

# Treibhausgas-Berichterstattung in Bayern

## Werkstattbericht der neu eingerichteten Projektgruppe im Landesamt für Statistik

Matthias Vollmuth, M.Sc., Franziska Wagner, M.Sc. und Sebastian Rahe, B.A.

---

Dem Monitoring von Treibhausgasen kommt angesichts des Klimawandels eine überragende Bedeutung zu. Zur Bewertung des Status quo und des Fortschritts von Klimaschutz- und Emissionsreduktionsmaßnahmen ist eine qualitativ hochwertige Datengrundlage unerlässlich. Das bayerische Klimaschutzgesetz sieht vor, dass jährlich über den aktuellen Stand und die Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen im Freistaat berichtet wird. Am Bayerischen Landesamt für Statistik wurde deshalb Mitte des Jahres 2022 die Projektgruppe Treibhausgas-Berichterstattung eingerichtet. Diese soll Berechnungsroutinen entwickeln und die notwendigen Emissionsdaten für den Klimabericht bereitstellen. Im Folgenden werden der Hintergrund und der aktuelle Arbeitsstand erläutert sowie erste Ergebnisse dargestellt, die im Zuge des ersten Klimaberichts (Rechnungsstand August 2022) ermittelt wurden.

### Klimawandel in Bayern

Seit Beginn der industriellen Revolution greift die Menschheit massiv in den natürlichen Treibhauseffekt der Erde ein. Durch die umfangreiche Nutzung fossiler Brennstoffe, die Intensivierung der Landwirtschaft und die rapide wachsende industrielle Produktion steigt die weltweite jährliche Freisetzung von Treibhausgasen (THG) nach wie vor weiter an. Der dadurch verursachte Anstieg der bodennahen Lufttemperaturen führt zu einem umfassenden Klimawandel, der bereits in vollem Gange ist und sich in den kommenden Jahren und Jahrzehnten weiter verstärken wird.

Auch das bayerische Klima hat sich messbar verändert. So wurden für den Betrachtungszeitraum 1951 bis 2019 unter anderem folgende Änderungen festgestellt (LfU 2022):

**Steigende Jahresmitteltemperaturen:**

+1,9°C

**Zunahme von Hitzetagen:**

+9 Tage im Jahr über 30°C

**Wärmere Winter:**

– 15 Tage im Jahr unter 0°C

**Zunahme von Starkregen im Frühjahr:**

bis 30% höhere Niederschläge pro Tag

**Trockenere Sommer:**

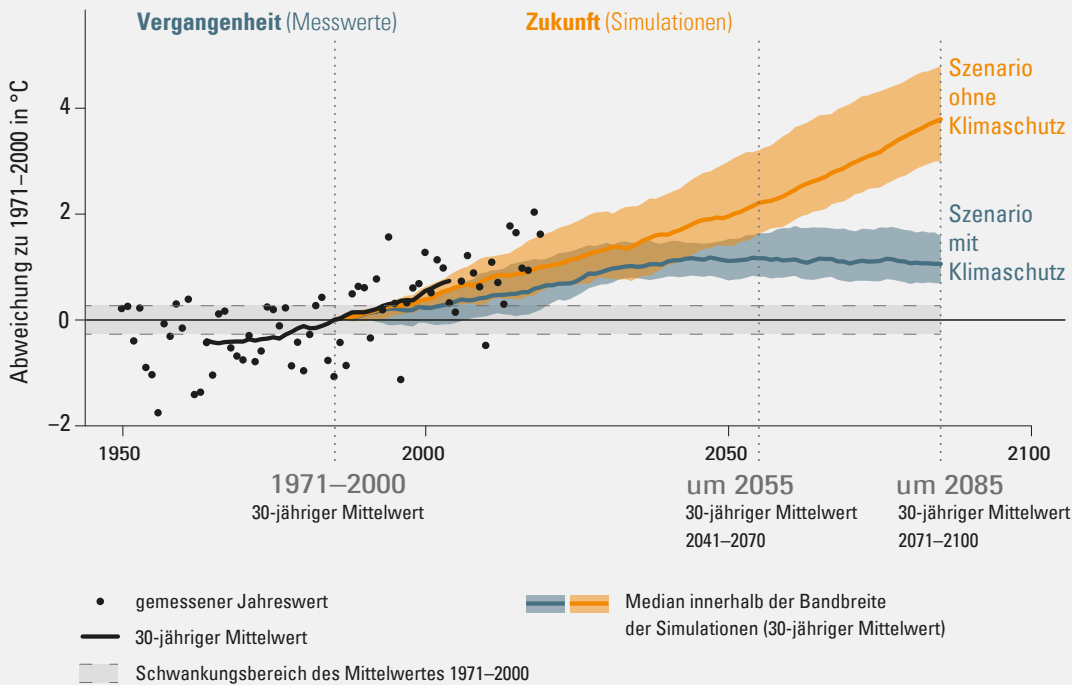
– 13% Niederschlag

Die damit einhergehenden gesundheitlichen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Konsequenzen stellen eine große Gefährdung für unsere Gesellschaft dar und verdienen deshalb höchste Aufmerksamkeit.

Sofern substanzielle Klimaschutzmaßnahmen ausbleiben, ist mit einem fortlaufenden ungebremsten Temperaturanstieg zu rechnen (vgl. Abbildung 1). Sowohl international als auch national und auf Länderebene besteht deshalb das dringende Ziel, den THG-Ausstoß zu senken und in wenigen Jahrzehnten bilanziell Klimaneutralität zu erreichen. Um den Fortschritt der Maßnahmen bewerten zu können, spielt das Monitoring von THG eine entscheidende Rolle.

Der folgende Beitrag beleuchtet die Berechnung und Schätzung der THG-Emissionen in Bayern, insbesondere vor dem Hintergrund der neuen Projektgruppe THG-Berichterstattung, die im Bayerischen Landesamt für Statistik in Zusammenarbeit mit dem Bayerischen Landesamt für Umwelt und der Landesagentur für Energie und Klimaschutz Mitte des Jahres 2022 eingerichtet wurde.

Abb. 1  
Projizierte Entwicklung der Jahrestemperaturen in Bayern



Quelle: LfU 2022, S. 19.

## Naturwissenschaftliche Grundlagen des Klimawandels

### Treibhauseffekt

Die von der Sonne kommende, auf die Erdoberfläche treffende kurzweilige Sonnenstrahlung wird größtenteils absorbiert und anschließend als langweilige Wärmestrahlung wieder in Richtung Atmosphäre abgestrahlt. Ein Teil der Strahlung kann ungehindert in das Weltall entweichen, der Rest wird jedoch von Treibhausgasen in der Atmosphäre absorbiert und wieder zur Erde reflektiert.

Treibhausgase sind ein natürlicher Bestandteil der Atmosphäre. Ohne sie wäre die Durchschnittstemperatur auf der Erde deutlich geringer und menschliches Leben auf der Erde nicht möglich. Durch den menschengemachten Ausstoß zusätzlicher großer Mengen an THG wird das Verhältnis von einfallender Sonnenstrahlung und abgestrahlter Wärmestrahlung verändert. Ähnlich wie in einem Treibhaus kann immer weniger Wärmestrahlung entweichen. Immer mehr



### Weitere BiZ-Beiträge zum Thema

In zurückliegenden Ausgaben von Bayern in Zahlen (BiZ) sind bereits folgende Beiträge zum Thema Klimawandel und Treibhausgas-Berechnung erschienen:

- **Bayern in Zahlen 05/2014:** Prozessbedingte CO<sub>2</sub>-Emissionen in Bayern (Eva Weber, B.A.)
- **Bayern in Zahlen 01/2015:** Klima und Energie (Dipl.-Kfm. Oliver Kaltenegger)
- **Bayern in Zahlen 05/2017:** Treibhausgasemissionen in Bayern (Sebastian Glauber, M.Sc.)
- **Bayern in Zahlen 07/2018:** Energie- und Klimaziele auf europäischer, nationaler und bayerischer Ebene: Aktueller Stand der Umsetzung (Sebastian Glauber, M.Sc.)

Wärmestrahlung kommt wieder zurück zur Erdoberfläche, sodass Luft- und Oberflächentemperaturen ansteigen.

### Treibhausgase

Das mengenmäßig relevanteste THG ist **Kohlendioxid** ( $\text{CO}_2$ ). Dieses wird vor allem bei der Verbrennung von fossilen Energieträgern wie Kohle, Erdöl und Erdgas freigesetzt. In diesem Kontext spricht man von energiebedingten Emissionen, da sie bei der Gewinnung von Energie, zum Beispiel für Strom oder Wärme, entstehen. Daneben entsteht  $\text{CO}_2$  unter anderem auch in industriellen Produktionsprozessen, etwa in der Zementproduktion oder der Glasherstellung. Diese Emissionen entstehen unabhängig vom eingesetzten Energieträger als Nebenprodukt. Man spricht von sogenannten prozessbedingten Emissionen.

Nach Kohlendioxid ist **Methan** ( $\text{CH}_4$ ) das anteilig zweitwichtigste Treibhausgas, sowohl weltweit als auch auf Bundes- und Landesebene. Die größte Emissionsquelle für Methan ist die Landwirtschaft, da beispielsweise Wiederkäuer wie Rinder und Schafe beträchtliche Mengen an Methan im Verdauungsprozess erzeugen. Daneben wird Methan auch in der Abfallwirtschaft freigesetzt, vor allem bei der unbehandelten Deposition von Siedlungsabfällen. Insgesamt sind die Methan-Emissionen seit Jahren rückläufig, was einerseits auf die umfassenden Änderungen im Bereich der Abfallentsorgung, Verwertung, Deponierung und Methangas-Erfassung zurückgeht. Andererseits tragen zunehmend verkleinerte Viehbestände in der deutschen Landwirtschaft zu einer Senkung der  $\text{CH}_4$ -Emissionen in der Landwirtschaft bei (UBA 2022a).

**Distickstoffmonoxid** ( $\text{N}_2\text{O}$ ), auch Lachgas genannt, wird hauptsächlich in der Landwirtschaft durch den Einsatz von tierischen und mineralischen Stickstoffdüngern freigesetzt. Kleinere Anteile stammen aus dem Verkehr oder aus Feuerungsanlagen. Emissionen aus chemischen Produktionsprozessen, wie etwa bei der Herstellung von Adipinsäure, waren vor einigen Jahrzehnten noch sehr relevant, sind mengenmäßig heute allerdings vergleichsweise gering (UBA 2022a).

Unter dem Begriff **F-Gase** wird eine Vielzahl an Treibhausgasen auf Basis von Fluor-Verbindungen zusammengefasst. Hierzu zählen vollfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW), teilfluorierte Kohlenwasserstoffe (HFKW) sowie Schwefelhexafluorid ( $\text{SF}_6$ ) und Stickstofftrifluorid ( $\text{NF}_3$ ). Gegenüber den zuvor genannten THG werden diese vergleichsweise wenig emittiert, allerdings besitzen sie ein sehr hohes Treibhauspotenzial. F-Gase werden gezielt in Industrieprozessen hergestellt und beispielsweise als Kältemittel verwendet. Weitere Anwendungen finden sich als Füllgas in Schallschutzscheiben oder elektrischen Schaltanlagen.

### Global Warming Potential (GWP) und Kohlendioxidäquivalente ( $\text{CO}_2\text{e}$ )

Die einzelnen Treibhausgase unterscheiden sich stark in ihrem Treibhauspotenzial. Ein Vergleich der emittierten Mengen ist deshalb nicht direkt möglich. Mengenmäßig wird Methan beispielsweise deutlich weniger ausgestoßen als Kohlendioxid, allerdings absorbiert und reflektiert Methan die von der Erdoberfläche abgestrahlte Wärme bedeutend stärker.

Zudem variiert die Verweildauer der einzelnen Treibhausgase in der Atmosphäre erheblich: Während ein Methan-Molekül im Schnitt nach nur 12,4 Jahren wieder aus der Atmosphäre verschwunden ist, verbleibt ein Lachgas-Molekül dort circa 121 Jahre (vgl. Tabelle 1). Um einen Vergleich der verschiedenen THG zu ermöglichen, wird ihr sogenanntes Global Warming Potential (GWP, deutsch: Treibhauspotenzial) bestimmt. Das GWP gibt an, wie stark ein THG in einem Zeitraum von 100 Jahren im Vergleich zu Kohlendioxid zum Treibhauseffekt beiträgt. Mittels der GWP-Werte werden die ausgestoßenen THG-Mengen in  $\text{CO}_2$ -Äquivalente ( $\text{CO}_2\text{e}$ ) umgerechnet.

### Klimaschutzgesetzgebung in Deutschland und Bayern

Das politische Bestreben für den Klimaschutz mündete im Dezember 2019 auf Bundesebene in das erste Bundes-Klimaschutzgesetz (KSG). Das Bayerische Klimaschutzgesetz (BayKlimaG) wurde im November 2020 verabschiedet.

**Tab. 1 Global Warming Potential (GWP) relevanter Treibhausgase**

Treibhausgas	GWP	Atmosphärische Verweildauer (in Jahren)
Kohlendioxid (CO <sub>2</sub> ) .....	1	Jahre bis Jahrtausende <sup>1</sup>
Methan (CH <sub>4</sub> ) .....	25	12,4
Lachgas (N <sub>2</sub> O) .....	298	121
Fluoriertes Treibhausgas (F-Gas): Schwefelhexafluorid (SF <sub>6</sub> ) ...	22 800	3 200
Fluoriertes Treibhausgas (F-Gas): Stickstofftrifluorid (NF <sub>3</sub> ) .....	17 200	500
Fluoriertes Treibhausgas (F-Gas): Tetrafluormethan (CF <sub>4</sub> ) .....	7 390	50 000

<sup>1</sup> Nach 1000 Jahren noch 15–40 % in der Atmosphäre.  
Quelle: IPCC 2007, UBA 2022b.

Die Grundlage für das KSG „... bildet die Verpflichtung nach dem Übereinkommen von Paris aufgrund der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen, wonach der Anstieg der globalen Durchschnittstemperatur auf deutlich unter 2 Grad Celsius und möglichst auf 1,5 Grad Celsius gegenüber dem vorindustriellen Niveau zu begrenzen ist, um die Auswirkungen des weltweiten Klimawandels so gering wie möglich zu halten.“ (§ 1 Satz 3 KSG).

§ 3 KSG definiert auf Bundesebene konkrete Ziele:

- Minderung der THG-Emissionen bis 2030 um 65% gegenüber 1990
- Klimaneutralität bis 2045

Das BayKlimaG in seiner am 1. Januar 2023 in Kraft getretenen überarbeiteten Fassung sieht für Bayern ebenso eine Reduktion der Emissionen bis 2030 um 65% im Vergleich zum Basisjahr 1990 vor, allerdings pro Kopf betrachtet. Klimaneutralität soll bereits 2040 erreicht werden.

Das Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) ist nach Artikel 9 BayKlimaG verpflichtet, dem Ministerrat und anschließend dem Landtag jährlich einen Klimabericht vorzulegen und über die Entwicklung der THG-Emissionen im Freistaat zu berichten. Hierfür benötigt es jährliche aktuelle Emissionsdaten auf Landesebene. Bislang wurde über die Entwicklung der THG-Emissionen für Bayern im Rahmen der Umweltökonomischen Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL) berichtet.

#### Berechnungsmethodik der THG-Emissionen

Die Methodik zur Berechnung der energie- und prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen der Länder

orientiert sich so weit wie möglich an der des Umweltbundesamtes (UBA). Auf Länderebene trägt die methodische Verantwortung der Länderarbeitskreis Energiebilanzen. Dieser arbeitet mit der Arbeitsgemeinschaft Energiebilanzen e. V. zusammen, welche die bundesdeutsche Energiebilanz erstellt. Diese wiederum wird vom UBA zur THG-Berichterstattung für Deutschland genutzt.

Die Grundlage für die **energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen** bilden die Energiebilanzen der Länder. In Bayern wird diese im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft, Landesentwicklung und Energie durch das Landesamt für Statistik erstellt. In der Energiebilanz werden der Einsatz von Energieträgern in Kraft- und Heizwerken zur Erzeugung von Strom und Wärme, der Einsatz von sekundären Energieträgern wie Mineralölprodukte sowie der Endenergieverbrauch erfasst und bilanziert. Die CO<sub>2</sub>-Emissionen selbst ergeben sich aus den ermittelten Mengen an eingesetzten Heiz- und Treibstoffen (der sogenannten Aktivitätsrate), multipliziert mit den entsprechenden Emissionsfaktoren. Letztere werden vom UBA zur Verfügung gestellt.

Die Treibhausgas-Berichterstattung basiert daher nicht auf gemessenen, sondern auf modellierten THG-Mengen. Dies gilt für die Berichterstattung auf allen Ebenen: in den Ländern ebenso wie national und international.

Die Qualität der Energiebilanzen ist somit entscheidend für die Emissionsberechnung. Neben der amtlichen Statistik bilden Verbandsdaten, freiwillige Angaben und Modellrechnungen die Basis

für die Erstellung der Länderenergiebilanzen. Diese Daten unterscheiden sich in ihrer Qualität und Überprüfbarkeit. Beispielsweise besteht beim Endenergieverbrauch von Mineralölprodukten im Straßenverkehr für die Länder das Problem, dass diese Angaben der amtlichen Statistik nur für Deutschland insgesamt und nicht nach Ländern aufgeschlüsselt zur Verfügung stehen. Hier sind die Länder auf eine Aufteilung der Bundeswerte durch den Wirtschaftsverband Fuels und Energie e. V. (en2x) angewiesen. Die Qualität dieser Zulieferung kann durch die Länder jedoch nicht Gegenprüft werden.

Die Berechnung der **prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen** stützt sich auf die Ergebnisse der vierteljährlichen Produktionserhebung im Verarbeitenden Gewerbe sowie im Bergbau und in der Gewinnung von Steinen und Erden. Die dort berichteten Produktionsmengen bilden die Basis für die Aktivitätsraten. Multipliziert mit den jeweiligen CO<sub>2</sub>-Emissionsfaktoren des Umweltbundesamtes ergeben diese schließlich die Emissionen. Für den bayerischen Klimabericht wurden nun erstmals die prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen des Freistaats für die Jahre 1990 bis 2007 berechnet.

Die Berechnung der Emissionen von **Methan, Lachgas, fluorierten Gasen** sowie der **CO<sub>2</sub>-Emissionen in der Landwirtschaft** erfolgt zentral im Arbeitskreis UGRdL. Die Länder stellen dazu dem hier koordinierend zuständigen Statistischen Landesamt Baden-Württemberg die notwendigen Daten aus ihren Erhebungen und Länderenergiebilanzen bereit.

Für bestimmte Teilbereiche – wie die Emissionen der Landwirtschaft oder die bisher nur nachrichtlich berichteten Emissionen des Bereichs Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft (LULUCF – Land Use, Land-Use Change and Forestry) – werden die Ausgangsdaten direkt aus den Berechnungen für die THG-Berichterstattung des Bundes übernommen. Die Daten werden vom Thünen-Institut, das im Auftrag des UBA die Berechnungen für diese Teilbereiche auf Bundesebene durchführt, nach Ländern zur Verfügung gestellt.

In anderen Bereichen wie der Abfallwirtschaft berechnen die Länder die Emissionen in Anlehnung an das Vorgehen des UBA. Bei fehlenden Daten auf Länderebene werden teilweise Bundeswerte anhand geeigneter Verfahren auf die Länder aufgeteilt, so im Bereich der F-Gase.

### Problemfelder der Treibhausgas-Berichterstattung auf Länderebene

#### Problem 1:

##### *Verzögerte Datenbereitstellung*

Vorläufige Ergebnisse stellt der Arbeitskreis UGRdL in der Regel erst 29 Monate nach Ende eines Berichtsjahres zur Verfügung, endgültige Ergebnisse liegen nach 35 Monaten vor. Die Ergebnisse für das Berichtsjahr 2019 wurden entsprechend erst im November 2022 veröffentlicht. Vorläufige Ergebnisse für 2020 liegen seitens des Arbeitskreises UGRdL seit Mai 2023 vor, eine Schätzung für das Berichtsjahr 2021 liegt bislang noch nicht vor. Die Datengrundlage für die Berichtspflicht nach BayKlimaG ist damit nicht gegeben.

#### Problem 2:

##### *Treibhausgas-Emissionen nach Sektoren des Bundes-Klimaschutzgesetzes*

Zudem werden die Emissionen im Rahmen der UGRdL nicht entsprechend den Sektoren des Bundes-Klimaschutzgesetzes (KSG) dargestellt, sondern folgen der Logik der Energiebilanzen.

§ 4 Abs. 1 KSG legt die folgenden sechs Sektoren fest:

- Energiewirtschaft
- Industrie
- Verkehr
- Gebäude
- Landwirtschaft
- Abfallwirtschaft und Sonstiges

Zusätzlich definiert § 3a Abs. 1 KSG auch den Bereich LULUCF als weiteren Sektor. Diese neue sektorale Definition entspricht nicht der Darstellung der Sektoren im Rahmen der UGRdL. Eine Methode, die THG-Emissionen auf Länderebene nach Sektoren des KSG zu berichten, fehlt bislang.

**Problem 3:****Prozessbedingte Emissionen von 1990 bis 2007**

Während die energiebedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen als Zeitreihe von 1990 bis 2019 bereits vollständig vorliegen, stehen Berechnungen der prozessbedingten CO<sub>2</sub>-Emissionen bislang nur für die Jahre 2008 bis 2019 zur Verfügung. Um die auf dem Referenzjahr 1990 aufbauenden Minderungsziele berechnen zu können, müssen die Emissionsdaten komplettiert werden.

### Projektgruppe Treibhausgas-Berichterstattung im Bayerischen Landesamt für Statistik

Um in Zukunft eine schnellere und konsistentere THG-Berichterstattung für Bayern zu gewährleisten und die Berichtspflicht gemäß BayKlimaG zu erfüllen, hat das Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV) die Landesagentur für Energie und Klimaschutz im Landesamt für Umwelt beauftragt, eine fortlaufende THG-Monitoringsystematik für Bayern zu erarbeiten und dauerhaft umzusetzen. Da die Thematik inhaltlich zum Aufgabenbereich des Landesamts für Statistik gehört, wurde dort im Sommer 2022 eine neue Arbeitsgruppe für die THG-Berichterstattung Bayerns im Sachgebiet „Umwelt, Energie, Umweltökonomische Gesamtrechnungen“ eingerichtet. Das Projekt ist auf einen Projektzeitraum von drei Jahren ausgelegt und wird durch das StMUV finanziert.

**Projektziele:**

1. Zeitnahe Bereitstellung der Daten zu den THG-Emissionen in Bayern
  - Schätzung der THG-Emissionen: 8 Monate nach Ende Berichtsjahres
  - Vorläufige THG-Emissionen: 18 Monate nach Ende des Berichtsjahres
2. Darstellung der THG-Emissionen in Bayern nach Sektoren des KSG
3. Berechnung der prozessbedingten Emissionen für die Berichtsjahre 1990 bis 2007
4. Erstellung einer Metadatenbank zu vorhandenen THG-Emissionsdaten in Landes- und Bundesverwaltungen, Forschungsinstituten und anderen Institutionen
5. Mitwirkung an der methodischen Weiterentwicklung der Berechnung der THG-Emissionen in der UGRdL

6. Analyse der Unterschiede der THG-Berichterstattung auf Landesebene und kommunaler Ebene
7. Machbarkeitsstudie zur Regionalisierung der THG-Berichterstattung

Der erste Klimabericht auf Basis des BayKlimaG, der im Juli 2023 veröffentlicht wurde (StMUV 2023), beinhaltet erste Ergebnisse der Arbeitsgruppe.

### Erste Ergebnisse der Projektgruppe Entwicklung der Treibhausgas-Emissionen in Bayern und Deutschland

Der Freistaat Bayern setzt sich mit der Novelle des Bayerischen Klimaschutzgesetzes vom Dezember 2022 das Ziel, bis zum Jahr 2030 die Treibhausgas-Emissionen je Einwohner im Vergleich zu 1990 um 65 % zu senken. Auf Bundesebene ist eine Reduktion um 65 % bis 2030 ebenfalls gesetzlich festgeschrieben.

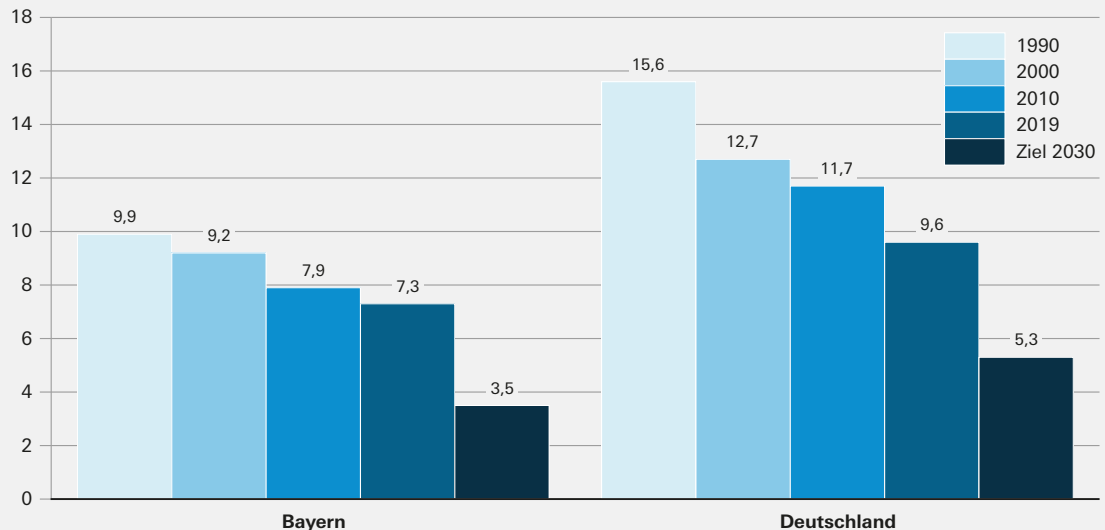
In den vergangenen dreißig Jahren sind die Treibhausgas-Emissionen bereits gesunken: Im Jahr 1990 betragen die Pro-Kopf-Emissionen in Bayern 9,9 Tonnen CO<sub>2</sub>e je Einwohner (vgl. Abbildung 2). 2019 lagen die THG-Emissionen bei 7,3 Tonnen CO<sub>2</sub>e je Einwohner in Bayern und somit pro Kopf rund 26,2% unter den Emissionen von 1990. Bis zum Jahr 2030 müssen diese auf 3,5 Tonnen CO<sub>2</sub>e pro Kopf abgesenkt und somit mehr als halbiert werden. Dies verdeutlicht die Herausforderung, die in den verbleibenden Jahren bis zum Zwischenziel 2030 zu bewältigen ist.

Im Bundesschnitt dagegen wurden 2019 pro Kopf 9,6 Tonnen CO<sub>2</sub>e ausgestoßen. Im Vergleich liegen die Emissionen in Bayern somit niedriger. Allerdings lag der Bundesschnitt 1990 noch bei 15,6 Tonnen CO<sub>2</sub>e pro Kopf – die Einsparungen von 1990 bis 2019 auf gesamtdeutscher Betrachtungsebene waren folglich größer. Gemäß dem 65%-Reduktionsziel des Bundes-Klimaschutzgesetzes dürfen die Emissionen in Deutschland im Jahr 2030 umgerechnet noch maximal 5,3 Tonnen CO<sub>2</sub>e pro Kopf betragen.

Das KSG bezieht sich in seinem Reduktionspfad auf die Gesamtmenge der Emissionen, während

Abb. 2

### Treibhausgas-Emissionen pro Kopf in Bayern und Deutschland 1990 bis 2030 in Tonnen CO<sub>2</sub>e je Einwohner



Einwohnerzahlen gemäß VGRdL

Quelle: Eigene Berechnungen, AK UGRdL 2022 (Rechnungsstand jeweils: August 2022); UBA 2022c (Rechnungsstand: März 2022); AK VGRdL 2022 (Rechnungsstand: November 2021 / Februar 2022).

das BayKlimaG die Emissionsziele pro Kopf ausweist. Bei der Betrachtung pro Kopf ist die Entwicklung der Bevölkerung im Freistaat zu berücksichtigen. Diese stieg von 11 342 774 Einwohnern im Jahr 1990 auf 13 100 729 im Jahr 2019 (VGRdL 2022).

Auf die Gesamtmenge bezogen müssen in Bayern im Vergleich zu 1990 und unter Berücksichtigung der prognostizierten Bevölkerungsentwicklung die jährlichen Gesamtemissionen von 111,9 Millionen auf 46,5 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>e reduziert werden (vgl. Abbildung 3). Im Jahr 2019 betragen die THG-Emissionen noch 95,4 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>e – das entspricht einem Rückgang von 14,8% über einen Zeitraum von 29 Jahren. Zum Erreichen des bayerischen Minderungszieles müssen in den elf Jahren von 2019 bis 2030 die jährlichen THG-Emissionen um 48,8 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>e sinken und sich damit – auch unter Berücksichtigung der Bevölkerungsentwicklung – mehr als halbieren (–51,2%).

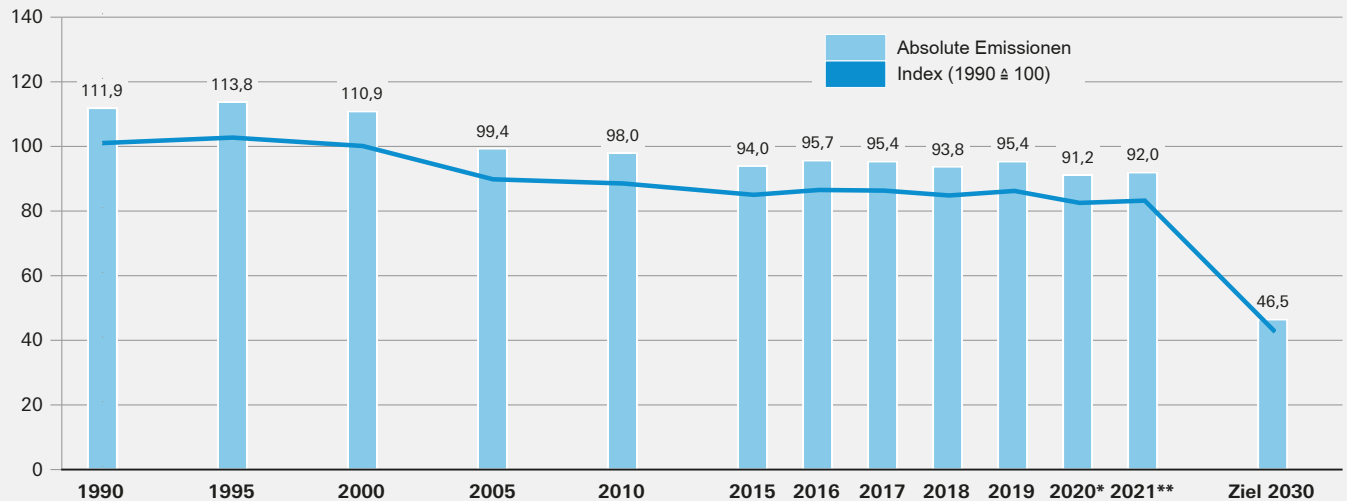
Bis zum Jahr 2040 will Bayern Netto-Treibhausgasneutralität erreichen. Nicht vermeidbare Emissionen, die noch verbleiben, müssen dann

gebunden werden, beispielsweise durch den Aufbau von Wäldern und Mooren. Das Jahr 2030 stellt somit nur ein Zwischenziel dar – die Emissionsminderung muss weit darüber hinaus beibehalten werden.

#### Einfluss der Corona-Pandemie auf die Treibhausgas-Emissionen in Bayern

Der deutliche Rückgang der Emissionen von 2019 auf 2020 ist nach ersten Schätzungen zu einem großen Teil auf die Corona-Pandemie und die hierdurch verursachten Einschränkungen zurückzuführen (vgl. Abbildung 3). So sanken in Bayern die THG-Emissionen im Pandemiejahr 2020 auf 91,2 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>e (–4,3% im Vergleich zu 2019), auf Bundesebene sanken diese im gleichen Zeitraum sogar um 8,9%. Dieser Trend setzte sich im Jahr 2021 jedoch nicht fort. Stattdessen stiegen die Emissionen wieder an, blieben allerdings unter dem Niveau von 2019. In Bayern wurden im Jahr 2021 wieder 92,0 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>e (–3,5% im Vergleich zu 2019) ausgestoßen, bundesweit blieben die Emissionen 2021 trotz erneutem Anstieg mit –4,8% deutlicher unter den Werten von 2019.

Abb. 3  
**Treibhausgas-Emissionen in Bayern 1990 bis 2021 und Minderungsziel für 2030**  
 in Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>e



\* Vorläufige Ergebnisse und Trendfortschreibung.

\*\* Schätzung.

Quelle: Eigene Berechnungen, AK UGRdL 2022 (Rechnungsstand jeweils: August 2022).

Die aufgezeigte Entwicklung für die Jahre 2020 und 2021 steht unter einem gewissen Vorbehalt, da diese Bilanzen noch nicht in endgültiger Genauigkeit verfügbar sind. In der Vergangenheit betrug die Fehlerquote zwischen geschätzten, vorläufigen und endgültigen Daten jedoch in der Regel unter einem Prozent. Erst die Bilanzen der folgenden Jahre werden zeigen, ob Teile der erzielten Einsparungen von Dauer sein werden.

#### Bedeutung der einzelnen Treibhausgase

In der Betrachtung der Emissionen nach einzelnen Treibhausgasen zeigen sich je nach Bundesland Unterschiede. Diese erklären sich aus den wirtschaftlichen Strukturen der einzelnen

Länder. Mengenmäßig ist CO<sub>2</sub> aber mit weitem Abstand das relevanteste Treibhausgas und hatte den größten Anteil an den Gesamtemissionen, sowohl in Bayern (81,8%) als auch auf Bundesebene (88,6%) (vgl. Abbildung 4). Der Anteil von Methan an den THG-Emissionen 2021 betrug in Bayern 10,4% und in Deutschland 6,3%. Damit trägt Methan – nach Kohlendioxid – sowohl auf bayerischer Ebene als auch im Bundesdurchschnitt am meisten zum Klimawandel bei. Die Gesamtemissionen an Lachgas betragen 2021 in Bayern 5,8% und auf Bundesebene 3,6%. F-Gase schließlich stellten in Bayern schätzungsweise 1,9% der emittierten THG dar, deutschlandweit waren es 1,5%.



#### Sinkende Emissionen des Luftverkehrs während der Pandemie

Bemerkenswert war in den Jahren 2020 und 2021 der Rückgang der CO<sub>2</sub>-Emissionen des internationalen Luftverkehrs. Dieser wird entsprechend internationaler Konventionen jedoch nicht in den nationalen bzw. bayerischen THG-Emissionen berücksichtigt. Während im Jahr 2019 noch 5,4 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub> durch von Bayern ausgehende internationale Flüge verursacht wurden, waren es in 2020 gerade einmal 1,6 Millionen Tonnen und in 2021 nur noch 1,5 Millionen Tonnen. Die Auswirkungen der Corona-Pandemie waren also auch 2021 noch deutlich spürbar.



Gegenüber dem Bundesdurchschnitt wird deutlich, dass im Freistaat die Gase Methan und Lachgas relativ gesehen einen höheren Anteil haben. Dies ist ein Hinweis auf die größere Bedeutung des Sektors Landwirtschaft im Freistaat. Allerdings spielt auch der geringere fossile Anteil der Stromproduktion eine Rolle. In Bayern wird im Vergleich weniger Kohle zur Energiebereitstellung verfeuert als in vielen anderen Bundesländern. Entsprechend größer fallen die anderen Anteile aus.

#### Aufteilung der bayerischen Emissionen nach Sektoren

Im Rahmen des Projekts wurden nun erstmals auch für Bayern die THG-Emissionen der Jahre 1990 und 2019 für die Sektoren nach § 4 Abs. 1 KSG berechnet.

Der emissionsstärkste Sektor in Bayern ist nach wie vor der Verkehr (vgl. Abbildung 5). Hier stieg die THG-Menge zwischen 1990 und 2019 sogar von 27,0 Millionen auf 28,6 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>e an. An zweiter Stelle der emissionsstärksten Sektoren liegt der Gebäudebereich. Allerdings sind hier Rückgänge zu verzeichnen: 2019 wurden etwa 9,6% weniger THG freigesetzt als 1990. Darauf folgt der Sektor Industrie, der eine klare Reduzierung der Emissionen um 18,4% und einen

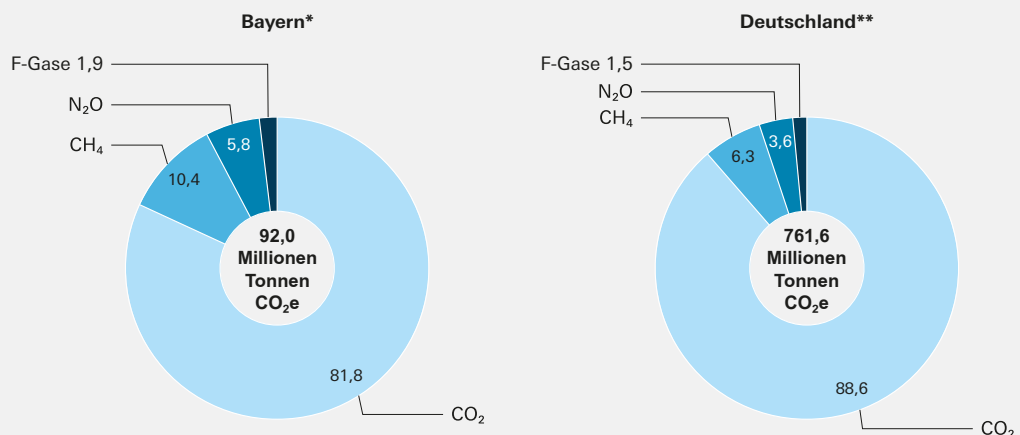
Wert von 18,0 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>e für 2019 aufweist. Die THG-Emissionen der Sektoren Landwirtschaft und Energiewirtschaft sanken ebenfalls deutlich: 2019 wurden in der Landwirtschaft 14,7 Millionen (–15,8%) und in der Energiewirtschaft 10,5 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>e (–35,9%) emittiert. Die geringste Emissionsmenge wies der Sektor Abfallwirtschaft und Sonstiges mit 0,6 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>e in 2019 auf. Dieser Sektor verzeichnete mit rund 82,7% die größte Minderung seit 1990.

Abbildung 6 stellt den Vergleich der relativen Gesamtemissionen der KSG-Sektoren im Jahr 2019 zwischen Deutschland und Bayern dar. Der emissionsstärkste Sektor in Deutschland war 2019 die Energiewirtschaft mit 32,4%. In Bayern entfiel dagegen nur etwa ein Zehntel auf diesen Sektor (11,1%). Während in Deutschland etwa ein Fünftel der Treibhausgase auf den Verkehr zurückzuführen sind (20,5%), ist dieser in Bayern mit einem Anteil von 30,0% der größte Emittent.

#### Ergebnisse im Kontext struktureller Faktoren in Bayern

Die Analyse anhand der vom KSG definierten Sektoren liefert Anhaltspunkte, welche Bereiche hinsichtlich THG-Reduktionen zukünftig im Fokus

Abb. 4  
**Anteile der Treibhausgase an den Emissionen 2021**  
in Prozent



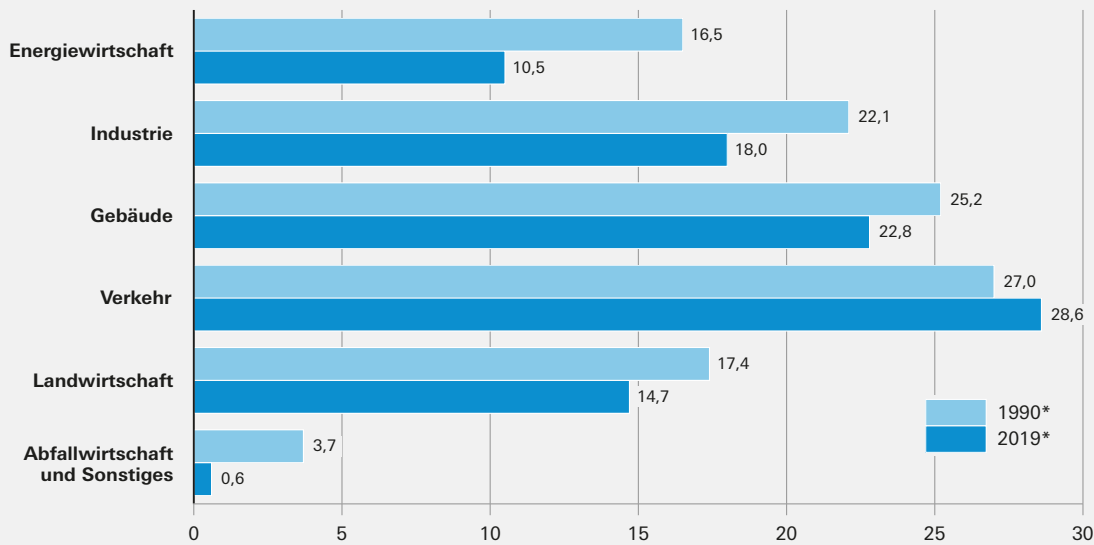
\* Schätzung.

\*\* Vorläufige Ergebnisse.

Quelle: Eigene Berechnungen, AK UGRdL 2022 (Rechnungsstand jeweils: August 2022); UBA 2022c (Rechnungsstand: März 2022).

Abb. 5

### Absolute Treibhausgas-Emissionen nach Sektoren des KSG in Bayern 1990 und 2019 in Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>e



\* Vorläufige Ergebnisse.

Quelle: Eigene Berechnungen, AK UGRdL 2022 (Rechnungsstand jeweils: August 2022).

stehen werden. In Bayern sind dies vor allem die Sektoren Verkehr, Landwirtschaft und Gebäude.

Bedingt durch den anhaltenden Zuzug und die prosperierende Wirtschaft wuchs der Kraftfahrzeugbestand seit 1991 in Bayern stärker als im deutschen Mittel (LfStat, UBA 2022d). Bayern weist zudem von allen Bundesländern die mit Abstand größte Fläche auf und eine zentrale Lage in Europa mit vielen Verkehrsknotenpunkten und Transitstrecken. Hierdurch wirken sich die Zuwächse des internationalen Güterverkehrsaufkommens im Freistaat besonders aus.

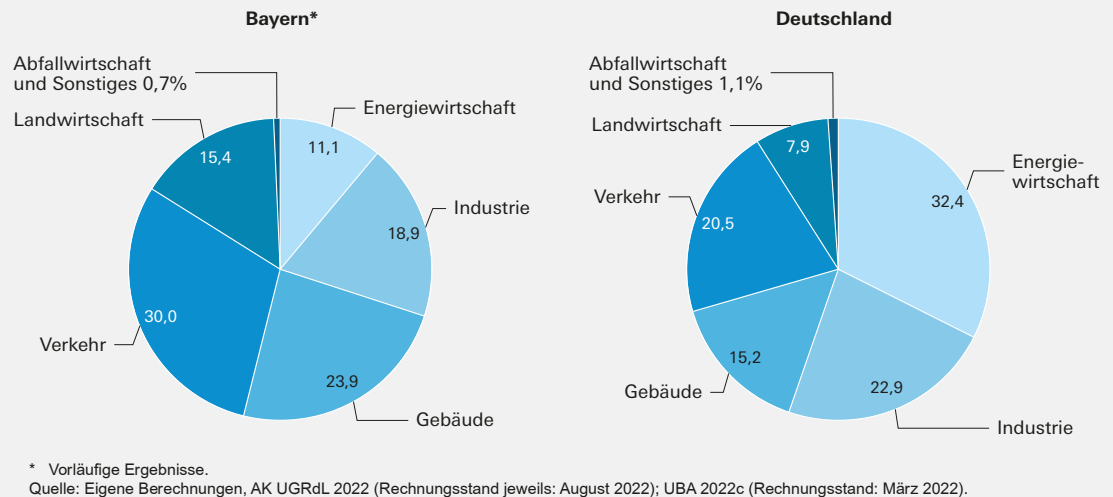
Prozentual und auch pro Kopf liegen die bayerischen Emissionen aus der Landwirtschaft höher als im Bundesschnitt. Entsprechend groß ist ihre Bedeutung: Bayern stellt ein Fünftel des Großviehbestandes der Bundesrepublik und jede vierte deutsche Milchkuh steht im Freistaat (LfStat, Destatis 2022).

Während auch der Gebäudesektor in Bayern einen höheren Anteil an den gesamten THG-Emissionen ausmacht als im Bundesdurchschnitt,

unterscheiden sich die Anteile der Sektoren Industrie, Abfallwirtschaft und Sonstiges an den Gesamtemissionen nur wenig gegenüber dem bundesweiten Durchschnitt. Der Energiesektor hingegen hat in Bayern einen deutlich geringeren Anteil an den THG-Emissionen als im bundesdeutschen Mittel. Dies liegt vor allem an der im Bundesvergleich geringeren Anzahl an Kraftwerken, die fossile Energieträger einsetzen.

Im Freistaat Bayern wie in der gesamten Bundesrepublik Deutschland sind im laufenden Jahrzehnt außerordentlich große Anstrengungen zur Erreichung der klimapolitischen Ziele notwendig. Bis 2030 müssen die jährlichen THG-Emissionen in Bayern im Vergleich zu 2019 um 48,8 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>e reduziert werden. Berücksichtigt man, dass zwischen 1990 und 2019 eine Minderung von 16,6 Millionen Tonnen CO<sub>2</sub>e erfolgte, wird deutlich, welche großen Aufgaben bis 2030 auf Bayern zukommen. Dies impliziert in allen Sektoren eine umfassende Transformation zu einer emissionsfreien Wirtschafts- und Lebensweise.

Abb. 6  
**Prozentuale Aufteilung der Treibhausgas-Emissionen nach Sektoren des KSG in Bayern und Deutschland 2019**  
 in Prozent



### Ausblick

Nachdem die Arbeitsgruppe Treibhausgas-Berichterstattung im Sommer 2022 ihre Arbeit aufgenommen hatte, wurden Treibhausgas-Emissionen für 2019 und 2020 berechnet und für 2021 eine grobe Schätzung erstellt. Des Weiteren wurden die prozessbedingten Emissionen für die Jahre 1990 bis 2007 berechnet und erste vorläufige sektorale Darstellungen der Emissionen erstellt.

In den kommenden Monaten steht die Entwicklung der Berechnungsmethoden für die vorläufigen THG-Emissionen und die Schätzung der THG-Emissionen weiter im Fokus. Die zuvor erstellten Emissionsberechnungen für 2019 und 2020 sowie die Schätzung für 2021 werden in diesem Zuge überarbeitet und verbessert. Eine Schätzung der

THG-Emissionen für 2022 wird mit dem Klimabericht 2023 veröffentlicht.

Erste Versuche einer Darstellung der THG-Emissionen nach Sektoren des Bundes-Klimaschutzgesetzes lagen bis Ende 2022 nur für die Jahre 1990 und 2019 vor. Eine Weiterentwicklung der Methodik ist für den Klimabericht 2023 geplant. Im Anschluss werden auch für die fehlenden Jahre die Emissionen nach Sektoren berechnet und die Zeitreihe ab 1990 vervollständigt.

Ein weiterer Fokus wird im restlichen Verlauf des Jahres auf den Vorbereitungsarbeiten zum Aufbau der Meta-Datenbank liegen. Die Arbeiten dafür haben bereits begonnen.

## Literatur

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU 2022):  
Bayerns Klima im Wandel. Heute und in der Zukunft. Augsburg.

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz (StMUV 2023):  
Klimabericht 2022. München:  
[www.bestellen.bayern.de/shoplink/stmuv\\_klima\\_023.htm](http://www.bestellen.bayern.de/shoplink/stmuv_klima_023.htm),  
abgerufen am 07.08.2023.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC 2007): Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Vereinigtes Königreich und New York.

Statistisches Bundesamt (Destatis 2022):  
Fachserie 3 Reihe 4.1. Viehbestand:  
[www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Publikationen/Downloads-Tiere-und-tierische-Erzeugung/viehbestand-2030410215324.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.destatis.de/DE/Themen/Branchen-Unternehmen/Landwirtschaft-Forstwirtschaft-Fischerei/Tiere-Tierische-Erzeugung/Publikationen/Downloads-Tiere-und-tierische-Erzeugung/viehbestand-2030410215324.pdf?__blob=publicationFile),  
abgerufen am 07.08.2023.

Umweltbundesamt (UBA 2022 a):  
Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2022. Nationaler Inventarbericht zum Deutschen Treibhausgasinventar 1990–2020. Dessau-Roßlau.

Umweltbundesamt (UBA 2022 b):  
Die Treibhausgase:  
[www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase](http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimaschutz-energiepolitik-in-deutschland/treibhausgas-emissionen/die-treibhausgase), abgerufen am 07.08.2023.

Umweltbundesamt (UBA 2022 c):  
Entwicklung der Treibhausgasemissionen in Deutschland in der Abgrenzung der Sektoren des Klimaschutzgesetzes (KSG):  
[www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2022\\_03\\_15\\_trendtabellen\\_thg\\_nach\\_sektoren\\_v1.0.xlsx](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/361/dokumente/2022_03_15_trendtabellen_thg_nach_sektoren_v1.0.xlsx),  
abgerufen am 07.08.2023.

Umweltbundesamt (UBA 2022d):  
Verkehrsinfrastruktur und Fahrzeugbestand:  
[www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/verkehrsinfrastruktur-fahrzeugbestand](http://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/verkehrsinfrastruktur-fahrzeugbestand),  
abgerufen am 07.08.2023.

Umweltökonomische Gesamtrechnungen der Länder (UGRdL 2022): Indikatoren und Kennzahlen. Tabellenband. Ausgabe 2022:  
[www.statistikportal.de/sites/default/files/2023-01/ugrdl\\_tab\\_2022.xlsx](http://www.statistikportal.de/sites/default/files/2023-01/ugrdl_tab_2022.xlsx),  
abgerufen am 07.08.2023.

Volkswirtschaftliche Gesamtrechnungen der Länder (VGRdL 2022): Bruttoinlandsprodukt, Bruttowertschöpfung in den Ländern der Bundesrepublik Deutschland 1991 bis 2021. Reihe 1, Länderergebnisse Band 1:  
[www.statistikportal.de/sites/default/files/2022-03/vgrdl\\_r1b1\\_bs2021\\_0.xlsx](http://www.statistikportal.de/sites/default/files/2022-03/vgrdl_r1b1_bs2021_0.xlsx),  
abgerufen am 07.08.2023.