

Chancen erneuerbarer Energien im Altstadtquartier



Kristian Peter
ISC Konstanz e.V.

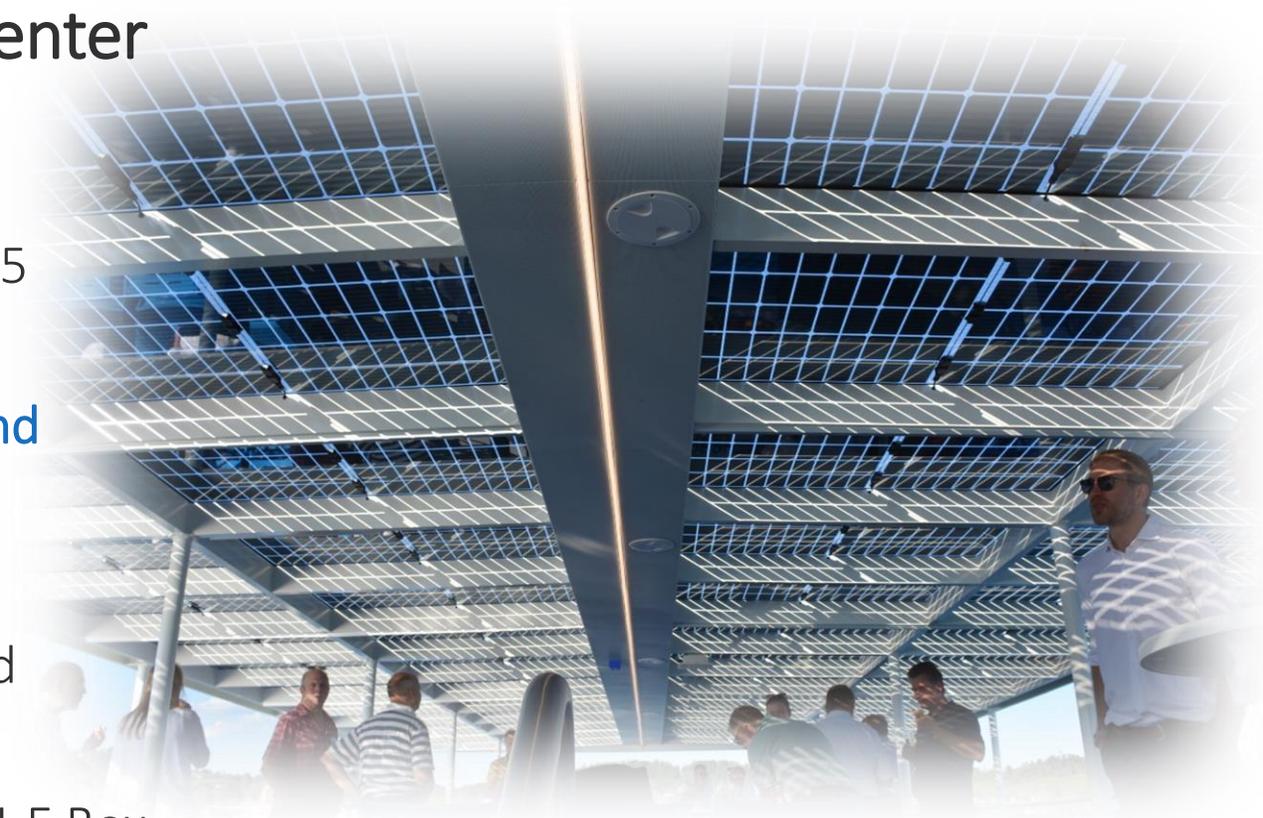
19.10.2023



ISC Konstanz

International Solar Energy Research Center Konstanz e.V.

- Gemeinnützige Forschungseinrichtung, seit 2005
- Team aus 66 Mitarbeitern
- **F&E im Bereich c-Si Solarzellen, Solarmodulen und Energiesystemen**
- Zusammenarbeit mit Forschungsgruppen und Industrie-Partnern in öffentlich geförderten und bilateralen Projekten
- **Technologie-Transfer:** TOPCon, n-IBC (ZEBRA), TH-E Box



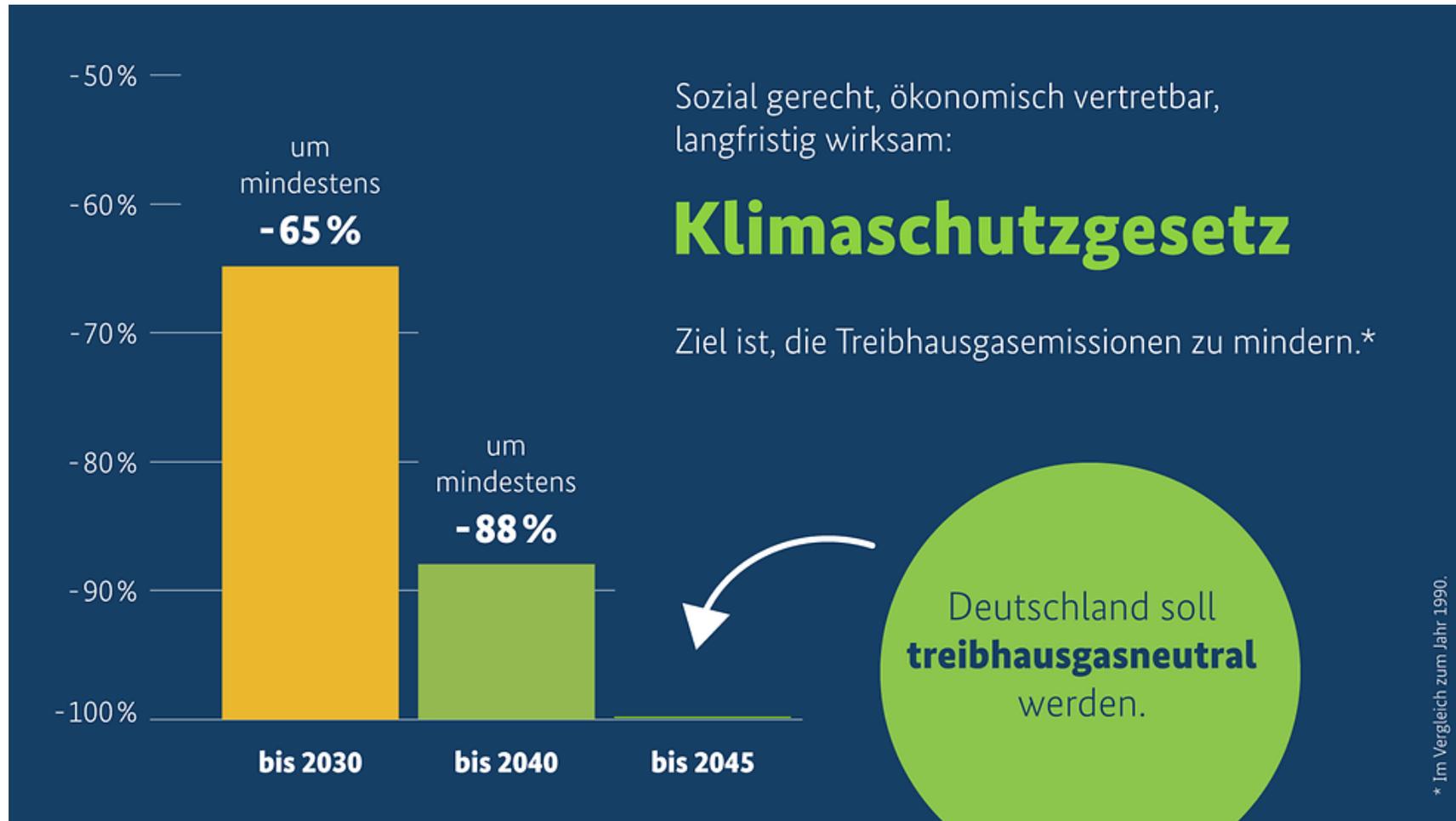
Inhalt

- Einleitung
- Photovoltaik im Altstadtquartier
- Wärmepumpe UND Kraft-Wärme-Kopplung KWK
- Wohnquartier „Dübelhölzle“ in Allensbach
- Konstanz Smart Green City: Schlaue Solardächer
- Zusammenfassung
- Anhänge

Einleitung

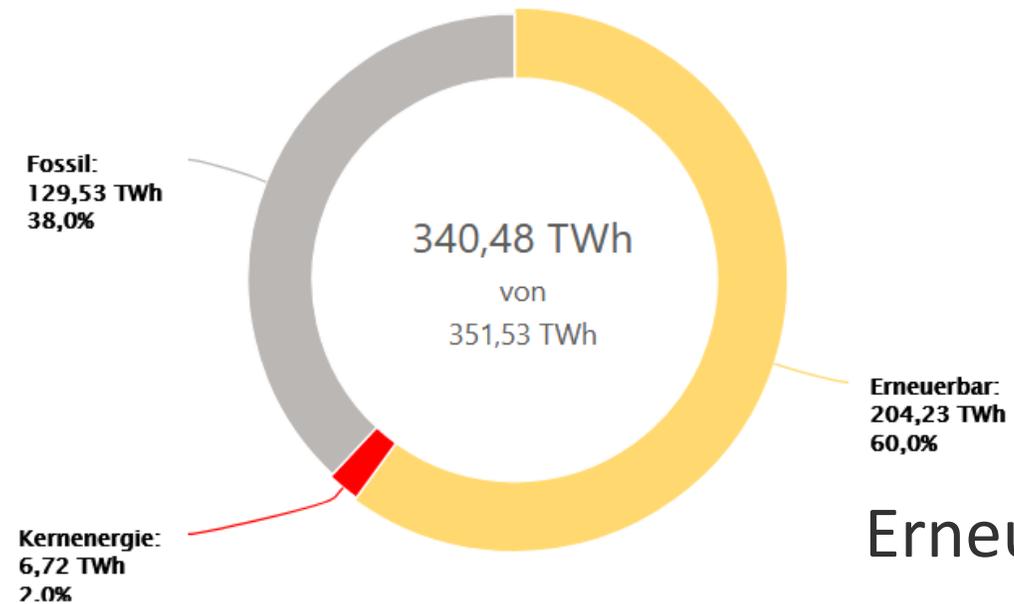
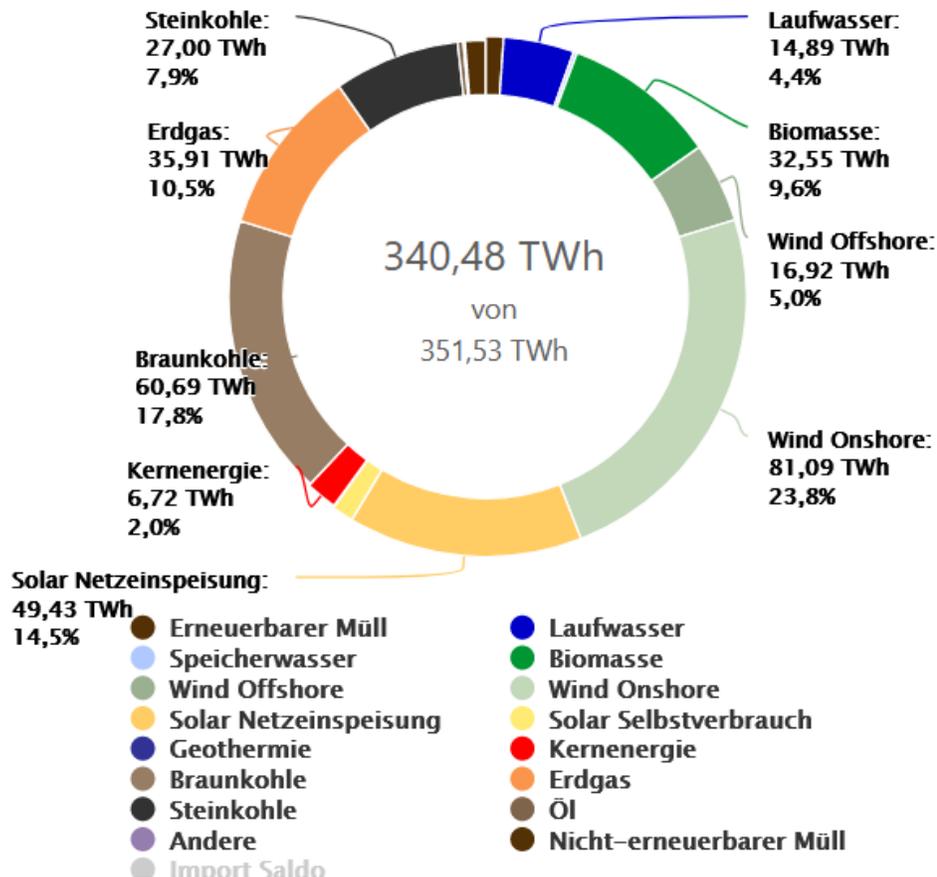
- **Einleitung**
- Photovoltaik im Altstadtquartier
- Wärmepumpe UND Kraft-Wärme-Kopplung KWK
- Wohnquartier „Dübelhölzle“ in Allensbach
- Konstanz Smart Green City: Schlaue Solardächer
- Zusammenfassung
- Anhänge

Ziele der Bundesregierung



Im Strombereich auf einem guten Weg

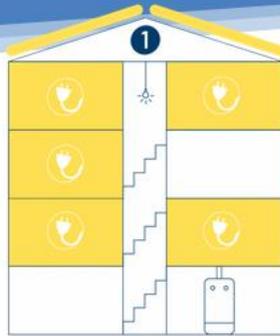
Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland 2023



Erneuerbar
60%(2023)

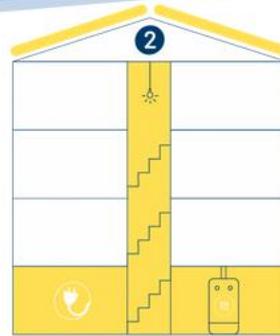
https://www.energy-charts.info/charts/energy_pie/chart.htm?l=de&c=DE&interval=year

PV Betreibermodelle für das Mehrfamilienhaus



Stromlieferung in die Wohnung

Der Strom der PV-Anlage wird allen interessierten Wohneinheiten zur Verfügung gestellt.



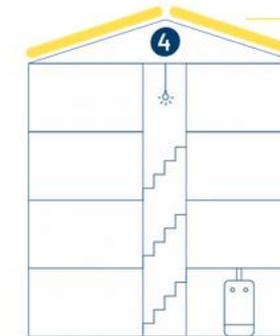
Allgemeinstrom-Versorgung

Die PV-Anlage versorgt gemeinschaftlich genutzte Verbraucher wie z.B. das Treppenhaus, die Tiefgarage oder die Wärmepumpe.



Einzelanlagen

Einzelne Wohneinheiten betreiben jeweils eigene PV-Anlagen.



Volleinspeisung

Der PV-Strom wird vollständig ins öffentliche Netz eingespeist.

[Photovoltaik auf dem Mehrfamilienhaus - Energieagentur Regio Freiburg \(energieagentur-regio-freiburg.eu\)](http://energieagentur-regio-freiburg.eu)

Photovoltaik im Altstadtquartier

- Einleitung
- **Photovoltaik im Altstadtquartier**
- Wärmepumpe UND Kraft-Wärme-Kopplung KWK
- Wohnquartier „Dübelhölzle“ in Allensbach
- Konstanz Smart Green City: Schlaue Solardächer
- Zusammenfassung
- Anhänge

Photovoltaik im Altstadtquartier

Herausforderungen PV

- Denkmalschutz
- Begrenzte Flächen, Abschattung

Herausforderungen Wärme

- Dämmung der Fassade
- Wärmepumpen: Platz / Geräusch / Stromnetze
- Wärmenetze: Aufwand / Seewassernutzung

Denkmalschutz

Im Mai 2022 hat BaWü neue Leitlinien erlassen und im April 2023 nochmal aktualisiert:

<https://mlw.baden-wuerttemberg.de/de/denkmalschutz/pv-und-denkmalschutz>

Zusammenfassung:

Die Genehmigung ist „regelmäßig zu erteilen“, wenn sich die Solaranlagen der eingedeckten Dachfläche unterordnen und möglichst flächenhaft angebracht werden.

Nur bei einer „erheblichen Beeinträchtigung“ des Kulturdenkmals kann anders entschieden werden. Dabei soll in der Einzelfallprüfung zum Beispiel auch berücksichtigt werden, ob die Solaranlage ausreichend Abstand zur Dachkante hält.

PV geht auch senkrecht! 90° Süd und Ost



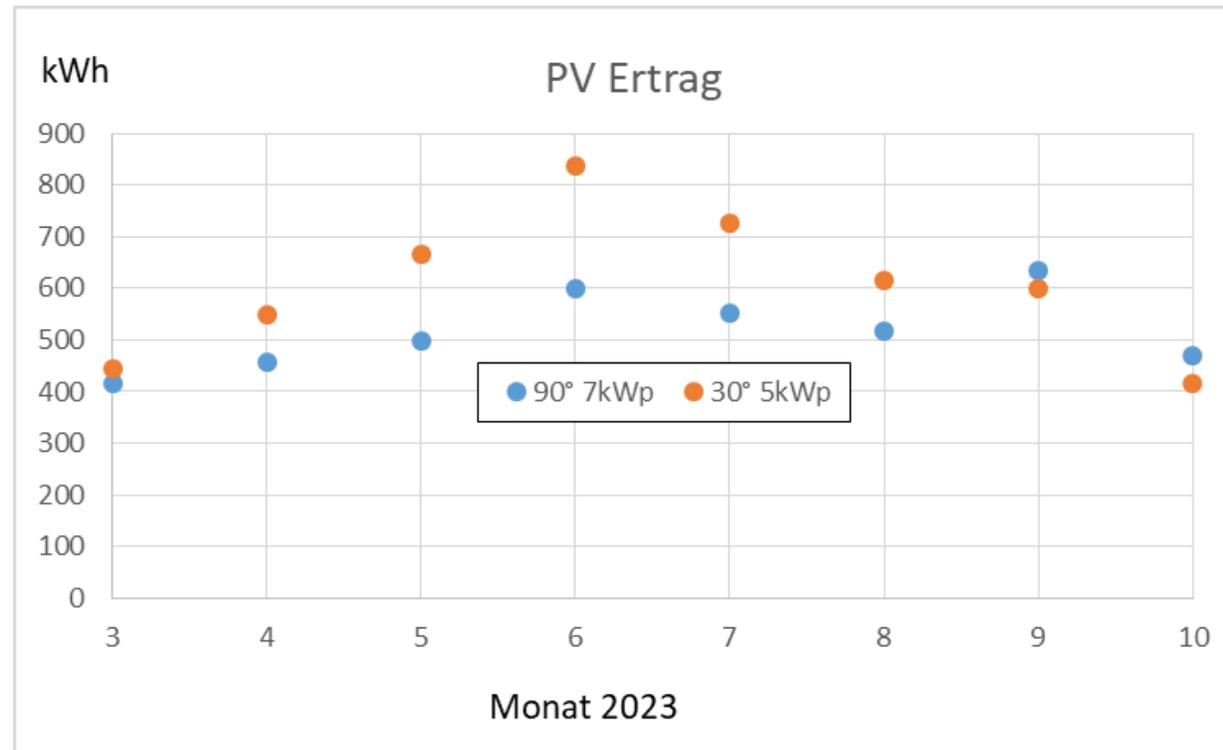
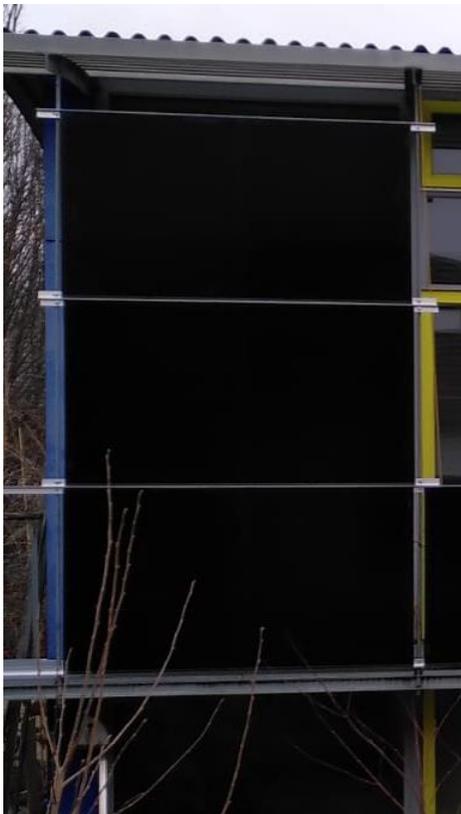
18 PV-
Module
7kWp

Vergleich Dachneigung 30° Süd



PV-Module
10 kWp

Es geht auch senkrecht!



Es geht auch farbig

AX M-60 3.2 premium ensemble

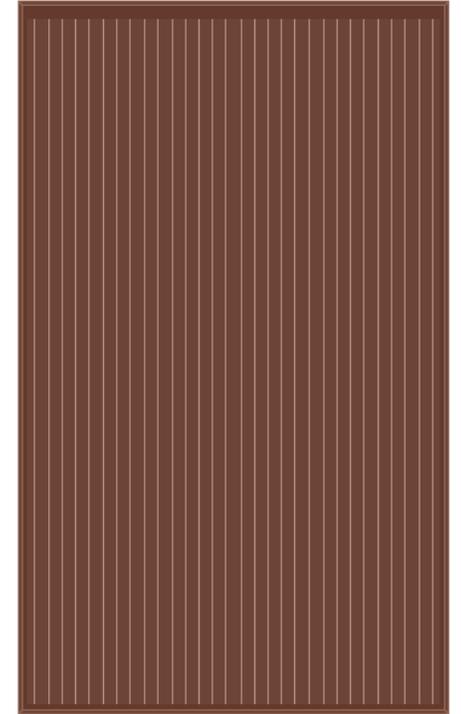
*Photovoltaikmodule aus deutscher Herstellung –
entwickelt und gefertigt mit oberschwäbischem
Qualitätsanspruch*

zuverlässig . stark . attraktiv

Ansprechendes Design speziell für Denkmal- und Ensembleschutz

- ▶ Hohe mechanische Belastbarkeit
- ▶ Optimale Sonnennutzung durch hocheffiziente monokristalline PERC-Zellen
- ▶ Mit Plussortierung für extra Erträge
- ▶ PID free
- ▶ EL geprüft

MADE IN
GERMANY 



<https://www.photovoltaikforum.com/core/attachment/265990-04-2022-axsun-solarmodul-ax-m-60-premium-ensemble-de-295wp-pdf>

Es geht auch farbig

ROMO SOLAR

Rote Solar Module
für das Ziegeldach

Jetzt kostenlos beraten lassen

● "Cotto"-Rote Solarmodule

● Traditionelle Solarmodule

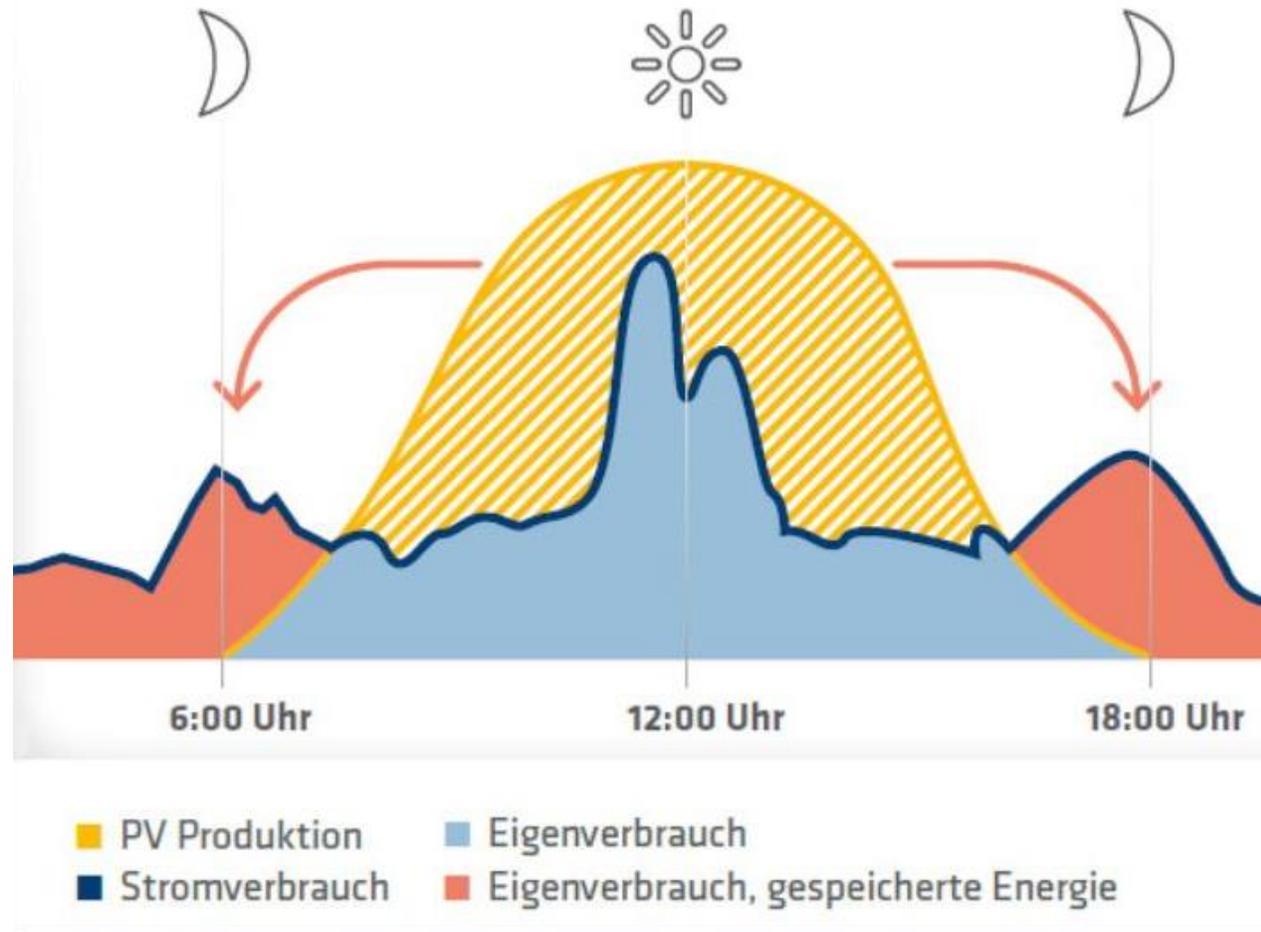
<https://www.romosolar.com/>

oder voll integriert



<https://www.autarq.com>

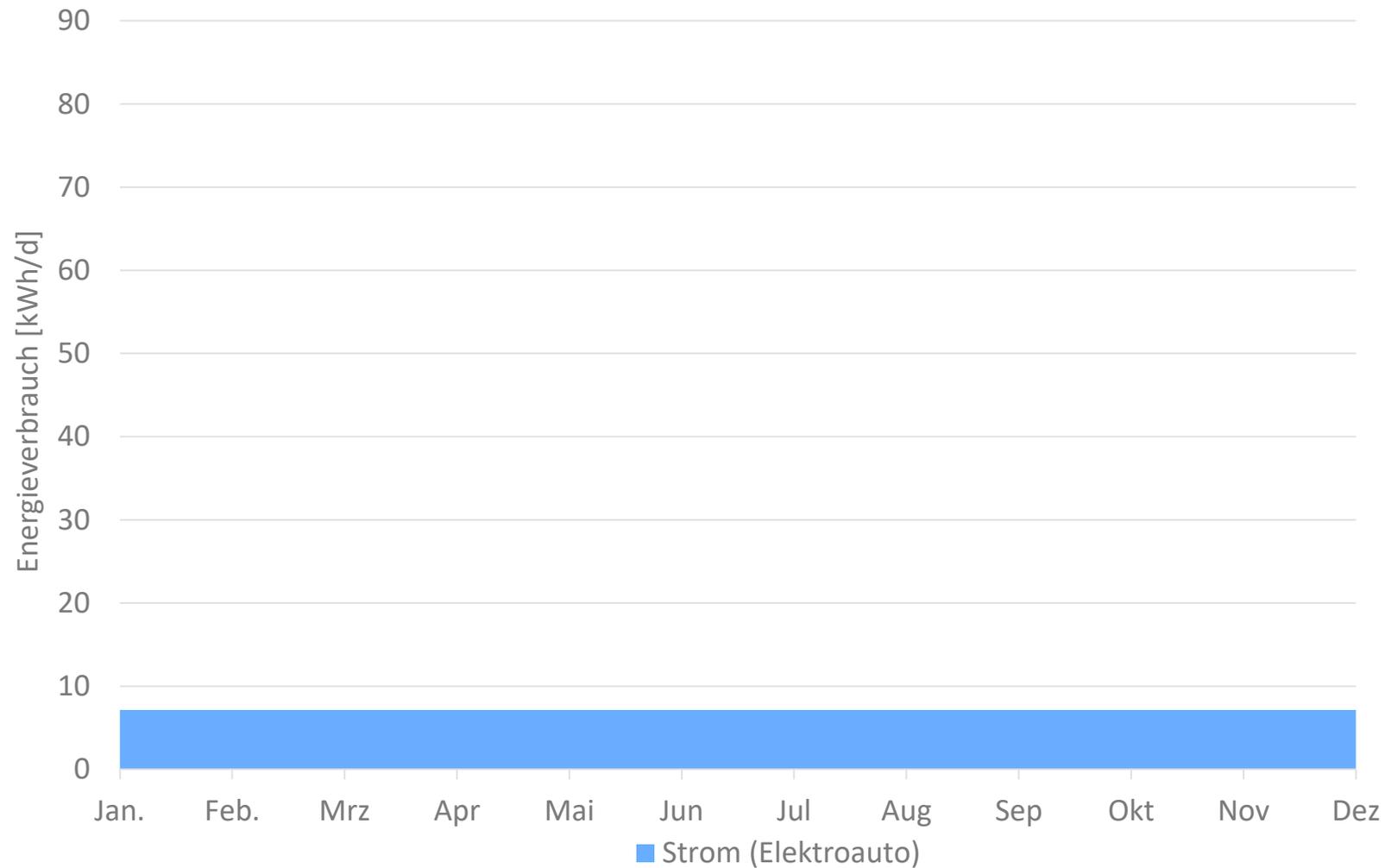
Photovoltaik mit Batteriespeicher



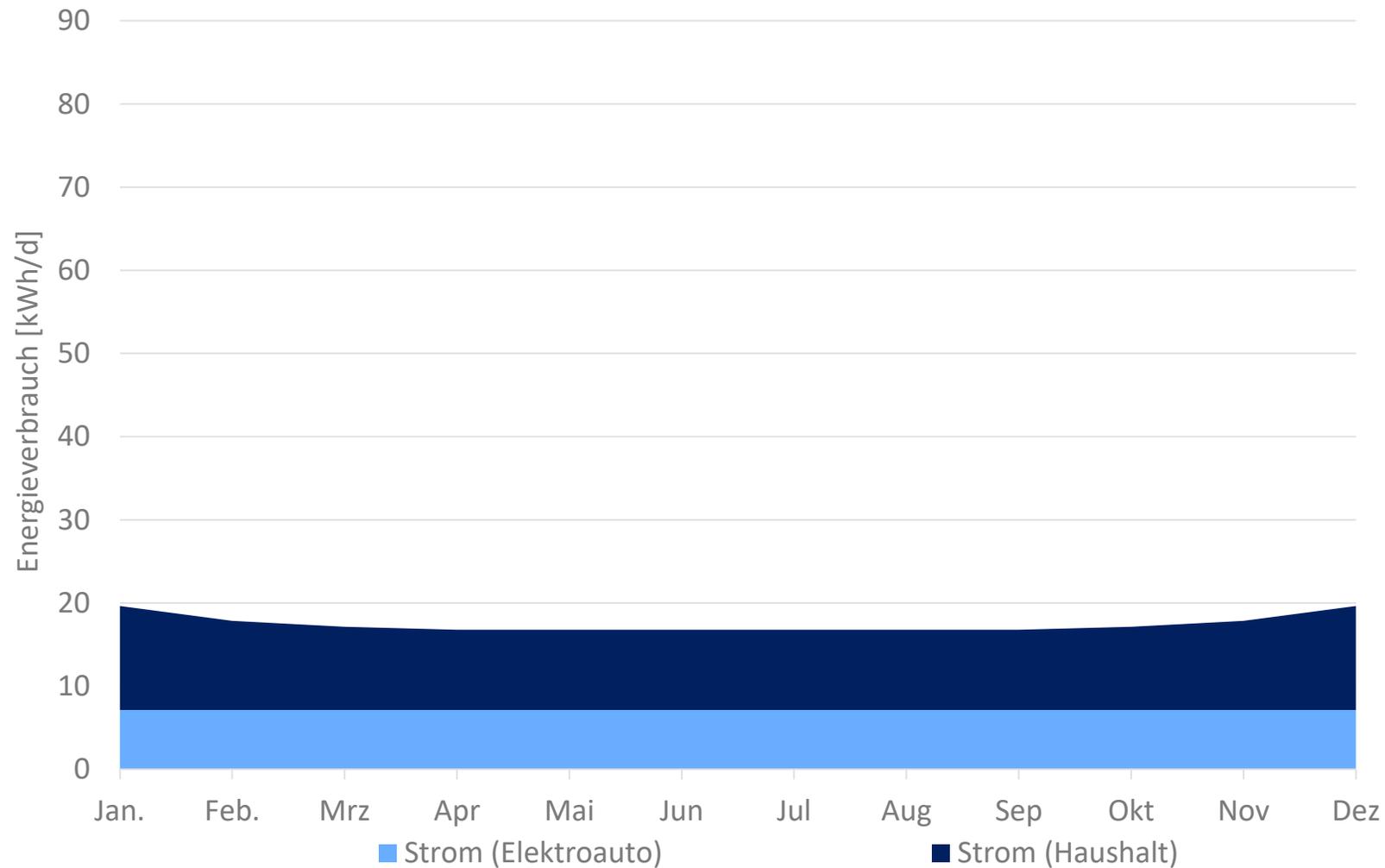
Wärmepumpe UND Kraft-Wärme-Kopplung KWK

- Einleitung
- Photovoltaik im Altstadtquartier
- **Wärmepumpe UND Kraft-Wärme-Kopplung KWK**
- Wohnquartier „Dübelhölzle“ in Allensbach
- Konstanz Smart Green City: Schlaue Solardächer
- Zusammenfassung
- Anhänge

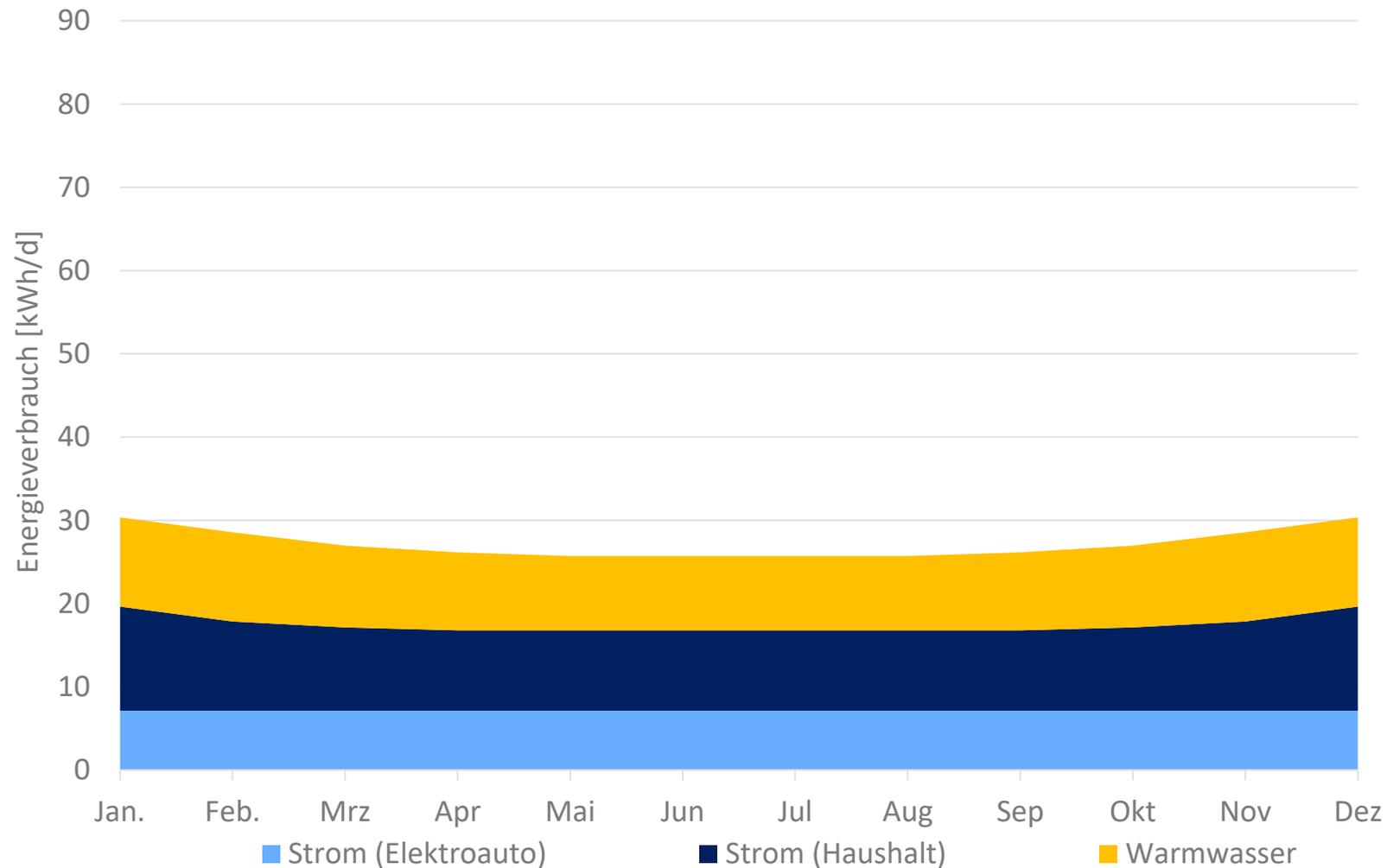
Saisonaler Speicher – die große Herausforderung



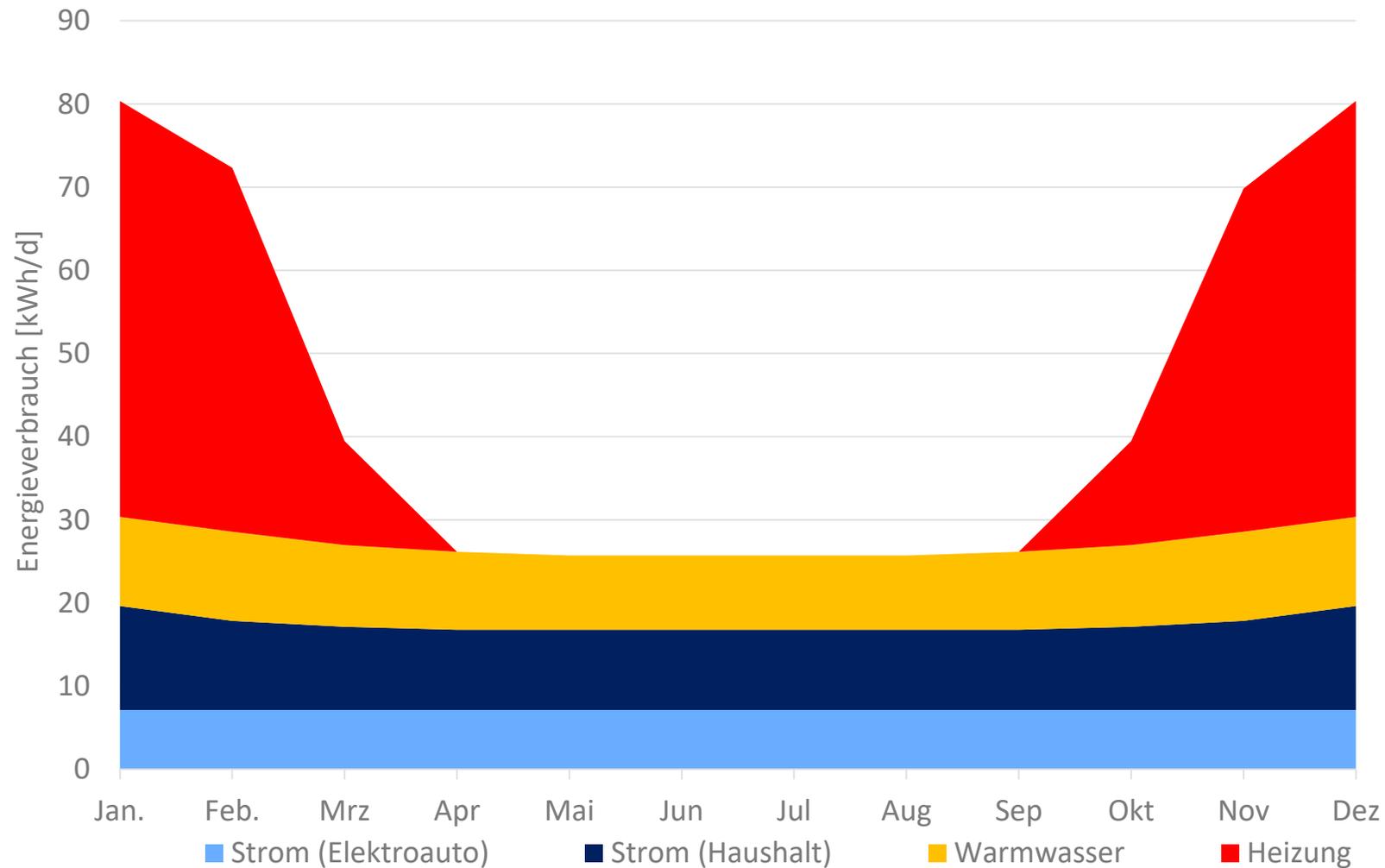
Saisonaler Speicher – die große Herausforderung



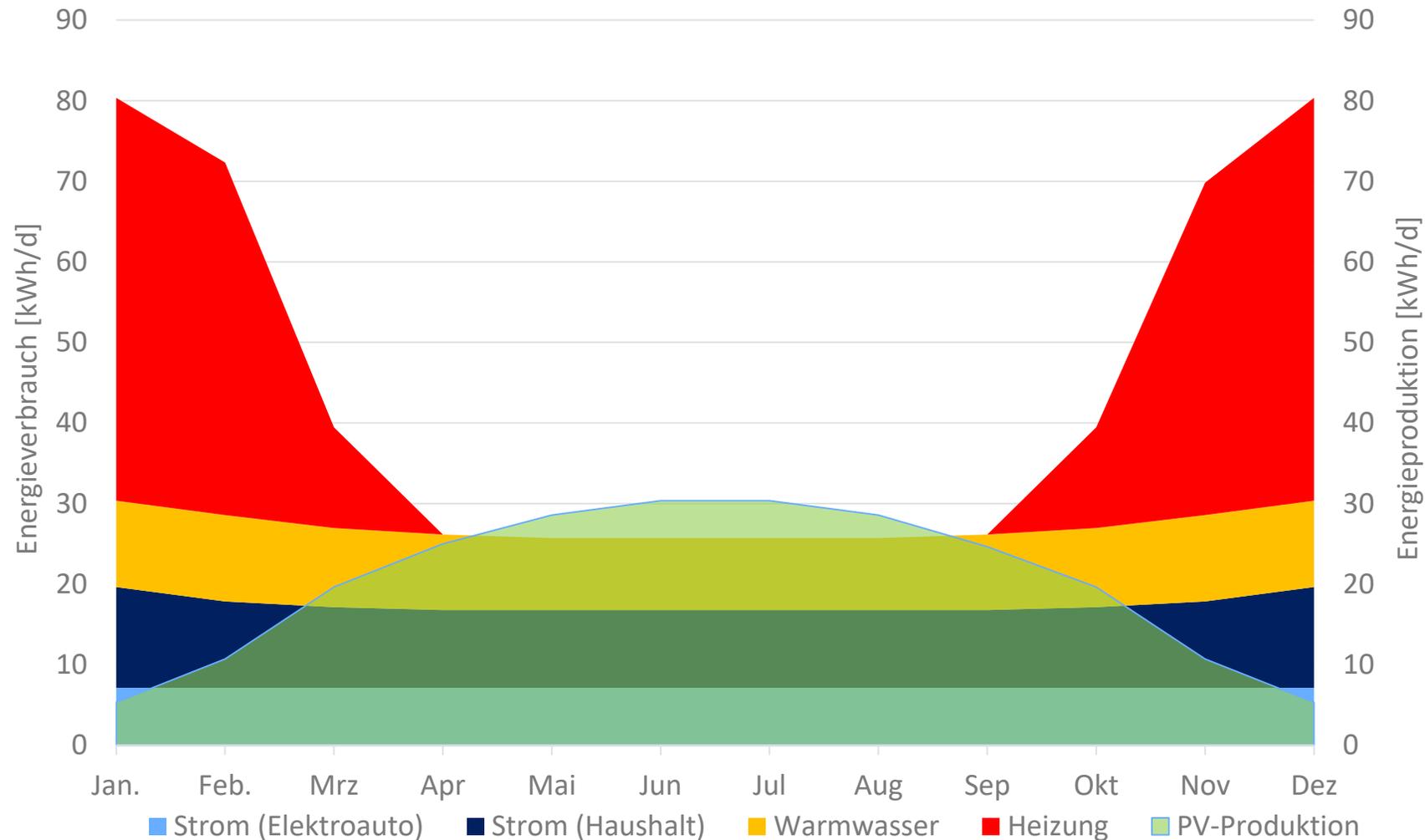
Saisonaler Speicher – die große Herausforderung



Saisonaler Speicher – die große Herausforderung



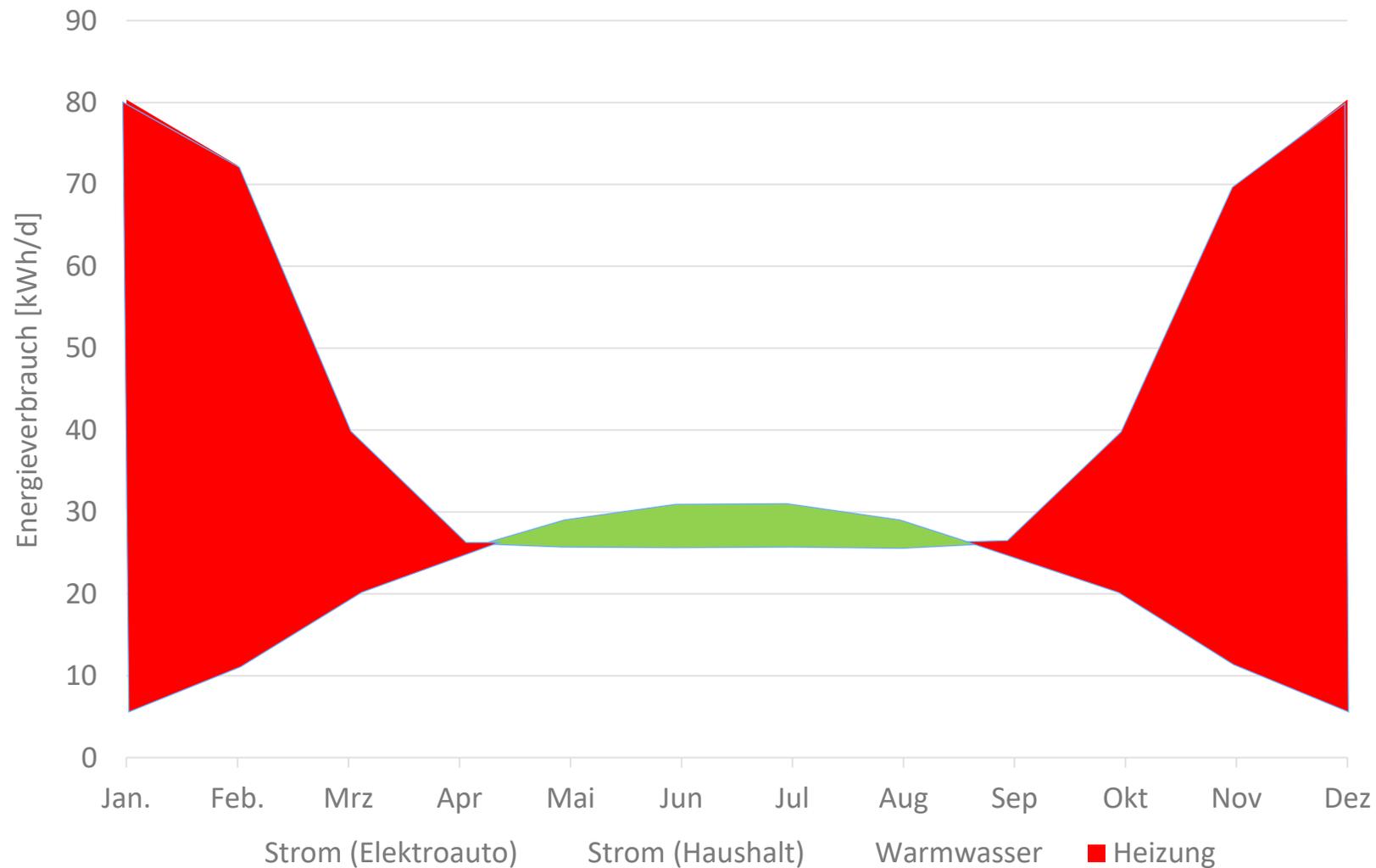
Saisonaler Speicher – die große Herausforderung



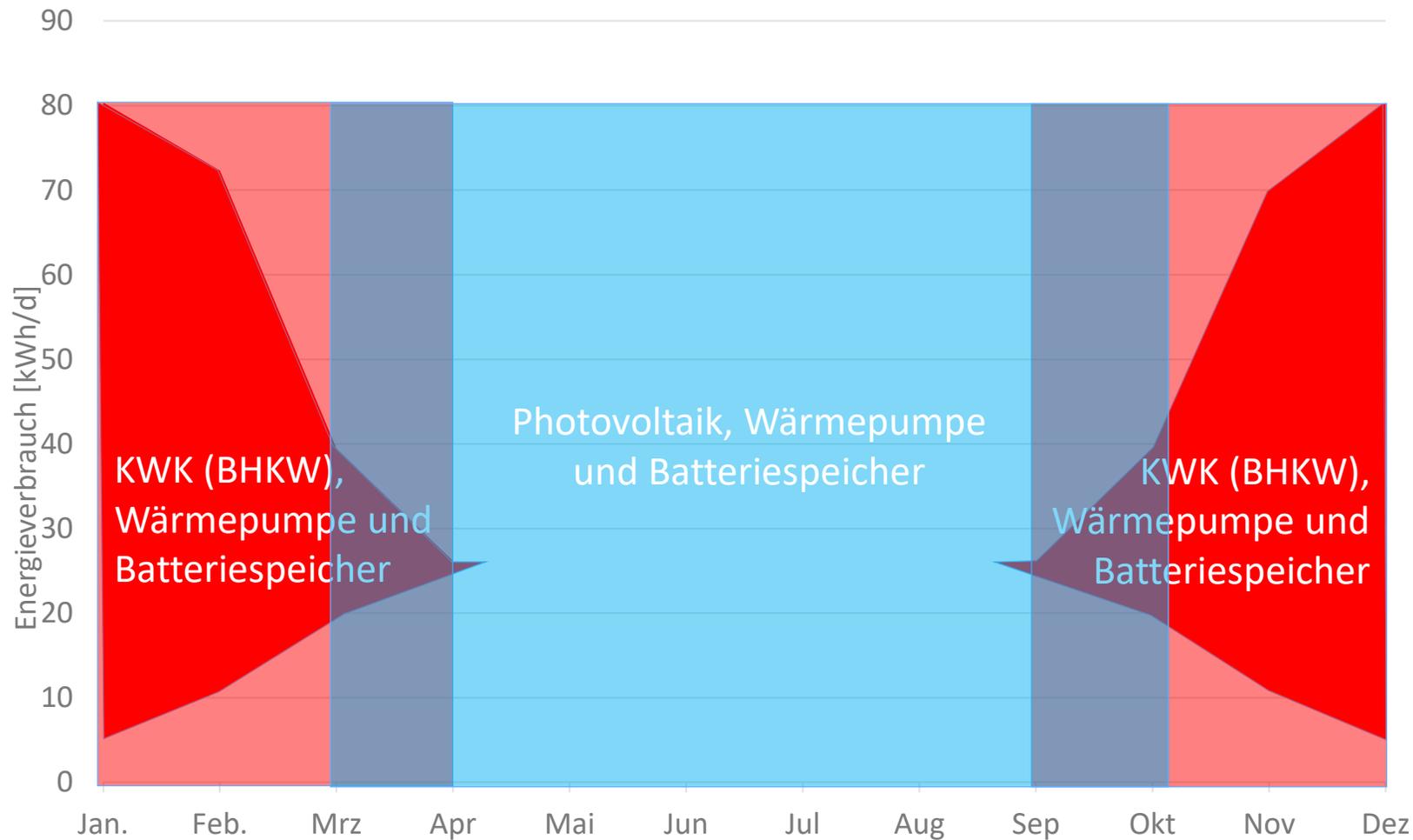
Einfamilienhaus mit 150m² WF

- Stromverbrauch:
 - Haushalt: 3.500 kWh/a
 - E-Fahrzeug: 2.400 kWh/a (12.000km/a @ 20kWh/100km)
- Wärmeverbrauch:
 - Warmwasser: 3.500kWh/a
 - Heizung: 6.500 kWh/a (150m² - ~43kWh/m²)
- Stromerzeugung:
 - 7kWp- PV Anlagen: ca. 7.000kWh/a

Überschuss im Sommer – Unterdeckung im Winter



Kombination von zwei thermodynamischen Kreisprozessen



Alternativ: Hybrid-System aus Wärmepumpe & Holzpellets

Heizungssystem für Ein - oder Zweifamilienhäuser

Profitieren Sie von großzügigen
Fördermitteln bis zu 25.000 Euro
und senken Sie Ihre Heizkosten
jährlich um **Ø 2.000 Euro**.

Mit der ECO Hybrid Heizung bestehend aus Wärmepumpe,
Pelletheizung und Photovoltaik versorgen wir Ihr Eigenheim mit
verantwortungsvoller Energie, die sogar Gewinn bringt!

JETZT HEIZKOSTEN SPAREN →



Wohnquartier „Dübelhölzle“ in Allensbach

- Einleitung
- Photovoltaik im Altstadtquartier
- Wärmepumpe UND Kraft-Wärme-Kopplung KWK
- **Wohnquartier „Dübelhölzle“ in Allensbach**
- Konstanz Smart Green City: Schlaue Solardächer
- Zusammenfassung
- Anhänge

Smartes Quartier: Dübelhölzle Allesnbach



- Versorgung durch NaturEnergie von Energiedienst
- Lokal erzeugter Strom günstiger als Netzstrom:

iMSys am Liegenschaftsbezugspunkt

- Erzeugung des BHKWs
 - Erzeugung der Dachanlagen der Mehrfamilienhäuser
 - Überschuss der Dachanlagen der Doppelhaushälften
- Bidirektionale Zählpunkte im Keller*



Smartes Quartier: Dübelhölzle Allesnbach



- Versorgung durch NaturEnergie
- Lokal erzeugter Strom günstiger als Netzstrom:

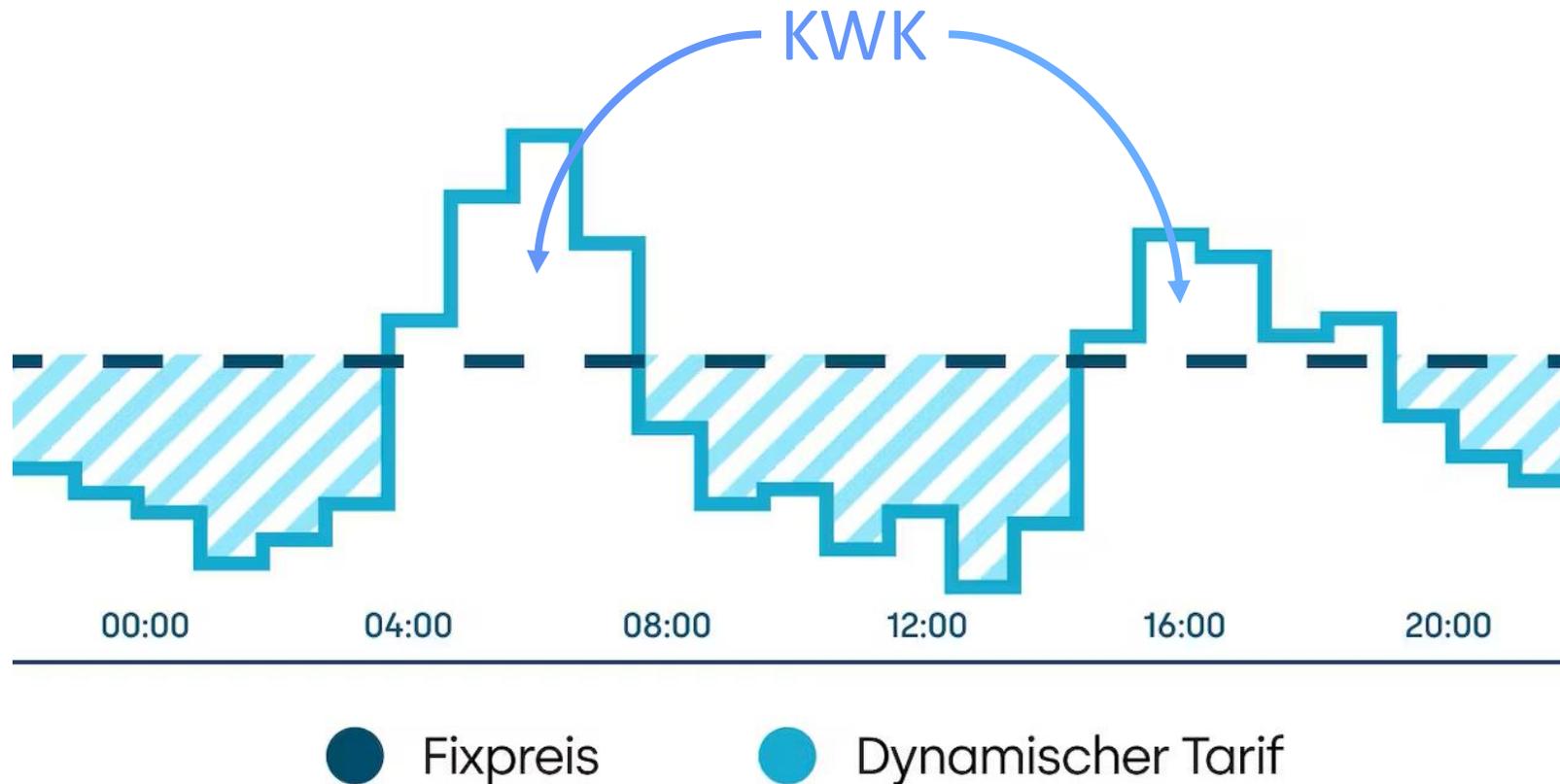
iMSys am Liegenschaftsbezugspunkt

- *Erzeugung des BHKWs*
- *Erzeugung der Dachanlagen der Mehrfamilienhäuser*
- *Überschuss der Dachanlagen der Doppelhaushälften*

Bidirektionale Zählerpunkte im Keller



Beispiel: Dynamischer Stromtarif als Anreiz



<https://tibber.com/de/stromtarif>

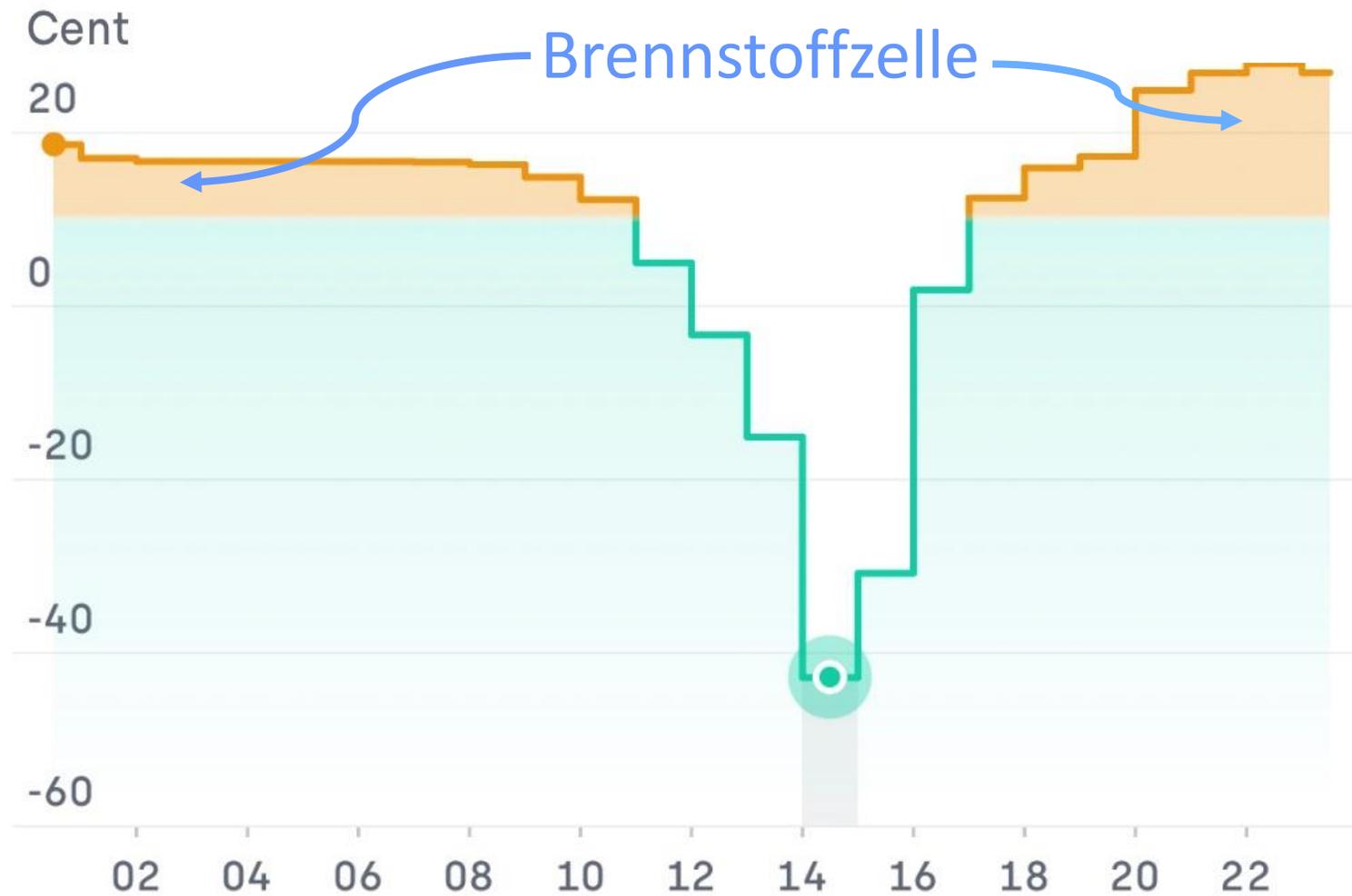
Dynamischer Stromtarif als Anreiz



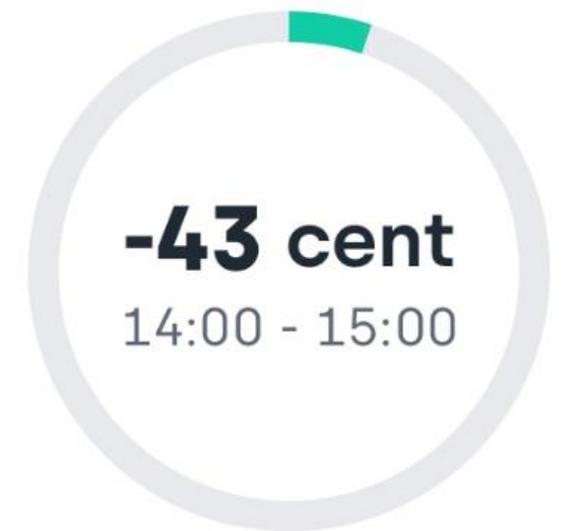
Sonntag, 24.09.2023

<https://tibber.com/de/stromtarif>

Dynamischer Stromtarif als Anreiz



Sonntag, 2.07.2023



<https://tibber.com/de/stromtarif>

Konstanz Smart Green City: Schlaue Solardächer

- Einleitung
- Photovoltaik im Altstadtquartier
- Wärmepumpe UND Kraft-Wärme-Kopplung KWK
- Wohnquartier „Dübelhölzle“ in Allensbach
- **Konstanz Smart Green City: Schlaue Solardächer**
- Zusammenfassung
- Anhänge

Konstanz Smart Green City: Schlaue Solardächer

- Dächer der Innenstadt für Solaranlagen nutzen
- Den lokal verfügbaren Solarstrom auch direkt lokal und somit effizient zu verbrauchen, macht die **Konstanzer Dächer schlau**
- Input: Solarkataster, Denkmalstatus der Gebäude, lokale Handwerker
- Digitalen Zwilling einer potentiellen Solaranlage zur Wirtschaftlichkeitsberechnung mit konkretem Bezug auf realen Messdaten begründen
- Etablierung eines regionalen Ökostrom-Tarifs mit ökonomisch optimierter und netzdienlich Regelung von flexiblen Kundenanlagen durch den Energieversorger, bevorzugt den Stadtwerken Konstanz

Smart Green City: „Energiemonitoring im Quartier“

- Energieversorgung von städtischen Quartieren im Fokus
- Entwicklung **Simulationstool** mit Visualisierung für die optimale Energieversorgung in städtischen Quartieren
- Digital, interaktiv, Szenarien der Netzplanung im Quartier „durchspielen“
- Ergebnisse sollen als eine Grundlage für Dekarbonisierungsstrategien auf Quartiersebene dienen (-> gesellschaftlichen Gesamtkosten etc.)
- Pilotquartier ist das Bestandquartiers **Stadelhofen**, perspektivisch Erweiterung auf weitere Quartiere (Oberlohn, Zukunftsquartieren...)

Zusammenfassung

- Einleitung
- Photovoltaik im Altstadtquartier
- Wärmepumpe UND Kraft-Wärme-Kopplung KWK
- Wohnquartier „Dübelhölzle“ in Allensbach
- Konstanz Smart Green City: Schlaue Solardächer
- **Zusammenfassung**
- Anhänge

Zusammenfassung

- Denkmalschutz schließt Nutzung der PV nicht mehr kategorisch aus
- Es gibt PV Lösungen für komplizierte Dächer und Fassaden
- WEG-Betreibermodelle werden
- Umstellung auf Wärmepumpen ja, aber vernünftig (z.B. KWK zum Gegensteuern, Holz-Pellets ...)
- Wärmenetze aus Seewasser-Wärmepumpe kombiniert mit EE-KWK wäre zielführend
- In „Konstanz Smart Green City“ werden Umsetzungen stattfinden



© ISC Konstanz e.V. Chancen erneuerbarer Energien im Altstadtquartier

Danke
Für die Aufmerksamkeit

Anhänge

- Einleitung
- Photovoltaik im Altstadtquartier
- Wärmepumpe UND Kraft-Wärme-Kopplung KWK
- Wohnquartier „Dübelhölzle“ in Allensbach
- Konstanz Smart Green City: Schlaue Solardächer
- Zusammenfassung
- Anhänge

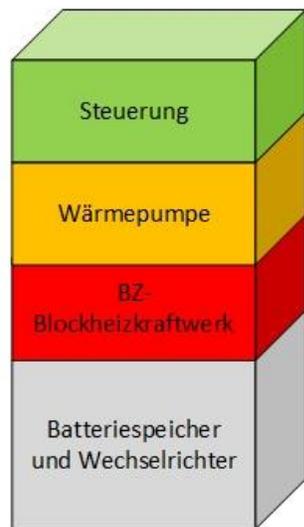
ANHANG 1

TH-E Box – **T**hermische und **E**lektrische Energieerzeugung

TH-E Box – THermische und ELektrische Energieerzeugung



Photovoltaikanlage



Blockheizkraftwerk als künstliche Sonne

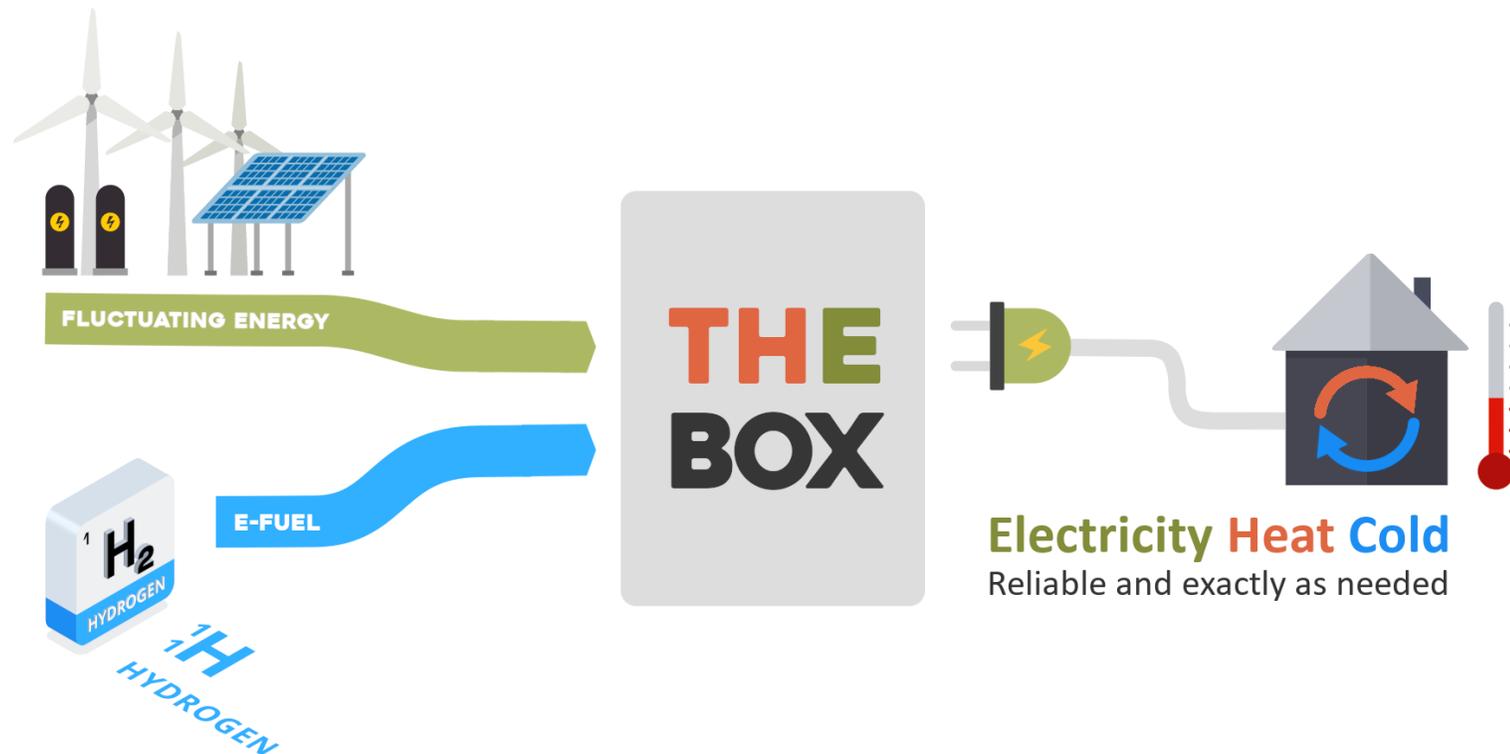


Wärmespeicher

- Regenerative Energie verwenden
- CO₂-frei oder zumindest CO₂-neutral
- Energieeffizient (hoher Wirkungsgrad)
- Netzdienlichkeit (nach Bedarf Energie ins Netz liefern bzw. Energie aus dem Netz abnehmen)
- Strom- und Wärmeversorgung nach Bedarf
- Sektorenkopplung

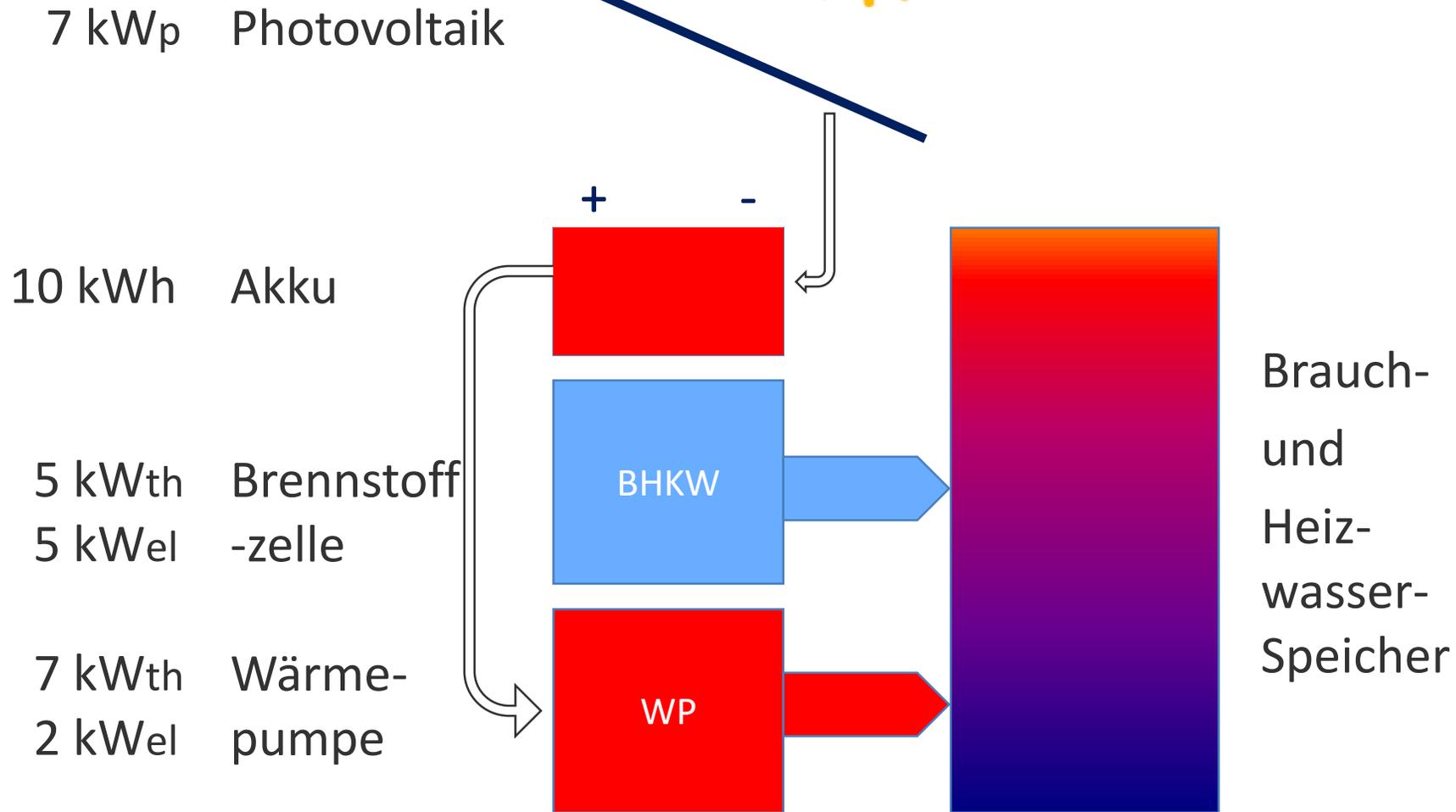
TH-E Box – **TH**ermische und **E**lektrische Energieerzeugung

Kombination aus **Photovoltaik, KWK (Brennstoffzelle), Wärmepumpe, Wärmespeicher und Stromspeicher**: Optimierte Steuerung sektorengestoppelter Anlagen



images by macrovector/freepik

Tag / Sommer



Nacht / Winter

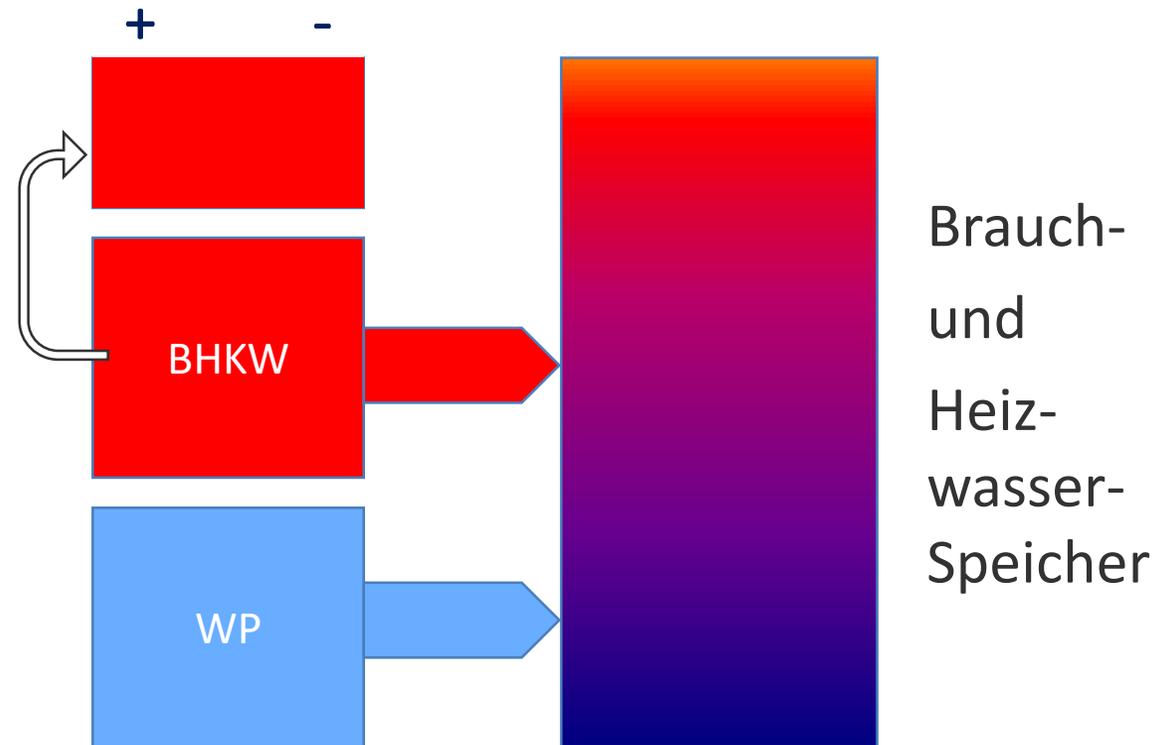


7 kW_p Photovoltaik

10 kWh Akku

5 kW_{th} Brennstoff-
5 kW_{el} zelle

7 kW_{th} Wärme-
2 kW_{el} pumpe



Kalt / Winter

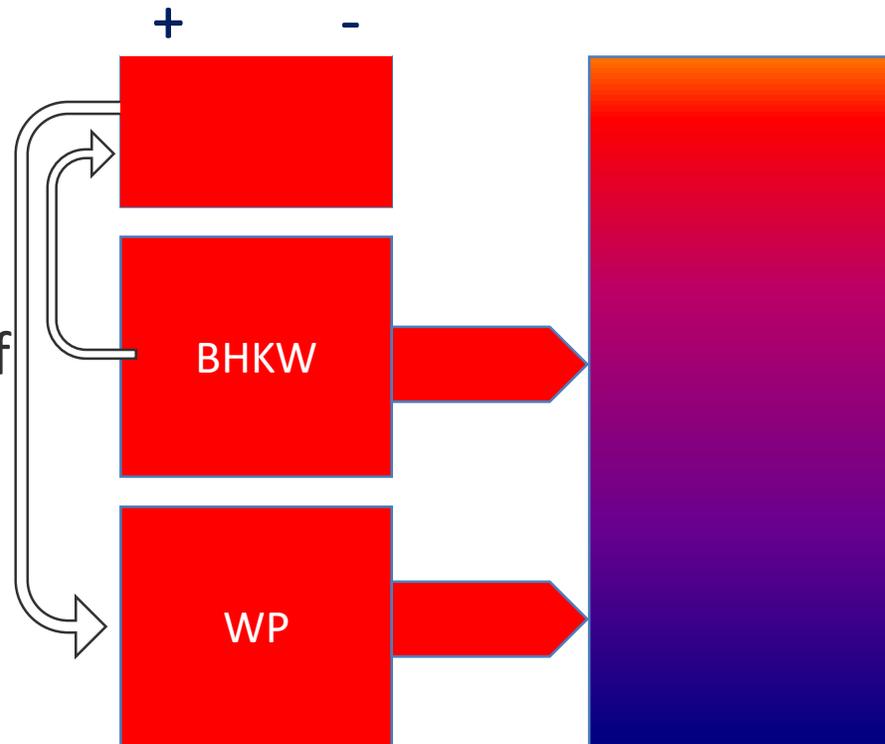


7 kW_p Photovoltaik

10 kWh Akku

5 kW_{th} Brennstoff-
5 kW_{el} zelle

7 kW_{th} Wärme-
2 kW_{el} pumpe



Brauch-
und
Heiz-
wasser-
Speicher

TH-E Box – THermische und E lektrische Energieerzeugung

Intelligent geregelte Kombination (sektorgekoppelter) Anlagen zum **netzdienlichen** und **optimalen** Verbrauch lokaler, regenerativer Energien:

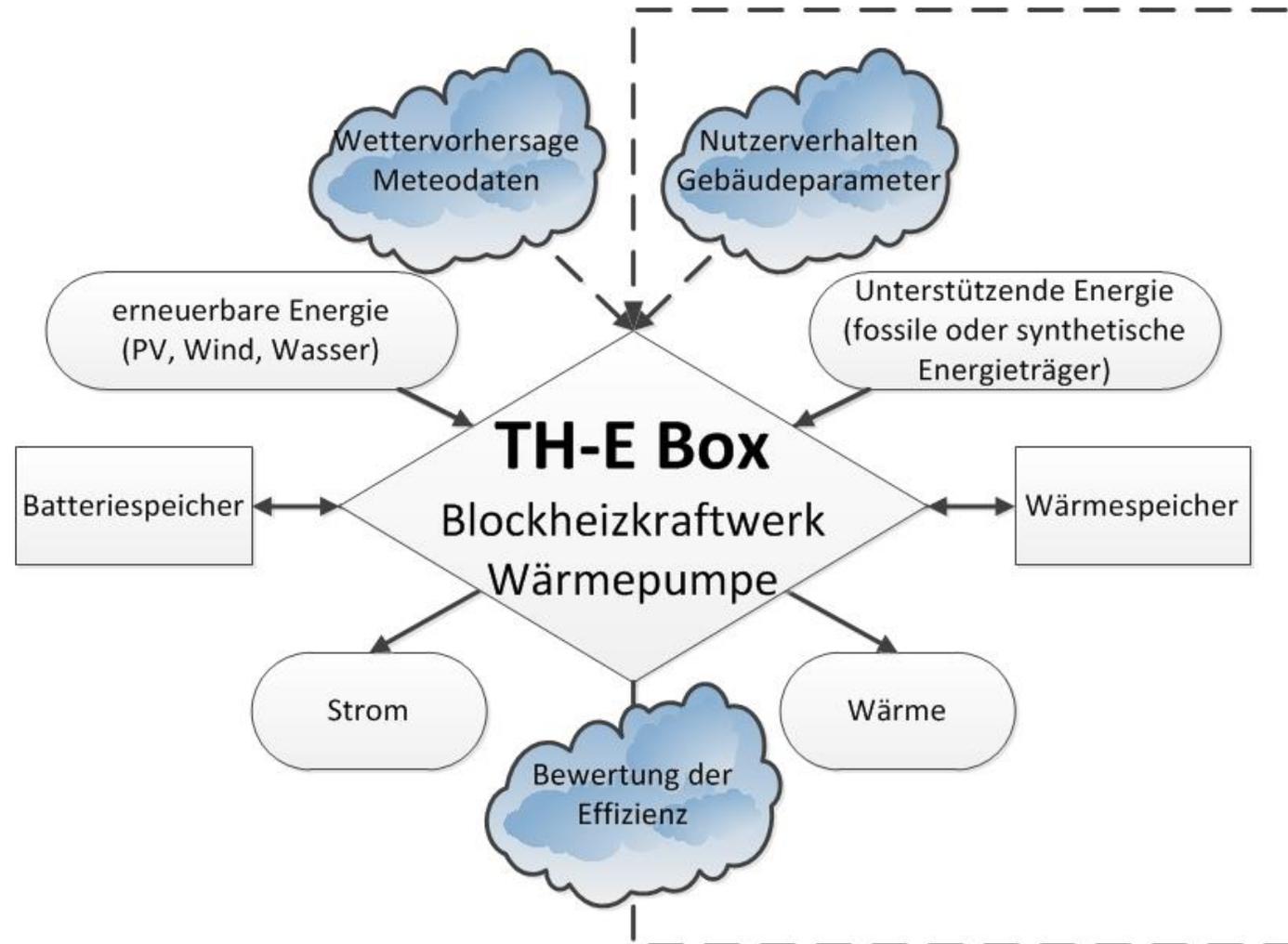
- Thermischer Speicher
- Elektrischer Speicher bzw. Batteriespeicher (Quelle/Senke)
- Brennstoffzelle bzw. allgemein BHKWs (Quelle)
- Wärmepumpe (Senke)

Zu jedem Zeitpunkt kann potentiell Energie **aufgenommen** oder **bereitgestellt** werden und somit netzdienlich agiert werden.

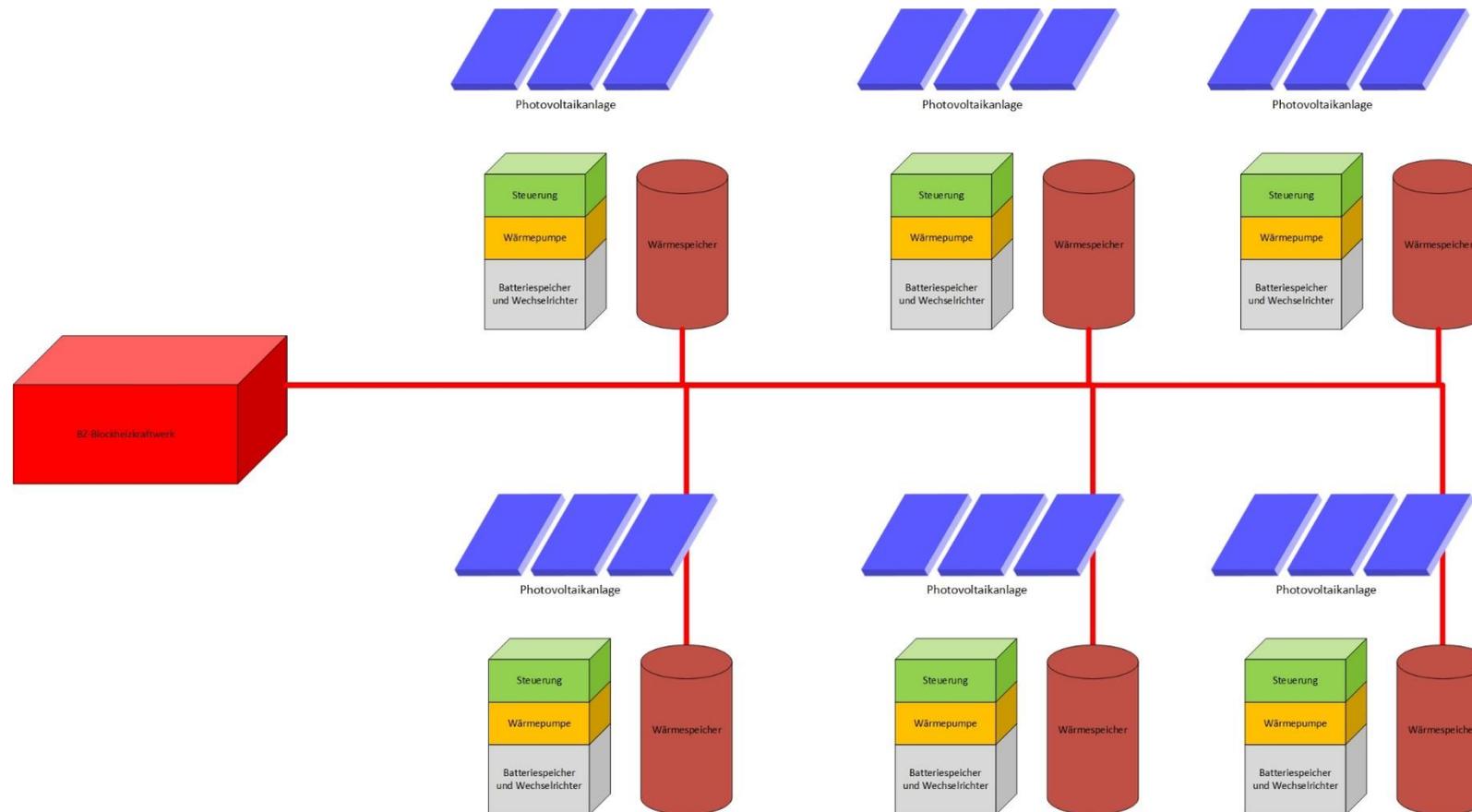
Wie funktioniert die Netzdienlichkeit von TH-E Box

- Netz braucht Energie – Frequenz $< 50\text{Hz}$
 - PV-Anlage liefert Strom ins Netz
 - Volle Batterien können Energie ins Netz liefern
 - BHKW kann gestartet werden und Energie ins Netz liefern
- Netz hat zu viel Energie – Frequenz $> 50\text{Hz}$
 - Batterien werden aus dem Netz geladen
 - Wärmepumpe startet und erzeugt Wärme auf Vorrat
 - Heizstab startet und erzeugt Wärme auf Vorrat
 - Angeschlossene Klimaanlage startet und erzeugt Kälte

Regelung



Quartierslösung mit ausgelagerter KWK und Nahwärmenetz



ANHANG 2

„Energiekette der Zukunft“

Zusammenfassung: „Energiekette der Zukunft“

- Die Clusterinitiative solarLAGO e.V. hat eine Konzeptstudie zur Vollversorgung des Landkreises Konstanz mit Erneuerbaren Energien erstellt.
- Ergebnis: **bis zu 7%** der Landkreisfläche würden für den Energiebedarf benötigt. Berücksichtigt ist Strom, Wärme, Industrie und Mobilität. PV, H2, grünes Methanol.
- Vergleich: **13%** der Fläche sind überbaut, **49%** werden landwirtschaftlich genutzt.
- Darauf aufbauend können jetzt konkrete Umsetzungsprojekte erfolgen, z.B. zu den Themen Digitalisierung, Seewasserpumpe, Methanol-Speicher, PV-Anlagen.

Ausgangspunkt: Energiemonitor 2019 – HTWG Konstanz

Energieträger	Insgesamt	Verkehr	Wohnen	Industrie	GHD	Öffentlich	Landwirtschaft
Strom*	1.382.638	7.663	424.018	574.167	347.906	12.597	16.287
Diesel	1.083.215	1.052.212	-	-	-	-	31.003
Benzin	631.544	624.774	-	-	-	-	6.770
Heizöl	618.581	-	503.340	15.556	57.136	13.857	28.692
Erdgas *	2.379.835	6.577	901.741	563.333	791.663	32.753	83.766
Holz	229.788	-	127.953	3.611	94.444	3.779	-
Solarthermie	18.086	-	18.086	-	-	-	-
Fernwärme	166.533	-	17.089	93.889	55.556	-	-
Kohle	-	-	-	-	-	-	-
Sonstige	347.778	-	-	347.778	-	-	-
SUMME	6.826.899	1.691.227	1.992.228	1.598.333	1.315.606	62.987	166.518

Geschätzter Endenergieverbrauch im Landkreis Konstanz 2019 in MWh

Energiemonitor 2019 – HTWG Konstanz

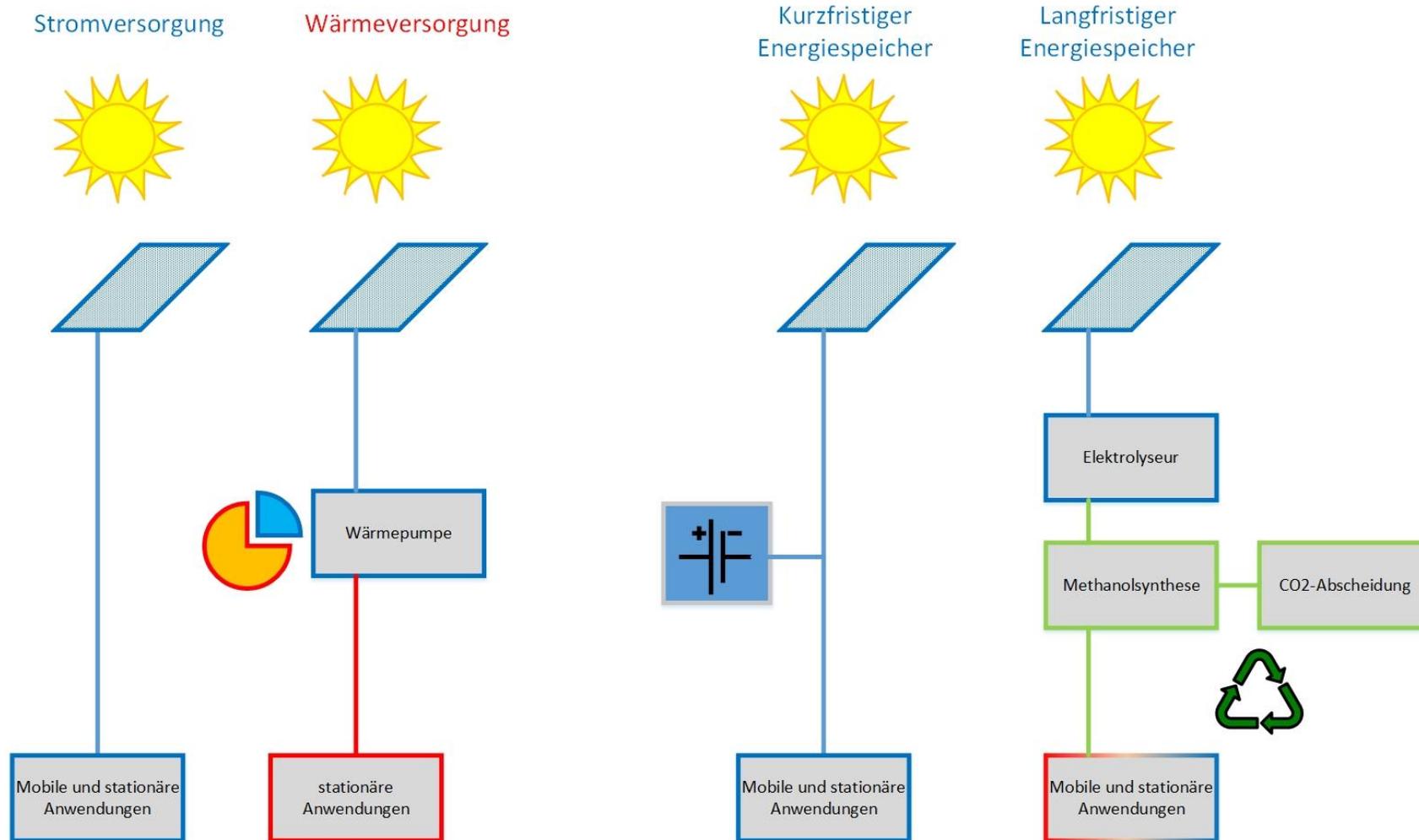
Energieträger	Insgesamt	Verkehr	Wohnen	Industrie	GHD	Öffentlich	Landwirtschaft
Strom	1.382.638	7.663	424.018	574.167	347.906	12.597	16.287
Diesel	1.083.215	1.052.212	-	-	-	-	31.003
Benzin	631.544	624.774	-	-	-	-	6.770
Heizöl	618.581	-	503.340	15.556	57.136	13.857	28.692
Erdgas	2.379.835	6.577	901.741	563.333	791.663	32.753	83.766
Holz	229.788	-	127.953	3.611	94.444	3.779	-
Solarthermie	18.086	-	18.086	-	-	-	-
Fernwärme	166.533	-	17.089	93.889	55.556	-	-
Kohle	-	-	-	-	-	-	-
Sonstige	347.778	-	-	347.778	-	-	-
SUMME	6.826.899	1.691.227	1.992.228	1.598.333	1.315.606	62.987	166.518

Geschätzter Endenergieverbrauch im Landkreis Konstanz 2019 in MWh

Primärenergieträger im Landkreis Konstanz

- Photovoltaikenergie hat im Landkreis Konstanz das größte Potential
- Relativ wenig Wasserkraftstandorte
- Geringes Windpotential im Landkreis Konstanz
- In Studie liegt der Fokus auf Photovoltaikstrom
- Batterien als Kurzzeit-Energiespeicher
- Methanol als Langzeit-Energiespeicher

Umstellung der Energieträger, Speicher, Anwendungen



Wie wurde diese Studie durchgeführt

- Wie wird sich welcher Sektor entwickeln?
- Mit welcher Energie wird der Sektor zukünftig versorgt?
- Wie ist der jahreszeitliche Bedarf?
- Was bedeutet das für die direkte Primärenergieversorgung?
- Welchen Einfluss hat der Sektor auf die Methanolproduktion bzw. Methanolversorgung
- Welches Potential in der Primärenergieversorgung muss für die Methanolproduktion berücksichtigt werden

Angenommene Transformationen - Mobilität

- Alle Benzinfahrzeuge werden zukünftig zu 100% batterieelektrisch angetrieben
- Alle Erdgasfahrzeuge werden zukünftig zu 100% batterieelektrisch angetrieben
- Alle Dieselfahrzeuge im Verkehr werden zukünftig zu 50% batterieelektrisch und 50% mit Methanol (Brennstoffzelle oder Verbrennungsmotor) angetrieben
- Alle Dieselfahrzeuge in der Landwirtschaft/Schwerlast werden zukünftig zu 100% mit Methanol (Brennstoffzelle oder Verbrennungsmotor) angetrieben

Angenommene Transformationen - Wärme

- Wärme wird in Zukunft zu 60% über Wärmepumpen (Strom), 30% über BHKW (Stromproduktion) und 10% über Direktverbrennung (z.B. für Industrieprozesse) hergestellt
- Die in den verschiedenen Varianten berechnete Wärmeeinsparung durch Dämmmaßnahmen wird mit 50% im privaten Bereich festgelegt.
- Solarthermie wird durch PV-betriebene Wärmepumpen ersetzt

Weitere Annahmen

- Wirkungsgradvergleich: Verbrennerfahrzeug vs. EV: 0,25
- Wirkungsgradvergleich: Verbrennerfahrzeug vs. Fahrzeug mit MeOH-Brennstoffzelle: 1
- benötigte Strommenge für Methanolproduktion: 2,1 MWh/MWh (inkl. Elektrolyse, CO₂-Abscheidung und Methanolsynthese)
- COP der Wärmepumpen: 3,5 – Annahme für den gesamten Landkreis – bleibt über das ganz Jahr gleich

Wärmeversorgung

- Wärmepumpe als zentrale Komponente für die Wärmeversorgung
- Investierte elektrische Energie kann durch kostenlose Umweltwärme gehebelt werden
- Besonders sinnvoll in Kombination mit Blockheizkraftwerken
- Blockheizkraftwerke liefern Wärme und Strom für die Wärmepumpen im Winter
- Blockheizkraftwerke ins Nahwärmenetz geeignet
- Blockheizkraftwerk als künstliche Sonne im Winter
- Methanol (gespeicherter Sonnenstrom aus dem Sommer) als Treibstoff für den Winter

Zukünftige Rolle von Wasserstoff und Methanol

- Wasserstoff als zentraler Baustein der Energiewende
- Macht Sinn, sobald regenerative Überschussenergie abgeregelt werden muss, da das Netz keine Energie mehr aufnehmen kann
- Allerdings hat Wasserstoff als Gas nicht die besten Energiedichten (Flüssigwasserstoff und Drücke von 300 bis 700bar sind als Langzeitspeicher nicht besonders geeignet)
- Der erste flüssige Energieträger – und daher am leichtesten herzustellen – ist Methanol.
- Auch bei der Methanolsynthese (Kombination von Wasserstoff und Kohlendioxid) spielt Wasserstoff eine zentrale Rolle

Interne und externe Methanolproduktion

- Methanolproduktion ist energetisch aufwändig – für eine Kilowattstunde Methanol muss 2,1 Kilowattstunden regenerative Energie eingesetzt werden
- ABER: die Wirkungsgraddebatte ist in diesem Fall nicht zielführend – die Alternative ist noch schlechter (Abregeln der Solar- und Windparks)
- Da Methanol als Flüssigkeit gut transportierbar ist (ohne Druck und ohne tiefe Temperaturen), stellt sich die Frage, ob es nicht besser ist, Methanol z.B. aus dem Sonnengürtel der Welt zu importieren.
- Das entspannt den Flächenbedarf im Landkreis enorm

Unterschiedliche Varianten

- **Variante 1:** ohne Wärmedämmung und Methanolproduktion im Landkreis Konstanz
- **Variante 2:** mit Wärmedämmung (50% Reduktion des Wärmebedarfs im privaten Bereich – keine Veränderungen im industriellen/gewerblichen Bereich, sowie Methanolproduktion im Landkreis Konstanz
- **Variante 3:** ohne Wärmedämmung und Methanolproduktion nicht im Landkreis Konstanz (Import von Methanol aus energetisch optimierten Standorten)
- **Variante 4:** mit Wärmedämmung (50% Reduktion des Wärmebedarfs im privaten Bereich – keine Veränderungen im industriellen/gewerblichen Bereich, sowie einer ausgelagerten Methanolproduktion (Import von Methanol aus energetisch optimierten Standorten)

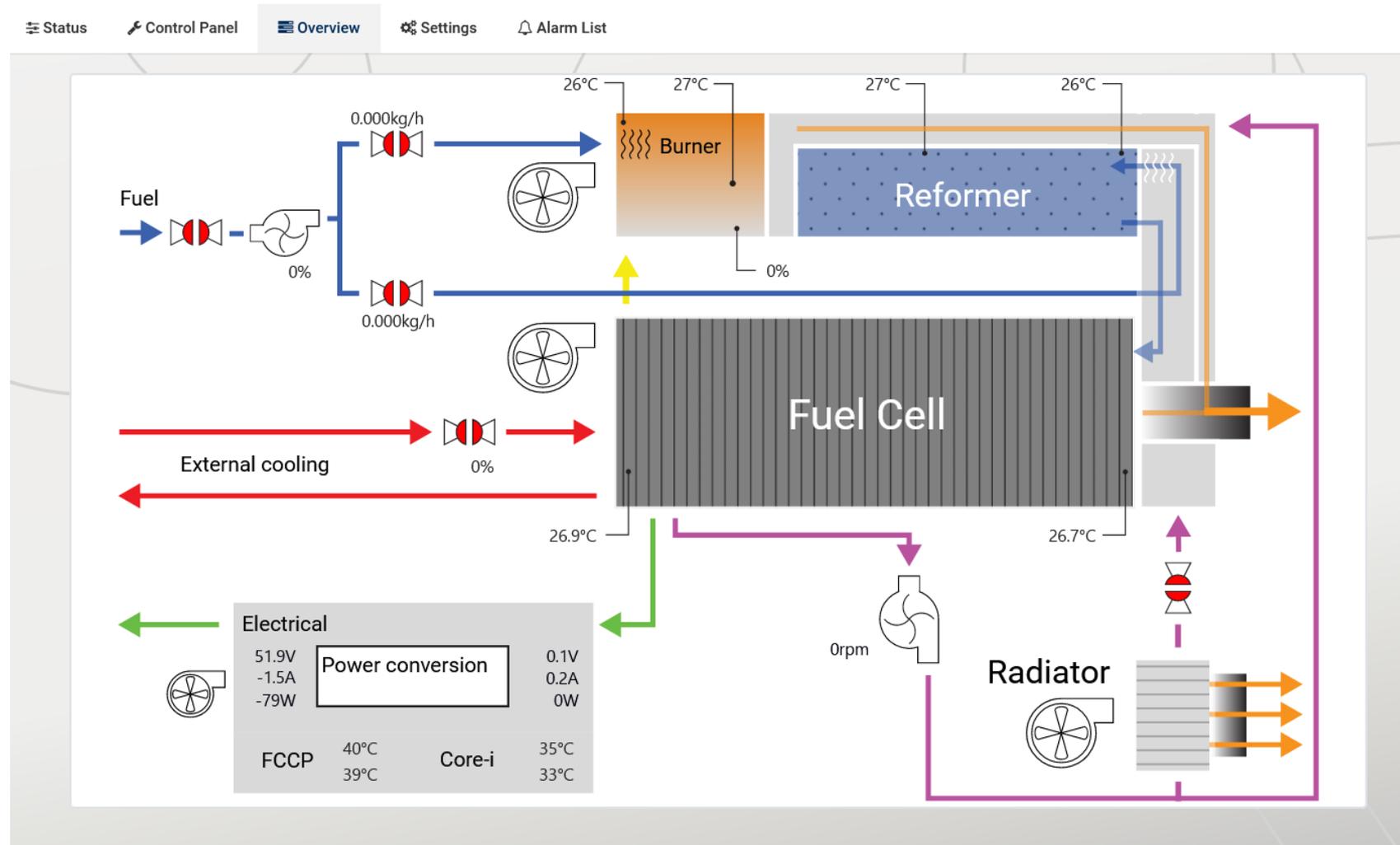
Ergebnisse der unterschiedlichen Varianten

	Flächenbedarf	Flächenbedarf absolut	Ungefähre Kosten für PV-Anlage
	[%]	[ha]	[Mio€]
Variante 1	8,3	6.764	4.734
Variante 2	7,3	5.883	4.118
Variante 3	2,3	1.862	1.303
Variante 4	2,2	1.822	1.275

ANHANG 3

Methanol-Brennstoffzelle

Brennstoffzellen und Reformereinheit



Brennstoffzellen und Reformereinheit

E-Ladestationen mit PV, Wechselrichter, Batteriespeicher und Brennstoffzelle

