

# Identifikation von Schlüsselberufen der Transformation auf Ba- sis der EU-Taxonomie

Finn Arnd Wendland

Köln, 14.05.2022

**IW-Report 22/2022**

Wirtschaftliche Untersuchungen,  
Berichte und Sachverhalte



## Herausgeber

**Institut der deutschen Wirtschaft Köln e. V.**

Postfach 10 19 42

50459 Köln

Das Institut der deutschen Wirtschaft (IW) ist ein privates Wirtschaftsforschungsinstitut, das sich für eine freiheitliche Wirtschafts- und Gesellschaftsordnung einsetzt. Unsere Aufgabe ist es, das Verständnis wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Zusammenhänge zu verbessern.

Das diesem Bericht zugrundeliegende Forschungsvorhaben SCI4climate.NRW wird vom Ministerium für Wirtschaft, Innovation, Digitalisierung und Energie des Landes NRW gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt allein bei den Autoren.

## Das IW in den sozialen Medien

Twitter

[@iw\\_koeln](https://twitter.com/iw_koeln)

LinkedIn

[@Institut der deutschen Wirtschaft](https://www.linkedin.com/company/institut-der-deutschen-wirtschaft)

Facebook

[@IWKoeln](https://www.facebook.com/IWKoeln)

Instagram

[@IW\\_Koeln](https://www.instagram.com/IW_Koeln)

## Autoren

**Finn Arnd Wendland**

Economist für Klima und Energie

[Wendland@iwkoeln.de](mailto:Wendland@iwkoeln.de)

0221 – 4981-798

**Alle Studien finden Sie unter**

**[www.iwkoeln.de](http://www.iwkoeln.de)**

**Stand:**

Mai 2022

## Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Zusammenfassung</b> .....  | <b>3</b>  |
| <b>1 Zusammenhänge zwischen Technologien und Berufen</b> .....                              | <b>4</b>  |
| 1.1 Klimaneutrale Technologien und „Grüne“ Berufe ( <i>Green Jobs</i> ) .....               | 4         |
| 1.2 Wie sich die Nachfrage nach <i>Green Jobs</i> verändert.....                            | 5         |
| <b>2 Hintergrund: Klimapolitik und Beschäftigungseffekte</b> .....                          | <b>9</b>  |
| 2.1 Die Bedeutung des EU Green Deal .....   | 9         |
| 2.2 Beschäftigungseffekte der Dekarbonisierung in Deutschland .....                         | 11        |
| <b>3 Methodik: Die EU-Taxonomie als Kompass der Dekarbonisierung</b> .....                  | <b>13</b> |
| 3.1 Die Bedeutung der EU-Taxonomie für das Verarbeitende Gewerbe.....                       | 13        |
| 3.2 Von Taxonomie-Aktivitäten zu Schlüsselbranchen .....                                    | 14        |
| 3.3 Der Betroffenheitsgrad von Berufen bei der Dekarbonisierung .....                       | 16        |
| <b>4 Ergebnisse: Exponierte Berufe im Verarbeitenden Gewerbe</b> .....                      | <b>19</b> |
| 4.1 Beschäftigtenanteile nach Berufsgruppen .....   | 19        |
| 4.2 Beschäftigtenanteile nach Branchen.....   | 20        |
| <b>5 Diskussion: Anpassungsdruck für Berufe und Beschäftigung</b> .....                     | <b>22</b> |
| 5.1 Bedeutung für <i>Enabling-</i> und „ <i>Green</i> “/ <i>Transition activities</i> ..... | 22        |
| 5.2 Einordnung der Bestandsaufnahme .....   | 24        |
| 5.3 Mögliche Anknüpfungspunkte .....  | 25        |
| <b>Abstract</b> .....   | <b>28</b> |
| <b>Abbildungsverzeichnis</b> .....  | <b>29</b> |
| <b>Literaturverzeichnis</b> .....   | <b>30</b> |

## Zusammenfassung

**Der Arbeitsmarkt ist im Zuge der klimapolitischen Herausforderungen einem erheblichen Transformationsdruck ausgesetzt.** Während bestimmte Fähigkeiten und Kompetenzen auf dem Weg zu einer klimaneutralen Wertschöpfung an Bedeutung gewinnen (sogenannte *Green Jobs*), gibt es andere, die absehbar an Bedeutung verlieren. Damit Politik, Unternehmen und Arbeitnehmer diese Entwicklung frühzeitig antizipieren können, ist das Wissen über den Wandel beruflicher Anforderungen vor dem Hintergrund der Dekarbonisierung von hoher Relevanz. Ob zur Steuerung der Arbeits- und Bildungspolitik, zur Planung von Unternehmensstrategien oder für die Perspektive von Beschäftigten in betroffenen Branchen: Die Kenntnis über künftige Fachkräftebedarfe hilft, Fachkräfteengpässe und sozialen Spannungen vorzubeugen und ist zentral für das Gelingen der Transformation.

**Verschiedene Studien setzen sich mit den Beschäftigungspotenzialen von Klimaschutzmaßnahmen und -szenarien in Deutschland auseinander (GWS/Prognos, 2018; Prognos et al., 2021).** Dabei zeigt sich, dass die Folgen dieser Entwicklung nach einzelnen Branchen höchst unterschiedlich ausfallen. Während energie- und emissionsintensiven Industrien die Abkehr aus fossilen Energiequellen und technologische Umstellungen bevorstehen, zeichnen sich Wachstumsperspektiven in neuen Leitmärkten und Schlüsselbranchen, vor allem durch die Bereitstellung klimaneutraler Technologien, ab. Welche Bedeutung das wirtschaftliche *Greening* für einzelne Berufe und Arbeitnehmer hat und welche Fachkräfte besonders gefragt sind, wird dabei maßgeblich durch den technologischen Wandel bedingt.

**Die Studie untersucht den Betroffenheitsgrad verschiedener Berufsgruppen und identifiziert Schlüsselberufe der Dekarbonisierung im Verarbeitende Gewerbe.** Dabei wird der Begriff „Berufe“ synonym zu „Berufsgruppen“ (gleichbedeutend mit KldB-Dreistellern) verwendet. Die Analyse stützt sich methodisch auf das Rahmenwerk der EU-Taxonomie, die für das Verarbeitende Gewerbe zentrale Handlungsfelder in den Bereichen „Grund- und Werkstoffe“ und „Anlagenbau, Speicher und Ausrüstung“ identifiziert. Da die EU-Taxonomie emissionsintensive Branchen einerseits und Schlüsselmärkte zur Bereitstellung klimaneutraler Technologien andererseits umfasst, stellen Taxonomie-relevante Wirtschaftszweige sowohl Brennpunkte als auch Leitmärkte der Transformation dar, in denen sich eine hohe Dynamik in eine von zwei Richtungen abzeichnet: Anpassung oder Wachstum.

**Die Ergebnisse zeigen, dass insbesondere Produktionsberufe für die Wertschöpfung in Taxonomie-relevanten Branchen von Bedeutung sind.** Dies zeigt sich angesichts der hohen Beschäftigungsanteile in Taxonomie-relevanten Branchen im gesamtwirtschaftlichen Vergleich. Zudem zeigt sich eine hohe Konzentration bestimmter Produktionsberufe in einigen Schlüsselbranchen, was auf potenzielle Wertschöpfungsabhängigkeiten zwischen Wirtschaftszweigen und Berufen hindeutet. Identifizierten Schlüsselberufen kommt bei der wirtschaftlichen Neuausrichtung eine besondere Rolle zu, die je nach Qualität der Veränderungen neue Chancen oder Risiken bedeutet. Die zur Veranschaulichung erstellte *Expositionsmatrix* bietet verschiedene Anknüpfungspunkte zur weiteren Analyse der gesamtwirtschaftlichen Herausforderungen der Dekarbonisierung.

**Die Studie wird in fünf Schritten durchgeführt:** Kapitel 1 gibt eine Einführung in die Zusammenhänge zwischen ökologischer Nachhaltigkeit und Berufen. Kapitel 2 ordnet die Rolle der klimapolitischen Verschärfungen und den Forschungsstand der Literatur ein. Kapitel 3 schildert das methodische Vorgehen zur Identifikation von Schlüsselberufen nach Taxonomie-Aktivitäten und Branchen. Kapitel 4 fasst die Ergebnisse der Studie zusammen. Kapitel 5 gibt eine Einordnung der Ergebnisse und zeigt Weiterentwicklungsmöglichkeiten des Ansatzes auf.

# 1 Zusammenhänge zwischen Technologien und Berufen

## 1.1 Klimaneutrale Technologien und „Grüne“ Berufe (*Green Jobs*)

**Die Folgen des technologischen Fortschritts für den Arbeitsmarkt und die Substitution von Arbeit durch Kapital beschäftigten Ökonomen seit dem 19. Jahrhundert.** Frühe Begriffe wie „technische Arbeitslosigkeit“ (Ricardo, 1821) oder „kreative Zerstörung“ (Schumpeter, 1911) spielen in der Literatur bis heute eine prägende Rolle. Infolge der Globalisierung und Verlagerung preissensitiver Wertschöpfung in Entwicklungs- und Schwellenländer im 20. Jahrhundert erlebten Industrieregionen in Nordamerika und Europa zunehmend eine Deindustrialisierung und oder Spezialisierung der industriellen Wertschöpfung mit Auswirkungen für Arbeitnehmer und Beschäftigte. Neben den Folgen der weltweiten Arbeitsteilung haben Automatisierungsprozesse und die stärkere Bedeutung des Dienstleistungssektors die Bildungsanforderungen der Arbeitnehmerschaft sukzessive verändert.

**Die Ziele der Klima- und Umweltpolitik haben insbesondere seit den 1990er Jahren die Anforderungen an Wertschöpfungsstrukturen und damit auch Beschäftigte verändert.** Das Klimaneutralitätsziel erfordert Emissionsminderungen von Treibhausgasen in allen Teilen von Wirtschaft und Gesellschaft. Um den energetisch- und prozessbedingten Ausstoß zu senken, sind Umstellungen zu einer klimaneutralen Wertschöpfung durch Beteiligung sämtlicher wirtschaftlicher Akteure, Unternehmen und Beschäftigte erforderlich. Angesichts des weitreichenden Handlungsbedarfs in den nächsten Jahrzehnten wird die Transformation zur Klimaneutralität auch als Prozess der Dekarbonisierung oder des *Greenings* der Wirtschaft verstanden. Die auf diesem Pfad benötigten Berufe werden auch als „grüne“ Berufe oder *Green Jobs* bezeichnet. Eine frühzeitige Erkennung, welche beruflichen Tätigkeiten für die Umsetzung einer klimaneutralen Wirtschaft unabdingbar und welche Kompetenzen beziehungsweise Qualifikationen erforderlich sind, kann helfen, zukünftige Fachkräfteengpässe zu vermeiden.

***Green Jobs* spielen für die Dekarbonisierung eine zentrale Rolle. Ein zielführender Klimaschutzbeitrag kann durch *Green Jobs* insbesondere auf zwei Arten und Weisen geleistet werden.** Zunächst, durch die Beteiligung an der Verringerung der CO<sub>2</sub>-Intensität in emissionsintensiven Schlüsselindustrien, die auch in einer klimaneutralen Wirtschaft einen wichtigen Wertschöpfungsbeitrag liefern. Außerdem, durch die Beteiligung in neuen Schlüsselindustrien, die den Einsatz kohlenstoffarmer Technologien und die Substitution fossil-basierter Technologien befördern. Für die Einordnung eines Berufs als *Green Job* sind die direkten und indirekten Umweltauswirkungen der Wertschöpfung zu berücksichtigen. So sind spezialisierte Handwerksberufe wie Solarteure oder Monteure unmittelbar an der Installation, Instandhaltung und Reparatur von regenerativen Energieanlagen beteiligt. Spezialisierte Ingenieure oder Techniker im Bereich der Brennstoffzellenforschung tragen dagegen auf indirektem Wege zur Förderung emissionsarmer Mobilität und Senkung der Emissionen im Verkehrssektor bei.

**Ungeachtet der Bemühungen um eine einheitliche Definition, ist eine pauschale Einordnung eines Berufs als *Green Job* in der Praxis kaum möglich.** Viele Berufe spielen sowohl in einer fossilbasierten als auch in einer klimaneutralen Wirtschaft eine wichtige Rolle, beispielsweise Elektrotechniker oder Maschinenbauer (Rutzer et al., 2020). Oftmals kann der Umweltschutzbeitrag eines ausgeübten Berufs erst unter Berücksichtigung des Einsatzes der produzierten Güter oder dem Beitrag der Dienstleistung in nachgelagerten Wertschöpfungsstufen beurteilt werden. Die Bewertung eines ausgeübten Berufs als *Green Job* bedingt sich maßgeblich durch arbeitsplatzspezifische Faktoren, wie das Geschäftsmodell

des Unternehmens, die technologischen Voraussetzungen, den Energie- und Materialeinsatz oder den Zweck der Produktion und Wertschöpfung (Maier et al., 2020).

**Eine einheitliche Begriffsbestimmung von „grünen“ Berufen, konzeptionell vergleichbar mit dem englischen *Green Job*, besteht in der deutschen Sprache nicht.** Der Begriff *Green Job* fasst dabei endogene und exogene Nachhaltigkeitsbezüge eines ausgeübten Berufs zusammen, die sich sowohl durch das Fähigkeiten- als auch das Tätigkeitsprofil des Arbeitnehmers bedingen. Das Verständnis eines Berufs als „grün“ oder nicht erscheint für Außenstehende in der deutschen Sprache dagegen tendenziell schwerer nachvollziehbar, weshalb der Grund der Zuschreibung in der Regel jeweils zu spezifizieren ist. Internationale Bestimmungen von *Green Jobs* sind in Ihren Definitionen unterschiedlich restriktiv und tendenziell vage (UNEP, 2008; CEDEFOP, 2009). So sind *Green Jobs* laut CEDEFOP (2009) durch „*das Wissen, die Fähigkeiten, die Werte und Einstellungen, die zur Entwicklung, Unterstützung und zum Leben in einer Gesellschaft erforderlich sind, die den Einfluss menschlicher Aktivitäten auf die Umwelt reduziert*“ (S. 13, Europäische Kommission, 2021a) gekennzeichnet. Zur wissenschaftlichen Auseinandersetzung mit den Folgen der Dekarbonisierung für den Arbeitsmarkt berufen sich Rutzer et al. (2020) auf Berufsgruppen, die ein hohes Potenzial für einen zielführenden Klimaschutzbeitrag bei der Dekarbonisierung aufweisen (*Green Potenzial*).

**Da die Einordnung eines Berufs als *Green Job* sich unter anderem durch die Umweltbilanz des zugrundeliegenden Wertschöpfungsprozesses begründet (nicht durch das Berufsprofil des Erwerbstätigen allein), ist eine allgemeine Zuschreibung bestimmter Berufe als *Green Job* in der Praxis kaum zielführend.** Um den Fachkräftebedarf beim Übergang zu einer klimaneutralen Wirtschaft kurz- bis mittelfristig zu garantieren, ist eine permanente Synchronisierung zwischen technologischen Erfordernissen und beruflichen Verfügbarkeiten, Flexibilitäten und Einsatzmöglichkeiten erforderlich.

**Der vorliegende Bericht beschäftigt sich mit der Rolle von *Berufen*.** Ein Beruf ist dabei definiert durch die Summe der spezifischen *Tätigkeiten*, die im Arbeitsalltag ausgeübt werden. In der Summe ergeben diese Tätigkeiten ein sogenanntes *Tätigkeitsprofil*. Je nach Arbeitsplatz können dabei einzelne Tätigkeiten, die einen Beruf ausmachen, wichtiger oder weniger zentral sein – der Anteil, den die Tätigkeiten im Berufsalltag einnehmen, kann somit variieren. Für die Ausübung von Tätigkeiten werden bestimmte *Kompetenzen* benötigt, welche beispielsweise im Rahmen von Ausbildung, Studium, formaler Weiterbildung oder Umschulung, aber auch im Rahmen informellen und non-formalen Lernens erworben werden können. Vor diesem Hintergrund wird im Folgenden der Begriff *Green Job* für Berufe verwendet, denen ein hohes Potenzial zur Umsetzung emissionsreduzierender Wirtschaftsaktivitäten zugeschrieben wird. Darüber hinaus wird von *Schlüsselberufen* gesprochen, sofern ein Beruf sich durch eine potenzielle Beteiligung an klimaschutzwirksamen oder emissionsintensiven Wirtschaftsaktivitäten besonders auszeichnet (Kapitel 3).

## 1.2 Wie sich die Nachfrage nach *Green Jobs* verändert

**Der technologische Wandel und der Einsatz klimaneutraler Technologien sind Treiber und Voraussetzung der Dekarbonisierung.** Abhängig von den verfügbaren Einsparpotenzialen bedeutet die Dekarbonisierung für Unternehmen, vorhandene Produktionskapazitäten und Prozesse umzurüsten oder vollkommen neue Technologien einzusetzen. Die Anpassungserfordernisse im Bereich der Beschäftigung hängen dabei an der Anpassungsfähigkeit des Geschäftsmodells und der Kompatibilität vorhandener Technologien mit dem Ziel Klimaneutralität. Während technologische Optimierungen die

Berufsanforderungen tendenziell marginal verändern, gehen vollkommen neue Technologien (Sprunginnovationen) mit größeren Anpassungsbedarfen einher.

**Die Transformation zur Klimaneutralität verändert die Anforderungen an wirtschaftliche Tätigkeiten und die hierfür benötigten Berufe in quantitativer und qualitativer Hinsicht.** In quantitativer Hinsicht erhöht die Verlagerung zu einer verfügbaren emissionsarmen Wertschöpfung die Nachfrage nach bestimmten Berufen. So erfordert der Infrastrukturausbau im Bereich regenerativer Energien den Bedarf nach Elektrotechnikberufen, Monteuren und Installateuren. In qualitativer Hinsicht verändert sich mit dem Einsatz neuartiger Produktions- und Prozesstechnologien darüber hinaus das Anforderungsprofil innerhalb von Berufen, was veränderte Qualifikationen erforderlich machen kann. So sind im Zuge des Aufbaus einer Wasserstoffwirtschaft grundlegend neue Kompetenzen gefragt, um die Produktion, Verteilung und Nutzung von Wasserstoff zu ermöglichen, was sich in neuartigen und veränderten Tätigkeitsprofilen niederschlägt. Die neuen beruflichen Anforderungen können durch Weiterbildungen oder Umschulungen bedient werden, in welchen die benötigten Kompetenzen vermittelt werden.

**Der Übergang zu einer klimaneutralen Wirtschaft verändert die Anforderungen an Tätigkeiten in den Unternehmen und damit die Anforderungen an berufliche Qualifikationen der Belegschaften.** Nach Dierdorff et al. (2009) kann dabei zwischen drei Bedarfskategorien potenzieller *Green Jobs* (hier: *Green occupations*) unterschieden werden (Abbildung 1). In die erste Kategorie fallen bestimmte Berufe, die eine Ausweitung emissionsneutraler Wirtschaftsaktivitäten, Technologien und Prozesse ermöglichen (*Green Increased Demand*). Zu der zweiten Kategorie zählen Berufe, in denen der Wandel von Tätigkeiten Kompetenzbedarfe nach sich zieht und in welchen Weiter- und Fortbildungen den Einsatz emissionsmindernder Technologien ermöglichen sowie energetische Optimierungen bestehender Prozesse begleiten und sicherstellen können (*Green Enhanced Skill*). Eine dritte Kategorie wird durch neuartige Tätigkeitsprofile definiert, die die Einführung und den Betrieb von neuartigen Technologien und Innovationen zukünftig gewährleisten können und die neu entstandene Berufsbilder darstellen (*Green New and Emerging*). Neben einem absehbaren Mehrbedarf an Berufen durch die *Green Increased Demand*-Kategorie, gehen die erhöhte Nachfrage nach *Green Enhanced Skill*- und *Green New and Emerging*-Berufen mit veränderten oder neuen Tätigkeitsprofilen einher. Für die Typisierung nach Dierdorff et al. (2009) wurden die Schlüsseltechnologien zentraler Handlungsfelder der Dekarbonisierung im Rahmen des O\*NET-Programms des U.S. Department of Labor/Employment and Training Administration identifiziert.

**Abbildung 1: „Grüne“ Berufe nach Dierdorff et al. (2009)**

| <b>Green Increased Demand</b>  | <b>Green Enhanced Skills</b>   | <b>Green New and Emerging</b>                          |
|--|--|--|
| <b>&gt; Erhöhte Nachfrage nach vorhandenen grundständigen Tätigkeitsprofilen</b> | > Erhöhte Nachfrage nach weiter- & fortgebildeten Tätigkeitsprofilen | > Erhöhte Nachfrage nach neuartigen Tätigkeitsprofilen |
| <b>Entwicklungstendenz (Quantitativ / Qualitativ):</b>                           |  |  |
| +++ / +  | ++ / ++  | + / +++  |
| <b>Berufsbeispiele:</b>  |  |  |
| <b>Bediener von Chemieanlagen und Ausschreiber</b>                               | Arbeiter im Bau von kraftstoffeffizienten Flugzeugen                 | Biochemie-Ingenieure                                   |

|   |   |   |
|---|---|---|
| <b>Chemietechniker, Chemiker<br/>Bediener von Schneid-, Stanz-<br/>und Pressmaschinen<br/>Elektro- und Elektronikrepara-<br/>teure, gewerbliche und indust-<br/>rielle Ausrüstung<br/>Monteure für elektr. Geräte</b> | Technische Spezialisten für Anlagen                         | Techniker für elektromechanische  |
|   | Händler für ökologisches Bauen/recy-<br>celbare Materialien | Verfahrenstechnik   |
|   | Maschinisten für Wasserkraftwerks-<br>komponenten           | Wirtschaftsingenieurwesen   |
|   | PV-Fertigungs- & Prüftechniker                              | Logistik-Analysten<br>Technologen für Fertigungstechnik<br>Fertigungsingenieure |

#### Entwicklung in der EU (2006-16) (Bowen/Hancké, 2019)

|                          |                           |                           |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| + 1,4 Millionen<br>(+3%) | + 9,1 Millionen<br>(+26%) | + 15,3 Millionen<br>(67%) |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|

\*Typisierung gemäß Dierdorff et al., 2009, O\*NET („Greening the World of Work“) und EDF, 2008; Berufliche Steckbriefe nach EDF, 2008; Berufsklassifikationen nach O\*NET (2009) und Bowen/Hancké, 2019  
Quelle: O\*NET Resource Center, 2009; Institut der deutschen Wirtschaft

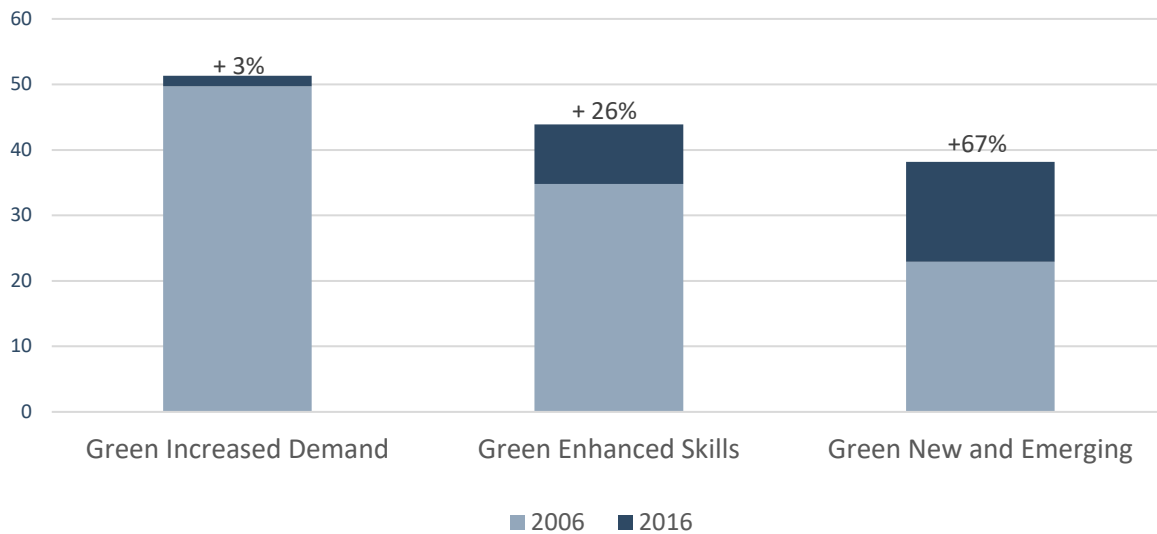
**Die Bedeutung potenziell „grüner“ Berufe ist in den letzten Jahren in der Europäischen Union deutlich gestiegen (Abbildung 2).** Die Zahl der EU-weit Beschäftigten, die den „grünen“ Berufskategorien nach Dierdorff et al. (2009) zuzuordnen war, stieg zwischen 2006 und 2016 von 75,4 auf 87,6 Millionen (Bowen/Hancké, 2019). Damit waren 2016 rund 40 Prozent der Erwerbstätigen in einer Berufskategorie tätig, die auf formaler Ebene einen potenziellen Beitrag zur Umsetzung emissionsarmer Wirtschaftsaktivitäten leisten könnte (unabhängig davon, in welchem tatsächlichen Wertschöpfungs Zusammenhang der Erwerbstätige arbeitete). Insbesondere Weiterbildungsberufe und neuartige Berufsbilder nahmen laut Bowen und Hancké (2019) besonders stark zu. Zwischen 2006 und 2016 stieg die Zahl dieser Berufstypen in der EU um jeweils 67 und 26 Prozent. Während *Green Increased-Demand*-Berufe 2016 mit 23 Prozent den größten Anteil der drei Kategorien stellten, stieg der Anteil mit 1,6 Millionen neuen Beschäftigten nur gering. In der Kategorie *Green Enhanced Demand* wurden 2016 9,1 Millionen neue Beschäftigte verzeichnet, ein Plus von 26 Prozent. Die größte Dynamik ergab sich in der Kategorie *New and Emerging*. Hier stieg die Zahl der Beschäftigten um 15,3 Millionen.

**Im Produzierenden Gewerbe war 2016 mehr als jeder zweite Beschäftigte mindestens einem der drei grünen Berufskategorien zuzuordnen (Bowen/Hancké, 2019).** Der Gesamtanteil lag damit höher als in anderen Sektoren, allerdings waren die Wachstumsdynamiken der Teilbranchen unterschiedlich. Demnach verringerte sich der Anteil der Beschäftigten in „grünen“ Berufskategorien im Verarbeitenden Gewerbe (-14,7 Prozent). Einen starken Anstieg der Beschäftigung in „grünen“ Berufen (+71,1 Prozent) verzeichnete der Bereich Versorgung mit Elektrizität, Gas, Dampf und Klimaanlage; Wasserversorgung; Abwasser- und Abfallentsorgung und Beseitigung von Umweltverschmutzungen. Gemischte Dynamiken ergaben sich ebenfalls in den Sektoren Bergbau (+15,5 Prozent) und Baugewerbe (-5 Prozent). Während der Anteil von Beschäftigten in *Green Enhanced Skill*-Berufen in beiden Sektoren fiel, wuchs die Beschäftigtenzahl in den Berufsgruppen *Green Increased Demand* und *Green New and Emerging* (Bowen/Hancké, 2019).



**Abbildung 2: Wachstum von "grünen" Berufstypen in der EU (2006-16)**

in Millionen Beschäftigten



Quelle: Bowen/Hancké, 2019; Institut der deutschen Wirtschaft

**Für die Bewältigung von Fachkräfteengpässen können zudem „rivalisierende“ Berufe (*Green Rival Occupations*) eine zentrale Rolle spielen.** *Green Rival Occupations* sind nach Bowen und Hancké (2019) nicht explizit auf grüne Tätigkeiten ausgerichtet, kennzeichnen sich jedoch durch vergleichbare und wandlungsfähige Tätigkeiten, die für die Umsetzung emissionsmindernder Maßnahmen zielführend sein können. Zu den Beispielen dieser Berufskategorie zählen Bowen und Hancké (2019) beispielsweise Ingenieure fossilbasierter Wertschöpfungsprozesse, Lastwagenfahrer sowie Berufe des Einzelhandels. Das Potenzial klimaschutzwirksamer Beiträge zur Dekarbonisierung ergibt sich für sogenannte rivalisierende Berufe insbesondere durch Weiterbildungen oder Umschulungen (Bowen/Hancké, 2019).

## 2 Hintergrund: Klimapolitik und Beschäftigungseffekte

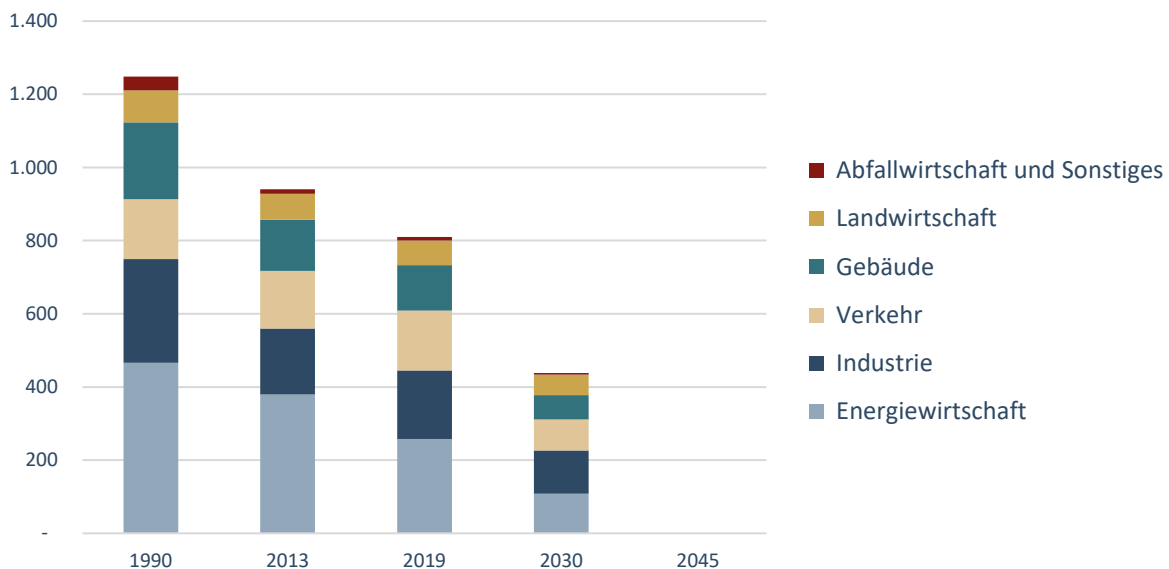
### 2.1 Die Bedeutung des EU Green Deal

In der Europäischen Union ist der EU Green Deal richtungsweisend für den Weg der Dekarbonisierung in Wirtschaft und Gesellschaft. Der EU Green Deal soll dabei den Wandel zur Klimaneutralität einerseits ermöglichen und zugleich eine neue Wachstumsstrategie für kommenden Jahrzehnte beschreiben. So gelten aus Sicht der Kommission Investitionen in nachhaltige Infrastrukturen und Technologien als „bestes Mittel zur Schaffung von Wachstum und langfristiger Beschäftigung angesichts der Risiken des Klimawandels“ (Europäische Kommission, 2021b). Auf nationaler Ebene spiegeln sich die EU-Ziele in der Verschärfung des Klimaschutzgesetzes in Deutschland 2021 und der Einführung von Klimaschutzgesetzen in den Bundesländern wider.

Aus den klimapolitischen Zielen ergibt sich eine klare Zuordnung, welchen Beitrag verschiedene Branchen beim Übergang zu einer klimaneutralen Wirtschaft leisten sollen. In Deutschland erfordert das Ziel Klimaneutralität bis 2045 ambitionierte Emissionsminderungen über alle Sektoren (Abbildung 3). Die jährlichen Einsparungsziele bis 2030 gegenüber 1990 sind in den Bereichen Energie, Industrie, Gebäude und Verkehr am größten. Ausgehend vom krisenbedingt gedämpften Niveau 2020 muss der Industriebereich seine jährlichen Emissionen bis 2030 um weitere 34 Prozent reduzieren.

#### Abbildung 3: Zielpfad der Treibhausgasemissionen in Deutschland bis 2045

Angaben des jährlichen Treibhausgasausstoßes in Millionen T. CO<sub>2</sub>-Äquiv.



Quelle: EEA, 2022; Umweltbundesamt, 2022; Institut der deutschen Wirtschaft

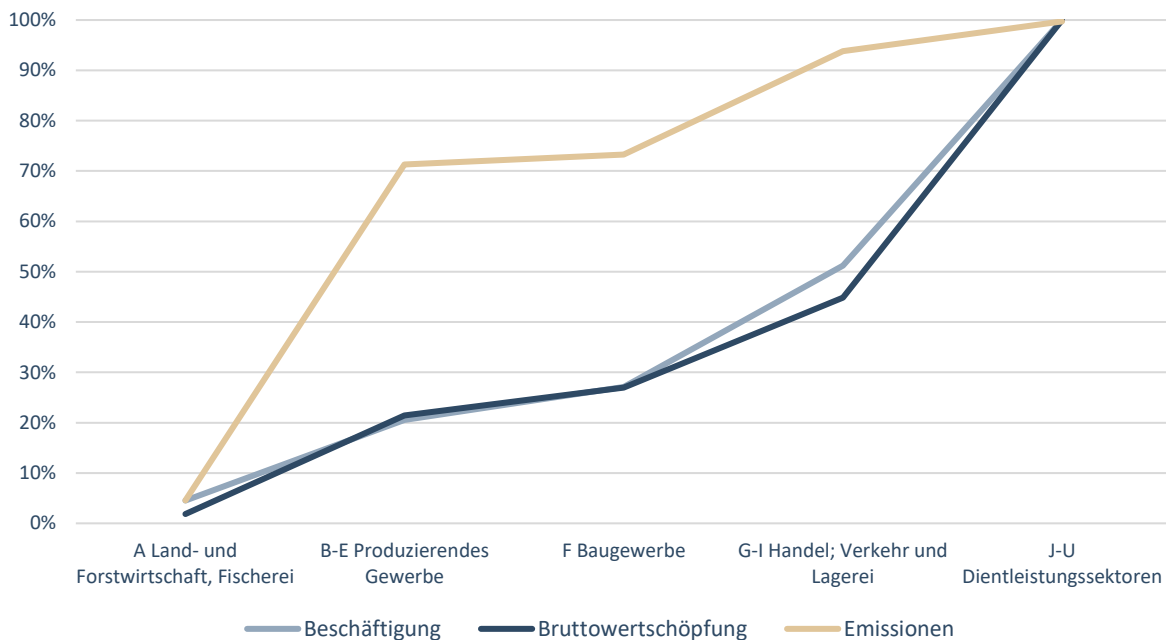
**Die wirtschaftliche Neuausrichtung erfordert eine klare Identifikation von Emissionsminderungspotenzialen, um eine zielführende Allokation von Klimaschutzinvestitionen zu ermöglichen.** Im Rahmen der EU-Finanzierungsstrategie des EU-Green Deal möchte die EU-Kommission bis 2030 über öffentliche und private Kanäle Klimaschutzmaßnahmen in Höhe von mindestens 1 Billion Euro mobilisieren. Während viele Unternehmen die Ursachen und mögliche Schlüsseltechnologien zur Minderung der eigenen Treibhausgase kennen, sind die zentralen Handlungsfelder für externe Kapitalgeber schwierig zu identifizieren. Um die Transparenz zu erhöhen und klimaschutzwirksame Wirtschaftsaktivitäten klar

zu identifizieren, hat die Kommission mit der EU-Taxonomie 2020 ein Klassifikationssystem für die Bewertung von ökologisch-nachhaltigen Wirtschaftsaktivitäten eingeführt. Die EU-Taxonomie soll zwischen real- und finanzwirtschaftlichen Akteuren ein gemeinsames Verständnis schaffen, welche Investitionen einen zielführenden Beitrag zur Umsetzung des EU Green Deal leisten können, und insbesondere private Geldgeber bei der Finanzierung von Klimaschutzinvestitionen stärker einbinden (Friedrich/ Wendland, 2021).

**Der Großteil der EU-weiten Treibhausgasemissionen entsteht im Zusammenhang mit Produktions- und Wertschöpfungsprozessen des Produzierenden Gewerbes (Abbildung 4).** Primär- und Sekundärsektoren stellen zwar in Summe weniger als die Hälfte der Bruttowertschöpfung und Beschäftigtenzahl in der EU. Beide sind zusammen jedoch für rund 95 Prozent der jährlichen Emissionen verantwortlich. Die hohe CO<sub>2</sub>-Bilanz ist insbesondere auf die energetisch- und prozessbedingten Emissionen des Produzierenden Gewerbes zurückzuführen. Emissionsminderungen in Grundstoffindustrien bei der Herstellung von Stahl, Zement, Aluminium oder Chemie zählen zu den größten Hebeln auf dem Pfad in Richtung Klimaneutralität.

**Abbildung 4 Beschäftigung, Emissionen und Bruttowertschöpfung in der EU im Jahr 2020**

Angaben in Prozent des Gesamtwerts (kumulativ)



Quelle: Eurostat, 2022; Institut der deutschen Wirtschaft

**Die EU-Taxonomie richtet sich prioritär an Industrien, in denen sich mittelfristig die größten Potenziale für einen zielführenden Klimaschutzbeitrag ergeben – unter Berücksichtigung der Gesamtemissionen und der Minderungspotenziale (Europäische Kommission, 2021b).** Die Aktivitäten des ersten delegierten Rechtsakts zielen auf direkte, indirekte oder übergangsweise Beiträge zur Dekarbonisierung ab. Die Hälfte der aktuell 88 erfassten Aktivitäten richtet sich an Maßnahmen in den Bereichen Energie und Verarbeitendes Gewerbe, darunter Erzeugungstechnologien von Energie aus regenerativen Quellen, Stromübertragungs- und Verteilungstechnologien sowie Herstellungsprozesse, beispielsweise für Batterien, Eisen und Stahl oder chemische Grundstoffe. Die EU-Taxonomie soll Informationssymmetrien zwischen Real- und Finanzwirtschaft abbauen und eine einheitliche

Bewertungsgrundlage zur Identifikation klimaschutzwirksamer Wirtschaftsaktivitäten ermöglichen (Friedrich/Wendland, 2021).

**Die Neuausrichtung auf das Ziel Klimaneutralität setzt die Verfügbarkeit und Beteiligung von qualifizierten Fachkräften voraus.** Während die Arbeitnehmerzahl aufgrund des demografischen Wandels in Deutschland insgesamt sinkt, ist zukünftig von einer verstärkten Nachfrage nach Fachkräften in vielen Schlüsselbranchen der Energiewende auszugehen (GWS, 2021). Weiterbildungen, Umschulungen und bildungspolitische Vorbereitungen sind dabei nicht ohne Weiteres kurzfristig zu bewerkstelligen, weshalb eine frühzeitige Auseinandersetzung mit den zukünftigen Anforderungen im Bereich der beruflichen Bildung und Beschäftigung notwendig ist. Dadurch kann Fachkräftengpässen in Unternehmen, Arbeitsmarktrisiken in der Gesellschaft, und weiteren sozioökonomischen Reibungspotenzialen des Übergangs zur Klimaneutralität vorgebeugt werden.

## 2.2 Beschäftigungseffekte der Dekarbonisierung in Deutschland

**Die Beschäftigungseffekte der Dekarbonisierung können aus ökonomischer Sicht auf verschiedene Art und Weise ermittelt werden.** Nach Lutz/Breitschopf (2016) kann bei der makroökonomischen Erfassung zwischen Brutto- und Nettobeschäftigungseffekten unterschieden werden. Zu den Bruttoeffekten zählen sowohl die direkten Auswirkungen technologischer Veränderungen auf die Beschäftigungssituation eines bestimmten Sektors, zum Beispiel im Zuge des Ausbaus der erneuerbaren Energien im Energiesektor, als auch indirekte Beschäftigungsveränderungen in vor- und nachgelagerten Sektoren, zum Beispiel durch eine veränderte Nachfrage nach bestimmten Vorleistungsgütern. Die Bruttobeschäftigungseffekte durch den Ausbau erneuerbarer Energien in Deutschland werden durch BMWK (2022) für die Jahre 2000 bis 2019 jährlich ermittelt. Die Bruttobeschäftigungsveränderungen im Bereich regenerativer Energien nach BMWK (2022) werden auf Basis von Input-/Output-Statistiken des Statistischen Bundesamts und eigens erstellten Wertschöpfungsbereichen für die Querschnittsbranche erneuerbarer Technologie-Anlagen, in Anlehnung an Lehr et al. (2015), ermittelt.

**Die gesamtwirtschaftlichen Folgen der Transformation können durch die Berechnung von langfristigen Nettobeschäftigungseffekten geschätzt werden.** Nettobeschäftigungseffekte beziehen dabei neben den mittelbaren und unmittelbaren Beschäftigungsveränderungen einer technologischen Neuerung zusätzliche gegenläufige Entwicklungen und induzierte Effekte, wie relative Preisveränderungen, Konsumänderungen, Substitutionseffekte und Lohnsteigerungen in der gesamten Wirtschaft mit ein. Makroökonomische gesamtwirtschaftliche Modelle zur Ermittlung der Nettobeschäftigungseffekte erfolgen in der Regel über eine Kombination von Bottom-up- und Top-down-Ansätzen. Eine Folgenabschätzung der Dekarbonisierung für Deutschland wurde zuletzt beispielsweise durch GWS/Prognos (2018) oder Prognos et al. (2021) erteilt. Neben makroökonomischen Methoden bestehen verschiedene mikroökonomische Ansätze, um Beschäftigungsveränderungen in der Realwirtschaft zu analysieren, zum Beispiel mittels Stellenanzeigen (IAB, 2016) oder Befragungen (BIBB, 2018).

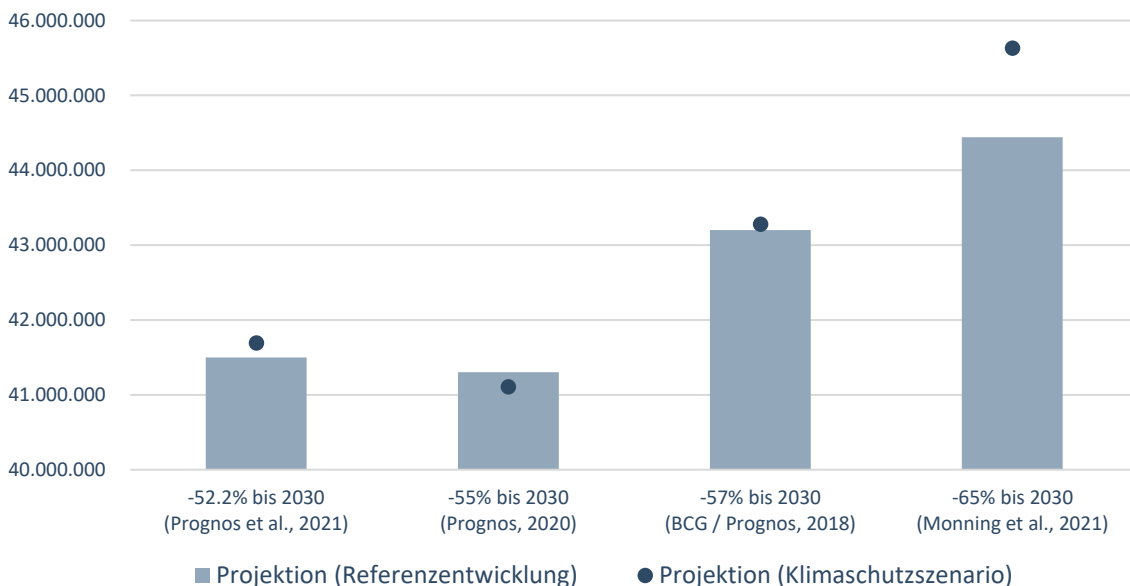
**Verschiedene internationale Studien weisen auf die gesamtwirtschaftlich positiven Folgen der Dekarbonisierung für die Entwicklung von Beschäftigungsperspektiven hin (GWS, 2021).** Trotz des Ausscheidens fossilbasierter Wertschöpfungsprozesse eröffnen sich durch die Förderung klimaneutraler Technologien neue Wachstums- und Beschäftigungsperspektiven. Auf globaler Ebene ermöglicht die Dekarbonisierung laut ILO (2019) bis 2030 rund 25 Millionen neue Jobs. Während 7 Millionen Beschäftigte als potenziell vom Arbeitsverlust bedroht gelten, bestehen für rund 5 Millionen neue Anstellungsmöglichkeiten in anderen Sektoren (ILO, 2019). Präzedenzfälle aus Großbritannien weisen auf

mögliche Verlagerungspotenziale auch innerhalb des Energiesektors hin, beispielsweise von Offshore Öl/Gas zu Offshore Wind, um Arbeitsverluste zu begrenzen (IRENA, 2014).

**Auch in Deutschland entstehen im Zuge der Dekarbonisierung laut verschiedenen Studien gesamtwirtschaftliche Mehrbeschäftigungspotenziale (Abbildung 5).** Durch technologische Umstellungen und Klimaschutzmaßnahmen kann insbesondere in den Sektoren Energie, Baugewerbe sowie Handel und Dienstleistungen mittelfristig von einem Anstieg der inländischen Wertschöpfung ausgegangen werden, was in der Folge auch die Nachfrage nach entsprechend qualifizierten Fachkräften stärkt (BCG/Prognos, 2018; Prognos et al., 2021). Lediglich im Fall einer einseitigen Belastung der Stahlindustrie in Deutschland durch eine verschärfte CO<sub>2</sub>-Bepreisung und eine international unabgestimmte Politik könnten negative Wertschöpfungseffekte zu einem Beschäftigungsrückgang führen (Prognos, 2020). Im Zuge der Ausreizung vorhandener Arbeitsproduktivitätspotenziale ist gesamtwirtschaftlich erst nach 2030 von einer Dämpfung der Beschäftigungseffekte auszugehen (Prognos et al., 2021).

### Abbildung 5: Beschäftigungsentwicklung in Deutschland bis 2030

Zahl der Beschäftigten in der gesamten Wirtschaft nach Szenarien



Quelle: eigene Darstellung; Institut der deutschen Wirtschaft

\*Referenzwert der vertikalen Achse bezieht sich auf Projektionsjahr 2035

## 3 Methodik: Die EU-Taxonomie als Kompass der Dekarbonisierung

### 3.1 Die Bedeutung der EU-Taxonomie für das Verarbeitende Gewerbe

Mit der EU-Taxonomie möchte die EU-Kommission Finanzmittel für Klimaschutzinvestitionen in Höhe von mindestens 1 Billion Euro bis 2030 mobilisieren. Die EU-Taxonomie richtet sich zu diesem Zweck an Wirtschaftsaktivitäten und Technologien, die aus Kommissionsicht den größten Beitrag zur Umsetzung des EU Green Deal bieten. Im Zuge technologischer Umbrüche in emissionsintensiven Branchen einerseits und einer Ausweitung der Wertschöpfung in Schlüsselbranchen zur Bereitstellung klimaneutraler Alternativen andererseits ist in den nächsten Jahrzehnten in Taxonomie-relevanten Wirtschaftszweigen von einer Neuaufstellung und oder Expansion von Wertschöpfung, Geschäftsmodellen und Produktionsfaktoren auszugehen (Kapitel 2.1).

Das Rahmenwerk der EU-Taxonomie bietet Ansatzpunkte, um die potenzielle Betroffenheit beziehungsweise Exponiertheit einzelner Berufe gegenüber der Dekarbonisierung zu analysieren. Da Taxonomie-relevante Aktivitäten Hemmnisse und Schlüssel zugleich für die Umsetzung des Ziels Klimaneutralität darstellen, ist von einer hohen Veränderungsdynamik der Beschäftigungsverhältnisse in betroffenen Branchen auszugehen. Die Dekarbonisierung bedeutet für Taxonomie-relevante Wirtschaftsbereiche tendenziell starke technologische Umbrüche und oder eine Ausweitung der Wertschöpfung, was eine steigende oder veränderte Nachfrage nach Fachkräften zur Folge hat. Auf Basis der Prüfkriterien des ersten delegierten Rechtsakts werden im Folgenden die Beschäftigungsverhältnisse in Taxonomie-relevanten Wirtschaftsbereichen genauer untersucht (Abbildung 6). Die Analyse nutzt zusätzlich Daten des Statistischen Bundesamts und der Bundesagentur für Arbeit für 2020.

Abbildung 6: EU-Taxonomie, Wirtschaftszweige und Berufe



Quelle: eigene Darstellung; Institut der deutschen Wirtschaft

\*Stand: März 2022 (Europäische Kommission, 2021c)

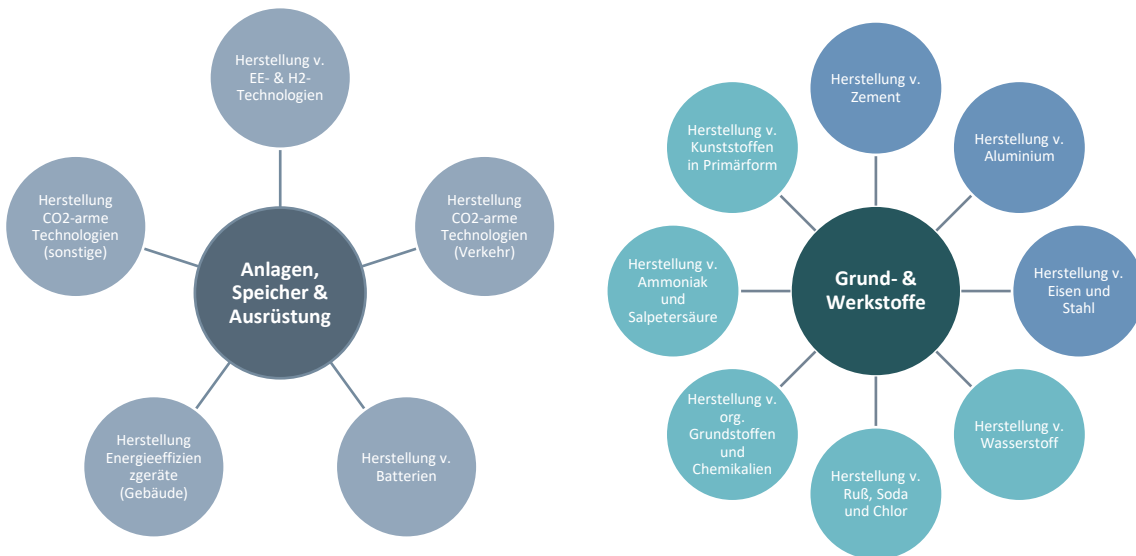
Der erste delegierte Rechtsakt der EU-Taxonomie identifiziert Wirtschaftsaktivitäten, denen unter gewissen Voraussetzungen ein wesentlicher Klimaschutzbeitrag zur Umsetzung des EU Green Deal zugeschrieben werden kann. Um den Fortschritt beim Klimaschutz zu maximieren, zielt die Taxonomie auf Wirtschaftszweige ab, die das höchste Potenzial für einen „wesentlichen Beitrag“ (*Substantial contribution*) zur Minderung der Emissionsbilanz bieten, basierend auf dem Anteil der Direktmissionen (nur Scope 1) und dem Emissionsminderungspotenzial (Europäische Kommission, 2021b). Ein

wesentlicher Beitrag zum Klimaschutz ist möglich, indem die Emissionsbilanz klimaschädlicher Aktivitäten gemindert (*Green activities & Transition activities*) oder indem emissionsneutrale Aktivitäten und dadurch Alternativen zur Substitution von klimaschädlichen durch klimafreundliche Technologien gefördert werden (*Enabling activities*) (Friedrich/Wendland, 2021).

**Derzeit werden 88 Wirtschaftsaktivitäten von der EU-Taxonomie erfasst, davon 17 im Verarbeitenden Gewerbe und 25 im Energiesektor.** Taxonomie-Aktivitäten im Verarbeitenden Gewerbe umfassen Herstellungsprozesse von regenerativen Energie-Technologien, die Produktion von Batteriespeichern oder die Herstellung von Grundstoffen wie Stahl, Aluminium, Zement oder chemischen Produkten. Bei der Ausrichtung der Aktivitäten wird insgesamt eine Zweiteilung erkennbar (Abbildung 7). Während der Klimaschutzbeitrag von Taxonomie-Aktivitäten im Bereich „Anlagen, Speicher & Ausrüstung“ nach Vorgaben des delegierten Rechtsakts vor allem komplementär in Form von *Enabling activities* geleistet werden soll (Abbildung 7, links), zielen die Taxonomie-relevanten Aktivitäten im Bereich „Grund- und Werkstoffe“ vor allem auf einen direkten Klimaschutzbeitrag durch Emissionsminderung (*Green/ Transition activities*) (Abbildung 7, rechts).

### Abbildung 7: Taxonomie-Aktivitäten im Verarbeitenden Gewerbe

Aktivitäten des ersten Rechtsakts im Verarbeitenden Gewerbe nach Herstellungsbereichen: „Anlagen, Speicher & Ausrüstung“ (v.a. Enabling activities) und „Grund- und Werkstoffe“ (v.a. Green / Transition activities)



Quelle: Europäische Kommission, 2021c; Institut der deutschen Wirtschaft

## 3.2 Von Taxonomie-Aktivitäten zu Schlüsselbranchen

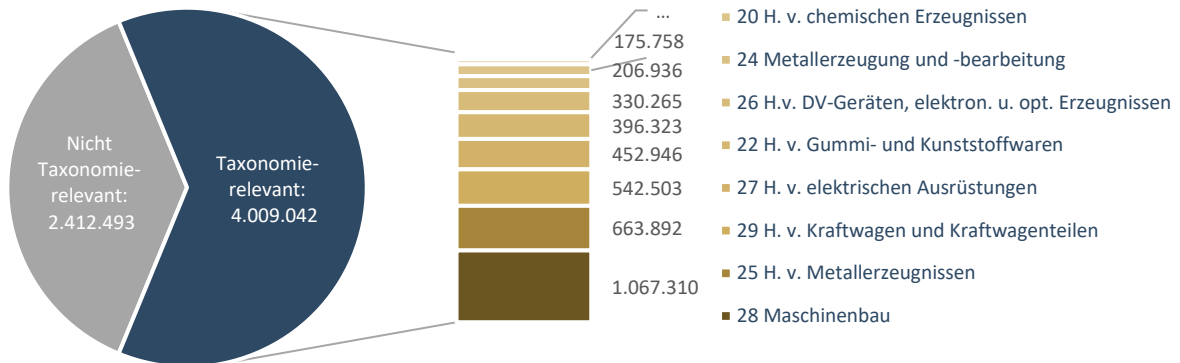
Die EU-Taxonomie weist sektorübergreifende Handlungsfelder der Dekarbonisierung, wirtschaftlich beteiligte Branchen sowie technische Prüfkriterien aus, um die Neuausrichtung bestehender Wertschöpfungsstrukturen ganzheitlich zu adressieren. Die Aufschlüsselung von Taxonomie-Aktivitäten zu Wirtschaftszweigen ergibt sich je nach Aktivität auf 2-4-Stellerebene der Klassifikation der Wirtschaftszweige (WZ 2008). Die Zuordnung ermöglicht eine erste Identifikation potenziell relevanter Wertschöpfungsbeziehungen, folgt jedoch keiner deterministischen Logik. Da sich die Wertschöpfung identifizierter Makrosektoren nicht ausschließlich auf Taxonomie-relevante Aktivitäten beschränkt, ist eine Abstimmung mit den technischen Prüfkriterien für jeden praktischen Einzelfall erforderlich (im

Zuge der nicht-finanziellen Berichterstattungspflichten auf Basis der EU-Taxonomie, wäre diese praktische Validierung durch zertifizierte externe Auditoren vorzunehmen) (PSF, 2019). Angesichts der begrenzten Möglichkeiten, diese Einzelfallprüfung auf der Basis von Makrodaten für die gesamte Wirtschaft vorzunehmen, kann in der folgenden Analyse nur von einer hohen Wahrscheinlichkeit der Beteiligung bestimmter Branchen an der Umsetzung Taxonomie-relevanter Aktivitäten ausgegangen werden.

**Das Verarbeitende Gewerbe gilt angesichts hoher Energie- und Emissionsintensitäten als Fokusbereich der EU-Taxonomie, weshalb sich der potenziell relevante Erfassungsbereich auch auf einen Großteil der Wirtschaftsaktivitäten erstreckt.** Wie Abbildung 8 zeigt, waren 2020 in Deutschland rund 62 Prozent der Beschäftigten im Verarbeitenden Gewerbe in Branchen tätig, für die Prüfkriterien erteilt wurden. Darüber hinaus wurden knapp zwei Drittel des Umsatzes und der Investitionen in Taxonomie-relevanten Branchen getätigt (Destatis, 2021). In den Branchen Maschinenbau (28), Herstellung von Metallerzeugnissen (25) und Herstellung von Kraftwagen- und Kraftwagenteilen (29), die für Taxonomie-relevante Aktivitäten im Bereich „Anlagenbau, Speicher & Ausstattung“ als zielführend gelten (darunter Herstellung von Technologien für regenerative Energien, energieeffizienten Geräten für Gebäude oder sonstigen kohlenstoffarmen Technologien) war die Zahl der Beschäftigten am größten.

### Abbildung 8 Beschäftigte in Taxonomie-relevanten Branchen im Verarbeitenden Gewerbe

Anzahl der Beschäftigten in den Wirtschaftszweigen (WZ 2008-Klassifikation)



Quelle: Destatis, 2021; Institut der deutschen Wirtschaft

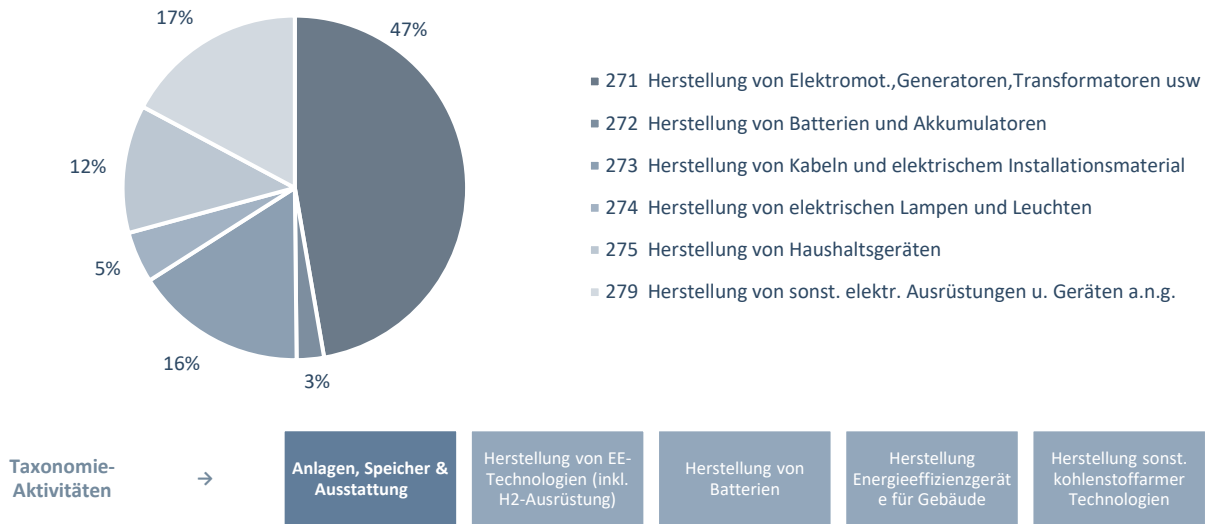
\*Darstellung Taxonomie-relevanter Wirtschaftszweige auf 2-Stellerebene, die entweder vollständig oder teilweise vom ersten delegierten Rechtsakt erfasst sind.

**Die Branche „Herstellung von Elektrischen Ausrüstungen“ (27) gilt als Schlüsselbranche zur Förderung verschiedener klimaschutzwirksamer Aktivitäten im Rahmen der EU-Taxonomie (Abbildung 9).** Zielführende Beiträge zur Dekarbonisierung können dieser Branche insgesamt vor allem für Herstellungsprozesse von Technologien für regenerative Energien oder sonstige kohlenstoffarme Technologien zugerechnet werden. Im Hinblick auf weitere Taxonomie-Aktivitäten wie die Batterieproduktion oder die Herstellung effizienter Gebäudeausstattung werden dagegen spezifische Teilbranchen identifiziert, darunter Herstellung von Batterien und Akkumulatoren (272), Herstellung von Glasfaserkabeln (2731), Herstellung von sonstigen elektronischen und elektrischen Drähten und Kabeln (2732),



Herstellung von elektrischem Installationsmaterial (2733), Herstellung von elektrischen Lampen und Leuchten (274), Herstellung von elektrischen Haushaltsgeräten (2751).

**Abbildung 9 Beschäftigung im Bereich Herstellung von elektrischen Ausrüstungen**



Quelle: Destatis, 2021; Institut der deutschen Wirtschaft

### 3.3 Der Betroffenheitsgrad von Berufen bei der Dekarbonisierung

**Der Anpassungsdruck im Zuge der Dekarbonisierung wirkt nicht in allen Branchen des Verarbeitenden Gewerbes gleich, wodurch unterschiedliche Fachkräftebedarfe entstehen.** Während die Prioritäten der Anpassung emissionsintensiver Grundstoffindustrien auf technologischen Umstellungen liegen (die gegebenenfalls Weiterbildungsbedarfe nach sich ziehen, jedoch nicht zwingend zu einer erhöhten Fachkräftenachfrage führen), ist beim Anlagenbau von einer steigenden Nachfrage, unter anderem durch den Ausbau der Erneuerbaren, auszugehen. Um die künftige potenzielle Betroffenheit von Beschäftigten vor dem Hintergrund der Dekarbonisierung antizipieren zu können, wird im Folgenden eine Bestandsaufnahme der Berufsverhältnisse in Taxonomie-relevanten Branchen im Status quo vorgenommen. Auf dieser Basis können Wertschöpfungszusammenhänge und -abhängigkeiten zwischen einzelnen Berufen und Wirtschaftsaktivitäten abgeleitet werden. Die Bestandsaufnahme eignet sich zudem als Grundlage, um die potenziellen Auswirkungen von Transformationsdynamiken der Dekarbonisierung auf die Berufs- und Beschäftigungsverhältnisse zu analysieren. Die Aufschlüsselung von Taxonomie-Aktivitäten nach Makrosektoren wird im Folgenden verwendet, um den branchenübergreifenden Erfassungsbereich zentraler Handlungsfelder, wie beispielsweise der Herstellung von Erneuerbaren Energie-Technologien (Abbildung 7), statistisch abzugrenzen.

**Mittels einer Bestandsaufnahme der Berufszusammensetzung der Beschäftigung in Taxonomie-relevanten Schlüsselbranchen lässt sich analysieren, welche Berufsgruppen an der Umsetzung von Klimaschutzmaßnahmen und klimaneutralen Wirtschaftsaktivitäten potenziell vor allem beteiligt sind.** Der Anteil einer bestimmten Berufsgruppe an der Beschäftigung in einer oder mehreren Branchen kann Aufschluss darüber geben, wie stark die Unternehmen auf den Beitrag dieser Berufsgruppen zur Wertschöpfung angewiesen sind. Gleichzeitig gibt die Zusammensetzung der Beschäftigung nach Berufen Auskunft, in welchen Berufen Arbeitnehmer vor allem tätig sind und welche durch diese

ausgeübt werden. Die Beschäftigtenanteile nach Berufsgruppen liefern daher stets sowohl ein Bild der Arbeitsnachfrage bei den Unternehmen als auch ein Bild des Arbeitsangebots durch die Arbeitnehmer.

**Da Taxonomie-relevante Branchen als zentrale Handlungsfelder der Dekarbonisierung gelten, sind die Beschäftigten dieser Branchen vom ökologischen Wandel künftig potenziell stark betroffen.** Die Implikationen dieser Exponiertheit fallen je nach Veränderungsdynamik und Anpassungsdruck in entsprechenden Branchen unterschiedlich aus. Während in Taxonomie-relevanten Branchen emissionsintensiver Wirtschaftsbereiche, wie im Bereich „Grund- & Werkstoffe“, durch die Umsetzung von *Green/ Transition activities* eine grundsätzliche Neuausrichtung von Technologien und damit auch der beruflichen Anforderungen erkennbar ist, erscheint in Taxonomie-relevanten Branchen emissionsarmer Wirtschaftsbereiche, wie im Bereich „Anlagen, Speicher & Ausstattung“, vor allem eine Ausweitung der Wertschöpfung durch *Enabling activities* absehbar (Kapitel 2.1). Mit Zahlen der Bundesagentur für Arbeit (2022) lassen sich die Beschäftigtenanteile nach Berufsgruppen in Taxonomie-relevanten Branchen des Verarbeitenden Gewerbes in Deutschland für 2020 in Form einer Expositionsmatrix darstellen. Einen Ausschnitt dieser Matrix zeigt Abbildung 10.

**Die Verteilung der Zellwerte der *Expositionsmatrix* in Abbildung 10 deutet bereits darauf hin, dass einige Berufe sektorübergreifend zentral für die Wertschöpfung in Taxonomie-relevanten Branchen sind, wohingegen andere Berufe sich auf bestimmte Taxonomie-relevante Wirtschaftszweige konzentrieren.** So stellen einige Produktionsberufe, wie 251 Maschinenbau und Betriebstechnik, und insbesondere dienstleistungsorientierte Berufe, wie 713 Unternehmensorganisation oder 611 Einkauf und Vertrieb, die für den Geschäftsbetrieb von Unternehmen allgemein wichtig sind. Demgegenüber zeigt sich bei anderen Berufen eine hohe Konzentration auf bestimmte potenziell Taxonomie-relevante Wirtschaftszweige, beispielsweise für Berufe in den Bereichen Chemie (413), Kunststoff-, Kautschukherstellung und Verarbeitung (221), Naturstein-, Mineral-, und Baustoffherstellung (212). Die Systematik und daraus folgenden möglichen Implikationen auf Basis der *Expositionsmatrix* werden im Folgenden näher untersucht.

### Abbildung 10: Expositionsmatrix: EU-Taxonomie, Branchen und Berufe

Die Zellenwerte zeigen die Beschäftigtenanteile einer Berufsgruppe (gelb) nach Branche (rot) und möglicher Taxonomie-Aktivität (blau).

| Taxonomie-Aktivität*                          | ... | Herst. v. Energieeffizienzgeräten für Gebäude | Herst. v. Energieeffizienzgeräten für Gebäude               | Herst. v. Energieeffizienzgeräten für Gebäude | Herst. v. Energieeffizienzgeräten für Gebäude                   | Herst. v. Zement                               | Herst. v. Energieeffizienzgeräten für Gebäude         | Keine   | Keine   | Herst. v. Eisen und Stahl                              | Herst. v. Eisen und Stahl                                    | Herst. v. Eisen und Stahl                          | Herst. v. Aluminium                                 | Herst. v. Eisen und Stahl | ... |
|---|-----|---|---|---|---|--|---|---|---|--|--|--|---|---------------------------|-----|
| Kategorie:                                    | ... | Enabling                                      | Enabling  | Enabling                                      | Enabling  | Transition                                     | Enabling  | ...   | ...   | Transition   | Transition   | Transition   | Transition  | Transition                | ... |
| Wirtschaftszweig 3-Steller (WZ2008)           | ... | 231 Herst. v. Glas und Glaswaren              | 232 Herst. v. feuerfesten keramischen Werkstoffen und Waren | 233 Herst. v. keramischen Baumaterialien      | 234 Herst. v. sonstigen Porzellan- und keramischen Erzeugnissen | 235 Herst. v. Zement, Kalk und gebranntem Gips | 236 Herst. v. Erzeugnissen aus Beton, Zement und Gips | 237 Be- und Verarbeitung von Naturwerksteinen und Natursteinen a. n. g. | 239 Herstellung von Schleifkörpern und Schleifmitteln ... | 241 Erzeugung von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen | 242 Herst. v. Stahlrohren, Rohrform-, Rohrverschluss und ... | 243 Sonstige erste Bearbeitung von Eisen und Stahl | 244 Erzeugung und erste Bearbeitung von NE-Metallen | 245 Gießereien            | ... |
| Berufsgruppe 3-Steller (KLDB2010)             | ... | ...   | ...   | ...   | ...   | ...  | ...   | ...   | ...   | ...  | ...  | ...  | ...   | ...                       | ... |
| 241 Metallherzeugung                          | ... | 0%  | 1%  | 0%  | 0%  | 0%   | 0%  | 0%  | 1%  | 18%  | 7%   | 20%  | 13%   | 34%                       | ... |
| 242 Metallbearbeitung                         | ... | 2%  | 1%  | 0%  | 3%  | 0%   | 2%  | 1%  | 5%  | 13%  | 21%  | 17%  | 17%   | 14%                       | ... |
| 243 Metalloberflächenbehandlung               | ... | 0%  | 0%  | 0%  | 0%  | 0%   | 0%  | 0%  | 0%  | 2%   | 1%   | 4%   | 2%  | 1%                        | ... |
| 244 Metallbau und Schweißtechnik              | ... | 1%  | 4%  | 2%  | 0%  | 1%   | 2%  | 1%  | 1%  | 4%   | 12%  | 5%   | 3%  | 2%                        | ... |
| 245 Feinwerk- und Werkzeugtechnik             | ... | 1%  | 1%  | 0%  | 1%  | 0%   | 0%  | 0%  | 1%  | 1%   | 1%   | 2%   | 2%  | 3%                        | ... |
| 251 Maschinenbau- und Betriebstechnik         | ... | 8%  | 11%   | 8%  | 6%  | 13%  | 7%  | 2%  | 19%   | 15%  | 14%  | 13%  | 16%   | 10%                       | ... |
| 252 Fahrzeug-Luft-Raumfahrt-, Schiffbautechn. | ... | 0%  | 0%  | 0%  | 0%  | 0%   | 0%  | 0%  | 0%  | 0%   | 0%   | 0%   | 0%  | 0%                        | ... |
| 261 Mechatronik und Automatisierungstechnik   | ... | 1%  | 0%  | 0%  | 1%  | 1%   | 0%  | 0%  | 1%  | 1%   | 0%   | 0%   | 1%  | 1%                        | ... |
| 262 Energietechnik                            | ... | 2%  | 2%  | 3%  | 1%  | 7%   | 2%  | 0%  | 2%  | 5%   | 2%   | 2%   | 2%  | 2%                        | ... |
| 263 Elektrotechnik                            | ... | 1%  | 0%  | 1%  | 0%  | 1%   | 0%  | 0%  | 1%  | 1%   | 1%   | 0%   | 1%  | 0%                        | ... |
| 271 Technische Forschung und Entwicklung      | ... | 1%  | 1%  | 0%  | 1%  | 0%   | 0%  | 0%  | 1%  | 1%   | 1%   | 0%   | 1%  | 0%                        | ... |
| 272 Techn. Zeichnen, Konstruktion, Modellbau  | ... | 1%  | 2%  | 0%  | 1%  | 0%   | 2%  | 0%  | 1%  | 1%   | 2%   | 1%   | 1%  | 2%                        | ... |
| 273 Technische Produktionsplanung, -steuerung | ... | 8%  | 6%  | 4%  | 7%  | 5%   | 3%  | 1%  | 7%  | 7%   | 6%   | 6%   | 8%  | 9%                        | ... |
| 281 Textiltechnik und -produktion             | ... | 0%  | 0%  | 0%  | 0%  | 0%   | 0%  | 0%  | 1%  | 0%   | 0%   | 0%   | 0%  | 0%                        | ... |
| 282 Textilverarbeitung                        | ... | 0%  | 0%  | 0%  | 0%  | 0%   | 0%  | 0%  | 1%  | 0%   | 0%   | 0%   | 0%  | 0%                        | ... |
| 283 Leder-, Pelzherstellung u. -verarbeitung  | ... | 0%  | 0%  | 0%  | 0%  | 0%   | 0%  | 0%  | 0%  | 0%   | 0%   | 0%   | 0%  | 0%                        | ... |
| 291 Getränkeherstellung                       | ... | 0%  | 0%  | 0%  | 0%  | 0%   | 0%  | 0%  | 0%  | 0%   | 0%   | 0%   | 0%  | 0%                        | ... |
| 292 Lebensmittel- u. Genussmittelherstellung  | ... | 0%  | 0%  | 0%  | 0%  | 0%   | 0%  | 0%  | 0%  | 0%   | 0%   | 0%   | 0%  | 0%                        | ... |
| 293 Speisenzubereitung                        | ... | 0%  | 0%  | 0%  | 0%  | 0%   | 0%  | 0%  | 0%  | 0%   | 0%   | 0%   | 0%  | 0%                        | ... |
| ...   | ... | ...   | ...   | ...   | ...   | ...  | ...   | ...   | ...   | ...  | ...  | ...  | ...   | ...                       | ... |

Quelle: eigene Berechnungen; Bundesagentur für Arbeit, 2021; Institut der deutschen Wirtschaft

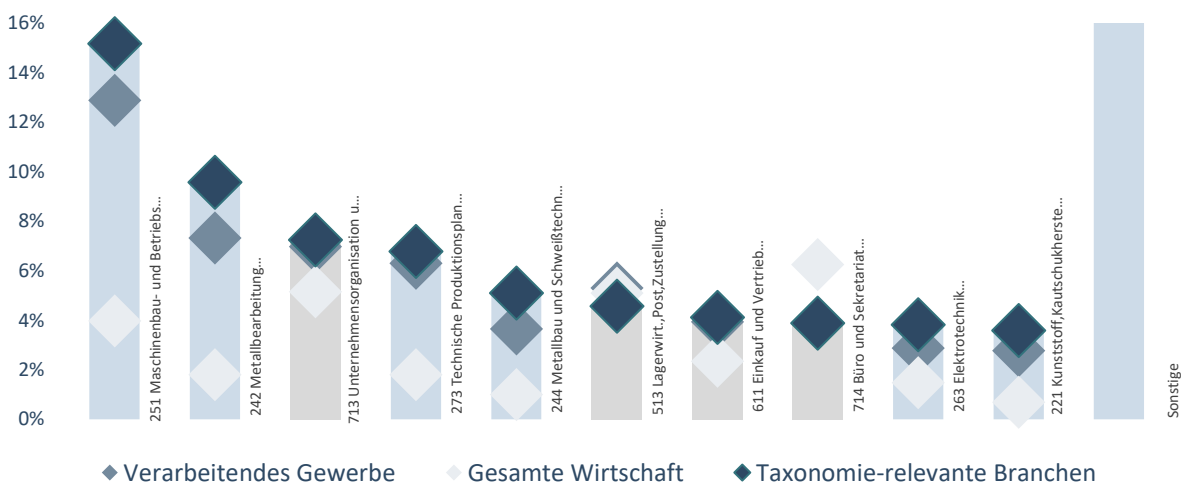
## 4 Ergebnisse: Exponierte Berufe im Verarbeitenden Gewerbe

### 4.1 Beschäftigtenanteile nach Berufsgruppen

Abbildung 11 zeigt die Beschäftigtenanteile der zehn größten Berufsgruppen in Taxonomie-relevanten Branchen im Verarbeitenden Gewerbe für 2020. Die zehn beschäftigungsstärksten Berufsgruppen (von 141 Berufsgruppen auf Ebene der KldB-Dreisteller) waren demnach 2020 für knapp zwei Drittel der Gesamtbeschäftigung in potenziell Taxonomie-relevanten Branchen verantwortlich. Die Berufe, die in allen Taxonomie-relevanten Branchen zusammen den größten Beschäftigungsanteil stellten, waren Maschinenbau und Betriebstechnik (15 Prozent), Metallbearbeitung (10 Prozent) und Unternehmensorganisation (7 Prozent). Während diese Berufe im Bezug auf alle entsprechenden Wertschöpfungsbereiche insgesamt den höchsten Beschäftigungsanteil stellten, stachen in einzelnen Wirtschaftszweigen bestimmte Berufe besonders hervor.

**Abbildung 11: Beschäftigungsstärkste Berufsgruppen in Taxonomie-relevanten Branchen**

Angaben in Prozent der Beschäftigung



Quelle: eigene Darstellung; Institut der deutschen Wirtschaft

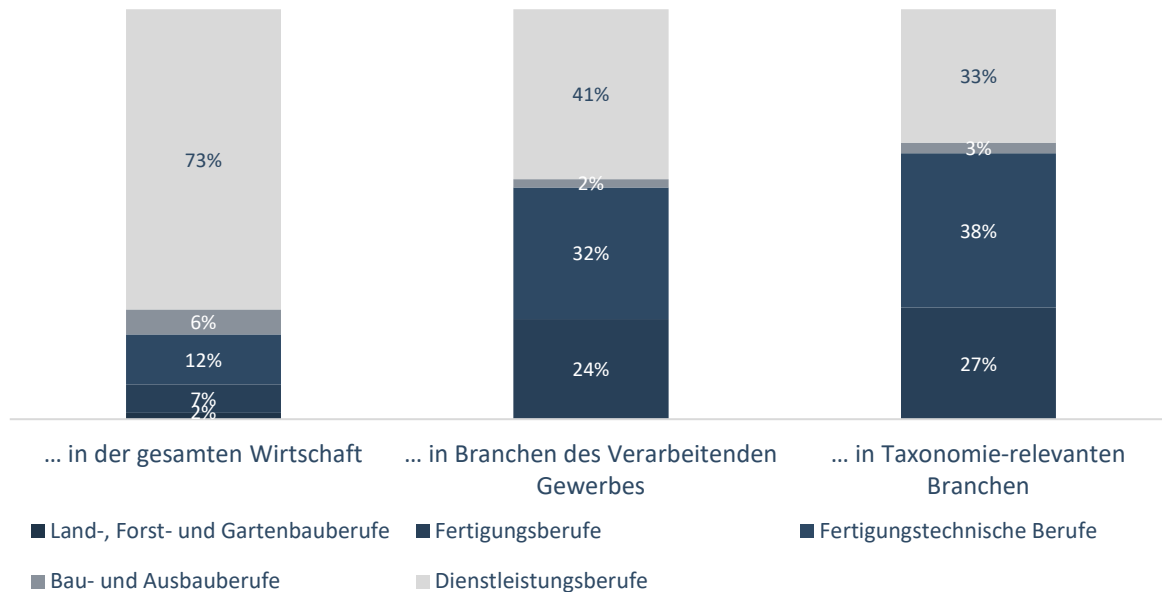
Die Ergebnisse zeigen außerdem, dass insbesondere produktionsorientierte Berufe insgesamt überdurchschnittlich stark vertreten waren. Wie Abbildung 12 zeigt, arbeiteten 2020 mehr als zwei Drittel der Beschäftigten in Taxonomie-relevanten Teilbranchen in Produktionsberufen – insbesondere fertigungstechnischen Berufen (38 Prozent), Fertigungsberufen (27 Prozent) und Bau- und Ausbauberufen (3 Prozent). Zu den beschäftigungsstärksten Produktionsberufen zählen unter anderem Maschinenbau (251), Metallbearbeitung (242) oder Technische Produktionsplanung (273) (Abbildung 11). Im Verarbeitenden Gewerbe und in der Gesamtwirtschaft insgesamt lagen die Anteile der Produktionsberufe bei nur 59 beziehungsweise 27 Prozent. Dienstleistungsorientierte Berufsgruppen stellten mit 33 Prozent einen wichtigen Beschäftigungsteil in Taxonomie-relevanten Branchen, jedoch lag dieser Anteil im Rest der Wirtschaft höher.

Angesichts der sektorübergreifenden Einsatzmöglichkeiten bestehen für Dienstleistungsberufe im Zuge der Dekarbonisierung tendenziell begrenzte Übergangsrisiken. Die Vergleichswerte in Abbildung 11 zeigen, dass die Berufe Unternehmensorganisation (713) oder Lagerwirtschaft, Post, usw. (513) auch in nicht Taxonomie-relevanten Branchen eine wichtige Rolle spielten. Die gesamtwirtschaftlichen Einsatzmöglichkeiten

und Nachfrage deuten auf eine gewisse Flexibilität dienstleistungsorientierter Berufe im Hinblick auf mögliche Arbeitsmarktumbrüche (wie beispielsweise infolge der Dekarbonisierung) hin. Durch Umschulungen und Weiterbildungen erscheint der Übergang und die Integration in andere Wirtschaftszweige hier grundsätzlich möglich.

**Abbildung 12: Beschäftigungsverhältnisse nach Berufssegmenten**

Angaben in Prozent der Beschäftigung



Quelle: eigene Darstellung; Institut der deutschen Wirtschaft

**Die langfristige Perspektive für beschäftigungsstarke Produktionsberufe betroffenen Branchen wird maßgeblich dadurch bedingt, inwieweit entsprechende Wirtschaftsbereiche mit dem Anpassungsdruck der klimapolitischen Verschärfungen künftig umgehen.** Hohe wechselseitige Abhängigkeiten zwischen bestimmten Berufen und bestehenden Wertschöpfungsprozessen können dabei Arbeitsmarktrisiken befördern. Sofern bestimmte Branchen auf spezialisierte Berufe angewiesen sind und oder der Transfer von Berufen in andere Bereiche nicht möglich ist, können Schwierigkeiten für Unternehmen und Beschäftigte auftreten. Dies gilt für Arbeitgeber, die den Einsatz von Schlüsseltechnologien ausweiten oder Geschäftsmodelle umstellen wollen und hierfür passend qualifizierte Fachkräfte benötigen, aber auch für Arbeitnehmer, die vom Arbeitsplatzverlust bedroht und auf eine Weiterbildungsperspektive und Neuanstellung angewiesen sind.

## 4.2 Beschäftigtenanteile nach Branchen

**Produktionsberufe sind in Taxonomie-relevanten Branchen nicht nur beschäftigungsstark stark vertreten, sondern auch insbesondere auf potenziell betroffene Branchen konzentriert.** Eine hohe Konzentration einzelner Berufe auf potenziell Taxonomie-relevante Wirtschaftszweige kann Pfadabhängigkeiten und mögliche Übergangsr Risiken im Fall technologisch-bedingter Branchenentwicklungen zur Folge haben. Neben dem Beschäftigtenanteil ist die Branchenverteilung einer daher Berufsgruppe wichtig, um potenziell stark betroffene Berufsgruppen von Transformationsdynamiken zu identifizieren. Eine hohe Konzentration einer bestimmten Berufsgruppe auf einen einzelnen Beschäftigungsbereich kann auf eine hohe Bindung und Abhängigkeit zwischen Beruf und branchenspezifischer Wertschöpfung hindeuten. Entsprechende Berufe können als

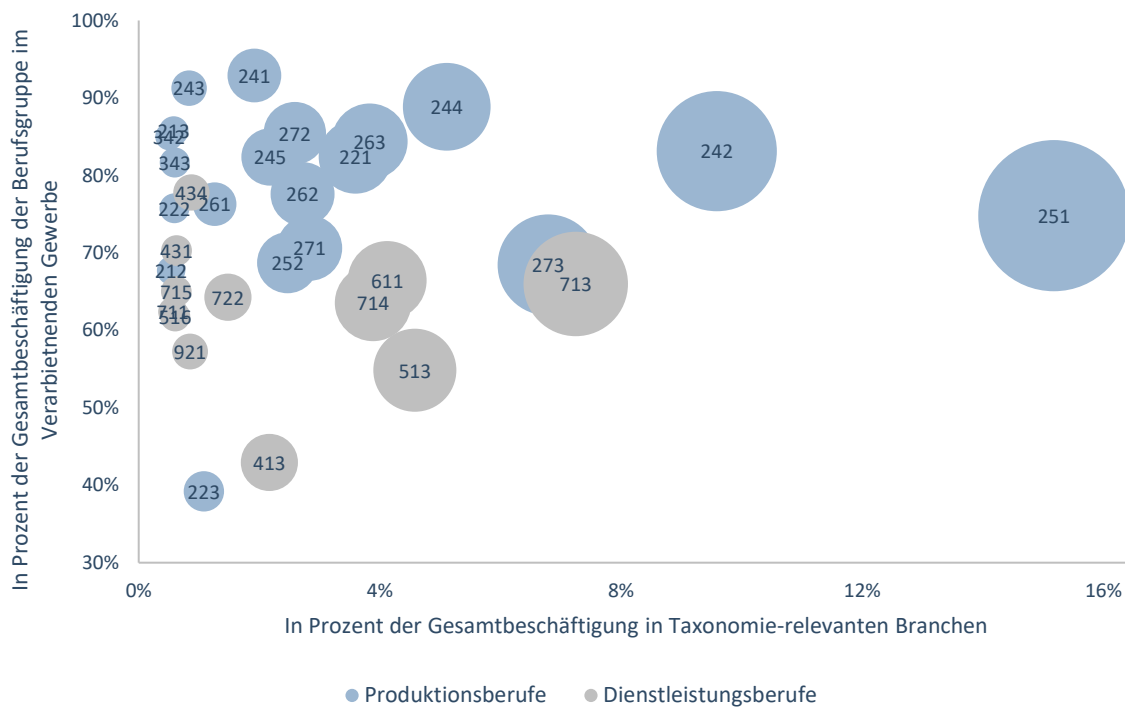
vergleichsweise vulnerabler im Zuge der nachhaltigen Transformation eingeschätzt werden als Berufe, die in vielen anderen Branchen ebenfalls zum Einsatz kommen.

**Beispielhaft für eine hohe Konzentration einer Berufsgruppe auf einen potenziell Taxonomie-relevanten Wirtschaftszweig ist die Berufsgruppe 413 Chemie.** Knapp jeder zweite Beschäftigte dieser Berufsgruppe im Verarbeitenden Gewerbe war 2020 entweder in der Branche 201 Herstellung von chemischen Grundstoffen, Düngemitteln und Stickstoffverbindungen, usw. oder 212 Herstellung von pharmazeutischen Spezialitäten und sonstigen pharmazeutischen Erzeugnissen tätig. Knapp ein Drittel (31 Prozent) der Beschäftigten entfiel dabei auf die Branche 201 Herstellung von chemischen Grundstoffen, Düngemitteln und Stickstoffverbindungen, usw., die nach den Kriterien des ersten delegierten Rechtsaktes künftig insbesondere für eine nachhaltige Ausrichtung der Grundstoffchemie relevant ist (Europäische Kommission, 2021c).

**Im Folgenden wird angenommen, dass die potenziell größten Übergangsrisiken im Zuge der Transformation bei Berufen bestehen, die sowohl beschäftigungsstark als auch besonders konzentriert auf Taxonomie-relevanten Branchen sind.** Vor diesem Hintergrund weist Abbildung 13 auf der Horizontalachse die Beschäftigtenanteile der größten Berufsgruppen in potenziell Taxonomie-relevanten Branchen (auf Basis der Expositionsmatrix) und auf der Vertikalachse die Branchenanteile dieser Berufsgruppen aus. Dabei zeigt sich auf den ersten Blick, dass beschäftigungsstarke Dienstleistungsberufe (graue Punkte) im Verarbeitenden Gewerbe vergleichsweise breit eingesetzt werden, während sich beschäftigungsstarke Produktionsberufe (blaue Punkte) vor allem auf potenziell Taxonomie-relevante Branchen konzentrieren.

**Abbildung 13: Produktions- und Dienstleistungsberufe in Taxonomie-relevanten Branchen**

Zellwerte und Beschriftungen nach Berufsgruppen (KldB-Dreisteller)



Quelle: eigene Darstellung; Institut der deutschen Wirtschaft

**Beispielhaft ist die Berufsgruppe Maschinenbau und Betriebstechnik (251), die 2020 rund 15 Prozent der Beschäftigten in Taxonomie-relevanten Branchen stellte.** Zudem wird ersichtlich, dass rund drei von vier Beschäftigten (75 Prozent) dieser Berufsgruppe im Verarbeitenden Gewerbe in Taxonomie-relevanten

Teilbranchen arbeiteten. Oder anders ausgedrückt: Nur jeder vierte Beschäftigte dieser Berufsgruppe war 2020 in Branchen des Verarbeitenden Gewerbes tätig, die nicht von der EU-Taxonomie erfasst werden. Die hohen Werte beider Faktoren zeigt, dass die Wahrscheinlichkeit von künftigen Betroffenheiten bei Beschäftigten dieser Berufsgruppe infolge der Dekarbonisierung hoch ist. Voraussetzend dafür ist unter anderem, dass der Transformationspfad zur Klimaneutralität in Taxonomie-relevanten Branchen eingeschlagen wird und die Umstellung auf eine klimaneutraler Wertschöpfung einen Anpassungsdruck auf Beschäftigten zur Folge hat. Vor diesem Hintergrund führen der hohe Beschäftigungsanteil in Taxonomie-relevanten Branchen und die geringe Präsenz in anderen Wirtschaftsbereichen zu einer vergleichsweise hohen Abhängigkeit von Beschäftigten der Berufsgruppe Maschinenbau und Betriebstechnik (251) von den technologisch-bedingten Entwicklungen Taxonomie-relevanter Branchen im Kontext der Dekarbonisierung.

**Eine hohe Branchenabhängigkeit zeigt sich auch bei weiteren Produktionsberufen in Taxonomie-relevanten Branchen.** So stellten die Berufsgruppen Metallerzeugung (241) oder Metalloberflächenbearbeitung (243) zwar mit 1,9 Prozent und 0,8 Prozent einen verhältnismäßig geringen Beschäftigungsanteil in Taxonomie-relevanten Branchen, gleichzeitig standen diese Anteile jedoch für mehr als 90 Prozent aller Beschäftigten dieser Berufsgruppen im Verarbeitenden Gewerbe insgesamt. Bei dienstleistungsorientierten Berufsgruppen zeigt sich dagegen eine vergleichsweise geringe Konzentration in Taxonomie-relevanten Branchen. Dies bestätigt die potenziell höhere Universalität und Flexibilität dienstleistungs- gegenüber produktionsorientierten Berufen im Hinblick auf die Herausforderungen und Entwicklungen der Dekarbonisierung.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass Produktionsberufe dem wirtschaftlichen Wandel als Folge der Dekarbonisierung im Verarbeitenden Gewerbe besonders ausgesetzt sind. Abschließend soll erläutert werden, inwieweit aus branchenspezifischen Anpassungserfordernissen betroffenen Berufen künftig Chancen und oder Risiken erwachsen können.

## 5 Diskussion: Anpassungsdruck für Berufe und Beschäftigung

### 5.1 Bedeutung für *Enabling-* und *„Green“/ Transition activities*

**Die Transformation zur Klimaneutralität erfordert eine Neuausrichtung bestehender Wertschöpfungsstrukturen in allen Teilen der Wirtschaft.** Die vorliegende Studie nimmt die Folgen der Dekarbonisierung für die Beschäftigungsverhältnisse im Verarbeitenden Gewerbe in den Fokus. Der Schwerpunkt der Betrachtung liegt dabei auf Schlüsselbranchen der Transformation in Anlehnung an die EU-Taxonomie. Letztere identifiziert Wirtschaftsaktivitäten, die entweder über die Emissionsreduktion (*„Green“/Transition-Aktivität*) oder eine Bereitstellung klimaneutraler Technologien (*Enabling activities*) einen wesentlichen Beitrag zum Klimaschutz (Substantial contribution) in der EU leisten sollen. Da die EU-Taxonomie auf die Senkung von Emissionen einerseits und die Förderung von klimaneutralen Alternativen andererseits abzielt, stellen Taxonomie-relevante Branchen sowohl Brennpunkte als auch Schlüsselindustrien der Transformation dar, in denen sich eine hohe Dynamik in mindestens eine von zwei Richtungen abzeichnet: Richtung Wandlung oder Wachstum (Europäische Kommission, 2021d).

**Die Ergebnisse zeigen, dass zum aktuellen Stand insbesondere produktionsorientierte Berufe für die Wertschöpfung in Taxonomie-relevanten Branchen des Verarbeitenden Gewerbes zentral sind.** Die Bedeutung von Produktionsberufen zeigt sich einerseits angesichts überdurchschnittlich hoher Beschäftigungsanteile gegenüber anderen Wirtschaftsbereichen. Zudem zeigt sich durch eine hohe Konzentration ein hohes Abhängigkeitspotenzial zwischen einzelnen Branchen und Produktionsberufen. Die Ergebnisse bestätigen damit

Ergebnisse bestehender Studien, dass insbesondere fertigungstechnische und technische Berufe für die Dekarbonisierung eine zentrale Rolle spielen (Umweltbundesamt, 2021; Dierdorff et al., 2009).

**Inwieweit von der vorliegenden Bestandsaufnahme auf künftige Entwicklungen der Fachkräftenachfrage geschlossen werden kann, ist mittels zusätzlicher Informationen zu prüfen.** Ein starker Anpassungsdruck zeichnet sich dabei insbesondere in Branchen ab, die im Zuge der Dekarbonisierung auf Sprunginnovationen und oder starke technologische Neuerungen zur Emissionsreduktion angewiesen sind. In etablierten Schlüsselbranchen, die bereits emissionsarm sind oder Technologien für eine klimaneutrale Wertschöpfung in anderen Bereichen herstellen, ist dagegen von eher inkrementellen Entwicklungen, Innovationen und Effizienzsteigerungen auszugehen. In diesen Branchen, die vor allem für die Umsetzung von *Enabling activities* auf Basis der EU-Taxonomie infrage kommen, zeichnen sich weniger starke Bedarfsveränderungen qualitativer Art ab, sondern vielmehr ein Anstieg des Fachkräftebedarfs insgesamt. Abbildung 14 zeigt, dass sich beim Vergleich zwischen Taxonomie-relevanten Erfassungsbereichen, die an *Green / Transition-* und *Enabling activities* Schnittmengen ebenso wie Unterschiede ergeben.

**Abbildung 14: Berufe in Taxonomie-relevanten Branchen des Verarbeitenden Gewerbes**

**a. Grundgesamtheit: Relevante Branchen zur Umsetzung von *Enabling activities***

| Berufsgruppe                                     | Beschäftigte     | Anteil*    |
|--|------------------|------------|
| 251 Maschinenbau- und Betriebstechnik            | 607,652          | 16%        |
| 242 Metallbearbeitung                            | 376,632          | 10%        |
| 713 Unternehmensorganisation und -strategie      | 289,507          | 7%         |
| 273 Technische Produktionsplanung, -steuerung    | 257,714          | 7%         |
| 244 Metallbau und Schweißtechnik                 | 211,512          | 5%         |
| 513 Lagerwirt., Post, Zustellung, Güterumschlag  | 180,951          | 5%         |
| 611 Einkauf und Vertrieb                         | 166,310          | 4%         |
| 263 Elektrotechnik                               | 163,720          | 4%         |
| 714 Büro und Sekretariat                         | 153,096          | 4%         |
| 221 Kunststoff, Kautschukherstell., verarbeitung | 149,298          | 4%         |
| <b>Sonstige Berufe*</b>                          | <b>1,337,356</b> | <b>34%</b> |

**b. Grundgesamtheit: Relevante Branchen zur Umsetzung von *Green / Transition activities***

| Berufsgruppe                                    | Beschäftigte   | Anteil*    |
|---|----------------|------------|
| 413 Chemie                                      | 72,610         | 15%        |
| 251 Maschinenbau- und Betriebstechnik           | 56,463         | 12%        |
| 241 Metallerzeugung                             | 56,011         | 12%        |
| 242 Metallbearbeitung                           | 42,873         | 9%         |
| 273 Technische Produktionsplanung, -steuerung   | 39,436         | 8%         |
| 713 Unternehmensorganisation und -strategie     | 27,648         | 6%         |
| 513 Lagerwirt., Post, Zustellung, Güterumschlag | 19,447         | 4%         |
| 714 Büro und Sekretariat                        | 16,974         | 4%         |
| 611 Einkauf und Vertrieb                        | 14,029         | 3%         |
| 262 Energietechnik                              | 12,771         | 3%         |
| <b>Sonstige Berufe*</b>                         | <b>122,831</b> | <b>26%</b> |

Quelle: eigene Darstellung; Institut der deutschen Wirtschaft

**Im Verarbeitenden Gewerbe zeigen sich die unterschiedlichen Entwicklungsdynamiken infolge der Dekarbonisierung zwischen emissions- und energieintensiven Branchen einerseits und Schlüsselbranchen zur Bereitstellung klimaneutraler Alternativen andererseits.** Dabei kann für die potenziell Taxonomie-

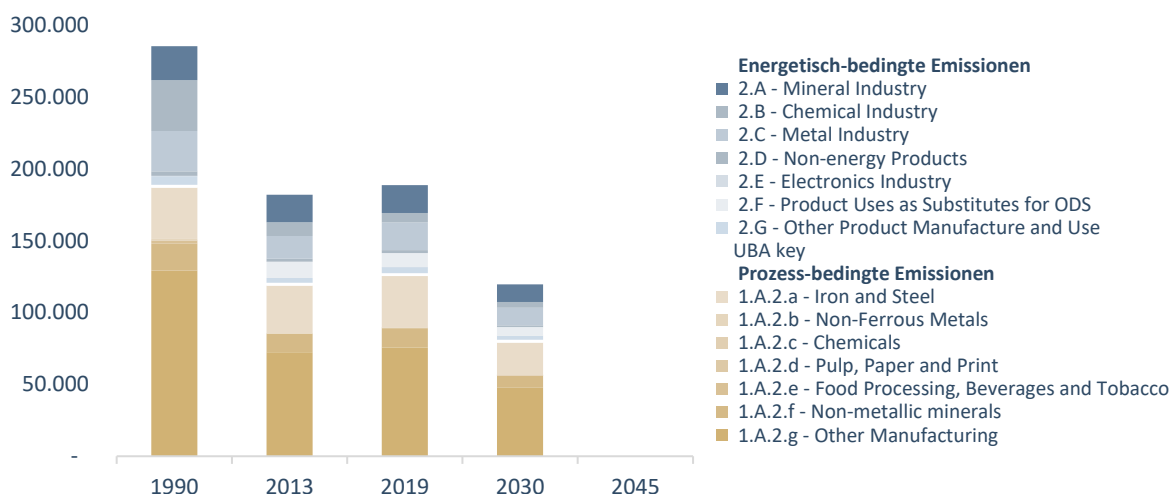


relevanten Wertschöpfungsbereiche zwischen Herstellungsprozessen von „Anlagen, Speichern und Ausrüstungen“ und Herstellungsprozessen von „Grund- und Werkstoffen“ unterschieden werden:

- Im Bereich „**Grund- und Werkstoffe**“ zielt die EU-Taxonomie auf direkte Emissionseinsparungen (*Green & Transition activities*) in Branchen ab, die für einen Großteil der prozessbedingten Emissionen verantwortlich sind (Abbildung 15). Insbesondere in Branchen der Produktion von Stahl, Zement, Aluminium und Chemie sind mittelfristig starke technologische Umstellungen für das Ziel Klimaneutralität notwendig. Die Neuausrichtung der Wertschöpfungsstruktur führt in diesen Branchen zu einer möglicherweise veränderten Nachfrage nach Tätigkeitsprofilen bei Unternehmen. So sind im Zuge der Umstellung und des Betriebs kohlenstoffarmer Verfahren, wie der Wasserstoffnutzung bei der Direktreduktion zur Stahlherstellung, der CO<sub>2</sub>-Abscheidung und Speicherung oder der weitgehenden Elektrifizierung, möglicherweise andere Kompetenzen als für den Betrieb fossilbasierte Prozesse gefragt (Agora Energiewende, 2019).
- Im Bereich „**Anlagen, Speichern und Ausrüstungen**“ verfolgt die EU-Taxonomie die Stärkung komplementärer Klimaschutzbeiträge durch die Förderung von klimaneutralen Technologien, die die Substitution von und Abkehr aus emissionsintensiven Aktivitäten beschleunigen können (*Enabling activities*). Technologische Umbrüche zeichnen sich in diesen Branchen weniger ab als ein Wachstum der Produktion und Wertschöpfung insgesamt. Für die energetische Modernisierung von Gebäuden oder den Ausbau der Erneuerbaren ist vor allem von einem Mehrbedarf energieeffizienter Ausrüstung für Gebäude oder Technologien und Komponenten für regenerative Energie-Anlagen auszugehen, was auf ein Wachstum wertschöpfungsrelevanter Branchen hindeutet. In der Folge bedeutet dies einen Mehrbedarf an Fachkräften, die den derzeit prägenden Tätigkeitsprofilen der Branchen entsprechen.

**Abbildung 15 Zielpfad der Industrieemissionen in Deutschland bis 2045**

Angaben des jährlichen Treibhausgasausstoßes in 1000 T. CO<sub>2</sub>-Äquiv.



Quelle: EEA, 2022; Umweltbundesamt, 2021; Institut der deutschen Wirtschaft

## 5.2 Einordnung der Bestandsaufnahme

Die Studie ermöglicht eine erste theoretische Eingrenzung von Schlüsselberufen aus einer Makroperspektive, liefert jedoch keine pauschale Zuschreibung, welche Berufe für die nachhaltige Transformation ziel führend sind (*Green Jobs*). Die EU-Taxonomie soll Kapitalgebern die Identifikation klimaschutzwirksamer

Aktivitäten in erster Linie erleichtern. Die Aussagekraft der Ergebnisse wird infolge der methodischen Herleitung jedoch erheblich durch die Ausrichtung der EU-Taxonomie bestimmt. Zur Betrachtung der gesamtwirtschaftlichen Folgen der Dekarbonisierung bietet dies Vor- und Nachteile. Der Klassifikationsrahmen eignet sich, um eine erste Eingrenzung des Spektrums relevanter Berufsgruppen zur Umsetzung von klimaneutralen Aktivitäten vorzunehmen. Dabei ist zu betonen, dass die Wertschöpfung der erfassten Makrosektoren nicht ausschließlich durch klimaschutzwirksame Aktivitäten erfolgt. So weist die Kommission in einer Folgenabschätzung der EU-Taxonomie darauf hin, dass „zwischen der Priorisierung bestimmter Wirtschaftszweige und Tätigkeiten [...] einerseits und der letztendlichen Aufnahme dieser Tätigkeiten in die EU-Taxonomie andererseits unterschieden werden“ muss (Annex IV, Europäische Kommission, 2021d, 109). In der Praxis bedeutet dies, dass über die prinzipielle Berücksichtigung von relevanten Schlüsselbranchen hinaus die Ausrichtungen einzelner Wirtschaftsaktivitäten auf die Prüfkriterien der EU-Taxonomie in der Praxis zu überprüfen sind. Da klimaschutzwirksame Aktivitäten nur eine Teilgröße der Aktivitäten in Taxonomie-relevanten Branchen ausmachen, ergeben sich Unschärfen bei der statistischen Identifizierung zielführender Wertschöpfungsbeiträge und Tätigkeiten durch Beschäftigte (Europäische Kommission, 2021d).

**Eine konkrete Beteiligung an Klimaschutzmaßnahmen trifft nicht für sämtliche Unternehmen der identifizierten Branchen in gleichem Umfang zu.** Die Ergebnisse eignen sich zur Identifikation zentraler Beschäftigungsbereiche auf dem Weg der Transformation. Eine konkrete Beteiligung der involvierten Unternehmen und Beschäftigten an dem Pfad in Richtung Klimaneutralität kann auf Basis der Ergebnisse nicht ohne Weiteres beschrieben werden. Dabei berücksichtigt die Betrachtung die Beschäftigten sämtlicher Unternehmen in potenziell Taxonomie-relevanten Wirtschaftsbereichen größenunabhängig. Demnach bestehen nicht für alle Unternehmen vergleichbar hohe Anreize zur Durchführung von Taxonomie-Aktivitäten auf Basis etwaiger nicht-finanzieller Berichtspflichten. Ob ein Unternehmen oder eine Berufsgruppe einen zielführenden Beitrag bei der Klimaschutzwende leistet, hängt letztlich von den tatsächlichen Technologie- und Wertschöpfungsvoraussetzungen ab (Friedrich/Wendland, 2021).

**Die Grundgesamtheit Taxonomie-relevanter Branchen eignet sich für eine Eingrenzung zentraler Schlüsselbranchen und -berufe der Dekarbonisierung, ist jedoch weder präzise noch vollständig.** Limitationen ergeben sich beispielsweise aus der Nicht-Berücksichtigung von nicht erfassten Wertschöpfungsbereichen, denen bei der Dekarbonisierung zusätzlich ein wichtiger Beitrag zugerechnet werden kann, wie beispielsweise in Herstellung von Glas, der Papier- und Zellstoffindustrie oder der Ernährungswirtschaft. Der Erfassungsbereich der EU-Taxonomie beschränkt sich zudem auf Branchen, die aus Sicht der Europäischen Kommission in einer künftigen klimaneutralen Wirtschaft weiterhin einen wichtigen Wertschöpfungsbeitrag leisten können. Andere Wirtschaftsbereiche, für die keine klimapolitische Kompatibilität mit den Zielen des EU Green Deals erkannt wird, werden daher auch in der vorliegenden Bestandsaufnahme nicht berücksichtigt.

Eine abschließende Bewertung der effektiven Beteiligung einzelner Berufsgruppen bei der Transformation zur Klimaneutralität ist durch die vorliegende Studie nicht möglich. Dennoch bieten sich die Arbeiten zur weiteren Auseinandersetzung mit künftigen Herausforderungen auf dem Arbeitsmarkt im Zuge der Transformation an.

### 5.3 Mögliche Anknüpfungspunkte

**Die Gewichtung verschiedener Berufsgruppen in Form einer *Expositionsmatrix* bietet verschiedene Anknüpfungspunkte zur Auseinandersetzung mit den Folgen der Transformation.** Dabei sind mikro- und makroökonomische Einordnungen unter Einbeziehung zusätzlicher Informationen denkbar. Im Folgenden werden mögliche Beispiele diskutiert.

- **Multiplikator von Klimaschutzinvestitionen:** Nach den Plänen der EU-Kommission soll die EU-Taxonomie als Impulsgeber zur Mobilisierung von Klimaschutzinvestitionen durch öffentliche und private Kanäle beitragen (Fluchs et al., 2022). In vielen Industriebereichen setzt die Dekarbonisierung bis 2030 umfangreiche Neu- oder Reinvestitionen voraus (Agora Energiewende, 2019). Informationen zu Investitionen, Lohn- sowie Arbeitsproduktivitätsentwicklungen in Schlüsselbranchen der Transformation bieten in diesem Zusammenhang Ansatzmöglichkeiten zur Quantifizierung von Beschäftigungseffekten oder Produktivitätssteigerungen der Transformation (IFW, 2020; Prognos, 2020).
- **Handlungsfelder der Dekarbonisierung:** Die gesamtwirtschaftliche Neuausrichtung auf das Ziel Klimaneutralität etabliert neue Wertschöpfungsmuster, die sich in einigen Feldern von früheren Strukturen abheben. So entstehen neue Leitmärkte in den Bereichen Kreislaufwirtschaft, Elektromobilität oder erneuerbare Energien, die sektorübergreifend ausgerichtet neue wirtschaftlichen Verbindungen schaffen. Die in dieser Studie entwickelte Matrixstruktur ermöglicht eine Zusammenführung verschiedener Teilbereiche, die an der Wertschöpfung neuer Querschnittsbranchen beteiligt sind und einen Ausgangspunkt, um Entwicklungen im Bereich der Beschäftigung und oder auf dem Arbeitsmarkt näher zu analysieren (IRENA, 2014).
- **Fachkräftebedarf bei Unternehmen:** Die Dekarbonisierung ist durch starke technologische Veränderungen gekennzeichnet, die den Bedarf nach Fachkräften bei Unternehmen abwandeln. So besteht in emissionsintensiven Industrien für „Grund- und Werkstoffe“ angesichts technologischer Umbrüche ein Potenzial für veränderte Fachkräftebedarfe, insbesondere im Hinblick auf die Rolle und Beteiligung von Produktionsberufen. Um den Fachkräftebedarf aufseiten von Unternehmen spezifizieren zu können, ist tiefergehendes Wissen über die Anforderungen des Einsatzes klimaneutraler Schlüsseltechnologien erforderlich (Agora Energiewende, 2019).
- **Interne Flexibilitäten des Arbeitsmarktes:** Die klimapolitischen Verschärfungen haben den Handlungsdruck für zeitnahe technologische Umstellungen und Fortschritte bei der Senkung der Emissionen zunehmend erhöht. Den Zielen einer beschleunigten Energiewende stehen dabei die Gegebenheiten eines bedingt flexiblen Arbeitsmarktes und verfügbaren Arbeitsangebots gegenüber. Zeitliche und räumliche Versätze sowie bildungs- und sektorspezifische Asymmetrien stellen im Zuge der Energiewende zentrale Hürden für Arbeitsmarktübergänge (IRENA, 2014). Weitere Informationen zur Entwicklung des Arbeitsangebots und oder der Anpassungsfähigkeit von Berufen können helfen, um mögliche Fachkräftengpässe zu identifizieren oder Optionen für die Fachkräftesicherung durch Neuqualifizierungen, Weiterbildungen oder Umschulungen abzuschätzen (Maier et al., 2018).
- **Ausdifferenzierung der Berufsprofile und Qualifikationsniveaus:** Die Studie identifiziert von der Dekarbonisierung betroffene Berufe, die angesichts des Aggregationsniveaus der Daten nur begrenzte Informationen über die tatsächliche Tätigkeit und das Qualifikationsniveau der Beschäftigten zulassen. So kann beispielsweise eine Tätigkeit im Bereich Maschinenbau und Betriebstechnik (251) einem Beruf als Maschinen- und Anlagenführer/in (25122) oder einer Spezialistentätigkeit als Technische Servicekräfte in Wartung und Instandhaltung (25133) zugeschrieben werden. Um die Analyseergebnisse im Hinblick auf die identifizierten Berufsgruppen zu präzisieren und die Aussagekraft zu erhöhen, wäre eine Einbeziehung von Informationen auf Basis eines höheren beruflichen Differenzierungsgrads hilfreich, insbesondere KldB-Vierstellerebene oder Qualifikationsniveau.
- **Berufsspezifische Beiträge zum Umwelt- und Klimaschutz:** Neben der Lokalisierung von Schlüsselberufen öffnet die Verknüpfung von Taxonomie-Aktivitäten, Wirtschaftszweigen und Berufen die Perspektive, in welchen Umwelt- und Klimaschutzbereichen bestimmte Berufe zukünftig gefragt sind. Die Ergebnisse

für das Verarbeitende Gewerbe zeigen, dass die Berufsgruppe Technische Produktionsplanung und -steuerung (273) in verschiedenen Taxonomie-relevanten Branchen einen hohen Beschäftigungsanteil stellt. Dazu zählen Wirtschaftszweige, die absehbar verstärkt an der direkten Emissionsreduktion durch *Green & Transition activities* (beispielsweise Herstellungsprozesse von Roheisen, Stahl und Ferrolegierungen) oder dem indirekten Klimaschutz durch die komplementäre Beteiligung zur Bereitstellung klimaneutraler Alternativen durch *Enabling activities* (beispielsweise Herstellung von Glas und Glaswaren) beteiligt sind. Bei der Mobilisierung sämtlicher Potenziale zur Fachkräftesicherung spielt die Neuorientierung von betroffenen Beschäftigten aus kontrahierenden emissionsintensiven Branchen in expansive Zukunftsbranchen perspektivisch eine wichtige Rolle, die auf Basis der vorliegenden Ergebnisse einer näheren Untersuchung bedarf.

## Abstract

The economic transformation to carbon neutrality increasingly produces various forms of pressures in different job areas and on the labour market, especially in energy- and emission-intensive manufacturing industries. As new technologies are implemented and new tasks emerge, employers also require new skills and qualifications from their employees. While decarbonisation can be associated with overall positive employment outcomes according to various studies, temporal and spatial mismatches as well as unequal sectoral dynamics imply varying consequences for each employee individually. This study examines the degree to which different job areas and occupational groups are likely to be affected from transformative dynamics of decarbonisation in the manufacturing sector. The methodology is based on the EU taxonomy, which targets key manufacturing sectors for industrial adaptation and change, i.e. energy-intensive basic material industries and lead markets for the provision of climate-neutral technologies. Based on the distribution of occupational groups by sectors and employment aggregates, the studies shows that production-oriented jobs (in contrast to service-oriented jobs) are particularly exposed to decarbonisation pressures in taxonomy-relevant industries. Identified key occupations share a high exposure to transformation pressures through involvement in either Enabling- or “Green”/ Transition activities. The exposure matrix elaborated provides new starting points to analysis employment dynamics from a macro-perspective.

## Abbildungsverzeichnis

|   |    |
|---|----|
| Abbildung 1: „Grüne“ Berufe nach Dierdorff et al. (2009).....                               | 6  |
| Abbildung 2: Wachstum von "grünen“ Berufstypen in der EU (2006-16).....                     | 8  |
| Abbildung 3: Zielpfad der Treibhausgasemissionen in Deutschland bis 2045 .....              | 9  |
| Abbildung 4 Beschäftigung, Emissionen und Bruttowertschöpfung in der EU im Jahr 2020.....   | 10 |
| Abbildung 5: Beschäftigungsentwicklung in Deutschland bis 2030 .....                        | 12 |
| Abbildung 6: EU-Taxonomie, Wirtschaftszweige und Berufe .....                               | 13 |
| Abbildung 7: Taxonomie-Aktivitäten im Verarbeitenden Gewerbe.....                           | 14 |
| Abbildung 8 Beschäftigte in Taxonomie-relevanten Branchen im Verarbeitenden Gewerbe.....    | 15 |
| Abbildung 9 Beschäftigung im Bereich Herstellung von elektrischen Ausrüstungen .....        | 16 |
| Abbildung 10: Expositionsmatrix: EU-Taxonomie, Branchen und Berufe .....                    | 18 |
| Abbildung 11: Beschäftigungsstärkste Berufsgruppen in Taxonomie-relevanten Branchen.....    | 19 |
| Abbildung 12: Beschäftigungsverhältnisse nach Berufssegmenten.....                          | 20 |
| Abbildung 13: Produktions- und Dienstleistungsberufe in Taxonomie-relevanten Branchen ..... | 21 |
| Abbildung 14: Berufe in Taxonomie-relevanten Branchen des Verarbeitenden Gewerbes.....      | 23 |
| Abbildung 15 Zielpfad der Industrieemissionen in Deutschland bis 2045 .....                 | 24 |

## Literaturverzeichnis

- Agora Energiewende, 2019, Klimaneutrale Industrie, <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/klimaneutrale-industrie-hauptstudie/> [8.3.2022]
- Agora Energiewende, 2020, Klimaneutrales Deutschland, <https://www.agora-energiewende.de/veroeffentlichungen/klimaneutrales-deutschland/> [8.3.2022]
- BCG / Prognos, 2018, Klimapfade für Deutschland, <https://www.bcg.com/de-de/publications/2018/climate-paths-for-germany> [14.3.2022]
- BIBB, 2018, BIBB/BAuA-Erwerbstätigenbefragung 2018, Arbeit und Beruf im Wandel, Erwerb und Verwertung beruflicher Qualifikationen, <https://www.bibb.de/de/65740.php> [3.3.2022]
- BMWK, 2021, Bruttobeschäftigung durch erneuerbare Energien 2000 bis 2019, <https://www.erneuerbare-energien.de/EE/Redaktion/DE/Downloads/zeitreihe-der-beschaefigungszahlen-seit-2000.html> [3.3.2022]
- Bowen / Hancké, 2019, The Social Dimensions of ‘Greening the Economy- Developing a taxonomy of labour market effects related to the shift toward environmentally sustainable economic activities, Brüssel 2019, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/24c67b4c-3293-11ea-ba6e-01aa75ed71a1> [8.3.2022]
- Bundesagentur für Arbeit, 2021, Statistik der Bundesagentur für Arbeit, Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte - Jahresdurchschnitt 2020 - Wirtschaftsgruppen WZ 2008 x Berufsgruppen KldB 2010
- CEDEFOP, 2009, Future skill needs for the green economy, European Centre for the Development of Vocational Training, Luxemburg 2009, [https://www.cedefop.europa.eu/files/5501\\_en.pdf](https://www.cedefop.europa.eu/files/5501_en.pdf) [8.3.2022]
- Dierdorff et al., 2009, Greening of the World of Work: Implications for O\*NET®-SOC and New and Emerging Occupations, The National Center for O\*NET Development February 12, 2009, [https://www.onetcenter.org/dl\\_files/Green.pdf](https://www.onetcenter.org/dl_files/Green.pdf) [8.3.2022]
- Destatis, 2021, Investitionserhebung im Verarbeitenden Gewerbe, Bergbau, <https://www-genesis.destatis.de/genesis/online?operation=statistic&levelindex=0&levelid=1647263353453&code=42231&operation=table&info=on#abreadcrumb> [14.3.2022]
- Edler / Sullivan, 2020, Gross Employment Effects in the Renewable Energy Industry in Germany—An Input–Output Analysis from 2000 to 2018, MDPI, <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/15/6163> [8.3.2022]
- Europäische Kommission, 2021a, Proposal for a COUNCIL RECOMMENDATION on ensuring a fair transition towards climate neutrality, [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA\\_21\\_6823](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/QANDA_21_6823) [14.3.2022]
- Europäische Kommission, 2021b, Impact assessment report on Commission Delegated Regulation supplementing Regulation (EU) 2020/852 of the European Parliament and of the Council by establishing the technical screening criteria for determining the conditions under which an economic activity qualifies as contributing substantially to climate change mitigation or climate change adaptation and for determining whether that economic activity causes no significant harm to any of the other environmental objectives [taxonomy-regulation-delegated-act-2021-2800-impact-assessment\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/economy_finance/impact-assessment-report-on-commission-delegated-regulation-supplementing-regulation-eu-2020-852-of-the-european-parliament-and-of-the-council-by-establishing-the-technical-screening-criteria-for-determining-the-conditions-under-which-an-economic-activity-qualifies-as-contributing-substantially-to-climate-change-mitigation-or-climate-change-adaptation-and-for-determining-whether-that-economic-activity-causes-no-significant-harm-to-any-of-the-other-environmental-objectives-taxonomy-regulation-delegated-act-2021-2800-impact-assessment_en.pdf) (europa.eu) [14.3.2022]
- Europäische Kommission, 2021c, EU Taxonomy Compass, <https://ec.europa.eu/sustainable-finance-taxonomy/index.htm> [14.3.2022]

EEA – European Environment Agency, 2022, National emissions reported to the UNFCCC and to the EU Greenhouse Gas Monitoring Mechanism, <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/national-emissions-reported-to-the-unfccc-and-to-the-eu-greenhouse-gas-monitoring-mechanism-17> [14.3.2022]

Eurostat, 2022, Gross value added - NACE Rev. 2: B-E – volumes, [https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/teina410\\_r2](https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/teina410_r2) [14.3.2022]

Fluchs, Sarah / Neligan, Adriana / Wendland, Finn Arnd, 2022, Klimaschutzinvestitionen, Gutachten im Auftrag der KfW Bankengruppe, Köln / Berlin

Friedrich, Peter / Wendland, Finn, 2021, Ökologisch nachhaltig oder nicht? Die Einführung der EU Taxonomy for Sustainable Activities. Ein verbindliches Klassifikationssystem nachhaltiger Wirtschaftsaktivitäten in der EU, IW Policy Paper Nr. 14, Köln

GWS, 2021, Jobmotor Klimaschutz - Beschäftigungseffekte durch ambitionierten Klimaschutz, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung, Osnabrück: GWS, 2021, <https://papers.gws-os.com/gws-research-report21-1.pdf> [8.3.2022]

GWS / Prognos, 2018, Gesamtwirtschaftliche Effekte der Energiewende, Gesellschaft für Wirtschaftliche Strukturforschung – Osnabrück, GWS RESEARCH REPORT 2016 / 01, <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Studien/gesamtwirtschaftliche-effekte-der-energiewende.pdf?blob=publication-file&v=8> [8.3.2022]

Hollander, 2019, Retrospectives: Ricardo on Machinery. Journal of Economic Perspectives, 33(2), 229-42. ISO 690, <https://pubs.aeaweb.org/doi/pdfplus/10.1257/jep.33.2.229> [8.3.2022]

IAB, 2016, Revision der IAB- Stellenerhebung- Hintergründe Methode und Ergebnisse, IAB Forschungsbericht 4/2016, <https://doku.iab.de/forschungsbericht/2016/fb0416.pdf> [14.3.2022]

IAB, 2018, IAB-Stellenerhebung, <https://iab.de/de/befragungen/stellenangebot.aspx> [3.3.2022]

IRENA, 2014, The Socio-economic Benefits of Solar and Wind Energy, <https://www.globalccsinstitute.com/archive/hub/publications/169888/socio-economic-benefits-solar-wind-energy.pdf> [14.3.2022]

ICOS, 2022, Data supplement to the Global Carbon Budget 2021, Integrated Carbon Observation System, <https://www.icos-cp.eu/science-and-impact/global-carbon-budget/2021> [2.3.2022]

ILO, 2019, Skills for a greener future: A global view based on 32 country studies, International Labour Office, Geneva

IRENA / ILO, 2021, Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2021, International Renewable Energy Agency, International Labour Organization, Abu Dhabi, Geneva

Lehr, Ulrike et al., 2015, Beschäftigung durch erneuerbare Energien in Deutschland: Ausbau und Betrieb, heute und morgen, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Berlin, 2015, [https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw\\_01.c.510565.de/diwkompakt\\_2015-101.pdf](https://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.510565.de/diwkompakt_2015-101.pdf) [8.3.2022]

Lutz, Christian / Breitschopf, Barbara, 2016, Systematisierung der gesamtwirtschaftlichen Effekte und Verteilungswirkungen der Energiewende, GWS RESEARCH REPORT 2016 / 01, [https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccx/2021/Systematisierung\\_der\\_gesamtwirtschaftlichen\\_Effekte.pdf](https://www.isi.fraunhofer.de/content/dam/isi/dokumente/ccx/2021/Systematisierung_der_gesamtwirtschaftlichen_Effekte.pdf) [8.3.2022]



- Maier, Tobias / Wolter, Marc Ingo / Zika, Gerd, 2020, Indikatoren zur Abschätzung der Fachkräftesituation im Beruf, [https://www.bibb.de/dokumente/pdf/qube\\_welle5\\_Indikatoren\\_Methodenbericht\\_DE\\_V1.1.pdf](https://www.bibb.de/dokumente/pdf/qube_welle5_Indikatoren_Methodenbericht_DE_V1.1.pdf) [3.3.2022]
- Mönnig, Anke et al., 2021, Arbeitsmarkteffekte eines klimaneutralen Langfristpfads bis 2030, <https://gws-os.com/de/publikationen/alle-publikationen/detail/2021-arbeitsmarkteffekte-eines-klimaneutralen-langfristpfads-bis-2030-zusammenfassung-der-ergebnisse> [14.3.2022]
- Prognos et al., 2018, Folgenabschätzung zu den ökologischen, sozialen und wirtschaftlichen Folgewirkungen der Sektorziele für 2030 des Klimaschutzplans 2050 der Bundesregierung, Freiburg 2018, <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Folgenabschaetzung-Klimaschutzplan-2050.pdf> [14.3.2022]
- Prognos, 2020, Klimapolitische Herausforderungen der Stahlindustrie in Deutschland, <https://www.prognos.com/de/projekt/klimapolitische-herausforderungen-der-stahlindustrie> [8.3.2022]
- Prognos et al., 2021, Energiewirtschaftliche Projektionen und Folgeabschätzungen 2030/2050, Projektnummer 041/17, Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, [https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/klimagutachten.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=8](https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Wirtschaft/klimagutachten.pdf?__blob=publicationFile&v=8) [14.3.2022]
- PSF – Platform for Sustainable Finance, 2019, Taxonomy Technical Report, [https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/business\\_economy\\_euro/banking\\_and\\_finance/documents/190618-sustainable-finance-teg-report-taxonomy\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/business_economy_euro/banking_and_finance/documents/190618-sustainable-finance-teg-report-taxonomy_en.pdf) [8.3.2022]
- Ricardo, David, 1821, On the principles of political economy, London
- Rutzer et al., 2020, The green Potenzial of occupations in Switzerland, Swiss Journal of Economics and Statistics, <https://sjes.springeropen.com/track/pdf/10.1186/s41937-021-00076-y.pdf> [14.3.2022]
- Schumpeter, Josph, 1911, Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung (transl. 1934, The Theory of Economic Development: An inquiry into profits, capital, credit, interest and the business cycle), Vienna
- Umweltbundesamt, 2022, Treibhausgas-Emissionen in Deutschland, <https://www.umweltbundesamt.de/daten/klima/treibhausgas-emissionen-in-deutschland#emissionsentwicklung> [14.3.2022]
- Umweltbundesamt, 2021, Qualifikationen und Berufe für den Übergang in eine Green Economy, [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/ui\\_b\\_06-2021\\_qualifikationen\\_und\\_berufe\\_greenecconomy\\_abschlussbericht\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/479/publikationen/ui_b_06-2021_qualifikationen_und_berufe_greenecconomy_abschlussbericht_0.pdf) [26.04.2022]
- UNEP, 2011, Toward Green Economy Pathways to Sustainable Development and Poverty Eradication- A Synthesis for Policy Makers, [https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/126GER\\_synthesis\\_en.pdf](https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/126GER_synthesis_en.pdf) [14.3.2022]