

The image shows a low-angle view of a modern, multi-story building with a white facade and large windows. The letters 'NTB' are prominently displayed in blue on the upper part of the building. The sky is blue with some light clouds.

17. Nationale Photovoltaik-Tagung
Dienstag 26. März 2019, Kursaal Bern

Potential thermischer Speicher durch
Wärmepumpen und PV

Markus Markstaler
Interstaatliche Hochschule für Technik Buchs NTB
Institut für Energiesysteme
Werdenbergstrasse 4
CH-9471 Buchs / SG

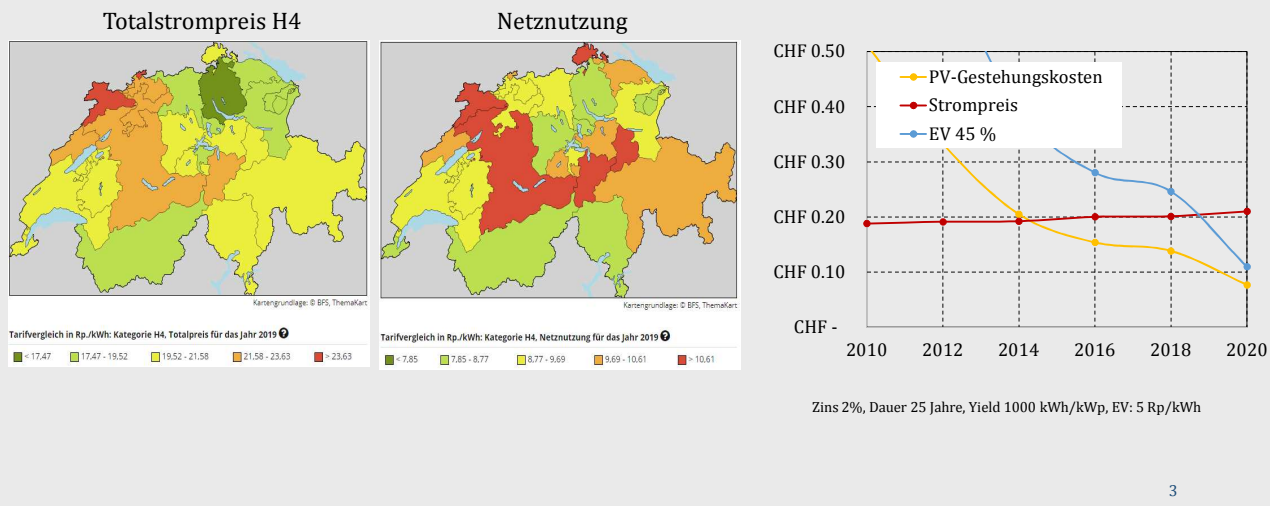
Tel.nr +41 (81) 755 33 34
E-Mail: markus.markstaler@ntb.ch
Web: <http://www.ntb.ch/ies>

1

Inhalt

1. Motivation für Eigenstrom
2. Kenngrössen zur Eigenstromnutzung
3. Potential PV und WP
4. Steuerungen

Eigener Strom ist wirtschaftlich

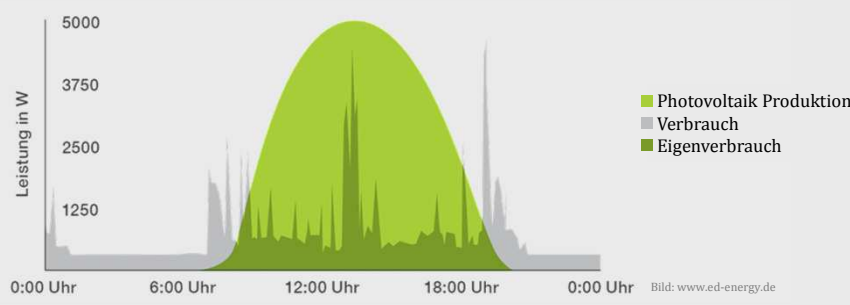


3

Wie kann mehr vom eigenen Strom genützt werden?

Ausgleich zeitlich unterschiedlicher **Produktion und Verbrauch**

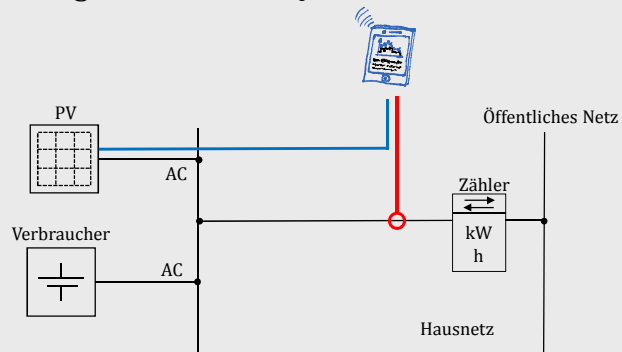
- Speicher → **Thermischer Speicher über Wärmepumpen**
 - Trinkwasser
 - Raumwärme
- zeitliche Verschiebung von Verbrauch → **Verbrauch wenn die Sonne scheint**
- Vernetzung



4

Erfahrungsaustausch WP und PV

- Durch PV-Anlage erfolgt Visualisierung der Produktion
- Durch Wechsel von Volleinspeisung zu Eigenverbrauch (Überschusseinspeisung) erfolgt Visualisierung des Verbrauchs
- Eigenverbrauchs-Quote rückt ins Zentrum !



5

Inhalt

1. Motivation für Eigenstrom
Eigenstromnutzung lohnt sich
weniger investitionsgetrieben
2. Kenngrößen zur Eigenstromnutzung
3. Potential PV und WP
4. Steuerungen

6

Kenngrößen zur Eigenstromnutzung

- Erhöhung der **Eigenverbrauchsquote** und Autarkiegrad

Eigenverbrauchsquote REV: $R_{EV} = \frac{W_{Pro} - W_{Ein}}{W_{Pro}} = \frac{W_{Ver} - W_{Bez}}{W_{Pro}}$

Sinnvolle Kennzahl?

Autarkiegrad RA: $R_A = \frac{W_{Ver} - W_{Bez}}{W_{Ver}} = \frac{W_{Pro} - W_{Ein}}{W_{Ver}}$

- Reduktion Stromverbrauch** vom Netz (Netzbezug)

Netzaufwandszahl Rnet: $R_{net} = \frac{W_{Bez}}{W_{Ver}}$

$$COP = \frac{1}{R_{net}} = \frac{W_{Ver}}{W_{Bez}}$$

W_{Pro} : Produzierte Energie
 W_{Ein} : Eingespeiste Energie
 W_{Bez} : Netzbezogene Energie
 W_{Ver} : Verbrauchte Energie

7

Inhalt

1. Motivation für Eigenstrom

Eigenstromnutzung lohnt sich
weniger investitionsgetrieben

2. Kenngrößen zur Eigenstromnutzung

Ziel ist Reduktion Netzbezug

EV-Quote setzt falsche Anreize

3. Potential PV und WP

4. Steuerungen

8

Beispiel Tagesenergien elektrisch

EFH Neubau mit 6.5 kWp-PV-Anlage

Klarer Wintertag:

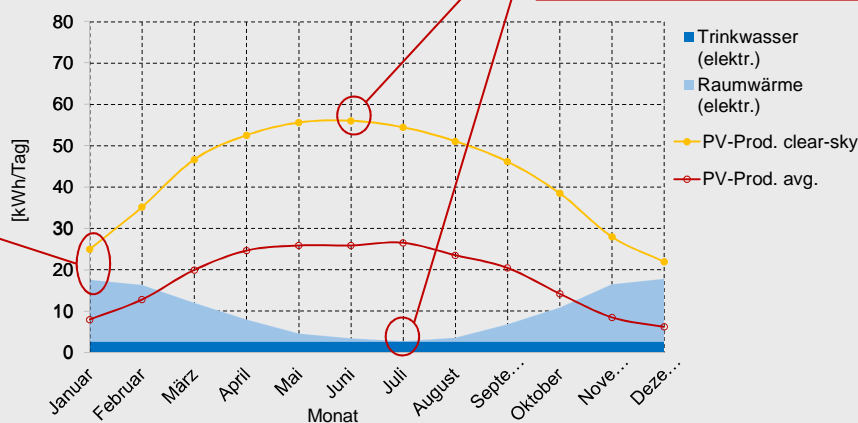
Trinkwasser: 2.5 kWh/Tag
Raumwärme: 15 kWh/Tag
PV-Produktion: 25 kWh/Tag

70% Eigenverbrauch

Klarer Sommertag:

Trinkwasser: 2.5 kWh/Tag
Raumwärme: -
PV-Produktion: 54 kWh/Tag

5% Eigenverbrauch



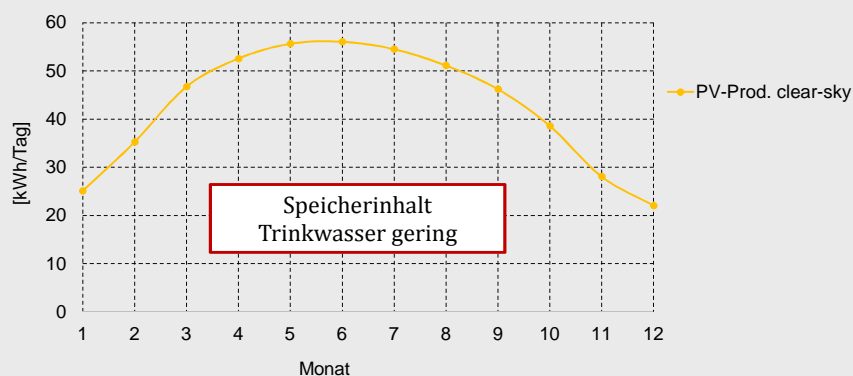
Heizbedarf
Trinkwasser 160 Liter/Tag
Haushaltsstrom
PV 6.5 kWp, 20°, Süden

9'500 kWh/a therm. (COP 3)
2'700 kWh/a therm. (COP 3)
4'000 kWh/a
6'500 kWh/a,

9

Potential Speichergrösse mit Trinkwasser

Trinkwasser 4.6 kWh elektrisch. Davon Nachladung 20 %



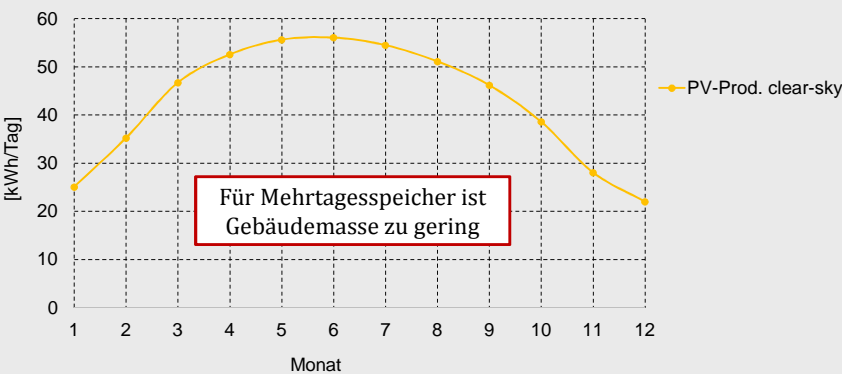
Energieinhalt Trinkwasserspeicher 300 l: **14 kWh thermisch** (50°C - 10°C). Bei COP = 3

Quelle: Arpagaus C., Berthold M. & Eschmann M., 2018.
Bericht «WP-Feldmessung». Wärmepumpen-Anlagen 2015-2018
Jahresbericht 2017

10

Speichergrösse mit Beton

Betonmasse 9 kWh elektrisch

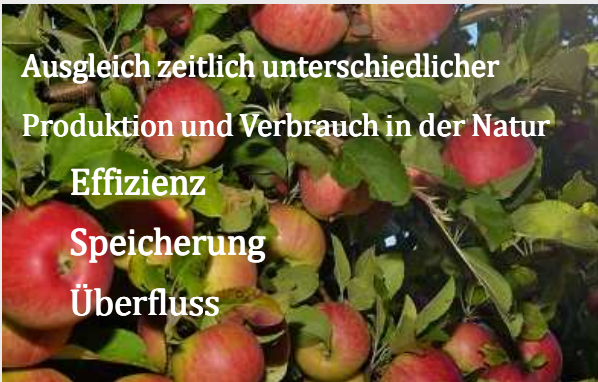
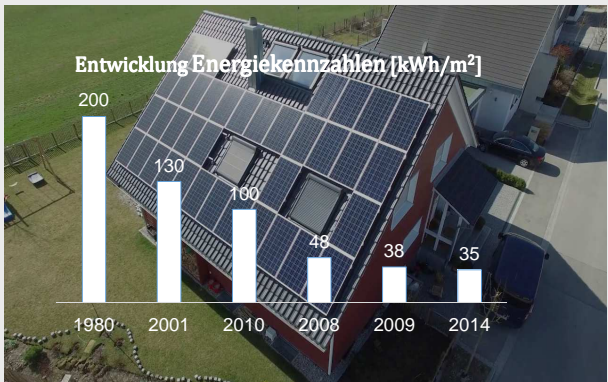


Energiebezugsfläche 180 m², Stärke Beton 10 cm.
Bei Temperaturdifferenz 3 K: **27 kWh thermisch** (stationär)
Bei COP = 3

11

Fazit: Potential PV und WP

- Wärmebedarf im modernem Gebäude gering
- Potential zur Steigerung EV-Quote mässig
- Richtige Kennzahl: **Reduktion Netzbezug**



12

Inhalt

1. Motivation für Eigenstrom

Eigenstromnutzung lohnt sich
weniger investitionsgetrieben

2. Kenngrößen zur Eigenstromnutzung

Ziel ist Reduktion Netzbezug
EV-Quote setzt falsche Anreize

3. Potential PV und WP

Trend grosse PV-Produktion kleiner Wärmebedarf

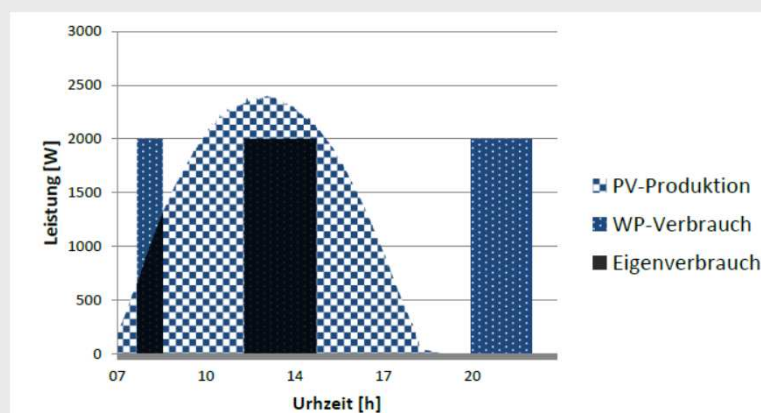
Überfluss! Reduktion Netzbezug

4. Steuerungen

13

Thema Gleichzeitigkeit für Bilanzierung

Je grösser Bilanzierungszeitraum, desto grösser der Eigenverbrauch bzw. «Overlap» von Produktion und Verbrauch.

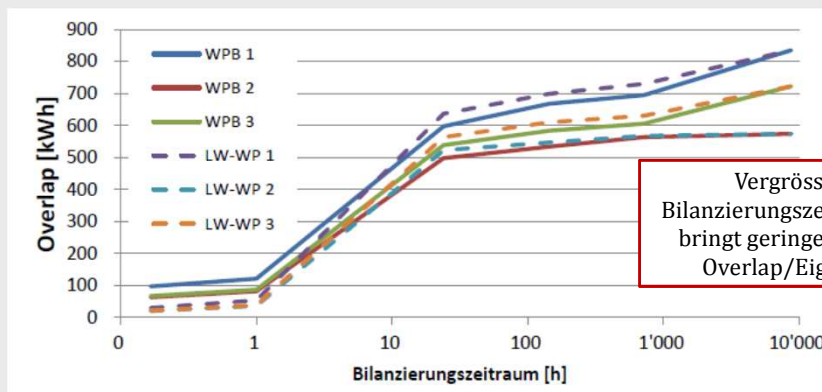


Quelle: Sattler M., Bertsch S., Markstaler M., Kessler S., Sigrist D., Haller M.:
Technologievergleich solare Brauchwarmwassererwärmung für Einfamilienhäuser.
Schlussbericht 2015. Bundesamt für Energie BFE, Bern (CH)

14

Wie gross ist der optimale Speicher?

Tagesspeicher oder Jahresspeicher



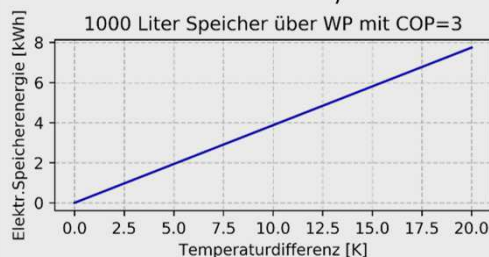
Vergrößerung des Bilanzierungszeitraum über 24 h bringt geringe Steigerung des Overlap/Eigenverbrauch

Quelle: Sattler M., Bertsch S., Markstaler M., Kessler S., Sigrist D., Haller M.: Technologievergleich solare Brauchwarmwassererwärmung für Einfamilienhäuser. Schlussbericht 2015. Bundesamt für Energie BFE, Bern (CH)

15

Steuerungen: SG-Ready

- SG-Ready war für Smart Grid konzipiert, vorstellbar wie Rundsteuerung
- Diesbezüglich keine Anwendung in der Schweiz
- Funktionsweise für Eigenstromnutzung gut anwendbar:
 - «Erhöhung Temperatur um mehr Energie zu speichern»
- Über zwei Kontakte können vier Zustände gesteuert werden:
 - 1: EVU-Sperre / 2: Normalbetrieb
 - 3: verstärkten Betrieb / 4: definitiven Anlaufbefehl

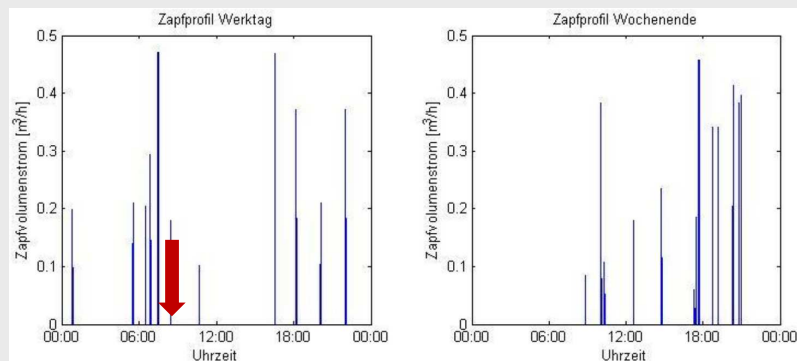


Achtung bei WP:
pro Kelvin -2% Effizienz

16

Steuerungen: Lastverschiebung Trinkwasser

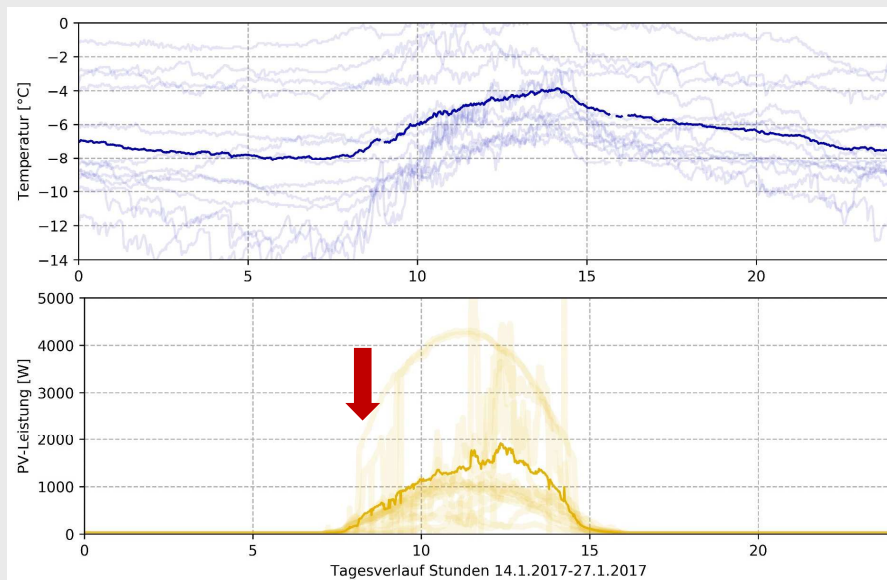
- Mit Tagesspeicher kann innerhalb dem Tag disponiert werden.
- WP-Betrieb in den Tag verlegen.



Bertsch S., Vetsch B., Gschwend A.:
Warmwasserbereitstellung mittels Wärmepumpen in Mehrfamilienhäusern - Schlussbericht 2012

17

Steuerungen: Lastverschiebung Raumwärme



Markstaler M.: Photovoltaik für Ingenieure. Theorie und Anwendung für dezentrale Energiesystemberechnung mit Python. 2018

Steuerungen

- Funktionalität kann in Wärmepumpe integriert werden unabhängig von der PV-Anlage
- Verlegung des Betriebs in den Tag
- Möglichkeiten sind gegeben durch:
 - Sperrzeiten
 - Hysteresis
 - Messpunktverschiebung
- Bez. Wirtschaftlichkeit sind Steuerungen einfach zu halten (Zeitschaltuhr)

19

Inhalt

1. Motivation für Eigenstrom

Eigenstromnutzung lohnt sich
weniger investitionsgetrieben

2. Kenngrößen zur Eigenstromnutzung

Ziel ist Reduktion Netzbezug
EV-Quote setzt falsche Anreize

3. Potential PV und WP

Trend grosse PV-Produktion kleiner Wärmebedarf
Überfluss! Reduktion Netzbezug

4. Steuerungen

Betrieb in den Tag legen

Steuerung einfach halten/Intelligenz

20

Conclusio

1. Motivation für Eigenstrom

Eigenstromnutzung lohnt sich

weniger investitionsgetrieben

2. Kenngrößen zur Eigenstromnutzung

Ziel ist Reduktion Netzbezug

EV-Quote setzt falsche Anreize

3. Potential PV und WP

Trend grosse PV-Produktion kleiner Wärmebedarf

Überfluss! Reduktion Netzbezug

4. Steuerungen

Betrieb in den Tag legen

Steuerung einfach halten/Intelligenz in die WP

Markus Markstaler

21