

# Ergebnis-Präsentation

Kosten der Klimaneutralität in Villingen-Schwenningen

Aachen/Villingen-Schwenningen | 16.03.2022



## AUSGANGSSITUATION UND ZIELSETZUNG

**Das Stadtgebiet Villingen-Schwenningen wird hinsichtlich der erzeugten und verbrauchten Strom- und Wärmemengen untersucht, um Maßnahmen zur Erreichung von Klimaneutralität zu erarbeiten und mit einem "Preisschild" zu versehen**



## VORGEHENSWEISE

**In Modul 1 gelingt die grobe Schätzung der Investitionen für Klimaneutralität in den Sektoren Strom und Wärme, die in Modul 2 im Detaillierungsgrad erhöht werden kann**





**Der Stromgesamtbedarf der Stadt Villingen-Schwenningen lag im Jahr 2019 bei ca. 409 GWh, was einen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 130.640 t verursachte**



**Erfassung Ist-Situation: Strommengen**

Netzmengen 2019				
Thema	Einheit	Menge	Emissionsfaktor gCO <sub>2</sub> /kWh	CO <sub>2</sub> e [t]
Netzmengen	kWh	408.705.000		
Grüne Erzeugung 2019				
Photovoltaik	kWh	20.867.000	40	835
Windkraftanlagen	kWh	1.027.000	10	10
Wasserkraft	kWh	323.000	3	1
Biomasse	kWh	15.327.000	97	1.487
KWK	kWh	6.652.000	0 <sup>1</sup>	0
Saldo 2019: Strommengen Mix und EE				
Strom	kWh	364.509.000	352	128.307
EE-Strom	kWh	44.196.000		2.333
<b>Summe</b>				<b>130.640</b>

**ERLÄUTERUNG**

- › Grundlage sind die gemeldeten Strommengen des Jahres 2019 aus dem Stadtgebiet Villingen-Schwenningen (VS), um die durch Corona-Sondereffekte beeinflussten Jahre 2020 und 2021 zu vermeiden. Jahreseffekte wurden vernachlässigt, da der Durchschnitt der Jahre 2018, 2019 und 2020 den Werten aus 2019 nahe kommt.
- › Im Jahr 2019 wurden im Stadtgebiet VS rund **409 GWh** Strom durch das örtliche Netz geleitet. Diese Menge entspricht dem **Stromgesamtbedarf** des Jahres 2019.
- › Im Stadtgebiet VS wurden 2019 in Summe ca. 44 GWh Strom aus erneuerbaren Quellen, wie Photovoltaik oder Biomasse, produziert.
- › Die überschlägige Berechnung der CO<sub>2</sub>-Emissionen ergibt **130.640 t CO<sub>2</sub>** in 2019. Hier liegen die Emissionsfaktoren des deutschen Strommixes 2019 sowie die Emissionsfaktoren je erneuerbare Erzeugungstechnologie gemäß den Daten der SVS zu Grunde.
- › Es wird außerdem angenommen, dass jener Anteil aus KWK erzeugtem Strom klimaneutral ist, der mit Erdgas erzeugt wurde, da jene Emissionen gänzlich dem Wärmesektor zugeschlagen werden (Brennstoff Erdgas).

<sup>1</sup> Die Treibhausgasemissionen aus KWK werden vollständig dem Wärmesektor zugeordnet

**Der Wärmegesamtbedarf der Stadt Villingen-Schwenningen lag im Jahr 2019 bei 1.085 GWh, was einen CO<sub>2</sub>-Ausstoß von 251.791 t verursachte**



**Erfassung Ist-Situation: Wärmemengen**

Netzmengen 2019				
Thema	Einheit	Menge	Emissionsfaktor gCO <sub>2</sub> /kWh	CO <sub>2</sub> e [t]
Erdgas	kWh	741.845.000		
Wärmemengen 2019				
Erdgas	kWh	715.330.093	247	176.687
Öl	kWh	225.103.992	318	71.583
Pellets/Holz	kWh	99.918.259	22	2.198
Nahwärme	kWh	31.450.000	42	1.323
Stromheizungen	kWh	6.137.950	0	0
Wärmepumpen	kWh	7.609.000	0	0
<b>Summe</b>		<b>1.085.549.294</b>		<b>251.791</b>

**ERLÄUTERUNG**

- › Im Jahr 2019 wurden im Stadtgebiet Villingen-Schwenningen **742 GWh Erdgas** durch das örtliche Netz geleitet.
- › Die Brennstoffmenge wird über den **Wirkungsgrad** (Annahme hier: 96 %) in eine korrespondierende Wärmemenge überführt.
- › Auf Basis der **Schornsteinfeger-Daten** aus der kommunalen Wärmeplanung wird eine Annäherung an die aus Öl- und Pellet-/Holz-Heizungen erzeugten Wärmemengen unter Berücksichtigung der jeweiligen Wirkungsgrade vorgenommen. Die Wärmemengen aus Stromheizungen und Nahwärme sind aus den Netzmengen entnommen.
- › Die Annäherung des Wärmegesamtbedarfs wurde mit den Stadtwerken VS diskutiert und liegt nahe der Schätzung der kommunalen Wärmeplanung.
- › Der **Wärmebedarf** der Stadt belief sich im Jahr 2019 auf ca. **1.085 GWh**.
- › Dabei wurden rund **251.791 t CO<sub>2</sub>** emittiert.

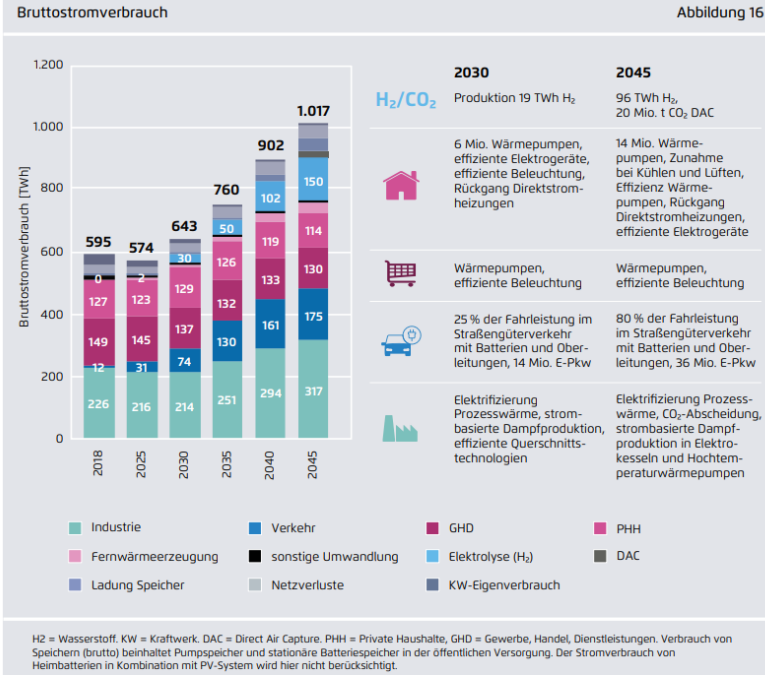
# ENTWICKLUNG DER STROM- UND WÄRMEMENGEN BIS 2030



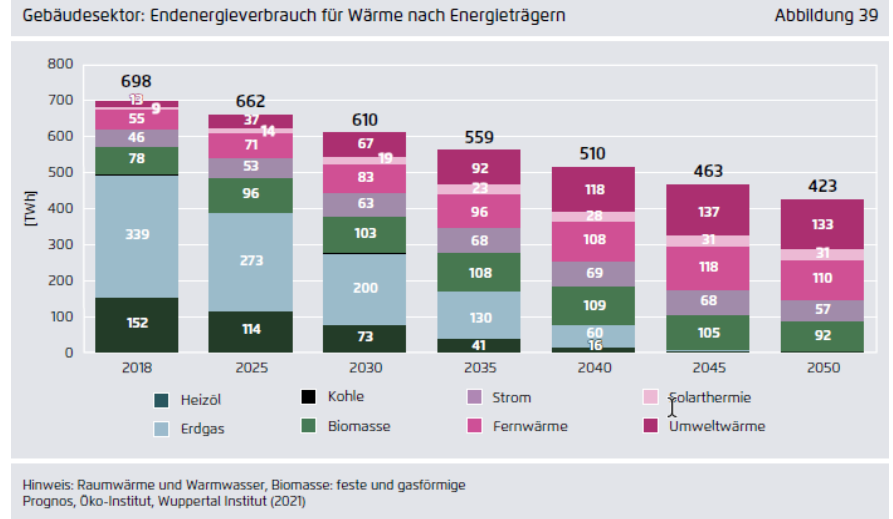
**Der deutsche Stromgesamtbedarf steigt von 2019 bis zur Klimaneutralität um 71 % an, wohingegen der Wärmegesamtbedarf im gleichen Zeitraum um 34 % sinkt**



## Prognose Strommengen\*



## Prognose Wärmemengen\*\*



**+71%**

Der Strombedarf wird bis zum klimaneutralen Jahr um 71% steigen. Treiber dafür sind insbesondere der Hochlauf der Elektromobilität und der vermehrte Einsatz von Wärmepumpen.

**-34%**

Der Wärmebedarf wird bis zum klimaneutralen Jahr um 34 % sinken. Treiber dafür sind verbesserte Dämmung, Energieeffizienz und Sektorenkopplung.

\* Quelle: BDEW und Bundesregierung; Klimaschutzgesetz 2021

\*\* Quelle: Agora Energiewende, Klimaneutrales Deutschland 2045, Wie Deutschland seine Klimaziele schon vor 2050 erreichen kann (2021)

Unter Anwendung dieser Entwicklung ergibt sich im klimaneutralen Jahr ein zu "begrünender" Strombedarf von 658 GWh und ein Wärmebedarf von 460 GWh in VS



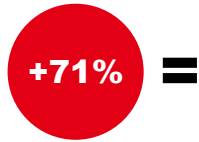
Prognose Strommengen\*



Prognose Wärmemengen\*\*

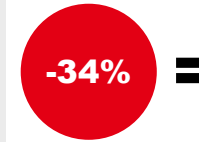
Die deutschlandweit prognostizierte Entwicklung der Strom- und Wärmemengen wird auf die Stadt VS angewandt

Strombedarf 2019  
409 GWh



Strombedarf klimaneutral  
699 GWh

Wärmebedarf 2019  
1.085 GWh



Wärmebedarf klimaneutral  
714 GWh

- Fortgeschriebene grüne Erzeugung

- Fortgeschriebene grüne Erzeugung

- Fortgeschriebene Menge Prozessgas<sup>1</sup>

= Nicht aus "grünen" Quellen stammender Strombedarf im klimaneutralen Zieljahr  
658 GWh

= Nicht aus "grünen" Quellen stammender Wärmebedarf im klimaneutralen Zieljahr  
460 GWh

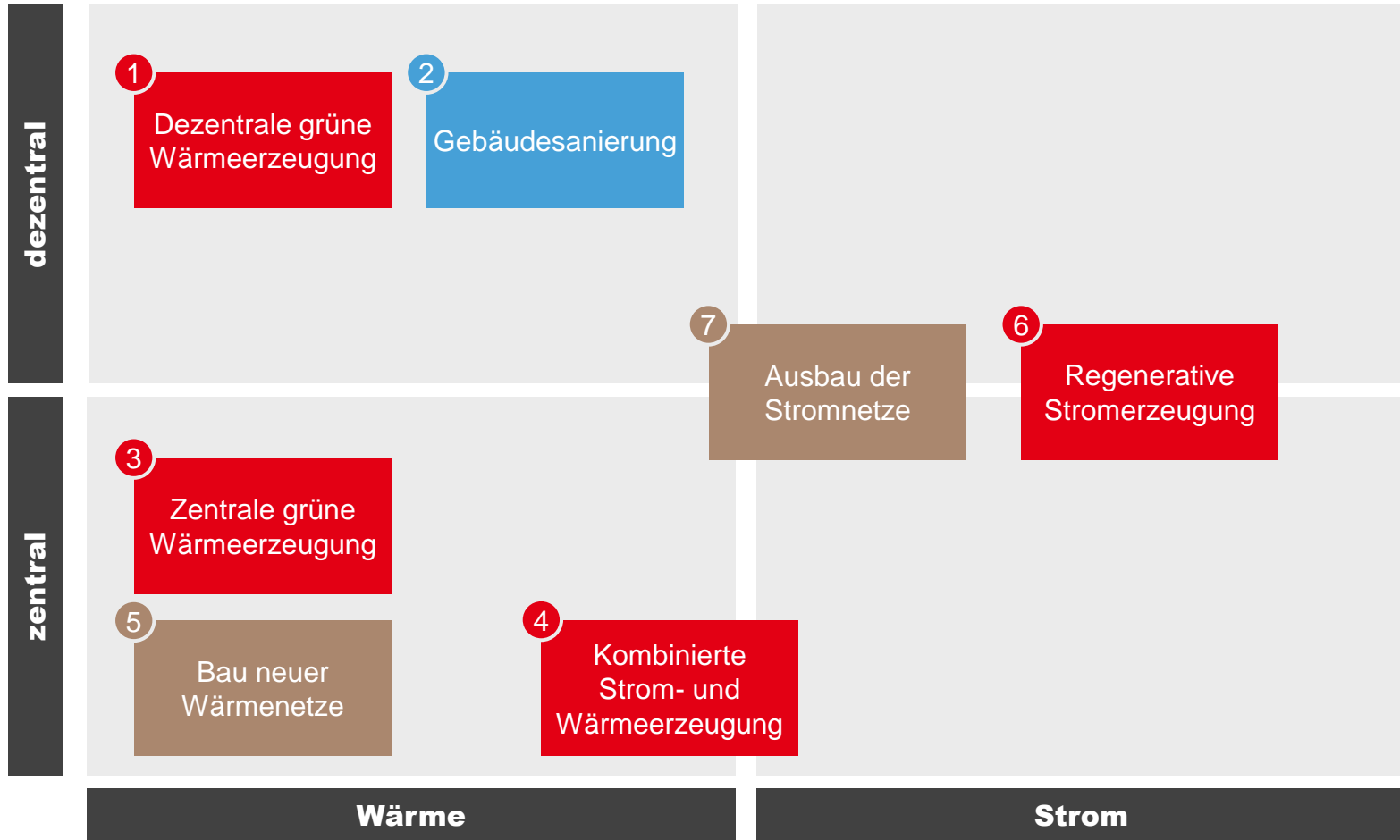
Strombedarf im klimaneutralen Jahr, der aus dem Zubau erneuerbarer Stromerzeuger gedeckt werden muss

Wärmebedarf im klimaneutralen Jahr, der aus dem Zubau erneuerbarer Wärmeerzeuger gedeckt werden muss

<sup>1</sup> Da Prozessgas nicht für Raumwärme eingesetzt wird, bleibt dieses hier außerhalb der Betrachtung. Eine Abschätzung der entsprechenden Menge wurde in Abstimmung mit SVS vorgenommen.



Übersicht: Bei der Abschätzung der Investitionskosten werden Erzeugungs-, Verteilungs- und Sanierungskosten überschlägig berücksichtigt



■ Erzeugung    ■ Verteilung    ■ Sanierung

**Zur Deckung des Wärmebedarfs aus regenerativen Quellen kommen in der dezentralen Anwendung Wärmepumpen, Solarthermie und Pellet-Kessel zum Einsatz (1/2)**



**Maßnahmen grüne Wärme (dezentral)**

**Anzahl**



**Wärmepumpe Luft**

In VS befinden sich viele Einfamilienhäuser, die aktuell mit Öl oder Gas beheizt werden. Luft-Wärmepumpen werden zum Ersatz am wenigsten verbaut werden, da das Temperaturniveau im Winter lange zu niedrig ist. Eine energetische Sanierung ist notwendig, da die Heizsysteme auf Niedertemperatur ausgelegt sind. Im Modell sind 500 Luft-WP angesetzt.

**500**



**Wärmepumpe Erdsonde**

Erdsonde-Wärmepumpen sind auf Grund der Bohrung teurer als die anderen Arten Wärmepumpen. Eine energetische Sanierung ist notwendig, da die Heizsysteme auf Niedertemperatur ausgelegt sind. Im Modell wird angenommen, dass 4.000 Wärmepumpen mit Erdsonde realisiert werden.

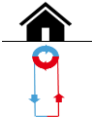
**4.000**



**Wärmepumpe Erdkollektoren**

Die Erdkollektoren-Wärmepumpen liegen preislich zwischen den Erdsonde- und Luft-Wärmepumpen. Eine energetische Sanierung ist notwendig, da die Heizsysteme auf Niedertemperatur ausgelegt sind. Im Modell werden 4.000 Anlagen in Ein- und Mehrfamilienhäusern verbaut.

**4.000**



**Solarthermie**

Die Solarthermie, in Flach- oder Vakuumröhrenkollektoren, kann einen Beitrag zum Warmwasser- und Heizsystem von Ein- und Mehrfamilienhäusern leisten. Zugunsten der Photovoltaik wird im Konzept angelegt, dass Solarthermie auf "nur" 1.100 Dächern verbaut wird, um das lokale Heizsystem zu unterstützen.

**1.100**



**Pellet Kessel**

Pellet-Heizkessel eignen sich bei großem Wärmebedarf und besonders in Miets- und Mehrfamilienhäusern. Das öl-/gasbasierte Heizsystem muss nicht grundlegend umgebaut werden. Im Modell wird der Zubau von Pellet-Heizungen als klimaneutral gewertet. In zwei Größenklassen (20 und 50 kW) werden insgesamt 100 Pellet-Heizkessel in VS verbaut.

**100**

Quelle: Foto: Tim Rockmann; Meteo-Icon: iStock.com/energieausweis/1088853  
Quelle: eigene Darstellung  
Quelle: eigene Darstellung  
Quelle: Foto: Markel - Eigenes Werk; CC BY-SA 4.0; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Holzpellets.jpg  
Quelle: Foto: Anzsa - Eigenes Werk; CC BY-SA 4.0; https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Holzpellets.jpg

**Zur Deckung des Wärmebedarfs aus regenerativen Quellen kommen in der dezentralen Anwendung Wärmepumpen, Solarthermie und Pellet-Kessel zum Einsatz (2/2)**



**Maßnahmen grüne Wärme (dezentral)**

Grüne Wärmeerzeuger	Anzahl [#]	Größe Referenz-anlage [kW]	Vollbenutzungsstunden [h]	Wärmeerzeugung je Anlage [kWh/a]	Wärmeerzeugung pro Jahr [kWh/a]	Spezifische Investitionskosten [€/kW]	Kosten Referenz-anlage [€]	Gesamtkosten [€]	Wer zahlt?
Wärmepumpe EFH Luft	500	11	1.900	20.900	10.450.000	1.300	14.300	7.150.000	Bürger
Wärmepumpe EFH Erdsonde	4.000	11	1.900	20.900	83.600.000	1.800	19.800	79.200.000	Bürger
Wärmepumpe EFH Erdkollektoren	4.000	11	1.900	20.900	83.600.000	1.500	16.500	66.000.000	Bürger
Solarthermie Flachkollektoren	500	6	1.000	6.000	3.000.000	900	5.400	2.700.000	Bürger
Solarthermie Vakuum-Röhrenkollektoren	600	6	1.000	6.000	3.600.000	1.100	6.600	3.960.000	Bürger
Pellets Kessel 20 kW	50	20	1.900	38.000	1.900.000	2.000	40.000	2.000.000	Bürger
Pellets Kessel 50 kW	50	50	1.900	95.000	4.750.000	1.500	75.000	3.750.000	Bürger/Stadtwerke

**191 GWh**

**165 Mio. € Investition**

**ERLÄUTERUNG**

- Insgesamt werden in VS 8.500 Einfamilienhäuser auf Wärmepumpen umgerüstet. Alleine dafür fallen ca. 152 Mio. € Investitionskosten an (ohne Sanierungskosten).
- Solarthermieanlagen als Aufdachanlagen machen nur einen kleinen Anteil am Wärmeportfolio aus.
- Die insgesamt 100 Pellet-Kessel kosten zusammen knapp 6 Mio. € und produzieren jährlich 6,6 GWh Wärme.
- Die neu installierten dezentralen grünen Wärmeerzeugungsanlagen decken ca. **42 Prozent** des "zu begründenden" Wärmebedarfs in VS ab.

**Bei der Berücksichtigung von dezentralen Wärmepumpen in Ein- und Mehrfamilienhäusern sind die Kosten einer Sanierung zu berücksichtigen**



**Maßnahmen grüne Wärme (dezentral) - Sanierung**

	Anzahl [#]					Spezifische Kosten [€/Sanierung]	Gesamtkosten [€]	Wer zahlt?
Energetische Sanierung	8.500					60.000	510.000.000	Bürger

**510 Mio. € Investition**

**ERLÄUTERUNG**

- Da Wärmepumpen Niedertemperatur-Heizungen sind, sind die Heizungssysteme von Erdgas-, Holz- bzw. Ölheizungen umzurüsten. Hinzu kommen Kosten für Dämmungen, Sanierungen und Umbau, die für ein funktionales Niedertemperatur-Heizsystem notwendig sind.
- Zur Sanierung eines 70er Jahre Einfamilienhauses werden 60.000 €<sup>1</sup> angesetzt. Bei 8.500 angestrebten Wärmepumpen erzeugt das zusätzlich zu den Anschaffungskosten und der Installation der Wärmepumpen 510 Mio. € Aufwand.





<sup>1</sup> Netto-Preise ohne Abzug von Fördergeldern.

**Zur Deckung des Wärmebedarfs aus regenerativen Quellen kommen in der zentralen Anwendung Flächen-Solarthermie, E-Kessel und Großwärmepumpen zum Einsatz (1/2)**



**Maßnahmen grüne Wärme (zentral)**

**Anzahl**

<p><b>Solarthermie Feld</b></p> 	<p>Freiflächen-Solarthermie-Anlagen stellen Wärme bei einem hohen Flächenbedarf mit geringen CO<sub>2</sub>-Emissionen zur Verfügung und stehen dabei im Flächenkonflikt mit PV-Freiflächenanlagen und Windkraftanlagen. Im vorliegenden Modell werden zwei Anlagen mit 10 MW vorgesehen.</p>	<p><b>2</b></p>
<p><b>Elektro-Kessel</b></p> 	<p>Elektro-Heizkessel (Power-to-heat) Anlagen sind vergleichsweise günstig in der Anschaffung und klimaneutral, wenn sie mit Ökostrom betrieben werden. Zehn Anlagen mit je 1 MW sind im Modell vorgesehen i. W., um die Lastspitzen an kalten, schattigen Wintertagen zu kompensieren.</p>	<p><b>10</b></p>
<p><b>Geothermie</b></p> 	<p>Die Potential-Analyse für Geothermie in VS steht noch aus. Dennoch befindet sich aktuell eine Geothermie-(WP)-Anlage zur kalten Nahwärmenutzung im "Oberen Brühl" in der Planung. Durch die notwendige Tiefenbohrung (&gt;100 m) fallen hier vergleichsweise hohe Investitionskosten an. Im vorliegenden Modell wird mit drei Anlagen à 600 kW gerechnet.</p>	<p><b>3</b></p>
<p><b>Groß-Wärmepumpe</b></p> 	<p>Großwärmepumpen nutzen beispielsweise die Temperatur-Differenzen an Flussgewässern oder Kläranlagen. In Villingen-Schwenningen sind fünf Anlagen mit je 1 MW Leistung in der Modellrechnung vorgesehen.</p>	<p><b>5</b></p>

**Zur Deckung des Wärmebedarfs aus regenerativen Quellen kommen in der zentralen Anwendung Flächen-Solarthermie, E-Kessel und Großwärmepumpen zum Einsatz (2/2)**



**Maßnahmen grüne Wärme (zentral)**

Grüne Wärmeerzeuger	Anzahl [#]	Größe Referenzanlage [kW]	Vollbenutzungsstunden [h]	Wärmeerzeugung je Anlage [kWh/a]	Wärmeerzeugung pro Jahr [kWh/a]	Spezifische Investitionskosten [€/kW]	Kosten Referenzanlage [€]	Gesamtkosten [€]	Wer zahlt?
Freiflächen-Solarthermie	2	10.000	1.000	10.000.000	20.000.000	400	4.000.000	8.000.000	Stadtwerk/Investoren
Elektro-Kessel (PtH)	10	1.000	500	500.000	5.000.000	80	80.000	800.000	Stadtwerk/Investoren
Geothermie-Anlage	3	600	5.000	3.000.000	9.000.000	2.000	1.200.000	3.600.000	Stadtwerk/Investoren
Groß-Wärmepumpe (z. B. Abwasser, Oberflächengewässer)	5	1.000	3.500	3.500.000	17.500.000	900	900.000	4.500.000	Stadtwerk/Investoren

**52 GWh**

**17 Mio. € Investition**

**ERLÄUTERUNG**

- Die beiden geplanten Freiflächen-Solarthermieanlagen erzeugen zusammen 20 GWh Wärme pro Jahr bei Investitionskosten von 8 Mio. €.
- Die Elektro-Kessel sind in der Anschaffung vergleichsweise günstig (80 €/kW). Es werden aber lediglich 500 Vollbenutzungsstunden pro Jahr angenommen, da die E-Kessel hauptsächlich die Erzeugungskapazitäten aus Wärmepumpen (an besonders kalten Tagen) und Sonne abpuffern sollen.
- Das Potenzial von Geothermie-Anlagen in VS ist noch final zu bewerten.
- Die fünf Groß-WP erzeugen 17,5 GWh Wärme pro Jahr und schlagen mit 4,5 Mio. € Investitionskosten zu Buche.

**In der kombinierten regenerativen Erzeugung werden BHKW mit Befeuerung aus Wasserstoff, Holzhackschnitzel und Biogas angesetzt (1/2)**



**Maßnahmen grüne kombinierte Erzeugung (zentral)**

**Anzahl**



BHKWs mit dem Brennstoff Holzackschnitzel können in dicht besiedelten Teilen von VS in Nahwärmenetzen realisiert werden. Da der Brennstoff Holzackschnitzel durch die umliegenden Waldflächen vorteilhaft und regional zu beschaffen ist, werden im Modell vier solcher 2 MW<sub>el</sub> und zwei 0,5 MW<sub>el</sub> Anlagen umgesetzt.

**6**



Biogas-BHKW sind am leichtesten umzusetzen, da herkömmliche Erdgas-BHKW-Technologie verwendet werden können. Im Modell werden vier 2 MW<sub>el</sub>, drei 500 kW<sub>el</sub> und zehn 100 kW<sub>el</sub> Biogas-BHKW realisiert. Die kombinierte Erzeugung versorgt angeschlossene Quartiere/Wohnsiedlungen mit Strom und Wärme.

**17**



Bis zum klimaneutralen Jahr sollen jeweils zwei Pilotanlagen eines Wasserstoff-BHKWs realisiert werden in den Leistungsklassen 2 MW<sub>el</sub> und 360 kW<sub>el</sub>. Wasserstoff-BHKWs sind teuer als herkömmliche Erdgas-BHKWs, aber werden als Baustein im Modell mit vorgesehen.

**4**

Quelle Foto: John Knaender; <https://unsplash.com/de/fotos/ein-e-holzstämme-in-nahaufnahmen-6H87M7YA>

Quelle Foto: Ali Shajaei; <https://unsplash.com/de/fotos/ein-paar-grüne-planze-säulen-auf-einem-feld-925TW8KHSE>

Quelle Foto: Alberto Bianchini; <https://unsplash.com/de/fotos/wass-erregler-auf-glasscheibe-4R9y51TM>

**In der kombinierten regenerativen Erzeugung werden BHKW mit Befeuerung aus Wasserstoff, Holzhackschnitzel und Biogas angesetzt (2/2)**



**Maßnahmen grüne kombinierte Erzeugung (zentral)**

Grüne Wärmeerzeuger	Anzahl [#]	Größe Referenz-anlage [kW]	Vollbenutzungsstunden [h]	Wärmeerzeugung je Anlage [kWh/a]	Wärmeerzeugung pro Jahr [kWh/a]	Spezifische Investitionskosten [€/kW]	Kosten Referenz-anlage [€]	Gesamtkosten [€]	Wer zahlt?
BHKW Holzhackschnitzel 500 kWel	2	500	5.000	2.500.000	5.000.000	1.200	600.000	1.200.000	Stadtwerk/Investoren
		1.000	5.000	5.000.000	10.000.000				
BHKW Biogas 500 kWel	3	500	5.000	2.500.000	7.500.000	1.000	500.000	1.500.000	Stadtwerk/Investoren
		1.000	5.000	5.000.000	15.000.000				
BHKW Wasserstoff 360 kWel	2	360	5.000	1.800.000	3.600.000	1.800	648.000	1.296.000	Stadtwerk/Investoren
		360	5.000	1.800.000	3.600.000				
BHKW Biogas 100 kWel	10	100	5.000	500.000	5.000.000	1.400	140.000	1.400.000	Stadtwerk/Investoren
		200	5.000	1.000.000	10.000.000				
BHKW Wasserstoff 2 MWel	2	2.000	5.000	10.000.000	20.000.000	1.500	3.000.000	6.000.000	Stadtwerk/Investoren
		2.000	5.000	10.000.000	20.000.000				
BHKW Holzhackschnitzel 2 MWel	4	2.000	5.000	10.000.000	40.000.000	1.000	2.000.000	8.000.000	Stadtwerk/Investoren
		4.000	5.000	20.000.000	80.000.000				
BHKW Biogas 2 MWel	4	2.000	5.000	10.000.000	40.000.000	900	1.800.000	7.200.000	Stadtwerk/Investoren
		4.000	5.000	20.000.000	80.000.000				

**Strom** 121 GWh

**Wärme** 219 GWh

**27 Mio. € Investition**

**ERLÄUTERUNG**

- Die modellierten kombinierten Erzeuger liefern rund 18 Prozent des gesamten prognostizierten Strombedarfs.
- Die BHKW erzeugen knapp 48 Prozent des "zu begründenden" Wärmebedarfs.
- Die Investitionskosten der Erzeugungsanlagen (inklusive Peripherie und exklusive Netzkosten) liegen bei 27 Mio. €.



**Bei Berücksichtigung von Nahwärme sind die zusätzlichen Kosten für den Bau der Wärmenetze zu berücksichtigen**



**Maßnahmen grüne kombinierte und zentrale Wärmeerzeugung – Bau der Wärmenetze**

	Durchschnittlicher Wärmebedarf pro Haushalt [kWh/a]	Hausanschlüsse* [#]				Spezifische Kosten [€/HH]	Gesamtkosten [€]	Wer zahlt?
Leitungsnetz, Hausanschluss, Netztechnik	15.000	18.007				18.000	324.120.000	Bürger/Stadtwerke

**324 Mio. € Investition**

**ERLÄUTERUNG**

- Zusätzlich zu den reinen Investitionskosten für die zentralen und dezentralen Wärme-Erzeugungsanlagen (BHKWs inklusive Peripherie) sind die Nahwärmenetze zu verlegen.
- Die Summe von 324 Mio. € wurde errechnet aus ca. 18.000 Hausanschlüssen. Die gesamten Netzkosten je Hausanschluss belaufen sich auf rund 18.000 € für das Leitungsnetz, den Hausanschluss und die Netztechnik.

\* Die Anzahl der Hausanschlüsse ist an dieser Stelle als "theoretische Größe" zu sehen. Das Proxy 15.000 kWh Wärmebedarf pro Jahr pro Haushalt löst einen Aufwand von rund 18.000 € für Hausanschluss, Verlegung des Leitungsnetzes und Netztechnik aus. In der Realität werden über die Hausanschlüssen von Gewerbeunternehmen und Industrie deutlich größere Energiemengen abgenommen. Die theoretische Anzahl von 18.000 Hausanschlüssen dient an dieser Stelle daher nur als Bemessungsfaktor. Es werden keinesfalls 18.000 Hausanschlüsse in VS realisiert.



**Zur Deckung des Strombedarfs aus regenerativen Quellen kommen im Rechenmodell verschiedene Anwendungen der PV und die Onshore-Windkraft zum Einsatz (2/2)**



**Maßnahmen grüner Strom**

Grüne Stromerzeuger	Anzahl [#]	Größe Referenz-anlage [kW]	Vollbenutzungsstunden [h]	Stromerzeugung je Anlage [kWh/a]	Stromerzeugung pro Jahr [kWh/a]	Spezifische Investitionskosten [€/kW]	Kosten Referenz-anlage [€]	Gesamtkosten [€]	Wer zahlt?
Solar Aufdachanlagen Einfamilienhaus	10.000	6	950	5.700	57.000.000	1.200	7.200	72.000.000	Bürger
Solar Aufdachanlagen Mehrfamilienhaus	3.300	25	950	23.750	78.375.000	1.100	27.500	90.750.000	Bürger
Solar Aufdachanlagen Lagerhalle/Scheune	1.000	75	950	71.250	71.250.000	1.000	75.000	75.000.000	Bürger/Contractor
PV-Freiflächenanlagen	300	1.000	950	950.000	285.000.000	450	450.000	135.000.000	Stadtwerk/Investoren
Wind Onshore	6	3.500	2.200	7.700.000	46.200.000	800	2.800.000	16.800.000	Stadtwerk/Investoren

**538 GWh**

**390 Mio. € Investition**

**ERLÄUTERUNG**

- Die neu zugebauten dezentralen PV-Anlagen erzeugen zusammen eine Strommenge von 207 GWh pro Jahr. Das entspricht ca. 31 Prozent des "zu begründenden" Strombedarfs in VS. Für die Installation der 14.300 PV-Anlagen fallen in Summe 238 Mio. € Investitionen an, was je nach Umsetzungsmodell von den Bürgern oder den Stadtwerken (Contracting) zu stemmen ist.
- Die PV-Freiflächen-Anlagen erzeugen rund 43 Prozent des "zu begründenden" Strombedarfs in VS und verursachen Investitionskosten von rund 135 Mio. €.
- Die sechs geplanten WKA kosten ca. 17 Mio. € und erzeugen rund 7 Prozent des "zu begründenden" Strombedarfs.

**Beim Ausbau und der Ertüchtigung der Stromnetze in VS für eine klimaneutrale Zukunft fallen Investitionskosten von ca. 89 Mio. € an**



**Erweiterung und Ausbau der Stromnetze**

		Stromkreislänge [km]					Spezifische Investitionsbedarf [€/km]	Gesamtkosten [€]	Wer zahlt?
Niederspannung		1.056					61.728	65.185.190	Netzbetreiber, Netzkunden
Mittelspannung		309					76.336	23.610.694	Netzbetreiber, Netzkunden

**89 Mio. € Investition**

**ERLÄUTERUNG**

- Zusätzlich zu den reinen Investitionskosten für die Erzeugungsanlagen sind die Stromnetze für die steigenden Anforderungen (PV, Wärmepumpen, Ladesäulen/Wallboxen etc.) zu ertüchtigen.
- Wohlwissend, dass belastbare Zahlen nur durch eine detaillierte Zielnetzplanung unter Berücksichtigung der individuellen Gegebenheiten in VS ermittelt werden können, wurden im Rahmen des vorliegenden Modells Netzkosten überschlägig abgeschätzt:
  - Aus der dena-Leitstudie "Aufbruch Klimaneutralität" von 2021 wurden Investitionskosten zur Ertüchtigung aller deutscher Niederspannungsnetze von 75 Mrd. € und aller Mittelspannungsnetze von 40 Mrd. € geschätzt. Diese Summe wurde im Modell auf Basis der Netzlängen Strom von VS (Stadtgebiet) jeweils runtergerechnet.
  - Aus diesem Ansatz ergeben sich Investitionskosten für die Niederspannung von 65 Mio. € und 24 Mio. € für die Mittelspannung.

**In dem angelegten Szenario entstehen Investitionskosten zur grünen Deckung des Strom- und Wärmebedarfs in Villingen-Schwenningen von über 1,5 Mrd. Euro**



**Ergebnis Strom**

Saldo Strombedarf	Stromerzeugung pro Jahr [kWh/a]	Gesamtkosten [€]
Erneuerbarer Zubau reine Strom	537.825.000	389.550.000
Erneuerbarer Zubau kombinierte Erzeugung	121.100.000	13.298.000
<b>Sollwert Strommenge</b>	657.875.901	<b>402.848.000</b>
Differenz	1.049.099	



**Ergebnis Wärme**

Saldo Wärmebedarf	Wärmeerzeugung pro Jahr [kWh/a]	Gesamtkosten [€]
Erneuerbarer Zubau reine Wärme	242.400.000	181.660.000
Erneuerbarer Zubau kombinierte Erzeugung	218.600.000	13.298.000
<b>Sollwert Wärmemenge</b>	460.260.710	<b>194.958.000</b>
Differenz	739.290	

Kosten Erzeugung	Kosten Sanierung	Kosten Wärmenetz	Kosten Stromnetz	<b>Gesamtsumme</b>
597.806.000	510.000.000	324.120.000	88.795.884	<b>1.520.721.884</b>

**ERLÄUTERUNG**

- Die Schätzung der Gesamtsumme der Investitionen zur Deckung des Strom- und Wärmebedarfs (Autarkie) in VS auf Basis der beschriebenen Annahmen beläuft sich auf über 1,5 Mrd. €.
- In VS fallen dabei ca. **36 T€ je Haushalt** (42.547 Haushalte und 85.922 Einwohner) und ca. **18 T€ pro Kopf** an.
- Rund ein Drittel der Summe entstammt den Kosten von Sanierungen im Gebäudebestand, die durch die Bürger zu tragen sind.
- Die Investitionen in Erzeugungstechnologien löst etwas mehr als ein weiteres Drittel der Gesamtsumme aus. Die Höhe der Investitionen der Stadtwerke hängt dabei von der Wahl der Technologien und den Geschäftsmodellen ab.
- Das letzte knappe Drittel entsteht durch Investitionen in Nahwärmenetze sowie die Ertüchtigung der Stromnetze.

**Die Gesamtsumme der Investitionskosten der klimaneutralen "Autarkie" in VS wird von den Bürgern, dem Stadtwerk sowie weiteren Investoren getragen**

		<b>Bürger*</b>	<b>Stadtwerke</b>	<b>Investoren</b>
<b>Wärme dezentral</b> WP, Solarthermie, Pellet-Kessel	<b>165 Mio. €</b>	<b>x</b>	<b>(x)</b>	
<b>Wärme zentral</b> Groß-WP, Geothermie, Solarthermie Feld	<b>17 Mio. €</b>		<b>x</b>	<b>(x)</b>
<b>Kombinierte Erzeuger - BHKW</b> Biogas, Holzhackschnitzel, Wasserstoff	<b>26 Mio. €</b>		<b>x</b>	<b>(x)</b>
<b>Strom dezentral</b> PV-Aufdachanlagen	<b>238 Mio. €</b>	<b>x</b>	<b>(x)</b>	
<b>Strom zentral</b> PV-Freiflächen und WKA	<b>152 Mio. €</b>		<b>(x)</b>	<b>x</b>
<b>Wärmenetze (Nahwärme)</b>	<b>324 Mio. €</b>		<b>x</b>	
<b>Stromnetze</b>	<b>89 Mio. €</b>		<b>x</b>	
<b>Sanierung</b>	<b>510 Mio. €</b>	<b>x</b>		
		<b>913 Mio. €</b>	<b>456 Mio. €</b>	<b>152 Mio. €</b>

\* Bürger steht als Synonym für Endverbraucher (Privatpersonen, Gewerbe, Handel, Industrie)

## Die Rechnung zum "Preis der Klimaneutralität in VS" kann auf weitere Regionen ausgedehnt sowie im Detaillierungsgrad erhöht werden



### Ausblick

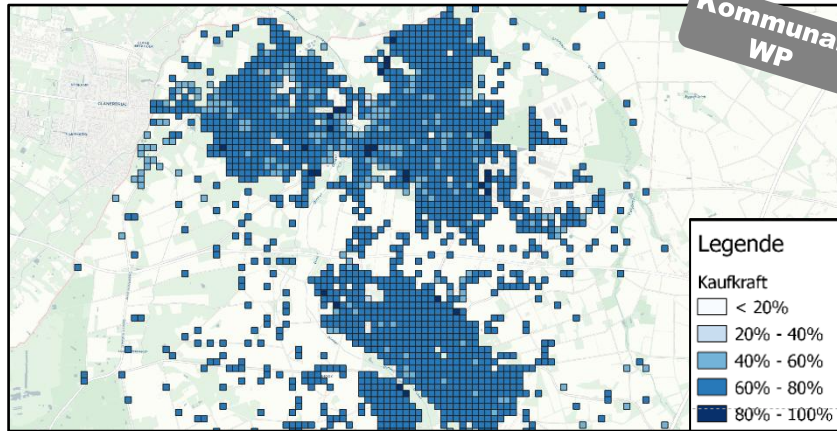
- **Betrachtung verschiedener Szenarien:** Wie wirkt sich eine verstärkt dezentrale Struktur auf das Ergebnis aus? Wie sähe ein verstärkt zentrale Lösung aus?
- **Rolle der Stadtwerke VS:** Welche Rolle können die SVS einnehmen, um Kunden auf dem Weg zur Klimaneutralität zu begleiten? Welche Geschäftsmodelle werden umgesetzt?
- **Umsetzung "Kommunale Wärmeplanung":** Wo ergeben sich Handlungsbedarfe aus der "Kommunalen Wärmeplanung"?
- **Betriebskosten und Mehrkostenbetrachtung:** Im gezeigten Modell werden ausschließlich Investitionskosten auf Basis volkswirtschaftlicher Gesamtkosten abgeschätzt. Die Betrachtung der Betriebskosten oder eine Mehrkostenbetrachtung gegenüber einer Fortführung des Status quo würde weitergehende Informationen liefern.
- Betrachtung weiterer Sektoren: Berücksichtigung des **Verkehrssektor** und des Mobilitätsbedarfes.

## AUSBLICK

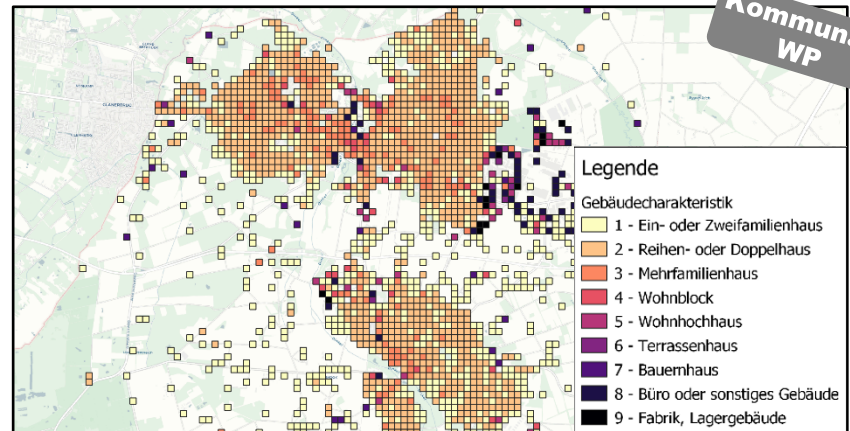
Zur Erhöhung des Detaillierungsgrades und zur Anreicherung der parallelen Arbeitsstränge können die anknüpfenden Module abgerufen werden



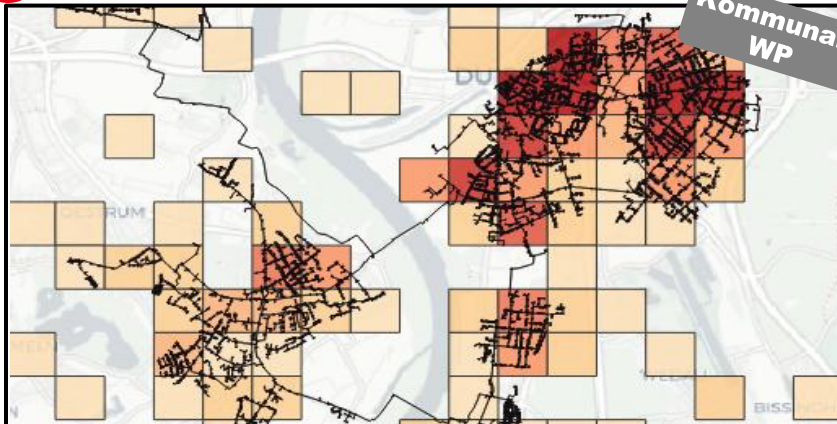
### Sozioökonomische Faktoren | Kaufkraft



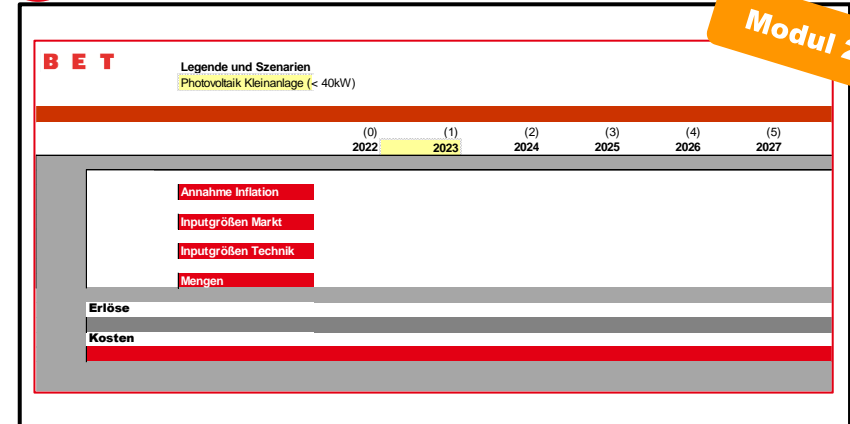
### Clustering Wärme



### Ausgewählte grüne Erzeuger



### Wirtschaftlichkeit im Betrieb



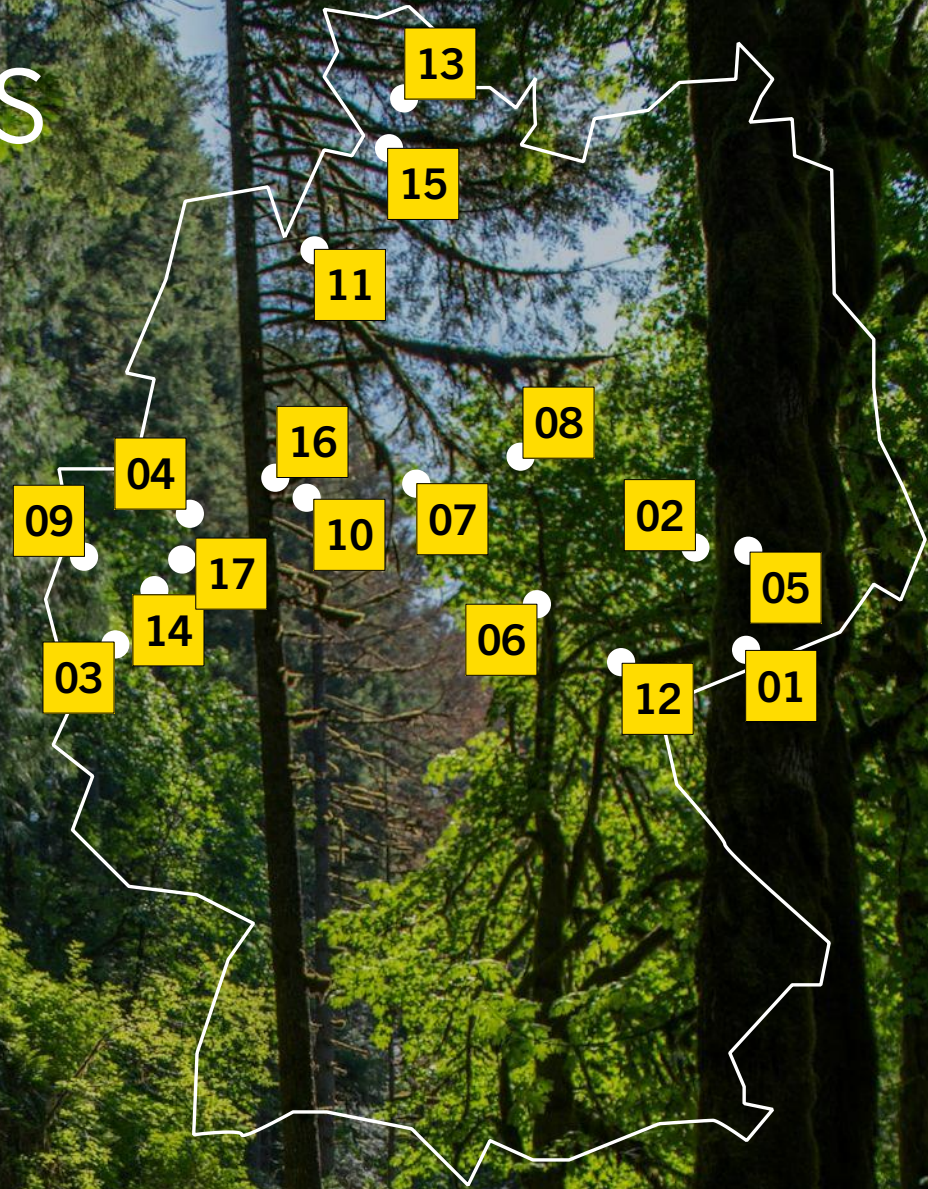


# KLIMAWERKE KLIMANEUTRAL BIS 2040

## Mitgliederliste

2021

- (1) Stadtwerke Annaberg-Buchholz Energie AG
- (2) Stadtwerke Delitzsch GmbH
- (3) Stadtwerke Düren GmbH
- (4) Dortmunder Energie- und Wasserversorgung GmbH
- (5) Stadtwerke Eilenburg GmbH
- (6) Eisenacher Versorgungs-Betriebe GmbH
- (7) GWS Stadtwerke Hameln GmbH
- (8) EVI Energieversorgung Hildesheim GmbH & Co. KG
- (9) Stadtwerke Nettetal GmbH
- (10) Stadtwerke Oerlinghausen GmbH
- (11) Osterholzer Stadtwerke GmbH & Co. KG
- (12) Stadtwerke Rudolstadt GmbH
- (13) Stadtwerke SH GmbH & Co. KG
- (14) Stadtwerke Solingen GmbH
- (15) Stadtwerke Steinburg GmbH
- (16) Gemeindewerke Steinhagen GmbH
- (17) WSW Wuppertaler Stadtwerke GmbH



## **Anschrift & Kontaktdaten**

### **BET Consulting GmbH**

info@bet-consulting.de | www.bet-consulting.de

#### **Standort Aachen**

Alfonsstraße 44  
D-52070 Aachen

Telefon  
+49 241 47062-0

#### **Standort Berlin**

Krausenstraße 8  
D-10117 Berlin

Telefon  
+49 30 2418991-80

#### **Standort Leipzig**

Floßplatz 31  
D-04107 Leipzig

Telefon  
+49 341 30501-0

#### **Geschäftsführer:**

Dr. Alexander Kox | Dr. Olaf Unruh

#### **Generalbevollmächtigte:**

Dr. Michael Ritzau | Dr. Wolfgang Zander

**Sitz der Gesellschaft:** Aachen

**Registergericht:** Aachen

**Handelsregister:** HRB 5731

**B E T**

