

# CO<sub>2</sub>-BILANZ DER GEMEINDE BUNDE



BERICHTSJAHR 2021

Gemeinde Bunde  
Uwe Sap - Bürgermeister  
Kirchring 2  
26831 Bunde

Erstellt durch:  
NettCon Energy GmbH  
Blinke 32  
26789 Leer  
0491-99752370  
info@nettcon.de  
www.nettcon.de

Projektteam  
Monika Noormann  
Christian Dütthmann

## INHALTSVERZEICHNIS

VORWORT .....	6
1. EINLEITUNG: DIE GEMEINDE BUNDE .....	7
2. METHODIK DER BILANZIERUNG .....	10
3. CO <sub>2</sub> -BILANZ .....	14
3.1 ENERGIEBILANZ .....	14
3.1.1 ENERGIEBILANZ NACH SEKTOREN .....	14
3.1.2. ENERGIEBILANZ NACH VERBRAUCHERGRUPPEN IN DEN SEKTOREN .....	15
3.2. CO <sub>2</sub> -BILANZ FÜR ENERGIE .....	19
3.2.1. BILANZ FÜR BUNDESWEITEN STROMMIX .....	19
3.2.2. BILANZ FÜR REGIONALEN STROM-MIX .....	24
3.3. CO <sub>2</sub> -EMISSIONEN DURCH DIE VERDICHTERSTATIONEN FÜR ERDGAS .....	28
4. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK .....	28
4.1. ZUSAMMENFASSUNG CO <sub>2</sub> -BILANZ .....	28
4.2. AUSBLICK .....	29
LITERATUR .....	35

**ABBILDUNGSVERZEICHNIS**

Abbildung 1: Energieverbrauch nach Sektoren witterungsbereinigt ..... 15

Abbildung 2: Gesamtenergiebedarf aufgeteilt nach Sektoren und Verbrauchergruppen ..... 18

Abbildung 3: witterungsbereinigte CO<sub>2</sub>e-Emissionen nach Sektoren ..... 20

Abbildung 4: Gesamtemissionen aufgeteilt nach Verbrauchergruppen-witterungsbereinigt ..... 23

Abbildung 5: witterungsbereinigte CO<sub>2</sub>e-Emissionen nach Sektoren – regionaler Strommix ..... 25

Abbildung 6: Gesamtemissionen aufgeteilt nach Verbrauchergruppen-witterungsbereinigt mit regionalem Strommix ..... 27

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Datengrundlage CO <sub>2</sub> -Äquivalente Emissionsfaktoren.....	10
Tabelle 2: In Bunde 2021 erzeugte Strommengen + berechnete CO <sub>2</sub> e-Emissionen durch Stromerzeugung vor Ort .....	12
Tabelle 3: nicht witterungsbereinigter Energieverbrauch nach Sektoren.....	14
Tabelle 4: witterungsbereinigter Energieverbrauch nach Sektoren .....	14
Tabelle 5: nicht witterungsbereinigter Erdgasbezug nach Verbrauchergruppen.....	16
Tabelle 6: witterungsbereinigter Erdgasbezug nach Verbrauchergruppen .....	16
Tabelle 7: Strombezug nach Verbrauchergruppen.....	16
Tabelle 8: Energiebedarf im Straßenverkehr nach Fahrzeuggruppen.....	17
Tabelle 9: nicht witterungsbereinigte CO <sub>2</sub> e-Emissionen nach Sektoren .....	19
Tabelle 10: witterungsbereinigte CO <sub>2</sub> e-Emissionen nach Sektoren .....	19
Tabelle 11: CO <sub>2</sub> e-Bilanz Erdgasbezug- nicht witterungsbereinigt .....	20
Tabelle 12: CO <sub>2</sub> e-Bilanz Erdgasbezug- witterungsbereinigt.....	21
Tabelle 13: CO <sub>2</sub> e-Emissionen für den Strombedarf nach Verbrauchergruppen.....	21
Tabelle 14: CO <sub>2</sub> e-Emissionen im Straßenverkehr aufgeteilt nach Fahrzeuggruppen .....	22
Tabelle 15: nicht witterungsbereinigte CO <sub>2</sub> e-Emissionen nach Sektoren.....	24
Tabelle 16: witterungsbereinigte CO <sub>2</sub> e-Emissionen nach Sektoren .....	24
Tabelle 17: CO <sub>2</sub> e-Emissionen für den Strombedarf nach Verbrauchergruppen-regionaler Strommix.....	25
Tabelle 18: benötigte Flächen regenerative Deckung Erdgasbezug.....	29
Tabelle 19: benötigte Flächen regenerative Deckung Verkehr .....	30
Tabelle 20: Strombedarf bei Elektrifizierung aller Sektoren und Vergleich zu regenerativ erzeugter Strommenge in der Gemeinde.....	31
Tabelle 21: benötigte zusätzliche PV Fläche zur vorhandenen Stromerzeugung bei Elektrifizierung aller Sektoren.....	31
Tabelle 22: benötigte Flächen für wiedervernässte Moore zu CO <sub>2</sub> - Kompensation.....	33

## VORWORT

Für die kommunale CO<sub>2</sub>-Bilanzierung gibt es derzeit noch keine standardisierte, einheitliche Systematik. Es hat sich als praktikabel erwiesen, eine CO<sub>2</sub>-Bilanz auf Grundlage einer Endenergiebilanz aufzubauen. Mithilfe der eingesetzten Energieträger und der dazugehörigen Emissionsfaktoren kann schließlich eine valide Auswertung erstellt werden. Dabei gilt immer: Eine CO<sub>2</sub>-Bilanz ist eine Momentaufnahme, sie dokumentiert die Treibhausgasemissionen in einem definierten Zeitraum. Eine Einbindung der Ergebnisse in den Kontext der Aktivitäten in der Gebietskörperschaft ist sinnvoll und notwendig. Auch deswegen wird im Rahmen der Erstellung der Bilanz die Gemeinde vergleichsweise detailliert beschreiben.

Bei der Erstellung der CO<sub>2</sub>-Bilanz gibt es einfache und komplizierte Verfahren, die auf unterschiedlichen Daten aufbauen und unterschiedliche Aussagequalitäten ermöglichen. In einer sogenannten Kurzbilanz wird vor allem mit Kennwerten und leicht zu ermittelnden statistischen Daten gearbeitet. Dabei wird zumeist ein Indikatorenvergleich mit Bundesdurchschnittsdaten durchgeführt. Diese Bilanzierungsmethode eignet sich vor allem für kleinere und mittlere Kommunen. Die vorliegende CO<sub>2</sub>-Bilanz orientiert sich am BSKO-Standard (Bilanzierungs-Systematik Kommunal) für den Energie- & Verkehrssektor und ist eine für die Gemeinde spezifische Betrachtung mit einer entsprechend großen Aussagekraft. Als Referenzjahr wurde 2021 gewählt. Sie sollte als Ausgangsbasis für in Zukunft zu erstellenden Bilanzen dienen. Neben den grundlegend zu betrachtenden energierelevanten Daten werden in der vorliegenden Bilanz im Rahmen eines Exkurses Tierhaltungszahlen ausgewertet und indikativ berücksichtigt, die insbesondere in Ostfriesland einen großen Einfluss auf die THG-Emissionen haben können.

Die CO<sub>2</sub>-Bilanz zeigt, wo genau in den kommunalen Handlungsfeldern der größte Bedarf zur Reduzierung klimaschädlicher Emissionen liegt. Dazu wurden kommunalspezifische Verbrauchsdaten für die einzelnen Verbrauchssektoren und die verschiedenen Energieträger gesammelt und ausgewertet. Zudem wird ein Schlaglicht auf den Bereich Mobilität gerichtet, da diese gerade im ländlichen Raum anders zu bewerten ist als beispielsweise in Ballungszentren.

Die vorliegende Bilanz liefert die Grundlage, welches individuelle kommunale Klimaschutzziel im Sinne einer THG-Neutralität realistisch ist, und gibt der Diskussion, welche Handlungsfelder kurz-, mittel- und langfristig zu bearbeiten sind, ein solides Fundament.

## 1. EINLEITUNG: DIE GEMEINDE BUNDE

### LAGE & BEVÖLKERUNG:

Bunde ist eine Einheitsgemeinde im ostfriesischen Landkreis Leer in Niedersachsen. Sie liegt im Rheiderland, einem der vier historischen Landstriche des Landkreises Leer. Mit 7.731 Einwohner:innen zählt Bunde nach der Bevölkerungszahl zu den kleineren Einheitsgemeinden auf dem ostfriesischen Festland. Die Gemeinde besteht aus fünf Dörfern mit umliegenden Höfen. Die Größe der Ortschaften unterscheidet sich teils deutlich. So leben im namensgebenden Hauptort und damit dem Grundzentrum Bunde ca. 3.900 Einwohner:innen, was etwas mehr als die Hälfte der Bevölkerung der Gemeinde entspricht.

Bezogen auf die Entwicklung in der jüngeren Vergangenheit nimmt die Bevölkerung seit 1990 zunächst wieder leicht zu, vor allem durch Aussiedler und Übersiedler aus den neuen Bundesländern. In den vergangenen Jahren erhöhte sich die Zahl der Niederländer in der Gemeinde deutlich. Knapp 9 Prozent der Einwohner Bundes haben einen niederländischen Pass. Erklärbar ist dies durch die deutlich geringeren Immobilienpreise in Ostfriesland im Vergleich zum Nachbarland. Durch die gute Verkehrsverbindung über die A 280/Rijksweg 7 fällt das Pendeln leicht. Ohne die Niederländer in der Gemeinde wäre die Einwohnerzahl mittlerweile auf etwas weniger als 7000 gesunken, da die Geburtenzahl unter der Sterbeziffer liegt und in Bunde zudem eine Bildungsabwanderung zu verzeichnen ist.

### FLÄCHE & FLÄCHENNUTZUNG:

Die Gemeinde Bunde umfasst eine Fläche von 121 km<sup>2</sup>, sie ist die Einzige in Ostfriesland, die eine gemeinsame Landgrenze mit den Niederlanden hat. Im Nordwesten wird die Gemeinde Bunde von der Meeresbucht Dollart begrenzt, die zum Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer gehört. Die Gemeinde erstreckt sich vornehmlich in nord-südlicher Richtung, mit einer Maximalausdehnung von knapp 19 Kilometern zwischen Ditzumerhammrich im Norden und den Hochmoorgebieten bei Wymeer im Süden. In Ost-West-Richtung hingegen beträgt die Maximalausdehnung lediglich knapp sieben Kilometer zwischen der niederländischen Grenze und der Grenze zur Gemeinde Jemgum bei der Jemgumer Ortschaft Böhmerwold.

Das Rheiderland mit Bunde liegt innerhalb von Ostfriesland recht isoliert, da es durch die Ems vom deutlich größeren, einwohnerreicheren und wirtschaftsstärkeren Rest der Region abgegrenzt ist. Der Bau der Bundesautobahn 31 auf dem Gebiet des Rheiderlands bis Ende der 1980er/Anfang der 1990er Jahre hat die Nachteile der Randlage etwas abgemildert.

Der Anteil an Landwirtschaftsflächen in der Gemeinde liegt bei 74 Prozent. Ostfriesland in seiner Gesamtheit weist einen Anteil an Landwirtschaftsflächen von rund 75 Prozent auf und liegt damit klar über dem Bundesdurchschnitt von 52 Prozent. Im ohnehin waldarmen Ostfriesland (Waldanteil: 2,6 Prozent, Bundesdurchschnitt: etwa 29,5 Prozent) liegt die Gemeinde Bunde mit einem Waldanteil von nur etwa 0,3 Prozent weit unter dem Durchschnitt: Die Kommune besteht fast ausschließlich aus Moorflächen, Geest- und

Marschland, Bäume sind lediglich als Einfriedungen, Straßengrün und bei Gehöften zu finden und dienen vor allem als Windschutz. Mit rund 18 Prozent Wasserflächenanteil liegt Bunde hingegen klar über dem Bundesdurchschnitt von etwa zwei Prozent, was auf die Lage des Marschlandes an Ems und Dollart, den Moorflächen sowie die damit einhergehenden unzähligen Entwässerungsgräben und -kanäle zurückzuführen ist.

#### SCHUTZGEBIETE:

Westlich des Bunder Gemeindegebiets liegt der Dollart, dessen südlicher Teil zum Nationalpark Niedersächsisches Wattenmeer gehört. Dieser ist seit Juni 2009 UNESCO-Weltnaturerbe. Der Abschnitt des Dollarts vor dem Deich der Gemeinde Bunde gehört zur am strengsten geschützten Ruhezone.

Auf dem Gemeindegebiet befinden sich zwei Naturschutzgebiete und ein Landschaftsschutzgebiet. Das Naturschutzgebiet Hochmoor Wymeer ist eine 52 Hektar große Fläche im Bunder Ortsteil Wymeer und steht seit 1983 unter Schutz. Es sind die Reste des einst deutlich weitläufigeren Moorgebietes südlich des genannten Ortsteils. Das Schutzgebiet Süderkolk zwischen Bunderhee und dem Weeneraner Ortsteil St. Georgiwold umfasst elf Hektar und ist seit 1977 als Naturschutzgebiet ausgewiesen. Der Kolk ist eine nach einem Deichbruch ausgespülte Fläche als östlichster Punkt des Dollartdurchbruchs von 1509. Der Kolk verlandet langsam. Daneben findet sich Magergrünland und Erlenbruchwald. Um den Kolk herum befindet sich das 55 Hektar große Landschaftsschutzgebiet Norderkolk und Umgebung, welches ein Jahr später unter Schutz gestellt wurde.

#### WIRTSCHAFT:

Bunde ist geprägt von Landwirtschaft und Tourismus. Die Gemeinde ist kaum industrialisiert. Neben einem Gewerbegebiet im Hauptort ist nach dem Bau der A 280 in den 1990er-Jahren auch ein Gewerbegebiet an der Anschlussstelle Bunde-West in unmittelbarer Nähe zur niederländischen Grenze entstanden, in dem sich unter anderem einige kleinere Industriebetriebe angesiedelt haben. Für das Gemeindegebiet übernimmt der Hauptort Bunde die Aufgaben in der Nahversorgung.

Bunde ist eine Auspendler-Gemeinde, in der 1.851 Personen als sozialversicherungspflichtige Beschäftigte gemeldet sind, am Arbeitsort Bunde hingegen nur 817 (Stand: 2007). 658 Einpendlern aus anderen Gemeinden stehen 1.804 Bunder Auspendler gegenüber (Stand: 2016). Daten zur Arbeitslosigkeit in der Gemeinde selbst werden nicht erhoben.

#### ENERGIE:

Bunde ist aufgrund seiner geografischen Lage zudem ein Knoten im deutsch-niederländischen Gasleitungsnetz: Über die 60 Kilometer lange Bunde-Etzel-Pipeline (BEP) ist die Gas-Kavernenanlage in Etzel mit dem Gasleitungsknoten in Bunde/Oude Statenzijl und damit an den niederländischen Gasmarkt angebunden. Die Open Grid Europe GmbH sowie die GASCADE Gastransport GmbH betreiben im Gemeindegebiet

Verdichterstationen für Erdgas. Insbesondere im Winterhalbjahr 2022/23 waren beide Stationen wesentlich an der Energieversorgungssicherheit in Deutschland beteiligt.

Durch die Lage in Küstennähe und den stetigen Wind sowie die dünne Besiedlung eignet sich das Gemeindegebiet für die Erzeugung von Windenergie im besonderen Maße. In der Gemeinde befinden sich Windparks, deren Leistung durch Repowering gesteigert wird. Wie in anderen Gemeinden kommt es dabei zu Konflikten zwischen Betreibern und Naturschutzverbänden.

#### VERKEHR:

Die Gemeinde wird in erster Linie durch die Autobahnen 31 und 280 erschlossen. Bunde besitzt neben dem Autobahndreieck Bunde zwei Autobahnauf- und -abfahrten; eine davon direkt am Gewerbegebiet Bunde-West (A 280), unmittelbar vor der Grenze zu den Niederlanden. Die zweite Auffahrt ist die Anschlussstelle Weener(/Bunde) an der A 31. Diese Autobahn, die Emden mit dem Ruhrgebiet verbindet, verläuft nahezu genau auf der Ostgrenze der Gemeinde zur Stadt Weener, die kurze A 280 verbindet die A 31 mit dem niederländischen Rijksweg 7.

Die Landesstraße 16 beginnt nahe Ditzum in der Nachbargemeinde Jemgum und führt in südlicher Richtung über Bunderhee nach Bunde, wo sie an der Anschlussstelle Weener der A 31 in die Bundesstraße 436 in Richtung Leer übergeht. Die L 17 führt von der Nachbarstadt Weener über Boen und Wymeer zur niederländischen Grenze. Die Anbindung der weiteren Ortschaften erfolgt über Kreisstraßen.

Der Bunder Bahnhof an der Strecke Leer–Groningen ist nicht mehr in Betrieb. Eine Wiedereröffnung wird jedoch geprüft.

Busse bilden den öffentlichen Nahverkehr. Die DB-Tochter Weser-Ems Bus bedient mehrere Linien, die Bunde mit dem Umland verbinden: Die Linie 620 führt von Leer über Weener nach Bunde und weiter ins niederländische Nieuweschans. Die Linie 624 beginnt in Leer und führt über Weener nach Kanalpolder am Dollart. Die Buslinie 632 verläuft vom Weeneraner Stadtzentrum über Boen nach Wymeer und bindet das südliche Gemeindegebiet an. Durch die in Bunde beginnende Buslinie 641 ist das Gemeindegebiet auch mit Papenburg verbunden. Während die Linie 620 (Leer-Nieuweschans) im Stundentakt verkehrt, sind die anderen Linien im Wesentlichen auf die Bedürfnisse des Schulverkehrs ausgerichtet, stehen aber auch anderen Fahrgästen zur Verfügung.

Das Radwegenetz ist in Bunde gut erschlossen. Bunde befindet sich u.a. an der Internationalen Dollardroute, eines mehr als 200 Kilometer langen Rundkurses für Radfahrer durch Ostfriesland, Papenburg und die Provinz Groningen, der jedes Jahr Anfang Mai eröffnet wird. Der Bunder Abschnitt beträgt etwa 30 Kilometer.

## 2. METHODIK DER BILANZIERUNG

Energie- und Treibhausgas (THG)-Bilanzen sind die Grundlage für ein quantitatives Monitoring und Controlling bei Kommunen. Ihnen kommt somit eine zentrale Bedeutung beim Klimaschutz von Kommunen zu. Eine Aufschlüsselung nach unterschiedlichen Energieträgern und Verbrauchern ermöglicht, entsprechende Entwicklungen in Energieeinsatz und THG-Emissionen aufzuzeigen und darüber zielführende Maßnahmen zur Einsparung/Reduzierung einzuleiten und umzusetzen. Die angewandte Methodik der nachfolgenden Bilanzierung ist an die Bilanzierungssystematik Kommunal (BISKO) des IFEUs (Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg) angelehnt. Somit ist eine Vergleichbarkeit zum kommunalen Bilanzierungstool „Klimaschutz-Planer“ gewährleistet bzw. eine zukünftige Bilanzierung/Fortschreibung mittels Software nach BISKO-Standard möglich<sup>1</sup>.

Für die Bilanzierung der CO<sub>2</sub>-Bilanz wurden nachfolgende CO<sub>2</sub>-äquivalente Emissionsfaktoren herangezogen. Ein Emissionsfaktor ist eine Größe, die angibt, wie viel eines Stoffs oder Stoffgemischs bezogen auf geeignete Bezugsgrößen, in diesem Fall CO<sub>2</sub>, emittiert wird. Entsprechend der untenstehenden Auflistung werden weitere klimarelevante Emissionen einbezogen und vergleichbar gemacht.

Tabelle 1: Datengrundlage CO<sub>2</sub>-Äquivalente Emissionsfaktoren

Emissionsquelle	Emissionsfaktor	Einheit	Referenz	Beschreibung
Erdgas	0,247	t/MWh	GEMIS 4.94 GEMIS 5.0	Emissionsfaktor Endenergie Wärme
Strom (bundesweiter Strommix)	0,485	t/MWh	Umweltbundesamt	CO <sub>2</sub> -Äquivalente für das Jahr 2021
Strom (Territoriale Erzeugung)	0,015	t/MWh	GEMIS 4.94 GEMIS 5.0	Berechnung aus Anteilen der verschiedenen Stromerzeuger im Territorium
Strom (Territorialmix)	0,015	t/MWh	Umweltbundesamt GEMIS 4.94 GEMIS 5.0	Berechnung aus Anteil Bundesstrommix und Anteil territoriale Erzeugung
Diesel	0,311	t/MWh	IFEU 2019, KEA BW	Berechnung aus Anteilen fossilem Diesel und Biodiesel
Benzin	0,312	t/MWh	IFEU 2019, KEA BW	Berechnung aus Anteilen fossilem Benzin und Biobenzin

<sup>1</sup> Für die Erstellung der vorliegenden Bilanz wurde keine Bilanzierungssoftware verwendet.

Flüssiggas	0,276	t/MWh	GEMIS 4.94 Gemis 4.95	Emissionsfaktor Endenergie Wärme
AVGas (Flugbenzin)	0,258	t/MWh	IPCC Datenbank 2006	
Kerosin	0,269	t/MWh	IPCC Datenbank 2006	

## TERRITORIALBILANZ

Der (End-)Energieverbrauch wird nach dem Territorialprinzip ermittelt und somit ab Entnahmestelle erfasst. Das bedeutet, dass idealerweise alle Emissionen innerhalb des betrachteten Territoriums, Bunde, berücksichtigt werden<sup>2</sup>. Dieses Prinzip ist der gängige Ansatz bei der Bilanzierung auf Landes-, Bundes- und internationaler Ebene. Somit werden alle anfallenden Verbräuche in Bunde auf der Ebene der Endenergie berücksichtigt und den entsprechenden Verbrauchssektoren zugeordnet. Über spezifische Emissionsfaktoren werden die THG-Emissionen ermittelt. Graue Energien werden nicht bilanziert.<sup>3</sup>

Eine Besonderheit in Bunde stellen die Erdgasverdichterstationen der Open Grid Europe GmbH, der Gascade Gastransport GmbH, der *Bunde-Etzel-Pipeline* GmbH & Co. KG und der Gasunie Deutschland Transport Services GmbH da. Trotz mehrfacher Nachfrage war es nicht möglich, von den Betreibern der Verdichterstationen Energieverbrauchsdaten zu erhalten, so dass dieses Segment bei den nachfolgenden Betrachtungen außenvor bleibt. Da im Folgenden zumeist eine Prozentuale Verteilung der Energieverbraucher und CO<sub>2</sub>-Emittenten erfolgt, ist das Fehlen der Verdichterstationen dahingehend zu berücksichtigen, dass andere Segmente stärker in den Vordergrund rücken.

Eine Abweichung stellt die CO<sub>2</sub>-Bilanz für den Verkehr dar. Diese basiert auf der Anzahl zugelassener Fahrzeuge<sup>4</sup> multipliziert mit durchschnittlicher Jahreslaufleistung<sup>5</sup> multipliziert mit durchschnittlichem Verbrauch nach Antriebsart. Somit erfolgt sie nach dem Verursacherprinzip und stellt eine Abweichung vom Prinzip der Territorialbilanz dar. Auch diese Abweichung vom Territorialprinzip entspricht der gängigen Praxis.

<sup>2</sup> D.h., dass aufgrund der Territorialbilanz Vorketten keine Berücksichtigung erfahren haben. Die Vorkette muss am Ort der Erzeugung berücksichtigt werden.

<sup>3</sup> Graue Energie beinhaltet Energie die zur Herstellung von Gütern benötigt wird.

<sup>4</sup> Stand am 01.01. des darauffolgenden Jahres nach dem Betrachtungsjahr

<sup>5</sup> Für Zugmaschinen anhand durchschnittlicher Betriebsstunden anstatt Laufleistung

## ERMITTLUNG DER CO<sub>2</sub>E- EMISSIONEN DURCH DIE REGIONALE STROMERZEUGUNG UND BERECHNUNG DES CO<sub>2</sub>E- FAKTORS FÜR DEN REGIONALEN STROM-MIX

Für eine (zukünftige) Fortschreibung der CO<sub>2</sub>-Bilanz ist neben der Betrachtung des bundesweiten Strom-Mixes auch die Verwendung eines regionalen Strom-Mixes vorgesehen. Beim regionalen Strom-Mix wird unterstellt, dass regional erzeugter Strom, auch regional verbraucht wird.

Da in der Gemeinde Bunde mehr Strom vor Ort erzeugt als verbraucht wird, entfällt hier der Ansatz über den Bundesdeutschen Strom-Mix.

Für die Berechnung wird zunächst der CO<sub>2</sub>e-Faktor für die Stromerzeugung vor Ort ermittelt. Es werden sämtliche anfallenden Strommengen aufaddiert, die innerhalb der Gemeinde produziert werden und mit einem CO<sub>2</sub>e-Faktor der jeweiligen Energiequelle multipliziert. Daraus lässt sich die Gesamtheit der entstandenen CO<sub>2</sub>e-Emissionen ermitteln und in Bezug zur erzeugten Strommenge setzen, indem die Emissionen durch die erzeugte Strommenge dividiert werden.

Tabelle 2: In Bunde 2021 erzeugte Strommengen + berechnete CO<sub>2</sub>e-Emissionen durch Stromerzeugung vor Ort

regionale Stromerzeugung der Gemeinde			
Anlagentyp	Menge in MWh/Jahr	CO <sub>2</sub> e-Faktor in t/MWh	Emissionen in t
Windkraftanlagen	74.117 <sup>6</sup>	0,01	741
PV-Anlagen	4.367	0,04	175
feste Biomasse	0	0,038	0
flüssige Biomasse	0	0,116	0
Biogas	2.558	0,13	332
Geothermie	0	0,192	0
Wasserkraft	0	0,003	0
BHKW's	0	0,363	0
andere	0	0	0
Summe:	81.041	/	1.248

Für die Stromerzeugung in der Gemeinde ergibt sich ein Emissionsfaktor mit einem Wert von 15 kg CO<sub>2</sub>e pro MWh. Dieser Wert stellt entsprechend auch den Emissionsfaktor für den regionalen Strommix dar.

Die erzeugte Strommenge der Windkraftanlagen wurde extrapoliert, da diese Menge nicht aus den zur Verfügung gestellten Energiemengen des zuständigen Netzbetreibers hervorgehen. Um hier möglichst gute

<sup>6</sup> Aufgrund fehlender Angaben vom Netzbetreiber: Berechnung mittels Dreisatzes aus Verhältnis installierter Leistung und installierter Leistung in Nachbargemeinde multipliziert mit erzeugter Strommenge in Nachbargemeinde

Näherungswerte zu erhalten wurde eine Dreisatzberechnung genutzt, welche die installierte Leistung der Windkraft zugrunde legt und diese mit der bekannten installierten Leistung in der Nachbargemeinde Weener und der daraus erzielten Strommenge im Jahr 2021 ins Verhältnis setzt. Die installierte Leistung der Windkraft in Bunde beträgt 41.050 kW, während die installierte Leistung der Gemeinde Weener sich auf 50.950 kW beläuft. In Weener konnten damit im Jahr 2021 91.992 MWh Windstrom erzeugt werden. Diese Menge multipliziert mit dem Verhältnis der installierten Leistung in Bunde zur installierten Leistung in Weener, ergibt eine vermeintlich produzierte Strommenge von 74.117 MWh durch Windkraft im Gemeindegebiet von Bunde.

#### WITTERUNGSBEREINIGUNG

Für die Fortschreibung der CO<sub>2</sub>-Bilanz ist die Vergleichbarkeit unerlässlich. Dafür müssen Schwankungen bei unterschiedlichen Witterungsbedingungen ausgeglichen werden. Hierzu wird für die Raumwärme bereitgestellte Energie eine Witterungsbereinigung vorgenommen. Der Klimafaktor für die Witterungsbereinigung im Kalenderjahr ist 0,99<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Der Faktor 0,99 steht für die Gradtagszahl. Diese steht für Ort, Jahr sowie eine Innentemperatur von 20° als Sollwert und einen Heizgrenzwert von 15° für Bestandsgebäude. Es wird davon ausgegangen, dass der gesamte Erdgasverbrauch für Raumwärme benötigt wird. Die räumliche Zuordnung erfolgte über die nächstgelegene Klimastation – Emden.

### 3. CO<sub>2</sub>-BILANZ

#### 3.1 ENERGIEBILANZ

Da die zu ermittelnden Emissionen aus dem Energiebedarf abgeleitet werden, wird zunächst eine entsprechende Energiebilanz anhand der im Gemeindegebiet genutzten Endenergie aufgestellt. Im ersten Schritt erfolgt die Sortierung nach Sektoren, im Anschluss die Zuordnung nach Verbrauchergruppen innerhalb der definierten Sektoren.

##### 3.1.1 ENERGIEBILANZ NACH SEKTOREN

Die Energiebilanz nach Sektoren wird in tabellarischer Form, sowohl witterungsbereinigt als auch nicht witterungsbereinigt dargestellt. Aufgeführt sind die in der Gemeinde relevanten Sektoren, deren jeweiligen Energieverbräuche und die daraus entstehenden Anteile. Der Vergleich der beiden Tabellen verdeutlicht die Relevanz des Klimafaktors. Zur Veranschaulichung, welche Bedeutung die unterschiedlichen Sektoren hinsichtlich des Gesamtenergiebedarfs einnehmen, wurde eine graphische Darstellung als Balkendiagramm erstellt.

nicht witterungsbereinigt:

*Tabelle 3: nicht witterungsbereinigter Energieverbrauch nach Sektoren*

Sektoren	Energieverbrauch in MWh/Jahr	Anteile in %
Erdgasbezug	79.097	39,60%
Strombezug	21.645	10,84%
Verkehr	98.991	49,56%
Summe	199.732	100,00%

witterungsbereinigt:

*Tabelle 4: witterungsbereinigter Energieverbrauch nach Sektoren*

Sektoren	Energieverbrauch in MWh/Jahr	Anteile in %
Erdgasbezug	79.896	39,84%
Strombezug	21.645	10,79%
Verkehr	98.991	49,36%
Summe	200.531	100,00%

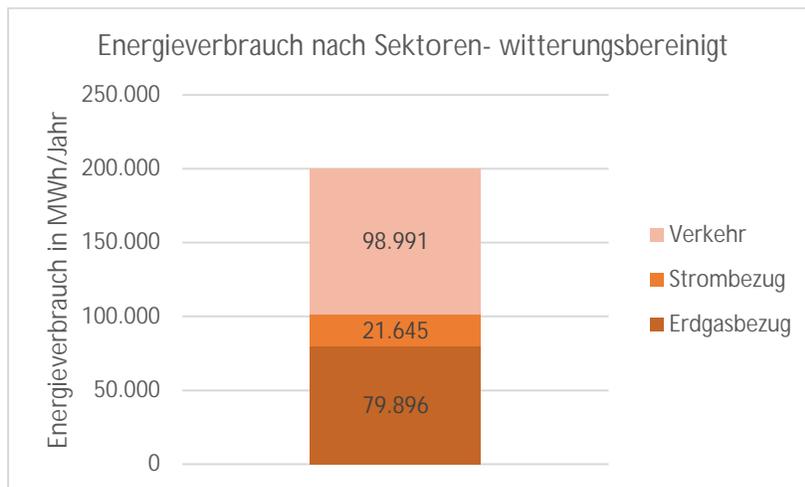


Abbildung 1: Energieverbrauch nach Sektoren witterungsbereinigt

Aus der witterungsbereinigten Tabelle geht hervor, dass der Verkehr mit einem Anteil von fast 50% am Gesamtenergieverbrauch die dominierende Rolle einnimmt. Danach folgt der Erdgasbezug mit knapp 40% und der Stromsektor mit rund 10%. Während die Daten aus Strom- und Erdgasbezug auf reale Verbrauchsdaten in der Gebietskörperschaft abstellen, wurde der Verkehrssektor, wie bereits dargelegt, nach der Einwohnerbilanz erfasst, was bedeutet, dass der Energiebedarf aus der Anzahl gemeldeten Fahrzeuge je Fahrzeugklasse, multipliziert mit den durchschnittlichen jährlichen Fahrleistungen der verschiedenen Fahrzeugklassen und multipliziert mit den durchschnittlichen Verbräuchen der Fahrzeugklassen nach Antriebsarten, ermittelt wurde. Luftverkehr, Schienenverkehr und Schiffsverkehr sind zu vernachlässigen, da innerhalb der Gemarkungsgrenzen diese Verkehrsmittel im Berichtsjahr nicht genutzt werden können, bzw. die Emissionen nicht der Gebietskörperschaft zugeordnet werden. In der Gemeinde Bunde wird somit ausschließlich der Straßenverkehr betrachtet.

### 3.1.2. ENERGIEBILANZ NACH VERBRAUCHERGRUPPEN IN DEN SEKTOREN

Der Energiebedarf der betrachteten Sektoren lässt sich den jeweiligen Verbrauchergruppen zuordnen. Dadurch wird deutlich, in welchen Bereichen letztlich der Energieeinsatz genutzt wird. Dies ist erforderlich um Handlungsfelder zur Energieeinsparung und damit einhergehender möglicher CO<sub>2</sub>-Reduktion leichter ermitteln zu können.

#### ERDGASBEZUG:

Die Aufschlüsselung des Erdgasbezuges erfolgt in die Verbrauchergruppen produzierendes Gewerbe, Dienstleistungen und Haushalte.

nicht witterungsbereinigt:

Tabelle 5: nicht witterungsbereinigter Erdgasbezug nach Verbrauchergruppen

Verbrauchergruppe	Energiebedarf in MWh/Jahr
produzierendes Gewerbe	0
Dienstleistungen	10.075
Haushalte	69.022
Summe	79.097

witterungsbereinigt:

Tabelle 6: witterungsbereinigter Erdgasbezug nach Verbrauchergruppen

Verbrauchergruppe	Energiebedarf in MWh/Jahr
produzierendes Gewerbe	0
Dienstleistungen	10.176
Haushalte	69.720
Summe	79.896

Die witterungsbereinigte Aufschlüsselung der benötigten jährlichen Erdgasmenge verdeutlicht, dass die Haushalte einen Großteil des Verbrauchs ausmachen, während die anderen Verbrauchergruppen einen verhältnismäßig geringen bzw. keinen Bedarf aufweisen.

STROMBEZUG:

Der Strombedarf lässt sich ebenfalls nach den vorhandenen Verbrauchergruppen aufschlüsseln.

Tabelle 7: Strombezug nach Verbrauchergruppen

Verbrauchergruppe	Energiebedarf in MWh/Jahr
Dienstleistungen	2.757,1
Haushalt	11.476,1
Ladesäulen	4,2
Land- und Fortwirtschaft	2.337,2
produzierendes Gewerbe	4.759,3
Speicherheizung	34,3
Straßenbeleuchtung	108,1
Wärmepumpe	168,7
Summe	21.645

Der Strombedarf lässt sich, ähnlich wie der Erdgasbedarf überwiegend den Haushalten zuordnen. Der Anteil am Strombedarf beträgt ca. 53%. Im Gegensatz zum Erdgasbezug ist das produzierende Gewerbe mit fast 22% die zweitgrößte Verbrauchergruppe. Weitere größere Verbraucher sind Dienstleistungen, worunter auch die dienstleistenden Gewerbebetriebe fallen sowie die Land- und Forstwirtschaft. Die weiteren aufgeführten Verbrauchergruppen Wärmepumpen, Straßenbeleuchtung, Speicherheizungen und Ladensäulen für Elektrofahrzeuge haben lediglich einen geringfügigen Anteil an der Stromnutzung.

## VERKEHR

Zusätzlich zum Strom- und Wärmebedarf wird auch der Verkehr (in diesem Fall aufgrund nicht vorhandener anderer Verkehrsbereiche lediglich der Straßenverkehr) nach den verschiedenen Verbrauchergruppen, welche in diesem Fall die Fahrzeugarten darstellen, unterteilt. Die Darstellung erfolgt ebenfalls tabellarisch.

*Tabelle 8: Energiebedarf im Straßenverkehr nach Fahrzeuggruppen*

Fahrzeuggruppe	Energiebedarf in MWh/Jahr
Bus	6.644
PKW	42.710
Krafträder	376
Zugmaschinen	767 <sup>8</sup>
LKW	48.493
Summe	98.991

Der Straßenverkehr lässt sich in die verschiedenen Fahrzeuggruppen Busse, PKWs, Krafträder, Zugmaschinen und LKWs unterteilen. Den größten Energieverbrauch mit ca. 49% des Gesamtverbrauchs im Sektor Verkehr, machen die LKWs aus. Danach folgt die Fahrzeuggruppe der PKWs, mit etwas mehr als 43% am Gesamtverbrauch des Verkehrs. Eine weitere nicht zu vernachlässigende Verbrauchergruppe stellen die Busse da, welche einen Anteil von knapp 7% am Energieverbrauch des Verkehrssektors haben. Die Krafträder und Zugmaschinen nehmen den verbleibenden Anteil ein.

## GESAMTDARSTELLUNG

Im nachstehenden Diagramm wird der Gesamtenergiebedarf unterteilt in Sektoren und zusätzlicher Unterteilung nach Verbrauchergruppen, witterungsbereinigt dargestellt.

<sup>8</sup> Berechnung anhand durchschnittlicher, jährlicher, Betriebsstunden (geschätzt), sowie durchschnittlichem Kraftstoffverbrauch pro Betriebsstunde (geschätzt)

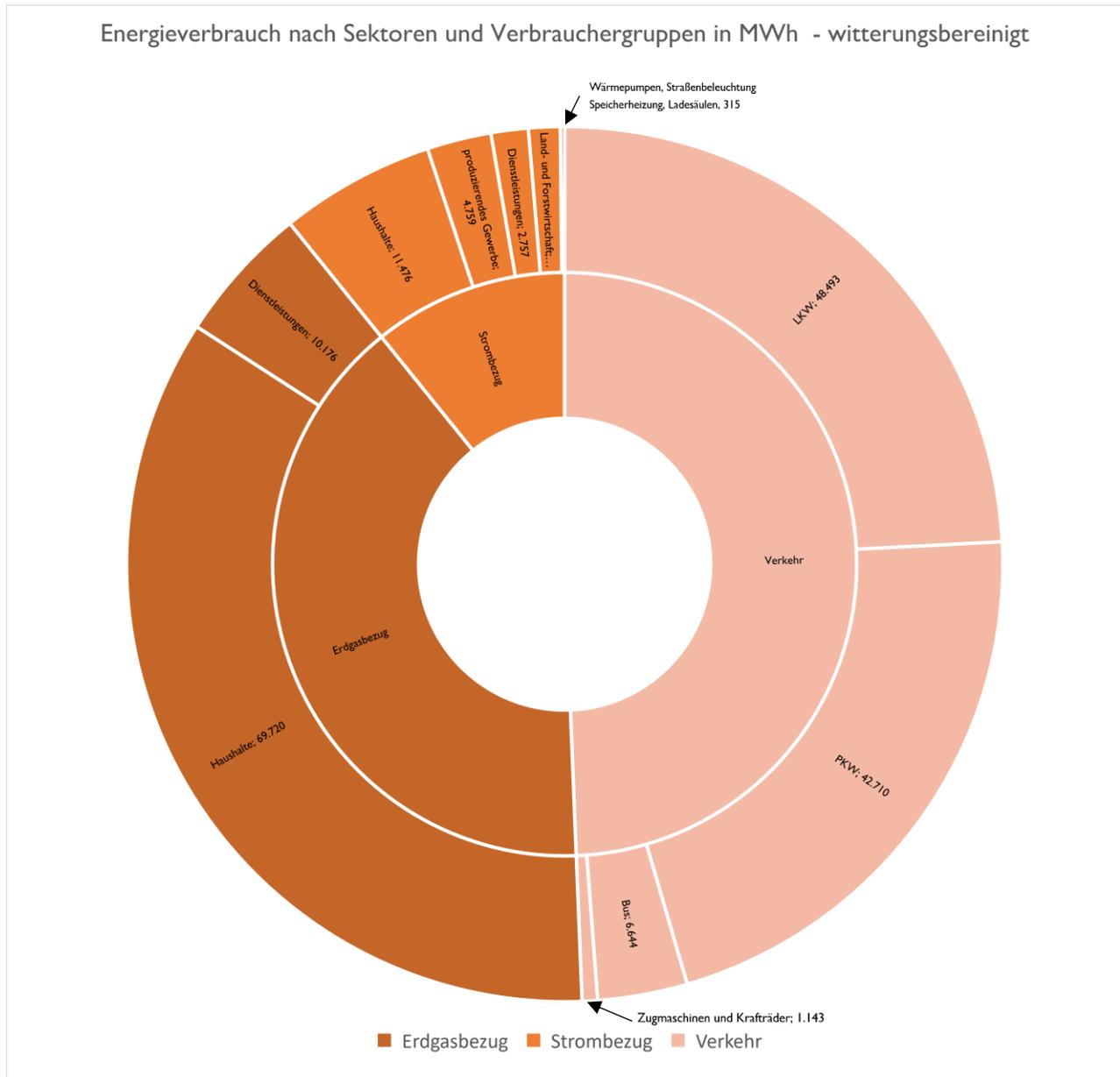


Abbildung 2: Gesamtenergiebedarf aufgeteilt nach Sektoren und Verbrauchergruppen

Die grafische Auswertung verdeutlicht das Verhältnis der Energieverbraucher auf den Gesamtenergieverbrauch bezogen und zeigt, welche Verbrauchergruppen, aus welchen Sektoren den größten Energiebedarf innerhalb der Gemeinde erreichen. Für den Sektor des Straßenverkehrs sind Zugmaschinen und Krafräder zusammengefasst, da die einzelnen Verbrauchergruppen ansonsten zu klein sind und im Diagramm nicht sichtbar gemacht werden können. Gleiches gilt für die Wärmepumpen, die Straßenbeleuchtung, die Speicherheizungen und die Ladesäulen im Sektor des Strombezuges.

## 3.2. CO<sub>2</sub>-BILANZ FÜR ENERGIE

### 3.2.1. BILANZ FÜR BUNDESWEITEN STROMMIX

Aus der Energiebilanz lässt sich die CO<sub>2</sub>-Bilanz ableiten. Analog zur Energiebilanzierung wird diese ebenfalls in die verschiedenen Sektoren unterteilt, im Nachgang folgt die genauere Unterteilung in die Verbrauchergruppen und deren anfallenden Emissionen.

Den zuvor aufgeführten Energieverbräuchen der benannten Sektoren lassen sich unterschiedliche CO<sub>2</sub>e-Emissionen zuordnen. Diese beruhen zum einen auf den unterschiedlichen Energieverbrauchsmengen, zum anderen auch auf die Verbrauchergruppen innerhalb der Sektoren, die bezogen auf die Ausgangsenergie unterschiedliche CO<sub>2</sub>e-Emissionen pro verbrauchte Energiemenge erreichen.

In diesem Abschnitt werden die Emissionen aus dem Strombezug mit dem Emissionsfaktor aus dem bundesweiten Strommix berechnet. Dies bedeutet, die regionale Stromerzeugung wird nicht berücksichtigt, sondern der bundesweite Emissionsfaktor aus dem Jahr 2021, von 485 kg CO<sub>2</sub>e/MWh herangezogen. Dieses Vorgehen empfiehlt sich, da es im Einklang mit den üblichen Bilanzierungsvorgaben ist.

Die Übersicht der CO<sub>2</sub>e-Emissionen wird tabellarisch dargestellt, aufgeteilt in die verschiedenen Sektoren erfolgt die grafische Übersetzung. Analog zur Energiebilanz, wird dies zunächst nicht witterungsbereinigt und im nächsten Schritt witterungsbereinigt dargestellt.

Nicht witterungsbereinigt:

Tabelle 9: nicht witterungsbereinigte CO<sub>2</sub>e-Emissionen nach Sektoren

Sektoren	Emissionen in t/CO <sub>2</sub> e	Anteile in %
Wärmebedarf	19.537	32,08%
Strombedarf (Bundesstrommix)	10.498	17,24%
Verkehr	30.859	50,68%
Summe	60.894	100,00%

witterungsbereinigt:

Tabelle 10: witterungsbereinigte CO<sub>2</sub>e-Emissionen nach Sektoren

Sektoren	Emissionen in t/CO <sub>2</sub> e	Anteile in %
Wärmebedarf	19.734	32,30%
Strombedarf (Bundesstrommix)	10.498	17,18%
Verkehr	30.859	50,51%
Summe	61.092	100,00%

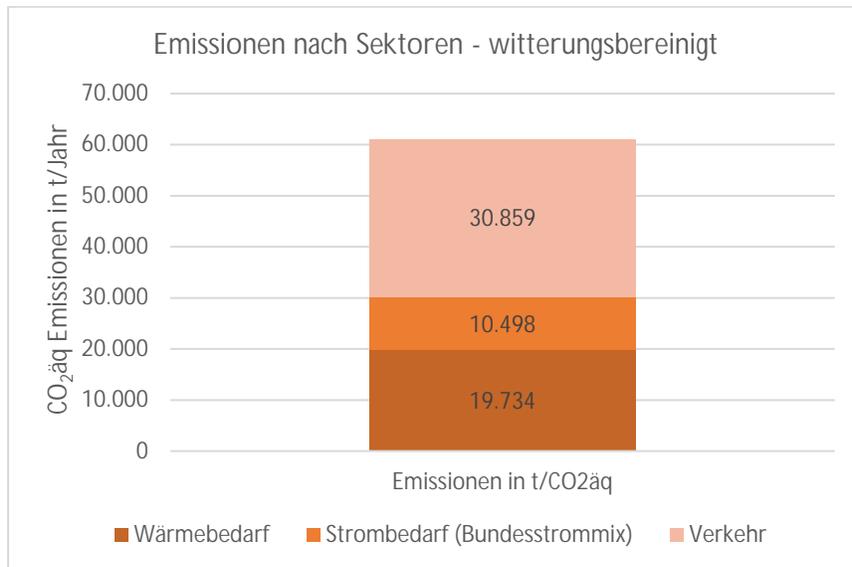


Abbildung 3: witterungsbereinigte CO<sub>2</sub>e-Emissionen nach Sektoren

In der Betrachtung der CO<sub>2</sub>e-Emissionen nach Sektoren (Abbildung 3) wird deutlich, dass der Verkehrssektor mit Abstand den größten Anteil der Emissionen ausmacht, sie sind ähnlich hoch wie die Summe Emissionen aus dem Verkehr und Wärmebedarf.

Auf Basis dieser Daten lässt sich die CO<sub>2</sub>- Bilanzierung für Energie, aufgeteilt nach Verbrauchergruppen in den jeweiligen Sektoren vornehmen.

#### WÄRMEBEDARF (ERDGASBEZUG)

Im Rahmen der CO<sub>2</sub>-Bilanzierung wird für den Wärmebedarf bzw. den Erdgasbezug eine genauere Aufschlüsselung der Emissionen nach Verbrauchergruppen vorgenommen. Auch dies erfolgt zunächst nicht, im nächsten Schritt dann jedoch witterungsbereinigt.

nicht witterungsbereinigt:

Tabelle 11: CO<sub>2</sub>e-Bilanz Erdgasbezug- nicht witterungsbereinigt

Verbrauchergruppe	CO <sub>2</sub> e-Emissionen in t/Jahr
produzierendes Gewerbe	0
Dienstleistungen	2.488
Haushalte	17.049
<b>Summe</b>	<b>19.537</b>

witterungsbereinigt:

Tabelle 12: CO<sub>2</sub>e-Bilanz Erdgasbezug- witterungsbereinigt

Verbrauchergruppe	CO <sub>2</sub> e Emissionen in t/Jahr
produzierendes Gewerbe	0
Dienstleistungen	2.514
Haushalte	17.221
Summe	19.734

Die bereits in der Energiebilanz benannten Verbrauchergruppen produzierendes Gewerbe, Dienstleistungen und Haushalte, zeichnen sich für deutlich unterschiedliche CO<sub>2</sub>e-Emissionen verantwortlich. Die witterungsbereinigte Aufschlüsselung der jährlichen CO<sub>2</sub>e-Emissionen verdeutlicht, dass die Haushalte für einen Großteil der Emissionen aus Wärmeerzeugung verantwortlich sind, während die anderen Verbrauchergruppen verhältnismäßig geringe Emissionen aufweisen. Da durch das produzierende Gewerbe keine Erdgasmenge bezogen wird, fallen für diese Verbrauchergruppe keine Emissionen an. Die Verhältnisse der Emissionsmengen zwischen den unterschiedlichen Verbrauchergruppen, sind aufgrund des gleichbleibenden CO<sub>2</sub>e-Faktors für die jeweiligen Energiemengen, die gleichen, wie für die Energiebilanz. Die Ursache liegt darin begründet, dass für alle Verbrauchergruppen lediglich der Erdgasbezug herangezogen werden konnte, eventuelle Daten über Wärmeerzeugung mittels Öls oder Flüssiggas lagen nicht vor, eine Fernwärmeversorgung findet im Gemeindegebiet nicht statt.

STROMBEZUG:

Die Emissionen für den Stromsektor lassen sich ebenfalls nach den Verbrauchergruppen aufschlüsseln. Hierfür wird der bundesweite Emissionsfaktor von 485 kg CO<sub>2</sub>e /MWh zugrunde gelegt.

Tabelle 13: CO<sub>2</sub>e-Emissionen für den Strombedarf nach Verbrauchergruppen

Verbrauchergruppe	CO <sub>2</sub> e Emissionen in t/Jahr
produzierendes Gewerbe	2.308
Dienstleistungen	1.337
Haushalte	5.566
Ladesäulen	2
Land- und Forstwirtschaft	1.134
Speicherheizung	17
Straßenbeleuchtung	52
Wärmepumpen	82
Summe	10.498

Bezüglich der Emissionen aus Strombezug für die jeweiligen Verbrauchergruppen verhält es sich ähnlich, wie für die Emissionen aus dem Erdgasbezug (Wärmebedarf). Auch hier wird ein Emissionsfaktor für alle Verbrauchergruppen angenommen. Entsprechend sind die Verhältnisse der Emissionsmengen gleich zu den Verhältnissen der Energiemengen. Es gilt ebenfalls: Ein Großteil der Emissionen aus dem Strombedarf ist den Haushalten zuzuordnen.

## VERKEHR

Als letzter Bereich des Energiebereichs, werden die Emissionen für den Straßenverkehr nach den verschiedenen Verbrauchergruppen unterteilt. Auch dies wird wiederum tabellarisch dargestellt.

Tabelle 14: CO<sub>2</sub>e-Emissionen im Straßenverkehr aufgeteilt nach Fahrzeuggruppen

Fahrzeuggruppe	CO <sub>2</sub> e Emissionen in t/Jahr
Flugzeug	0
Schienenverkehr	0
Schiffsverkehr	0
Bus	2.069
PKW	13.307
Krafträder	117
Zugmaschinen	239
LKW	15.127
Summe	30.859

Die Aufschlüsselung der Emissionen des Straßenverkehrs in die unterschiedlichen Verbrauchergruppen weist im Gegensatz zu den anderen Sektoren andere Verhältnisse der Mengen im Vergleich zum Energiebedarf auf. Ursächlich ist das damit zu erklären, dass jede Fahrzeugklasse und jede Antriebsart unterschiedliche Emissionsfaktoren besitzt, wodurch unterschiedliche Emissionsmengen zustande kommen. Dies hat vor allem in der Zukunft positive Auswirkungen auf die Emissionen des PKW-Verkehrs, da für diese Fahrzeugklasse am häufigsten alternative Antriebsarten mit geringeren Emissionsfaktoren vertreten sind. Insgesamt lässt sich jedoch festhalten, dass diese Auswirkungen kaum messbar sind, da alternative Antriebsarten für alle Fahrzeugklassen aktuell keine signifikanten Anteile im Vergleich zu den anderen Antrieben erreichen. Auffällig ist mit 570 Fahrzeugen die hohe Zahl der im Berichtsjahr gemeldeten LKW (Kraftfahrtbundesamt 2021) in der Gemeinde Bunde.

## GESAMTDARSTELLUNG

Im nachstehenden Diagramm werden auch die Gesamten CO<sub>2</sub>e-Emissionen unterteilt in Sektoren und zusätzlicher Unterteilung nach Verbrauchergruppen, witterungsbereinigt dargestellt.

CO<sub>2</sub>e-Emissionen nach Sektoren und Verbrauchergruppen in t/Jahr - witterungsbereinigt



Abbildung 4: Gesamtemissionen aufgeteilt nach Verbrauchergruppen-witterungsbereinigt

Das gezeigte Diagramm verdeutlicht die Verhältnisse der CO<sub>2</sub>e-Emissionen der jeweiligen Sektoren und der darin enthaltenden Verbrauchergruppen. Es wird ersichtlich, dass der Verkehr für annähernd 50% der CO<sub>2</sub>e-Emissionen verantwortlich ist, hier insbesondere die Nutzung durch den PKW- und LKW Verkehr.

Weitere große Emittenten sind die Haushalte, welche im Sektor des Erdgasbezuges den Großteil der Emissionen verursachen, aber auch im Sektor des Strombezuges für verhältnismäßig viele Emissionen verantwortlich sind. Alle anderen Bereiche verursachen im Vergleich dazu deutlich geringere Mengen an CO<sub>2</sub>-Äquivalenten.

### 3.2.2. BILANZ FÜR REGIONALEN STROM-MIX

In diesem Abschnitt werden die Emissionen aus dem Strombezug mit dem Emissionsfaktor aus dem regionalen Strommix berechnet. Dies bedeutet, die regionale Stromerzeugung wird in die Berechnung einbezogen. Daraus ergibt sich ein Emissionsfaktor von 15 kg CO<sub>2</sub>e/MWh. Dieser Faktor ergibt sich trotz einer vollständig regenerativen Strombedarfserzeugung in Bunde.

Für die Berechnung der Emissionen mit dem regionalen Strommix erfolgt wie schon in den vorstehenden Kapiteln eine nicht witterungsbereinigte und eine witterungsbereinigte Übersicht, sowie eine Darstellung im Diagramm.

nicht witterungsbereinigt:

Tabelle 15: nicht witterungsbereinigte CO<sub>2</sub>e-Emissionen nach Sektoren

Sektoren	Emissionen in t/CO <sub>2</sub> e	Anteile in %
Wärmebedarf	19.537	38,51%
Strombedarf (regionaler Strommix)	333	0,66%
Verkehr	30.859	60,83%
Summe	50.730	100,00%

witterungsbereinigt:

Tabelle 16: witterungsbereinigte CO<sub>2</sub>e-Emissionen nach Sektoren

Sektoren	Emissionen in t/CO <sub>2</sub> e	Anteile in %
Wärmebedarf	19.734	38,75%
Strombedarf (regionaler Strommix)	333	0,65%
Verkehr	30.859	60,60%
Summe	50.927	100,00%

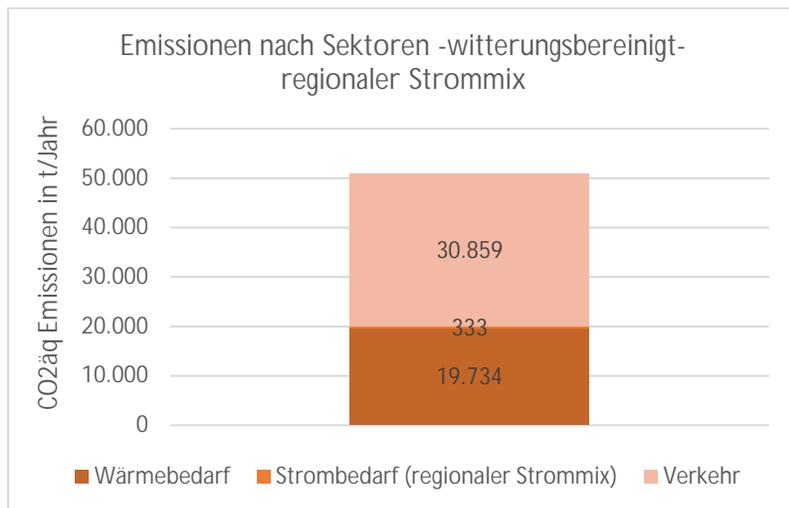


Abbildung 5: witterungsbereinigte CO<sub>2</sub>e-Emissionen nach Sektoren – regionaler Strommix

In der Betrachtung der CO<sub>2</sub>e-Emissionen nach Sektoren mit dem regionalen Strommix (Abbildung 5), wird deutlich, dass der Verkehrssektor den größten Anteil der Emissionen ausmacht, der Wärmebedarf ebenfalls in etwa 38,5% der Emissionen verursacht, während der Strombedarf durch den regionalen Strommix-Ansatz mit weniger als 1% der Emissionen zu Buche schlägt. Hier zeigt sich, dass mehr Strom regenerativ in der Gemeinde produziert wird, als zur bilanziellen Deckung des Strombedarfs der Gemeinde notwendig wäre und der Bedarf bereits heute mit der regenerativen Stromerzeugung vor Ort gedeckt werden könnte. Anders als im Vergleich zur Betrachtung der Emissionen für den Strombedarf mit dem bundesweiten Strommix sind die CO<sub>2</sub>e-Emissionen hier nahezu vernachlässigbar. Dies ist vor allem auf die Stromerzeugung durch Windkraftanlagen zurückzuführen, welche mit jährlich mehr als 74.000 MWh produzierter Strommenge einen Anteil von über 91% an der Gesamtstromerzeugung im Gemeindegebiet einnimmt.

Wie in der CO<sub>2</sub>-Bilanz mit dem bundesweiten Strommix, werden die Sektoren auch für die Bilanzrechnung mit dem regionalen Strommix nach den Verbrauchergruppen aufgeschlüsselt. Da sich für den Wärmebedarf (Erdgasbezug) und den Verkehr im Vergleich zur Berechnung mit dem bundesweiten Strommix nichts ändert, wird nur die Aufschlüsselung für den Strombezug nachfolgend tabellarisch dargestellt.

#### STROMBEZUG:

Für den Stromsektor wird der regionale Emissionsfaktor von 15 kg CO<sub>2</sub>/ MWh zugrunde gelegt.

Tabelle 17: CO<sub>2</sub>e-Emissionen für den Strombedarf nach Verbrauchergruppen-regionaler Strommix

Verbrauchergruppe	CO <sub>2</sub> e Emissionen in t/Jahr
produzierendes Gewerbe	73,3
Dienstleistungen	42,5
Haushalte	176,8

Ladesäulen	0,1
Land- und Forstwirtschaft	36,0
Speicherheizung	0,5
Straßenbeleuchtung	1,7
Wärmepumpen	2,6
Summe	333,4

Durch den deutlich geringeren Emissionsfaktor für den regionalen Strommix, lassen sich die CO<sub>2</sub>e-Emissionen für den Strombedarf im Vergleich zur Berechnung mit dem bundesweiten Strommix deutlich reduzieren. So zeigt sich/ergibt sich bei der Betrachtung der CO<sub>2</sub>-Bilanz des regionalen Strom-Mixes eine Reduzierung der CO<sub>2</sub>e-Emissionen um 10.165 t/a auf 333,4 t/a gegenüber der Verwendung des bundesweiten Strommixes.

#### GESAMTDARSTELLUNG

Im nachfolgenden Diagramm wird die Gesamtauswertung der Emissionen mit dem CO<sub>2</sub>e-Ausstoß für den Strombezug dargestellt, wenn dieser mit dem Faktor für die Emissionsmenge berechnet wird, der unter Einbezug der regenerativen Stromerzeugung vor Ort anfällt.

Emissionen nach Sektoren und Verbrauchergruppen in t/Jahr CO<sub>2</sub>e- witterungsbereinigt

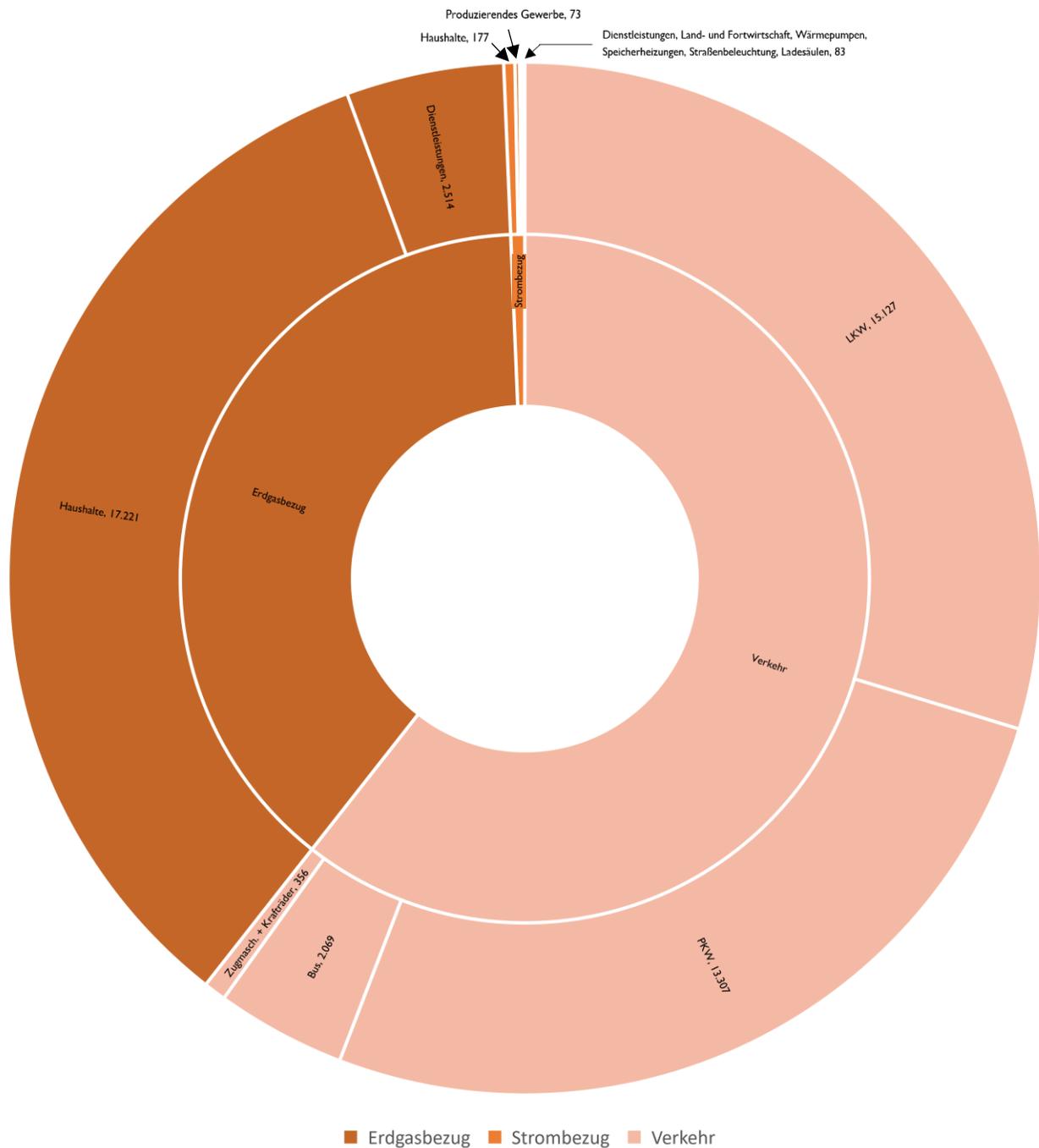


Abbildung 6: Gesamtemissionen aufgeteilt nach Verbrauchergruppen-witterungsbereinigt mit regionalem Strommix

Durch die deutlich geringeren Emissionsmengen aus dem Strombedarf verändert sich sowohl die jährliche Gesamtemissionsmenge, als auch die Verhältnisse der verschiedenen Sektoren zueinander deutlich. So

verursacht der Strombezug im Gegensatz zur Berechnung mit dem bundesweiten Emissionsfaktor keine Emissionsmenge von 10.498 t/Jahr, sondern nur noch 333,4 t/Jahr und der Anteil verringert sich von ca. 17 % auf weniger als 1% der gesamten jährlichen CO<sub>2</sub>e-Emissionen. Dadurch steigt der Anteil der Emissionen durch den Verkehr auf mehr als 60 %. Der Anteil für den Erdgasbezug steigt auf fast 39%.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass durch die Berechnung mit dem regionalen Strommix die jährlichen Gesamtemissionen in der Gemeinde Bunde deutlich zurückgehen. Dies ist jedoch lediglich als Zusatzinformation zu werten, die deutlich macht, wie wichtig der Ausbau der regenerativen Energieerzeugung ist, aber auch, welche Rolle der ländliche Raum diesbezüglich einnimmt. Für die „offizielle“ Bilanz ist zwingend mit dem bundesweiten Strommix zu rechnen.

### 3.3. CO<sub>2</sub>-EMISSIONEN DURCH DIE VERDICHTERSTATIONEN FÜR ERDGAS

Eine Besonderheit in Bunde stellen die Erdgasverdichterstationen der Open Grid Europe GmbH, der Gascade Gastransport GmbH, der Bunde-Etzel-Pipeline GmbH & Co. KG und der Gasunie Deutschland Transport Services GmbH da. Bereist in Kapitel 2. Methodik wurde darauf hingewiesen, dass Daten zum Energieeinsatz von den Betreibern der Verdichterstation nicht oder nicht vollständig zu erhalten waren. Es ist davon auszugehen, dass es hier zusätzlich signifikante Mengen an CO<sub>2</sub> emittiert werden.

## 4. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

### 4.1. ZUSAMMENFASSUNG CO<sub>2</sub>-BILANZ

Die CO<sub>2</sub>-Bilanz der Gemeinde Bunde wurde erstmalig für das Jahr 2021 erstellt und hat gezeigt, dass verschiedenste Sektoren für die Gesamtemissionen eine Rolle spielen. Werden nur die Emissionen betrachtet, die aufgrund der Energieverbräuche entstehen, wird jährlich eine Gesamtmenge von 61.092 t CO<sub>2</sub> innerhalb der Gemeindegrenzen Jemgums emittiert. (Bei Berücksichtigung des regionalen Strommixes verringern sich die jährlichen Gesamtemissionen spürbar auf 50.927 t CO<sub>2</sub>e.)

Zusätzlich lässt sich festhalten, dass die unterschiedliche Betrachtung des Strommixes eine entscheidende Rolle für die Menge der Gesamtemissionen spielt. So verursacht der Strombedarf, berechnet mit dem bundesweiten Emissionsfaktor eine Menge von 10.498 t CO<sub>2</sub>e /Jahr, während für die Betrachtung mit dem regionalen Emissionsfaktor nur 333,4 t/ Jahr anfallen. Dies ist eine sehr große Differenz von mehr als 10.000 t/Jahr. Dieser Unterschied spiegelt sich dementsprechend auch in der gesamten CO<sub>2</sub>-Bilanz für den Energiebereich wider. Die Regeln für die Erstellung einer CO<sub>2</sub>-Bilanz haben also einen wesentlichen Einfluss darauf, welche Bereiche aus Sicht einer Kommune den dringendsten Handlungsdruck erzeugen.

Der Beitrag des ländlichen Raums zur Verbesserung des Strommixes wird bei der Erstellung der lokalen CO<sub>2</sub>-Bilanz nicht goutiert. Da für eine CO<sub>2</sub>-Bilanz der bundesweite Strommix herangezogen werden muss, werden faktisch die Gemeinden benachteiligt, auf deren Territorium bereits viel regenerativer Strom erzeugt wird. Dennoch bietet der Vergleich für diese Gemeinden die Möglichkeit, die bereits vorhandene, regenerative Stromerzeugung im Gesamtbild zu betrachten.

## 4.2. AUSBLICK

### 4.2.1. THEORETISCHE KOMPENSATION DURCH WÄRMEPUMPEN, E-FAHRZEUGE & PHOTOVOLTAIK

Um zu veranschaulichen, in welcher Größenordnung die verursachten Emissionen liegen und wie diese zu bewerten sind, folgen nachstehend Modellrechnungen zur Transformation der Energieversorgung in der Gemeinde. Dazu werden die Dimensionen beispielhafter regenerativer Anlagen dargestellt, die nötig sind, um den gesamten CO<sub>2</sub>-Ausstoß der aufgrund des Energiebedarfs anfällt, zu kompensieren. Die Emissionen aus der Tierhaltung sind in diesen Darstellungen nicht mit einbegriffen.

#### STROMBEZUG

Da die regenerative Stromerzeugung vor Ort schon deutlich den Bedarf übersteigt, stellt dies bereits eine bilanzielle Kompensation der Emissionen durch den Strombedarf dar. Durch die vor Ort in der Gemeinde erzeugte, regenerative Strommenge von mehr als 81.000 MWh kann den Strombedarf von etwas mehr als 21.600 MWh, fast vierfach gedeckt werden.

#### WÄRMEBEDARF/ERDGASBEZUG:

Um die Emissionen aus dem Erdgasbezug zu kompensieren, könnte der vorhandene Wärmebedarf durch den Einsatz von Wärmepumpen gedeckt werden. Diese nutzen die Umweltwärme aus verschiedenen Quellen wie Umgebungsluft, Erdwärme aber auch Wasser aus z.B. Siltiefen. So ließen sich die Emissionen aus dem Erdgasbezug vermeiden, da keine Verbrennung mehr stattfinden muss. Allerdings haben Wärmepumpen einen definierten Strombedarf. Der wiederum muss für eine emissionsfreie Wärmeerzeugung regenerativ erzeugt werden. Dies kann, zumindest bilanziell, durch Photovoltaikanlagen gelingen. Welche Flächen dafür nötig wären wird in der nachstehenden Tabelle dargelegt.

*Tabelle 18: benötigte Flächen regenerative Deckung Erdgasbezug*

Energieverbrauch Erdgasbezug in kWh	Maßnahme für Kompensation	Benötigter Strombedarf in kWh	Flächenbedarf bei Deckung durch PV in m <sup>2</sup>	Benötigte Fläche Photovoltaik in Fußballfeldern
-------------------------------------	---------------------------	-------------------------------	------------------------------------------------------	-------------------------------------------------

79.895.862	Ersatz durch Wärmepumpen	31.958.345 <sup>9</sup>	174.636 <sup>10</sup>	25
------------	--------------------------	-------------------------	-----------------------	----

Die Tabelle verdeutlicht, dass zur bilanziellen, regenerativen Deckung des Wärmebedarfs rund 174.636 m<sup>2</sup> der Gemeindefläche mit Photovoltaikanlagen belegt werden müssten, was einer Größe von etwa 25 Fußballfeldern entspricht.

Da, wie zuvor beschrieben, bereits eine Strommenge von mehr als 81.000 MWh regenerativ im Gemeindegebiet erzeugt wird, könnte der zusätzliche Strombedarf, der für den Ersatz der Wärmeerzeugung durch Wärmepumpen nötig ist, schon heute bilanziell mit der aktuellen regenerativen Stromerzeugung gedeckt werden.

#### VERKEHR

Zur Kompensation der Emissionen aus dem Verkehr wäre es in der Theorie denkbar, dass alle Fahrzeuge mit E-Antrieb betrieben werden. Dies würde erneut den Strombedarf deutlich erhöhen. Auch dieser Bedarf könnte bilanziell durch Photovoltaikanlagen gedeckt werden. Welche Flächen dafür nötig wären wird in der nachstehenden Tabelle dargelegt.

*Tabelle 19: benötigte Flächen regenerative Deckung Verkehr*

Energieverbrauch Verkehr in kWh	Maßnahme für Kompensation	Benötigter Strombedarf in kWh	Flächenbedarf bei Deckung durch PV in m <sup>2</sup>	Benötigte Fläche Photovoltaik in Fußballfeldern
98.990.507	Ersatz durch E-Fahrzeuge	59.394.304	324.559 <sup>11</sup>	46

Um den Verkehr auf E-Fahrzeuge umzustellen und den benötigten Strom regenerativ mit Photovoltaikanlagen zu erzeugen, ist eine Fläche von 322.559 m<sup>2</sup> des Gemeindegebietes mit Photovoltaikanlagen zu belegen, was einer Größe von etwa 46 Fußballfeldern entspricht.

Alternativ kann auch ein Teil dieser benötigten Strommenge bereits mit der vorhandenen regenerativ erzeugten Strommenge aus den bereits bestehenden Stromerzeugungsanlagen gedeckt werden.

<sup>9</sup> angenommener COP = 2,5

<sup>10</sup> angenommene Stromproduktion PV pro m<sup>2</sup> = 0,183 MWh

<sup>11</sup> Siehe Fußnote 8

## GESAMTDARSTELLUNG ALLER SEKTOREN

Davon ausgehend, dass der Strombedarf durch die Elektrifizierung deutlich steigt und durch die bereits regenerativ erzeugte Strommenge, die den aktuellen Bedarf deutlich übersteigt, kann diese genutzt werden um den Strombedarf der anderen Sektoren ebenfalls, zumindest teilweise zu decken. Die zusätzlich benötigte Strommenge kann bilanziell durch z.B. den weiteren Zubau von PV-Anlagen gedeckt werden. Das Konzept wird im Folgenden dargestellt:

*Tabelle 20: Strombedarf bei Elektrifizierung aller Sektoren und Vergleich zu regenerativ erzeugter Strommenge in der Gemeinde*

Sektor	Energieverbrauch Verkehr in kWh	Maßnahme Elektrifizierung	Benötigter Strombedarf in kWh
Verkehr	98.990.507	Ersatz durch E-Fahrzeuge	59.394.304
Strombedarf	21.645.025	/	21.645.025
Wärmebedarf	79.895.862	Ersatz durch Wärmepumpe	31.958.345
Summe			112.997.674
bereits regenerativ erzeugte Strommenge in der Gemeinde			81.041.362
zusätzlich regenerativ zu erzeugende Strommenge			31.956.312

Die Tabelle 20 zeigt, dass bei einer theoretischen Elektrifizierung aller Sektoren, ein Gesamtstrombedarf von knapp 113.000.000 kWh (113.000 MWh) für die gesamte Gemeinde entstehen würde. Da bereits eine erhebliche Menge dieses Bedarfs, nämlich mehr als 81.000 MWh vor Ort regenerativ erzeugt wird, fehlen nur noch knapp 32.000 MWh, die zusätzlich regenerativ im Gemeindegebiet erzeugt werden müssten, um die vorhandenen Emissionen zu kompensieren.

Zur Erzeugung dieser Strommenge und damit zur bilanziellen Deckung des gesamten Strombedarfs der Gemeinde, bei der Elektrifizierung aller Sektoren, können beispielsweise wiederum PV-Anlagen installiert werden. Die hierfür benötigte Fläche wird nachfolgend dargestellt.

*Tabelle 21: benötigte zusätzliche PV Fläche zur vorhandenen Stromerzeugung bei Elektrifizierung aller Sektoren*

Benötigter Strombedarf in kWh	Flächenbedarf bei Deckung durch PV in m <sup>2</sup>	Benötigte Fläche Photovoltaik in Fußballfeldern

31.956.312	174.625 <sup>12</sup>	25
------------	-----------------------	----

Die Tabelle 21 zeigt, dass lediglich eine Fläche von weniger als 175.000 m<sup>2</sup> zusätzlich mit Photovoltaik belegt werden müsste, um die Emissionen des Energieverbrauchs zu kompensieren. Dies entspricht einer Fläche von 25 Fußballfeldern.

Die Gemeinde Bunde hat eine Gesamtfläche von 12.100 ha, die unterschiedlich genutzt und bewirtschaftet wird. Würden für die Sektoren des Energiebedarfs, wie in den vorangegangenen Tabellen beschrieben, Photovoltaikanlagen errichtet werden, die bilanziell den Energiebedarf decken könnten, würde die benötigte Gesamtfläche von 174.625 m<sup>2</sup> einen Anteil der gesamten Gemeindefläche von 0,14 % entsprechen.

Das dargestellte Bild der benötigten Flächen für Photovoltaikanlagen, soll lediglich der Veranschaulichung der Dimensionen der Emissionsmengen dienen und kein reales Szenario abbilden.

#### 4.2.2. KOMPENSATION DURCH ALTERNATIVE SENKEN

Die Bundesregierung hat sich zum Ziel gesetzt, bis 2045 Klimaneutralität in Deutschland herzustellen. Es muss also ein Gleichgewicht zwischen Treibhausgas-Emissionen und deren Abbau herrschen. Dies bedeutet, dass die gleiche Menge der verursachten Emissionen, durch verschiedenste Faktoren auch wieder abgebaut werden muss oder alternativ werden diese gänzlich vermieden.

Um entstehende Treibhausgasemissionen wieder abzubauen, eignen sich verschiedene Treibhausgassenken. Einen Beitrag können natürliche Senken, wie Wälder oder Moore bilden. Diese sind Kohlenstoffspeicher und können Treibhausgase binden. Dieses Potenzial kann nutzbar gemacht werden, indem diese Ökosysteme renaturiert werden und so neue Kohlenstoffspeicher entstehen.

Für die Gemeinde Bunde, kommen aufgrund der Lage und der Landschaft vor allem die neue Entstehung von Mooren infrage. Diese können deutlich mehr Kohlenstoff binden als Wälder.

Bei der Wiedervernässung von Mooren ist zu beachten, dass sie zwar eine Kohlenstoffsenke darstellen, jedoch im Gegensatz dazu Methan emittiert wird. Zwar beträgt die emittierte Menge Methan nur 30% der Menge Kohlenstoff, die gebunden wird, allerdings ist Methan ein deutlich stärkeres Treibhausgas. Dies beeinflusst die Wirkung auf die Treibhausgasbilanz zunächst negativ. Allerdings hält sich Methan in der Atmosphäre nur für ca. 12 Jahre und wandelt sich dann in CO<sub>2</sub> und H<sub>2</sub>O, wodurch dann ein sogenanntes „Fließgleichgewicht“ für Methan entsteht, was bedeutet, es kommt jährlich genauso viel Methan hinzu, wie gleichzeitig umgewandelt wird. Die anhaltende CO<sub>2</sub>-Senkenwirkung von natürlichen Mooren hingegen verringert die CO<sub>2</sub>-Konzentration in der Atmosphäre kontinuierlich, im Idealfall über Jahrzehnte.

<sup>12</sup> Siehe Fußnote 8

Wie viel Fläche in wiedervernässte Moore umgewandelt werden müsste, um die Emissionen aus dem Energiebedarf zu kompensieren und welche Flächenanteile in Bunde dies sind, wird in der nachfolgenden Tabelle abgebildet.

Tabelle 22: benötigte Flächen für wiedervernässte Moore zu CO<sub>2</sub>-Kompensation

Verbraucher	CO <sub>2</sub> e-Emissionen in t/Jahr (Bundesstrom-mix)	Benötigte Moorfläche in ha	Anteil Fläche Bunde
Wärmebedarf	19.734	28 <sup>13</sup>	0,23%
Strombedarf	10.498	15	0,12%
Straßenverkehr	30.859	44	0,36%
Gesamt	61.092	87	0,72%

Die Ergebnisse aus der Tabelle zeigen, dass zur Kompensation der Emissionen aus dem Energiebedarf ca. 0,72% der Gesamtfläche Bundes in Moor umgewandelt bzw. wiedervernässt werden muss, was einer Fläche von ca. 87 ha entspricht. Wie groß die effektiven Moorflächen im 52 ha großen Naturschutzgebiet Wymeer ist, ist nicht bekannt. Unabhängig davon wäre die Renaturierungsfläche ein verhältnismäßig kleiner Teil der Gemeindefläche, wobei natürlich zu bedenken ist, dass bereits große Teile der Flächen anderweitig genutzt werden, bzw. nicht die erforderlichen Voraussetzungen haben und dementsprechend nicht für die Moorentwicklung geeignet sind. Zudem werden mit dem genannten Flächenanteil nur die Emissionen aus den Energieverbräuchen kompensiert, aber noch nicht die zusätzlichen Emissionen aus den genannten Bereichen Tierhaltung, Bodennutzung etc.

#### 4.2.3. SCHLUSSBETRACHTUNG

Die CO<sub>2</sub>-Bilanzierung des Jahres 2021 kann als Basis- oder auch Referenzjahr für zukünftige CO<sub>2</sub>-Bilanzierungen dienen. Ein Vergleich CO<sub>2</sub>-Bilanzen mit dem Basisjahr 2021 wird/kann dabei helfen, Tendenzen oder Trends in ihrer Entwicklung frühzeitig zu erkennen und beurteilen zu können. So kann perspektivisch ein Vergleich der Berichtsjahre (rückwirkend) genaue Kenntnis über die Wirkung emissionsmindernder und emissionssteigernder Aktivitäten liefern. Hierfür müsste eine regelmäßige (jährliche) Gegenüberstellung der CO<sub>2</sub>-Bilanzen und entsprechender Emissionswerte erfolgen. Aus den vorhandenen Daten sollten individuelle Kennzahlen abgeleitet werden, die im Hinblick auf den technischen Hintergrund die wirtschaftlichen Auswirkungen für zukünftige Investitionen als Entscheidungsinstrument dienen würden.

<sup>13</sup> Annahme CO<sub>2</sub>-Speicherfähigkeit Moor = 700 t/ha

Der zukünftige zeitliche Verlauf kann zeigen, ob die angedachten Maßnahmen einen entsprechenden Abwärtstrend der CO<sub>2</sub>-Emissionen sichtbar werden lassen. Die Bilanzwerte sind witterungsbereinigt und den Emissionen der gemessenen Berichtswerte gegenübergestellt.

Eine Fortschreibung der CO<sub>2</sub>-Bilanz ist vorgesehen. Gerade auch unter Berücksichtigung/Einbezug der Möglichkeiten zum Ausbau erneuerbarer Energien auf dem Land ist davon auszugehen, dass die Anzahl an regenerativen Energieanlagen zukünftig deutlich steigen wird und damit die Menge des vor Ort produzierten und zuordenbar genutzten Stroms. Somit ist davon auszugehen, dass in der Zukunft deutlich geringere CO<sub>2</sub>-Emissionen entstehen werden. Vor diesem Hintergrund wird es auch sinnvoll sein, den Vergleich zwischen bundeweitem und regionalem Strom-Mix fortzuführen.

Aktuell wird bei der Erstellung von CO<sub>2</sub>-Bilanzen noch nicht grundsätzlich und hinreichend mit Kennzahlen gearbeitet. Die Darstellung von Emissionen pro Einwohner einer Gemeinde könnte z.B. auf die Gesamtemissionen aus Energienutzung oder eben auch lediglich auf die Emissionen im Sektor Haushalte plus PKW-Nutzung abstellen. Nicht berücksichtigt werden hier weitere wichtige Faktoren wie Ernährung oder Konsum. Eine Vergleichbarkeit mit anderen Kommunen oder veröffentlichten Zahlen ist auch deswegen problematisch, weil vielfach nicht alle energiebezogenen Emissionen in die Bilanzierung einfließen, so bleiben bei der vorliegenden Bilanz die Verdichterstationen vollkommen außenvor.

In der Entwicklung einer Kommune wird der demografische Wandel und der damit insbesondere im ländlichen Raum einhergehende Bevölkerungsschwund kritisch gesehen. Fehlen Einwohner:innen, reduzieren sich Angebote und Infrastrukturen, eine Abwärtsbewegung setzt ein. Gelingt es, diesem Trend entgegen zu wirken, steigen bis zur vollständigen Dekarbonisierung die klimaschädlichen Emissionen zunächst an. Einer grundsätzlich positiven Entwicklung der Gemeinde wird somit in Bezug auf Klimabilanzen kaum Rechnung getragen. Das gleiche gilt für die Wirtschaftliche Entwicklung in einer Gebietskörperschaft.

Abschließend wird durch die Regeln zur Aufstellung einer Bilanz nicht berücksichtigt, dass insbesondere der Ländliche Raum die Flächen für die Erzeugung erneuerbarer Energie stellt. Eine Transferleistung, in welcher Art und Weise auch immer, wird den Kommunen nicht gewährt. Hier entsteht zukünftig neuer Diskussionsbedarf

An vielen Stellen wird es entsprechend Nachbesserungsbedarf und auch neue Bewertungsschlüssel geben müssen. Festzuhalten ist dennoch: der Startschuss für eine CO<sub>2</sub>-Bilanzierung ist für die Gemeinde Bunde gemacht!

## LITERATUR

HBEFA – Handbuch für Emissionsfaktoren des Straßenverkehrs (2022): Datenbank:

<https://www.hbefa.net/d/> (letzter Zugriff: 14.11.2022).

IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg (2019): BSKO. Bilanzierungs-Systematik Kommunal. Empfehlungen zur Methodik der kommunalen Treibhausgasbilanzierung für den Energie- und Verkehrssektor (Kurzfassung): [https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/BSKO\\_Methodenpapier\\_kurz\\_ifeu\\_Nov19.pdf](https://www.ifeu.de/fileadmin/uploads/BSKO_Methodenpapier_kurz_ifeu_Nov19.pdf) (letzter Zugriff: 02.06.2022).

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change (2006): Emission Factor Database (Energy → Fuel Combustion Activities → Transport → Civil Aviation → Domestic Aviation) [https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/find\\_ef.php](https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/EFDB/find_ef.php) (letzter Zugriff: 02.06.2022).

KEA-BW – Klimaschutz- und Energieagentur des Landes Baden-Württemberg (2019): Emissionsfaktoren (CO<sub>2</sub>-Äquivalent, t/MWh): <https://www.kea-bw.de/kommunaler-klimaschutz/angebote/co2-bilanzierung> (letzter Zugriff: 02.06.2022).

Kraftfahrt-Bundesamt (2022): Kurzbericht Inländerfahrleistung 2020: [https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk\\_inlaenderfahrleistung/2020/2020\\_vk\\_kurzbericht.html?fromStatistic=3517388&fromStatistic=3517388&yearFilter=2020&yearFilter=2020](https://www.kba.de/DE/Statistik/Kraftverkehr/VerkehrKilometer/vk_inlaenderfahrleistung/2020/2020_vk_kurzbericht.html?fromStatistic=3517388&fromStatistic=3517388&yearFilter=2020&yearFilter=2020) (letzter Zugriff: 13.06.2022).

UBA – Umweltbundesamt (2022): Entwicklungen der spezifischen Kohlenmonoxid-Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 – 2021. Climate Change, Vol. 45: [https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-04-13\\_cc\\_15-2022\\_strommix\\_2022\\_fin\\_bf.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/2022-04-13_cc_15-2022_strommix_2022_fin_bf.pdf) (letzter Zugriff: 15.02.2023).

UBA – Umweltbundesamt (2022): Verkehrsinfrastruktur und Fahrzeugbestand. PKW-Bestand nach ausgewählten Kraftstoffarten: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/verkehrsinfrastruktur-fahrzeugbestand#pkw-bestande-nach-kraftstoffart> (letzter Zugriff: 13.06.2022).

KBA – Kraftfahrtbundesamt (2023): Fahrzeugzulassungen, Bestand an Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Gemeinden: [https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz3\\_b\\_uebersicht.html](https://www.kba.de/DE/Statistik/Produktkatalog/produkte/Fahrzeuge/fz3_b_uebersicht.html) (letzter Zugriff: 15.02.2023)

Landesamt für Statistik Niedersachsen, Dezernat 42 – Landwirtschaft (2022): Landwirtschaftszählung 2020: [https://www.statistik.niedersachsen.de/landwirtschaft\\_forstwirtschaft\\_fischerei/landwirtschaft\\_in\\_niedersachsen/landwirtschaftszaehlung\\_2020/ergebnisse-der-landwirtschaftszahlung-niedersachsen-2020-200649.html](https://www.statistik.niedersachsen.de/landwirtschaft_forstwirtschaft_fischerei/landwirtschaft_in_niedersachsen/landwirtschaftszaehlung_2020/ergebnisse-der-landwirtschaftszahlung-niedersachsen-2020-200649.html) (letzter Zugriff: 14.11.2022)