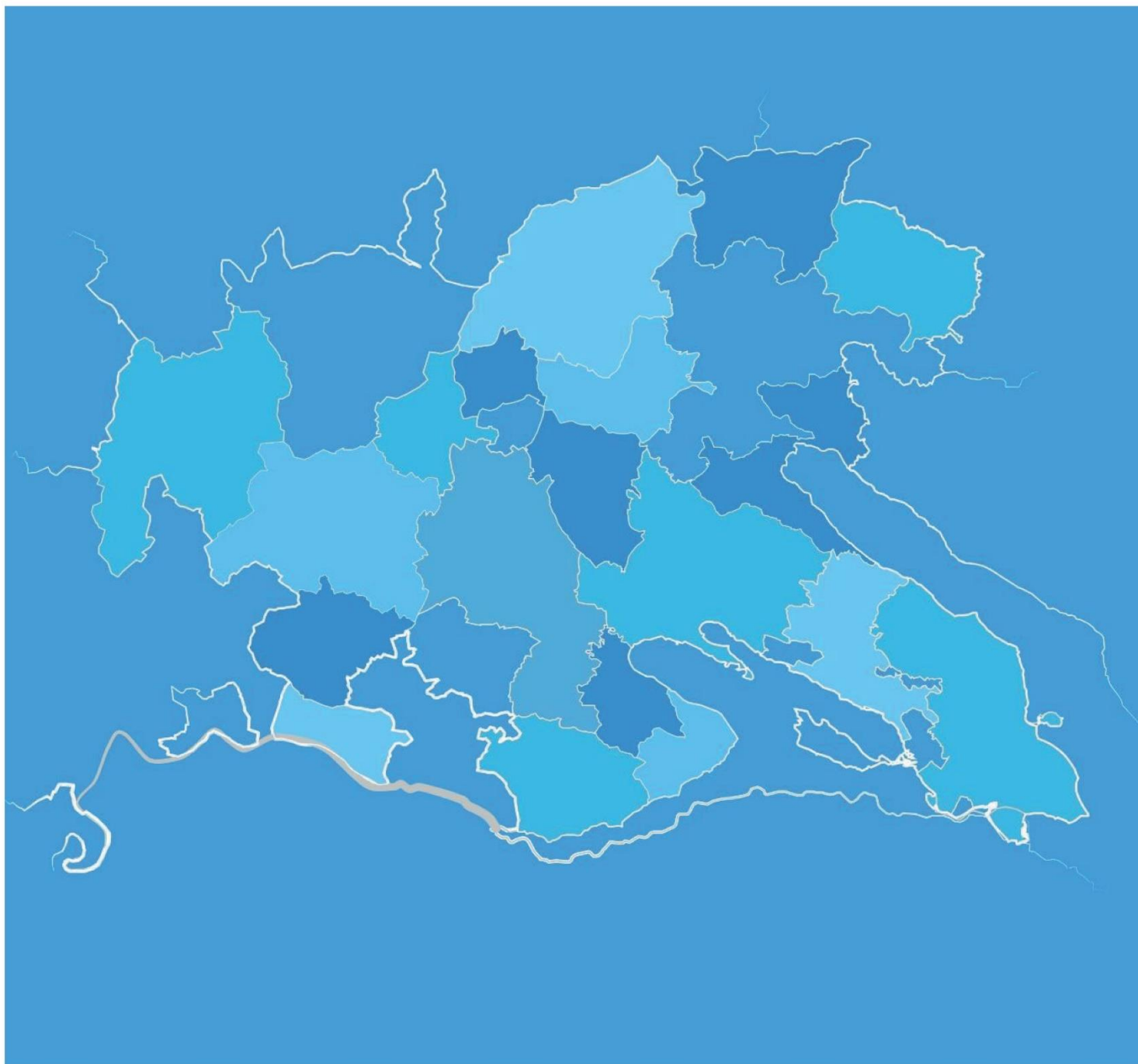




MONITOR ENERGIEWENDE

2020

LANDKREIS KONSTANZ



MONITOR ENERGIEWENDE

2020

LANDKREIS KONSTANZ

Impressum

Herausgeber

Landratsamt Konstanz

Benediktinerplatz 1
78467 Konstanz

Telefon: +49 7531 800-0

E-Mail: info@lrakn.de

Website: www.lrakn.de

Verfasser

HTWG Konstanz
Fachgebiet Energieeffizientes Bauen

Alfred-Wachtel-Straße 8
78462 Konstanz

E-Mail: energie.ag@htwg-konstanz.de

Web: www.energie.ag.htwg-konstanz.de

Autoren

Sven Simon M.A.

unter Mitarbeit von
Dr. Viola John
Prof. Dr.-Ing. Thomas Stark

Gestaltung & Titelbild

HTWG Konstanz
Fachgebiet Energieeffizientes Bauen

Druck

Online-Druck GmbH & Co. KG, Krumbach

Stand

18. Dezember 2020

Inhalt

1	Zusammenfassung	7
2	Rahmendaten	10
2.1	Energie- und Klimaschutzziele	10
2.2	Geographie und Flächennutzung	13
2.3	Bevölkerung	16
2.4	Wirtschaft und Arbeit.....	18
2.5	European Energy Award.....	20
3	Zielindikatoren.....	21
3.1	Endenergieverbrauch	21
3.1.1	Endenergieverbrauch pro Einwohner nach Energieträgern	22
3.1.2	Endenergieverbrauch pro Einwohner nach Verwendung	23
3.1.3	Anteile der Energieträger am Endenergieverbrauch	25
3.1.4	Endenergieverbrauch nach Sektoren	26
3.1.5	Veränderungen des Endenergieverbrauchs 2014 - 2017.....	27
3.1.6	Klimaschutzszenario 2035.....	29
3.2	Erneuerbare Energien	30
3.2.1	Erneuerbare Stromerzeugung	32
3.2.1.1	Autonomiegrad im Stromsektor	32
3.2.1.2	Entwicklung der Stromerzeugung durch EEG-Anlagen.....	32
3.2.1.3	Entwicklung der Photovoltaik.....	35
3.2.2	Erneuerbare Wärmebereitstellung.....	37
3.2.3	Nutzungsgrade lokaler erneuerbarer Energiepotenziale	38
3.2.3.1	Nutzungsgrad Photovoltaik.....	40
3.2.3.2	Nutzungsgrad Solarthermie	41
3.2.3.3	Nutzungsgrad Windenergie	42
3.2.3.4	Nutzungsgrad Bioenergie	43
3.3	Treibhausgasemissionen.....	46
3.3.1	Emissionsfaktoren.....	46
3.3.2	Energiebedingte CO ₂ -Emissionen: Quellenbilanz	48

3.3.3	Energiebedingte CO ₂ -Emissionen: Verursacherbilanz	49
3.3.3.1	Energiebedingte Treibhausgasemissionen nach Energieträgern	49
3.3.3.2	Energiebedingte Treibhausgasemissionen nach Sektoren	51
4	Die Sektoren	53
4.1	Verkehr	53
4.1.1	Modal Split	54
4.1.2	Radwegenetz	55
4.1.3	Transportfahräder	57
4.1.4	Schifffahrt	58
4.1.5	Neuzulassungen von Lastkraftwagen im Landkreis Konstanz	59
4.1.6	Pkw-Bestand	60
4.1.7	Pkw-Bestand pro 1.000 Einwohner	60
4.1.8	Neuzulassungen von Pkw nach Haltergruppen	64
4.1.9	Neuzulassungen von Pkw nach Hauptsegmenten	66
4.1.10	Elektrofahrzeuge	68
4.1.11	Ladeeinrichtungen	69
4.1.12	Berufspendler	72
4.1.13	Jahresfahrleistungen im Straßenverkehr insgesamt	73
4.1.14	Jahresfahrleistungen im Straßenverkehr pro Einwohner	77
4.1.15	Jahresfahrleistung der Pkw pro Einwohner im Landkreis	78
4.1.16	Jahresfahrleistung der Pkw pro Einwohner im Gebiet der Gemeinden	80
4.1.17	Geschätzte Jahresfahrleistung einheimischer Pkw pro Einwohner nach Gemeinden ..	80
4.1.18	Endenergieverbrauch des Straßenverkehrs nach Fahrzeugkategorien	82
4.1.19	Endenergieverbrauch des Pkw-Verkehrs	83
4.1.20	Endenergieverbrauch des Pkw-Verkehrs pro Einwohner	84
4.1.21	Treibstoffverbrauch der Pkw pro Einwohner nach Gemeinden	85
4.1.22	Treibhausgasemissionen des Straßenverkehrs	87
4.1.23	ÖPNV: Verkehrsverbund Hegau-Bodensee	88
4.1.24	Klimaschutzszenario	90
4.1.25	Alternative Klimaschutzszenarien im Vergleich	96
4.2	Haushalte / Wohnen	102

4.2.1	Durchschnittliche Haushaltsgröße	102
4.2.2	Durchschnittlicher Energiebedarf pro Haushalt nach Haushaltsgröße.....	105
4.2.3	Strombedarf der Haushalte.....	106
4.2.4	Beheizungsstruktur	109
4.2.5	Wärmepumpen	110
4.2.6	Gebäudesanierung	112
4.2.7	Wohnfläche pro Einwohner.....	115
4.2.8	Heizenergiebedarf der Wohngebäude.....	116
4.2.9	Treibhausgasemissionen aus der Wohngebäudebeheizung	117
4.2.10	Entwicklung von Effizienz und Konsum im Sektor Wohnen	118
4.2.11	Wärmebedarf der Haushalte in den Gemeinden	119
4.2.12	Endenergiebedarf der Haushalte für Wohnen	120
4.2.13	Endenergiebedarf der Haushalte insgesamt	121
4.2.14	Gebäudebeheizung - Trends und mögliche Ziele.....	122
4.3	Industrie	127
4.3.1	Endenergieverbrauch der Industrie nach Energieträgern	127
4.3.2	Endenergieverbrauch der Industrie pro Einwohner	128
4.3.3	Energieverbrauch der Industrie je erwerbstätige Person	128
4.3.4	Treibhausgasemissionen der Industrie.....	129
4.3.5	Industrie - Trends und mögliche Zielpfade	129
4.4	Gewerbe, Handel, Dienstleistung	131
4.4.1	Endenergiebedarf im Sektor GHD	132
4.4.2	Sektor GHD - Trends und mögliche Ziele.....	132
4.4.3	Energiebedarf je Quadratmeter im Mittelständischen Einzelhandel.....	134
4.5	Landwirtschaft.....	135
4.5.1	Direkter Energieverbrauch der Landwirtschaft	135
4.5.2	Indirekter Energieverbrauch	139
4.5.3	Endenergiebedarf der Landwirtschaft: Trend und mögliche Ziele	139
4.5.4	Energiebedarf der Gewächshäuser	140
4.5.5	Energiespar- und Klimaschutzpotenzial des ökologischen Landbaus.	142
4.5.6	Humusmehrer und Humuszehrer	145

4.5.7	Grünlandbasierte Viehhaltung	146
4.6	Exkurs: Konsum und Wertstoffe	147
4.6.1	Wertstoffaufkommen im Landkreis Konstanz	147
4.6.2	Papier	148
4.6.3	Kleidung	149
4.6.4	Baustoffe	150
5	Fazit.....	151
6	Quellen.....	153
7	Abbildungsverzeichnis	158

1 Zusammenfassung

Auf der Klimakonferenz der Vereinten Nationen in Paris 2015 wurde ein Klimaabkommen beschlossen, demzufolge die globale Erwärmung deutlich unter 2,0°C im Vergleich zum vorindustriellen Niveau gehalten und möglichst auf 1,5 °C begrenzt werden soll.

Im *Monitor Energiewende Landkreis Konstanz 2020* wurde der Stand der Energiewende im Landkreis Konstanz erhoben und die bisherige Entwicklung mit den Zielen des Pariser Klimaabkommens abgeglichen. Dabei lag der Fokus auf der Frage, ob die aktuellen Trends im Landkreis noch mit dem Ziel des Klimaabkommens vereinbar sind. Dazu wurden Szenarien für alle Sektoren entwickelt, die einen vollständigen Verzicht auf fossile Energien bis spätestens 2035 als Ziel verfolgen. In der Summe ergibt sich aus den Szenarien für die einzelnen Sektoren ein Klimaschutzszenario, das als Grundlage für die weitere Diskussion dienen soll.

Im Zuge dessen haben sich einige der bereits bekannten Stellschrauben als besonders bedeutend für das Erreichen der Klimaschutzziele von Paris erwiesen. Hier sind vor allem der Ausbau der erneuerbaren Energien, die Gebäudesanierung sowie der Umstieg auf Wärmepumpen, Elektromobilität, öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) und Radverkehr zu nennen. In all diesen Punkten vollzieht sich die Energiewende im Landkreis Konstanz deutlich zu langsam, um das 1,5-Grad-Ziel erreichen zu können. Allerdings zeigt sich beim Blick auf die bisherige Entwicklung auch, dass zumindest der Konsum nicht mehr so stark zunimmt, wie dies noch vor wenigen Jahren der Fall war. So hat sich beispielsweise die pro Person genutzte Wohnfläche seit 2011 kaum noch vergrößert. Deshalb wirken sich Steigerungen der technischen Effizienz inzwischen stärker aus. Eine Ausnahme stellt dabei weiterhin der Verkehrssektor dar. Zwar hat sich auch die Fahrleistung der Pkw pro Einwohner nicht mehr weiter erhöht, doch weist der spezifische Treibstoffverbrauch nach vielen Jahren des Rückgangs neuerdings erstmals wieder eine steigende Tendenz auf. Zudem nimmt die Jahresfahrleistung der leichten Nutzfahrzeuge weiter deutlich zu, was die geringen erreichten Einsparungen beim Pkw-Verkehr zunehmend kompensiert. Zu bedenken ist auch, dass die erfolgte Reduktion des Endenergieverbrauchs pro Person zu großen Teilen auf demografische Ursachen zurückzuführen sein könnte.

Energieverbrauch und CO₂-Emissionen

Während der Endenergieverbrauch im Landkreis insgesamt weiter steigt, sinkt der Verbrauch pro Person. Dies ist teilweise auf eine erhöhte technische Effizienz zurückzuführen. Den größten Effekt scheint aber vor allem der Zuzug von Bevölkerungsgruppen zu haben, deren Energieverbrauch typischerweise unter dem Durchschnitt der übrigen erwachsenen Bevölkerung liegt. So hatte z. B. der Anstieg der Studierendenzahlen an den Hochschulen in Konstanz einen erheblichen Anteil am überdurchschnittlichen Bevölkerungswachstum der Jahre 2014 bis 2016. Ähnliches trifft auf Geflüchtete aus Kriegs- und Krisengebieten zu. Infolgedessen wurden die bisherigen Trends zu größeren Wohnflächen und einer höheren Pkw-Fahrleistung pro Einwohner unterbrochen. Ebenfalls positiv wirkt sich auf Energieverbrauch und Treibhausgasemissionen aus, dass der Anteil der Wärmepumpen am Neubau von Wärmeerzeugern merklich gestiegen ist. Hinzu kommt ein wachsender Anteil des ökologischen Landbaus an der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Defizite bestehen vor allem im Bereich der Mobilität und bei der Gebäudesanierung. Gleichzeitig besteht hier jedoch auch noch das größte Nachholpotenzial: Würden ab Mitte der 2020er Jahre keine mit fossilen Energien betriebenen Heizungen mehr eingebaut und keine mit fossilen Treibstoffen betriebenen Pkw mehr zugelassen, wäre ein großer Schritt getan, die globale Erwärmung auf höchstens 1,75°C zu begrenzen. Allerdings müsste der Austausch der Heizungen auch

deutlich beschleunigt werden. Aktuell liegt der Endenergiebedarf mit knapp 25,7 MWh pro Einwohner um 130 Prozent über dem Zielwert für das Jahr 2035. Der CO₂-Ausstoß lag daher, je nach Berechnungsweise, mit 7,7 bis 8,9 Tonnen¹ immer noch beim 5,5- bis 7,4-fachen des Wertes, der dem Budget des 1,5-Grad-Ziels entspricht.

Erneuerbare Energien

Im Jahr 2017 betrug die Stromerzeugung der EEG-Anlagen im Landkreis Konstanz 277 GWh. Damit lag die Erzeugung um 1,1 Prozent über dem Vergleichswert des Jahres 2014. Die Stromerzeugung lokaler EEG-Anlagen entsprach im Jahr 2017 rund 18 Prozent des Stromverbrauchs. Etwa die Hälfte des Endenergiebedarfs des Landkreises entfällt auf den Wärmebedarf, welcher geschätzt zu 8 Prozent mit erneuerbaren Energien (ohne Strom) gedeckt wurde, die jedoch nicht vollständig aus lokalen Quellen stammen. Mit einem Anteil von ca. 90 Prozent stellt Biomasse den größten Anteil der erneuerbaren Wärme. Den größten Anteil erneuerbarer Energien weist mit ca. 19 Prozent der Sektor Wohnen auf. Einen erheblichen Beitrag dazu leistete importierter Strom. Besonders gering war der Anteil der erneuerbaren Energien mit rund 5 Prozent im Verkehrssektor. Diese wurden zudem fast vollständig importiert. Insgesamt wurden 2017 knapp 8 Prozent des Endenergieverbrauchs aus regionalen erneuerbaren Quellen gedeckt. Das Ziel der Landesregierung für 2020 liegt bei 25 Prozent.

Stellschrauben

Sollen die Emissionen im Landkreis Konstanz auf ein Maß reduziert werden, das mit dem 1,5-Grad-Ziel vereinbar ist, muss vor allem der Verbrauch an erdölbasierten Energieträgern und Erdgas in kurzer Zeit deutlich reduziert werden. Besonders große Mengen dieser Energieträger werden in den Sektoren Wohnen und Verkehr verbraucht. Allerdings bieten gerade in diesen Sektoren verschiedene Technologien und Maßnahmen besonders große Einsparpotenziale, sodass der Endenergieverbrauch hier um deutlich mehr als die Hälfte reduziert werden könnte. Als besonders wichtig werden die folgenden Stellschrauben angesehen:

- Sektor Mobilität
 - Umstieg auf Elektromobilität, insbesondere bei Pkw und leichten Nutzfahrzeugen
 - Schneller Ausbau der Ladeinfrastruktur
 - Reduktion der Pkw-Fahrleistung durch Verlagerung von Personentransportleistung auf ÖPNV und Fahrradverkehr (Jobticket, Job-Bike, Co-Working, Transporträder, etc.).
 - Reduktion des Verkehrs von leichten und schweren Nutzfahrzeugen, z. B. durch dezentrale Versorgung (Stadt der kurzen Wege) und den Einsatz von kleinen E-Transporten und Cargo-Fahrrädern.
- Wohnen
 - Maßnahmen zur Vergrößerung der Solaranlagenfläche auf Gebäuden
 - Kein Neubau von Öl- und Gasheizungen
 - Verstärkter Austausch von Öl- und Erdgasheizungen durch Wärmepumpen.
 - Nutzung der Abwärme von Biogasanlagen
- Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD)

¹ 7,7 Tonnen pro Einwohner ergeben sich bei einer Berechnung ohne Vorketten. Auf 8,9 Tonnen summieren sich die Emissionen unter Berücksichtigung der Vorketten.

- Maßnahmen zur Erhöhung der Sanierungsquote
 - Kein Neubau von Öl- und Gasheizungen
 - Verstärkter Austausch von bestehenden Öl- und Erdgasheizungen durch Wärmepumpen.
 - Umstieg auf erneuerbare Energieträger
 - Kreislaufwirtschaft (Bsp.: Cradle to Cradle)
- Industrie und produzierendes Gewerbe
 - Umstieg auf erneuerbare Energieträger
 - Elektrifizierung (sofern möglich)
 - Kreislaufwirtschaft (Bsp.: Cradle to Cradle)
 - Ausschöpfen von Effizienzpotenzialen (z. B. Raumklimatisierung, Leitungsisolation, Beleuchtung)
- Landwirtschaft
 - Unterstützung beim Umstieg auf ökologische Wirtschaftsweise
 - Nutzung von Agrophotovoltaik, insbesondere auf Grünland
 - Unterstützung beim Umstieg auf mehrjährige Energiepflanzen und Aufbau von Humusvorräten
 - Förderung des Umstiegs auf grünlandbasierte Viehhaltung
 - Umstieg auf elektrifizierte Landmaschinen

Hinweis zur Datengrundlage

Die dargestellten Ergebnisse beruhen soweit dies möglich war auf realen Daten aus dem Landkreis Konstanz, die unter anderem durch das Landratsamt Konstanz, die Energieagentur Kreis Konstanz, die KEA Baden-Württemberg, die Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW), das Statistische Landesamt Baden-Württemberg, die Bundesnetzagentur, die IG Hegauwind, die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW), den Bundesverband Wärmepumpe (BWP) e.V., das Kraftfahrt-Bundesamt (KBA), die Bodensee-Schiffsbetriebe GmbH (BSB) und den Verkehrsverbund Hegau-Bodensee (VHB) zur Verfügung gestellt wurden. Indikatoren, die vollständig auf solch spezifischen Daten zum Landkreis beruhen, sind mit einem grünen Punkt gekennzeichnet.

In diverse Indikatoren fließen zudem landes- oder bundesweite Durchschnittswerte ein, die etwa durch das Umweltbundesamt, das Statistische Bundesamt, das Statistische Landesamt Baden-Württemberg, den Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e. V. (BDEW), die Agentur für Erneuerbare Energien (AEE) oder das Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) veröffentlicht werden. Dies betrifft etwa den spezifischen Treibstoffverbrauch im Straßenverkehr je 100 Kilometer Fahrleistung, den Energieverbrauch des öffentlichen Personennahverkehrs je Personenkilometer oder den Energieverbrauch der Landwirtschaft je Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche. Indikatoren, in die überwiegend spezifische Daten des Landkreises aber auch landes- oder bundesweite Durchschnittswerte einfließen, sind mit einem gelben Punkt gekennzeichnet.

Indikatoren, die überwiegend auf Schätzungen anhand von landes- oder bundesweiten Durchschnittswerten beruhen, welche über die Bevölkerung oder die Flächennutzung auf den Landkreis übertragen wurden, sind mit einem orangefarbenen Punkt markiert.

2 Rahmendaten

2.1 Energie- und Klimaschutzziele

Die für das Klimaschuttszenario gewählten Beispielzielpfade für Endenergieverbrauch und Treibhausgasemissionen sind von den Beschlüssen des Pariser Klimaschutzabkommens abgeleitet, die Erderwärmung im globalen Mittel auf deutlich unter 2,0°C (möglichst 1,5°C) im Vergleich zum vorindustriellen Niveau zu begrenzen. Laut dem Sonderbericht des Weltklimarats (IPCC) über „1,5 Grad Celsius globale Erwärmung“ können seit Ende des Jahres 2017 noch knapp 420 Gigatonnen CO₂ in die Atmosphäre abgegeben werden, wenn das 1,5-Grad-Ziel nicht verfehlt werden soll. Da die Welt jedoch jedes Jahr circa 42 Gigatonnen CO₂-Äquivalent ausstößt, dürfte dieses Budget bereits im Jahr 2027 aufgebraucht sein, wenn die Staaten ihren Treibhausgasausstoß in den Jahren 2020 bis 2026 nicht deutlich senken. Teilt man das ab dem Jahr 2017 verbleibende Budget auf die Weltbevölkerung auf, um das pro Person verbleibende Budget zu erhalten, muss man das Wachstum der Weltbevölkerung berücksichtigen. Aktuell leben ca. 7,8 Milliarden Menschen auf der Erde. Die UN rechnen bis 2050 mit einem Anwachsen der Weltbevölkerung auf ca. 9 Milliarden Menschen. Nimmt man den Mittelwert von 8,6 Milliarden Menschen, der nach der UN-Prognose ungefähr im Jahr 2030 erreicht werden dürfte, für die Berechnung des Budgets, so stand zu Beginn des Jahres 2018 mit Blick auf das 1,5-Grad-Ziel pro Person noch ein Budget von 49 Tonnen zur Verfügung. Soll dagegen eine globale Klimaerwärmung von Zwei-Grad auf jeden Fall vermieden werden, dürfen ab dem Jahr 2017 weniger als ca. 1.170 Gigatonnen emittiert werden. Bleibt der globale Ausstoß auf dem aktuellen Niveau, wäre dieses Budget spätestens im Jahr 2044 ausgeschöpft. Sogenannte Kippelemente könnten jedoch dazu führen, dass der Klimawandel sich schon vorher selbst beschleunigt und eine unkontrollierbare Eigendynamik entwickelt. Je näher die Erwärmung der Marke von 2°C kommt, desto größer ist nach Einschätzung des Weltklimarates das Risiko einer solchen Eigendynamik. Daher einigte man sich in Paris darauf, möglichst deutlich unter der Marke von 2,0°C zu bleiben. Das 1,5°Grad-Ziel in Deutschland allein durch Maßnahmen im Energiesektor einhalten zu können, erscheint zugleich nicht mehr realistisch: In Deutschland wurden im Jahr 2017 laut Umweltbundesamt insgesamt 904,7 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent freigesetzt. Die Einwohnerzahl in Deutschland betrug am Ende des Jahres 2017 laut dem Statistischen Bundesamt rund 82,79 Millionen. Demnach wurden im Jahr 2017 pro Person rund 10,9 Tonnen CO₂-Äquivalent emittiert.

In den Jahren 2018 bis 2020 werden die Einwohner Deutschlands nach vorläufigen Angaben des Umweltbundesamtes pro Person rund 29 Tonnen CO₂-Äq. ausgestoßen haben. Dies entspricht rund 60 Prozent des Budgets, das zu Beginn des Jahres 2018 für das 1,5-Grad-Ziel noch zur Verfügung stand. Folglich beträgt das verbleibende Budget zu Beginn des Jahres 2021 noch ca. 20 Tonnen. Das „1,5-Grad-Ziel-Budget“ wird daher aller Voraussicht nach im Laufe des Jahres 2023 oder des Jahres 2024 aufgebraucht sein. Die Zielpfade des Klimaschuttszenarios 1 für Endenergieverbrauch und energiebedingte THG-Emissionen entsprechen daher dem Richtwert von 1,75°C, der noch deutlich unter dem des Zwei-Grad-Ziels liegt und noch erreicht werden kann. Das zum Jahresbeginn 2021 verbleibende Budget beträgt in diesem Fall noch ca. 63 Tonnen CO₂-Äq. pro Einwohner. Da der Energiesektor allerdings nicht für 100 Prozent der Emissionen Deutschlands verantwortlich ist, erscheint es sinnvoll, diesen Richtwert als Obergrenze zu definieren und im Energiesektor möglichst deutlich unter den 63 Tonnen Gesamtemissionen pro Einwohner zu bleiben.

Zudem bietet es sich an, die Maßnahmen im Energiesektor mit Maßnahmen in den Bereichen Landnutzung und Ernährung zu verbinden, wie z. B. durch Bodenhumusanreicherung mithilfe mehrjähriger Energiepflanzen, eine Umstellung auf ökologischen Landbau und eine Reduktion des Verbrauchs tierischer Produkte. In Kombination mit weiteren Kompensationsmaßnahmen sollte es mit dem Einhalten des Richtwertes als Obergrenze auch möglich sein, unterhalb einer Erwärmung von 1,75°C zu bleiben.

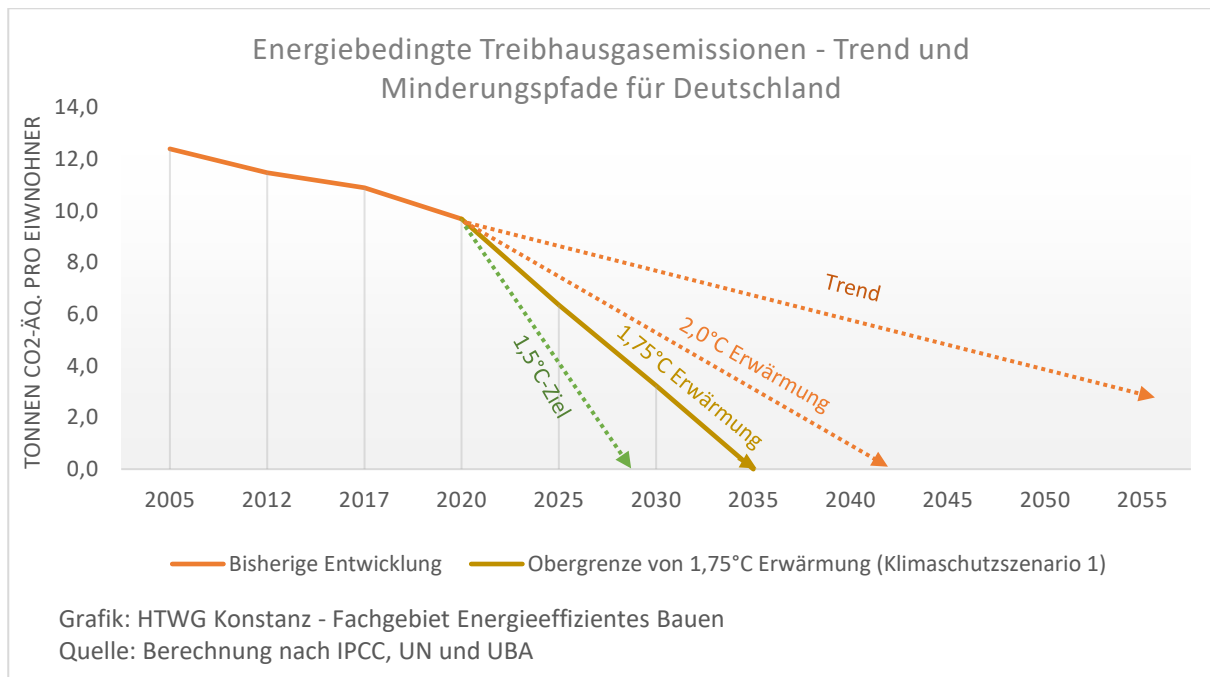


Abbildung 1: Treibhausgasemissionen pro Person - Trend und mögliche Zielpfade

Zielpfade für den Endenergieverbrauch

Rund 85 Prozent der Treibhausgasemissionen Deutschlands sind energiebedingt (UBA, 2020b). Es ist daher mit Blick auf die Klimaschutzziele entscheidend, möglichst frühzeitig auf den Verbrauch fossiler Energien zu verzichten. Aus diesem Grund muss der Endenergieverbrauch bis spätestens 2035 auf jenes Maß reduziert werden, das vollständig mit erneuerbaren Energien gedeckt werden kann, wenn die Obergrenze von 1,75 Grad Erwärmung nicht überschritten werden soll.

Welcher Bedarf in Deutschland mit erneuerbaren Energien gedeckt werden kann, hängt zum einen von der Ausschöpfung der inländischen Energiepotenziale ab, zum anderen von möglichen zusätzlichen erneuerbaren Energieimporten. Die Größe der Importpotenziale ist noch ungewiss. Im Inland wird das technische Potenzial von Bioenergie, Windenergie, Photovoltaik, Wasserkraft und Geothermie auf ca. 1.053 TWh pro Jahr geschätzt, was etwa 42 Prozent des Endenergieverbrauchs entspricht. Davon entfallen rund 400 TWh auf Bioenergie, 390 TWh auf Windenergie, 212 TWh auf Photovoltaik, 26 TWh auf tiefe Geothermie, 25 TWh auf Wasserkraft (vgl. AEE, 2020). Die Wasserkraft ist bereits weitgehend ausgeschöpft und das Windenergiepotenzial dürfte aufgrund baurechtlicher und ökologischer Einschränkungen sowie mangelnder Akzeptanz nur in vergleichsweise geringem Umfang ausschöpfbar sein. Etwas größer dürfte der nutzbare Anteil der Photovoltaik- und Bioenergiepotenziale sein. Allerdings ist hier unter anderem noch ungewiss, in welchem Umfang das umsetzbare Dachflächenphotovoltaikpotenzial in den verbleibenden 15 Jahren bis 2035 erschlossen werden kann. Es erscheint daher wahrscheinlich, dass das umsetzbare Potenzial der genannten erneuerbaren Energien bis 2035 deutlich unterhalb ihres technischen Potenzials liegt. Technologien, wie die noch in der Erprobung befindliche Agro-Photovoltaik (auf Grünland oder Ackerland), können allerdings das Potenzial der Photovoltaik bis 2035 deutlich steigern, möglicherweise gar verdoppeln, da ihre Potenziale in vergleichsweise kurzer Zeit umsetzbar sind.

Geht man daher vereinfachend von einem umsetzbaren Potenzial von ca. 1.000 TWh aus, stehen pro Einwohner bis zu 12 MWh pro Jahr zur Verfügung. Unter Berücksichtigung der geringeren Bioenergiepotenziale im Südwesten Deutschlands und des erwarteten Bevölkerungswachstums bis 2035 (vgl. STL BW, 2020), wird das verfügbare Potenzial im Kreis Konstanz auf ca. 11,1 MWh geschätzt.

Der in Abbildung 2 dargestellte Zielpfad zeigt den Weg der erforderlichen Endenergieeinsparung bis 2050 sowie den gleichzeitig notwendigen Anstieg des Anteils erneuerbarer Energien. Der

Endenergieverbrauch im Landkreis muss von rund 25.700 kWh pro Einwohner im Jahr 2017 auf rund 11.100 kWh pro Einwohner und Jahr sinken, der Anteil der erneuerbaren Energien muss von knapp 13 auf 100 Prozent erhöht werden.

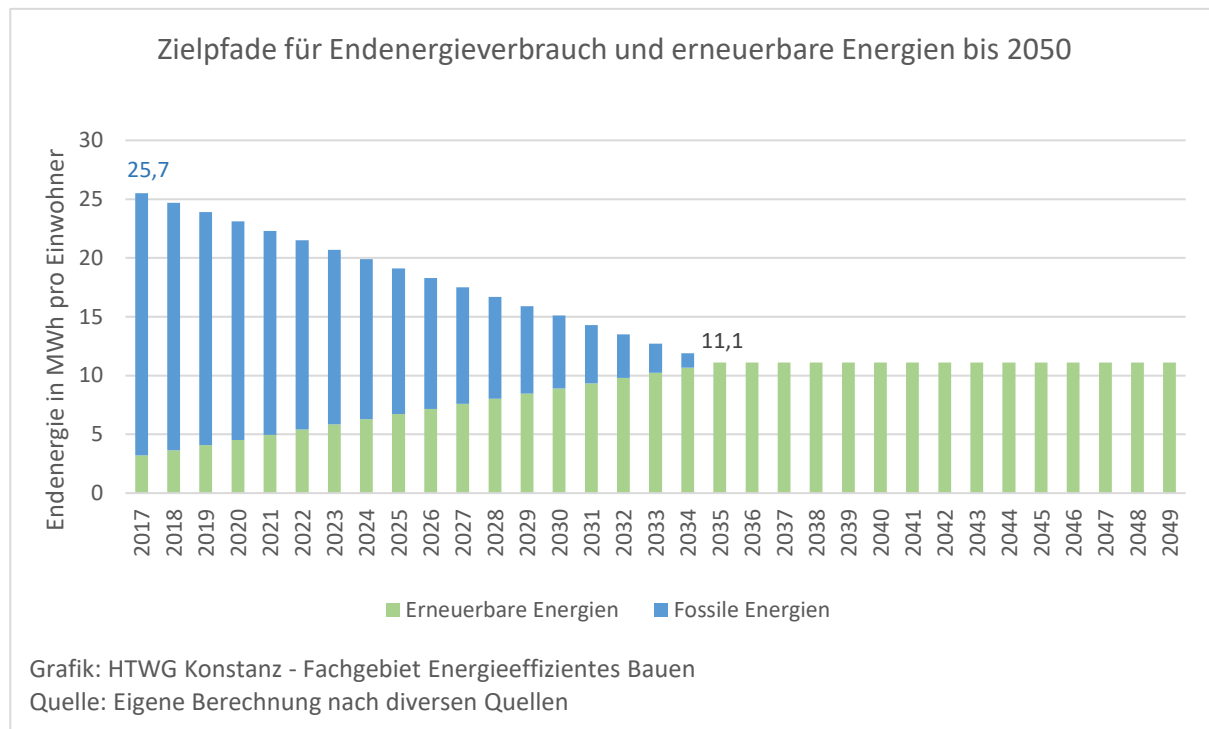


Abbildung 2: Zielpfade Endenergieverbrauch und erneuerbare Energien bis 2050

2.2 Geographie und Flächennutzung

Der Landkreis Konstanz liegt an der südlichen Grenze Deutschlands am Dreiländereck Deutschland-Schweiz-Österreich und umfasst 25 Städte und Gemeinden. Laut Klimaatlas Baden-Württemberg liegt die mittlere Globalstrahlung bei rund 1.130 kWh/m².

Die größten Anteile an der Flächennutzung und zugleich die energetisch größte Bedeutung haben landwirtschaftliche Flächen mit rund 48 Prozent, Waldflächen mit rund 32 Prozent sowie Siedlungs- und Verkehrsflächen mit rund 16 Prozent (Stand 2017).

Die aktuellsten differenzierten Daten zur landwirtschaftlichen Nutzfläche liegen für das Jahr 2016 vor. Die Siedlungs- und Verkehrsfläche ist zwischen den Jahren 2010 und 2017 um 2,7 Prozent gewachsen. Dabei fiel das Wachstum der Siedlungsfläche mit 3,5 Prozent deutlich größer aus als das Wachstum der Verkehrsfläche mit 1,4 Prozent. Während die Waldfläche nahezu konstant geblieben ist und das Dauergrünland (LNF) um 1,5 Prozent zugenommen hat, gingen die Zuwächse der Siedlungs- und Verkehrsflächen hauptsächlich zulasten der Ackerflächen. Hier ist ein Verlust von 2,8 Prozent zu verzeichnen, was rund 78 Hektar pro Jahr entspricht.

Mit dem erfolgten Verlust an landwirtschaftlicher Fläche hat der Landkreis ein Ernährungspotenzial eingebüßt, das ausgereicht hat, um – je nach Ernährungsweise - zwischen 1.400 und mehr als 3.500 Menschen vollwertig zu ernähren (vgl. Destatis 2013, S. 7 und TLL 2010, S. 22).

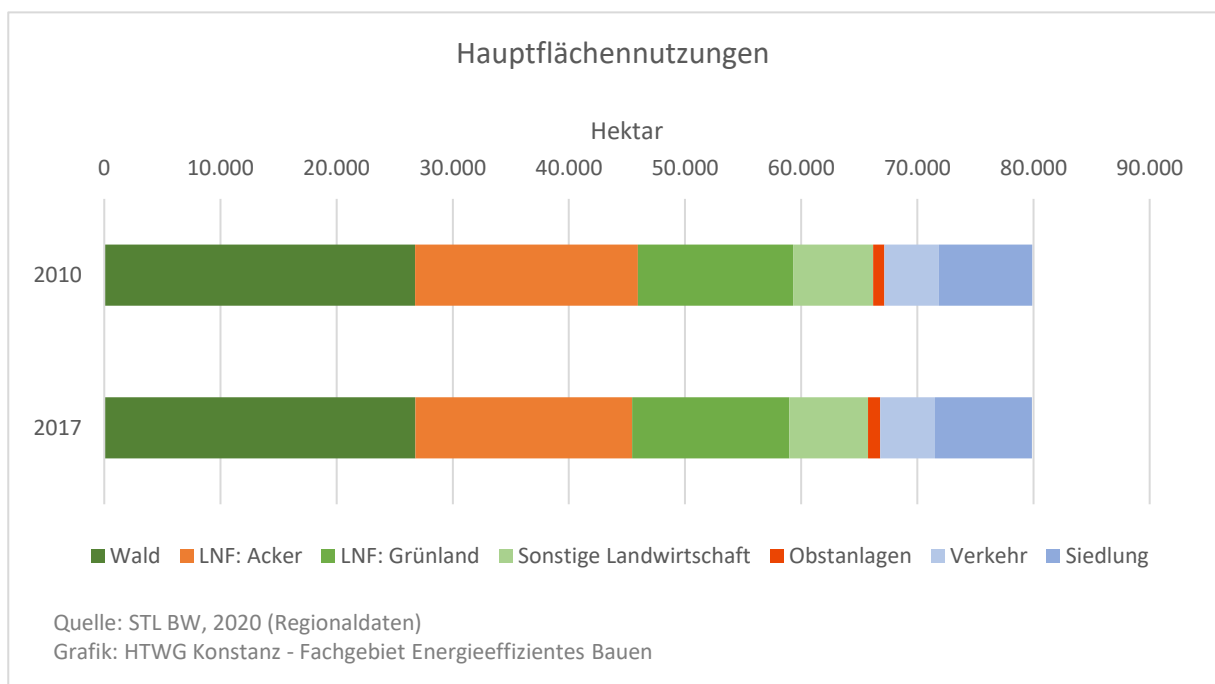


Abbildung 3: Hauptflächennutzungen in Hektar

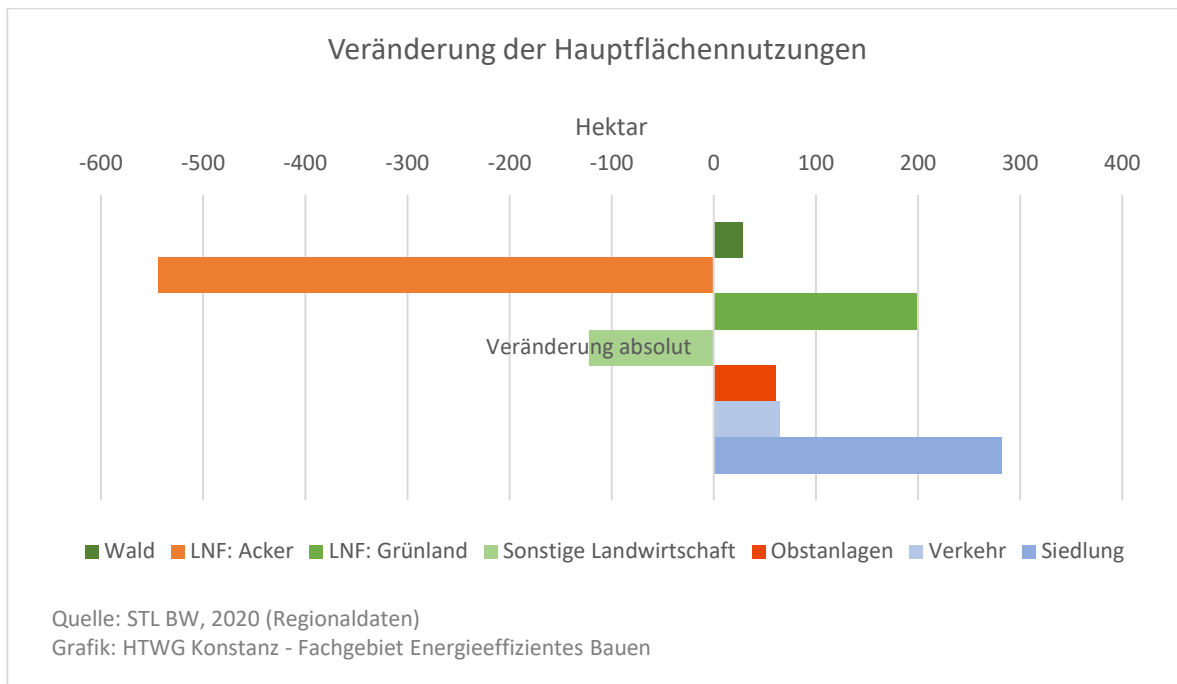


Abbildung 4: Veränderungen der Flächennutzung 2010 – 2017 absolut (Hektar)

In Abbildung 4 sind die absoluten Veränderungen der Hauptflächennutzungsarten dargestellt, die für die Ernährungspotenziale sowie für die Solar- und Bioenergiepotenziale besonders wichtig sind.

In Abbildung 5 sind die Veränderungen in Prozent dargestellt. Besonders negativ wirkt sich der große Rückgang der Ackerflächen um 2,8 Prozent auf die Ernährungs- und Energiepotenziale aus.

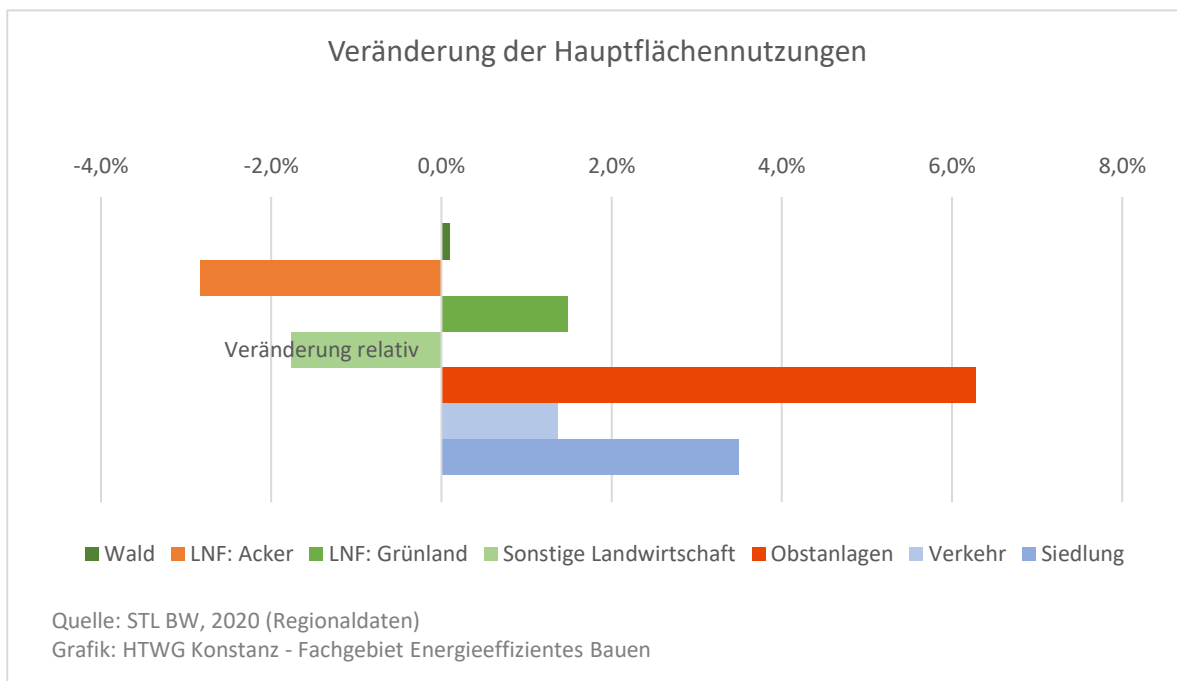


Abbildung 5: Veränderungen der Flächennutzung 2010 – 2017 relativ (Prozent)

In Abbildung 6 sind die relativen Veränderungen der wichtigsten Flächennutzungsarten seit dem Jahr 2010 pro Einwohner dargestellt. Während die Siedlungsfläche absolut deutlich gewachsen ist, stand pro Einwohner aufgrund des starken Bevölkerungswachstums eine geringere Siedlungsfläche zur Verfügung als im Jahr 2010. Pro Person haben aber vor allem Ackerland, Wald und Dauergrünland an Fläche eingebüßt. Mit rund 8 Prozent ist der Verlust an Ackerland mit Blick auf die Nahrungs- und Energiepotenziale besonders relevant.

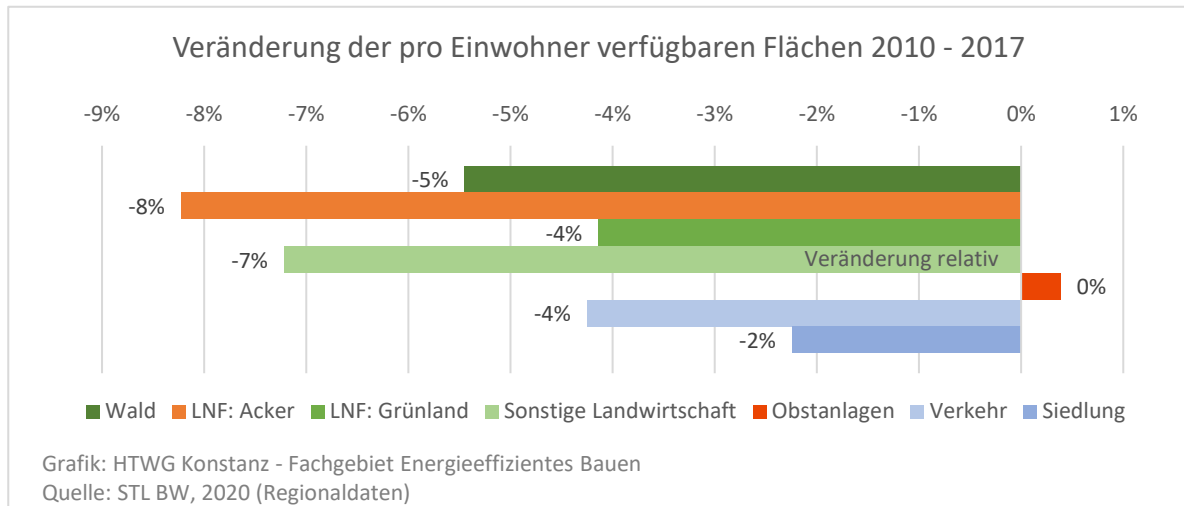


Abbildung 6: Entwicklung der pro Einwohner verfügbaren Flächen 2010 – 2017 (Prozent)

Bei heutigen Ernährungsgewohnheiten benötigt eine Person in Deutschland im Durchschnitt rund 0,23 Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche (vgl. Destatis 2019, S. 8). Etwa ein Viertel der von Deutschland für Ernährung beanspruchten Fläche befand sich bereits im Jahr 2010 im Ausland, im Jahr 2017 waren es immer noch 26 Prozent. Im Landkreis Konstanz standen im Jahr 2017 infolge von Flächenverbrauch und Bevölkerungswachstum mit 0,117 Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche (LNF) pro Einwohner nur noch rund 94 Prozent der Fläche zur Verfügung, die noch 2010 genutzt werden konnte. Theoretisch wäre jedoch immer noch eine vollständige Selbstversorgung möglich, wenn sich die Ernährungsgewohnheiten ändern würden und die Verschwendung minimiert werden könnte (vgl. TLL, S. 22). Wenn sich die Entwicklung weiterhin so vollzieht wie zwischen den Jahren 2010 und 2017, wird eine hundertprozentige Selbstversorgung jedoch schon in einigen Jahren nicht einmal mehr theoretisch möglich sein.

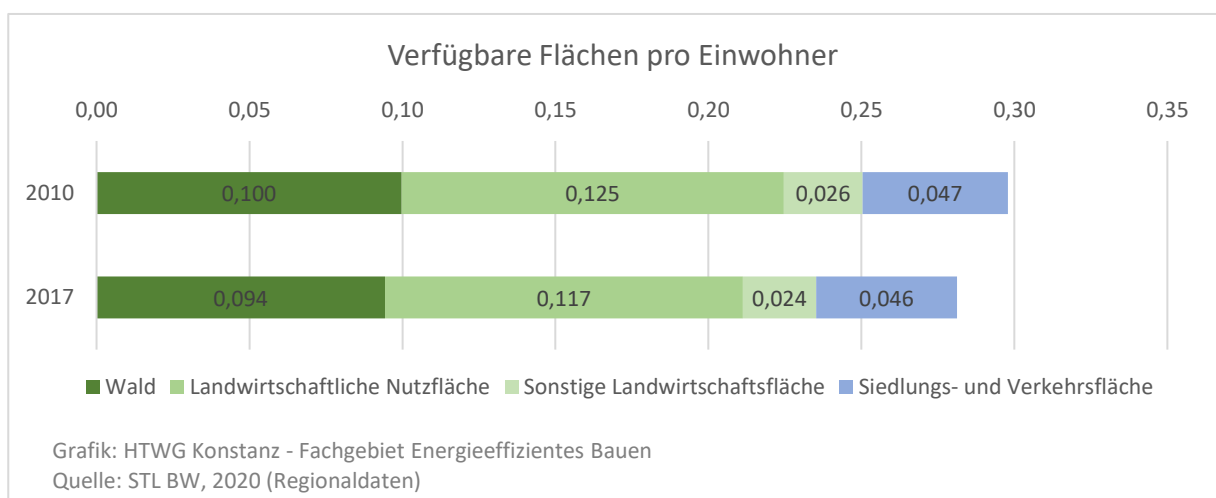


Abbildung 7: Verfügbare forst- und landwirtschaftliche Flächen pro Einwohner

2.3 Bevölkerung

Die Bevölkerung im Landkreis Konstanz ist zwischen dem Jahr des Zensus 2011 und dem Jahr 2018 deutlich gewachsen: Im Jahr 2018 zählte der Landkreis 285.325 Bürger und damit rund 17.000 mehr als im Jahr 2011. Das entspricht einem Bevölkerungswachstum um 6,4 Prozent in 7 Jahren.

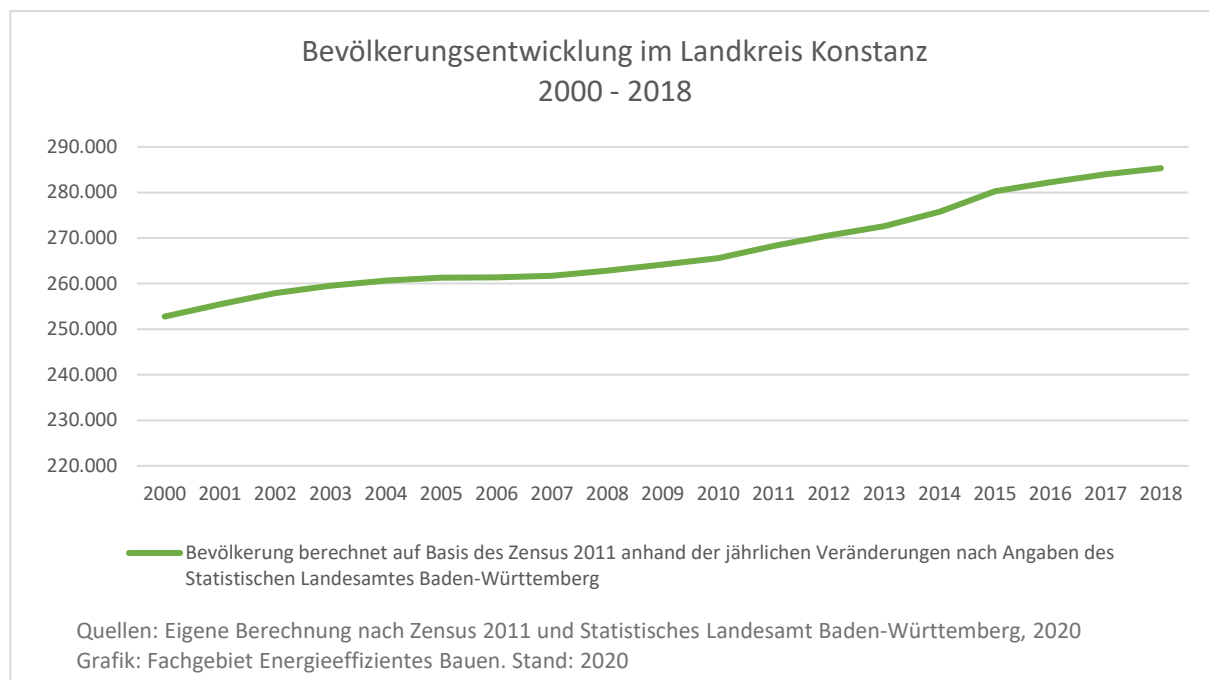


Abbildung 8: Bevölkerungsentwicklung im Landkreis Konstanz

Ein hoher Bevölkerungszuwachs wirkt sich erheblich auf den gesamten Energie- und Ressourcenbedarf eines Landkreises aus. Die Landkreise Baden-Württembergs und ihre einzelnen Gemeinden unterscheiden sich in ihrer Bevölkerungsentwicklung jedoch erheblich. Stark wachsende Kreise und Gemeinden sind kaum in der Lage, ihren Gesamtenergieverbrauch zu senken. Um Fortschritte im Bereich der Energiewende dennoch vergleichbar zu machen, wurde für den vorliegenden Bericht deshalb stets auch der Verbrauch pro Person berechnet.

Anteil der Studierenden

Im Jahr 2018 lag der Anteil der Studierenden, die an der Universität und der Hochschule Konstanz eingeschrieben waren, bei rund 5,7 Prozent an der Gesamtbevölkerung des Landkreises. Im Jahr 2011 lag er bei 5,5 Prozent. Der Anteil der Studierenden an der Gesamtbevölkerung wird hier näher betrachtet, weil er sich auf mehrere für den Energieverbrauch relevante Indikatoren auswirkt. Besonders betrifft dies beispielsweise die Zahl der Personen pro Haushalt, die Wohnfläche pro Person, die Zahl der Pkw pro 1.000 Personen oder den sogenannten Modal Split im Straßenverkehr (vgl. Rauth, 2011). So wohnen Studierende häufig auf geringer Wohnfläche in Wohnheimen oder in Wohngemeinschaften, die nicht selten mehr als zwei Mitbewohner zählen. Auch nutzen sie deutlich überdurchschnittlich häufig das Fahrrad oder öffentliche Verkehrsmittel zur Fortbewegung im Straßenverkehr.

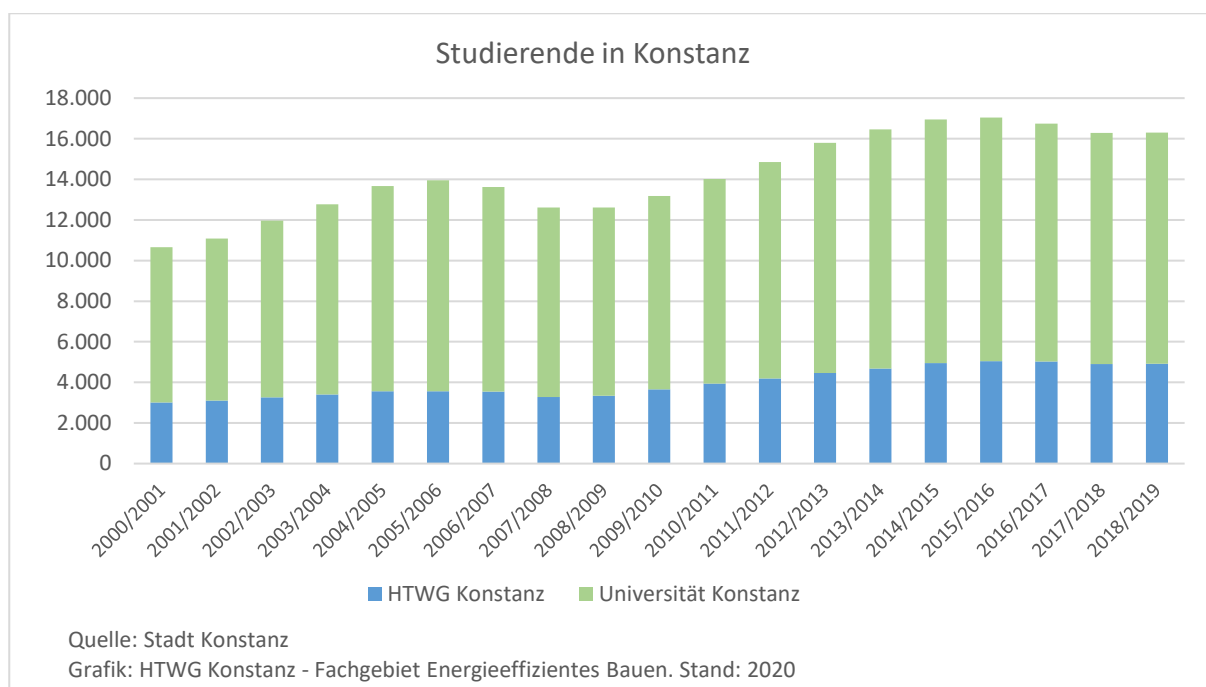


Abbildung 9: Studierende in Konstanz

2.4 Wirtschaft und Arbeit

Die Zahl der Erwerbstätigen am Arbeitsort im Landkreis Konstanz lag im Jahr 2017 bei 147.400. Im Zeitraum zwischen 2000 und 2010 hat die Zahl der Erwerbstätigen am Arbeitsort um 4 Prozent zugenommen, im Zeitraum 2010 bis 2017 um 12 Prozent. Damit hat sich die Zunahme der Erwerbstätigenzahl nach 2010 deutlich beschleunigt. Der Zuwachs findet fast ausschließlich in den Dienstleistungsbereichen statt, während die Zahl der Erwerbstätigen im produzierenden Gewerbe und in der Landwirtschaft zurückgeht. Rund 74 Prozent der Erwerbstätigen arbeiteten im Jahr 2017 im Dienstleistungsbereich, 24 Prozent im produzierenden Gewerbe und nur noch 1,6 Prozent in Land- und Forstwirtschaft. Die Entwicklung der Erwerbstätigenzahlen in den drei Sektoren ist in Abbildung 10 summiert abgebildet.

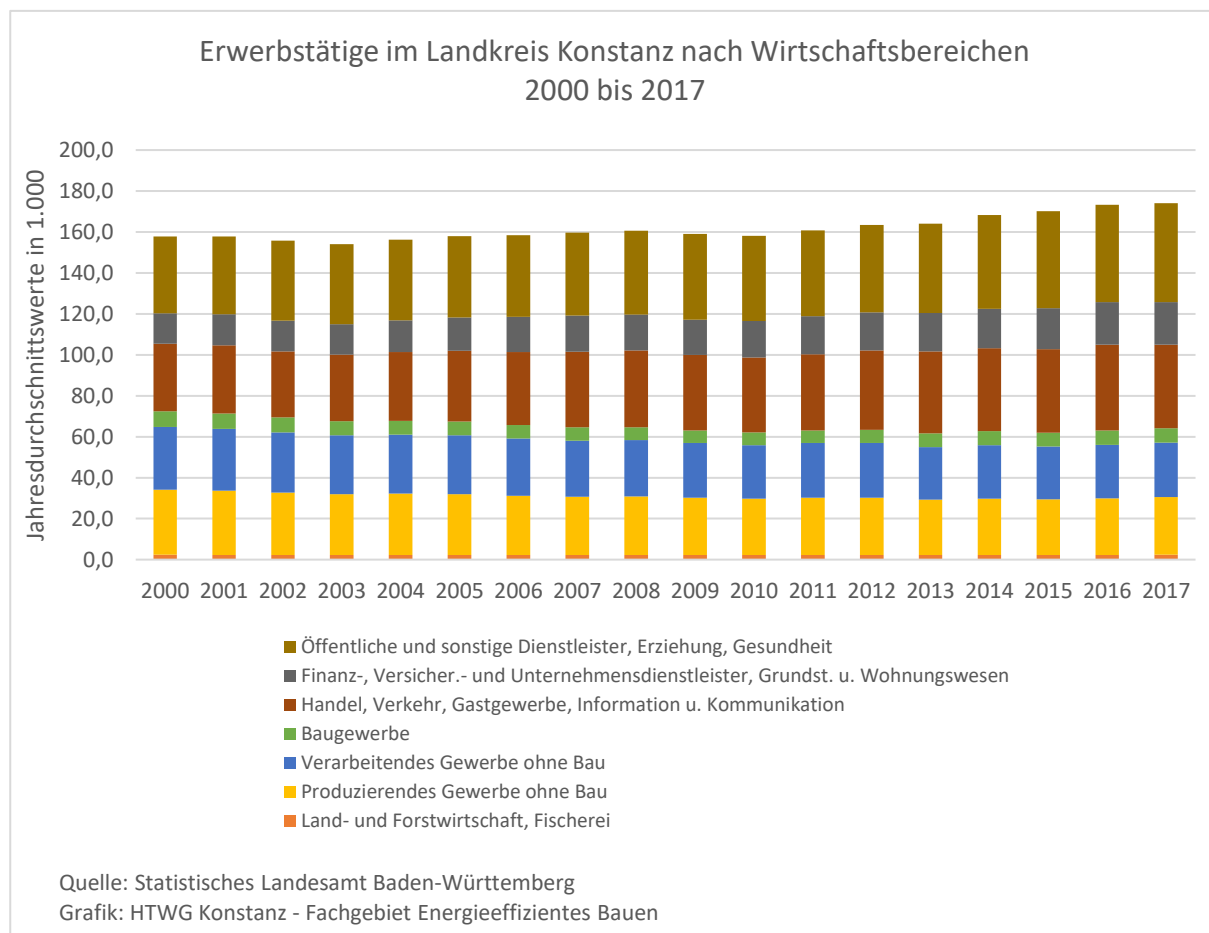


Abbildung 10: Erwerbstätige im Landkreis Konstanz – Anteile der Sektoren

In Abbildung 11 sind die Entwicklungen in den verschiedenen Wirtschaftsbereichen dargestellt. Zwischen den Jahren 2000 und 2010 gab es Rückgänge im produzierenden sowie im verarbeitenden Gewerbe, in der Landwirtschaft und im Baugewerbe, die zum Teil recht deutlich ausfielen. Den größten Zuwachs gab es mit 26 Prozent im Bereich Finanz-, Versicherungs- und Unternehmensdienstleister, Grundstücks- u. Wohnungswesen.

Im Zeitraum 2010 bis 2017 sind in sämtlichen Wirtschaftsbereichen Zuwächse zu verzeichnen. Im Bereich Handel, Verkehr, Gastgewerbe, Information und Kommunikation betrug der Zuwachs rund 12 Prozent. Die Zahl der Erwerbstätigen im Bereich Finanz-, Versicherungs- und Unternehmensdienstleister, Grundstücks- u. Wohnungswesen nahm um 15,6 Prozent zu. Um 16,4 Prozent stieg die Zahl der Erwerbstätigen im Bereich Öffentliche und sonstige Dienstleister, Erziehung und Gesundheit.

Im Jahr 2017 gab es trotz eines fortgesetzten Bevölkerungswachstums nur in einem der Wirtschaftsbereiche (Handel, Verkehr, Gastgewerbe, Information und Kommunikation) einen Rückgang der Erwerbstätigenzahlen.

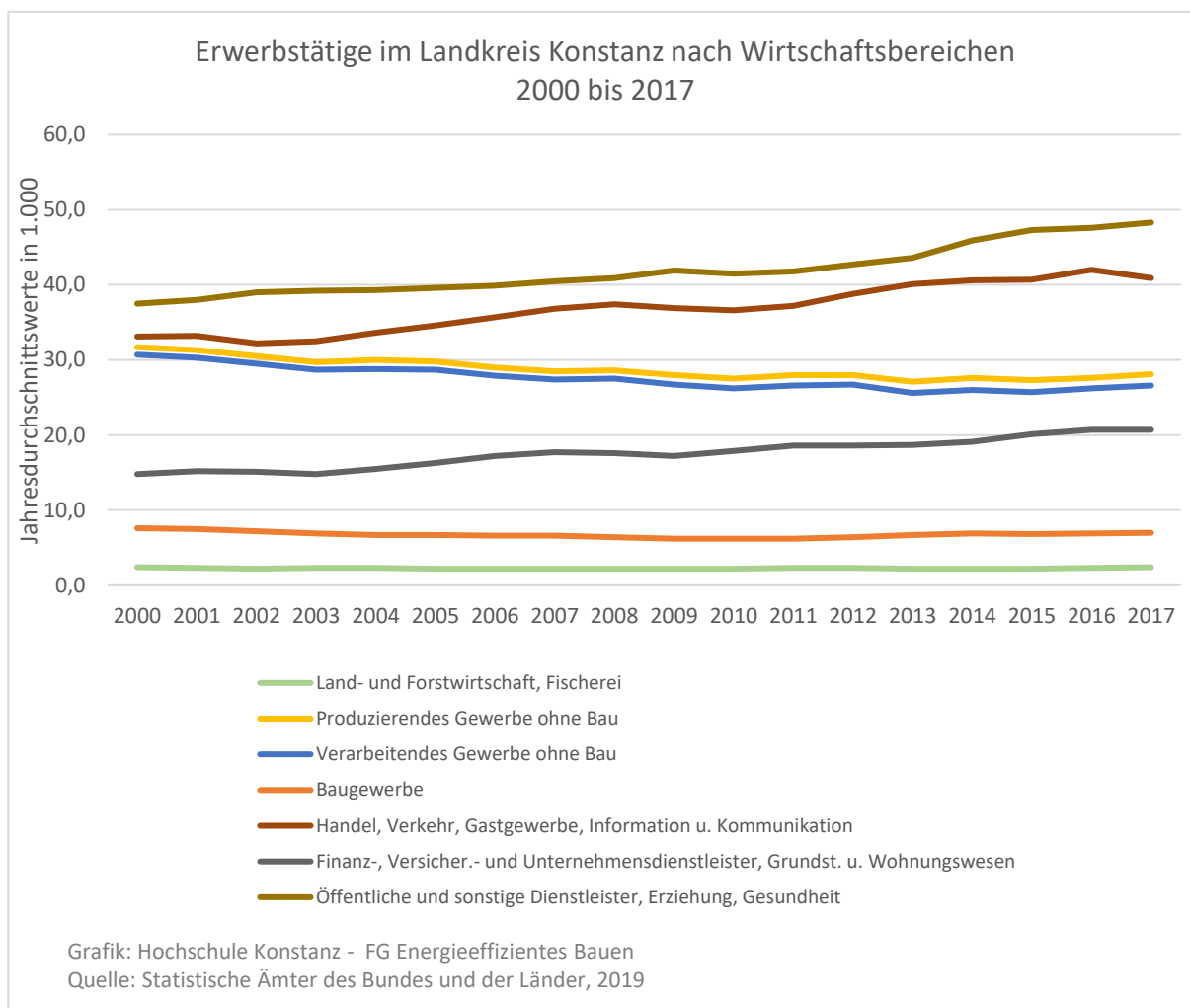


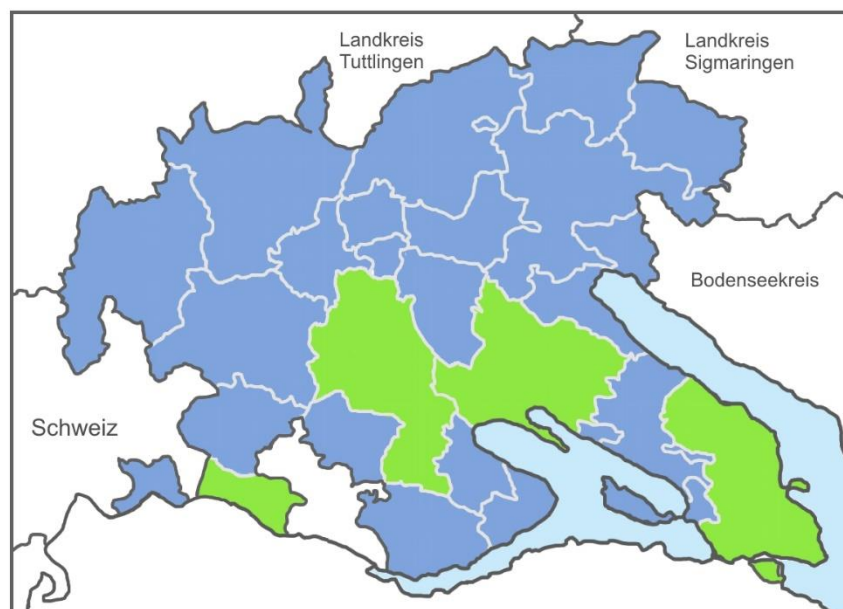
Abbildung 11: Erwerbstätige im Landkreis Konstanz nach Wirtschaftsbereichen 2000 bis 2017

2.5 European Energy Award

In Deutschland nehmen derzeit 258 Städte und Gemeinden sowie 46 Kreise bzw. Landkreise am European Energy Award teil und sorgen für mehr Klimaschutz und Energieeffizienz. Neuer Teilnehmer ist der Landkreis Konstanz. Außerdem nehmen von den Gemeinden des Landkreises Gailingen, Konstanz, Radolfzell und Singen am EEA teil.

Teilnehmer am European Energy Award im Landkreis Konstanz

■ EEA-Teilnehmer



Quelle: Energieagentur Konstanz, 2020
Grafik: HTWG Konstanz - Fachgebiet Energieeffizientes Bauen.
Stand: 2020

3 Zielindikatoren

Die Landesregierung Baden-Württemberg hat im Jahr 2014 konkrete Zielpfade für die Energiewende und ihre entscheidenden Indikatoren definiert. Das Land Baden-Württemberg strebt demnach bis zum Jahr 2050 eine Reduktion des Endenergieverbrauchs um 50 Prozent gegenüber dem Jahr 2010 an. (Vgl. LR BW 2014). Mit dem Beschluss des Pariser Klimaschutzabkommens im Jahr 2015 einigte man sich darauf, die globale Klimaerwärmung möglichst deutlich unter 2,0°C zu halten. Dies hat einen vollständigen Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energien und einen möglichst frühzeitigen Umstieg auf erneuerbare Energien zur Konsequenz. Nachfolgend werden die entscheidenden Indikatoren, die einen Abgleich mit den Klimaschutzzielen von Bundes- und Landesregierung erlauben, abgebildet.

3.1 Endenergieverbrauch

Als Endenergie bezeichnet man die beim Endverbraucher ankommende Energie ohne Berücksichtigung von Vorketten oder Umwandlungsverlusten. Der Endenergieverbrauch kann z. B. durch bessere Wirkungsgrade (Effizienz), aber auch durch einen intelligenteren und sparsameren Einsatz von Energie (Suffizienz) reduziert werden. Der anhand der vorliegenden Daten berechnete Endenergieverbrauch des Landkreises Konstanz lag im Jahr 2017 bei rund 7,3 Terawattstunden (TWh). Pro Einwohner lag er damit bei rund 25,7 MWh. Dies bedeutet gegenüber dem Jahr 2014 eine Zunahme um ca. **1,0** Prozent bezogen auf den absoluten Endenergieverbrauch. Pro Einwohner ist der Endenergieverbrauch zwischen 2014 und 2017 aufgrund des Bevölkerungswachstums um ca. 2,0 Prozent gesunken.

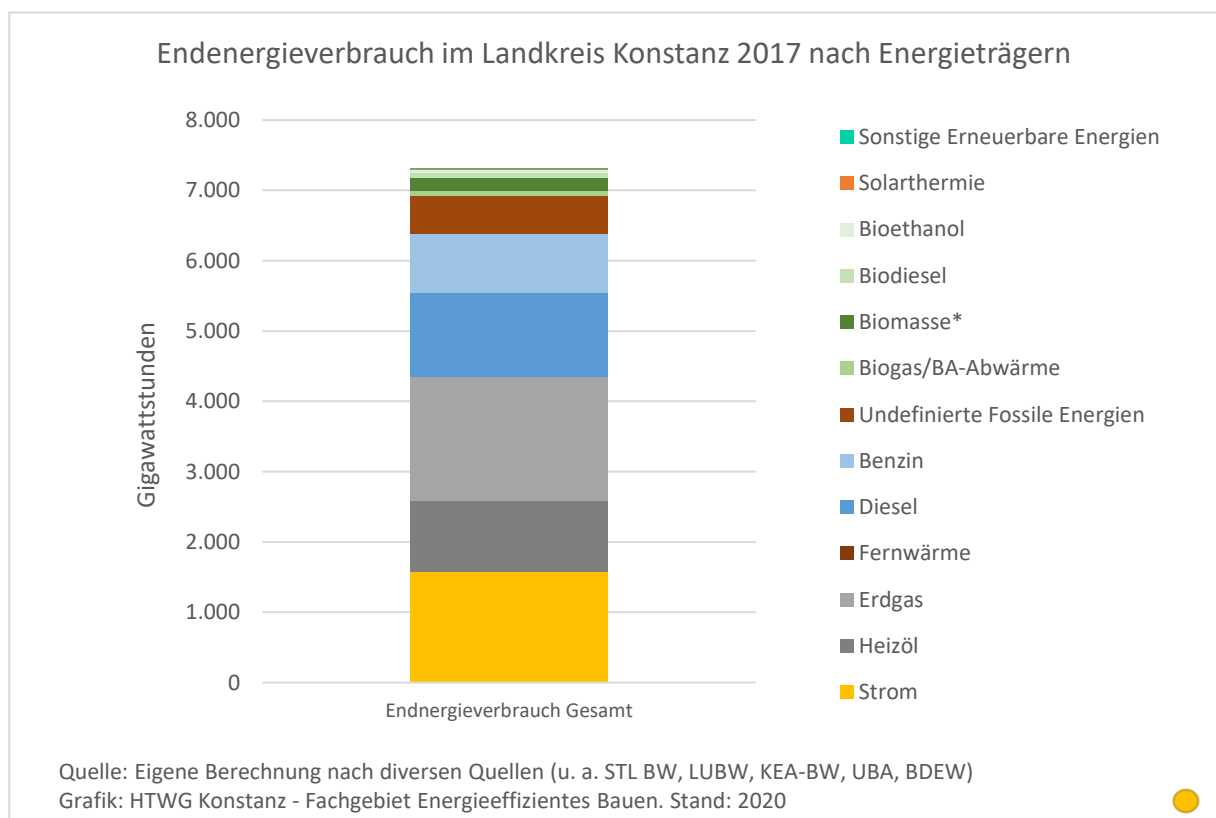


Abbildung 12: Endenergieverbrauch im Landkreis Konstanz 2014 pro Person nach Energieträgern

3.1.1 Endenergieverbrauch pro Einwohner nach Energieträgern

Pro Einwohner betrug der berechnete Endenergieverbrauch im Jahr 2017 rund 25,7 MWh. Ein Grund für den relativ hohen Endenergiebedarf des Landkreises ist der hohe Wärmebedarf der Wohngebäude pro Quadratmeter Wohnfläche, der deutlich über dem Landesdurchschnitt liegt, der von co2online (2014) für Baden-Württemberg ermittelt wurde.

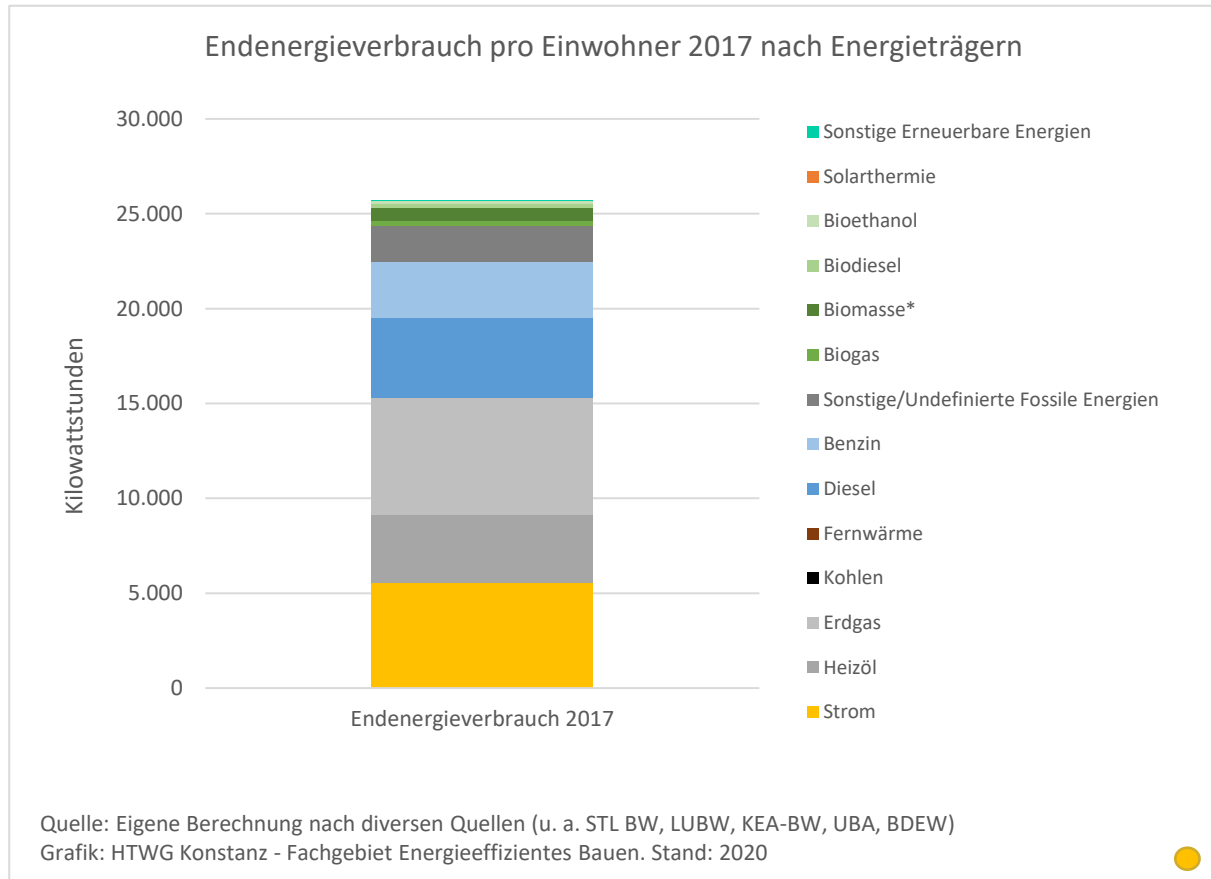


Abbildung 13: Endenergieverbrauch 2017 pro Einwohner nach Energieträgern

3.1.2 Endenergieverbrauch pro Einwohner nach Verwendung

In Abbildung 14 ist der Endenergieverbrauch nach Verwendungszwecken differenziert dargestellt. Fasst man die Bereiche Wohnen und privaten Straßenverkehr zusammen, entfallen auf die privaten Haushalte rund 51 Prozent des gesamten Endenergieverbrauchs im Landkreis. Der öffentliche Personennahverkehr hat einen Anteil von 0,6 Prozent, auf das Transportwesen im Straßenverkehr entfallen rund fünf Prozent.

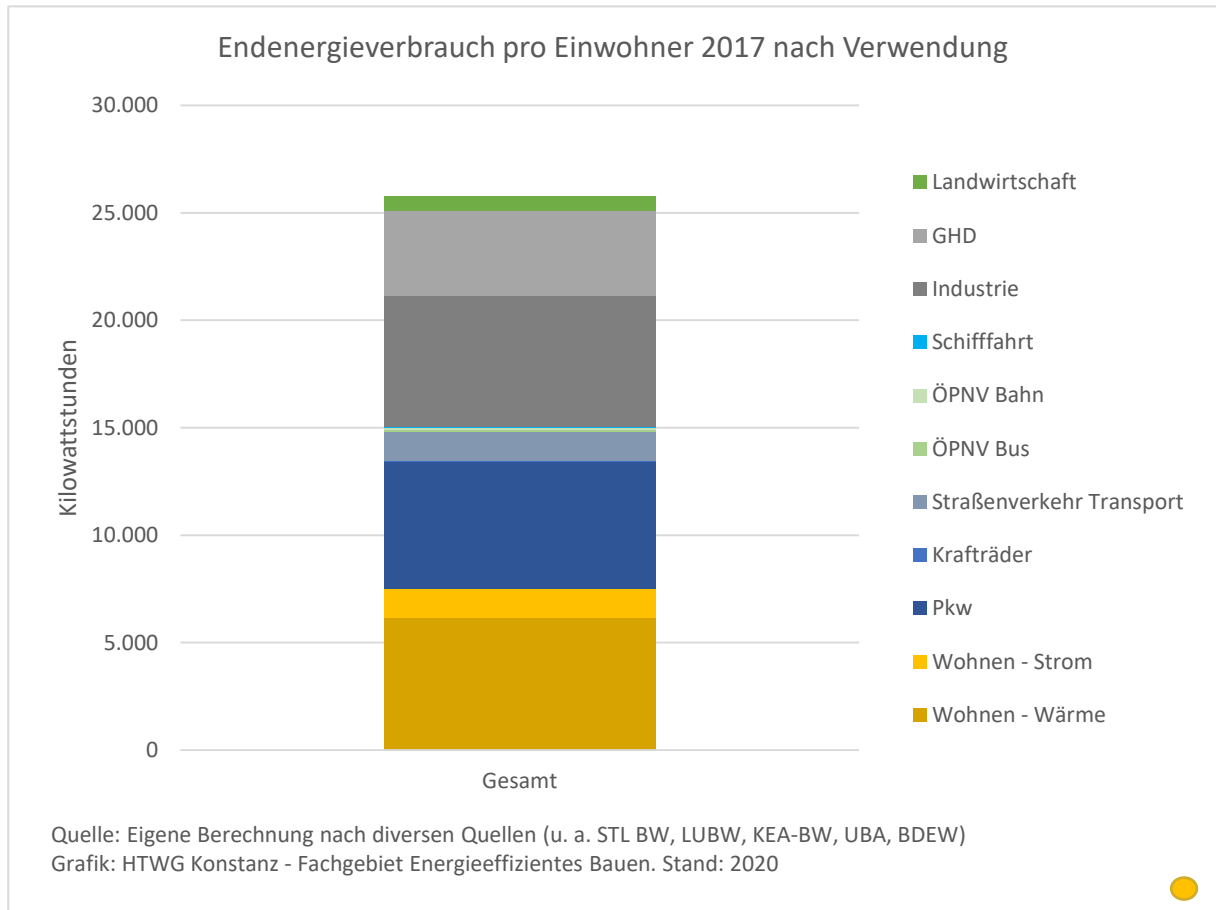


Abbildung 14: Endenergieverbrauch pro Einwohner 2017 nach Verwendung

Abbildung 15 macht ersichtlich, für welche Zwecke die größten Energiemengen aufgewendet werden und wie sich die Nutzung der verschiedenen Energieträger auf die Verwendungszwecke verteilt. Mit Blick auf die Ziele der Energiewende, fällt vor allem der geringe Grad der Elektrifizierung im Verkehrssektor und bei der Gebäudebeheizung auf. Soll der Umstieg auf erneuerbare Energien gelingen, müssen beide Bereiche weitgehend auf Strom umgestellt werden: Der Verkehr nahezu vollständig und die Gebäudebeheizung zu ca. drei Vierteln.

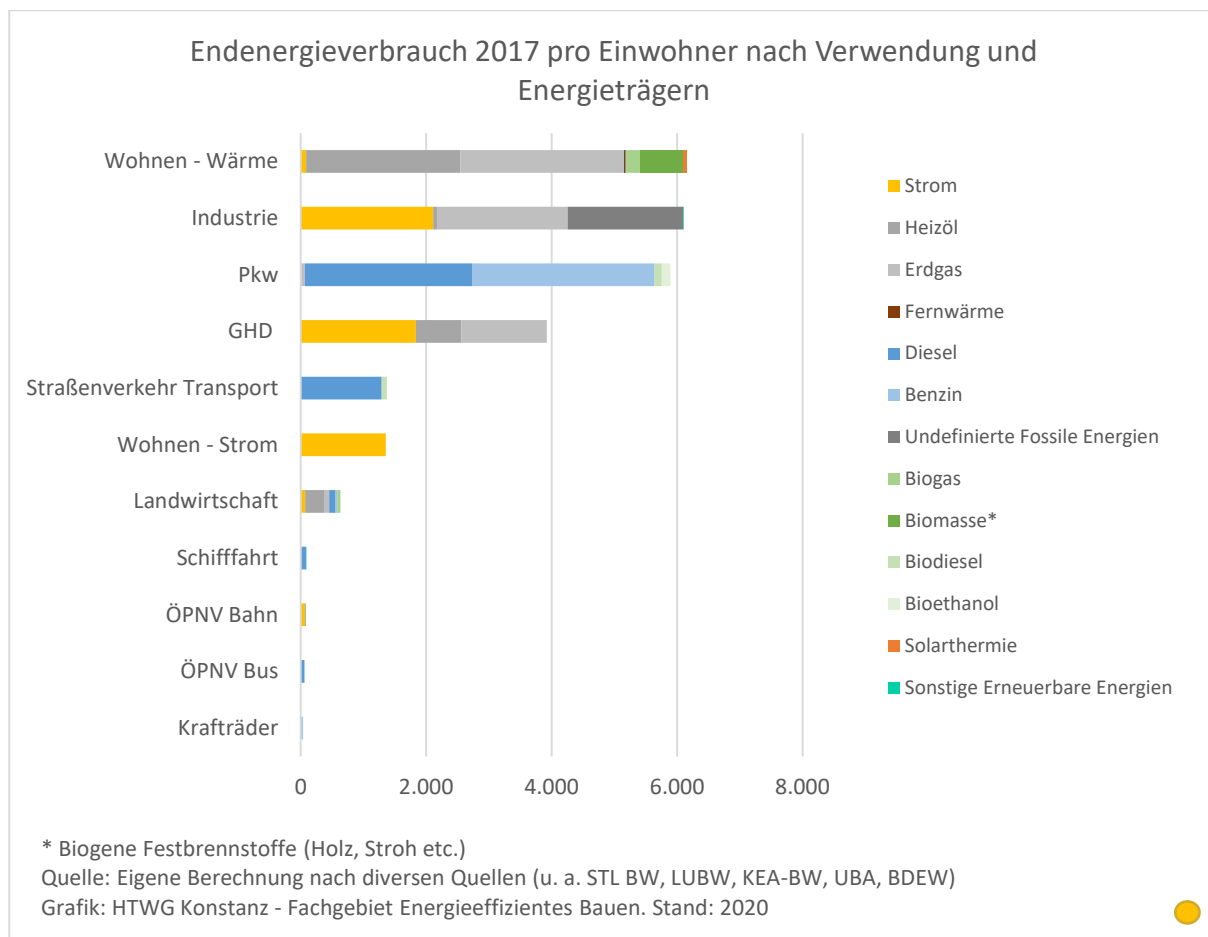


Abbildung 15: Endenergieverbrauch 2017 pro Einwohner nach Verwendung und Energieträger

3.1.3 Anteile der Energieträger am Endenergieverbrauch

Den größten Teil des Endenergieverbrauchs deckten im Jahr 2017 Erdgas (24 Prozent) und Heizöl (14 Prozent), die zusammen rund 38 Prozent beitrugen. Rund 28 Prozent entfielen auf die Treibstoffe Benzin und Diesel (ohne Bioethanol und Biodiesel). Mit rund 22 Prozent hat Strom den zweitgrößten Anteil am Endenergieverbrauch des Jahres 2017. Davon entfallen 18 Prozentpunkte auf importierten Strom und rund 4 Prozentpunkte auf Strom aus lokalen erneuerbaren Energien – überwiegend Biogas und Photovoltaik. Insgesamt decken lokale erneuerbare Energien rund 9 Prozent des Endenergiebedarfs im Landkreis. (vgl. Abbildung 16). In Kombination mit importierten erneuerbaren Energieträgern (Strom, Biodiesel, Bioethanol etc.) summierte sich der erneuerbare Anteil am Endenergieverbrauch auf knapp 13 Prozent. Der deutsche Strommix enthielt im Jahr 2017 rund 33,3 Prozent Strom aus erneuerbaren Quellen. Rund 7 Prozent des Endenergieverbrauchs entfielen auf nicht genauer definierte fossile Energieträger im Sektor Industrie (vgl. STL BW, 2020).

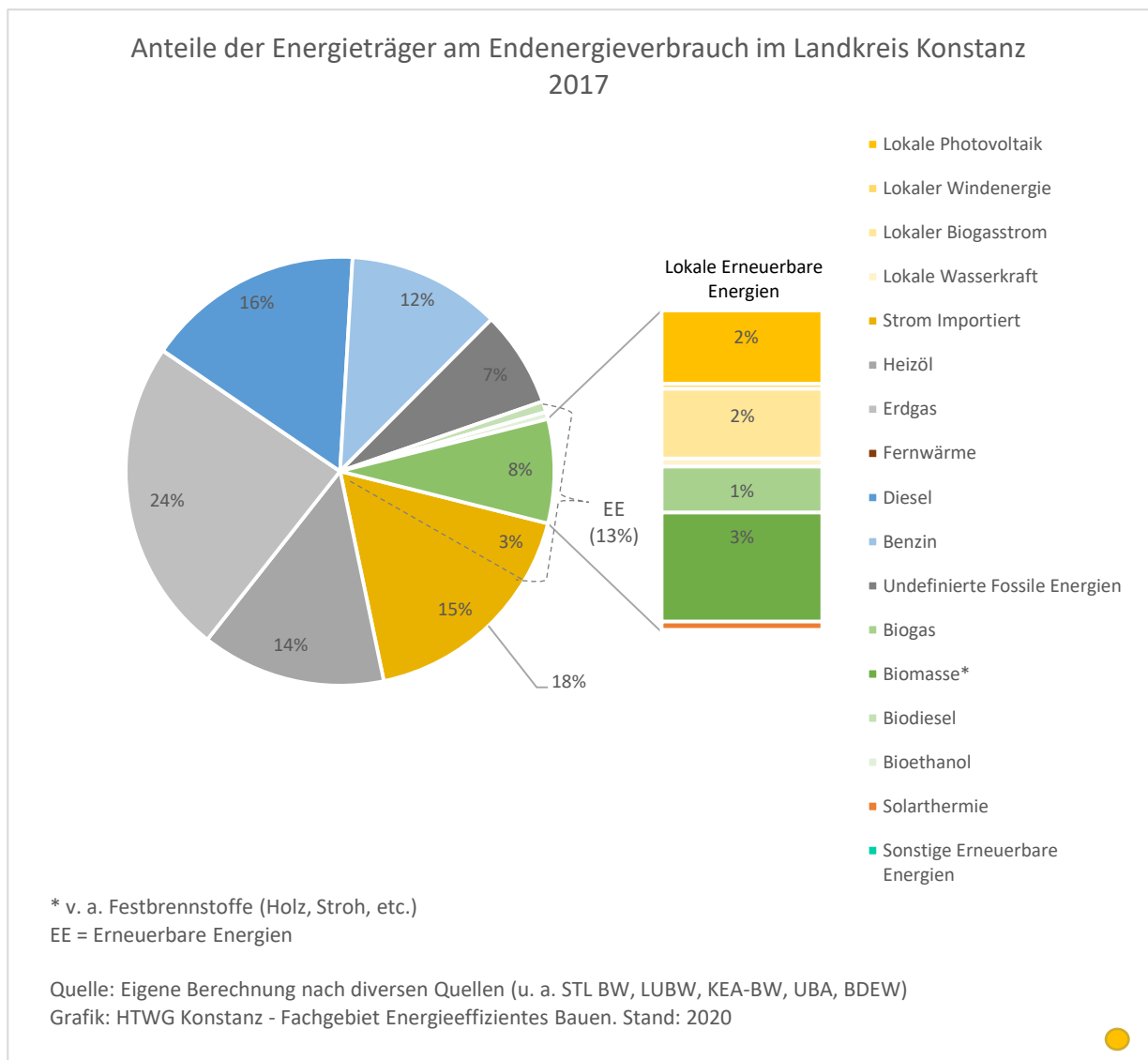


Abbildung 16: Anteile der Energieträger am Endenergieverbrauch 2017

3.1.4 Endenergieverbrauch nach Sektoren

Die größten Anteile am Endenergieverbrauch hatten im Jahr 2017 die Sektoren Wohnen und Verkehr mit jeweils 29 Prozent. Der Sektor Industrie folgte mit 24 Prozent vor dem Sektor GHD, dessen bekannter Verbrauch rund 15 Prozent zum Endenergieverbrauch im Landkreis beitrug. Auf die Landwirtschaft entfielen ca. 2,5 Prozent des Verbrauchs.

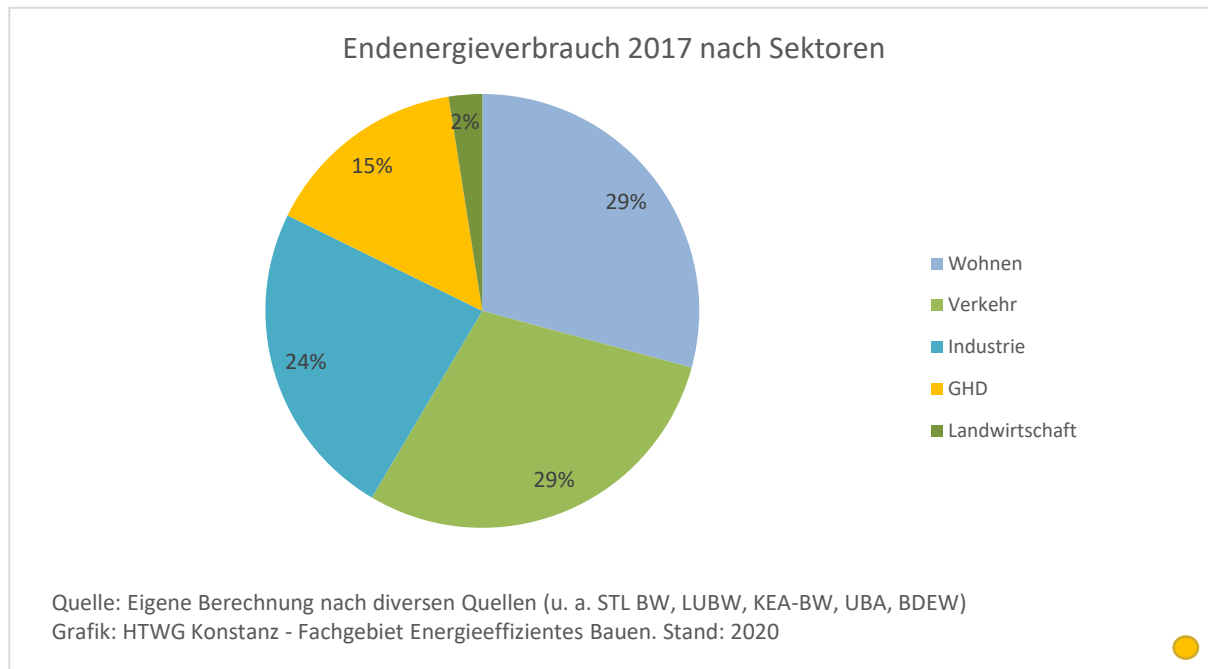


Abbildung 17: Anteile der Sektoren Endenergieverbrauch im Landkreis Konstanz 2017

In Abbildung 18 ist der Verbrauch der fünf Sektoren differenziert nach Energieträgern dargestellt.

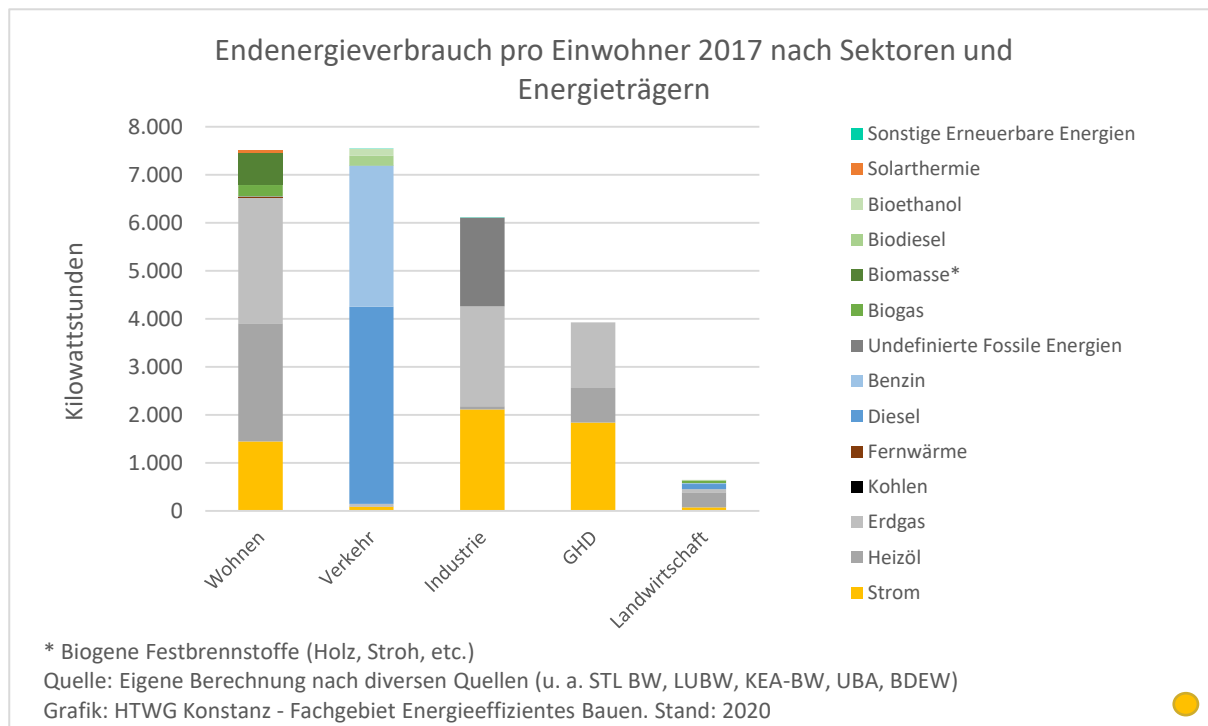


Abbildung 18: Endenergieverbrauch im Landkreis Konstanz 2017 nach Sektoren und Energieträgern

3.1.5 Veränderungen des Endenergieverbrauchs 2014 - 2017

Betrachtet man die absoluten Veränderungen zwischen 2014 und 2017, so fällt auf, dass der größte Teil der Energieeinsparung beim Wärmeverbrauch der Haushalte und beim Treibstoffverbrauch der Pkw erzielt wurde. Die größten Zunahmen wiesen die Industrie und der Transportverkehr auf der Straße auf. Während es sich bei den Veränderungen in der Industrie um konjunkturell bedingte Schwankungen handeln kann, scheint sich im Transport ein Trend zu verstetigen. Gleichzeitig zeichnet sich im motorisierten Individualverkehr eine Trendwende ab: Bisher war die Fahrleistung gestiegen, während der Verbrauch pro Kilometer gesunken war. Ungefähr seit dem Jahr 2014 scheint die umgekehrte Entwicklung eingetreten zu sein.

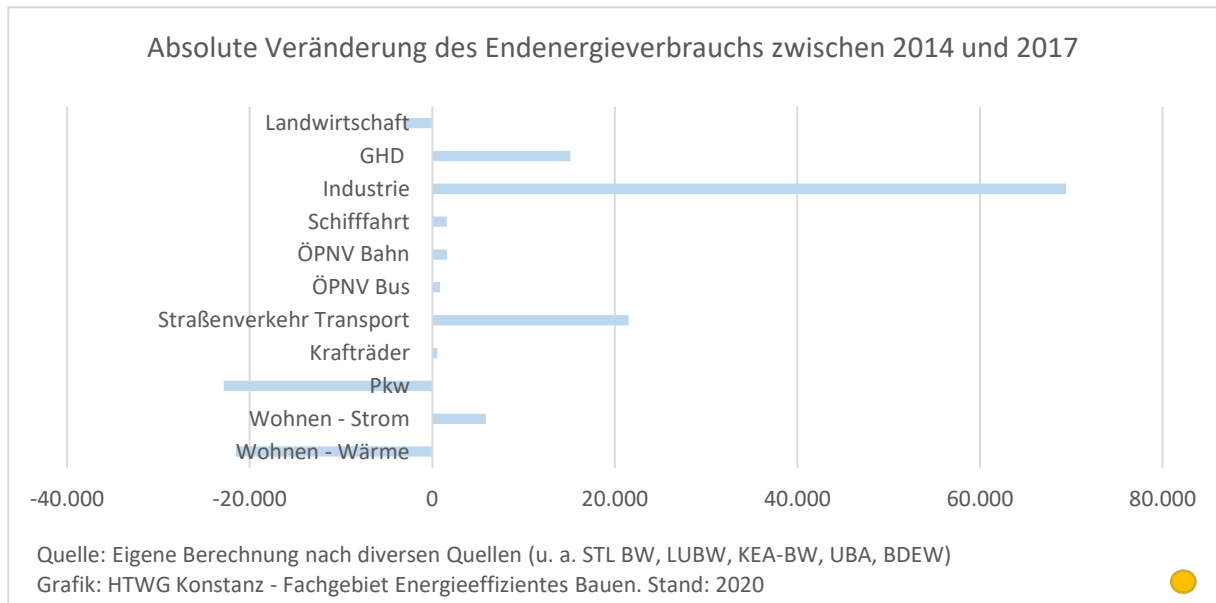


Abbildung 19: Absolute Veränderungen des Endenergieverbrauchs zwischen 2014 und 2017 in MWh

Der Blick auf die relativen Veränderungen zeigt, dass vor allem die vergleichsweise energieeffizienten Verkehrsmittel Bus, Bahn und Krafträder deutliche Verbrauchssteigerungen aufweisen, was sich auf eine vermehrte Nutzung zurückführen lässt.

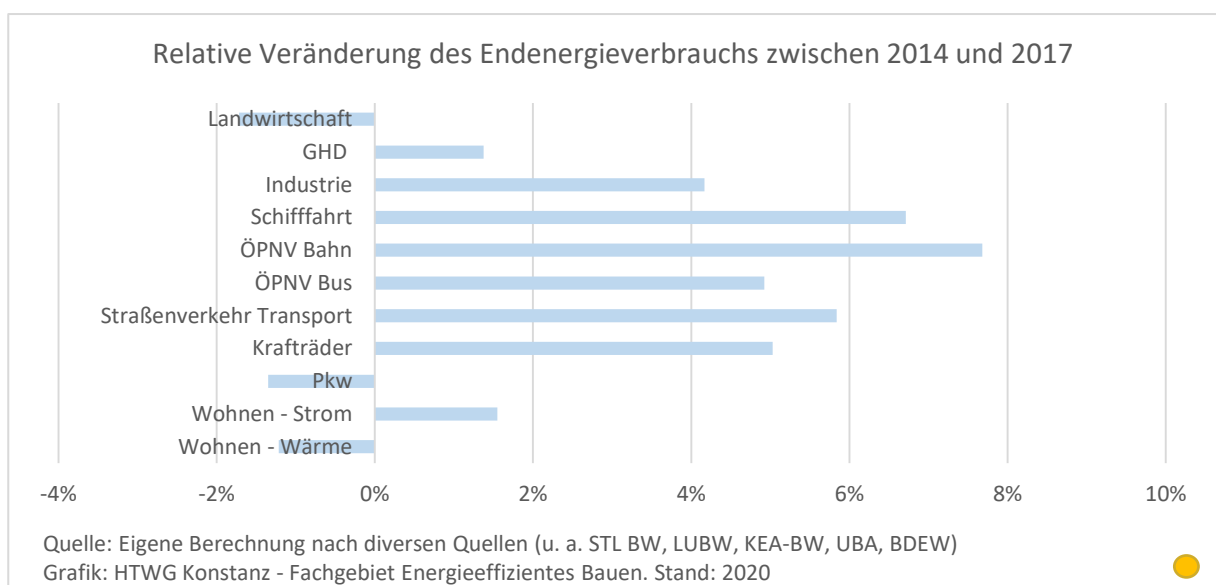


Abbildung 20: Relative Veränderungen des Endenergieverbrauchs zwischen 2014 und 2017

Zugleich ist die Nutzung von Pkw leicht rückläufig. Diese Entwicklungen sind mit Blick auf den Klimaschutz als positiv anzusehen. Negativ wirken sich auf den Klimaschutz die Verbrauchszunahmen in der Industrie und beim Haushaltsstrom aus.

Betrachtet man die Entwicklung des Endenergieverbrauchs der Verbrauchssektoren zwischen 2014 und 2017 pro Einwohner, so zeigt sich lediglich in der Industrie eine Zunahme des Verbrauchs (+1,2 Prozent). In den übrigen Sektoren ist der Verbrauch um 1,6 bis 4,6 Prozent zurückgegangen. Damit erreichen nur zwei Sektoren Einsparungen von mehr als einem Prozent pro Jahr bezogen auf den Verbrauch im Jahr 2014. Allerdings sind die Einsparungen im Sektor Landwirtschaft mehr auf den fortschreitenden Flächenverbrauch als auf gesteigerte Energieeffizienz zurückzuführen. Um die Klimaschutzziele bis zum Jahr 2035 zu erreichen, müssten die Einsparungen im Durchschnitt aller Sektoren ca. drei Prozent pro Jahr betragen.

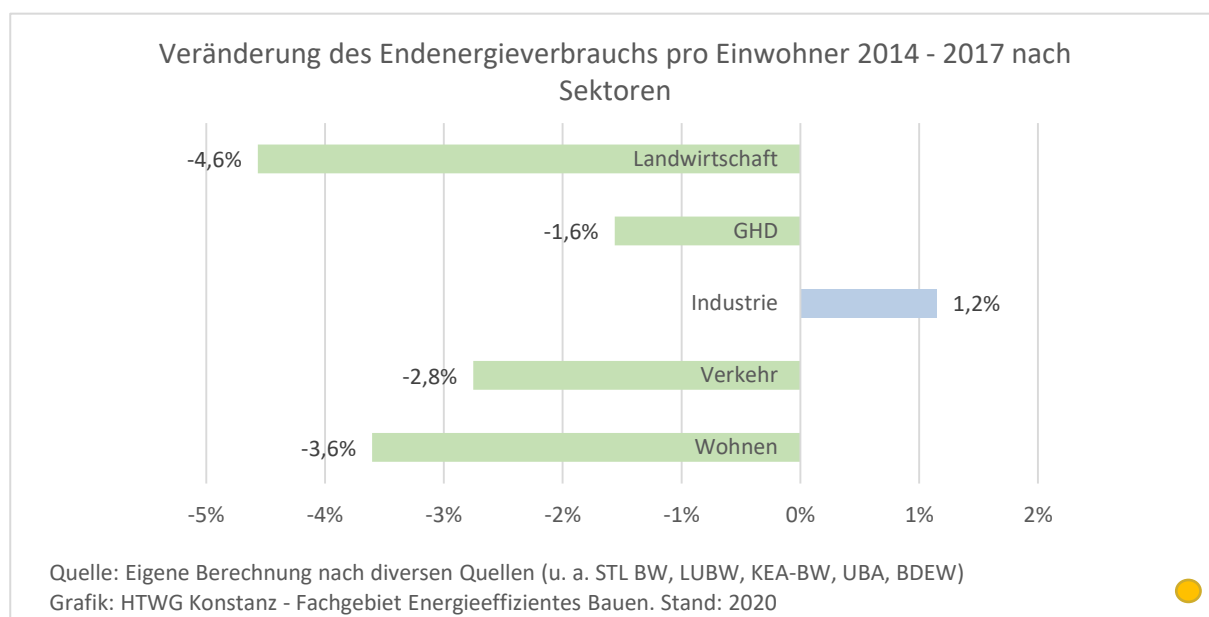


Abbildung 21: Veränderung des Endenergieverbrauchs pro Einwohner 2014 - 2017 nach Sektoren

3.1.6 Klimaschutzscenario 2035

Auf Basis der Zielpfadbeispiele des Klimaschutzscenario 1 in den Sektoren Wohnen, Verkehr, Industrie, GHD und Landwirtschaft wurde berechnet, welche Entwicklung des Endenergieverbrauchs sich im Klimaschutzscenario 1 bis 2035 ergeben würde. Insgesamt würden sich die Einsparungen in den einzelnen Sektoren auf rund 56 Prozent des Endenergieverbrauchs im Jahr 2017 summieren. Dies entspricht einer Reduktion von 25,7 MWh/Ea auf 11,1 MWh/Ea. Der Stromverbrauch steigt in diesem Szenario um bis zu 50 Prozent.

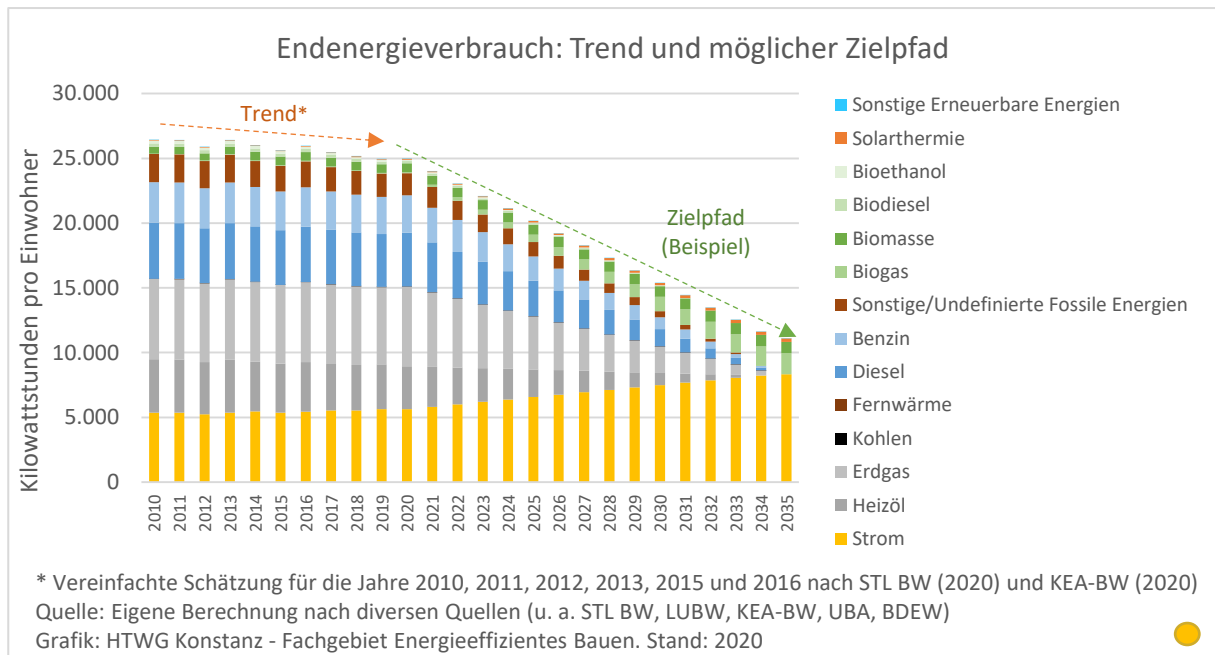


Abbildung 22: Endenergieverbrauch – Aktueller Trend und Zielpfad im Klimaschutzscenario 2035

Somit wird der verbleibende Endenergieverbrauch 2035 in diesem Beispielszenario zu drei Vierteln in Form von Strom bereitgestellt, zu 15 Prozent in Form von Gas (Biogas, Power-to-Gas), zu 8 Prozent in Form biogener Festbrennstoffe (Holz, Stroh, Energiepflanzen) und zu knapp zweieinhalb Prozent in Form von Wärme, die mithilfe von Solarthermieranlagen erzeugt wird.

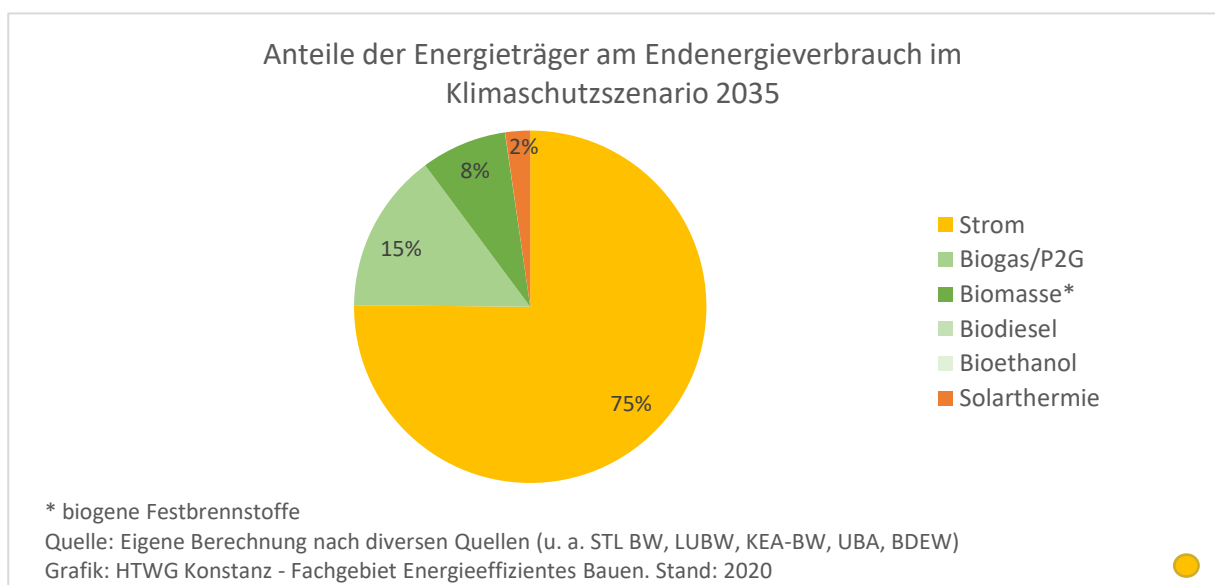


Abbildung 23: Anteile der Energieträger am Endenergieverbrauch 2035 im Klimaschutzscenario 2035

3.2 Erneuerbare Energien

Die bekannte Brutto-Energieerzeugung mittels erneuerbarer Energien beträgt ca. 2.500 kWh/EW, die Endenergiebereitstellung summiert sich, soweit bekannt, auf ca. 2.200 kWh/EW. Davon entfallen mit rund 980 kWh/EW rund 45 Prozent auf Strom. Größere Energieverluste entstehen vor allem bei der Nutzung von Abwärme aus Biogasanlagen. Hier werden bisher, soweit bekannt, lediglich 40 bis 48 Prozent der erzeugten Wärme genutzt. 17 Prozent der Abwärme sind übrig und könnten genutzt werden. Der Verbleib der restlichen Abwärme (ca. 40 Prozent) ist unbekannt. Trotzdem trägt Biogas mit rund 34 Prozent den zweitgrößten Anteil zur Endenergiebereitstellung bei. Den größten Anteil hat mit rund 36 Prozent die Nutzung von Biomasse in Kleinfeueranlagen. Die Photovoltaik trägt mit 19 Prozent den dritten großen Anteil zum genutzten Anteil lokaler Strom- und Wärmeproduktion bei. Der Anteil von Wärmepumpen wird auf ca. 2 Prozent geschätzt – aufgrund ihres Anteils an der Gebäudebeheizung, der auf ca. 3 Prozent geschätzt wird, und des erneuerbaren Anteils am deutschen Strommix des Jahres 2017, der bei rund 33 Prozent lag. Vergleichsweise geringe Anteile zur Endenergiebereitstellung tragen Solarthermie (3 Prozent), Wasserkraft (2 Prozent) und Windenergie (1 Prozent) bei. Sonstige erneuerbare Energieträger (Deponiegas sowie undefinierte erneuerbare Energien in der Industrie) summieren sich auf knapp ein halbes Prozent. Im Landkreis Konstanz wurde im Jahr 2017 damit weniger als ein Zehntel des Endenergieverbrauchs aus lokalen erneuerbaren Strom- und Wärmequellen gedeckt.

Abbildung 24 zeigt die erneuerbare Erzeugung von Strom und Wärme des Landkreises Konstanz im Jahr 2017, soweit diese bekannt ist. Daneben zeigt sie ihre genutzten Anteile, die als Endenergie bereitgestellt werden, soweit diese bekannt sind.

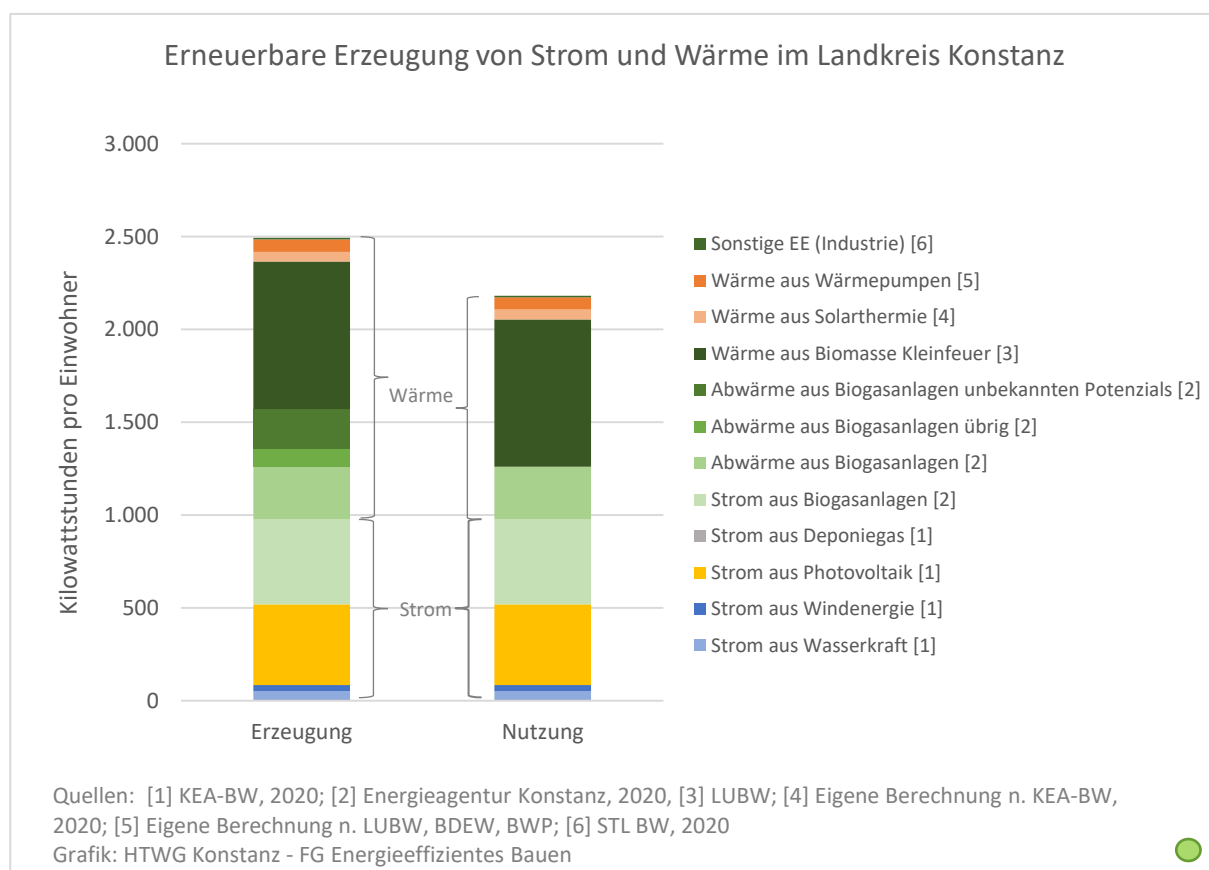


Abbildung 24: Erneuerbare Erzeugung von Strom und Wärme im Landkreis Konstanz

Abbildung 25 zeigt die bekannte erneuerbare Erzeugung von Strom und Wärme des Landkreises Konstanz im Jahr 2017 im Vergleich zum Durchschnitt des Landes Baden-Württemberg. Insgesamt werden etwa 69 Prozent des Landesdurchschnitts erreicht. Dies ist zu einem erheblichen Teil auf die geringeren Wasserkraftpotenziale zurückzuführen, aber auch auf Defizite beim Ausbau in den Bereichen Umweltwärme (Wärme aus Wärmepumpen) und Solarthermie.

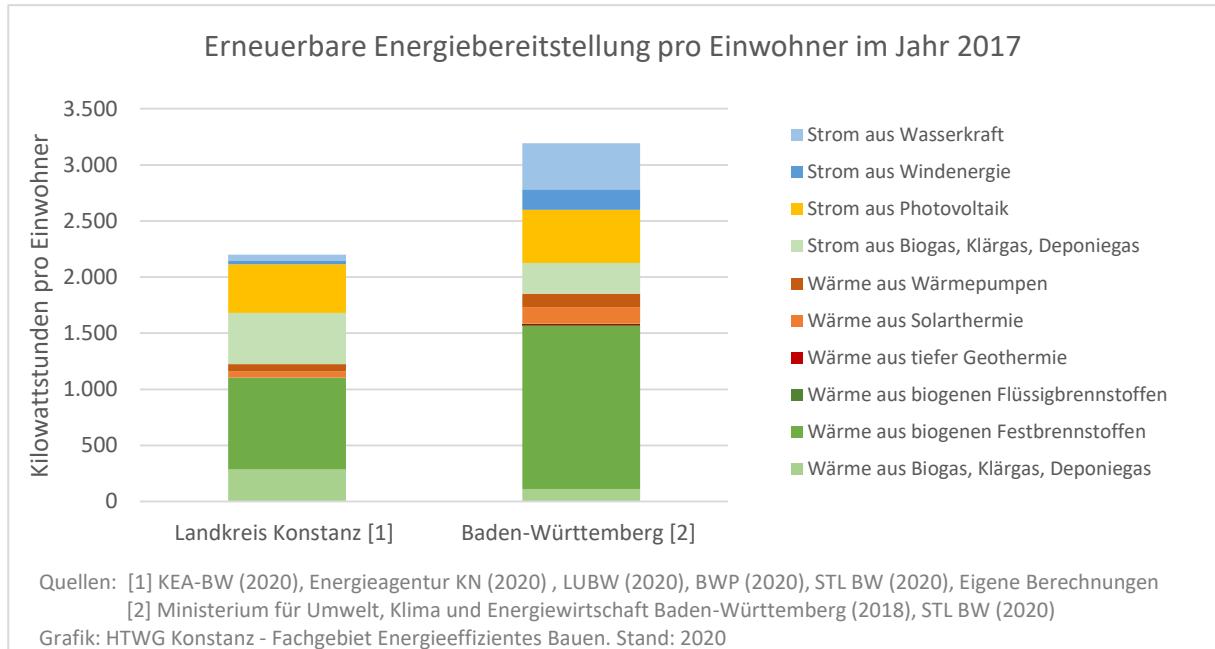


Abbildung 25: Erneuerbare Energiebereitstellung pro Einwohner 2017 im Vergleich mit dem Durchschnitt in Baden-Württemberg

Potenziale, im Vergleich zum Landesdurchschnitt aufzuholen, bestehen auch im Bereich der biogenen Festbrennstoffe. Der Vergleich der gesamten flächenabhängigen Energiebereitstellung pro Hektar, der in Abbildung 26 dargestellt ist, zeigt allerdings, dass der Landkreis dem Durchschnitt Baden-Württembergs hier recht nahek kommt. Insgesamt erreicht man neun Zehntel des Landesdurchschnitts.

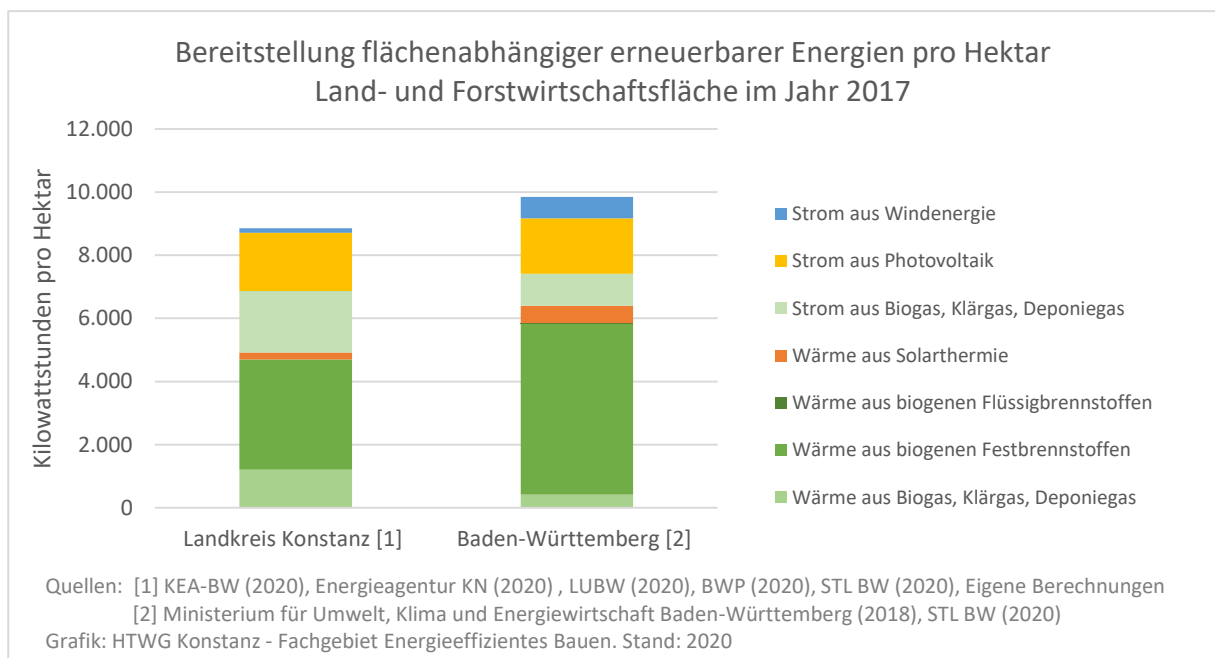


Abbildung 26: Bereitstellung flächenabhängiger erneuerbarer Energien pro Hektar Land- und Forstwirtschaftsfläche 2017 im Vergleich mit dem Durchschnitt in Baden-Württemberg

3.2.1 Erneuerbare Stromerzeugung

3.2.1.1 Autonomiegrad im Stromsektor

Die erneuerbare Stromerzeugung betrug im Jahr 2017 rund 980 kWh pro Einwohner. Insgesamt konnte der Landkreis Konstanz den Strombedarf des Jahres 2017 zu ca. 18 Prozent mit Strom aus lokalen EEG-Energieanlagen decken (siehe Abbildung 27). Bei den verbleibenden 82 Prozent handelt es sich um Stromimporte nach bundesdeutschem Strom-Mix. Gegenüber dem Jahr 2013 bedeutet dies einen Autonomiezugewinn von 2 Prozentpunkten. Im bundesweiten Durchschnitt konnte der Anteil erneuerbarer Energien an der Bruttostromerzeugung im gleichen Zeitraum um rund 10 Prozentpunkte von rund 23 Prozent auf rund 33 Prozent erhöht werden. Das erneuerbare Gesamtpotenzial im Landkreis ist jedoch geringer als im Bundesdurchschnitt. Berücksichtigt man das Flächenpotenzial für Dachflächenphotovoltaik, das im Energieatlas Baden-Württemberg aktuell auf rund 20 m² pro Einwohner geschätzt wird, können im Landkreis ca. 37 Prozent des eigenen Strombedarfs gedeckt werden. Um höhere Autonomiegrade von mehr als 37 Prozent zu erreichen, müssten z. B. Freiflächen- oder Agrophotovoltaikanlagen ausgebaut werden. Des Weiteren ist zu bedenken, dass der Strombedarf künftig deutlich steigen könnte. Im dargestellten Klimaschuttszenario könnten bis zu 50 Prozent mehr Strom benötigt werden als im Jahr 2017. Dementsprechend würde der Landkreis heute rund 12 Prozent seines künftigen Jahresbedarfs selbst erzeugen.

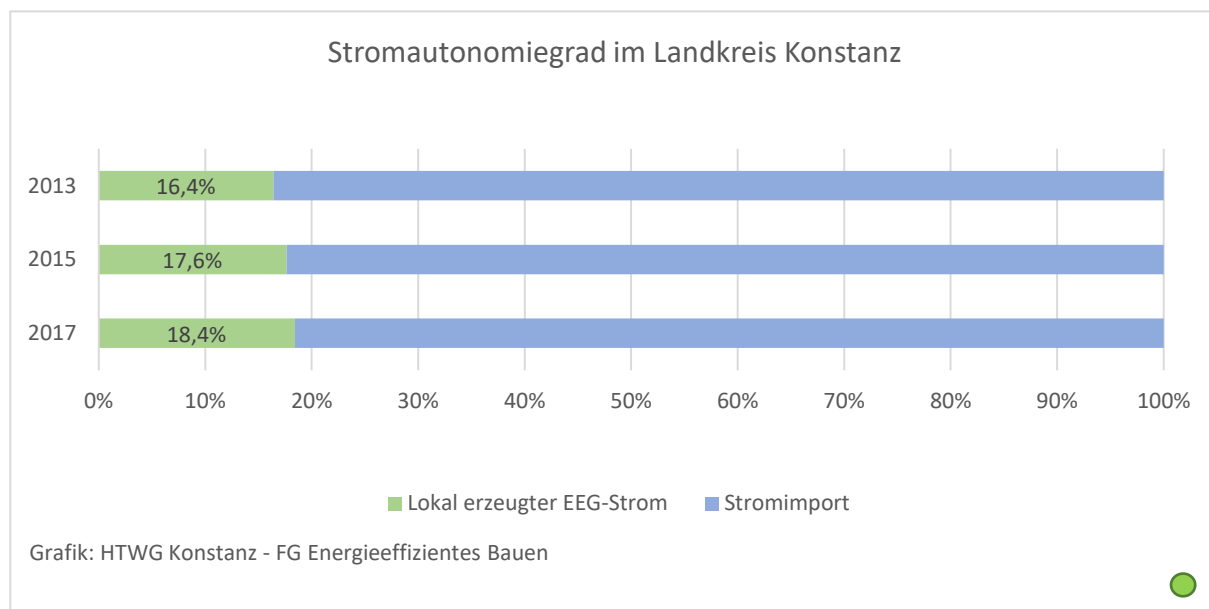


Abbildung 27: Autonomiegrad im Stromsektor

3.2.1.2 Entwicklung der Stromerzeugung durch EEG-Anlagen

Im Folgenden sind nur die installierten EEG-Anlagen zur Stromerzeugung dargestellt. Anlagen erneuerbarer Stromproduktion, welche nicht über das EEG vergütet werden, sind in den vorliegenden Daten nicht erfasst, wie z.B. alte Wasserkraftanlagen. Für die Jahre 2002 bis 2011 liegen keine Daten zur tatsächlichen EEG-Stromerzeugung im Landkreis Konstanz vor. Bei den angegebenen Werten für die Jahre 2002 bis 2013 handelt es sich daher um eine Hochrechnung der DGS auf Basis der installierten Anlagenleistung. Vollständige Datensätze zur realen EEG-Stromerzeugung liegen ab dem Jahr 2014 vor.

Abbildung 28 zeigt die geschätzte Stromerzeugung der Jahre 2002 bis 2013 sowie die reale Stromerzeugung in den Jahren 2014 bis 2017 differenziert nach den Anteilen der jeweiligen Energieträger. Die Grafik zeigt, dass die Schätzung der DGS die Entwicklung bis 2014 sehr passgenau

an das Niveau der tatsächlichen Erzeugung ab 2014 heranführt. Im Jahr 2017 lag die EEG-Stromerzeugung bei 277 GWh und damit um 3 GWh höher als im Jahr 2014.

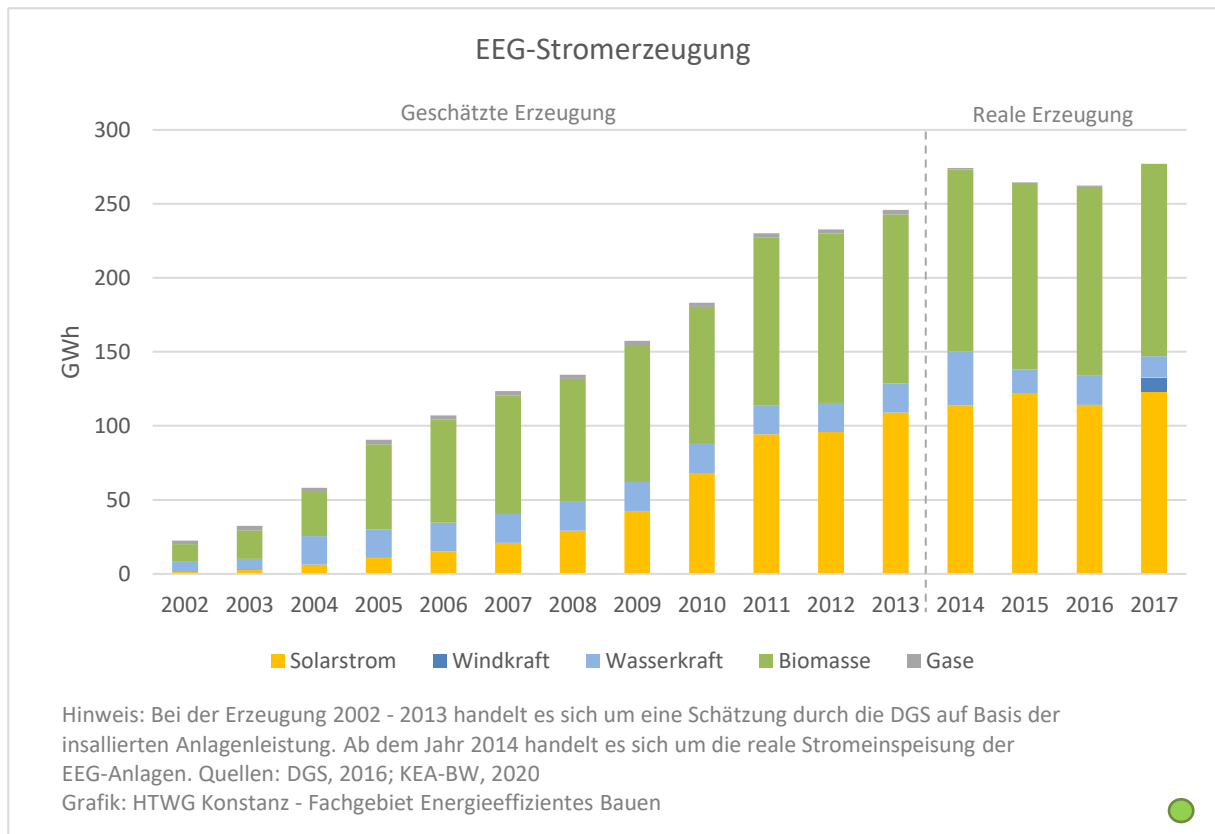


Abbildung 28: Stromerzeugung installierter EEG-Anlagen im Landkreis Konstanz bis 2017

Im Jahr 2018 wurden im Landkreis EEG-Anlagen mit einer Leistung von insgesamt 13.589 kW bzw. kWp installiert (Abbildung 29). Künftig wird der Zubau regelmäßig durch die Bundesnetzagentur veröffentlicht.

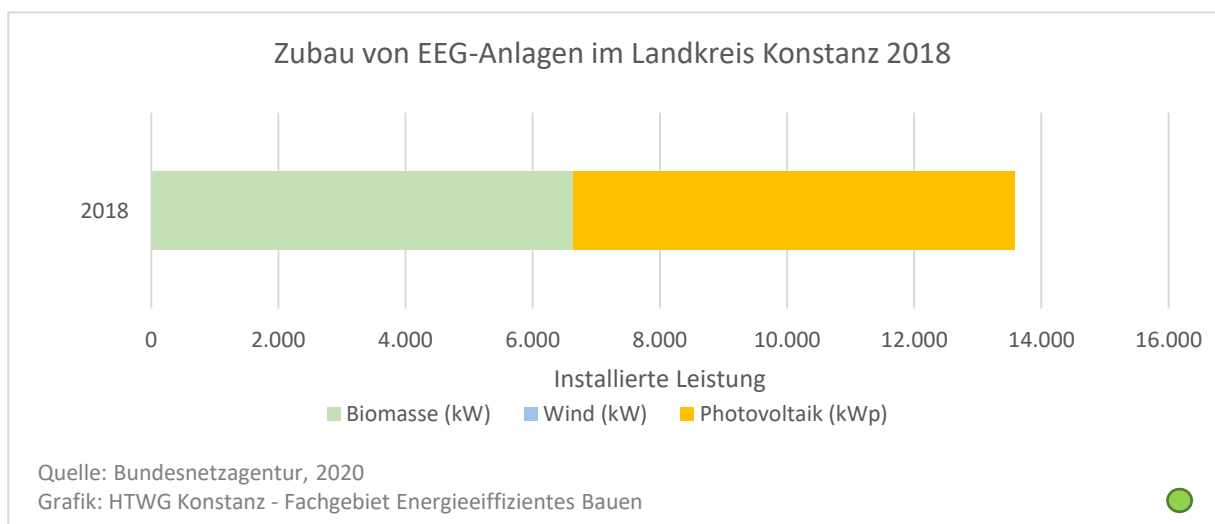


Abbildung 29: Zubau installierter EEG-Anlagenleistung 2018

Umgerechnet auf die Bevölkerung wurden im Landkreis Konstanz in den Jahren 2014 bis 2017 etwa 930 bis 995 kWh EEG-Strom pro Einwohner erzeugt. 47 Prozent trug die Bioenergie bei, 44,5 Prozent leistete die Solarenergie. 5,3 Prozent des EEG-Stroms stammten aus der Wasserkraft und 3,3 Prozent aus der Windenergie.

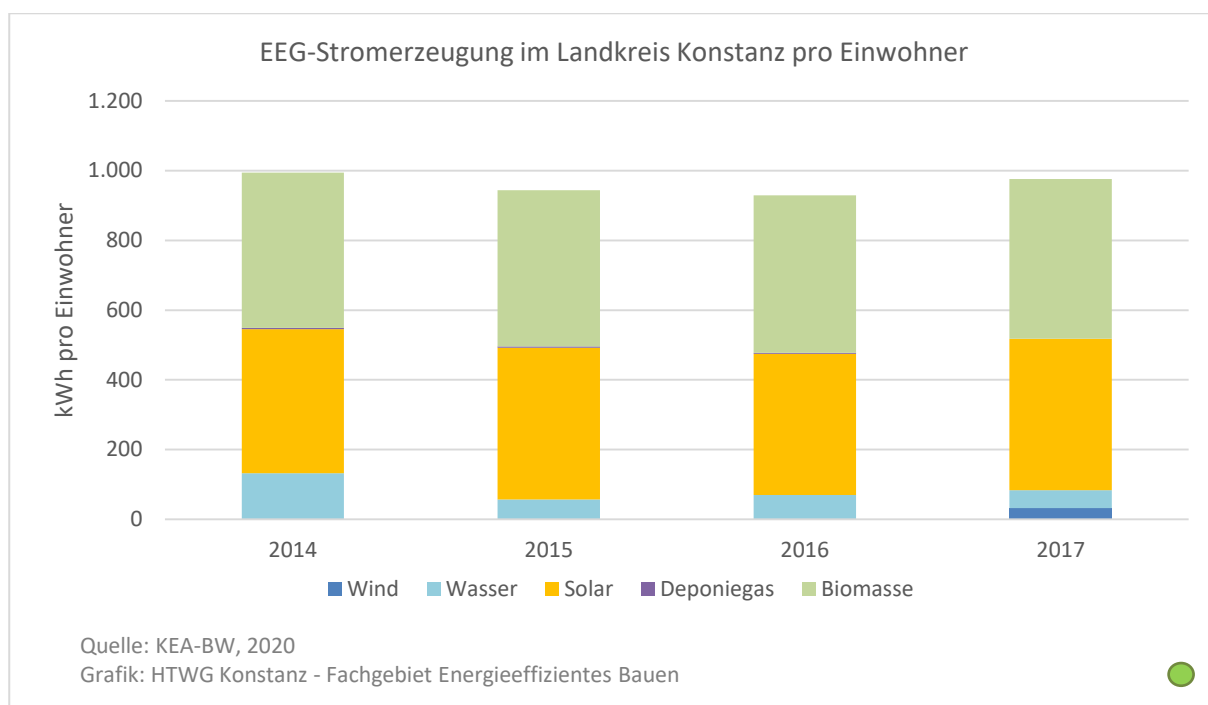


Abbildung 30: EEG-Stromerzeugung im Landkreis Konstanz pro Einwohner

In Abbildung 31 ist die Entwicklung der Stromerzeugung absolut und pro Einwohner seit dem Jahr 2014 dargestellt. Die Grafik macht anschaulich, dass die Entwicklung der Stromerzeugung in diesem Zeitraum stagniert und damit erkennbar hinter der Bevölkerungsentwicklung zurückbleibt.

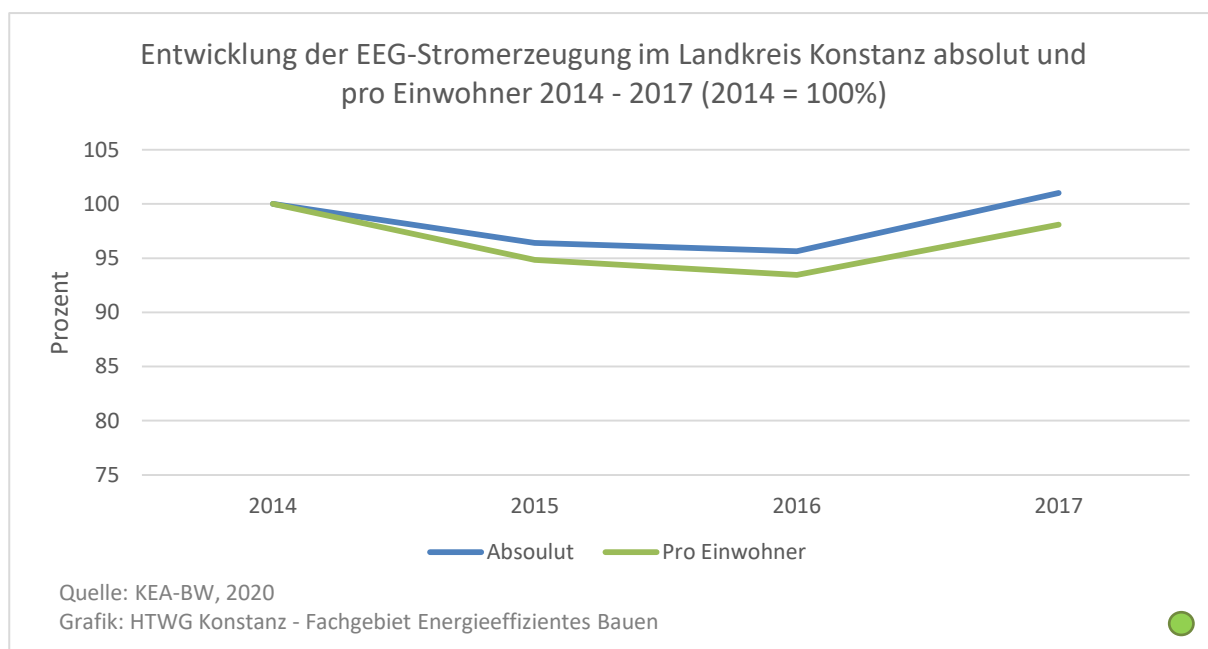


Abbildung 31: Entwicklung der EEG-Stromerzeugung im Landkreis Konstanz absolut und pro Einwohner 2014 - 2017

Hinweis zur Datenqualität

Für die Schätzung der EEG-Stromproduktion in den Jahren 2002 bis 2013 verwendet die DGS die durchschnittlichen Jahresertragszahlen der jeweiligen Anlagen. Ihre Statistik beinhaltet daher nicht die realen Einspeisungen, sondern die in dem Jahr existierende Erzeugungskapazität in kWh/a. Sofern für einzelne Anlagen noch keine Ertragsmeldungen vorlagen, wurde von der DGS auf pauschale Anlagenenerträge zurückgegriffen. Dies ist einer der Gründe, warum die Summen von anderen Statistiken

abweichen können. Von der DGS wurden für jede Technologie folgende bundesweit einheitlichen Durchschnittserträge je installierter Leistung angenommen:

950 kWh/a je kW Solarstrom, 1700 kWh/a je kW Windkraft, 3900 kWh/a je kW Wasserkraft, 5700 kWh/a je kW Biomasse, 3600 kWh/a je kW Gase, 5500 kWh/a je kW Geothermie. (Vgl. DGS, 2016)

3.2.1.3 Entwicklung der Photovoltaik

In den zwölf Monaten von Juli 2018 bis Ende Juni 2019 wurden in Baden-Württemberg Photovoltaikanlagen mit einer Leistung von rund 330 Megawatt (MW) errichtet, wobei der Großteil davon (299 MW) auf Dachflächen installiert wurde. Im Südwesten sind im Ganzen nun gut sechs Gigawatt (GW) installiert. Der Landkreis Konstanz liegt im Baden-Württembergischen Kreisvergleich aktuell auf Platz 18 von 44 Land- bzw. Stadtkreisen, was neu gebaute Dachanlagen pro Einwohner betrifft. Privatleute, Unternehmen und Kommunen errichteten im Zeitraum von Juli 2018 bis Juni 2019 Solarstromanlagen auf Dächern im Landkreis Konstanz mit einer installierten Leistung von 8,3 Megawatt. Pro Einwohner entspricht das einem Zubau von 29,3 Watt. Insgesamt existieren damit im Landkreis Konstanz aktuell Dachanlagen mit einer installierten Leistung von 123,6 Megawatt bzw. 435,3 Watt pro Einwohner.²

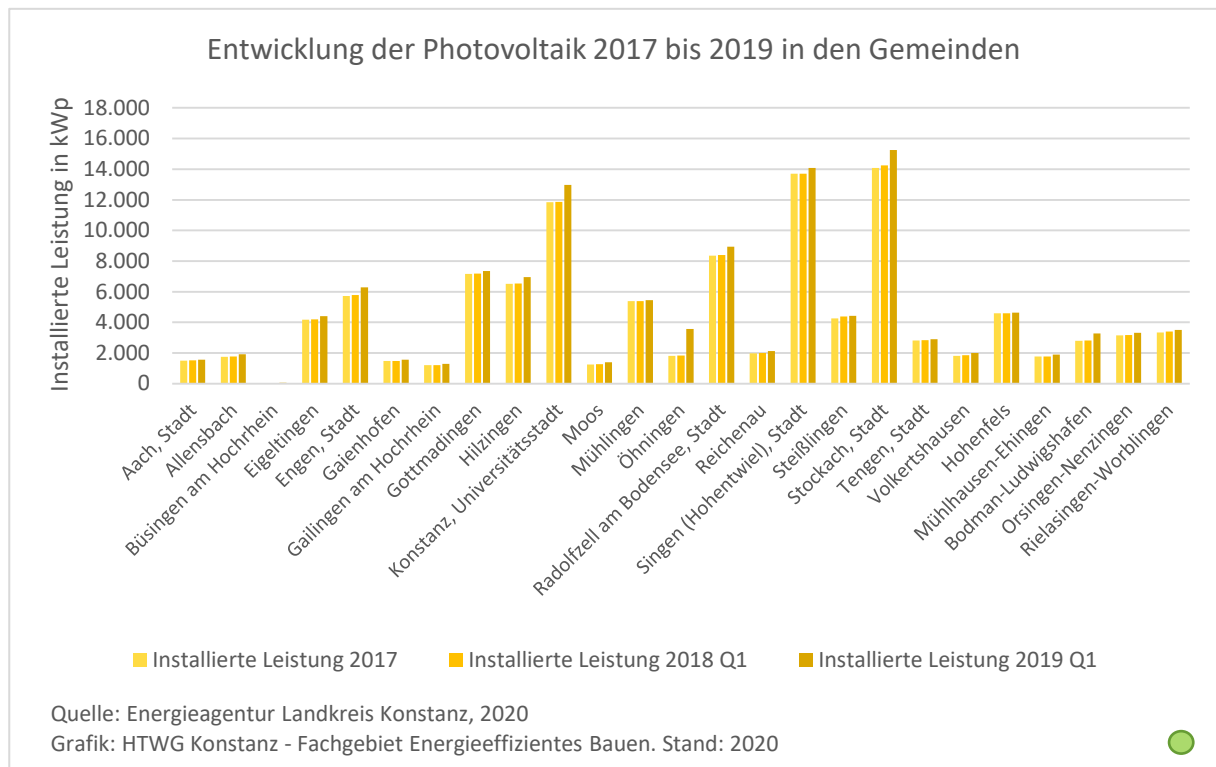


Abbildung 32: Entwicklung der Photovoltaik 2017 bis 2019 in den Gemeinden

In der Kreismeisterschaft des Landkreises Konstanz 2019 hat die Gemeinde Öhningen den ersten Platz erreicht. Die Bürger und Unternehmen von Öhningen haben im Zeitraum vom 1.7.2018 bis 30.6.2019 einen Zubau von 252,9 Watt pro Einwohner durch Photovoltaik-Dachanlagen realisiert. Den zweiten Platz erreichte die Gemeinde Bodman-Ludwigshafen mit 139,2 Watt pro Einwohner knapp vor der Gemeinde Mühlingen, die 138,1 Watt pro Einwohner installiert hat. (Vgl. Abbildung 33)

² Quelle: Energieagentur Landkreis Konstanz

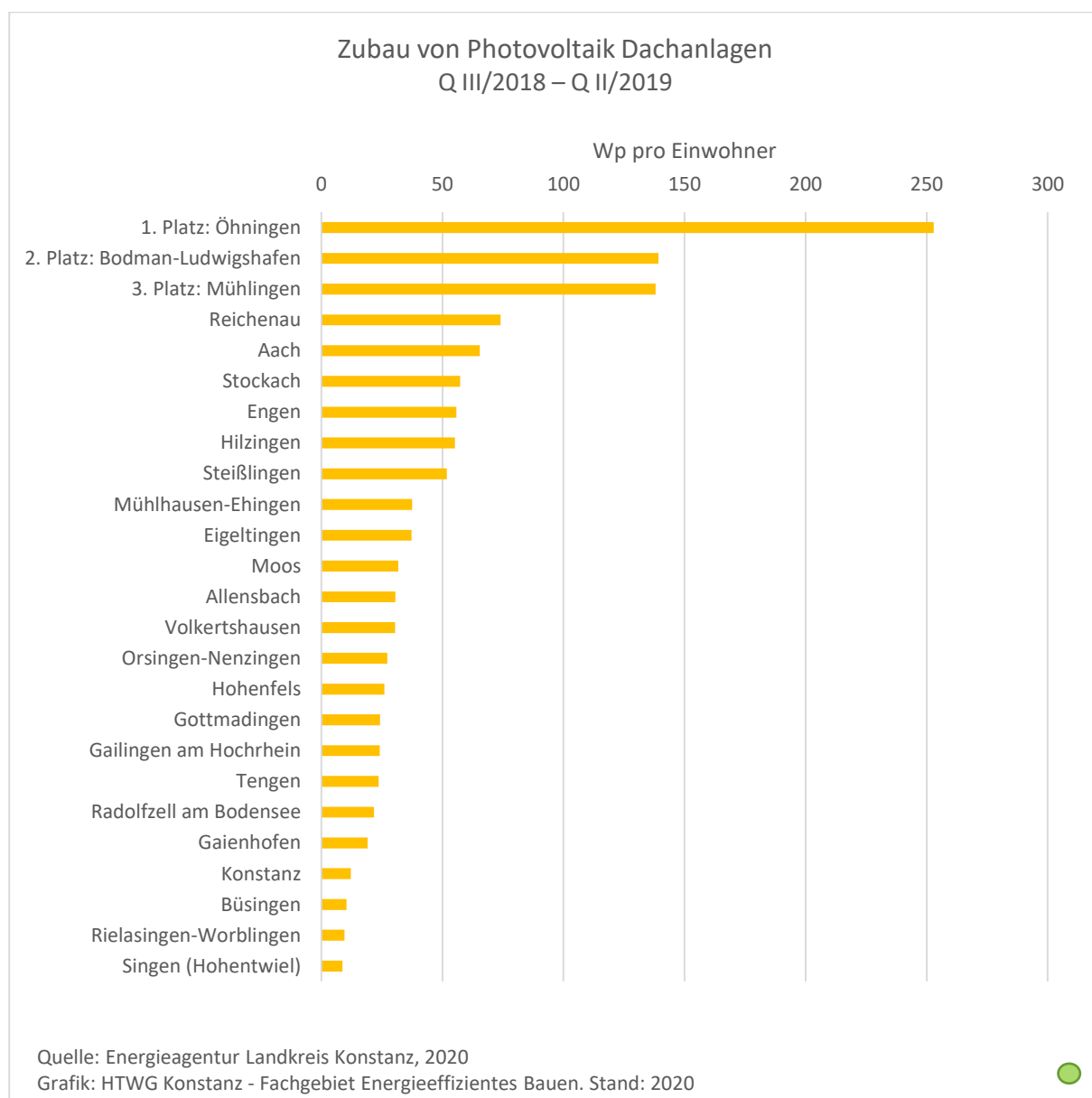


Abbildung 33: Ergebnis der Kreismeisterschaft 2019 im Zubau von PV-Dachanlagen

3.2.2 Erneuerbare Wärmebereitstellung

Für das Jahr 2017 wurde eine erneuerbare Wärmebereitstellung von rund 1.210 kWh Nutzenergie pro Einwohner geschätzt. Diese stammen mit einem Anteil von etwa 1.080 kWh/Ea nach wie vor überwiegend aus Biomasse. Bei den einzelnen Energieträgern haben feste Brennstoffe mit rund 66 Prozent den größten Anteil. Abwärme aus Biomasse trägt rund 24 Prozent zur erneuerbaren Wärmebereitstellung bei. Bisher liegen keine Daten dazu vor, zu welchen Anteilen die genutzte Biomasse aus lokaler Erzeugung stammt. Rund 5 Prozent der Wärme wurden von Wärmepumpen gewonnen, 4 Prozent wurden mit Solarthermie erzeugt. Der Anteil der Wärme, die mithilfe von Wärmepumpen gewonnen wird, hat damit deutlich zugenommen (vgl. Abbildung 34). Da der Strommix im Jahr 2017 jedoch noch zu 67 Prozent auf fossilen Energien basiert (in der Abbildung nicht dargestellt), stammt diese Wärme nur zu einem Drittel (in Abb. dargestellt) aus erneuerbaren Quellen.

Insgesamt konnte der Landkreis seinen Wärmebedarf im Jahr 2017 zu ca. 6 Prozent aus lokalen erneuerbaren Energien decken.

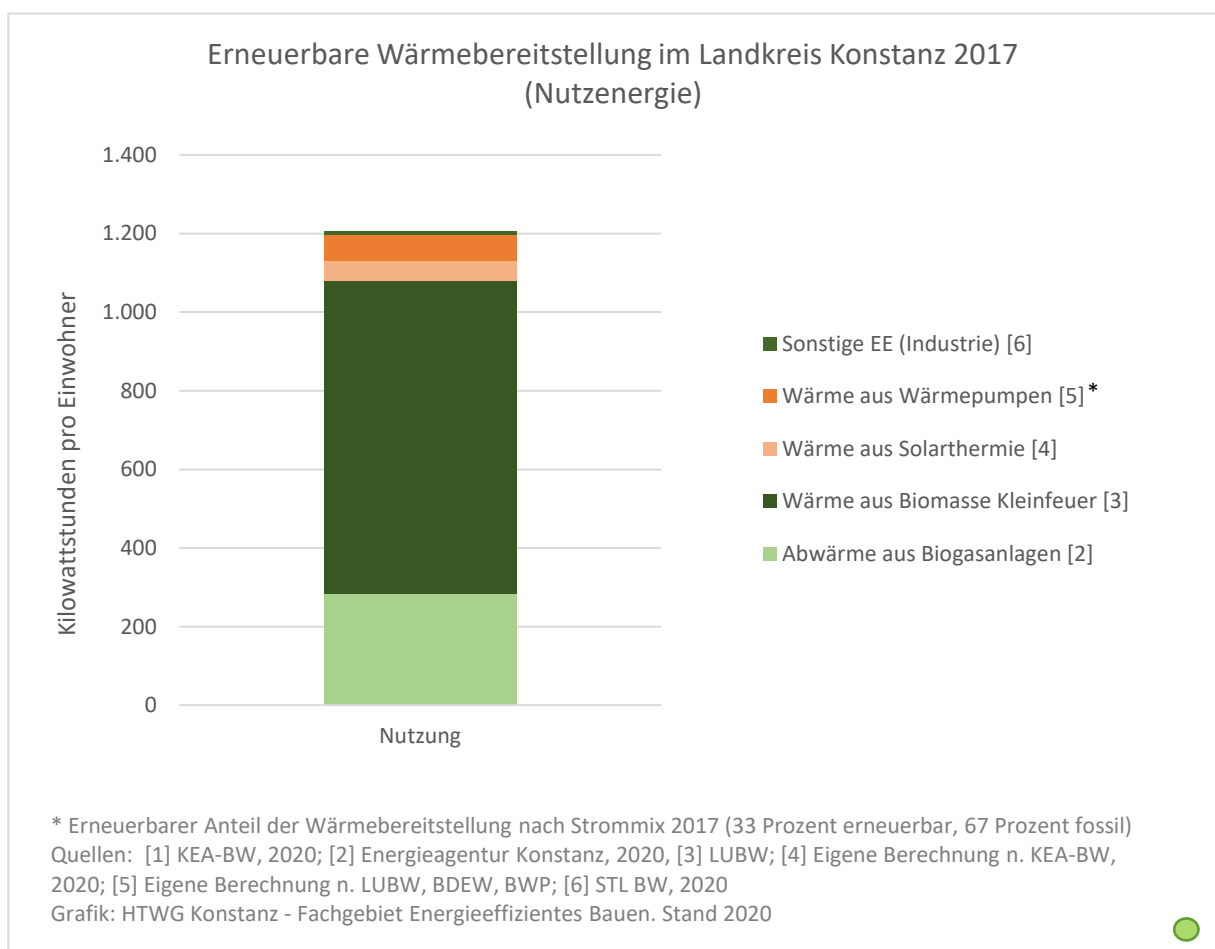


Abbildung 34: Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien 2017 (Nutzenergie in kWh/EW)

3.2.3 Nutzungsgrade lokaler erneuerbarer Energiepotenziale

Entscheidend für das Gelingen der Energiewende ist neben den vorhergehend aufgeführten Faktoren, wie weit der verbleibende Energiebedarf aus erneuerbaren und möglichst lokal vorhandenen Energiequellen gedeckt werden kann. Im Folgenden wird dargestellt, bis zu welchem Grad die lokalen Energiepotenziale durch die bekannte Nutzung erneuerbarer Energien bereits ausgeschöpft worden sind. Im Bereich der Bioenergie handelt es sich dabei um einen bilanziellen Nutzungsgrad, da nicht bekannt ist, zu welchen Anteilen Holz und andere Biomassen in den Landkreis importiert und aus dem Landkreis exportiert werden. Auch ist nicht bekannt, wie viel Biomasse für die energetische Nutzung im Landkreis erzeugt wird.

Auskunft zur Zahl der geeigneten Standorte für Windenergie gaben die IG Hegauwind und die solarcomplex AG. Das Solarpotenzial auf Gebäudedächern wurde dem Energieatlas Baden-Württemberg der LUBW entnommen. Die Potenziale von Wasserkraft und Geothermie konnten im Rahmen der vorliegenden Erhebung nicht abgeschätzt werden. Im Bereich der Wasserkraft ist allerdings davon auszugehen, dass alle größeren Potenziale bereits erschlossen sind. Allenfalls durch sogenanntes Repowering oder den Einsatz von Kleinwasserkraftanlagen lassen sich zusätzliche Potenziale erschließen.

Die lokale erneuerbare Stromerzeugung und die erneuerbare Wärme, die immerhin zu erheblichen Teilen im Landkreis gewonnen wird, decken bisher rund 8 Prozent des Endenergieverbrauchs des Landkreises. Nimmt man die importierten biogenen Treibstoffe und den importierten erneuerbaren Strom hinzu, wurden im Jahr 2017 ca. 13 Prozent des Endenergieverbrauchs mit erneuerbaren Energien gedeckt.

Am höchsten ist der geschätzte Anteil erneuerbarer Energien im Sektor Wohnen mit ca. 19 Prozent. Im Sektor Landwirtschaft wird der Anteil auf ca. 13 Prozent geschätzt, in der Industrie beträgt er ca. 12 Prozent. Am geringsten ist der Anteil erneuerbarer Energien im Sektor Verkehr mit etwas mehr als 5 Prozent. Innerhalb des Verkehrssektors weisen jedoch elektrifizierte Fahrzeuge (Bahn, Elektrobusse, Elektroautos) aufgrund des relativ hohen Anteils erneuerbarer Energien am Strommix von 33,3 Prozent den höchsten erneuerbaren Anteil auf.

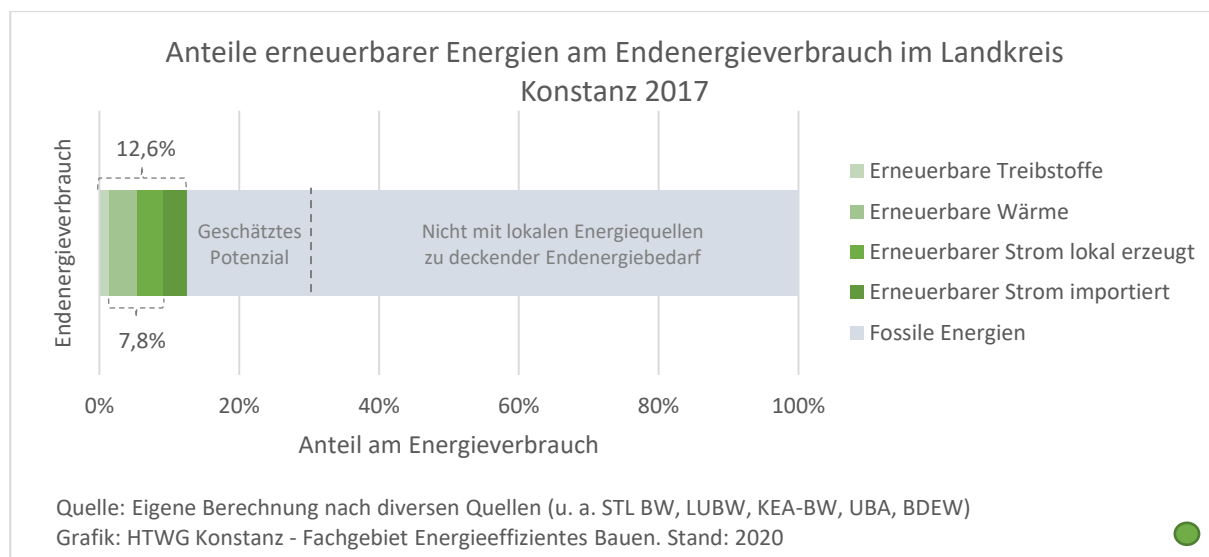


Abbildung 35: Anteile erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch im Landkreis Konstanz 2017

Insgesamt entspricht die Nutzung erneuerbarer Energien im Jahr 2017 rund 30 Prozent der lokalen Energiepotenziale des Landkreises Konstanz, die ihrerseits auf ca. 30 Prozent des Endenergiebedarfs geschätzt werden. Darin ist jedoch ein beachtlicher Anteil importierter Energieträger enthalten, wie beispielsweise den Treibstoffmischungen beigefügte biogene Treibstoffe (Bioethanol und Biodiesel). Die tatsächliche Ausschöpfung der lokalen erneuerbaren Energiepotenziale ist dementsprechend wesentlich

geringer, kann aber bisher nicht genauer beziffert werden, da die hierfür erforderlichen Daten lediglich im Stromsektor erhoben werden.

Das Gesamtpotenzial der lokalen erneuerbaren Energien im Landkreis Konstanz wird auf ca. 21 bis 30 Prozent des Endenergieverbrauchs des Jahres 2017 geschätzt.

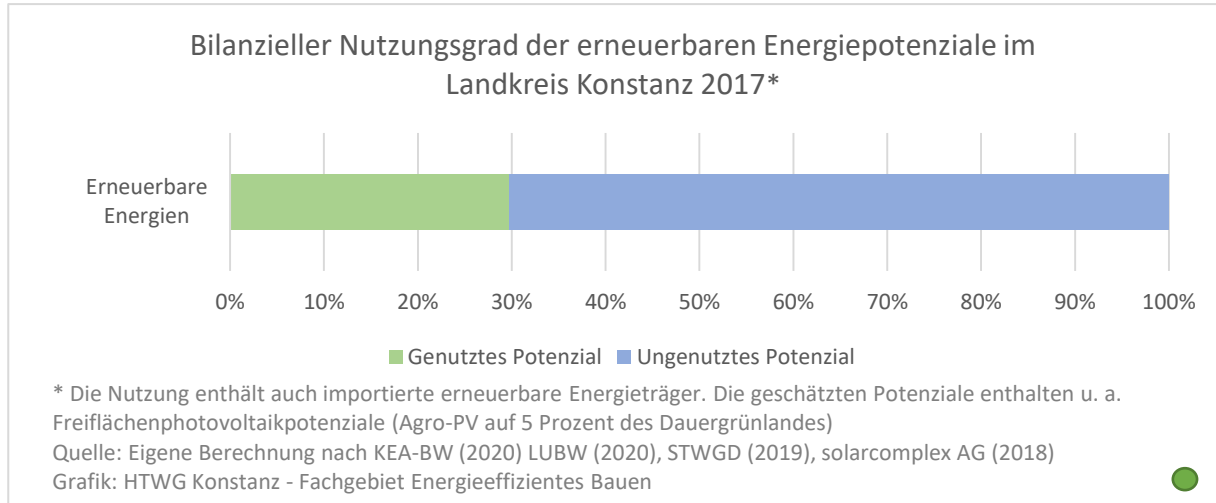


Abbildung 36: Bilanzieller Nutzungsgrad der erneuerbaren Energiepotenziale im Landkreis Konstanz 2017

3.2.3.1 Nutzungsgrad Photovoltaik

Die aktuelle Stromerzeugung mittels Photovoltaik von rund 123 GWh im Jahr 2017 umfasst sowohl Dachflächen- als auch Freiflächenanlagen. Zu welchen Teilen sie sich auf Dachflächen- und Freiflächenanlagen verteilt, ist nicht genau bekannt, weshalb auf eine Schätzung verzichtet wurde. Insgesamt entspricht die aktuelle Erzeugung (Stand 2017) ca. 19 Prozent des Dachflächenpotenzials. Umgerechnet auf die Bevölkerung des Jahres 2017 wird das Dachflächenpotenzial laut Energieatlas der LUBW auf rund 20 m² Modulfläche pro Einwohner geschätzt. Als Potenzial wurde ein Jahresertrag von 120 kWh pro Quadratmeter Modulfläche angenommen.

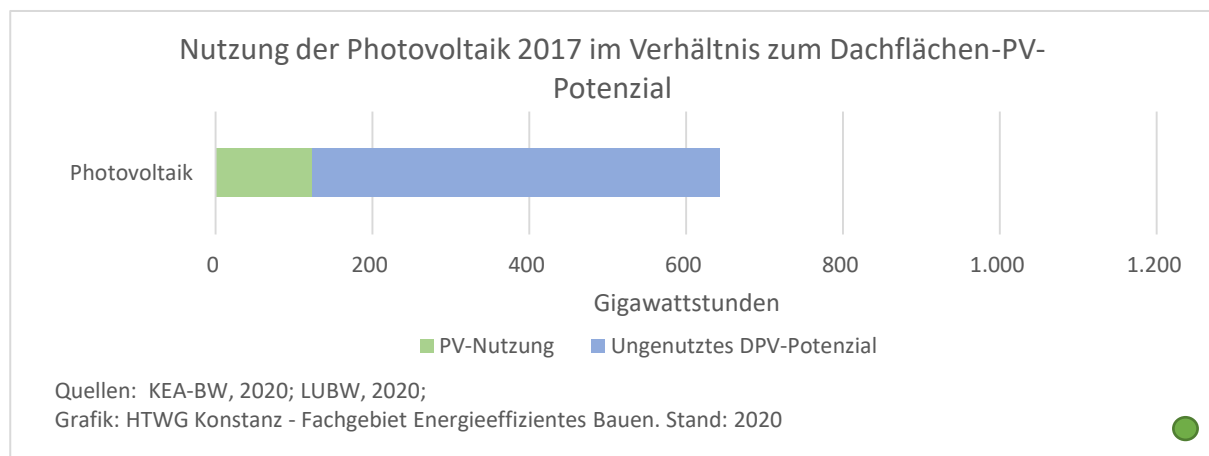


Abbildung 37: Nutzung der Photovoltaik im Verhältnis zum Dachflächenpotenzial

Durch die Nutzung von Agro-Photovoltaik auf Grünland oder Ackerland, kann das Photovoltaikpotenzial deutlich erhöht werden. Die Stadtwerke Schwäbisch Gmünd errichteten im Jahr 2018 den Solarpark Deponie Gügling mit einem Ertragspotenzial von 672,7 MWh pro Hektar und Jahr (STWGD, 2019). Das Unternehmen Solarcomplex errichtete im Jahr 2017 einen Solarpark im Gewerbegebiet der Gemeinde Bingen (Landkreis Sigmaringen), mit einem Ertragspotenzial von 737,5 MWh pro Hektar und Jahr (solarcomplex AG, 2018). Wenn die Abstände zwischen den Modulreihen vergrößert werden, um weiterhin normal Landwirtschaft unterhalb der Module betreiben zu können, sinkt der Ertrag der PV-Anlagen um ca. 20 Prozent. Setzt man bifaziale Module ein, kann der Ertrag jedoch wieder auf ca. 700 MWh/ha*a gesteigert werden. (Fraunhofer ISE, 2019)

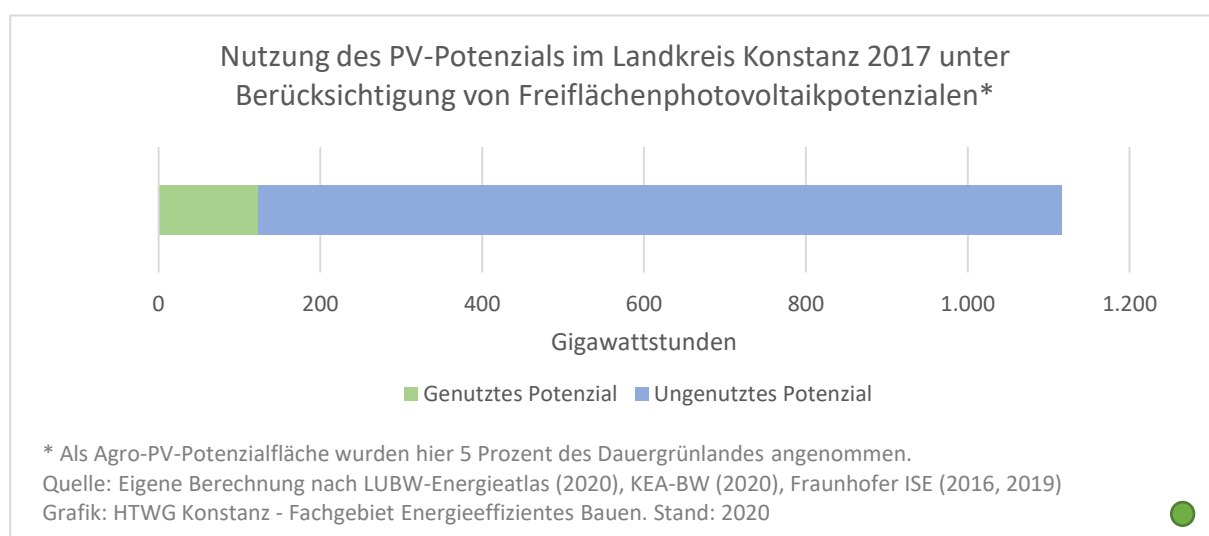


Abbildung 38: Nutzung des PV-Potenzials im Landkreis Konstanz 2017 unter Berücksichtigung von Freiflächenphotovoltaikpotenzialen

Um das Potenzial dieser Technologie aufzuzeigen, wurde berechnet, wie sich das PV-Gesamtpotenzial verändern würde, wenn Agro-PV-Anlagen auf fünf Prozent der Dauergrünlandfläche errichtet würden. Im Ergebnis nimmt das Potenzial um ca. drei Viertel zu und steigt auf rund 1,1 TWh pro Jahr (entspricht 15 Prozent des Endenergiebedarfs 2017). In diesem Fall wäre das PV-Potenzial erst zu 11 Prozent ausgeschöpft.

3.2.3.2 Nutzungsgrad Solarthermie

Die Anlagenfläche der Solarthermie im Landkreis Konstanz ist zwischen den Jahren 2011 und 2017 um 17 Prozent von 30.413 auf 35.579 Quadratmeter gewachsen.

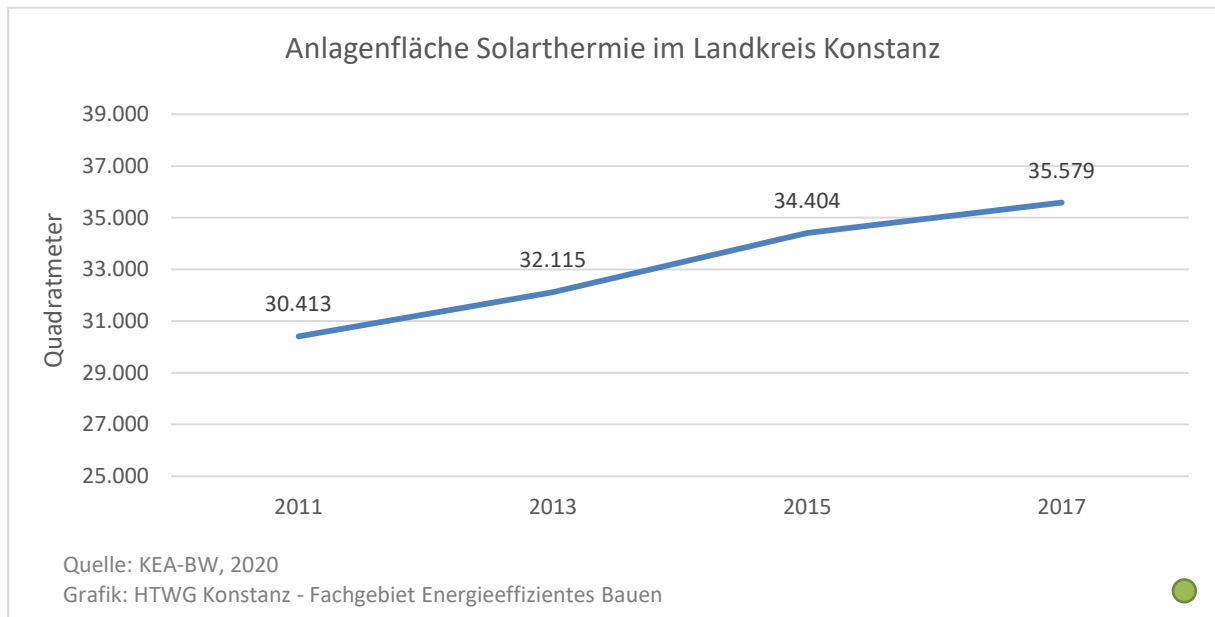


Abbildung 39: Anlagenfläche der Solarthermie

Werden in Zukunft bis zu fünf Prozent des Modulflächenpotenzials auf Gebäudedächern mit Solarthermie genutzt, lag der Nutzungsgrad des Solarthermiepotezials im Jahr 2017 bei rund 13 Prozent.

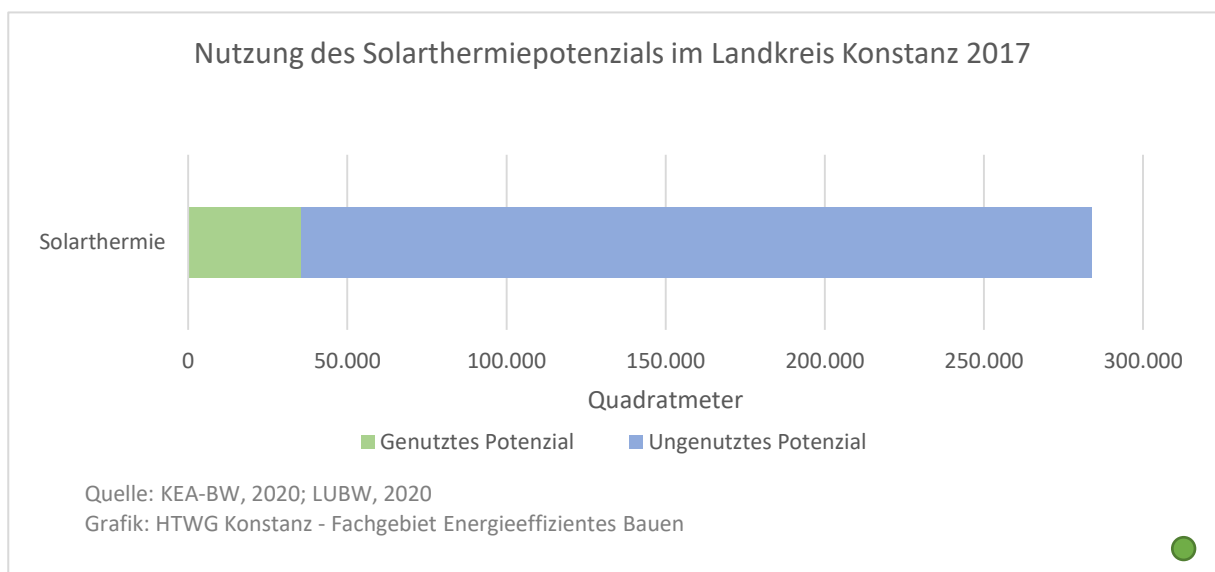


Abbildung 40: Nutzungsgrad Solarthermie

3.2.3.3 Nutzungsgrad Windenergie

In Abbildung 41 sind die Stromerzeugung aus Windenergie im Jahr 2017 und das geschätzte verbleibende Potenzial dargestellt. Im Jahr 2017 wurden insgesamt 9 GWh Strom erzeugt, was etwa 15 Prozent des Potenzials entspricht, das die IG Hegauwind für realisierbar hält.

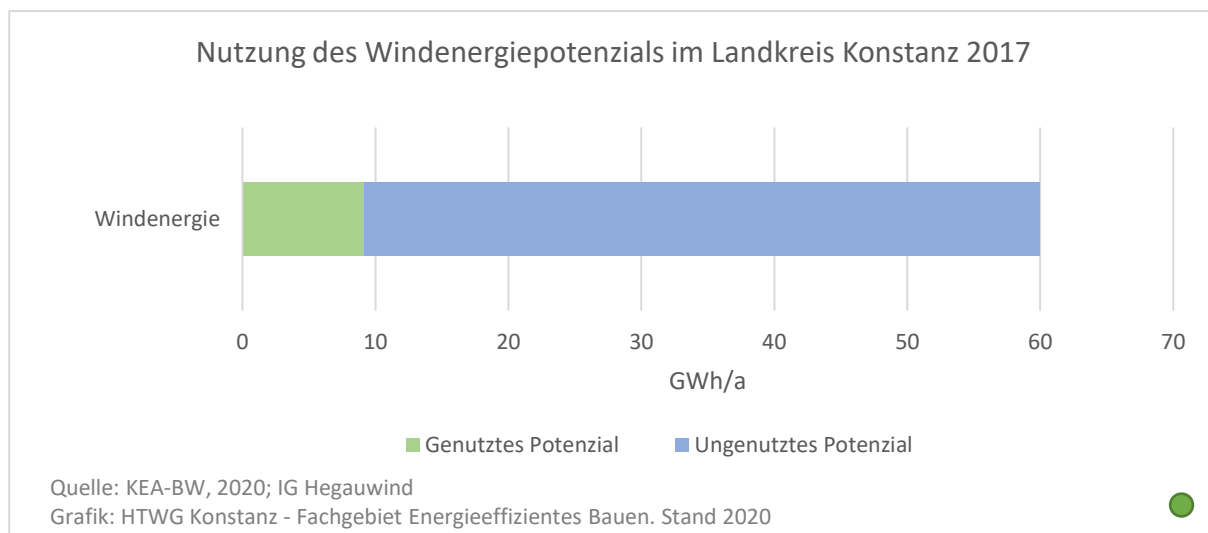


Abbildung 41: Bisherige Nutzung der umsetzbar erscheinenden Windenergiepotenziale

3.2.3.4 Nutzungsgrad Bioenergie

Bundesweit wird das Bioenergiepotenzial auf rund 400 TWh/a geschätzt, was bei 83 Millionen Einwohnern rund 4.800 kWh pro Einwohner und Jahr entspricht. Das Potenzial in Baden-Württemberg wird auf 42,4 TWh/a geschätzt (152.580 TJ), was bei 11 Millionen Einwohnern rund 3.850 kWh pro Einwohner und Jahr entspricht (AEE, 2020). Im Landkreis Konstanz stehen pro Einwohner etwa 87 Prozent der land- und forstwirtschaftlichen Flächen zur Verfügung, die im Landesdurchschnitt zur Verfügung stehen. Das Bioenergiepotenzial im Landkreis wird auf ca. 750 (560 - 900) GWh geschätzt, was rund 2.700 (2.000 – 3.200) kWh pro Einwohner entspricht. Das Potenzial kann größer oder kleiner ausfallen – je nachdem, ob mehr oder weniger land- und forstwirtschaftliche Flächen für die Energiegewinnung genutzt werden. Eine weitere wichtige Einflussgröße ist die Entwicklung der Viehbestände. Der fortschreitende Flächenverbrauch und steigende Bevölkerungszahlen wirken sich schmälernd auf das pro Person verfügbare Bioenergiepotenzial aus.

Für die Berechnung des Potenzials wurden 15 bis 20 Prozent der land- und forstwirtschaftlichen Nutzflächen als überwiegend für die Energiegewinnung genutzte Flächen angenommen. Dies entspricht, auf die Ackerflächen bezogen, ungefähr dem heutigen Durchschnitt in Deutschland. Auch für den Bereich der forstwirtschaftlichen Nutzung wurde ein Fünftel der Fläche für die energetische Nutzung eingerechnet.

Abbildung 42 zeigt den geschätzten Nutzungsgrad des lokalen Bioenergiepotenzials. Die geschätzte, hier dargestellte Nutzung von Biomasse entspricht rund 55 Prozent des geschätzten Energiepotenzials. Zu welchen Anteilen die aktuell genutzten biogenen Energieträger aus lokalen Quellen stammen ist jedoch unbekannt. Insgesamt werden damit bilanziell etwa 55 Prozent des lokalen Bioenergiepotenzials bereits genutzt. Neben biogenen Treibstoffen könnte auch die aus Biomasse gewonnene Wärme zu größeren Teilen aus Nachbarkreisen importiert sein. Holzpellets werden zum Teil sogar aus dem Ausland importiert. Daher wird vermutet, dass der Nutzungsgrad der lokalen Potenziale in Wirklichkeit geringer ist als in Abbildung 42 dargestellt.

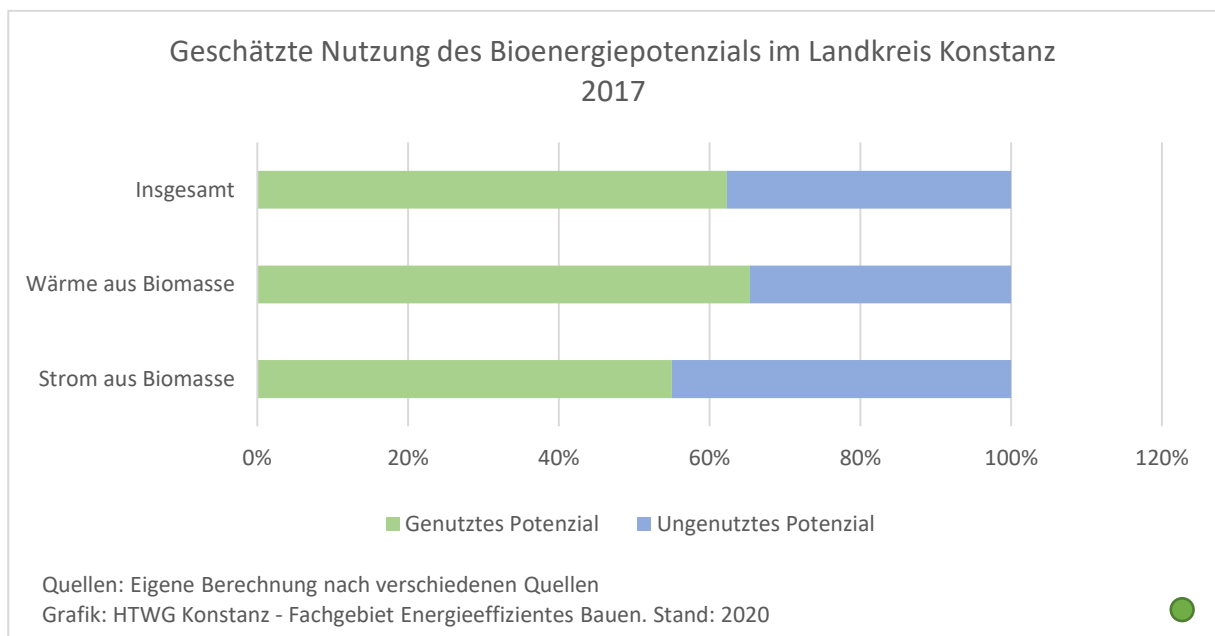


Abbildung 42: Nutzungsgrad des Bioenergiepotenzials im Landkreis Konstanz 2017

Die bekannte installierte elektrische Leistung der Biogasanlagen im Landkreis verteilt sich aktuell auf lediglich 14 der 25 Gemeinden. In Abbildung 43 ist die installierte Leistung nach Gemeinden abgebildet.

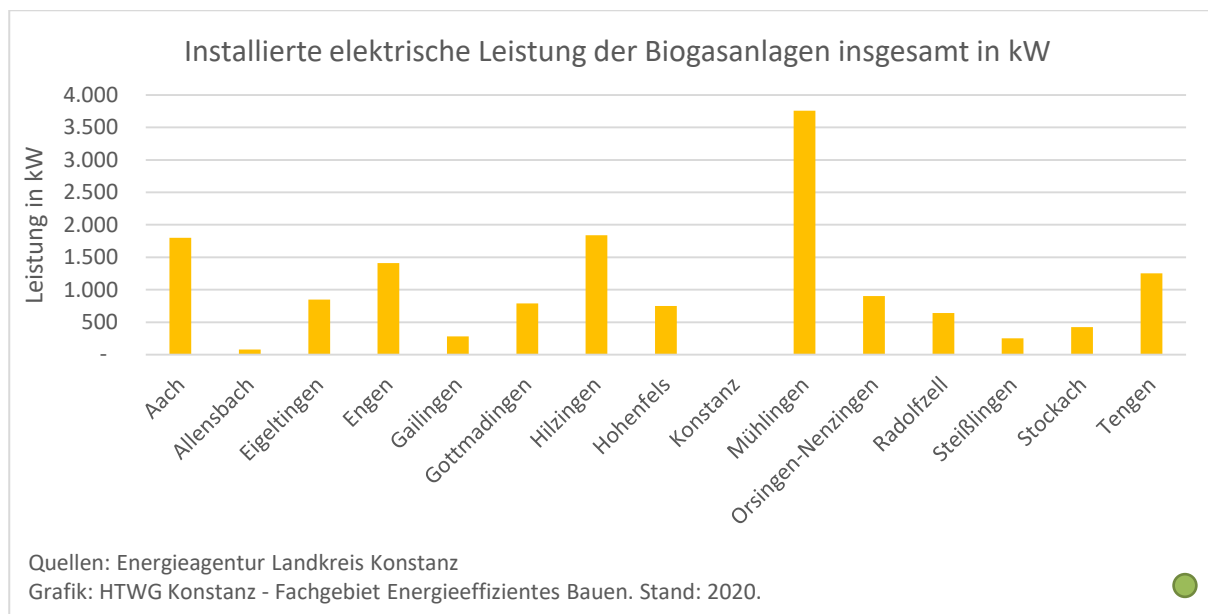


Abbildung 43: Installierte elektrische Leistung der Biogasanlagen insgesamt in kW

Etwa 17 Prozent der in den Biogasanlagen entstehenden Abwärme sind übrig und könnten theoretisch genutzt werden. Bei mehr als einem Drittel der Abwärme ist der Verbleib unbekannt. Wäre es möglich, die gesamte anfallende Abwärme (nach Abzug der Abwärme, die für die Beheizung von Gewächshäusern genutzt wird) für die Gebäudebeheizung zu nutzen, könnten damit aktuell rund 11.800 Haushalte versorgt werden (Stand 2017). Bei einem zukünftigen Energiebedarf der Wohngebäude von ca. 60 kWh/m² würde das heutige Abwärmepotenzial bei optimaler Ausnutzung für bis zu 29.000 Haushalte ausreichen. Innerhalb dieser Spanne bewegt sich das Gebäudebeheizungspotenzial der aktuell im Landkreis vorhandenen Biogasanlagen. Nimmt man den Mittelwert von 20.400 (11.800 – 29.000) Haushalte für eine Schätzung zur Hand, könnten mit der Abwärme rund 43.000 Einwohner versorgt werden, was beinahe der Bevölkerung der Stadt Singen entspricht – oder umgerechnet rund fünf Prozent der Bevölkerung des Landkreises.

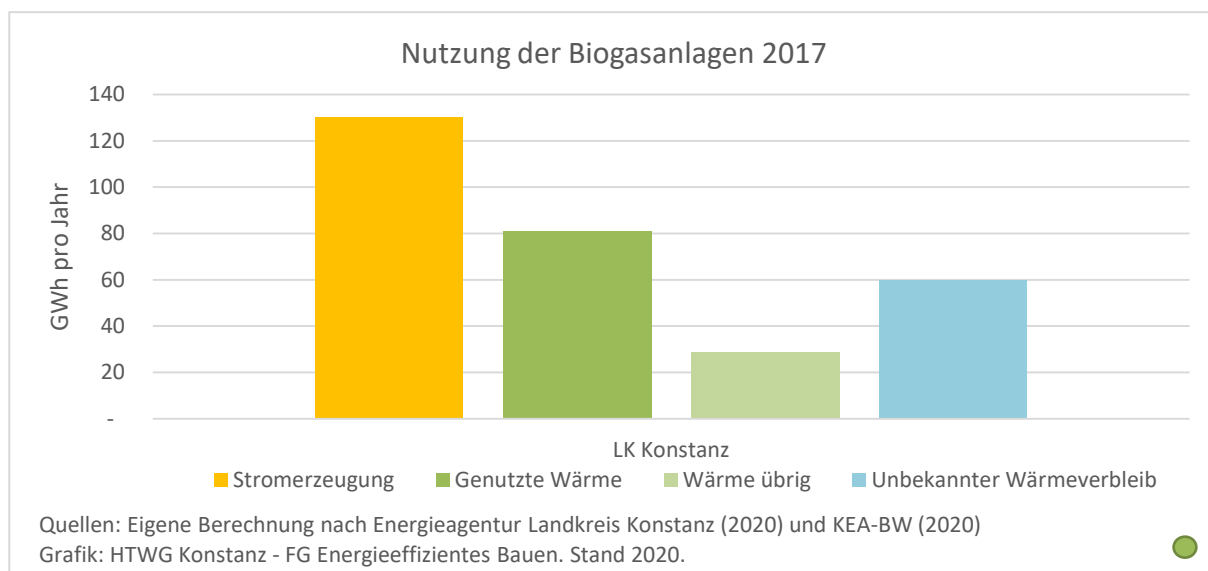


Abbildung 44: Bekannte Nutzung der Biogasanlagen

Möglichkeiten, die Abwärme besser zu nutzen, könnten saisonale Wärmespeicher oder eine stärkere Orientierung der Biogasverstromung am Wärmebedarf der Gebäude im Jahresverlauf bieten, was den Speicherbedarf reduzieren könnte.

Aktuell werden rund 21 Prozent der anfallenden Abwärme in Wärmenetze eingespeist, beispielsweise in Bioenergiedörfern. Mit der übrigen Abwärme ließe sich die Zahl der beheizten Gebäude also theoretisch nahezu verdoppeln.

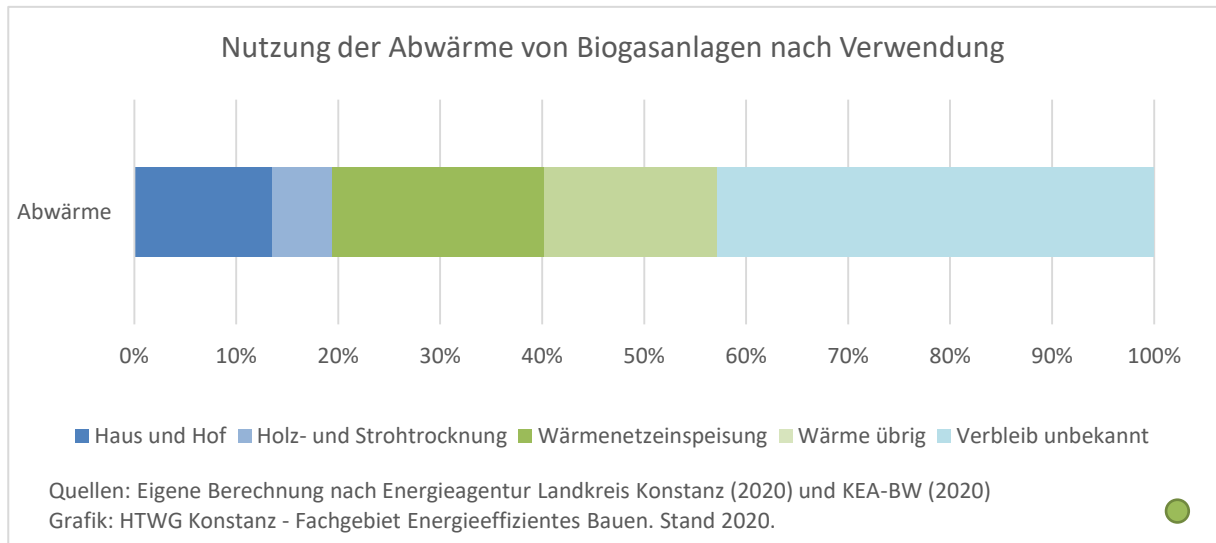


Abbildung 45: Nutzung der Abwärme von Biogasanlagen nach Verwendung

In Abbildung 46 ist dargestellt, wie sich die übrige Abwärme im Jahr 2017 auf die Gemeinden verteilt hat.

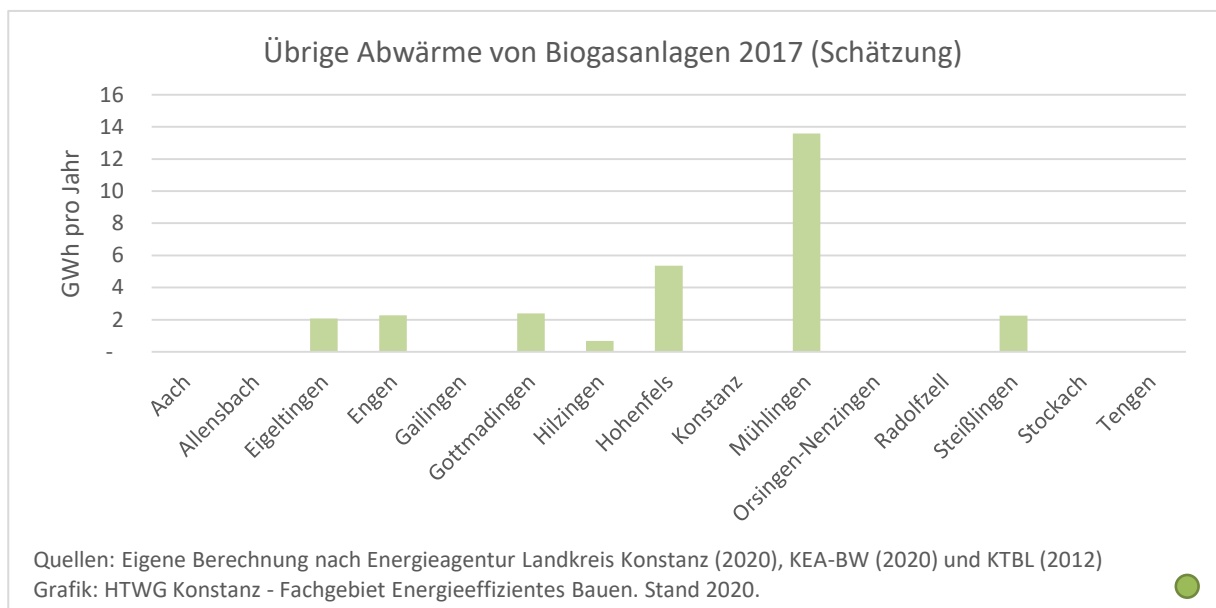


Abbildung 46: Übrige Abwärme von Biogasanlagen 2017

Hinweis zur Datenqualität:

Bei den dargestellten Abwärmepotenzialen handelt es sich nicht um Messergebnisse, sondern um eine Schätzung anhand der Stromproduktion des Jahres 2017 und der prozentualen Angaben zur Nutzung der Abwärme der einzelnen Biogasanlagen nach Angaben des KTBL zum Strom-Wärmeverhältnis bei Biogasanlagen (KTBL, 2012). Die abgebildeten Werte können daher einen Eindruck von der Größenordnung der Potenziale im Jahr 2017 vermitteln, müssen jedoch bei Bedarf im Einzelfall geprüft werden.

3.3 Treibhausgasemissionen

Bei den in diesem Kapitel dargestellten Treibhausgasemissionen handelt es sich um die energiebedingten Treibhausgasemissionen. Diese machen in Deutschland aktuell etwa 85 Prozent und in Baden-Württemberg etwa 90 Prozent der gesamten Treibhausgasemissionen aus. Nicht energiebedingte Treibhausgasmissionen stammen überwiegend aus der Landwirtschaft und der Abfallwirtschaft. Sie konnten im Rahmen der vorliegenden Erhebung nicht ermittelt werden. Die Bilanzierung der energiebedingten Emissionen erfolgt in der Regel quellen- oder verursacherbezogen. Bei Darstellung nach der Quellenbilanz werden die CO₂-Emissionen am Ort ihrer Entstehung erfasst. Das bedeutet für die einzelnen Sektoren, dass Emissionen, die bei der Stromerzeugung entstehen, im Sektor Kraftwerke ausgewiesen werden und nicht beim Endverbraucher (Sektoren Industrie, Kleingewerbe, private Haushalte). Werden die Emissionen, die bei der Strom- und Fernwärmeerzeugung entstehen, auf den Endverbraucher umverteilt, ergibt sich die Darstellung der Verursacherbilanz. (STL BW, 2011) Die vorliegende verursacherbezogene Bilanz bezieht sich ausschließlich auf Emissionen, die direkt aus dem Endenergieverbrauch entstehen. Der indirekte Energieverbrauch (häufig als Graue Energie bezeichnet) und Emissionen, die infolge dieses Energieverbrauchs durch den Konsum von importierten Verbrauchsgütern indirekt verursacht werden, sind in dieser Bilanz nicht enthalten.

„Je nach Betrachtungsziel kann entweder die Quellen- oder die Verursacherbilanz sinnvolle Ausgangsdaten liefern. In den Bereichen Industrie, Kraftwerke und Straßenverkehr (letzterer nur für die Quellenbilanz) gehen statistisch erhobene Daten zum Energieverbrauch nach Energieträgern bzw. zu Jahresfahrleistungen nach Kfz-Arten und Streckenabschnitten in die Berechnungen ein und führen so zu belastbaren Ergebnissen. In den Sektoren Sonstiger Verkehr sowie Haushalte und Kleingewerbe bestehen teilweise Lücken in den Ausgangsdaten, weshalb an einigen Stellen auf verallgemeinernde Annahmen zurückgegriffen werden muss. Bei der Interpretation der Ergebnisse sind daher vor allem in diesen Bereichen nur bestimmte Aussagen zulässig. Aufgrund der Datenschutzbestimmungen in der amtlichen Statistik einerseits und der methodischen Vorgehensweise bei den Berechnungen andererseits können die Sektoren nur in zusammengefasster Form (...) veröffentlicht werden. Aus denselben Gründen ist eine Veröffentlichung der zu Grunde liegenden Energieverbrauchswerte nicht möglich. Eine regionale Darstellung der übrigen Treibhausgasemissionen (vor allem Methan und Lachgas) kann derzeit noch nicht zur Verfügung gestellt werden. Dabei ist zu beachten, dass bei diesen Gasen, anders als beim CO₂, außer den energiebedingten Emissionen weitere Sektoren von Bedeutung sind (zum Beispiel die Landwirtschaft).“ (STL BW, 2011)

3.3.1 Emissionsfaktoren

Die Berechnung der energiebedingten CO₂-Emissionen erfolgt anhand spezifischer Emissionsfaktoren der einzelnen Energieträger. Für eine Kilowattstunde Stromverbrauch im Jahr 2017 sind, entsprechend dem deutschen Strommix, 533 g CO₂-Äquivalent anzurechnen. Die Emissionen des Stromverbrauchs 2017 sind im Landkreis Konstanz im Vergleich zum Jahr 2014 um mehr als 10 Prozent gesunken. Ein großer Teil der Emissionsminderung ist auf den Faktor Strommix und seine Entwicklung zurückzuführen. Insgesamt sind die energiebedingten Treibhausgasemissionen pro Person zwischen 2014 und 2017 um rund 5 Prozent gesunken. Ohne Berücksichtigung des Stromverbrauchs sind die Emissionen aus der Verbrennung sonstiger Energieträger nur um rund 3 Prozent zurückgegangen.

Der Emissionsfaktor Strominlandsverbrauch für den deutschen Strommix wird berechnet aus den direkten CO₂-Emissionen, die bei der gesamten Stromerzeugung entstehen (I), und einem inländischen Stromverbrauch. Dieser entspricht dem Endverbrauch netto im Inland (IV) abzüglich des Stromhandelssaldos (III). Ab 2018 wird für die Berechnung auf den Stromhandelssaldo aus der amtlichen Statistik „Monatsbericht der Elektrizitätsversorgung“ des Statistischen Bundesamtes abgestellt(12).

$$\text{Emissionsfaktor Inlandsverbrauch} = \frac{\text{direkte CO}_2\text{-Emissionen}}{\text{Stromverbrauch} - \text{Stromhandelssaldo(absolut)}}$$

Quelle: UBA, 2019d, S. 11

In Tabelle 1 sind die Emissionsfaktoren für den Strominlandsverbrauch für die Jahre 2010 bis 2017 dargestellt.

Tabelle 1: CO₂-Emissionsfaktor Strominlandsverbrauch [kg CO₂-Äq./kWh]

Energieträger	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Strom	0,573	0,572	0,595	0,606	0,593	0,575	0,572	0,533

Quelle: UBA, 2020d, S. 9

Für die CO₂-Bilanzierung mit BICO2BW verwendet die KEA Baden-Württemberg die in Tabelle 2 dargestellten Emissionsfaktoren nach IFEU (2019) und GEMIS (4.94 und 5.0).

Tabelle 2: Spezifische CO₂-Emissionsfaktoren nach KEA-BW (2020)

Energieträger	kg CO ₂ -Äq./kWh	Quelle
Heizöl	0,318	GEMIS 4.94, GEMIS 5.0
Erdgas	0,247	GEMIS 4.94, GEMIS 5.0
Braunkohle	0,411	GEMIS 4.94, GEMIS 5.0
Steinkohle	0,438	GEMIS 4.94, GEMIS 5.0
Solarwärme	0,025	GEMIS 4.94, GEMIS 5.0
Holz (allgemein)	0,022	GEMIS 4.94, GEMIS 5.0
Holz-Pellets	0,027	GEMIS 4.94, GEMIS 5.0
Holz-Hackschnitzel	0,024	GEMIS 4.94, GEMIS 5.0
Stückholz	0,019	GEMIS 4.94, GEMIS 5.0
Rapsöl	0,048	GEMIS 4.94, GEMIS 5.0
Rapsmethylester	0,054	GEMIS 4.94, GEMIS 5.0
Benzin fossil	0,323	IFEU 2019
Diesel fossil	0,326	IFEU 2019
Benzin bio	0,215	IFEU 2019
Diesel bio	0,117	IFEU 2019

Quelle: KEA-BW, 2020a

Die CO₂-Bilanzen des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg basieren auf Emissionsfaktoren des Umweltbundesamtes (UBA, 2018). Die ausführliche Liste ist auf den Internetseiten des Umweltbundesamtes abrufbar³. Eine Zusammenfassung der wichtigsten Emissionsfaktoren, die durch das Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle erstellt wurde, ist in Tabelle 3 dargestellt (BAFA, 2019, S. 3).

Im Vergleich zu den Emissionsfaktoren, die von der KEA Baden-Württemberg verwendet werden, sind die vom Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle empfohlenen Emissionsfaktoren deutlich niedriger. Sie geben lediglich jene Emissionen wieder, die direkt bei der Verbrennung eines Brennstoffs am Ort der Verbrennung verursacht werden. Die von der KEA Baden-Württemberg verwendeten Emissionsfaktoren schließen dagegen die Vorketten mit ein.

Um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit den verschiedenen Bilanzen herzustellen, wurde auf Basis der Endenergieverbrauchsschätzung jeweils eine verursacherbezogene CO₂-Bilanz mit Vorketten nach KEA-BW und eine verursacherbezogene CO₂-Bilanz ohne Vorketten nach BAFA bzw. UBA erstellt.

Bei der Quellenbilanz wurde dagegen auf eine Berechnung mit Vorketten verzichtet.

³ CO₂-Emissionsfaktorenliste für Energie & Industrieprozesse (Tabellarische Aufstellung der abgeleiteten Emissionsfaktoren für CO₂). URL: <https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/treibhausgas-emissionen>

Tabelle 3: Spezifische CO₂-Emissionsfaktoren nach BAFA (2019)

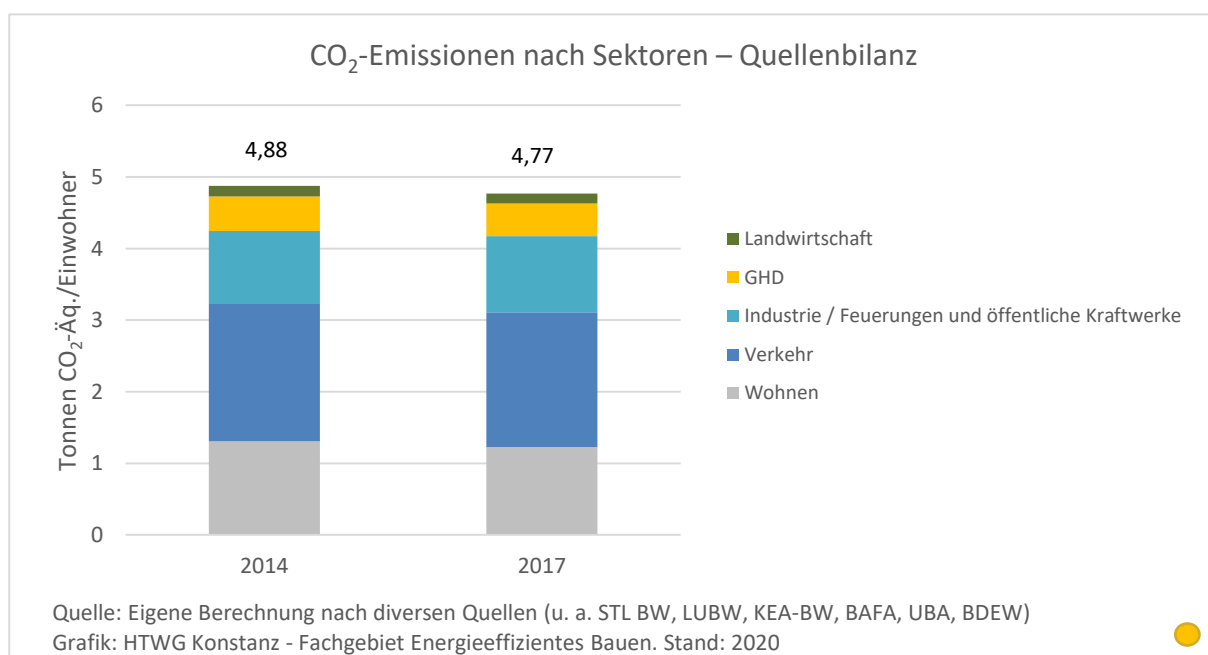
Energieträger	kg CO ₂ -Äq./kWh
Strom Inland	0,537
Nah-/Fernwärme	0,280*
Heizöl leicht	0,266
Heizöl schwer	0,294
Flüssiggas	0,239
Erdgas	0,202
Steinkohle	0,337
Braunkohle	0,381
Rohbenzin	0,264
Diesel	0,266
Biomasse Holz	0,029
Pellets	0,023
Biodiesel	0,096
Biogas	0,148

Quellen: BAFA, 2019 / UBA, 2020c

* Real können die Emissionen im Nah- bzw. Fernwärmebereich in Abhängigkeit des Erzeugerarks deutlich nach oben und nach unten abweichen.

3.3.2 Energiebedingte CO₂-Emissionen: Quellenbilanz

Nach der quellenbezogenen Bilanz betrugen die Emissionen des Landkreises Konstanz im Jahr 2017 ca. 4,8 Tonnen CO₂ pro Einwohner. Damit lagen sie um ca. eine Zehnteltonne unter dem Wert des Jahres 2014. Angewendet wurden hier, wie bereits erwähnt, lediglich Emissionsfaktoren ohne Vorketten nach Umweltbundesamt, da die Emissionen innerhalb der Vorketten größtenteils außerhalb des Landkreises entstehen. So konnte in diesem Fall auch auf Daten des statistischen Landesamtes zu den Emissionen von Industrie, Feuerungen und öffentlichen Kraftwerken zurückgegriffen werden. Eine Bilanzierung anhand von Emissionsfaktoren nach Empfehlung der KEA-BW ist dagegen auch aus praktischen Gründen nicht möglich, da keine ausreichend differenzierten Angaben zu den durch Industrie und Kraftwerke genutzten Energieträgern vorliegen.

**Abbildung 47: CO₂-Emissionen nach Sektoren – Quellenbilanz**

3.3.3 Energiebedingte CO₂-Emissionen: Verursacherbilanz

Die im folgenden dargestellten Emissionen basieren ausschließlich auf dem Endenergieverbrauch im Landkreis Konstanz und umfassen nicht den Verbrauch sonstiger Konsumgüter. Das bedeutet, dass indirekter Energieverbrauch (graue Energie) nicht berücksichtigt ist.

3.3.3.1 Energiebedingte Treibhausgasemissionen nach Energieträgern

Die auf Basis des ermittelten Endenergieverbrauchs berechneten energiebedingten Treibhausgasemissionen des Landkreises Konstanz betrugen im Jahr 2017, je nach Berechnungsweise, rund 2,20 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent (Ber. n. BAFA bzw. UBA) bis 2,45 Millionen Tonnen CO₂-Äquivalent (Ber. n. KEA-BW bzw. IFEU), was rund 7,7 bis 8,9 Tonnen CO₂-Äquivalent pro Einwohner entspricht. Im Vergleich zum Jahr 2014 sind die Gesamtemissionen somit gemittelt um ca. 2,4 Prozent gesunken. Pro Einwohner ergibt sich, nicht zuletzt aufgrund eines verbesserten Strommixes und der gleichzeitigen Bevölkerungszunahme, ein Rückgang der Emissionen um rund 5,2 Prozent. Maßnahmen der Bevölkerung und sonstiger Akteure des Landkreises tragen rund 60 Prozent zur Verbesserung der CO₂-Bilanz bei, 40 Prozent sind auf die Entwicklung des deutschen Strommixes zurückzuführen. Im Landkreis zeigen sich bisher vor allem der Ausbau der Photovoltaik, eine verbesserte Energieeffizienz der Wohngebäude sowie die erhöhte Nutzung von Abwärme aus Biogasanlagen zur Beheizung von Wohn- und Gewächshäusern als wirksam. Die Zahlen von Wärmepumpen und Elektrofahrzeugen sind noch zu gering, um merklich ins Gewicht zu fallen. Gleiches gilt auch für das Wachstum der Anteile von ÖPNV und Fahrradverkehr am Verkehrsaufkommen.

In Abbildung 48 sind die Gesamtemissionen des Landkreises nach Energieträgern dargestellt. Mit 34 bzw. 38 Prozent hat der Stromverbrauch den größten Anteil an den THG-Emissionen im Landkreis.

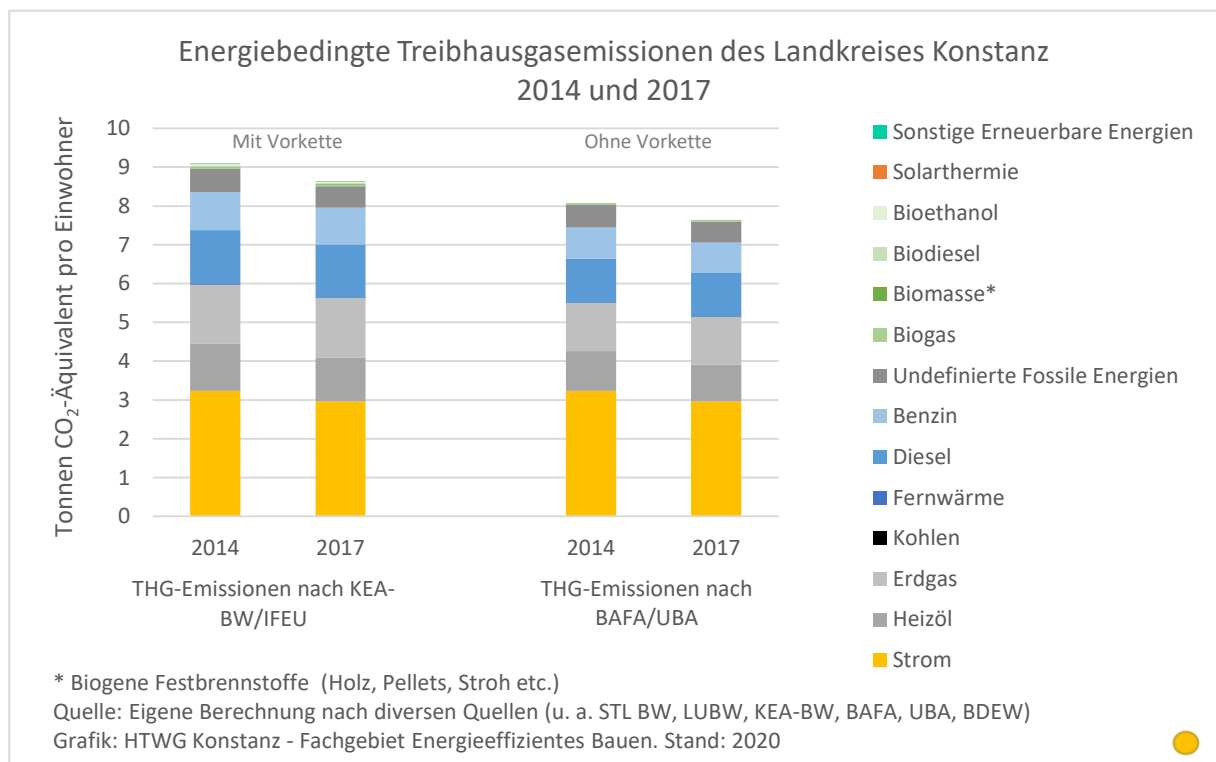


Abbildung 48: Energiebedingte Treibhausgasemissionen pro Einwohner 2014 und 2017 nach Energieträgern

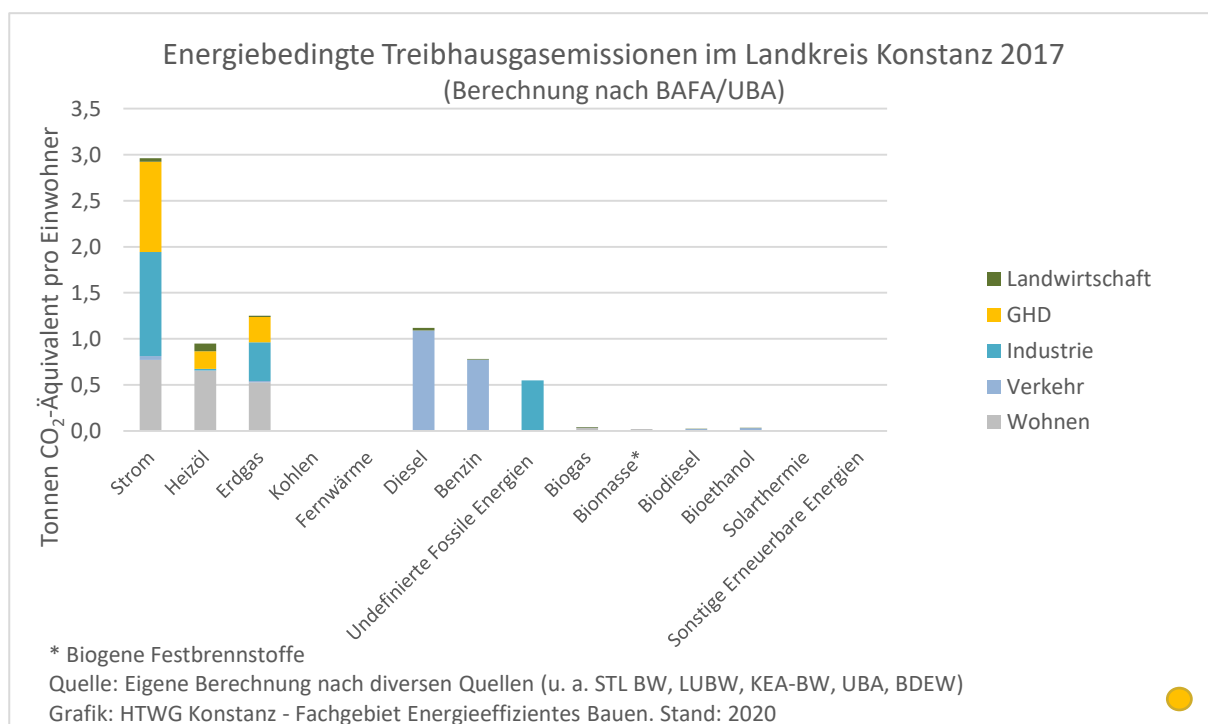
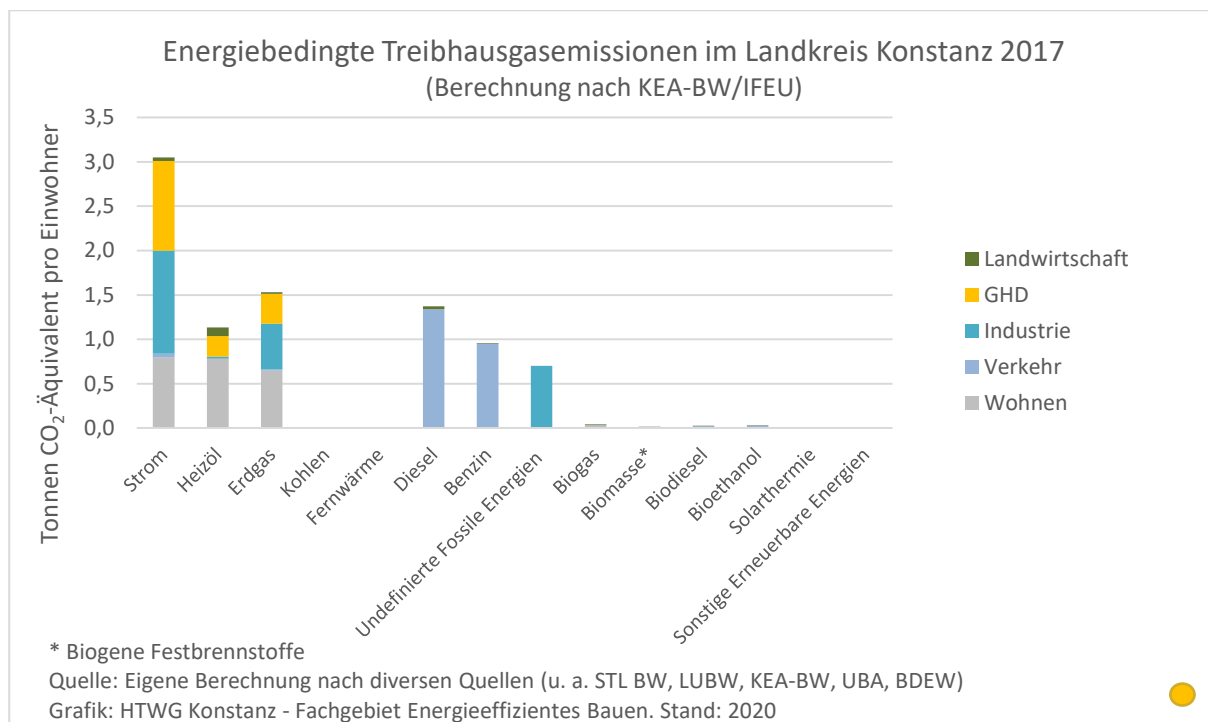


Abbildung 49: Energiebedingte Treibhausgasemissionen nach Energieträgern und Emittenten

Betrachtet man die Treibhausgasemissionen differenziert nach Energieträgern und Emittenten wie in Abbildung 49 dargestellt, so zeigt sich, dass der Stromverbrauch fast vollständig auf die Sektoren Wohnen, Industrie und GHD entfällt, während der Verkehr nur einen sehr geringen Anteil hat. Auch wird ersichtlich, in welchem hohem Maße die Privathaushalte zum Verbrauch aller Energieträger allein durch das Wohnen und den motorisierten Individualverkehr beitragen. Ihr berechneter Anteil am Treibstoffverbrauch liegt bei ca. 70 Prozent. Damit setzen sie für Wohnen und Mobilität mehr als 45 Prozent der energiebedingten Treibhausgasemissionen des Landkreises frei.

3.3.3.2 Energiebedingte Treibhausgasemissionen nach Sektoren

Mit einem Anteil von mehr als 27 Prozent entstehen die meisten energiebedingten Treibhausgasemissionen im Verkehr. Dies entspricht dem Anteil, den der Verkehr im Jahr 2014 beitrug. Die Industrie trug im Jahr 2017 mit 27 Prozent zum Ausstoß klimarelevanter Gase bei und somit einen halben Prozentpunkt mehr als im Jahr 2014. Rund 26 Prozent der Emissionen gingen auf den Sektor Wohnen zurück. Sein Anteil ist damit etwas geringer als 2014. 18 Prozent wurden wie im Vorjahr durch Gewerbe, Handel, Dienstleistung und öffentliche Gebäude freigesetzt. Etwas mehr als 2 Prozent entfallen weiterhin auf die Landwirtschaft.

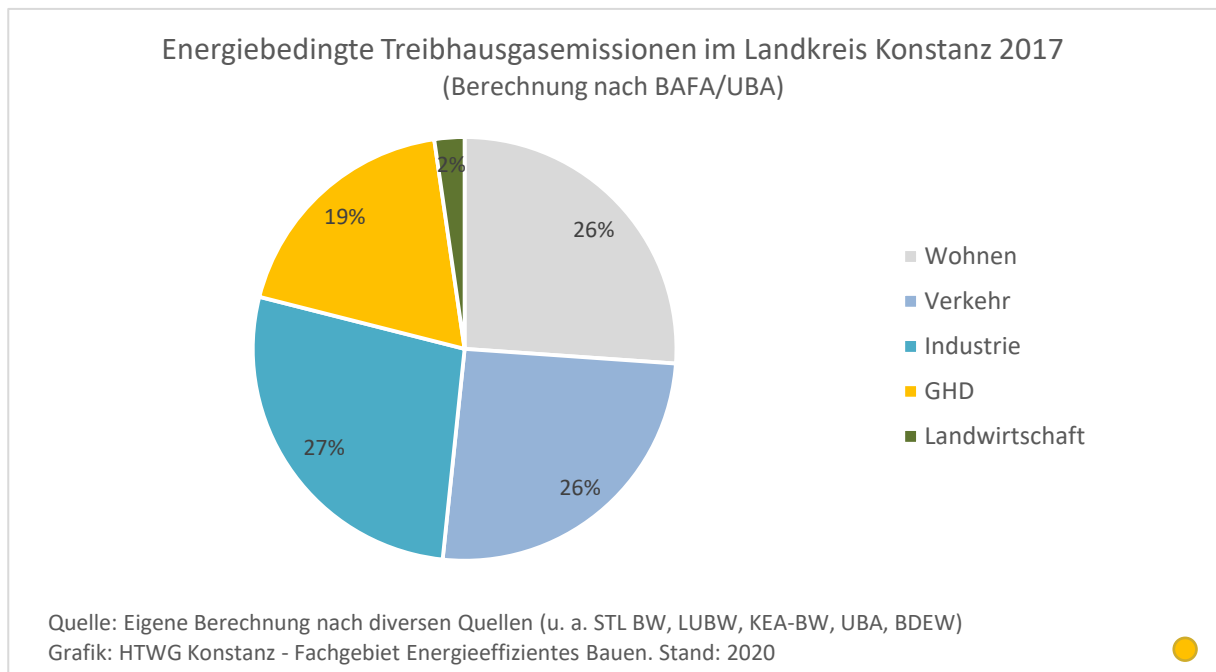
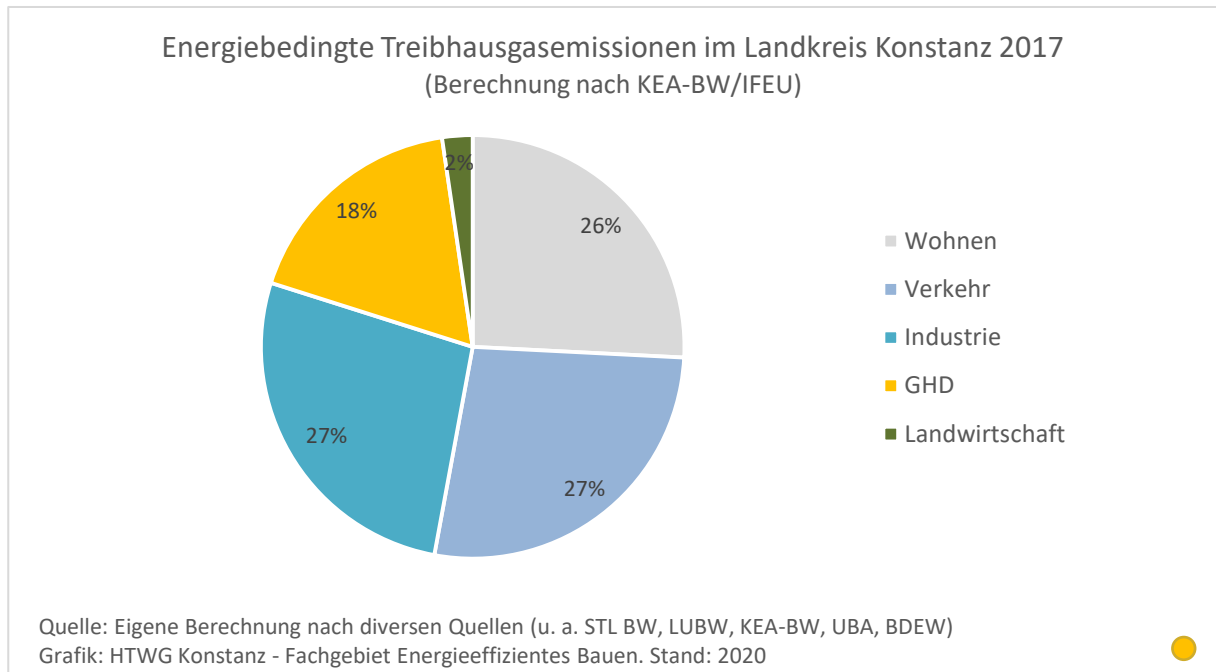


Abbildung 50: Energiebedingte Treibhausgasemissionen nach Sektoren in Prozent

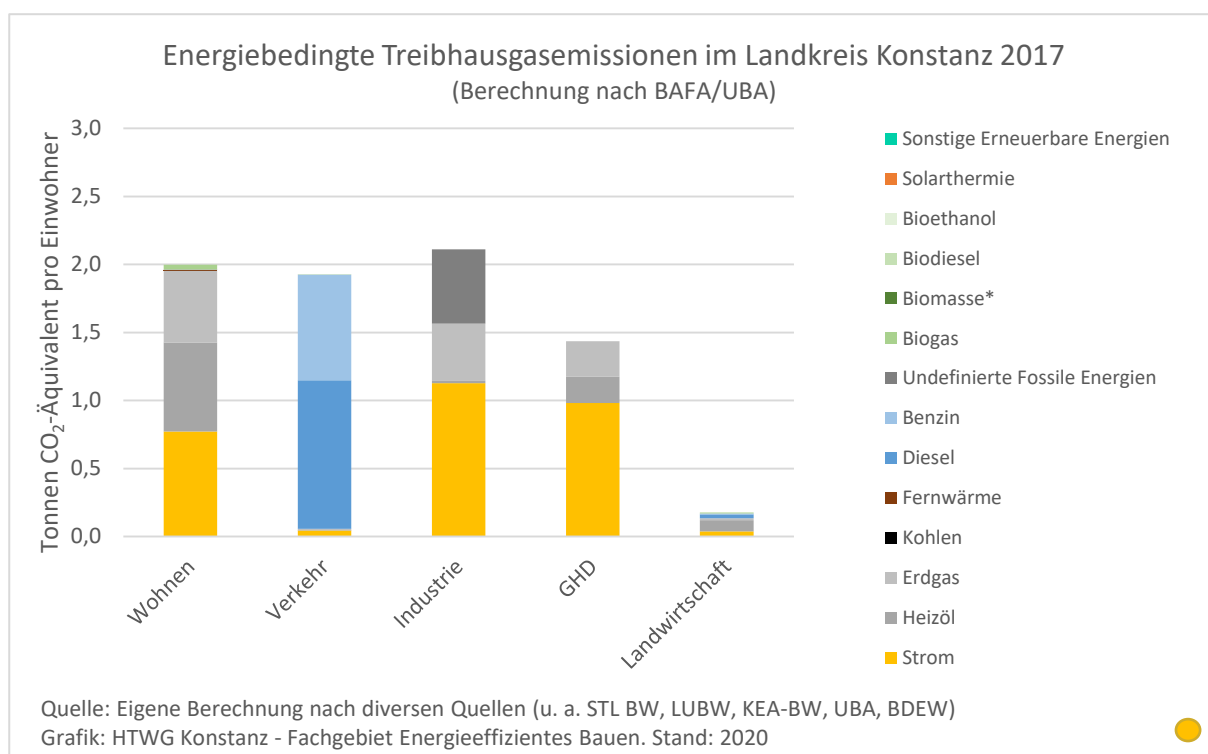
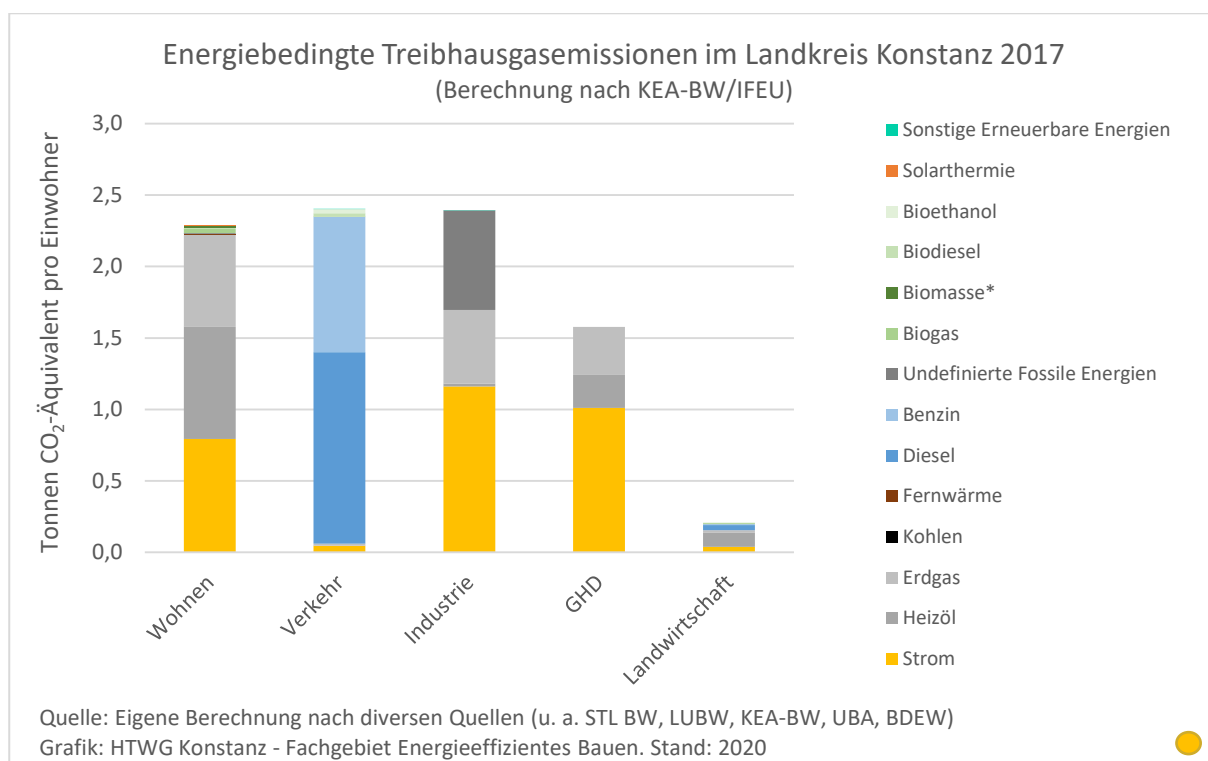


Abbildung 51: Energiebedingte Treibhausgasemissionen nach Sektoren in Tonnen pro Einwohner

4 Die Sektoren

4.1 Verkehr

Der Verkehrssektor trägt im Landkreis Konstanz mit 26 Prozent zu den energiebedingten Treibhausgasemissionen bei. Das Verkehrsaufkommen im Landkreis Konstanz hat zwischen den Jahren 2010 und 2017 um 3 Prozent zugenommen. 47 Prozent des Zuwachses gehen auf den Anstieg bei leichten Nutzfahrzeugen zurück, 39 Prozent auf die Zunahme des Pkw-Verkehrs und 14 Prozent auf einen vermehrten Verkehr schwerer Nutzfahrzeuge. Gegenüber dem Vorjahr betrug der Zuwachs im Jahr 2017 lediglich 0,2 Prozent.

Im Jahr 2017 entfielen 86 Prozent des Verkehrsaufkommens sowie 77 Prozent der im Verkehr entstehenden Treibhausgasemissionen auf den Pkw-Verkehr. Leichte Nutzfahrzeuge tragen 6 Prozent zum Verkehrsaufkommen und 7 Prozent zu den THG-Emissionen bei. Schwere Nutzfahrzeuge haben an der Jahresfahrleistung ebenfalls nur einen Anteil von sechs Prozent, verursachen aber rund 15 Prozent der THG-Emissionen. Die Anteile der Verkehrsmittel an der Jahresfahrleistung und den THG-Emissionen sind in Abbildung 52 dargestellt. Nachfolgend werden einzelne Indikatoren aus dem Sektor Verkehr betrachtet, die Aufschluss über geeignete Stellschrauben geben können, um den Energieverbrauch und die energiebedingten Emissionen des Verkehrs zu reduzieren.

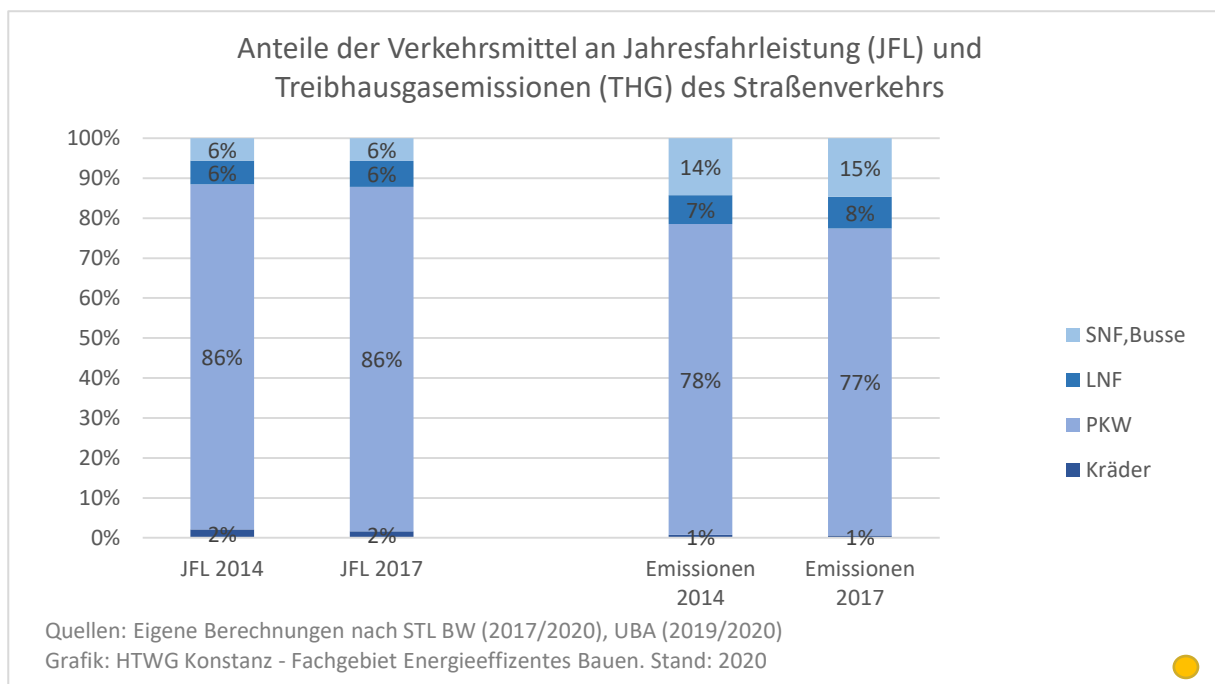


Abbildung 52: Anteile der Verkehrsmittel an Jahresfahrleistung und THG-Emissionen des Straßenverkehrs

4.1.1 Modal Split

Die Entwicklung der Mobilität lässt sich anhand des sogenannten Modal Splits und wichtiger Eckdaten nachvollziehen. Wichtige Mobilitätseckdaten sind die Anzahl der Wege, die durchschnittliche Weglänge und der durchschnittliche Zeitaufwand der Mobilität. Zu den Zielen einer „Stadt der kurzen Wege“ zählt es beispielsweise, die Zahl der Wege und den Zeitaufwand der Mobilität durch eine dezentrale Versorgung zu reduzieren.

Tabelle 4: Mobilitätseckdaten

Kennwert
Wege pro Tag einer mobilen Person (werktags)
Mittlere Entfernung eines Weges (nur Wege <100 km)
Mittlere Dauer eines Weges
Zeitbudget Verkehr einer mobilen Person
Wege an einem Werktag (hochgerechnet)

Viele Landkreise erheben bisher noch keine Daten zum Modal Split. Im Landkreis Augsburg, der im Jahr 2019 eine Erhebung durchgeführt hat und daher als Vergleich gewählt wurde, ist das Auto an einem normalen Werktag mit einem Anteil von 60 Prozent an allen zurückgelegten Wegen das am stärksten genutzte Verkehrsmittel (51 Prozent der Wege als Fahrer und neun Prozent als Mitfahrer). 18 Prozent aller Wege werden per Fahrrad und 13 Prozent zu Fuß zurückgelegt. Somit wird fast jeder dritte Weg von der Bevölkerung des Landkreises aktiv, also ohne Einsatz eines motorisierten Verkehrsmittels zurückgelegt – das ist für eher ländliche Siedlungsstrukturen ein vergleichsweise hoher Wert. Bus und Bahn machen einen Anteil von acht Prozent am Wegeaufkommen aus. Dieses wird insbesondere vom Schülerverkehr getragen. Ohne Berücksichtigung des Ausbildungsverkehrs von und zur Schule sinkt der Anteil von Bus und Bahn auf unter fünf Prozent am Gesamtwegeaufkommen. (Landkreis Augsburg, 2020, S. IV, V)

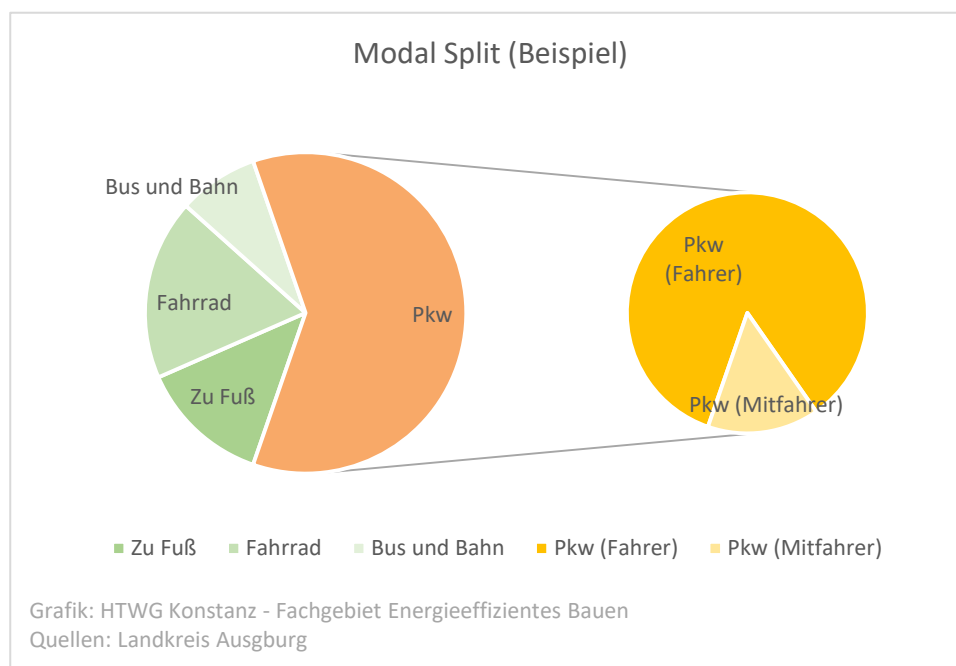


Abbildung 53: Modal Split – Beispiel

4.1.2 Radwegenetz

Das mit dem Rad befahrbare Wegenetz im Landkreis Konstanz umfasst 824 Kilometer. Davon sind 28 Prozent als Radweg, Schutzstreifen oder gemeinsamer Rad- und Fußweg ausgewiesen. Bei 10 Prozent handelt es sich um kraftfahrzeugfreie Straßen (z. B. landwirtschaftliche Wege). Umgerechnet auf die Bevölkerung des Jahres 2018 ergibt dies eine Radwegelänge von 1,12 Metern pro Einwohner.

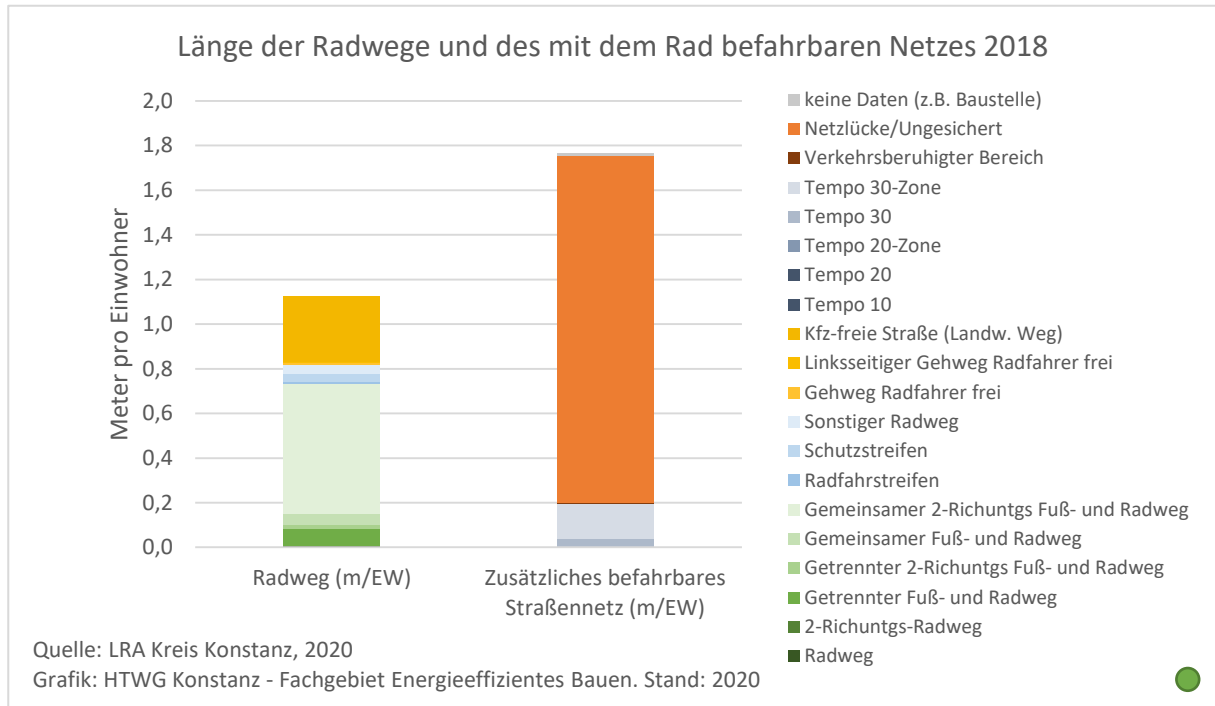


Abbildung 54: Länge des mit dem Rad befahrbaren Netzes und der Radwege

Rund 7 Prozent des Radwegenetzes befinden sich in Zonen mit zulässigen Höchstgeschwindigkeiten unter 30 km/h (Tempo 10, Tempo 20, Tempo 30) und verkehrsberuhigten Bereichen. Rund 54 Prozent sind als Netzlücke/Ungesichert ausgewiesen. Insgesamt standen Radfahrern im Jahr rund 2,89 Meter Wegenetz pro Einwohner zur Verfügung.

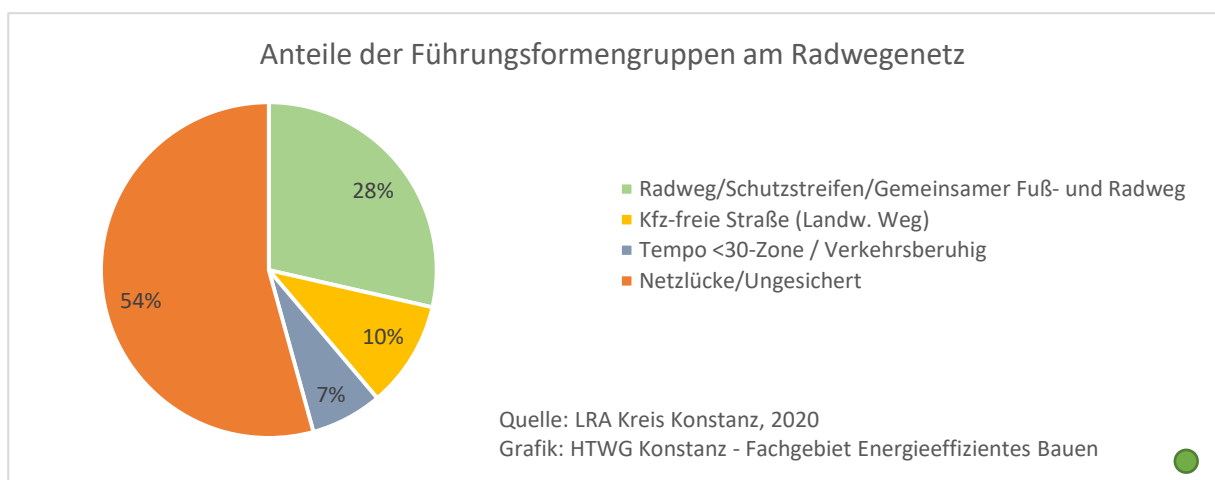


Abbildung 55: Anteile der Führungsformengruppen am Radwegenetz

Für einen Vergleich mit anderen Regionen, stehen auf Landkreisebene nur wenige Daten zur Verfügung. Mit rund 14 Metern steht Radfahrern im Landkreis Uckermark, je nach Datenwahl, die fünf- bis dreizehnfache Netzlänge zur Verfügung (Landkreis Uckermark, 2017). Beim Landkreis Uckermark handelt es sich jedoch um einen deutlich weniger dicht besiedelten Landkreis, sodass pro Person auch

deutlich mehr Weglänge errichtet werden muss. Trotzdem zeigt der Vergleich, wie groß die Spanne innerhalb eines dicht besiedelten Industrielandes sein kann.

Tabelle 5: Radwegenetz des Landkreises Konstanz im Vergleich

Region	Einwohner	Km Fern- & Regionalradweg	Km in Kommunen	Kilometer Insgesamt
Kreis Uckermark	119.552	866	852	1718
Stadt Münster	314.319	k. A.	k. A.	517
Kreis Konstanz	285.325	k. A.	k. A.	320

Quellen: Landkreis Uckermark (2017), WN (2019)

Der Landkreis Konstanz bewegt sich mit 1,1 Metern Radweg pro Einwohner auf dem Niveau der Stadt Osnabrück, die in einem Vergleich deutscher Großstädte im Jahr 2019 Rang 8 belegte. Über das längste Radwegenetz verfügt unter deutschen Großstädten die Stadt Münster mit 1,65 Metern pro Einwohner. (WN, 2019)

Tabelle 6: Radwege pro Einwohner im Vergleich

Region	Km Fern- & Regionalradweg	Km in Kommunen	Insgesamt
Kreis Uckermark	7,2	7,1	14,4
Stadt Münster			1,6
Stadt Hamm			1,4
Kreis Konstanz			1,1
Stadt Osnabrück			1,1

Quellen: Landkreis Uckermark (2017), WN (2019)

4.1.3 Transportfahrräder

Transportfahräder “besitzen ein großes Potenzial, motorisierte Fahrten zu ersetzen, insbesondere im innerstädtischen Verkehr. Dabei gibt es sowohl im privaten wie auch im gewerblichen Bereich viele Einsatzmöglichkeiten. (...) Zwei Drittel der verlagerbaren Fahrten im Logistikbereich finden im Rahmen privater Tätigkeiten statt.” (Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH, 2020) Im Rahmen einer Studie wurden 6.000 Einkäufe an Super- und Baumärkten untersucht: 80 Prozent der Einkäufe hätten mit dem Rad durchgeführt werden können, 14 Prozent hätten sich mit einem zusätzlichen Radanhänger oder Lastenrad bewältigen lassen. Nur 6 Prozent hätten sich nicht mit dem Fahrrad durchführen lassen. (Reiter/Wrighton, 2016, zit. n. Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH, 2020).

Das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) sieht Einsatzmöglichkeiten für Lastenräder im Wirtschaftsverkehr in sechs Marktsegmenten (BMVI, 2016, S.11 - 33):

- Postdienstleistungen,
- Kurierdienstleistungen,
- Paketdienstleistungen,
- Lieferservice,
- Werksverkehr und
- Personenwirtschaftsverkehr.

In Deutschland wurden im Jahr 2019 rund 52 Fahrräder pro 1.000 Einwohner verkauft. Bei 0,5 Prozent der verkauften Räder handelt es sich um Transportfahräder. Dies entspricht einem Transportrad pro 3.850 Einwohner. Zahlen aus dem Landkreis liegen bisher nicht vor.

Künftig könnte, unterstützt durch den Fachhandel im Landkreis, der Absatz von Transportfahrädern folgendermaßen erhoben werden:

Tabelle 7: Beispiel für die Erhebung des Verkaufs von Cargo-Fahrrädern

Jahr	Cargo-Fahrräder	Elektro-Cargo-Fahrräder	Transport-Anhänger
2018			
2019	30*	44*	
2020			

* Schätzung auf Basis des Bundesdurchschnitts als Beispiel

4.1.4 Schifffahrt

Der Endenergieverbrauch der Bodensee-Schiffsbetriebe GmbH (BSB) ist in den Jahren 2014 bis 2018 um 12,5 Prozent auf 26,5 GWh gestiegen. Im Jahr 2017 lag er bei 25,2 GWh. Der Anstieg beim Verbrauch fossiler Energien wurde durch einen deutlichen Ausbau der Nutzung erneuerbarer Energien gebremst. Ihre Nutzung hat sich zwischen 2014 und 2018 fast verdoppelt auf rund 0,9 GWh.

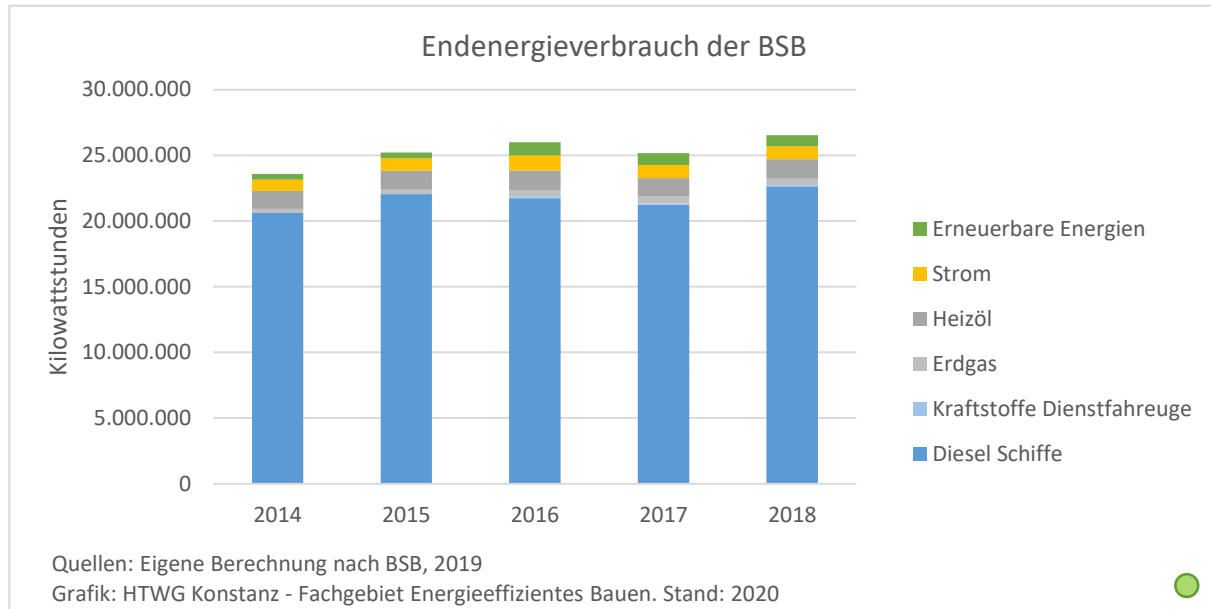


Abbildung 56: Endenergieverbrauch der BSB

Die Treibhausgasemissionen der BSB sind von 2014 bis 2018 um 11 Prozent auf 8.556 Tonnen gestiegen. Dies ist vor allem auf den um 10 Prozent gestiegenen Dieserverbrauch der Schiffe zurückzuführen, der einen Anteil von 85 Prozent am gesamten Endenergieverbrauch hat.

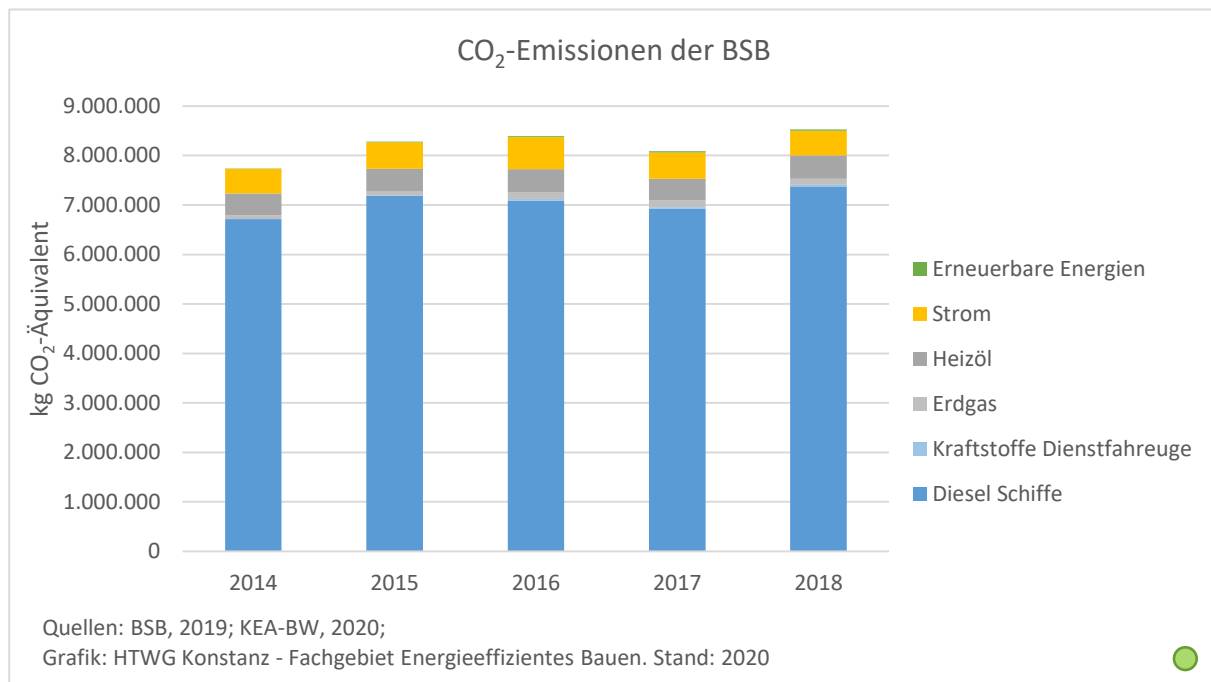


Abbildung 57: CO₂-Emissionen der BSB 2014 - 2018

4.1.5 Neuzulassungen von Lastkraftwagen im Landkreis Konstanz

In Abbildung 58 sind die Neuzulassungen von Lastkraftwagen nach Haltergruppen zwischen 2011 und 2018 dargestellt. Ihre Entwicklung weist auf den Transportbedarf innerhalb des Landkreises in den verschiedenen Branchen hin.

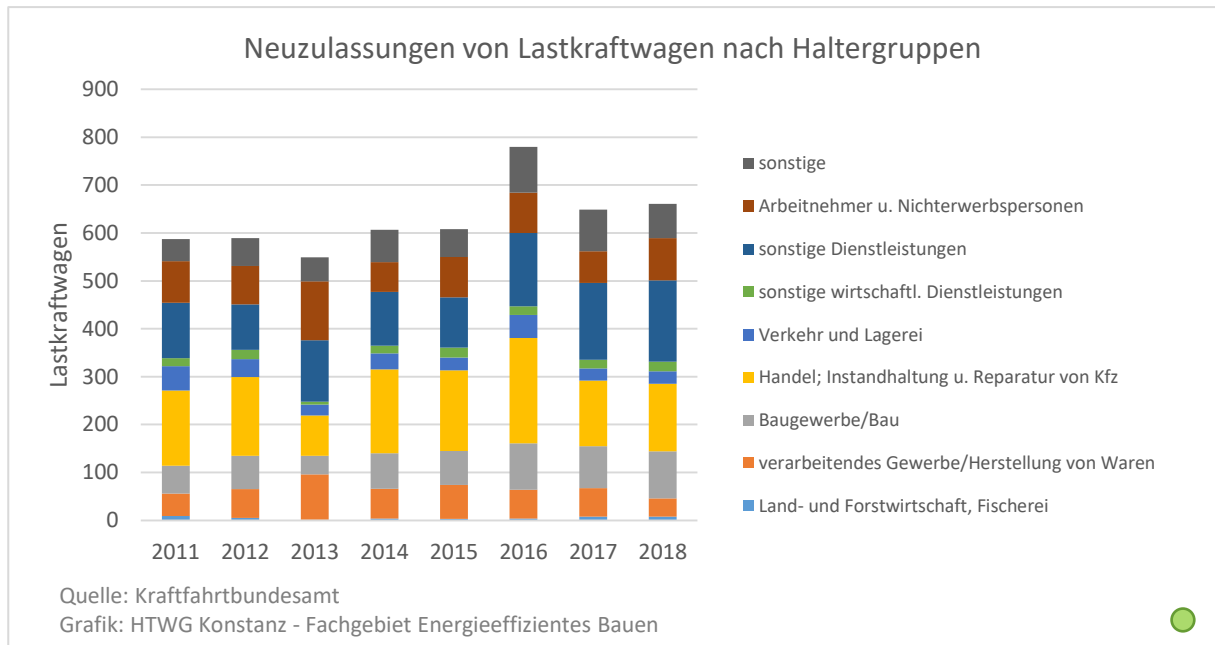


Abbildung 58: Neuzulassungen von Lastkraftwagen im Landkreis Konstanz

Der Energieverbrauch von Lastkraftwagen mit mehr als 3,5 Tonnen liegt in der Regel zwischen 20 und 28 Litern Diesel auf 100 km. Sogenannte 40-Tonner verbrauchen heute ca. 28 Liter/100km. Pro Tonnenkilometer beträgt der Energiebedarf von Lkw 0,4 kWh. Binnenschiff und Güterzug benötigen dagegen nur 0,1 kWh/tkm (vgl. UBA 2014). Der CO₂-Ausstoß liegt mit 97,5 g/tkm ebenfalls deutlich höher als bei Binnenschiffen (33,4 g/tkm) und Bahn (23,4 g/tkm)

4.1.6 Pkw-Bestand

Der Pkw-Bestand im Landkreis Konstanz umfasste im Jahr 2017 insgesamt 154.782 Fahrzeuge. Der Zuwachs zwischen den Jahren 2010 und 2017 betrug rund 13 Prozent. Der jährliche Zuwachs hat deutlich zugenommen. Zwischen 1990 und 2000 wuchs der Bestand um rund 1.600 Pkw pro Jahr, zwischen 2000 und 2010 betrug der Zuwachs rund 1.700 Pkw pro Jahr (vgl. STL BW 2017rd). Im Zeitraum zwischen 2010 und 2017 stieg der jährliche Zuwachs über 2.470 Fahrzeuge. Der jeweilige Anteil der Dieselfahrzeuge am Gesamtbestand ist nicht bekannt, weshalb für eine Schätzung der Durchschnittswert des Landes Baden-Württemberg übernommen wurde. Dieser lag im Jahr 2018 bei 31,5 Prozent. Im Jahr 1990 lag er noch bei 14 Prozent und im Jahr 2000 bei 16,4 Prozent. Ihr Anteil hat sich also zwischen den Jahren 2000 und 2018 nahezu verdoppelt, auch wenn er seit 2015 um einen halben Prozentpunkt zurückgegangen ist (vgl. STL BW 2015b, 2017a, 2020).

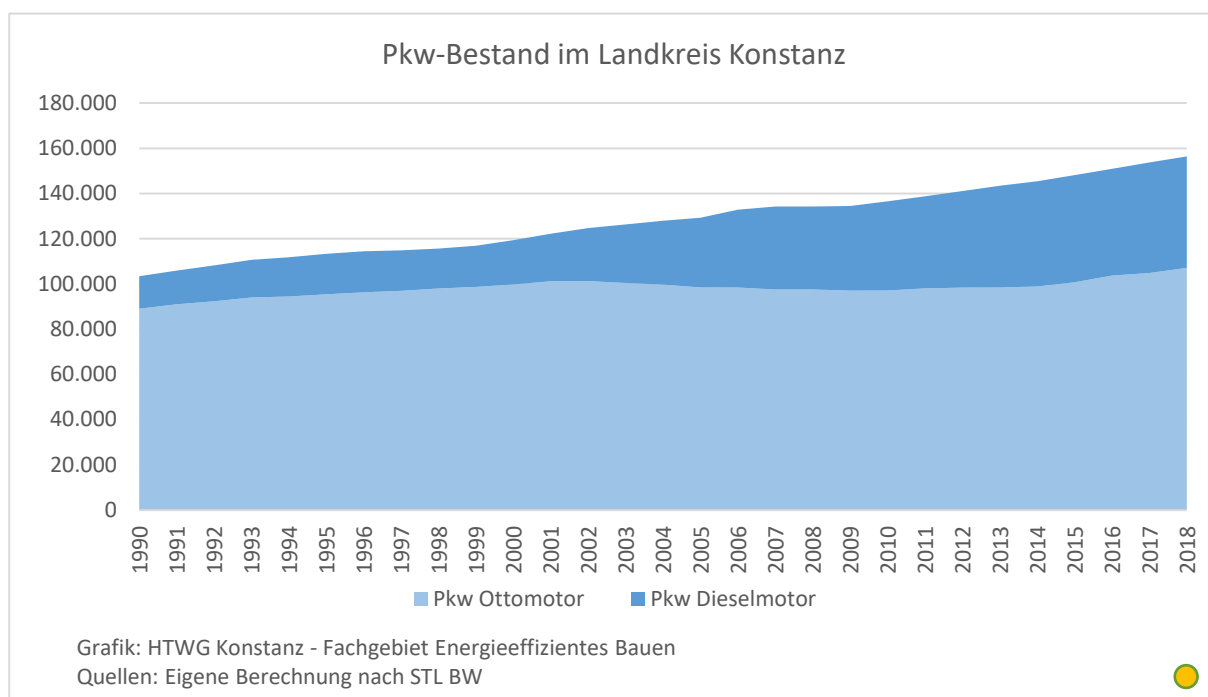


Abbildung 59: Pkw-Bestand im Landkreis Konstanz

Hinweise zur Berechnung

Die Daten zum Pkw-Bestand im Landkreis Konstanz sowie zum Anteil der Dieselmotoren am Pkw-Bestand in Baden-Württemberg stammen vom Statistischen Landesamt Baden-Württemberg. Bis zum Jahr 2008 sind in den vorliegenden Daten zum Pkw-Bestand auch Stilllegungen enthalten. Für die Jahre vor 2008 wurde der Bestand deshalb über die jährlichen Zuwächse zurückberechnet, um statistische Verzerrungen zu vermeiden. Es sind deshalb Abweichungen vom tatsächlichen Anteil der Stilllegungen möglich.

4.1.7 Pkw-Bestand pro 1.000 Einwohner

Im Jahr 2017 waren im Landkreis Konstanz 548 Pkw pro 1.000 Einwohner zugelassen. Dies sind 76 Pkw mehr als im Jahr 2000 und 20 Pkw mehr als im Jahr 2015. Im Zeitraum 2008/2009 gab es aufgrund der sogenannten Umweltprämie, die auch als Abwrackprämie bekannt ist, einen einmaligen Rückgang. Ansonsten ist der Trend zu mehr Pkw pro 1.000 Einwohner ungebrochen und auch eine Verlangsamung des Zuwachses gegenüber den 1990er Jahren ist noch nicht zu erkennen. Der jährliche Zuwachs des Pkw-Bestandes pro 1.000 Einwohner betrug zwischen 1990 und 2000 im Durchschnitt 2,8 Fahrzeuge. Zwischen 2000 und 2015 lag der jährliche Zuwachs bei 2,9 Fahrzeugen, obwohl er in den Jahren 2014 und 2015 auf jeweils ein Fahrzeug pro Jahr sank. Dieser Rückgang des Zuwachses hat jedoch sehr

wahrscheinlich mit dem überdurchschnittlichen Bevölkerungswachstum und einem hohen Anteil von Neubürgern (z. B. Asylsuchende) zu tun, die kein Auto besitzen. Ein Trend hat sich daraus nicht entwickelt, denn in den Jahren 2016 bis 2018 stieg der jährliche Pkw-Zuwachs pro 1.000 Einwohner auf 6,7 Fahrzeuge und damit auf den höchsten dreijährigen Durchschnitt seit dem Jahr 2000.

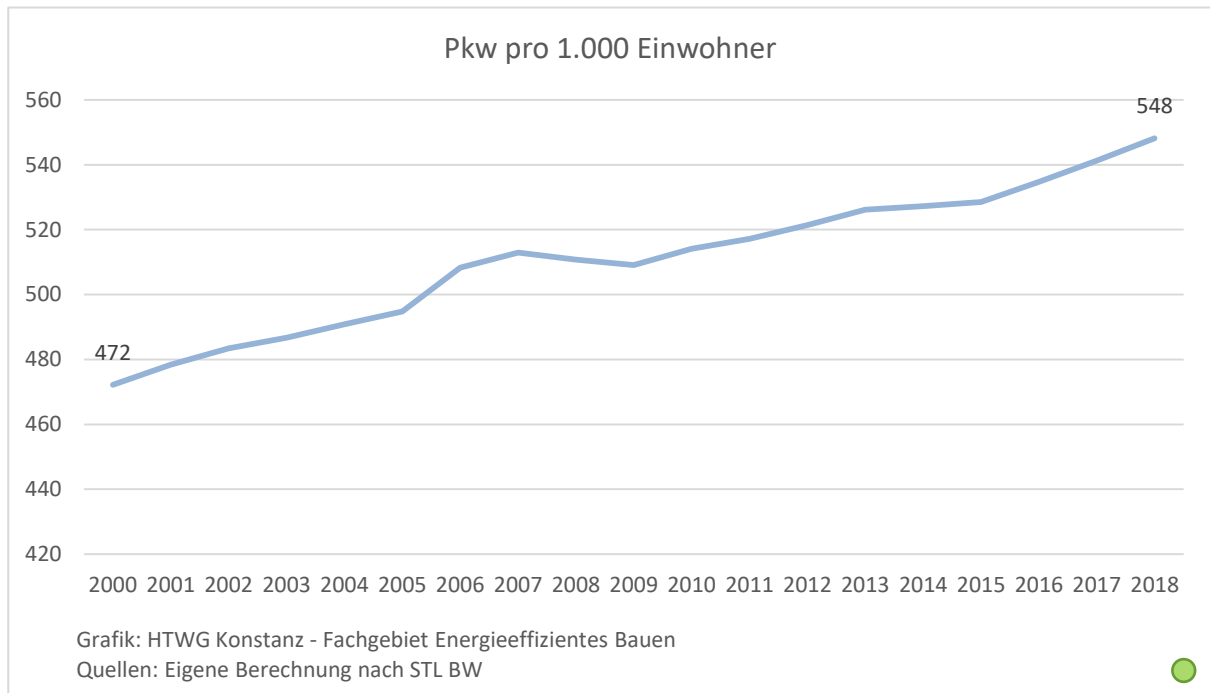


Abbildung 60: Pkw-Bestand pro 1.000 Einwohner im Landkreis Konstanz 1990 bis 2015

Betrachtet man den Pkw-Bestand pro 1.000 Einwohner nach Antriebsart, wird dieser immer noch zum größten Teil von Ottomotoren angetrieben. Der Anteil von Pkw mit Elektromotor liegt im Landkreis Konstanz dagegen noch unter 0,2 Prozent. Auf 1.000 Einwohner kommen daher nur vier Fünftel eines Elektroautos.

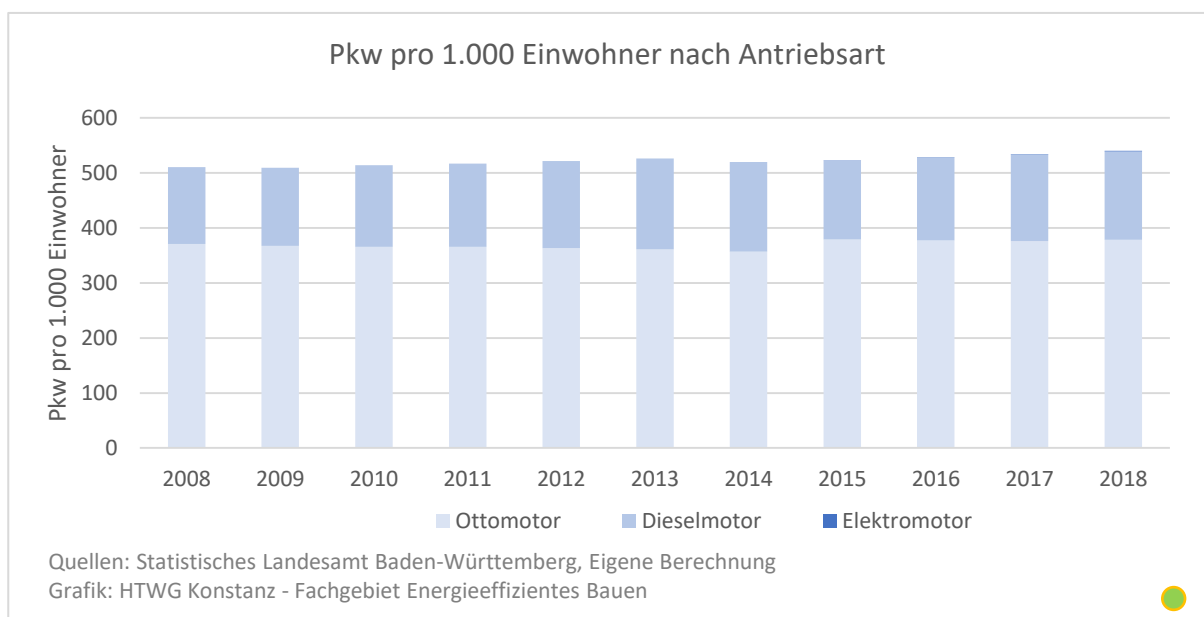


Abbildung 61: Pkw pro 1.000 Einwohner nach Antriebsart

In den einzelnen Gemeinden können große Unterschiede bezüglich der Pkw-Dichte festgestellt werden. Die Spanne reicht im Jahr 2018 von 411 bis 721 je 1.000 Einwohner. Zwischen den Jahren 2010 und 2018 weisen die meisten Gemeinden wie auch der gesamte Landkreis eine steigende Pkw-Dichte auf.

Lediglich in Eigeltingen und Konstanz ist die Pkw-Dichte relativ konstant geblieben. Die Entwicklung der Pkw-Dichte in den einzelnen Gemeinden ist in Abbildung 62 dargestellt.

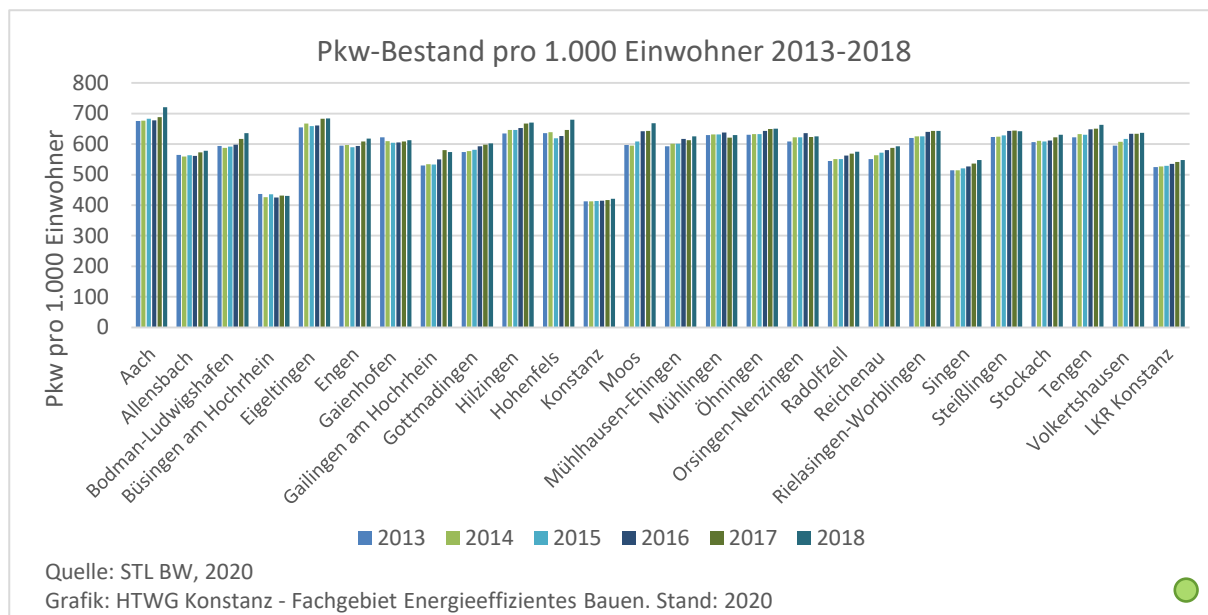


Abbildung 62: Pkw-Bestand pro 1.000 Einwohner in den Gemeinden 2013- 2018

Die Entwicklung des Pkw Bestandes stellt sich in den Gemeinden des Landkreises jedoch sehr unterschiedlich dar. Zwar konnten aus statistischen Gründen nur für die Jahre 2011 bis 2017 zuverlässige Daten zugeordnet werden. Dennoch werden interessante aktuelle Entwicklungen sichtbar. Die Gemeinden Konstanz und Bisingen weisen nicht nur die geringste Pkw-Dichte auf, sondern auch relativ niedrige Zuwachsraten. Die höchsten Zuwächse wiesen im Zeitraum 2011 – 2014 die Gemeinden Orsingen-Nenzingen, Gottmadingen und Tengen auf. Im Zeitraum 2014 – 2017 verzeichnet Orsingen-Nenzingen dagegen nur einen sehr geringen Zuwachs. Die größten Zuwächse zeigten sich dagegen in Gailingen, Moos und Bodman-Ludwigshafen.

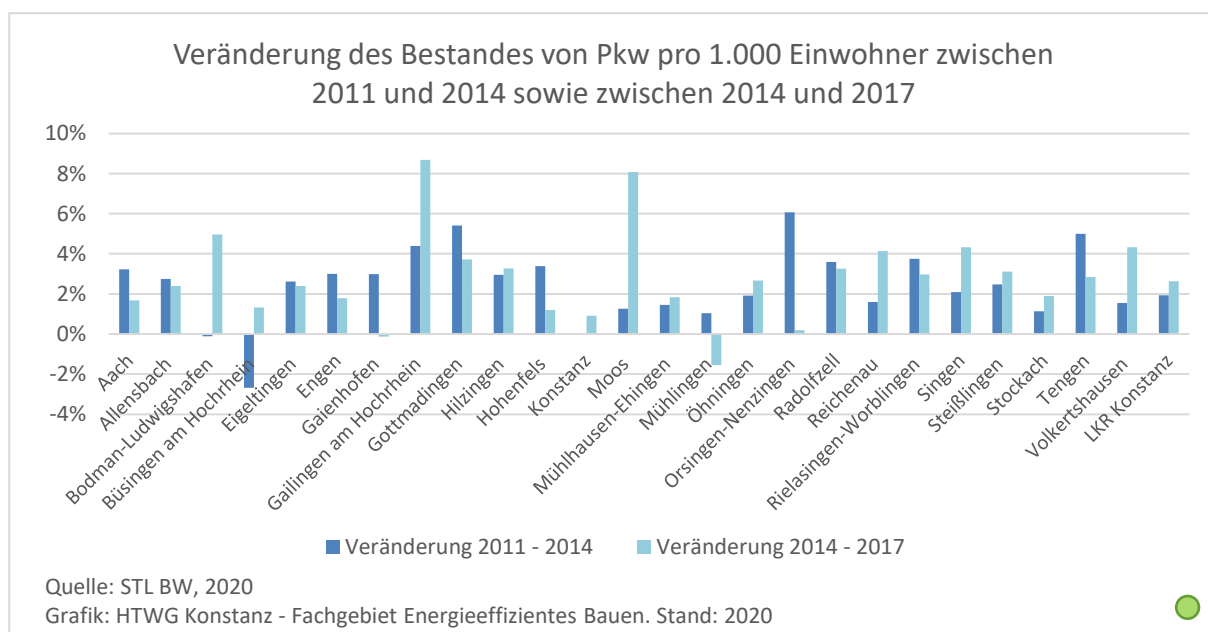


Abbildung 63: Veränderung des Bestandes von Pkw pro 1.000 Einwohner zwischen 2011 und 2015

In Abbildung 64 ist die Entwicklung des Pkw-Bestandes in den einzelnen Gemeinden geographisch dargestellt. Auffällig ist, dass sich im Zeitraum 2011 – 2014 sowohl die Gemeinden mit einem Rückgang

der Pkw-Dichte als auch die mit einer besonders hohen Zunahme an den Außengrenzen des Landkreises befinden.

Veränderung des Pkw-Bestandes
pro 1.000 Einwohner in Prozent
zwischen 2011 und 2014



Quelle: STL BW, 2020
Grafik: HTWG Konstanz - Fachgebiet
Energieeffizientes Bauen. Stand: 2017

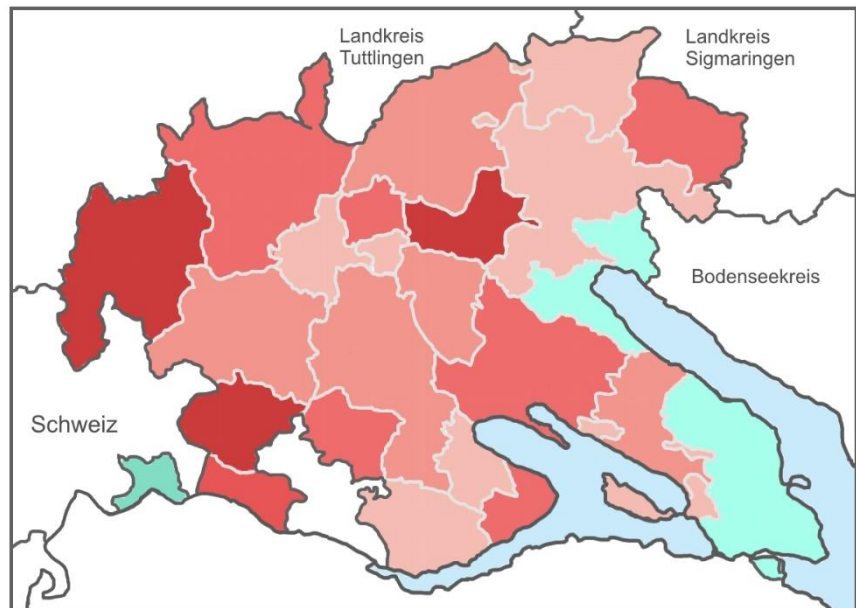
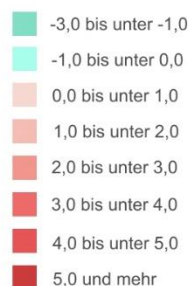


Abbildung 64: Veränderung des Pkw-Bestandes pro 1.000 Einwohner in Prozent zwischen 2011 und 2014 (Kartendarstellung)

Im Zeitraum 2014 – 2017 befinden sich die Gemeinden mit den größten Zuwächsen mehr in der Mitte des Landkreises als im vorhergehenden Vergleichszeitraum. Auch zwischen 2014 und 2017 weist nur eine geringe Zahl der Gemeinden einen Rückgang der Pkw-Dichte auf. Auffällig ist, dass in diesem Zeitraum auch die beiden größten Städte des Landkreises Konstanz und Singen größere Zuwächse zeigen als zwischen 2011 und 2014 – und auch in der drittgrößten Stadt Radolfzell hat der Bedarf an zusätzlichen Pkw kaum nachgelassen.

Veränderung des Pkw-Bestandes
pro 1.000 Einwohner in Prozent
zwischen 2011 und 2014



Quelle: STL BW, 2020
Grafik: HTWG Konstanz - Fachgebiet
Energieeffizientes Bauen. Stand: 2020

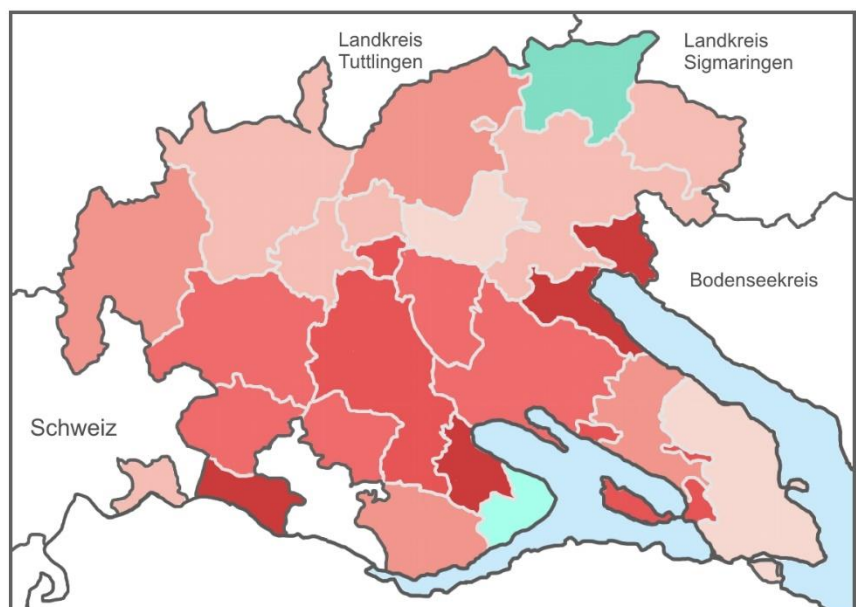


Abbildung 65: Veränderung des Pkw-Bestandes pro 1.000 Einwohner in Prozent zwischen 2014 und 2017 (Kartendarstellung)

4.1.8 Neuzulassungen von Pkw nach Haltergruppen

Die Anzahl der jährlichen Neuzulassungen gibt Aufschluss über den Zeitraum, in welchem eine ältere Fahrzeuggeneration durch eine energieeffizientere Generation ersetzt werden kann, beispielsweise durch Vier-Liter-Autos oder Elektro-Pkw. Zudem erlaubt sie, ins Verhältnis zur Bevölkerungsentwicklung und den einzelnen Haltergruppen gesetzt, eine Einschätzung dazu, welche Bedeutung Pkw für die Mobilität im Landkreis im Allgemeinen sowie in den verschiedenen Branchen haben. Im Landkreis Konstanz ist die Zahl der Neuzulassungen von Pkw pro Jahr von 6.843 im Jahr 2008 auf 7.236 im Jahr 2015 und 8.349 im Jahr 2017 gestiegen (vgl. KBA 2008 – 2019). Seit dem Jahr 2011 ist die Zahl der Neuzulassungen pro Jahr auf einem relativ stabilen Niveau. Die Neuzulassungen im Jahr 2015 entsprachen etwa 5,4 Prozent des Pkw-Bestandes. Die Entwicklung der Neuzulassungen nach Haltergruppen zwischen den Jahren 2011 und 2018 sind in den folgenden Abbildungen dargestellt.

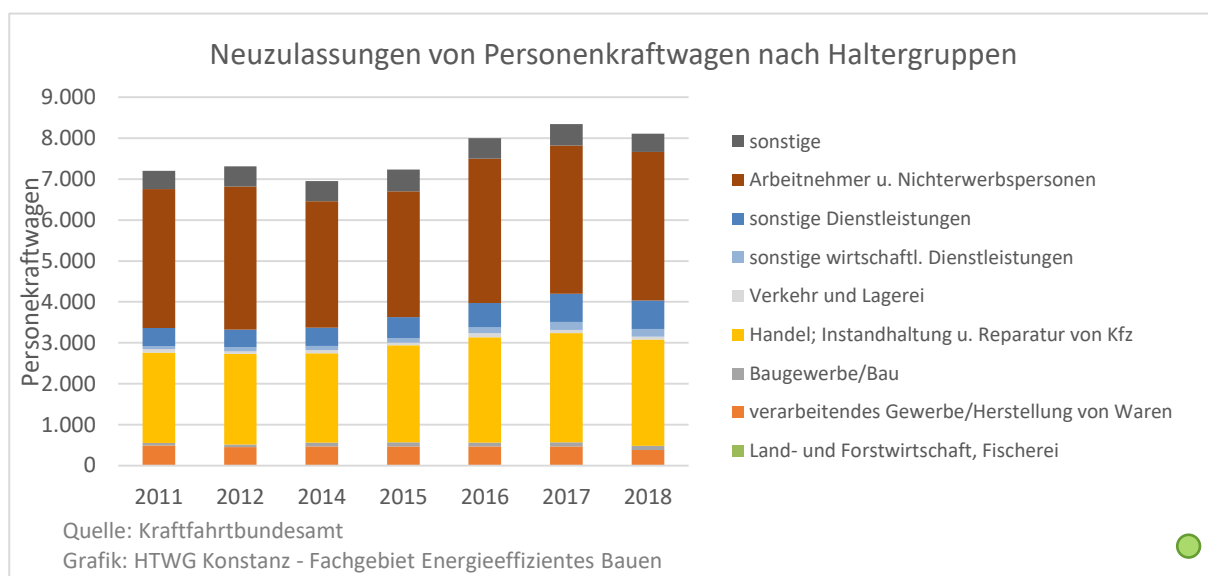


Abbildung 66: Neuzulassungen von Pkw im Landkreis Konstanz nach Haltergruppen

Besonders stark hat die Zahl der Neuzulassungen in den Dienstleistungsbereichen zugenommen. Deutliche Zunahmen gibt es aber auch im Baugewerbe sowie im Bereich Handel, Instandhaltung und Reparatur von Kfz.

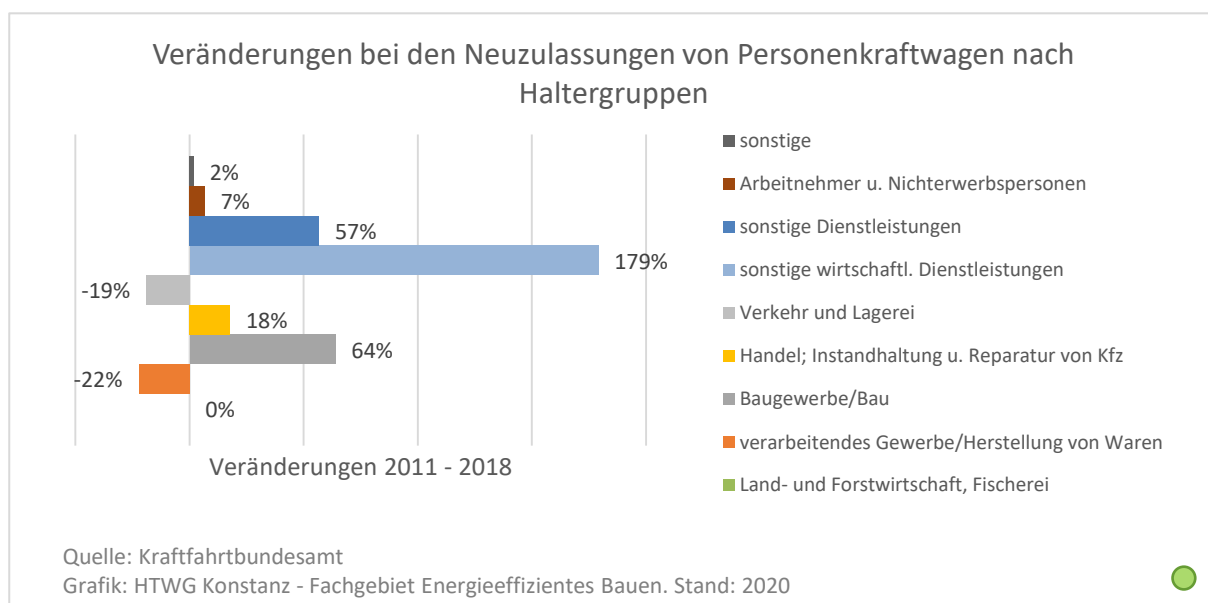


Abbildung 67: Veränderungen bei den Neuzulassungen von Personenkraftwagen nach Haltergruppen

Ein großer Teil der Entwicklung der Neuzulassungen ist auf die Entwicklung der Erwerbstätigenzahlen in den einzelnen Wirtschaftsbereichen zurückzuführen. Im Zeitraum 2011 bis 2017 ist mit einer Steigerung um ca. 12.200 Erwerbstätige im Dienstleistungsbereich die größte absolute Zunahme der Erwerbstätigenzahl zu verzeichnen. Damit sind 91 Prozent der Gesamtzunahme auf diesen Wirtschaftsbereich zurückzuführen. Weitere 7 Prozent gehen auf das Baugewerbe zurück, 2 Prozent auf die übrigen Wirtschaftsbereiche. Betrachtet man aber die Entwicklung der Pkw-Neuzulassungen pro 1.000 Erwerbstätige, so zeigt sich auch hier die stärkste Zunahme in den Dienstleistungsbereichen.

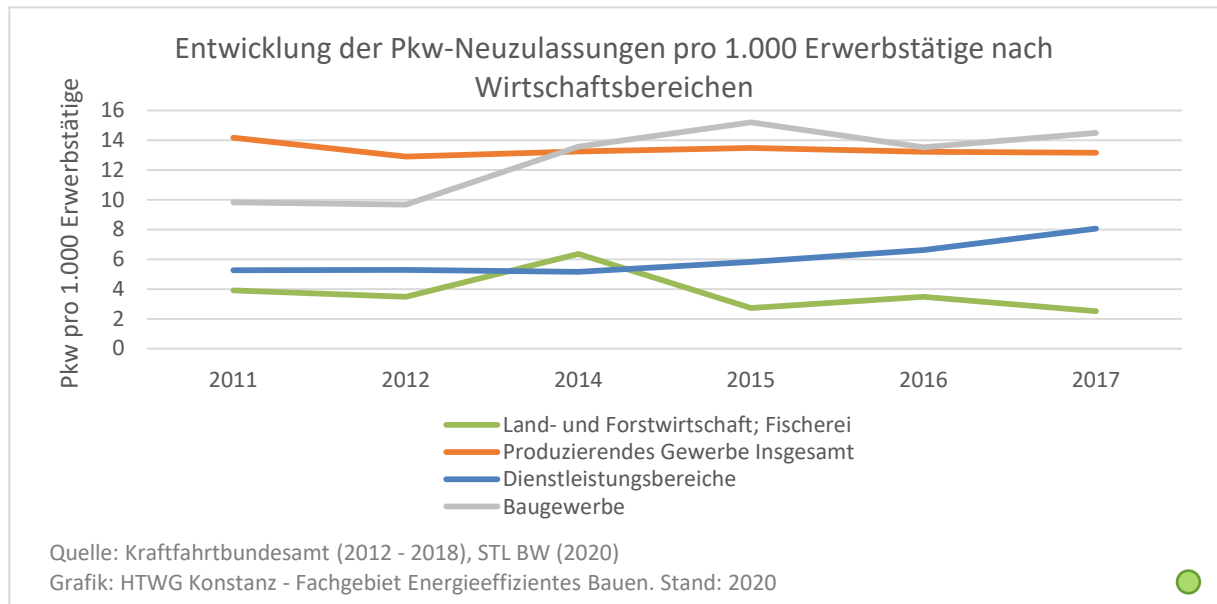


Abbildung 68: Entwicklung der Pkw-Neuzulassungen pro 1.000 Erwerbstätige nach Wirtschaftsbereichen

Insgesamt hat die Zahl der Neuzulassungen pro 1.000 Erwerbstätige zwischen den Jahren 2011 und 2017 im Dienstleistungsbereich um 53 Prozent zugenommen. Die Steigerung vollzog sich dabei vergleichsweise kontinuierlich. Zum Vergleich: Insgesamt hat die Zahl der Neuzulassungen pro 1.000 Erwerbstätige nur um 5 Prozent zugenommen und sowohl im produzierenden Gewerbe als auch in der Land- und Forstwirtschaft hat sie sogar abgenommen.

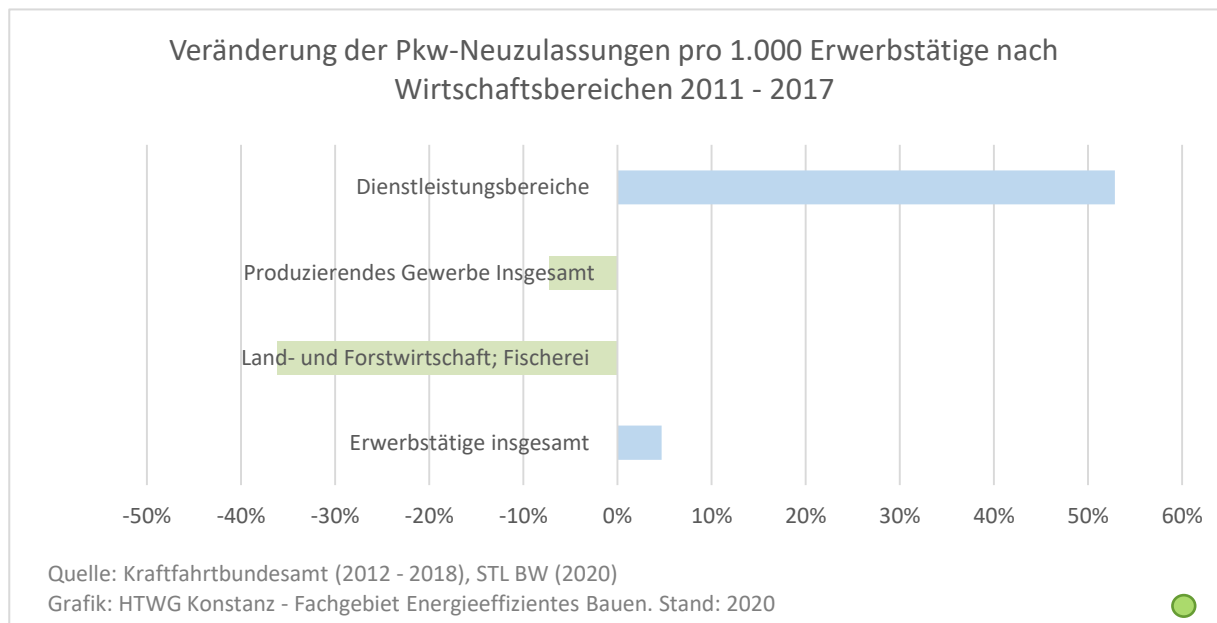


Abbildung 69: Veränderung der Pkw-Neuzulassungen pro 1.000 Einwohner bzw. Erwerbstätige nach Wirtschaftsbereichen 2011 - 2017

4.1.9 Neuzulassungen von Pkw nach Hauptsegmenten

Die Anteile der Segmente geben Aufschluss über die Betriebsenergiebedarfsentwicklung des Pkw-Bestandes sowie über die Entwicklung des Primärenergiebedarfs der Fahrzeugproduktion. Zu den Anteilen der einzelnen Segmente an den Neuzulassungen im Landkreis Konstanz waren jedoch keine Daten verfügbar. Mit großer Wahrscheinlichkeit unterscheiden sie sich aber nur geringfügig vom deutschen Durchschnitt, auf den deshalb hier verwiesen wird. Die Entwicklung zwischen 2013 und 2017 zeigt eine deutliche Zunahme von SUV, die im Durchschnitt einen deutlich höheren spezifischen Treibstoffverbrauch sowie einen dementsprechend höheren Treibhausgasausstoß je 100 km Fahrleistung aufweisen als Kleinwagen oder Fahrzeuge der Kompaktklasse (vgl. Abbildung 71). Ihr Anteil hat sich zwischen 2013 und 2018 um 83 Prozent auf 15,2 Prozent erhöht und damit fast verdoppelt. Der Anteil der Kleinwagen ist dagegen um 11 Prozent auf 14,5 Prozent gesunken.

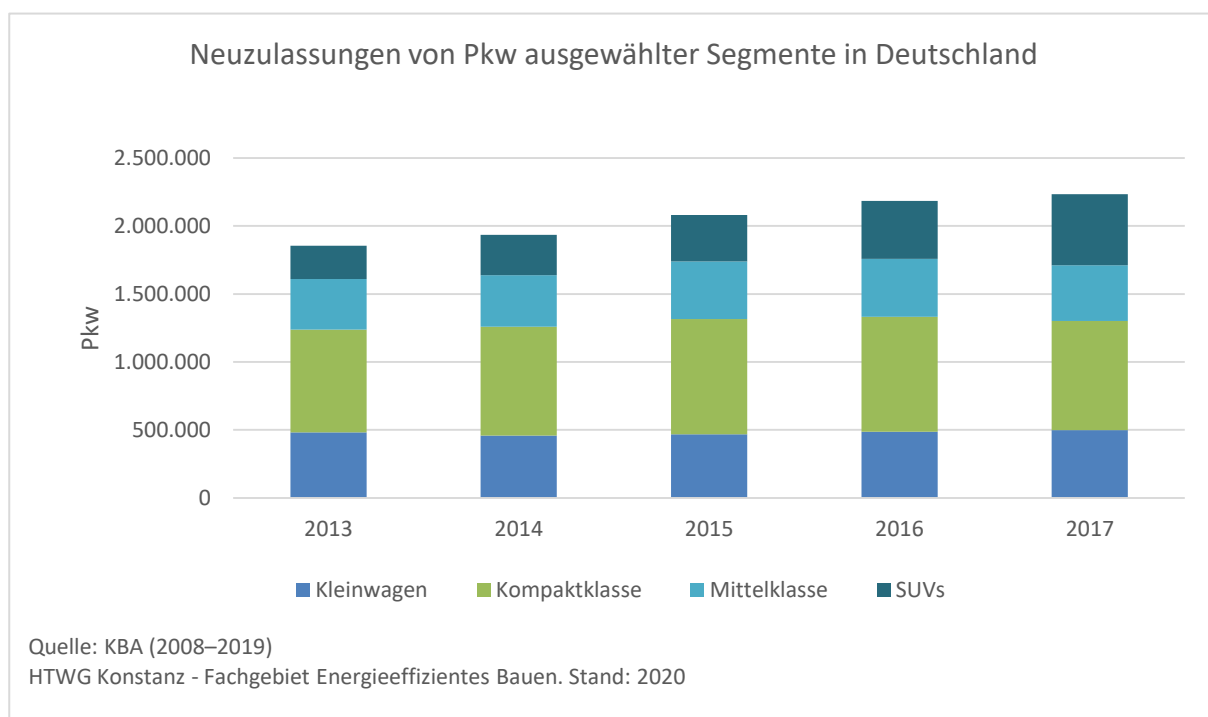


Abbildung 70: Anteile ausgewählter Segmente an Pkw-Neuzulassungen in Deutschland

Die Treibhausgasemissionen von Pkw je 100 km Fahrleistung unterscheiden sich erheblich. Um das Einsparpotenzial bei der Wahl eines Pkw zu veranschaulichen, wurden die durchschnittlichen Emissionen der Neuzulassungen nach Segmenten verglichen. Bezugsgröße ist dabei die Kompaktklasse, welche mit 26,9 Prozent den größten Anteil (11.690.932 Fahrzeugen) am deutschen Pkw-Bestand im Jahr 2013 hatte und zugleich einen Großteil der neuzugelassenen Fahrzeuge stellt, die weniger als sechs Liter je 100 km Fahrleistung verbrauchen. Die noch sparsameren Minis und Kleinwagen stellen zusammen ebenfalls 26,9 Prozent des Pkw-Bestandes. Die übrigen Segmente, die im Durchschnitt 9 bis 56 Prozent höhere Emissionen als die Kompaktklasse aufwiesen (vgl. Statista 2016a), stellen mit 46,2 Prozent fast die Hälfte des gesamten Bestandes. Je höher ihr Anteil an den Neuzulassungen ist, desto langsamer sinkt der Durchschnittsverbrauch unter die Marke von 6,0 Litern je 100 km, die für das Erreichen der Klimaschutzziele von großer Bedeutung wäre. Zwischen den Jahren 2012 und 2015 lag der durchschnittliche Verbrauch des Gesamtbestandes konstant bei rund 7,3 l/100 km. Eine Übersicht der Durchschnittsemissionen der einzelnen Segmente im Vergleich zur Kompaktklasse ist in Abbildung 71 dargestellt.

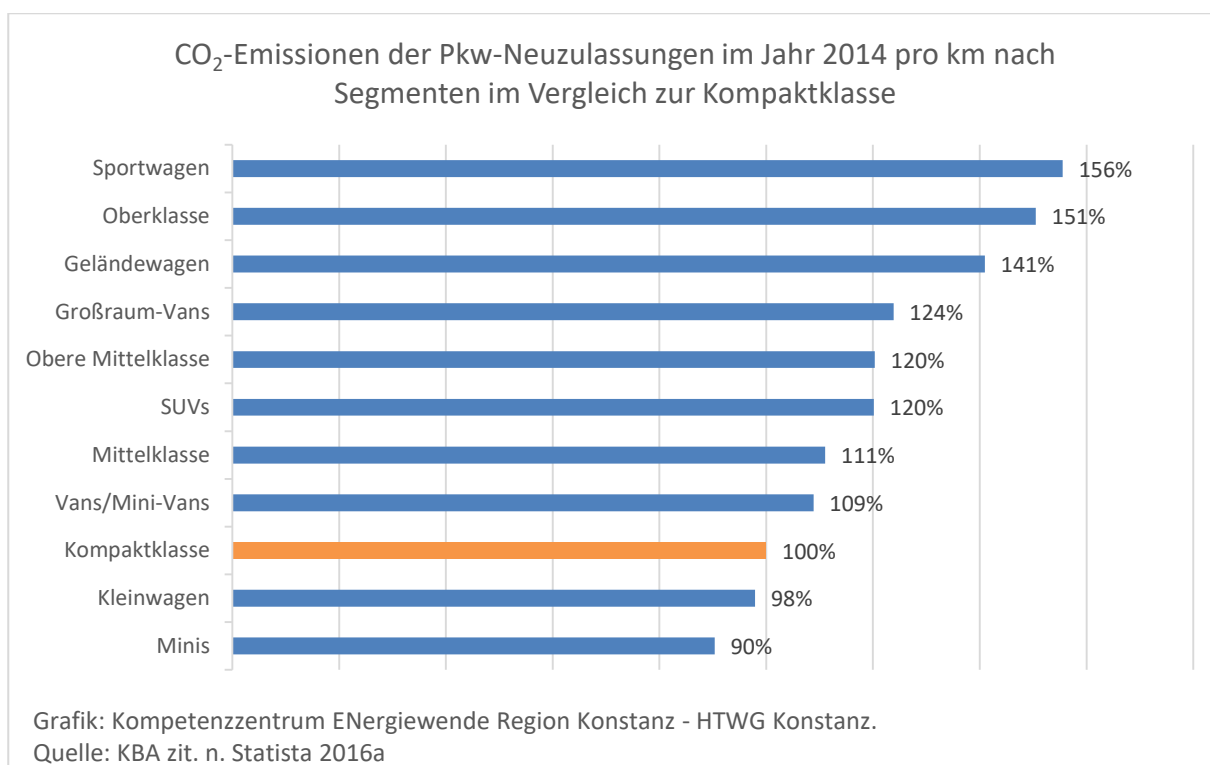


Abbildung 71: CO₂-Emissionen der Pkw-Neuzulassungen im Jahr 2014 pro km nach Segmenten im Vergleich zur Kompaktklasse

4.1.10 Elektrofahrzeuge

Die Bundesregierung hat das Ziel formuliert, im Jahr 2020 eine Million Elektroautos auf die Straßen in Deutschland zu bringen. Auf die für das Jahr 2020 prognostizierte Einwohnerzahl des Landkreises Konstanz umgerechnet, entspricht dieses Ziel einer Anzahl von 3.650 Elektro-Pkw. Im Jahr 2018 waren im Landkreis Konstanz lediglich 228 Elektroautos zugelassen. Das Ziel für 2020 ist voraussichtlich nicht mehr zu erreichen. Grundsätzlich ließe sich das Defizit jedoch rasch aufholen, wenn von den rund 7.000 bis 8.000 Neuzulassungen pro Jahr künftig ein großer Teil mit einem Elektromotor ausgestattet wäre.

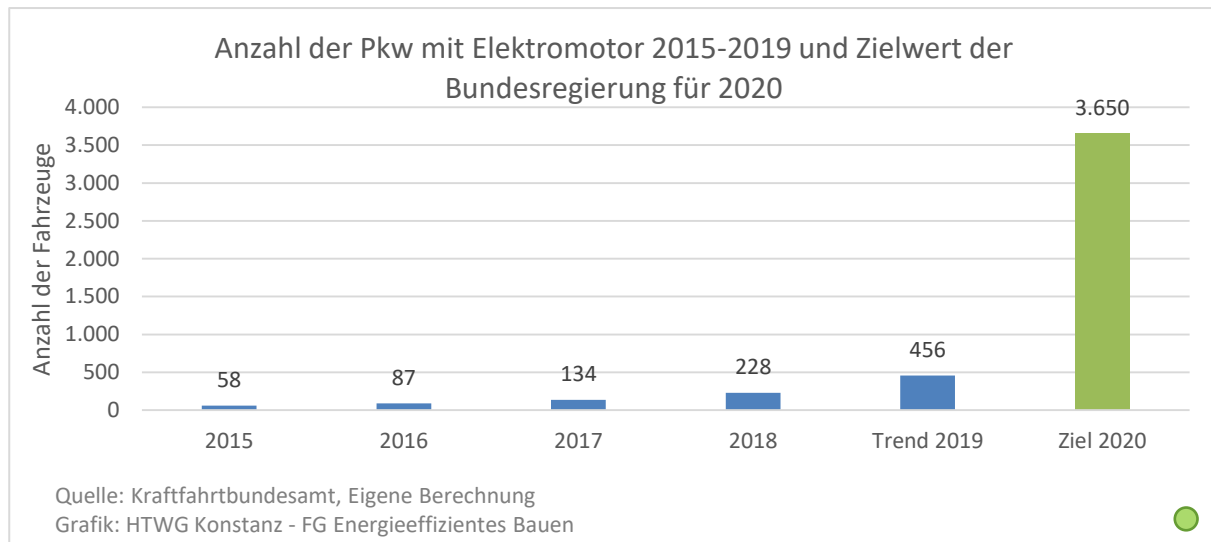


Abbildung 72: Entwicklungstrend des Elektroauto-Bestandes im Vergleich zum Ziel für 2020

Bisher, zum Stand des Jahres 2018, beträgt der Anteil der Elektroautos am Gesamtbestand lediglich 0,14 Prozent.

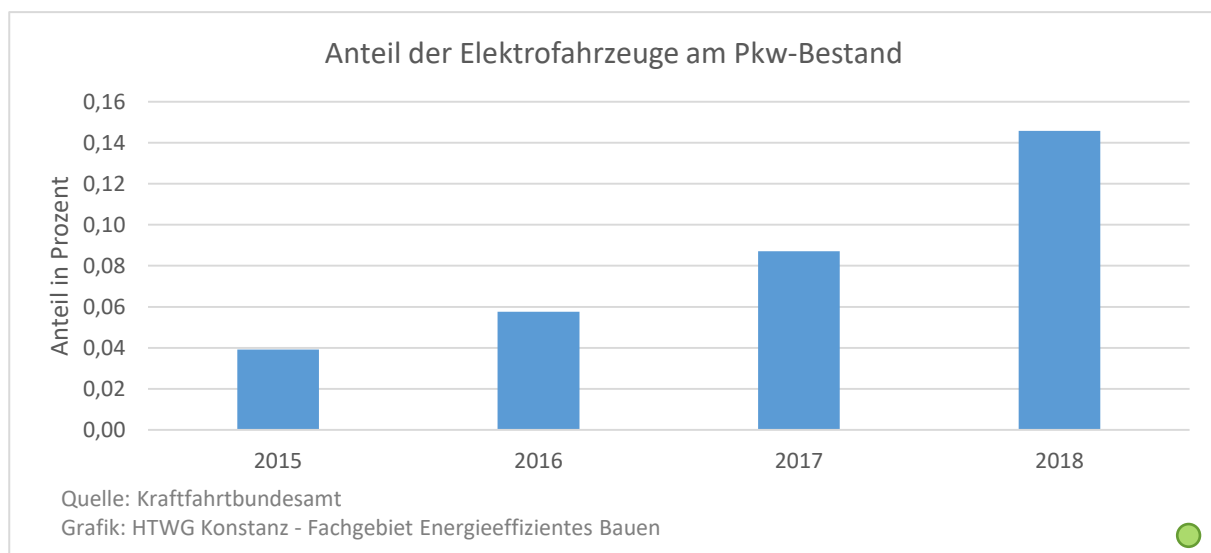


Abbildung 73: Anteil der Elektrofahrzeuge am Pkw-Bestand 2015 - 2018

4.1.11 Ladeeinrichtungen

Die Zahl der Ladeeinrichtungen hat sich seit dem Jahr 2017 in jedem Jahr mehr als verdoppelt. Damit nimmt ihre Zahl deutlich schneller zu, als die Zahl der Elektro-Pkw, die von 2017 bis 2018 um 70 Prozent gestiegen ist. Im Jahr 2018 stand ein Ladepunkt für 6,6 Elektroautos zur Verfügung. (Für die Jahre 2019 und 2020 lagen noch keine Zahlen zum Elektroautobestand vor.)

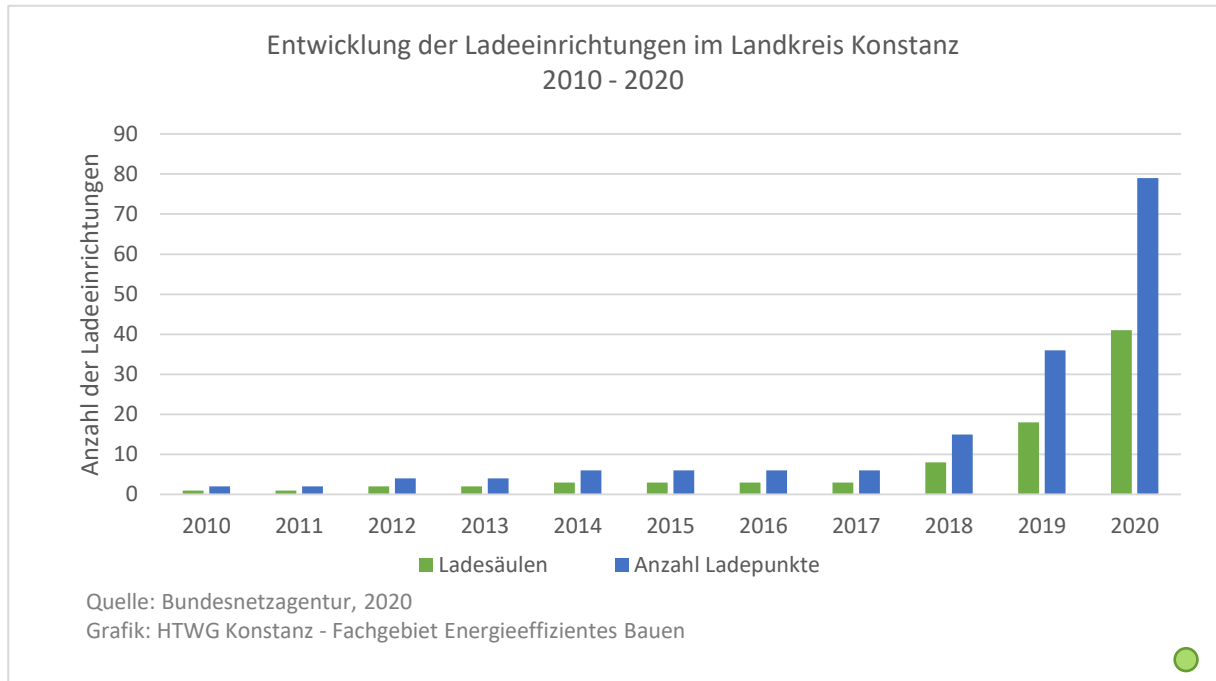


Abbildung 74: Entwicklung der Ladeeinrichtungen 2010 - 2020

Die Zahl der Gemeinden, in denen Ladesäulen eingerichtet wurden, ist zwischen 2018 bis 2020 um 120 Prozent von 5 auf 11 gestiegen. Damit gibt es aktuell noch in 14 Gemeinden keine gemeldeten Ladesäulen.

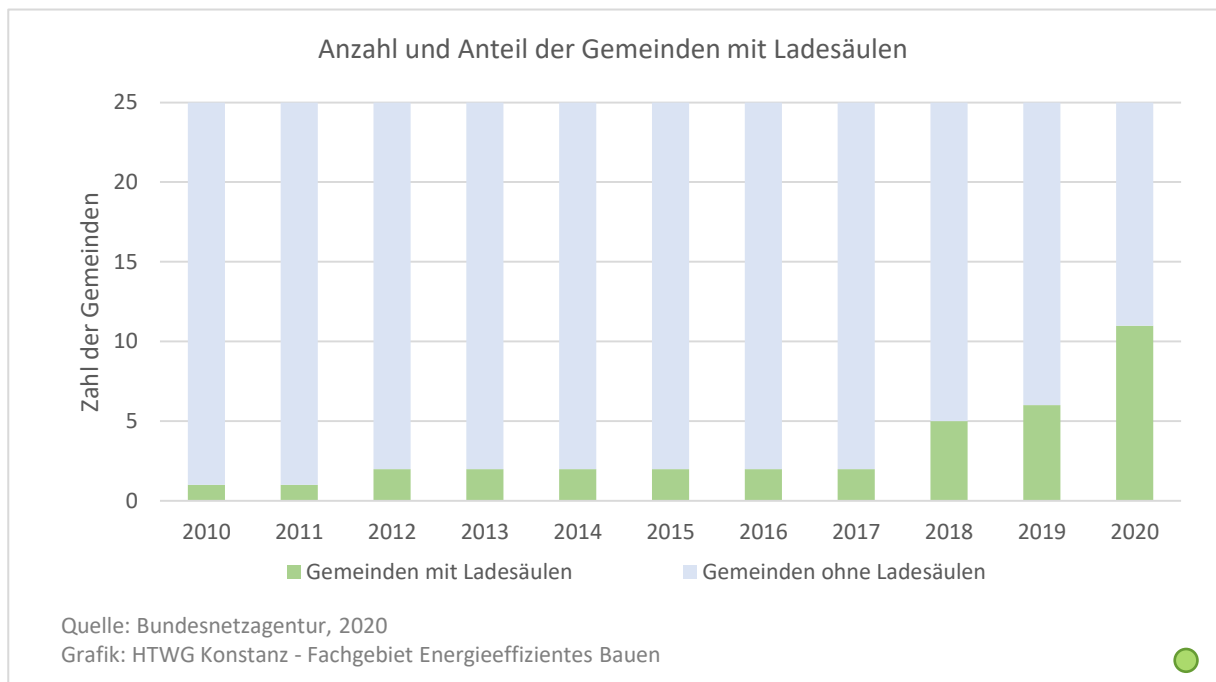


Abbildung 75: Anzahl und Anteil der Gemeinden mit Ladesäulen 2010 - 2020

Die meisten Ladeeinrichtungen sind in den größten Städten Konstanz, Singen und Radolfzell vorhanden. Danach folgen Allensbach und Engen.

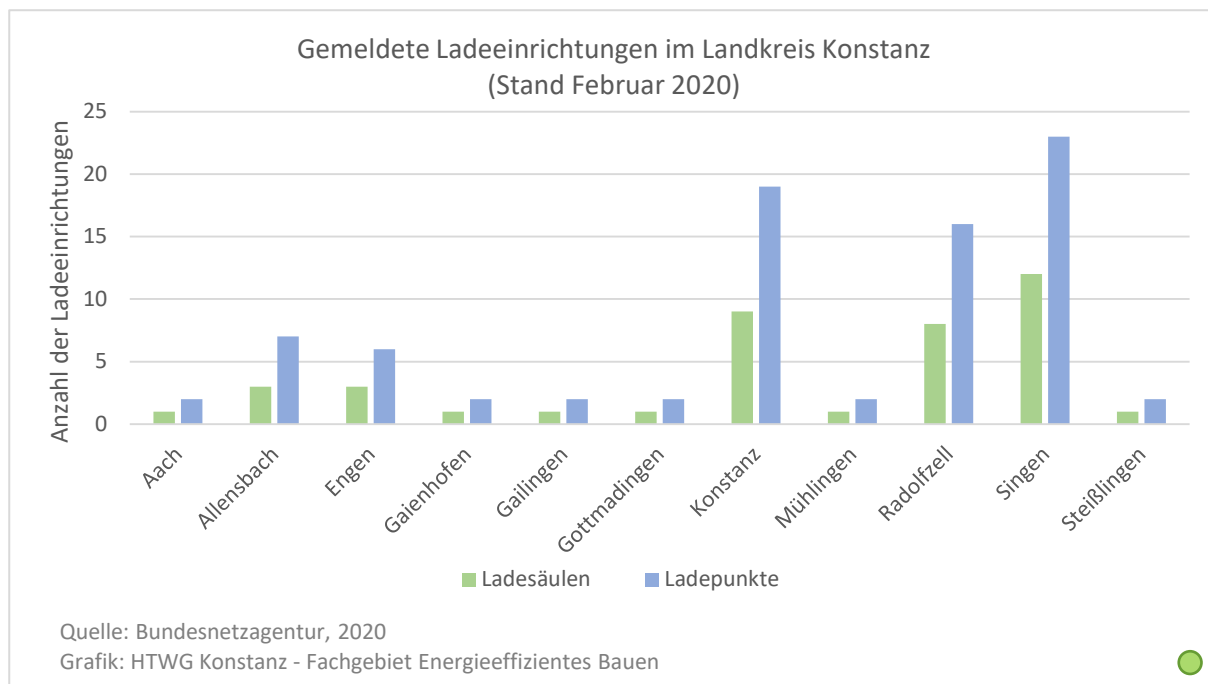


Abbildung 76: Gemeldete Ladeeinrichtungen im Landkreis Konstanz 2020 nach Gemeinden

Auf die Bevölkerung umgerechnet, liegen Singen und Radolfzell im Mittelfeld der Gemeinden, die bereits Ladesäulen eingerichtet haben. Über die meisten Ladepunkte pro Einwohner verfügen Allensbach, Aach, Mühlingen und Gailingen.

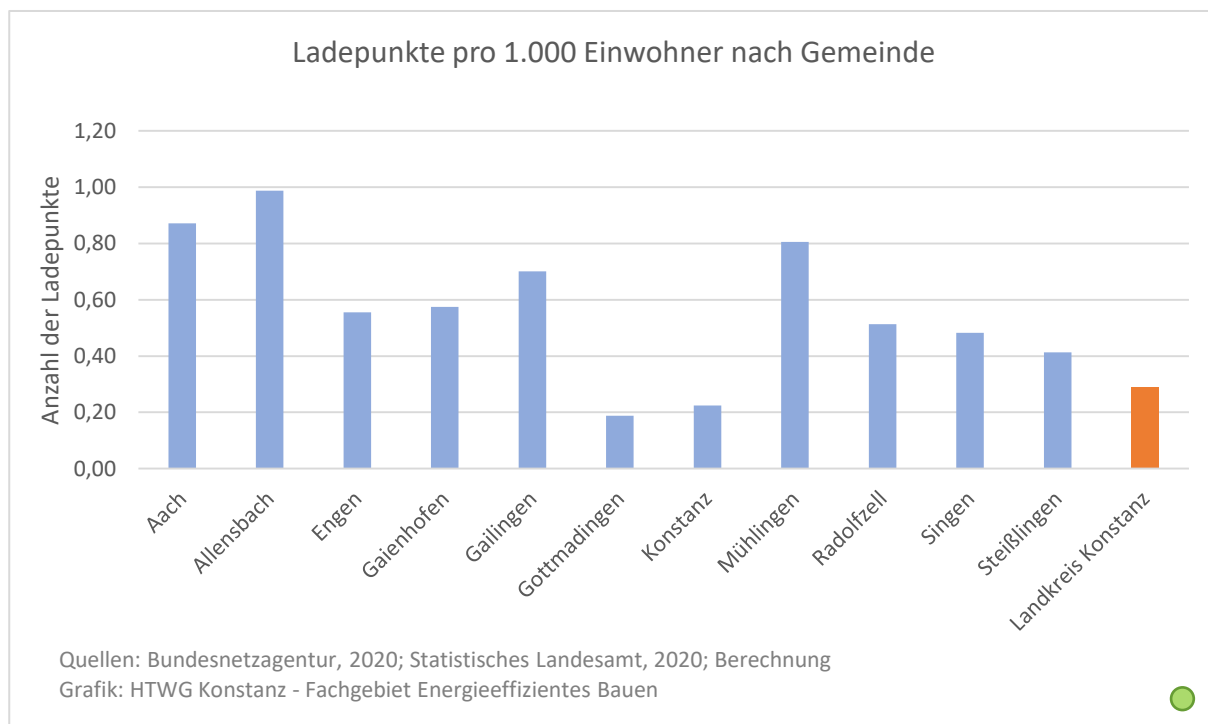


Abbildung 77: Ladepunkte pro 1.000 Einwohner im Jahr 2020 nach Gemeinden

Die Ladepunktdichte und ihre Verteilung auf die Gemeinden ist als Karte in Abbildung 78 dargestellt.

Ladepunkte pro 1.000 Einwohner
im Jahr 2020



Quellen: Bundesnetzagentur, 2020; Berechnung
Grafik: HTWG Konstanz - FG Energieeffizientes Bauen

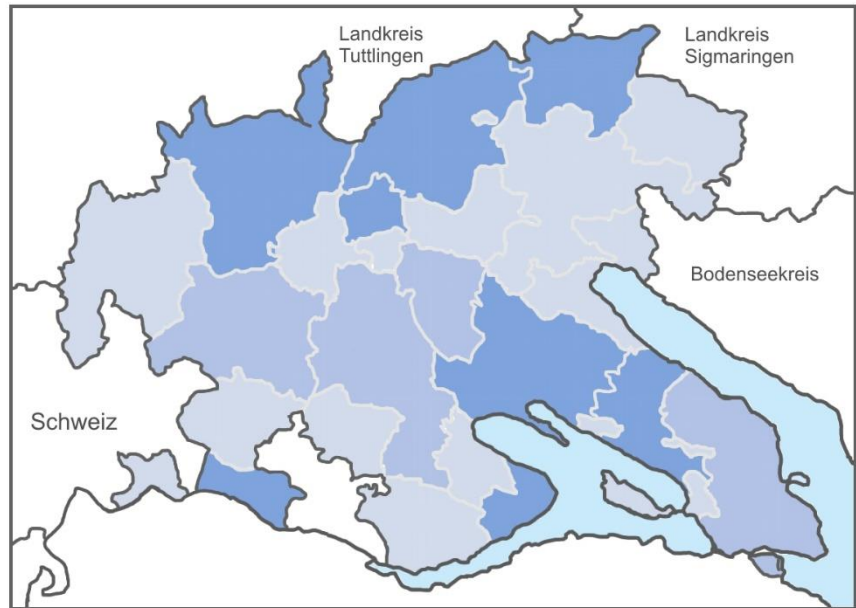


Abbildung 78: Ladepunkte pro 1.000 Einwohner im Jahr 2020 nach Gemeinden (Kartendarstellung)

4.1.12 Berufspendler

Der Anteil der Berufseinpender an der Gesamtbevölkerung hat zwischen den Jahren 2008 und 2018 um 22 Prozent zugenommen, die der Berufsauspendler sogar um 36 Prozent. Der Anstieg bei den Auspendlern hat sich dabei zwischen 2013 und 2018 noch einmal deutlich beschleunigt. Die absolute Zahl der Einpendler ist zwischen 2008 und 2018 um 32 Prozent gestiegen, die der Auspendler sogar um mehr als 47 Prozent. Insgesamt betrug die Zuwachsrate der Berufspendler somit 40 Prozent und lag damit fast dreieinhalbmal so hoch wie die Zuwachsrate der Erwerbstätigenzahl, die lediglich 12 Prozent betrug. Das Bevölkerungswachstum betrug im selben Zeitraum weniger als 9 Prozent.

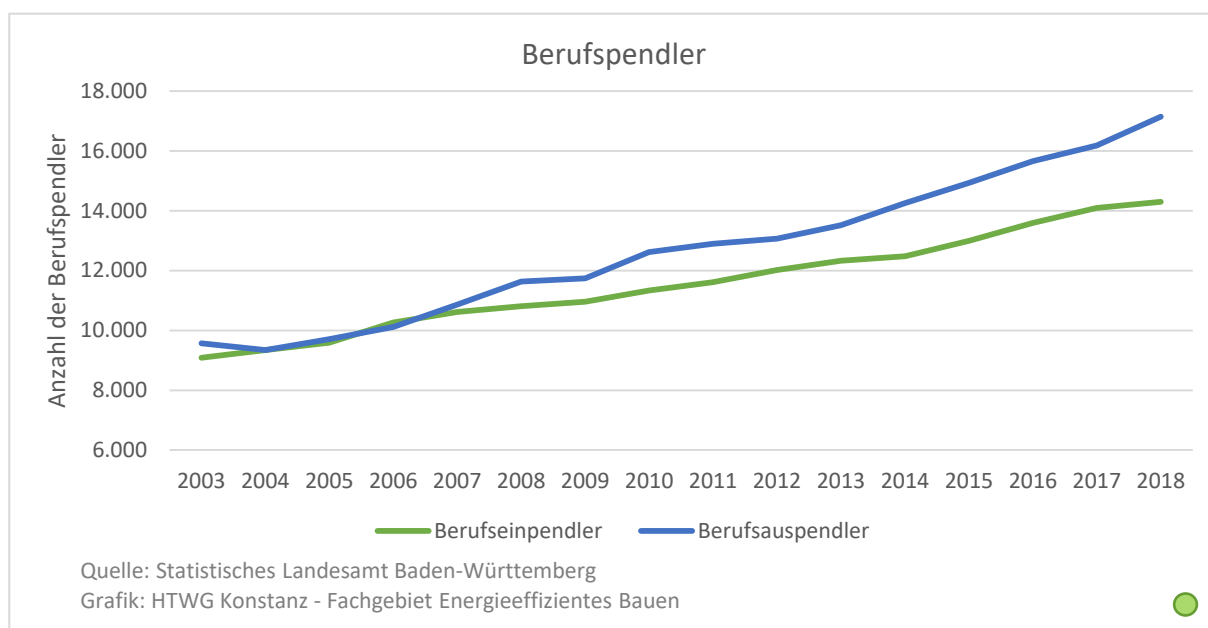


Abbildung 79: Berufseinpender und Berufsauspendler

Die Gesamtzahl der Einpendler entsprach im Jahr 2014 8,8 Prozent der Erwerbstätigen am Arbeitsort Landkreis Konstanz. Im Jahr 2018 ist dieser Wert auf 9,7 Prozent gestiegen. Bei den Auspendlern stieg das Verhältnis von 10,0 auf 11,6 Prozent (vgl. Abbildung 80).

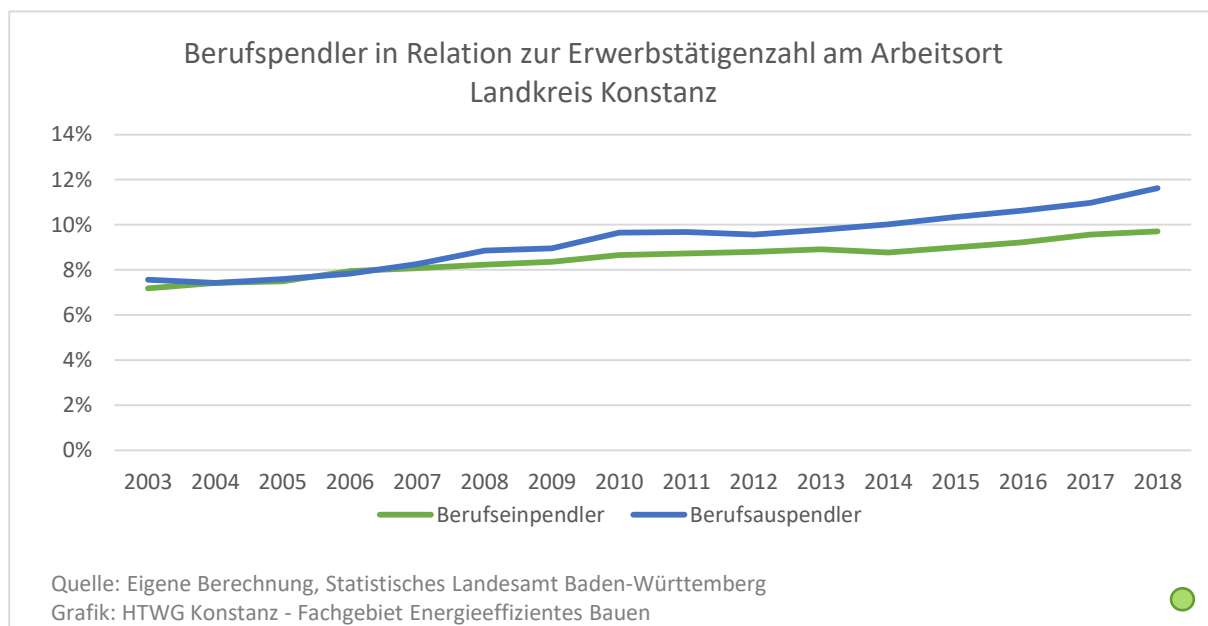


Abbildung 80: Berufspendler in Relation zur Erwerbstätigenzahl am Arbeitsort

4.1.13 Jahresfahrleistungen im Straßenverkehr insgesamt

Die Jahresfahrleistung im Straßenverkehr ist im Landkreis Konstanz zwischen den Jahren 2000 und 2010 insgesamt um 3,3 Prozent auf 1,919 Mrd. km angestiegen (vgl. Tabelle 8). Zwischen 2010 und 2017 betrug die Zunahme rund 2,8 Prozent, was einem Anstieg auf 1,973 Mrd. Kilometern entspricht. Die jährliche Zunahme hat sich somit deutlich beschleunigt

Tabelle 8: Jahresfahrleistungen im Straßenverkehr des Landkreises Konstanz 2000 bis 2017 (1.000 km)

Jahr	Krafträder	Pkw	LNF	SNF, Busse	Insgesamt
2000	49.318	1.654.813	47.971	91.105	1.856.638
2010	37.800	1.676.700	99.900	104.400	1.918.700
2015	31.700	1.679.200	117.200	109.200	1.937.400
2016	32.400	1.702.600	122.000	111.300	1.968.300
2017	32.700	1.699.800	127.400	112.700	1.972.500

Quelle: Statistisches Landesamt, 2020, Regionaldatenbank

Der Pkw-Verkehr hat im Jahr 2017 mit 86 Prozent den größten Anteil am gesamten Verkehrsaufkommen. Der Pkw-Verkehr wirkt sich im Landkreis somit auch am deutlichsten auf den Energieverbrauch und die THG-Emissionen des Verkehrs aus. Besonders auffällig ist aber die deutliche Zunahme der Jahresfahrleistung leichter und schwerer Nutzfahrzeuge (inkl. Busse). Der Anteil leichter und schwerer Nutzfahrzeuge ist zwischen den Jahren 2000 und 2017 von 7,5 auf 12,2 Prozent gewachsen. Der Hauptanteil des Zuwachses entfiel dabei auf die leichten Nutzfahrzeuge, deren Anteil von 2,6 auf 6,5 Prozent stieg.

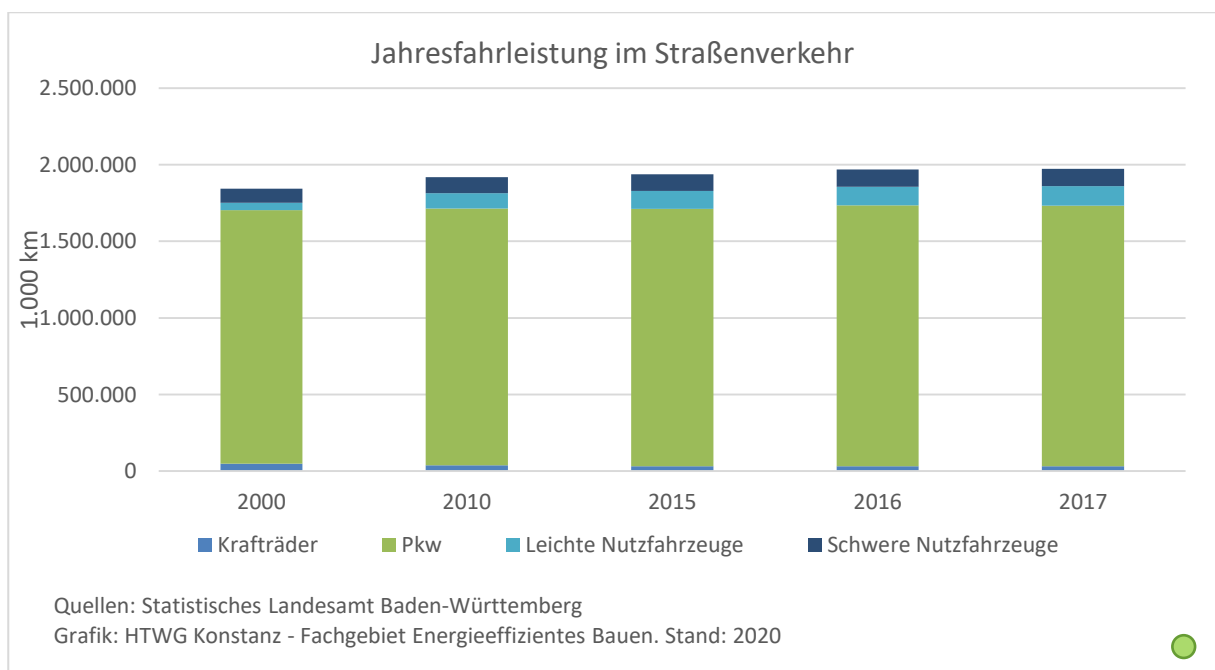


Abbildung 81: Jahresfahrleistung im Straßenverkehr in 1.000 km

Allein im Zeitraum 2010 - 2017 haben die Jahresfahrleistungen der schweren Nutzfahrzeuge um 7 Millionen Kilometer und die Jahresfahrleistungen der leichten Nutzfahrzeuge um 27 Millionen Kilometer zugenommen.

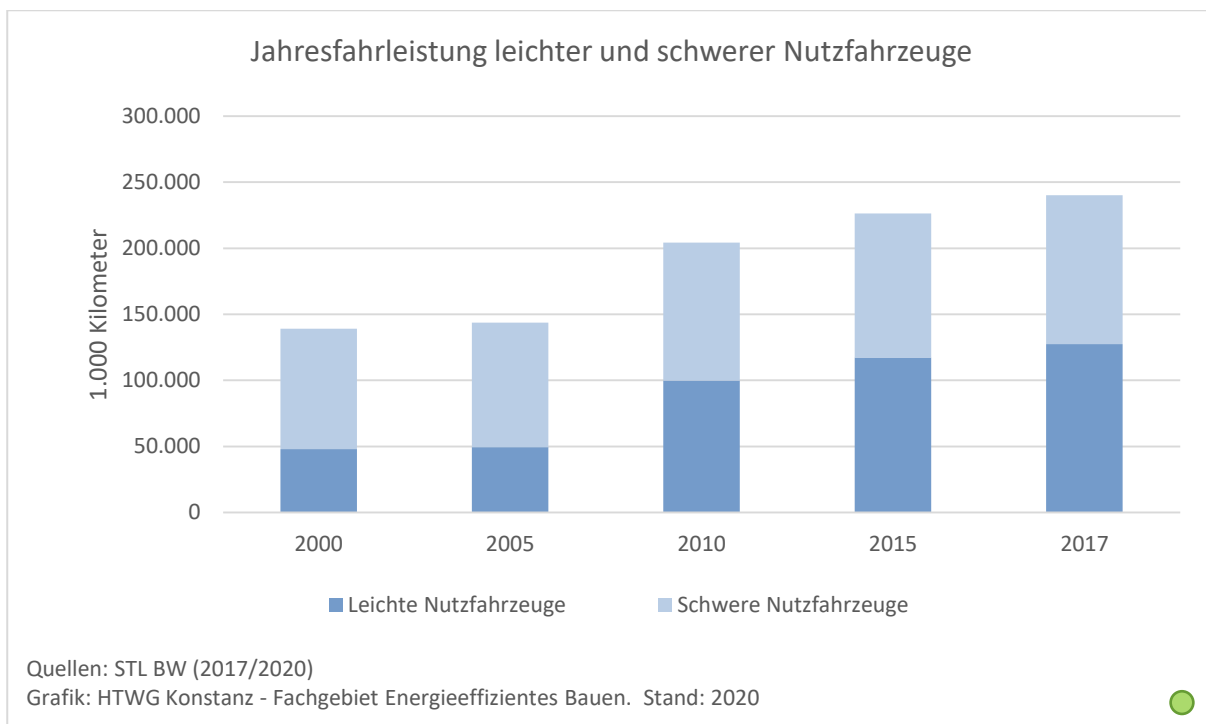


Abbildung 82: Entwicklung der Jahresfahrleistungen leichter und schwerer Nutzfahrzeuge

Vergleicht man die Veränderungen der Jahresfahrleistungen zwischen den Jahren 2015 und 2017 mit den Veränderungen zwischen den Jahren 2010 und 2015, so fällt auf, dass sich der jährliche Zuwachs nach 2015 noch einmal vergrößert hat. Der Zuwachs fiel jedoch deutlich geringer aus als im Zeitraum zwischen 2005 und 2010.

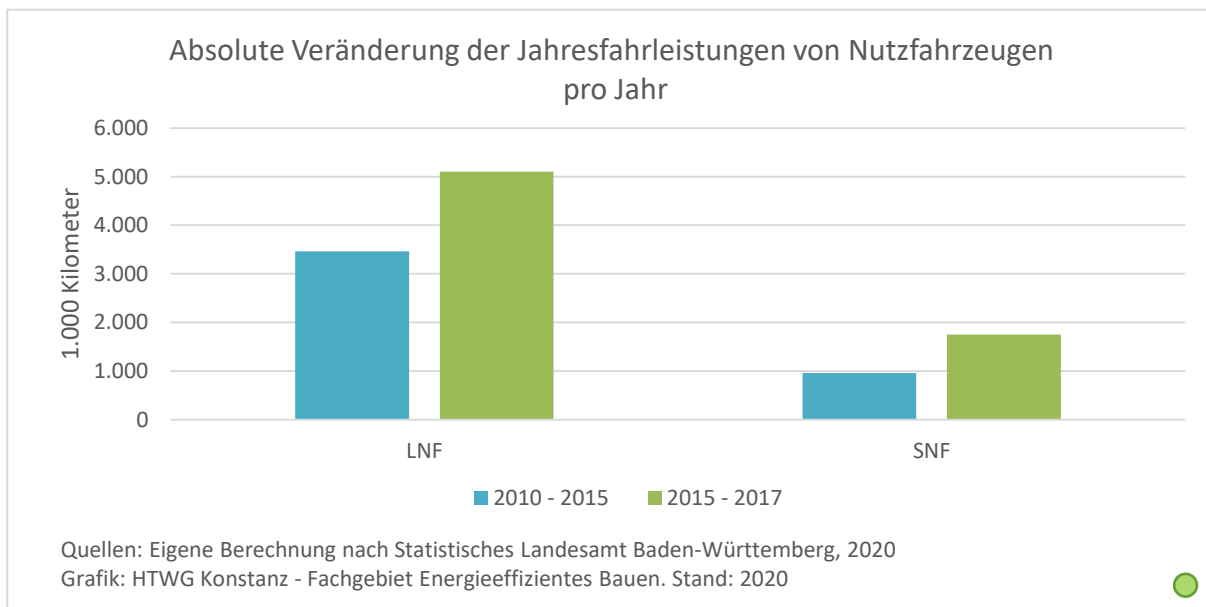


Abbildung 83: Jährliche Zunahme der Jahresfahrleistungen im Transport in den Zeiträumen 2010 – 2015 und 2015 - 2017

Die größte Bedeutung für die Gesamtemissionen des Verkehrssektors hat zwar noch immer die Entwicklung des Pkw-Verkehrs, doch der Anteil der leichten Nutzfahrzeuge an der Entwicklung des Gesamtverkehrsaufkommens hat, wie Abbildung 84 dargestellt, deutlich an Bedeutung gewonnen.

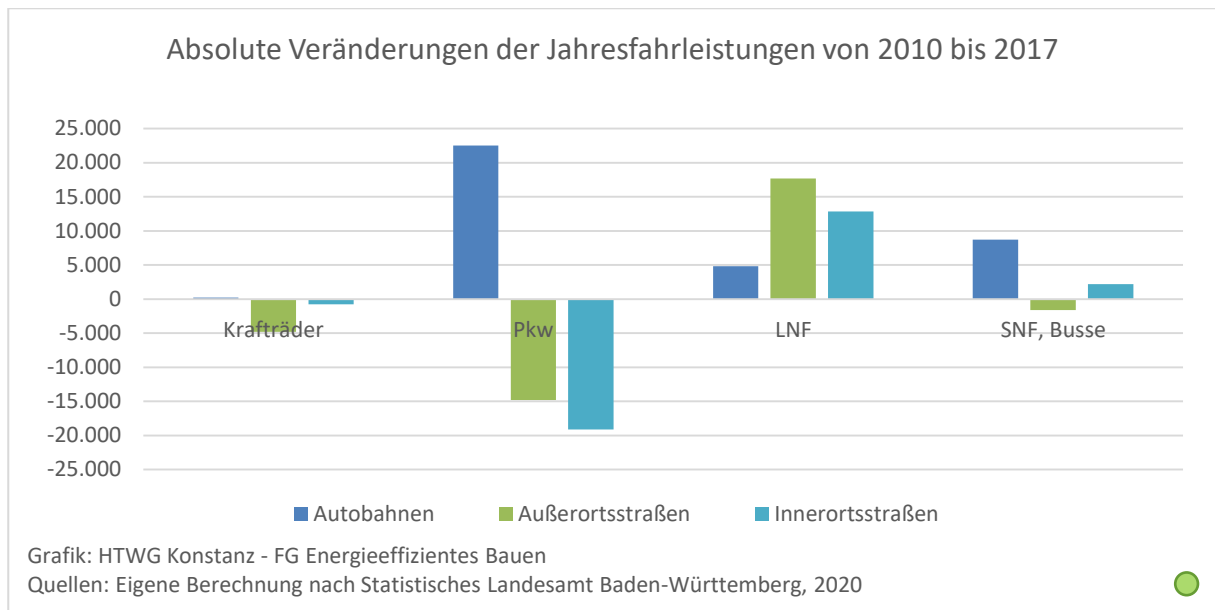


Abbildung 84: Absolute Veränderungen der Jahresfahrleistungen nach Fahrzeug- und Straßenkategorien von 2010 bis 2017

Dabei ließe sich wahrscheinlich ein großer Teil des zusätzlichen Verkehrs leichter Nutzfahrzeuge auf energieeffizientere Verkehrsmittel (wie z. B. Transportfahräder) verlagern, denn der innerörtliche Verkehr leichter Nutzfahrzeuge weist bei den relativen Veränderungen sogar den größten Zuwachs auf, wie in Abbildung 85 dargestellt ist.

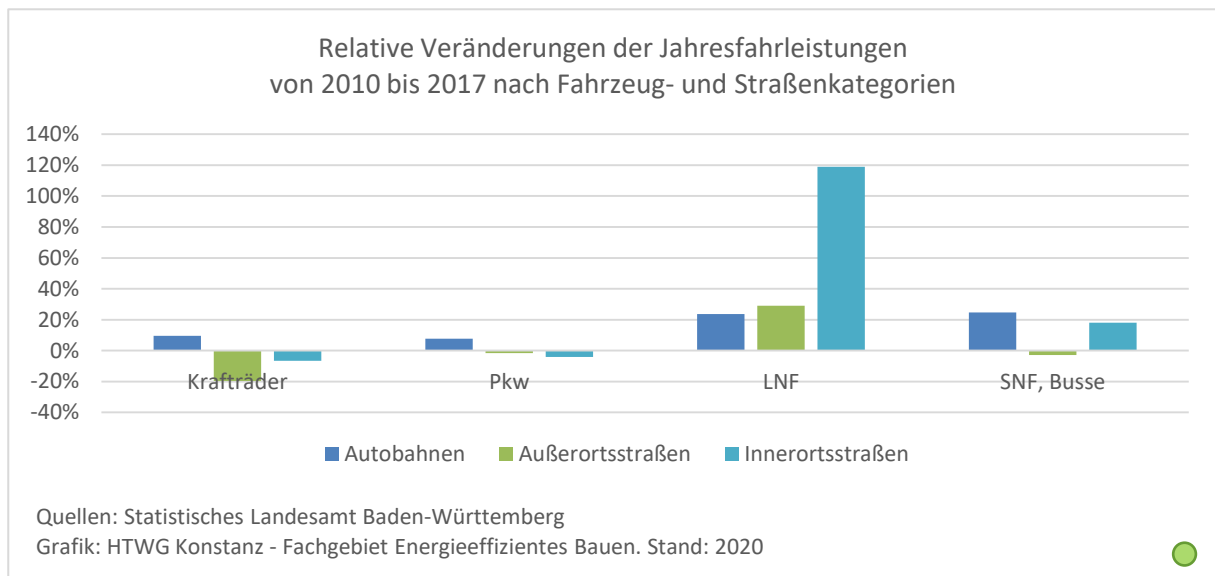


Abbildung 85: Relative Veränderungen der Jahresfahrleistungen nach Fahrzeug- und Straßenkategorien von 2010 bis 2017

Betrachtet man die jüngste Entwicklung im Zeitraum 2015 bis 2017, so deutet wenig darauf hin, dass sich die Entwicklung der Fahrleistung leichter Nutzfahrzeuge von selbst verlangsamen oder umkehren wird. Zwar hat in diesem Zeitraum auch der Pkw-Verkehr vor allem in absoluten Zahlen wieder deutlich zugenommen, doch mit rund 9 Prozent weisen leichte Nutzfahrzeuge (LNF) auch im Zeitraum 2015 bis 2017 mit Abstand den größten relativen Zuwachs auf. Der relative Zuwachs bei schweren Nutzfahrzeugen fällt mit 3 Prozent deutlich geringer aus, ist aber fast dreimal größer als bei den Personenkraftwagen. Sollte der Zuwachs im Transportsektor so fortschreiten, wird sich dies erheblich auf die Treibhausgasemissionen des Verkehrs auswirken.

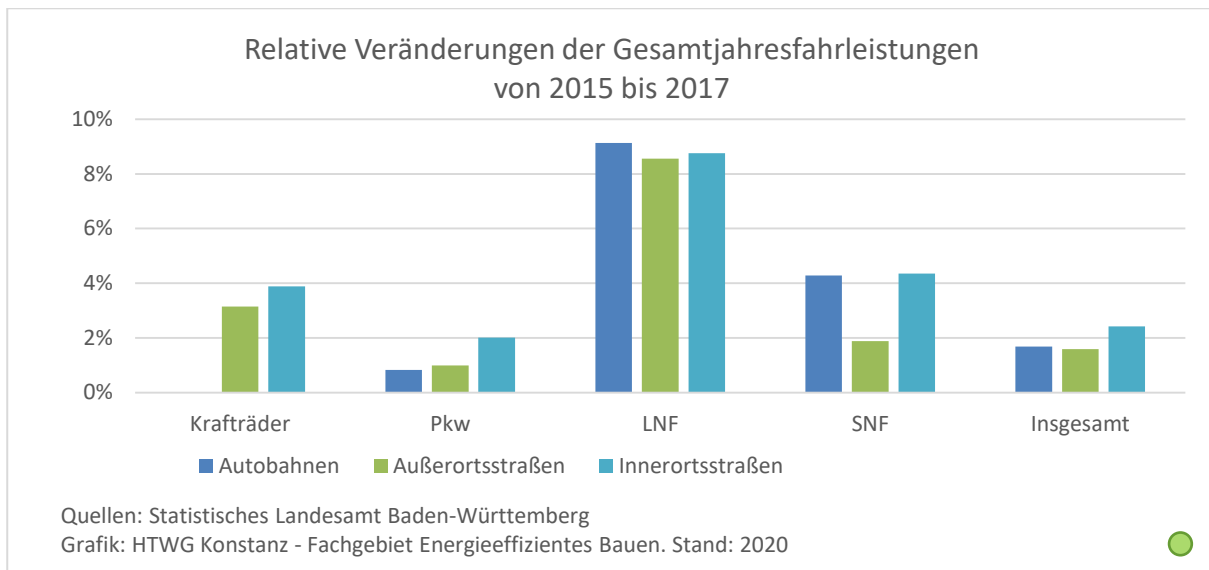


Abbildung 86: Relative Veränderungen der Jahresfahrleistungen nach Straßenkategorien von 2015 bis 2017

Abbildung 87 zeigt das Verkehrsaufkommen in den Jahren 2000, 2005, 2010 und 2017 nach Straßenkategorien.

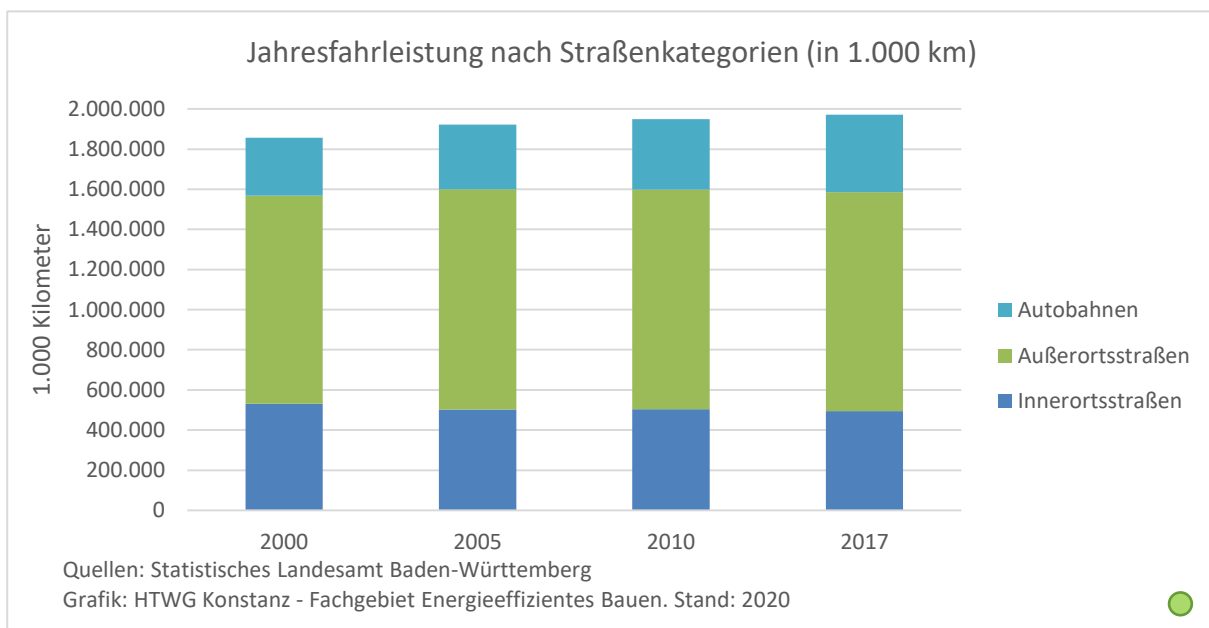


Abbildung 87: Gesamtverkehrsaufkommen nach Straßenkategorien

4.1.14 Jahresfahrleistungen im Straßenverkehr pro Einwohner

Pro Einwohner hat die Jahresfahrleistung im Landkreis zwischen den Jahren 2010 und 2015 um fast 6 Prozent abgenommen. Dies ist hauptsächlich auf den starken Bevölkerungszuwachs im Jahr 2015 zurückzuführen, denn absolut hat die Jahresfahrleistung im Landkreis im gleichen Zeitraum zugenommen. Die Jahresfahrleistung pro Einwohner ist aber bereits im Jahr 2016 wieder gestiegen und lag im Jahr 2017 bei 6.945 Kilometern. Die Entwicklung der Jahresfahrleistung pro Einwohner seit dem Jahr 2000 ist in Abbildung 88 dargestellt.

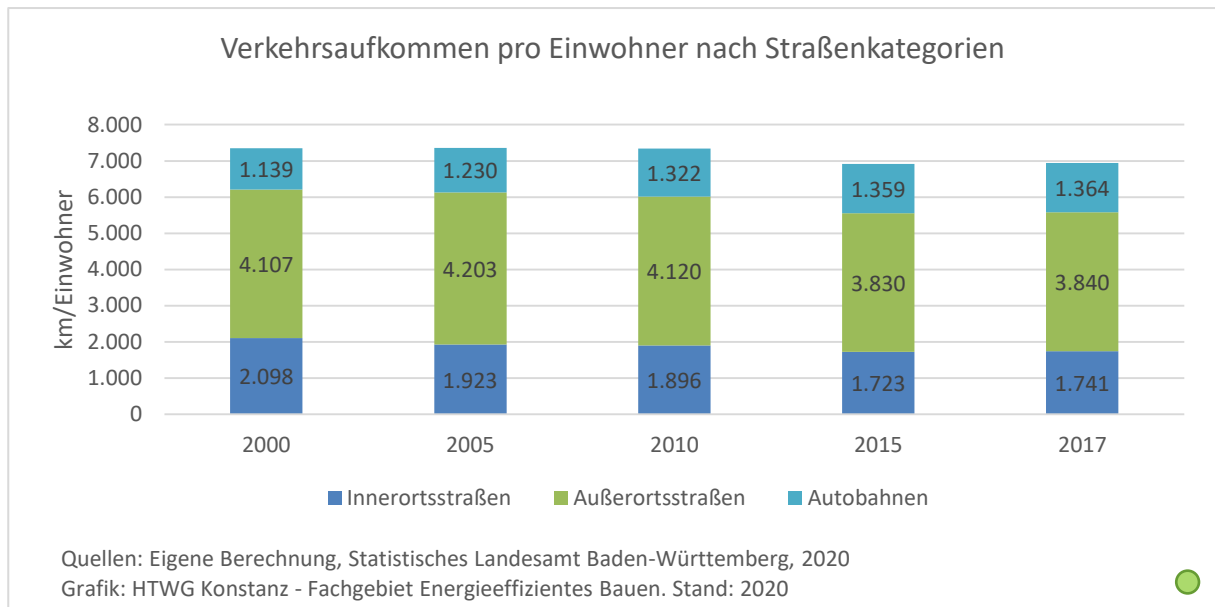


Abbildung 88: Verkehrsaufkommen pro Einwohner nach Straßenkategorien

In Abbildung 89 ist die Jahresfahrleistung pro Einwohner nach Fahrzeugkategorien abgebildet. Der Anteil des Pkw-Verkehrs liegt bei 86 Prozent mit abnehmender Tendenz. Steigende Tendenz zeigen, wie bereits dargestellt, die Jahresfahrleistungen leichter und schwerer Nutzfahrzeuge.

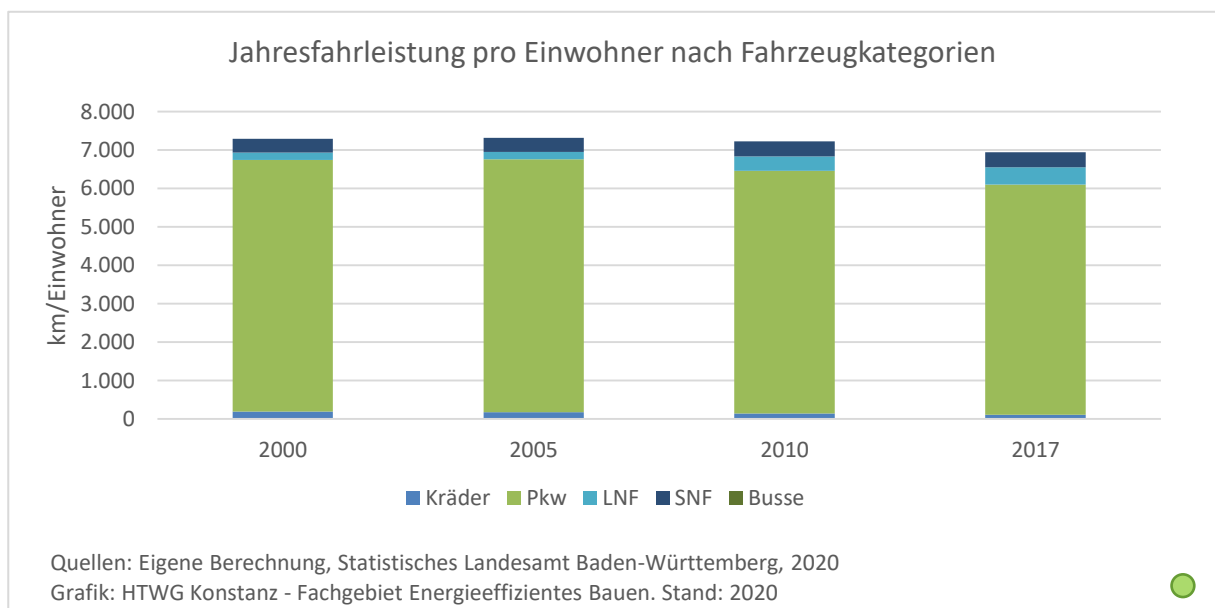


Abbildung 89: Jahresfahrleistung pro Einwohner nach Fahrzeugkategorien

Abbildung 90 zeigt die Veränderung der Jahresfahrleistung in Kilometern pro Einwohner zwischen den Jahren 2000 und 2010 sowie zwischen den Jahren 2010 und 2017 nach Fahrzeugkategorien. Insgesamt

hat das Verkehrsaufkommen zwischen 2010 und 2017 um 280 km pro Einwohner abgenommen, was vor allem auf den Pkw zurückzuführen ist, der trotz eines erheblichen Bevölkerungszuwachses nur leicht zugenommen hat. Ob es sich dabei um einen Trend handelt, lässt sich noch nicht sagen, denn es ist möglich, dass die Fahrleistung dem Bevölkerungswachstum erst mit Verzögerung folgt. Die Fahrleistung der leichten Nutzfahrzeuge ist dagegen auch pro Einwohner noch einmal deutlich angewachsen.

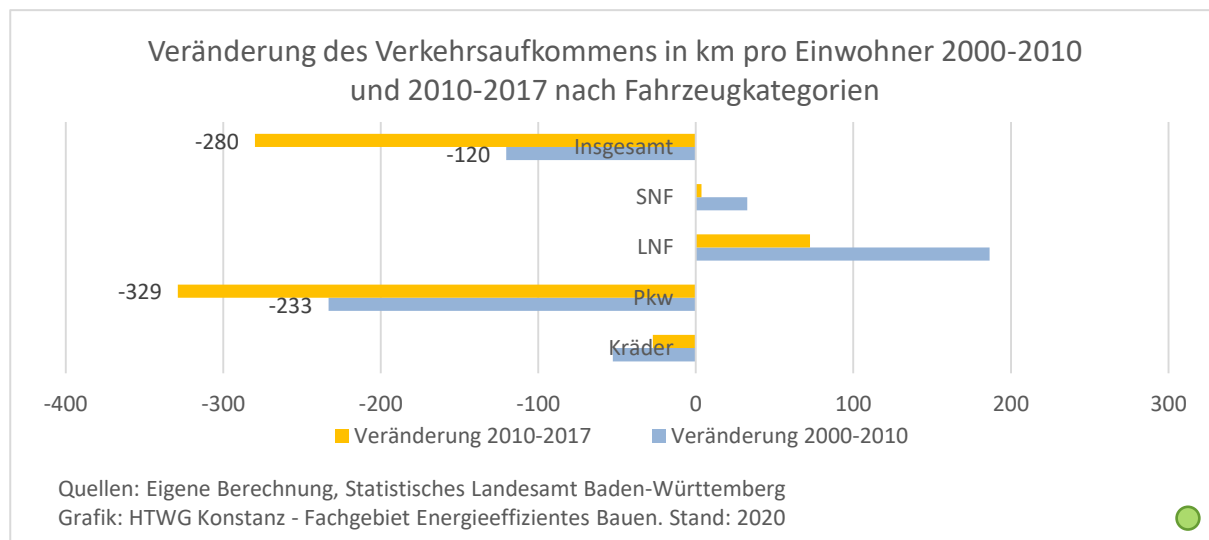


Abbildung 90: Veränderung des Verkehrsaufkommens in km pro Einwohner nach Fahrzeugkategorien

4.1.15 Jahresfahrleistung der Pkw pro Einwohner im Landkreis

Die Jahresfahrleistung der Pkw pro Einwohner ist aufgrund des hohen Anteils an Gesamtfahrleistung und Endenergieverbrauch von besonderer Bedeutung. Seit dem Jahr 2010, in dem sie bei 6.390 km pro Einwohner lag, zeigt sie eine langsam abnehmende Tendenz (vgl. Abbildung 91). Im Jahr 2017 betrug sie noch rund 5.970 km pro Einwohner. Diese Entwicklung kann jedoch unterschiedliche Ursachen haben. Wie zuvor dargestellt, kann ein wichtiger Grund das starke Bevölkerungswachstum in Verbindung mit demografischen Besonderheiten sein.

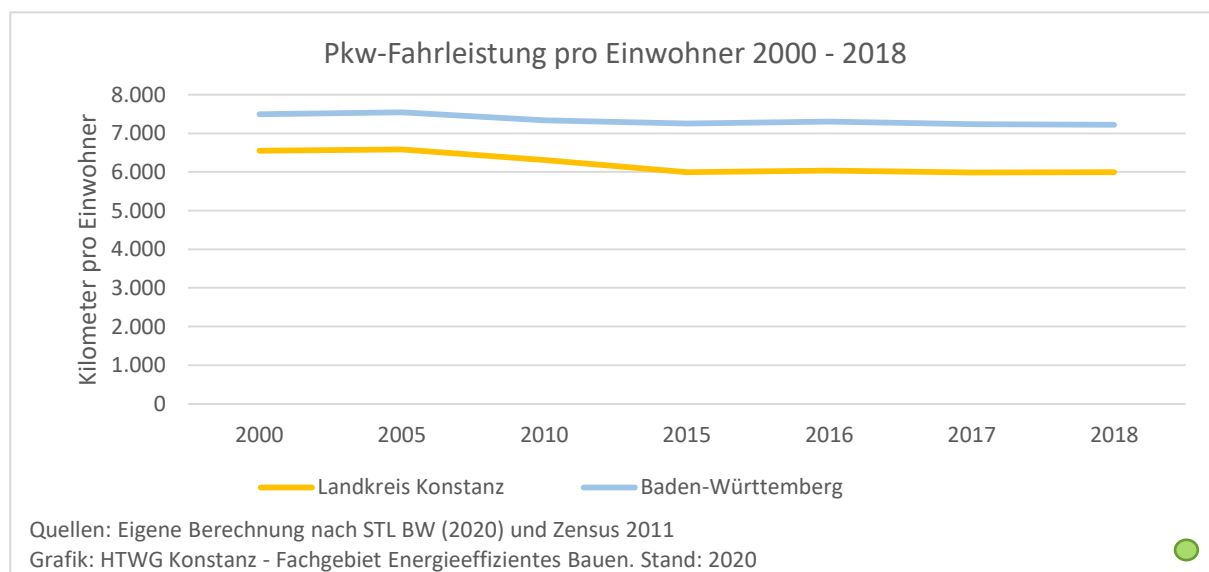


Abbildung 91: Jahresfahrleistung der Pkw pro Einwohner 2000 – 2017 im Landesvergleich

Besonders stark hat die Bevölkerung in den Jahren 2012 bis 2015 zugenommen. Dabei zeigte sich ein überproportionales Wachstum bei Bevölkerungsgruppen, die seltener über einen eigenen Pkw verfügen als die durchschnittliche volljährige Bevölkerung. Hierzu zählen z. B. Studierende oder Asylsuchende.

Allein die Zahl der Studierenden an der Universität Konstanz und der Hochschule Konstanz ist zwischen 2010 und 2015 um rund 22 Prozent gestiegen. Zum Vergleich: Die Zahl der hinzugekommenen Studierenden entspricht in der Größenordnung rund 21 Prozent des Bevölkerungszuwachses. Wie groß der Einfluss ist, den diese demografischen Entwicklungen auf die jährliche Pkw-Fahrleistung pro Einwohner haben, ist nicht untersucht. Es ist jedoch davon auszugehen, dass es sich bei diesem Anteil am Gesamtzuwachs um Effekte relevanter Größenordnung handelt. Folglich kann eine rückläufige Entwicklung der jährlichen Pkw-Fahrleistung pro Einwohner nicht ohne Weiteres als Beleg für ein verändertes Mobilitätsverhalten oder die Wirkung verkehrspolitischer Maßnahmen angesehen werden.

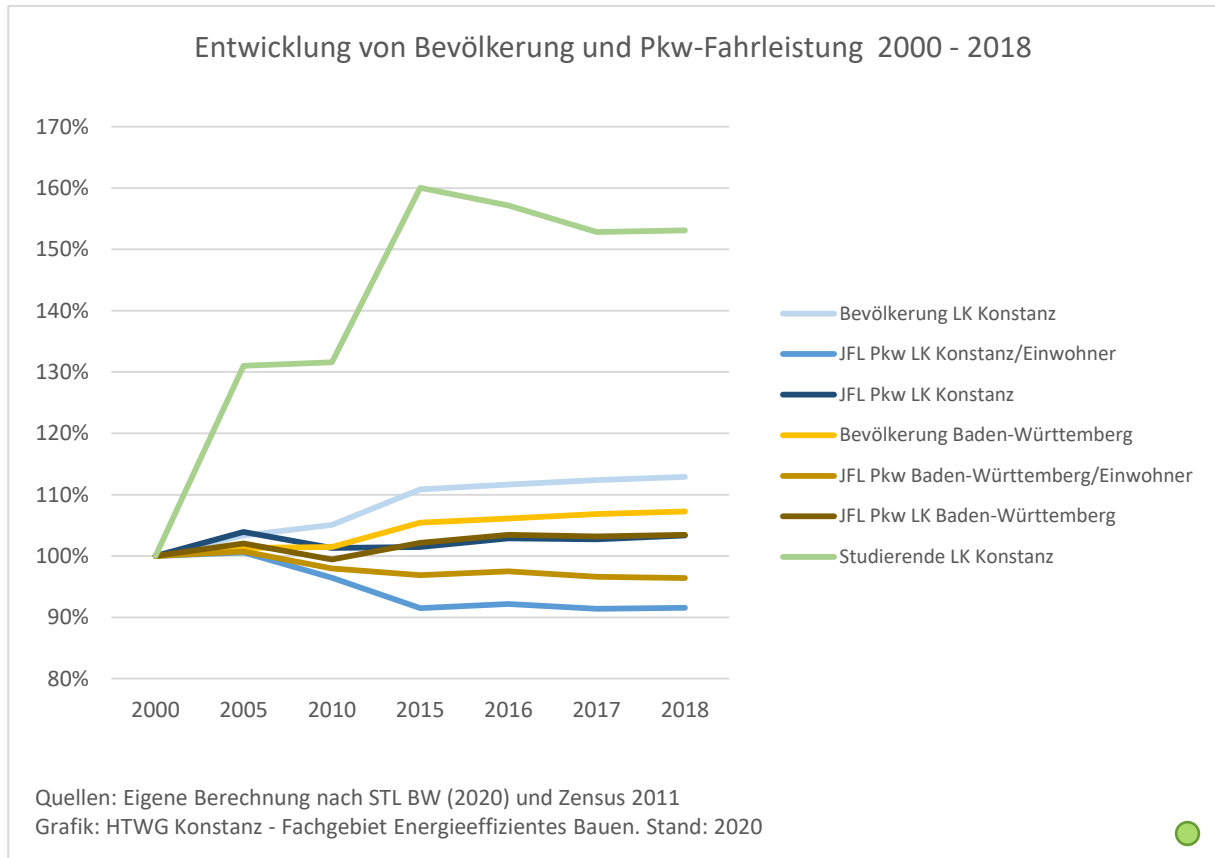


Abbildung 92: Entwicklung von Bevölkerung und Pkw-Fahrleistung 2000 - 2018 im Landesvergleich und Entwicklung der Studierendenzahl

4.1.16 Jahresfahrleistung der Pkw pro Einwohner im Gebiet der Gemeinden

Das Statistische Landesamt Baden-Württemberg erfasst regelmäßig die Jahresfahrleistung in den Landkreisen und Gemeinden. Rechnet man die erfasste Fahrleistung im Gemeindegebiet auf die Einwohnerzahl um, werden enorme Unterschiede deutlich. Die Durchschnittswerte reichen von rund 3.070 km/Ea bis zu 18.000 km/Ea.

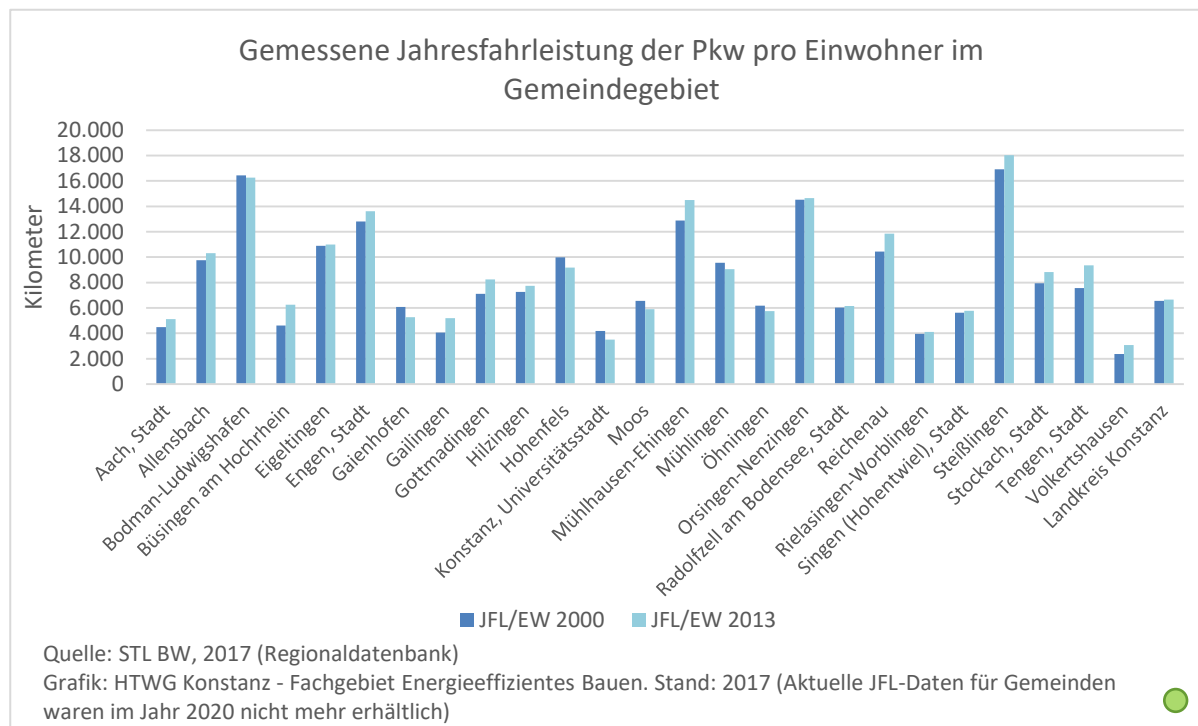


Abbildung 93: Gemessene Jahresfahrleistung der Pkw pro Einwohner im Gemeindegebiet

4.1.17 Geschätzte Jahresfahrleistung einheimischer Pkw pro Einwohner nach Gemeinden

Da die gemessene Fahrleistung auf dem Gebiet einer Gemeinde oder eines Landkreises durch den Durchgangsverkehr stark beeinflusst wird, wurde das Pkw-Verkehrsaufkommen im Landkreis gleichmäßig auf alle im Landkreis gemeldeten Pkw umgelegt. Über die Fahrleistung pro Pkw, die Zahl der in den Gemeinden gemeldeten Pkw und die Einwohnerzahlen der Gemeinden wurde anschließend die Fahrleistung der einheimischen Pkw pro Einwohner geschätzt. Diese Schätzung kann zwar nur ein recht grobes Ergebnis für die einzelnen Gemeinden liefern, doch erlaubt sie eine realistischere Schätzung des Energieverbrauchs der Haushalte in den verschiedenen Gemeinden. Die zu erwartenden Unterschiede zwischen ländlichen und städtischen Gemeinden können bei einer solchen Schätzung zwar nicht direkt berücksichtigt werden. Sie sind jedoch zu einem gewissen Grad auch an der Zahl der je 1.000 Einwohner gemeldeten Pkw abzulesen und fließen auf diese Weise zumindest teilweise in die Schätzung ein. Insgesamt erscheinen die Unterschiede zwischen den Gemeinden nach dieser Schätzung deshalb recht plausibel. Die Gemeindedurchschnitte liegen zwischen 4.610 km/Ea in der Stadt Konstanz und 7.610 km/Ea in Aach. In der Realität dürften die Differenzen noch etwas größer ausfallen, da Bewohner ländlich geprägter Gemeinden in der Regel weitere Wege zurücklegen müssen und häufiger auf Pkw als Verkehrsmittel angewiesen sind, während Bewohner einer Stadt mit dichtem ÖPNV-Netz häufig ohne Pkw auskommen können. Wichtiger als die genaue Zahl der Kilometer ist aber ohnehin die wahrscheinliche Entwicklung der Fahrleistung im Zeitverlauf. Hier zeigt sich, dass es der Schätzung zufolge sowohl Gemeinden mit abnehmenden Jahresfahrleistungen als auch Gemeinden mit zunehmenden Jahresfahrleistungen gibt. Daraus lässt sich schließen, dass die Abhängigkeiten von Pkw als Verkehrsmittel bzw. das Angebot an Alternativen von Gemeinde zu Gemeinde immer noch größere Unterschiede aufweisen dürften. Insgesamt stagniert die Jahresfahrleistung der Pkw im Landkreis im

Zeitraum 2015 bis 2017 bei rund 6.000 km pro Einwohner. Die geschätzten Werte der einzelnen Gemeinden sind in Abbildung 94 dargestellt.

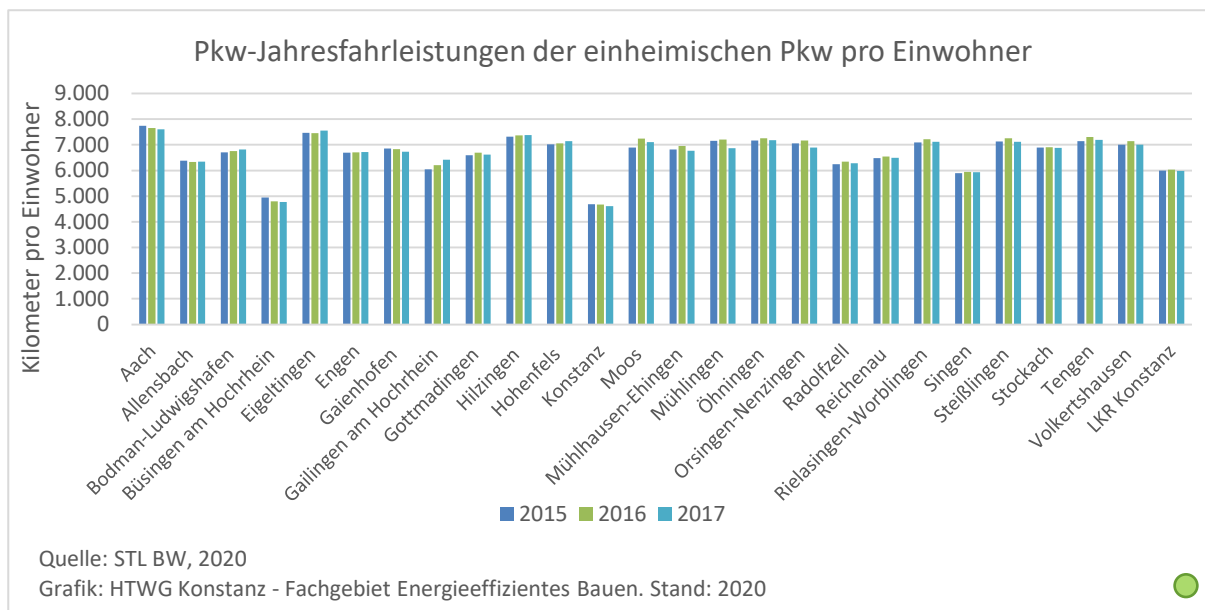


Abbildung 94: Pkw-Jahresfahrleistungen der einheimischen Pkw pro Einwohner (Schätzung)

4.1.18 Endenergieverbrauch des Straßenverkehrs nach Fahrzeugkategorien

Über die Fahrleistung der Fahrzeugkategorien und die durchschnittlichen Treibstoffverbräuche der Fahrzeugkategorien wurde der Treibstoffverbrauch im Landkreis geschätzt. Mit 74 Prozent trug der Pkw im Jahr 2017 mit großem Abstand den größten Teil zum Treibstoffverbrauch bei.

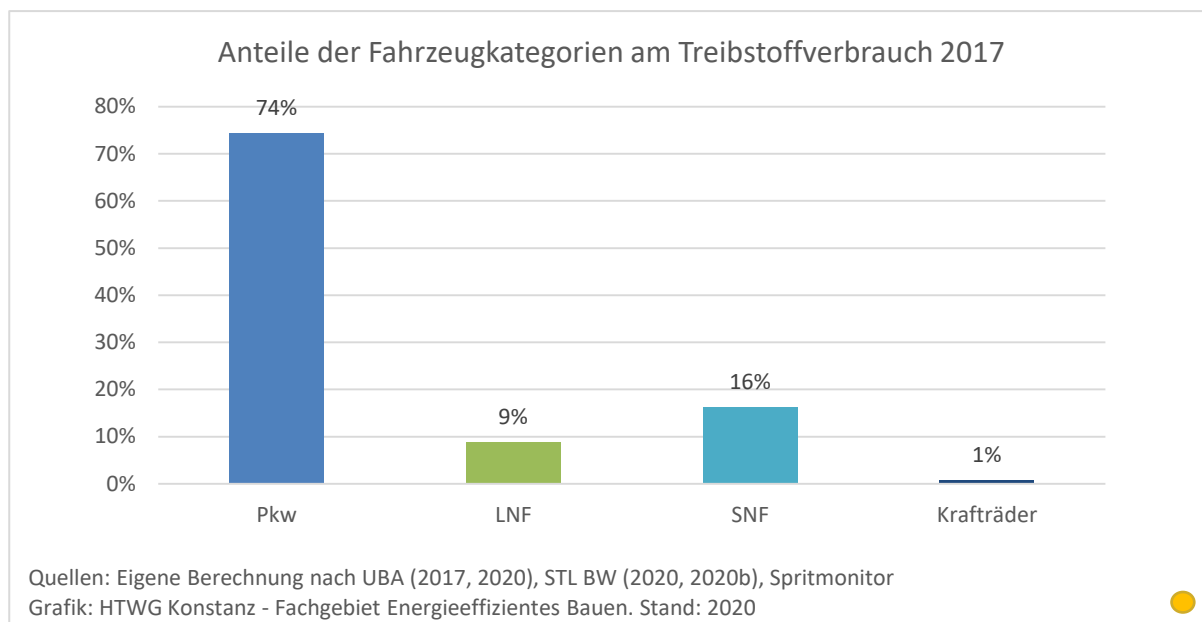


Abbildung 95: Treibstoffverbrauch im Landkreis Konstanz nach Fahrzeugkategorien

Betrachtet man den Trend zwischen den Jahren 2005 und 2017 zeigt sich eine leichte Abnahme des Endenergieverbrauchs. Um die Klimaschutzziele zu erreichen, müsste der Endenergiebedarf jedoch deutlich schneller sinken. Der Verkehr ist einer der Sektoren mit dem größten Einsparpotenzial und muss daher einen wesentlichen Beitrag zur Energiewende leisten, wenn die Umstellung auf erneuerbare Energien bis Mitte der 2030er Jahre weitestgehend abgeschlossen werden soll.

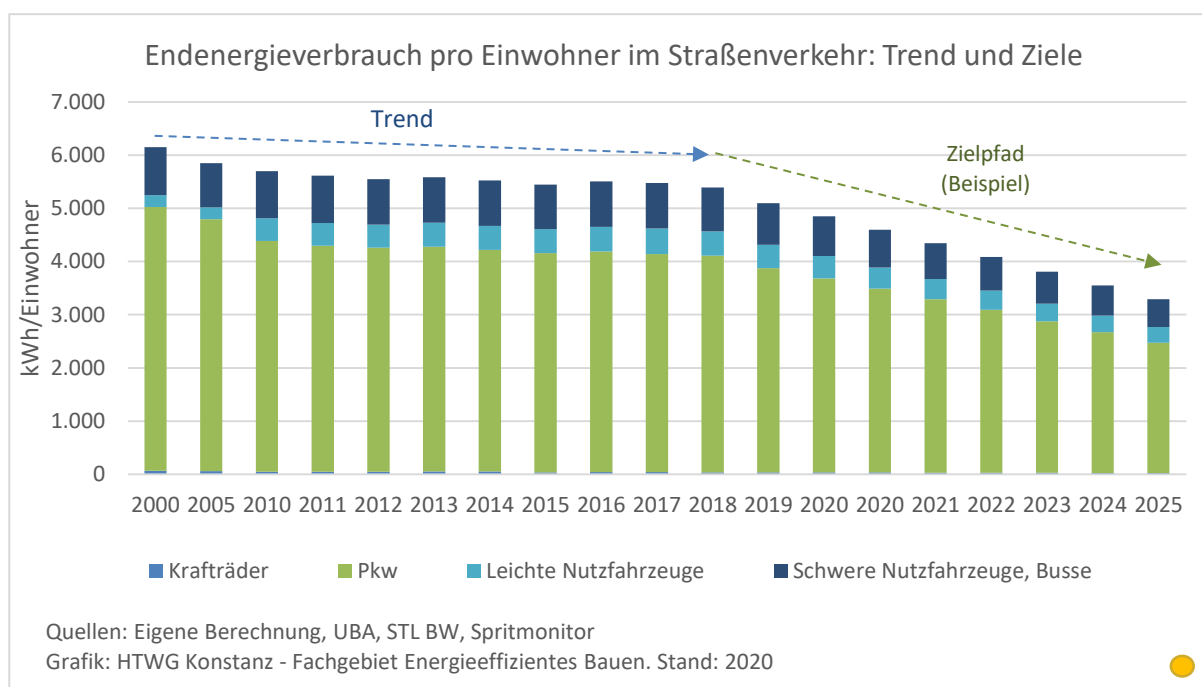


Abbildung 96: Endenergieverbrauch pro Einwohner im Straßenverkehr: Trend und Ziele

4.1.19 Endenergieverbrauch des Pkw-Verkehrs

Der Endenergieverbrauch der Pkw im Landkreis Konstanz wurde anhand des durchschnittlichen Treibstoffverbrauchs der Pkw in Deutschland (Statista, 2019) sowie anhand der Fahrleistung nach Angaben des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg berechnet (STL BW, 2020). Berücksichtigt wurde zudem der Anteil der beigemischten Biotreibstoffmengen (FNR 2019). Der so geschätzte Endenergieverbrauch summiert sich auf 1.157 Gigawattstunden. Insgesamt ist der Endenergieverbrauch seit 2010 leicht gestiegen, 2017 lag er jedoch etwas niedriger als in den Jahren 2015 und 2016.

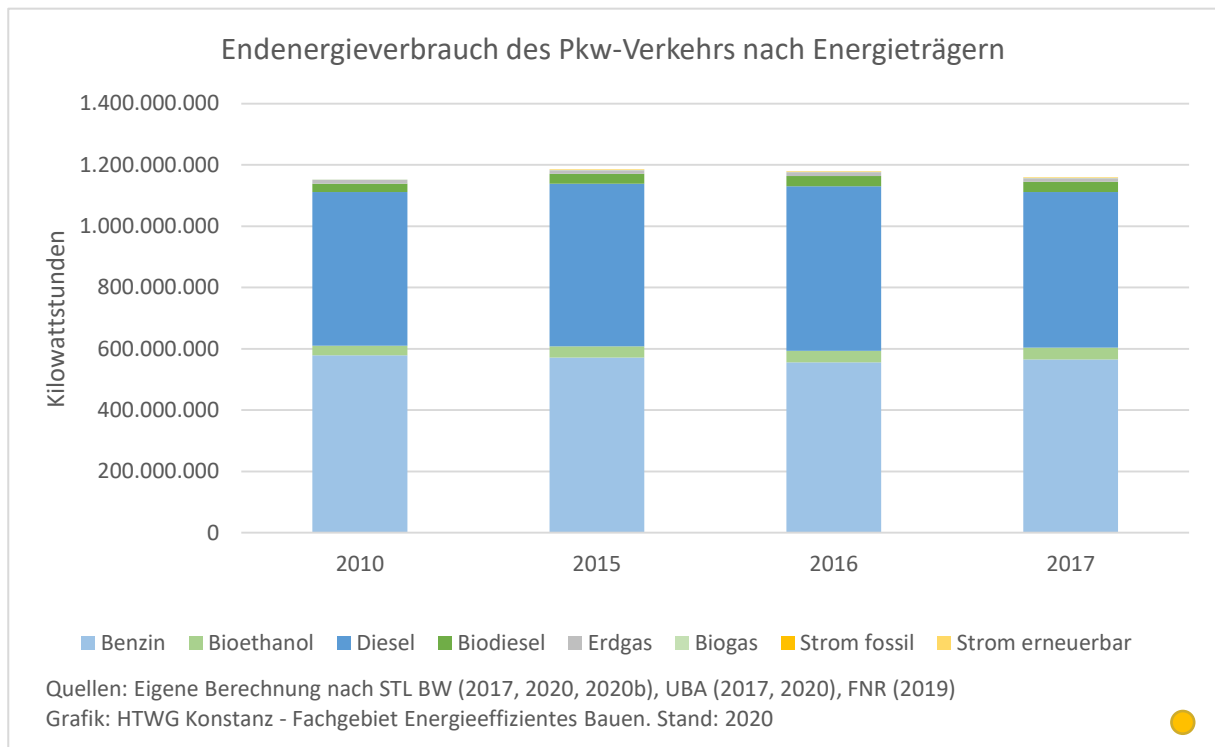


Abbildung 97: Endenergieverbrauch des Pkw-Verkehrs nach Energieträgern

4.1.20 Endenergieverbrauch des Pkw-Verkehrs pro Einwohner

Aufgrund der leichten Abnahme der Fahrleistung pro Einwohner zeigt sich auch ein langsamer Rückgang des geschätzten Endenergieverbrauchs des Pkw-Verkehrs pro Einwohner, von ca. 4.390 kWh im Jahr 2010 auf ca. 4.140 kWh im Jahr 2017.

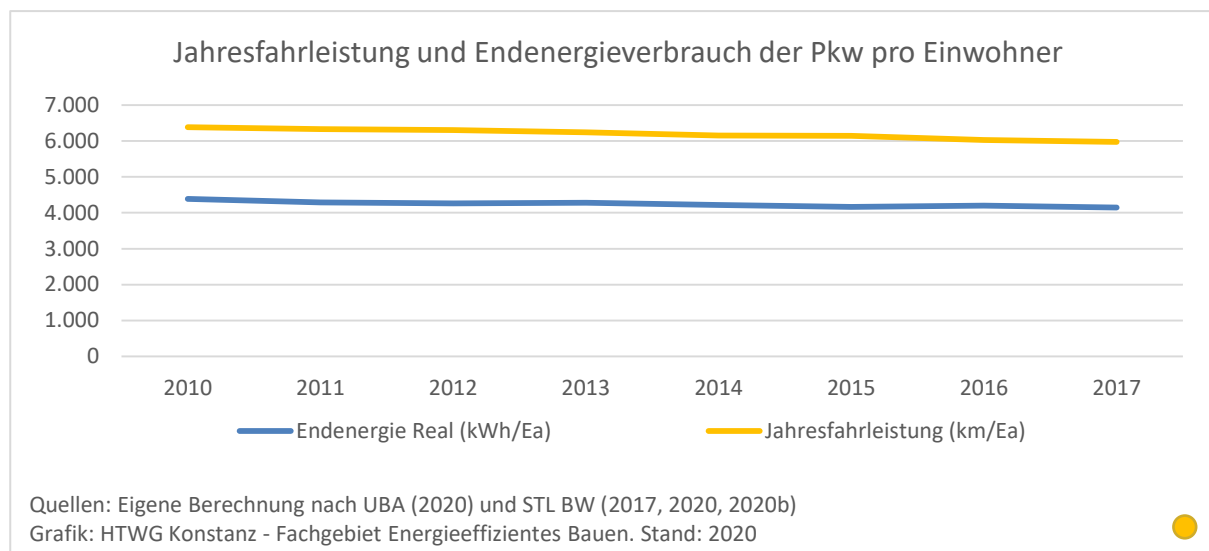


Abbildung 98: Jahresfahrleistung und Endenergieverbrauch der Pkw pro Einwohner

In Abbildung 99 ist der Endenergieverbrauch des Pkw-Verkehrs im Vergleich zu zwei Effizienzscenarien dargestellt, die mit Technologien möglich gewesen wären, die bereits auf dem Markt erhältlich waren:

- Effizienzscenario I: Alle Neuzulassungen ab 2010 mit Verbrennungsmotor mit einem Durchschnittsverbrauch von 5 Liter/100 km. Die mögliche Einsparung hätte 13 Prozent betragen.
- Effizienzscenario II: Ein Drittel der Neuzulassungen mit Elektromotor, zwei Drittel mit Verbrennungsmotor. Alle Neuzulassungen mit Verbrennungsmotor mit einem Durchschnittsverbrauch von 5 Liter/100 km. Die mögliche Einsparung hätte in diesem Fall 24 Prozent betragen.

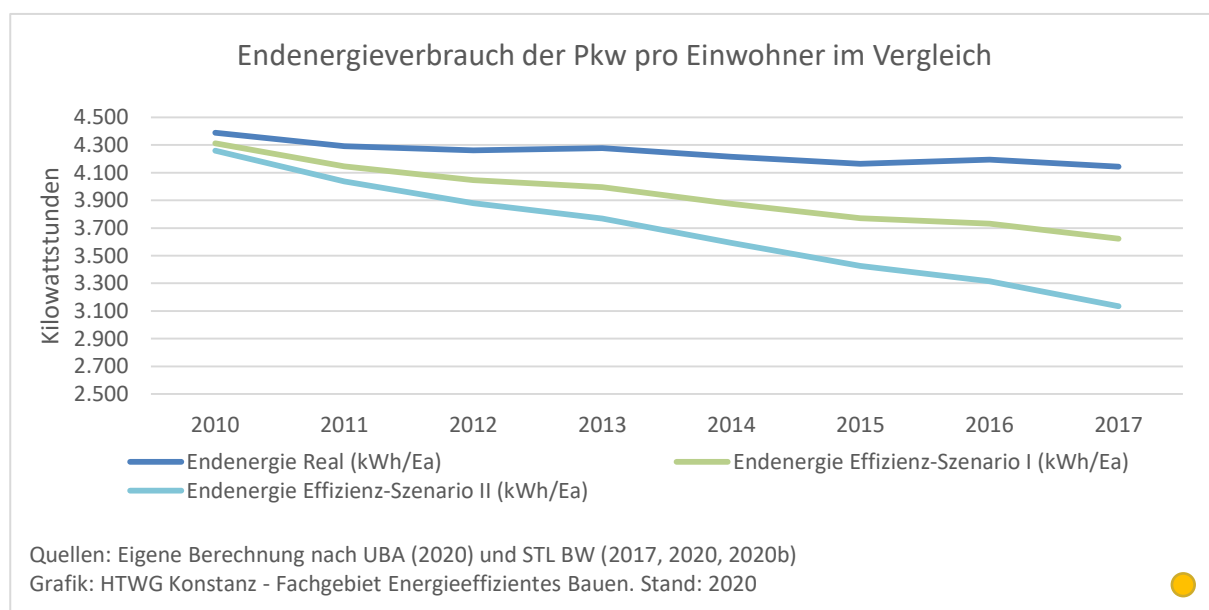


Abbildung 99: Endenergieverbrauch der Pkw pro Einwohner im Vergleich mit möglichen Effizienzscenarien

4.1.21 Treibstoffverbrauch der Pkw pro Einwohner nach Gemeinden

Eine Schätzung des Treibstoffverbrauchs der einheimischen Pkw der einzelnen Gemeinden ist anhand der gemessenen Jahresfahrleistungen in den Gemeinden nicht möglich, da auch hier erhebliche Verzerrungen aufgrund des Durchgangsverkehrs ortsfremder Pkw entstehen. Daher wurde der Treibstoffverbrauch anhand der geschätzten Fahrleistung der einheimischen Pkw berechnet. Größere Städte wie Konstanz oder Singen weisen demnach erwartungsgemäß einen deutlich unterdurchschnittlichen Treibstoffbedarf auf. Der niedrigste geschätzte Bedarf einer Gemeinde liegt bei 3.186 kWh/Ea (Konstanz), der höchste bei 5.260 kWh/Ea (Aach).

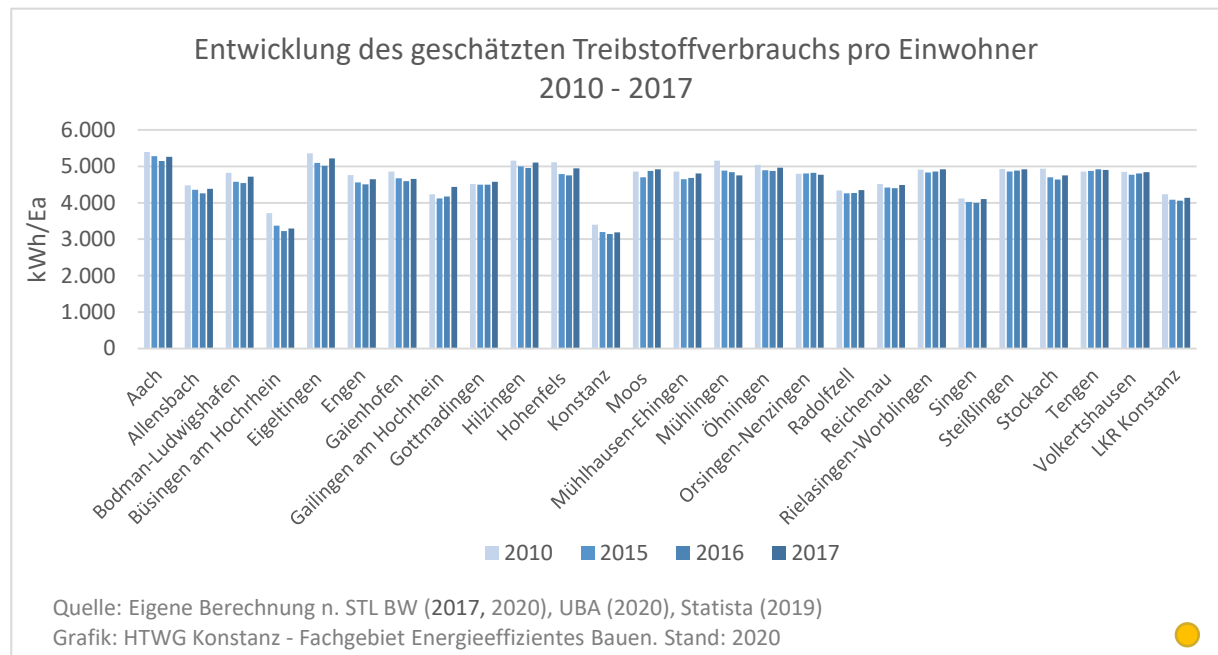


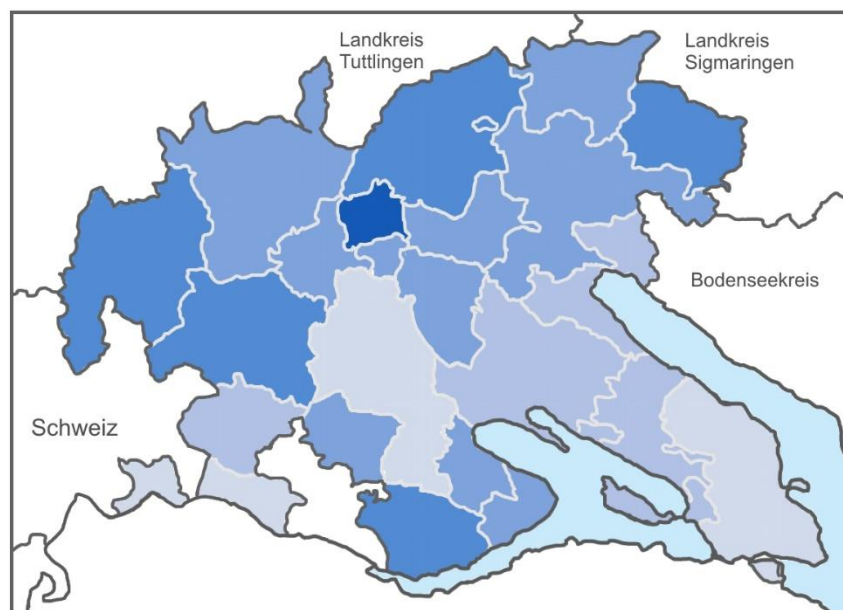
Abbildung 100: Entwicklung des Treibstoffverbrauchs der einheimischen Pkw pro Einwohner 2010 - 2017

Wie die realen Werte der Gemeinden hiervon abweichen, lässt sich nicht ohne Weiteres einschätzen. Denn Bewohner ländlich geprägter Gemeinden müssen, wie bereits erwähnt, auf dem Weg zur Arbeit oder zum Einkauf meist größere Entfernungen überwinden. Dies führt in der Regel zu einem höheren Treibstoffbedarf. Andererseits ist dieser auf Landstraßen geringer als im Siedlungsbereich. Zudem haben Gemeinden mit höheren Pkw-Dichten in der Regel einen höheren Zweitwagenanteil. Bei Zweitwagen liegen Fahrleistung und Verbrauch meist niedriger als bei Erstwagen. Im Durchschnitt aller Gemeinden lag der Pkw-Treibstoffverbrauch im Jahr 2017 bei rund 4.140 kWh/Ea (vgl. STL BW, 2020; UBA, 2020). Dies bedeutet gegenüber dem Jahr 2010 eine Reduktion um 2,4 Prozent. Das Ziel der Landesregierung für 2020 sieht eine Reduktion um 21 Prozent vor. Zwischen 2017 und 2020 hätte die jährliche Einsparung daher um den Faktor 18 erhöht werden müssen.

Insgesamt wurde der Verbrauch pro Einwohner von 2010 bis 2017 um 100 Kilowattstunden gesenkt, was einer Einsparung von rund 14 kWh pro Jahr entspricht. Setzt sich dieser Trend so fort, wäre die insgesamt angestrebte Reduktion des Verbrauchs um 50 bis 60 Prozent im Vergleich zu 2010 nach 150 bis 180 Jahren erreicht. Um sie bis 2035 zu erreichen, müsste die Einsparung fast um den Faktor 10 auf 118 bis 140 kWh pro Einwohner und Jahr erhöht werden. Dies entspricht Einsparungen von ca. 13 Litern Diesel oder 15 Litern Benzin pro Person und Jahr.

In Abbildung 101 ist der in der Schätzung berechnete Treibstoffverbrauch in einer Kartenansicht dargestellt. In dieser Darstellung wird der Unterschied zwischen den größeren Städten und den ländlicher geprägten Gemeinden gut sichtbar.

Pkw-Treibstoffverbrauch in
kWh/Ea 2017



Quelle: Ber. n. STL BW und UBA.
Grafik: HTWG Konstanz – Fachgebiet
Energieeffizientes Bauen, Stand: 2020

Abbildung 101: Treibstoffverbrauch je Einwohner 2017 nach Gemeinden (Kartendarstellung)

4.1.22 Treibhausgasemissionen des Straßenverkehrs

Die Jahresfahrleistung ist neben dem spezifischen Treibstoffbedarf (kWh/100 km) der Faktor, der die Treibhausgasemissionen des Straßenverkehrs am stärksten beeinflusst. Die Art des Treibstoffs ist ein weiterer wichtiger Faktor, jedoch bisher noch nicht von entscheidender Bedeutung.

Insgesamt sind die Treibhausgasemissionen seit dem Jahr 2000 deutlich gesunken und lagen im Jahr 2017 bei rund 1,7 Tonnen CO₂-Äquivalent pro Einwohner. Allerdings hat sich der Rückgang zwischen den Jahren 2010 und 2017 deutlich verlangsamt. Die erzielten Effizienzsteigerungen wurden teilweise durch gestiegene Fahrleistungen und den Trend zu größeren und schwereren Pkw kompensiert. Zugenommen hat die Fahrleistung insbesondere im Transportverkehr. Sollen die Treibhausgasemissionen bis Mitte der 2030er Jahre auf null gesenkt werden, muss der Zielpfad deutlich steiler abfallen als der bisherige Trend.

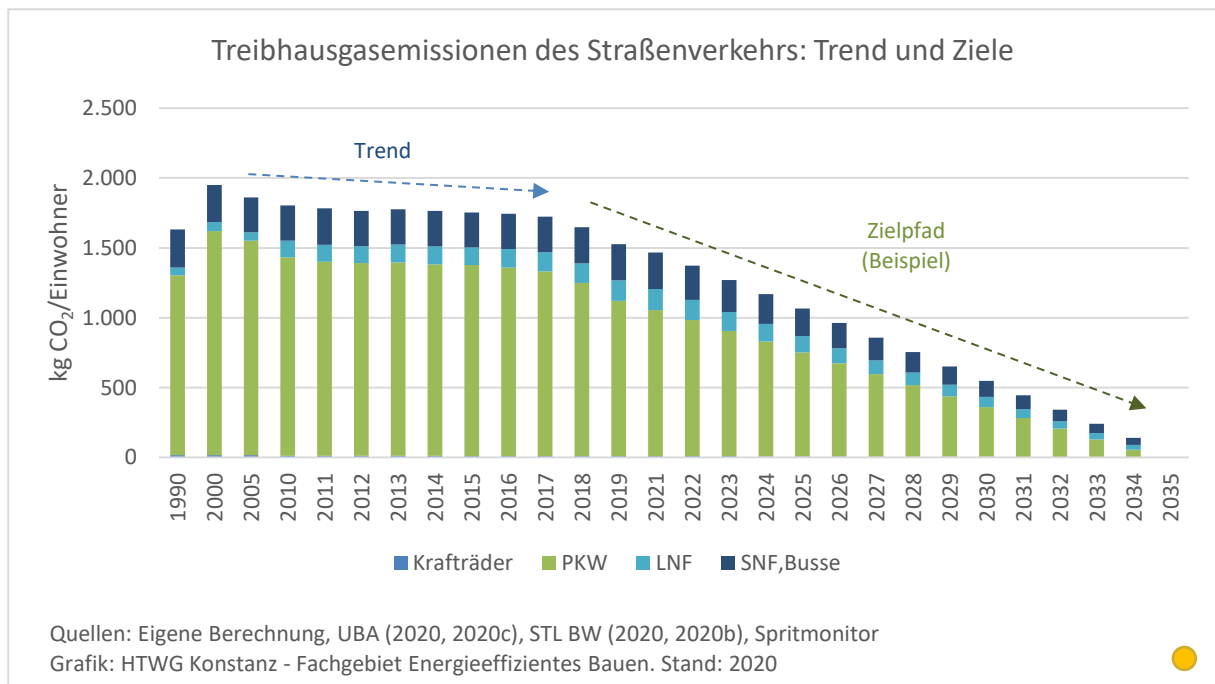


Abbildung 102: Treibhausgasemissionen des Straßenverkehrs pro Einwohner: Trend und Ziele

4.1.23 ÖPNV: Verkehrsverbund Hegau-Bodensee

Der Energiebedarf des öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) im Landkreis Konstanz wird bisher nicht erhoben. Auch dem Verkehrsverbund Hegau-Bodensee (VHB) liegen dazu bisher keine Daten vor. Zur Verfügung stehen jedoch Zahlen zur Personenbeförderungsleistung des VHB (vgl. Tabelle 9). Mithilfe des durchschnittlichen Energiebedarfs pro Personenkilometer wurde auf dieser Basis der Energiebedarf des VHB geschätzt (vgl. Tabelle 9, Tabelle 10, Tabelle 11 und Abbildung 104). Insgesamt hat die Beförderungsleistung des VHB von 2010 bis 2018 um 19 Prozent zugenommen. Die Zunahmen bei Bus und Bahn entwickeln sich dabei nahezu parallel.

Tabelle 9: Personenbeförderungsleistung des VHB (1.000 Pkm)

Verkehrsmittel	2010	2012	2014	2016	2017	2018
Bus	120.000	128.000	132.000	136.254	138.500	140.200
Bahn	101.000	108.000	112.000	117.183	120.600	123.000

Quelle: VHB, 2016 – 2020

Pro Einwohner ist die Beförderungsleistung des VHB zwischen 2013 und 2018 von 811 auf 922 km pro Jahr gestiegen, was einer Zunahme von fast 14 Prozent entspricht.

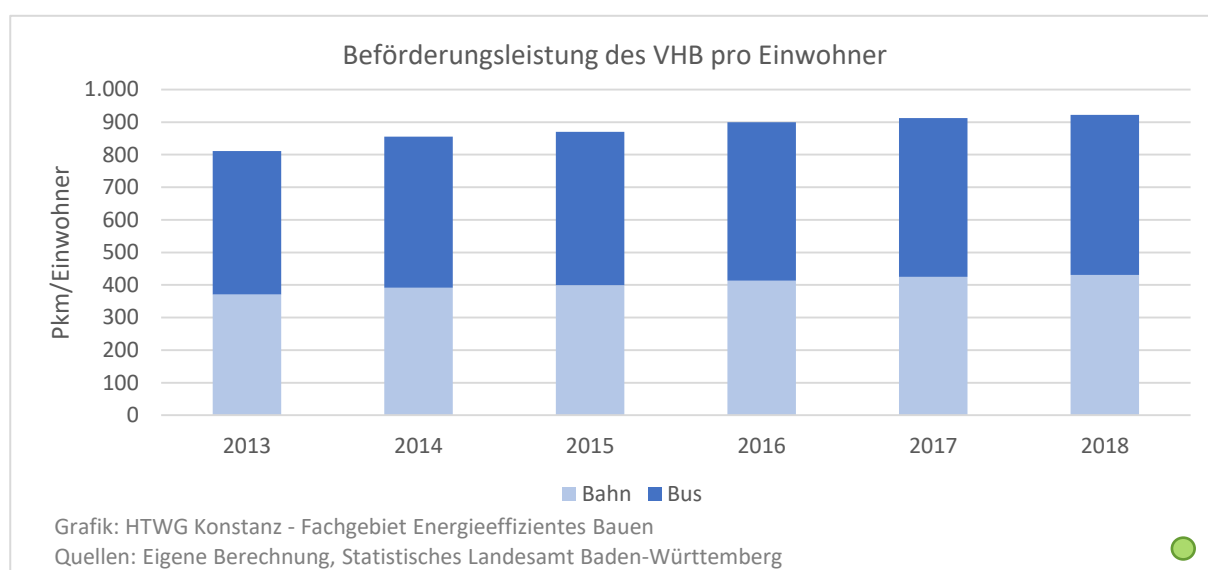


Abbildung 103: Personenbeförderungsleistung des VHB pro Einwohner (Pkm)

Der durchschnittliche Endenergieverbrauch von Bahn und Bus liegt deutlich unter dem Energieverbrauch von Pkw.

Tabelle 10: Endenergiebedarf pro Personenkilometer (Pkm) nach Verkehrsmittel

Verkehrsmittel	kWh/Pkm
PKW	0,56
BUS	0,13
BAHN	0,19
STRASSENBAHN	0,08
U-BAHN	0,02
FAHRRAD	0,00

Quelle: Umweltbundesamt Österreich, 2016

Der geschätzte Energieverbrauch des VHB hat aufgrund der gestiegenen Beförderungsleistung zwischen 2010 und 2018 um rund 20 Prozent zugenommen (vgl. Tabelle 11 und Abbildung 104).

Tabelle 11: Geschätzter Energiebedarf des VHB (kWh)

Verkehrsmittel	2010	2012	2014	2016	2017	2018
Energiebedarf Gesamt						
Bus	15.600.000	16.640.000	17.160.000	17.713.051	18.005.000	18.226.000
Bahn	19.190.000	20.520.000	21.280.000	22.264.688	22.914.000	23.370.000
VHB Gesamt	34.790.000	37.160.000	38.440.000	39.977.739	40.919.000	41.596.000
Energiebedarf pro Einwohner						
Bus	58	62	62	63	63	64
Bahn	72	76	77	79	81	82
VHB Gesamt	130	137	139	142	144	146

Quelle: Eigene Berechnung nach VHB (2016 – 2020) und Umweltbundesamt Österreich (2016)

Der Gesamtenergieverbrauch der Personenbeförderung durch den VHB lag im Jahr 2014 bei geschätzten 38,4 GWh und ist bis zum Jahr 2017 rund 41,6 GWh gestiegen. Rund 56 Prozent des Energiebedarfs entfallen auf den Bahnverkehr des VHB, die übrigen 44 Prozent auf die Busse.

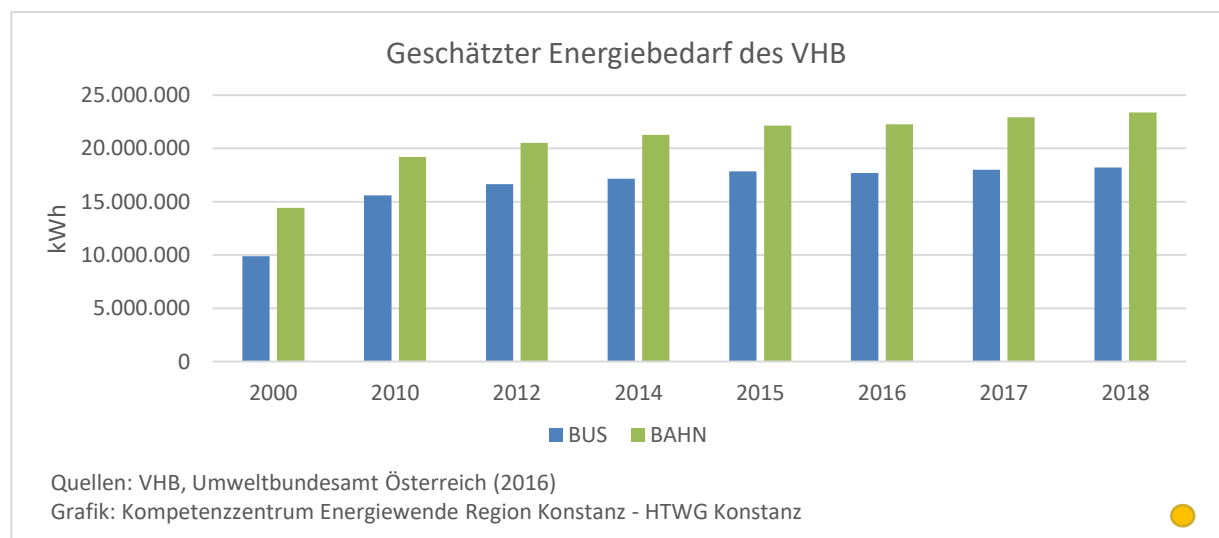


Abbildung 104: Geschätzter Energiebedarf des VHB

Wäre die gleiche Beförderungsleistung im Jahr 2017 mit Pkw erbracht worden, hätte der Energiebedarf 147,4 GWh betragen. Durch die Beförderungsleistung des VHB wurden rund 72 Prozent dieses Energiebedarfs vermieden, was im Jahr 2017 105,8 GWh entsprach.

Tabelle 12: Energieeinsparung durch Personentransport des VHB in kWh

Verkehrsmittel	2010	2012	2014	2016	2018
Energiebedarf VHB	34.790.000	37.160.000	38.440.000	39.977.739	41.596.000
Energiebedarf von Pkw bei gleicher Fahrleistung	123.760.000	132.160.000	136.640.000	141.924.611	147.392.000
Durch VHB vermiedener Pkw-Energieverbrauch in kWh	88.970.000	95.000.000	98.200.000	101.946.872	105.796.000

Quelle: Eigene Berechnung nach VHB (2016 – 2020) und Umweltbundesamt Österreich (2016)

4.1.24 Klimaschutzszenario

Um den Ausstoß von Treibhausgasen im Verkehr bis 2035 auf null zu senken, muss der Verkehr nahezu vollständig elektrifiziert werden. Bleibt das Verkehrsaufkommen dabei jedoch quantitativ auf dem heutigen Niveau und auch strukturell unverändert, werden voraussichtlich weiterhin ca. 550 Pkw pro 1.000 Einwohner benötigt. Aufgrund der bisher nicht absehbaren Umweltwirkungen der Batterieproduktion, die sich aus einer derart großen Zahl batteriebetriebener Elektroautos ergeben, wurde anhand des Klimaschutzszenarios 1 untersucht, wie sich eine um 30 Prozent reduzierte Pkw-Fahrleistung auf den Pkw-Bestand und den Bedarf an öffentlichem Personennahverkehr auswirken könnte. Des Weiteren wurde angenommen, dass der Treibstoffverbrauch des Pkw-Bestandes mit Verbrennungsmotor bis 2035 kontinuierlich auf 4,0 Liter pro 100 km reduziert werden kann und der Emissionsfaktor des Strommixes in Deutschland bis 2035 auf null sinkt. Zudem wurde angenommen, dass die Pkw-Fahrleistung im Jahr 2035 zu 80 Prozent von Elektroautos erbracht wird. Die übrigen 20 Prozent werden von Pkw mit Verbrennungsmotor erbracht, die mit Gas (Biogas, PtG) angetrieben werden. Parallel wird der Transportverkehr um 30 Prozent reduziert und vollständig elektrifiziert.

Tabelle 13: Kenndaten des Klimaschutzszenarios 1 im Sektor Verkehr

Kennwert	Ziel	Einheit
Jahresfahrleistung (JFL)		
Angestrebte JFL 2035:	70	Prozent der JFL 2017
Treibstoffverbrauch von Pkw mit Verbrennungsmotoren 2035		
Dieselmotor, Diesel	4,0	Liter/100km
Ottomotor, Benzin	4,0	Liter/100km
Ottomotor, Gas	3,5	kg/100 km
Emissionsfaktor Strommix 2035		
Emissionsfaktor	0,00	kg/kWh
Anteile an Pkw-Fahrleistung 2035		
Strom	80	Prozent
Gas (Biogas)	20	Prozent
Benzin	0	Prozent
Diesel	0	Prozent

Um 30 Prozent der Personentransportleistung des Pkw-Verkehrs zu erbringen, müsste die aktuelle Transportleistung des ÖPNV im Straßenverkehr etwa um den Faktor 3,9 gesteigert werden.

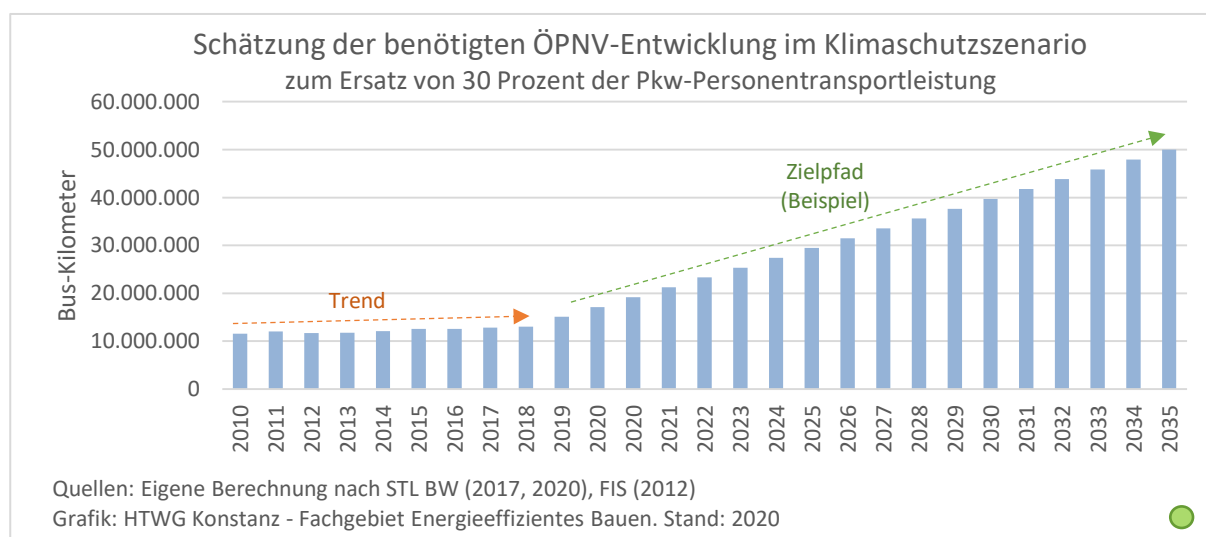


Abbildung 105: Schätzung der benötigten ÖPNV-Entwicklung (Busse) im Klimaschutzszenario 1

Bei der Schätzung wurde davon ausgegangen, dass der Besetzungsgrad des ÖPNV weiterhin dem deutschen Durchschnitt von rund 20 Prozent entspricht (FIS, 2012). Möglicherweise kann durch gezielte Maßnahmen (z. B. ein 365-Euro-Jahresticket) auch ein höherer Durchschnitt erreicht werden. Sofern 30 Prozent des Personentransportes, der bisher mittels Pkw erfolgt, auf den ÖPNV oder das Fahrrad verlagert werden kann, müssen die jährlichen Neuzulassungen von Pkw, die mit Strom oder Gas angetrieben werden, die bisherige jährliche Zulassungszahl von Pkw nicht übertreffen. Allerdings muss der Verkauf von Pkw, die mit Benzin oder Diesel angetrieben werden, bereits zwischen Mitte und Ende der 2020er Jahre auslaufen, da Pkw in Deutschland im Schnitt eine Lebensdauer von 18 (14 – 26) Jahren erreichen (Statista, 2014).

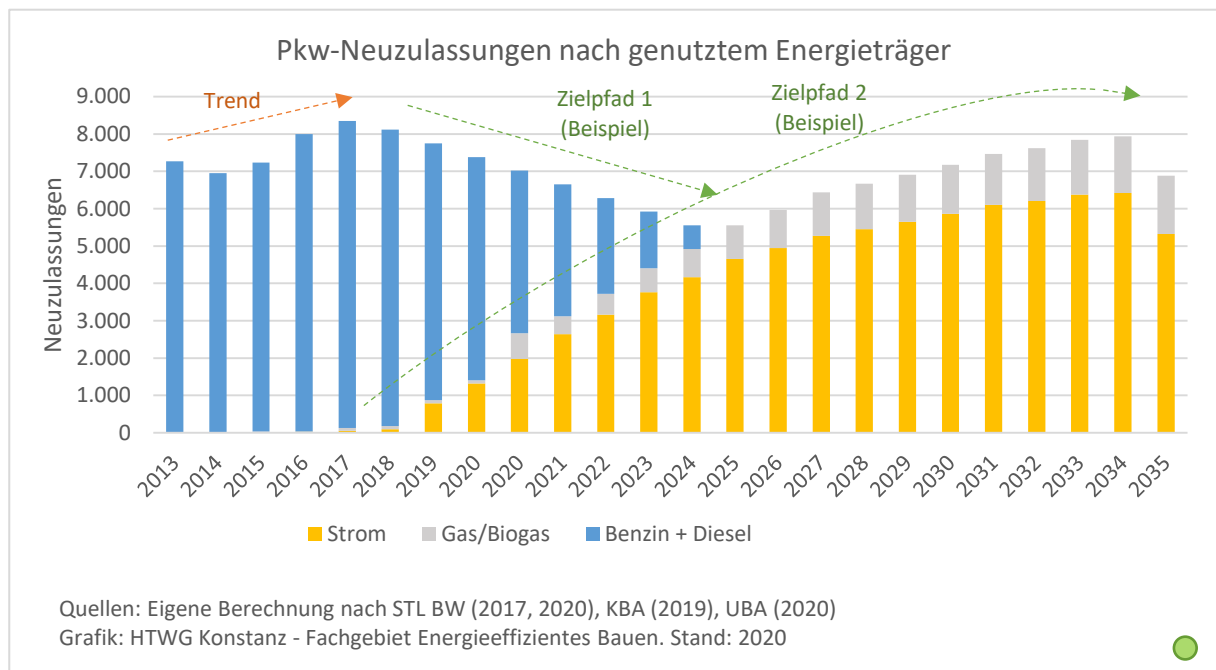


Abbildung 106: Pkw-Neuzulassungen nach genutztem Energieträger im Klimaschutzszenario 1 (Beispiel)

Geht man von einer durchschnittlichen Fahrleistung von ca. 12.000 km pro Pkw und Jahr aus, kann eine um 30 Prozent reduzierte Fahrleistung im Jahr 2035 von rund 93.300 Pkw erbracht werden. Das entspricht einer möglichen Reduktion des benötigten Pkw-Fuhrparks um 58.600 Fahrzeuge.

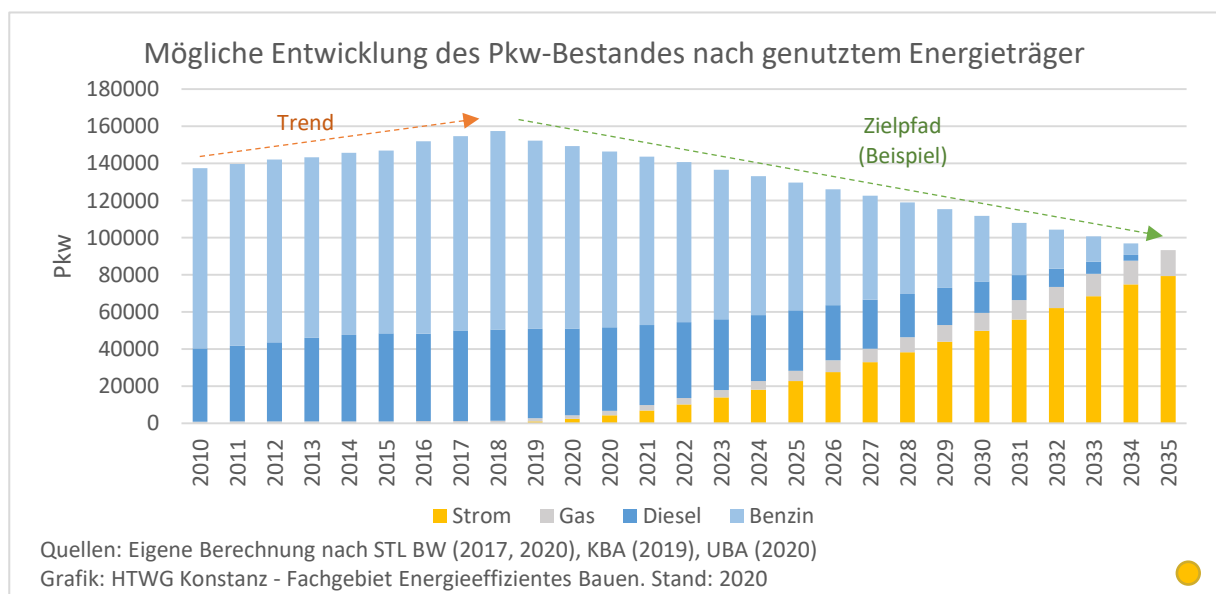


Abbildung 107: Mögliche Entwicklung des Pkw-Bestandes nach genutztem Energieträger im Klimaschutzszenario (Beispiel)

Der Bedarf an Batteriespeichern wird dadurch erheblich reduziert. Wird stattdessen die heutige Fahrleistung beibehalten, werden dementsprechend ca. 43 Prozent mehr Elektroautos und mit Gas angetriebene Pkw benötigt, als im dargestellten Klimaschutzscenario 1. Um solch eine Zahl von Elektro- und Gasautos auf die Straßen zu bringen, müssten im Zeitraum 2018 – 2035 jährlich schätzungsweise 9 Prozent mehr Pkw neu zugelassen werden als im Zeitraum 2013 – 2018 pro Jahr zugelassen wurden. Im Klimaschutzscenario 1 müsste dagegen keine Steigerung erfolgen.

Der auf diese Weise reduzierte und umstrukturierte Pkw-Bestand könnte im Jahr 2035 die um lediglich 30 Prozent reduzierte Fahrleistung mit einem um 78 Prozent geringeren Endenergiebedarf erbringen. Die Entwicklung des Treibstoffbedarfs in Kilowattstunden ist in Abbildung 108 dargestellt.

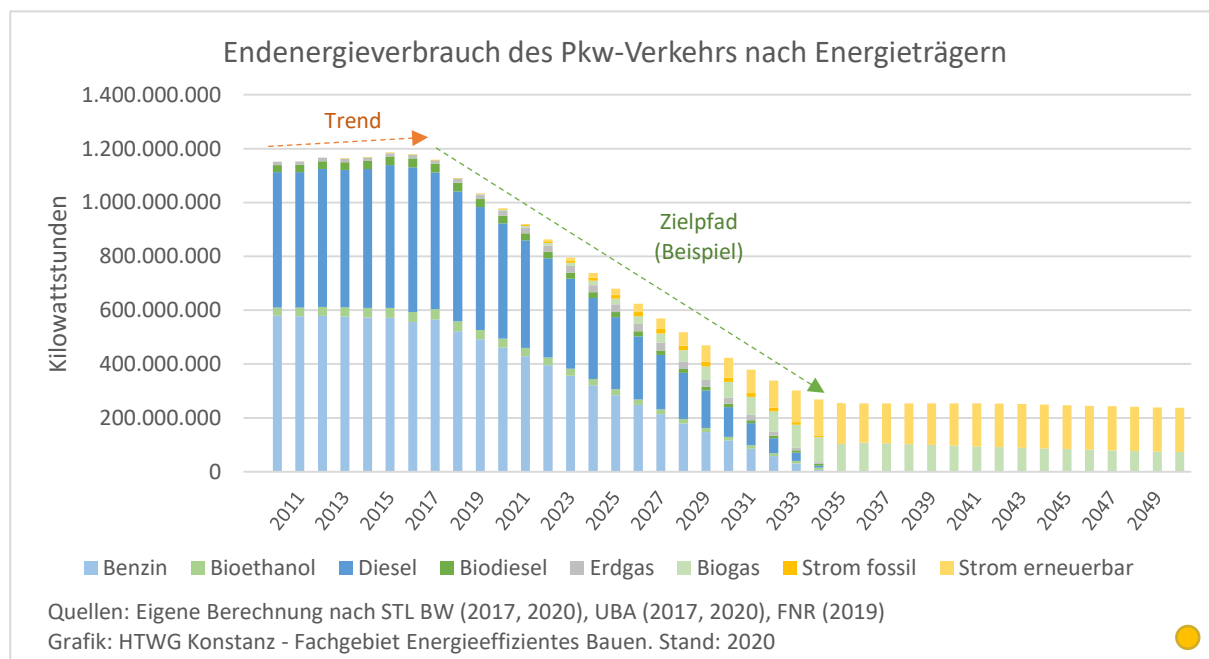


Abbildung 108: Endenergieverbrauch des Pkw-Verkehrs nach Energieträgern im Klimaschutzscenario 1

Der Pkw-Verkehr hat allein aufgrund seines großen Anteils am gesamten Straßenverkehrsaufkommen eine herausragende Bedeutung für den Klimaschutz im Sektor Verkehr. Die größten Zuwächse bei der Jahresfahrleistung sind jedoch seit einigen Jahren bei den leichten und schweren Nutzfahrzeugen zu verzeichnen. Ihr geschätzter Energieverbrauch ist daher zwischen dem Jahr 2010 und dem Jahr 2017 um rund 15 Prozent auf 355 GWh im Jahr 2017 gestiegen. Den größten Anteil hatten daran die leichten Nutzfahrzeuge. Ihr Verbrauch stieg aufgrund der stark gestiegenen Jahresfahrleistung um ca. 26 Prozent.

Ob eine Elektrifizierung schwerer Nutzfahrzeuge, die auf langen Strecken eingesetzt werden, mit Blick auf Nachhaltigkeit und wirtschaftliche Machbarkeit im Vergleich zu einer Verlagerung des Transportes auf die Schiene mehr oder weniger sinnvoll ist, ist bisher noch nicht abschließend geklärt. Grundsätzlich ist aber eine Elektrifizierung von schweren Nutzfahrzeugen technisch ebenso möglich, wie die Elektrifizierung leichter Nutzfahrzeuge. Geprüft wird beispielsweise die Nutzung von Oberleitungen an Autobahnen in Kombination mit Batterien abseits der Oberleitungsstrecken.

Der Endenergieverbrauch von Elektro-Lkw im Alltag ist nach einem Versuch eines Logistik-Unternehmens im Wirtschaftsjahr 2014/2015 vergleichsweise gering. Im Test verbrauchten die 18-Tonner beim Einsatz auf gemischten Touren mit Stadt-, Landstraßen- und Autobahnverkehr knapp 88 kWh Strom pro 100 Kilometer. Das entspricht dem Energiegehalt von weniger als neun Litern Diesel. (VR, 2015) Lkw mit Dieselmotor verbrauchen, je nach Gewicht, durchschnittlich zwischen 20 und 28 Litern Diesel.

In Abbildung 109 ist die im Klimaschutzscenario 1 angenommene Entwicklung der Jahresfahrleistung von leichten und schweren Nutzfahrzeugen (LNF und SNF) nach Motorisierung dargestellt.

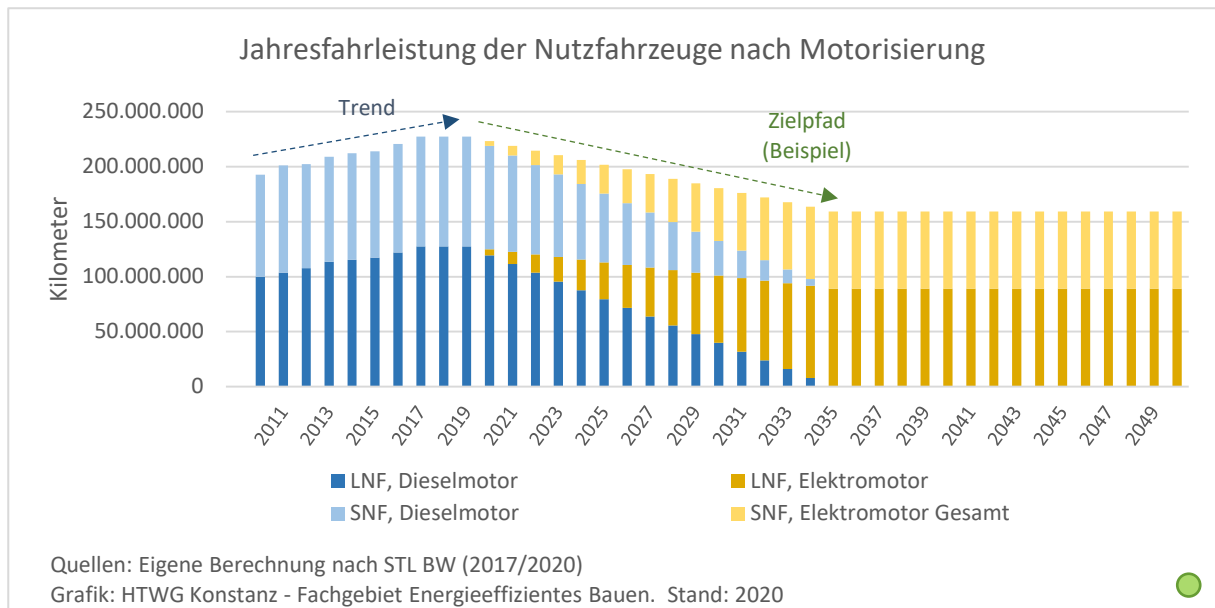


Abbildung 109: Jahresfahrleistung der Nutzfahrzeuge nach Motorisierung im Klimaschutzscenario 1

Der Endenergieverbrauch der LNF und SNF könnte so im Klimaschutzscenario 1 durch die beschriebenen Maßnahmen um 76 Prozent reduziert werden.

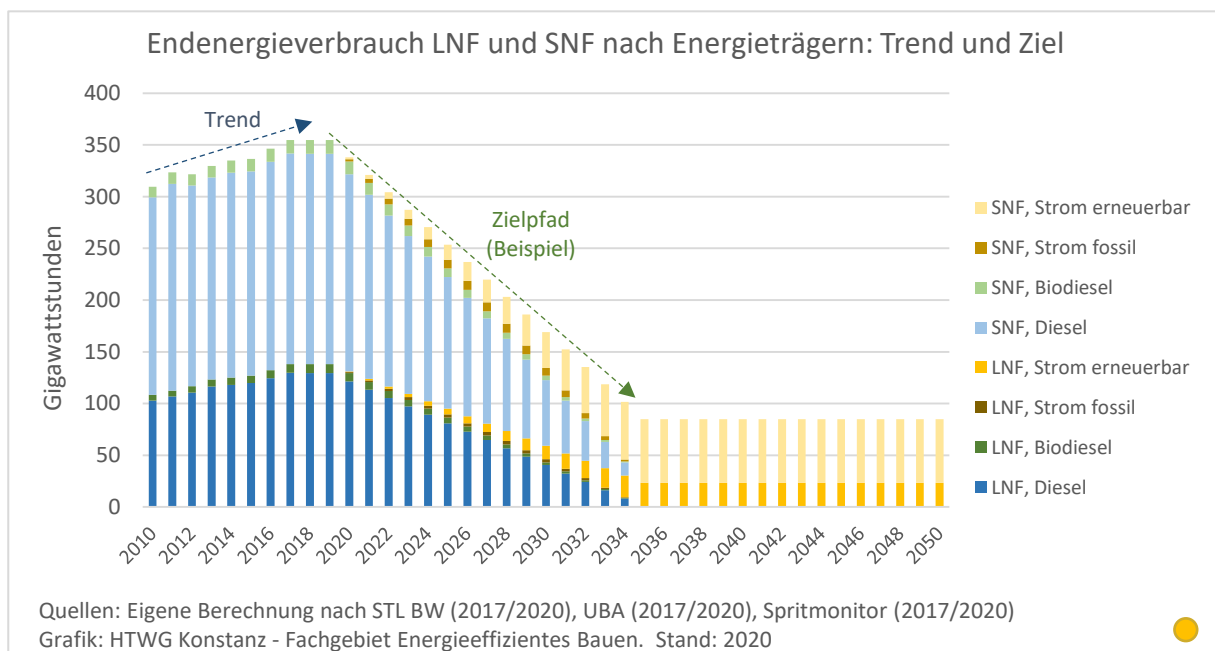


Abbildung 110: Endenergieverbrauch der leichten und schweren Nutzfahrzeuge im Klimaschutzscenario 1

Anstelle von Batterien kann auch Wasserstoff als Energiespeicher genutzt werden. Dies erhöht die Reichweite von Lkw, führt aber auch zu höheren Energieverlusten. Während Elektroautos mit Batterie rund 90 Prozent des aufgewendeten Stroms in Bewegung umsetzen, liegt dieser Wert mit Brennstoffzelle und Wasserstoff als Speicher um rund ein Drittel niedriger. Zu dem höheren Endenergiebedarf kommt der Energieaufwand der Wasserstoffproduktion. Auch hier kann mit einem Wirkungsgrad von ca. 60 Prozent gerechnet werden. Wird beim Antrieb der SNF vollständig auf Wasserstoff als Energiespeicher gesetzt, fällt der Endenergiebedarf im Landkreis Konstanz daher schätzungsweise um +/- 30 GWh höher aus als bei einem ausschließlichen Einsatz von Elektro-Lkw mit Batterie. Ein Vergleich der Grauen

Energie, die entweder für die Herstellung der benötigten Batteriespeicher oder für die Produktion des erforderlichen Wasserstoffs aufgewendet werden muss, ist für den Endenergiebedarf des Landkreises nicht relevant. Trotzdem sollte die Graue Energie bei der Wahl der Fahrzeuge berücksichtigt werden, da es sich, je nach Zahl und Kapazität der benötigten Speicher und der mit ihnen im Landkreis erbrachten Fahrleistung, um einen höheren zweistelligen Gigawattstundenbetrag handeln kann.

Eine Umstellung auf Elektroautos, Elektrobusse und Elektro-Lkw wird den Endenergiebedarf des Landkreises in jedem Fall senken. Der Einsatz von Elektrofahrzeugen mit Batteriespeicher wird jedoch zu einem erhöhten Strombedarf im Landkreis führen. Voraussetzung für einen klimaneutralen Betrieb von Elektrofahrzeugen im Jahr 2035 ist ein vollständig erneuerbarer Strommix. Wie sich der CO₂-Ausstoß der Elektroautos im Klimaschutzscenario 1 in diesem Fall bis zum Jahr 2035 voraussichtlich entwickeln würde, ist in Abbildung 111 dargestellt. Folglich stiegen die Emissionen des Elektroautobestandes ungefähr bis zum Jahr 2028 stark an, bevor sie bis 2035 noch schneller wieder auf null sinken würden.

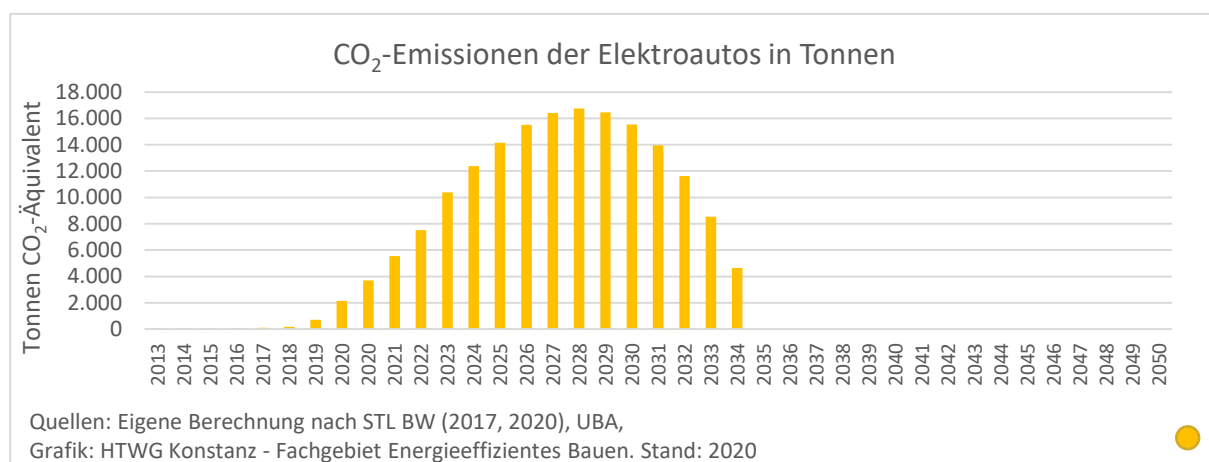


Abbildung 111: CO₂-Emissionen der Elektroautos im Klimaschutzscenario 1 in Tonnen

Dieser Effekt ist auch in Abbildung 112 zu sehen. Im Verhältnis zu den Emissionen der Pkw, die mit Verbrennungsmotoren angetrieben werden, fällt der CO₂-Ausstoß der Elektroautos jedoch kaum ins Gewicht. Zudem machen die Elektroautos die Emissionen der übrigen Pkw vollständig vermeidbar.

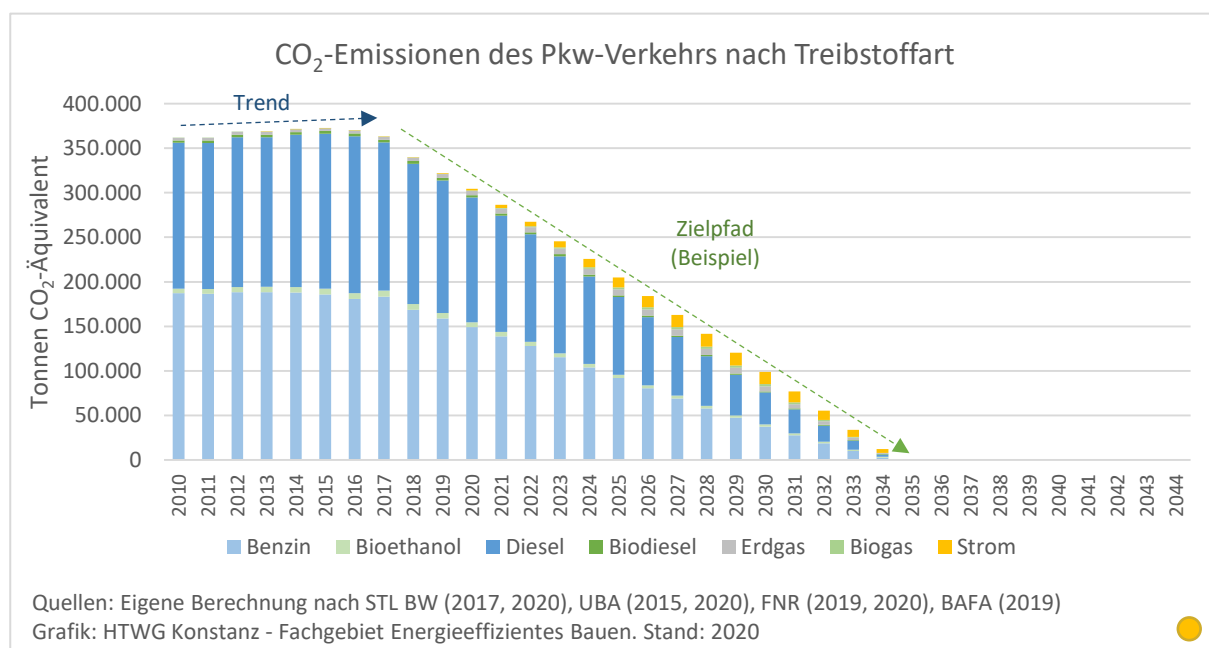


Abbildung 112: CO₂-Emissionen der Pkw nach verwendetem Treibstoff im Klimaschutzscenario 1

Die im Klimaschutzscenario 1 angenommene Entwicklung führt über den Zeitraum von 2020 bis 2050 zu einem durchschnittlichen Ausstoß von 272 Kilogramm pro Einwohner. Dies entspricht ca. 16 bis 20 Prozent des pro Person verbleibenden Gesamtbudgets.

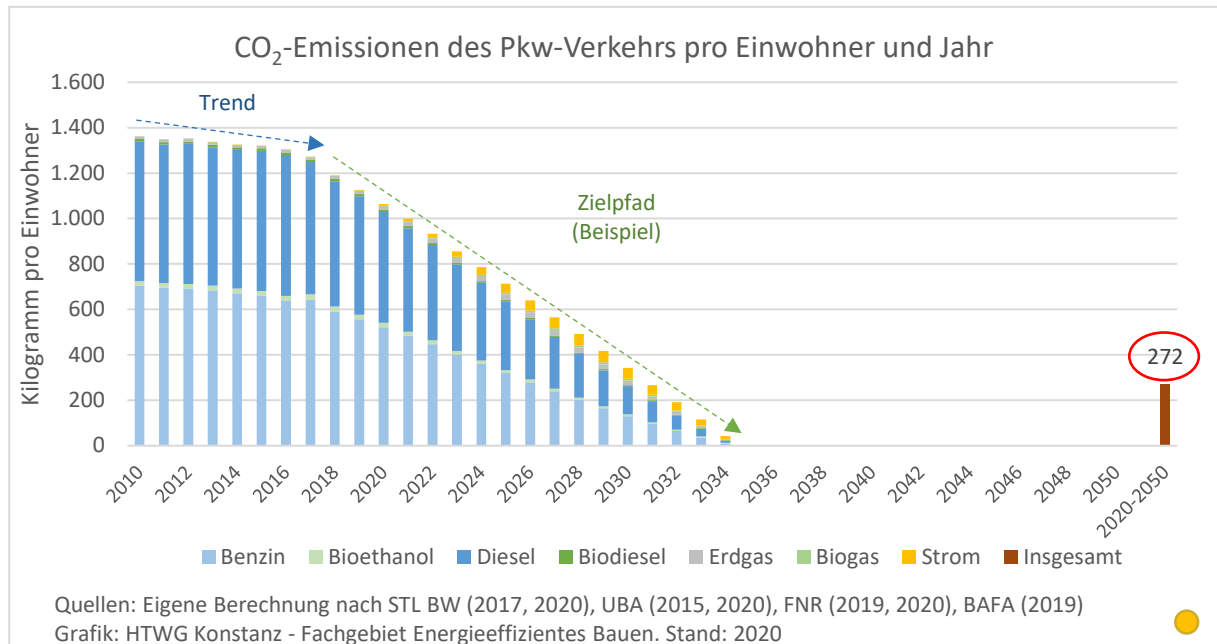


Abbildung 113: CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs pro Einwohner und Jahr im Klimaschutzscenario 1

Entsprechend der Entwicklung bei den Pkw würde sich im Klimaschutzscenario 1 auch die Elektrifizierung der Nutzfahrzeuge und Busse auswirken: Während die Emissionen des Stromverbrauchs vorübergehend deutlich ansteigen würden, könnten die Emissionen aus der Verbrennung von Diesel um ein Vielfaches schneller gesenkt werden. Bei diesem Klimaschutzscenario handelt es sich um ein Beispiel für ein technisch mögliches Szenario. Wie viel davon umgesetzt werden kann, hängt davon ab, was politisch und wirtschaftlich umgesetzt werden kann. Letztlich gibt es auch im Transportsektor verschiedene Optionen.

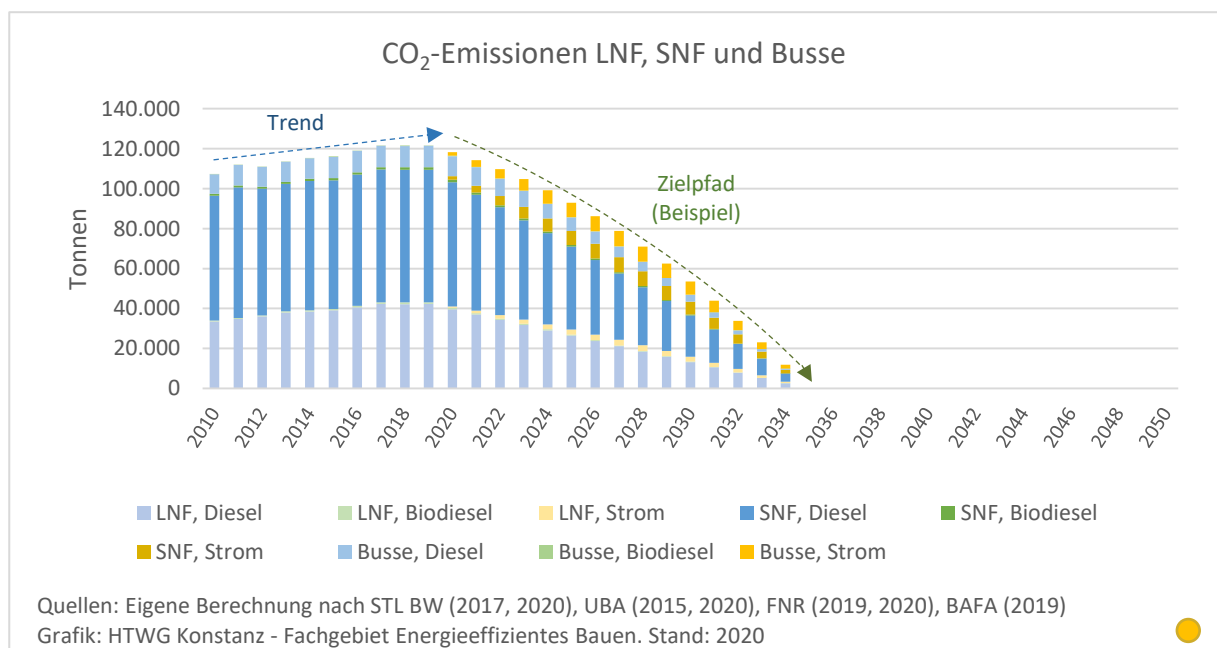


Abbildung 114: Entwicklung der CO₂-Emissionen von LNF, SNF und Bussen im Klimaschutzscenario 1

4.1.25 Alternative Klimaschutzszenarien im Vergleich

Bei Klimaschutzszenario 1 handelt es sich um ein nahezu optimales Szenario, das schwierig umzusetzen sein kann, aber dem 1,5-Grad-Ziel des Pariser Klimaschutzabkommens am nächsten kommt. Denkbar sind aber auch andere Entwicklungen, von denen drei als Vergleichsbeispiele berechnet wurden. Mit jedem Szenario wurde eine Stellschraube verändert, je höher die Nummer des Szenarios, desto weniger ambitioniert ist das dem Szenario zugrundeliegende Paket der Klimaschutzmaßnahmen.

Klimaschutzszenario 2

Im Klimaschutzszenario 2 wird der Pkw-Bestand bis 2035 ebenfalls vollständig auf erneuerbare Energieträger (Strom, Biogas, PtG) umgestellt. Auf dem Weg dorthin wird jedoch die Effizienz der bis dahin genutzten Verbrenner nicht erhöht, sodass ihr Verbrauch pro 100 km auf dem Niveau des Jahres 2017 stagniert. Die Fahrleistung der Pkw bleibt in diesem Szenario ebenfalls auf dem heutigen Niveau. Damit würden in diesen Bereichen jeweils die aktuellen Trends fortgesetzt.

Tabelle 14: Kenndaten des Klimaschutzszenarios 2 im Sektor Verkehr

Kennwert	Ziel	Einheit
Jahresfahrleistung (JFL)		
Angestrebte JFL 2035:	100	Prozent der JFL 2017
Treibstoffverbrauch von Pkw mit Verbrennungsmotoren 2035		
Dieselmotor, Diesel	7,0	Liter/100km
Ottomotor, Benzin	7,8	Liter/100km
Ottomotor, Gas	5,3	kg/100 km
Emissionsfaktor Strommix 2035		
Emissionsfaktor	0,00	kg/kWh
Anteile an Pkw-Fahrleistung 2035		
Strom	80	Prozent
Gas (Biogas)	20	Prozent
Benzin	0	Prozent
Diesel	0	Prozent

In Abbildung 115 ist die sich daraus ergebende Jahresfahrleistung der Antriebsarten dargestellt.

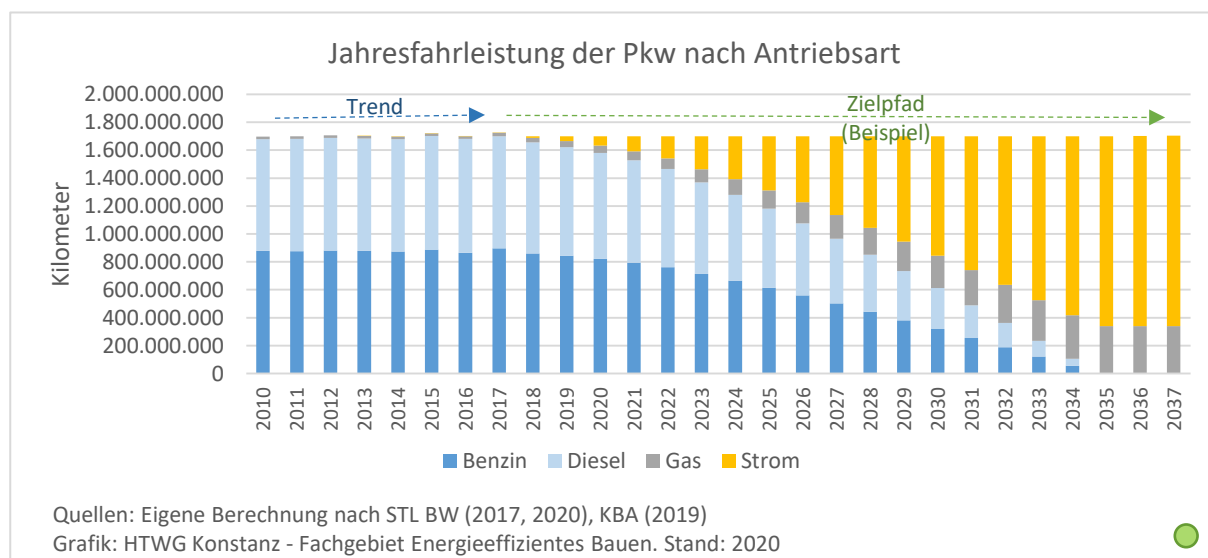


Abbildung 115: Jahresfahrleistung der Pkw nach Antriebsart im Klimaschutzszenario 2

Aufgrund der höheren Fahrleistung würden im Klimaschutzszenario 2 voraussichtlich ca. 43 Prozent mehr Elektroautos benötigt als im Klimaschutzszenario 1. Um die benötigte Zahl von Elektro- und Gasautos auf die Straßen zu bringen, müssten im Zeitraum 2018 – 2035 jährlich schätzungsweise 9 Prozent mehr Pkw neu zugelassen werden als im Zeitraum 2013 – 2018 pro Jahr zugelassen wurden. Im Szenario 1 müsste dagegen keine Steigerung erfolgen. Die Neuzulassung von Verbrennern, die mit fossilen Treibstoffen (Benzin, Diesel oder Erdgas) betrieben werden, sollte allerdings auch in Szenario 2 Mitte der 2020er Jahre auslaufen.

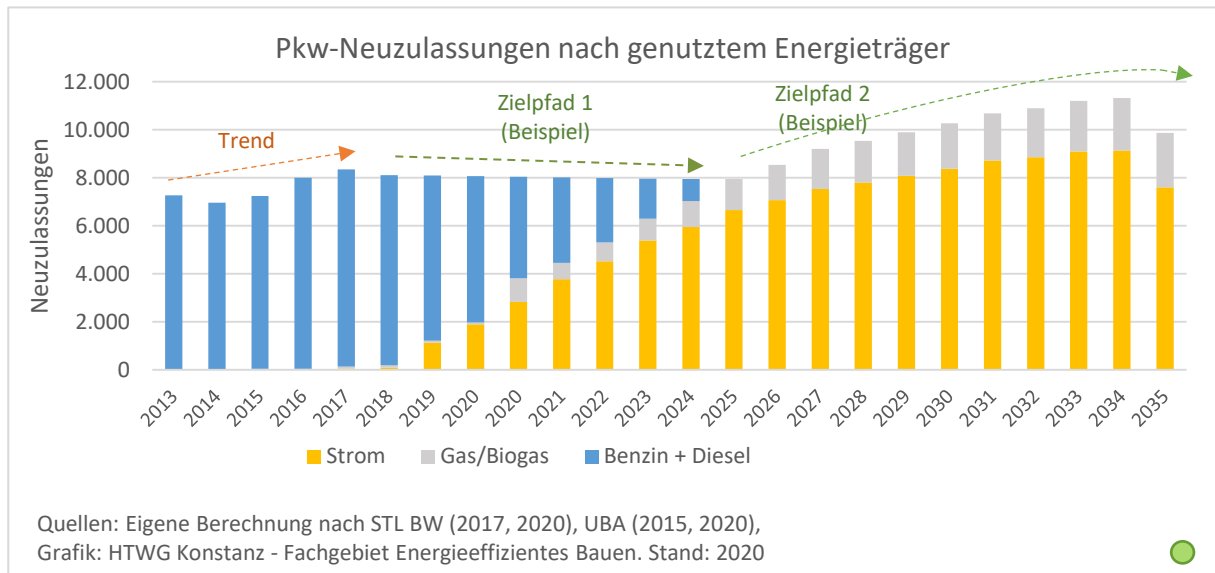


Abbildung 116: Pkw-Neuzulassungen nach genutztem Energieträger im Klimaschutzszenario 2

Wie realistisch die Umsetzung dieser Maßnahme ist, kann hier nicht beurteilt werden. Realistischer erscheint es aber, die „Restlaufzeit“ der Verbrenner zu verlängern, indem ihre Fahrleistung frühzeitig auf jene Einsätze begrenzt wird, in dem keine Alternativen vorhanden sind und in der Kürze der Zeit auch nicht geschaffen werden können. Die Nutzung von Biodiesel und Bioethanol kann die Nutzung eines Teils der bereits zugelassenen Verbrenner ebenfalls noch etwas verlängern, sollte aber nur für den Übergang genutzt werden und ebenfalls möglichst bald auslaufen, da die Anbauflächen effizienter genutzt werden sollten, d. h. für die Produktion von Festbrennstoffen, Biogas und evtl. flüssigen Brennstoffen für Gebäudebeheizung und Industrie.

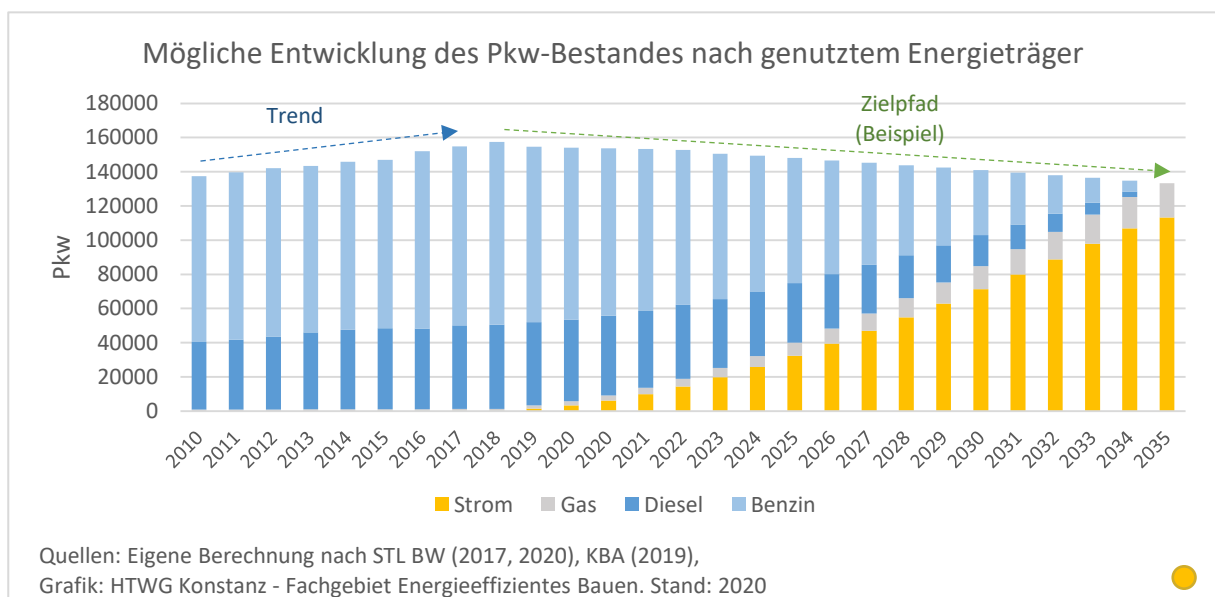


Abbildung 117: Mögliche Entwicklung des Pkw-Bestandes im Klimaschutzszenario 2

Allein aufgrund der unveränderten Fahrleistung und der stagnierenden Effizienz der Verbrenner ergibt sich im Klimaschutzscenario trotz des raschen Umstiegs auf Elektrofahrzeuge ein um 36 Prozent höherer CO₂-Ausstoß als im Klimaschutzscenario 1.

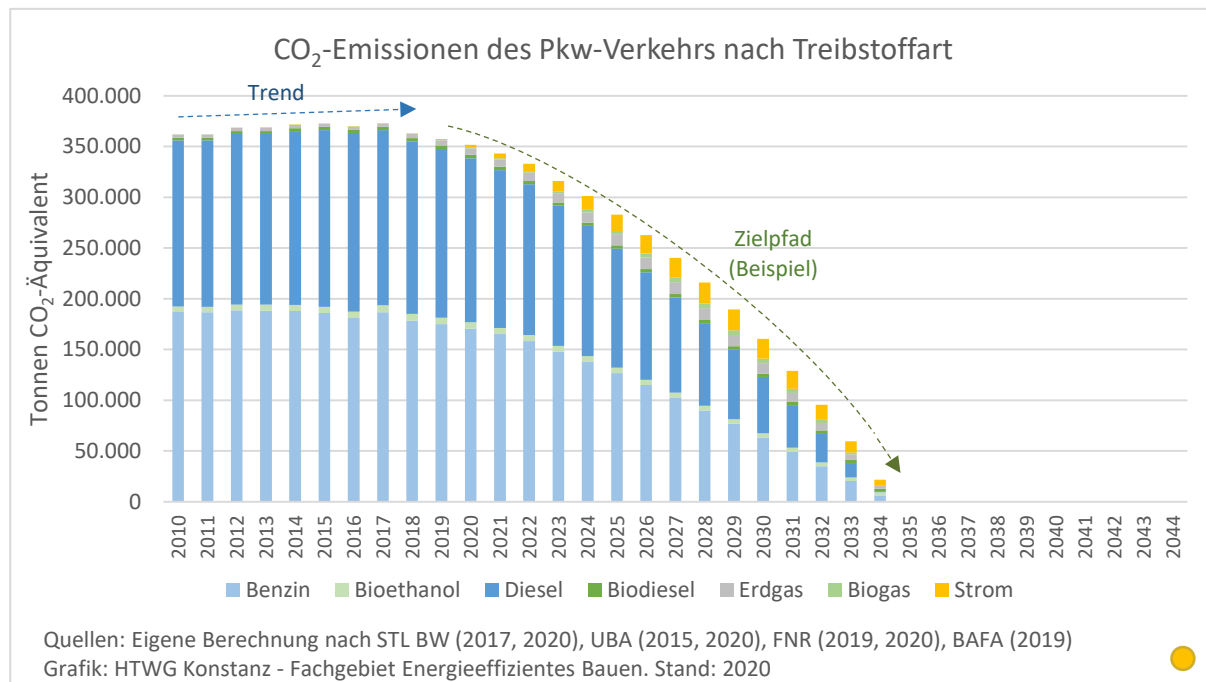


Abbildung 118: CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs nach verwendetem Treibstoff im Klimaschutzscenario 2

Pro Einwohner führt dies über den Zeitraum von 2020 bis 2050 zu einem durchschnittlichen CO₂-Ausstoß von 370 Kilogramm pro Jahr. Dies entspricht ca. 22 bis 26 Prozent des pro Person verbleibenden Gesamtbudgets.

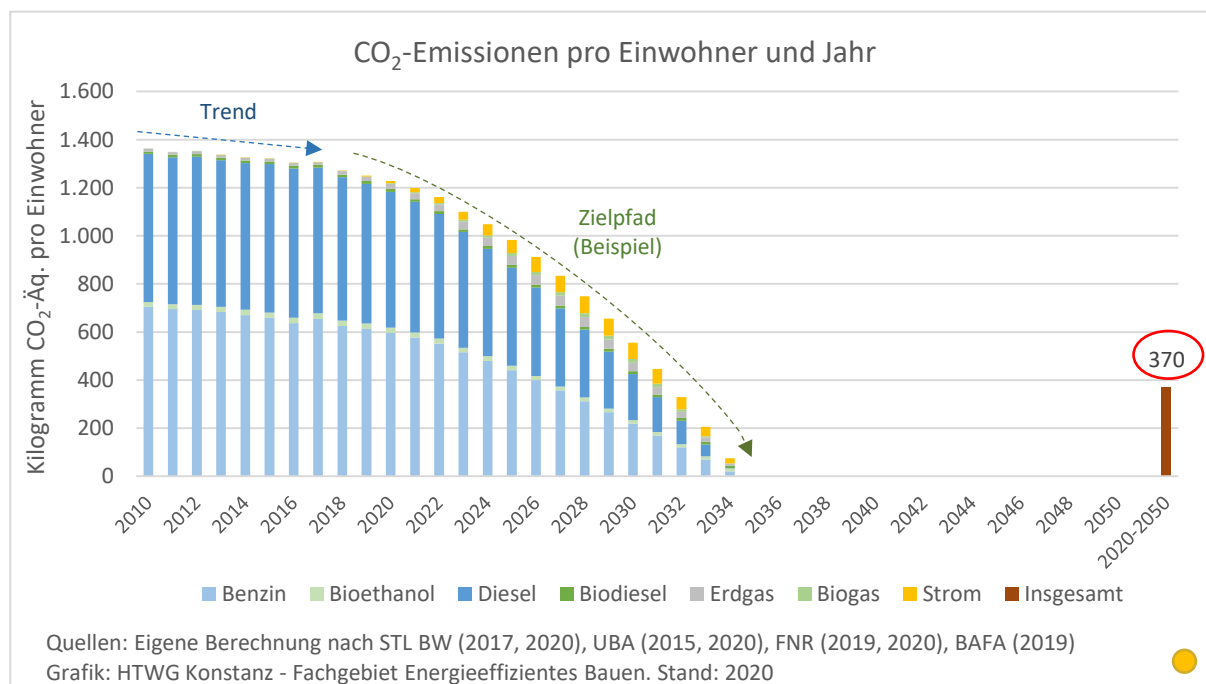


Abbildung 119: CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs pro Einwohner im Klimaschutzscenario 2

Klimaschutzszenario 3

Das Klimaschutzszenario 3 entspricht weitestgehend dem 2. Klimaschutzszenario. Verändert wurde lediglich der Emissionsfaktor des Strommixes: So wurde angenommen, dass die deutsche Stromerzeugung erst im Jahr 2050 Klimaneutralität erreicht. Im Jahr 2035 ist der Emissionsfaktor in diesem Fall erst auf etwa ein Viertel des Vergleichswertes aus dem Jahr 2017 reduziert.

Tabelle 15: Kenndaten des Klimaschutzszenarios 3 im Sektor Verkehr

Kennwert	Ziel	Einheit
Jahresfahrleistung (JFL)		
Angestrebte JFL 2035:	100	Prozent der JFL 2017
Treibstoffverbrauch von Pkw mit Verbrennungsmotoren 2035		
Dieselmotor, Diesel	7,0	Liter/100km
Ottomotor, Benzin	7,8	Liter/100km
Ottomotor, Gas	5,3	kg/100 km
Emissionsfaktor Strommix 2035		
Emissionsfaktor	0,14*	kg/kWh
Anteile an Pkw-Fahrleistung 2035		
Strom	80	Prozent
Gas (Biogas)	20	Prozent
Benzin	0	Prozent
Diesel	0	Prozent

* Entspricht einem Viertel des Emissionsfaktors von 2017. Der Strommix wäre bei diesem Entwicklungspfad erst im Jahr 2050 klimaneutral.

Pro Einwohner führt die in diesem Szenario angenommene Entwicklung über den Zeitraum von 2020 bis 2050 zu einem durchschnittlichen CO₂-Ausstoß von 408 Kilogramm pro Jahr. Dies entspricht ca. 24 bis 29 Prozent des pro Person verbleibenden Gesamtbudgets.

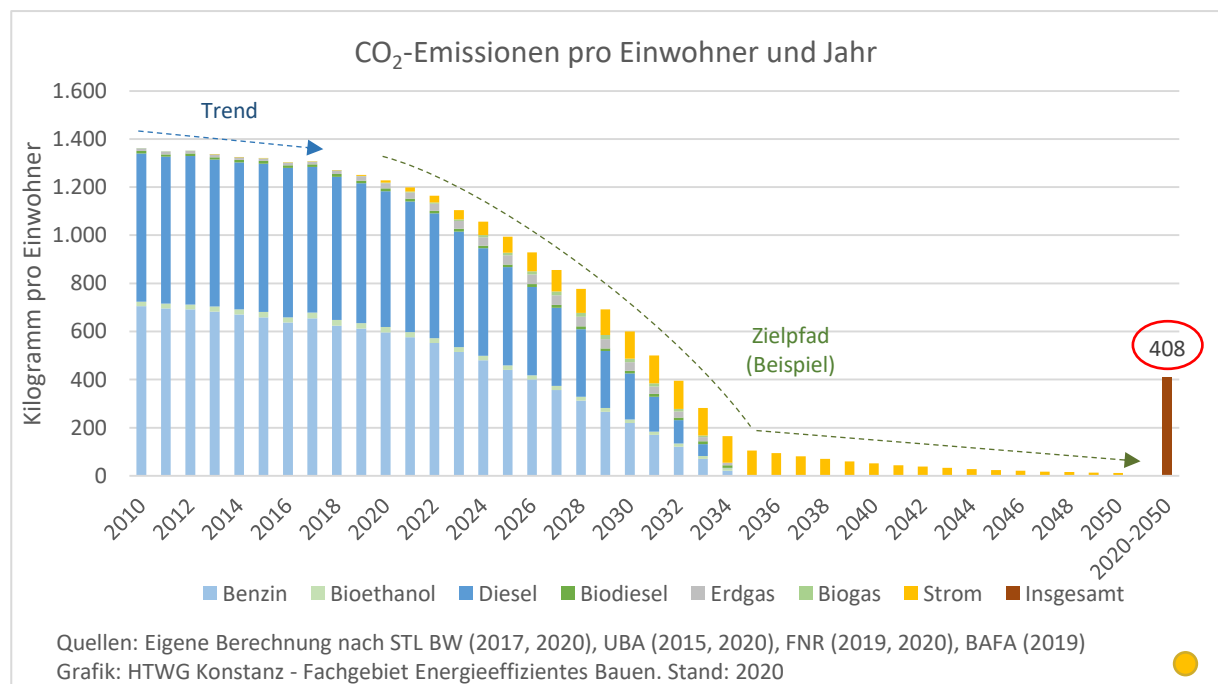


Abbildung 120: CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs pro Einwohner im Klimaschutzszenario 3

Klimaschutzszenario 4

Die Annahmen, die dem vierten Klimaschutzszenario zugrunde liegen, entsprechen weitgehend den Annahmen des dritten Szenarios. Allerdings wurde hier angenommen, dass der Umstieg auf Elektroautos halb so schnell erfolgt, wie in den drei vorhergehenden Szenarien. Somit würden Elektroautos im Jahr 2035 rund 40 Prozent zur Pkw-Fahrleistung beitragen. In der Folge würden Verbrenner, die mit Benzin und Diesel angetrieben werden, im Jahr 2035 ebenfalls noch rund 40 Prozent der Pkw-Fahrleistung erbringen.

Tabelle 16: Kenndaten des Klimaschutzszenarios 4 im Sektor Verkehr

Kennwert	Ziel	Einheit
Jahresfahrleistung (JFL)		
Angestrebte JFL 2035:	100	Prozent der JFL 2017
Treibstoffverbrauch von Pkw mit Verbrennungsmotoren 2035		
Dieselmotor, Diesel	7,0	Liter/100km
Ottomotor, Benzin	7,8	Liter/100km
Ottomotor, Gas	5,3	kg/100 km
Emissionsfaktor Strommix 2035		
Emissionsfaktor	0,14*	kg/kWh
Anteile an Pkw-Fahrleistung 2035		
Strom	40	Prozent
Gas (Biogas)	20	Prozent
Benzin	20	Prozent
Diesel	20	Prozent

* Entspricht einem Viertel des Emissionsfaktors von 2017. Der Strommix wäre bei diesem Entwicklungspfad erst im Jahr 2050 klimaneutral.

Dies hätte voraussichtlich zur Folge, dass der Pkw-Bestand bis zum Jahr 2035 eine Entwicklung vollzieht, wie sie in Abbildung 121 dargestellt ist.

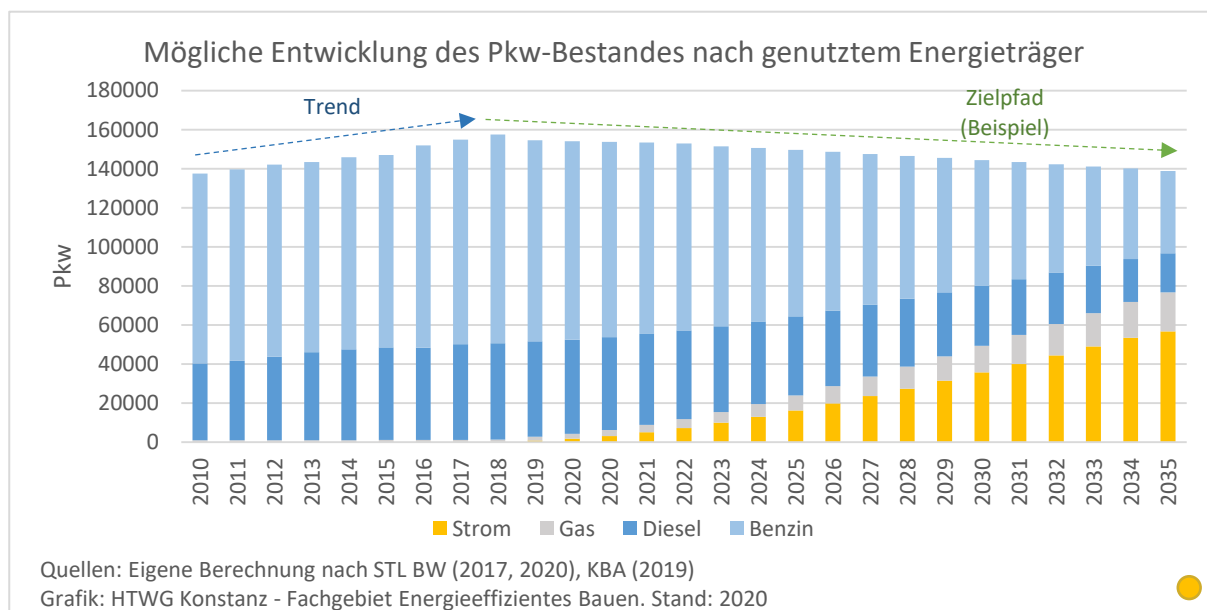


Abbildung 121: Mögliche Entwicklung des Pkw-Bestandes im Klimaschutzszenario 4

Pro Einwohner führt die in diesem Szenario angenommene Entwicklung über den Zeitraum von 2020 bis 2050 zu einem durchschnittlichen CO₂-Ausstoß von 606 Kilogramm pro Jahr. Dies entspricht ca. 36

bis 43 Prozent des pro Person verbleibenden Gesamtbudgets. Im Vergleich zum Klimaschutzscenario 1 entspricht dies einem um den Faktor 2,2 höheren Treibhausgasausstoß.

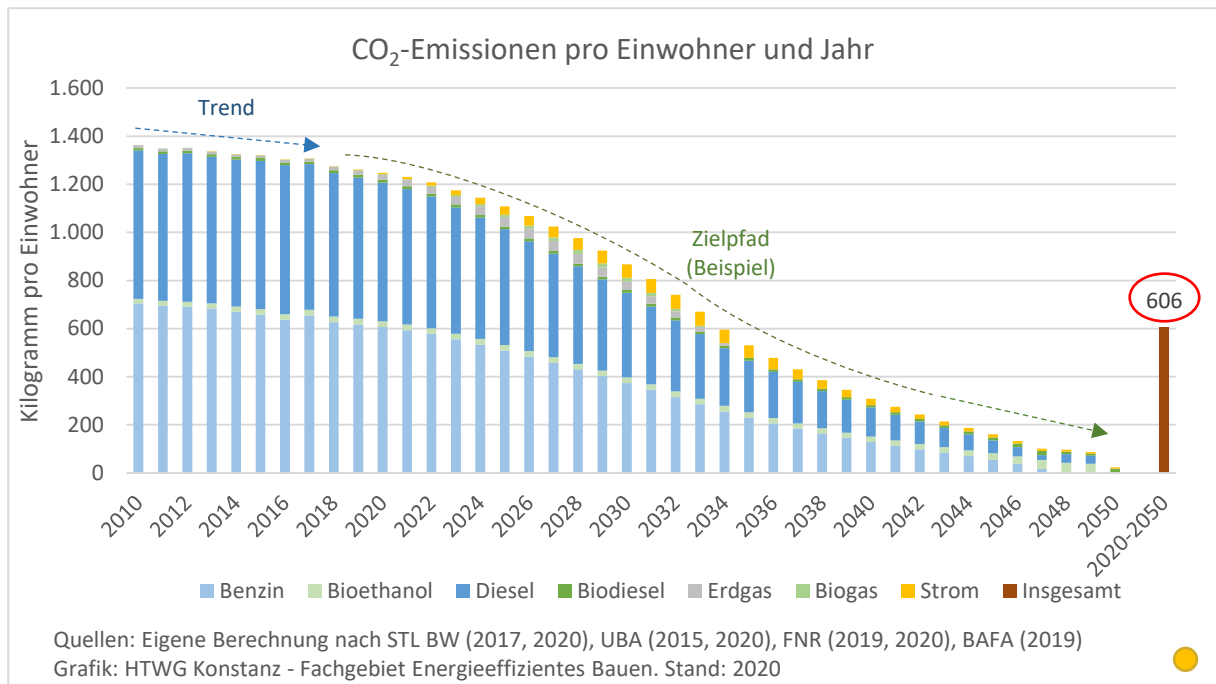


Abbildung 122: CO₂-Emissionen des Pkw-Verkehrs pro Einwohner im Klimaschutzscenario 4

4.2 Haushalte / Wohnen

Der Endenergiebedarf der Haushalte setzt sich aus dem Endenergiebedarf für Raumwärme, Warmwasser, Elektrizität und Treibstoffe zusammen. Da die private Kfz-Nutzung inklusive beruflich bedingter Fahrten mehr als 80 Prozent zum motorisierten Individualverkehr (MIV) beiträgt und Dienstfahrten im Vergleich dazu nur einen kleinen Teil zum gesamten MIV beitragen (Statistisches Bundesamt 2013), erscheint es sinnvoll, den Verkehr, der den Privathaushalten zugerechnet werden kann, zum Abschluss dieses Kapitels zur Bilanz der Haushalte hinzuzuziehen. Besonders interessant ist dabei der Vergleich der einzelnen Kommunen im Landkreis. Er kann Aufschlüsse darüber geben, wo nach den Ursachen unterschiedlicher Endenergieverbräuche gesucht werden muss. Der Fokus soll in diesem Kapitel jedoch auf den Sektor Wohnen gerichtet werden. Ausschlaggebend für den Endenergiebedarf in diesem Sektor sind neben dem spezifischen Heizenergiebedarf der Gebäude pro Quadratmeter vor allem die Beheizungsstruktur und die pro Einwohner genutzte Wohnfläche.

4.2.1 Durchschnittliche Haushaltsgröße

Aufgrund der großen Bedeutung der durchschnittlichen Haushaltsgröße für den Endenergiebedarf der Haushalte pro Einwohner (wie in Abbildung 127 und Abbildung 128 dargestellt) wirkt sich die Entwicklung der durchschnittlichen Haushaltsgröße direkt auf den Strom- und Wärmebedarf der privaten Haushalte im Landkreis aus. In Abbildung 123 ist ihre Entwicklung im Landkreis seit 1961 im Vergleich zum Landesdurchschnitt dargestellt. Zwischen 1987 und 2013 hat die Zahl der Personen pro Haushalt im Landkreis um neun Prozent abgenommen. Im Jahr 2015 ist die Zahl der Personen pro Haushalt nach mehreren Jahren erstmals wieder leicht gestiegen. Seither scheint sie sich auf dem Stand von 2,10 Personen pro Haushalt zu stabilisieren.

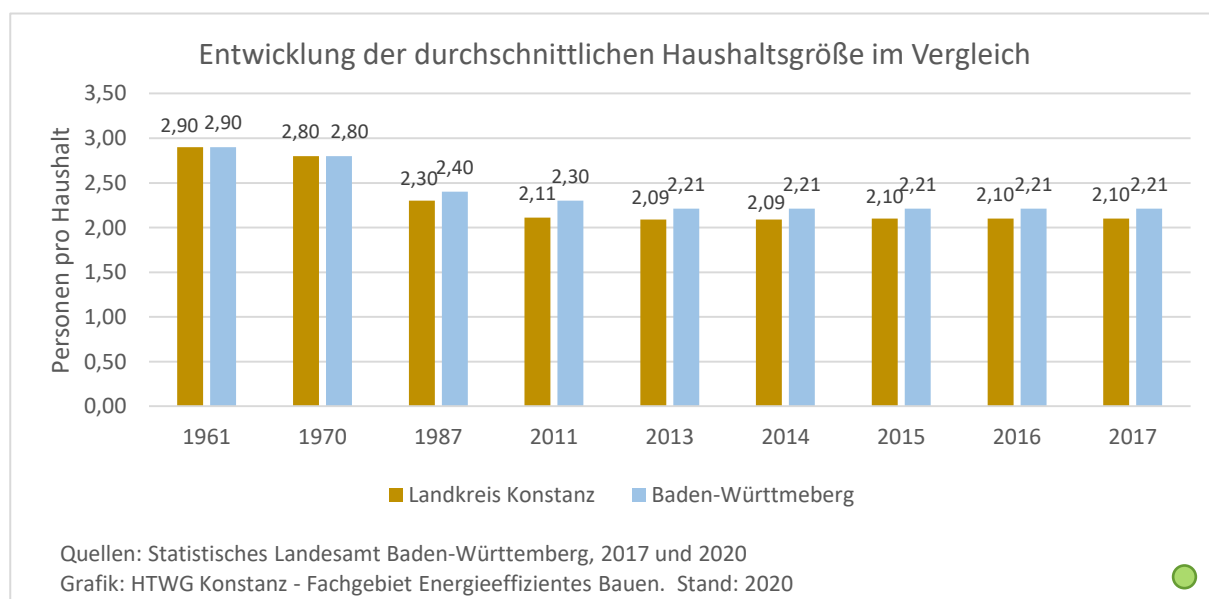


Abbildung 123: Entwicklung der durchschnittlichen Haushaltsgröße des Landkreises im Vergleich

In Abbildung 124 sind die durchschnittlichen Haushaltsgrößen in den Gemeinden des Landkreises abgebildet. Dabei zeigen sich von Gemeinde zu Gemeinde große Unterschiede. Die Gemeindedurchschnitte reichten im Jahr 2015 von 1,73 Personen bis zu 2,53 Personen pro Haushalt. Im Jahr 2017 lag die Spanne zwischen 1,69 und 2,50 Personen pro Haushalt. Hier zeigt sich damit weiterhin ein Trend zu kleineren Haushalten.

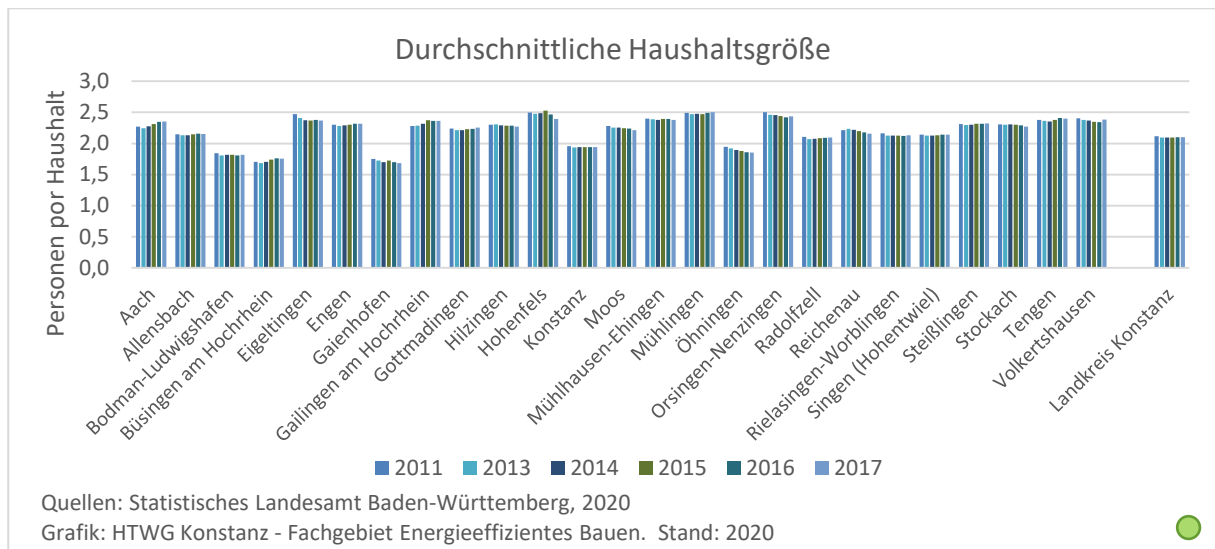


Abbildung 124: Entwicklung der durchschnittlichen Haushaltsgrößen in den Gemeinden

Die Entwicklung seit 2011 ist in Abbildung 125 und in Abbildung 126 noch einmal genauer dargestellt. Während die durchschnittliche Haushaltsgröße zwischen den Jahren 2011 und 2015 nur in vier Gemeinden zugenommen hat (vgl. Abbildung 125), gab es im Zeitraum 2015 bis 2017 in 15 Gemeinden Zuwächse zu verzeichnen (vgl. Abbildung 126).

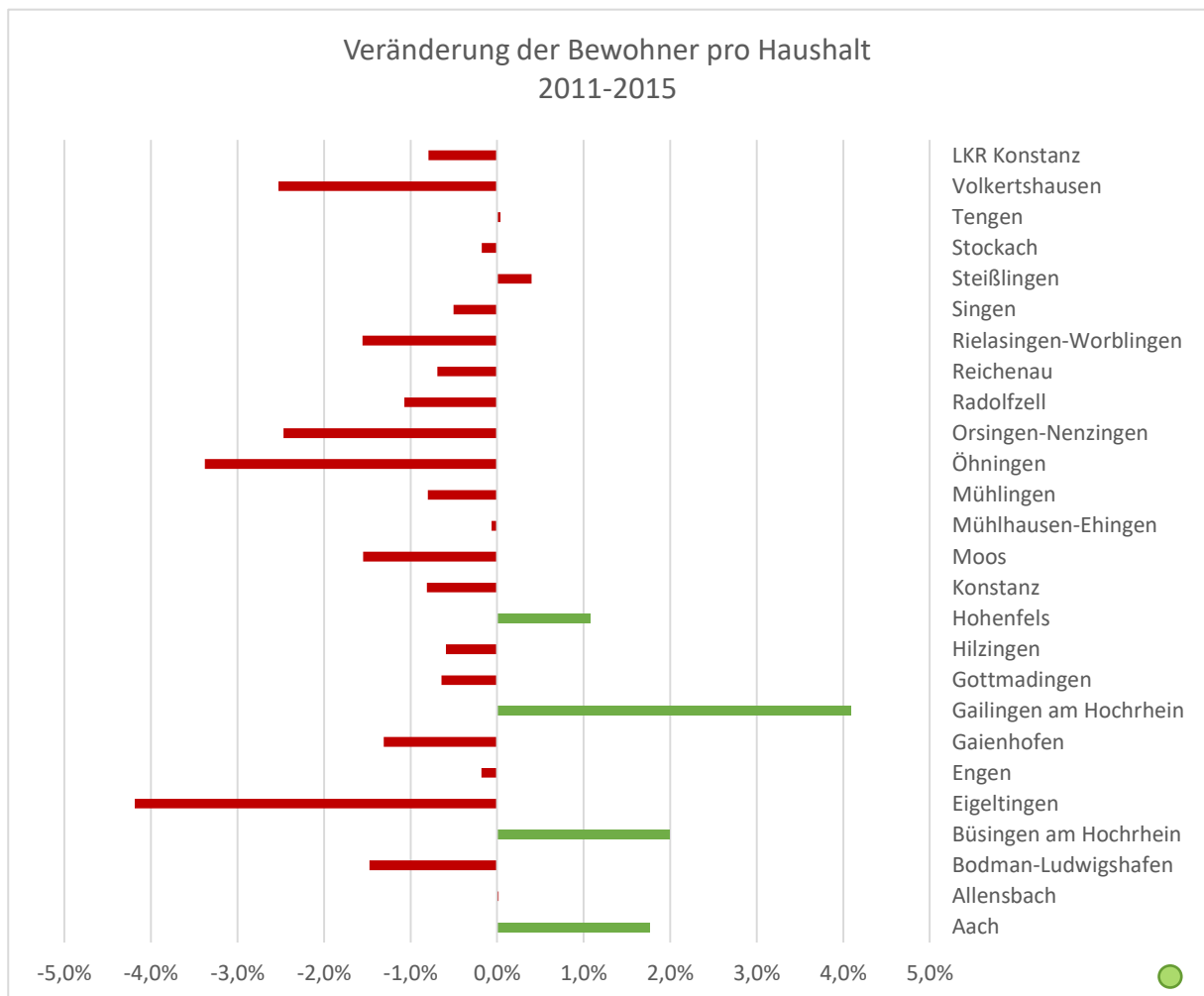


Abbildung 125: Veränderung der Haushaltsgrößen in den Gemeinden 2011-2015

Zu den Gründen dürfte vor allem eine gestiegene Anzahl von Geflüchteten zählen. Auch der geringe Zuwachs in dürfte vor allem vor allem auf den Zuzug von Geflüchteten und Studierenden zurückgehen. Ohne diesen Zuzug würde die Zahl der Personen pro Personen in Konstanz, wie in vielen größeren Städten, wahrscheinlich eine abnehmende Tendenz zeigen. Es wird sich zeigen, ob die Entwicklung sich stabilisiert oder wieder sinkt, wenn zusätzlicher Wohnraum geschaffen wird und der Zuzug sich wieder normalisiert.

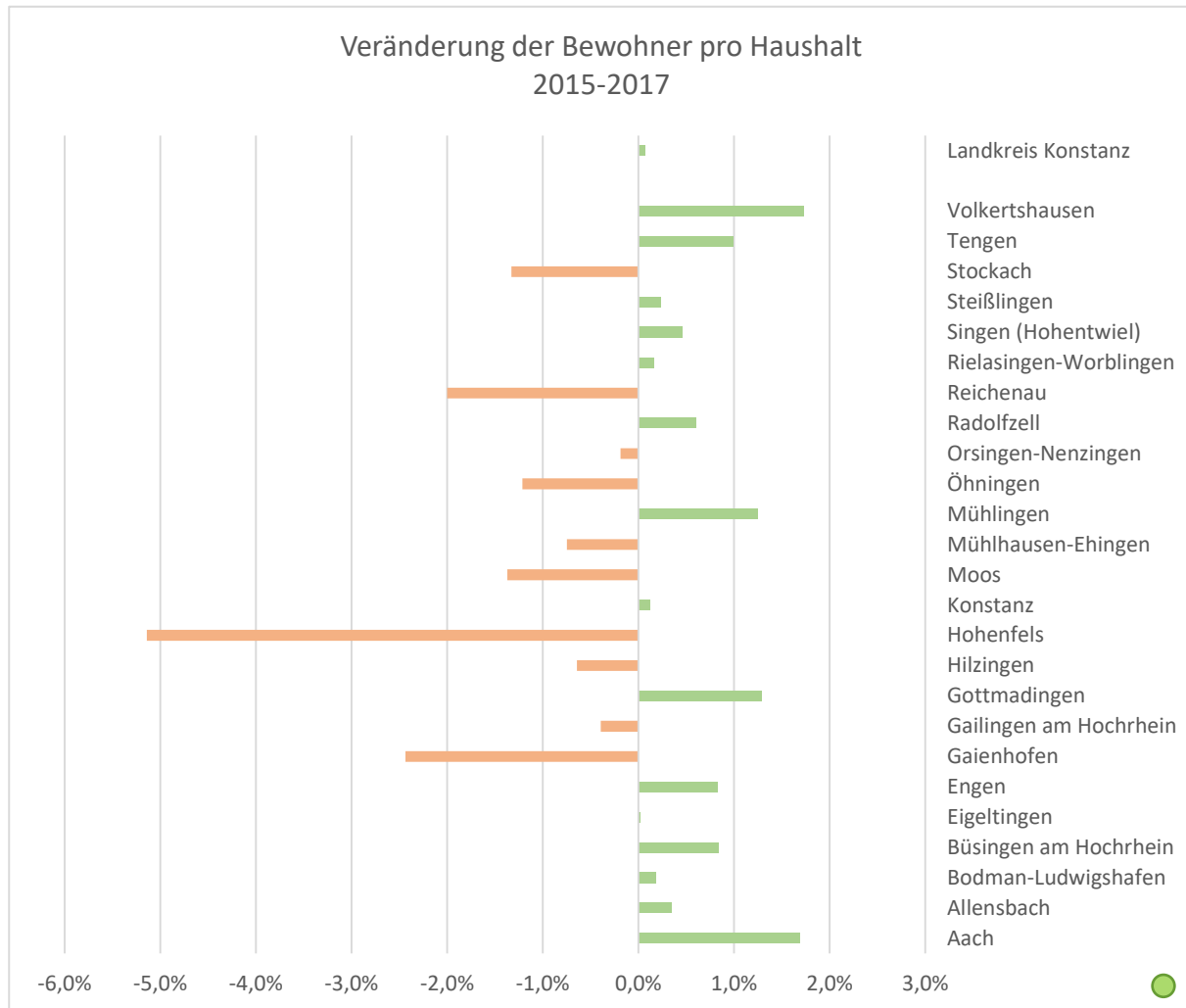


Abbildung 126: Veränderung der Haushaltsgrößen in den Gemeinden 2015-2017

4.2.2 Durchschnittlicher Energiebedarf pro Haushalt nach Haushaltsgröße

In Abbildung 127 ist der durchschnittliche Strombedarf von Privathaushalten pro Person nach Haushaltsgrößenklassen abgebildet, in Abbildung 128 der durchschnittliche Gesamtenergiebedarf für Wohnen (Strom und Wärme) pro Person nach Haushaltsgröße. Dabei wird deutlich, dass der Energiebedarf pro Person mit einer steigenden Haushaltsgröße abnimmt. Bei Haushaltsgrößen von fünf und mehr Personen kann der Gesamtenergiebedarf selbst beim heutigen durchschnittlichen Energiestandard deutlich unter 5.000 kWh pro Person liegen, während er bei Einpersonenhaushalten in der Regel mehr als doppelt so hoch liegt. Der Stromverbrauch hat daran in Haushalten mit 5 und mehr Personen einen Anteil von rund 950 kWh/Ea. Damit beträgt der Stromverbrauch in solch großen Haushalten pro Person nur etwas mehr als die Hälfte des Stromverbrauchs von Einpersonenhaushalten. Eine Ursache für den relativ hohen Stromverbrauch kleiner Haushalte pro Person dürfte der hohe Anteil sein, den Strom an der Warmwasserbereitung vor allem in Einpersonenhaushalten hat. Ansonsten wirkt sich vor allem aus, dass in Mehrpersonenhaushalten mehrere Bewohner Kühlschrank, Raumbeleuchtung, Rundfunkgeräte und dergleichen gemeinsam nutzen können.

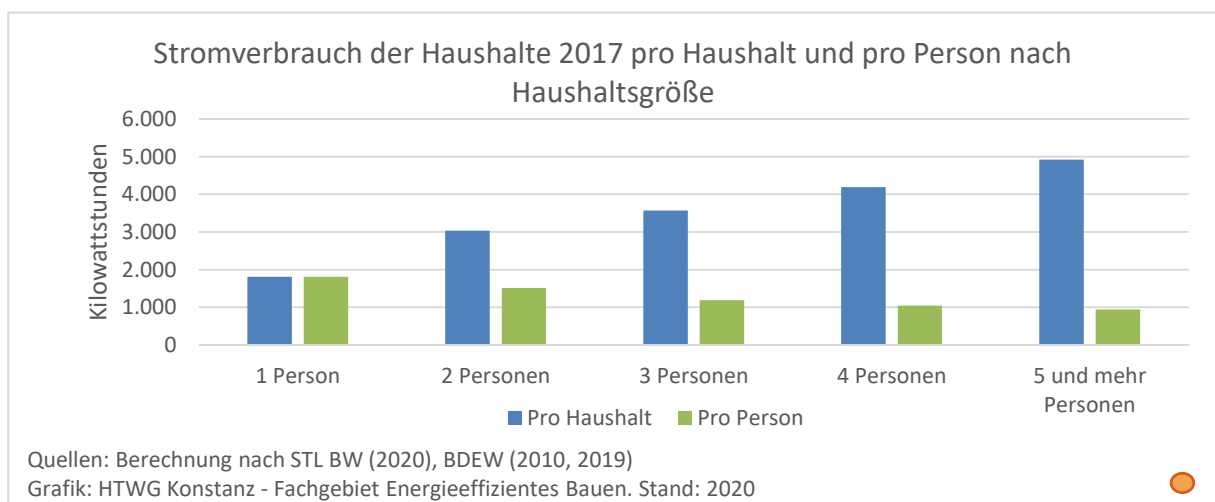


Abbildung 127: Stromverbrauch pro Haushalt und pro Person nach Haushaltsgröße

Der größte Sprung beim Gesamtenergieverbrauch zeigt sich vom Zweipersonenhaushalt zum Einpersonenhaushalt. Ein Einpersonenhaushalt benötigt im Schnitt fast 45 Prozent mehr Energie als ein Haushalt mit zwei Personen. Im Vergleich zum Dreipersonenhaushalt verbraucht der Zweipersonenhaushalt wiederum 34 Prozent mehr Energie. Bei noch mehr Bewohnern werden die Unterschiede allerdings mit der steigenden Personenzahl immer geringer.

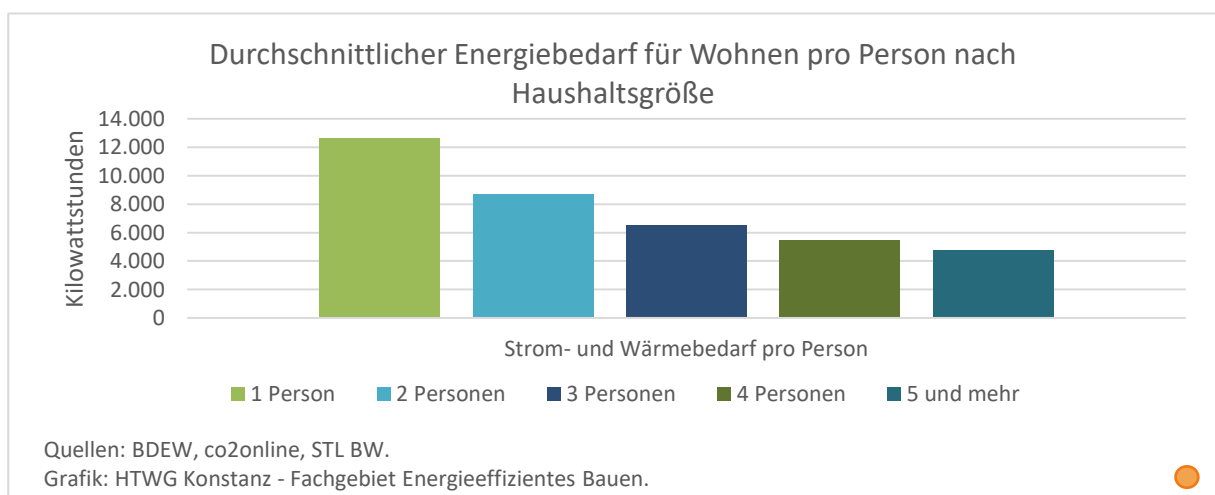


Abbildung 128: Durchschnittlicher Energiebedarf für Wohnen pro Person nach Haushaltsgröße

Die dargestellten Werte dienen zur Orientierung. In Abhängigkeit von tatsächlichen Wohnflächen und Verbrauchsgewohnheiten, die sich sehr stark unterscheiden können, sind im Einzelfall entsprechend große Abweichungen von den angegebenen Werten möglich.

4.2.3 Strombedarf der Haushalte

Die anhand der Haushaltsgrößen geschätzte Entwicklung des Gesamtstromverbrauchs der Haushalte im Zeitraum 2013 bis 2017 ist in Abbildung 129 abgebildet. Der Stromverbrauch pro Haushalt ist zwischen 2014 und 2017 laut BDEW um rund 3 Prozent gesunken (BDEW, 2020). Seit 2014 ist der Stromverbrauch der Haushalte im Landkreis jedoch nahezu konstant, da die Zunahme der Haushalte im Landkreis insgesamt sowie die überproportionale Zunahme der Ein- und Zweipersonenhaushalte eine nahezu vollständige Kompensation der Stromeinsparungen bewirkt haben dürften.

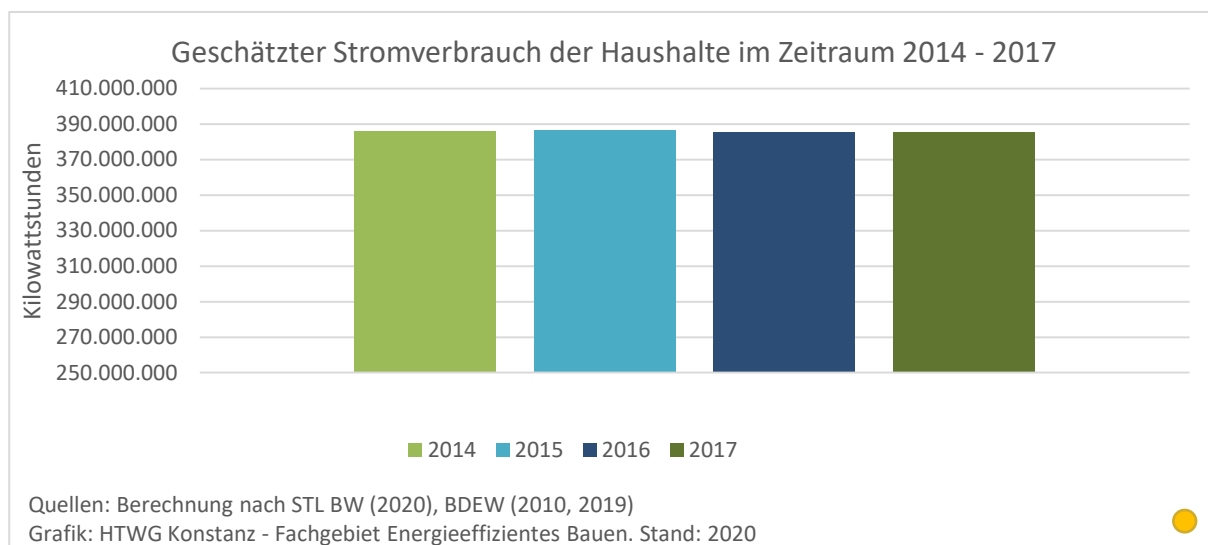


Abbildung 129: Entwicklung des Stromverbrauchs der Haushalte 2014 - 2017

Wie in Abbildung 130 trifft diese Entwicklung auf praktisch alle Haushaltsgrößengruppen zu. Nur der geschätzte Stromverbrauch der Zweipersonenhaushalte ist mit einer Reduktion um 1 Prozent gesunken.

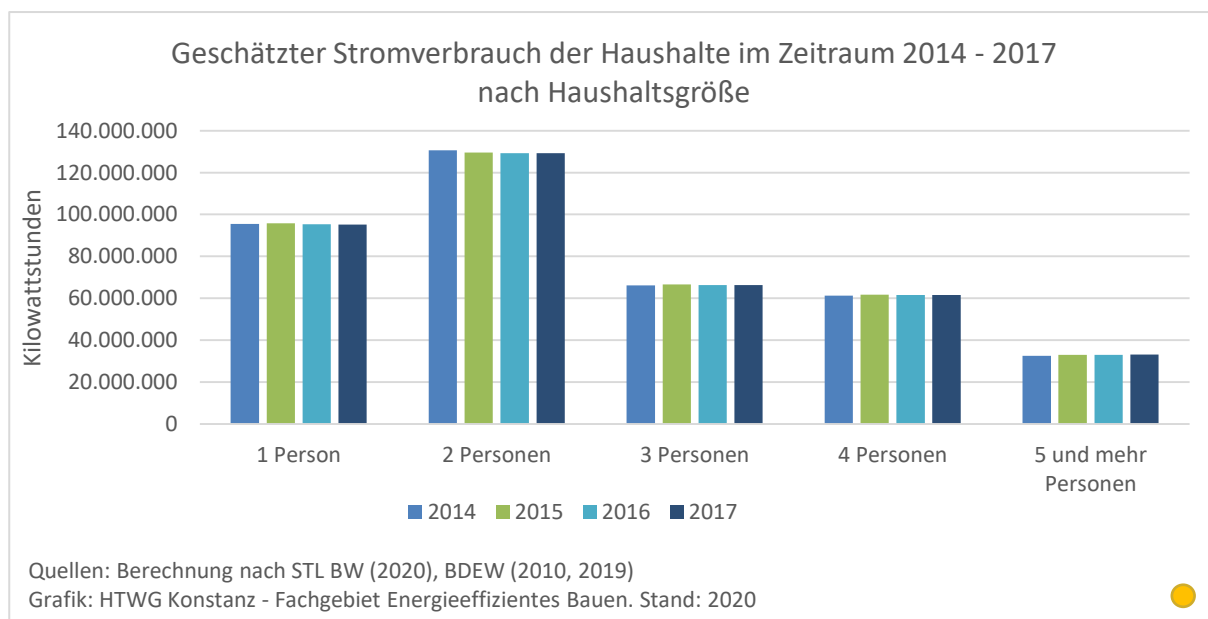


Abbildung 130: Geschätzter Stromverbrauch der Haushalte im Zeitraum 2014 - 2017 nach Haushaltsgröße

Beim Blick auf die einzelnen Haushalte zeigen sich in den Gemeinden unterschiedliche Entwicklungen. Aufgrund der Veränderungen in der Haushaltsgrößenstruktur werden die durchschnittlichen Einsparungen in einigen Gemeinden zumindest teilweise kompensiert.

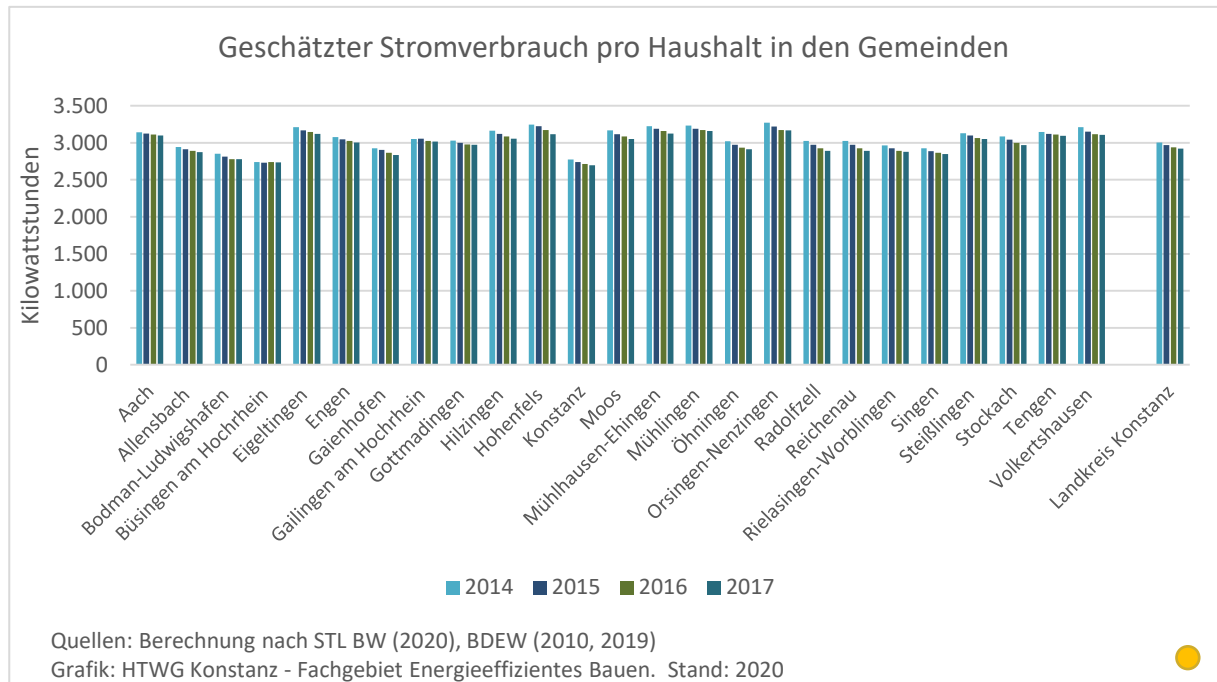


Abbildung 131: Entwicklung des geschätzten Stromverbrauchs pro Haushalt in den Gemeinden 2014 – 2017

Die größten Einsparungen ergeben sich aus der Schätzung in den Gemeinden Reichenau, Hohenfels, Stockach und Moos. Die Städte Konstanz, Singen und Radolfzell bewegen sich nahe dem Durchschnitt des Landkreises, den sie als einwohnerreichste Städte entscheidend mitprägen.

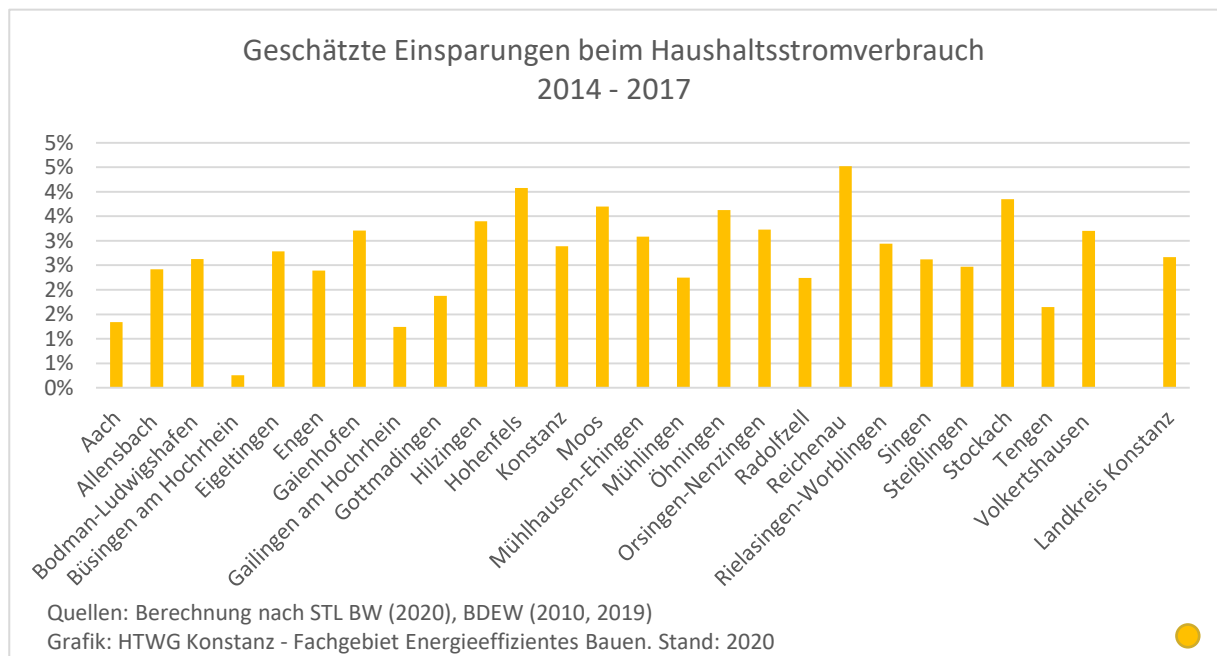


Abbildung 132: Geschätzte Einsparungen beim Haushaltsstromverbrauch in den Gemeinden 2014 - 2017

Pro Einwohner ist der geschätzte Stromverbrauch zwischen 2014 und 2017 von 1.398 auf 1.357 kWh gesunken, was einer Reduktion um 2,9 Prozent entspricht. Die größten Einsparungen erfolgten nach dieser Schätzung in Aach, Volkertshausen und Gottmadingen mit Einsparungen von 4,5 Prozent, 3,9

Prozent und 3,6 Prozent. Unter den drei größten Städten ergaben sich für Radolfzell und Singen mit jeweils 3,3 Prozent überdurchschnittliche Einsparungen, Konstanz liegt fast genau im kreisweiten Durchschnitt.

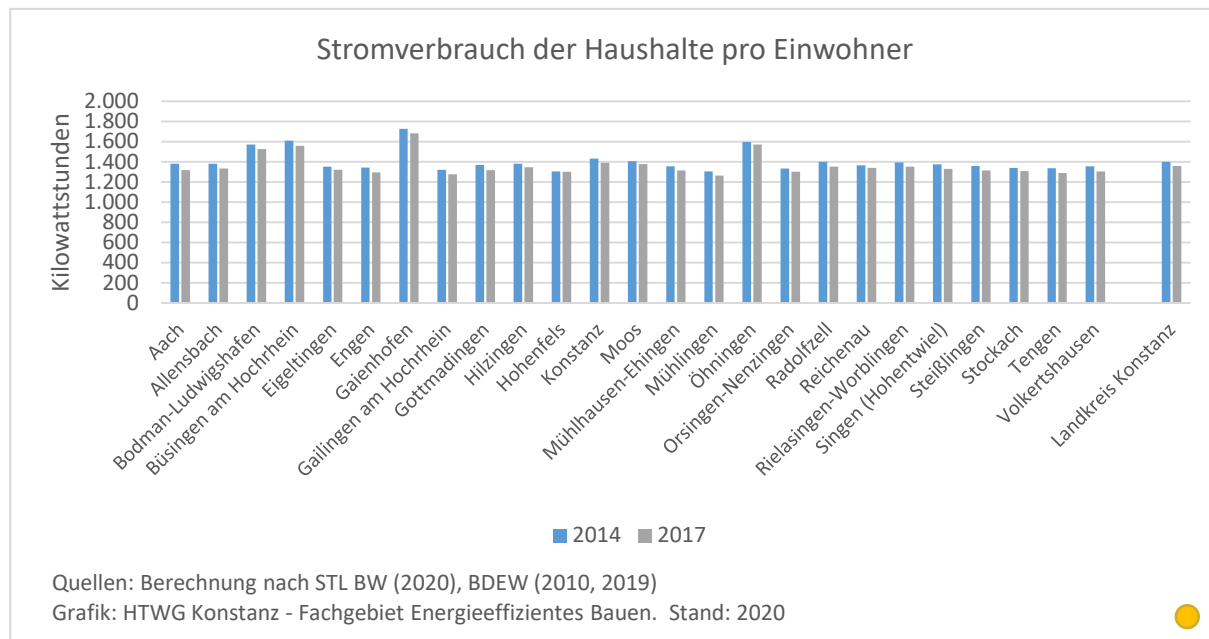
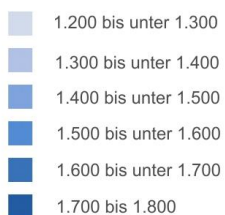


Abbildung 133: Entwicklung des Stromverbrauchs der Haushalte pro Einwohner in den Gemeinden 2014 – 2017

Nach der auf der Haushaltsgrößenstruktur basierenden Schätzung gibt es einen überdurchschnittlichen Stromverbrauch vor allem in den südöstlich gelegenen Gemeinden.

Stromverbrauch der Haushalte
pro Einwohner 2017 in kWh



Quelle: Ber. n. STL BW und BDEW.
 Grafik: HTWG Konstanz – Fachgebiet
 Energieeffizientes Bauen. Stand: 2020

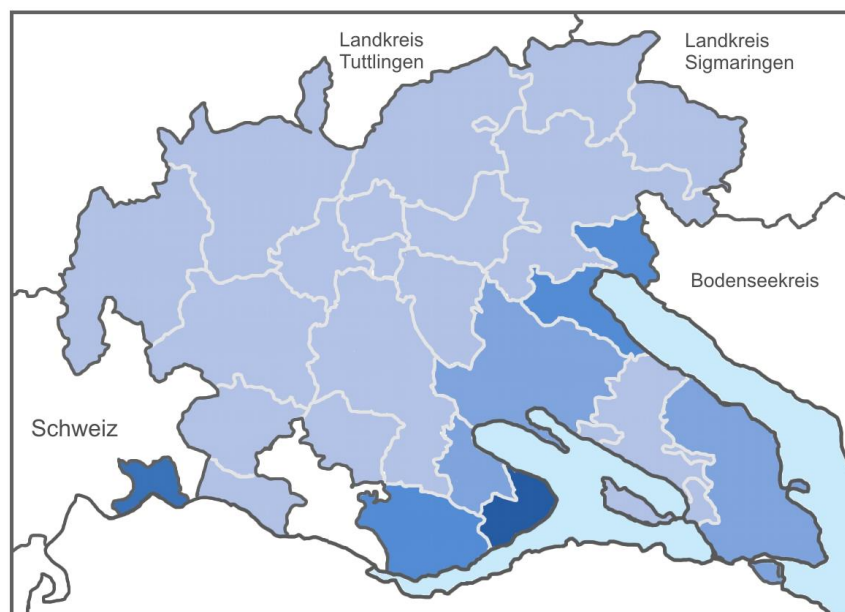


Abbildung 134: Stromverbrauch der Haushalte pro Einwohner 2017 (Kartendarstellung)

4.2.4 Beheizungsstruktur

Die Beheizungsstruktur des Gebäudebestandes ist im Landkreis Konstanz noch weitgehend unbekannt. Sie wurde deshalb über den Landesdurchschnitt 2012 nach Angaben des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg geschätzt (vgl. STL BW 2012, S.16). Dazu wurde der Landeswert über bekannte Daten angepasst. Berücksichtigt wurden dabei unter anderem Daten der LUBW, der Energieversorger und des Bundesverbandes Wärmepumpe sowie Daten aus dem Energiebericht der Stadt Stockach und den Klimaschutzkonzepten der Städte Konstanz, Radolfzell und Singen. Zudem wurde das Kreisforstamt befragt. Geeignete Daten der Schornsteinfegerinnung lagen für diesen Monitor noch nicht vor. Aufgrund der vorliegenden Rechercheergebnisse ist davon auszugehen, dass es im Landkreis eine deutlich geringere Fernwärmenutzung gibt als im Landesdurchschnitt. Daten zu einer nennenswerten Fernwärmenutzung liegen bisher nur für die Stadt Stockach vor (vgl. Stadt Stockach, S. 23). Ein Zubau von Fernwärmenutzung ist nicht bekannt. Die Nutzung von Biomasse, wobei es sich hauptsächlich um die Nutzung von Holz handelt, ist nach Daten der LUBW relativ verbreitet. Vergleichsweise zahlreich sind im Landkreis auch sogenannte Bioenergiedörfer. Ihr Anteil an der gesamten Gebäudebeheizungsstruktur ist aber noch gering.

Ausgehend von den Daten der Statistischen Landesamtes (2012), des Zensus 2011 und der LUBW (2019, zit. n. KEA-BW, 2020) wurde die Entwicklung in den Jahren 2011 bis 2017 anhand der Marktanteile der verschiedenen Heizungssysteme am Zubau und Ersatz von Heizungen in Deutschland geschätzt, die jährlich vom BDEW (Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.) veröffentlicht werden. Demnach sinkt der Anteil von Ölheizungen aufgrund ihres geringen Anteils von nur rund einem Prozent an Neubau und Ersatz. Der Anteil von Gasheizungen an Neubau und Ersatz ist nach wie vor groß, was im Vergleich zu den Ölheizungen zu einem steigenden Anteil am Gesamtbestand führt. Mit rund 27 Prozent hatten Wärmepumpensysteme im Jahr 2017 deutschlandweit einen hohen Anteil. Im Landkreis Konstanz war ihr Anteil im Jahr 2017 sogar fast doppelt so hoch (BWP, 2020). Ihr Anteil am Bestand des Jahres 2017 wird auf dreieinhalb Prozent geschätzt.

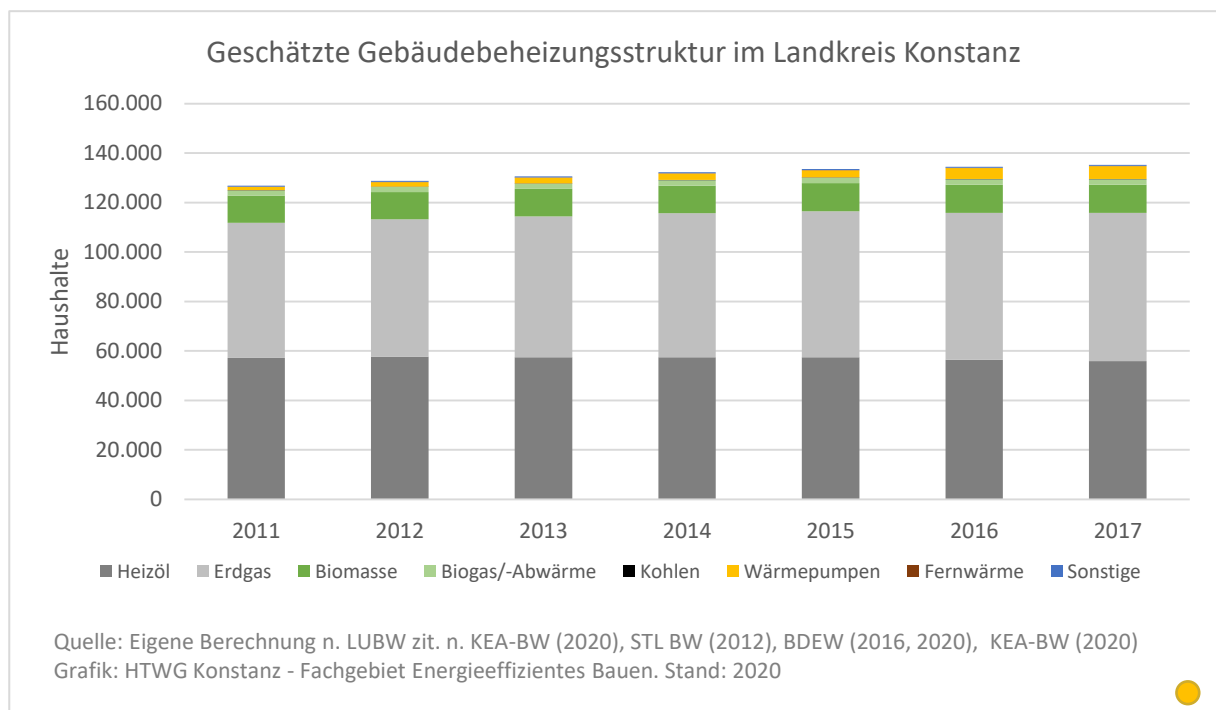


Abbildung 135: Geschätzte Gebäudebeheizungsstruktur

Die Schätzung beruht, wie dargestellt, auf einer größeren Zahl von Annahmen. Es erscheint daher sinnvoll, die Beheizungsstruktur des Landkreises z. B. per Befragung zu ermitteln.

4.2.5 Wärmepumpen

Im Jahr 2017 wurden im Landkreis Konstanz 283 Wärmepumpen neu eingebaut. Im Jahr 2018 wurde mit 250 neuen Wärmepumpen ein weiterer Höchststand erreicht. In den Jahren 2017 und 2018 hatte die Umweltwärme einen Anteil von 92 Prozent, auf die Erdwärme entfielen knapp 8 Prozent.

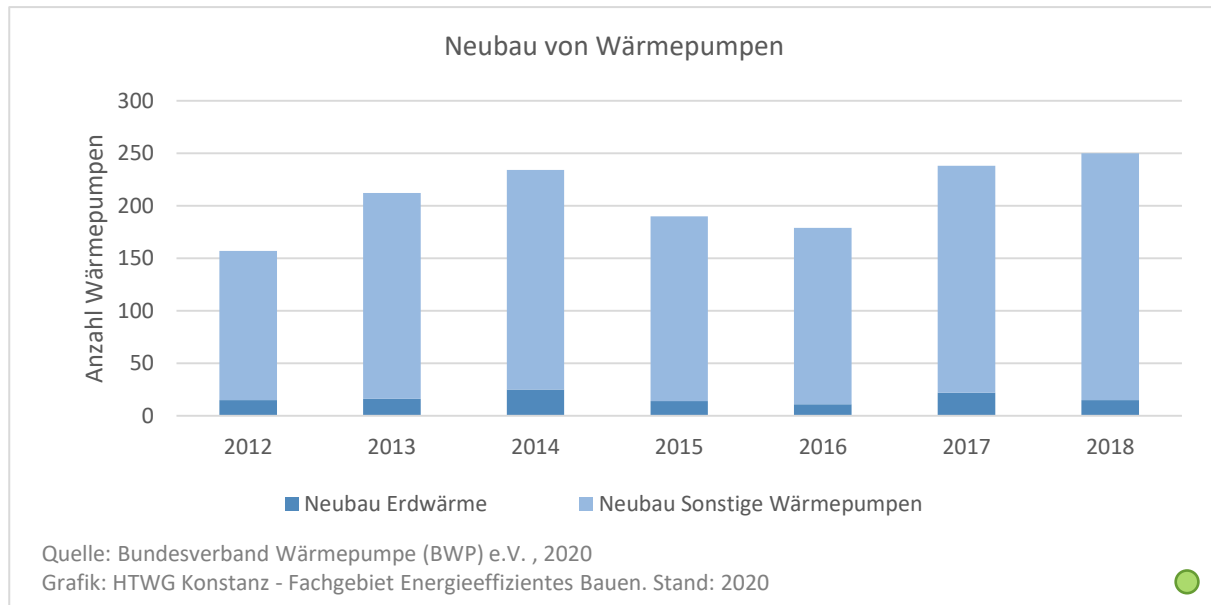


Abbildung 136: Neubau von Wärmepumpen

Nach Berechnung des Bundesverband Wärmepumpe (BWP) stieg der Feldbestand von Wärmepumpen im Landkreis damit auf 2.443 im Jahr 2018.

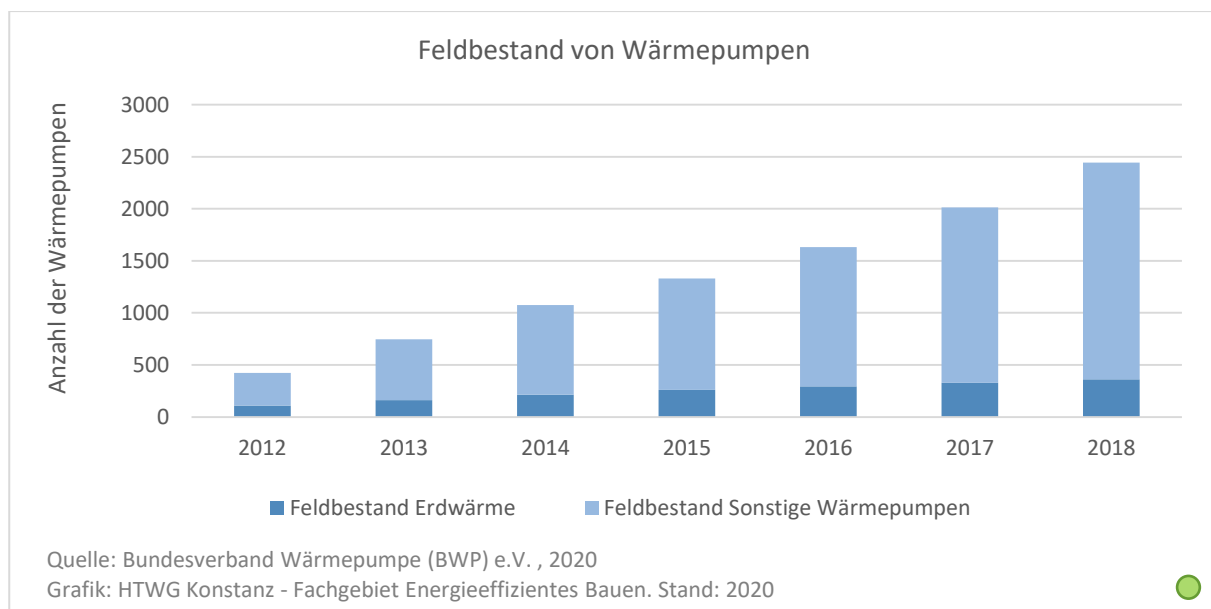


Abbildung 137: Feldbestand von Wärmepumpen

In den Jahren 2017 und 2018 hatten Wärmepumpen damit einen Anteil von 54 Prozent am Neubau von Wärmeerzeugern im Landkreis Konstanz. Demnach liegt der Anteil im Landkreis deutlich über dem Bundesdurchschnitt, der nach Angaben des BDEW bei rund 28 Prozent lag.

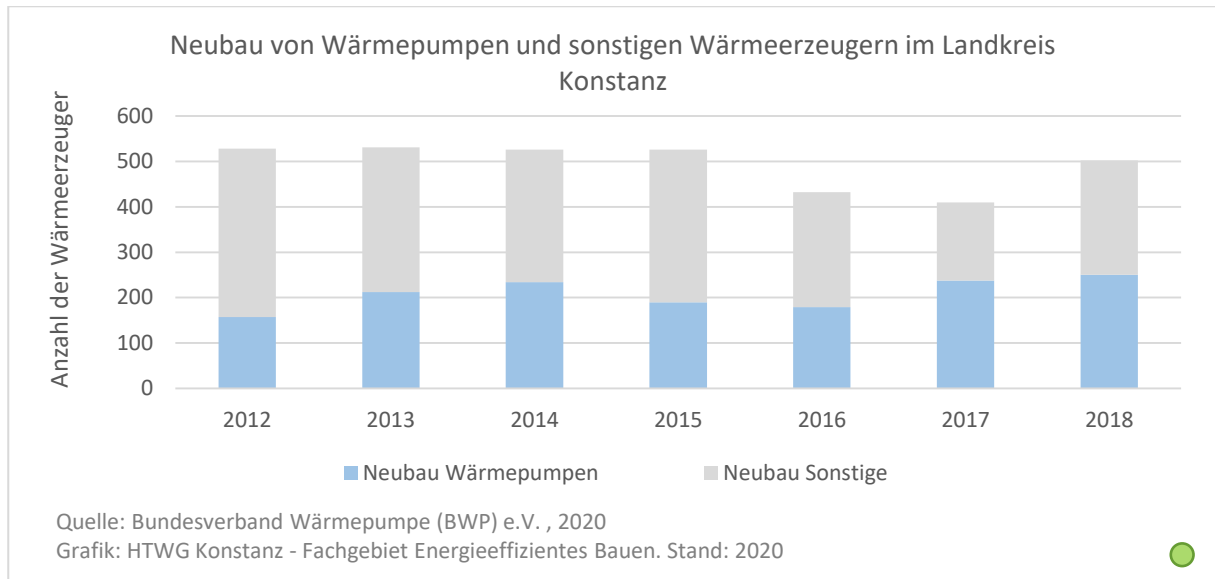


Abbildung 138: Neubau von Wärmepumpen und sonstigen Wärmeerzeugern

Der Anteil von Wärmepumpen am Heizungsbestand im Landkreis Konstanz ist zwischen den Jahren 2012 und 2018 von rund 1 Prozent auf über 4 Prozent gestiegen. Soll die Gebäudebeheizung bis zum Jahr 2035 weitestgehend auf erneuerbare Energien umgestellt werden, muss ihr Anteil jedoch voraussichtlich auf einen Wert zwischen ein und zwei Drittel am Gesamtbestand steigen. Eine Umstellung von älteren Bestandsgebäuden auf Wärmepumpen erfordert jedoch aufgrund der geringeren Vorlauftemperaturen in der Regel eine ausreichende energetische Sanierung der Gebäudehülle und unter Umständen auch den Austausch der vorhandenen Heizkörper durch Flächenheizungen (z. B. Wand- oder Fußbodenheizung). Sind die nötigen qualitativen Voraussetzungen erfüllt, spricht für Wärmepumpen vor allem ihre überdurchschnittliche Energieeffizienz. Neben Wärmepumpen könnte in Zukunft aber auch anderen strombasierten Systemen eine wachsende Bedeutung zukommen (z. B. Infrarotheizungen). Ein möglicher Zielpfad ist als Beispiel im Vergleich zum bisherigen Trend in Abbildung 139 dargestellt.

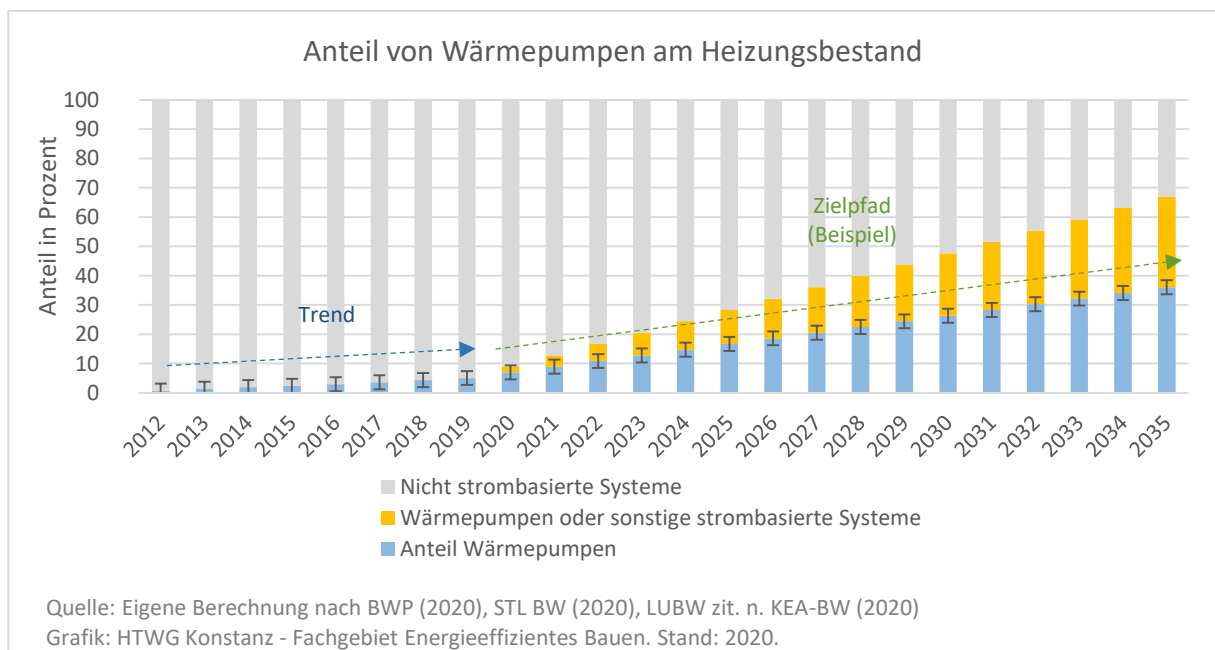


Abbildung 139: Anteil von Wärmepumpen am Heizungsbestand – Trend und möglicher Zielpfad

4.2.6 Gebäudesanierung

Der Energieverbrauch energieeffizienter Wohnhäuser liegt nach einer Studie der Deutschen Energie-Agentur GmbH (dena) mindestens 60 Prozent unter dem eines Durchschnittshauses. Die genaue Größenordnung ist von verschiedenen Faktoren abhängig. Im Durchschnitt sind Werte von 50 – 60 kWh/m² erreichbar. Bei besserem Dämmstandard, einer Nutzung von Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung und von Solaranlagen etc. sind auch Werte von ca. 30 kWh/m² möglich. (dena, 2016, p. 3) Für das Szenario 2035 wurde daher ein Mittelwert von 55 – 60 kWh/m² angenommen. Dies entspricht einer Energiebedarfsreduktion von 55 Prozent. Nach Einschätzung der dena ist die Sanierungsrate jedoch bisher viel zu gering und die „von der Bundesregierung angestrebte Verdopplung der jährlichen Sanierungsrate von 1 auf 2 Prozent zeichnet sich bislang weiterhin nicht ab. (...) Eine Beschleunigung ist bei der Energieeffizienz im Wärmesektor nicht erkennbar. Der Handlungsdruck steigt damit rapide an. Wir müssen immer mehr in immer kürzerer Zeit erreichen“. (dena, 2017) Neben der Bereitschaft der Gebäudebesitzer und der Finanzierung der Sanierungen wird dabei der Fachkräftemangel zunehmend zu einem wichtigen Faktor. Die Zahl der offenen Stellen für Bauingenieure in Deutschland hat sich von 2009 bis 2019 mehr als verdreifacht, die für Baufacharbeiter mehr als verdoppelt. (Bauindustrie, 2020) Zudem wird ein großer Teil der Fachkräfte im Neubau benötigt. Der Boom im Neubau kann somit dazu führen, dass es zunehmend zu einer Konkurrenz um Fachkräfte kommt, die für die Sanierung des Gebäudebestandes benötigt werden. Dabei werden künftig auch für die Gebäudesanierung deutlich mehr Fachkräfte benötigt. Soll der Gebäudebestand nicht erst 2050 (Zwei-Grad-Ziel), sondern bereits bis 2035 (globale Erwärmung von ca. 1,75°C) weitestgehend auf erneuerbare Energien umgestellt sein, muss die Sanierungsquote deutlich über 2 Prozent pro Jahr steigen.

Zur Sanierungsquote im Landkreis Konstanz gibt es bisher keine genaueren Erhebungen. Als vergleichsweise präziser und jährlich verfügbarer Indikator für die Entwicklung im Bereich der Gebäudesanierung wurden daher die KfW-Förderungen gewählt, die regelmäßig dem jeweils aktuellen KfW-Förderreport zu entnehmen sind.

Geförderte Wohneinheiten

Zwischen den Jahren 2015 und 2019 zeigt sich im Landkreis eine deutliche Zunahme der KfW-Zuschüsse. Steigende Tendenz zeigen auch die Förderungen von Einzelmaßnahmen. Im Gegensatz dazu stagnieren die sogenannten Effizienzhaus-Förderungen.

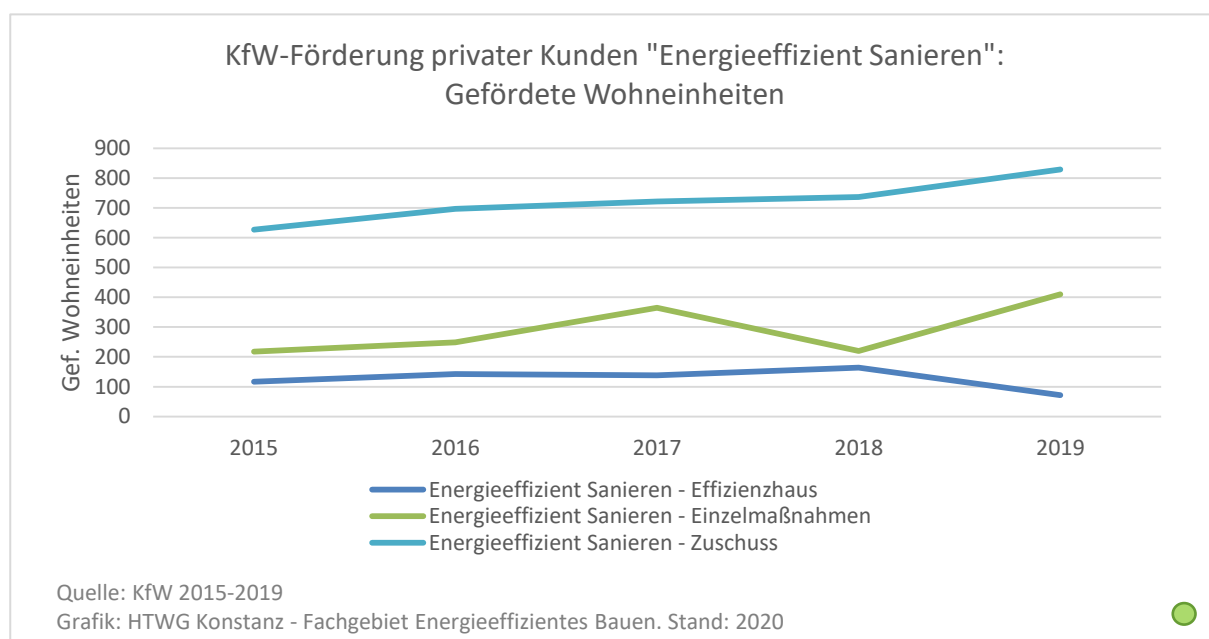


Abbildung 140: KfW-Förderung privater Kunden "Energieeffizient Sanieren" - Geförderte Wohneinheiten

KfW-Fördersummen

Infolge dieser Entwicklungen haben die Fördersummen von 2015 bis 2017 insgesamt deutlich zugenommen. Seit 2017 zeigen sie aber eine abnehmende Tendenz.

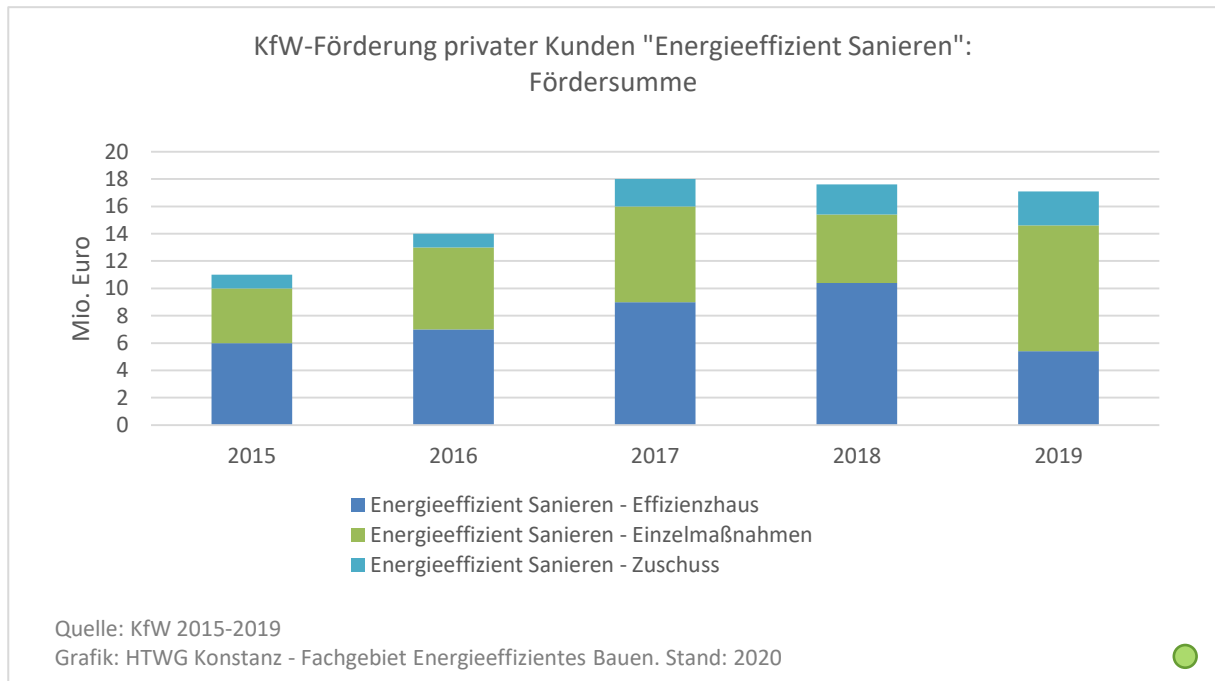


Abbildung 141: KfW-Förderung privater Kunden "Energieeffizient Sanieren" - Fördersumme

Geschätzte Sanierungsquote

Die jährliche Sanierungsquote wird bspw. vom BBSR aus den vier Einzelmaßnahmen Dämmung Außenwand, Dämmung Dach/Obergeschossdecke, Dämmung Fußboden/Kellerdecke und Fenstererneuerung berechnet: „Die energetischen Sanierungsraten für die einzelnen Bauteile unterscheiden sich dabei erheblich. Einzelne Wärmedämmmaßnahmen wurden in sogenannte Vollsanierungsäquivalente zusammengeführt, berücksichtigen jedoch nicht die Erneuerung von Heizungsanlagen, die ebenfalls Effizienz- und Einsparpotenziale ermöglichen. Jede Maßnahme wurde dabei nach einem bestimmten Schlüssel gewichtet, der das Verhältnis der Heizwärmeeinsparungen widerspiegelt.“ (BBSR, 2016, S. 6)

Da für den Landkreis keine Datengrundlage vergleichbarer Detaillierung vorlag, wurden für die vorliegenden Schätzungen Einzelmaßnahmen, die von der KfW gefördert wurden, mit dem Faktor 0,33 gewichtet. Die Gewichtung der Einzelmaßnahmen ist damit relativ hoch angesetzt, da angenommen wurde, dass weitere Sanierungsmaßnahmen durch Förderprogramme der Länder und Kommunen unterstützt wurden, die in der KfW-Statistik nicht erfasst sind. Je nach Gewichtung der Zuschüsse (Vollsanierungsäquivalent zwischen 0,33 bis 1,00) ergibt sich somit eine Sanierungsquote zwischen 0,4 und 1,2 Prozent des Gebäudebestandes, der vor 1990 erbaut wurde. Zwar sind bei dieser aufgrund mangelnder Daten stark vereinfachten Schätzung beträchtliche Abweichungen von der tatsächlichen Vollsanierungsquote möglich. Wichtiger ist jedoch die zeitliche Entwicklung des Indikators.

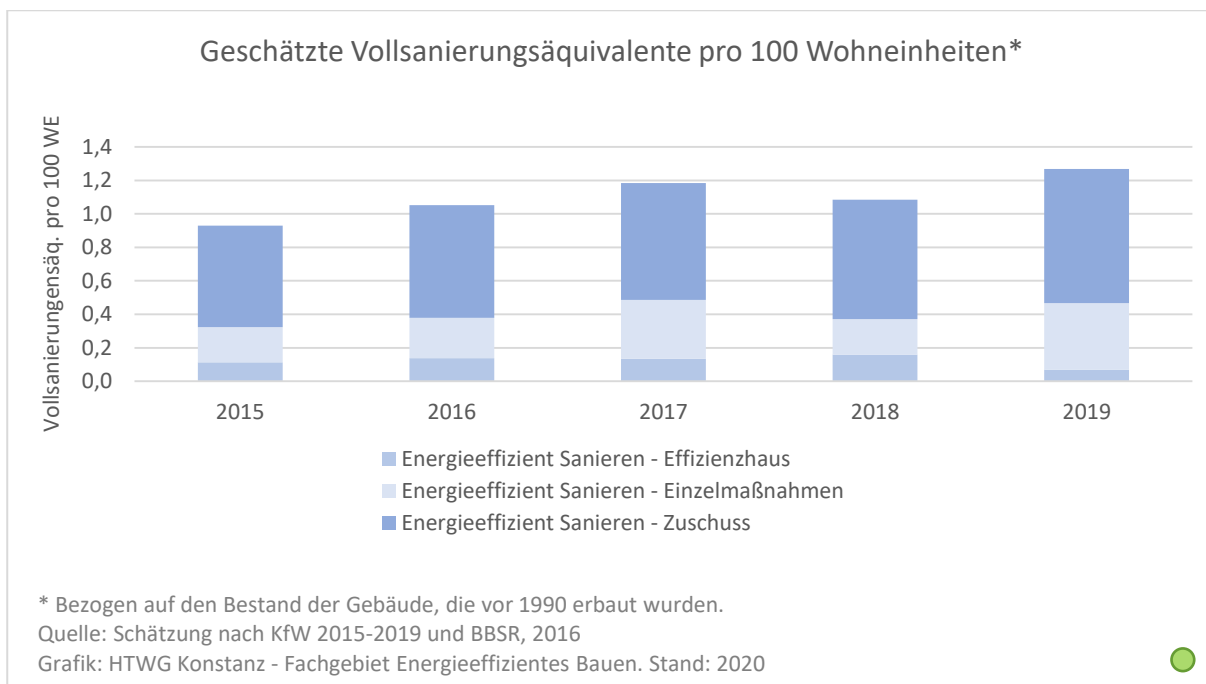


Abbildung 142: Geschätzte Vollsaniierungsäquivalente pro 100 Wohneinheiten

Bei der Sanierung von Gebäuden kann ein mögliches Ziel sein, bisherige Versäumnisse zu kompensieren. Dies kann dazu führen, sich zunächst auf Mehrfamilienhäuser zu konzentrieren, um möglichst viele Wohneinheiten auf einmal sanieren zu können. Den größten Anteil am Energieverbrauch haben aber im Landkreis Konstanz mit schätzungsweise 50 bis 60 Prozent Einfamilien- und Zweifamilienhäuser, obwohl diese lediglich etwas mehr als ein Drittel der Bevölkerung beherbergen. Es wird daher auch darauf ankommen, in den kommenden 15 Jahren viele vergleichsweise kleine Maßnahmen durchzuführen.

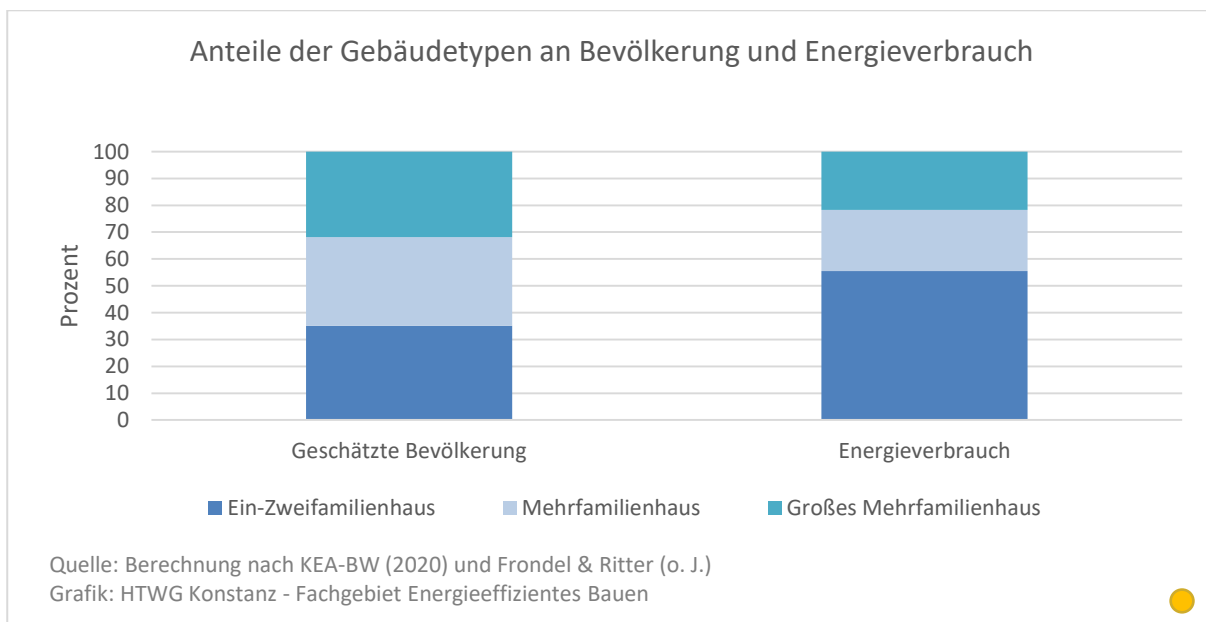


Abbildung 143: Geschätzte Anteile der Gebäudetypen an Bevölkerung und Energieverbrauch

4.2.7 Wohnfläche pro Einwohner

Die Wohnfläche im Landkreis Konstanz hat sich im Landkreis seit dem Jahr 2011 auf einem Niveau von rund 44,5 Quadratmetern pro Einwohner stabilisiert. Lediglich im Jahr 2015 ist sie aufgrund eines überdurchschnittlichen Bevölkerungswachstums merklich gesunken, bevor sie bis 2018 wieder auf 44,5 Quadratmeter pro Einwohner gestiegen ist.

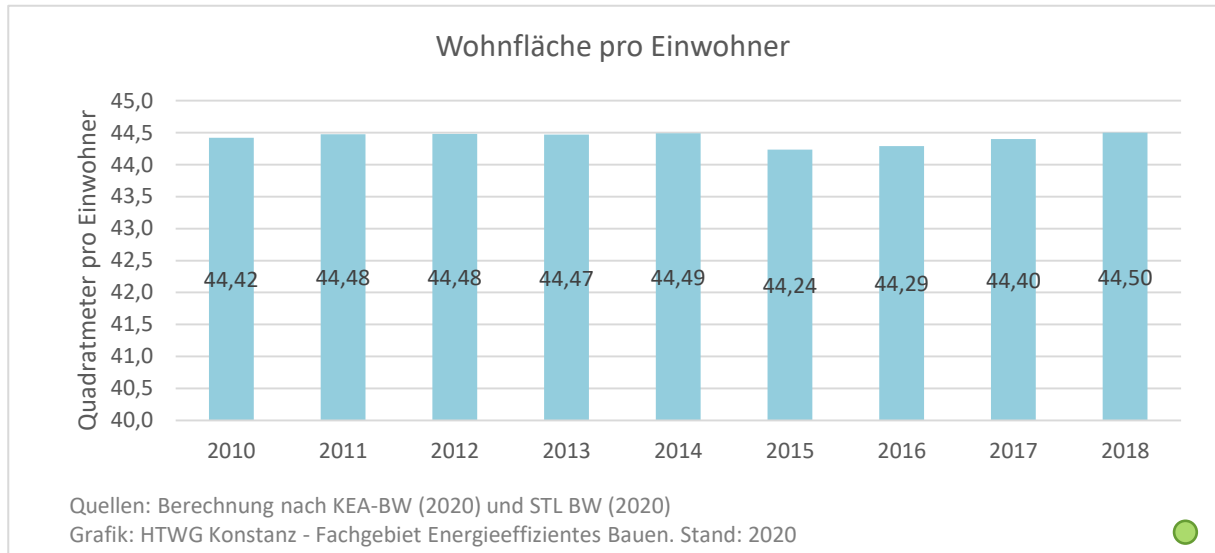


Abbildung 144: Wohnfläche pro Einwohner

Betrachtet man die Entwicklung der Wohnfläche seit 1990 in Relation zur Bevölkerungsentwicklung, zeigt sich, dass die Wohnfläche insbesondere in den 1990er Jahren deutlich schneller gewachsen ist. Die Jahre 2014 und 2015 haben die Lücke ein wenig reduziert, seit 2016 läuft die Entwicklung ungefähr parallel.

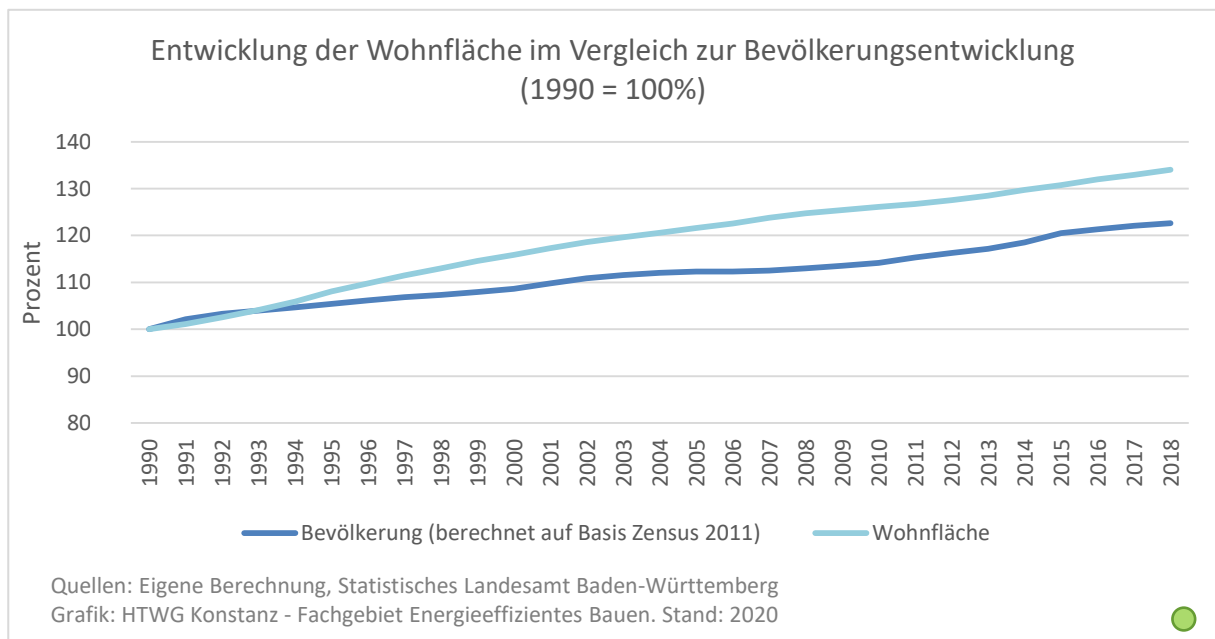


Abbildung 145: Entwicklung der Wohnfläche im Vergleich zur Bevölkerungsentwicklung

4.2.8 Heizenergiebedarf der Wohngebäude

Reale Heizenergieverbrauchsdaten des Landkreises Konstanz liegen erst seit dem Jahr 2010 vor. Aufgrund größerer Schwankungen lässt sich ein Entwicklungstrend anhand dieser Daten nur bedingt erkennen. Es erscheint daher sinnvoll, künftig drei- bis fünfjährige Mittelwerte zu bilden, um den tatsächlichen Entwicklungstrend nachzuvollziehen. Im Zeitraum von 2011 bis 2015 haben die Haushalte des Landkreises rund 4,2 TWh Heizöl und rund 3,6 TWh Erdgas verbraucht (LUBW zit. n. KEA-BW, 2020). Dies entspricht durchschnittlich 846 GWh Heizöl und 721 GWh Erdgas pro Jahr. Die Schätzung der Gebäudebeheizungsstruktur nach STL BW (2012) und BDEW (2016, 2020) ergab, dass in diesem Zeitraum rund 88 Prozent der Haushalte mit Heizöl und Erdgas beheizt wurden und 1,7 Prozent mit Wärmepumpen.⁴ Die übrigen Haushalte wurden hauptsächlich mit Biomasse beheizt. Solarthermie und sonstige Systeme trugen jeweils weniger als ein Prozent zur Deckung des Nutzenergiebedarfs⁵ bei. Auf dieser Basis lässt sich für diesen Zeitraum ein Heizenergiebedarf von 1.944 GWh Nutzenergie pro Jahr schätzen. Aufgrund des geringen Anteils von Wärmepumpen und Solarthermie fiel der geschätzte Endenergiebedarf mit rund 1.907 GWh nicht wesentlich geringer aus. Inzwischen ist der Anteil der Wärmepumpen auf über 4 Prozent gestiegen, jedoch liegen für die Jahre 2016 bis 2018 noch keine Daten zum Verbrauch von Heizöl, Erdgas und Biomasse vor.

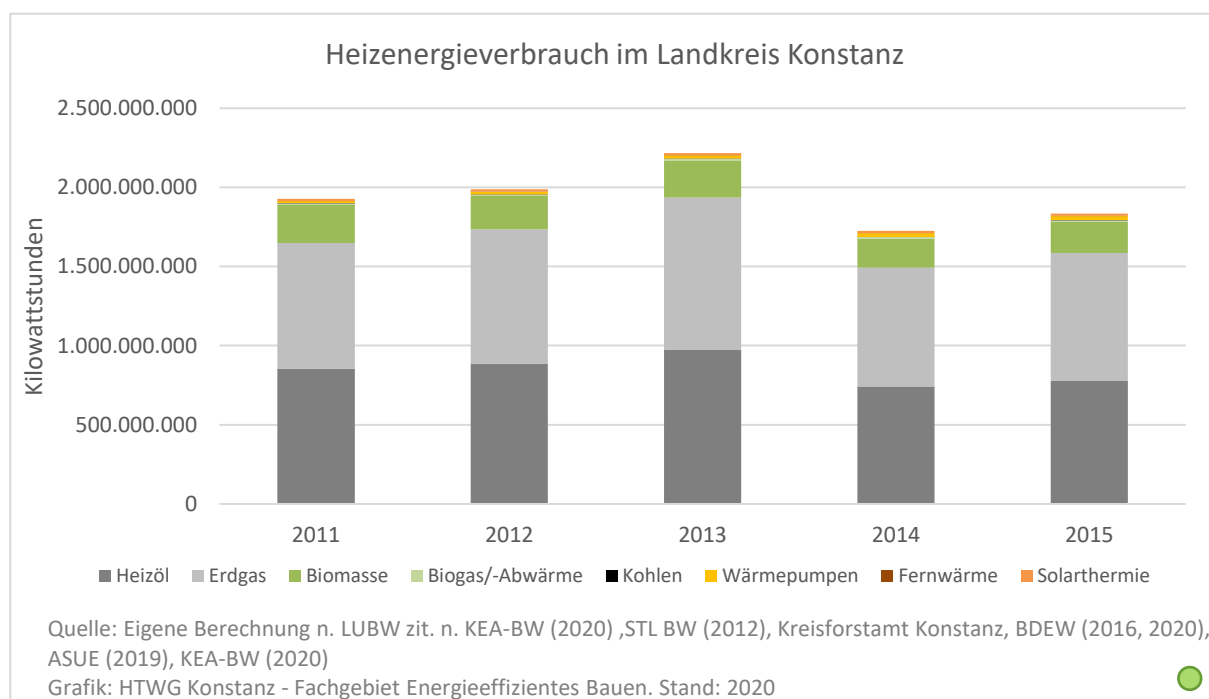


Abbildung 146: Heizenergieverbrauch im Landkreis Konstanz (Nutzenergie)

⁴ Eigene Berechnung n. LUBW zit. n. KEA-BW (2020), STL BW (2012), Kreisforstamt Konstanz, BDEW (2016,2020), ASUE (2019), KEA-BW (2020)

⁵ Als Nutzenergie wird in der Regel die Energie bezeichnet, die nach der letzten Umwandlung dem Endverbraucher für die Befriedigung seiner jeweiligen Bedürfnisse (z. B. Raumtemperierung, Nahrungszubereitung, Information, Beförderung) zur Verfügung steht. In den meisten Fällen ist sie aufgrund von Umwandlungsverlusten geringer als die dem Endverbraucher bereitgestellte Endenergie. Wärmepumpen können jedoch pro Kilowattstunde zugeführter Endenergie (hier Strom) 3 bis 4 kWh Nutzenergie in Form von Wärme bereitstellen. In diesem Fall ist die Nutzenergieverbrauch größer als der Endenergieverbrauch. Nutzenergie kann zudem passiv aus Sonneneinstrahlung gewonnen werden (Solare Wärmegewinne). In Passivhäusern kann auch Abwärme, die z. B. von elektrischen Geräten (Computer, Backofen, etc.) produziert wird, erheblich zur Nutzenergie für Raumtemperierung beitragen. In diesen Fällen kann der Endenergieverbrauch ebenfalls unterhalb des Nutzenergiebedarfs liegen.

4.2.9 Treibhausgasemissionen aus der Wohngebäudebeheizung

Auf Basis der bisherigen Entwicklungen wurden der Endenergieverbrauch und die CO₂-Emissionen der Wohngebäudebeheizung in den Jahren 2011 bis 2016 geschätzt. Geht man davon aus, dass sich der bisherige Trend weiter fortsetzt, dürften die Emissionen im Jahr 2017 bei etwas mehr als 1,5 Tonnen CO₂-Äq./Einwohner gelegen haben.

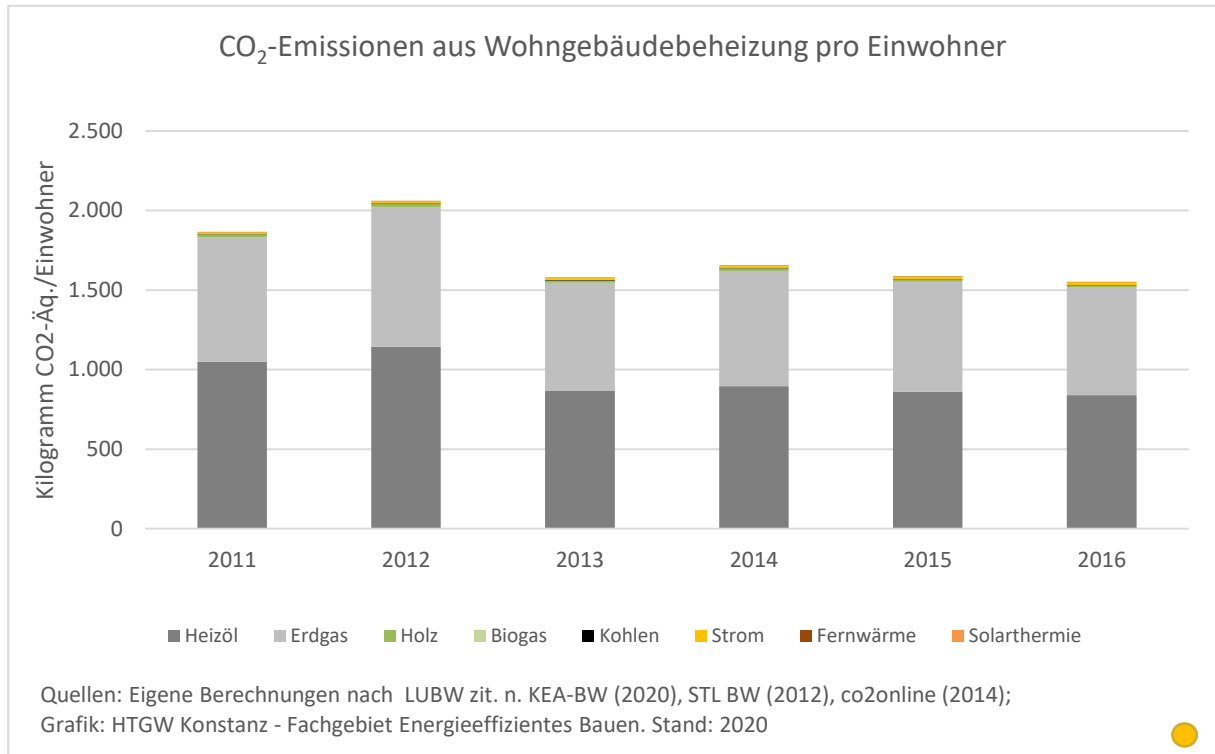


Abbildung 147: Treibhausgasemissionen aus Wohngebäudebeheizung

4.2.10 Entwicklung von Effizienz und Konsum im Sektor Wohnen

Im Bereich der Wohngebäudebeheizung ist, wie in Abschnitt 4.2.8 (Heizenergiebedarf der Wohngebäude) erläutert, davon auszugehen, dass die Energieeffizienz zwischen den Jahren 2002 und 2017 deutlich zugenommen hat. Dabei handelt es sich jedoch um eine Schätzung auf Basis des landesweiten Trends, da reale Verbrauchsdaten erst ab dem Zeitraum 2010 - 2015 vorlagen.

Bis zum Jahr 2008 wurden die angenommenen Effizienzgewinne noch teilweise durch einen Zuwachs der pro Einwohner genutzten Wohnfläche kompensiert. Seit dem Jahr 2009 hat sich die Wohnfläche jedoch relativ proportional zur Bevölkerungsentwicklung entwickelt, sodass die Effizienzsteigerungen in vollem Umfang zu Energieeinsparungen führen. Bisher lässt sich allerdings noch nicht sagen, ob der Trend zu immer mehr Wohnfläche pro Einwohner gestoppt ist. Möglicherweise ist die abgebildete Entwicklung vor allem auf das verstärkte Bevölkerungswachstum zurückzuführen und die Schaffung zusätzlichen Wohnraums folgt erst mit Verzögerung.

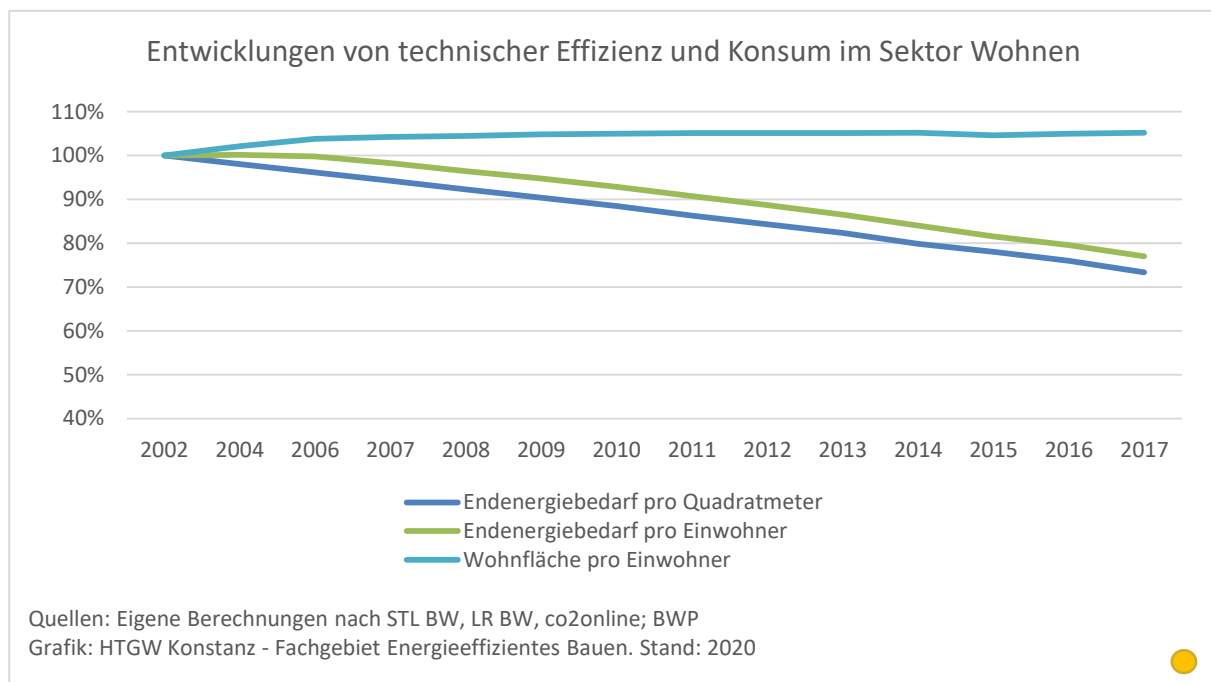


Abbildung 148: Gegenläufige Entwicklungen von technischer Effizienz und Konsum im Sektor Wohnen

4.2.11 Wärmebedarf der Haushalte in den Gemeinden

Der Wärmebedarf der Gemeinden für das Wohnen liegt im Landkreis insgesamt bei ca. 6.180 kWh Endenergie pro Einwohner. Die Gemeindedurchschnitte liegen zwischen 5.420 und 8.880 kWh/Einwohner. Dies entspricht einer Differenz von 64 Prozent. Es ist allerdings fraglich, ob in Gemeinden mit einer Wohnfläche zwischen 60 und 70 m² Wohnfläche pro Einwohner die gesamte Fläche in gleicher Intensität beheizt wird, wie in Gemeinden mit weniger als 50 m² Wohnfläche pro Einwohner. Dennoch bietet die Schätzung zumindest eine Orientierung.

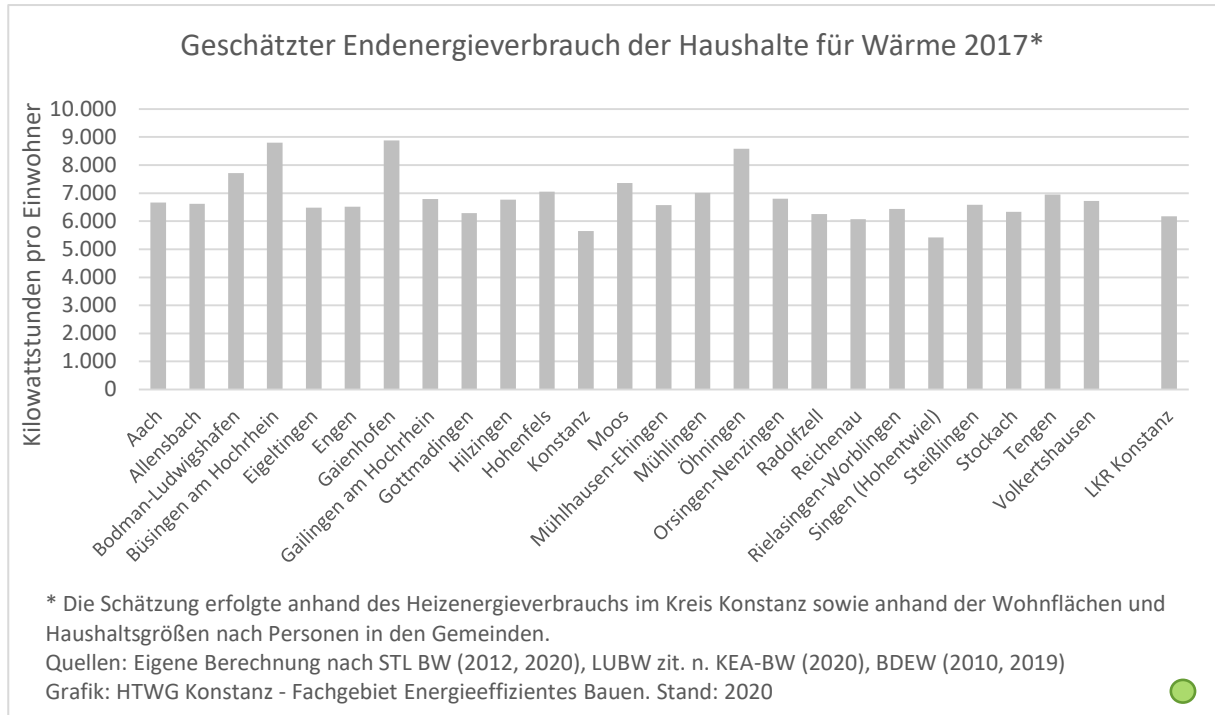


Abbildung 149: Raumwärmebedarf der Gemeinden für Wohnen pro Einwohner

In Abbildung 150 ist der Wärmeverbrauch der Haushalte als Karte dargestellt.

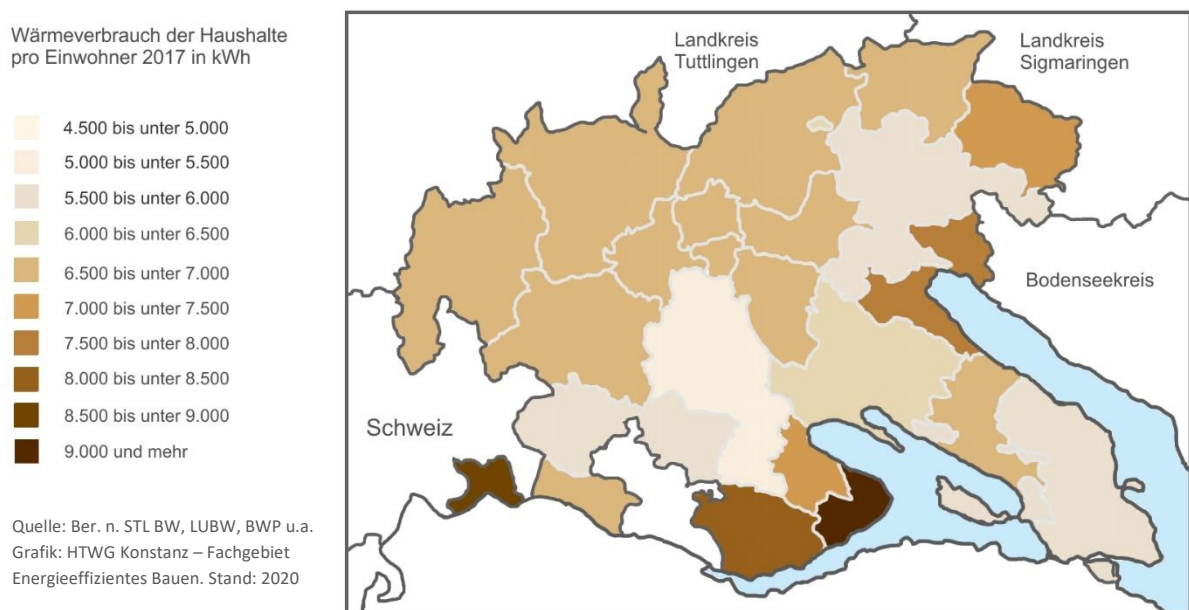


Abbildung 150: Endenergieverbrauch der Haushalte für Wärme pro Einwohner 2017 (Kartendarstellung)

4.2.12 Endenergiebedarf der Haushalte für Wohnen

Der Endenergiebedarf der Haushalte für das Wohnen setzt sich aus dem Stromverbrauch, dem Raumwärmeverbrauch und dem Wärmeverbrauch für die Warmwasserbereitung zusammen. Im Landkreis Konstanz wurde dieser Endenergieverbrauch für das Jahr 2017 im Durchschnitt auf rund 15.800 kWh pro Haushalt geschätzt. Pro Person lag der Durchschnitt bei rund 7.500 kWh pro Jahr. Davon entfallen rund 18 Prozent auf den Strombedarf und rund 82 Prozent auf den Wärmebedarf (vgl. Abbildung 151). In den Gemeinden liegen die Durchschnittswerte für den Bedarf an Strom und Wärme zwischen rund 6.750 kWh/Ea in Singen und rund 10.570 kWh/Ea in Gaienhofen.

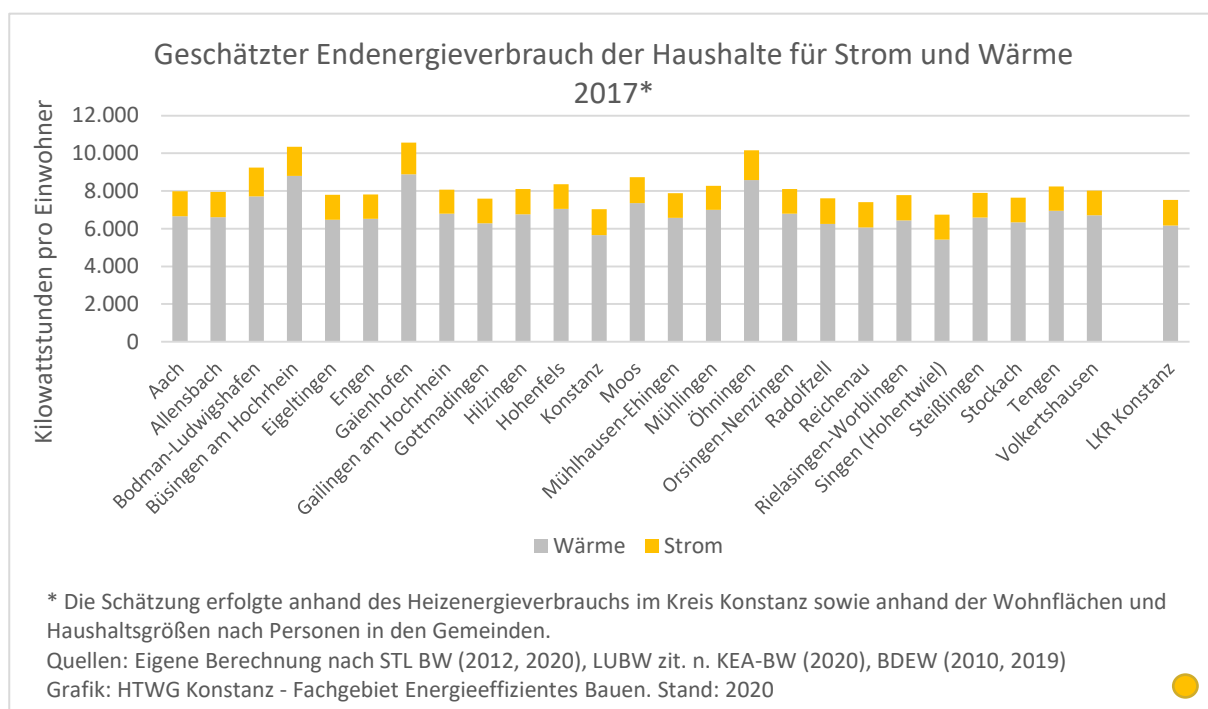


Abbildung 151: Endenergieverbrauch der Haushalte für Wohnen pro Einwohner in den Gemeinden 2017

4.2.13 Endenergiebedarf der Haushalte insgesamt

Im Durchschnitt des Landkreises lag der geschätzte Endenergieverbrauch der Haushalte für Strom, Heizen und Pkw-Treibstoffe im Jahr 2017 bei ca. 11.300 kWh pro Einwohner und ca. 23.600 kWh pro Haushalt. Am geringsten ist der Endenergiebedarf in den beiden größten Städten des Landkreises, Konstanz und Singen. In allen anderen Gemeinden lag der Endenergiebedarf über dem Durchschnitt des Landkreises.

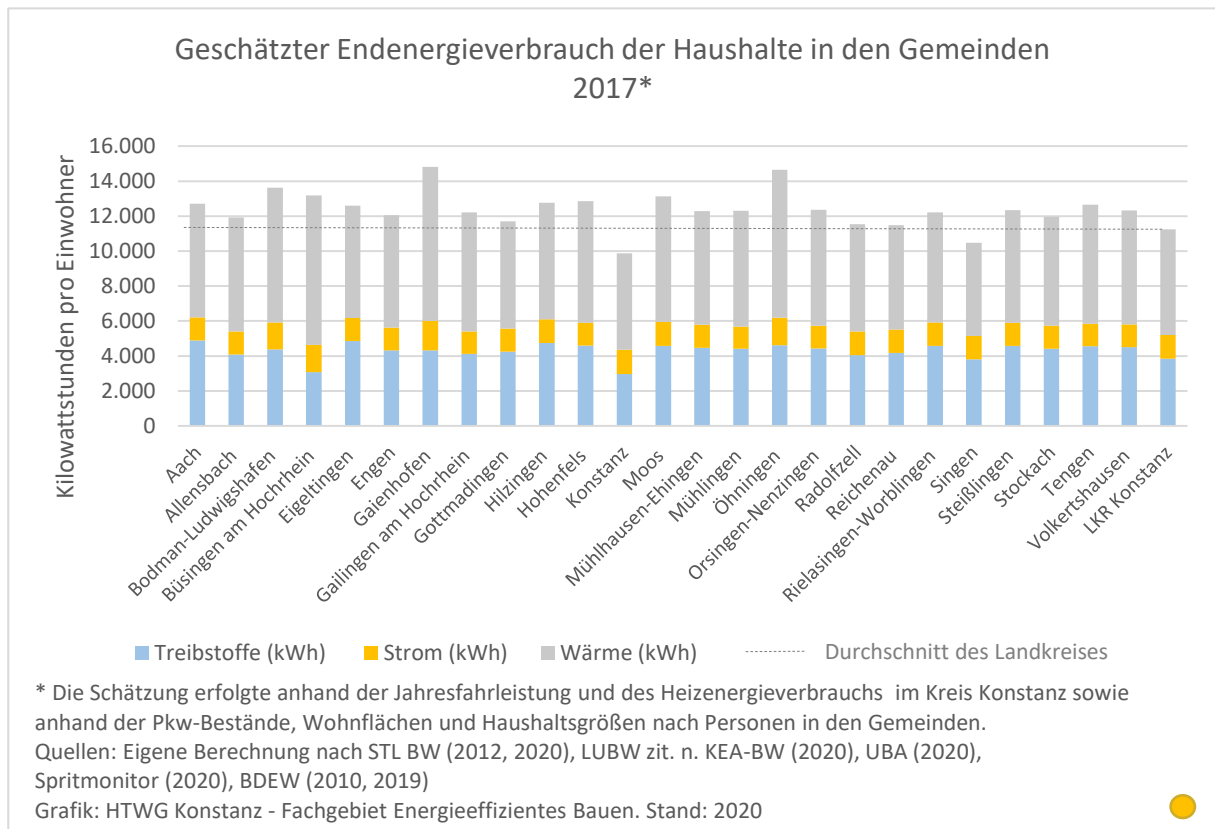


Abbildung 152: Endenergieverbrauch der Haushalte für Wohnen und MIV pro Einwohner in den Gemeinden 2017

Hinweis zur Berechnung:

Um den Treibstoffverbrauch der Haushalte zu schätzen, wurde die durchschnittliche Jahresfahrleistung der Pkw im Landkreis Konstanz abzüglich eines Anteils von 7 Prozent dienstlicher Fahrten abgezogen - entsprechend dem Bundesdurchschnitt nach Angaben des BMVI (2017) und des Statistischen Bundesamtes (2013).

4.2.14 Gebäudebeheizung - Trends und mögliche Ziele

Die Entwicklung des Wärmebedarfs für Wohnen zeigt in den Jahren 2011 bis 2016 starke Ausschläge nach oben und unten. Eine eindeutige Tendenz der Entwicklung lässt sich daher über diesen kurzen Zeitraum kaum ablesen. Dies gilt sowohl für den Bedarf des Landkreises insgesamt (vgl. Abbildung 153) als auch für den Bedarf pro Einwohner, der in Abbildung 155 dargestellt ist. Der Rückgang des Bedarfs pro Einwohner in den Jahren 2014 und 2015 hat sicherlich mehrere Ursachen und ist nicht allein auf eine Steigerung der Effizienz zurückzuführen. So wird der Absatz speicherbarer Energieträger nicht nur durch die Witterung, sondern auch durch die Entwicklung des Marktpreises oder demografische Veränderungen beeinflusst. So muss etwa der überdurchschnittliche Bevölkerungszuwachs, dem die Wohnflächenentwicklung seit dem Jahr 2015 nur mit Verzögerung folgen konnte, bei der Einordnung der Entwicklung berücksichtigt werden.

Im Durchschnitt des fünfjährigen Zeitraums 2011 – 2015 lag der Nutzenergiebedarf für Wärme ohne Strom für Wärmepumpen nach Daten der LUBW bei ca. 1.924 GWh pro Jahr. Nimmt man die geschätzte strombasierte Wärmebereitstellung mittels Wärmepumpen hinzu, dürfte er bei ca. 1.944 GWh pro Jahr gelegen haben. Daraus ergibt sich ein Wärmebedarf von ca. 160 kWh pro Quadratmeter Wohnfläche. Überträgt man den Landesdurchschnitt, den co2online (2014) für den Zeitraum 2002 bis 2012 in Bezug auf die Effizienzsteigerung ermittelt hat, auf den Landkreis Konstanz, so würde man im Landkreis Konstanz bis zum Jahr 2035 pro Quadratmeter Wohnfläche eine Einsparung von ca. 42 Prozent erreichen, was den Energiebedarf auf ca. 94 kWh/m² senken würde. Absolut würde sich daraus ein Bedarf von ca. 1.225 GWh ergeben, wenn die Bevölkerungsprognose des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg sich bestätigt und die Wohnfläche pro Einwohner weiterhin auf dem Niveau bleibt, auf dem sie sich zwischen 2010 und 2017 stabilisiert hat. Dieses Szenario ist in Abbildung 153 als erwarteter Trend (rote Linie) eingezeichnet. Technisch möglich und mit Blick auf die Ziele des Pariser Klimaschutzabkommens voraussichtlich erforderlich wäre eine Senkung auf ca. 55 bis 60 kWh/m², was einer Einsparung von ca. 63 Prozent entspräche. Daraus würde sich im Jahr 2035 ein absoluter Nutzenergiebedarf von 756 GWh ergeben.

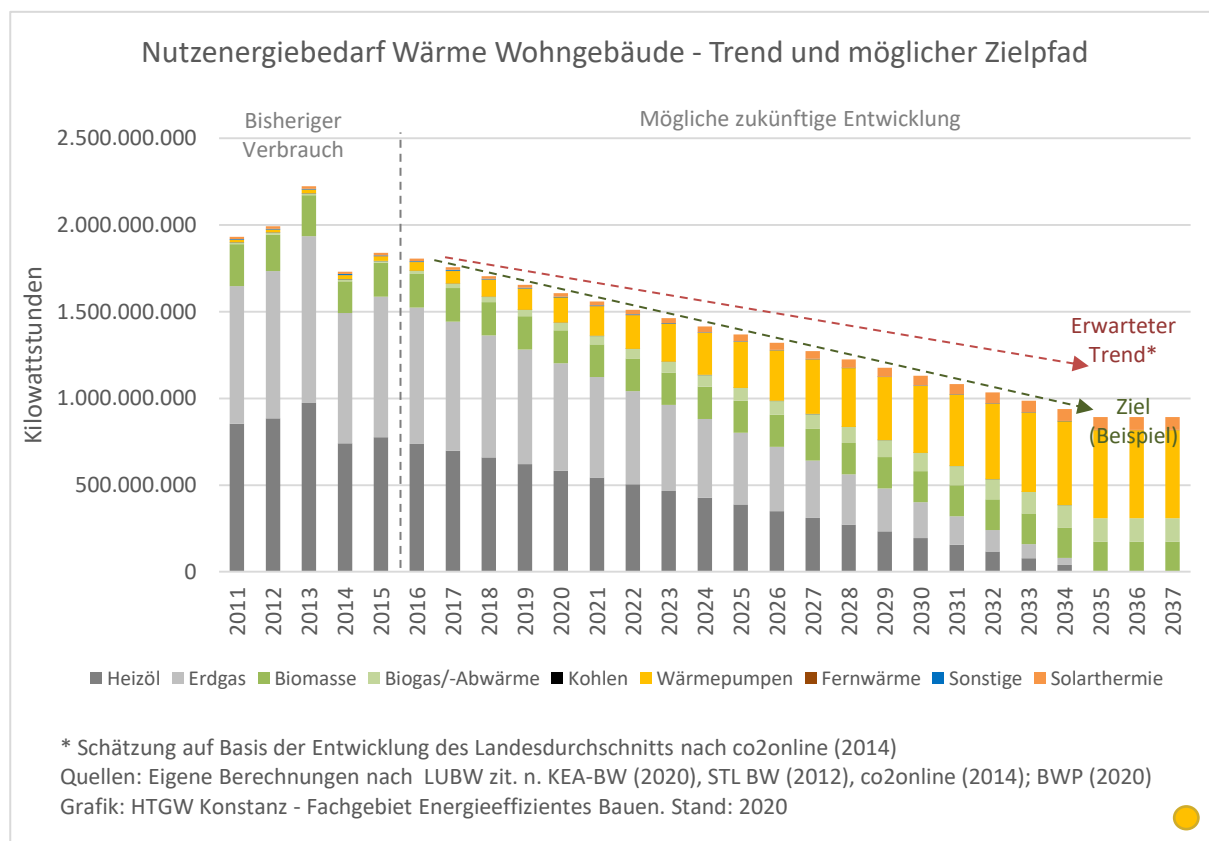


Abbildung 153: Nutzenergiebedarf für Wärme in Wohngebäuden - Trend und Ziel

Der Trend dürfte damit zu einem Energieverbrauch führen, der um ca. 62 Prozent über dem Wert liegt, der als technisch möglich gilt.

Neben dem Bedarf zur Reduktion des Nutzenergiebedarfs zeigt die Grafik, dass ein vollständiger Verzicht auf fossile Energien bis 2035 einen erheblich beschleunigten Zubau von Systemen erfordert, die mit erneuerbaren Energien betrieben werden. Dies gilt insbesondere für strombasierte Systeme wie Wärmepumpen, da das Bioenergiepotenzial für Gebäudebeheizung auf weniger als ein Drittel des Bedarfs geschätzt wird. Erhöht man die Kollektorfläche der Solarthermie auf ca. 0,8 m² pro Einwohner, können Bioenergie und Solarthermie voraussichtlich rund ein Drittel des Bedarfs decken. Das heißt, dass 2035 rund zwei Drittel der Haushalte mittels Wärmepumpen oder anderen strombasierten Systemen beheizt werden müssten. Entlang des dargestellten Beispielpfads müsste sich die Wärmebereitstellung mittels solcher Systeme deshalb zwischen 2016 und 2035 auf ca. 507 GWh pro Jahr erhöhen. Im Jahr 2016 trugen Wärmepumpen lediglich rund zweieinhalb Prozent zur Wärmebereitstellung bei. Zwischen 2016 und 2035 müssten folglich rund 89.000 Haushalte mit Wärmepumpen ausgestattet werden, was etwa 4.680 Haushalten oder 3,5 Prozent der Haushalte pro Jahr entspricht. Der massive Zubau von Wärmepumpen hätte jedoch einen erheblichen Vorteil, weil sich der Endenergiebedarf durch ihn noch wesentlich deutlicher als der Nutzenergiebedarf reduzieren würde. Im Fall des gewählten Beispiel-Zielpfades würde sich der Endenergiebedarf auf 345 GWh im Jahr 2035 reduzieren. Dies entspricht etwa einem Fünftel des jährlichen Endenergiebedarfs zwischen 2015 und 2017 und könnte vollständig mit lokalen erneuerbaren Energien gedeckt werden.

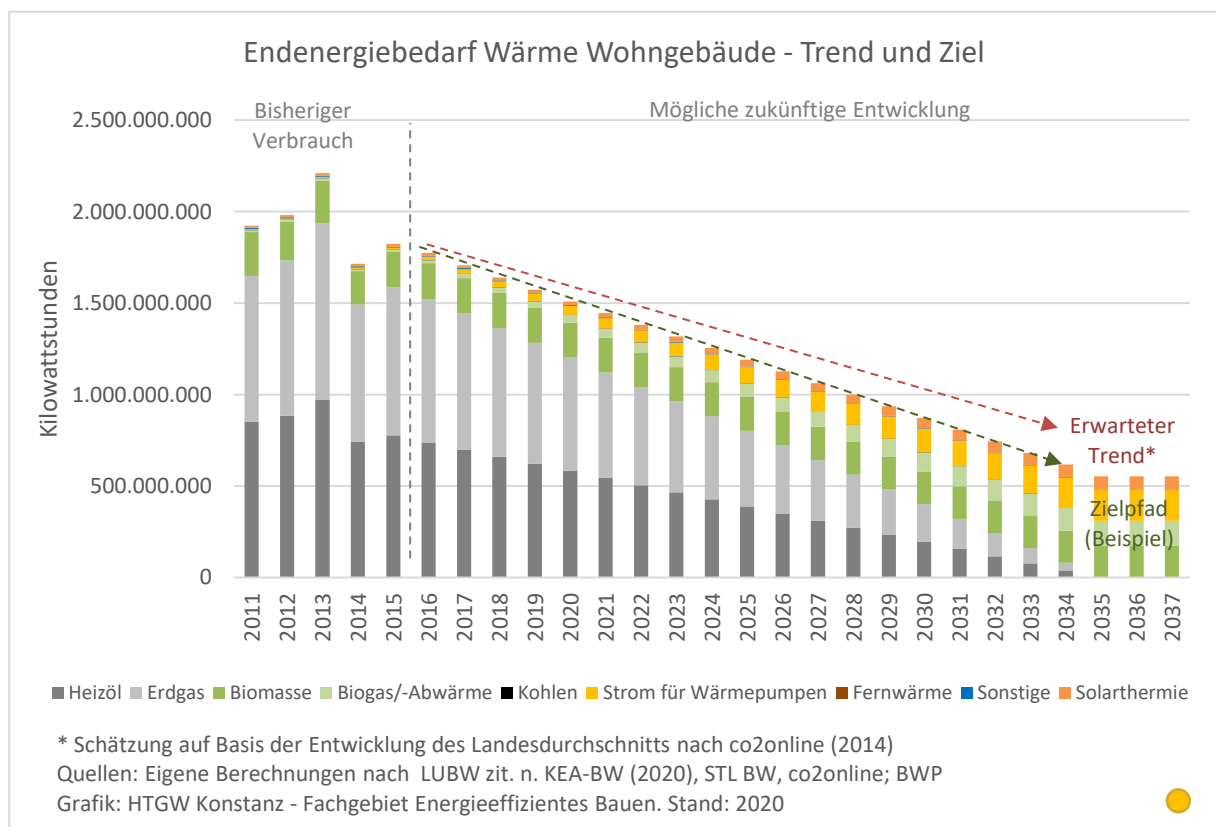


Abbildung 154: Endenergiebedarf für Wärme in Wohngebäuden - Trend und Ziel

Angesichts des dargestellten Bedarfs, vorhandene Öl- und Erdgasheizungen durch Wärmepumpen und andere auf erneuerbaren Energien basierende Systeme zu ersetzen, reicht die bisherige Sanierungsquote von rund einem Prozent nicht aus. Sie müsste voraussichtlich auf 2,5 bis über 3,0 Prozent erhöht werden.

Pro Einwohner würde sich mit dem dargestellten Beispielzielpfad im Jahr 2035 ein Nutzenergiebedarf von ca. 2.600 kWh pro Einwohner und Jahr ergeben.

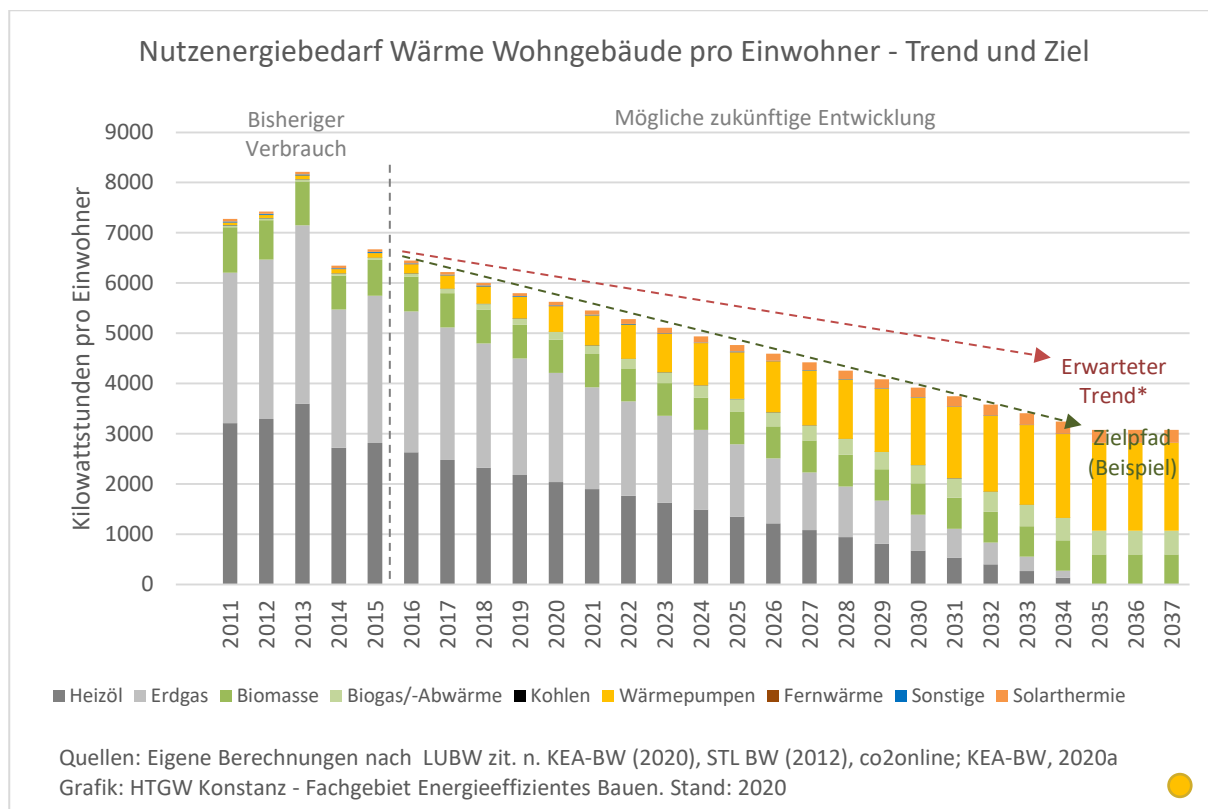


Abbildung 155: Nutzenergiebedarf für Wärme in Wohngebäuden pro Einwohner - Trend und Ziel

Im Durchschnitt des fünfjährigen Zeitraums 2011 – 2015 lag der Nutzenergiebedarf für Warmwasser und Raumwärme ohne Strom bei ca. 156 kWh pro Quadratmeter Wohnfläche. Nimmt man die geschätzte Wärmebereitstellung mittels Wärmepumpen hinzu, dürfte er bei ca. 158 kWh/m² gelegen haben.

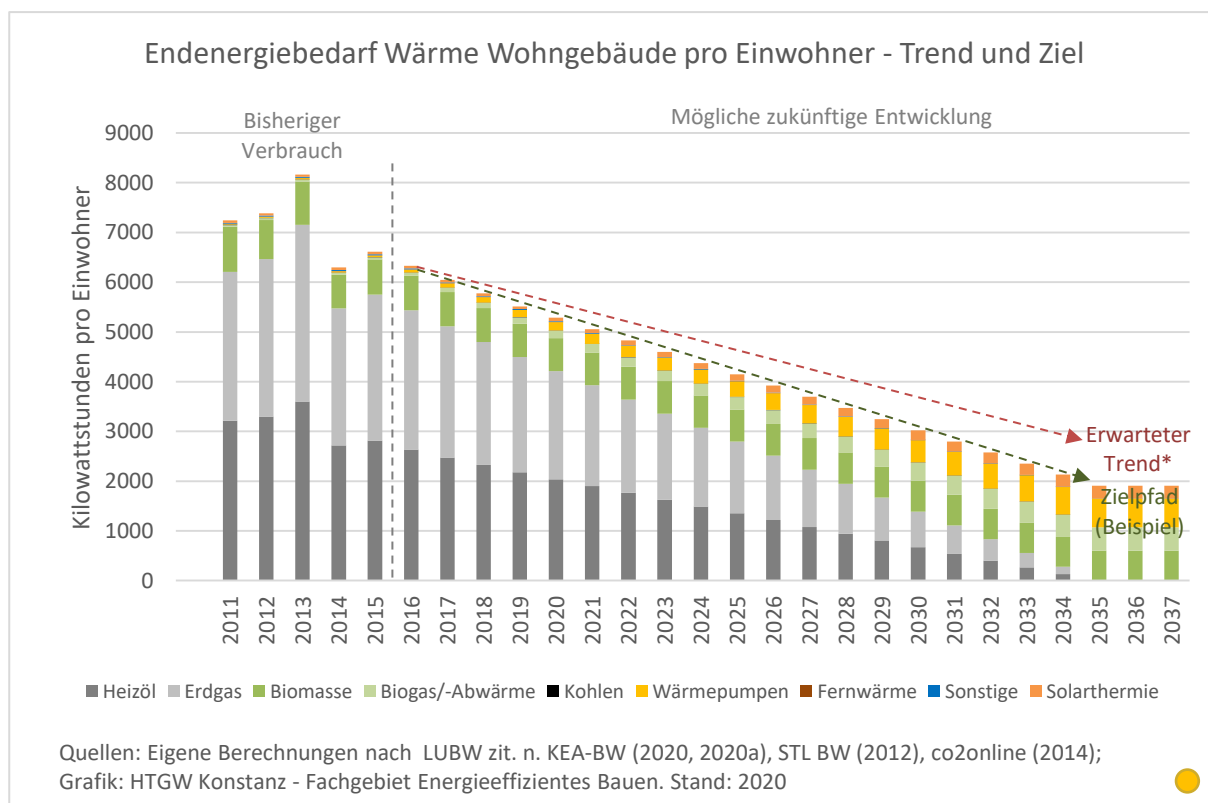


Abbildung 156: Endenergiebedarf Wärme Wohngebäude pro Einwohner - Trend und Ziel

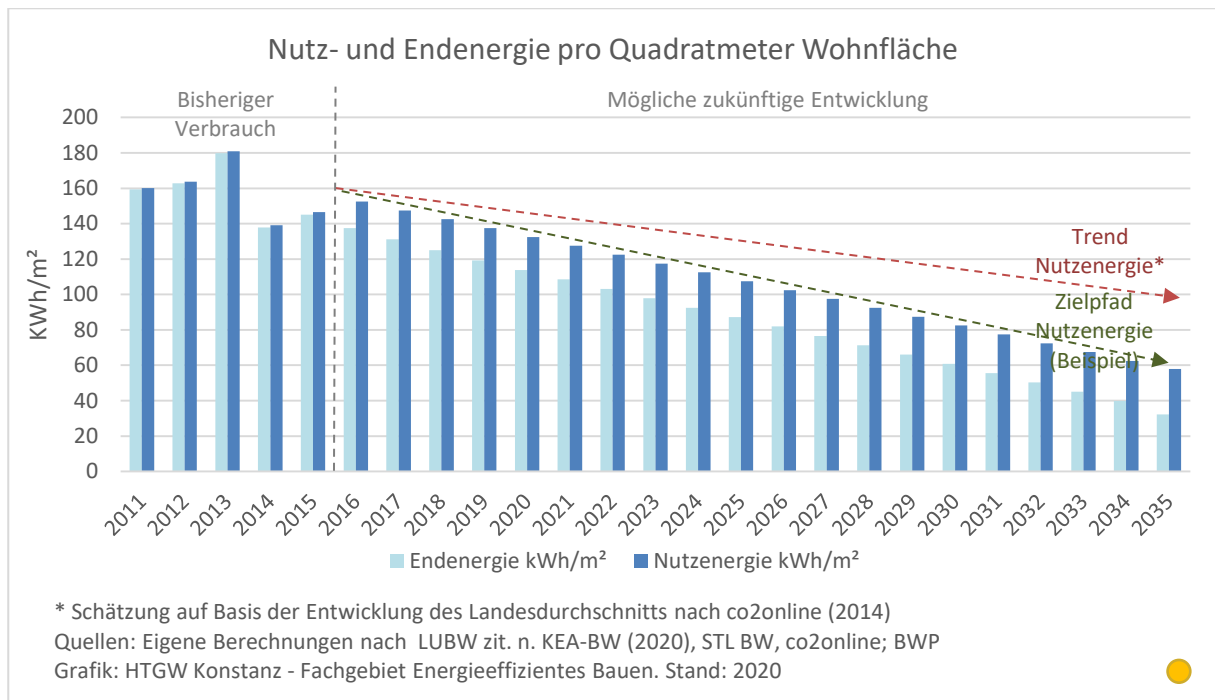
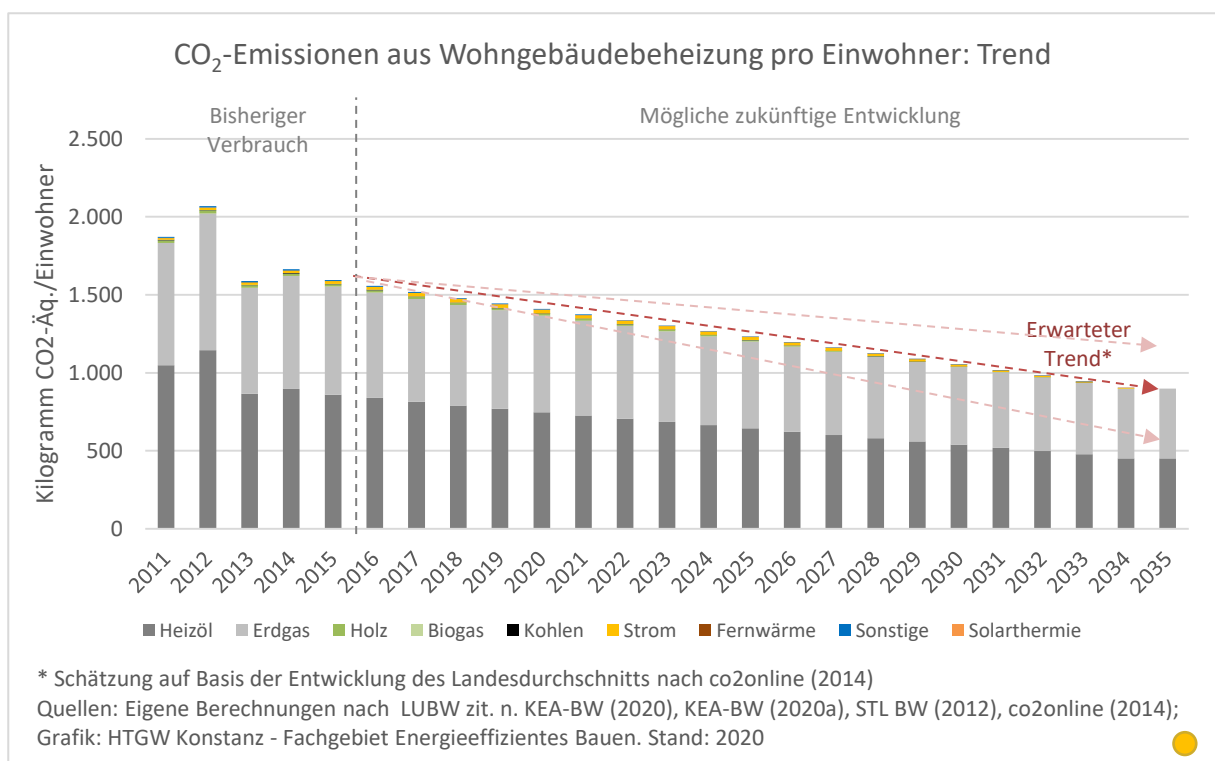


Abbildung 157: Nutz- und Endenergie pro Quadratmeter Wohnfläche - Trend und Ziel

Der weitere Zubau von Wärmepumpen ist mitentscheidend für die Entwicklung der CO₂-Emissionen. Auf Basis der bisherigen Entwicklung ist seine eigene Entwicklung jedoch kaum abschätzbar. Zwischen 2010 und 2019 ist ihr Anteil am Wohnungsneubau von 23,5 auf 29,8 Prozent gestiegen. Dies entspricht einer Zunahme von 0,7 Prozentpunkten pro Jahr. Beschleunigt sich die Zunahme nicht wesentlich, dürfte ihr Anteil bis 2035 kaum auf 50 Prozent des jährlichen Neubaus steigen. Sollte zudem auch die Sanierungsquote etwa auf dem Niveau der vergangenen Jahre bleiben, dürften die Emissionen voraussichtlich kaum unter 900 (600 – 1.200) kg pro Einwohner und Jahr sinken. Somit würde sich bis 2035 ein durchschnittlicher Treibhausgasausstoß von 1.100 kg/Ea ergeben.

Abbildung 158: CO₂-Emissionen aus Wohngebäudebeheizung pro Einwohner: Trend

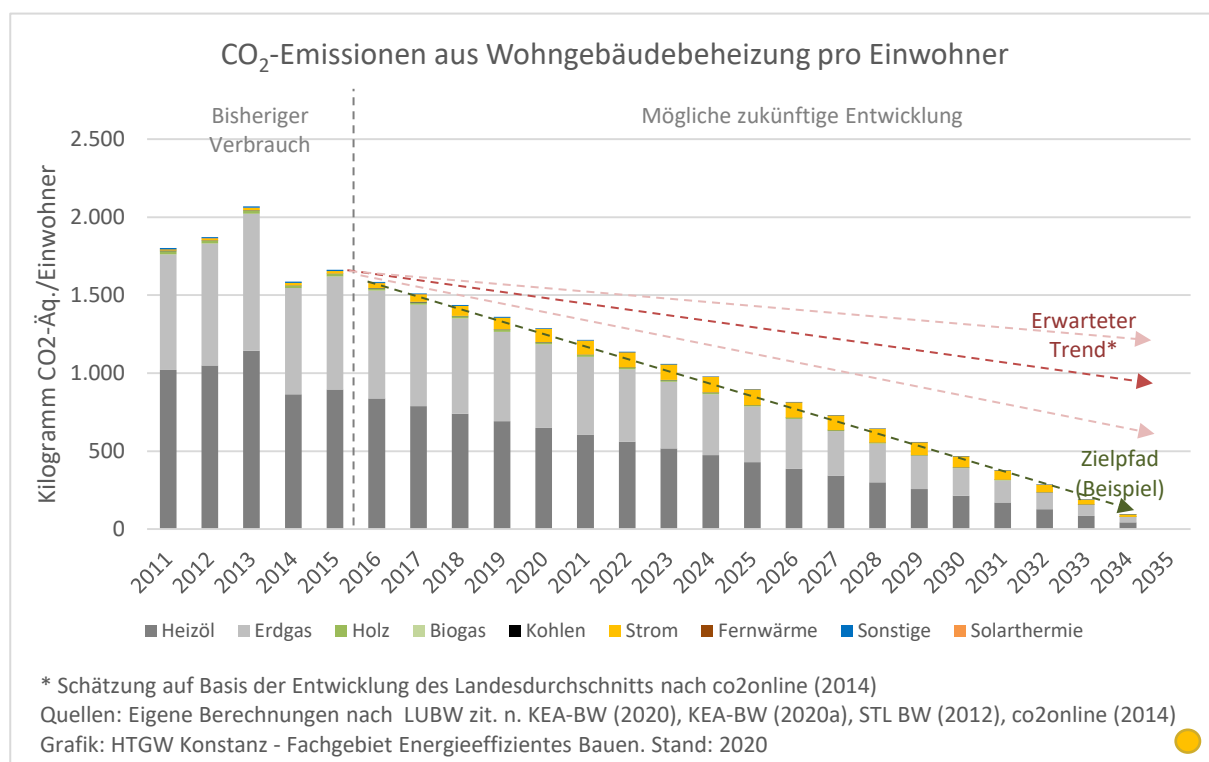


Abbildung 159: CO₂-Emissionen aus Wohngebäudebeheizung pro Einwohner: Klimaschutzszenario

4.3 Industrie

Der Endenergieverbrauch der Industrie im Landkreis Konstanz betrug im Jahr 2017 rund 1.735 GWh. Er wird jährlich durch das Statistische Landesamt erfasst und ist der Landesdatenbank (vgl. STL BW, 2020) zu entnehmen. Die Bundesregierung hat für die Industrie eine Minderung um 49 bis 51 Prozent (gegenüber 1990) als Ziel für das Jahr 2030 formuliert. (BMU, 2017)

4.3.1 Endenergieverbrauch der Industrie nach Energieträgern

Der Endenergieverbrauch der Industrie im Landkreis Konstanz zeigt zwischen dem Jahr 2006 und dem Jahr 2017 eine leicht abnehmende Tendenz mit konjunkturell bedingten Schwankungen. Im Jahr 2014 ist ein deutlicher Rückgang zu erkennen, der sich auf die Gesamtbilanz des Jahres 2014 erheblich auswirkt. Im Jahr 2018 stieg der Verbrauch wieder über das Niveau der Jahre 2014 und 2015. Erdgas und Strom decken jeweils mehr als zwei Drittel des Bedarfs. Der übrige Bedarf wird mit sonstigen, nicht genauer definierten Energieträgern gedeckt.

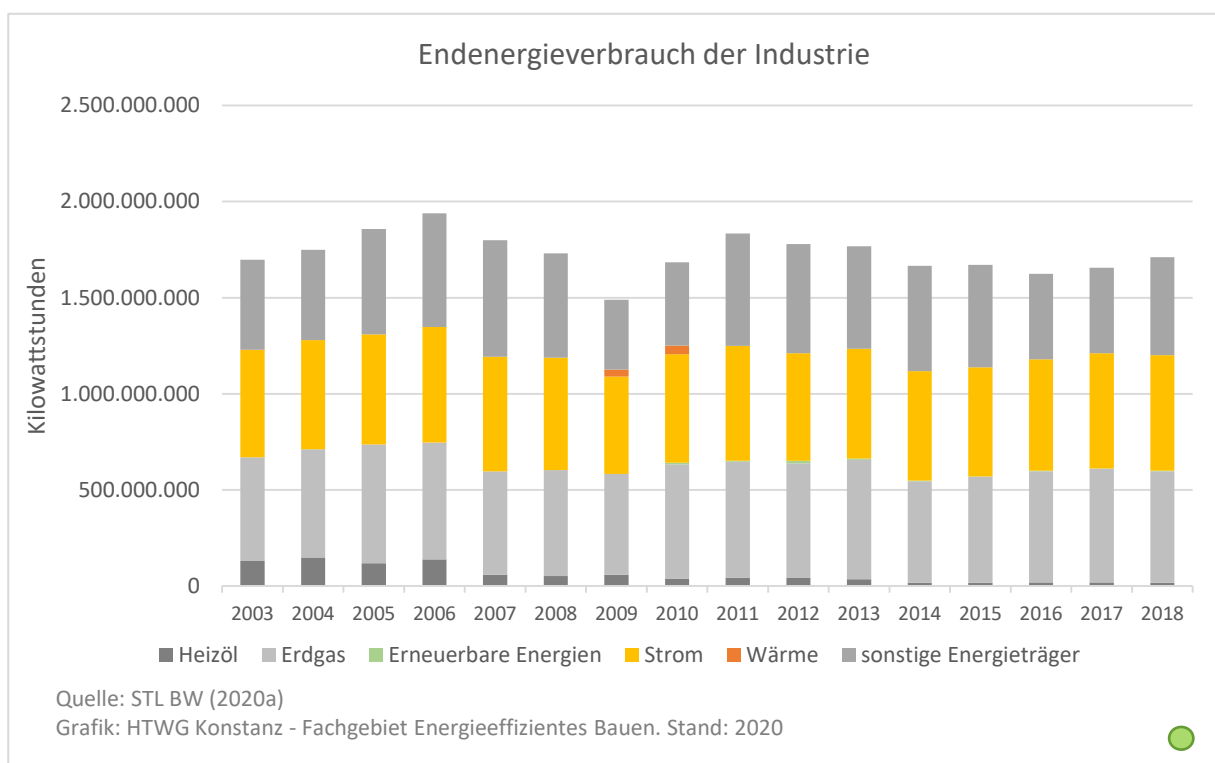


Abbildung 160: Endenergieverbrauch der Industrie nach Energieträgern 2003 - 2018

4.3.2 Endenergieverbrauch der Industrie pro Einwohner

Nimmt man das Jahr des Zensus 2011 als Bezugsjahr, ist der Endenergieverbrauch pro Einwohner bis zum Jahr 2018 um 11 Prozent gesunken. Der größte Teil des Rückgangs erfolgte in den Jahren 2012 und 2014. Zwischen 2014 und 2018 stagnierte der Verbrauch zwischen 5.960 und 6.110 kWh/EW.

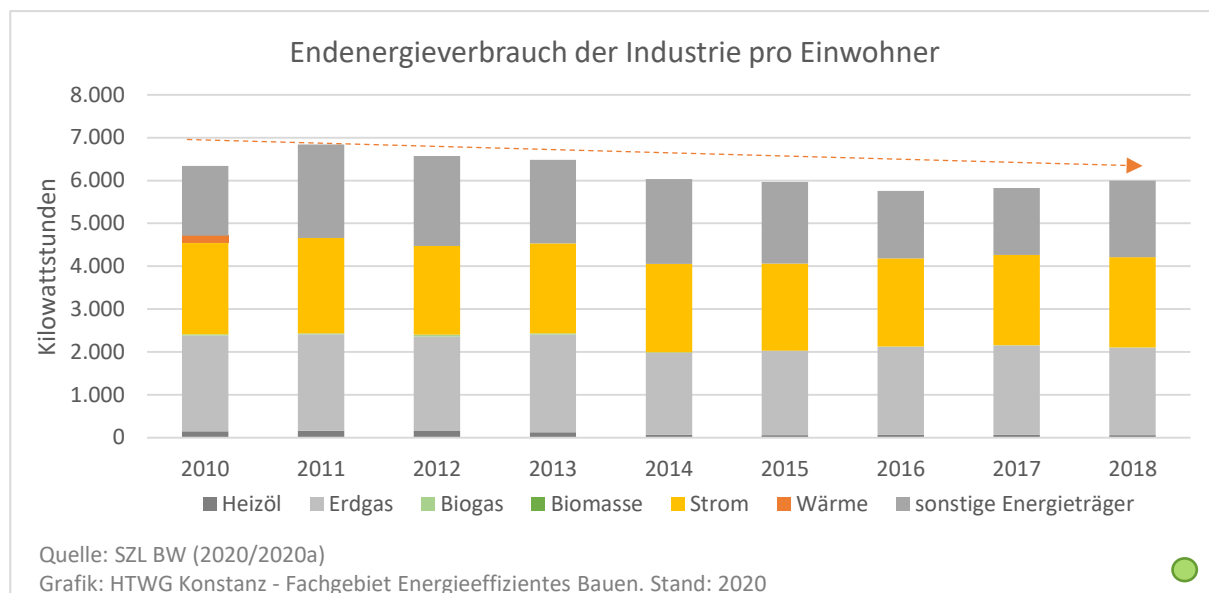


Abbildung 161: Endenergieverbrauch der Industrie pro Einwohner 2003 - 2018

4.3.3 Energieverbrauch der Industrie je erwerbstätige Person

Betrachtet man den Energieverbrauch der Industrie im Verhältnis zur Zahl der in Industrie und produzierendem Gewerbe erwerbstätigen Personen, so zeigt sich im Gegensatz zum Gesamtverbrauch zwischen 2011 und 2017 eine steigende Tendenz. Die Entwicklung ist in Abbildung 162 dargestellt. Eine genauere Differenzierung von Industrie und produzierendem Gewerbe ist an dieser Stelle nicht möglich, da keine entsprechenden Daten verfügbar waren.

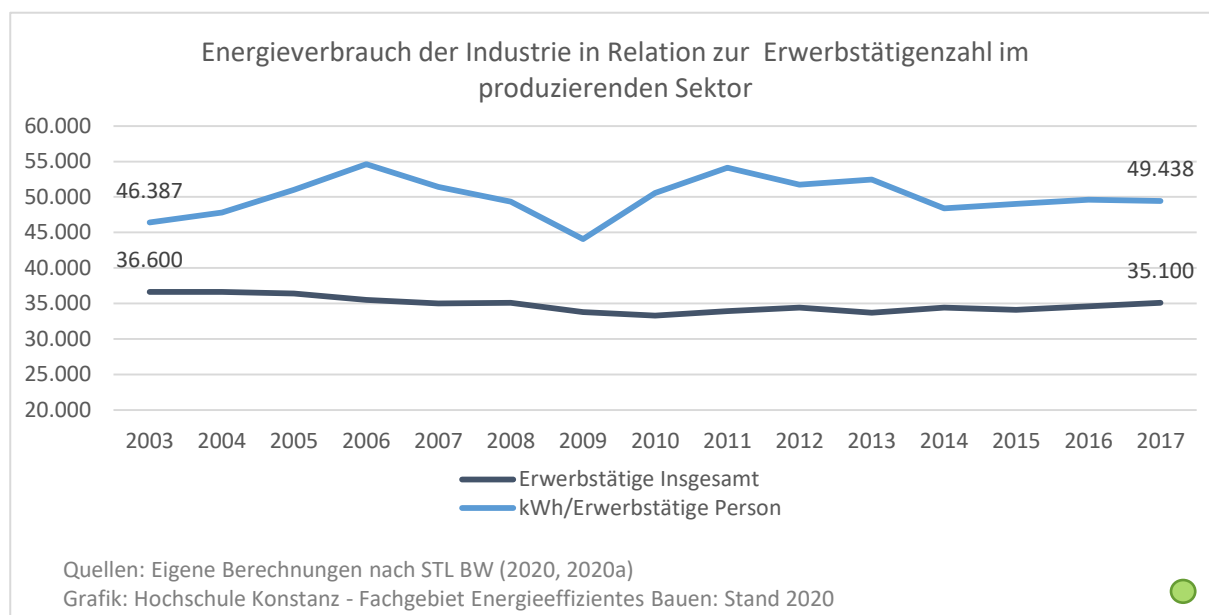


Abbildung 162: Energieverbrauch der Industrie in Relation zur Erwerbstätigenzahl im produzierenden Sektor

4.3.4 Treibhausgasemissionen der Industrie

Nach Berechnungen des Statistischen Landesamtes Baden-Württemberg lagen die CO₂-Emissionen der Industrie im Landkreis Konstanz im Jahr 2017 bei 2,1 Tonnen pro Einwohner. Das Statistische Landesamt legt seiner Berechnung allerdings neben den Emissionsfaktoren des UBA für fossile Brennstoffe den Emissionsfaktor des Baden-Württembergischen Strommixes zugrunde. Rechnet man dem Stromverbrauch den Emissionsfaktor des deutschen Strommixes zu, so steigen die Emissionen der Industrie im Landkreis Konstanz im Jahr 2017 auf rund 2,5 Tonnen pro Einwohner.

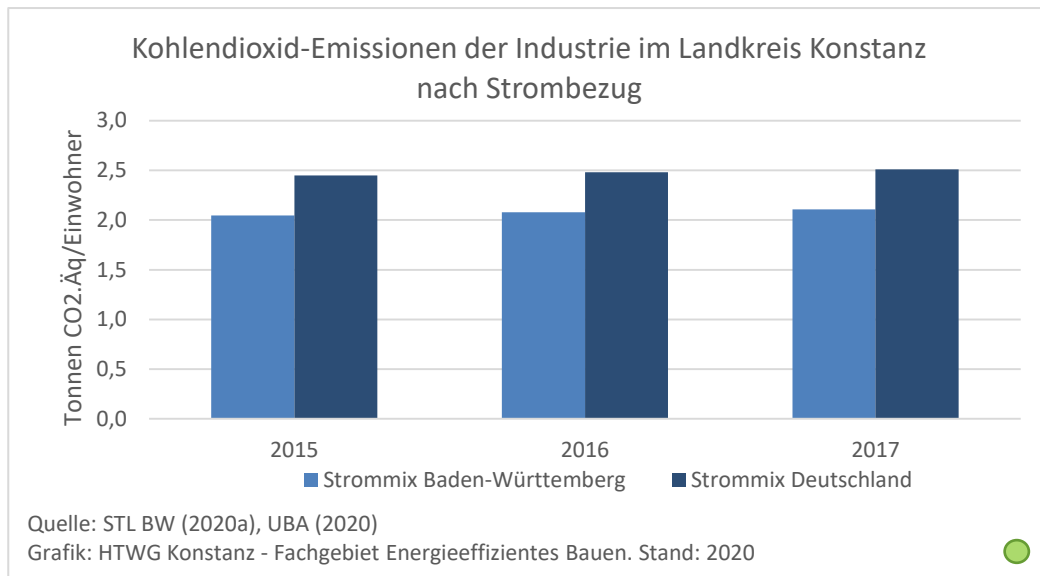


Abbildung 163: CO₂-Emissionen der Industrie pro Einwohner

4.3.5 Industrie - Trends und mögliche Zielpfade

Für das Klimaschutzszenario 1 wurde eine Reduktion des Endenergiebedarfs um 30 Prozent sowie ein vollständiger Umstieg auf erneuerbare Energien bis 2035 angenommen. Der angenommene Zielpfad ist in Abbildung 164 grafisch dargestellt.

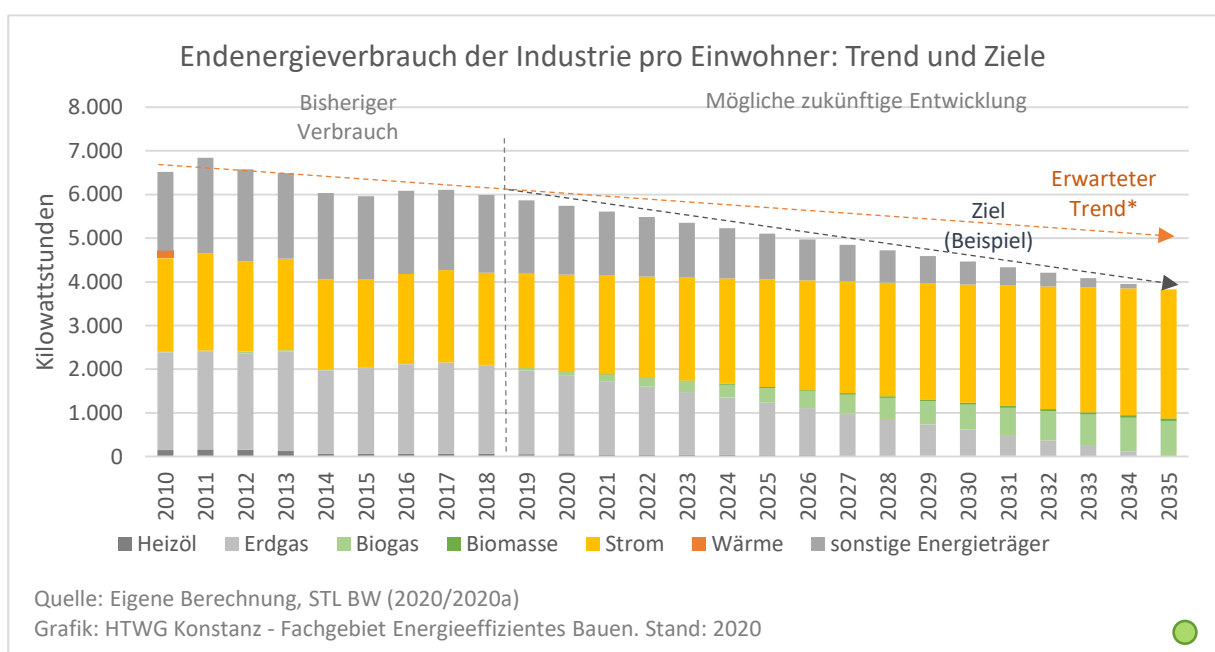


Abbildung 164: Endenergieverbrauch der Industrie pro Einwohner: Trend und Ziele (Beispiel)

Je nach Strombezug ergeben sich daraus die in Abbildung 165 und Abbildung 166 dargestellten Entwicklungen der CO₂-Emissionen. Für das Klimaschutzszenario wurden, wie auch bei den übrigen Sektoren, die Emissionen nach den deutschen Strommix angerechnet. Dabei wurde der Emissionsfaktor für den Inlandsverbrauch angewendet.

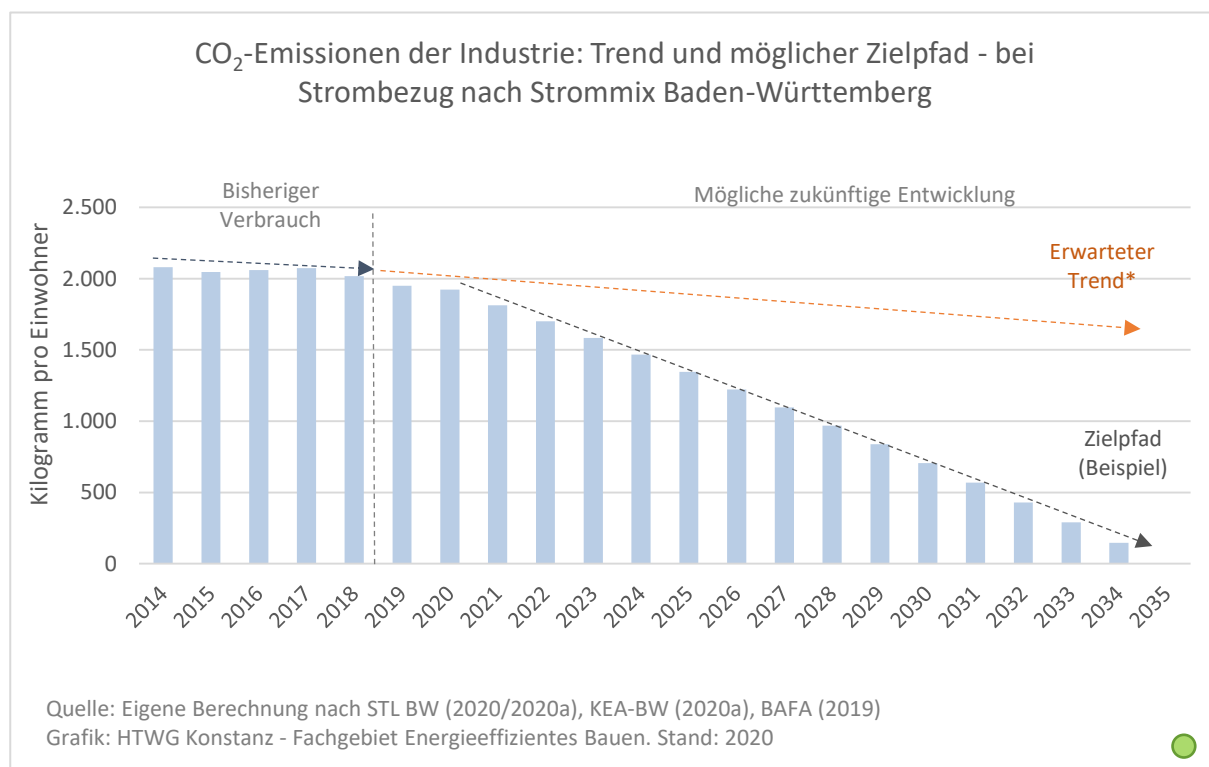


Abbildung 165: CO₂-Emissionen der Industrie: Trend und möglicher Zielpfad - Strommix "Baden-Württemberg" (Beispiel)

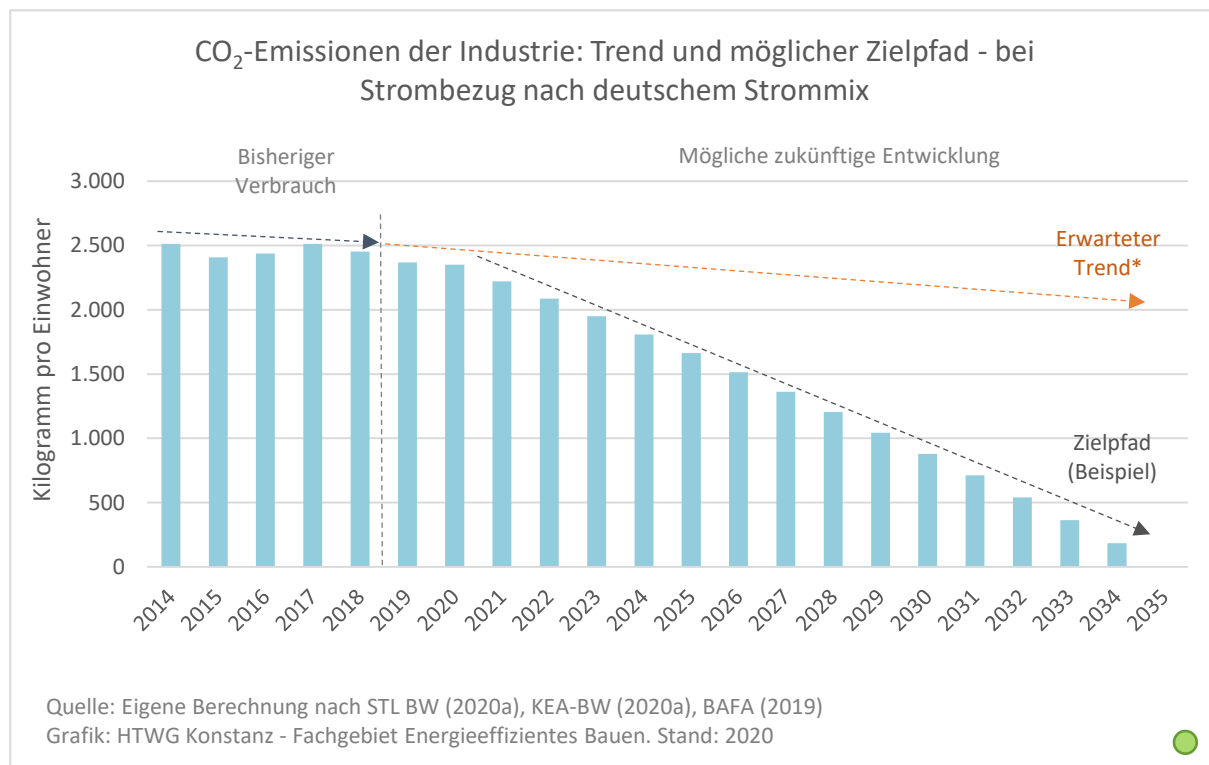


Abbildung 166: CO₂-Emissionen der Industrie: Trend und möglicher Zielpfad - Strommix "Deutschland" (Beispiel)

4.4 Gewerbe, Handel, Dienstleistung

Für den Landkreis Konstanz sowie für die meisten seiner Gemeinden liegen zum Sektor Gewerbe, Handel und Dienstleistung (GHD) keine realen Messdaten vor. Der Endenergiebedarf sowie die Emissionen des Sektors wurden daher anhand des Wärmeverbrauchs sogenannter Kleinverbraucher (LUBW zit. n. KEA-BW, 2020) sowie bundesweiter Durchschnittsverbräuche geschätzt (UBA, 2020a). Des Weiteren flossen Durchschnittswerte vergleichbarer Landkreise in die Schätzung ein.

In Baden-Württemberg wird der Endenergieverbrauch des Sektors GHD nicht gesondert erfasst, sondern gemeinsam mit dem Verbrauch sonstiger Verbraucher, zu denen u. a. auch die Landwirtschaft und die öffentlichen Einrichtungen zählen. 2017 verbrauchten die sonstigen Verbraucher rund 18 Prozent der Endenergie. Dies entsprach rund 4,3 MWh pro Einwohner. (STL BW, 2019). Um den Endenergiebedarf des Sektors GHD zu erhalten, wurde der Energiebedarf der Landwirtschaft über die Fläche und den durchschnittlichen Bedarf pro Hektar geschätzt und von der Gesamtsumme abgezogen. Demnach dürfte der Endenergiebedarf des Sektors GHD ca. 3,8 MWh pro Person betragen haben. In Deutschland liegt der Endenergiebedarf des Sektors GHD bei rund 4,5 MWh/Ea. Davon entfielen knapp 1,8 MWh auf Strom. (UBA, 2020a) Im Bodenseekreis, der dem Landkreis Konstanz strukturell ähnlich ist, lag der Endenergieverbrauch des Sektors GHD im Jahr 2012 bei rund 3,4 MWh pro Einwohner, wovon rund 1,9 MWh auf Strom entfielen.

Tabelle 17: Endenergieverbrauch des Sektors GHD in Deutschland

Region	Jahr	Einheit	Strom	Wärme	Insgesamt
Deutschland	2018	kWh/Ea	1.750	2.770	4.520
Bodenseekreis	2012	kWh/Ea	1.930	1.490	3.420

UBA (2020a), Energieagentur Ravensburg (2012)

Im Landkreis Konstanz liegen explizit zum Sektor GHD lediglich für die Stadt Konstanz Daten vor. Dort betrug der Endenergieverbrauch des Sektors im Jahr 2012 rund 4.470 kWh/Ea (Quelle: Stadt Konstanz). Nach einer Schätzung der LUBW lag der Verbrauch von Heizöl und Erdgas durch die sonstigen Kleinverbraucher im Landkreis im Jahr 2017 bei ca. 593 GWh, was rund 2,1 MWh/Einwohner entspricht.

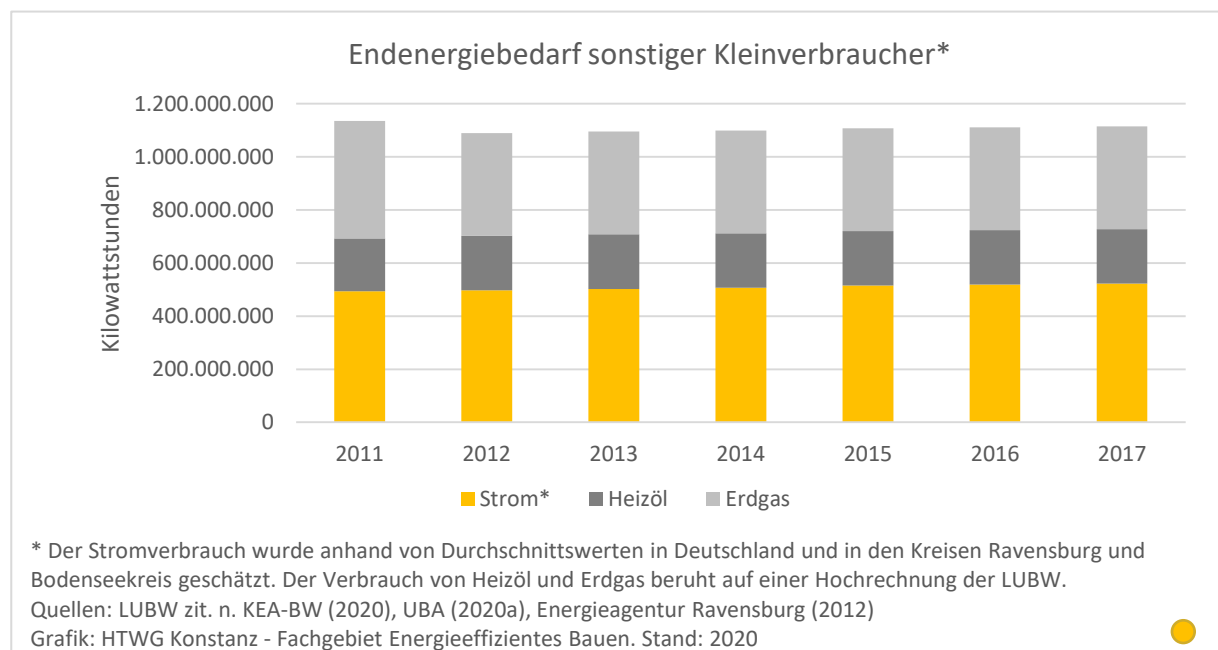


Abbildung 167: Geschätzter Endenergiebedarf sonstiger Kleinverbraucher im Kreis Konstanz

4.4.1 Endenergiebedarf im Sektor GHD

Legt man den Verbrauch von Heizöl und Erdgas nach LUBW zugrunde und nimmt einen Stromverbrauch an, der dem deutschen Durchschnitt entspricht, dürfte der Endenergiebedarf der sonstigen Kleinverbraucher einschließlich eines geringen Biomasseverbrauchs bei ca. 4 MWh pro Einwohner liegen. Der Bedarf der Landwirtschaft an Heizöl und Erdgas wird aufgrund der relativ großen beheizten Gewächshausflächen auf mindestens 0,4 MWh pro Einwohner und Jahr geschätzt. Folglich läge Der Endenergieverbrauch des Sektors GHD bei ca. 3,6 MWh/Ea.

4.4.2 Sektor GHD - Trends und mögliche Ziele

Endenergieverbrauch

Für das Klimaschuttszenario wurde eine Reduktion des Endenergiebedarfs um mindestens 20 Prozent und eine weitgehende Elektrifizierung angenommen. Beim Bedarf an Brennstoffen wurde eine Reduktion um 75 Prozent eingerechnet, beim Stromverbrauch eine Erhöhung des Bedarfs um 30 Prozent.

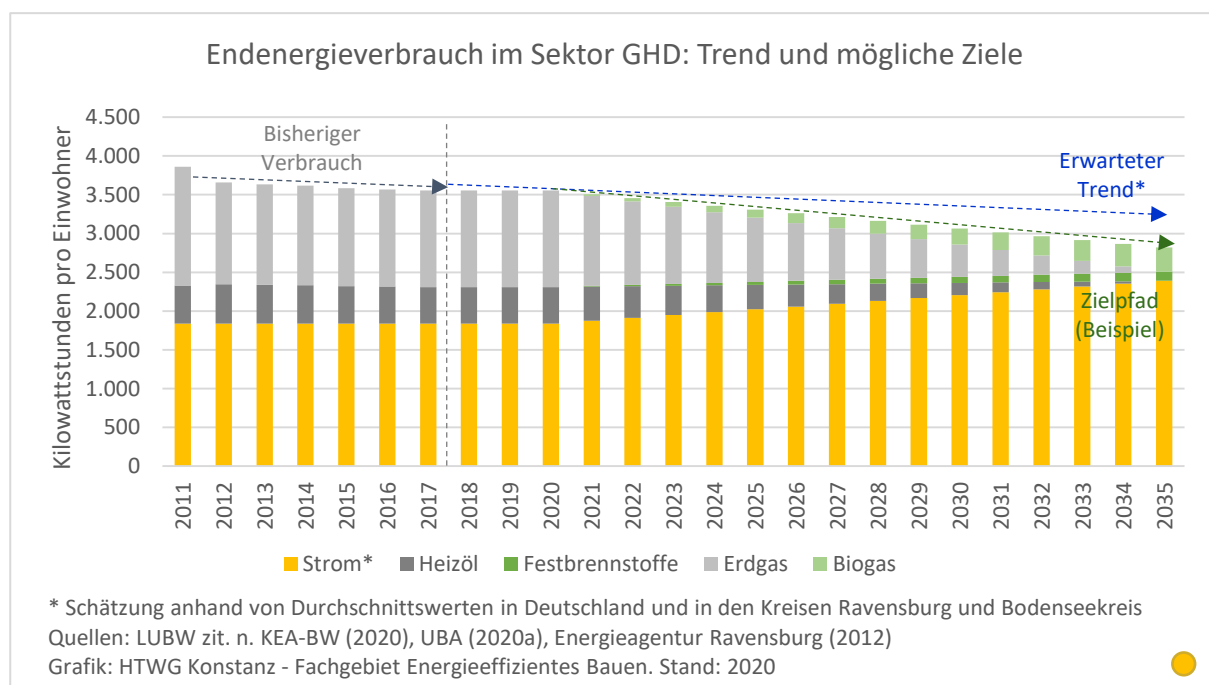


Abbildung 168: Geschätzter Endenergieverbrauch im Sektor GHD: Trend und mögliche Ziele

Treibhausgasemissionen

Aus dem geschätzten Endenergiebedarf des Sektors GHD ergeben sich für das Jahr 2017 Emissionen von ca. 1,5 Tonnen CO₂-Äquivalent pro Einwohner. Entlang des gewählten Beispielzielpfades könnten die Emissionen des Sektors GHD bis 2035 auf null abgesenkt werden.

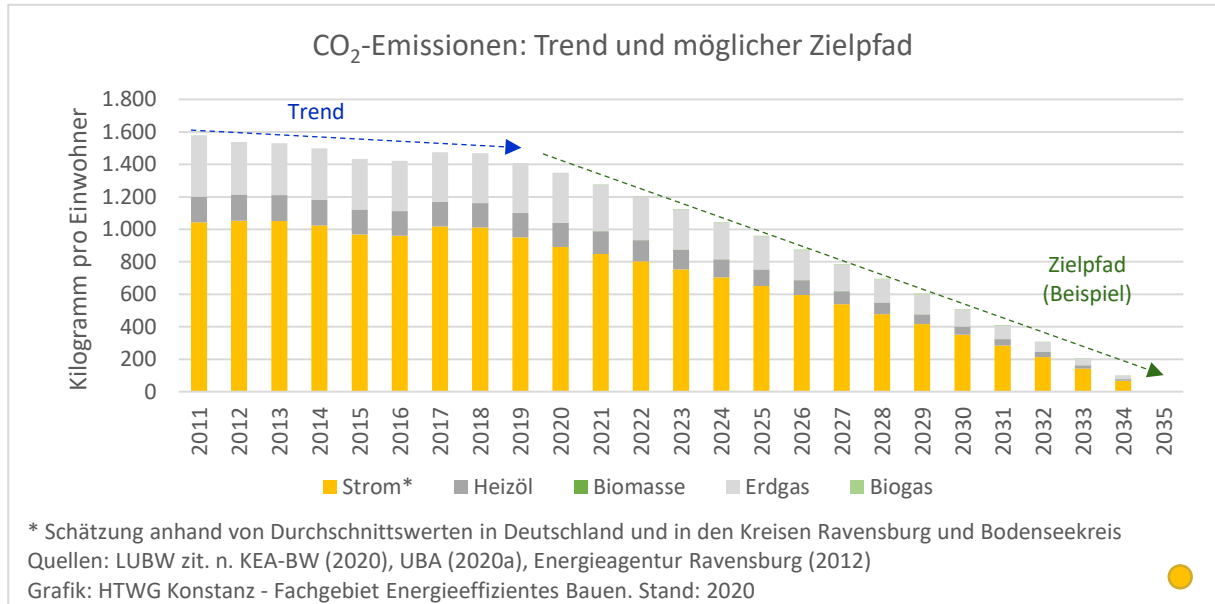


Abbildung 169: CO₂-Emissionen des Sektors GHD - Trend und möglicher Zielpfad

4.4.3 Energiebedarf je Quadratmeter im Mittelständischen Einzelhandel

Aufgrund der lückenhaften Datengrundlage erscheint es sinnvoll, den Sektor in einer separaten Studie zu untersuchen. Die Potenziale für kurz- oder mittelfristige Energieeinsparungen werden als vergleichsweise groß eingeschätzt, beispielsweise im Lebensmitteleinzelhandel, der im Bereich des Einzelhandels einen hohen Energiebedarf pro Quadratmeter aufweist. Nachfolgend wird ein Überblick über die durchschnittlichen Bedarfsmengen wichtiger Branchen des Sektors GHD in Deutschland je Quadratmeter gegeben.

Der Energiebedarf des Einzelhandels unterscheidet sich von Branche zu Branche sehr stark. So beträgt etwa der Bedarf des Lebensmitteleinzelhandels mehr als das Dreifache des Bedarfs im Möbeleinzelhandel. Hohe Energiebedarfe weisen aber auch der Elektronikeinzelhandel und Apotheken auf (vgl. Statista 2015a).

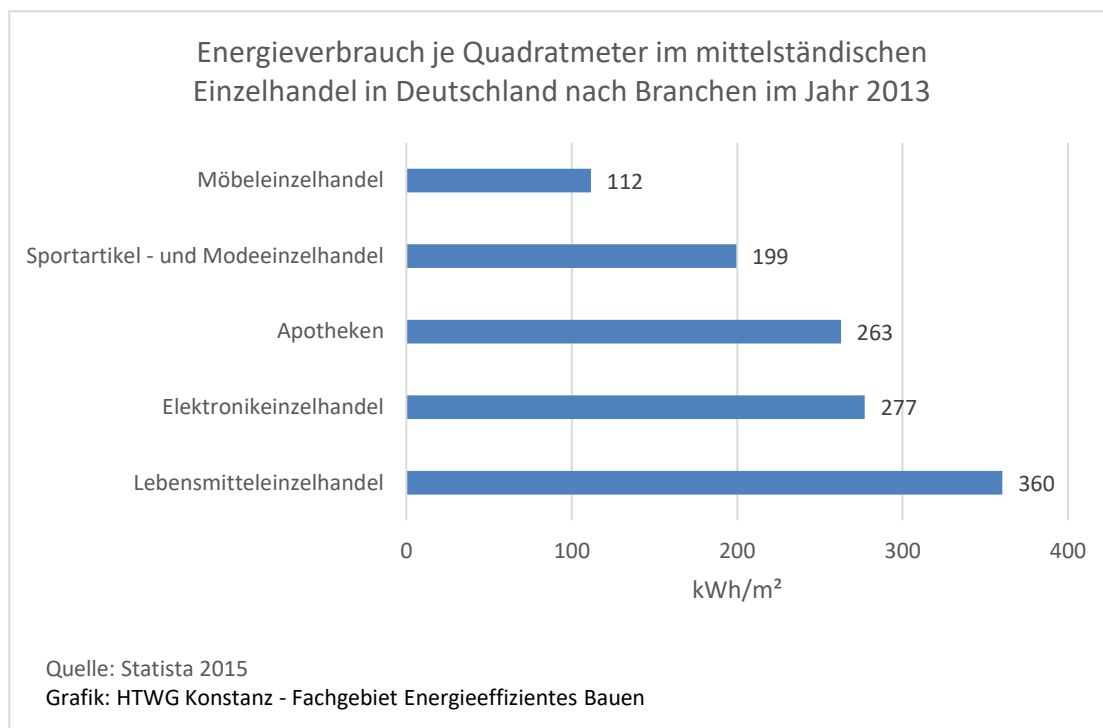


Abbildung 170: Energieverbrauch je Quadratmeter im mittelständischen Einzelhandel in Deutschland

Das Einsparpotenzial könnte zumindest im Lebensmittelhandel beachtlich sein. So lässt sich z. B. durch den Einsatz von Selbstbedienungskühlregalen mit Schiebe- oder Drehflügeltüren der Strombedarf im Vergleich zu offenen SB-Kühlregalen um 15 bis 50 Prozent reduzieren. Tiefkühltruhen mit drehzahlgeregelten Kompressoren können im Vergleich zu ihren Vorgängern bis zu 20 Prozent Strom einsparen (vgl. Jakobs 2009). Weitere Einsparpotenziale bieten beispielsweise LED-Beleuchtung und eine verbesserte Gebäudedämmung. Die großen Dachflächen eignen sich in der Regel gut für Solaranlagen, die gegebenenfalls mit Wärmepumpentechnik kombiniert werden können. Insgesamt können Supermärkte inzwischen das Niedrigenergiehaus-Niveau erreichen. Der erste Verbrauchermarkt dieses Energiestandards erreichte schon 2009 „100 Prozent Einsparung fossiler Brennstoffe als Heizenergie, 30 Prozent weniger CO₂-Ausstoß und 10 Prozent weniger Stromverbrauch im Vergleich zu einem Supermarkt in herkömmlicher Bauweise“ (Wienerberger 2010).

4.5 Landwirtschaft

Die Landwirtschaft wird als Energieverbraucher meist weniger beachtet, da sie in Deutschland nur rund zwei Prozent der in Deutschland bereitgestellten Endenergie direkt verbraucht. Berücksichtigt man aber den indirekten Energieverbrauch und die insgesamt verursachten Treibhausgasemissionen, ist die Landwirtschaft ein wichtiger Faktor für das Erreichen der Klimaschutzziele. So trägt die Landwirtschaft mit ca. 10 bis 12 Prozent direkt zu den globalen Treibhausgasemissionen bei. Rechnet man auch diejenigen Emissionen hinzu, die z. B. durch Landnutzungsänderungen (z. B. Waldrodungen zur Anbauflächengewinnung) entstehen, werden die von der Landwirtschaft verursachten Emissionen auf 31 Prozent der globalen Treibhausgasemissionen geschätzt (Zukunftsstiftung Landwirtschaft, 2020). Wichtig sind daher auch eine Umstellung der Ernährung durch die Verbraucher und eine Reduktion des Flächenverbrauchs durch Siedlungs- und Straßenbau, um die Notwendigkeit weiterer Landnutzungsänderungen zu reduzieren. Zudem kann die Landwirtschaft durch die Nutzung sogenannter Humusmehrer, die Verwendung organischer Dünger und Methoden des ökologischen Landbaus Kohlenstoff im Boden einlagern und so CO₂ absorbieren. Hierzu kann der Energiesektor einen besonderen Beitrag leisten, da unter den Energiepflanzen eine besonders große Auswahl an mehrjährigen Pflanzen zur Verfügung steht. Bisher werden jedoch fast ausschließlich einjährige Energiepflanzen genutzt, die im konventionellen Anbau eine vergleichsweise schlechte Humusbilanz aufweisen. Insgesamt (Stand 2018) tragen die Emissionen der Landwirtschaft, die nicht energiebedingt sind⁶, rund 7,4 Prozent zu den deutschen Treibhausgasemissionen bei (Thünen-Institut, 2020).

Für den direkten Endenergieverbrauch der Landwirtschaft im Landkreis Konstanz sind neben der Landbewirtschaftung (Ackerland, Dauergrünland und Obstanlagen) auch die beheizten Gewächshausflächen ausschlaggebend. Relevante Stellschrauben sind hier daher die Flächenanteile und Verwendungen der verschiedenen Kulturpflanzen, die Wirtschaftsweise, die Gewächshausfläche, der Energiestandard der Gewächshäuser sowie die jeweils genutzten Energieträger. Für den indirekten Energieverbrauch ist vor allem die Bewirtschaftungsweise (ökologisch oder konventionell) ausschlaggebend.

4.5.1 Direkter Energieverbrauch der Landwirtschaft

Energie wird in der Landwirtschaft für die Feldbearbeitung, aber auch für Transporte und den Gebrauch von Betriebsgebäuden und Maschinen benötigt. Ein großer Teil des Energieverbrauchs entsteht jedoch nicht direkt im Betrieb oder bei der Feldbearbeitung, sondern z. B. bei der Produktion der eingesetzten Dünge- und Pflanzenschutzmittel. Dieser indirekte Verbrauch sogenannter „Grauer Energie“ wird bei quellenbezogenen Bilanzen, wie der vorliegenden, nicht berücksichtigt.

Der direkte Endenergieverbrauch der Landwirtschaft in Deutschland betrug im Jahr 2014 nach Angaben des Statistischen Bundesamtes rund 59 TWh (Statista, 2016). Bezogen auf die in Deutschland genutzte Landwirtschaftsfläche entspricht dies rund 3.500 kWh pro Hektar. In Deutschland liegt der Grünlandanteil lediglich bei 30 Prozent, im Landkreis Konstanz mit 35 Prozent in einer ähnlichen Größenordnung.

Betrachtet man den auf dieser Faktenbasis geschätzten Energiebedarf der Landwirtschaft im Landkreis Konstanz, so ergibt sich allein aufgrund einer veränderten Flächennutzung (Acker- und Grünlandflächen) und des Flächenverbrauchs zwischen den Jahren 2010 bis 2017 ein Rückgang des Endenergieverbrauchs von 1,3 Prozent.

⁶ Nicht energiebedingte Emissionen sind z. B. Methan-Emissionen aus der Tierhaltung und Lachgas-Emissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden: „Bei den Emissionen aus der Landwirtschaft betrug der Anteil von Methan (CH₄) aus der tierischen Verdauung 39,4 %, während der Anteil von Lachgas (N₂O) aus Böden (einschließlich der Emissionen infolge der Ausbringung von Energiepflanzengärresten) bei 38,8 % lag. Die restlichen 21,8 % der Emissionen aus der Landwirtschaft entfielen auf das Wirtschaftsdünger-Management, die Lagerung von Energiepflanzengärresten, Kalkung und Harnstoffanwendung.“ (Thünen-Institut, 2020)

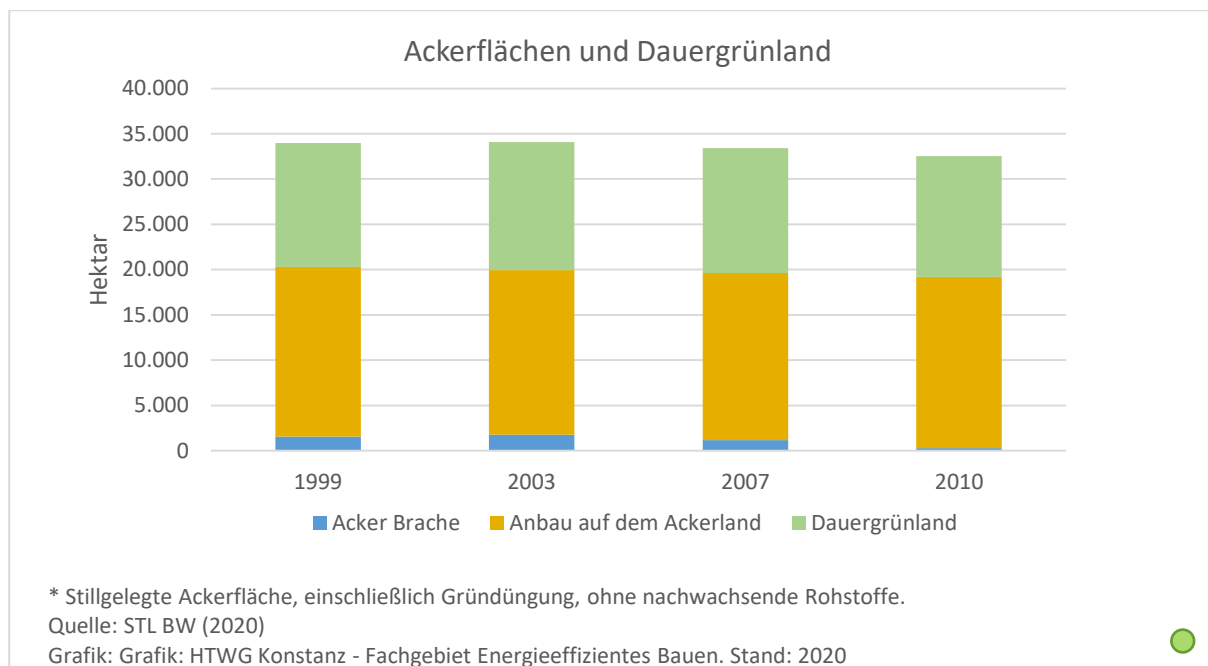


Abbildung 171: Entwicklung von Ackerflächen und Dauergrünland 1999 - 2010

Da sich jedoch auch die Anteile der wichtigsten Feldfrüchte im Landkreis Konstanz zum Teil erheblich verändert haben, ergaben sich auch aus diesen Veränderungen Effekte auf den Endenergieverbrauch der Landwirtschaft.

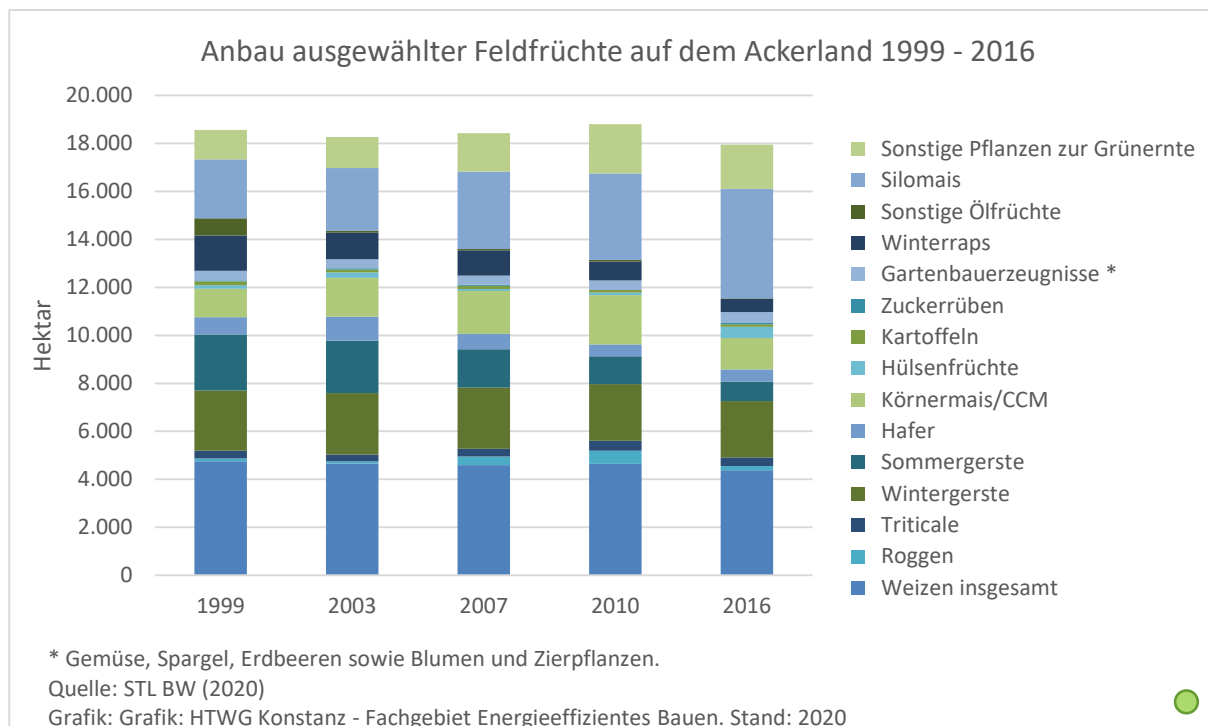


Abbildung 172: Anbau ausgewählter Feldfrüchte auf dem Ackerland 1999 - 2016

Einen besonders hohen kumulierten Energieaufwand pro Hektar weisen der Anbau von Gemüse und Hackfrüchten auf. Dieser liegt beispielsweise mehr als doppelt so hoch, wie der Energieaufwand des Getreideanbaus. Den geringsten Energieaufwand weisen Energiepflanzen auf, wenn auch mehrjährige Energiepflanzen genutzt werden, wie z. B. Weiden und Pappel, Miscanthus, Sida oder Durchwachsene Silphie.

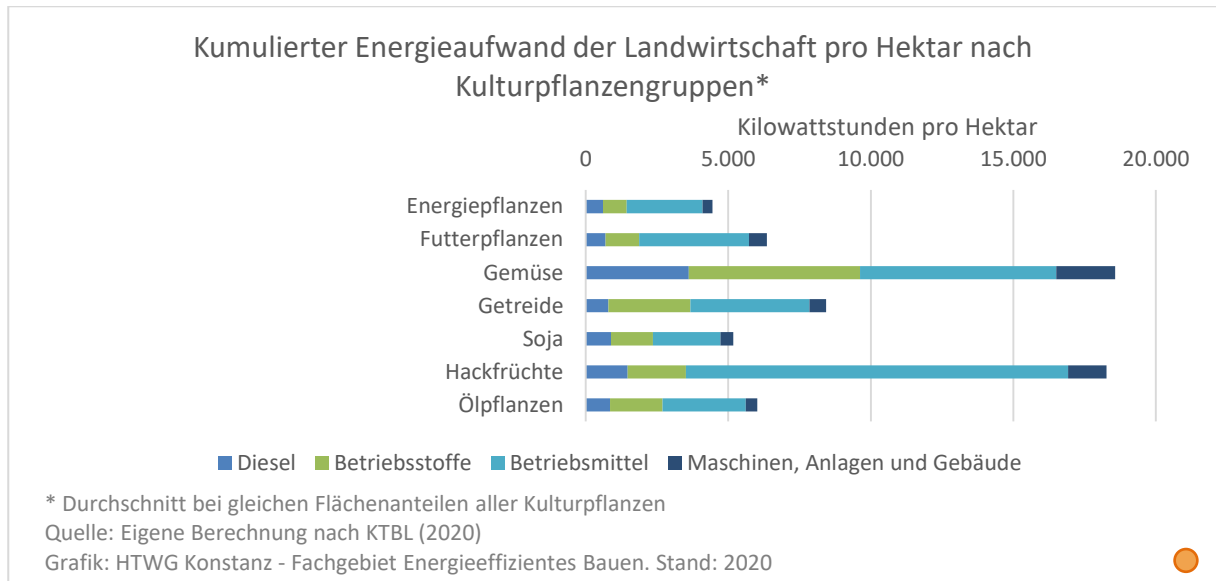


Abbildung 173: Kumulierter Energieaufwand der Landwirtschaft pro Hektar nach Kulturpflanzengruppen

Schätzt man auf Basis der Flächenanteile der verschiedenen Feldfrüchte den kumulierten Energieaufwand der Landwirtschaft im Landkreis für Ackerbau und Grünlandbewirtschaftung ohne Gewächshäuser, so ergibt sich für das Jahr 2016 insgesamt ein kumulierter Energieaufwand von 206 GWh, was rund 6.400 kWh/ha entspricht. Der größte Anteil davon entfällt auf Betriebsmittel.

Abzüglich der Betriebsmittel⁷⁸ verbleibt eine Summe von 88 GWh, die rund 2.740 kWh/ha entspricht. Zu dem Energieverbrauch, der bei der Feldbearbeitung entsteht, wird Energie für den sonstigen Hofbetrieb benötigt. In der Regel summiert sich der Dieserverbrauch somit auf rund 100 Liter pro Hektar (vgl. KTBL, 2020a). Hinzu kommt ein durchschnittlicher Benzinverbrauch von rund 200 kWh/ha (Hersener/Meier, 2001). Damit ergibt sich ein geschätzter Endenergiebedarf von rund 3.200 kWh pro Hektar.

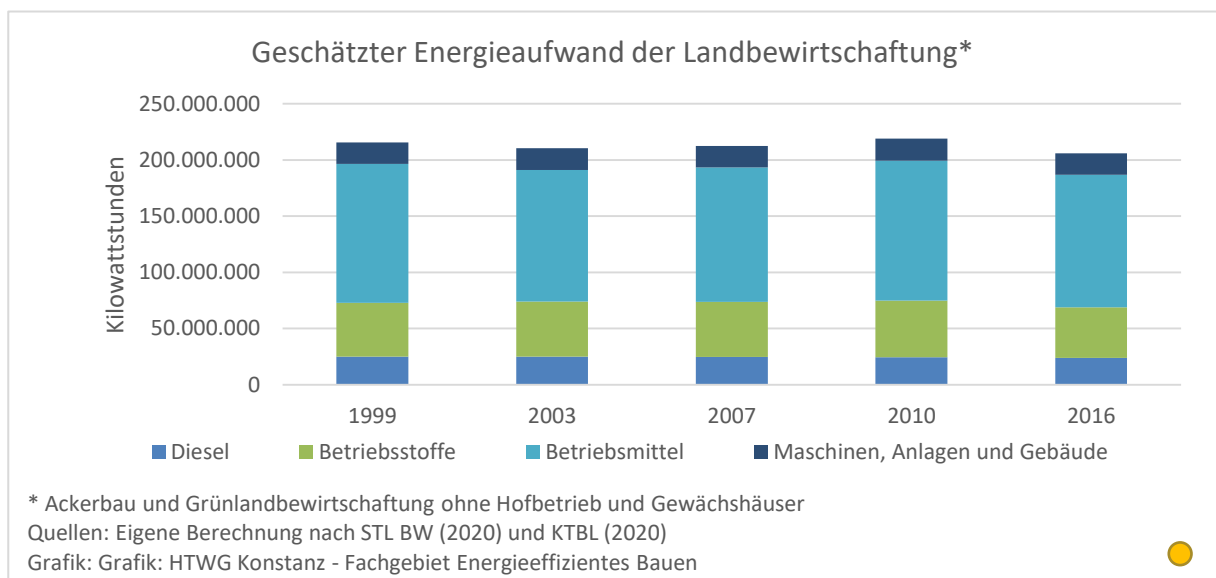


Abbildung 174: Geschätzter kumulierter Energieaufwand der Landbewirtschaftung im Landkreis Konstanz

⁷ Betriebsmittel sind materielle und immaterielle Verbrauchsgüter, die in dem Produkt aufgehen oder genutzt werden. (KTBL, 2020)

⁸ Betriebsstoffe dienen dem Antrieb, der Kühlung und der Schmierung von technischen Anlagen und Maschinen (Diesel, Benzin, Motoröl, Strom usw.). (KTBL, 2020)

Mit einem geschätzten Endenergieverbrauch 3.200 kWh/ha liegt das Ergebnis der Schätzung etwas oberhalb des von Hersener & Meier ermittelten Durchschnittswertes und unterhalb des bundesweiten Durchschnitts, der im Jahr 2014 bei rund 3.500 kWh/ha lag (Statista, 2016). Zum Vergleich sind in Tabelle 18 verschiedene Angaben zum Energieverbrauch der Landwirtschaft in der Literatur zusammengefasst.

Tabelle 18: Energiebedarfskennwerte der Landwirtschaft in der Literatur (kWh/ha*a)

Quelle	Energiebedarfskennwert	Konv.	Ökol.
Statista, 2016	Energieverbrauch insgesamt (Stand 2014)	3.500	
LFL Bayern, 2014	Treibstoffbedarf	1.380	
	Strombedarf	510	
Haas, G. et al., 1995, zit. n. SÖL 2011	Treibstoffbedarf insgesamt	940	970
	Maschinen	250	330
	Trocknung	170	80
Latsch/Anken, 2015	Direkter Energiebedarf insgesamt	4.200	
	Indirekter Energiebedarf insgesamt	10.000	
Hersener/Meier, 2001	Direkter Energiebedarf insgesamt	2.850	
	Dieserverbrauch Flächenbearbeitung Insgesamt	1.695	
	Dieserverbrauch Flächenbearbeitung Ackerland	1.970	
	Dieserverbrauch Flächenbearbeitung Dauergrünland	1.160	
	Dieserverbrauch für Sonstiges	530	
	Benzinverbrauch	210	
	Stromverbrauch	430	
Ber. n. KTBL, 2020*	Dieserverbrauch Flächenbearbeitung Insgesamt	738	752
	Dieserverbrauch Flächenbearbeitung Ackerland	690	710
	Dieserverbrauch Flächenbearbeitung Dauergrünland	860	700
	Dieserverbrauch für Sonstiges	260	260

* Die Berechnung nach KTBL (2020) beruht auf den im Landkreis angebauten Kulturpflanzengruppen in den Jahren 1999 bis 2016 (vgl. STL BW Regionaldatenbank und KTBL Leistungskostenrechner Pflanzenbau). Im Mittel kann man nach KTBL von einem Dieserverbrauch von rund 100 Litern Diesel pro Hektar und Jahr ausgehen (vgl. KTBL Dieselbedarfsrechner, 2020).

Neben dem Energieaufwand von Ackerbau und Grünlandbewirtschaftung trägt die Nutzung beheizter Gewächshäuser mit einem Endenergieverbrauch von rund 86 GWh/ha einen erheblichen Anteil zum Energieaufwand der Landwirtschaft im Landkreis Konstanz bei (ULB Stockach, 2020).

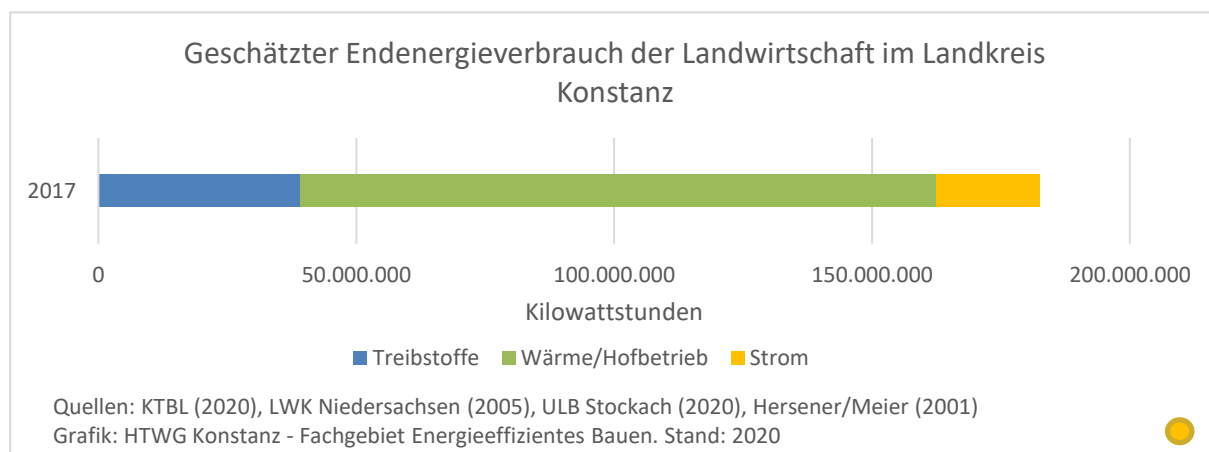


Abbildung 175: Geschätzter Endenergieverbrauch der Landwirtschaft im Landkreis Konstanz

So ergibt sich für das Jahr 2017 ein geschätzter Endenergieverbrauch von rund 185 GWh, was rund 5.800 kWh pro Hektar und 650 kWh pro Einwohner entspricht. Davon entfallen rund 300 kWh/Einwohner auf den Betrieb der Gewächshäuser. Während der Wärmebedarf der Gewächshäuser genau beziffert werden kann, ist der Wärmebedarf der sonstigen Gebäude und Anlagen unbekannt. Eine relevante Größe könnte hier vor allem der Energieverbrauch der Viehhaltung haben.

4.5.2 Indirekter Energieverbrauch

Um ein vollständiges Bild zu zeichnen, sei hier auch kurz auf den indirekten Energieverbrauch der Landwirtschaft eingegangen. Dieser beträgt gemäß der Schätzung nach KTBL (2020) im Landkreis Konstanz rund 3.700 kWh pro Hektar. Je nach Anbaubedingungen kann er aber auch deutlich höher ausfallen. Für die Schweiz wurde z. B. ein indirekter Energieaufwand von bis zu 9.900 kWh pro Hektar ermittelt, womit der indirekte Energieaufwand mehr als doppelt so hoch ausfiel wie der direkte Energieverbrauch. (Latsch/Anken 2015).

4.5.3 Endenergiebedarf der Landwirtschaft: Trend und mögliche Ziele

In der Landwirtschaft ist der Einsatz von Treibstoffen auf Basis von Pflanzenölen ein erprobtes Mittel, erdölbasierte Treibstoffe zu ersetzen. Aufgrund begrenzter Anbauflächen und relativ geringer Wirkungsgrade von Verbrennungsmotoren bietet jedoch die Elektrifizierung der Landmaschinen voraussichtlich das größte Potenzial, fossile Treibstoffe in Zukunft auch in der Landwirtschaft verzichtbar zu machen. Elektrische Erntemaschinen wie Mähdrescher, Feldhäcksler oder Pressen befinden sich größtenteils noch in der Entwicklungs- bzw. Testphase. Elektrisch betriebene Traktoren sind dagegen bereits von mehreren Herstellern in den Handel gebracht worden. Ähnlich dem Verhältnis von Elektro-Pkw zu Pkw mit Verbrennungsmotor benötigen auch elektrisch betriebene Traktoren rund 75 Prozent weniger Endenergie als vergleichbare Fahrzeuge mit Dieselantrieb. Nach Herstellerangaben reichen 100 kWh Strom für ca. 5 Stunden durchschnittlichen Betrieb eines Elektro-Traktors aus (vgl. VDI, 2017). Herkömmliche Traktoren mit Dieselmotoren benötigen ca. 80 bis über 100 kWh für eine Stunde durchschnittlichen Betriebs (vgl. LWK Niedersachsen, 2005). Auf dieser Basis wurden die möglichen Entwicklungen des Treibstoffverbrauchs und des Stromverbrauchs in der Landwirtschaft im Landkreis Konstanz geschätzt, die sich in einem Klimaschutzszenario aus einer vollständigen Elektrifizierung der Landmaschinen ergeben könnten. Nach dieser Schätzung könnte der Endenergiebedarf für die Bereiche Treibstoffe und Strom auf diese Weise insgesamt um 56 Prozent reduziert werden.

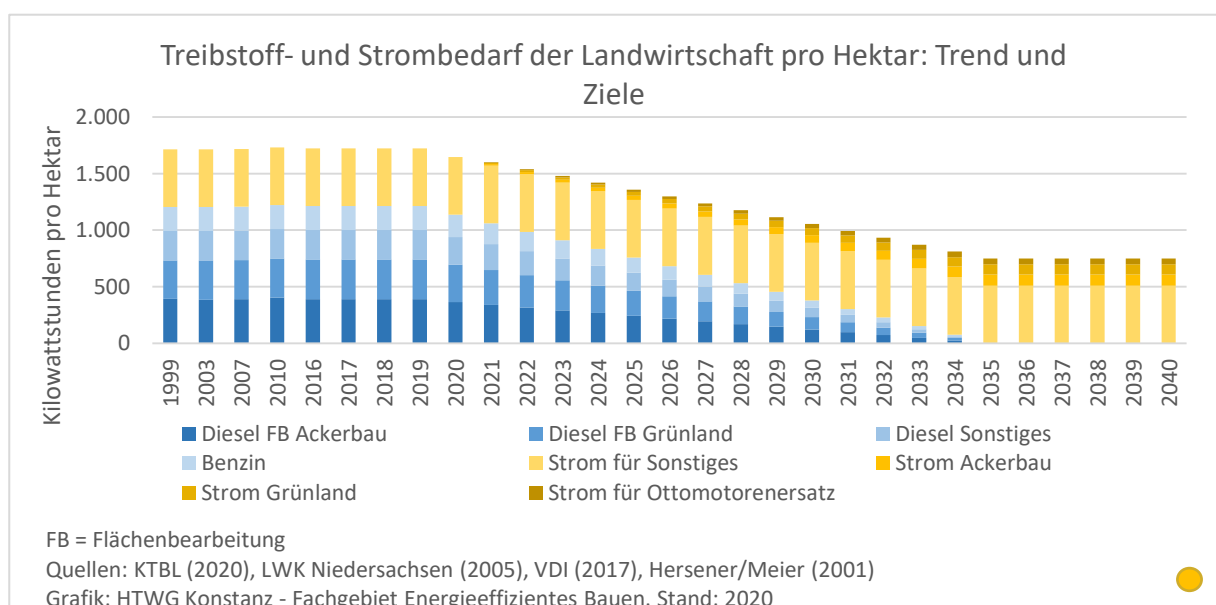


Abbildung 176: Geschätzter Treibstoff- und Strombedarf der Landwirtschaft pro Hektar – Trend und mögliche Ziele

Insgesamt könnte der Endenergiebedarf an Treibstoffen und Strom durch die Elektrifizierung der Landmaschinen von über 55 GWh/a auf ca. 24 GWh/a gesenkt werden.

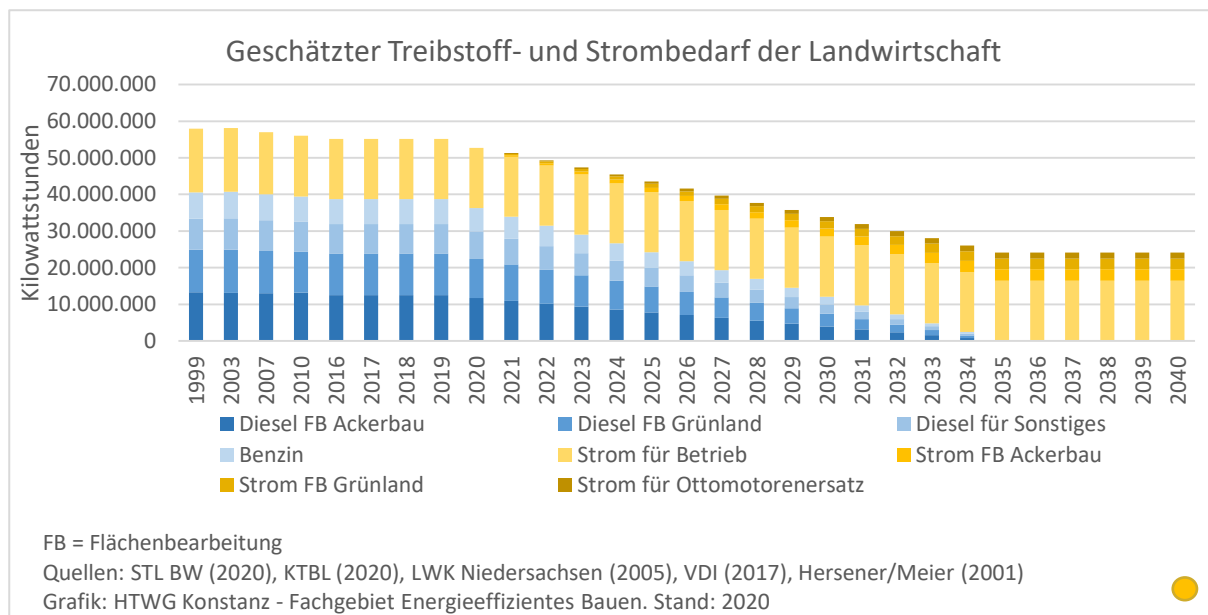


Abbildung 177: Geschätzter Treibstoff- und Strombedarf der Landwirtschaft im Landkreis Konstanz – Trend und mögliche Ziele

4.5.4 Energiebedarf der Gewächshäuser

Der Landkreis Konstanz verfügt über relativ große Gewächshausflächen. Allein auf der Insel Reichenau werden rund 44 Hektar Gewächshausfläche bewirtschaftet. Hinzu kommen rund 13 Hektar in der Reichenauer Gärtnersiedlung in Aach, sowie weitere Flächen in anderen Gemeinden. Die beheizte Gewächshausfläche beträgt insgesamt rund 62 Hektar. Die Gewächshäuser der Reichenauer Gärtnersiedlung sind mit einem Wärmeverbrauch von 1,15 GWh/ha (insgesamt 15 Millionen kWh pro Jahr) energieeffizient und werden mit der Abwärme bestehender Biogasanlagen beheizt. Zudem wird eine Photovoltaikanlage mit einer installierten Leistung von 140 kW genutzt. (Gärtnersiedlung Produktion GmbH&Co.KG, 2020). Ältere Gewächshäuser werden in der Regel mit fossilen Energieträgern beheizt. Der Energieverbrauch von Gewächshäusern liegt in Deutschland in der Regel zwischen 290 und 700 kWh/m², Niedrigenergie-Gewächshäuser kommen auf Werte zwischen 100 und 146 kWh/m². (KTBL, 2014, S. 134) Im Landkreis Konstanz weisen 21 Hektar der Gewächshausfläche einen jährlichen Endenergieverbrauch von 230 bis 300 kWh/m² auf, 20 Hektar der Fläche verbrauchen 100 – 120 kWh/m², die übrige Fläche wird mit 30 – 50 kWh/ha beheizt (ULB Stockach, 2020).

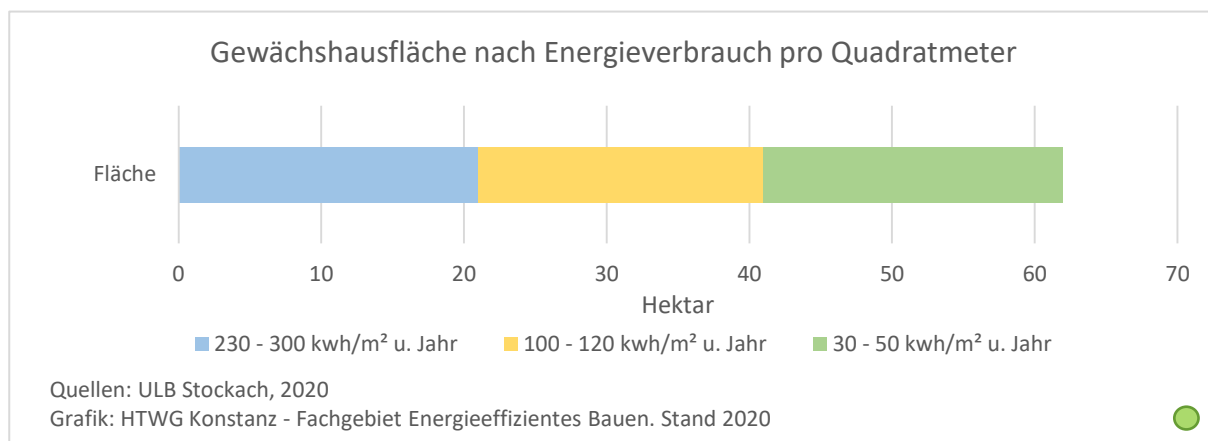


Abbildung 178: Gewächshausfläche nach Energieverbrauch pro Quadratmeter

Auf dieser Basis wurde der Endenergieverbrauch der Gewächshäuser auf 86 GWh/a geschätzt. Dies entspricht insgesamt einem Durchschnittsverbrauch von 140 kWh pro Quadratmeter und Jahr. Gewächshäuser mit einem Energieverbrauch von 230 – 300 kWh/m² haben demnach einen Anteil von einem Drittel an der Gewächshausfläche, verbrauchen aber rund zwei Drittel der aufgewendeten Energie (vgl. Abbildung 179).

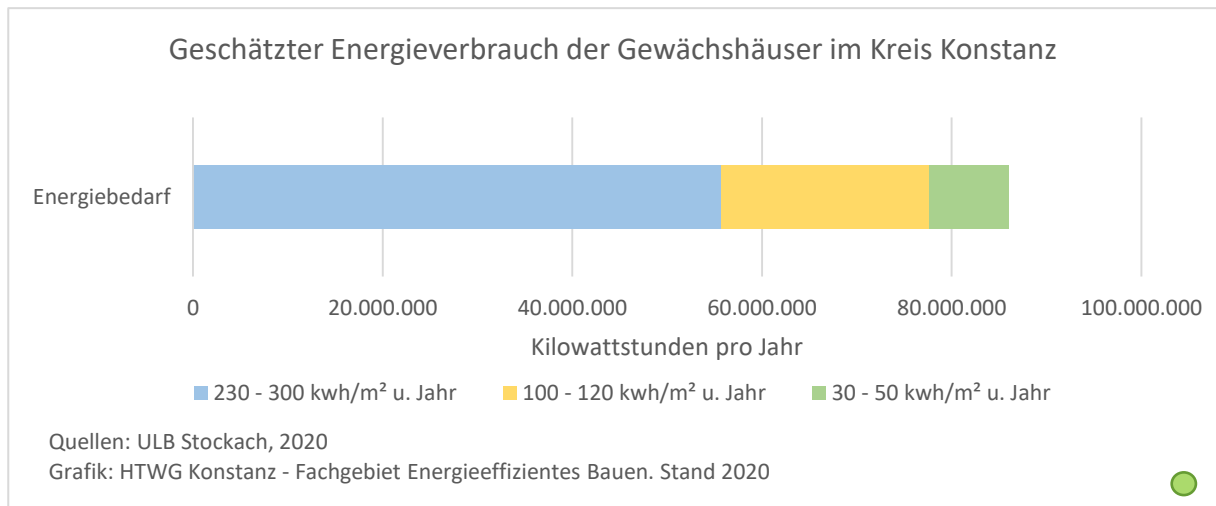


Abbildung 179: Geschätzter Energieverbrauch der Gewächshäuser im Kreis Konstanz

Der technische/energetische Zustand der Gewächshäuser wird zu 38 Prozent als gut eingeschätzt, zu 39 Prozent als durchschnittlich und zu 23 Prozent als schlecht. Ein hohes Optimierungspotenzial besteht auf einer Fläche von 14 Hektar. Schon die Optimierung der bereits installierten Technik, kleinere Investitionen oder eine höhere Flächenausnutzung können den Energieverbrauch enorm senken. Darüber hinaus sollten weiter 24 Hektar auf ihr Optimierungspotenzial geprüft werden. Könnte der Energiebedarf der Gewächshäuser mit einem aktuellen Energieverbrauch von 240 – 300 kWh/m²*a auf den von Niedrigenergiegewächshäusern gesenkt werden, könnten schätzungsweise 20 bis 38 GWh/a eingespart werden. Das entspricht dem durchschnittlichen jährlichen Wärmebedarf von 1.400 bis 2.900 Haushalten.

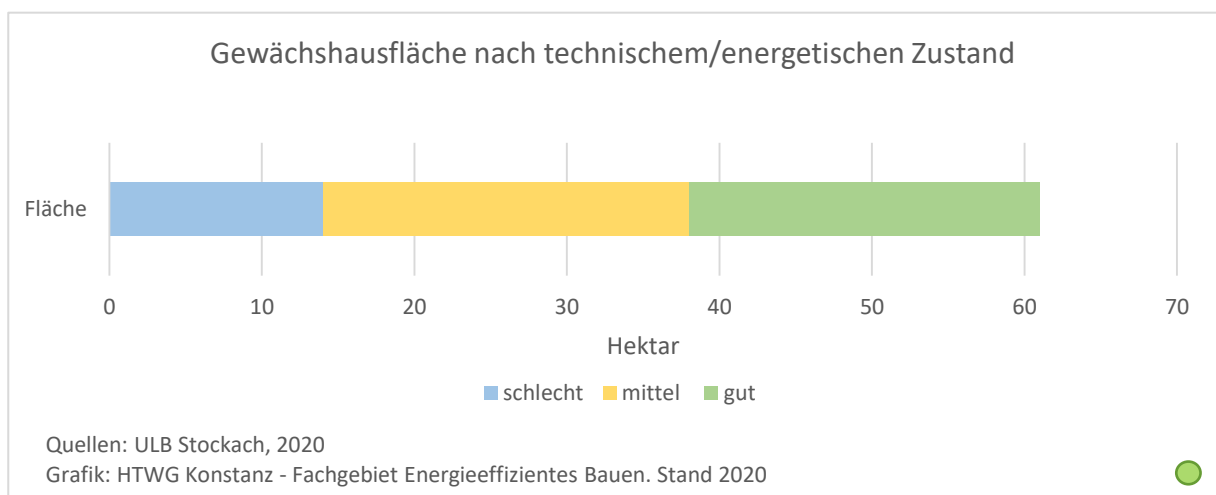


Abbildung 180: Gewächshausfläche nach technischem/energetischen Zustand

4.5.5 Energiespar- und Klimaschutzpotenzial des ökologischen Landbaus.

Die Produktionsweise der ökologischen Landwirtschaft verbraucht – je nach Kulturart – flächenbezogen bis zu zwei Dritteln weniger Energie (vgl. Tauscher et al. 2003, S. 24). Die biologische Landwirtschaft führt zudem zu deutlichen Einsparungen von Treibhausgasemissionen. Pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche liegen die THG-Emissionen um ca. 30 bis 60 Prozent unter dem Durchschnitt der konventionellen Landwirtschaft, pro kg Produkt liegen die Einsparungen bei rund 10 bis 50 Prozent (vgl. FiBL 2013, S. 17). Ein hoher Anteil der biologischen Landwirtschaft an der landwirtschaftlichen Flächennutzung ist daher ein wichtiger Faktor für das Erreichen der Klimaschutzziele.

Anhand der im Landkreis Konstanz angebauten Anbaukulturen (vgl. STL BW, 2020) und des durchschnittlichen kumulierten Energieaufwandes der einzelnen Kulturen nach KTBL (2020) wurde der durchschnittliche Energieaufwand des Ackerbaus im Landkreis Konstanz bei konventioneller Wirtschaftsweise auf rund 7.950 kWh/ha*a und bei ökologischer Wirtschaftsweise auf 4.400 kWh/ha*a geschätzt. Der Energieaufwand des ökologischen Ackerbaus pro Hektar liegt somit um ca. 45 Prozent unter dem Vergleichswert des konventionellen Ackerbaus. Es muss allerdings bedacht werden, dass auch die Erträge des ökologischen Landbaus je nach Kulturpflanze zwischen 0 und 55 Prozent unter den Erträgen des konventionellen Landbaus liegen.

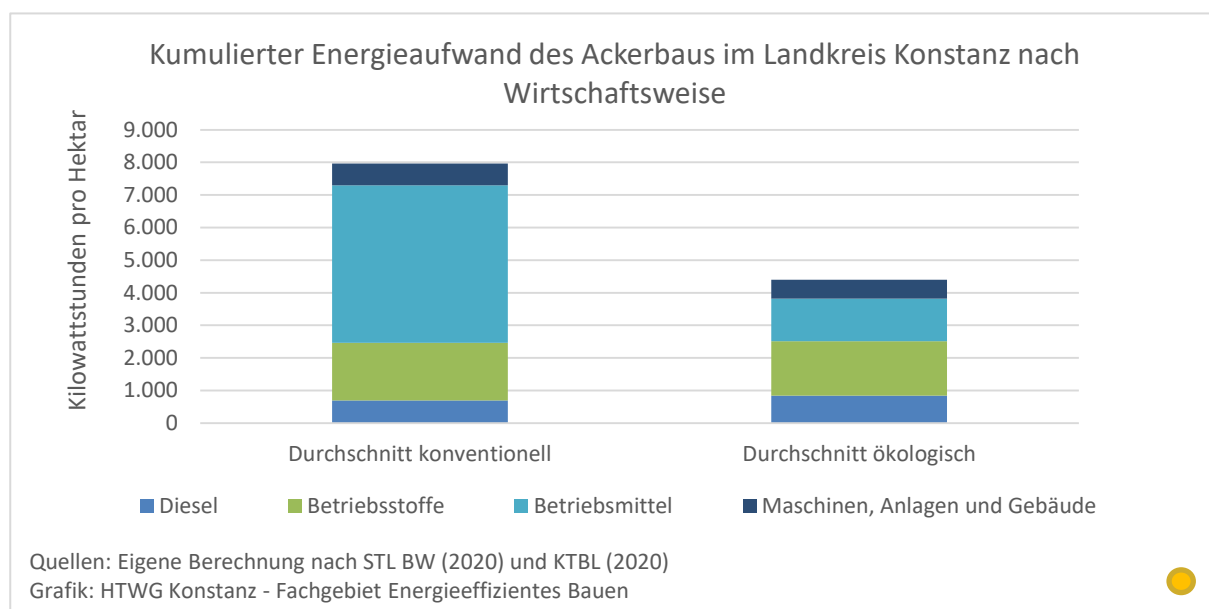


Abbildung 181: Kumulierter Energieaufwand des Ackerbaus nach Wirtschaftsweise

Noch größer fällt der Unterschied beim Energieaufwand der Grünlandbewirtschaftung aus. Hier liegt der Energieaufwand des ökologischen Landbaus um ca. 64 Prozent unter dem Energieaufwand des konventionellen Landbaus. Dies entspricht einer Differenz von ca. 3,7 MWh pro Hektar, die vor allem auf den geringeren Aufwand bei Betriebsmitteln zurückgeht. Besonders gering ist der Energieaufwand der ökologischen Weidehaltung (vgl. KTBL, 2020).

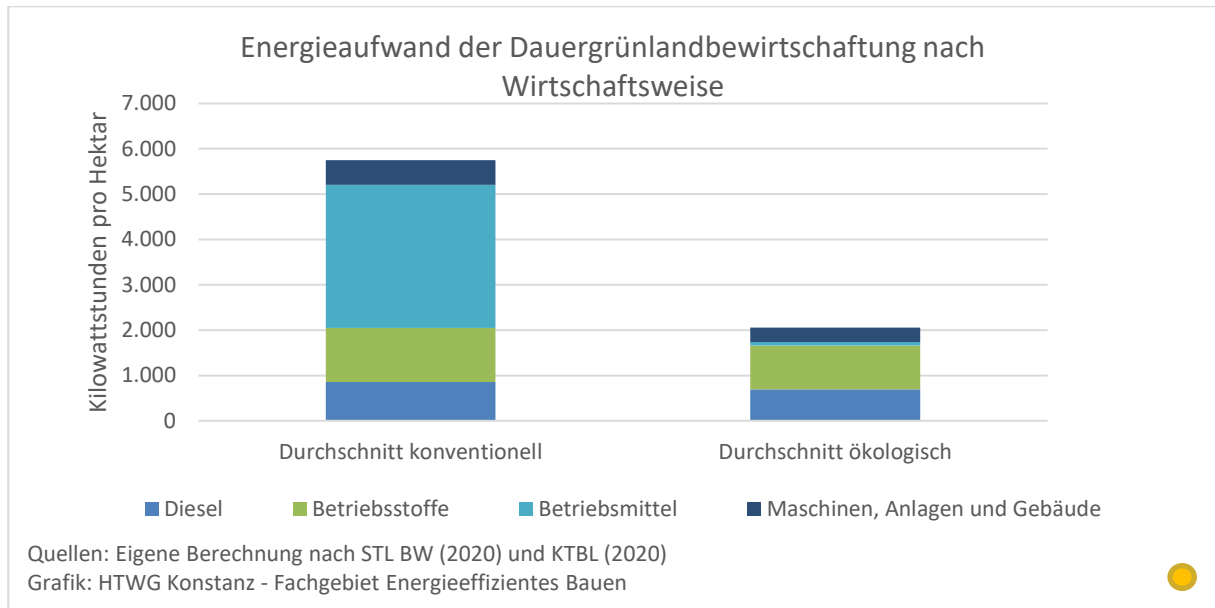


Abbildung 182: Energieaufwand der Dauergrünlandbewirtschaftung nach Wirtschaftsweise

Die Anzahl der ökologisch bewirtschafteten Betriebe ist im Landkreis Konstanz von 70 im Jahr 1999 auf 114 im Jahr 2003 gestiegen. Diese Zahl markiert unter den vorliegenden Daten den bisherigen Höchststand. Zwischen den Jahren 2003 und 2013 ist die Zahl auf 66 und damit unter den Wert von 1999 gesunken. Bis zum Jahr 2019 ist die Zahl der ökologisch wirtschaftenden Betriebe wieder beinahe auf den Wert des Jahres 2003 gestiegen (vgl. Abbildung 183). Bemerkenswert ist, dass die Gesamtzahl aller Betriebe zwischen 1999 und 2019 um 24 gesunken ist. So hat sich der Anteil der ökologisch wirtschaftenden Betriebe in diesem Zeitraum um 108 Prozent erhöht, obwohl ihre Zahl nur um 57 Prozent zugenommen hat.

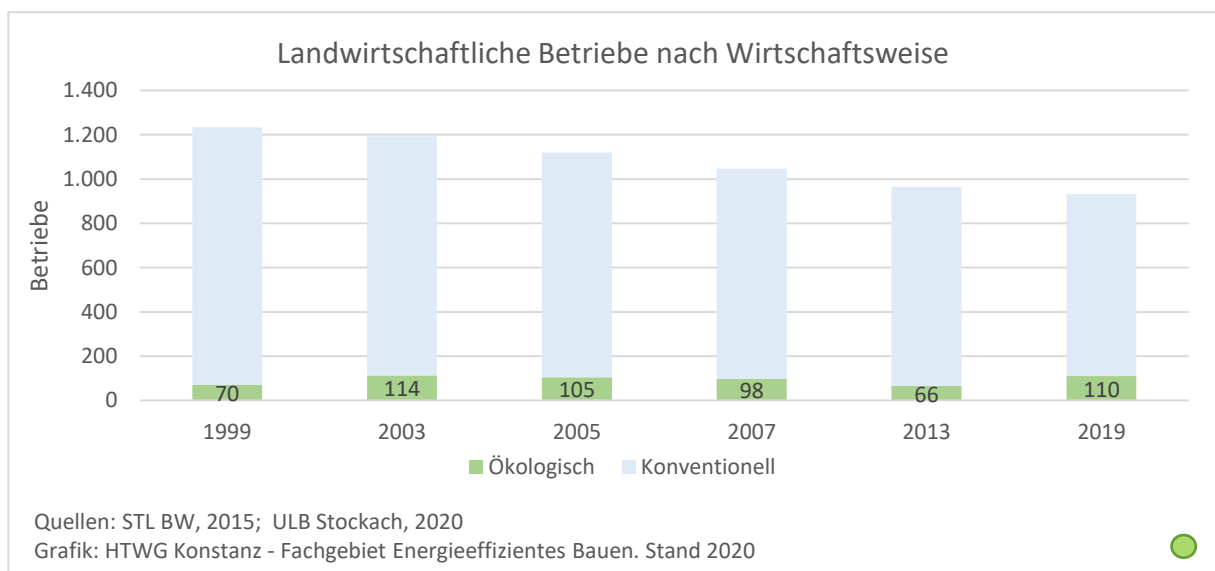


Abbildung 183: Landwirtschaftliche Betriebe im Landkreis Konstanz mit ökologischem Landbau

Parallel zu den Veränderungen bei der Betriebsanzahl vollzog sich die Entwicklung der ökologisch bewirtschafteten Produktionsfläche. Ihr Anteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche (LNF) stieg zwischen 1999 und 2003 von 6,9 auf 13,1 Prozent. Bis zum Jahr 2013 sank sie auf einen Anteil von 9,3 Prozent und stieg bis 2019 auf 14,9 Prozent.

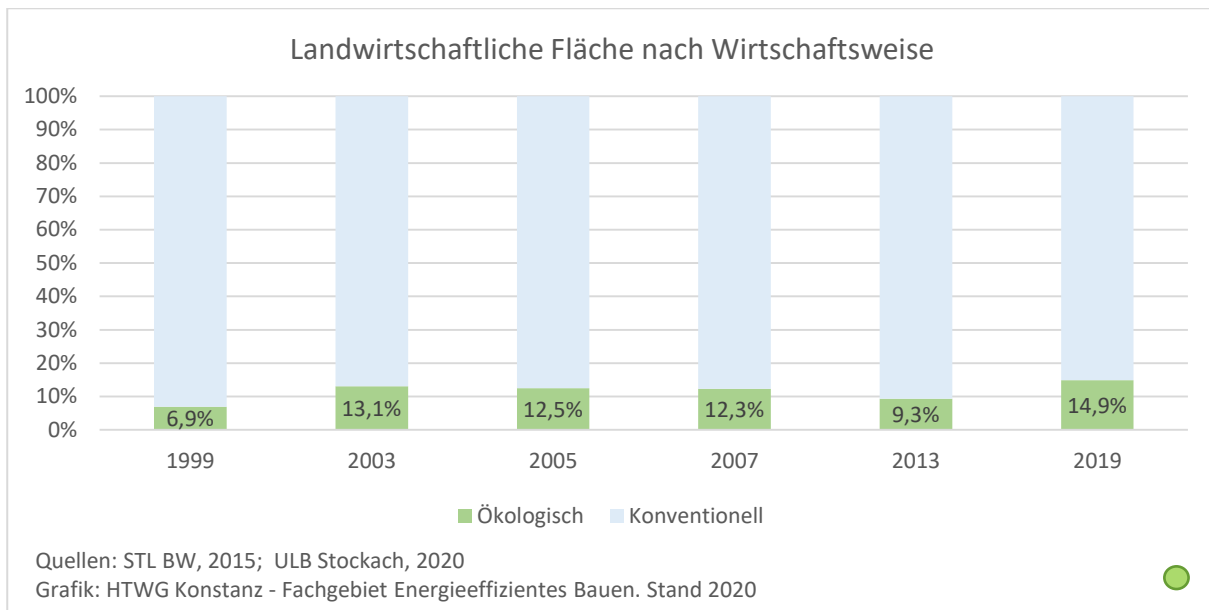


Abbildung 184: Anteil der ökologisch bewirtschafteten Fläche im Landkreis Konstanz

Unter der Annahme, dass der Energiebedarf und die daraus resultierenden Treibhausgasemissionen des ökologischen Landbaus um 50 (30 bis 60) Prozent unter dem Durchschnitt des konventionellen Anbaus liegen, ergibt sich aufgrund des Anteils ökologisch bewirtschafteter Flächen, dass die Emissionen durch die Umstellung auf ökologischen Landbau bisher um ca. 7,5 (4 bis 9) Prozent gesenkt wurden.

4.5.6 Humusmehrer und Humuszehrer

Mit Blick auf die Klimabilanz des Ackerbaus ist neben der Energiebilanz auch die Humusbilanz ein wichtiger Faktor. Bei vielen der heute dominierenden Feldfrüchte handelt es sich um sogenannte Humuszehrer. Zu nennen sind hier vor allem Getreide, Silomais, Körnermais, Hackfrüchte und Raps. Allein ihr Anteil liegt bei rund 89 Prozent der Ackerfläche. Bei ihrem Anbau wird der Humusgehalt im Boden reduziert, wobei mit dem Humus eingelagerter Kohlenstoff freigesetzt wird. Dieser Verlust sollte z. B. mit ausreichend organischem Dünger und dem Anbau humusmehrender Zwischenfrüchte ausgeglichen werden. Im Gegensatz zu Getreide, Raps, Rüben oder Kartoffeln tragen z. B. mehrjährige Energiepflanzen, wie Miscanthus, Silphie, Pappel oder Sida selbst zum Humusaufbau bei. So können zwischen 0,3 und 2,5 Tonnen Kohlenstoff pro Hektar im Boden eingelagert werden (Müller-Sämann & Hölscher, 2010; Kay et al., 2017). Mit jeder Tonne Kohlenstoff, die im Boden eingelagert wird, werden bis zu 3,7 Tonnen CO₂ absorbiert. Der Anteil mehrjähriger Energiepflanzen an der Ackerfläche im Landkreis Konstanz liegt aktuell unter einem halben Prozent. Neben den mehrjährigen Energiepflanzen zählen u. a. auch Körnerleguminosen, Ackergras, Leguminosen und verschiedene Winterzwischenfrüchte zu den Humusmehrern.

Tabelle 19: Flächenanteile wichtiger Humuszehrer und Humusmehrer 2016

Humuszehrer		Humusmehrer	
Feldfrucht	Anteil	Feldfrucht	Anteil
Getreide	53%	Miscanthus	<1%
Silomais	25%	Durchwachsene Silphie	<1%
Körnermais/CCM	7%	Pappel (KUP)	<1%
Raps	3%	Sida	0%
Kartoffeln	<1%	Rutenhirse	0%
Zuckerrüben	<1%		
Sonnenblumen	<1%		
Summe	89%	Summe	<1%

Quellen: STL BW, 2020; Müller-Sämann & Hölscher, 2010; Energiepark Hahnennest, 2016; Kay, et al., 2017; Šiaudinis et al., 2017; Follett, et al., 2012; Willms, et al., 2019

4.5.7 Grünlandbasierte Viehhaltung

Die Erträge grünlandbasierter Milchviehhaltung erreichen, je nach Haltungsform, 45 bis 85 Prozent der Erträge ackerlandbasierter Milchviehhaltung. Vorteile der grünlandbasierten Viehhaltung liegen vor allem darin, dass sie keine Konkurrenz zur Produktion pflanzlicher Nahrungsmittel darstellt und mit einem deutlich geringeren Energieaufwand möglich ist. Da die grünlandbasierte Viehhaltung weitestgehend auf ackerbaulich erzeugte Futtermittel verzichten und Flächen für die Erzeugung pflanzlicher Nahrungsmittel freisetzen kann, reduziert sie den Bedarf an Agrarimporten und somit u. a. auch den Druck auf Regenwälder, die zunehmend der Futterproduktion weichen müssen. Der Energieaufwand der grünlandbasierten Futterproduktion pro Hektar liegt, je nach Haltungsform, um ca. 25 bis 75 Prozent unter dem Energieaufwand ackerlandbasierter Futterproduktion. Besonders gering ist der Energieaufwand in der ökologischen Weidehaltung (vgl. KTBL, 2020). Zudem ist eine positive Humusbilanz in der Weidehaltung einfacher zu erreichen als in der ackerlandbasierten Viehhaltung.

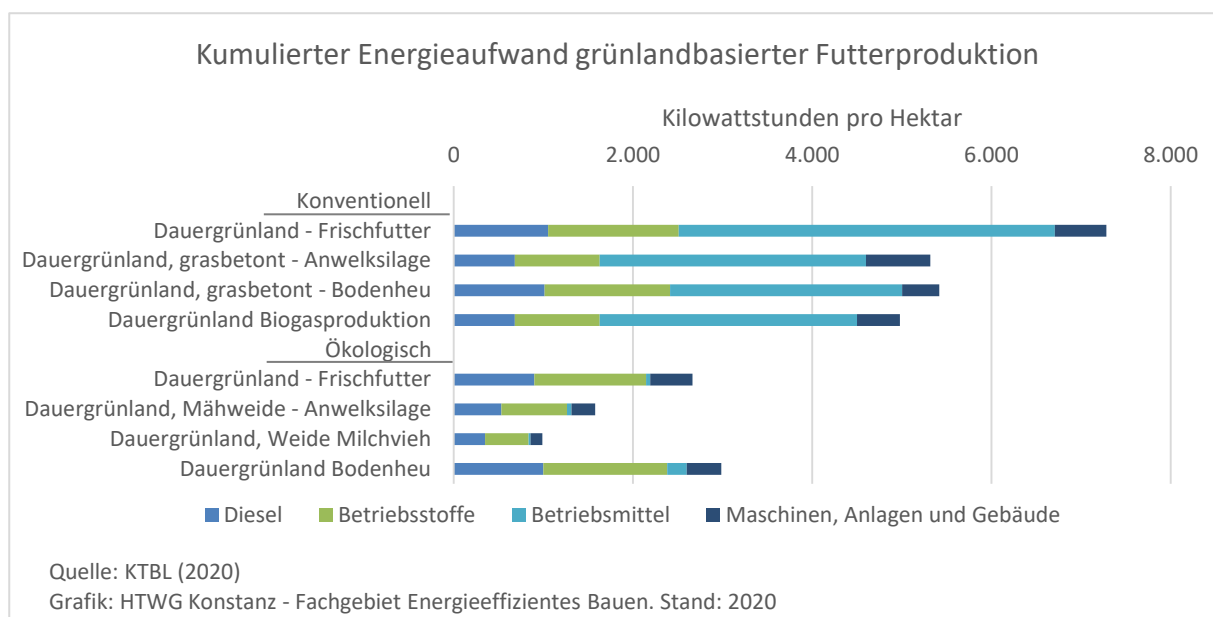


Abbildung 185: Kumulierter Energieaufwand grünlandbasierter Futterproduktion

Aktuell liegt der Anteil grünlandbasierter Viehhaltung im Landkreis Konstanz bei knapp 42 Prozent der Dauergrünlandfläche. Bei heutigen Verbrauchsgewohnheiten könnte damit schätzungsweise etwa ein Drittel des Milchverbrauchs gedeckt werden. Dabei ist anzumerken, dass aus ernährungswissenschaftlicher Sicht ein geringerer Verbrauch tierischer Produkte empfohlen wird.

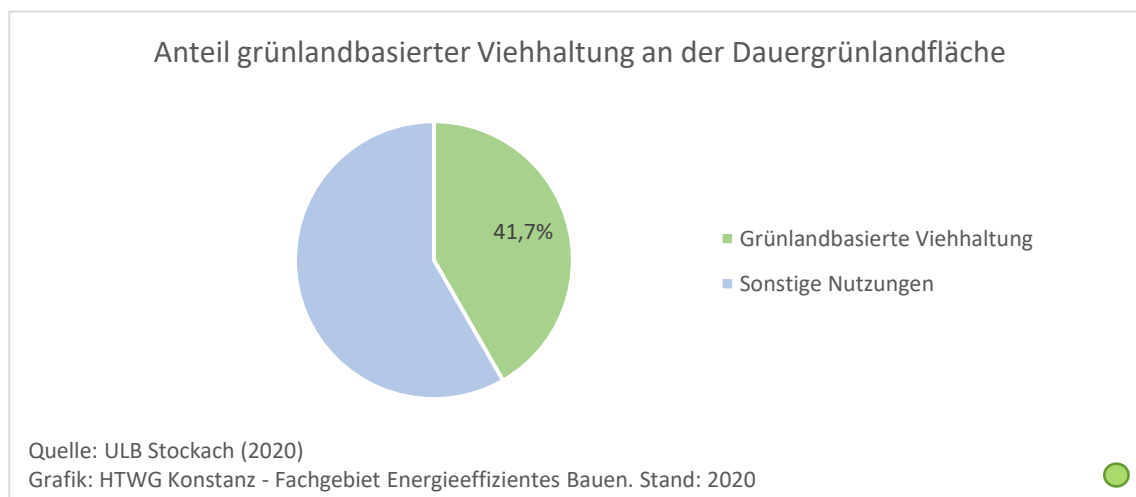


Abbildung 186: Anteil grünlandbasierter Viehhaltung an der Dauergrünlandfläche

4.6 Exkurs: Konsum und Wertstoffe

In der verursacherbezogenen Energie- und Treibhausgas-Emissionsbilanz des Landkreises Konstanz wurden nur die vorliegenden Daten zu Energieverbräuchen berücksichtigt, die im Landkreis Konstanz erfolgen. Um eine verursacherbezogene Erhebung durchzuführen, die auch den Konsum grauer Energie im Landkreis berücksichtigt, liegen keine ausreichenden Daten vor. Es erscheint dennoch sinnvoll, die Entwicklung des Konsums einiger wichtiger Konsumgüter im Landkreis zu verfolgen und, sofern möglich, Maßnahmen zur Reduktion von konsumbedingten Treibhausgasemissionen zu ergreifen. Bisher liegen für zahlreiche Verbrauchsgüter keine Daten zum Absatz im Landkreis sowie zu Energiebilanz oder Klimawirkung vor.

Als besonders energie- und klimarelevante Verbrauchsgüter gelten z. B. Metalle, Zement/Beton, Holz und verschiedene weitere Baustoffe, wie Glas, Stein oder Ziegel, aber auch Papier, Textilien und Fleisch⁹. Den genauen Verbrauch dieser Güter im Landkreis darzustellen, ist aufgrund mangelnder Datengrundlage bisher nicht möglich. Die dargestellten Indikatoren geben jedoch zumindest Hinweise darauf, ob ihr Verbrauch tendenziell zu- oder abnimmt. Ihre Erhebung wird daher empfohlen.

4.6.1 Wertstoffaufkommen im Landkreis Konstanz

Eine Möglichkeit, die Entwicklung des Verbrauchs einiger klimarelevanter Verbrauchsgüter einzuschätzen, ist die Betrachtung der Wertstoffaufkommen in der Abfall- und Recyclingwirtschaft, auch wenn hiermit nur ein Teil des Verbrauchs erfasst wird, der nicht längerfristig genutzt, weiterverkauft oder im Restmüll entsorgt wird. Denn zumindest die Tendenz des Verbrauchs dürfte gut abgebildet sein, da Papier, Glas und Metalle sehr hohe Recyclingquoten aufweisen. Die Abfall- und Wertstoffaufkommen im Landkreis unterscheiden sich zudem kaum von denen im Land Baden-Württemberg und in der Bundesrepublik, sodass es sehr wahrscheinlich ist, dass auch der Konsum dem Landes- bzw. Bundesdurchschnitt entspricht. Das Aufkommen wichtiger Wertstoffe ist in Abbildung 187 nach Stoffarten dargestellt.

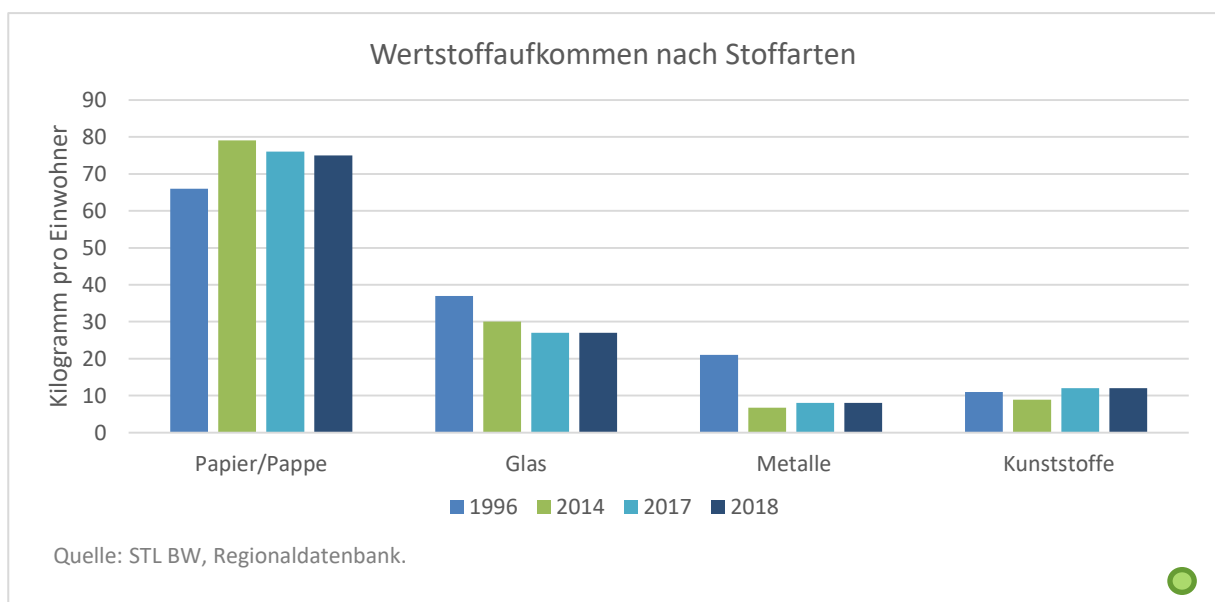


Abbildung 187: Wertstoffaufkommen nach Stoffarten (kg pro Einwohner)

⁹ Nach Empfehlung der Gesellschaften für Ernährung in Deutschland (DGE) und Österreich (AGES) sollte der Konsum von Fleisch maximal 20 bis 30 kg pro Person und Jahr betragen. Ein darüberhinausgehender Verbrauch ist nicht nur mit vermeidbaren CO₂-Emissionen verbunden, sondern auch mit zunehmenden Gesundheitsrisiken.

4.6.2 Papier

Papier ist eines der Konsumgüter, die einen besonders hohen Herstellungsenergieaufwand pro Kilogramm aufweisen. Dieser ist zwar seit 1995 deutlich gesunken, doch betrug er im Jahr 2013 immer noch 2,9 kWh/kg. Zwischen 1995 und 2013 sank der Energieverbrauch pro Tonne um 12 Prozent (vgl. VDP 2015). Da aber der Papierverbrauch zwischen 1995 und 2013 um 28,5 Prozent gestiegen ist, wurde ein großer Teil der erreichten technischen Effizienzsteigerung dadurch kompensiert. Die durchschnittlichen Emissionen, die sich aus dem Papierverbrauch in Deutschland ergeben, lagen im Jahr 2014 bei rund 167 kg pro Einwohner

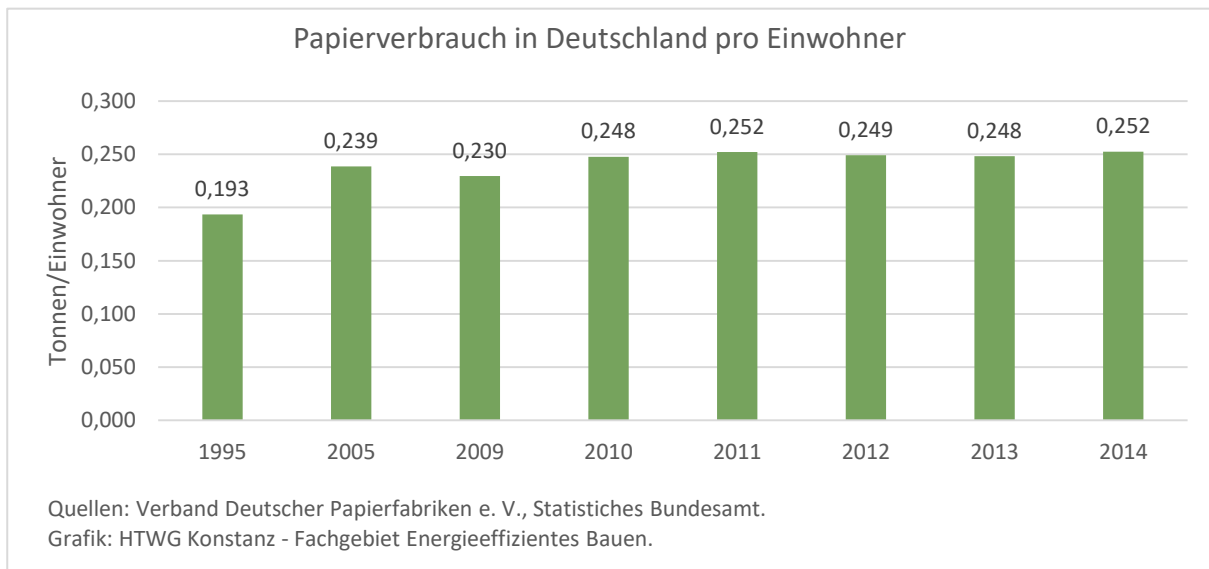


Abbildung 188: Papierverbrauch in Deutschland pro Einwohner

4.6.3 Kleidung

Pro Kilogramm Kleidung können Emissionen von mehr als 42 kg CO₂-Äq. entstehen (vgl. Systain Consult GmbH 2009). Im Jahr 2016 wurden weltweit mehr als 100 Millionen Tonnen Textilfasern hergestellt. (Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg, 2017) Die Textilbranche trägt mit jährlich rund 1,7 Milliarden Tonnen CO₂ zu den globalen Treibhausgasemissionen bei (WWF, 2020). Dies ergibt einen CO₂-Fußabdruck von rund 12 Kilogramm pro Kilogramm Textilfaser. Schätzungen zufolge werden rund 60 Prozent der Textilien in Entwicklungsländern hergestellt. In Deutschland werden nach Angaben von DTRW und DRK pro Person jährlich rund 20 bis 25 kg Textilien konsumiert, davon entfallen rund 12 bis 15 kg auf den Konsum von Kleidung. Damit hat Deutschland einen Anteil von 1,1 Prozent an der Weltbevölkerung und verbraucht knapp 2 Prozent der globalen Textilfaserproduktion.

Ein großer Teil dieser Kleidung gelangt nach relativ kurzem Gebrauch auf den Second-Hand-Markt. Experten schätzen das Altkleider-Aufkommen in Deutschland auf 750.000 bis eine Million Tonnen pro Jahr (vgl. DTRW GmbH, 2016, und DRK, 2016). Bei einem Textilkonsum von 22 bis 25 kg pro Einwohner und Jahr ergibt sich im Mittel ein CO₂-Ausstoß von 260 bis 300 Kilogramm pro Person. Dies entspricht beim 1,5-Grad-Ziel des Pariser Klimaschutzabkommens etwa 23 Prozent des pro Person verbleibenden CO₂-Budgets¹⁰.

Im Fall der gewählten Beispieltexilien reicht die Spanne bei einem Kleiderkonsum von 12 bis 15 kg pro Person von rund 200 bis 650 kg. Dies entspricht – ohne Konsum sonstiger Textilien - ca. 17 bis 54 Prozent des verbleibenden Jahresbudgets, das sich aus dem 1,5-Grad-Ziel des Pariser Klimaschutzabkommens ergibt.

Eine Datenerhebung, die zumindest die Entwicklung des Verbrauchs von Textilien abschätzbar macht, erscheint daher in Zukunft durchaus sinnvoll.

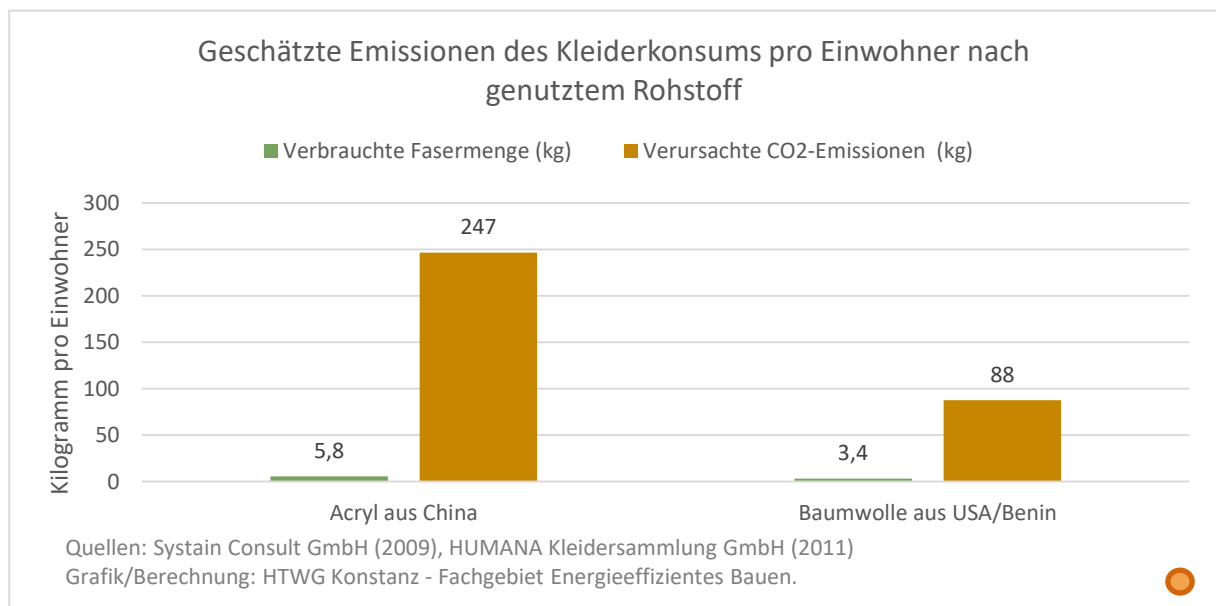


Abbildung 189: Geschätzte Emissionen des Kleiderkonsums pro Einwohner nach genutztem Rohstoff

¹⁰ Im Juni 2020 standen für das 1,5-Grad-Ziel noch rund 313 Milliarden Tonnen CO₂-Budget zur Verfügung (MCC, 2020)

4.6.4 Baustoffe

Einen großen Energieverbrauch verursacht die Produktion und Bereitstellung von Baustoffen. Dabei unterscheidet sich der Primärenergiebedarf der einzelnen Baustoffe erheblich. Die Wahl und Zusammensetzung der im Bau eingesetzten Baustoffe ist deshalb ein wichtiger Faktor für den Energieverbrauch. In Abbildung 190 sind die CO₂-Emissionen dargestellt, die pro Kilogramm Baustoff anfallen (vgl. Wind und Heschl 2008 und Institut Bauen und Umwelt 2010/2013). Das Global Warming Potential (GWP) drückt aus, wie sich ein Baustoff auf die Klimaerwärmung auswirkt. Lediglich der Baustoff Holz bietet die Möglichkeit, der Atmosphäre CO₂ zu entziehen und im Gebäude zu binden.

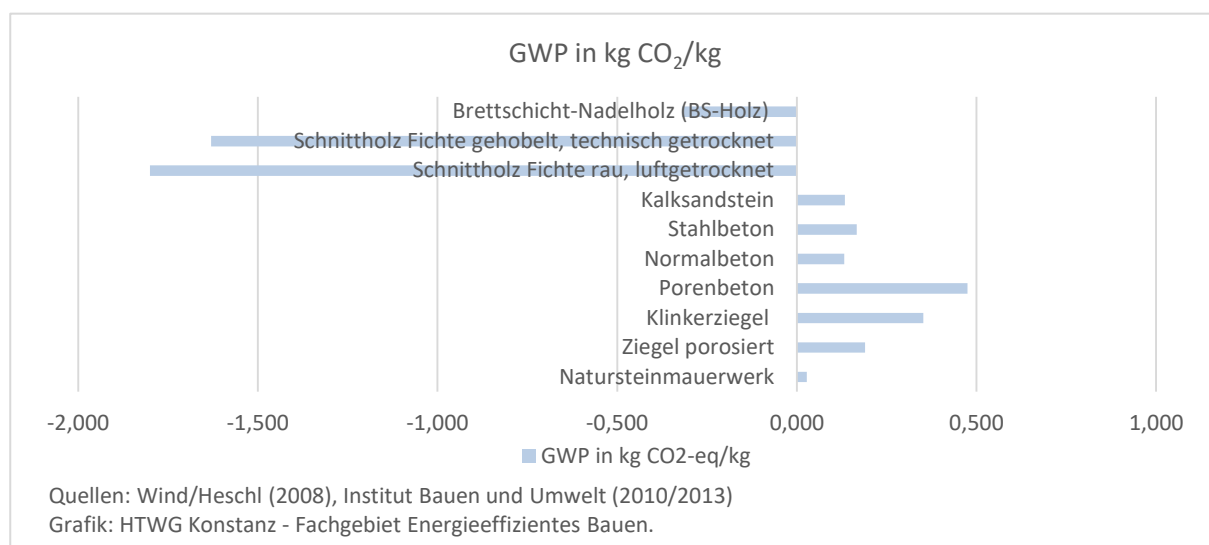


Abbildung 190: Global Warming Potential (GWP) von Baumaterialien pro kg

In Abbildung 191 sind die Anteile der Baufertigstellungen nach dem überwiegend verwendeten Baustoff in Deutschland dargestellt (vgl. Statistisches Bundesamt 2014). Mit Blick auf die Zusammensetzung wird ersichtlich, dass Baustoffe mit einem höheren GWP noch immer deutlich überwiegen. Um die Klimabilanz des Bausektors positiv zu beeinflussen, sollte der Anteil von Holz, Hanf und anderer Baustoffe mit positiver Klimabilanz erhöht werden. Es wird daher empfohlen, künftig den Anteil des Holzbaus am Neubau im Landkreis regelmäßig statistisch zu erheben. Zudem erscheint es sinnvoll, in Kooperation mit den Gemeinden gezielte Maßnahmen zu ergreifen, den Holzbauanteil bis 2035 deutlich zu erhöhen.

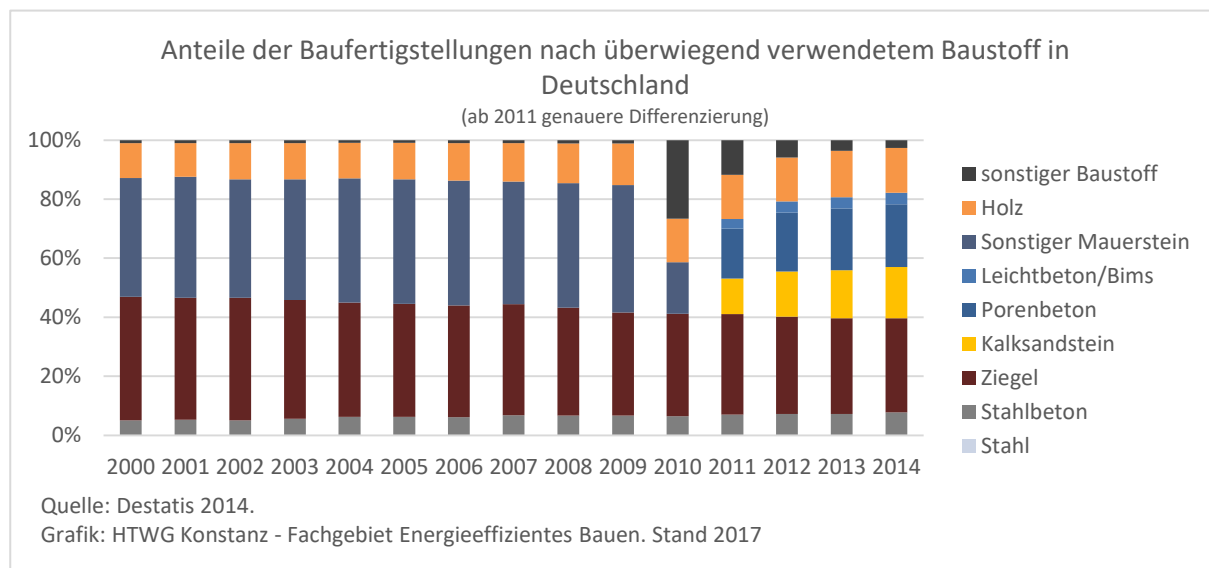


Abbildung 191: Anteile der Baufertigstellungen nach überwiegend verwendetem Baustoff in Deutschland

5 Fazit

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass in allen Sektoren die Nutzung erneuerbarer Energien zunimmt und Fortschritte bei der Reduktion ihres Endenergieverbrauchs gemacht werden, sofern dieser auf die einzelnen Einwohner umgerechnet wird. Positiv wirkt sich vor allem aus, dass die Trends zu mehr Wohnfläche und Pkw-Fahrleistung zumindest vorerst gestoppt zu sein scheinen. Einiges deutet jedoch daraufhin, dass dies hauptsächlich demografische Ursachen hat und nicht vorrangig auf ein verändertes Konsumverhalten zurückgeführt werden kann. Insgesamt sind die Fortschritte, die beim Ausbau der erneuerbaren Energien und bei der Energieeinsparung gemacht werden, in allen Sektoren zu gering, um die Ziele zu erreichen, die sich aus dem Pariser Klimaabkommen des Jahres 2015 ergeben.

Insgesamt reduziert sich deshalb das CO₂-Budget immer noch schneller als es mit den Klimaschutzziele vereinbar wäre. Mit jedem Jahr, in dem das den Zielpfad entsprechende Jahresbudget für Treibhausgasemissionen überschritten wird, wird ein früherer Ausstieg aus der Nutzung fossiler Energien erforderlich, wenn das 1,5-Grad-Ziel erreicht werden soll. Wenn zumindest erreicht werden soll, die globale Erwärmung auf annähernd 1,5°C zu begrenzen, ist ebenfalls eine deutliche Beschleunigung der Energiewende erforderlich. Denn obwohl das berechnete Klimaschutzzszenario 2035 sehr ambitioniert ist, wird es alleine nicht ausreichen. Die lokalen Maßnahmen im Energiesektor müssten daher sowohl durch lokale Maßnahmen zur CO₂-Absorption als auch durch Maßnahmen außerhalb des Landkreises ergänzt werden, die den zusätzlichen Ausstoß kompensieren. Diese könnten beispielsweise durch Kooperationen mit anderen Regionen erfolgen, die das Budget aufgrund der Kooperation nicht voll ausschöpfen müssen. Ohne solche Maßnahmen wird das 1,5-Grad-Ziel kaum noch zu erreichen sein.

Um sowohl die Energieeinsparung als auch den Umstieg auf erneuerbare Energien zu beschleunigen, müssen vor allem folgende Ziele erreicht werden:

- Deutliche Beschleunigung des Ausbaus der erneuerbaren Energien, v. a. Photovoltaik
- Deutliche Erhöhung der Sanierungsquote
- Beschleunigte Elektrifizierung von Verkehr und Gebäudebeheizung im Bestand (z. B. Wärmepumpen)
- Ausreichende Versorgung mit Ladeeinrichtungen für Elektrofahrzeuge in allen Gemeinden
- Deutliche Erhöhung des Anteils von ÖPNV und Fahrradverkehr am Modal Split (z. B. durch Weiterentwicklung der Radwegeverbindungen)
- Reduktion des Verkehrs leichter Nutzfahrzeuge
- Elektrifizierung leichter Nutzfahrzeuge
- Verlagerung des nötigen Lieferverkehrs auf alternative Transportmittel (z. B. Cargo-Fahrräder oder kleine E-Transporter)
- Verbesserung des Angebots von Alternativen zur Pkw-Nutzung im Dienstleistungsbereich, um der überproportionalen Zunahme des Pkw-Verkehrs in diesem Bereich entgegenzuwirken.
- Größere Fortschritte bei der Energieeffizienzsteigerung und dem Umstieg auf erneuerbare Energien in Industrie, Gewerbe, Handel und Dienstleistung
- Effizientere Nutzung der Bioenergiepotenziale
- Unterstützung für die Landwirtschaft bei Umstieg auf Ökolandbau, Weidehaltung und Energiepflanzen der 2. Generation (Humusaufbau/CO₂-Absorption)
- Erhöhung des Holzbauanteils im Hochbau
- Erhöhung der Versorgungssicherheit mit Nahrung, Energie und nachwachsenden Rohstoffen durch deutliche Reduktion des Flächenverbrauchs

Empfehlung weiterer Indikatoren

Um die Fortschritte bei der Energiewende in den Sektoren genauer abbilden zu können, erscheint die ergänzende Erhebung der folgenden Daten empfehlenswert, die bisher nicht verfügbar sind.

Sektor / Kennwert	Priorität	Anmerkung
Erneuerbare Energien		
Anlagenfläche Freiflächenphotovoltaik nach Gemeinde		
Potenzialfläche Freiflächenphotovoltaik / Agro-PV (v. a. über Grünland)		
Biogasanlagen: Stromproduktion und Wärmenutzung nach Gemeinde		Wird bisher nur teilweise erhoben*
Anteil mehrjähriger Energiepflanzen an Biogasproduktion (Silphie, etc.)		
Nutzung von Reststoffen durch Biogasanlagen (Mist/Gülle)		
Sektor Verkehr		
Modal Split		
Erreichbarkeit ÖPNV: Anteil der Bevölkerung mit Wohnort max. 600 m Luftlinie von nächster Haltestelle oder max. 1.200 m vom nächsten Bahnhof mit jeweils mind. 20 Fahrtmöglichkeiten am Tag entfernt.		
Durchschnittliche Fahrmöglichkeiten pro Haltestelle in den Gemeinden		
Entwicklung des Radverkehrsnetzes: Kilometer Radweg, Radschnellwege		Bisher Einzelerhebung vorliegend. Empfohlen wird eine jährl. Erhebung
Sichere Fahrradstellplätze im Gemeindezentrum pro 1.000 Einwohner		
Qualität der Radwegeverbindung zwischen Gemeinden (Sicherheit, Fahrzeit bei Geschwindigkeit von 15 km/h, Häufigkeit der Nutzung)		z. B. Grüne Welle und Vorrang für Radverkehr
Absatz von Transportfahrrädern		
Neuzulassung von Elektro-Lkw		
Sektor Wohnen		
Gebäudebeheizungsstruktur (Anteile der Heizungssysteme am Bestand)		Bisher nicht zugänglich
Anteil des Holzbaus am Neubau		
Sektor GHD (Gewerbe, Handel, Dienstleistung)		
Endenergiebedarf im Sektor GHD (möglichst nach Energieträgern)		Nur Schätzung vorh. / nicht getrennt von sonst. Verbrauchern
Anzahl/Anteil von "Energieeffizienz-Betrieben"		
Betriebsfläche nach Branchen		
Energieverbrauch je Quadratmeter im Einzelhandel		
Sektor Landwirtschaft		
Anteile der Energieträger am Energieverbrauch der Gewächshäuser		
Anteile von Energiepflanzen der 1. Generation an der Ackerfläche		
Anteile von Energiepflanzen der 2. Generation an der Ackerfläche		
Anteil der grünlandbasierter Viehhaltung an Dauergrünlandnutzung		
Anteil der Betriebe mit Weidehaltung (Milchvieh, Mastrinder)		
Anzahl der Elektrotraktoren		

 Sehr wichtig  Wichtig  Empfehlenswert

6 Quellen

- AEE Agentur für Erneuerbare Energien (2020): Bundesländer-Übersicht zu Erneuerbaren Energien. URL: <https://www.foederal-erneuerbar.de/uebersicht/bundeslaender>. Abgerufen am 22.06.2020
- ASUE Arbeitsgemeinschaft für sparsamen und umweltfreundlichen Energieverbrauch e. V. (2019): Spezifischer Wärmebedarf von Gebäuden nach Baujahr. URL: <https://asue.de/node/2691>. Abgerufen am 09.06.2020
- BAFA Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle (2019): Merkblatt zu den CO₂-Faktoren. Stand: 01.01.2019
- BBSR Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung (2016): Datenbasis zum Gebäudebestand. Bonn.
- BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2019): Durchschnittlicher Haushaltsstromverbrauch. Stand 07/2019. Veröffentlicht am 14.08.2019. URL: <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/durchschnittlicher-haushaltsstromverbrauch/>. Abgerufen am 09.06.2020
- BDEW Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V.: (2020) - Entwicklung der Beheizungsstruktur im Wohnungsneubau. URL: <https://www.bdew.de/service/daten-und-grafiken/entwicklung-beheizungsstruktur-wohnungsneubau/>. Abgerufen am 09.06.2020
- BMVI Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2016): Untersuchung des Einsatzes von Fahrrädern im Wirtschaftsverkehr (WIV-RAD). Schlussbericht an das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI). Stand: 6. Mai 2016
- BMVI Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (2017): Verkehr in Zahlen 2017/2018. 46. Jahrgang
- BMWi Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2020): Entwicklung von Energiepreisen und Preisindizes und Entwicklung von monatlichen Energiepreisen. Tabellen 26 und 26a der Gesamtausgabe Energiedaten.
- co2online gGmbH (2014): Trendreport 1. Heizenergieverbrauch Gebäude. Heizenergieverbrauch in Deutschland: Stand und Entwicklung. Berlin, August 2011 (Aktualisiert: September 2014). URL: http://www.co2online.de/fileadmin/co2/research/Trendreport1_Heizenergieverbrauch.pdf. Abgerufen am: 02.06.2020
- Dena Deutsche Energie-Agentur GmbH (2016): Auswertung von Verbrauchskennwerten energieeffizienter Wohngebäude. URL: <https://www.zukunft-haus.info/studien-gesetze/studien/dena-sanierungsstudien/>
- Dena Deutsche Energie-Agentur GmbH (2017): dena Gebäudereport - Sanierungsquote weiterhin viel zu gering.
- Destatis Statistisches Bundesamt (2014): Baufertigstellungen von Wohn- und Nichtwohngebäuden (Neubau) nach überwiegend verwendetem Baustoff Lange Reihen ab 2000.
- Destatis Statistisches Bundesamt (2019): Flächenbelegung von Ernährungsgütern 2010 - 2017. Herausgeber: Statistisches Bundesamt, Wiesbaden. Erschienen am 15. August 2019. Artikelnummer: 5385101-17900-4 [PDF].
- Deutsches Institut für Urbanistik gGmbH, 2020: Die (Wieder-)Entdeckung der Transporträder - Alternativen für den privaten und wirtschaftlichen Lastentransport. URL: <https://nationaler-radverkehrsplan.de/de/node/19506>
- DGS Deutsche Gesellschaft für Solarenergie e.V. 2016: Energymap. URL: <http://www.energymap.info/>
- DRK Deutsches Rotes Kreuz, Arbeitskreis Kleiderkammer (o. J.): <http://www.drk-spenge.de/Wer-wir-sind/Kleiderkammer>. Abgerufen am: 11.04.2016
- DTRW GmbH (2016): Häufige Fragen: Macht Textilrecycling wirklich Sinn? URL: <https://dtrw.de/faq/>. Abgerufen am: 11.04.2016

- Energieagentur Ravensburg (2012): Energie- und Klimaschutzkonzept für den Bodenseekreis
- FIS Forschungsinformationssystem (2012): Mobilität und Verkehr – Besetzungsgrad. URL: <https://www.forschungsinformationssystem.de/servlet/is/110984/>. Abgerufen am: 16.06.2020
- FNR Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (2019): Kraftstoffe, Bioethanol. URL: <https://biokraftstoffe.fnr.de/kraftstoffe/bioethanol/>. Abgerufen am 16.06.2020
- FNR Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (2019): Kraftstoffverbrauch Deutschland 2018. URL: <https://mediathek.fnr.de/biokraftstoffe-in-deutschland.html>. Abgerufen am 16.06.2020
- Follet, R. et al. (2012): Soil Carbon Sequestration by Switchgrass and No-Till Maize Grown for Bioenergy. In: BioEnergy Research, 2012 (5), S. 866-875. DOI 10.1007/s12155-012-9198-y
- Fraunhofer ISE (2016): Factsheet Projekt »APV-Resola«: Pilotanlage Demeter-Hofgemeinschaft Heggelbach. Freiburg, 18. September 2016. URL: https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/presseinformationen/2016/ISE_FactSheet_d_AgroPV_Pilotanlage_final.pdf. Abgerufen am 03.05.2017
- Fraunhofer ISE (2019). Solaranlagen in der Praxis: Hofgemeinschaft Heggelbach. Abgerufen am 29. Mai 2019 von <http://www.ise.solar-monitoring.de/year.php?page=years&system=apvh&undersystem=0&date=2018-06-15&lang=de&jahr=2018>
- Frondel, M.; Ritter, N. (RWI Rheinisch-Westfälisches Institut für Wirtschaftsforschung) (o. J.) - Datenauswertung zum Energieverbrauch der privaten Haushalte differenziert nach Gebäudemerkmalen. Sonderauswertung im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (BMVBS).
- Gärtnersiedlung Produktion GmbH&Co.KG (2020): Gewächshaus Reichenauer Gärtnersiedlung. 13 Hektar unter Glas - ressourcenschonender Paprika- & Auberginenanbau. URL: <https://www.reichenauer-gaertnersiedlung.de/Gewaechshaus/>. Abgerufen am: 02.06.2020
- Haas, G., U. Geier, D. G. Schulz, U. Köpke (1995): Vergleich Konventioneller und Organischer Landbau – Teil I: Klimarelevante Kohlendioxid- Emission durch den Verbrauch fossiler Energie. Beiträge über Landwirtschaft 73, S.401–415
- Hersener, J.-L.; Meier, U. (2001): Rationelle Energieanwendung in der Landwirtschaft (REAL). Unter Berücksichtigung vermehrten Einsatzes erneuerbarer Energieträger. Ausgearbeitet durch J.-L. Hersener; U. Meier. Im Auftrag des Bundesamtes für Energie. Schlussbericht Juli 2001.
- HUMANA Second Hand Kleidung GmbH (2011): Kleidung für alle - im Jahr Rio+20. URL: www.humana-second-hand.de/mode/downloads/HUMANA-kleidung-fuer-alle.pdf. Abgerufen am: 08.02.2016
- Institut Bauen und Umwelt e.V. (2010): Umwelt-Produktdeklaration Brettschichtholz (BS-Holz). Deklarationsnummer EPD-SHL-2010111-D
- Institut Bauen und Umwelt e.V. (2013): Umwelt-Produktdeklaration Kalksandstein. Deklarationsnummer EPD-BKS-2009111-D
- Jakobs, Rainer M. (2009): Kältetechnik im Lebensmitteleinzelhandel. Energieeinsparung als Herausforderung. Vortrag vom 20.02.2009, gehalten beim Kältenetzwerk Hamburg. Vortragsfolien.
- Kay, S. et al. (2019): Agroforestry creates carbon sinks whilst enhancing the environment in agricultural landscapes in Europe. In: Land Use Policy, 2019, Vol. 83, S. 581-593
- KBA Kraftfahrt-Bundesamt (2008 – 2019): Fahrzeugzulassungen (FZ) Neuzulassungen, Besitzumschreibungen, Außerbetriebsetzungen von Kraftfahrzeugen und Kraftfahrzeuganhängern nach Zulassungsbezirken. Jeweilige Ausgaben der Jahre 2008 - 2019.
- KBA Kraftfahrt-Bundesamt (2008 – 2019): Neuzulassungen von Personenkraftwagen nach Segmenten und Modellreihen. Jeweilige Ausgaben der Jahre 2008 - 2019
- KEA-BW Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (2020): Landkreis Konstanz - Datenbestand 2020.

- KEA-BW Klimaschutz- und Energieagentur Baden-Württemberg GmbH (2020a): CO₂-Bilanzierung. Emissionsfaktoren. URL: <https://www.kea-bw.de/kommunaler-klimaschutz/angebote/co2-bilanzierung>
- KfW Kreditanstalt für Wiederaufbau (2015-2019): KfW-Förderreporte 2015 bis 2019
- KTBL Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (2012): Energiepflanzen
- KTBL Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (2014): Die Produktion in Niedrigenergiegewächshäusern ist pflanzenbaulich möglich und wirtschaftlich sinnvoll. Fachsymposium ZINEG, 24.09. - 25.09.2014, Berlin. (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Hrsg.) Abgerufen am 28. 02 2018 von http://www.zineg.net/symposium_24.9.2014.pdf
- KTBL Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V. (2020): Web-Anwendungen. Leistungs-Kostenrechnung Pflanzenbau. URL: <https://www.ktbl.de/webanwendungen/kostenleistung/>. Abgerufen im Mai und Juni 2020.
- Landkreis Augsburg (2020): Modal-Split-Untersuchung 2019 - Langfassung. Herausgeber: Landkreis Augsburg.
- Landkreis Uckermark (2017): Entwurf Radwege-und Unterhaltungskonzept im Landkreis Uckermark. URL: <https://www.prenzlau.eu/sixcms/media.php/596/Anlage%20%20zur%20DS%2077-2017.pdf>
- LFL Landesanstalt für Landwirtschaft Bayern (2014): Energieeffizienz in der Landwirtschaft. Von der Theorie zur Praxis – Energieverbrauchsmessungen an landwirtschaftlichen Betrieben. Vortrag von Josef Neiber am 30.01.2014, Haus Düsse. Vortragsfolien. URL: <http://www.duesse.de/znr/pdfs/2014/2014-01-30-energie-04.pdf>. Abgerufen am: 08.02.2016
- LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2020); Energieatlas Baden-Württemberg. URL: <https://www.energieatlas-bw.de/>
- LWK Niedersachsen (2005): Schleppertest - Dieserverbrauch ist ein wichtiges Kaufkriterium. Stand: 21.12.2005. URL: <https://www.lwk-niedersachsen.de/index.cfm/portal/6/nav/348/article/5879.html>. Abgerufen am: 11.06.2020
- MCC Mercator Research Institute on Global Commons and Climate Change (2020): Verbleibendes CO₂-Budget. URL: <https://www.mcc-berlin.net/forschung/co2-budget.html>. Abgerufen am 29.06.2020
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (2017): Themenheft Mode und Textil. Aktualisierter Nachdruck. URL: https://www.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Publikationen/Umwelt/Nachhaltigkeit/Themenheft_Textil.pdf. Abgerufen am 29. Juni 2020
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg. (2018): Erneuerbare Energien in Baden-Württemberg 2017. Stand: Oktober 2018
- Müller-Sämann, K. & Hölscher, T., (2010): Miscanthus und Kohlenstoffbindung in ehemaligen Ackerböden. Freiburg,
- Rauth, Jürgen et al. (2011): Untersuchung zur Mobilität der Würzburger Studierenden. Studie im Rahmen des studentischen Projektseminars „Regionalentwicklung Unterfranken“ im Wintersemester 2010/2011 und Sommersemester 2011 – vorläufiger Bericht.
- Reiter, Karl, und Wrighton, Susanne (2016): Transportfahrräder verändern das Gesicht der Stadt in: Österreichische Gemeinde-Zeitung 6/2016, S. 14 f.
- SÖL Stiftung Ökologie & Landbau (2011): Energieverbrauch in der Landwirtschaft. Jährlicher Energieeinsatz pro Hektar im konventionellen und biologischen Landbau. Erschienen in: Ökologie & Landbau, Heft Nr. 160, 4/2011
- solarcomplex AG. (2018): Solarpark Bingen. URL: <https://www.solarcomplex.de/energieanlagen/photovoltaik/pv-freiland/bingen.html>. Abgerufen am 26. Mai 2020
- Stadt Stockach (2014): Energiebericht 2014 der Stadt Stockach.

- Statista (2014): Typische Lebensdauer von Autos in Deutschland nach Automarken. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/316498/umfrage/lebensdauer-von-autos-deutschland/>. 20.02.2020
- Statista (2015a): Energieverbrauch je Quadratmeter im mittelständischen Einzelhandel in Deutschland nach Branchen im Jahr 2013. URL: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/372160/umfrage/energieverbrauch-je-quadratmeter-im-einzelhandel-in-deutschland-nach-branchen/>. Abgerufen am: 11.02.2016
- Statista (2016): Energieverbrauch in der Landwirtschaft in Deutschland in den Jahren 1995 bis 2014 (in Terajoule). URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/487804/umfrage/energieverbrauch-in-der-landwirtschaft-in-deutschland/>. Abgerufen am: 17.06.2020.
- Statista (2016a): Durchschnittliche CO₂-Emissionen der Pkw-Neuzulassungen in Deutschland im Jahr 2014 nach Segmenten (in Gramm pro Kilometer). URL: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/38983/umfrage/co2-emissionen-nach-fahrzeugklassen-neuzulassungen-pkw/>. Abgerufen am: 19.05.2016
- Statista (2019): Durchschnittlicher Kraftstoffverbrauch der in Deutschland zugelassenen Pkw in den Jahren von 2007 bis 2018. URL: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/484054/umfrage/durchschnittsverbrauch-pkw-in-privaten-haushalten-in-deutschland/>. Abgerufen am: 20.02.2020
- Statistisches Bundesamt (2013): Verkehr auf einen Blick, 2013. Broschüre, 59 Seiten. Herausgeber: Statistisches Bundesamt, Wiesbaden
- STL BW Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2012): Statistisches Monatsheft 6/2012. Wohnsituation und Beheizungsstruktur. Ergebnisse der Mikrozensus-Zusatzerhebung 2010.
- STL BW Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2017): Fahrleistungen und Emissionen des Straßenverkehrs in Baden-Württemberg. Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 9/2017, Seiten 49 – 55.
- STL BW Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2019): Im Blickpunkt: Energie in Baden-Württemberg.
- STL BW Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2020): Regionaldatenbank. URL: <http://statistik-bw.de>
- STL BW Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2020a): Landesdaten - Energieverbrauch der Industrie in Baden-Württemberg nach Stadt- und Landkreisen. URL: <https://www.statistik-bw.de/Energie/ErzeugVerwend/EV-Industrie.jsp>
- STL BW Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2020b): Kraftfahrzeugbestand und Kraftstoffverbrauch im Straßenverkehr in Baden-Württemberg seit 1950 URL: <http://statistik-bw.de/Verkehr/KFZBelastung/LRt1506.jsp>.
- STL BW. (2011): Regionale CO₂-Bilanzen für Baden-Württemberg. Statistisches Monatsheft Baden-Württemberg 3/2011, S. 38-44.
- STWGD (2019): Solarpark Deponie Gügling. (Stadtwerke Schwäbisch Gmünd GmbH, Herausgeber) Abgerufen am 15. Mai 2019 von <https://www.stwgd.de/solarpark-deponie-guegling.html>
- Systain Consult GmbH (2009): Carbon Footprint Studie 2009. URL: http://www.systain.com/wp-content/uploads/2015/09/Systain_Studie_Carbon_Footprint_Deutsch.pdf. Abgerufen am: 08.02.2016
- Tauscher, B. et al. (2003): Bewertung von Lebensmitteln verschiedener Produktionsverfahren – Statusbericht 2003. Senat der Bundesforschungsanstalten. URL: <http://www.bi.w.kuleuven.be/ae/vcbt/cost924/Working%20Groups/WG1/statusbericht.pdf>. Abgerufen am: 11.04.2016
- Thünen-Institut (2020): Daten & Fakten. Treibhausgas-Emissionen aus der Landwirtschaft. URL: <https://www.thuenen.de/de/thema/klima-und-luft/emissionsinventare-buchhaltung-fuer-den-klimaschutz/treibhausgas-emissionen-aus-der-landwirtschaft/>. Abgerufen am 16.06.2020
- TLL Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (2010): Regionale Biomassepotenziale zur energetischen Nutzung im Freistaat Thüringen

- UBA Umweltbundesamt (2015): Kraftstoffverbrauch nach Energieträgern. Spezifischer Kraftstoffverbrauch von Personenkraftwagen. URL: https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/384/bilder/dateien/4_abb_durchschn-kraftstoffverbr_2015-10-05.pdf
- UBA Umweltbundesamt (2020): Kraftstoffe. Spezifischer Kraftstoffverbrauch von Personenkraftwagen URL: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/verkehr/kraftstoffe>. Abgerufen am 20.02.2020
- UBA Umweltbundesamt (2020a): Endenergieverbrauch 2018 nach Sektoren und Energieträgern. 25.02.2020. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energetraegern-sektoren>. Abgerufen am 22.06.2020
- UBA Umweltbundesamt (2020b): Energiebedingte Emissionen. Stand: 11.03.2020. URL: <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energiebedingte-emissionen#energiebedingte-treibhausgas-emissionen>.
- UBA Umweltbundesamt (2020c): Kohlendioxid-Emissionsfaktoren für die deutsche Berichterstattung atmosphärischer Emissionen 1990 – 2018.
- UBA Umweltbundesamt (2020d) - Entwicklung der spezifischen Kohlendioxid- Emissionen des deutschen Strommix in den Jahren 1990 - 2019
- ULB Stockach, Landwirtschaftsamt Landkreis Konstanz (2020): Daten Landwirtschaft.
- Umweltbundesamt Österreich (2016): Verkehr. Energieeffiziente Mobilität. URL: <http://www.umweltbundesamt.at/umweltsituation/energie/effizienz/effizienzverkehr/>. Abgerufen am: 25.09.2015
- VDI Verlag GmbH (2017): Fendt e100 Vario Dieser Elektro-Traktor arbeitet mit einer Batterieladung fünf Stunden lang. 13.09.2017. URL: <https://www.ingenieur.de/technik/fachbereiche/e-mobilitaet/dieser-elektro-traktor-arbeitet-batterieladung-fuenf-stunden-lang/>
- VDP Verband Deutscher Papierfabriken e. V. (2015): Ein Leistungsbericht.
- VR Verkehrsrundschau (2015): Elektro-Lkw - Meyer Logistik zieht Bilanz. URL: <https://www.verkehrsrundschau.de/nachrichten/elektro-lkw-meyer-logistik-zieht-bilanz-1709991.html>. Abgerufen am 27.06.2020.
- Wienerberger GmbH (2010): Bundesweit erster Energiespar-Supermarkt. Pressinformation vom 24.02.2010. URL: http://medien.enev-online.de/infos_2010/100224_wienerberger_energiespar_supermarkt.pdf. Abgerufen am: 17.12.2015
- Wind, G. und Heschl, Ch.: Graue Energie – ein wesentlicher Faktor zur Energieoptimierung von Gebäuden. URL: <http://www.ibwind.at/download/GraueEnergie081121.pdf>
- WWF. (2020). WWF-Rating der Bekleidungs- und Textilindustrie. Von <https://www.wwf.ch/de/unsere-ziele/wwf-rating-der-bekleidungs-und-textilindustrie>. Abgerufen am 24.05.2020
- Zukunftsstiftung Landwirtschaft (2020): Themen des Weltagrarberichts. Klima und Energie. URL: <https://www.weltagrarbericht.de/themen-des-weltagrarberichts/klima-und-energie.html>. Abgerufen am 16.06.2020

7 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Treibhausgasemissionen pro Person - Trend und mögliche Zielpfade.....	11
Abbildung 2: Zielpfade Endenergieverbrauch und erneuerbare Energien bis 2050	12
Abbildung 3: Hauptflächennutzungen in Hektar	13
Abbildung 4: Veränderungen der Flächennutzung 2010 – 2017 absolut (Hektar).....	14
Abbildung 5: Veränderungen der Flächennutzung 2010 – 2017 relativ (Prozent)	14
Abbildung 6: Entwicklung der pro Einwohner verfügbaren Flächen 2010 – 2017 (Prozent).....	15
Abbildung 7: Verfügbare forst- und landwirtschaftliche Flächen pro Einwohner	15
Abbildung 8: Bevölkerungsentwicklung im Landkreis Konstanz	16
Abbildung 9: Studierende in Konstanz	17
Abbildung 10: Erwerbstätige im Landkreis Konstanz – Anteile der Sektoren	18
Abbildung 11: Erwerbstätige im Landkreis Konstanz nach Wirtschaftsbereichen 2000 bis 2017	19
Abbildung 12: Endenergieverbrauch im Landkreis Konstanz 2014 pro Person nach Energieträgern	21
Abbildung 13: Endenergieverbrauch 2017 pro Einwohner nach Energieträgern	22
Abbildung 14: Endenergieverbrauch pro Einwohner 2017 nach Verwendung.....	23
Abbildung 15: Endenergieverbrauch 2017 pro Einwohner nach Verwendung und Energieträger	24
Abbildung 16: Anteile der Energieträger am Endenergieverbrauch 2017.....	25
Abbildung 17: Anteile der Sektoren Endenergieverbrauch im Landkreis Konstanz 2017.....	26
Abbildung 18: Endenergieverbrauch im Landkreis Konstanz 2017 nach Sektoren und Energieträgern	26
Abbildung 19: Absolute Veränderungen des Endenergieverbrauchs zwischen 2014 und 2017 in MWh.....	27
Abbildung 20: Relative Veränderungen des Endenergieverbrauchs zwischen 2014 und 2017	27
Abbildung 21: Veränderung des Endenergieverbrauchs pro Einwohner 2014 - 2017 nach Sektoren	28
Abbildung 22: Endenergieverbrauch – Aktueller Trend und Zielpfad im Klimaschutzszenario 2035	29
Abbildung 23: Anteile der Energieträger am Endenergieverbrauch 2035 im Klimaschutzszenario 2035.....	29
Abbildung 24: Erneuerbare Erzeugung von Strom und Wärme im Landkreis Konstanz	30

Abbildung 25: Erneuerbare Energiebereitstellung pro Einwohner 2017 im Vergleich mit dem Durchschnitt in Baden-Württemberg	31
Abbildung 26: Bereitstellung flächenabhängiger erneuerbarer Energien pro Hektar Land- und Forstwirtschaftsfläche 2017 im Vergleich mit dem Durchschnitt in Baden-Württemberg	31
Abbildung 27: Autonomiegrad im Stromsektor.....	32
Abbildung 28: Stromerzeugung installierter EEG-Anlagen im Landkreis Konstanz bis 2017	33
Abbildung 29: Zubau installierter EEG-Anlagenleistung 2018	33
Abbildung 30: EEG-Stromerzeugung im Landkreis Konstanz pro Einwohner	34
Abbildung 31: Entwicklung der EEG-Stromerzeugung im Landkreis Konstanz absolut und pro Einwohner 2014 - 2017	34
Abbildung 32: Entwicklung der Photovoltaik 2017 bis 2019 in den Gemeinden	35
Abbildung 33: Ergebnis der Kreismeisterschaft 2019 im Zubau von PV-Dachanlagen.....	36
Abbildung 34: Wärmebereitstellung aus erneuerbaren Energien 2017 (Nutzenergie in kWh/EW).....	37
Abbildung 35: Anteile erneuerbarer Energien am Endenergieverbrauch im Landkreis Konstanz 2017	38
Abbildung 36: Bilanzieller Nutzungsgrad der erneuerbaren Energiepotenziale im Landkreis Konstanz 2017	39
Abbildung 37: Nutzung der Photovoltaik im Verhältnis zum Dachflächenpotenzial.....	40
Abbildung 38: Nutzung des PV-Potenzials im Landkreis Konstanz 2017 unter Berücksichtigung von Freiflächenphotovoltaikpotenzialen	40
Abbildung 39: Anlagenfläche der Solarthermie	41
Abbildung 40: Nutzungsgrad Solarthermie	41
Abbildung 41: Bisherige Nutzung der umsetzbar erscheinenden Windenergiepotenziale	42
Abbildung 42: Nutzungsgrad des Bioenergiepotenzials im Landkreis Konstanz 2017	43
Abbildung 43: Installierte elektrische Leistung der Biogasanlagen insgesamt in kW	44
Abbildung 44: Bekannte Nutzung der Biogasanlagen.....	44
Abbildung 45: Nutzung der Abwärme von Biogasanlagen nach Verwendung	45
Abbildung 46: Übrige Abwärme von Biogasanlagen 2017.....	45
Abbildung 47: CO ₂ -Emissionen nach Sektoren – Quellenbilanz.....	48
Abbildung 48: Energiebedingte Treibhausgasemissionen pro Einwohner 2014 und 2017 nach Energieträgern.....	49
Abbildung 49: Energiebedingte Treibhausgasemissionen nach Energieträgern und Emittenten.....	50
Abbildung 50: Energiebedingte Treibhausgasemissionen nach Sektoren in Prozent	51

Abbildung 51: Energiebedingte Treibhausgasemissionen nach Sektoren in Tonnen pro Einwohner.....	52
Abbildung 52: Anteile der Verkehrsmittel an Jahresfahrleistung und THG-Emissionen des Straßenverkehrs	53
Abbildung 53: Modal Split – Beispiel	54
Abbildung 54: Länge des mit dem Rad befahrbaren Netzes und der Radwege	55
Abbildung 55: Anteile der Führungsformengruppen am Radwegenetz	55
Abbildung 56: Endenergieverbrauch der BSB.....	58
Abbildung 57: CO ₂ -Emissionen der BSB 2014 - 2018	58
Abbildung 58: Neuzulassungen von Lastkraftwagen im Landkreis Konstanz.....	59
Abbildung 59: Pkw-Bestand im Landkreis Konstanz.....	60
Abbildung 60: Pkw-Bestand pro 1.000 Einwohner im Landkreis Konstanz 1990 bis 2015.....	61
Abbildung 61: Pkw pro 1.000 Einwohner nach Antriebsart	61
Abbildung 62: Pkw-Bestand pro 1.000 Einwohner in den Gemeinden 2013- 2018	62
Abbildung 63: Veränderung des Bestandes von Pkw pro 1.000 Einwohner zwischen 2011 und 2015.....	62
Abbildung 64: Veränderung des Pkw-Bestandes pro 1.000 Einwohner in Prozent zwischen 2011 und 2014 (Kartendarstellung)	63
Abbildung 65: Veränderung des Pkw-Bestandes pro 1.000 Einwohner in Prozent zwischen 2014 und 2017 (Kartendarstellung)	63
Abbildung 66: Neuzulassungen von Pkw im Landkreis Konstanz nach Haltergruppen.....	64
Abbildung 67: Veränderungen bei den Neuzulassungen von Personenkraftwagen nach Haltergruppen	64
Abbildung 68: Entwicklung der Pkw-Neuzulassungen pro 1.000 Erwerbstätige nach Wirtschaftsbereichen	65
Abbildung 69: Veränderung der Pkw-Neuzulassungen pro 1.000 Einwohner bzw. Erwerbstätige nach Wirtschaftsbereichen 2011 - 2017	65
Abbildung 70: Anteile ausgewählter Segmente an Pkw-Neuzulassungen in Deutschland.....	66
Abbildung 71: CO ₂ -Emissionen der Pkw-Neuzulassungen im Jahr 2014 pro km nach Segmenten im Vergleich zur Kompaktklasse.....	67
Abbildung 72: Entwicklungstrend des Elektroauto-Bestandes im Vergleich zum Ziel für 2020	68
Abbildung 73: Anteil der Elektrofahrzeuge am Pkw-Bestand 2015 - 2018	68
Abbildung 74: Entwicklung der Ladeeinrichtungen 2010 - 2020	69
Abbildung 75: Anzahl und Anteil der Gemeinden mit Ladesäulen 2010 - 2020.....	69
Abbildung 76: Gemeldete Ladeeinrichtungen im Landkreis Konstanz 2020 nach Gemeinden	70

Abbildung 77: Ladepunkte pro 1.000 Einwohner im Jahr 2020 nach Gemeinden.....	70
Abbildung 78: Ladepunkte pro 1.000 Einwohner im Jahr 2020 nach Gemeinden (Kartendarstellung).....	71
Abbildung 79: Berufseinpender und Berufsauspendler.....	72
Abbildung 80: Berufspendler in Relation zur Erwerbstätigenzahl am Arbeitsort	72
Abbildung 81: Jahresfahrleistung im Straßenverkehr in 1.000 km	73
Abbildung 82: Entwicklung der Jahresfahrleistungen leichter und schwerer Nutzfahrzeuge	74
Abbildung 83: Jährliche Zunahme der Jahresfahrleistungen im Transport in den Zeiträumen 2010 – 2015 und 2015 - 2017.....	74
Abbildung 84: Absolute Veränderungen der Jahresfahrleistungen nach Fahrzeug- und Straßenkategorien von 2010 bis 2017	75
Abbildung 85: Relative Veränderungen der Jahresfahrleistungen nach Fahrzeug- und Straßenkategorien von 2010 bis 2017	75
Abbildung 86: Relative Veränderungen der Jahresfahrleistungen nach Straßenkategorien von 2015 bis 2017	76
Abbildung 87: Gesamtverkehrsaufkommen nach Straßenkategorien	76
Abbildung 88: Verkehrsaufkommen pro Einwohner nach Straßenkategorien	77
Abbildung 89: Jahresfahrleistung pro Einwohner nach Fahrzeugkategorien.....	77
Abbildung 90: Veränderung des Verkehrsaufkommens in km pro Einwohner nach Fahrzeugkategorien	78
Abbildung 91: Jahresfahrleistung der Pkw pro Einwohner 2000 – 2017 im Landesvergleich	78
Abbildung 92: Entwicklung von Bevölkerung und Pkw-Fahrleistung 2000 - 2018 im Landesvergleich und Entwicklung der Studierendenzahl	79
Abbildung 93: Gemessene Jahresfahrleistung der Pkw pro Einwohner im Gemeindegebiet.....	80
Abbildung 94: Pkw-Jahresfahrleistungen der einheimischen Pkw pro Einwohner (Schätzung).....	81
Abbildung 95: Treibstoffverbrauch im Landkreis Konstanz nach Fahrzeugkategorien.....	82
Abbildung 96: Endenergieverbrauch pro Einwohner im Straßenverkehr: Trend und Ziele	82
Abbildung 97: Endenergieverbrauch des Pkw-Verkehrs nach Energieträgern.....	83
Abbildung 98: Jahresfahrleistung und Endenergieverbrauch der Pkw pro Einwohner	84
Abbildung 99: Endenergieverbrauch der Pkw pro Einwohner im Vergleich mit möglichen Effizienzscenarien	84
Abbildung 100: Entwicklung des Treibstoffverbrauchs der einheimischen Pkw pro Einwohner 2010 - 2017.....	85
Abbildung 101: Treibstoffverbrauch je Einwohner 2017 nach Gemeinden (Kartendarstellung)	86

Abbildung 102: Treibhausgasemissionen des Straßenverkehrs pro Einwohner: Trend und Ziele	87
Abbildung 103: Personenbeförderungsleistung des VHB pro Einwohner (Pkm)	88
Abbildung 104: Geschätzter Energiebedarf des VHB	89
Abbildung 105: Schätzung der benötigten ÖPNV-Entwicklung (Busse) im Klimaschutzszenario 1	90
Abbildung 106: Pkw-Neuzulassungen nach genutztem Energieträger im Klimaschutzszenario 1 (Beispiel)	91
Abbildung 107: Mögliche Entwicklung des Pkw-Bestandes nach genutztem Energieträger im Klimaschutzszenario (Beispiel)	91
Abbildung 108: Endenergieverbrauch des Pkw-Verkehrs nach Energieträgern im Klimaschutzszenario 1	92
Abbildung 109: Jahresfahrleistung der Nutzfahrzeuge nach Motorisierung im Klimaschutzszenario 1	93
Abbildung 110: Endenergieverbrauch der leichten und schweren Nutzfahrzeuge im Klimaschutzszenario 1	93
Abbildung 111: CO ₂ -Emissionen der Elektroautos im Klimaschutzszenario 1 in Tonnen.....	94
Abbildung 112: CO ₂ -Emissionen der Pkw nach verwendetem Treibstoff im Klimaschutzszenario 1	94
Abbildung 113: CO ₂ -Emissionen des Pkw-Verkehrs pro Einwohner und Jahr im Klimaschutzszenario 1	95
Abbildung 114: Entwicklung der CO ₂ -Emissionen von LNF, SNF und Bussen im Klimaschutzszenario 1	95
Abbildung 115: Jahresfahrleistung der Pkw nach Antriebsart im Klimaschutzszenario 2.....	96
Abbildung 116: Pkw-Neuzulassungen nach genutztem Energieträger im Klimaschutzszenario 2	97
Abbildung 117: Mögliche Entwicklung des Pkw-Bestandes im Klimaschutzszenario 2	97
Abbildung 118: CO ₂ -Emissionen des Pkw-Verkehrs nach verwendetem Treibstoff im Klimaschutzszenario 2	98
Abbildung 119: CO ₂ -Emissionen des Pkw-Verkehrs pro Einwohner im Klimaschutzszenario 2	98
Abbildung 120: CO ₂ -Emissionen des Pkw-Verkehrs pro Einwohner im Klimaschutzszenario 3	99
Abbildung 121: Mögliche Entwicklung des Pkw-Bestandes im Klimaschutzszenario 4.....	100
Abbildung 122: CO ₂ -Emissionen des Pkw-Verkehrs pro Einwohner im Klimaschutzszenario 4	101
Abbildung 123: Entwicklung der durchschnittlichen Haushaltsgröße des Landkreises im Vergleich	102
Abbildung 124: Entwicklung der durchschnittlichen Haushaltsgrößen in den Gemeinden	103

Abbildung 125: Veränderung der Haushaltsgrößen in den Gemeinden 2011-2015	103
Abbildung 126: Veränderung der Haushaltsgrößen in den Gemeinden 2015-2017	104
Abbildung 127: Stromverbrauch pro Haushalt und pro Person nach Haushaltsgröße	105
Abbildung 128: Durchschnittlicher Energiebedarf für Wohnen pro Person nach Haushaltsgröße	105
Abbildung 129: Entwicklung des Stromverbrauchs der Haushalte 2014 - 2017	106
Abbildung 130: Geschätzter Stromverbrauch der Haushalte im Zeitraum 2014 - 2017 nach Haushaltsgröße	106
Abbildung 131: Entwicklung des geschätzten Stromverbrauchs pro Haushalt in den Gemeinden 2014 – 2017	107
Abbildung 132: Geschätzte Einsparungen beim Haushaltsstromverbrauch in den Gemeinden 2014 - 2017	107
Abbildung 133: Entwicklung des Stromverbrauchs der Haushalte pro Einwohner in den Gemeinden 2014 – 2017	108
Abbildung 134: Stromverbrauch der Haushalte pro Einwohner 2017 (Kartendarstellung)	108
Abbildung 135: Geschätzte Gebäudebeheizungsstruktur	109
Abbildung 136: Neubau von Wärmepumpen	110
Abbildung 137: Feldbestand von Wärmepumpen	110
Abbildung 138: Neubau von Wärmepumpen und sonstigen Wärmeerzeugern	111
Abbildung 139: Anteil von Wärmepumpen am Heizungsbestand – Trend und möglicher Zielpfad	111
Abbildung 140: KfW-Förderung privater Kunden "Energieeffizient Sanieren" - Geförderte Wohneinheiten	112
Abbildung 141: KfW-Förderung privater Kunden "Energieeffizient Sanieren" - Fördersumme	113
Abbildung 142: Geschätzte Vollsaniierungsäquivalente pro 100 Wohneinheiten	114
Abbildung 143: Geschätzte Anteile der Gebäudetypen an Bevölkerung und Energieverbrauch	114
Abbildung 144: Wohnfläche pro Einwohner	115
Abbildung 145: Entwicklung der Wohnfläche im Vergleich zur Bevölkerungsentwicklung	115
Abbildung 146: Heizenergieverbrauch im Landkreis Konstanz (Nutzenergie)	116
Abbildung 147: Treibhausgasemissionen aus Wohngebäudebeheizung	117
Abbildung 148: Gegenläufige Entwicklungen von technischer Effizienz und Konsum im Sektor Wohnen	118
Abbildung 149: Raumwärmebedarf der Gemeinden für Wohnen pro Einwohner	119
Abbildung 150: Endenergieverbrauch der Haushalte für Wärme pro Einwohner 2017 (Kartendarstellung)	119

Abbildung 151: Endenergieverbrauch der Haushalte für Wohnen pro Einwohner in den Gemeinden 2017	120
Abbildung 152: Endenergieverbrauch der Haushalte für Wohnen und MIV pro Einwohner in den Gemeinden 2017	121
Abbildung 153: Nutzenergiebedarf für Wärme in Wohngebäuden - Trend und Ziel	122
Abbildung 154: Endenergiebedarf für Wärme in Wohngebäuden - Trend und Ziel	123
Abbildung 155: Nutzenergiebedarf für Wärme in Wohngebäuden pro Einwohner - Trend und Ziel	124
Abbildung 156: Endenergiebedarf Wärme Wohngebäude pro Einwohner - Trend und Ziel	124
Abbildung 157: Nutz- und Endenergie pro Quadratmeter Wohnfläche - Trend und Ziel	125
Abbildung 158: CO ₂ -Emissionen aus Wohngebäudebeheizung pro Einwohner: Trend	125
Abbildung 159: CO ₂ -Emissionen aus Wohngebäudebeheizung pro Einwohner: Klimaschutzszenario	126
Abbildung 160: Endenergieverbrauch der Industrie nach Energieträgern 2003 - 2018	127
Abbildung 161: Endenergieverbrauch der Industrie pro Einwohner 2003 - 2018	128
Abbildung 162: Energieverbrauch der Industrie in Relation zur Erwerbstätigenzahl im produzierenden Sektor	128
Abbildung 163: CO ₂ -Emissionen der Industrie pro Einwohner	129
Abbildung 164: Endenergieverbrauch der Industrie pro Einwohner: Trend und Ziele (Beispiel)	129
Abbildung 165: CO ₂ -Emissionen der Industrie: Trend und möglicher Zielpfad - Strommix "Baden-Württemberg" (Beispiel)	130
Abbildung 166: CO ₂ -Emissionen der Industrie: Trend und möglicher Zielpfad - Strommix "Deutschland" (Beispiel)	130
Abbildung 167: Geschätzter Endenergiebedarf sonstiger Kleinverbraucher im Kreis Konstanz	131
Abbildung 168: Geschätzter Endenergieverbrauch im Sektor GHD: Trend und mögliche Ziele	132
Abbildung 169: CO ₂ -Emissionen des Sektors GHD - Trend und möglicher Zielpfad	133
Abbildung 170: Energieverbrauch je Quadratmeter im mittelständischen Einzelhandel in Deutschland	134
Abbildung 171: Entwicklung von Ackerflächen und Dauergrünland 1999 - 2010	136
Abbildung 172: Anbau ausgewählter Feldfrüchte auf dem Ackerland 1999 - 2016	136
Abbildung 173: Kumulierter Energieaufwand der Landwirtschaft pro Hektar nach Kulturpflanzengruppen	137
Abbildung 174: Geschätzter kumulierter Energieaufwand der Landbewirtschaftung im Landkreis Konstanz	137
Abbildung 175: Geschätzter Endenergieverbrauch der Landwirtschaft im Landkreis Konstanz	138

Abbildung 176: Geschätzter Treibstoff- und Strombedarf der Landwirtschaft pro Hektar – Trend und mögliche Ziele	139
Abbildung 177: Geschätzter Treibstoff- und Strombedarf der Landwirtschaft im Landkreis Konstanz – Trend und mögliche Ziele	140
Abbildung 178: Gewächshausfläche nach Energieverbrauch pro Quadratmeter	140
Abbildung 179: Geschätzter Energieverbrauch der Gewächshäuser im Kreis Konstanz	141
Abbildung 180: Gewächshausfläche nach technischem/energetischen Zustand	141
Abbildung 181: Kumulierter Energieaufwand des Ackerbaus nach Wirtschaftsweise	142
Abbildung 182: Energieaufwand der Dauergrünlandbewirtschaftung nach Wirtschaftsweise	143
Abbildung 183: Landwirtschaftliche Betriebe im Landkreis Konstanz mit ökologischem Landbau	143
Abbildung 184: Anteil der ökologisch bewirtschafteten Fläche im Landkreis Konstanz	144
Abbildung 185: Kumulierter Energieaufwand grünlandbasierter Futterproduktion	146
Abbildung 186: Anteil grünlandbasierter Viehhaltung an der Dauergrünlandfläche	146
Abbildung 187: Wertstoffaufkommen nach Stoffarten (kg pro Einwohner)	147
Abbildung 188: Papierverbrauch in Deutschland pro Einwohner	148
Abbildung 189: Geschätzte Emissionen des Kleiderkonsums pro Einwohner nach genutztem Rohstoff	149
Abbildung 190: Global Warming Potential (GWP) von Baumaterialien pro kg	150
Abbildung 191: Anteile der Baufertigstellungen nach überwiegend verwendetem Baustoff in Deutschland	150

