

# 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

---

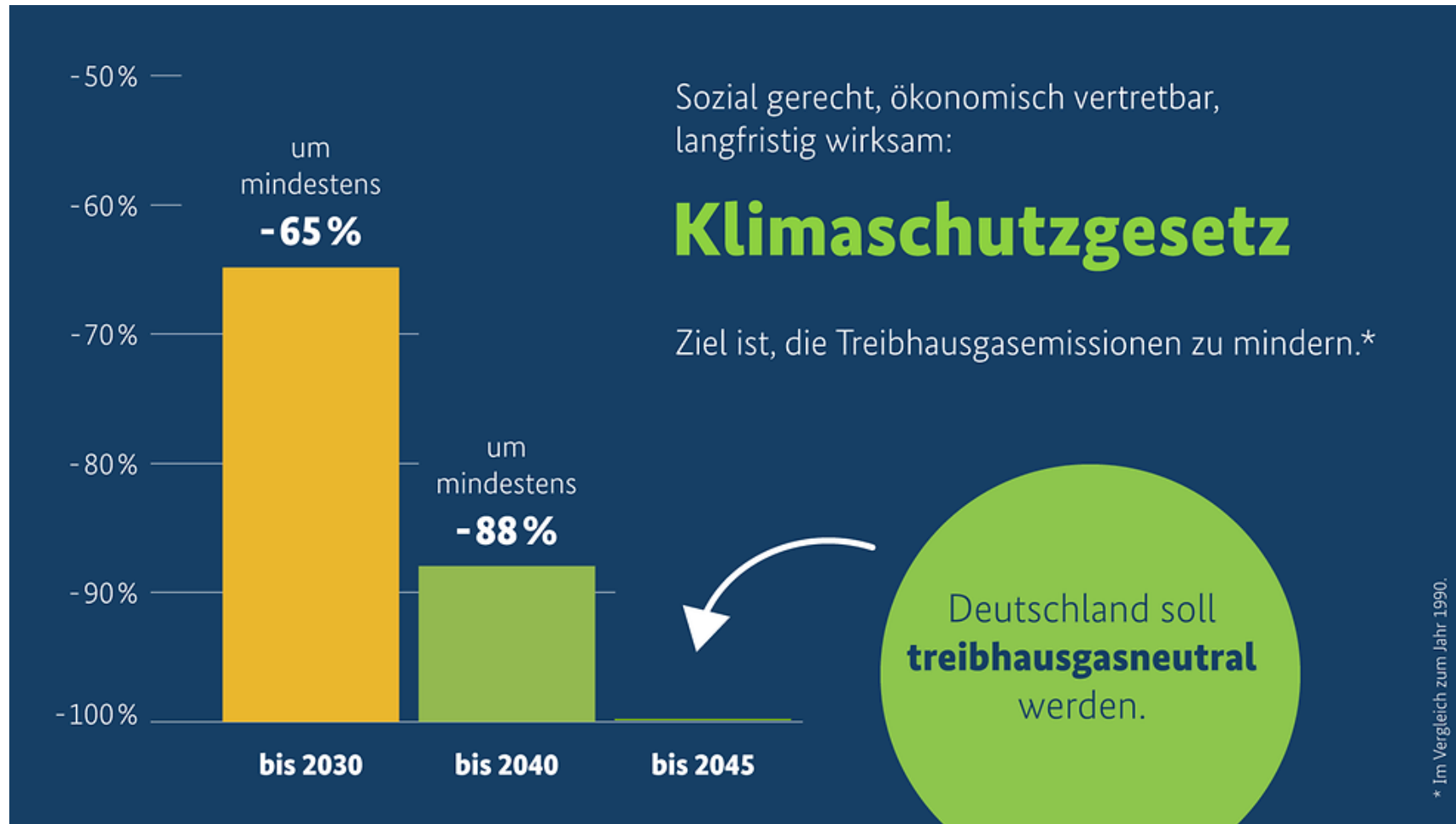
- Einleitung
- Photovoltaik im Altstadtquartier
- Wärmepumpe UND Kraft-Wärme-Kopplung KWK
- Wohnquartier „Dübelhölzle“ in Allensbach
- Konstanz Smart Green City: Schlaue Solardächer
- Zusammenfassung
- Anhänge

# Einleitung

---

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

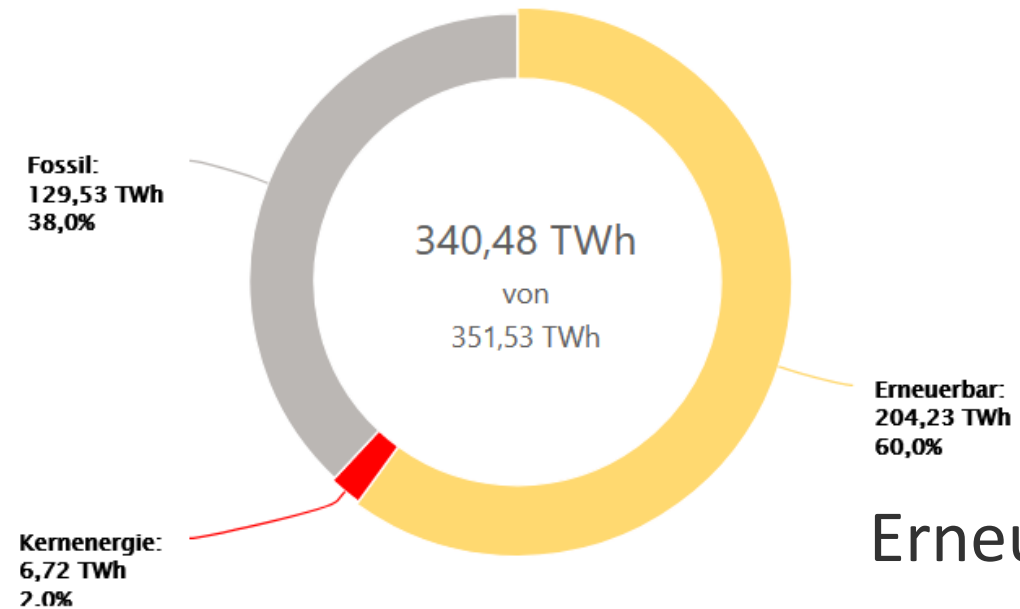
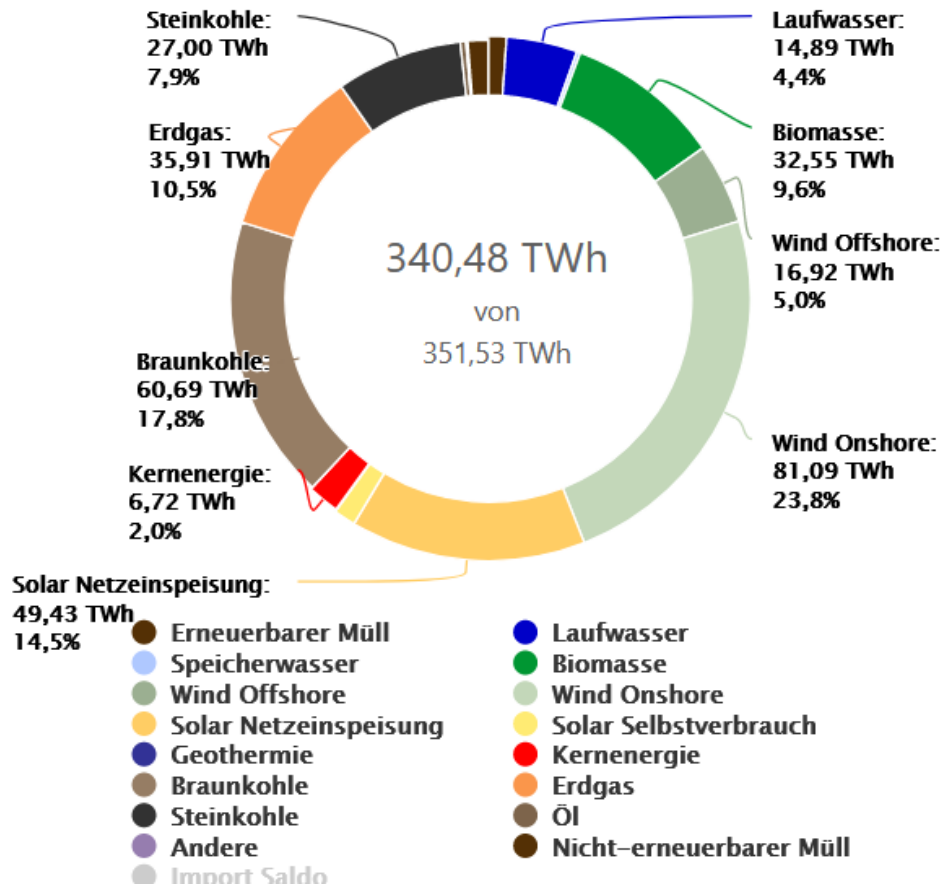
# Ziele der Bundesregierung





# Im Strombereich auf einem guten Weg

Öffentliche Nettostromerzeugung in Deutschland 2023



Erneuerbar  
60%(2023)

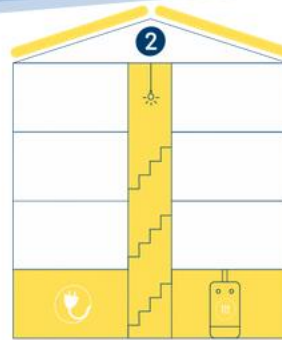
[https://www.energy-charts.info/charts/energy\\_pie/chart.htm?l=de&c=DE&interval=year](https://www.energy-charts.info/charts/energy_pie/chart.htm?l=de&c=DE&interval=year)

# PV Betreibermodelle für das Mehrfamilienhaus



## Stromlieferung in die Wohnung

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



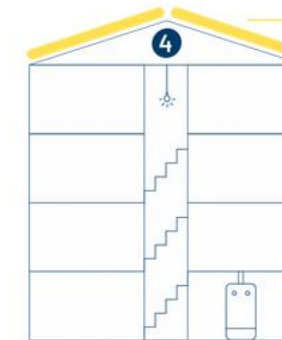
## Allgemeinstrom-Versorgung

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

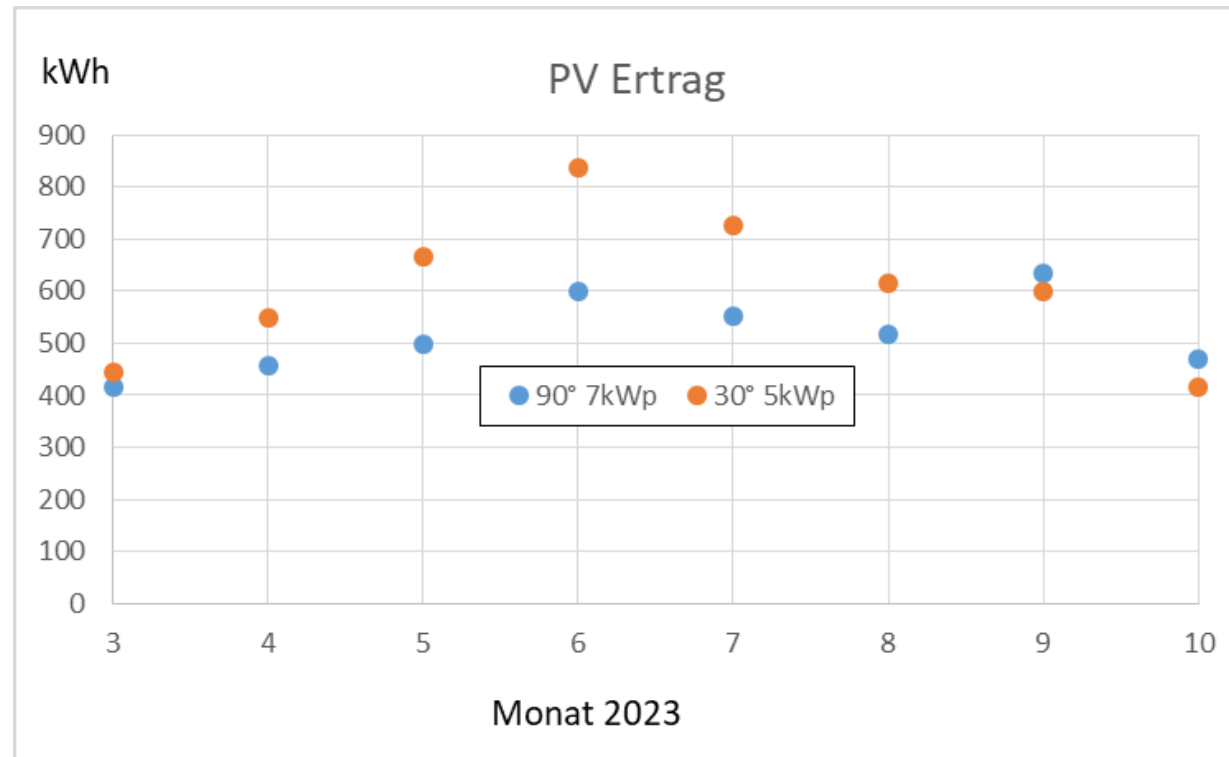
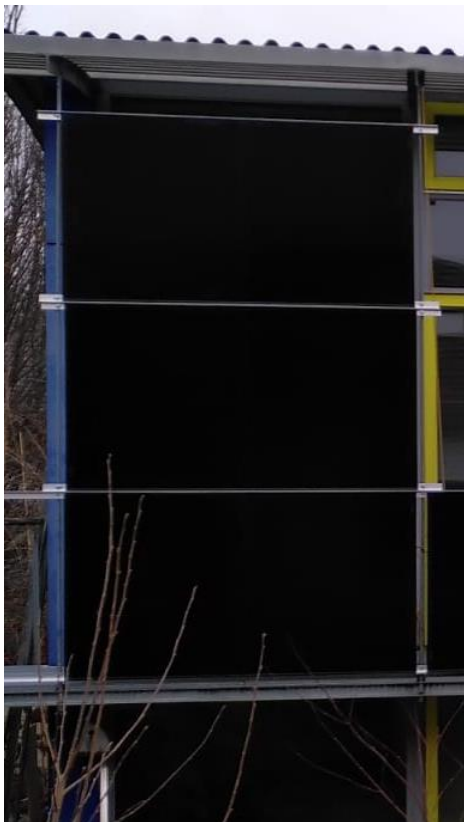
---



PV-Module  
10 kWp



# Es geht auch senkrecht!



# Es geht auch farbig

---


## AX M-60 3.2 premium ensemble

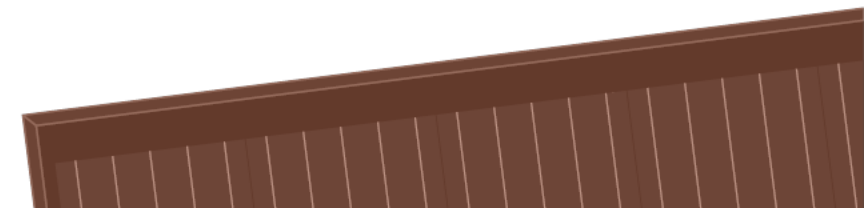
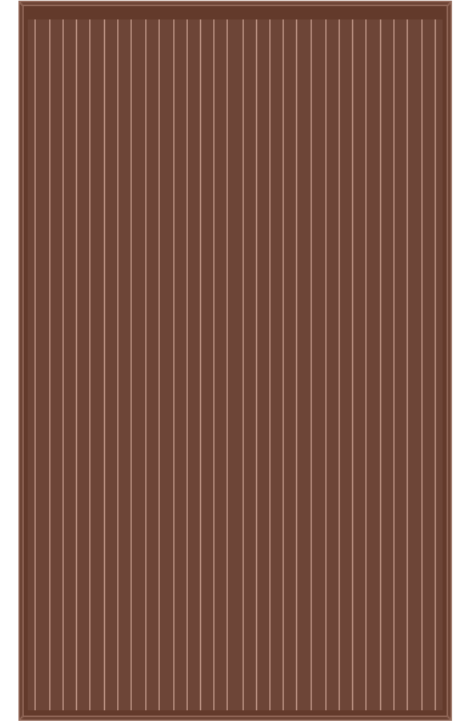
*Photovoltaikmodule aus deutscher Herstellung –  
entwickelt und gefertigt mit oberschwäbischem  
Qualitätsanspruch*

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**

Jetzt kostenlos beraten lassen

## Rote Solar Module

für das Ziegeldach

● "Cotto"-Rote Solarmodule

● Traditionelle Solarmodule

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

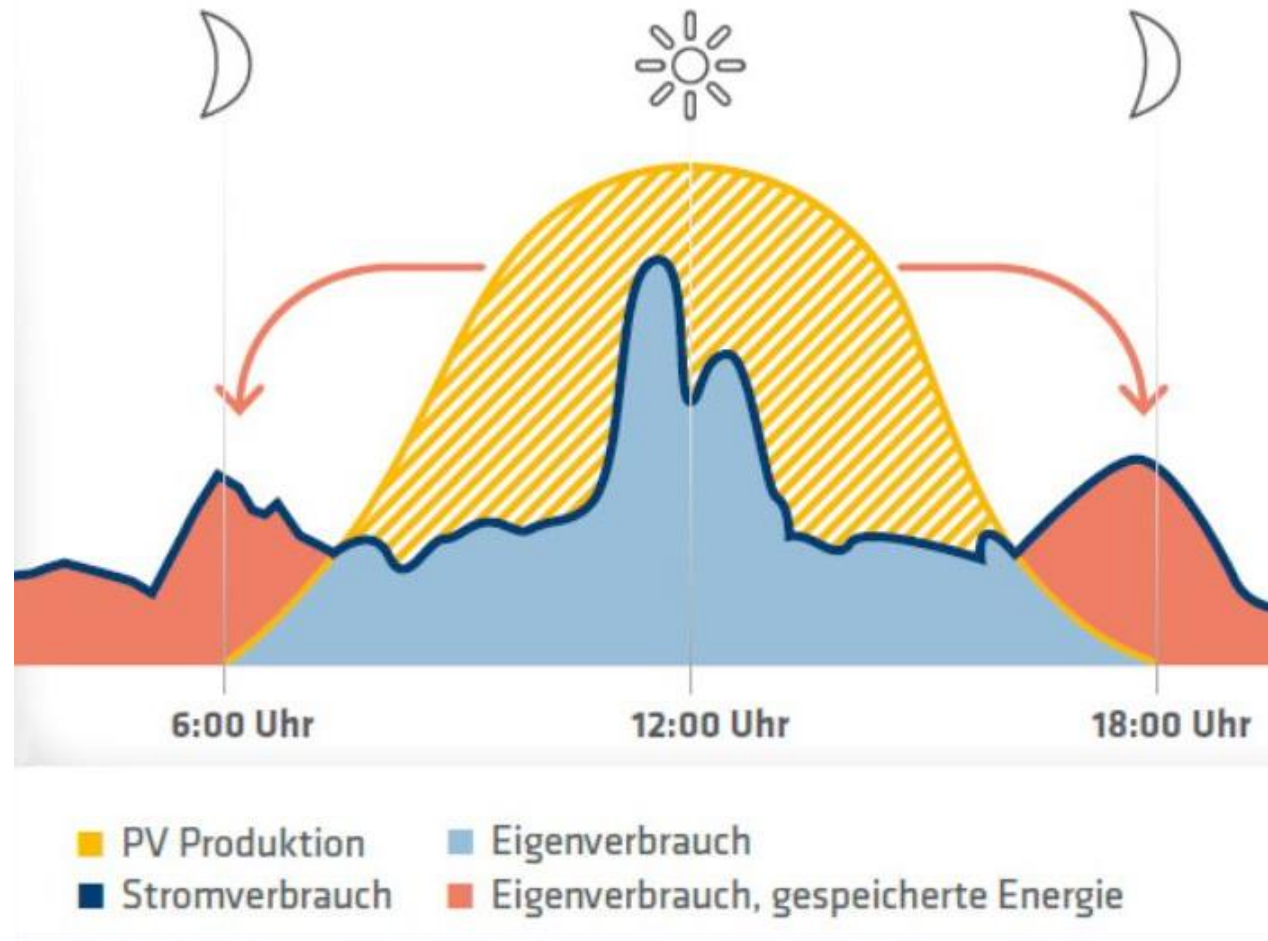


oder voll integriert



<https://www.autarq.com>

# Photovoltaik mit Batteriespeicher

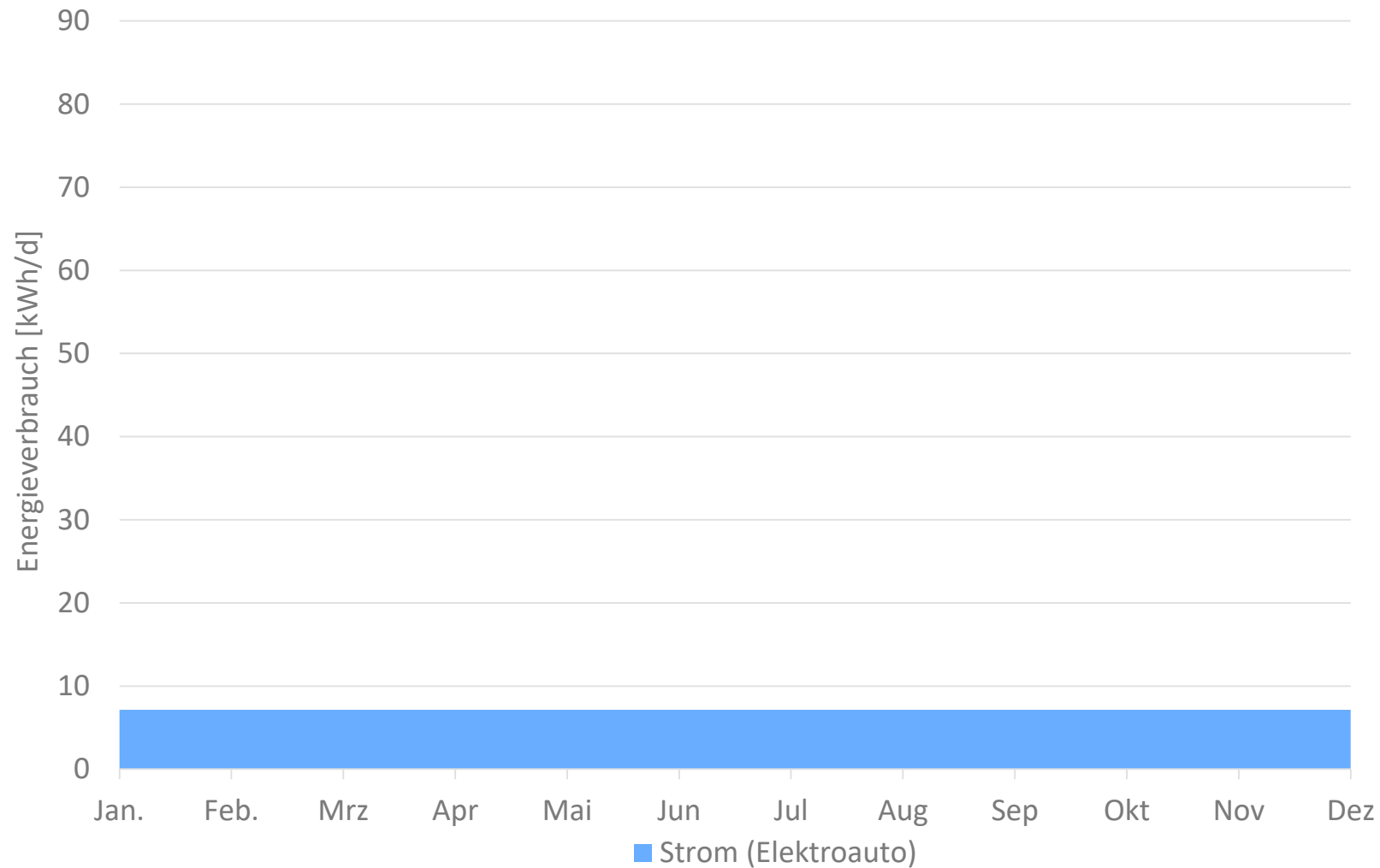


# Wärmepumpe UND Kraft-Wärme-Kopplung KWK

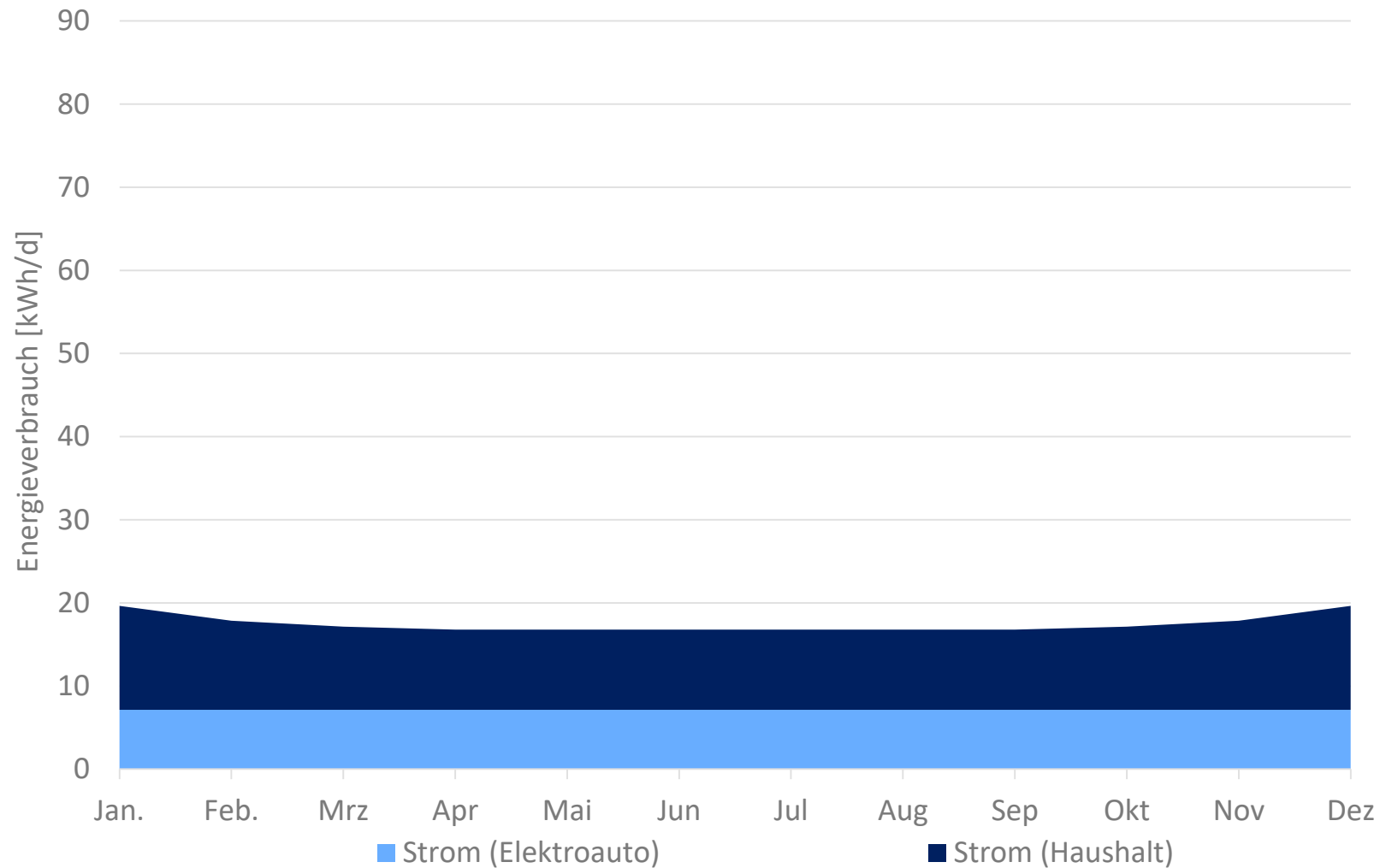
---

- 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

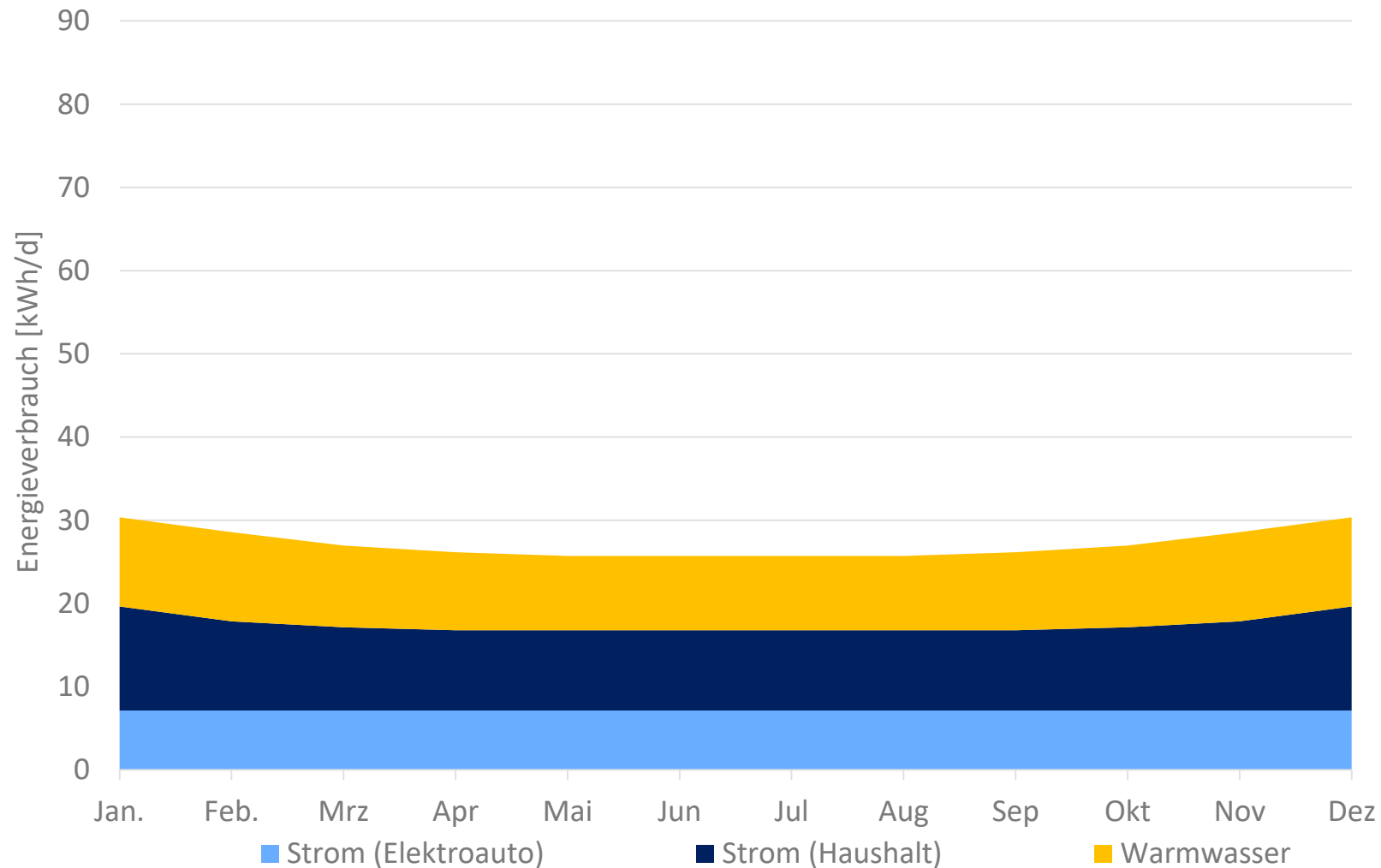


# Saisonaler Speicher – die große Herausforderung

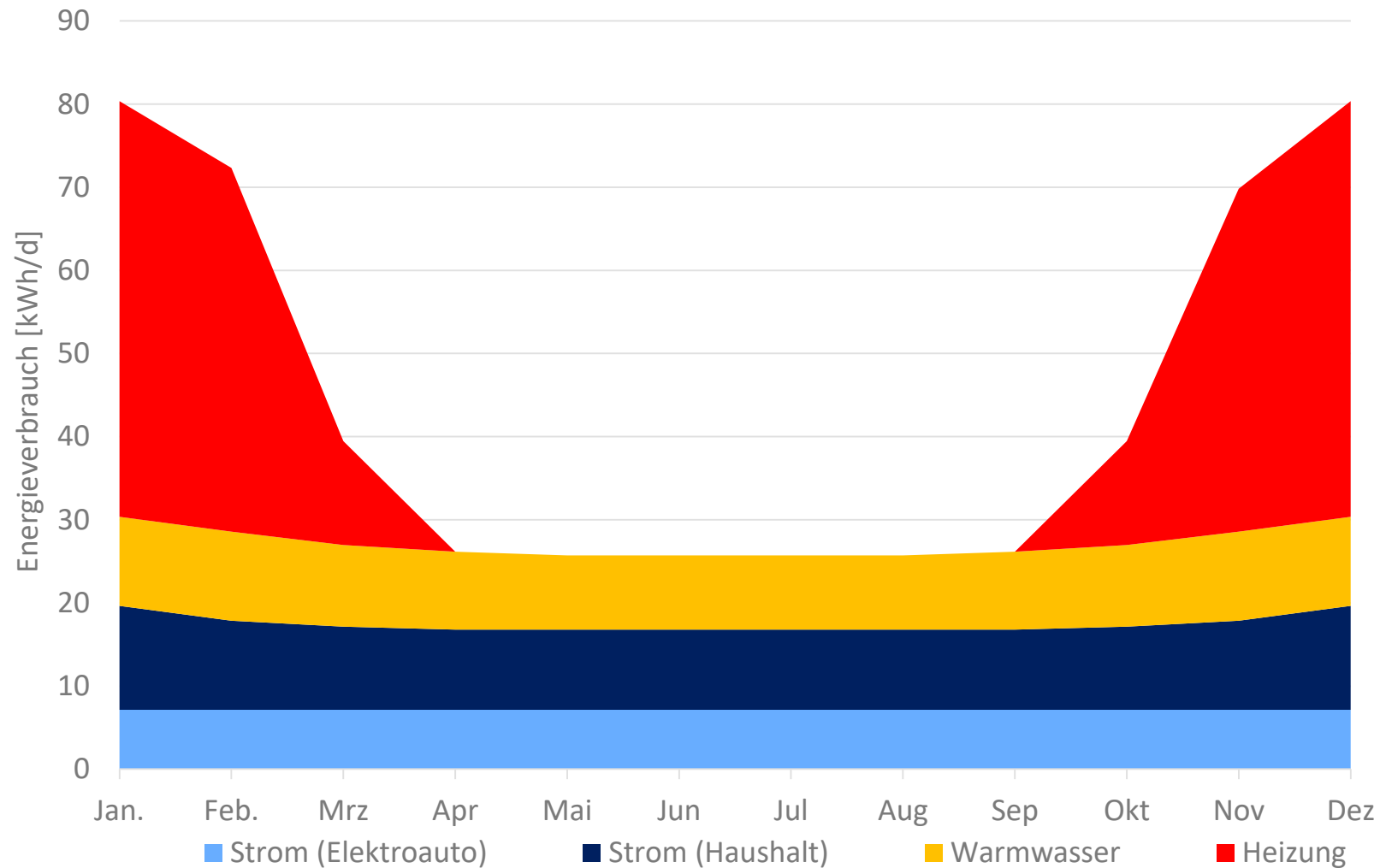




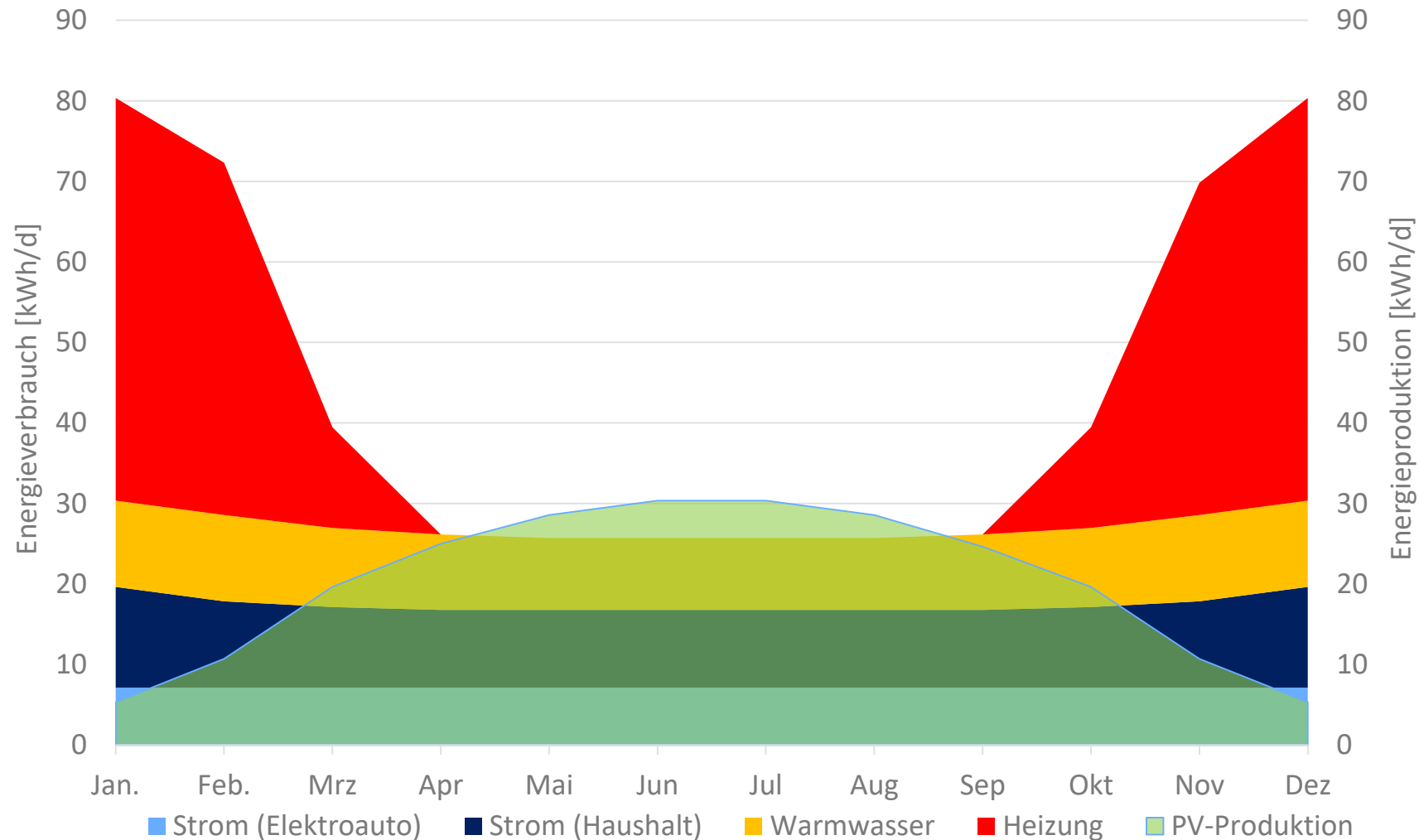
# Saisonaler Speicher – die große Herausforderung



# Saisonaler Speicher – die große Herausforderung



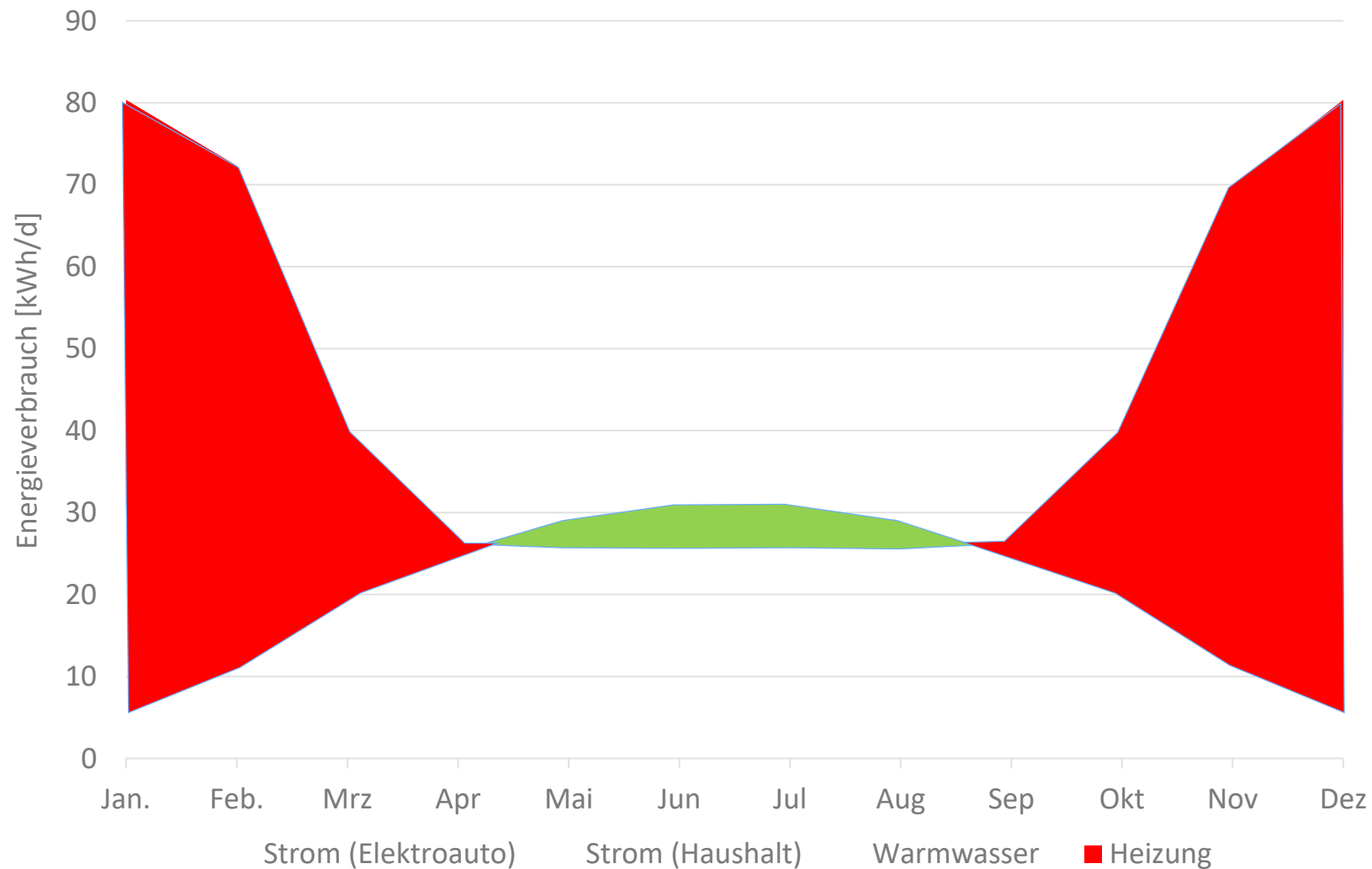
# Saisonaler Speicher – die große Herausforderung



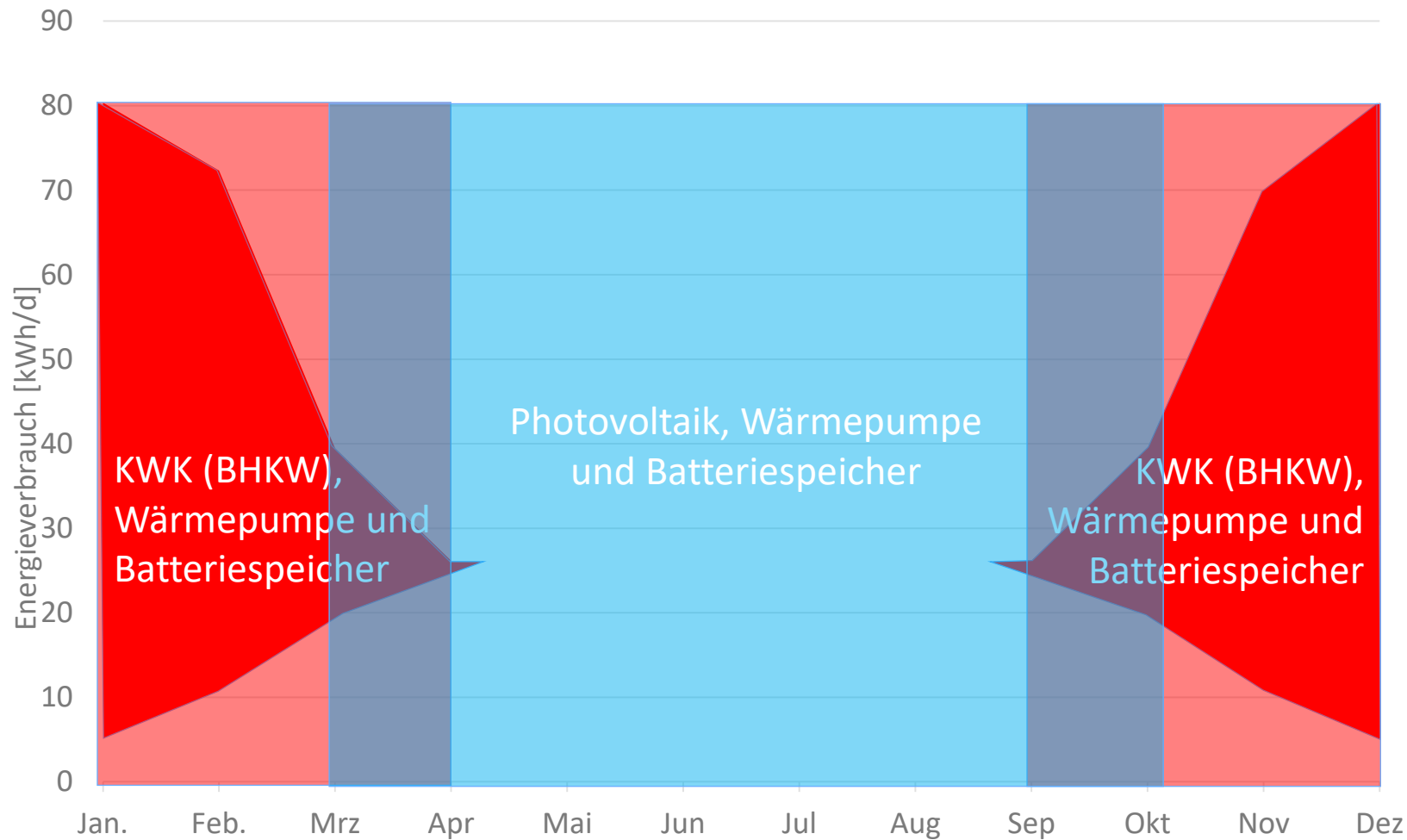
Einfamilienhaus mit 150m<sup>2</sup> WF

- 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 (150m<sup>2</sup> - ~43kWh/m<sup>2</sup>)
- 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*

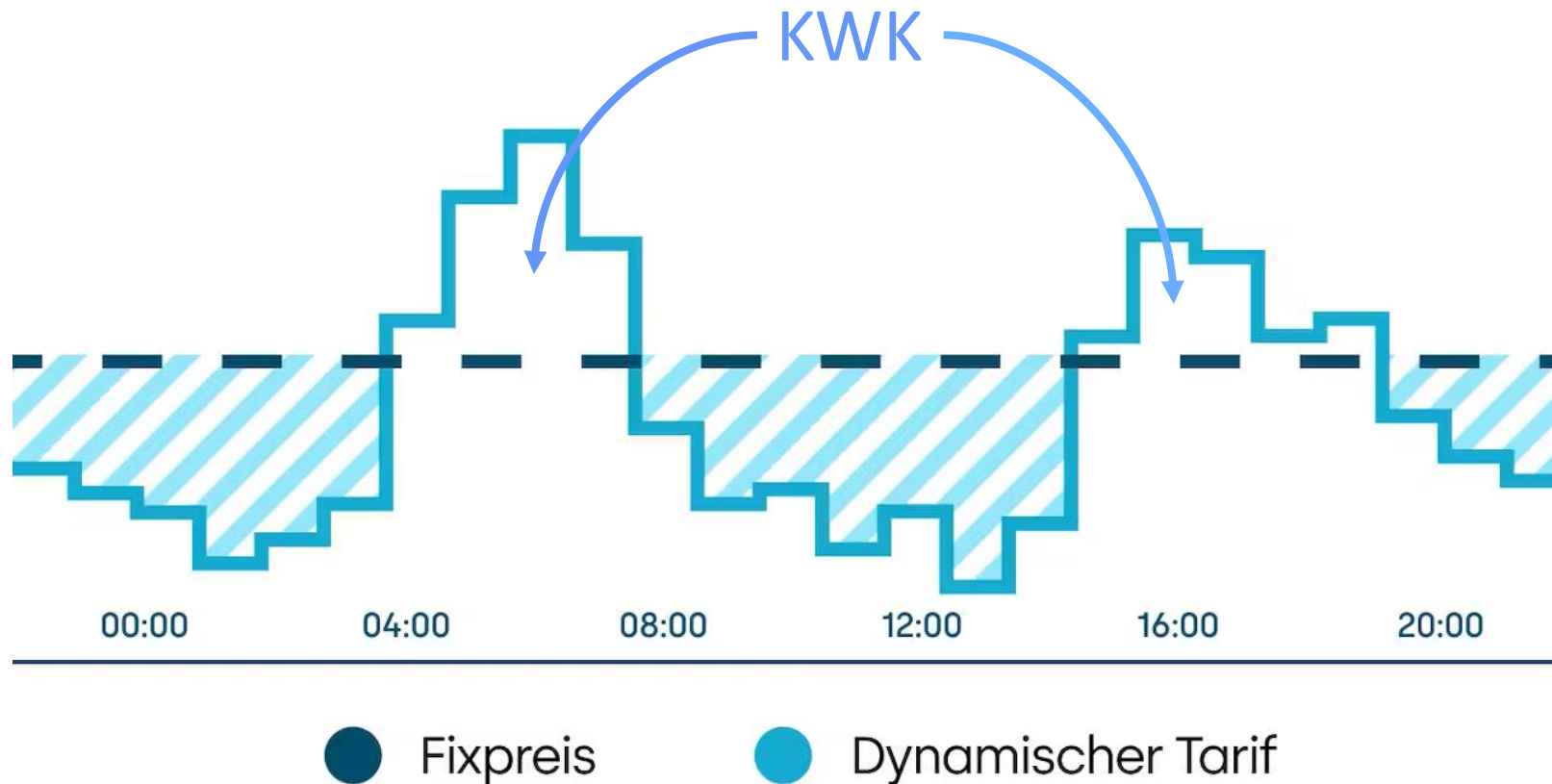
- *Erzeugung des BHKWs*
- *Erzeugung der Dachanlagen der Mehrfamilienhäuser*
- *Überschuss der Dachanlagen der Doppelhaushälften*

*Bidirektionale Zählerpunkte im Keller*





# Beispiel: Dynamischer Stromtarif als Anreiz



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

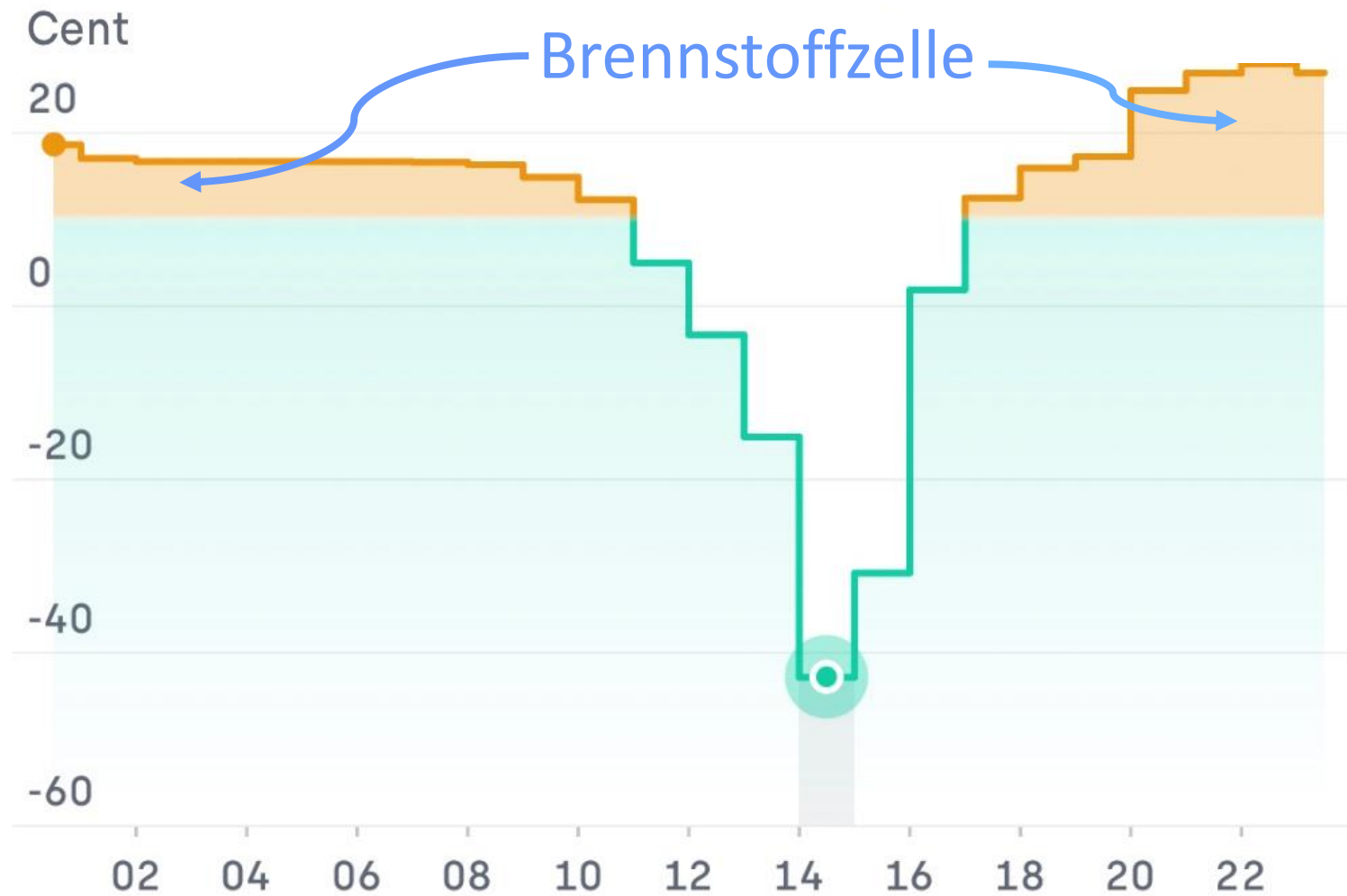
# Dynamischer Stromtarif als Anreiz



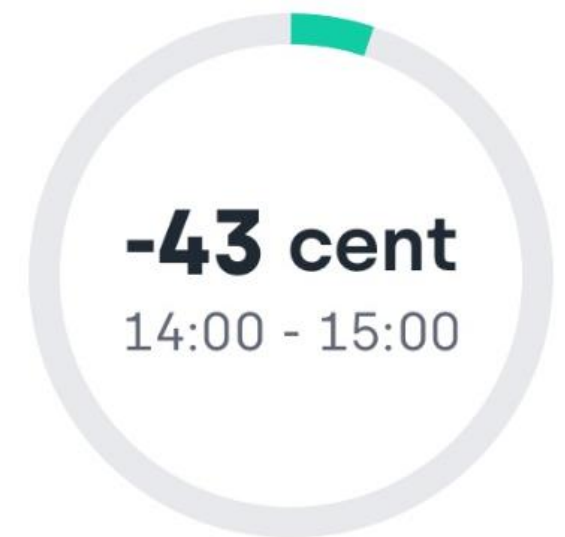
Sonntag, 24.09.2023

<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



---

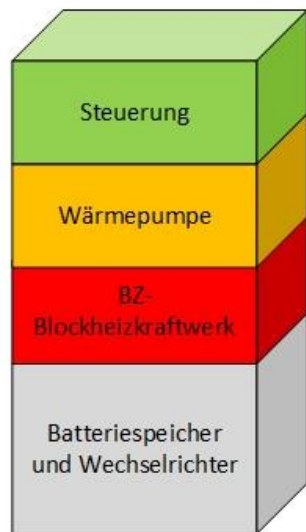
# ANHANG 1

## TH-E Box – **T**Hermische und **E**lektrische Energieerzeugung

# TH-E Box – THermische und E lektrische Energieerzeugung



Photovoltaikanlage



Blockheizkraftwerk als künstliche Sonne

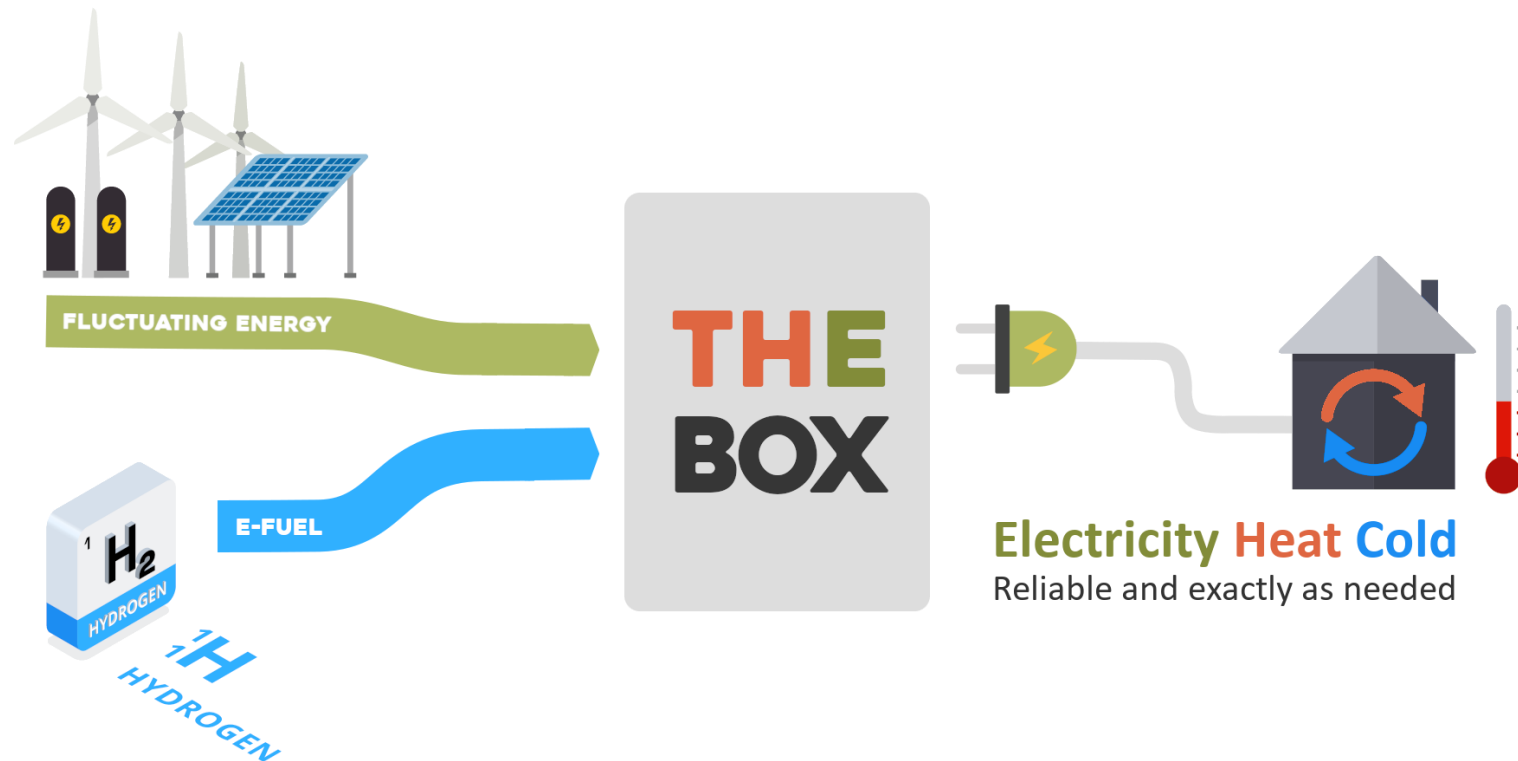


Wärmespeicher

- Regenerative Energie verwenden
- CO<sub>2</sub>-frei oder zumindest CO<sub>2</sub>-neutral
- Energieeffizient (hoher Wirkungsgrad)
- Netzdienlichkeit (nach Bedarf Energie ins Netz liefern bzw. Energie aus dem Netz abnehmen)
- Strom- und Wärmeversorgung nach Bedarf
- Sektorenkopplung

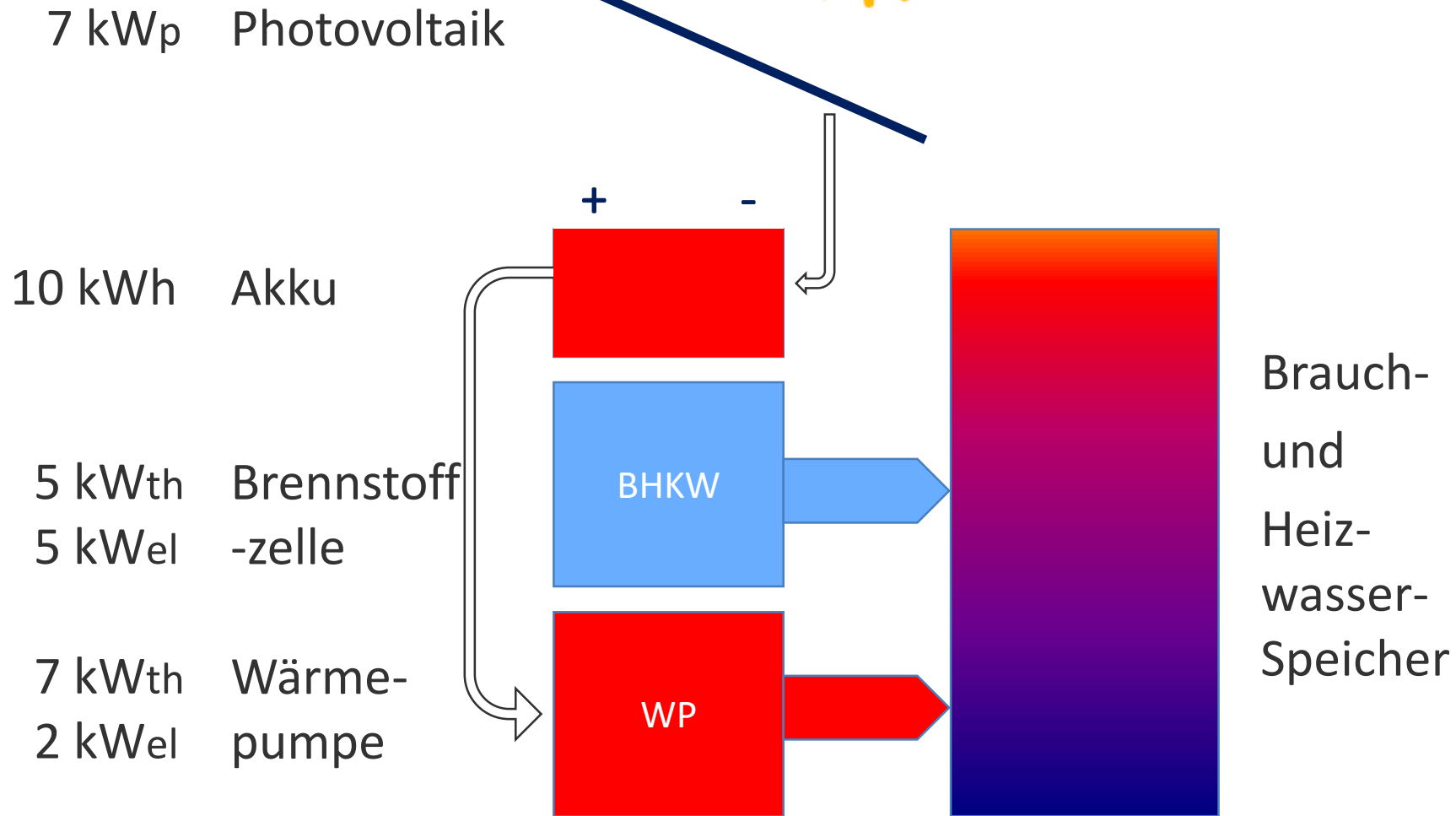
# TH-E Box – **TH**ermische und **E**lektrische Energieerzeugung

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



images by macrovector/freepik

# Tag / Sommer



# Nacht / Winter

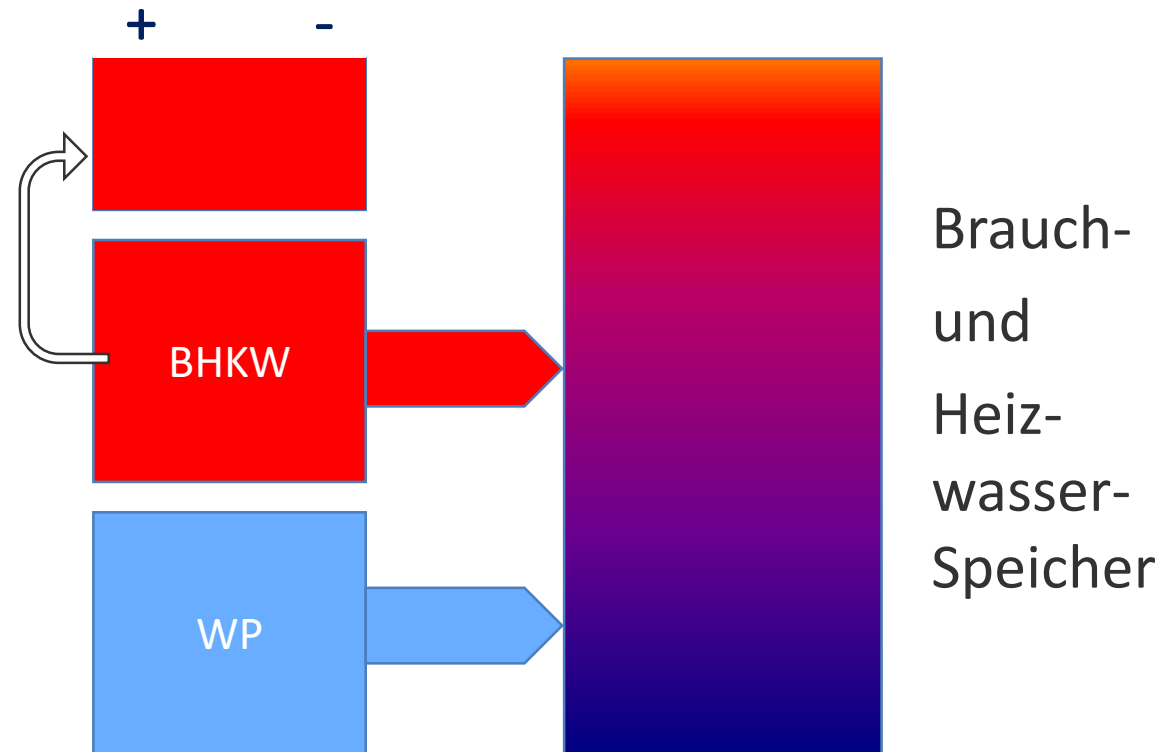


7 kW<sub>p</sub> Photovoltaik

10 kWh Akku

5 kW<sub>th</sub> Brennstoff-  
5 kW<sub>el</sub> zelle

7 kW<sub>th</sub> Wärme-  
2 kW<sub>el</sub> pumpe





# Kalt / Winter

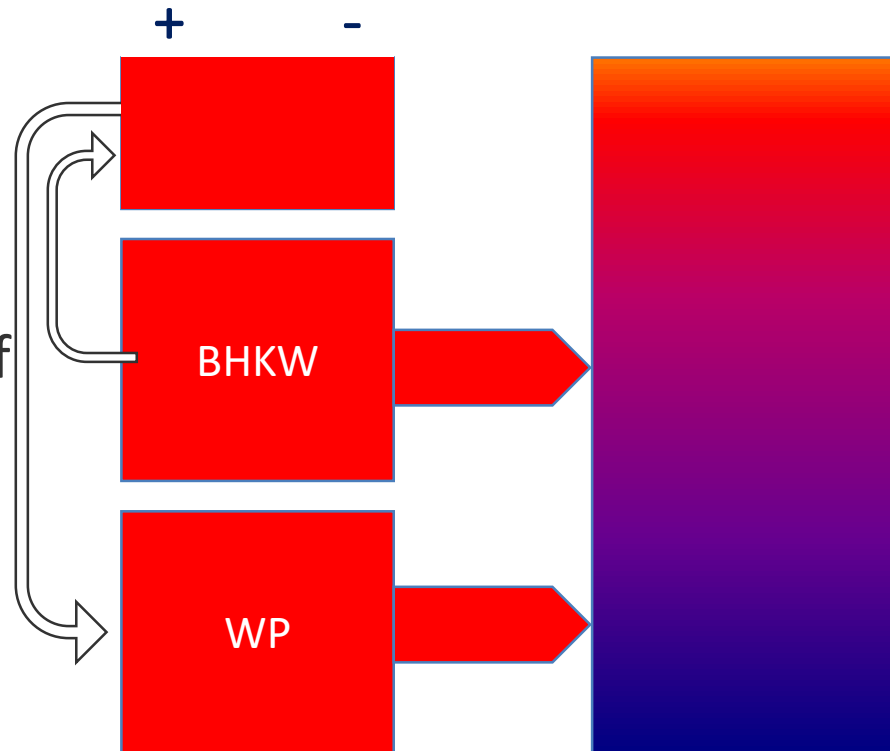


7 kW<sub>p</sub> Photovoltaik

10 kWh Akku

5 kW<sub>th</sub> Brennstoff-  
5 kW<sub>el</sub> zelle

7 kW<sub>th</sub> Wärme-  
2 kW<sub>el</sub> 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)

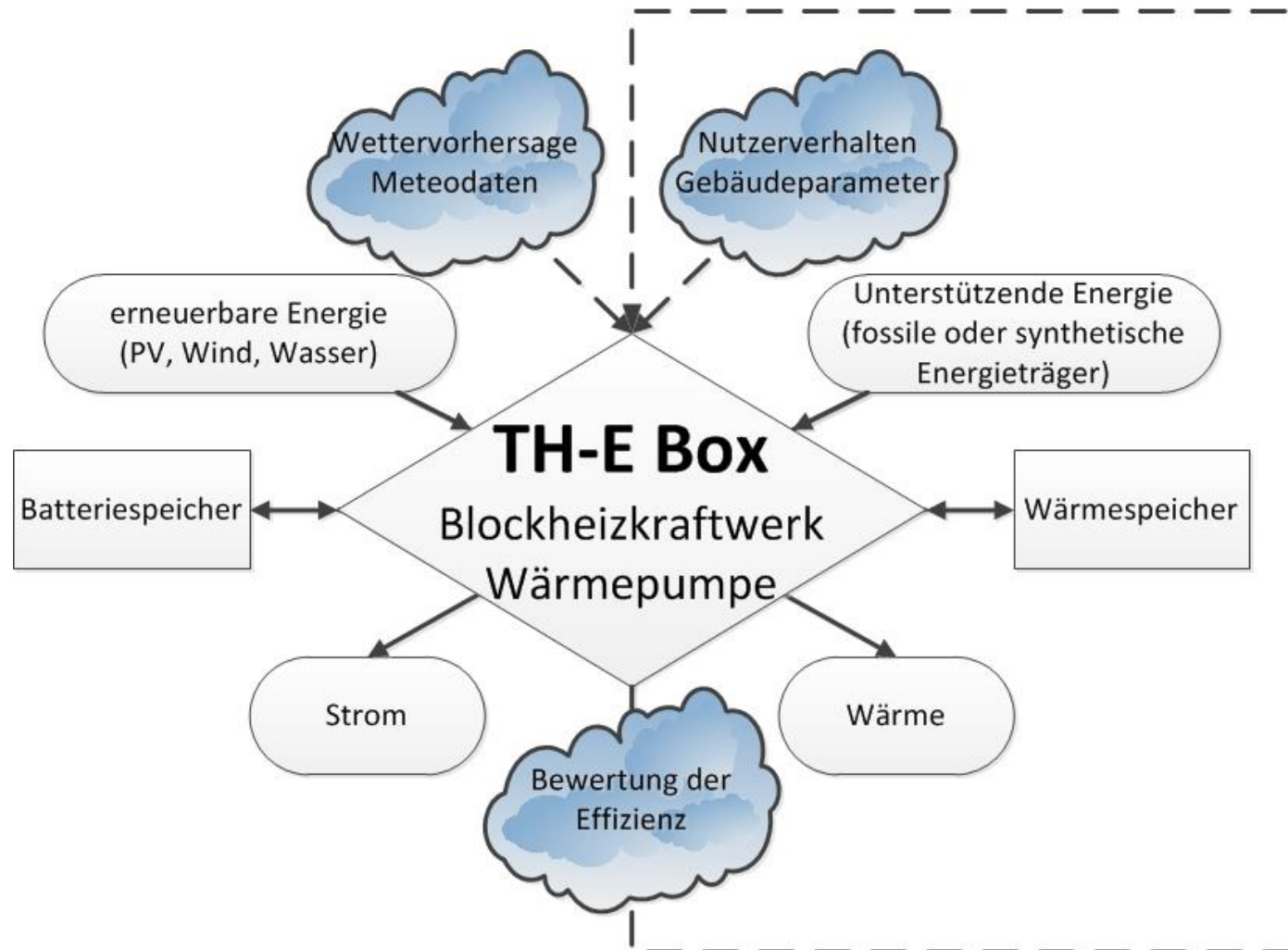
Zu jedem Zeitpunkt kann potentiell Energie **aufgenommen** oder **bereitgestellt** werden und somit netzdienlich agiert werden.

# Wie funktioniert die Netzdienlichkeit von TH-E Box

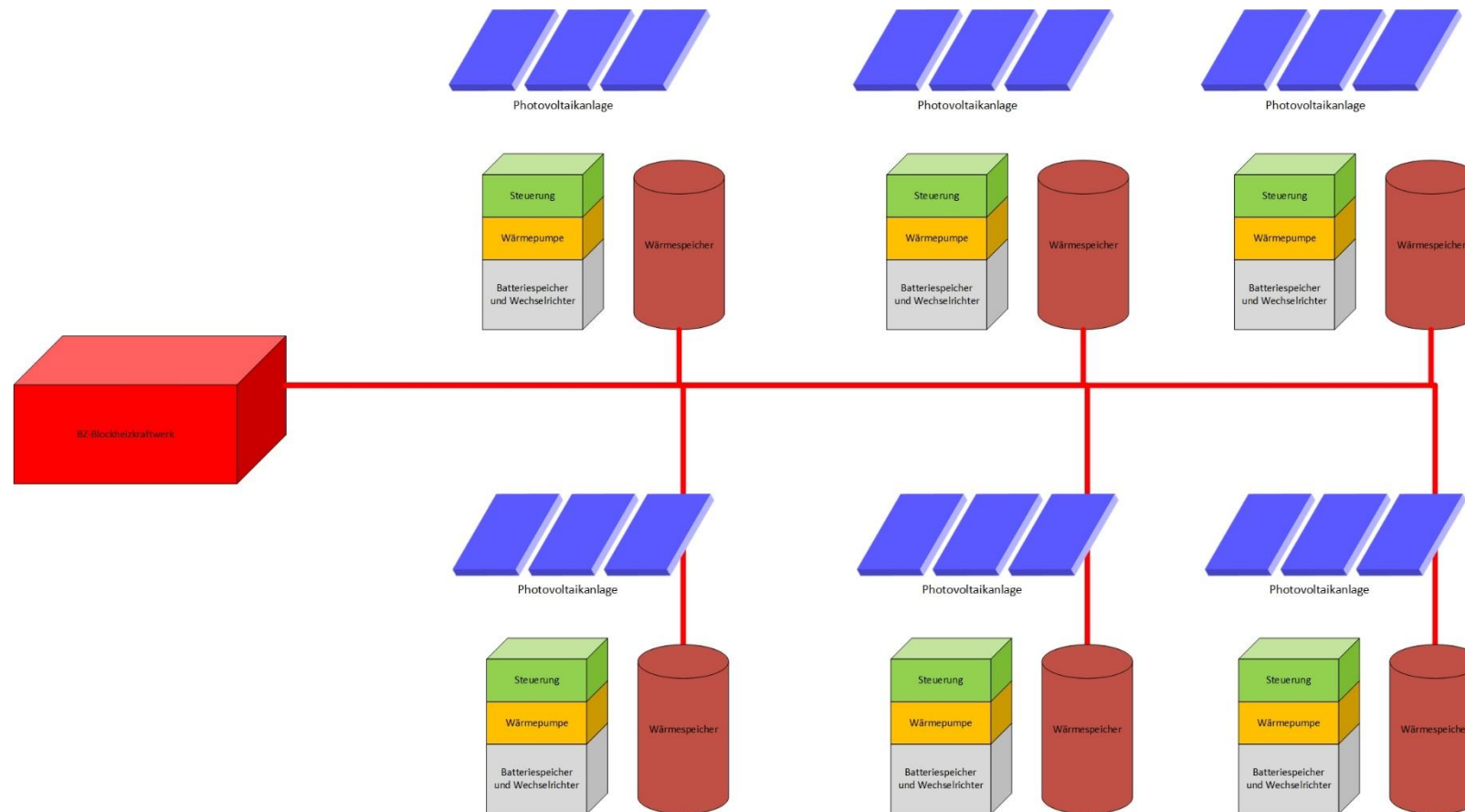
---

- 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          | -                | -             | -              |
| <b>SUMME</b>  | <b>6.826.899</b> | <b>1.691.227</b> | <b>1.992.228</b> | <b>1.598.333</b> | <b>1.315.606</b> | <b>62.987</b> | <b>166.518</b> |

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          | -                | -             | -              |
| <b>SUMME</b>  | <b>6.826.899</b> | <b>1.691.227</b> | <b>1.992.228</b> | <b>1.598.333</b> | <b>1.315.606</b> | <b>62.987</b> | <b>166.518</b> |

Geschätzter Endenergieverbrauch im Landkreis Konstanz 2019 in MWh

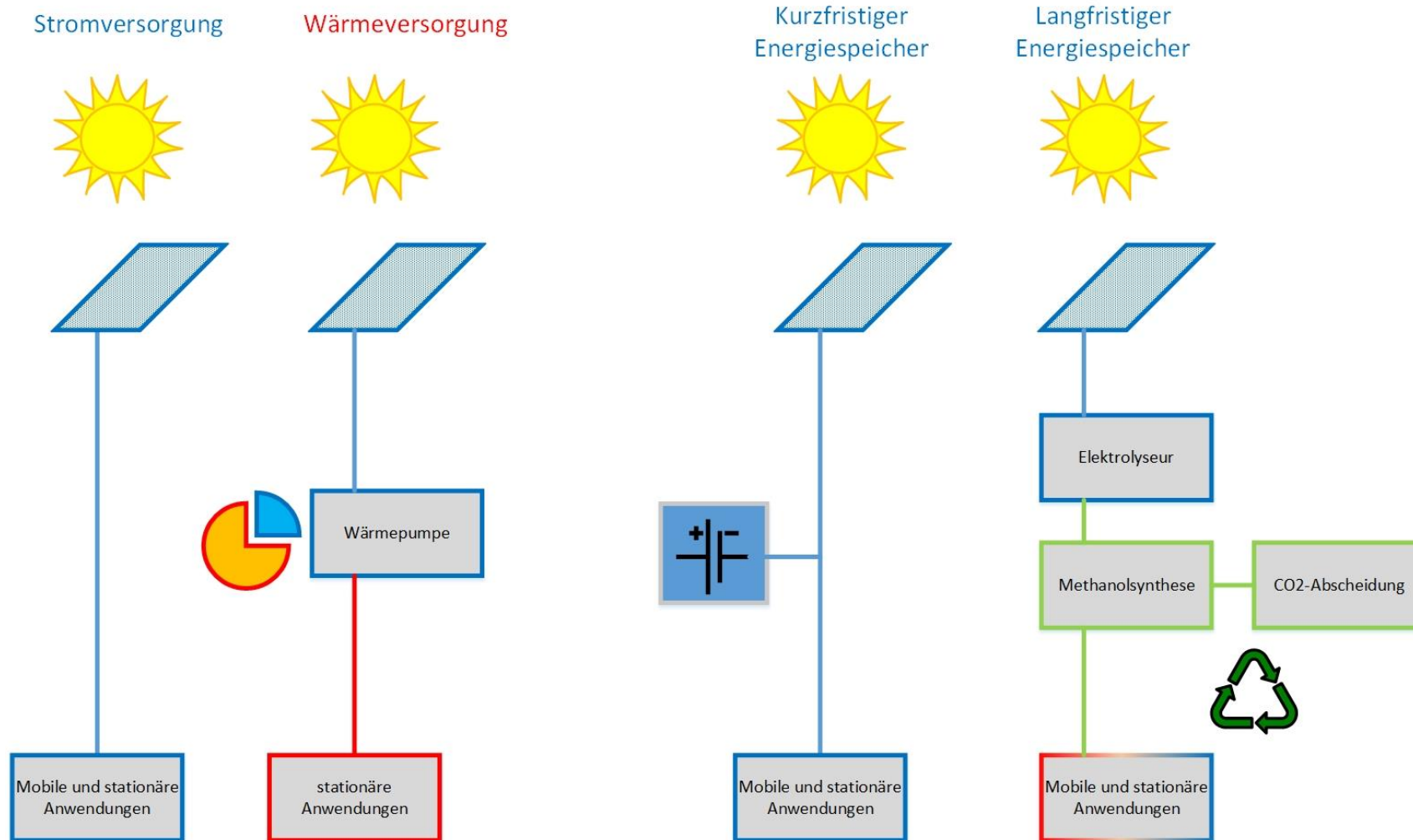
# Primärenergieträger im Landkreis Konstanz

---

- 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, CO<sub>2</sub>-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

---

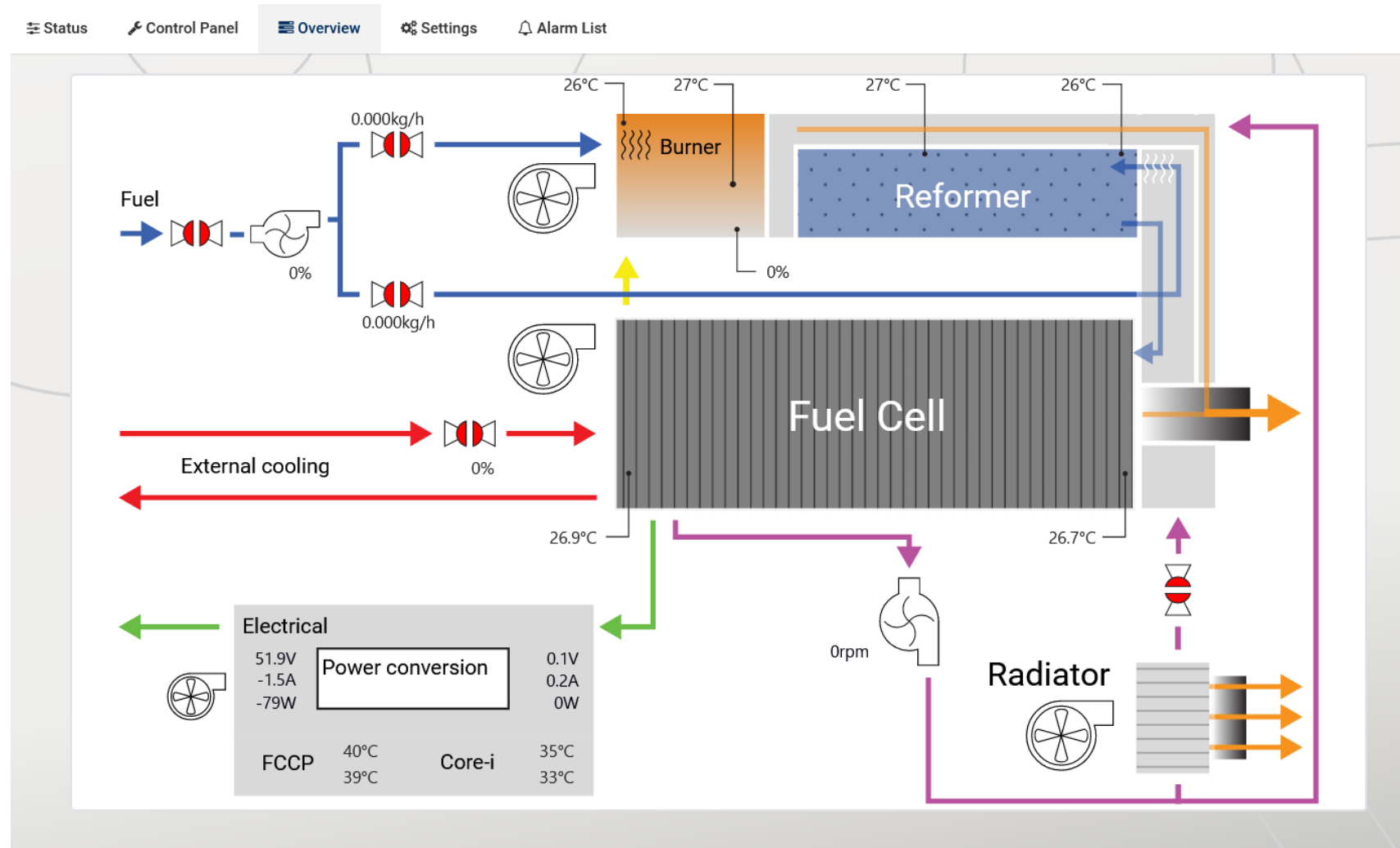
|            | Flächenbedarf | Flächenbedarf absolut | Ungefähre Kosten für PV-Anlage |
|------------|---------------|-----------------------|--------------------------------|
|            | [%]           | [ha]                  | [Mio€]                         |
| Variante 1 | 8,3           | 6.764                 | 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

