

# Energiebericht 2008 - 2020

Gefördert durch:

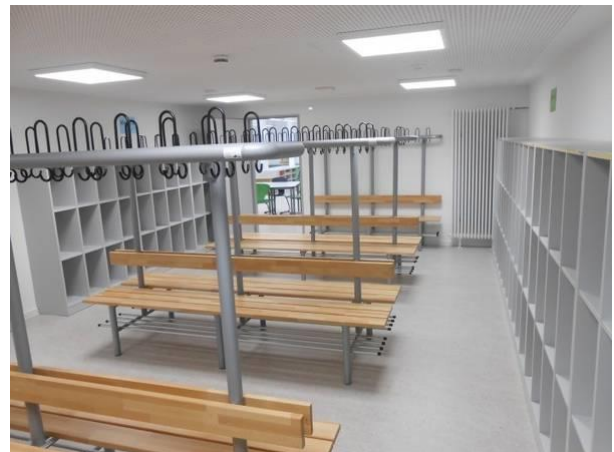


Bundesministerium  
für Umwelt, Naturschutz  
und nukleare Sicherheit



NATIONALE  
KLIMASCHUTZ  
INITIATIVE

aufgrund eines Beschlusses  
des Deutschen Bundestages



Klosterringschule



Schule Weigheim

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Grundsätzliches</b> .....	<b>1</b>
1.1 Zum Energiebericht für die Jahre 2008 bis 2020 .....	1
1.2 Berichtübergreifende Anmerkungen .....	1
<b>2 Verbrauchsbilanzen - Gesamtverbrauch</b> .....	<b>4</b>
2.1 Gesamtenergieverbrauch und CO <sub>2</sub> -Emissionen (Wärme und Strom) .....	4
2.1.1 Bruttogrundfläche (BGF) .....	9
<b>3 Verbrauchsbilanzen und CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Nutzergruppen</b> .....	<b>10</b>
3.1 Wärmeenergieverbrauch.....	10
3.1.1 Spezifischer Wärmeverbrauch.....	11
3.1.2 Wärmeenergiekosten .....	12
3.2 Stromverbrauch .....	15
3.2.1 Spezifischer Stromverbrauch.....	15
3.2.2 Stromkosten.....	16
3.3 CO <sub>2</sub> -Emissionen.....	18
3.3.1 Wärme, CO <sub>2</sub> -Emissionen.....	18
3.3.2 Strom, CO <sub>2</sub> -Emissionen.....	19
Zusammenfassung Energieverbrauch und CO <sub>2</sub> -Emissionen .....	22
<b>4 Die Situation der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in Villingen-Schwenningen</b> .....	<b>23</b>
4.1 Vorbemerkungen zum Kapitel .....	24
4.2 Die Situation in Deutschland .....	25
4.3 Die Situation in Villingen-Schwenningen .....	30
<b>Abbildungsverzeichnis</b> .....	<b>42</b>

### 1 Grundsätzliches

Dies ist der vierte Energiebericht, den die Verwaltung vorlegt. Das GHO hat sich entschieden, die Verbrauchsdaten der 13 Jahre von 2008 bis 2020 diesem Energiebericht zugrunde zu legen.

#### 1.1 Zum Energiebericht für die Jahre 2008 bis 2020

Dargestellt wurden im Bereich Strom die Verbrauchswerte von 66 Objekten, die für über 90% des kommunalen Stromverbrauchs, der –kosten und der CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich sind. Im Bereich Wärme wurden die Verbrauchswerte von 65 Objekten dargestellt, die für mehr als 90% des kommunalen Wärmeverbrauchs, der –kosten und der CO<sub>2</sub>-Emissionen verantwortlich sind. Dabei wurden Objekte, deren Verbrauchswerte nicht alle Jahre 2008 bis 2020 abdecken in der Gesamtübersicht mit den Mittelwerten der Jahre berücksichtigt, die zur Verfügung standen.

Die Gebäudedaten ('Steckbriefe') werden, wie bereits im dritten Energiebericht, als separate Anlagen zum Energiebericht vorgelegt. In den 'Steckbriefen' entfallen zudem die Vergleiche mit dem Energieverbrauch städtischer Gebäude aus dem Jahr 1995. Die Vergleiche sind in den beiden ersten Energieberichten zu finden, die im Internet veröffentlicht sind. Dies verringert den Umfang des Energieberichts deutlich, wie dies vom Gemeinderat verlangt wurde.

#### 1.2 Berichtübergreifende Anmerkungen

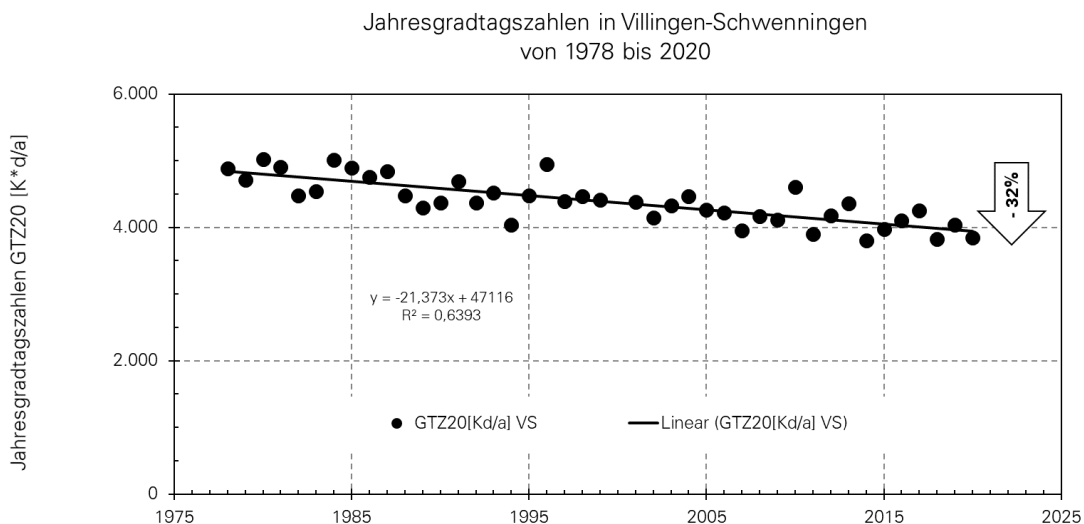
Bereits heute spüren wir auch in Villingen-Schwenningen deutliche Veränderungen des Klimas und des Wetters, die ohne ein globales Umdenken beim CO<sub>2</sub>-Ausstoß von Jahr zu Jahr zu gravierenderen Schäden führen werden. Überschwemmungen, Stürme und Trockenperioden sind in den letzten Jahren häufiger anzutreffen als noch vor zwei bis drei Jahrzehnten. Neben negativen Auswirkungen auf unsere Lebensbedingungen bergen diese Entwicklungen ebenfalls ein enormes Schadenspotential für die Wirtschaft. Unbestritten ist dabei die Tatsache, dass die Erhöhung des Treibhausgasausstoßes, hier vor allem Kohlendioxid (CO<sub>2</sub>) und Methan (CH<sub>4</sub>), der treibende Faktor bei diesen Veränderungen ist und der ungebremsten Entwicklung unbedingt Einhalt geboten werden muss. An Beispielen in Deutschland seien hier nur die extrem heißen und trockenen Sommer 2018, 2019 und 2020 zu nennen, ebenso wie die Überschwemmungskatastrophe in den linksrheinischen Gebieten von Nordrhein-Westfalen und Rheinland-Pfalz, bei der mehr als 180 Menschen ums Leben kamen und Schäden von Dutzenden Milliarden EURO entstanden.

Was passiert eigentlich, wenn in Zukunft mehr als 3 Extremsommer aufeinander folgen? Oder die Arktis sich so weit aufheizt, dass atlantische Tiefdrucksysteme sich kaum noch von der Stelle rühren und dann an einem Tag Regenmengen fallen, die den Menschen unserer Region vollkommen fremd sind. Auf der Westseite der neuseeländischen Alpen fallen in einem Jahr Regenmengen von durchschnittlich 6.716 Liter pro m<sup>2</sup>. In regenreichen Jahren auch das eineinhalbfache. Nur leben dort wenige Menschen, die den Regenmengen trotzen müssen.

Könnten wir in Villingen-Schwenningen das auch?

Im Gegensatz zum Klima unterliegt das Wetter Schwankungen, die für uns kurzfristig wahrnehmbar sind. Heiße Tage im Sommer, oder eben auch warme und kalte Wintertage. Dem menschlichen Körper fehlen jedoch die Sensoren, die beurteilen können, ob das vergangene Jahr zu dem davorliegenden Jahr insgesamt kühler oder wärmer war. Dazu dienen die Messwerte in Abbildung 1. Sie zeigen eine deutliche Abnahme der GTZ20-Werte für Villingen-Schwenningen zwischen 1978 und 2020. Das bedeutet, dass sich das Klima in unserer Stadt in den letzten 40 Jahren signifikant geändert hat – es ist deutlich wärmer geworden.

Die mit GTZ20 gekennzeichneten Messwerte zeigen den Verlauf der Jahresgradtagszahlen in den Jahren 1978 bis 2020. Die Gradtagzahl hat die Einheit  $K \cdot d / a$  (Kelvin · Tag / Jahr), also dieselbe Dimension wie die Temperatur. Sie werden aber auch auf eine Heizperiode oder einen Kalendermonat bezogen und sind dann für die saisonalen Schwankungen aussagekräftig und es gibt einen Wert für das langjährige klimatische Mittel, die Jahres-GTZ20. Dabei bedeutet 20, dass hier nur die Tage gezählt werden deren Temperaturen unterhalb  $20^\circ C$  liegen.



**Abbildung 1:** Verlauf der Jahresgradtagszahlen in Villingen-Schwenningen zwischen 1978 und 2020. In den vergangenen 40 Jahren nahmen die GTZ20 Werte in Villingen-Schwenningen tendenziell um 32 % ab.

Der allgemeine Ablauf bei der Erstellung eines Energieberichts ist durch die untenstehende Abbildung 2 beschrieben. Im Abstand von je zwei Jahren wird der Energiebericht aktualisiert. Einmalig war in 2016 die Erstellung eines Zwischenberichts für 12 große kommunale Verbraucher.

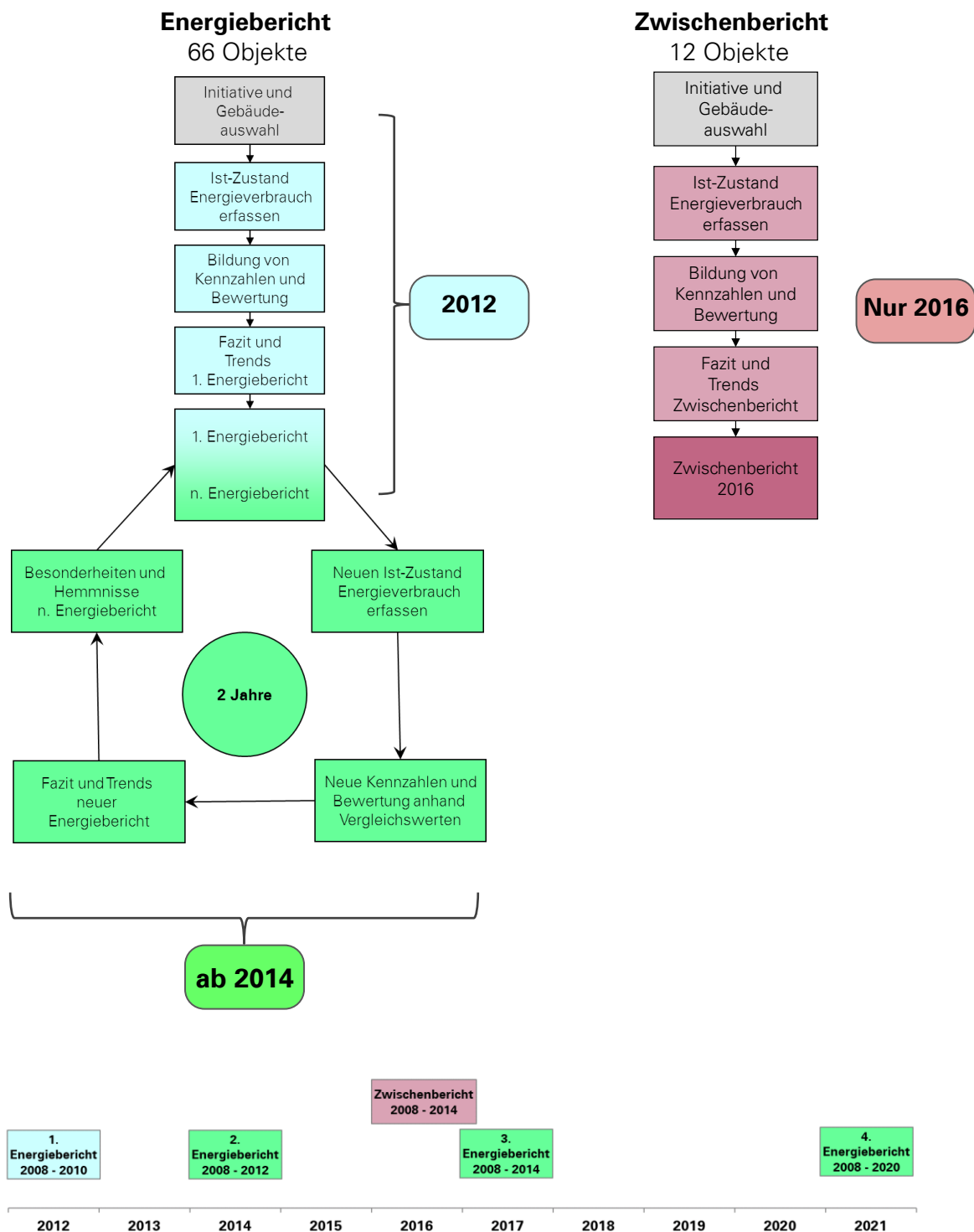


Abbildung 2: Ablaufschemata des Energieberichts der Stadt Villingen-Schwenningen. Einmalig wurde 2016 ein sogenannter Zwischenbericht der 12 größten Liegenschaften veröffentlicht. Seit 2012 wurden insgesamt 4 Energieberichte und ein Zwischenbericht veröffentlicht.

## 2 Verbrauchsbilanzen - Gesamtverbrauch

Insgesamt hat das Amt für Gebäudewirtschaft und Hochbau mehr als 250 einzelne Objekte in einer Datenbank erfasst. Objekte können einzelne Verwaltungsgebäude sein, oder ein Brunnen oder eben auch das Bildungszentrum Deutenberg mit Gymnasium, Schulverbund, Sporthallen und Außenstelle Hallerhöhe.

Ziel dieses Energieberichts ist es, mit möglichst wenigen Objekten so viel Energieverbrauch wie möglich darzustellen. Ziel ist ebenso, die Daten für die Darstellung sowohl in der Gesamtbilanz, wie auch in der nach Nutzergruppen für die Jahre 2008 bis 2020 vollständig vorliegen zu haben. So sind in den Abschnitten 2 und 3 dieses Berichts die Stromverbrauchsinformationen von 66 Objekten und die Wärmeverbrauchsinformationen von 65 Objekten abgebildet. Für den Strom- und Wärmeverbrauchssektor konnten so mehr als 90% des Gesamtverbrauchs der städtischen Objekte dargestellt werden. Im Abschnitt 4 dieses Berichts wird ein Überblick über die Situation der Stromerzeugung mit Hilfe von regenerativen Energieträgern in Villingen-Schwenningen gegeben. In den Anlagen zum Energiebericht finden sich die 'Steckbriefe' der betrachteten Objekte.

Berücksichtigung findet der sogenannte Endenergieverbrauch, d.h. die von den Energiezählern abgelesenen und abgerechneten kWh an Erdgas, Strom und Wärme sowie, in einzelnen Fällen, die getankten Liter an Heizöl bzw. deren Umrechnung auf die Wärmeeinheit **kWh (1l Heizöl  $\approx$  1 m<sup>3</sup> Erdgas  $\approx$  2 kg Pellets  $\approx$  10 kWh Wärme)**.

Auf eine Berechnung des Primärenergieverbrauchs wird im vorliegenden Energiebericht verzichtet.

### 2.1 Gesamtenergieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen (Wärme und Strom)

In Abbildung 3 ist der Verbrauch von 66 Objekten im Strombereich und von 65 Objekten im Wärmebereich dargestellt. Die Wärmeverbrauchsdaten sind sowohl absolut als auch witterungsbereinigt dargestellt.

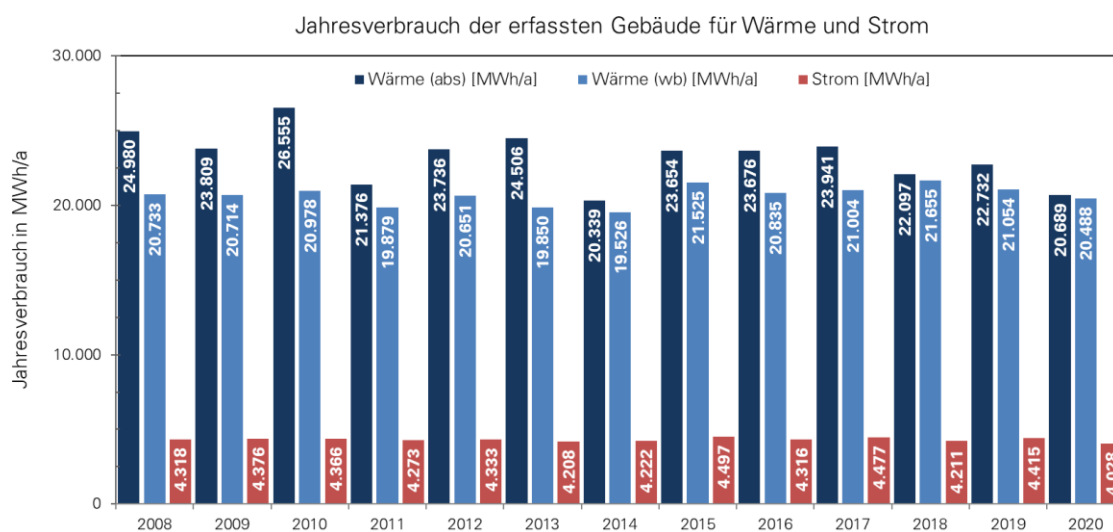


Abbildung 3: Gesamtenergieverbrauch der betrachteten Gebäude zwischen 2008 und 2020.

Zwischen 2008 und 2020 sanken der absolute Wärmeverbrauch um 17,2% und der witterungsbereinigte Wärmeverbrauch um 1,2%. Der Stromverbrauch nimmt im gleichen Zeitraum um 6,7% ab und beträgt 2020 19,5% des absoluten Wärmeverbrauchs. In Abbildung 4 sind die Jahresenergiekosten für Wärme, Strom und die Summe der beiden für die betrachteten Objekte dargestellt.

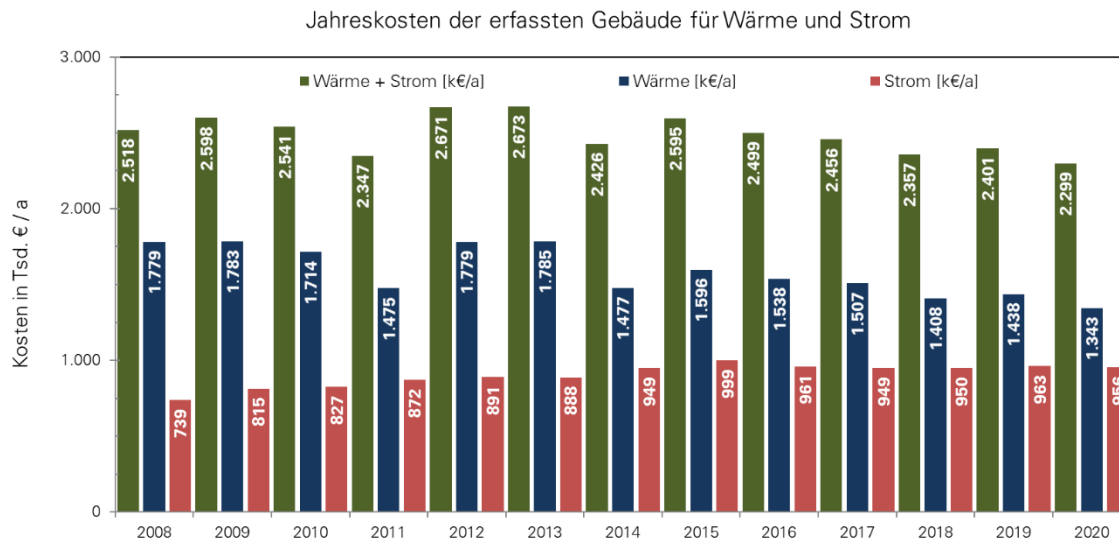


Abbildung 4: Jahresenergiekosten der betrachteten Gebäude zwischen 2008 und 2020.

Zwischen 2008 und 2020 nahmen die Kosten für Wärme um 24,5% ab. Die jährlichen Schwankungen in diesem Zeitraum kann durch das Nacheilen des Gaspreises (sogenannte 'Ölpreisbindung') interpretiert werden. In der Vergangenheit veränderten sich die Gaspreise tendenziell wie die Preise für Heizöl, allerdings mit einer gewissen zeitlichen Verzögerung. Erreichten die Heizölpreise 2012 ihr Maximum im betrachteten Zeitraum, so war dies bei Erdgas erst im Laufe des Jahres 2013 der Fall. Danach sinkt der Gaspreis weiter ab. Dieses Nacheilen des Gaspreises wird sich in Zukunft durch die Liberalisierung des Gasmarktes abschwächen, wenn nicht gar ganz verschwinden, vergleiche auch Abbildungen 5 und 17.

Beim Strompreis ist die Situation drastischer. Bei moderat abnehmendem Stromverbrauch zwischen 2008 und 2020 (- 6,7%) stiegen die Kosten für Strom in diesem Zeitraum um 29,4% an. Die Gründe für diesen Anstieg waren steigende spezifische Stromkosten, vergleiche Abbildung 7b. Die spezifischen Stromkosten setzen sich zusammen aus Kosten für Erzeugung, Transport und Abrechnung (nur diese werden ausgeschrieben) und den sogenannten 'fixen Kosten' aus Steuern und Umlagen (diese liegen fest und können nicht ausgeschrieben werden). Auf diese Thematik wurde im zweiten Energiebericht 2008 – 2012 näher eingegangen.

Insgesamt wendete das GHO zur Versorgung der 66 Objekte im Jahr 2020 zusammen 2,3 Millionen € für Energie auf. Das waren 8,7% weniger als 2008. Obwohl der Stromverbrauch nur 19,5% des Wärmeverbrauchs aufweist, machten die Kosten für Strom im Jahr 2020 insgesamt 41,6% der Gesamtkosten aus, vergleiche hierzu Abbildung 4. Dieses Verhältnis wird sich zukünftig noch stärker hin zu relativ höheren Stromkosten verschieben, da die spezifischen Stromkosten pro kWh weiter stärker ansteigen als die für Wärme. Allerdings mit einem Zwischenhoch in den Jahren 2021 und 2022. Die immens gestiegenen Preise für Energie erreichen auch das GHO.

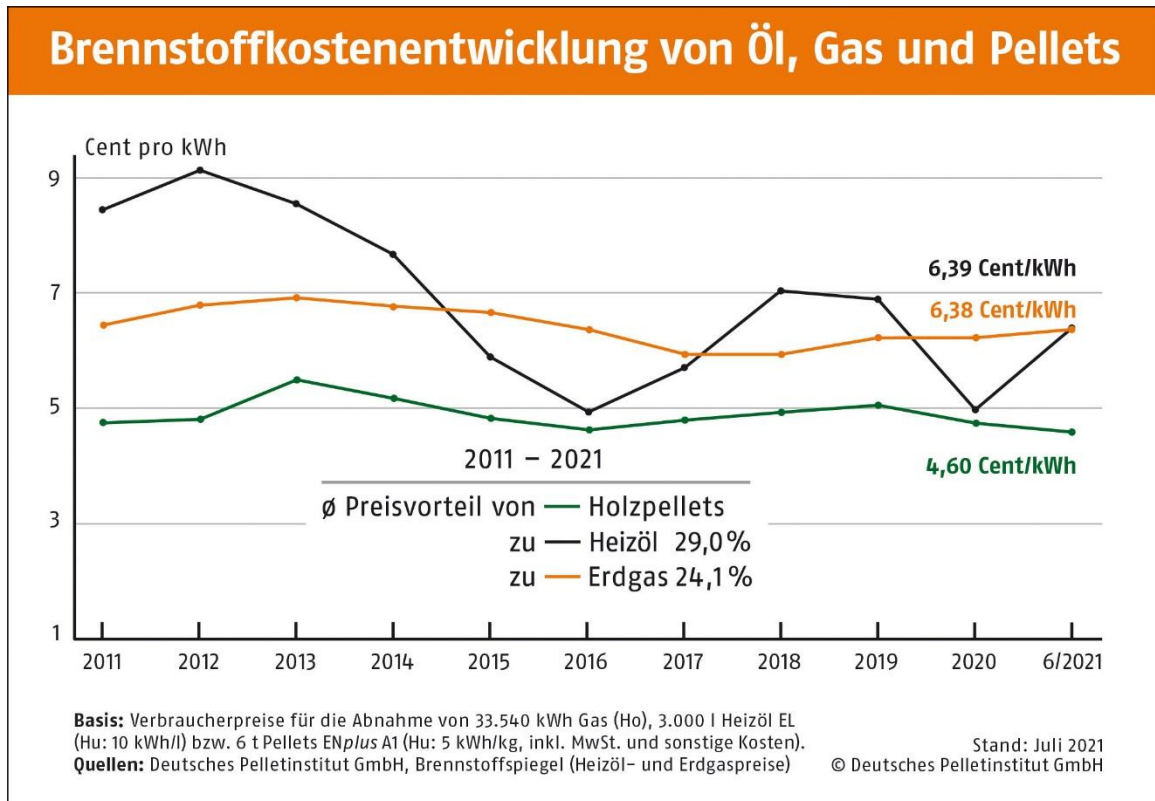


Abbildung 5: Energiepreisentwicklung in Deutschland zwischen 2006 und Juni 2021. Die Daten wurden uns freundlicherweise vom Deutschen Pelletinstitut GmbH zur Verfügung gestellt.

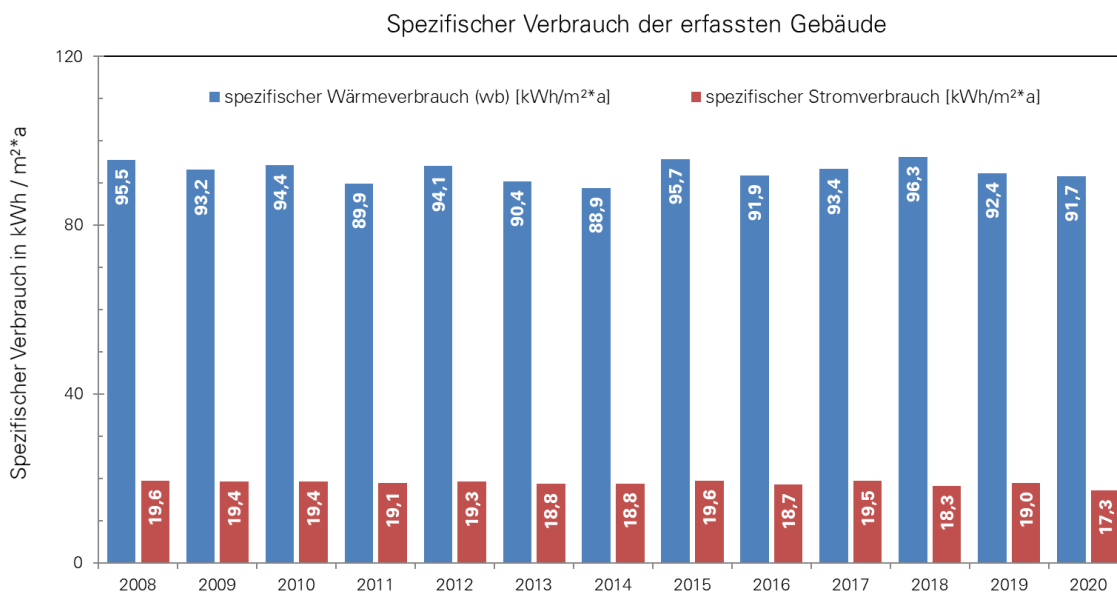


Abbildung 6: Spezifischer Wärme- und spezifischer Stromverbrauch der betrachteten Gebäude zwischen 2008 und 2020.

In Abbildung 6 sind die spezifischen Energieverbrauchskennwerte für Wärme und Strom abgebildet. Für Wärme werden zur Berechnung die witterungsbereinigten Verbrauchswerte herangezogen. Erkennbar ist eine Abnahme des spezifischen Wärmeverbrauchs (- 4%) zwischen 2008 und 2020 durch Verbesserungen in Bezug auf die Wärmeerzeugung wie auch die Hülle der Objekte. Weiterhin fällt auf, dass sich der Stromverbrauchskennwert zwischen 2008 und 2020 ebenfalls verringerte (- 11,7%).



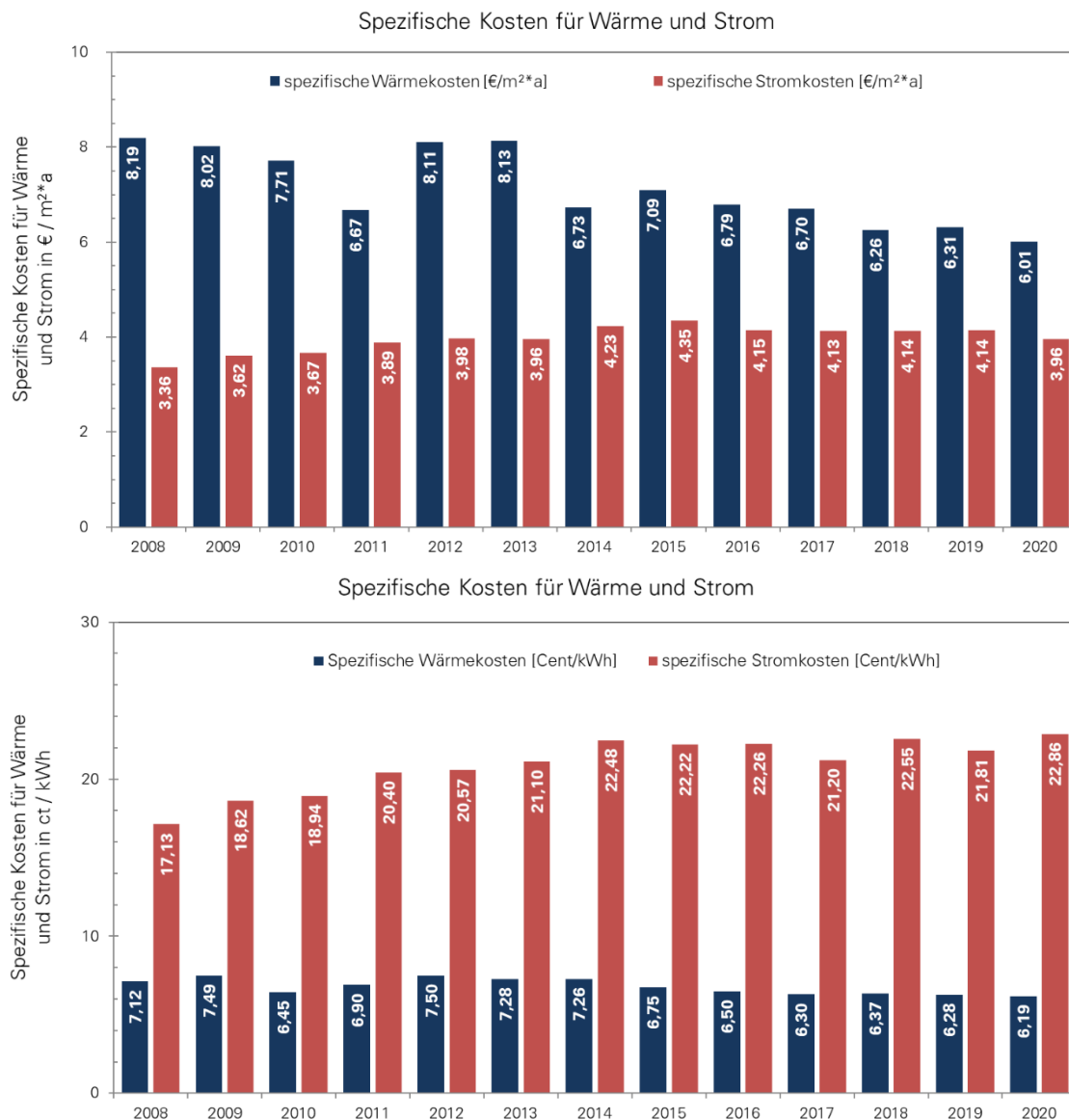


Abbildung 7: Spezifische Kosten für Wärme und Strom zwischen 2008 und 2020.

Oben a: Spezifische Kosten pro m<sup>2</sup> BGF und Jahr für Wärme und Strom.

Unten b: Spezifische Kosten pro kWh Energiemenge für Wärme und Strom.

In Abbildung 7 sind die jährlichen spezifischen Wärme- und Stromkosten dargestellt. In Abbildung 7a bezogen auf die Bruttogrundfläche und in Abbildung 7b bezogen auf die Energiemenge in kWh. Da sich die Gebäudetypologien verschiedener Städte unterscheiden, ist es nicht sinnvoll bereits hier einen Vergleich mit anderen Kommunen herbei zu führen. Dieses Benchmarking wird später in Kapitel 3 getrennt nach einzelnen Nutzergruppen vorgenommen. In den Anlagen zu diesem Energiebericht wird dieses Benchmarking letztlich auf die 66 größten Liegenschaften angewendet. Auffällig ist, dass die spezifischen Stromkosten pro kWh 3,7 Mal so hoch ausfallen wie die spezifischen Wärmekosten und das sich dieser Trend hin zu höheren spezifischen Stromkosten weiter verstärkt. Obwohl der spezifische Stromverbrauch pro m<sup>2</sup> und Jahr zwischen 2008 und 2020 um 11,7% zurückging, stiegen die spezifischen Stromkosten pro m<sup>2</sup> im gleichen Zeitraum um 17,9% an.

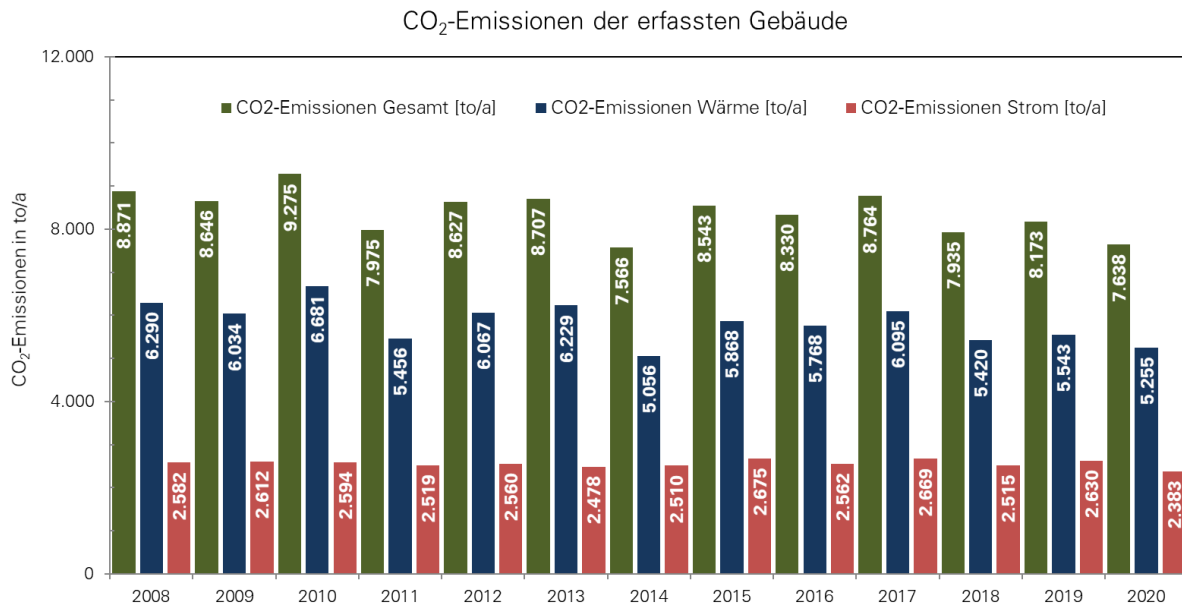


Abbildung 8: CO<sub>2</sub>-Emissionen der betrachteten Gebäude für Wärme und Strom zwischen 2008 und 2020.

Abbildung 8 zeigt die zusammen gefassten jährlichen CO<sub>2</sub>-Emissionen für Wärme, Strom und die Summation der beiden.

Im Jahr 2020 emittierten die im vorliegenden Bericht enthaltenen Gebäude 7.638 Tonnen CO<sub>2</sub> durch ihren Strom- und Wärmeverbrauch, während es im Jahr 2008 noch 8.871 Tonnen CO<sub>2</sub> waren. Dies ist ein Rückgang der gesamten CO<sub>2</sub>-Emissionen um 13,9%.

Zwischen 2008 und 2020 nahmen die CO<sub>2</sub>-Emissionen Wärme um 16,5% ab, während die CO<sub>2</sub>-Emissionen Strom um 7,7% abnahmen.

In den Berechnungen für den CO<sub>2</sub>-Ausstoß Strom als auch Wärme blieb unberücksichtigt, dass die Stadt Villingen-Schwenningen seit 2018 zertifizierten Ökostrom mit Neuanlagenquote und seit 2020 zu 10% Bioerdgas bezieht. Weiterhin werden für die CO<sub>2</sub>-Emissionen pro kWh Energie aus Vergleichsgründen die spezifischen Quoten aus dem Jahr 2012 verwendet.

Dies hat den Grund, dass die Auswirkungen vor Ort auch den Sanierungsmaßnahmen vor Ort zugewiesen werden können.

### 2.1.1 Bruttogrundfläche (BGF)

Die zur Kennwertbildung herangezogene Bruttogrundfläche hat sich in den Jahren 2008 bis 2020 bei den dargestellten Gebäuden kaum verändert. Mit Bruttogrundfläche (BGF) bezeichnet man diejenige Fläche, welche sich aus der Summe aller Grundflächen sämtlicher Grundrissebenen eines Gebäudes errechnet. Die städtischen Schulen mit Turnhallen haben den größten Anteil an der BGF mit fast zweidrittel der Gesamtfläche, vergleiche Abbildung 9. Ähnliche Verhältnisse werden von Schulen mit Turnhallen auch in anderen Kommunen erzielt.

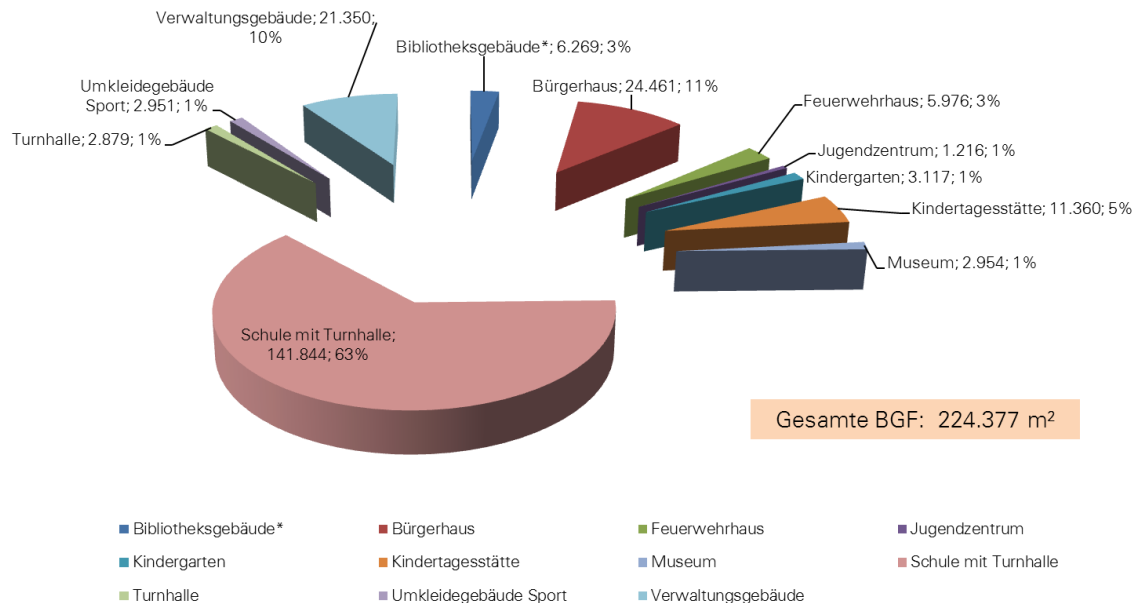





Abbildung 9: Bruttogrundflächen der verschiedenen Nutzergruppen in Villingen-Schwenningen im Jahr 2008.

\* Bei den Bibliotheksgebäuden wird die BGF der Bibliothek Villingen gezählt. Die Flächen der Volkshochschule Villingen müssen hier bei der Ermittlung des spezifischen Wärmeverbrauchs hinzugezählt werden, vergleiche auch Abbildung 26. Für die Jahre ab 2013 werden 1.561 m² für die Erbsenlachenschule, sowie ab 2011 die Fläche von 1.198 m² für das Friedengrund Areal bei den jeweiligen Nutzergruppen Schule mit Turnhalle und Umkleidegebäude Sport abgezogen. Weiterhin sind ab dem Jahr 2015 die alte Feuerwehr Schwenningen (-1.760 m²) und der Neubau der Feuerwehr Schwenningen (+ 5.415 m²) sowie ab 2015 der Anbau im Gymnasium am Romäusring (+ 486 m²) sowie der Verkauf der Karlschule (- 1.861 m²) in den spezifischen Verbrauchsberechnungen zu berücksichtigen. Der Neubau der Neckarhalle (+ 2.295 m²) wird durch den Wegfall des Beethovenhauses (-2.492 m²) mehr als kompensiert. Die Neubauten beim Gymnasium am Deutenberg (+1.709 m²) und bei der Südstadtschule (+ 432 m²) und die Containertlösung für das Bildungszentrum Deutenberg (+ 3.610 m²) erhöhen letztendlich die Gesamtfläche der betrachteten Objekte von 224 Tsd. m² im Jahr 2008 auf knapp 233 Tsd. m² im Jahr 2020. Dies ist ein Anstieg der mit Energie zu versorgenden Objektfläche um 4% in den vergangenen 13 Jahren.

### 3 Verbrauchsbilanzen und CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Nutzergruppen

Ziel dieses Kapitels ist die nutzerspezifische Darstellung von Energieverbrauch, Kosten und CO<sub>2</sub>-Emissionen. Mit Hilfe der nutzerspezifischen Energieverbrauchskennwerte wird ein sogenanntes Benchmarking, also der Vergleich mit Verbrauchswerten anderer Kommunen durchgeführt. Für das Benchmarking werden frei zugängliche Daten der ages GmbH verwendet. Zur besseren Unterscheidung werden für das Benchmarking andere Symbole als für die zeitlichen Entwicklungstendenzen der Kennwerte benutzt. Während beim Benchmarking eine Ampelsymbolik Verwendung findet, werden die zeitlichen Entwicklungstendenzen mit Pfeilen gekennzeichnet. Auf die Ampelsymbolik und ihre Bedeutung wird in Abbildung 12 näher eingegangen. Die Pfeile haben die folgenden Bedeutungen:

-  Die zeitliche Entwicklung geht hin zu niedrigeren Werten (positive Entwicklung)
-  Die zeitliche Entwicklung bleibt in etwa gleich (neutrale Entwicklung)
-  Die zeitliche Entwicklung geht hin zu höheren Werten (negative Entwicklung)

#### 3.1 Wärmeenergieverbrauch

Den größten Anteil am Wärmeenergieverbrauch hat mit 64,5 % die Nutzergruppe Schulen mit Turnhallen, gefolgt von den Bürgerhäusern mit 11,3%, den Verwaltungsgebäuden mit 7% und schließlich den Kindertagesstätten mit 5,6%. Alle restlichen Nutzergruppen verbrauchen zusammen 11,6%. Abbildung 10 zeigt den absoluten und Abbildung 11 den witterungsbereinigten Wärmeverbrauch der Nutzergruppen in den Jahren 2008 bis 2020.

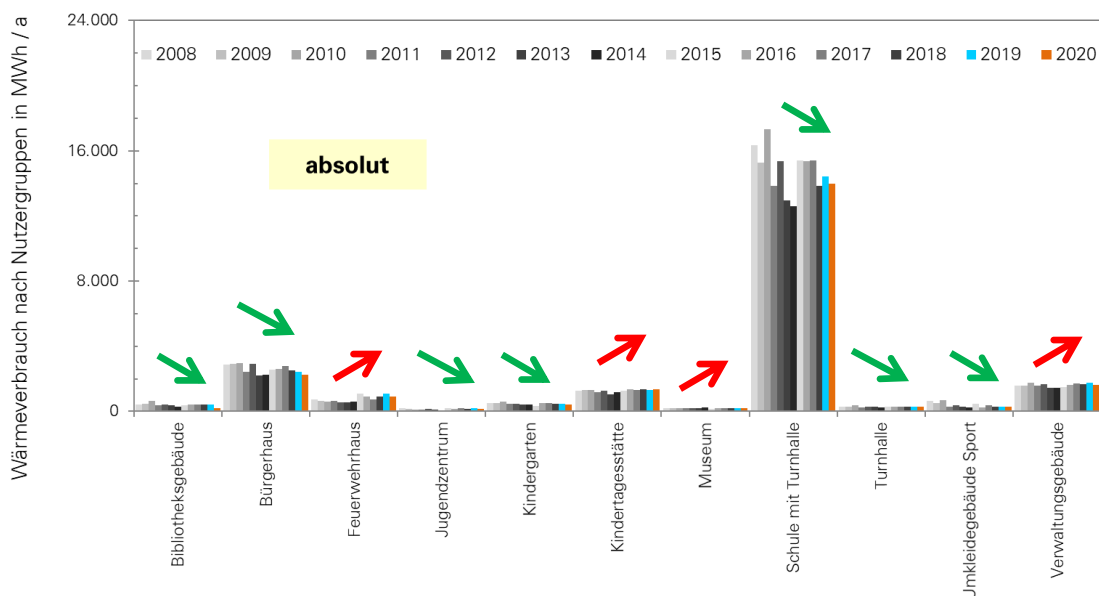


Abbildung 10: Absoluter Wärmeverbrauch der verschiedenen Nutzergruppen zwischen 2008 und 2020 und ihre zeitlichen Entwicklungstendenzen. Die Zuordnung der 65 untersuchten Objekte zu den einzelnen Nutzergruppen ist auf den Seiten 5 und 6 in den Anlagen zum Energiebericht zu finden.

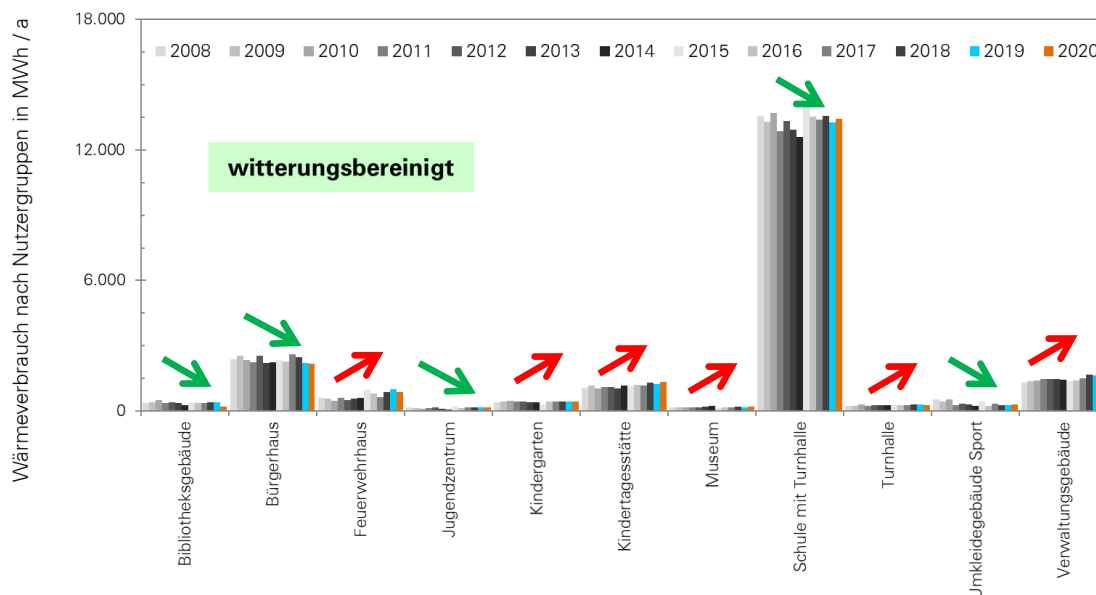


Abbildung 11: Witterungsbereinigter Wärmeverbrauch der verschiedenen Nutzergruppen von 2008 bis 2020 und ihre zeitlichen Entwicklungstendenzen.

Der witterungsbereinigte Wärmeverbrauch von fünf Nutzergruppen nahm zwischen 2008 und 2020 ab. Diese Nutzergruppen sind in der Grafik mit einem grünen Pfeil nach unten markiert. Sechs Nutzergruppen legten im witterungsbereinigten Wärmeverbrauch zwischen 2008 und 2020 zu.

Dabei bleibt fest zu halten, dass diejenigen Nutzergruppen mit vermindertem Verbrauch für 80% des witterungsbereinigten Wärmeverbrauchs verantwortlich sind und diejenigen mit erhöhtem Verbrauch für 20%.

Die Verbrauchswerte der Nutzergruppen sind in zusammengefasster Form in Abbildung 25 am Ende dieses Kapitels auf Seite 20 zu finden. Zur Erhöhung der Übersichtlichkeit wurde deshalb auf eine Darstellung der Zahlenwerte in den Diagrammen verzichtet.

### 3.1.1 Spezifischer Wärmeverbrauch

Zur Vergleichbarkeit mit Nutzergruppen bundesweit wird der witterungsbereinigte Wärmeverbrauch pro Jahr durch die Bruttogrundfläche geteilt. Das Ergebnis mit Vergleich ist in Abbildung 13 dargestellt. Dabei wurde zur besseren Unterscheidung mit der zeitlichen Entwicklung der Werte z.B. des Energieverbrauchs auf ein Ampelsystem zur Qualifizierung zurückgegriffen. Dabei sind den einzelnen Ampelstellungen die Wertungen nach Abbildung 12 zugeordnet.

		Im Vergleich mit den Daten der ages GmbH sind die spezifischen Verbrauchswerte der Nutzergruppen in Villingen-Schwenningen
1		<b>Deutlich besser</b>
2		<b>Etwas besser</b>
3		<b>Gleich</b>
4		<b>Etwas schlechter</b>
5		<b>Deutlich schlechter</b>

Abbildung 12: Ampelbewertung des Benchmarking der verschiedenen Nutzergruppen im Vergleich mit bundesweit ermittelten Verbrauchskennwerten.

Deutlich ist in Abbildung 13 zu erkennen, dass alle Nutzergruppen in unserer Stadt deutlich bessere Kennzahlen aufweisen als die Vergleichsgebäude. Dieser Vergleich bezieht sich auf den Wärmeverbrauch der Gebäude. Im Sektor Stromverbrauch (Kapitel 3.2) stellt sich die Situation anders dar.

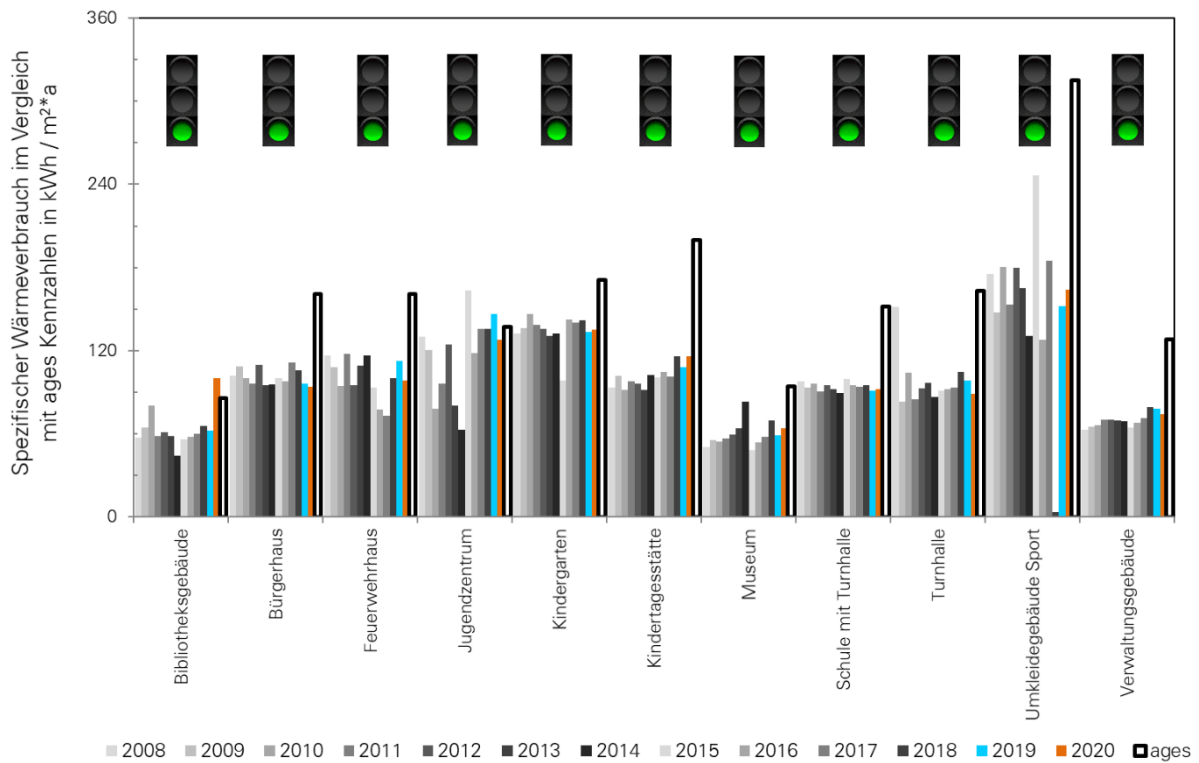


Abbildung 13: Spezifischer Wärmeverbrauch der untersuchten Nutzergruppen für die Jahre 2008 bis 2020 im bundesweiten Vergleich.

### 3.1.2 Wärmeenergiekosten

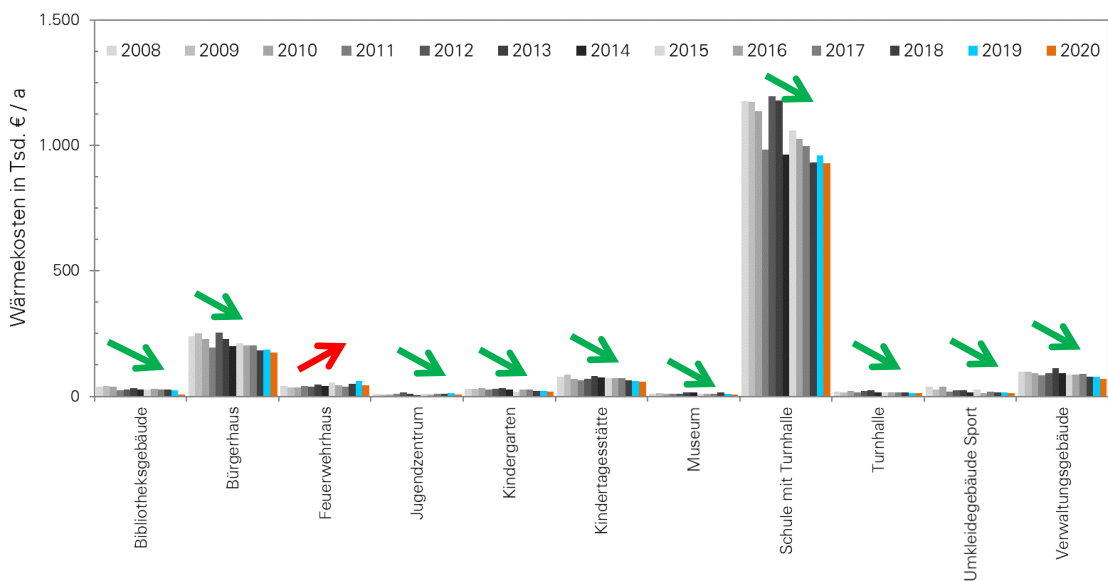


Abbildung 14: Kosten für Wärmeenergie der untersuchten Nutzergruppen für die Jahre 2008 bis 2020 mit zeitlichen Entwicklungstendenzen.

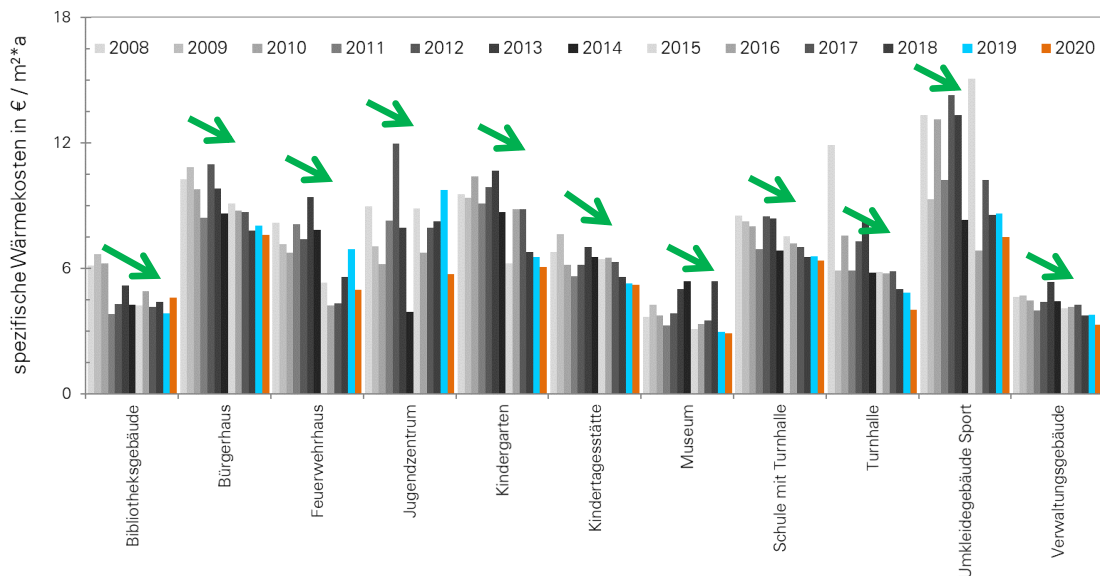


Abbildung 15: Spezifische Wärmekosten pro m<sup>2</sup> BGF der verschiedenen Nutzergruppen für die Jahre 2008 bis 2020 mit zeitlichen Entwicklungstendenzen.

Bei allen Nutzergruppen sinken die absoluten Wärmekosten zwischen 2008 und 2020. In jeweils einer bleibt sie gleich oder steigt leicht an.

Die spezifischen Kosten pro Wärmemenge sinken ebenfalls bei allen 11 Nutzergruppen. Dies ist eine Folge der im Zeitraum ab 2013 sich günstig entwickelnden Preis für Erdgas, siehe Abbildung 17.

Es bleibt festzuhalten, dass die im Energiebericht dargestellten Gebäude der Stadt Villingen-Schwenningen im Vergleich mit bundesdeutschen Gebäuden im Sektor Wärmeverbrauch positiv abschneiden. Ebenso zeigen die spezifischen Wärmekosten pro m<sup>2</sup> BGF in der Zeit von 2008 bis 2020 für alle Nutzergruppen einen positiven Verlauf und auch die Darstellung der spezifischen Wärmekosten pro kWh zeigt bei allen 11 Nutzergruppen eine abnehmende Tendenz.

Diese Entwicklung wird in den Jahren 2021 und 2022 abrupt gestoppt. Mit teils enormen Preissteigerungen im Energiesektor ab Herbst 2021 wird der Einkauf von Wärme deutlich teurer werden. Hier sind alle Energieträger betroffen (Fernwärme, Erdgas und Heizöl).

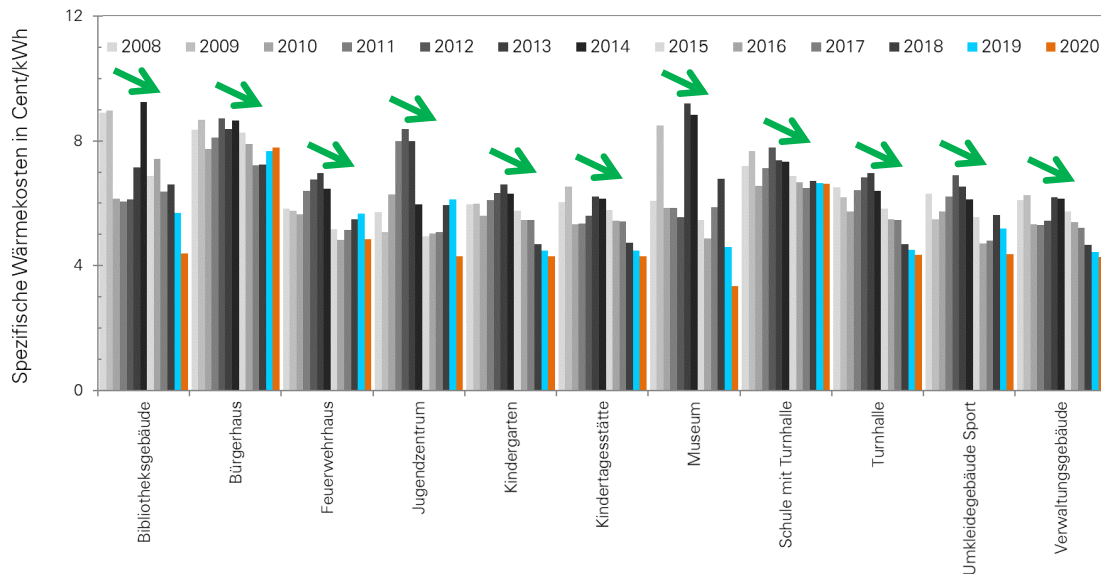


Abbildung 16: Spezifische Wärmekosten für die Jahre 2008 bis 2020 in Cent pro kWh mit zeitlichen Entwicklungstendenzen, (dabei entsprechen 1 m<sup>3</sup> Erdgas in etwa 1 l Heizöl oder 2 kg Holzpellets oder 10 kWh Wärme).

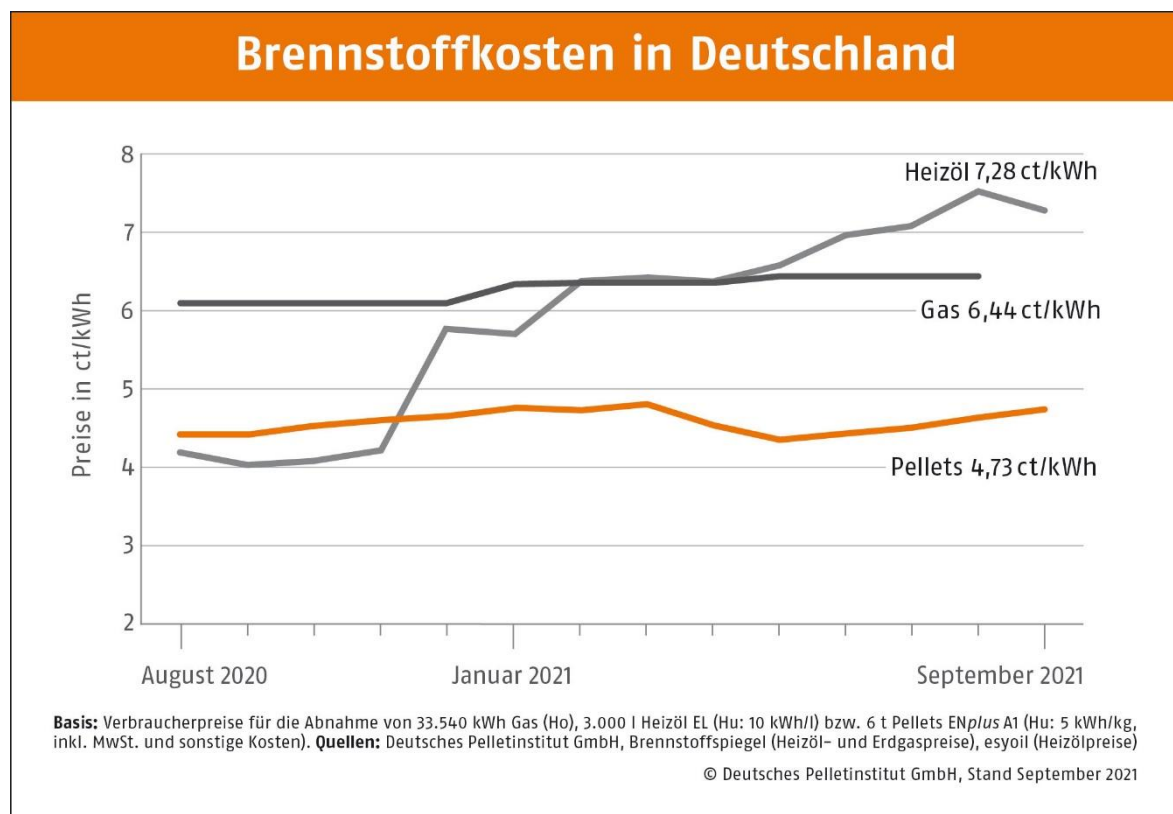


Abbildung 17: Energiepreisentwicklung August 2020 bis September 2021 von Heizöl, Erdgas und Holzpellets in Deutschland. Für die Preisentwicklung seit 2011, siehe Abbildung 5.



## 3.2 Stromverbrauch

Den größten Anteil am Stromverbrauch hat mit 52,5% die Nutzergruppe Schulen mit Turnhallen, gefolgt von den Bürgerhäusern mit 17,4%, den Verwaltungsgebäuden mit 11,1 % und schließlich den Feuerwehrgebäuden mit 6,7%. Alle restlichen Nutzergruppen verbrauchen zusammen 12,3% des Stroms. Abbildung 18 zeigt den Stromverbrauch der Nutzergruppen in den Jahren 2008 bis 2020 sowie deren zeitliche Entwicklungstendenzen.

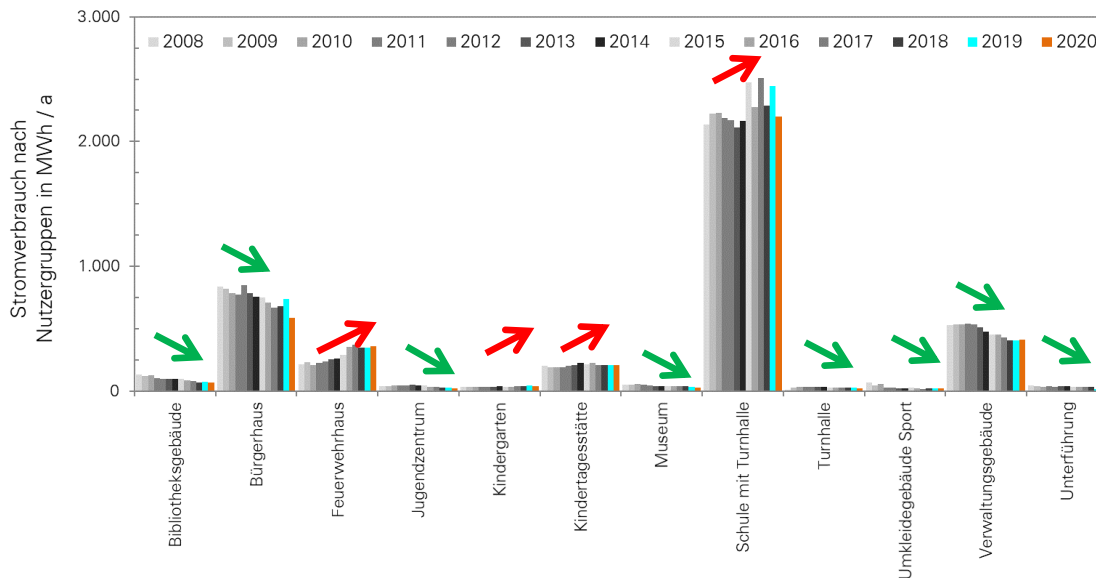


Abbildung 18: Absoluter Stromverbrauch 2008 bis 2020 der verschiedenen Nutzergruppen mit zeitlichen Entwicklungstendenzen.

Der Stromverbrauch von acht Nutzergruppen nahm zwischen 2008 und 2020 ab und vier Nutzergruppen zeigten einen steigenden Stromverbrauch zwischen 2008 und 2020. Dabei ist fest zu halten, dass diejenigen Nutzergruppen mit vermindertem Verbrauch einen Anteil von 35,2% am Stromverbrauch und diejenigen mit erhöhtem Verbrauch einen Anteil von 64,8% am Gesamtstromverbrauch aufweisen. Die exakten Verbrauchszahlen sind in Abbildung 25 am Ende dieses Kapitels auf Seite 20 zu finden. Zur Erhöhung der Übersichtlichkeit wurde deshalb auf eine Darstellung der Zahlenwerte in den Diagrammen verzichtet.

### 3.2.1 Spezifischer Stromverbrauch

Deutlich ist in Abbildung 19 zu erkennen, dass fünf von 11 Nutzergruppen in unserer Stadt niedrigere Kennzahlen aufweisen als die Vergleichsgebäude. Drei Nutzergruppen haben zum Teil deutlich höhere Kennzahlen als die Vergleichsgebäude und weitere drei Nutzergruppen zeigen zwischen 2008 und 2020 vergleichbare Stromkennzahlen. Im Vergleich mit dem Wärmesektor fällt das schlechtere Abschneiden der städtischen Gebäude im Stromsektor auf. Dies kann auf eine zum Teil überdurchschnittliche Ausstattung mit EDV-Technik zurückgeführt werden. Leistungsfähige Rechner mit zum Teil mehreren großen Bildschirmen verbrauchen nun mal mehr Strom als ein Mittelklasserechner mit einem Bildschirm. In einzelnen Fällen kann allerdings auch nicht ausgeschlossen werden, dass elektrisch betriebene Stromzusatzheizgeräte in den Wintermonaten betrieben werden. Allerdings verbesserten sich auch die Stromverbrauchswerte einzelner Gebäude, was mit hoher Wahrscheinlichkeit auf den immer stärker

werdenden Einsatz von LED-Leuchten und drehzahl geregelter Heizungspumpen zurückzuführen ist.

Wie sich der Einsatz mobiler Luftreinigungsgeräte im Jahr 2021 auf die Höhe des Stromverbrauchs auswirkt, muss im kommenden Energiebericht diskutiert werden.

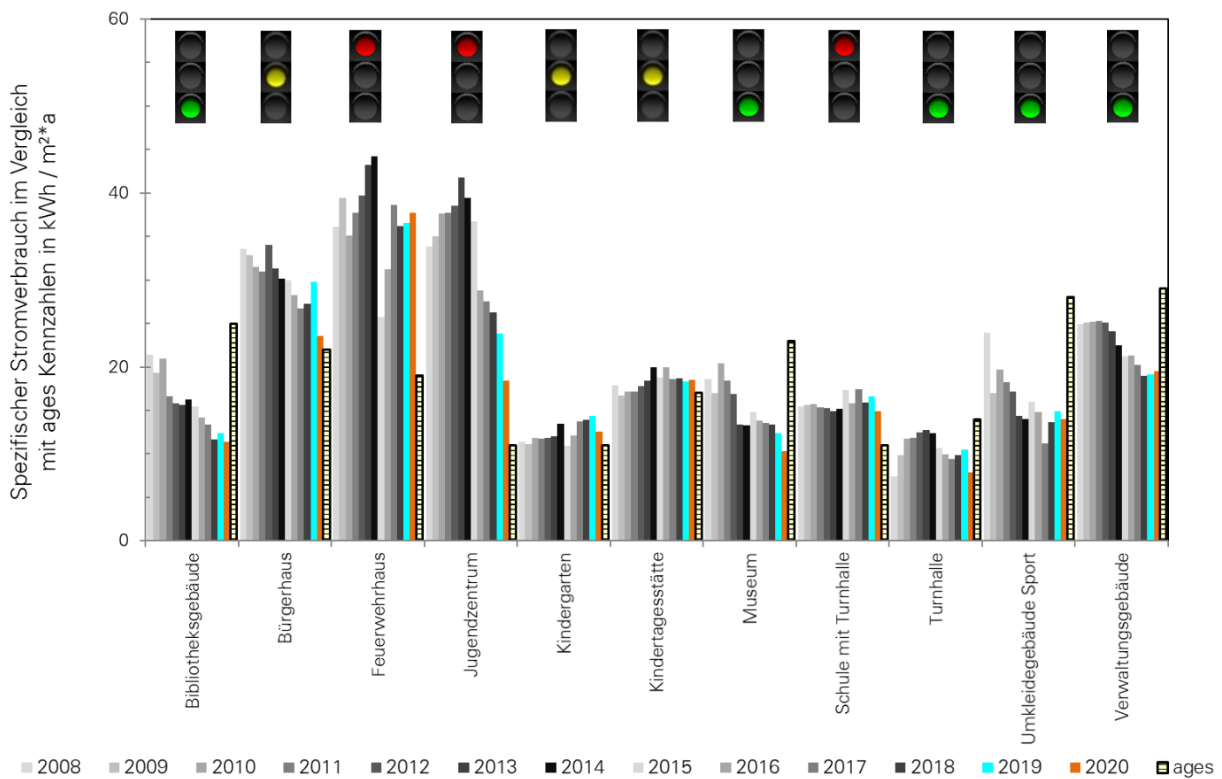


Abbildung 19: Spezifischer Stromverbrauch 2008 bis 2020 der verschiedenen Nutzergruppen im bundesweiten Vergleich.

### 3.2.2 Stromkosten

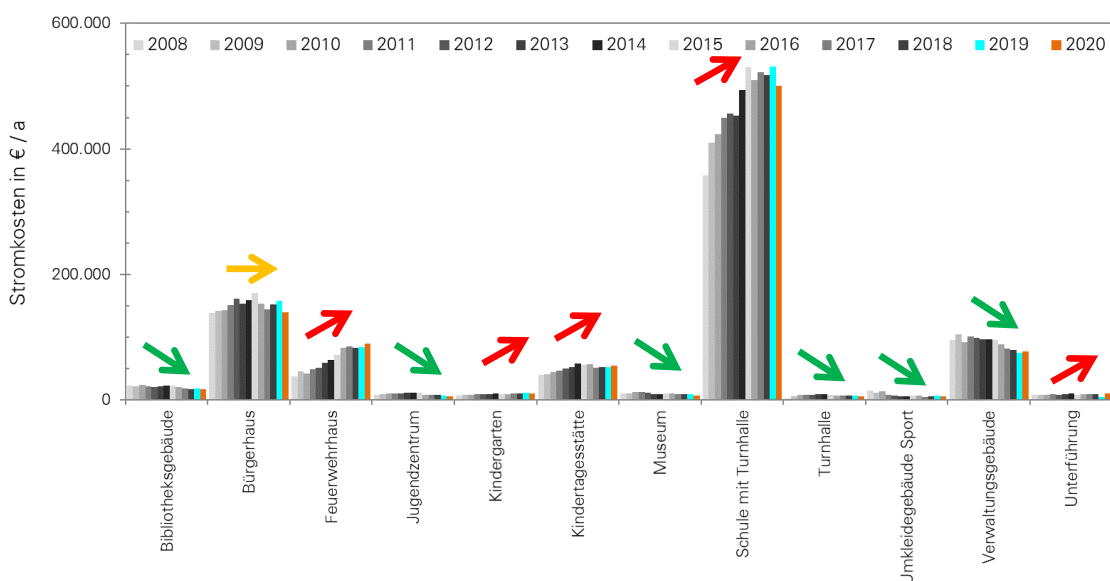


Abbildung 20: Stromkosten 2008 bis 2020 der verschiedenen Nutzergruppen mit zeitlichen Entwicklungstendenzen.

Bei fünf von 12 Nutzergruppen sind die Stromkosten zwischen 2008 und 2020 angestiegen, bei einer Nutzergruppe gleichgeblieben und bei sechsen gesunken, vergleiche Abbildung 20. Festzuhalten bleibt, dass obwohl der Stromverbrauch der Nutzergruppen Bürgerhaus und Unterführung zwischen 2008 und 2020 abnahm, die Stromkosten dieser Nutzergruppen im gleichen Zeitraum zunahm. Dies ist auf die steigenden Stromkosten pro kWh zurück zu führen, vergleiche Abbildung 22. Erfreulich ist, dass die folgenden Nutzergruppen Bibliotheksgebäude, Jugendhaus, Museum, Turnhallen, Umkleidegebäude Sport und Verwaltungsgebäude im Betrachtungszeitraum neben einem sinkenden Stromverbrauch auch sinkende Stromkosten vorweisen können.

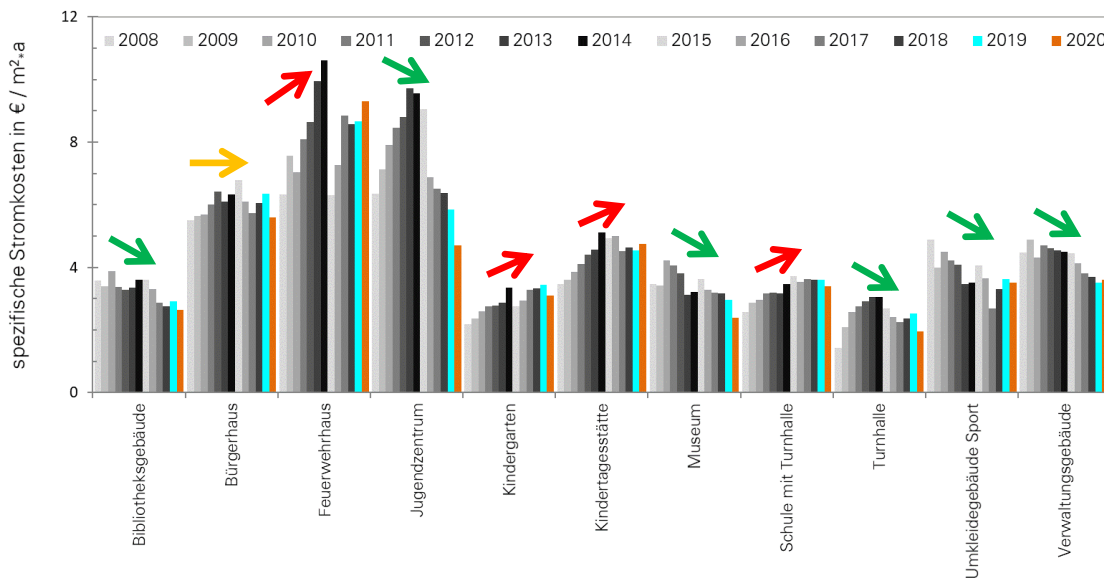


Abbildung 21: Spezifische Stromkosten 2008 bis 2020 der verschiedenen Nutzergruppen in €/m<sup>2</sup>a mit zeitlichen Entwicklungstendenzen.

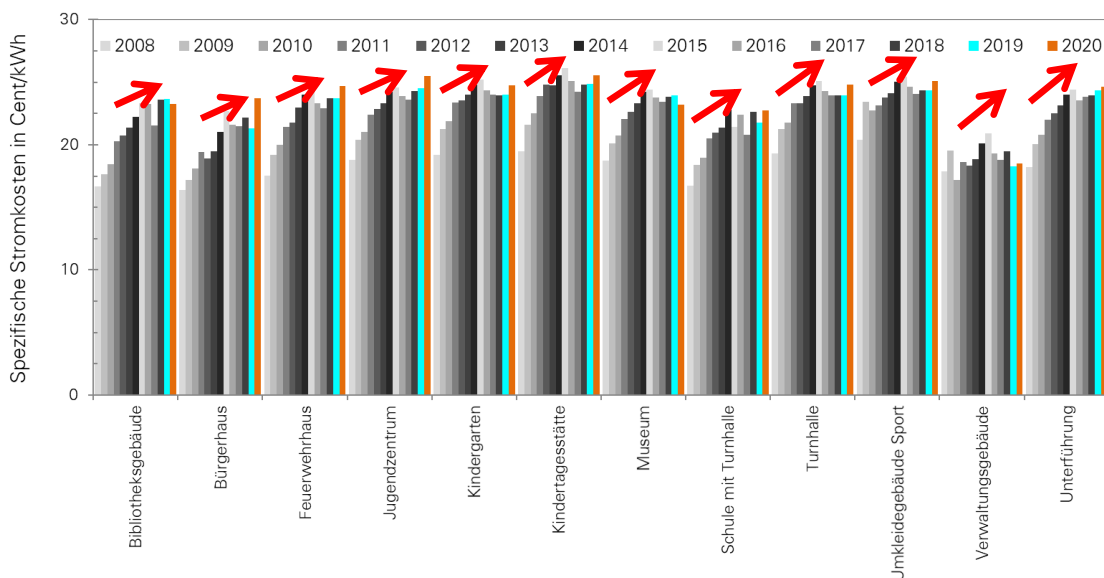


Abbildung 22: Spezifische Stromkosten 2008 bis 2020 der verschiedenen Nutzergruppen in Cent/kWh mit zeitlichen Entwicklungstendenzen.

Es bleibt festzuhalten, dass bei sechs Nutzergruppen (Bibliotheksgebäuden, Jugendhaus, Museum, Turnhalle, Umkleidegebäuden Sport und Verwaltungsgebäuden) auch die spezifischen Stromkosten pro m<sup>2</sup> Nutzfläche und Jahr zwischen 2008 und 2020

sanken. Alle anderen Nutzergruppen verzeichnen höhere spezifische Kosten – sowohl pro m<sup>2</sup> Nutzfläche und Jahr als auch pro verbrauchter kWh Strom.

### 3.3 CO<sub>2</sub>-Emissionen

Die zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen aus den absoluten Verbrauchswerten herangezogenen CO<sub>2</sub>-Emissions-Äquivalente waren wie folgt:

- Strom Mix Deutschland 601 g CO<sub>2</sub> pro kWh
- Erdgas 251 g CO<sub>2</sub> pro kWh
- Holzpellets, -hackschnitzel 25 g CO<sub>2</sub> pro kWh
- Heizöl 371 g CO<sub>2</sub> pro kWh
- Erdgas-Nahwärme-Mix 170 g CO<sub>2</sub> pro kWh
- Erdgas BHKW 150 g CO<sub>2</sub> pro kWh<sub>th</sub>

#### 3.3.1 Wärme, CO<sub>2</sub>-Emissionen

Den größten Anteil an den CO<sub>2</sub>-Emissionen-Wärme hat mit 63,2% die Nutzergruppe Schulen mit Turnhallen, gefolgt von den Bürgerhäusern mit 11,3%, den Verwaltungsgebäuden mit 7,4% und schließlich den Kindertagesstätten mit 5,6%. Alle restlichen Nutzergruppen emittieren zusammen 12,5%. Abbildung 23 zeigt die CO<sub>2</sub>-Emissionen-Wärme der Nutzergruppen in den Jahren 2008 bis 2020. Die Entwicklungstendenzen sind mit Pfeilen markiert. Berücksichtigt werden muss hier, dass zur Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen-Wärme die absoluten Wärmeverbrauchswerte heranzuziehen sind.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen-Wärme von 8 Nutzergruppen konnten zwischen 2008 und 2020 gesenkt werden. Drei Nutzergruppen weisen gestiegene CO<sub>2</sub>-Emissionen im Wärmesektor auf. Dabei bleibt fest zu halten, dass diejenigen Nutzergruppen mit verminderter CO<sub>2</sub>-Emissionen für 86,1% und diejenigen mit erhöhten CO<sub>2</sub>-Emissionen für 13,9% der Gesamtemissionen im Wärmesektor verantwortlich sind. Die exakten Emissionswerte sind in Abbildung 25 am Ende des Kapitels auf Seite 20 zu finden. Zur Erhöhung der Übersichtlichkeit wurde auf eine Darstellung der Zahlenwerte in den Diagrammen verzichtet.

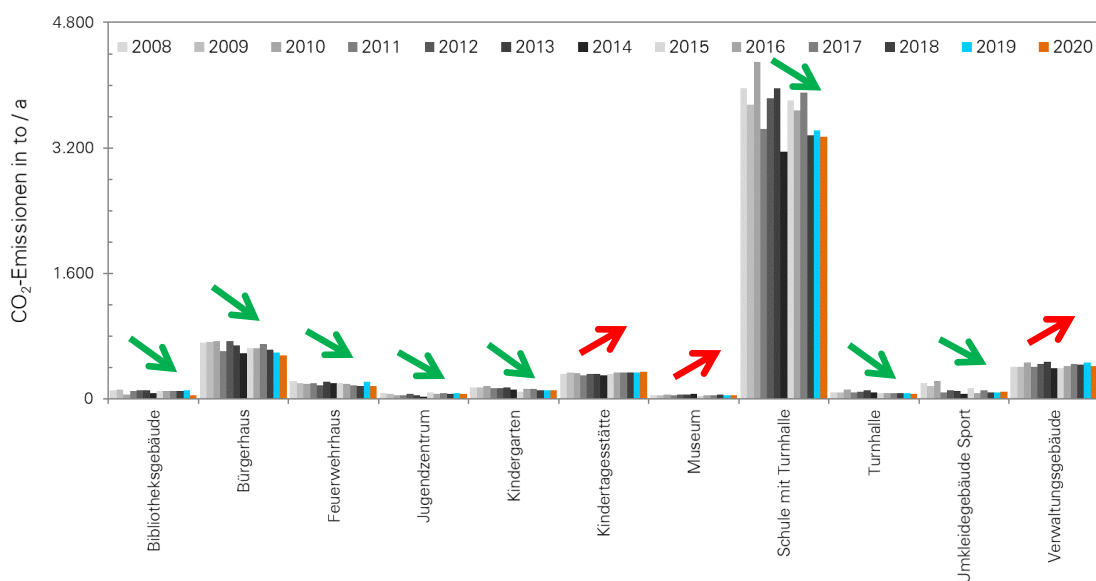


Abbildung 23: CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht vom Wärmeverbrauch der verschiedenen Nutzergruppen zwischen 2008 und 2020 mit zeitlichen Entwicklungstendenzen.

## 3.3.2 Strom, CO<sub>2</sub>-Emissionen

Den größten Anteil an den CO<sub>2</sub>-Emissionen-Strom hat mit 53,1% die Nutzergruppe Schulen mit Turnhallen, gefolgt von den Bürgerhäusern mit 17,7% und den Verwaltungsgebäuden mit 10,6% und schließlich den Feuerwehrhäusern mit 6,7%. Alle restlichen Nutzergruppen emittieren zusammen 11,9%. Abbildung 24 zeigt die CO<sub>2</sub>-Emissionen-Strom der Nutzergruppen in den Jahren 2008 bis 2020.

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen-Strom von acht Nutzergruppen konnten zwischen 2008 und 2020 gesenkt werden, während bei vier anderen Nutzergruppen die CO<sub>2</sub>-Emissionen im Stromsektor anstiegen. Dabei fällt auf, dass diejenigen Nutzergruppen mit verminderten CO<sub>2</sub>-Emissionen für 34,4% und diejenigen mit gestiegenen CO<sub>2</sub>-Emissionen für 65,6% der Gesamtemissionen im Stromsektor verantwortlich sind. Die exakten Emissionswerte sind in Abbildung 25 am Ende des Kapitels auf Seite 20 zu finden. Zur Erhöhung der Übersichtlichkeit wurde auf eine Darstellung der Zahlenwerte in den Diagrammen verzichtet.

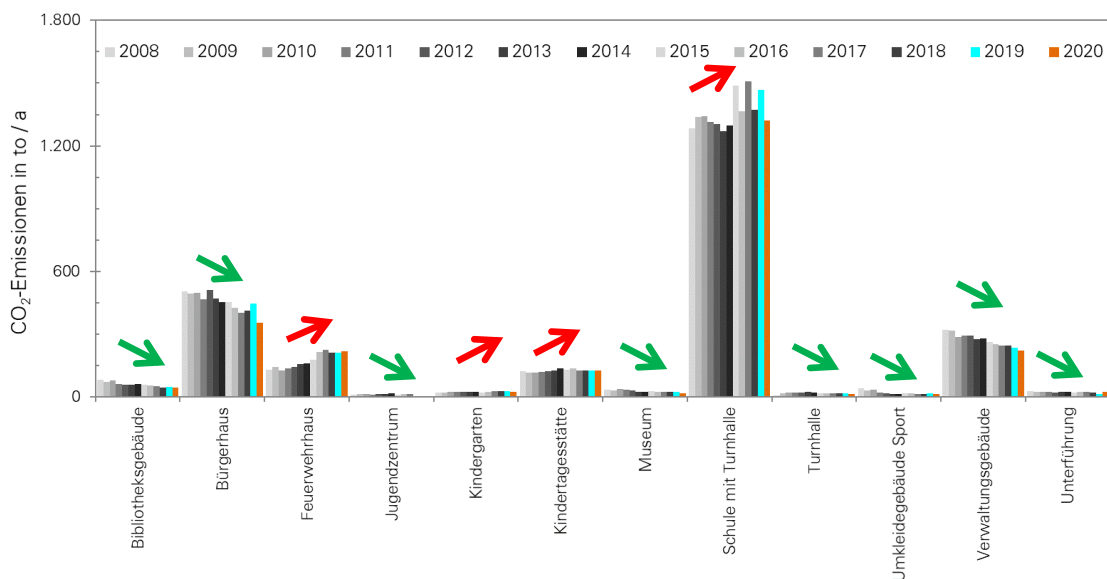


Abbildung 24: CO<sub>2</sub>-Emissionen verursacht vom Stromverbrauch der verschiedenen Nutzergruppen zwischen 2008 und 2020 mit zeitlichen Entwicklungstendenzen.

## Kapitel 3 – Verbrauchsbilanzen und CO<sub>2</sub>-Emissionen nach Nutzergruppen

Strom															
Nutzungsart der Gebäude	Anzahl	Energieverbrauchskennwerte			Verbrauch und spezifischer Preis							Kohlendioxid			
		Objekte pro Nutzungsart	Ist	Vergleichswertes	Wertung	Verbrauch in MWh/a				Durchschnittskosten 2008-2020			Emissionen in to CO <sub>2</sub> / a		
			Ø	alle in kWh/m <sup>2</sup> ·a	rot - schlechter gelb ≙ gleich grün - besser	2008	2014	2020	Änderung 2008-2020 (%)	€ / a	Cent / kWh	€ / m <sup>2</sup> ·a	2008	2014	2020
Bibliotheksgebäude	2	15,7	25	-37%	134	102	71	-47%	20.523	21,24	3,27	81	61	43	
Bürgerhaus	7	30,0	22	36%	841	755	587	-30%	150.806	20,26	6,02	505	454	353	
Feuerwehrhaus	7	37,0	19	95%	216	264	363	68%	64.887	22,29	8,25	130	159	218	
Jugendzentrum	1	32,7	11	197%	41	48	22	-45%	9.096	23,03	7,48	12	15	4	
Kindergarten	3	12,4	11	13%	36	42	39	10%	9.057	23,41	2,91	21	25	24	
Kindertagesstätte	6	18,3	17	8%	203	227	211	4%	50.239	24,10	4,42	122	136	127	
Museum	2	15,1	23	-34%	55	39	31	-44%	9.992	22,65	3,38	33	24	18	
Schule mit Turnhalle	24	15,8	11	44%	2.134	2.166	2.200	3%	473.332	20,90	3,30	1.283	1.296	1.322	
Turnhalle	2	10,5	14	-25%	28	36	23	-20%	6.945	23,37	2,47	7	21	14	
Umkleidegebäude Sport	3	16,1	28	-43%	71	25	25	-65%	7.906	23,90	3,81	42	15	15	
Verwaltungsgebäude	8	22,5	29	-22%	533	479	416	-22%	90.701	18,91	4,25	320	280	222	
Unterführung	1				44	40	40	-9%	8.374	22,74		27	24	24	
<b>Σ / Ø</b>	<b>66</b>	<b>19,3</b>			<b>4.318</b>	<b>4.222</b>	<b>4.028</b>	<b>-7%</b>	<b>901.857</b>	<b>20,93</b>	<b>3,97</b>	<b>2.582</b>	<b>2.510</b>	<b>2.383</b>	

Wärme															
Nutzungsart der Gebäude	Anzahl	Energieverbrauchskennwerte			Verbrauch und spezifischer Preis							Kohlendioxid			
		Objekte pro Nutzungsart	Ist	Vergleichswertes	Wertung	Verbrauch (wb) in MWh / a				Durchschnittskosten 2008 - 2020			Emissionen in to CO <sub>2</sub> / a		
			Ø	alle in kWh/m <sup>2</sup> ·a	rot - schlechter gelb ≙ gleich grün - besser	2008	2014	2020	Änd. 2008-2020 (%)	€ / a	Cent / kWh	€ / m <sup>2</sup> ·a	2008	2014	2020
Bibliotheksgebäude	2	64	86	-26%	359	277	187	-48%	28.702	6,92	4,83	109	73	49	
Bürgerhaus	7	101	161	-37%	2.371	2.228	2.166	-9%	212.154	8,05	9,13	717	582	559	
Feuerwehrhaus	7	101	161	-37%	593	592	860	45%	43.829	5,77	6,63	227	199	163	
Jugendzentrum	1	117	137	-15%	158	77	155	-2%	9.494	6,06	7,81	71	30	60	
Kindergarten	3	134	171	-21%	413	412	422	2%	26.583	5,62	8,53	145	117	110	
Kindertagesstätte	6	102	200	-49%	1.060	1.162	1.320	25%	71.009	5,49	6,25	320	304	345	
Museum	2	60	94	-36%	149	245	189	27%	11.446	6,22	3,87	45	64	49	
Schule mit Turnhalle	24	94	152	-38%	13.571	12.611	13.440	-1%	1.054.840	7,01	7,43	3.956	3.153	3.341	
Turnhalle	2	98	163	-40%	226	250	256	13%	17.322	5,80	6,46	83	78	67	
Umkleidegebäude Sport	3	155	315	-51%	517	229	288	-44%	21.991	5,66	10,67	203	64	90	
Verwaltungsgebäude	8	70	128	-45%	1.317	1.444	1.551	18%	88.985	5,42	4,25	413	393	422	
Unterführung															
<b>Σ / Ø</b>	<b>65</b>	<b>93</b>			<b>20.733</b>	<b>19.526</b>	<b>20.433</b>	<b>-1,5%</b>	<b>1.586.355</b>	<b>6,80</b>	<b>7,13</b>	<b>6.290</b>	<b>5.056</b>	<b>5.255</b>	

Abbildung 25: Übersicht Strom-, Wärmeverbrauchsdaten und CO<sub>2</sub> Emissionen der Nutzergruppen im Vergleich mit bundesdeutschen Kennzahlen und zeitlichen Entwicklungstendenzen zwischen 2008 und 2020.

Bei den in **rot** hinterlegten Zellen ist der Verbrauch des betreffenden städtischen Gebäudes höher, bei den **gelb** hinterlegten Zellen ist er in etwa gleich und bei **grün** hinterlegten Zellen ist er niedriger als die zum Vergleich herangezogenen Kennzahlen-durchschnittswerte bundesdeutschen Gebäude bzw. es ist der Verbrauch im Jahr 2020 höher, in etwa gleich oder niedriger als im Jahr 2008.

Die Tabelle gibt in komprimierter und stark verkürzter Form die Inhalte der Seiten 10 bis 19 wieder.

Die in Abbildung 25 verwendeten Farbcodierungen beziehen sich sowohl auf den Vergleich mit den Mittelwerten von ages als auch auf das Verhalten der Verbrauchswerte in den Jahren 2008 bis 2020.

Ein grünes Feld deutet hier auf bessere Werte als die von ages bzw. eine positive Entwicklung der Verbrauchszahlen von 2008 bis 2020 hin. Das bedeutet, dass Verbrauch, Kosten bzw. CO<sub>2</sub> Emissionen im betrachteten Zeitraum sinken oder die Werte niedriger sind als die ages Vergleichswerte.

Ein rotes Feld deutet auf schlechtere Werte als die von ages bzw. eine negative Entwicklung der Verbrauchszahlen hin von 2008 bis 2020 hin. Das bedeutet, dass Verbrauch, Kosten bzw. CO<sub>2</sub> Emissionen im betrachteten Zeitraum ansteigen oder die Werte höher sind als die ages Vergleichswerte.

Mit gelb wurden Veränderungen im Bereich  $\pm 2\%$  gekennzeichnet. Das bedeutet, dass Verbrauch, Kosten bzw. CO<sub>2</sub> Emissionen im betrachteten Zeitraum in etwa gleichbleiben oder die Werte gleich hoch sind als die ages Vergleichswerte.

### **Zusammenfassung Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen**

#### **Ziel:**

Durch Betreuung, Betriebsoptimierung und Sanierung der Gebäude und der technischen Anlagen ist das vorhandene Energieverbrauchsniveau weiter zu senken.

#### **Wärmeverbrauch und Kosten**

Mussten im Jahr 2008 insgesamt 1,79 Millionen € jährlich für Wärme aufgewendet werden, waren dies 2020 insgesamt 1,34 Millionen €. Im Jahr 2020 wurden im Vergleich zu 2008 somit 450.000 € (-25,1 %) weniger für Wärmeenergie ausgegeben. Der witterungsbereinigte Wärmeverbrauch konnte in den Jahren von 2008 bis 2020 um 1,2% gesenkt werden, während der absolute Wärmeverbrauch um 17,2% gesenkt wurde. In Zahlen ist der absolute Wärmeverbrauch von 25,0 Millionen kWh in 2008 auf 20,9 Millionen kWh in 2020 gesunken, während der witterungsbereinigte Wärmeverbrauch im gleichen Zeitraum von 20,7 Millionen kWh auf 20,5 Millionen kWh abnahm. Durch Energieeinsparmaßnahmen, unter anderem angestoßen im Rahmen des kommunalen Investitionsfördergesetzes des Bundes (KInvFG), wird der Wärmeverbrauch weiter abnehmen.

#### **Stromverbrauch und Kosten**

Beim Strom sind ein Rückgang des Verbrauches und eine erhebliche Steigerung der Kosten festzustellen. So konnte der Stromverbrauch im Betrachtungszeitraum des Energieberichtes um 6,7% reduziert werden, während die Stromkosten im selben Zeitraum um 29,4% anstiegen. In Zahlen konnte der Stromverbrauch von 4,318 Millionen kWh 2008 auf 4.028 Millionen kWh im Jahr 2020 gesenkt werden. Die zugehörigen Stromkosten stiegen von 739 Tsd. € im Jahr 2008 auf 955 Tsd. € im Jahr 2020. Hier wird es die Aufgabe sein, den kommunalen Strom durch den sinnvollen Einsatz von Kraft-Wärmekopplung und den Einsatz von PV-Anlagen zur Eigenstromerzeugung möglichst energieeffizient und kostengünstig für die Stadt Villingen-Schwenningen bereit zu stellen. Zudem wird im Beleuchtungssektor durch den Einsatz der LED-Technologie der Stromverbrauch weiter sinken. Ob diese Maßnahmen ausreichen, den erhöhten Stromverbrauch verursacht durch leistungsstärkere EDV-Technik, Lüftungsanlagen und Regelungstechnik aufzuwiegen, bleibt abzuwarten.

#### **CO<sub>2</sub>-Emissionen**

Die CO<sub>2</sub>-Emissionen, verursacht durch den Wärmebedarf der untersuchten Gebäude, konnten von 6.290 Tonnen im Jahr 2008 auf 5.255 Tonnen im Jahr 2020 verringert werden. Dies ist ein Minus von 16,5%. Im gleichen Zeitraum wurden die CO<sub>2</sub>-Emissionen, die durch den Strombedarf verursacht wurden, von 2.582 Tonnen auf 2.383 Tonnen reduziert. Dies ist ein Minus von 7,7%. Insgesamt konnten somit die CO<sub>2</sub>-Emissionen zwischen 2008 und 2020 von 8.871 auf 7.638 Tonnen reduziert werden. Dies ist ein Minus von 13,9%.

Seit 1.1.2017 beziehen alle kommunalen Verbraucher zertifizierten Ökostrom mit garantierter Neuanlagenquote von der SVS. Dadurch könnten rein rechnerisch die CO<sub>2</sub> Emissionen des kommunalen Stromsektors auf null Tonnen gesetzt und so die Bilanz aufgehübscht werden. Das GHG hält diese 'Schönrechnerei' im Sinne des Klimaschutzes allerdings für kontraproduktiv, sollen doch in Zukunft vor allen Dingen Verbrauch und Kosten gesenkt werden, die CO<sub>2</sub>-Emissionen folgen auf dem Fuß.



### **4. Die Situation der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in Villingen-Schwenningen**

Bereits vor mehr als 2 Jahren titelte Spiegel online 'Photovoltaik, die unterschätzte Technik'. Wissenschaftler haben das Potential der Photovoltaik offenbar jahrelang unterschätzt. Mit Photovoltaik wird heute weit mehr Energie gewonnen, als ursprünglich prognostiziert. Vor allem die schnelle Weiterentwicklung der Technologie und extrem gefallene Kosten haben dazu beigetragen, dass heute weit mehr Strom aus Sonnenlicht gewonnen wird als in früheren Studien prognostiziert. Demnach könnte Photovoltaik bis 2050 zwischen 30 und 50% des weltweit benötigten elektrischen Stroms liefern und damit dreimal so viel als bislang angenommen. Selbst Ökoaktivisten wie Greenpeace hatten zu niedrige Wachstumsraten ermittelt. Es gilt jetzt, die Weichen für die zukünftigen Strommärkte zu stellen und vor allen Dingen die Technologien für neue Speichermethoden zu fördern.

In den Kapiteln 4.2 und 4.3 wird jeweils eine Übersicht über die Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in Deutschland und Villingen-Schwenningen gegeben. Grundlage sind dabei Daten der SVS GmbH sowie Informationen des Vereins *renergie vs e.V.* Bei den betrachteten erneuerbaren Energien handelt es sich um Biogas-, Photovoltaik- (PV-), Wasserkraft- und Windkraftanlagen. Diese Stromproduktion wird mithilfe von Kennzahlen mit der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in Deutschland verglichen und bewertet.

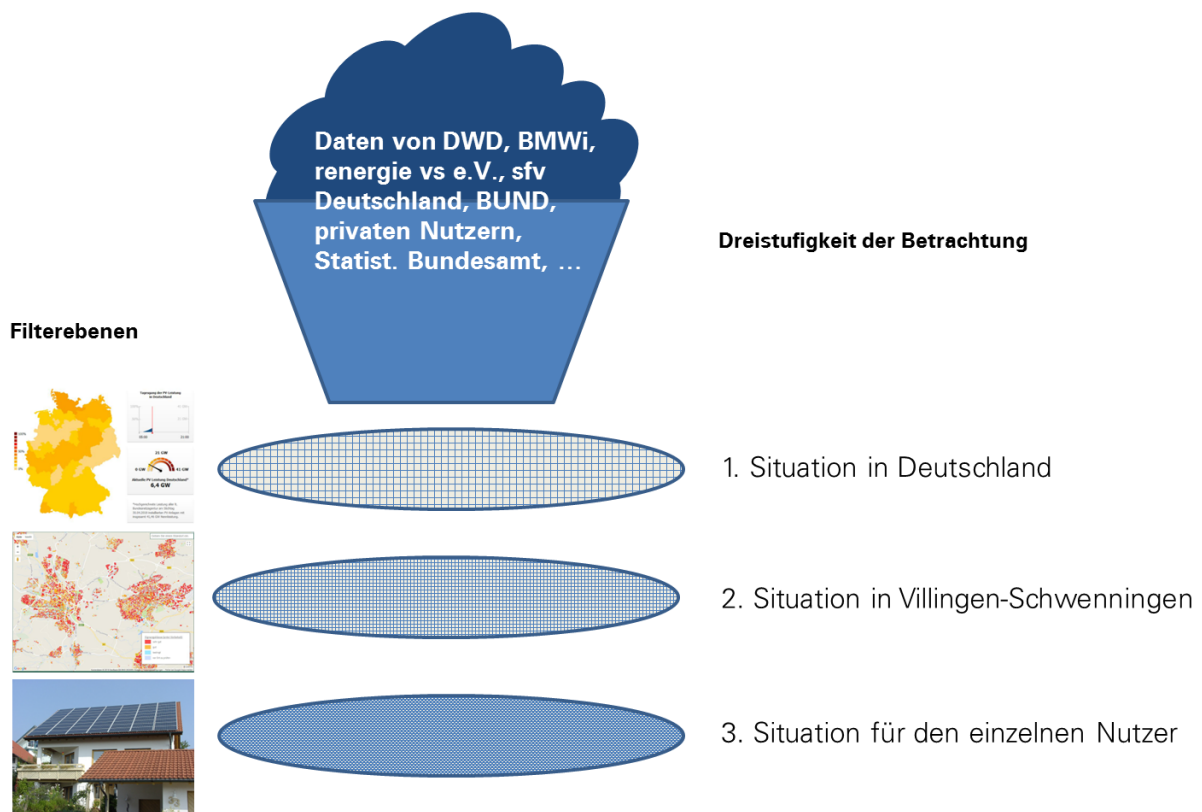
Viele der verwendeten Daten wurden uns freundlicherweise von der SVS GmbH, dem Verein *renergie vs e.V.* und privaten PV-Anlagenbetreibern zur Verfügung gestellt. Ihnen gilt der Dank des GHO.

## 4.1 Vorbemerkungen zum Kapitel

Zur Beschreibung der Situation regenerativer Energien wird auf den Stromsektor fokussiert. Der Grund liegt im Vorhandensein belastbarer Daten.

Die Darstellung der Situation regenerativer Energien bei der Stromgewinnung erfolgt in zwei Abschnitten. Eine Darstellung der Situation für den einzelnen Nutzer sprengt den Rahmen dieses Berichts.

1. Situation in Deutschland
2. Situation in Villingen-Schwenningen (und Vergleich mit Situation in Deutschland)



**Abbildung 26:** Die drei Stufen der Darstellung der Situation der regenerativen Energieträger zur Stromproduktion. Auf die Darstellung der 3. Stufe wird in diesem Energiebericht aus Gründen eines zu stark ansteigenden Umfangs verzichtet.

Zur Bewertung der Situation der regenerativen Energien in Villingen-Schwenningen lohnt ein Blick in den im Jahre 2009 verabschiedeten Umweltentwicklungsplan (UEP) der Stadt Villingen-Schwenningen. Zitat anfang (UEP, Seite 29 – Datengrundlage bis zum Jahr 2006).

*'Der UEP 2009 versucht durch Festlegung sogenannter Indikatoren die Umweltentwicklung messbar und bewertbar zu machen. Um es in Neudeutsch zu sagen, es wurden smarte Größen für die Umweltsituation in Villingen-Schwenningen gesucht. Einer dieser Indikatoren war die Nr. 2 Zukunftsfähige Energiegewinnung.'*

Hierzu heißt es: *'Eine möglichst hohe Quote zukunftsfähig erzeugten Stroms spricht für eine auch langfristig gesicherte Stromerzeugung. Zum Vergleich ist es wichtig, dass neben absoluten Zahlen und den Kennzahlen bezogen auf den Einwohner, die relativen regenerativen Stromerzeugungsdaten erfasst und dargestellt werden. Hierbei ist die Bundesquote als Maßstab anzulegen, auch mit der Einschränkung, dass durch den geringen Ausbau der*

Windkraft in unserer Region und dem Vorhandensein von nur wenigen kleinen Fließwasserkraftanlagen die Bundesquote bei weitem nicht erreicht wird. Als Ziel Quote für den Ausbau der regenerativen Energien wird ein Versorgungsgrad von 10% (3%) bis zum Jahr 2020 (2010) angenommen'. Zitatende.

Ausgehend von den Zielen, welche in den Jahren 2007 bis 2009, von den Machern des Umweltentwicklungsplans vorgegeben wurden, ist es ebenfalls interessant zu sehen, wie sich deren Prognosen im Bereich der regenerativen Energien bewahrheiten, oder eben nicht, vergleiche hierzu Umweltentwicklungsplan 2009 Version 1.0 der Stadt Villingen-Schwenningen und dort die Seiten 29 bis 35.

Sollte der Umweltentwicklungsplan 2009 nicht zur Verfügung stehen, so kann dieser vom Amt für Gebäudewirtschaft und Hochbau als PDF Datei zur Verfügung gestellt werden.

## 4.2 Die Situation in Deutschland

Der Anteil der regenerativen Energien an der Bruttostromerzeugung in Deutschland hat sich von 5,2% im Jahr 1999 auf 45,4% im Jahr 2020 fast verneunfacht. Ebenso stieg der Erdgasanteil von 9% im Jahr 1999 auf 16% im Jahr 2017. Im gleichen Zeitraum sanken die Anteile der bis dahin die Bruttostromerzeugung anführenden Energieträger Steinkohle, Kernenergie und Braunkohle. Steinkohle von 26% im Jahr 1999 auf 8% im Jahr 2020, Kernenergie von 31% im Jahr 1999 auf 11% im Jahr 2020 und Braunkohle leider nur von 24,4% im Jahr 1999 auf 16,2% im Jahr 2020. Die Anteile der übrigen Energieträger und von Mineralölprodukten blieb im Betrachtungszeitraum in etwa gleich. Insgesamt stieg die Bruttostromproduktion von 556 Mrd. kWh im Jahr 1999 auf 588 Mrd. kWh im Jahr 2020 an (+6%). Wie in Abbildung 27 deutlich zu sehen, ist der Anteil der regenerativen mit 45,4% mit Abstand der höchste von allen Energieträgern.

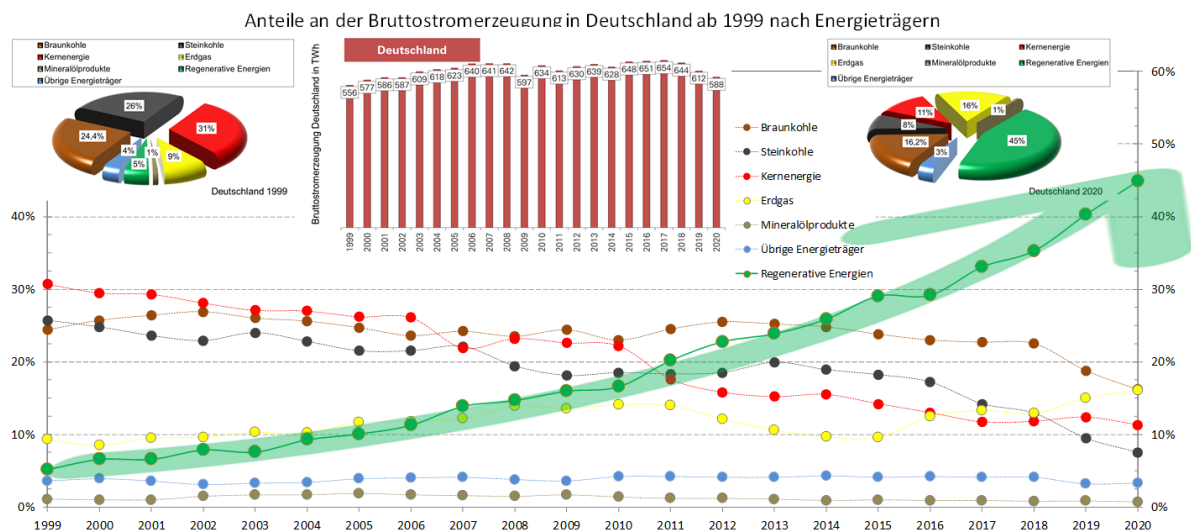


Abbildung 27: Zeitliche Entwicklung der Anteile der an der Bruttostromerzeugung in Deutschland beteiligten Energieträger zwischen 1999 und 2020.

Allerdings wird nicht der gesamte in Deutschland erzeugte Strom auch hier verbraucht. Der Stromaustauschsaldo betrug 1999 noch + 1,0 Mrd. kWh, d.h. es wurden eine Mrd. kWh an Strom mehr importiert, als exportiert. 2020 betrug das Stromaustauschsaldo -21,0 Mrd. kWh, das bedeutet, es wurden 21 Mrd. kWh an Strom mehr exportiert als importiert. Man kann also nicht im Entferntesten davon sprechen, dass seit dem Atomausstieg im Jahr 2011

in Deutschland 'die Lichter ausgehen'. Ganz im Gegenteil. Der Nettoexport von Strom aus Deutschland steigt von 6 Mrd. kWh im Jahr des Atomausstiegs 2011 auf 21 Mrd. kWh im Jahr 2020 an, vergleiche Abbildung 28.

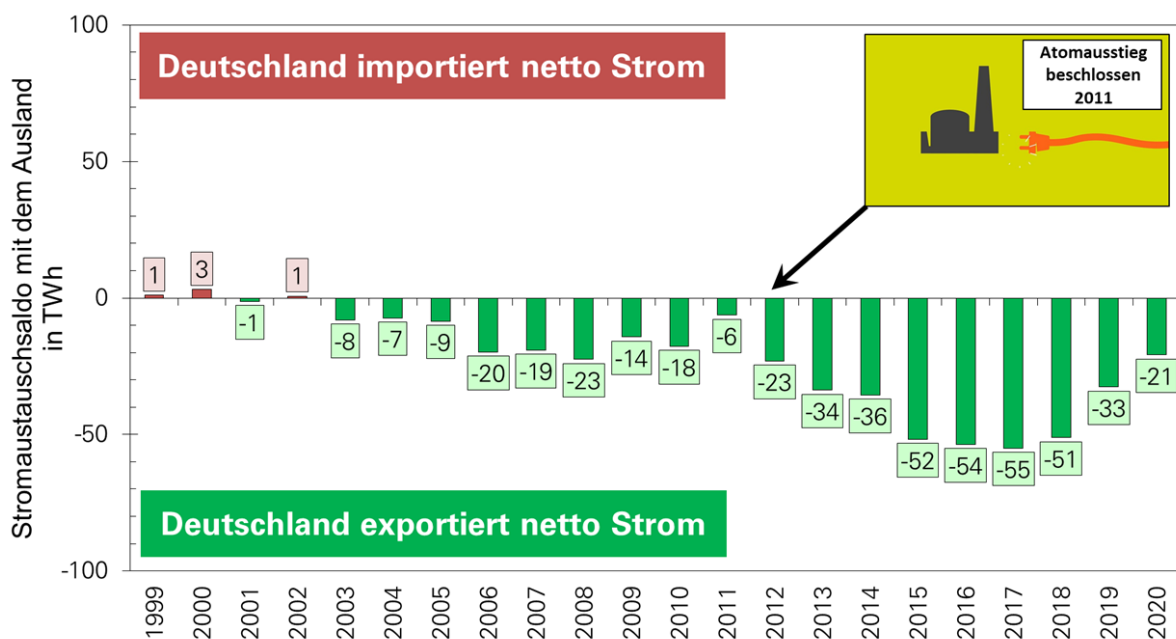


Abbildung 28: Zeitliche Entwicklung des Stromausgleichsaldos Deutschlands zwischen 1999 und 2020. Ein Stromausgleichsaldo von + 1 TWh (= 1 Mrd. kWh) bedeutet, dass in diesem Jahr 1 Mrd. kWh mehr an Strom exportiert als importiert wurde. Natürlich wird auch im Jahr 2020 noch Strom importiert, auf's Jahr gesehen wird aber deutlich mehr Strom in die Nachbarländer exportiert.

45,4% des in Deutschland produzierten Stroms kam im Jahr 2020 aus regenerativen Energieträgern, vergleiche Abbildung 29. Den größten Anteil hatte die Windkraft (On- und Offshore Anlagen) mit 23,6 Prozentpunkten, gefolgt von Biomasse und Photovoltaik mit jeweils 9,1% und Wasserkraft mit 3,6 Prozentpunkten.

Die Entwicklung der einzelnen regenerativen Energieträger in der Zeit zwischen 2000 und 2020 in Deutschland zeigt Abbildung 30. Zu erkennen ist eine stetige Zunahme bei der Windkraft, die 2011 und 2014 deutliche Sprünge zeigt. Beim Biogas steigt die Entwicklung der Pro Kopf Erzeugung bis 2014 stetig an, gefolgt von einem Plateau bei ca. 625 kWh pro Einwohner. Eine ebensolche Entwicklung zeigt die Photovoltaik in Deutschland bis 2015. Hier zeigt sich ein Plateau bei 490 kWh pro Einwohner, gefolgt von einem leichten Anstieg auf 608 kWh pro Einwohner im Jahr 2020.

Eine ganz andere zeitliche Entwicklung zeigt die bundesdeutsche Wasserkraft. Hier ist die Pro Kopf Erzeugung in den Jahren zwischen 2000 und 2020 nahezu konstant geblieben, mit leicht sinkender Tendenz. Zusammen genommen produzierten alle regenerativen Energieträger im Jahr 2020 Strom in einem Umfang von 3.015 kWh pro Person. Vergleicht man diesen Wert mit dem gewichteten und auf eine Person bezogenen Pro-Kopf-Verbrauch der Haushalte in Deutschland (1.570 kWh pro Person), so ist die regenerative Stromproduktion rein rechnerisch mehr als 92% höher als der Verbrauch.

Außer den privaten Haushalten gibt es weitere Stromverbraucher in Deutschland. Allen voran Handel, Gewerbe, Dienstleistungen und die Industrie. Die privaten Haushalte liegen mit einem relativen Verbrauch von 25% am Gesamtverbrauch an dritter Stelle, an zweiter Stelle liegen Handel, Gewerbe, Dienstleistung mit 29% und den ersten Platz nimmt die Sparte Industrie mit 44% Anteil am Gesamtstromverbrauch ein. Die restlichen 2% entfallen auf den Verkehrssektor.

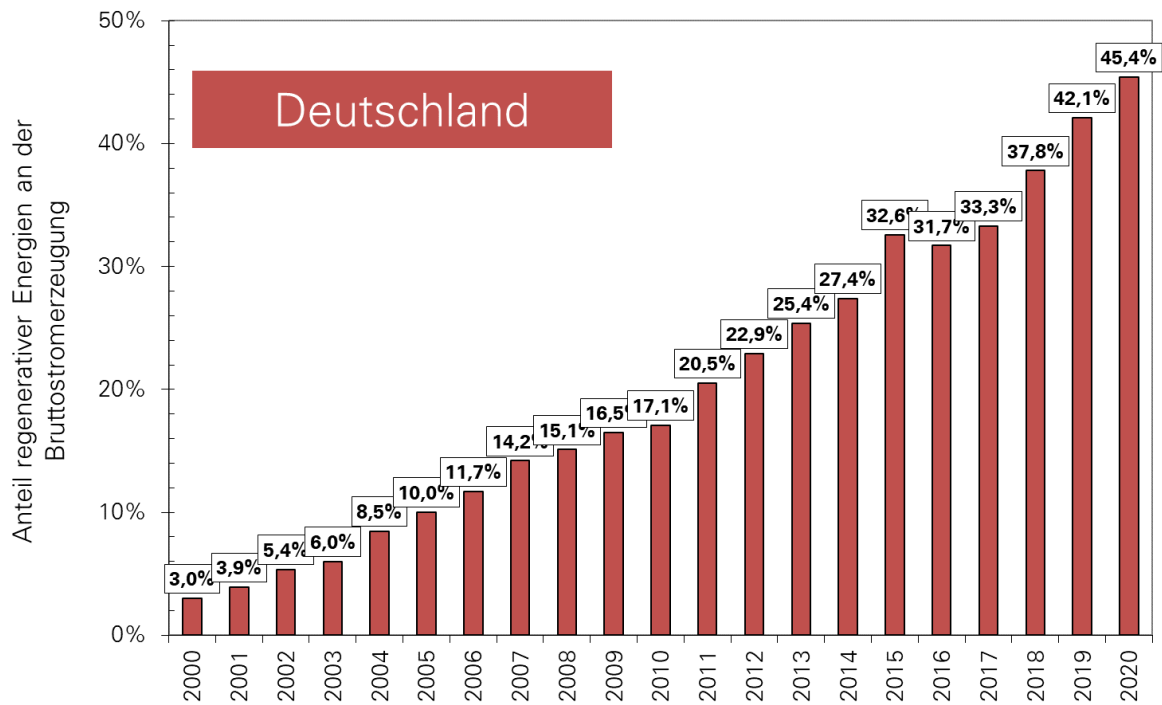
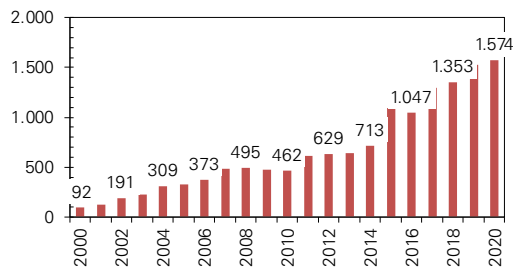


Abbildung 29: Relativer Anteil regenerativer Energien an der Bruttostromerzeugung in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2020. Im Jahr 2020 stellt sich die Verteilung auf die verschiedenen regenerativen Energieträger wie folgt dar:

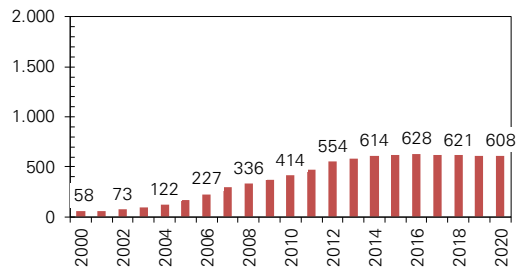
- Windkraft 23,6 Prozentpunkte
- Biomasse 9,1 Prozentpunkte
- PV 9,1 Prozentpunkte
- Wasserkraft 3,6 Prozentpunkte - zusammen 45,4 Prozentpunkte.

Die Entwicklung der Pro Kopf Erzeugung regenerativer Energieträger zwischen 2000 und 2020 in Deutschland

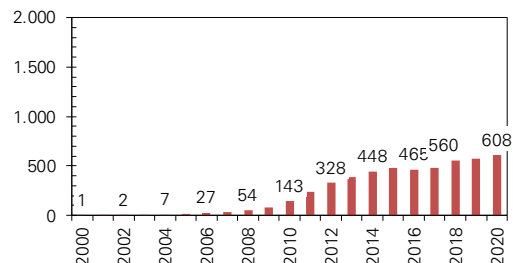
Wind in kWh pro EW



Biogas in kWh pro EW



PV in kWh pro EW



Wasser in kWh pro EW

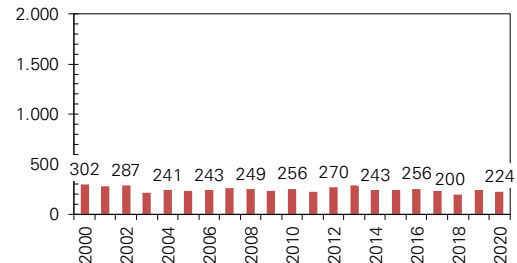
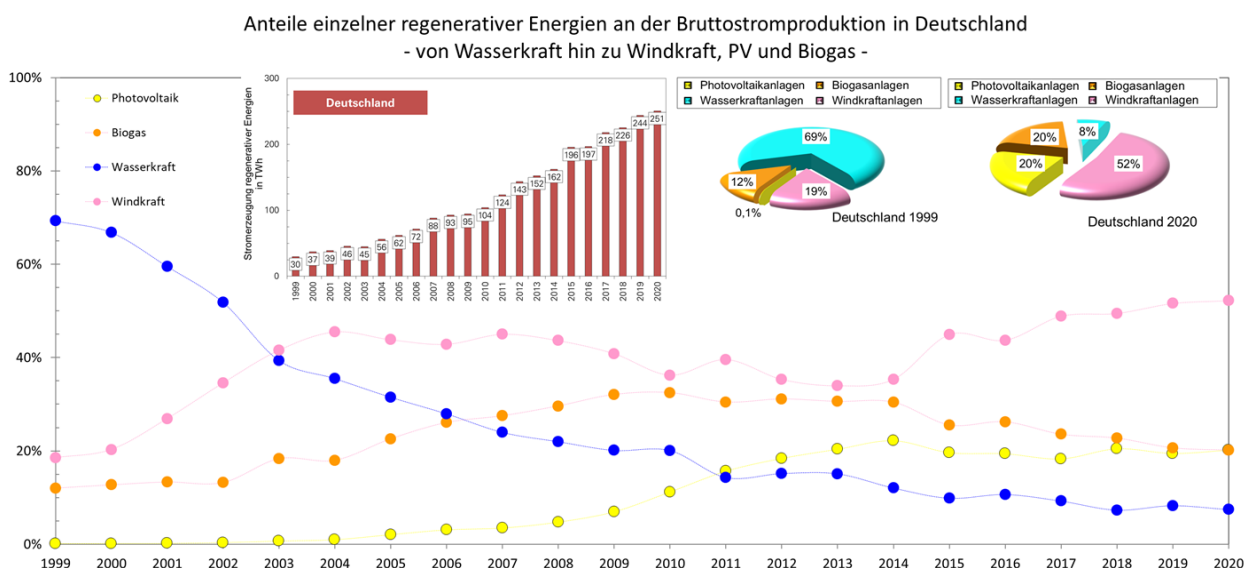


Abbildung 30: Pro Kopf Erzeugung von Strom aus regenerativen Energieträgern zwischen 2000 und 2020 in Deutschland. Zusammen erzeugten die regenerativen Energien im Jahr 2020 Strom in Höhe 3.015 kWh pro Einwohner.

Die Anteile der einzelnen regenerativen Energieträger an der Bruttostromproduktion veränderten sich zwischen 1999 und 2020 stark. Wurden im Jahr 1999 noch 69% des regenerativ erzeugten Stroms von Wasserkraftwerken produziert, 19% von Windkraftwerken, 12% von Biogasanlagen und 0,1% von PV-Anlagen so änderte sich dieses Verhältnis im Jahr 2020 drastisch. Der Spitzenplatz mit 52% des regenerativ erzeugten Stroms wird von den Windkraftanlagen errungen, gefolgt von PV-Anlagen und Biogasanlagen mit jeweils 20% und den Wasserkraftanlagen mit 8%. Im gleichen Zeitraum erhöhte sich die Gesamtproduktion von Strom aus regenerativen Quellen von 30 Mrd. kWh im Jahr 1999 auf 251 Mrd. kWh im Jahr 2020 um mehr als das Achtfache. Mit anderen Worten erzeugten im Jahr 2020 nur die PV-Anlagen in Deutschland 67% mehr Strom als alle regenerativen Energien zusammen im Jahr 1999.

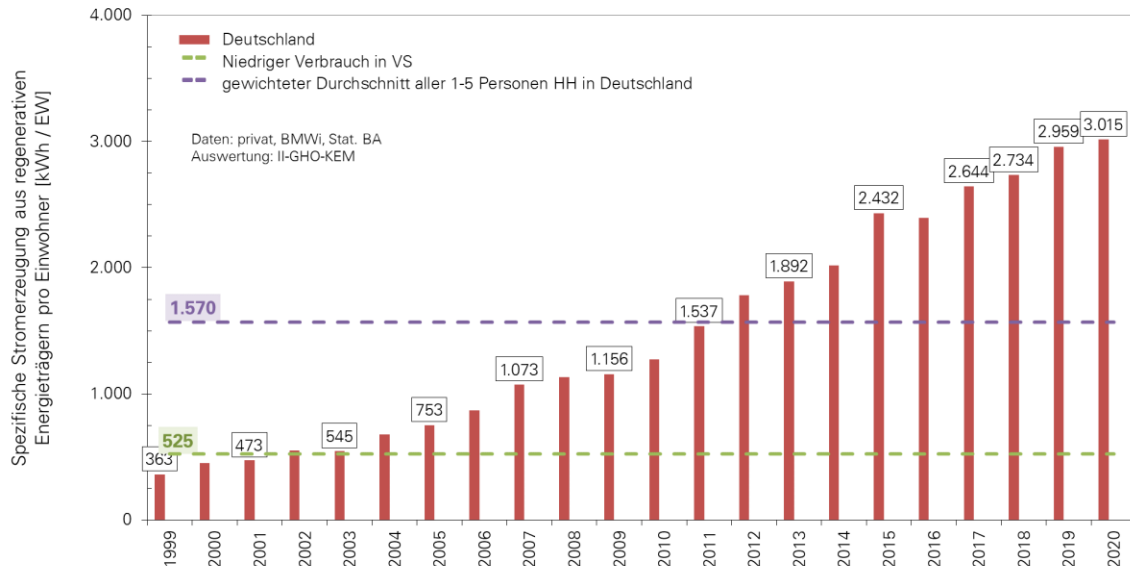
Deutschlandweit erzeugten 2020 Wind- und Wasserkraftwerke zusammen 60% des regenerativen Stromes. PV- und Biogasanlagen zusammen etwa 40%. Auf diese beiden Verhältnisse wird auch im Kapitel Villingen-Schwenningen näher eingegangen.



**Abbildung 31:** Anteile regenerativer Energien an der Bruttostromproduktion in Deutschland in den Jahren 1999 bis 2020. Die drei kleinen Grafiken im großen Diagramm zeigen von links die Bruttostromproduktion aller regenerativer Quellen in Deutschland von 1999 bis 2020 in TWh, die Verteilung der regenerativen Energien an der Bruttostromproduktion in Deutschland im Jahr 1999, und die Verteilung der regenerativen Energien an der Bruttostromproduktion in Deutschland im Jahr 2020. Überschriften kann man das Diagramm mit 'Von der Wasserkraft hin zu Windkraft, PV und Biogas'.

In Abbildung 31 sind die Anteile der einzelnen regenerativen Energieträger an der Bruttostrom Produktion dargestellt. Alle vorher im Text erwähnten Zahlen finden sich dort wieder. Inwieweit die Ausbauziele der Bundesrepublik Deutschland für den Stromsektor in Höhe von 80% regenerativer Strom Produktion im Jahr 2050 ernst zu nehmen oder in den Reich der Fabel zu verweisen sind, hängt unter anderem vom Ausbau der Windkraft ab. Werden in diesem Bereich, insbesondere auf See die Ausbauziele verfehlt, so ist es wahrscheinlich, dass ebenso die Gesamtausbauziele im Bereich der regenerativen Stromversorgung verfehlt werden. Der landauf und landab propagierte Ausbau der Stromnetze ist dagegen ersetzbar durch einen massiven Ausbau der Speichertechnologien und der smarten Technologien im Bereich Stromnetznutzung. Man kann natürlich gleichzeitig auf mehrere Optionen setzen, also Windkraftausbau, Netzausbau und Speicherausbau. Zurzeit sieht es allerdings so aus, dass bei allen Optionen nur mit Verzögerung vorangeschritten wird.

In Abbildung 32 wird die Bruttostromproduktion aus regenerativen Energieträgern pro Einwohner dargestellt. Diese Kennzahl stieg von 363 kWh pro Einwohner im Jahr 1999 auf 3.015 kWh pro Einwohner im Jahr 2020 an. In Abbildung 32 integriert sind die Verbrauchskennzahlen privater Haushalte und ein niedriger Verbrauchswert eines Haushaltes in Villingen-Schwenningen. Es wird deutlich, dass die regenerativen Energien in Deutschland im Jahr 2020 den Stromverbrauch eines jeden Durchschnittshaushaltes in Deutschland mehr als decken konnten.



**Abbildung 32:** Vergleich der spezifischen Bruttostromerzeugung aus regenerativen Energieträgern mit zwei durchschnittlichen Stromverbrauchswerten, zum einen dem gewichteten Durchschnittswert aller 1 bis 5 Personen Haushalte in Deutschland und zum anderen eines Reihenhauses im Welvert. Zu erkennen ist, dass die Pro Kopf Produktion den gewichteten Durchschnitt aller 1 bis 5 Personen Haushalte in Deutschland bereits ab dem Jahr 2012 überholt hat.

### Fazit für Deutschland:

Der Anstieg des relativen Anteils der erneuerbaren Energien an der Bruttostromerzeugung steigt seit dem Jahr 2000 in Deutschland kontinuierlich an und erreichte im Jahr 2020 einen Spitzenwert von 45,4%. Die erneuerbaren Energien sind dabei seit dem Jahr 2014 der Bereich mit der höchsten relativen Stromerzeugung und auch dieser Anteil steigt jedes Jahr kontinuierlich an. Trotz dieser Erfolge ist Deutschland von einer nachhaltigen Stromversorgung, die zu 100% auf erneuerbaren Energien beruht, noch weit entfernt und es sind Zweifel angebracht, ob das nationale Ausbauziel 2050 in Höhe von 80% erneuerbarer Energien an der Bruttostromerzeugung erreicht werden kann. Zumal ab dem Jahr 2021 sowohl für Windkraft- als auch für PV-Anlagen die Vergütung im Rahmen des EEG beginnt auszulaufen. Eine zufriedenstellende Nachfolgeregelung, wie vor allen Dingen den kleineren PV- und Windkraftanlagenbetreibern, der Strom vergütet werden soll, ist auch heute noch nicht in Sicht. Dabei wäre es im sträflichsten Sinne nicht nachhaltig, wenn funktionierende PV-Anlagen und Windkraftanlagen von den Betreibern abgebaut werden, weil der Betrieb der Anlagen noch nicht einmal die Kosten für Wartung, Zählermiete und Instandhaltung einbringt.

### **Wie sieht die Situation in Villingen-Schwenningen aus?**

Dazu mehr im nächsten Kapitel.



### 4.3 Die Situation in Villingen-Schwenningen

10,6% des von der SVS GmbH gelieferten Stroms kam im Jahr 2020 aus regenerativen Energieträgern, vergleiche Abbildung 33. Den größten Anteil hatten PV-Anlagen mit 6,36 Prozentpunkten, gefolgt von Biomasseanlagen mit 3,48 Prozentpunkten, Windkraftanlagen mit 0,32 Prozentpunkten und Wasserkraftanlagen mit 0,04 Prozentpunkten.

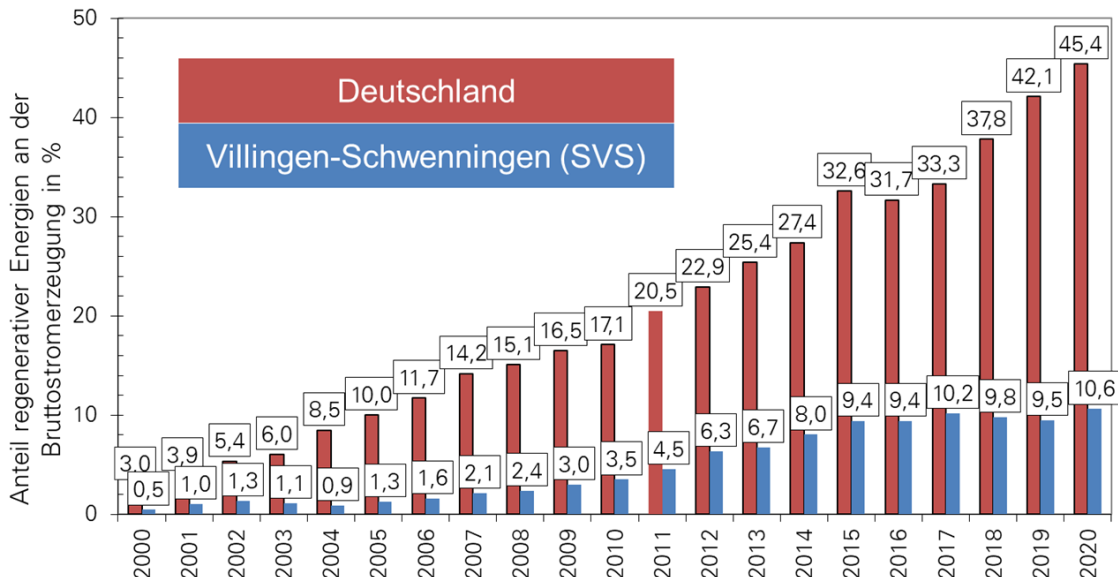


Abbildung 33: Relativer Anteil einheimischer regenerativer Energien an der Stromlieferung der SVS GmbH in den Jahren 2000 bis 2020 im Vergleich mit den bundesdeutschen Daten, siehe auch Abbildung 1b. Im Jahr 2020 stellt sich die Verteilung auf die verschiedenen regenerativen Energieträger wie folgt dar:

- Windkraft 0,32 Prozentpunkte
- Biomasse 3,48 Prozentpunkte
- PV 6,36 Prozentpunkte
- Wasserkraft 0,04 Prozentpunkte – zusammen 10,2 Prozentpunkte

Die Entwicklung der Pro-Kopf Stromerzeugung der einzelnen regenerativen Energieträger in der Zeit zwischen 2000 und 2020 in Villingen-Schwenningen zeigt Abbildung 34. Zu erkennen ist eine stetige Zunahme bei der Stromerzeugung aus Biogas, die 2005, 2012 und 2014 deutliche Sprünge zeigt und seit 2018 kontinuierlich abnimmt. Bei PV-Strom steigt die Entwicklung der Pro Kopf Erzeugung bis 2014 stetig an, gefolgt von einem Plateau bei ca. 270 kWh pro Einwohner, dem ein leichter Anstieg bis 315 kWh pro Einwohner im Jahr 2020 folgt. Eine ebensolche Entwicklung zeigt die Photovoltaik in Deutschland bis 2015. Hier zeigt sich ein Plateau bei ca. 490 kWh pro Einwohner, gefolgt von einem leichten Anstieg auf 608 kWh pro Einwohner im Jahr 2020.

Eine ganz andere zeitliche Entwicklung zeigen sowohl Wasser- als auch Windkraft in Villingen-Schwenningen. Hier ist die Pro Kopf Erzeugung in den Jahren zwischen 2000 und 2020 nahezu konstant geblieben mit leicht sinkender Tendenz. Im Vergleich mit der Pro-Kopf Stromerzeugung in Deutschland sind die absoluten Werte von Wasser- als auch Windkraft verschwindend gering. Wurden im Jahr 2020 in Deutschland von der Windkraft 1.574 kWh pro Person erzeugt und von der Wasserkraft 212 kWh pro Person, so liegen diese Werte in Villingen-Schwenningen bei 16 kWh pro Person (Windkraft = 1,2%) bzw. 2 kWh pro Person (Wasserkraft = 0,8%). Wie bereits im Jahr 2008 auf Seite 35 des Umweltentwicklungsplans festgehalten wurde (Zitatanfang: '... dass die Nutzung von Wind- und Wasserkraft in Villingen-Schwenningen durch natürliche Gegebenheiten nur in begrenztem Maße umsetzbar ist.'

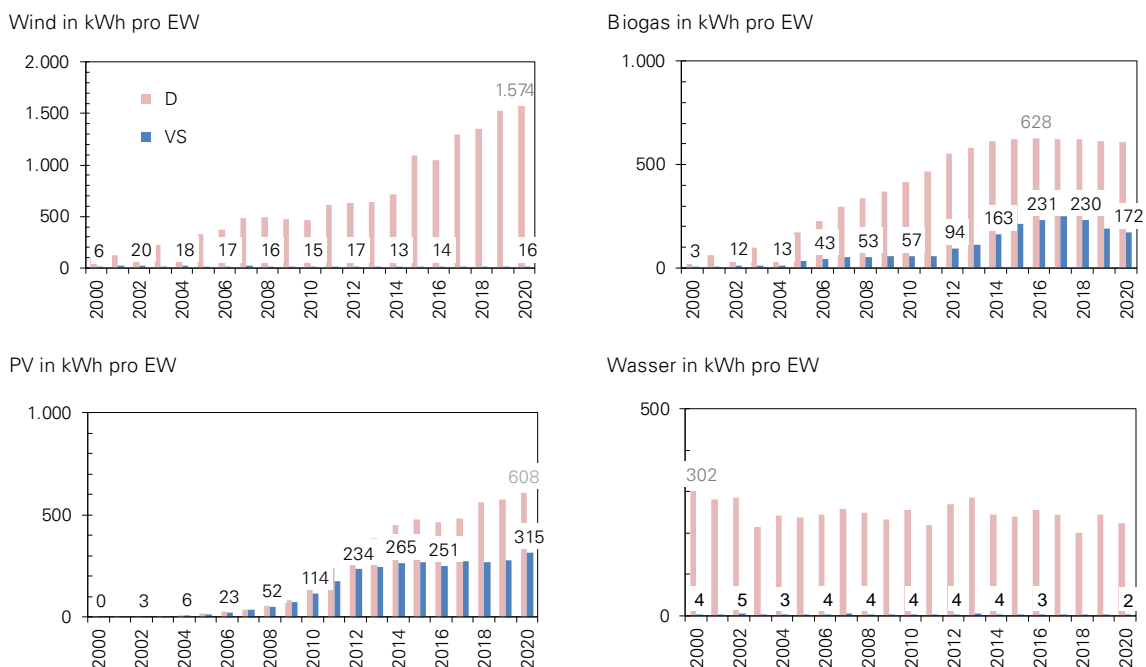


## Kapitel 4 - Die Situation der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in VS

Zitatende). Dem ist aus heutiger Sicht nichts hinzu zu fügen. In den vergangenen 12 Jahren hat sich der Bestand an Wind- und Wasserkraftanlagen in unserer Stadt nicht verändert. Lediglich im Bereich des Groppertals kam auf St. Georgener Gemarkung, eine Wasserkraftanlage hinzu, die allerdings nicht bei der SVS ihren Strom einspeist.

Zusammen genommen produzierten alle regenerativen Energieträger im Netz der SVS GmbH im Jahr 2020 Strom in einem Umfang von ca. 505 kWh pro Person. Vergleicht man diesen Wert mit dem gewichteten und auf eine Person bezogenen Pro-Kopf-Verbrauch der Haushalte in Deutschland (1.570 kWh pro Person), so beträgt die regenerative Pro-Kopf Stromproduktion in Villingen-Schwenningen nur 32% des Pro-Kopf-Verbrauchs der privaten Haushalte. Hinzu kommt der Stromverbrauch von Handel, Gewerbe, Dienstleistungen und Industrie. Ein Vergleich zeigt, dass in Deutschland statistisch gesehen die regenerativen Energien mehr als ausreichen um den Stromverbrauch der privaten Haushalte zu decken (2020 waren dies 3.015 kWh pro Person), vergleiche Abbildung 35.

Die Entwicklung der Pro Kopf Erzeugung regenerativer Energieträger zwischen 2000 und 2020 in D und VS

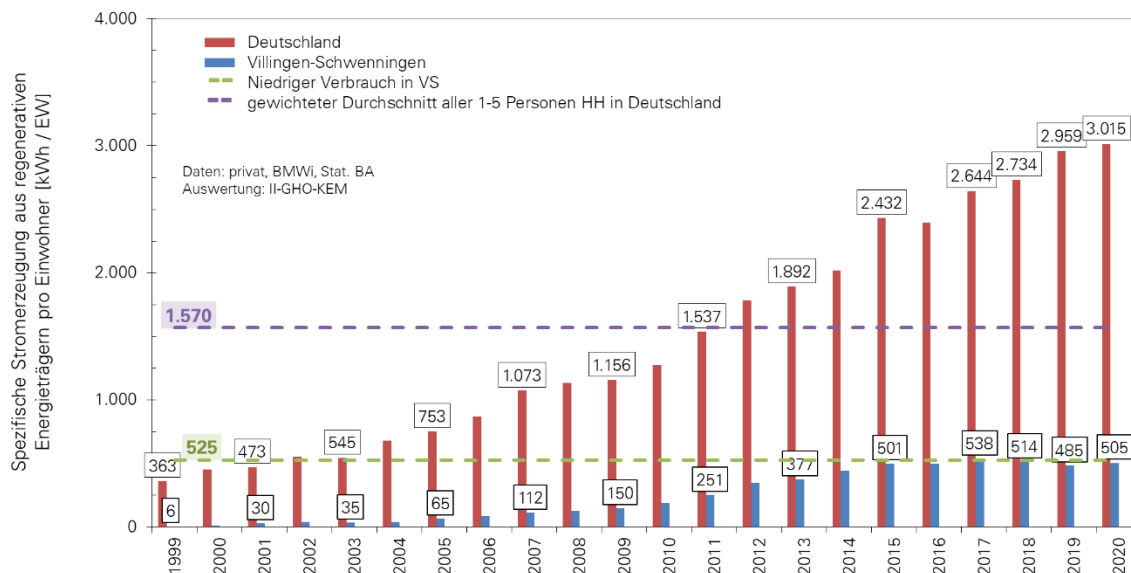


**Abbildung 34:** Vergleich der Pro Kopf Stromerzeugung regenerativer Energieträger zwischen 2000 und 2017 in Villingen-Schwenningen (blau) und Deutschland (rot). Im Jahr 2020 betrug die Bruttostromerzeugung aus allen vier regenerativen Energien im Netz der SVS 505 kWh pro Einwohner. Im selben Jahr betrug die Bruttostromerzeugung aus allen vier regenerativen Energien ins bundesdeutsche Netz zusammen 3.015 kWh pro Einwohner.

Aber auch die Anteile der einzelnen regenerativen Energieträger an der Bruttostromproduktion veränderten sich zwischen 1999 und 2020 stark. Wurden im Jahr 1999 in Villingen-Schwenningen noch 94% des regenerativ erzeugten Stroms von Wasserkraftwerken produziert, 0% von Windkraftwerken, 5% von Biogasanlagen und 1% von PV-Anlagen so änderte sich dieses Verhältnis im Jahr 2020 drastisch. Den Spitzenplatz mit 62% des regenerativ erzeugten Stroms halten PV-Anlagen, gefolgt von Biogasanlagen mit 34%, Windkraftanlagen mit 3% und den Wasserkraftwerken mit 0,4%. Im gleichen Zeitraum erhöhte sich allerdings die Gesamtproduktion von Strom aus regenerativen Quellen von 0,5 Mio. kWh im Jahr 1999 auf 43,5 Mio. kWh im Jahr 2020 um das Siebenundachtzigfache. Mit anderen Worten erzeugten im Jahr 2020 nur PV-Anlagen in Villingen-Schwenningen das Fünzigfache dessen

was im Netz der SVS im Jahr 1999 alle regenerativen Energien zusammen erzeugten, vergleiche Abbildungen 34 und 36.

Kommen wir nun zurück auf die Anteile von PV- und Biogasanlagen sowie Wind- und Wasserkraftanlagen. Deutschlandweit erzeugten 2020 Wind- und Wasserkraftwerke zusammen fast 60% des regenerativen Stromes, in Villingen-Schwenningen liegt dieser Wert im



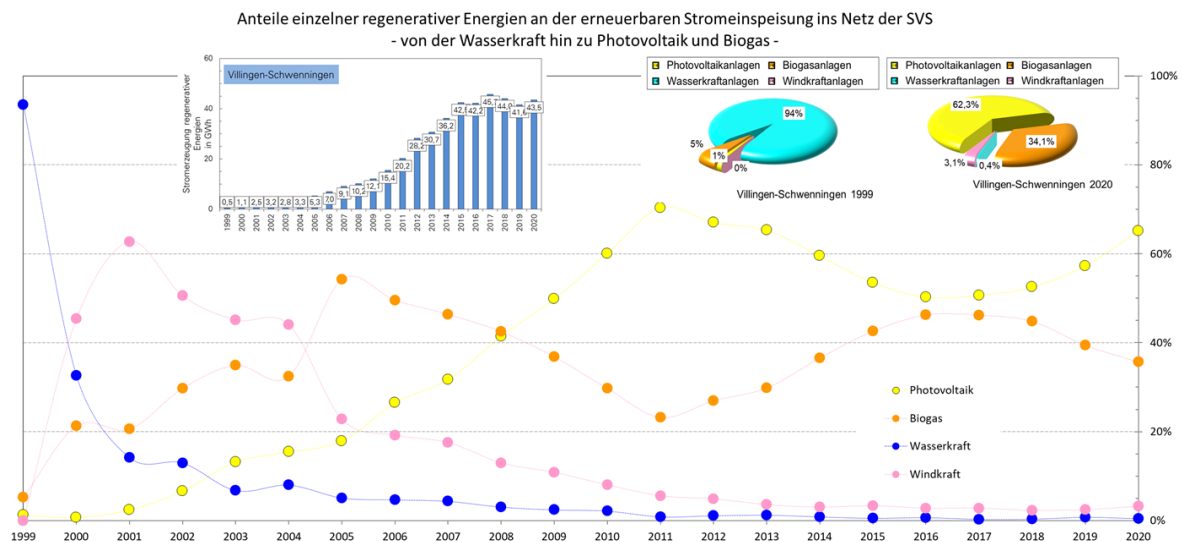
**Abbildung 35:** Vergleich der Stromerzeugung durch regenerative Energieträger pro Einwohner in Deutschland und Villingen-Schwenningen mit Stromverbrauchswerten verschiedener Haushalte in Deutschland und Villingen-Schwenningen. Der Stromverbrauch des 2 Personen Haushaltes in der Charles-de-Gaulle-Str. 56 (CdG56) in Villingen-Schwenningen könnte rein rechnerisch bereits von der Stromproduktion regenerativer Energieträger in Villingen-Schwenningen gedeckt werden. Auch der gewichtete Durchschnittsverbrauch aller 1 bis 5 Personenhaushalte in Deutschland ist rein rechnerisch von der Stromerzeugung regenerativer Energieträger in Deutschland zu decken

gleichen Jahr bei nur 4%. PV- und Biogasanlagen zusammen erzeugten 2020 in Deutschland etwas mehr als 40% des regenerativ erzeugten Stroms. In Villingen-Schwenningen waren es im gleichen Jahr 96%. Das bedeutet, dass fast die gesamte Stromproduktion in Villingen-Schwenningen aus regenerativen Quellen auf den beiden Energieträgern PV und Biogas beruht. Wasser und Wind spielen fast keine Rolle. Schaut man sich den Umweltentwicklungsplan der Stadt Villingen-Schwenningen aus dem Jahr 2009 und die darin gemachten Prognosen an, so kann festgehalten werden, dass sich daran wohl auch in den kommenden Jahren wenig ändern wird. Der weitere Ausbau der regenerativen Energien in Villingen-Schwenningen wird allein von Biogas- und PV-Anlagen getragen.

Abgesehen von einem kurzen 'Intermezzo' in den Jahren 2000 bis 2004, in denen die Windkraft relativ am stärksten an der regenerativen Stromproduktion im Gebiet der SVS GmbH beteiligt war, kann die zeitliche Entwicklung der Anteile der regenerativen Stromerzeugung in den Jahren 1999 bis 2020 als 'Weg von der Wasserkraft hin zu Photovoltaik und Biogas' beschrieben werden, vergleiche Abbildung 36. Ähnlich verlief die Entwicklung der Wasserkraft auch in Deutschland, allerdings mit dem Unterschied, dass in Deutschland im Jahr 2020 immerhin noch 245 kWh pro Person an Strom aus Wasserkraft erzeugt wurden. In Villingen-Schwenningen waren dies gerade einmal 2 kWh pro Person. Die Wasserkraft spielt in Villingen-Schwenningen eine geringe Rolle. Ähnlich sieht es bei der Windkraft in Villingen-

Schwenningen aus. Während deutschlandweit diese Form der Stromgewinnung die mit Abstand höchsten Erträge erzielt (1.574 kWh pro Person) sind es in Villingen-Schwenningen im Jahr 2020 nur 16 kWh pro Person.

Biogas erzeugt in Villingen-Schwenningen mehr als ein Drittel des gesamten regenerativen Stromes (34%). Die Pro-Kopf-Stromerzeugung in VS hinkt im Vergleich mit bundesdeutschen Werten deutlich hinterher. Wurden in Deutschland 2020 von Biogasanlagen insgesamt Strom in Höhe von 608 kWh pro Person erzeugt, waren es in Villingen-Schwenningen nur 172 kWh pro Person. Das sind etwa 28% der bundesdeutschen Stromproduktion aus Biogas.

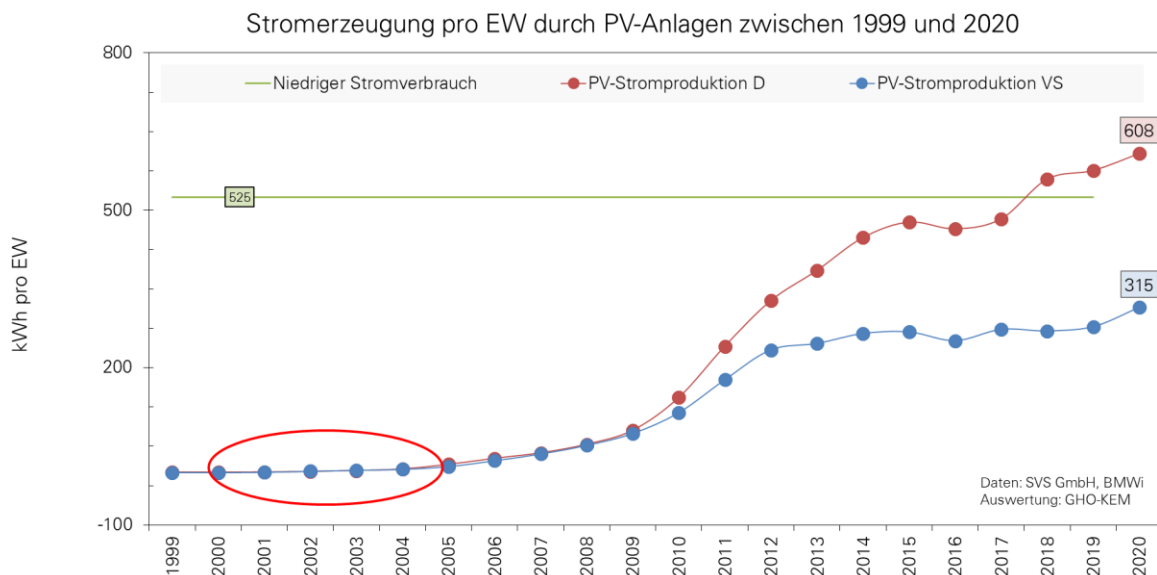


**Abbildung 36:** In der Abbildung ist der zeitliche Verlauf der Anteile einzelner regenerativer Energieträger an der Bruttostromproduktion ins Netz der SVS GmbH festgehalten. Man kann es so ausdrücken, dass zwischen 1999 und 2020 eine Hinwendung vom Wasser hin zu PV und Biogas stattfand, vergleiche die kleinen Grafiken oben rechts. Dieser Trend ist wesentlich ausgeprägter als in Deutschland und eine Hinwendung zur Windkraft ist mangels Potential und politischem Willen nicht erkennbar. Dabei muss auch in VS berücksichtigt werden, dass die absolute Stromproduktion aus Wasserkraft keineswegs so stark abnahm, wie es obige Grafik vermuten lässt. Nur haben PV und Biogas in dieser Zeit deutlich stärker zugenommen. Dies wird auch an der Gesamtproduktion regenerativer Energieträger deutlich, welche die mittlere Grafik oben zeigt. So stieg die Gesamtstromproduktion aus erneuerbaren Energien von 500 Tsd. kWh (1999) auf mittlerweile 45,7 Mio. kWh (2020) an. Zur kompletten Substitution des von der SVS verkauften Stroms, 2020 waren dies 410 GWh (1 GWh = 1 Million kWh) müssten auf dem Gebiet der Stadt Villingen-Schwenningen noch rund 365 MW<sub>peak</sub> an PV-Leistung installiert werden. Das entspricht etwas mehr als 400 Hektar an Freiflächen. Später werden wir lesen, dass die Stadt insgesamt 836 Hektar an Freiflächenpotential ausgewiesen hat. Dies entspricht ca. 5% der Gemarkungsfläche.

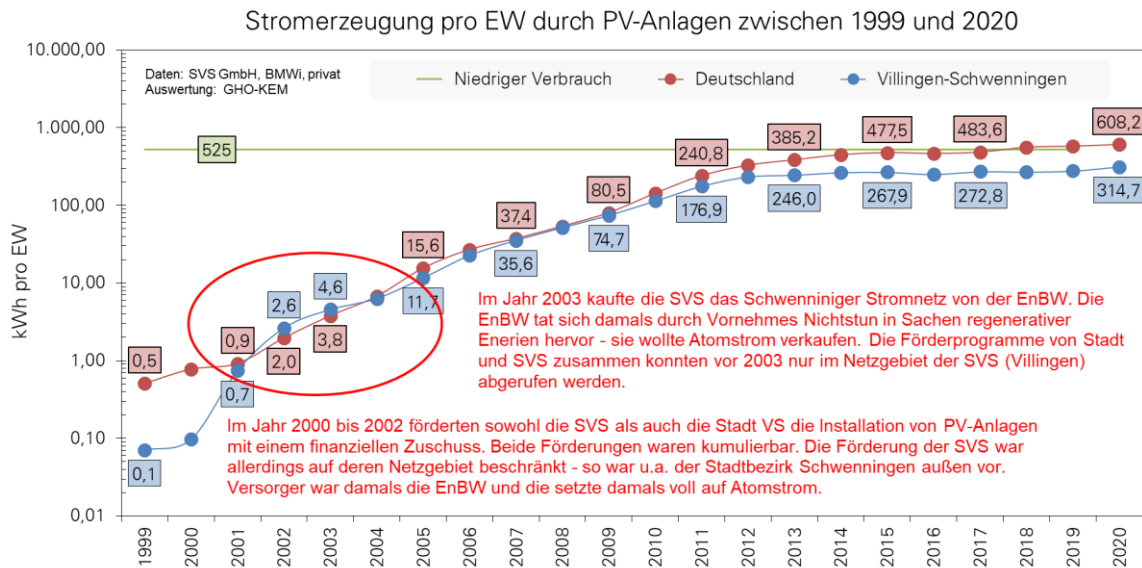
Kommen wir zum hoffnungsvollsten Vertreter der regenerativen Energien in Villingen-Schwenningen – der Stromerzeugung durch PV-Anlagen. Dies nicht nur deshalb, weil diese Form der regenerativen Stromerzeugung bislang im Vergleich am besten abschneidet, sondern auch, weil Strom aus PV-Anlagen in Villingen-Schwenningen die beste Zukunftsprognose hat. Im Jahr 2020 wurden in Villingen-Schwenningen 315 kWh pro Person PV-Strom erzeugt. Damit hat diese Art der Stromerzeugung lokal den größten Anteil an der Stromerzeugung durch regenerative Energien. Deutschlandweit erzeugten PV-Anlagen im Jahr 2020 Strom in Höhe von 608 kWh pro Person. Damit erzielten PV-Anlagen in Villingen-Schwenningen knapp 52% des bundesdeutschen Kennwertes. In der Vergangenheit allerdings übertraf die Pro-Kopf-Stromerzeugung aus PV-Anlagen in Villingen-Schwenningen zeitweise sogar die bundesdeutschen Kennwerte, vergleiche Abbildungen 37 und 38.

## Kapitel 4 - Die Situation der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in VS

In den Jahren 2000 bis 2002 herrschte im Versorgungsgebiet der SVS auf dem Gebiet von Villingen-Schwenningen ein gutes (Investitions-)Klima für die Neuinstallation von PV-Anlagen. Der Bau wurde sowohl von der Stadtverwaltung als auch von den SVS mit Zuschüssen von bis zu 1.000 EURO je installiertem  $\text{kW}_{\text{peak}}$  bezuschusst. Leider konnten die Bürger im Stadtbezirk Schwenningen und den benachbarten Teilorten vom Förderprogramm der SVS nicht profitieren. Schwenningen und die Teilorte wurden seinerzeit noch von der EnBW mit Strom versorgt. Und in dieser Zeit war der 'Stromversorger' EnBW vom Atomstrom überzeugt und nicht vom Strom aus regenerativen Energien. Die EnBW tat bis 2011 alles dafür, dass dies so blieb. Die Möglichkeit vom Förderprogramm zu profitieren änderte sich erst mit dem Kauf des Schwenninger Stromnetzes durch die SVS im Jahr 2003. Zu diesem Zeitpunkt allerdings förderten weder Stadt Villingen-Schwenningen noch SVS die Installation von PV-Anlagen. Spätestens ab dem Jahr 2004 wurde die finanzielle Förderung von PV-Anlagen in Form von finanziellen Zuschüssen, insbesondere durch Kommunen, überflüssig. Durch die gesetzlich im Rahmen des Erneuerbaren Energien Gesetz (EEG) garantierten Einspeisevergütungen amortisierten sich ab 2004 PV-Anlagen statisch berechnet in Zeiträumen zwischen 7 und 11 Jahren.



**Abbildung 37:** Stromerzeugung von PV-Anlagen in Deutschland und Villingen-Schwenningen. Bis zum Jahr 2011 zeigt die Entwicklung der Stromproduktion sowohl in Deutschland als auch in Villingen-Schwenningen exponentielles Wachstum. Ab 2013 jedoch beginnt sich sowohl in VS als auch in D eine Art Sättigungseffekt bemerkbar zu machen. Die erneute Steigung der Stromerzeugung im Jahr 2020 darf hoffnungsvoll stimmen. Allerdings war das Solarjahr 2020 um 4% ertragreicher als das Solarjahr 2019.

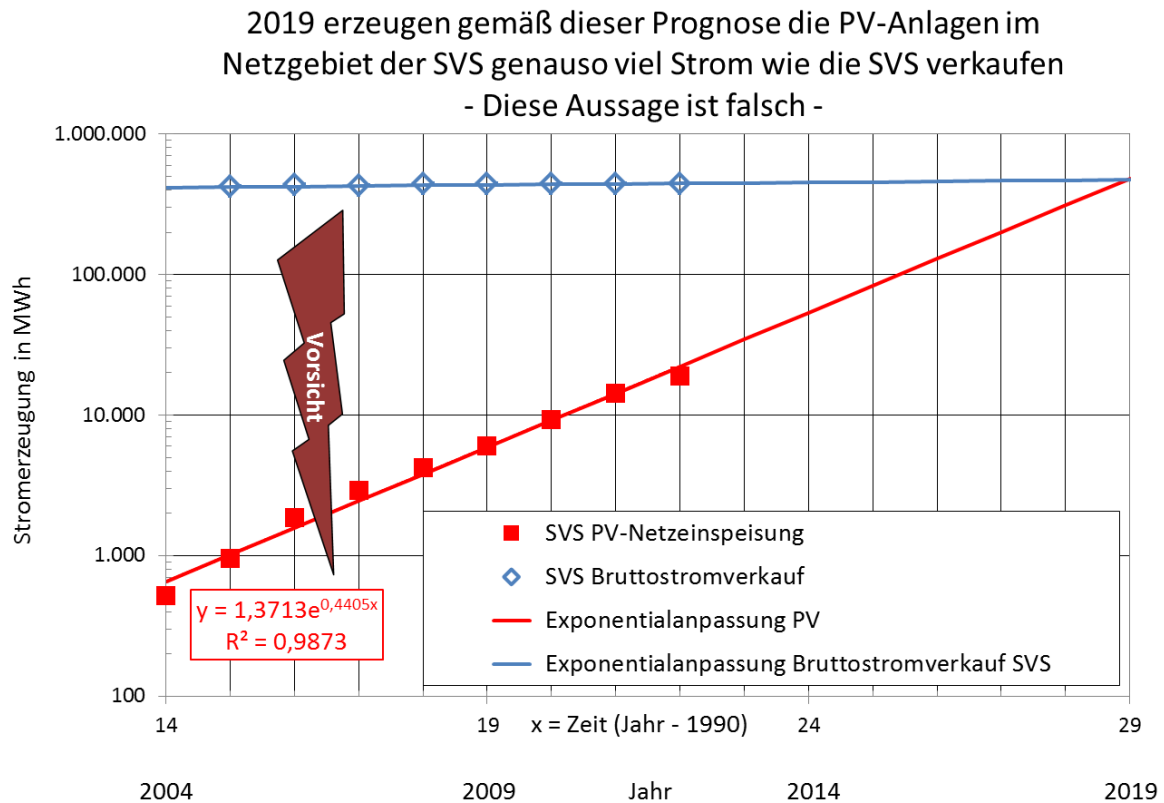


**Abbildung 38:** Vergleich der Stromerzeugung pro Einwohner durch PV-Anlagen in Deutschland (rot) und in Villingen-Schwenningen (blau) in den Jahren zwischen 1999 und 2020. In den Jahren 2002 bis 2004 war die PV-Stromerzeugungsquote pro Einwohner in Villingen-Schwenningen größer als in Deutschland, Detailerläuterungen dazu in der Grafik. Als Orientierungswert ist ein niedriger Stromverbrauch pro Einwohner in einem Haus in Villingen-Schwenningen dargestellt. Zu erkennen ist, dass die bundesdeutsche Stromerzeugungsquote allein der PV-Anlagen den Stromverbrauch des Hauses mit niedrigem Verbrauch decken kann.

Bis zum Jahr 2009 war die Pro Kopf Erzeugung von Strom aus PV-Anlagen in Villingen-Schwenningen und in Deutschland in etwa gleich groß. Erst ab 2010 gewann die bundesdeutsche PV-Pro Kopf Stromproduktion den Wettlauf gegen Villingen-Schwenningen bis zum Verhältnis von 52% (VS/D) im Jahr 2020.

Die Daten in Abbildung 38 sind auf der senkrechten Achse logarithmisch dargestellt. Wie in Abbildung 39 aufgezeigt, ergibt sich bei dieser Art der Darstellung eine Gerade, sollten die y-Werte einer Exponentialfunktion des x-Wertes folgen (rote Gerade). Dies hat bei der Interpretation der Daten Vorteile.

Es kann aber auch zu falschen Prognosen hinsichtlich zukünftiger Entwicklungen führen, falls grundlegende Voraussetzungen nicht erfüllt sind. Diese sind z.B. dass die Messwerte einem exponentiellen Verlauf über mehrere Dekaden folgen. Vergleicht man die gesamte verkaufte Strommenge der SVS mit der Stromproduktion von PV-Anlagen im Netz der SVS in den Jahren 2004 bis 2012 so fällt auf, dass beide im betrachteten Bereich durch eine Exponentialfunktion angepasst werden können.



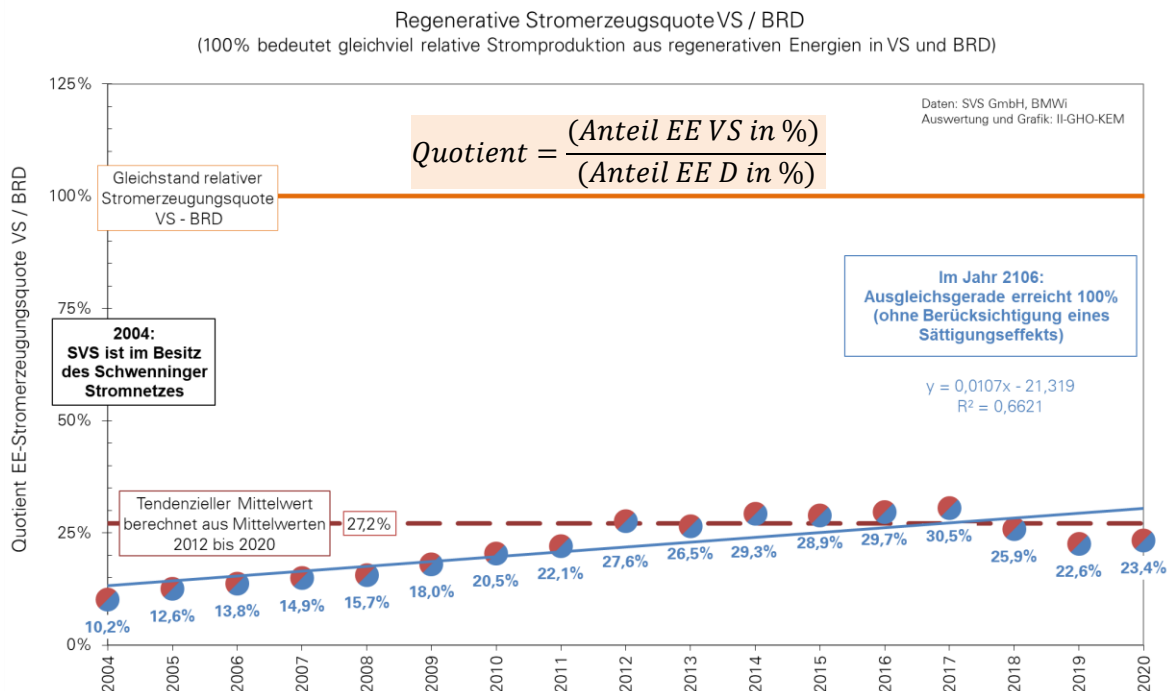
**Abbildung 39:** Bruttostromverkauf durch die SVS und Stromerzeugung von PV-Anlagen im Netzgebiet der SVS in den Jahren von 2004 bis 2019. In einfach logarithmischer Darstellung auf der senkrechten Achse ergibt sich eine Gerade. Die exponentiellen Anpassungen von sowohl Bruttostromverkauf (blau) und Stromerzeugung aus PV-Anlagen (rot) schneiden sich im Jahr 2019. Oder anders ausgedrückt – im Jahr 2019 wird von den PV-Anlagen im Netzgebiet der SVS mehr Strom erzeugt als die SVS verkaufen können. Dies ist natürlich vollkommener Blödsinn und zeigt die Gefahr von falschen Interpretationen solcher Art der Darstellung. Der Grund für diese Fehlinterpretation ist schnell gefunden. Die Stromerzeugung aus PV-Anlagen ins Netz der SVS folgt nur bis zum Jahr 2012 einer Exponentialfunktion und nähert sich dann einem fast konstanten Wert an, siehe Abbildung 37.

Führt man diese Gerade in die Zukunft fort, so erkennt man, dass sich die Geraden im Jahr 2019 kreuzen. Oder anders ausgedrückt, sagt Abbildung 39 aus, dass im Jahr 2019 von PV-Anlagen im Netz der SVS so viel Strom erzeugt wird, wie die SVS insgesamt verkaufen.

Dass dies nicht stimmen kann, zeigt unter anderem Abbildung 40. Es sind nur ca. 7% des Bruttostromverkaufs, die von PV-Anlagen in Villingen-Schwenningen 2020 ins Netz der SVS eingespeist wurden. Dies wird nur deshalb erwähnt, weil in einigen Teilen der Literatur so getan wird, als ob solche zeitlichen Entwicklungen bis in alle Zeiten einer Exponentialfunktion folgen. Außer Acht gelassen wird dabei der Sättigungseffekt, der bei der Stromproduktion aus PV-Anlagen sowohl in Deutschland als auch in Villingen-Schwenningen im Jahr 2013 einsetzt. Doch wie gelangt man aus diesem Sättigungseffekt heraus? Auf diese Frage wird im abschließenden Kapitel näher eingegangen.



## Kapitel 4 - Die Situation der Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in VS



**Abbildung 40:** Zeitliche Entwicklung der regenerativen Stromerzeugungsquote in Villingen-Schwenningen im Vergleich mit der regenerativen Stromerzeugungsquote in Deutschland zwischen 2004 bis 2020. Betrug die regenerative Stromerzeugungsquote in VS 2004 nur 10,2% derjenigen in Deutschland, so stieg dieses Verhältnis stetig an bis zu einem Wert von 30,6% im Jahr 2017. Die interessanten Fragen lauten: 'Kann die regenerative Stromerzeugungsquote in Villingen-Schwenningen diejenige in Deutschland erreichen und wann wird das geschehen?' Aus der linearen Anpassung könnte der Schluss gezogen werden, dass dies im Jahr 2106 der Fall sein wird. Die realen Gegebenheiten lassen allerdings eher den Schluss zu, dass dies niemals der Fall sein wird. Denn die beiden regenerativen Energieträger Wind- und Wasserkraft sind in unserer Stadt unbedeutend und auch bei Photovoltaik- und Biogasanlagen hinkt die Quote in VS zurzeit deutlich derjenigen in Deutschland hinterher.

Die zeitliche Entwicklung der Stromerzeugung aus regenerativen Energieträgern soll weiter hinterfragt werden. Werden sich zukünftig die Erzeugungsquoten regenerativer Energieträger an der Bruttostromerzeugung in Villingen-Schwenningen (2020: 10,6%) und Deutschland (2020: 45,4%) annähern? Auch hier darf die grafische Auswertung des Sachverhaltes nicht missinterpretiert werden. In Abbildung 40 ist der Quotient beider Erzeugungsquoten in den Jahren 2004 bis 2017 dargestellt. In der Darstellung wird auf Daten erst ab dem Jahr 2004 zurückgegriffen in dem sich das Schwenninger Stromnetz das erste Mal das gesamte Jahr über im Eigentum der SVS befand. Verfolgt man die zeitliche Entwicklung der Messergebnisse, so ist man versucht aufgrund einer Ausgleichsgerade anzunehmen, dass im Jahr 2106 dieser Gleichstand erreicht werden kann.

Doch verfolgt man die Entwicklung der einzelnen regenerativen Energieträger, vergleiche Abbildung 34, so wird deutlich, dass Wasser und Wind in Villingen-Schwenningen kaum Bedeutung haben, Strom aus Biogas, wenn überhaupt, nur noch wenig wächst und Photovoltaik nur sehr langsam wächst. Dies zeigt auch der Verlauf der Messergebnisse ab dem Jahr 2012. Dort ist kaum eine positive Entwicklung erkennbar. Im Gegenteil, ab dem Jahr sinkt die Quote wieder. Das bedeutet für die Zukunft, dass ohne deutlichen Ausbau von Biogas und PV in Villingen-Schwenningen der Wert bei einer regenerativen Stromerzeugungsquote von 10 bis 12% stagnieren wird.

In Deutschland jedoch ist jede Menge Potential vorhanden. Der Ausbau der Windkraft auf See hat noch gar nicht richtig angefangen und auch die Potentiale an Land sind noch lange nicht ausgeschöpft. Allerdings sind zurzeit die Rahmenbedingungen des EEG alles andere als optimal zu nennen ('atmender Deckel', 'Ausschreibungsmodelle für den Zubau vor allem bei der Windkraft', 'ein viel zu kompliziertes Verfahren beim Einsatz von PV-Mieterstrom durch Private', 'Dauer von Genehmigungsverfahren für Windkraftanlagen von über 7 Jahren' und so weiter. Doch diese Probleme existieren nicht nur in Villingen-Schwenningen. Auch in den meisten anderen Städten Deutschlands kann die Erhöhung der Erzeugungsquote von Strom aus erneuerbaren Energien nur über einen verstärkten Zubau im Bereich der Photovoltaik erfolgen.

Es bleibt noch eine weitere Frage zu beantworten. Wie könnte in Villingen-Schwenningen die regenerative Stromerzeugungsquote aus Biogas weiter erhöht werden? Hier gilt es, dieses Potential bei den heimischen Landwirten zu wecken und in neue Projekte umzusetzen. Einen Schritt in diese Richtung könnte die Stadt Villingen-Schwenningen hier im Rahmen eines Projektes des integrierten Stadtentwicklungskonzeptes tun. In der Zieldefinition von Projekt 15 'VS übernimmt Verantwortung' heißt es unter anderem, dass 'Energie nachhaltig und regional produziert' werden soll. Es ist eine typische Win-Win-Situation für die 'Energiewirte' als auch für die Stadt Villingen-Schwenningen.

Im Weiteren wird ausschließlich die Stromproduktion durch Photovoltaikanlagen betrachtet. Anreizsysteme wie Förderprogramme stehen hierbei nicht im Fokus, da sich Investitionen in Photovoltaikanlagen rechnen.

Es können sämtliche Hauseigentümer in Villingen-Schwenningen mit geeigneten Dächern PV-Anlagen bauen. Im kommunalen Solardach Potentialkataster kann jeder in Villingen-Schwenningen sein Dach auf die wirtschaftliche Möglichkeit der PV-Nutzung hin untersuchen. Dieses Solardach Potentialkataster ist zu finden unter:

<https://www.solare-stadt.de/villingen-schwenningen/Start>

### **Fazit für Villingen-Schwenningen**

Die relative Bruttostromerzeugung aus erneuerbaren Energien beträgt 2020 in Villingen-Schwenningen weniger als 25% des Wertes in Deutschland. Dieser Prozentwert wird sich zukünftig weiter verschlechtern, sollten in der Stadt keine weiteren Anstrengungen zum Ausbau der erneuerbaren Energien unternommen werden. Vor allen Dingen im Bereich PV-Anlagen ist ein Erweiterungspotential vorhanden, während Wind- und Wasserkraft in unserer Stadt und in gewissem Maße zukünftig wohl auch Biogas keine Rolle spielen werden. Im Bereich der PV-Anlagen wurde in den Jahren 2001 bis 2003 pro Kopf mehr PV-Strom in Villingen-Schwenningen erzeugt als in Deutschland. Dies hat sich in den darauffolgenden Jahren umgekehrt. Heute werden pro Kopf und Jahr in Villingen-Schwenningen ca. 315 kWh PV-Strom erzeugt, während es in Deutschland 608 kWh sind. Dies obwohl die natürlichen Gegebenheiten aufgrund der höheren Globalstrahlung südlich der Mainlinie weitaus besser sind als nördlich der Mainlinie. Ein gravierender Grund ist das fast vollständige Fehlen von Freiflächen PV-Anlagen auf der Gemarkung von Villingen-Schwenningen bis zum heutigen Tag.

Soll sich in der Stadt Villingen-Schwenningen die relative Bruttostromerzeugung derjenigen in Deutschland annähern, so sind Maßnahmen dringend erforderlich, die vor allen Dingen PV-Anlagen auf Freiflächen fördern. Fördern im Sinne von Schaffung eines günstigen Klimas für den Ausbau der Technik.



Eine an den Spitalhöfen in Pfaffenweiler geplante Freiflächen PV-Anlage der Größe  $7 \text{ MW}_{\text{peak}}$  erzeugt pro Jahr so viel Solarstrom wie 1.000 Aufdach PV-Anlagen mit einer mittleren Anlagenleistung in Höhe von  $7 \text{ kW}_{\text{peak}}$ .

Ebenso gilt es den Ausbau von PV-Anlagen auf großen Dachflächen zu unterstützen. Hier ist ein, wenn auch geringeres Erweiterungspotential als auf den Freiflächen vorhanden. Ein Blick in das städtische Solardach Potentialkataster mit Fokus auf Industrie- und Gewerbegebiete zeigt, wo hier Beratungspotential für die Stadt Villingen-Schwenningen besteht.

Das GHO schlägt vor, dass für den Ausbau der PV-Anlagen auf kommunalen Dächern pro Jahr 395.000 EURO für die kommenden Jahre zur Verfügung gestellt werden. Damit können pro Jahr 4 neue PV-Anlagen errichtet werden. Zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit dieser PV-Anlagen soll eine kommunale Einrichtung gegründet werden, die vorsteuerabzugsberechtigt ist oder aber die Schaffung einer Stelle in einer bestehenden Einrichtung, die bereits vorsteuerabzugsfähig ist. Zur Erinnerung – kostet eine PV-Anlage 100.000 EURO, so kann sich jeder Privatmann die Mehrwertsteuer in Höhe von 19.000 EURO vom Finanzamt erstatten lassen. Das GHO hat diese Möglichkeit nicht, da die Stadt Villingen-Schwenningen und damit ihre Ämter nicht vorsteuerabzugsberechtigt sind.

### **Zusammenfassung**

Ziel dieses Kapitels über die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien ist es, daran zu erinnern, dass bei ordentlicher Planung, effektiver Kontrolle und der Verwendung qualitativ hochwertiger Komponenten Photovoltaikanlagen in und um Villingen-Schwenningen eine wirtschaftliche Investition darstellen.

Die Erfahrungen im Umgang mit PV-Anlagen in den vergangenen 20 Jahren zeigen deutlich, dass dem Häuslebauer keine zusätzlichen Kosten aufgebürdet werden, sondern dass im Gegensatz dazu, der Häuslebauer durch den Bau einer PV-Anlage Kosten sparen kann.

Eine 'Zwangsnutzung von PV für den Hausbesitzer' kann in diesem Fall umbenannt werden in einen Zwangsverdienst oder eine unter Zwang durchgeführte Verdienstmöglichkeit.

Es sollen an dieser Stelle keine weiteren Appelle an die Notwendigkeit des Klimaschutzes und die Notwendigkeit der Energiewende aufgezählt werden. Diese können bei Interesse dem geneigten Leser gerne zur Verfügung gestellt werden. Der Zweck dieses Kapitels ist einzig und allein aufzuzeigen, dass regenerative Energien wirtschaftlich sind und es sich lohnt in sie zu investieren. Der klimaschützende Aspekt kommt dann von ganz allein.

Dazu muss der Ausbau von PV-Anlagen viel stärker als bislang von der Stadt Villingen-Schwenningen unterstützt werden. Unterstützung kann es geben nicht nur durch finanzielle Förderprogramme, sondern durch den gezielten Einsatz von:

- Werbung und kostenlose Beratung im Bereich von Industrie und Gewerbe um große Dachflächen für die PV-Nutzung zu generieren.
- Eine Pflicht zum Einsatz von PV-Anlagen im Neubaubereich. (Diese wird landesweit im Jahr 2022 kommen.)
- Kommunale Unterstützung bei der Bildung von weiteren Bürger-Energiegenossenschaften.
- Intensive Nutzung der vorhandenen Vorranggebiete für Freiflächen PV-Anlagen auf landwirtschaftlich benachteiligten Flächen. Hier liegt das größte Potential für die PV-

Nutzung in unserer Stadt. Wird nur die Hälfte des Freiflächenpotentials bebaut, so erreicht die PV-Stromproduktion in VS den Bruttostromverkauf der SVS im Jahr 2020.

- Aktive Bewerbung des neuen PV-Dachkatasters:  
<https://www.solare-stadt.de/villingen-schwenningen/Start>
- PV-Anlagen auf kommunalen Gebäuden, auf denen noch keine PV-Anlagen installiert sind. Das Ausbaupotential auf den 66 größten Liegenschaften beträgt hier ca. 3 MW<sub>peak</sub>. und damit weniger als 1% dessen, was für die 100 prozentige Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien benötigt wird.

### Ausblick

Die im Vergleich mit Deutschland unterdurchschnittliche Stromproduktion aus erneuerbaren Energien in unserer Stadt kann nur mit Hilfe einer zielgerichteten Strategie erhöht werden. Dabei ergeben sich zentrale Fragen, was zu tun ist. In den vorherigen Kapiteln wurde dargelegt, dass ein Ausbau von Wind- und Wasserkraftanlagen auf der Gemarkungsfläche Villingen-Schwenningens nicht zum Ziel führt, da die nötigen Voraussetzungen wie Windhäufigkeit und geeignete Gewässer fehlen. Ebenso wenig kann der Ausbau der Stromproduktion aus Biogasanlagen die große Lücke zum Bundesdurchschnitt auch nur annähernd schließen. Einzig die Stromproduktion aus PV-Anlagen kann die unterdurchschnittliche Stromproduktion aus erneuerbaren Energien erfolgreich erhöhen.

Aber, wie stark soll die Stromproduktion aus PV-Anlagen in unserer Stadt ausgebaut werden?

Soll die Stromproduktion mit Hilfe von PV-Anlagen:

1. Sich weiterentwickeln wie in den vergangenen 20 Jahren seit Bestehen des EEG ('Business as usual')?

Das Ergebnis wäre ein Wachstum von ca. 1,4 MW<sub>peak</sub> an Zubau pro Jahr. Das Ziel einer 100% Versorgung aus PV-Anlagen würde so rein rechnerisch in 257 Jahren erreicht sein – also im Jahr 2278.

2. Auf das Niveau der bundesdeutschen Stromproduktion aus PV-Anlagen erhöht werden?

Dieser Ausbau der PV-Anlagen wäre mittelfristig an das Ziel 30% an der gesamten Strom Produktion gekoppelt. Mit den Stromverkaufszahlen der SVS im Jahr 2020 bedeutet dies, dass 30% von 410 GWh, also 123 GWh, mit Hilfe von Solarstrom auf der Gemarkung Villingen-Schwenningens zu erzeugen wären. Dies käme einem mittelfristigen Zubau von insgesamt 96 MW<sub>peak</sub> in naher Zukunft gleich. Nehmen wir als mittelfristig an, dass der Zubau bis zum ersten Etappenziel des Wärmeplans im Jahr 2030 erreicht sein soll, so müssten in den nächsten 9 Jahren knapp 11 MW<sub>peak</sub> jährlich neu errichtet werden. Dies entspricht einer Verachtfachung des Zubaus 'Business as usual' und ist ohne den Zubau von Freiflächen-PV-Anlagen nicht zu schaffen.

3. Die im Vergleich zur bundesdeutschen Stromproduktion aus erneuerbaren Energien niedrigen Erzeugungsquoten von Wind-, Wasser- und Biogasanlagen mittelfristig ausgleichen?

Mit Stand 2020 ergibt sich hier ein Zubau an PV-Anlagen in der Größenordnung von

35% am Gesamtstromverkauf der SVS, dies wären 144 GWh an Solarstrom. Was einem Zubau von 117 MW<sub>peak</sub> an PV-Anlagen bis 2030 entsprechen würde. Dies entspricht einem Zubau in Höhe von 16 MW<sub>peak</sub> jährlich in den nächsten 9 Jahren, was einer effachen Zubau Leistung im Vergleich mit 'Business as usual' entspricht.

#### 4. Langfristig die gesamte Bruttostromproduktion der SVS erzielen?

Mit dem Stand 2020 ergibt sich hier ein Zubau an PV-Anlagen in der Größenordnung 360 MW<sub>peak</sub>. Verteilt auf 9 Jahre bis 2030 müssten hier jährlich 40 MW<sub>peak</sub> an PV-Leistung errichtet werden, was dem knapp 29-fachen des Ausbaus im Szenario 'Business as usual' entspricht.

Die drei letztgenannten Ausbauziele sind durchaus erreichbar, wie die folgenden Überlegungen zeigen. Hierbei kann in Villingen-Schwenningen sowohl auf den PV-Anlagenausbau im Bereich der Aufdachinstallation als auch auf den Zubau von PV-Anlagen auf landwirtschaftlich benachteiligten Flächen gesetzt werden. Wobei der Ausbau der Freiflächen PV-Anlagen das weitaus größere Potential besitzt.

Insgesamt stehen 836 Hektar landwirtschaftlich benachteiligter Flächen in unserer Stadt zur Verfügung, dies sind 5% der Gemarkungsfläche von Villingen-Schwenningen. In einem ersten Schritt betrachtet man den Ausbau von Freiflächen PV-Anlagen nur für die Flächen größer 5 Hektar. Dies sind 350 Hektar, somit ca. 42% der geeigneten Flächen. Geht man von einer Flächenbelegung von 750 kW<sub>peak</sub> pro Hektar aus, so wären auf diesen 350 Hektar zusätzliche PV-FF-Anlagen mit einer Leistung von 263 MW<sub>peak</sub> denkbar. Dies ergibt eine zusätzliche Stromproduktion in Höhe von 263 GWh pro Jahr. Insgesamt würden dadurch fast 310 GWh an Strom aus erneuerbaren Energieträgern in Villingen-Schwenningen erzeugt. Dies entspricht knapp 76% des Stromverkaufs der SVS im Jahr 2020. Werden auch die Flächen kleiner als 5 Hektar in die Stromproduktion mit Hilfe von Freiflächen PV-Anlagen in Betracht gezogen, so ist rein rechnerisch der gesamte Stromverkauf der SVS im Jahr 2020 mit dem Zubau von 360 MW<sub>peak</sub> auf insgesamt 480 Hektar Freiflächen möglich.

Abbildung 1: Verlauf der Jahresgradtagszahlen in Villingen-Schwenningen. ....	2
Abbildung 2: Ablaufschemata des Energieberichts der Stadt Villingen-Schwenningen .....	3
Abbildung 3: Gesamtenergieverbrauch der betrachteten Gebäude zwischen 2008 und 2020. ....	4
Abbildung 4: Jahresenergiekosten der betrachteten Gebäude zwischen 2008 und 2020. ....	5
Abbildung 5: Energiepreisentwicklung in Deutschland zwischen 2006 und Juni 2021. ....	6
Abbildung 6: Spezifischer Wärme- und spezifischer Stromverbrauch zwischen 2008 und 2020. ....	6
Abbildung 7: Spezifische Kosten für Wärme und Strom zwischen 2008 und 2020. ....	7
Abbildung 8: CO <sub>2</sub> -Emissionen Gebäude für Wärme und Strom zwischen 2008 und 2020. ....	8
Abbildung 9: Bruttogrundflächen der verschiedenen Nutzergruppen im Jahr 2008. ....	9
Abbildung 10: Absoluter Wärmeverbrauch verschiedener Nutzergruppen .....	10
Abbildung 11: Witterungsbereinigter Wärmeverbrauch verschiedener Nutzergruppen .....	11
Abbildung 12: Ampelbewertung des Benchmarking verschiedener Nutzergruppen im Vergleich .....	11
Abbildung 13: Spezifischer Wärmeverbrauch untersuchter Nutzergruppen im Vergleich. ....	12
Abbildung 14: Kosten für Wärmeenergie der Nutzergruppen mit Entwicklungstendenzen. ....	12
Abbildung 15: Spezifische Wärmekosten pro m <sup>2</sup> BGF verschiedener Nutzergruppen. ....	13
Abbildung 16: Spezifische Wärmekosten in Cent pro kWh. ....	14
Abbildung 17: Energiepreisentwicklung August 2020 bis September 2021 .....	14
Abbildung 18: Absoluter Stromverbrauch verschiedener Nutzergruppen. ....	15
Abbildung 19: Spezifischer Stromverbrauch verschiedener Nutzergruppen im Vergleich. ....	16
Abbildung 20: Stromkosten verschiedener Nutzergruppen. ....	16
Abbildung 21: Spezifische Stromkosten verschiedener Nutzergruppen in €/m <sup>2</sup> a. ....	17
Abbildung 22: Spezifische Stromkosten verschiedener Nutzergruppen in Cent/kWh .....	17
Abbildung 23: CO <sub>2</sub> -Emissionen verursacht vom Wärmeverbrauch verschiedener Nutzergruppen .....	18
Abbildung 24: CO <sub>2</sub> -Emissionen verursacht vom Stromverbrauch verschiedener Nutzergruppen .....	19
Abbildung 25: Übersicht Strom-, Wärmeverbrauchsdaten und CO <sub>2</sub> Emissionen der Nutzergruppen .	20
Abbildung 26: Die drei Stufen der Darstellung von Kapitel 4. ....	24
Abbildung 27: Zeitliche Entwicklung an der Bruttostromerzeugung in Deutschland .....	25
Abbildung 28: Zeitliche Entwicklung des Stromaustauschsaldos Deutschlands. ....	26
Abbildung 29: Relativer Anteil regenerativer Energien an der Bruttostromerzeugung in D .....	27
Abbildung 30: Pro Kopf Erzeugung von Strom aus regenerativen Energieträgern in D .....	27
Abbildung 31: Anteile regenerativer Energien an der Bruttostromproduktion in D. ....	28
Abbildung 32: Vergleich der Bruttostromerzeugung aus regenerativen Energieträgern. ....	29
Abbildung 33: Anteil einheimischer regenerativer Energien an Stromlieferung der SVS .....	30
Abbildung 34: Vergleich der Pro Kopf Stromerzeugung reg. Energietr. in VS (blau) und D (rot) .....	31
Abbildung 35: Vergleich der Stromerzeugung pro Einwohner in D und VS .....	32
Abbildung 36: Zeitlicher Verlauf einzelner regenerativer Energieträger . ....	33
Abbildung 37: Stromerzeugung von PV-Anlagen in D und VS. ....	34
Abbildung 38: Stromerzeugung pro EW von PV-Anlagen in D (rot) und VS (blau) . ....	35
Abbildung 39: SVS Bruttostromverkauf (PV-Anlagen) im Netzgebiet der SVS. ....	36
Abbildung 40: Zeitliche Entwicklung der regenerativen Stromerzeugungsquote in VS. ....	37