diese Risiken aber in ihren Risikomanagementsystemen abbilden können, ist Aufgabe der mikroprudenziellen Aufsicht. Aus Sicht der makroprudenziellen Aufsicht stellt sich eher die Frage, inwieweit Banken durch die Transformation der Unternehmen einen gemeinsamen Risikofaktor aufweisen bzw. inwieweit Klumpenrisiken im Bankensystem bestehen.

Die Analyse dieses Beitrages konnte zur Klärung dieser Frage beitragen und noch weiteren Forschungsbedarf aufzeigen. So sollten die mit den CO<sub>2</sub>-Emissionen der einzelnen Branchen verbundenen Transformationsrisiken quantifiziert und mit unseren Indikatoren verknüpft werden, um weitere Erkenntnisse über diese potenziellen Risiken in den Bankbilanzen zu erhalten.

### Literaturverzeichnis

- BaFin – Bundesanstalt für Finanzdienstleistungsaufsicht (2023): Sustainable Finance: Die Strategie der BaFin. Bonn/Frankfurt am Main, [https://www.bafin.de/SharedDocs/Downloads/DE/dl\\_Sustainable\\_Finance\\_Strategie\\_2023.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=2](https://www.bafin.de/SharedDocs/Downloads/DE/dl_Sustainable_Finance_Strategie_2023.pdf?__blob=publicationFile&v=2).
- Demary, M. und Taft, N. (2023): „Die Energieabhängigkeit der Bankkredite“, IW Report Nr. 31. Köln, <https://www.iwkoeln.de/studien/markus-demary-niklas-florian-taft-die-energieabhaengigkeit-der-bankkredite.html>.
- Deutsche Bundesbank (2024a): Kredite an inländische Unternehmen und Selbständige, Wirtschaftsbereiche (nach Bankengruppen). Frankfurt, [https://www.bundesbank.de/dynamic/action/de/statistiken/zeitreihendatenbanken/zeitreihendatenbank/723444/723444?treeAnchor=BANKEN&statisticType=BBK\\_ITS](https://www.bundesbank.de/dynamic/action/de/statistiken/zeitreihendatenbanken/zeitreihendatenbank/723444/723444?treeAnchor=BANKEN&statisticType=BBK_ITS).
- Deutsche Bundesbank (2024b): Bankenstatistiken. Frankfurt, <https://www.bundesbank.de/resource/blob/803956/c40542b7f91443465c334b87a1b33f48/mL/0-bankenstatistiken-data.pdf>.
- Europäische Union (2020): Verordnung (EU) 2020/852 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Juni 2020 über die Einrichtung eines Rahmens zur Erleichterung nachhaltiger Investitionen und zur Änderung der Verordnung (EU) 2019/2088 (ABl. L 198 vom 22. Juni 2020: 13–43).
- NBIM – Norges Bank Investment Management (2024): Responsible Investment: Government Pension Fund Global 2023. Oslo, <https://www.nbim.no/en/publications/reports/2023/responsible-investment-2023/web-report-responsible-investment-2023/>.
- PCAF – Partnership for Carbon Accounting Financials (2022): The Global GHG Accounting and Reporting Standard Part A: Financed Emissions. Second Edition, <https://carbonaccountingfinancials.com/files/downloads/PCAF-Global-GHG-Standard.pdf>.
- Statistisches Bundesamt (2024a): Verwendung von Energie: Deutschland, Jahre, Produktionsbereiche, Energieträger, <https://www-genesis.destatis.de/genesis//online?operation=table&code=85121-0002&bypass=true&levelindex=1&levelid=1716881769143#abreadcrumb>.
- Statistisches Bundesamt (2024b): Luftemissionen: Deutschland, Jahre, Luftemissionsarten, Wirtschaftszweige, <https://www-genesis.destatis.de/genesis//online?operation=previous&levelindex=3&step=2&titel=Tabellenaufbau&levelid=1716548478779&levelid=1716548458153#abreadcrumb>.
- Statistisches Bundesamt (2024c): VGR des Bundes – Nettowertschöpfung (nominal): Deutschland, Jahre, Wirtschaftsbereiche, <https://www-genesis.destatis.de/genesis//online?operation=table&code=81000-0109&bypass=true&levelindex=1&levelid=1716547862797#abreadcrumb>.
- Umweltbundesamt (2022): Treibhausgase, <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase>.