KLIMASCHUTZ
IST UNSER AUFTRAG
Landkreis Ludwigsburg

Aktualisiertes Klimaschutzkonzept für den Landkreis Ludwigsburg

Treibhausgasbilanz, Potenzialanalyse Energiesystem und Szenario „Klimaneutraler Landkreis 2040“

LANDKREIS
LUDWIGSBURG

Impressum

LANDKREIS
LUDWIGSBURG

Landratsamt Ludwigsburg
Hindenburgstraße 40
71638 Ludwigsburg
Tel.: +49 7141 144-0
www.landkreis-ludwigsburg.de

Erstellt durch:

KLIMASCHUTZ
IST UNSER AUFTRAG
Landkreis Ludwigsburg

Geschäftsteil 211 - Klimaschutz
www.landkreis-ludwigsburg.de/klimaschutz

März 2025

Inhaltsverzeichnis

1 Status Quo – Energie- und Treibhausgasbilanz 2019 2

1.1 Methodik 2

1.2 Ergebnisse 3

1.2.1 Energiebilanz 3

1.2.2 Treibhausgasbilanz 3

2 Potenzialanalyse – Erneuerbare Energien 6

2.1 Solarenergie 7

2.1.1 Photovoltaik auf Gebäuden 7

2.1.2 Freiflächen-Photovoltaik 8

2.2 Windenergie 11

2.3 Biomasse 13

2.3.1 Landwirtschaft 13

2.3.2 Abfallströme und Siedlungsabfälle 14

2.3.3 Forstwirtschaft 14

2.4 Wasserkraft 15

2.5 Zusammenfassung 15

3 Szenario – Klimaneutraler Landkreis 2040 19

3.1 Methodik 19

3.1.1 Teilszenario Energieverbrauch 19

3.1.2 Teilszenario Energieerzeugung 21

3.2 Ergebnis 22

4 Literaturverzeichnis 24

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Energiebilanz für das Kreisgebiet für das Jahr 2019 3
Abbildung 2: Treibhausgasbilanz für das Kreisgebiet für das Jahr 2019 4
Abbildung 3: Darstellung der Potenzialbegriffe 6
Abbildung 4: Auszug aus Flächenanalyse für Freiflächen-PV im Landkreis Ludwigsburg 9
Abbildung 5: Windvorranggebiete im Landkreis Ludwigsburg (eigene Darstellung, Stand Juli 2024) 11
Abbildung 6: Modellierte Flächenbelegung durch zwei Windenergieanlage am Standort LB 10 11
Abbildung 7: Zeitreihe zur Holzernte im Landkreis Ludwigsburg (erstellt durch FB 26) 15
Abbildung 8: Bestand und Ausbaupotenzial der erneuerbaren Energien im Landkreis Ludwigsburg 16
Abbildung 9: Absenkpfad für das Szenario "Klimaneutraler Landkreis 2040" 23

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Potenzial PV auf Gebäuden im Landkreis Ludwigsburg 7
Tabelle 2: Flächenkulisse für Freiflächen-PV im Landkreis Ludwigsburg 8
Tabelle 3: Potenzial PV-Freiflächen im Landkreis Ludwigsburg 9
Tabelle 4: Potenzial für Windenergie am Standort Ludwigsburg 12
Tabelle 5: Tierbestand und Reststoffströme im Landkreis Ludwigsburg (Stand 2022) 13
Tabelle 6: Potenziale zur Energieerzeugung in landwirtschaftlichen Biogasanlagen im Landkreis Ludwigsburg 14
Tabelle 7: Potenzial Reststoffströme: Siedlungsabfälle und Grünschnitt im Landkreis Ludwigsburg 14
Tabelle 8: Mittelwerte des Holzeinschlags im Landkreis Ludwigsburg für den Zeitraum 2014 bis 2023 14
Tabelle 9: Potenzial Wasserkraft im Landkreis Ludwigsburg (Stand 2016) 15
Tabelle 10: Grundlage der getroffenen Annahmen für die Erstellung des Szenarios "Klimaneutraler Landkreis 2040" 19
Tabelle 11: Ziele der Umstellungselemente für Wohngebäude (entnommen aus ClimateView) 20
Tabelle 12: Ziele der Umstellungselemente für Nicht-Wohngebäude (Gewerbe, Industrie, Kreisverwaltung) (entnommen aus ClimateView) 20
Tabelle 13: Ziele der Umstellungselemente für den Personenverkehr (entnommen aus ClimateView) 21
Tabelle 14: Ziele der Umstellungselemente für den Güterverkehr (entnommen aus ClimateView) 21
Tabelle 15: Annahmen für das Teilszenario „Energieerzeugung“ (entnommen aus ClimateView) 22

Abkürzungsverzeichnis

BauGB	Baugesetzbuch
BW	Baden-Württemberg
EE	Erneuerbare Energien
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EEQ	Erneuerbare Energiequelle
Efm	Erntefestmeter
GHD	Gewerbe und Handel
kWh	Kilowattstunde
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg
LULUCF	Landnutzung, Landnutzungsänderung und Forstwirtschaft
MWh	Megawattstunde
PV	Photovoltaik
TWh	Terrawattstunde
ZN-Anteil	Zufälliger Nutzungsanteil

1 Status Quo – Energie- und Treibhausgasbilanz 2019

Der Landkreis Ludwigsburg ist mit seinen 39 Kreiskommunen und insgesamt ca. 550.000 Einwohnerinnen und Einwohnern der bevölkerungsreichste Landkreis in der Metropolregion Stuttgart. Neben eher schwach besiedelten Gebieten im Norden und Nordwesten finden sich im Landkreis auch sehr dicht besiedelte Gebiete um die Entwicklungszentren Bietigheim-Bissingen, Ludwigsburg und Kornwestheim. Von rund 211.000 sozialversicherungspflichtigen Stellen sind ca. 72.000 in der Industrie zu verorten, womit der Landkreis einen der größten Arbeitsmärkte der Region besitzt.

Neben einer starken Wirtschaft zeichnet sich der Kreis Ludwigsburg durch eine starke Einbindung in das überregionale Straßennetz aus. So verläuft die Autobahn A 81 von Südwesten nach Nordosten durch den gesamten Kreis, sowie die Bundesstraßen B 10, B 27 und B 295. Mit dem Güterbahnhof in Kornwestheim liegt zudem eines der großen Logistikzentren der Region Stuttgart im Kreis Ludwigsburg.

1.1 Methodik

Im Rahmen der Aktualisierung des Klimaschutzkonzepts wurde eine Energie- und Treibhausgasbilanz für das Basisjahr 2019 erstellt. Die Bilanz wurde als endenergiebasierte Territorialbilanz für den stationären und mobilen Bereich nach BISKO-Standard erstellt. Es erfolgte eine differenzierte Aufteilung der Verbrauchssektoren private Haushalte, GHD (Gewerbe, Handel und Dienstleistungen), Industrie, Verkehr und kommunale Liegenschaften. Im ersten Schritt wurde der Energieverbrauch quantifiziert. Aus dem Energieverbrauch wurde dann, unter Berücksichtigung der Emissionen aus Vorketten, mittels Emissionsfaktoren die Treibhausgasemissionen des Landkreises in der Einheit CO_2-Äquivalent berechnet.

Entsprechend des BISKO-Standards wurde für die Berechnung der Treibhausgasemissionen der bundesweite Emissionsfaktor für Strom verwendet. Nach dem BISKO-Standard wird die lokale Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien nicht auf den Stromverbrauch des Betrachtungsgebietes angerechnet, da sich jede regenerative Erzeugungsanlage bereits im Bundesstrommix widerspiegelt.

Die Energie- und Treibhausgasbilanz für den Landkreis wurde mit zwei verschiedenen Modellen erstellt, die jeweils BISKO-konform sind. Da sich in Baden-Württemberg das vom ifeu Institut entwickelte Excel-Programm BICO2 BW als Standard etabliert hat, wurde zuerst mit diesem eine Bilanz erstellt. BICO2 BW ist allerdings ein reines Bilanzierungswerkzeug, weshalb die Erstellung des Szenarios zukünftiger Emissionen (Szenario „Klimaneutraler Landkreis 2040“, Kapitel 3) den Einsatz eines weiteren Modells notwendig gemacht hat. Dafür wurde das webbasierte Tool ClimateView verwendet. Für die Bilanzierung wurde auf die gleiche Datengrundlage zurückgegriffen, teilweise wurden Daten für ClimateView direkt aus BICO2 BW übernommen. Die Treibhausgasemissionen des Jahres 2019 zeigen eine Abweichung von ca. 6% zwischen den Bilanzierungstools. Diese Abweichung bewegt sich im Bereich der Treibhausgasbilanzierung in einem üblichen und vertretbaren Rahmen und lässt sich durch die Verwendung von dynamischen Emissionsfaktoren bei ClimateView und unterschiedliche Rechenmodelle erklären.

Die Energie- und Treibhausgasbilanz für das Jahr 2019 bildet somit den Status-Quo des Energieverbrauchs und der Treibhausgasemissionen im Landkreis Ludwigsburg ab und dient als Startpunkt für das quantitative Monitoring des Klimaschutzkonzepts.

1.2 Ergebnisse

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse des Bilanzierungstools BICO2 BW für das Bilanzjahr 2019 dargestellt. Die Ergebnisse der Treibhausgasbilanz mit dem Tool ClimateView können dem Dashboard des Landkreises entnommen werden. Die Grundaussagen bleiben gleich.

1.2.1 Energiebilanz

Die Energiebilanz zeigt, dass der Gesamtenergieverbrauch im Jahr 2019 bei rund 10,4 TWh lag. Den höchsten Energieverbrauch haben die Sektoren private Haushalte und Verkehr mit jeweils rund 3,7 TWh. Danach folgt das Gewerbe mit ca. 1,6 TWh und die Industrie (verarbeitendes Gewerbe) mit ca. 1,3 TWh (vgl. Abbildung 1).

Den geringsten Verbrauch haben die kommunalen Liegenschaften mit ca. 22.000 MWh. Hierbei ist nur der Energieverbrauch der Kreisverwaltung enthalten; kommunale Liegenschaften der Städte und Gemeinden des Landkreises werden im Verbrauchssektor Gewerbe und Sonstiges berücksichtigt. Es lässt sich ableiten, dass kreiseigene Liegenschaften und Einrichtungen nur in geringem Maße zur Bilanzoptimierung des gesamten Kreisgebiets beitragen.

Dennoch ist dieser Bereich im Hinblick auf die Vorbildfunktion gegenüber weiteren Verbrauchssektoren besonders wichtig.

Die Auswertung zeigt zudem, dass der Energiemix im Kreis Ludwigsburg sehr stark von fossilen Energieträgern geprägt ist. Kraftstoffe (Benzin, Diesel) haben mit 3,7 TWh den größten Anteil daran. Erdgas kommt mit 2,5 TWh an zweiter Stelle, dicht gefolgt von Strom mit insgesamt 2,2 TWh (einschließlich EE-Strom) und Heizöl mit 1,6 TWh. Die Wärme aus erneuerbaren Energiequellen macht 0,31 TWh aus und Strom aus erneuerbaren Energien trägt 0,38 TWh bei.

1.2.2 Treibhausgasbilanz

Die gesamten Treibhausgasemissionen des Kreises entsprechen 3,36 Mio. Tonnen CO_2-Äquivalent, dies entspricht Emissionen von 6,1 t CO_2-Äquivalent pro Kopf (Abbildung 2). Aufgeteilt nach Verbrauchssektoren zeigt sich hier dasselbe Bild wie in der Energiebilanz. Die Betrachtung der Energieträger ergibt, dass sich der hohe Emissionsfaktor des deutschen Bundesstrommixes auf die Treibhausgasemissionen

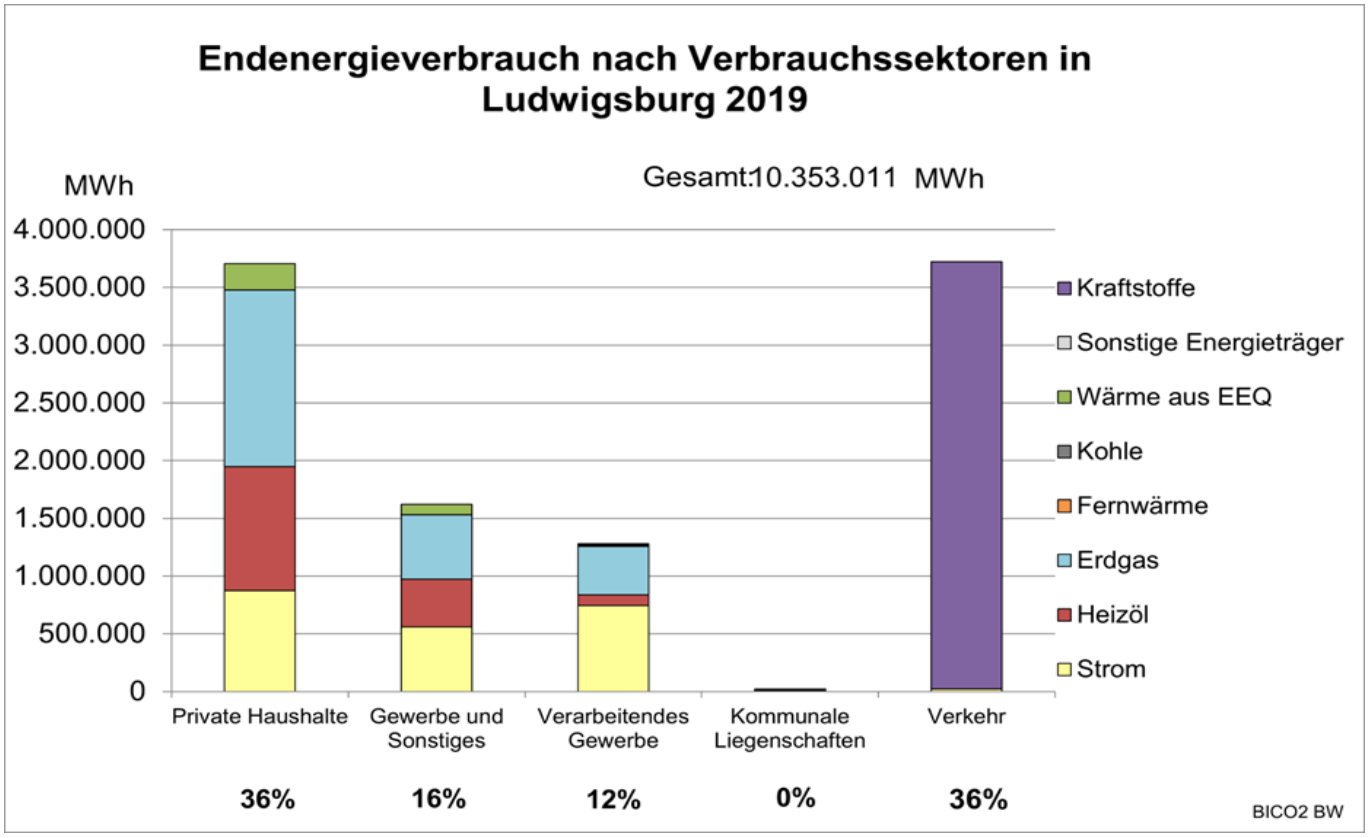

Abbildung 1: Energiebilanz für das Kreisgebiet für das Jahr 2019

auswirkt. Dadurch entfallen prozentual mehr Emissionen auf den Sektor Industrie, der verhältnismäßig viel Strom benötigt.

Den größten Anteil an den Emissionen hat der Sektor Verkehr mit 35%. Hier ist jedoch zu berücksichtigen, dass sich die Emissionen entsprechend der Methodik der Territorialbilanz auf das Gebiet des Landkreises beziehen. Sie umfassen demnach sowohl gut kommunal beeinflussbare Emissionen als auch solche, die kaum durch kommunale Maßnahmen beeinflussbar sind. Als gut kommunal beeinflussbar gelten Binnen- und Quell-/Zielverkehr im Straßenverkehr (motorisierter Individualverkehr, Lastkraftwagen, leichte Nutzfahrzeuge) sowie öffentlicher Personennahverkehr. Für diese Subsektoren werden im Rahmen des Klimamobilitätsplans des Landkreises Ludwigsburg Maßnahmen entwickelt. Energieverbrauch und Emissionen aus dem Straßendurchgangsverkehr (z. B. Pendler), öffentlicher Personenfernverkehr (Bahnverkehr, Reisebusse) sowie aus dem Schienen- und Binnenschiffsgüterverkehr können dagegen kaum auf Kreisebene beeinflusst werden. Der Landkreis Ludwigsburg wird von der Autobahn A 81, sowie den Bundesstraßen B 10, B 27 und B 295 durchquert. Aufgrund der BISKO-konformen Bilanzierung im Verkehrssektor sind die Ergebnisse durch den Durchgangs-/Pendlerverkehr geprägt.

Die privaten Haushalte machen mit 34% die zweitgrößte Säule aus. Ein Großteil dieser Emissionen (Erdgas, Heizöl) ist der Bereitstellung von Raumwärme und Warmwasser zuzuordnen und zeigt, wie wichtig auch die Umstellung auf erneuerbare Energie im Wärmesektor ist.

Gliedert man die nach Verbrauchssektoren und Energieträgern aufgeteilten Emissionen nach den Sektoren Wärme, Strom und Verkehr, können 35% der Gesamtemissionen dem Verkehr (Kraftstoffe, inkl. EE-Strom) zugewiesen werden, 34% dem Wärmesektor (Heizöl, Erdgas, Fernwärme, Wärme aus Erneuerbaren Energiequellen (EEQ)) und 31% der Stromerzeugung (Strom, Kohle, Gas).

Von den drei Sektoren hat der Stromsektor bisher den größten Anteil von erneuerbaren Energien im Kreis mit 17%, während im Bereich der Wärmeversorgung nur 7% erneuerbar abgedeckt werden konnten. Für den Verkehrssektor gibt es hier keine klaren Daten, allerdings kann bereits eine leichte

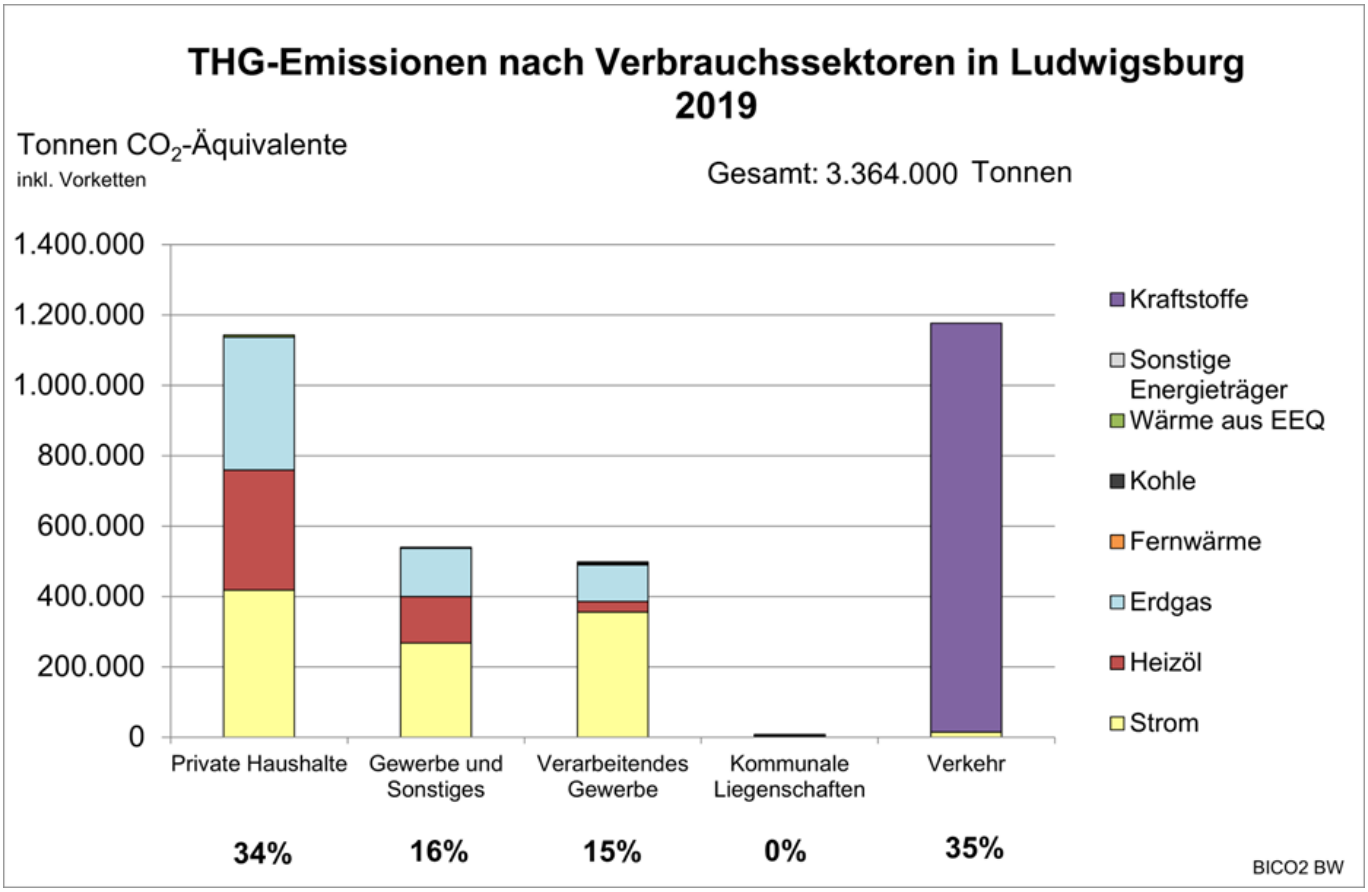

Abbildung 2:Treibhausgasbilanz für das Kreisgebiet für das Jahr 2019

Verlagerung von fossilen Kraftstoffen zur E-Mobilität beobachtet werden. Inwieweit dieser Strom erneuerbar ist, kann nicht nachvollzogen werden.

Abschließend muss darauf hingewiesen werden, dass die Dekarbonisierung der drei Sektoren stark miteinander verbunden ist. Sowohl der Wärme- als auch der Verkehrssektor sind auf eine starke Elektrifizierung vieler Anwendungen und Aktivitäten (z. B. Wärmepumpe, Elektrofahrzeuge) angewiesen, um klimaneutral zu werden. Viele der strombasierten Anwendungen haben schon jetzt eine höhere Energieeffizienz und tragen so zur Reduktion der Treibhausgasemissionen bei. Letztendlich muss aber auch der eingesetzte Strom erneuerbar produziert werden. Deshalb hat der gezielte Ausbau der erneuerbaren Energien im Sektor Strom eine besonders große Bedeutung für die Energiewende. Dies spiegelt sich im Szenario „Klimaneutraler Landkreis 2040“ (vgl. Kapitel 3) und in den Maßnahmen des Klimaschutzkonzepts wider. Im Folgenden werden die Potenziale zur Erzeugung erneuerbarer Energien für den Landkreis Ludwigsburg näher beschrieben.

2 Potenzialanalyse – Erneuerbare Energien

Die Energiewende ist eine der zentralen Herausforderungen des 21. Jahrhunderts und Kernaufgabe in allen Bemühungen zum Klimaschutz. In Deutschland sind rund 84 % der Treibhausgas-Emissionen der Bereitstellung von Energie zuzuordnen. Deshalb war einer der ersten Schritte in der Aktualisierung des Klimaschutzkonzepts die Erstellung einer Studie, welche die Ausbaupotenziale der erneuerbaren Energien darstellt. Sie bildet die Grundlage für die Erstellung des Szenarios der Klimaneutralität im Jahr 2040.

In diesem Kapitel werden die Potenziale zum Ausbau der erneuerbaren Energien im Gebiet des Kreises Ludwigsburg für Solarenergie, Windenergie, Biomasse und Wasserkraft untersucht. Bei der Ermittlung der Potenziale für erneuerbare Energien wurden Restriktionen berücksichtigt, die zum jetzigen Zeitpunkt eine Flächenerschließung grundsätzlich verhindern (z. B. Mindestabstände zur derzeitigen Bebauung oder Naturschutzgebiete). Flächen, die den Bau von Anlagen zur Erzeugung erneuerbarer Energie nicht grundsätzlich ausschließen, werden als Potenzial angesehen. Dies können auch Flächen sein, bei denen rechtlich für den Bau von Erneuerbare-Energie-Anlagen eine Einzelfallprüfung vorgesehen ist.

Anhand der Ermittlung energetischer Potenziale wird zunächst ein größtmögliches Potenzial ausgewiesen. Dadurch soll der ganze Handlungsspielraum im Bereich der regionalen Energiewende aufgezeigt werden. Die Darstellung der Potenziale bildet demzufolge zunächst einen theoretischen, maximalen Rahmen der Ausbaumöglichkeiten für das Kreisgebiet ab. Dieser theoretische, maximale Rahmen wird in dieser Studie als Gesamtpotenzial bezeichnet. Innerhalb des Gesamtpotenzials wird zum einen der Bestand und zum anderen das noch vorhandene Ausbaupotenzial ausgewiesen (vgl. Abbildung 3). Die Potenziale werden für jeden Energieträger in der Leistung in MW und dem daraus resultierenden theoretischen Jahresertrag in MWh/a angeben[1] .

Eine präzisere Potenzialabbildung, die beispielsweise wirtschaftliche oder technische Rahmenbedingungen näher berücksichtigt, erfolgt nicht. Derartige Details, die eine klare handlungs- und umsetzungsorientierte Darstellung gewährleisten, müssen einzelfallbezogen mittels einer Machbarkeitsstudie

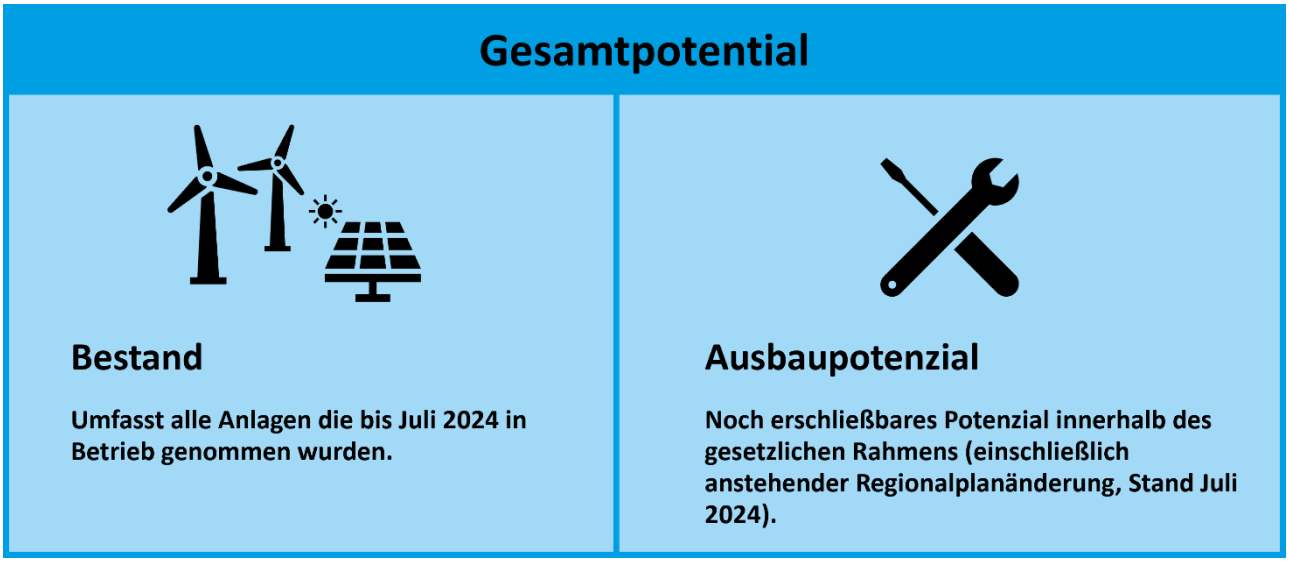

Abbildung 3: Darstellung der Potenzialbegriffe

[1] 1 MWh = 1.000 kWh, abhängig von den Wohnverhältnissen verbrauchte ein 4-Personen-Haushalt in Deutschland im Jahr 2023 zwischen 2.900 kWh und 5.100 kWh

untersucht werden. Die tatsächliche Erschließung der Potenziale entscheidet sich auf Basis standortbezogener Detailuntersuchungen, in denen unter anderem die Wirtschaftlichkeit oder Umweltauswirkungen bewertet werden.

Im Folgenden werden für die erneuerbaren Energiequellen jeweils

- Methodik,
- Ergebnisse und
- Einordnung (für das Klimaschutzkonzept) dargestellt.

2.1 Solarenergie

Grundsätzlich wird zwischen Photovoltaik (PV) zur Gewinnung von Strom aus Sonnenenergie und Solarthermie zur Gewinnung von Wärme unterschieden. Sowohl Solarthermie als auch Photovoltaikanlagen (PV-Anlagen) können entweder im Außenbereich als sogenannte Freiflächenanlagen installiert oder auf bzw. an Gebäuden angebracht werden. Im Bereich der Stromerzeugung sind noch die besonderen Solaranlagen zu nennen; unter diese fallen nach dem Erneuerbaren-Energie-Gesetz (EEG) Agri-PV, Parkplatz-PV und Floating-PV[2]. Im Rahmen dieser Studie werden Photovoltaik auf Gebäuden und Freiflächen-Photovoltaik zur Gewinnung von Strom berücksichtigt; Solarthermie wird nicht berücksichtigt.

2.1.1 Photovoltaik auf Gebäuden

Methodik:

Als Grundlage zur Bestimmung der Potenziale wurden Daten der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) sowie das Marktstammdatenregister verwendet [2]. Die Potenziale wurden dabei dem Energieatlas BW (LUBW) entnommen. Eine detaillierte Beschreibung der Methodik kann im Energieatlas BW nachgelesen werden. Zusätzlich wurde die Annahme getroffen, dass PV-Anlagen im Kreis durchschnittlich einen spezifischen Jahresertrag von 1.050 MWh/MWp[3] haben [1].

Zur genaueren Ermittlung des Bestands wurden die Daten aus dem Marktstammdatenregister, in dem die Anlagen des Strom- und Gasmarktes zu registrieren sind, verwendet [3]. Hierfür wurden alle im Landkreis Ludwigsburg mit dem Energieträger „solare Strahlung“ registrierten Anlagen analysiert und die besonderen Solaranlagen entfernt, soweit es die Datengrundlage des Marktstammdatenregisters zulässt. Zur Berechnung des Bestands wurde die im Markstammdatenregister eingetragene Bruttoleistung (entspricht der Modulleistung der Anlagen) aufsummiert.

Ergebnis:

Die Dachflächen im Kreis Ludwigsburg bieten ein Potenzial von 2.290 MWp, davon sind bisher 317 MWp (Stand 17. Juni 2024) ausgebaut worden, es wurden also ca. 14 % des Gesamtpotenzials erschlossen (Tabelle 1, linke Spalte). Die rechte Spalte von Tabelle 1 stellt den theoretischen Stromertrag dar, der pro Jahr aus der installierten Leistung erzeugt werden kann. Der Stromertrag ermöglicht es, die Leistung auch dem Verbrauch gegenüberzustellen. Der jährliche Stromertrag aus dem Gesamtpotenzial könnte bilanziell den Strombedarf des Kreises aus dem Jahr 2019 von 2,2 Mio. MWh decken. In Zukunft wird der Strombedarf jedoch stark steigen, sodass selbst bilanziell keine Deckung mehr nur mit Dach-PV erreicht werden kann (vgl. Kapitel 3).

	Leistung [MWp]	Stromertrag [MWh/a]
Bestand	317	332.760
Ausbaupotenzial	1.973	2.071.740
Gesamtpotenzial	**2.290**	**2.404.500**

Tabelle 1: Potenzial PV auf Gebäuden im Landkreis Ludwigsburg

Einordnung:

Für einen stark verdichteten Landkreis wie Ludwigsburg hat der Ausbau von Photovoltaik auf Gebäuden eine hohe Priorität, da das Gesamt- und Ausbaupotenzial durch die vielen Gebäude sehr hoch ist.

Die Installation von Photovoltaik auf Gebäuden ist in Baden-Württemberg für Neubauten und

[2] Nach § 48 Absatz 1 Satz 1 Buchstabe a bis f EEG

[3] Diese Einheit stellt die jährlich erzeugbare Energie pro installierte Leistung dar, bei einer installierten PV-Leistung von 5 MWp würden also 5.250 MWh pro Jahr erzeugt werden.

Dachsanierungen mittlerweile verpflichtend[4]. Die Initiative zum Ausbau der Photovoltaik bei Gebäuden im Bestand, deren Dächer nicht saniert werden müssen, liegt bei den Eigentümern. Eigentümer von Immobilien haben zudem die Möglichkeit, über Solardachbörsen ihre nicht genutzten Dachflächen an Projektierer zu verpachten[5]. Der Bau von Photovoltaik ist durch die gesunkenen Kosten für die Module sowie den Entfall der Umsatzsteuer nach § 12 Absatz 3 UstG für alle wesentlichen Komponenten einer PV-Anlage (z.B. PV-Module, Wechselrichter, usw.) deutlich attraktiver geworden. Dies zeigte sich auch durch den starken Zubau in den Jahren 2023 und 2024 im Kreis Ludwigsburg. In Zukunft müssen durch den Landkreis jedoch dringend weitere Maßnahmen ergriffen werden, um dieses gut erschließbare und ungenutzte Potenzial zu heben.

2.1.2 Freiflächen-Photovoltaik

Methodik:

Die Ermittlung der Freiflächenpotenziale berücksichtigt das aktuelle Verfahren zur „Teilfortschreibung des Regionalplans für die Region Stuttgart zur Festlegung von Vorbehaltsgebieten und Öffnung der Regionalen Grünzüge für Freiflächen-Photovoltaikanlagen“ durch den Verband Region Stuttgart [19]. Die Teilfortschreibung des Regionalplans war zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Studie (aktueller Stand: 15. Januar 2025) noch nicht abgeschlossen, weshalb es noch zu Änderungen kommen kann.

Des Weiteren wurde der Kriterienkatalog der LUBW für Freiflächen-PV angewendet, um die rechtlichen Belange und bestehende Infrastruktur zu berücksichtigen, welche die Umsetzung einer Freiflächen-PV verhindern können [20]. Innerhalb des Kriterienkatalogs der LUBW wird eine Unterteilung in harte Restriktionen[6], die den Bau von Freiflächen-PV ausschließen, und weiche Restriktionen[7], die den Bau nicht ausschließen aber zu Einschränkungen oder Auflagen führen können, vorgenommen. Diese Unterteilung wurde so auch für die hier durchgeführte Analyse übernommen. Durch die Öffnung der Grünzüge sind die theoretisch zur Verfügung stehenden Flächen für Freiflächen-PV enorm groß, weshalb für die weitere Analyse auch die Flächen mit weichen Restriktionen ausgeschlossen wurden und somit nur noch die Flächen ohne Restriktionen berücksichtig wurden.

Es ergeben sich folgende Flächen in [ha].

	mit weichen Restriktionen [ha]	ohne Restriktionen [ha]
Kategorie 1	851	851
Kategorie 2	2.226	1.538
Kategorie 3	2.839	2.285
Kategorie 4	20.024	13.986
Summe	**25.940**	**18.660**

Tabelle 2: Flächenkulisse für Freiflächen-PV im Landkreis Ludwigsburg

Zur Bestimmung der potenziell für Freiflächen-PV geeigneten Gebiete wurden die folgenden vier Kategorien erstellt:

- Kategorie 1: Vorbehaltsgebiete für PV entsprechend der Teilfortschreibung des Regionalplans zur Festlegung von Vorbehaltsgebieten und Öffnung der Regionalen Grünzüge für Freiflächen-Photovoltaikanlagen.
- Kategorie 2: Flächenkulisse, in der die Freiflächen-PV im Außenbereich nach § 35 Abs. 1 Nr. 1, 8 b oder Nr. 9 BauGB privilegiert ist und abzüglich der in Kategorie 1 abgebildeten Flächen.
- Kategorie 3: Umfasst die Förderkulisse des EEG, mit einem 500 m Korridor rechts und links entlang von Hauptverkehrswegen (Autobahn & zweigleisige Schienentrassen) und die landwirtschaftlich benachteiligten Gebiete, sowie unter Ausschluss der Flächen aus Kategorie 1 und 2.
- Kategorie 4: Weiterer Außenbereich in dem die Freiflächen-PV grundsätzlich möglich wäre, abzüglich der Flächen aus den Kategorien 1–3

[4] nach § 23 Abs. 1 Nr. 1 KlimaG BW
[5] Die Wirtschaftsförderung der Region Stuttgart betreibt zu diesem Zweck eine Plattform für Dach- und Freiflächen auf Ihrer Webseite [15]
[6] Harte Restriktionen sind z.B. Bebauung, Verkehrswege, Naturschutzgebiete, etc.
[7] Weiche Restriktion sind z.B. Generalwildwegeplan, Landschaftsschutzgebiete, Biotopverbunde, etc.

Abbildung 4: Auszug aus Flächenanalyse für Freiflächen-PV im Landkreis Ludwigsburg

Anhand dieser Unterteilung wurde mit dem Programm QGIS eine Flächenanalyse durchgeführt (siehe Abbildung 4). Durch die Flächenanalyse konnten so für die Kategorien 1 bis 4 die zur Verfügung stehenden Flächen bestimmt werden.

Zur Berechnung der installierbaren Leistung wurde ein Flächenbedarf von 1,2 ha pro 1 MWp Leistung angenommen. Das Umweltbundesamt gibt ca. 1 ha Land als Flächenbedarf für Freiflächen-PV an [4], für diese Analyse wurde allerdings bewusst 1,2 ha pro 1 MWp gewählt. Diese etwas konservative Einschätzung spiegelt die kleinteilige Agrarstruktur in Baden-Württemberg besser wider, die die optimale Nutzung der Flächen erschweren kann. Für die Bestimmung des jährlichen Stromertrags wurde, wie für die PV auf Gebäuden, ein Ertrag von 1050 MWh/MWp im Jahr angenommen.

Ergebnis:

Aus der Flächenanalyse und unter Ausschluss der Flächen mit harten und weichen Restriktionen ergeben sich die in Tabelle 3 dargestellten Potenziale zur Erzeugung von Strom (Fläche vgl. Tabelle 2, Spalte rechts). Aktuell gibt es im Kreis Ludwigsburg keine Freiflächen-PV-Anlagen, weshalb hier auf das Ausweisen des Bestands verzichtet wurde.

	Fläche [ha]	Installierbare Leistung [MWp]	Stromertrag [MWh/a]
Kategorie 1	851	709	744.625
Kategorie 2	1.538	1.282	1.345.750
Kategorie 3	2.285	1.904	1.999.375
Kategorie 4	13.986	11.655	12.237.750
Summe	**18.660**	**15.550**	**16.327.500**

Tabelle 3: Potenzial PV-Freiflächen im Landkreis Ludwigsburg

Einordnung:

Die Freiflächen-PV hat das größte Gesamtpotenzial der untersuchten erneuerbaren Energien. Allerdings besteht im Landkreis Ludwigsburg ein hoher Flächendruck, was eine großflächige Erschließung der abgebildeten Potenziale unwahrscheinlich macht. Außerdem wäre auch eine großflächige Umnutzung der landwirtschaftlich wertvollen Böden im Landkreis Ludwigsburg weder erwünscht noch sinnvoll. Gleichzeitig zeigt die Analyse, dass es einen großen Spielraum gibt und es gilt, Lösungen zu finden, die alle Belange berücksichtigen.

Die Freiflächen-Solarthermie wurde hier nicht berücksichtigt. Grundsätzlich gilt allerdings, dass Freiflächen-Solarthermie auf denselben Flächen realisiert werden kann wie Freiflächen-PV, wobei für die Solarthermie die Nähe zur Bebauung und die Anschlussmöglichkeit an ein Wärmenetz wichtige Kriterien für

die Planung eines Anlagenstandortes sind. Deshalb sollte gerade für siedlungsnahe Flächen, die für Freiflächen-Solarthermie in Frage kommen, genau betrachtet werden, welche der beiden Alternativen für die Energiewende hier sinnvoller ist.

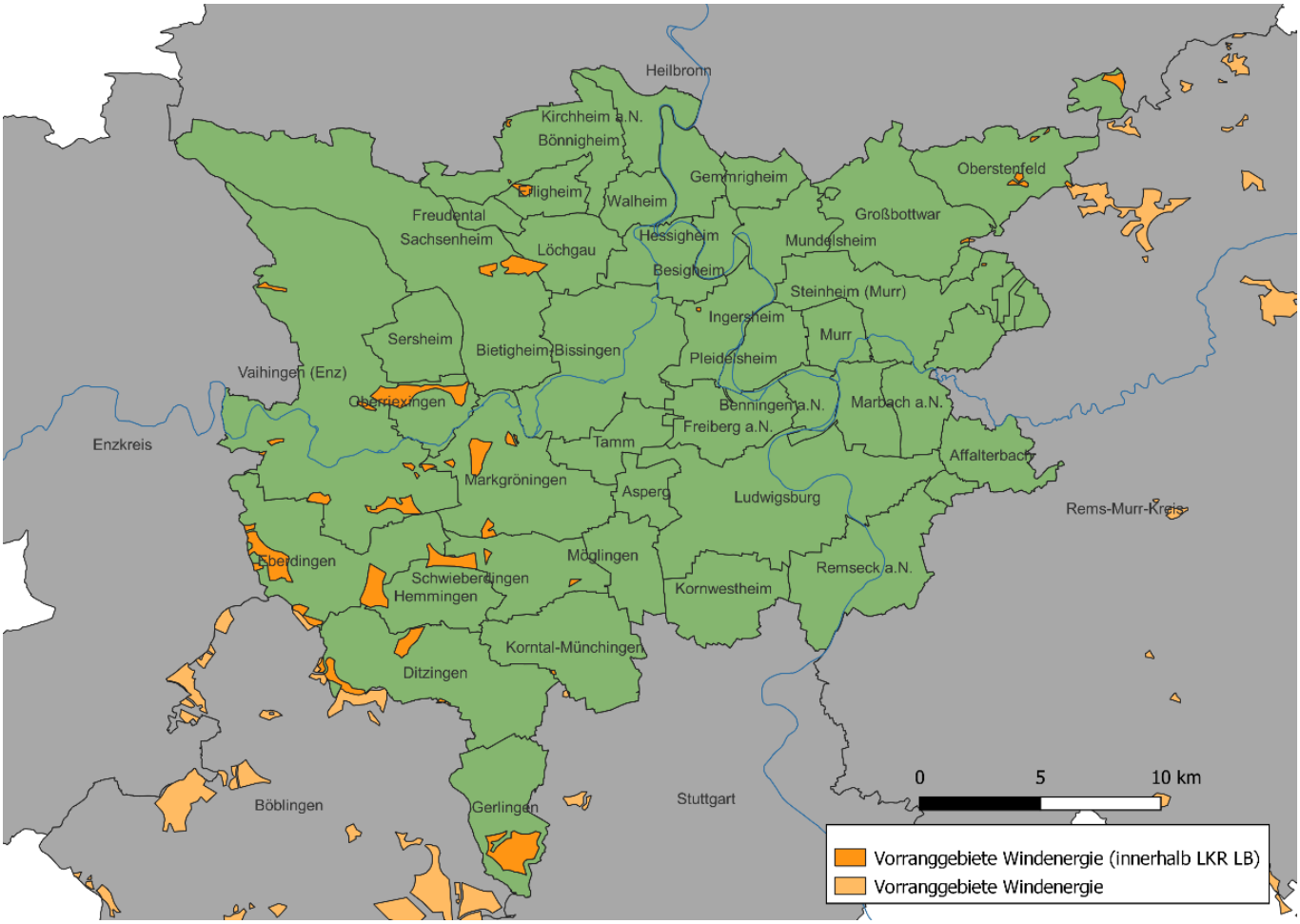

Abbildung 5: Windvorranggebiete im Landkreis Ludwigsburg (eigene Darstellung, Stand Juli 2024)

2.2 Windenergie

Die Beurteilung des Windenergiepotenzials erfolgt basierend auf der vom Verband Region Stuttgart erstellten Fortschreibung des Teilregionalplans Windenergie [6]. Die Änderung des Regionalplans war zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Studie noch nicht beschlossen, weshalb sich die zur Berechnung verwendeten Flächen noch ändern können (aktueller Stand: 15. Januar 2025).

Methodik:

Die Vorranggebiete Windenergie im Regionalplan erfüllen das vom Land Baden-Württemberg gesetzte technische Kriterium für die Windhöffigkeit (215 W/m^2 in 160 m Höhe) und liegen nicht in Gebieten mit harten Restriktionen. Es gibt Vorranggebiete mit weichen Restriktionen, die den Bau von Windenergieanlagen jedoch grundsätzlich nicht ausschließen, weshalb diese Gebiete bei der Ermittlung des Gesamtpotenzials berücksichtigt werden. Wie bereits beschrieben, muss im Falle einer konkreten Planung innerhalb des Genehmigungsverfahrens im Einzelfall entschieden werden, inwiefern der Bau von Windenergieanlagen in diesem Gebiet möglich ist. Eine genaue Beschreibung der Flächenkulisse und des Kriterienkatalogs befindet sich auf der Webseite des Verbands Region Stuttgart [6]. Abbildung 5 stellt alle im Kreisgebiet liegenden Vorranggebiete dar.

Zur Bestimmung des Windenergiepotenzials wurde eine Maximalbelegung der vorläufigen Vorranggebiete für Windenergie vorgenommen. Für die

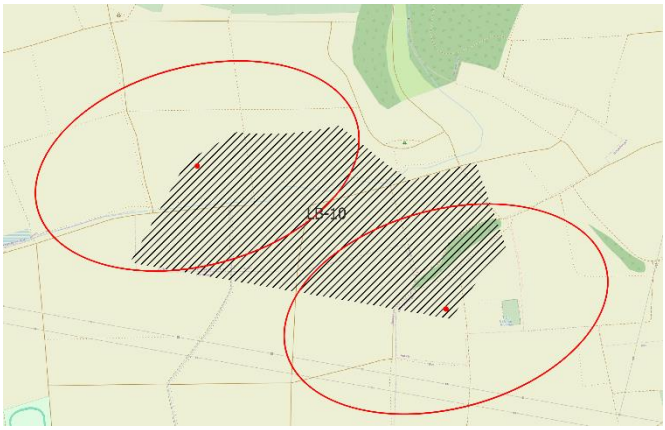

Abbildung 6: Modellierte Flächenbelegung durch zwei Windenergieanlage am Standort LB 10

Maximalbelegung wurde beispielhaft eine Windenergieanlage des Typs Enercon E-175 EP58 angenommen [7]. Diese Anlagen wurden speziell für schwache und mittlere Windstandorte wie Süddeutschland konzipiert.

Alle Vorranggebiete wurden dann mit einer technisch maximal möglichen Anzahl von Windenergieanlagen belegt, beispielhaft dargestellt in Abbildung 6 für das Gebiet LB-10. Hierfür wurde eine Ellipse mit einer großen Halbachse von 875 m und einer kleinen Halbachse von 525 m erstellt. Die Fläche der Ellipse stellt dann eine Ausschlussfläche für die weitere Platzierung von Windenergieanlagen innerhalb der Analyse dar.

Zur Berechnung der Stromerträge wurde angenommen, dass die Windenergieanlagen im Durchschnitt 2.100 Volllaststunden pro Jahr erzielen. Grundlage dieser Annahme ist, dass die Volllaststunden in Baden-Württemberg in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen sind. Die durchschnittlichen Volllaststunden für Neuanlagenlagen lagen 2021 bei ca. 2.000 Stunden pro Jahr; im Jahr 2014 lag diese Zahl noch bei 1.600 Stunden [8]. Dieser Trend lässt sich durch eine Optimierung der Anlagen für Schwachwindstandorte erklären. Moderne Schwachwindanlagen werden mit einer höheren Nabenhöhe und einem größeren Rotordurchmesser konzipiert. Außerdem wurde bei Vorranggebieten mit mehr als einer Anlage ein Korrekturfaktor angewendet, der die Leistungsverluste durch das Gruppieren von Windrädern berücksichtigen soll. Der Korrekturfaktor reduziert den Jahresertrag aller Anlagen in einem Vorranggebiet um 4 % pro zwei zusätzlichen Windenergieanlagen ggü. der ersten Anlage in demselben Vorranggebiet[9].

Ergebnis:

Im Landkreis Ludwigsburg könnten, einschließlich des Vorranggebietes LB-06 Ingersheim, in dem es schon eine Windenergieanlage mit einer Nennleistung von 2 MW gibt – 77 Windenergieanlagen mit einer Gesamtleistung von 462 MW platziert werden. Unter der Voraussetzung, dass die Anlage am Standort LB-06 Ingersheim durch ein Repowering modernisiert wird, würde dies einen jährlichen Stromertrag von rund 900.000 MWh ermöglichen.

	Anlagen-anzahl	Installierbare Leistung [MW]	Stromertrag [MWh/a]
Bestand	1	2	3.500
Ausbaupotenzial	76	460	895.104
Gesamtpotenzial	**77**	**462**	**898.604**

Tabelle 4: Potenzial für Windenergie am Standort Ludwigsburg

Einordnung:

Die Nutzung der Windenergie zur Stromerzeugung ist technisch weit fortgeschritten und stellt eine besonders effektive Möglichkeit zur Ablösung fossiler Energieträger dar. Es ist zu berücksichtigen, dass die Maximalbelegung der Vorranggebiete das Ziel hat, bei einer möglichst effizienten Flächennutzung das größte technisch mögliche Potenzial auszuweisen. Der konkrete Ausbau der Windenergie setzt allerdings ein immissionsschutzrechtliches Genehmigungsverfahren voraus. Außerdem müssen weitere Belange berücksichtigt werden, z. B. die Zuwegung zu dem geplanten Anlagenstandort, die Netzanschlussmöglichkeiten und die Besitzverhältnisse der Grundstücke. Das hier dargestellte Gesamtpotenzial bildet somit den maximal möglichen Stromertrag aus der Windenergie für die aktuellen Vorranggebiete im Landkreis Ludwigsburg ab.

Ein schneller und gezielter Ausbau der Windenergie ist zu unterstützen, da die Windenergie eine wichtige Ergänzung zur Solarenergie darstellt, da die Stromerzeugung durch Windräder zu einem Großteil in den Wintermonaten erfolgt. Somit trägt der Ausbau der Windenergie nicht nur zur Erreichung der Energiewende bei, sondern erhöht auch die Versorgungssicherheit in einem zukünftigen Energiesystem.

[8] Nennleistung von 6 MW, Rotordurchmesser 175 m, Gesamthöhe bis ca. 260 m.
[9] Bei 3 Windenergieanalgen in einem Vorranggebiet läge der Korrekturfaktor bei 6 %

2.3 Biomasse

Innerhalb des Kreises gibt es mehrere große landwirtschaftliche Biogasanlagen sowie weitere große Anlagen zur energetischen Verwertung von fester Biomasse. Des Weiteren werden die biologischen Siedlungsabfälle durch eine Abfallbiogasanlage energetisch verwertet.

Zur Bestimmung des Potenzials der Erzeugung von erneuerbarem Strom und Wärme aus Biomasse wurden die Potenziale in der Landwirtschaft, der Forstwirtschaft und aus den Reststoff- und Abfallströmen des Kreises Ludwigsburg berücksichtigt. Hierbei wurden in allen drei Bereichen die Biomasseströme nach Gewicht erfasst und basierend auf der biologischen Abbaubarkeit entweder dem Biogasprozess oder der thermischen Verwertung zugeordnet. Ausgehend von diesen beiden Optionen wurde der Energiegehalt der Biomasse berechnet. Eine Aufteilung in Strom- und Wärmeenergie wurde in der Studie nicht durchgeführt, da dies von dem jeweiligen Anlagenkonzept abhängig ist.

2.3.1 Landwirtschaft

Der Landkreis Ludwigsburg verfügt über sehr gute Böden, weshalb 54 % der Kreisfläche der Landwirtschaft zuzuordnen sind, insgesamt 32.339 ha. Davon sind 24.113 ha Ackerland, auf diesem werden auf 13.476 ha Körnergetreide und auf 5.339 ha Grünpflanzen zur Silierung (z.B. Energiemais) angebaut [9].

Methodik:

Im Landkreis Ludwigsburg werden 18 Biogasanlagen (Stand 2020) mit einer kumulativen elektrischen Leistung von 9,8 MW betrieben [21]. Da es keine genauen Daten zum Substrateinsatz in den Anlagen gibt, wurde hier von klassischen landwirtschaftlichen Biogasanlagen ausgegangen. Eine durchschnittliche landwirtschaftliche Biogasanlage benötigt für den Betrieb rund 150 ha pro 500 kW elektrischer Leistung [10]. Dies ergibt einen theoretischen Flächenbedarf von ca. 2.800 ha, was 8,6 % der landwirtschaftlichen Flächen im Landkreis Ludwigsburg umfasst. Deutschlandweit werden ungefähr 1,55 Mio. ha für den Energiepflanzenanbau für Biogasanlagen verwendet, dies entspricht ebenfalls einem Flächenanteil von 8,6 % [11]. Somit liegt der Landkreis Ludwigs im deutschen Durchschnitt und eine Ausweitung der Flächenkulisse für Biogasanlagen scheint eher unwahrscheinlich. Der Zubau von neuen Biogasanlagen in Deutschland stagniert seit 2014, da sich die Förderkulisse geändert hat und der Einsatz von nachwachsenden Rohstoffen in Biogasanlagen nicht mehr von der Politik angestrebt wird. Außerdem gibt es zunehmend Kritik an der Verwendung von Ackerböden für den Anbau von Energiepflanzen, besonders in der Kritik steht hier der großflächige Maisanbau. Aus diesem Grund werden in dieser Studie nur die landwirtschaftlichen Reststoffströme aus der Tierhaltung als zusätzliches Ausbaupotenzial berücksichtigt.

In Deutschland werden im Durchschnitt bisher nur ungefähr eine Drittel der aus der Tierhaltung anfallenden Reststoffe energetisch in Biogasanlagen verwertet [12]. Da es keine genauen Angaben zur Kofermentation für die Biogasanlagen im Kreisgebiet gibt, wurde dies als Annahme auf das Kreisgebiet übertragen. Die Mengen des jährlich entstehenden Wirtschaftsdüngers wurden anhand des Tierbestands für den Kreis Ludwigsburg, basierend auf Daten des statistischen Landesamtes, ermittelt [13, 18].

Tierart	Tiere [Anzahl]	Wirtschaftsdünger [t/a]	Energieertrag [MWh/a]
Rinder	7.743	69.687	12.992
Milchvieh	4.356	60.984	6.688
Schweine	20.277	22.305	7.424
Schafe	5.750	5.750	2.838
Geflügel	271.212	4.285	1.563
Pferde	1.966	19.660	6.792
Gesamt	**311.304**	**182.671**	**38.297**

Tabelle 5: Tierbestand und Reststoffströme im Landkreis Ludwigsburg (Stand 2022)

Ergebnis:

Basierend auf dem Tierbestand ergibt sich, dass im Kreis Ludwigsburg jährlich ca. 183.000 t Wirtschaftsdünger anfallen. Aufbauend auf der oben genannten Annahme zum Anteil der Kofermentation ergäbe sich somit ein Ausbaupotenzial von 25.531 MWh im Jahr (siehe Tabelle 6) [14].

		Energiegehalt [MWh/a]
Bestand	Energiepflanzen	165.919
	Wirtschaftsdünger	12.766
Ausbaupotenzial	Wirtschaftsdünger	25.531
Gesamtpotenzial		**204.216**

Tabelle 6: Potenziale zur Energieerzeugung in landwirtschaftlichen Biogasanlagen im Landkreis Ludwigsburg

Einordnung:

Die Erzeugung von erneuerbarer Energie durch landwirtschaftliche Biogasanlagen ist im Landkreis Ludwigsburg schon gut ausgebaut. Das Gesamtpotenzial basierend auf den existierenden Biogasanlagen im Kreis ist allerdings im Vergleich zu der Solar- und Windenergie allerdings eher gering. Dafür haben Biogasanlagen den Vorteil, dass diese im Gegensatz zu Solar- und Windenergieanlagen steuerbar sind. Somit gilt es, hier den Bestand zu erhalten und noch nicht genutzte landwirtschaftliche Reststoffströme zu identifizieren und diese für die Verwertung in Biogasanlagen zu untersuchen.

2.3.2 Abfallströme und Siedlungsabfälle

Als weiteres größtenteils erschlossenes Biomassepotenzial sind noch Abfallströme aus der Landschaftspflege und Siedlungsabfälle zu nennen. Diese werden im Landkreis Ludwigsburg durch die Abfallverwertungsgesellschaft des Landkreises Ludwigsburg mbH gesammelt und teilweise schon energetisch verwertet. Der Grünschnitt wird auf den dafür vorgesehenen Plätzen gesammelt.

Methodik:

Der Biomüll des Kreises wird schon energetisch in einer großen Abfallbiogasanlage im Landkreis Germersheim verwertet. Eine regionale Verwertung für den Grünschnitt erfolgt zum Teil schon durch lokale Kompostierunternehmen. Diese sieben das Grüngut, wobei ca. 70% des holzhaltigen Materials abgeschieden und thermisch verwertet wird. Die übrigen 30% des Grüngut könnten noch als Substrat in einer Biogasanlage verwendet werden und wurden hier als Ausbaupotenzial identifiziert. Die hier angegebenen Abfallmengen entsprechen dem durchschnittlichen Abfallaufkommen der Jahre 2014 bis 2023 [24].

Ergebnis:

Es ergibt sich ein Ausbaupotenzial von 8.946 MWh (siehe Tabelle 7).

		Menge [t]	Energieertrag [MWh/a]
Bestand	Biomüll (Biogas)	29.744	19.631
	Grüngut (thermische Verwertung)	32.615	98.496
Ausbaupotenzial	Grüngut (Biogas)	13.978	8.946
Gesamtpotenzial			**118.127**

Tabelle 7: Potenzial Reststoffströme: Siedlungsabfälle und Grünschnitt im Landkreis Ludwigsburg

Einordnung:

Die Potenziale aus den Abfallströmen und dem Siedlungsmüll sind ebenfalls schon gut erschlossen und das vorhandene Gesamtpotenzial ist im Vergleich zur Solar- und Windenergie vernachlässigbar.

2.3.3 Forstwirtschaft

Der Landkreis Ludwigsburg ist mit einer Waldfläche von 12.852 ha, was 18 % des Kreisgebiets ausmacht, einer der waldärmsten Landkreise in Baden-Württemberg. Die Wälder bestehen zu 80 % aus Laubbäumen, wobei Eichen und Buchen die dominanten Baumarten sind [25]. Die Besitzverhältnisse gliedern sich wie folgt: 1.331 ha Staatswald, 2.245 ha Privatwald und 9.276 ha Kommunalwald. Der Wald im Landkreis Ludwigsburg liegt somit überwiegend im Besitz der Kommunen und wird durch den Fachbereich Wald des Kreises Ludwigsburg für die Kommunen betreut. In Tabelle 8 ist der durchschnittliche jährliche Holzeinschlag abgebildet, grob unterteilt in die drei Segmente Energieholz, Industrieholz und Stammholz. Das Energieholzsegment macht hierbei 44 % der gesamten Holzernte aus und liefert somit ca. 45.000 MWh Energie pro Jahr.

	Holzentnahme [EFm]	Energie [MWh]
Energieholz	19.651	45.021
Industrieholz	5.032	11.529
Stammholz	20.176	46.223
Summe	**44.859**	**102.773**

Tabelle 8: Mittelwerte des Holzeinschlags im Landkreis Ludwigsburg für den Zeitraum 2014 bis 2023

Für die Identifikation von Ausbaupotenzialen zur Erhöhung der Energieholznutzung müsste von einer Sortimentsverschiebung von stofflichen Nutzung

(Bauholz, Möbelholz, usw.) oder von der Erhöhung des Holzeinschlages ausgegangen werden.

Eine Sortimentsverschiebung von Industrie- und Stammholz ist allerdings aus Perspektive der Wirtschaftlichkeit und des Klimaschutz nicht sinnvoll, da die stoffliche Nutzung von Holz Kohlenstoff längerfristig speichert.

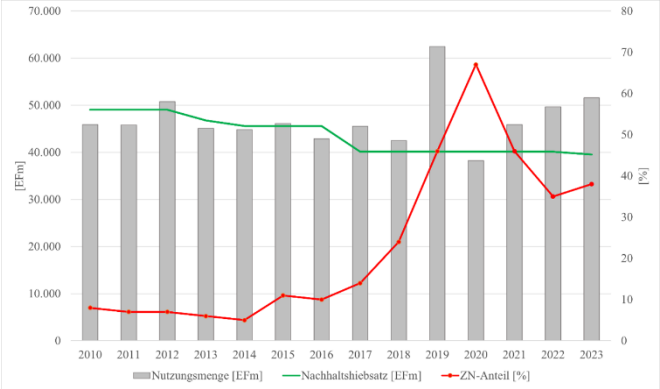

Abbildung 7: Zeitreihe zum Holzeinschlag im Landkreis Ludwigsburg (erstellt durch FB 26)

Eine Erhöhung des Holzeinschlages ist ebenfalls kritisch zu bewerten, weil die Folgen des Klimawandels auch schon in den Wäldern des Kreises beobachtbar sind. Dies ist in Abbildung 7 an dem Anstieg der Holznutzungsmenge im Jahr 2019 zu erkennen, als in Folge der Dürrejahren 2018 und 2019 mehr Schadholz anfiel. Dadurch stieg der Anteil der zufälligen Nutzung (ZN-Anteil) der Holzernte von 13 % in 2017 auf 68 % im Jahr 2020 an. Der ZN-Anteil bildet dabei den Teil der Holzernte ab, der auf Grund von Schäden durch Dürre, Hitze, Stürme, Schädlinge (Insekten, Pilze, usw.) oder andere Walderkrankungen anfällt.

Allen Interessen und Zielen übergeordnet in Bezug auf die Waldnutzung ist der Walderhalt. Somit wurde hier auf die Ausweisung von Ausbaupotenziale für die energetische Holznutzung verzichtet. Außerdem erfüllt der Wald neben der Bereitstellung von Holz weitere wichtige Funktionen: so dient dieser der Bevölkerung als Naherholungsgebiet, trägt zum Wasser- und Bodenschutz bei und unterstützt als natürliche Kohlenstoffsenke auch maßgeblich den Klimaschutz.

2.4 Wasserkraft

Der Landkreis Ludwigsburg ist von verschiedenen Flüssen durchzogen und liegt am Zusammenfluss von Neckar und Enz. Deshalb wurde schon früh auf dem Gebiet des heutigen Landkreises Wasserkraft genutzt, was sich auch in der großen Zahl an traditionsreichen Mühlen im Landkreis widerspiegelt.

Methodik:

Die hier dargestellten Daten zum Ausbaupotenzial stammen von der LUBW und beziehen sich auf die sogenannten „kleinen Wasserkraftanlagen“ bis 1 MW, wobei der Neckar als Bundeswasserstraße nicht berücksichtigt wurde [2]. Im Kreis Ludwigsburg ist insgesamt eine Turbinenleistung von 25 MW installiert, die fast ausschließlich auf die Flusskraftwerke an der Enz und am Neckar entfallen.

Ergebnis:

Das bisher ungenutzte Potenzial ergibt sich zu einem großen Teil aus der Modernisierung bestehender Anlagen oder dem Neubau von Wasserkraftanlagen an bestehenden Querbauten an kleineren Gewässern und macht in der Summe nur 4 MW Leistung aus [2].

	Anlagen [Anzahl]	Leistung [MW]	Stromertrag [MWh]
Bestand	23	25	85.000
Ausbaupotenzial	26	4	17.809
Gesamtpotenzial	**49**	**29**	**102.809**

Tabelle 9: Potenzial Wasserkraft im Landkreis Ludwigsburg (Stand 2016)

Einordnung:

Die Wasserkraft ist im Kreis Ludwigsburg schon gut erschlossen, ein weiterer Ausbau muss vor allem auch unter Berücksichtigung des Natur- und Umweltschutzes erfolgen. Denn die Wasserkraftnutzung kann aus ökologischer Sicht zu einer erheblichen Beeinträchtigung von Fließgewässer führen. Insbesondere bei der Nutzung der kleinen Wasserkraftanlagen können Konflikte mit dem Gewässerschutz oder auch der Fischerei entstehen. Hier gilt es, Zielsetzungen des Ausbaus der erneuerbaren Energien einerseits und gewässerökologische Verbesserungen andererseits so weit wie möglich in Einklang zu bringen.

2.5 Zusammenfassung

Die Ergebnisse in Abbildung 8 zeigen sehr deutlich, dass die wichtigste erneuerbare Energiequelle im Landkreis Ludwigsburg die Solarenergie ist. An erster Stelle ist hierbei die Photovoltaik auf Bauten zu nennen, da hier schon versiegelte Flächen für die Energieproduktion genutzt werden können. Der Landkreis

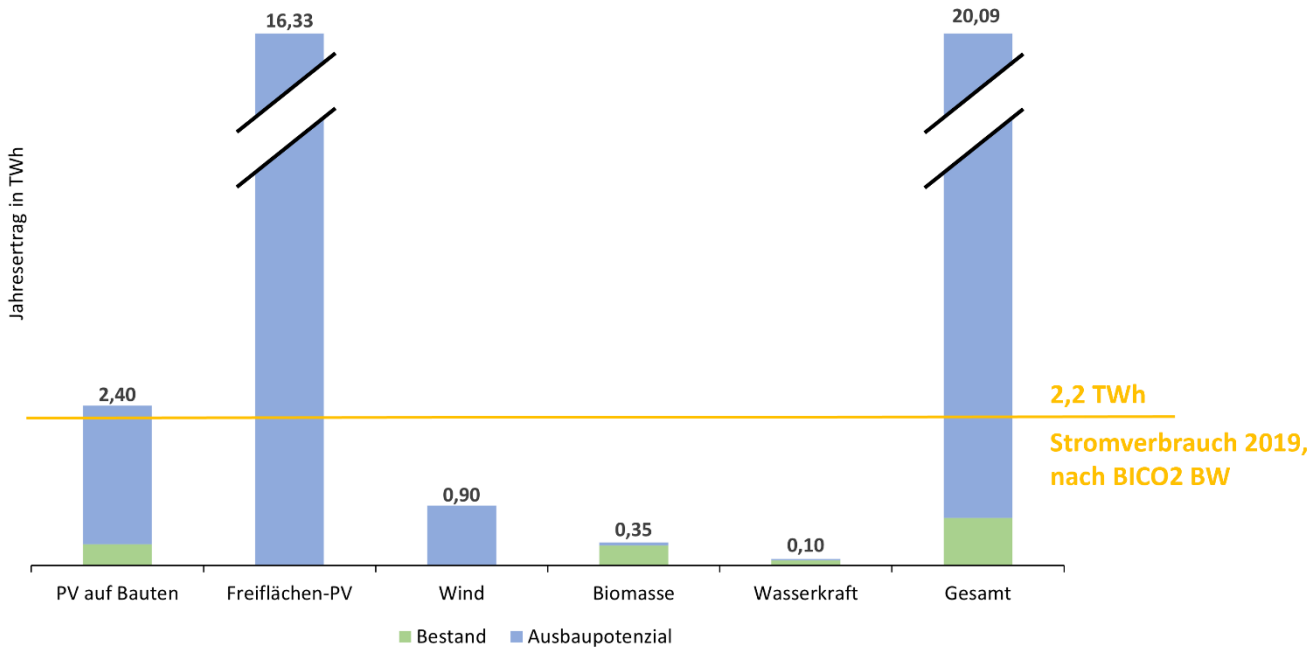

Abbildung 8: Bestand und Ausbaupotenzial der erneuerbaren Energien im Landkreis Ludwigsburg

bietet mit rund 218.000 Bauwerken und Gebäuden viele Dachflächen für PV-Anlagen [22]. An zweiter Stelle ist die Freiflächen-PV zu nennen, die das größte theoretische Ausbaupotenzial bietet. Allerdings existiert schon jetzt eine hohe Flächenkonkurrenz im Landkreis. Die Windenergie bietet im Außenbereich hingegen eine flächenschonende Möglichkeit zum Ausbau der erneuerbaren Energien. Das Ausbaupotenzial ist hier zwar nicht so hoch, jedoch können große Teile des Potenzials mit einem einzigen Windpark erschlossen werden. Damit ist der Ausbau dieser Anlagen unerlässlich für die Geschwindigkeit der Energiewende. Die Biomasse und die Wasserkraft sind beide schon sehr gut ausgebaut und spielen wegen ihrem vergleichsweisen niedrigen Gesamtpotenzial im Kreis Ludwigsburg keine große Rolle für die Energiewende im Kreis Ludwigsburg.

Einordnung für das Klimaschutzkonzept:

Entsprechend der Ausbaupotenziale soll hier als Erstes auf **PV-Anlagen auf Bauten** eingegangen werden. Der Ausbau auf schon versiegelten Flächen im Landkreis Ludwigsburg ist eine wichtige Strategie, da dies den Flächenkonflikt mit anderen Nutzungsformen auf noch nicht versiegelten Flächen entschärft. Es gilt: je mehr PV auf Gebäuden oder versiegelten Flächen installiert werden kann, desto weniger Fläche wird im Außenbereich für die Energiewende benötigt. Hierbei ist es wichtig zu betonen, dass der Ausbau von Photovoltaik auf Dachflächen nicht nur auf kommunalen Gebäuden stattfindet, sondern vor allem bei den Bürgerinnen und Bürgern sowie Unternehmen des Kreises.

Im Rahmen der Aktualisierung des Klimaschutzkonzepts wurden daher Maßnahmen zum Ausbau von PV auf Ein- und Mehrfamilienhäusern entwickelt und um Maßnahmen für Unternehmen ergänzt, die auch eine Beratung für PV beinhalten.

An zweiter Stelle ist die **Freiflächen-PV** zu nennen, die das größte theoretische Ausbaupotenzial bietet. Im Kreis Ludwigsburg herrscht durch verschiedene Interessengruppen (Landwirtschaft, Wohnungsbau, Logistikbetriebe, Gewerbe und andere Unternehmen) schon eine starke Flächenkonkurrenz. Für die Erschließung dieser Potenziale ist somit eine enge Abstimmung zwischen den beteiligten Akteuren wichtig. Hier kann der Landkreis eine koordinierende Rolle übernehmen und als interkommunaler Vermittler zwischen Kommunen, Projektierern und anderen Akteuren auftreten.

Der Fokus sollte auf einem strategischen Erschließen der Potenziale liegen, um einen „Wildwuchs“ an Freiflächen-PV-Anlagen zu vermeiden. Potenziell stark betroffene Interessengruppen, wie die Landwirtschaft, sollten früh in Planungsprozesse

eingebunden werden. Ein wichtiger Akteur ist dabei der Verband Region Stuttgart, der für die Erstellung des Regionalplans zuständig ist.

Wie bereits beschrieben, konnten innerhalb dieser Studie keine Potenziale für **besondere Photovoltaikanlagen** ausgewiesen werden. Dies liegt hauptsächlich an den noch neuen Anwendungsgebieten. Deshalb soll hier noch kurz auf diese drei Anlagentypen (Agri-PV, Floating-PV, Parkplatz-PV) eingegangen werden. Grundsätzlich bieten alle drei Anlagentypen die Möglichkeit, in dicht besiedelten Gebieten wie dem Landkreis Ludwigsburg flächenschonend die erneuerbaren Energien auszubauen. An erster Stelle ist hier die Agri-PV zu nennen. Agri-PV bietet grundsätzlich eine gute Alternative zur konventionellen Freiflächen-PV, da im Landkreis über 50 % der Fläche landwirtschaftlich genutzt wird. Agri-PV ermöglicht die parallele Nutzung der Fläche sowohl für die Landwirtschaft als auch für die Erzeugung erneuerbarer Energie. Hierbei muss beachtet werden, dass weiterhin mindestens 85 % der unter der Anlage liegenden Fläche nachweislich landwirtschaftlich genutzt werden muss [16]. Für den Ausbau von Floating-PV bietet sich der Landkreis Ludwigsburg nach aktuellem Stand nicht besonders an. Insgesamt machen Gewässer im Landkreis nur 1,4 % der Fläche aus und ein Großteil dieser Flächen ist dem Neckar und seinen Zuflüssen zuzurechnen. Die Nutzung von Fließgewässern für Floating-PV ist zwar nicht ausgeschlossen, allerdings gibt es hier kaum Praxisbeispiele. Darüber hinaus ist der Neckar zusätzlich eine Bundeswasserstraße und somit als mögliche Fläche für Floating-PV wahrscheinlich nicht erschließbar. Als letzter Anlagentyp ist noch die Parkplatz-PV zu nennen, die auch innerhalb von Bebauung möglich ist. In Baden-Württemberg besteht für den Neubau von Parkplätzen mit mindestens 35 Stellplätzen eine Pflicht zur Überdachung der Parkplatzfläche mit PV-Modulen[10]. Im Landkreis Ludwigsburg entstehen bereits erste Projekte.

Im Kreis Ludwigsburg wurde das Potenzial der **Windenergie** bisher kaum erschlossen. Dies ist heutzutage ein Standortnachteil für eine Region, da gerade die Wirtschaft auf günstigen Strom angewiesen ist und viele Unternehmen den Druck aus Lieferketten oder von Endkunden spüren, ihre Prozesse nachhaltiger und klimaneutral zu gestalten. Windparks bieten eine hohe Leistung und können über Direktvermarktungsangebote auch Großkunden mit lokalem und erneuerbarem Strom versorgen, weshalb der Ausbau der Windenergie auch für den Wirtschaftsstandort Ludwigsburg immer wichtiger wird. Der Ausbau der Windenergie bietet außerdem auch Kommunen sowie Bürgerinnen und Bürgern die Chance, sich wirtschaftlich an der Energiewende zu beteiligen. Für den Ausbau der Windenergie in Süddeutschland und im Kreis Ludwigsburg sprechen auch die Änderungen im EEG 2023. Besonders der angepasste Korrekturfaktor, wodurch Windenergieanlagen in Süddeutschland wirtschaftlich attraktiver geworden sind, unterstützt einen Ausbau der Windenergie im Landkreis Ludwigsburg in den nächsten Jahren. Neben diesen wirtschaftlichen Gründen ist die Erschließung der Windenergiepotenziale für den lokalen Strommix wichtig: Windenergieanlagen liefern einen großen Teil ihres Jahresstromertrags in den Wintermonaten und gleichen somit PV-Anlagen gut aus, die einen Großteil des Stroms im Sommer liefern. Im Rahmen des Klimaschutzkonzepts wurden daher auch Maßnahmen entwickelt, um die Windenergie zu fördern.

Wie in Abbildung 8 dargestellt, sind weder Biomasse noch Wasserkraft besonders relevant für den Ausbau der erneuerbaren Energien im Landkreis Ludwigsburg. Im Falle der Wasserkraft liegt dies an dem begrenzten Gesamtpotenzial, das sich nur aus Querbauten an den Flüssen und Bächen im Kreis ergibt.

Bei der Bioenergie ist dies, wie bereits dargestellt, etwas komplexer: Ein starker Ausbau der Bioenergie wäre nur mit der Umwidmung von Fläche für den Anbau von Biomasse möglich, allerdings ist die Flächeneffizienz der Bioenergie deutlich niedriger als die von PV- oder Solarthermieanlagen [17]. Aus diesem Grund sollten Anlagen zur Nutzung von solarer Strahlungsenergie bevorzugt werden, wenn landwirtschaftliche Flächen für eine energetische Nutzung

[10] Nach § 21 KlimaG BW

verwendet werden. Biomasse- und Wasserkraftanalgen sind allerdings grundlastfähig und können deshalb einen wichtigen Beitrag zur Energiewende leisten, weshalb es hier gilt, den Anlagenbestand zu erhalten.

Für das Energieholz wurde bewusst ein abnehmendes Gesamtpotenzial angenommen, da der Wald aufgrund der Klimawandelfolgen geschont werden sollte. Der Wald ist als Ökosystem direkt von den Auswirkungen des Klimawandels betroffen (z.B. durch Extremwetterereignisse und lange Dürreperioden), was bezogen auf die Wirtschaftsfunktion des Waldes zu einem reduzierten Zuwachs und einer Verringerung des Holzvorrates im Bestand führen kann. Außerdem erfüllt der Wald neben seiner Wirtschaftsfunktion noch mehrere andere wichtige Funktionen.

3 Szenario – Klimaneutraler Landkreis 2040

Im Rahmen der Aktualisierung des Klimaschutzkonzepts wurde mit Hilfe von ClimateView ein Treibhausgasemissions-Szenario mit dem Ziel „Klimaneutraler Landkreis 2040“ entwickelt.

Als Klimaneutralität wird eine Reduktion um 94% der Treibhausgasemissionen ggü. der Bilanz aus dem Startjahr 2019 verstanden. Diese Definition erfolgt auf Basis der Studie „Klimaneutrales BW“ [23], die den Pfad zur Klimaneutralität für Baden-Württemberg betrachtet.

Als Annahme für die Klimaneutralität des Landkreises wurden nur energiebedingte Emissionen (ohne LULUCF) berücksichtigt, die abgeleitet vom BW-weiten Szenario um 94% reduziert werden können. Dies bedeutet, dass auch laut der Studie „Klimaneutrales BW“ die Treibhausgas-Neutralität in Baden-Württemberg bis zum Jahr 2040 nur über natürliche Senken sowie zusätzliche technische Lösungen erreicht werden kann.

Das Szenario kann unter folgender Website eingesehen werden:
www.landkreis-ludwigsburg.de/klimaschutzkonzept

3.1 Methodik

Das Szenario „Klimaneutraler Landkreis 2040“ wurde basierend auf Einzelstudien, Analysen und Gesprächen mit Expertinnen und Experten erstellt (siehe Tabelle 10).

Das Szenario für das Jahr 2040 wurde in ClimateView aufbauend auf dem Energieverbrauch aus der Energie- und Treibhausgasbilanz von 2019 erstellt.

Für das Szenario wurden Teilszenarien für die einzelnen Verbrauchssektoren und darauf aufbauend für die Energieproduktion erstellt.

Teilszenarien	Sektoren	Einzelstudien & Expertengespräche
Verbrauchssektoren	Gebäude	Projektbericht H2LB, Expertengespräch LEA
	Mobilität (Personenverkehr)	Klimamobilitätsplan Landkreis Ludwigsburg, Expertengespräch GT 212
	Mobilität (Güterverkehr)	Projektbericht H2LB
Energieerzeugung	Strom	Potenzialanalyse Erneuerbare Energien
	Wärme	Auswertung bisheriger kommunaler Wärmepläne, Expertengespräch LEA

Tabelle 10: Grundlage der getroffenen Annahmen für die Erstellung des Szenarios "Klimaneutraler Landkreis 2040"

3.1.1 Teilszenario Energieverbrauch

Über das Teilszenario „Energieverbrauch“ wird das Reduktionspotenzial für Treibhausgasemissionen auf Seiten der Energieverbrauchergruppen abgebildet. Hier ergeben sich noch sehr große Potenziale zur Senkung der Treibhausgasemissionen durch Energieeffizienz und -einsparung. Durch Energieeinsparungen wird der Energiebedarf allgemein reduziert, wodurch eine Reduktion der Treibhausgasemissionen erfolgt, auch wenn die Energieerzeugung vorerst noch fossil erfolgt[11]. Neben der direkten Einsparung ist auch die Erhöhung der Energieeffizienz ausschlagegebend für das Erreichen der Klimaschutzziele. Hierbei spielt vor allem die Elektrifizierung von bisher fossilen Anwendungen eine große Rolle. Durch die Umstellung auf Strom reduziert sich der Energiebedarf dieser Anwendungen und ermöglicht außerdem die Verwendung von erneuerbarem Strom in diesen Anwendungen[12].

Für das Teilszenario „Energieverbrauch“ wurden über verschiedene Umstellungselemente Ziele für die Verbrauchssektoren definiert. Die Ziele werden für jedes Umstellungselement als Prozentwert, der die Verlagerung von einer emissionsverursachenden hin

[11] Z. B. reduziert die energetische Sanierung eines Gebäudes den Energiebedarf und somit auch die THG-Emissionen, auch wenn erstmal die Gasheizung weiterverwendet wird; oder beim Umstieg vom Verbrenner-Pkw auf Dieselbus für die Pendelfahrten etc.
[12] Z.B. Umstieg Gasheizung zu Wärmepumpe oder Verbrenner-Pkw auf Elektrofahrzeug etc.

zu einer klimaneutralen Aktivität abbildet, definiert. Aus der Summe der Ziele aller Umstellungselemente ergibt sich dann das Szenario für den Energieverbrauch für alle stationären und mobilen Anwendung im Jahr 2040.

Wärme und Gebäudebereich:

Im Gebäudebereich wurde die zukünftige Wärmeversorgung aus den zum Zeitpunkt der Erstellung vorliegenden kommunalen Wärmeplänen abgeleitet. Zuerst wurde der Sanierungsstand der Gebäude im Jahr 2040 definiert, wobei angenommen wurde, dass je nach Gebäudetyp 40-70 % des Gebäudebestands saniert sein wird.

Die Wärmeversorgung der Gebäude muss im Jahr 2040 weitgehend klimaneutral erfolgen. Hier ergeben sich grundsätzlich zwei Optionen, zuerst die dezentrale Wärmeversorgung über Wärmepumpe oder Biobrennstoffe (Brennholz, Pellets, etc.) oder die zentrale Wärmeversorgung über den Anschluss an ein Wärmenetz.

Im Bereich der Einfamilienhäuser wurde angenommen, dass 70% der Häuser mit Wärmepumpen, 25% über Wärmenetze und 5% über Biobrennstoffe mit Wärme versorgt werden.

	Umstellungselement	Ziel
Sanierung	Sanierung von Einfamilienhäusern für energieeffizienteres Heizen	**65%**
	Sanierung von Mehrfamilienhäusern für energieeffizienteres Heizen	**50%**
Heizungstechnik	Wärmepumpen in Einfamilienhäusern	**70%**
	Umstellung auf Fernwärme in Einfamilienhäusern	**25%**
	Einfamilienhäuser mit erneuerbaren Biobrennstoffen heizen	**5%**
	Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern	**20%**
	Umstellung auf Fernwärme in Mehrfamilienhäusern	**75%**
	Mehrfamilienhäuser mit erneuerbaren Biobrennstoffen heizen	**5%**

Tabelle 11: Ziele der Umstellungselemente für Wohngebäude (entnommen aus ClimateView)

Bei den tendenziell größeren Gebäuden (Mehrfamilienhaus, Gewerbe, öffentliche Gebäude, Industrie) wurde entsprechend einer stärkeren Nutzung von Wärmenetzen mit bis zu 75% als Zielwert angenommen.

	Umstellungselement	Ziel
Sanierung	Sanierung von gewerblichen Gebäuden für energieeffizienteres Heizen	**45%**
	Sanierung von Industriegebäuden für energieeffizienteres Heizen	**40%**
	Sanierung von öffentlichen Gebäuden für energieeffizienteres Heizen	**70%**
Heizungstechnik	Wärmepumpen in gewerblichen Gebäuden	**30%**
	Umstellung auf Fernwärme in gewerblichen Gebäuden	**65%**
	Gewerbliche Gebäude mit erneuerbaren Biobrennstoffen heizen	**5%**
	Wärmepumpen in Industriegebäuden	**45%**
	Umstellung auf Fernwärme in Industriegebäuden	**55%**
	Wärmepumpen in öffentlichen Gebäuden	**20%**
	Umstellung auf Fernwärme in öffentlichen Gebäuden	**75%**
	Öffentliche Gebäude mit erneuerbaren Biobrennstoffen heizen	**5%**

Tabelle 12: Ziele der Umstellungselemente für Nicht-Wohngebäude (Gewerbe, Industrie, Kreisverwaltung) (entnommen aus ClimateView)

Mobilitätssektor:

Im Mobilitätssektor wurden die Annahmen des Klimamobilitätsplans für den Personenverkehr übernommen und bis zum Jahr 2040 mit dem Ziel der Klimaneutralität fortgeschrieben. Die zentralen Annahmen sind die starke Elektrifizierung im PKW-Bereich sowie die Verkehrsverlagerung auf umweltfreundliche Verkehrsmittel und Verkehrsvermeidung. Die Einzelheiten können dem Planwerk entnommen werden, welches im Sommer 2025 beschlossen werden soll. In ClimateView stellen sich die Ziele für das Jahr 2040 wie folgt dar.

	Umstellungselement	Ziel
Verkehrsvermeidung	Verlagerung von Pkw-Fahrten (Verbrennungsmotor) auf ortsunabhängiges Arbeiten (Home Office)	9%
	Verlagerung von Präsenz-Meetings auf Online-Konferenzen und andere virtuelle Dienste	50%
Verkehrsverlagerung	Verlagerung von Pkw-Fahrten (Verbrennungsmotor) auf Rad- und Fußverkehr	19%
	Verlagerung von Pkw-Fahrten (Verbrennungsmotor) auf batterieelektrische Busse	11%
	Verlagerung von Pkw-Personenkilometer (Verbrennungsmotor) auf Zug (Strom)	22%
Fahrzeugtechnik	Verlagerung von Pkw mit Verbrennungsmotor auf batterieelektrische Pkw	36%

Tabelle 13: Ziele der Umstellungselemente für den Personenverkehr (entnommen aus ClimateView)

Für den Güterverkehr wird von einer umfassenden Elektrifizierung von bis zu 80% der Kleintransporter und LKWs ausgegangen. Außerdem wurde angenommen, dass 10% des Warentransports auf die Schienen verlagert wird. Wasserstoff-LKWs werden mit 10% an der Gesamtfahrleistung berücksichtigt.

	Umstellungselement	Ziel
Verkehrsvermeidung	Transportrouten von leichten Nutzfahrzeugen optimieren	30%
	Erhöhung der Auslastung von leichten Nutzfahrzeugen	50%
	Erhöhung der Auslastung von Lastkraftwagen	10%
Verkehrsverlagerung	Verlagerung von Lastkraftwagen (Verbrennungsmotor) auf den Schienenverkehr	10%
Fahrzeugtechnik	Verlagerung von Lastkraftwagen (Verbrennungsmotor) auf batterieelektrische Lastkraftwagen	80%
	Erhöhung des Anteils von Biodiesel im Diesel für Lastkraftwagen	10%
	Verlagerung von Lastkraftwagen mit Verbrennungsmotor auf wasserstoffbetriebene Lastkraftwagen	10%
	Verlagerung von leichten Nutzfahrzeugen (Verbrennungsmotor) auf batterieelektrische leichte Nutzfahrzeuge	80%

Tabelle 14: Ziele der Umstellungselemente für den Güterverkehr (entnommen aus ClimateView)

Grüner Wasserstoff:

Annahmen für den Einsatz von grünem Wasserstoff in allen Sektoren wurden dem Projektbericht des Wasserstoffkonzepts H2LB entnommen. Hier wurde davon ausgegangen, dass Wasserstoff in begrenztem Umfang im Bereich des Güterverkehrs und der zentralen Wärmeversorgung über BHKWs zur Anwendung kommt. Der Einsatz von Wasserstoff in Einzelheizungen oder dem PKW-Verkehr wurde in dem Szenario grundsätzlich ausgeschlossen und somit nicht berücksichtigt.

3.1.2 Teilszenario Energieerzeugung

Aufbauend auf dem Teilszenario „Energieverbrauch“ wurde das Teilszenario „Energieerzeugung“ für das Jahr 2040 erstellt und die Stromproduktion und zentrale Wärmeversorgung (Wärmenetze) für das Jahr 2040 simuliert. Das Teilszenario „Energieerzeugung“ bildet die Umstellung von fossilen Energieträgern auf erneuerbare Energien ab und zeigt somit das Potenzial zur Senkung der THG-Emissionen auf Seiten der Energiewirtschaft auf.

Das Teilszenario „Energieerzeugung“ wurde basierend auf dem Energiebedarf aus dem Teilszenario „Energieverbrauch“ erstellt. Ziel des Teilszenarios ist die bilanzielle Deckung des Strom- und Fernwärmebedarfs durch die in Kapitel 2 aufgezeigten Potenziale zur Erzeugung von erneuerbarer Energie. Erzeugungs- und Einspeisungsspitzen, Speichermöglichkeiten, Lastenmanagement etc. können innerhalb des Szenarios nicht berücksichtigt werden.

Erneuerbare Stromerzeugung:

Das Szenario „Klimaneutraler Landkreis 2040“ hat für die Stromversorgung im Jahr 2040 einen Bedarf von 3,74 TWh im Kreisgebiet ergeben. Dieser Strombedarf kann durch die in der Potenzialanalyse ermittelten Ausbaupotenziale auf unterschiedliche Weise gedeckt werden. Im Fokus steht hier der möglichst starke Ausbau der PV auf Bauten. Da dies allerdings jeweils von den Eigentümern der Immobilien abhängt, wurde für die Zielerreichung im Jahr 2040 ein Wert von 2 TWh angenommen. Wegen der hohen Flächenkonkurrenz im Landkreis Ludwigsburg wurde für die Freiflächen-PV das Ziel von 500 ha mit einer jährlichen Erzeugung von 0,5 TWh/a angenommen.

Wie bereits in Kapitel 2 erwähnt, können hier auch Agri-PV-Anlagen zum Einsatz kommen, diese sind allerdings weniger effizient. Wegen der großen Bedeutung der Windenergie für die Energiewende wird ein starker Ausbau bis 2040 mit 77 Windrädern im Kreis Ludwigsburg angenommen. Dies entspricht einer jährlichen Erzeugung von 0,9 TWh/a. Zudem wurde angenommen, dass Biomasse und Wasserkraft zusammen rund 0,15 TWh/a zur jährlichen Stromerzeugung beitragen und weitere 0,19 TWh/a durch Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (Wasserstoff, Biogas) erzeugt.

Die Stromproduktion würde somit eine bilanzielle Strombedarfsdeckung im Jahr 2040 für den Kreis erreichen. Dies entspricht allerdings keiner Energieautarkie: Der Landkreis Ludwigsburg wäre auch weiterhin auf den Import von Strom aus anderen Regionen für die Deckung seiner Lastkurve angewiesen[13]. Besonders in den Wintermonaten wird durch den hohen prozentualen Anteil der Solarenergie an den erneuerbaren Energien im Teilszenario „Energieerzeugung“ und den hohen Stromverbrauch eine Deckung des Energieverbrauchs auf dem Kreisgebiet nicht möglich sein. In ClimateView ist allerdings nur eine Modellierung des Energiebedarfs möglich; die Lastkurve und somit die Verteilung des Energiebedarfs konnte bei der Erstellung des Teilszenarios „Energieerzeugung“ weder für die Strom- noch für die zentrale Wärmeerzeugung berücksichtigt werden.

Zentrale Wärmeerzeugung:

Im Bereich der erneuerbaren, zentralen Wärmeversorgung ergibt sich ein Wärmebedarf von 1,55 TWh im Jahr 2040. Um eine Einschätzung des Mixes an Erzeugungsanlagen zu identifizieren, wurden die Klimaneutralitätsszenarien der kommunalen Wärmepläne aus den Kreiskommunen ausgewertet. Hierdurch hat sich ergeben, dass voraussichtlich der überwiegende Teil der klimaneutralen zentralen Wärmeversorgung mit Großwärmepumpen (Umweltwärme: Wasser, Luft) bereitgestellt werden wird, insgesamt 0,98 TWh/a thermische Energie. An zweiter Stelle ist Biomasse mit einem Anteil von 0,27 TWh/a zu nennen, wobei davon 0,2 TWh auf Biogas in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK) entfallen. Durch Freiflächen-Solarthermieanlagen sollen weitere 0,2 TWh/a Wärme produziert werden. Die restlichen 0,1 TWh/a werden durch Wasserstoff-BHKWs gedeckt, die hauptsächlich zur Abdeckung der Lastspitzen eingesetzt werden sollten.

	Annahmen Teilszenario Energieerzeugung	Ziel
Erneuerbare Stromerzeugung	PV auf Bauten	**2 TWh/a**
	Freiflächen-PV	**0,5 TWh/a**
	Windenergie	**0,9 TWh/a**
	Biomasse	**0,09 TWh/a**
	Wasserkraft	**0,06 TWh/a**
	Strom aus KWK	**0,19 TWh/a**
Zentrale Wärmeerzeugung	Großwärmepumpen (Umweltwärme: Wasser, Luft)	**0,98 TWh/a**
	Biogas KWK	**0,2 TWh/a**
	Biomasse	**0,07 TWh/a**
	Freiflächen-Solarthermieanlagen	**0,2 TWh/a**
	Wasserstoff KWK	**0,1 TWh/a**

Tabelle 15: Annahmen für das Teilszenario Energieerzeugung (entnommen aus ClimateView)

3.2 Ergebnis

Aus dem Szenario „Klimaneutraler Landkreis 2040“ kann ein Absenkpfad für die Treibhausgasemissionen ermittelt werden. Dieser Absenkpfad zeigt, wie sich die jährlichen Emissionen bis 2040 verändern, wenn die Ziele der Umstellelemente erreicht werden und der Ausbau der erneuerbaren Energien entsprechend stattfindet.

Der Absenkpfad zeigt, dass das Reduktionsziel von 94% nicht komplett erreicht wird (vgl. Abbildung 9) Die jährlichen Emissionen würden im Vergleich zum Ausgangsjahr 2019 nur um 89 % gesenkt werden und somit das Ziel von 94% verfehlen. Die Restemissionen im Jahr 2040 lassen sich auf zwei Posten aufteilen; zum einen auf die indirekten Emissionen aus den Vorketten der Energieerzeugung (dunkelgrau) und zum anderen auf die Zielerreichungslücke (hellgrau) aus dem Szenario „Klimaneutraler Landkreis 2040“.

[13] Die Lastkurve bildet den Verlauf der abgenommen elektrischen Leistung des Kreises über einen bestimmten Zeitraum ab.

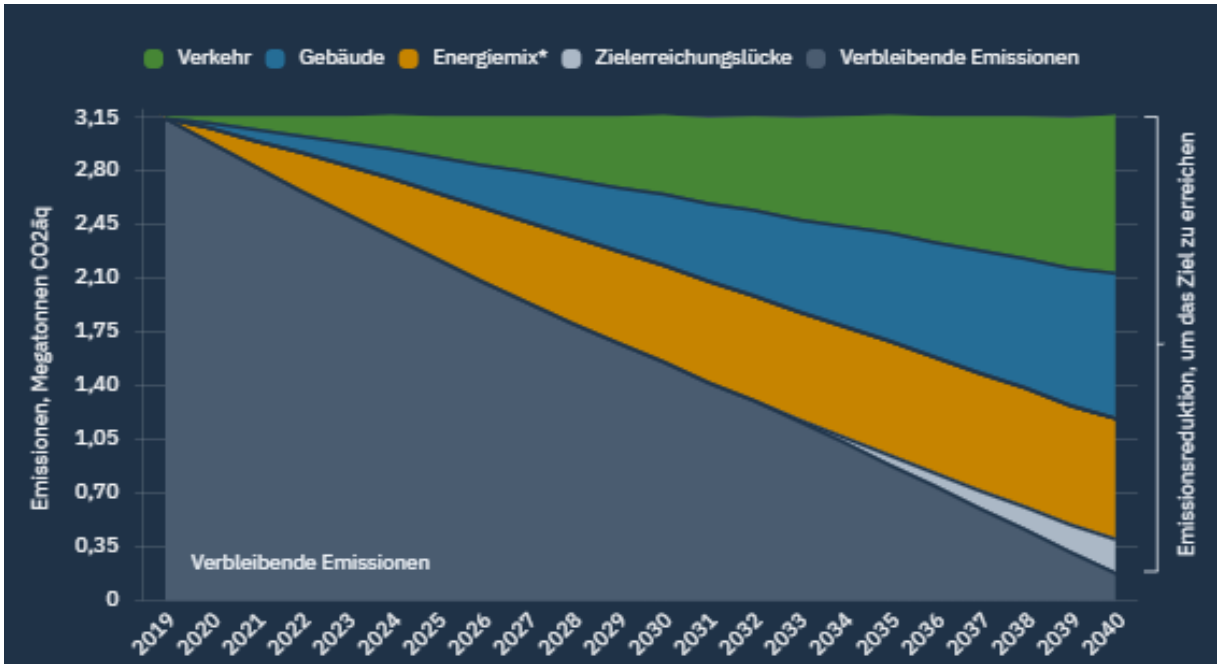

Abbildung 9: Absenkpfad für das Szenario "Klimaneutraler Landkreis 2040" (entnommen aus ClimateView)

Die Restemissionen von rd. 189.000 t CO_2-Äquivalent aus den Vorketten entstehen zwar nicht zwingend auf dem Gebiet des Landkreises, sind jedoch dem Kreis inkl. seinen Verbrauchsgruppen (Bürgerinnen und Bürger, Unternehmen, Industrie, öffentliche Verwaltung etc.) zuzurechnen. Bei der kontinuierlichen Arbeit mit dem Klimaschutzkonzept sollten daher weitere Maßnahmen zum Umgang mit nicht vermeidbaren Restemissionen und indirekten Emissionen entwickelt werden (z.B. Klimaschutzfonds, Kompensationsprojekte etc.).

Die Emissionen aus der Zielerreichungslücke betragen rund 171.000 t CO_2-Äquivalent. Die Zielerreichungslücke ist auf das Zusammenführen der unterschiedlichen Datengrundlagen (siehe Tabelle 10) zur Erstellung des Szenarios zurückzuführen. Für die Erstellung des Szenarios wurden die Annahmen und Ziele aus den Studien direkt übernommen, wobei auf eine Nachschärfung der Ziele vorerst verzichtet wurde, da die Zielerreichungslücke erst ab dem Jahr 2033 auftritt. In den nächsten Jahren sollte das Szenario an die sich ändernden Rahmenbedingungen angepasst werden und in den entsprechenden Umstellungselementen ambitioniertere Ziele gesetzt werden, wodurch die Zielerreichungslücke geschlossen werden kann (vgl. Kapitel 3.1.1).

Trotz dieser ernüchternden Erkenntnis betragen die Emissionen im Landkreis im Jahr 2040 jedoch nur ca. 360.000 t CO_2-Äquivalent. Dies entspricht weniger als 1 t CO_2 pro Einwohner im Jahr. Über den gesamten Zeitverlauf bis zum Jahr 2040 würden so rd. 32.300.000 t CO_2-Äquivalent im Landkreis Ludwigsburg eingespart werden.

Insgesamt zeigt das Szenario, dass das Klimaschutzkonzept sowie die zugrundeliegenden Strategien und Teilkonzepte kontinuierlich überarbeitet und an neue technische und gesetzliche Rahmenbedingungen angepasst werden müssen. Die Klimaneutralität für den Landkreis Ludwigsburg zu erreichen, gestaltet sich mit derzeitigen Bedingungen schwierig, wie auch die Studie „Klimaneutrales Baden-Württemberg“ zeigt. Dennoch tragen die kommunalen Anstrengungen einen wesentlichen Teil zur Zielerreichung bei und müssen unverändert und intensiv fortgeführt werden. Eine große Bedeutung spielt dabei der Ausbau der erneuerbaren Energien im Landkreis.

4 Literaturverzeichnis

[1] https://www.umwelt-campus.de/fileadmin/Umwelt-Campus/User/HteHeesen/research/pv/Ertragsstudie_2018.pdf
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[2] https://udo.lubw.baden-wuerttemberg.de/public/
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[3] https://www.marktstammdatenregister.de/MaStR/Einheit/Einheiten/OeffentlicheEinheitenuebersicht
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[4] https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/photovoltaik/photovoltaik-freiflaechenanlagen#flacheninanspruchnahme-durch-photovoltaik-freiflachenanlagen
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[5] https://www.region-stuttgart.org/fileadmin/Verband_Region_Stuttgart/Verband_Allgemein/Dokumente/01-Textteil_und_Begruendung_Regionalplan-Teilfortschreibung_Windkraft_Anlage_4_Sitzungsvorlage-RV.pdf
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[6] https://www.region-stuttgart.org/de/bereiche-aufgaben/regionalplanung/wind/
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[7] https://www.enercon.de/en/turbines/e-175-ep5
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[8] https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Energie/Erneuerbare-Energien-2021-barrierefrei.pdf
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[9] https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistische_Berichte/333220001.pdf
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[10] https://biogas.fnr.de/daten-und-fakten/faustzahlen
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[11] https://www.bmel.de/DE/themen/landwirtschaft/bioeokonomie-nachwachsende-rohstoffe/nachwachsende-rohstoffe-flaechen.html
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[12] https://www.dbfz.de/fileadmin/user_upload/Referenzen/Broschueren/Broschuere_Peggue.pdf
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[13] https://www.statistik-bw.de/Service/Veroeff/Statistische_Berichte/341820001.pdf
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[14] https://www.brennholzhandel-messingschlager.de/images/merkblatt-bfw/mb-12-energiegehalt-holz.pdf
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[15] https://zukunftsenergien.region-stuttgart.de/solardachboerse
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[16] https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/APV-Leitfaden.pdf
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[17] https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/bioenergie#iLUC
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[18] https://www.lfl.bayern.de/iba/energie/049711/?sel_list=51%2Cl&anker0=substratanker#substratanker
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[19] https://www.region-stuttgart.org/de/bereiche-aufgaben/regionalplanung/solarenergie/
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[20] https://www.energieatlas-bw.de/documents/24384/131240/Kriterienkatalog+PV-Freifl%C3%A4chenpotenzial/91272bce-aac1-4010-87fd-92da0854d28f
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[21] https://lel.landwirtschaft-bw.de/,Lde/5428248
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[22] https://insights.sustainability.google/places/ChIJITJJ6ELRmUcRH5V2YsVbiA0?hl=de&ty=2022
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[23] Sektorziele 2030 und klimaneutrales Baden-Wuerttemberg 2040
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[24] https://www.avl-ludwigsburg.de/fileadmin/Files/AWS_Abfallbilanzen_AWIKO/werstoff-undabfallbilanz2023-lkludwigsburg.pdf
(letzter Zugriff: 11.02.2025)

[25] https://www.landtag-bw.de/re-source/blob/246300/af862064093e7b87ff8573179492b18d/16_6812_D.pdf
(letzter Zugriff: 11.02.2025)