

Wärmepumpe und PV-Anlage eine schlaue KOMBINATION

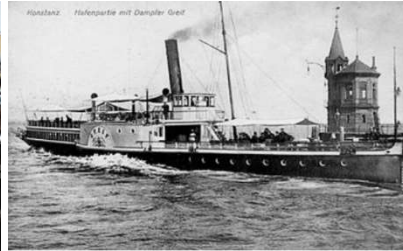


**Prof. Dr. Franz
Baumgartner**

ZHAW Zürcher
Hochschule Ang.
Wissensch, Tech.
IEFE; Winterthur
www.zhaw.ch/~bauf

Der Wandel der Energietechnik

Mobilität



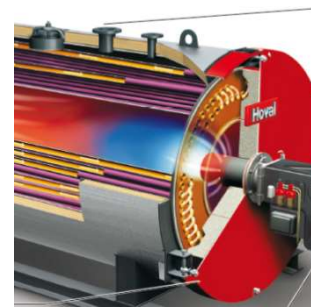
Wärme



Holz-Kohle-Guss-Öfen



Öl-Öfen



Öl-Gas- Kessel



Solarthermie

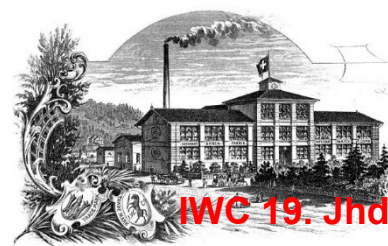


PV Boiler oder Wärmepumpe

Kraft Strom



1850



1900



1950



2000



2050

BP erklärt im Sept 2020 das Öl-Zeitalter für beendet

BP Energie Statistik Sept 2020



BP investiert in Offshore-Windenergie

Stand: 10.09.2020, 10:41 Uhr

The screenshot shows a mobile browser view of a news article. At the top, there are navigation icons and a status bar with 92% battery and 18:23. The main image shows a large offshore wind farm with many turbines in the ocean. Below the image, the headline reads 'BP investiert in Offshore-Windenergie' and the timestamp is 'Stand: 10.09.2020, 10:41 Uhr'.



Öl-Gigant BP erklärt Öl-Zeitalter für beendet

Stand: 14.09.2020, 10:44 Uhr

BP

Day	Price
09	2,90
10	2,88
11	2,86
12	2,84
13	2,82
14	2,84
15	2,82
16	2,80
17	2,78

2,80 -1,51%

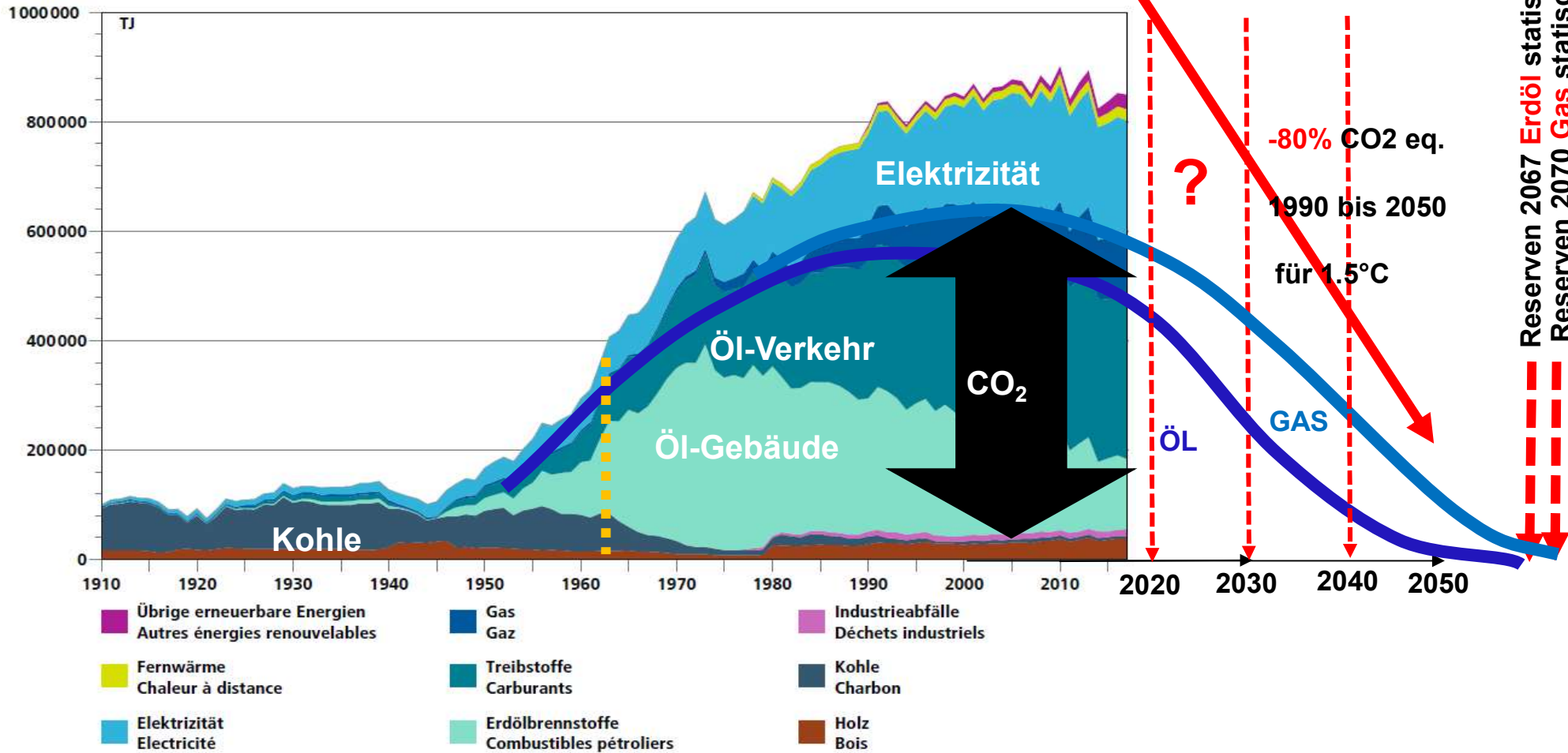
In mein Depot
In meine Watchlist

Als erster Branchengigant hat der Ölkonzern BP das Zeitalter der unablässig steigenden Ölpreise für beendet erklärt

The screenshot shows a mobile browser view of a stock market page for BP. At the top, there are navigation icons and a status bar with 92% battery and 18:23. The headline reads 'Öl-Gigant BP erklärt Öl-Zeitalter für beendet' with a timestamp of 'Stand: 14.09.2020, 10:44 Uhr'. Below the headline are social media sharing icons for Facebook, Twitter, Google+, Email, and WhatsApp. A line chart shows the stock price for BP from September 9th to 17th, 2020. The price starts at 2,90 on the 9th and ends at 2,78 on the 17th, a decrease of -1,51%. Below the chart are buttons for 'In mein Depot' and 'In meine Watchlist'. At the bottom, the text reads 'Als erster Branchengigant hat der Ölkonzern BP das Zeitalter der unablässig steigenden Ölpreise für beendet erklärt'.

Schweiz - Gesamtenergiestatistik und Ziele

Fig. 1 Endenergieverbrauch 1910–2017 nach Energieträgern
Consommation finale 1910–2017 selon les agents énergétiques



BFE, Schweizerische Gesamtenergiestatistik 2017 (Fig. 1)
OFEN, Statistique suisse de l'électricité 2017 (fig. 1)

Schmelzender Gletscher in Patagonien Uppsala Gletscher in Argentinien – 0.7km jährlich



Klima & Vorräte & Katastrophen sind Haupttreiber

3d) Markt, Jobsicherheit

Wer ermöglicht zum **einen** Solarmodul / Kopf **fünf weitere** für die CH Energiestrategie?

Schweiz

2020

4%

2023

8%

2026

12%

2028

16%

2029

20%

2030

25%



Austria

230W / 3%

Deutschland

560W / 9%

1.6m² PV Modul kosten 2020 ca. 100Fr

Die Anfänge in den USA 1954



Fig. 1. Iconic photo of the Bell Inventors, Gerald Pearson, Daryl Chapin, and Calvin Fuller testing their “solar battery” in 1954 (with permission of Bell Laboratories)

Franz Baumgartner, 2020-09-24; www.zhaw.ch/~bauf

L.L.Kazmerski, 2014 Nov, Kyoto World PV Conf.

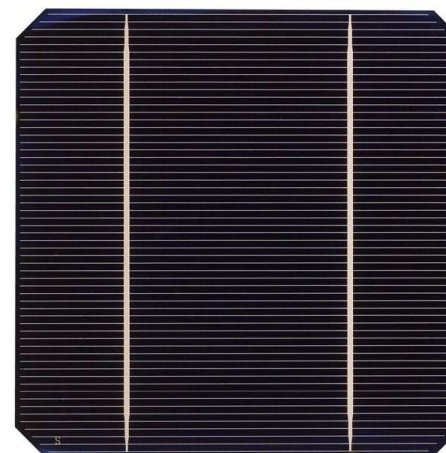


Fig. 3. Americus, Georgia module used to power telephone repeater, being lab assembled, showing submodule of cells encased in oil (top) and deployed in southwest U.S. location (bottom).

D.M. Chapin, C.S. Fuller, and G.L. Pearson, “A New pn

Junction Photocell for Converting Solar Radiation

Solarzelle - Module - System



solar cell

15cm x 15cm

4 Watt

costs

1\$ Produktionskosten



Solar module: 230W / 60 Zellen

multikristallin texturiert

1680 mm x 990 mm x 50 mm

1,66 m²

24 kg

230 / 225 / 220 / 215 / 210 Wp

PV Fascade; www.sunways.de

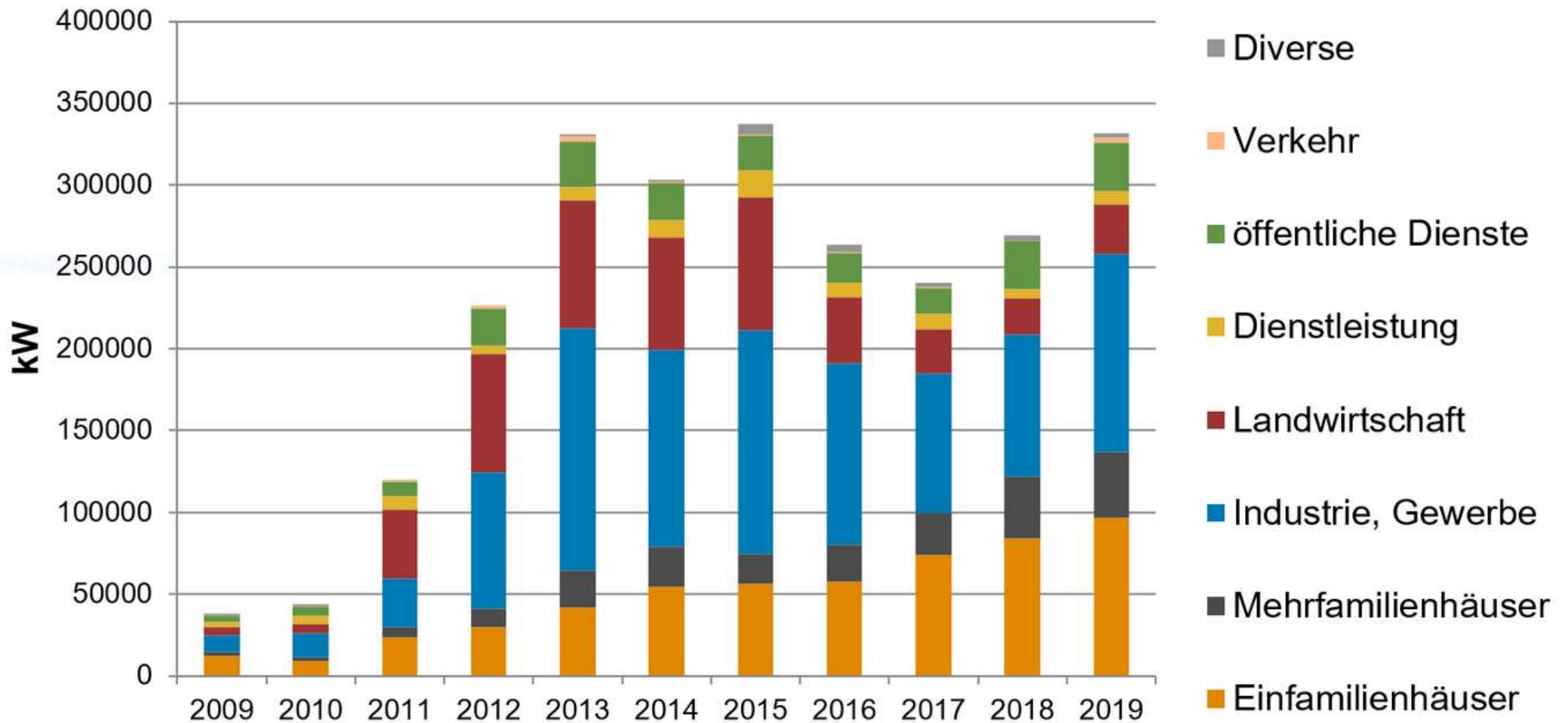
Erfolgreicher Zubau von **Photovoltaik** in der Schweiz – aktuell ca. **3%** Erzeugungsanteil



24^e Prix Solaire Suisse
24. Schweizer Solarpreis



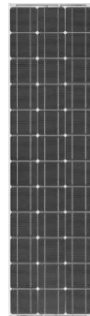
Schweiz heute 2020 ca 3 GW



<https://www.swissolar.ch/services/medien/news/detail/n-n/25-gigawatt-installierte-solarleistung-wir-brauchen-20-mal-mehr/>

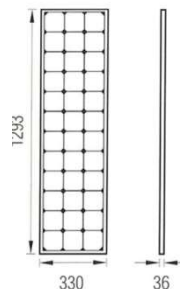
Evolution der Si-Module in 30 Jahren

in 1990 mit **50W**



13.8%

1.30m x 0.33m=0.43m²



in 2020 mit **500W**

Mono Multi Solutions

THE **Vertex**
BIFACIAL DUAL GLASS MONOCRYSTALLINE MODULE



500W+
MAXIMUM POWER OUTPUT

21.0%
MAXIMUM EFFICIENCY

0/+5W
POSITIVE POWER TOLERANCE

High customer value

- Lower LCOE (Levelized Cost Of Energy), reduced BOS (Balance of System) cost, shorter payback time
- Lowest guaranteed first year and annual degradation; 30-year warranty
- Designed for compatibility with existing mainstream system components
- Higher Return on Investment

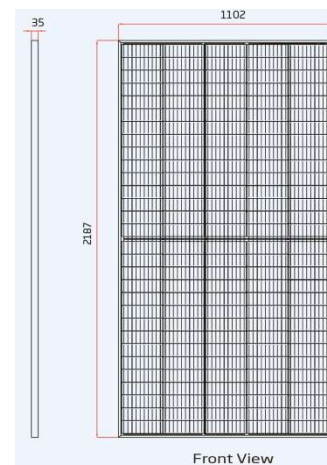
High power up to 505W

- Large area cells based on 210mm silicon wafers and 1/3-cut cell technology
- Up to 21.0% module efficiency with high density interconnect technology
- Multi-busbar technology for better light trapping effect, lower series resistance and improved current collection

1.1m x 2.2m=2.5 m²

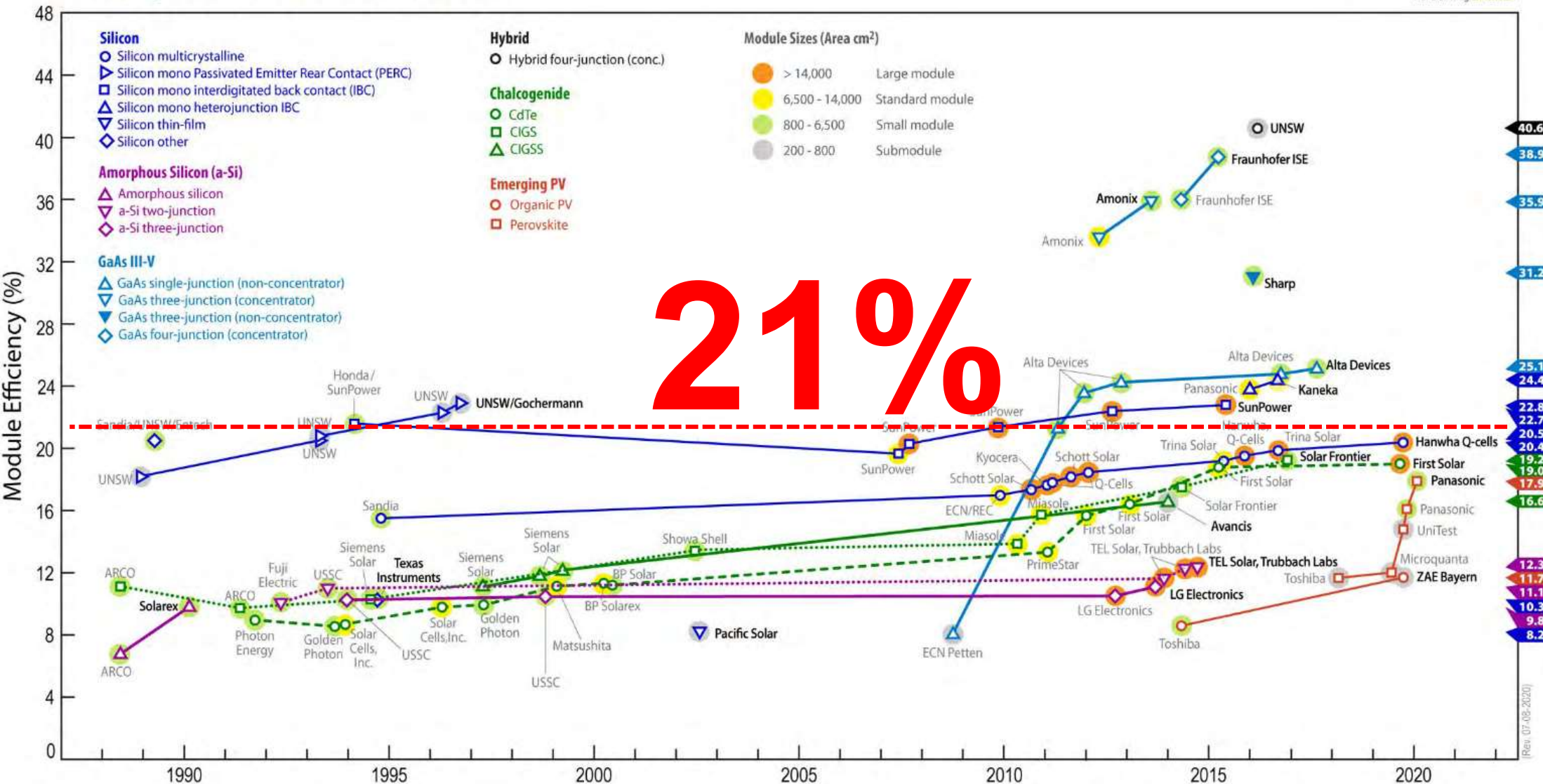
FAKTOR 6 in Fläche pro Modul

**von 13.8% auf 20%
Faktor 1.4 Wirkungsgrad**



www.trinasolar.com

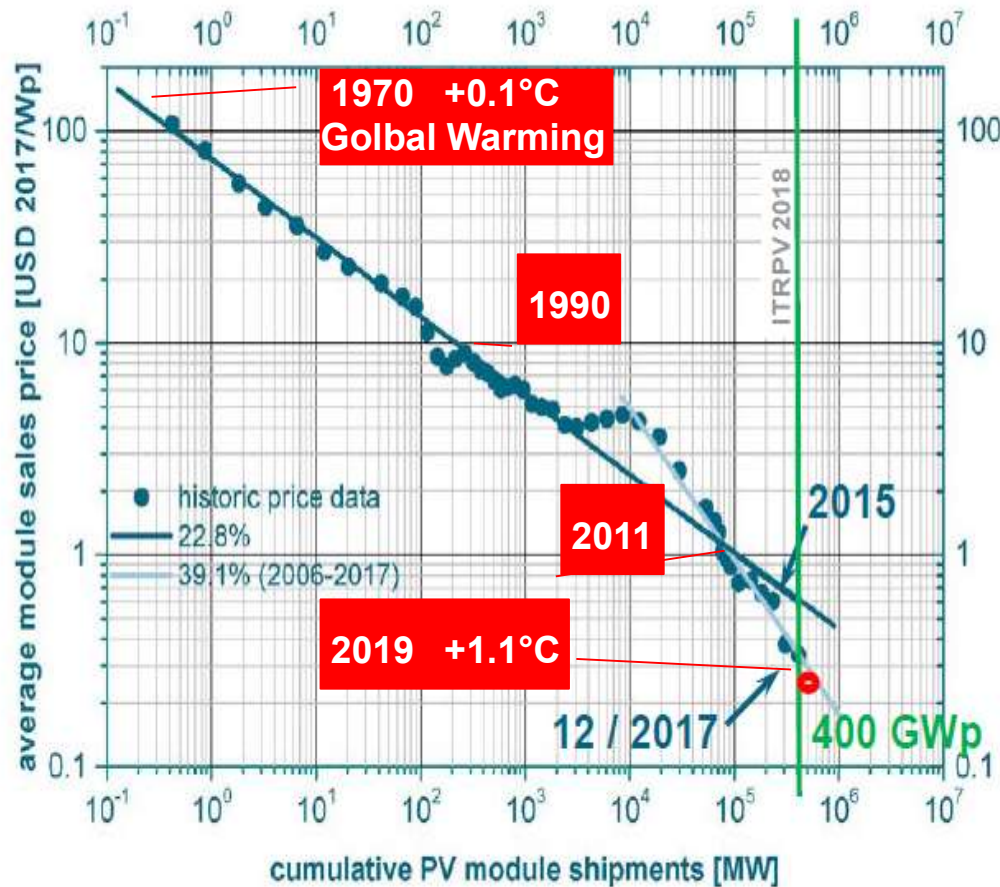
Champion Module Efficiencies



Solarerfolg liegt in der Kostensenkung durch industrielle Produktion

Massenproduktion ab Fabrik aktuell 190\$ pro 1000W

Learning curve for module price as a function of cumulative shipments



Shipments / avg. price at years end:

2016: 76 GWp / 0.37 US\$/Wp
2017: 105 GWp / 0.34 US\$/Wp

2018: 85....105 GWp / 0.2_(mc)0.3_(mono) US\$/Wp
→ fast shift to mono-Si influences avg. prices
→ Efficiency learning stays in focus

2017 o/a shipment: ≈ 414 GWp
2018 ≈ 500+ GWp

Production capacity:

end of 2017: 120GWp
end of 2018: 160GWp?

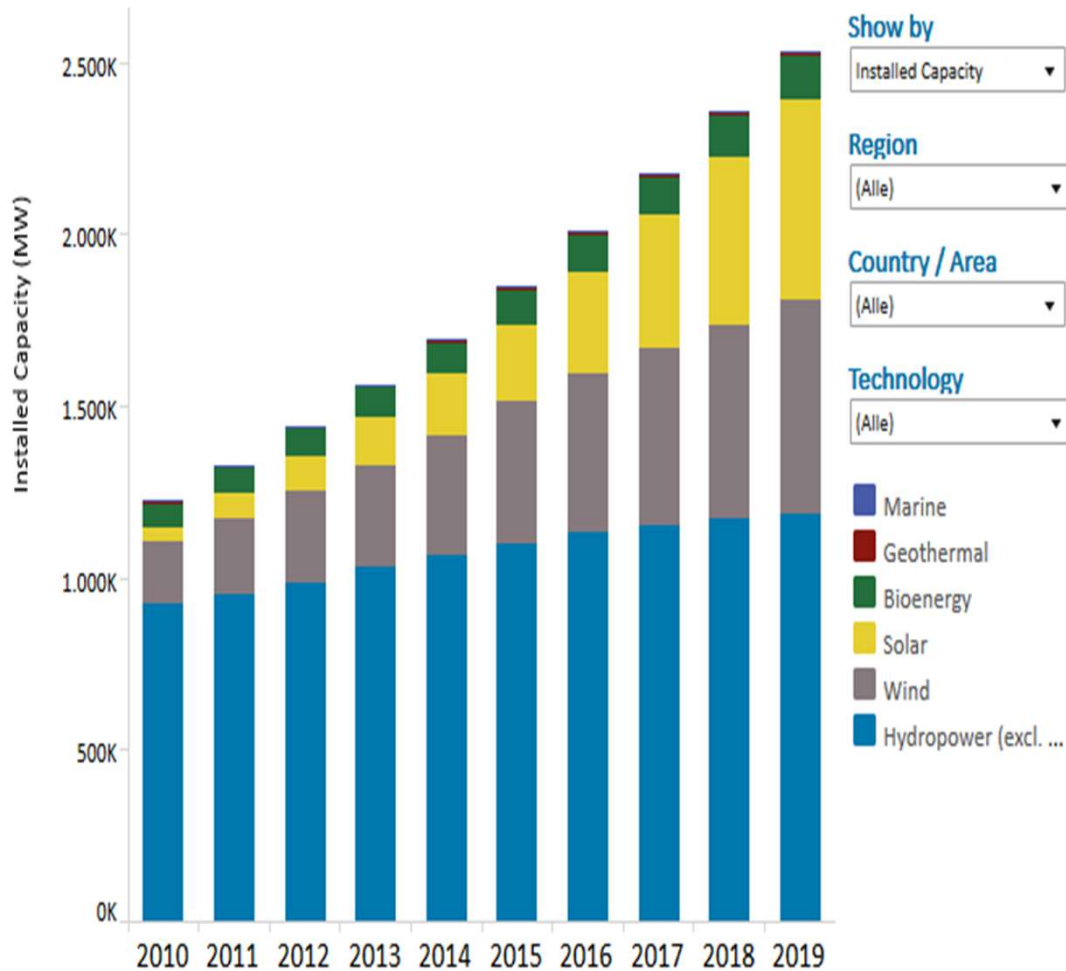
Status Erneuerbar weltweit 2020

www.irena.org

<https://public.tableau.com/profile/irena.resource#!/vizhome/IRENARenewableEnergyInsights/Trends>

Installed Capacity Trends

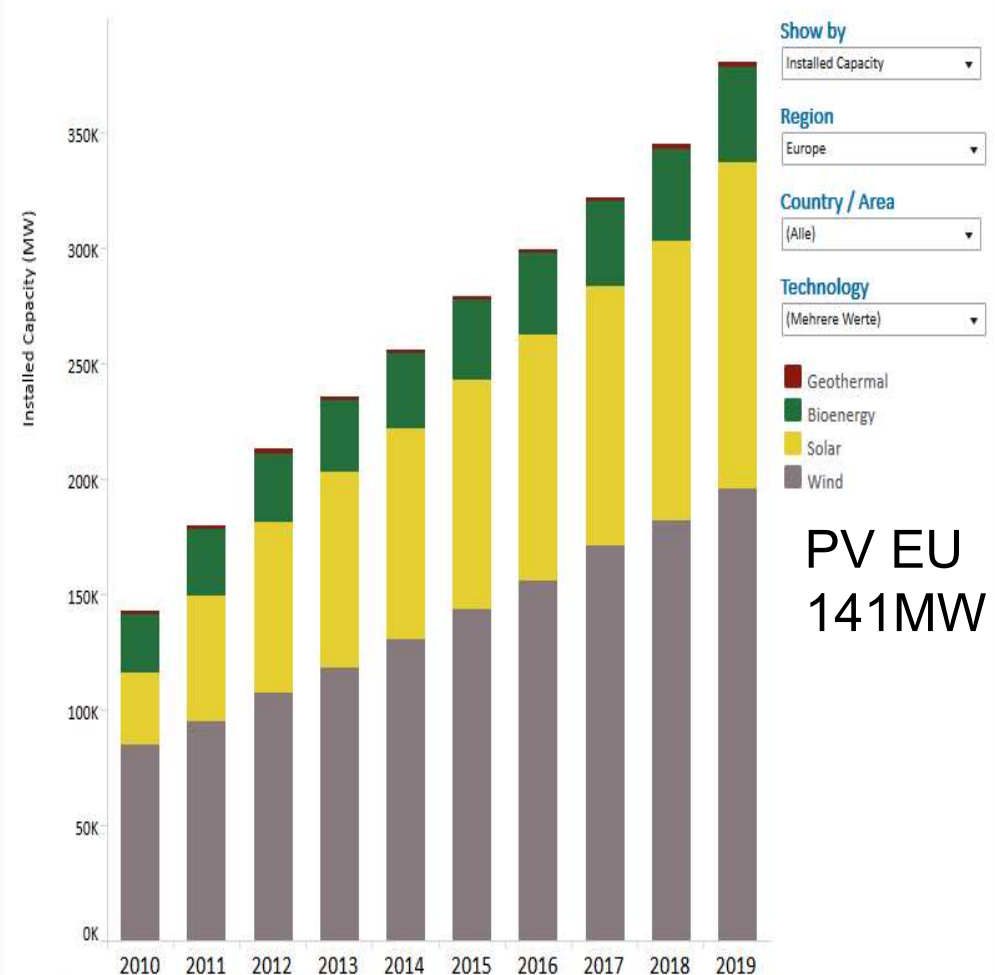
Navigate through the filters to explore trends in renewable energy



©IRENA Visit www.irena.org/Statistics for more information

Installed Capacity Trends

Navigate through the filters to explore trends in renewable energy

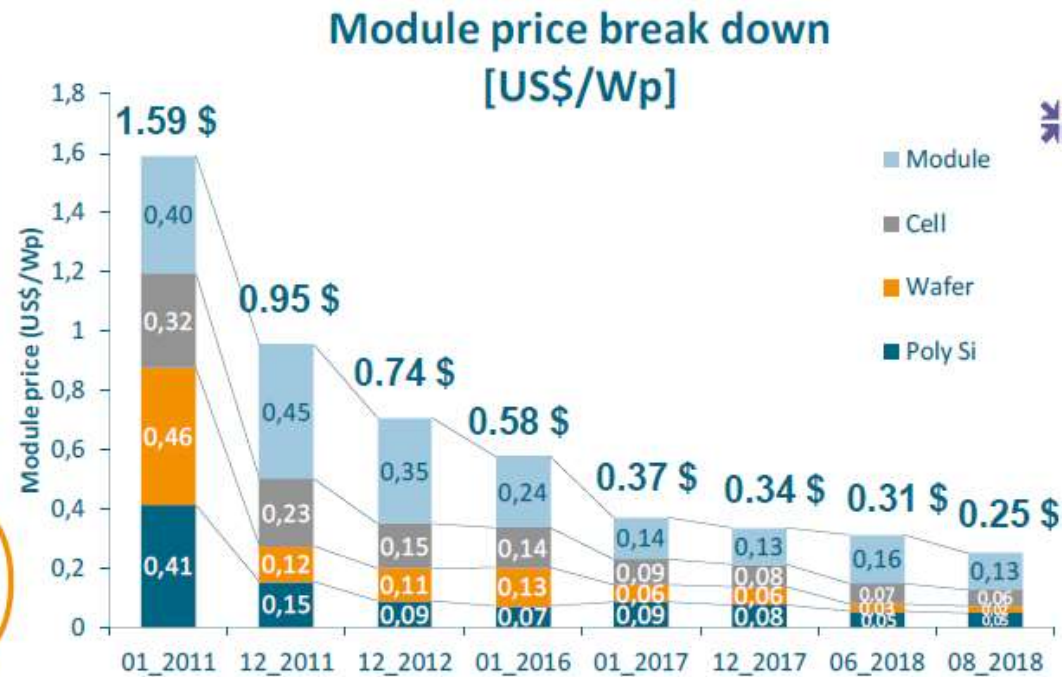
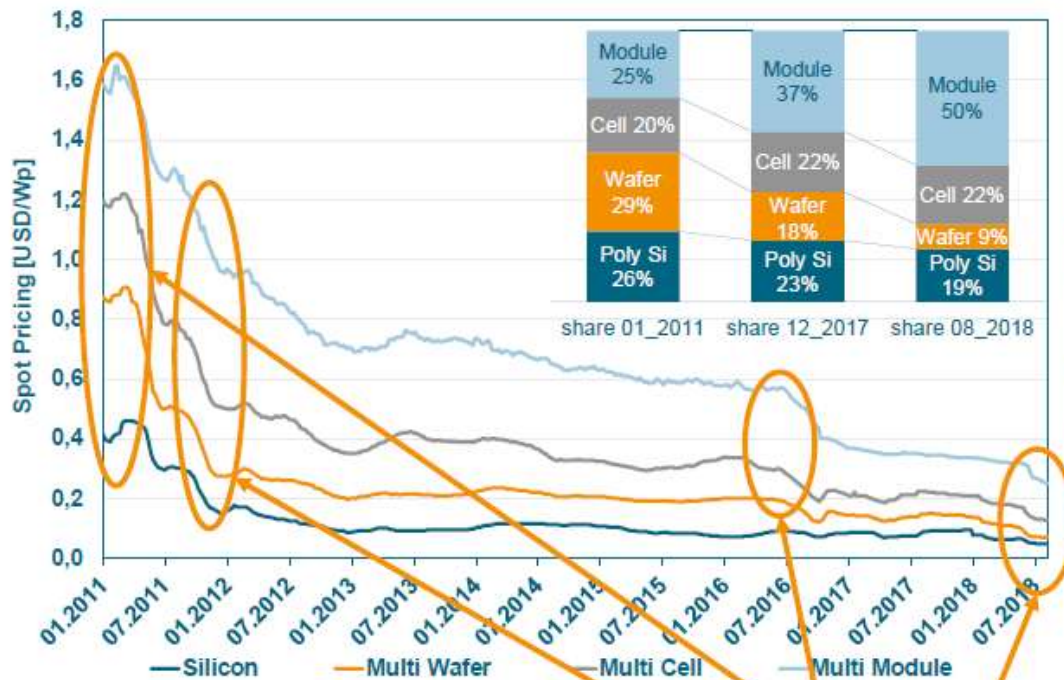


PV EU
141MW

©IRENA Visit www.irena.org/Statistics for more information

PV Factory Gate Prices – Cost Share

2018 <http://www.itrpv.net>



- reduction 01/2011 → 12/2011: ≈ 38%
- reduction 12/2011 → 12/2012: ≈ 23%
- reduction 01/2016 → 01/2017: ≈ 32%
- reduction 06/2018 → 08/2018: ≈ 20%

5/31 announcement:

- Module prices decreased significantly!
- **mc-Si-wafer share is expected to fall faster**
- **Cost pressure increased tremendously**

Marktführer haben 5 Mrd \$ Umsatz

17 GW per a Gesamt 55 GW inst. / 15 000 Jobs / Aktien Kapitalisierung 1.1Mrd\$

Stock Performance

JKS (ADS) NYSE

Price

\$27.26 

Change

+2.761

(+11.27%) 

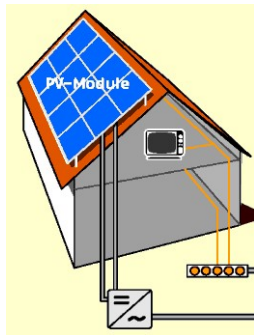


RE100 roadmap by providing detail on its approach to achieve 100% powered by renewables by 2025.

Die Kosten von Solarstrom in der Schweiz

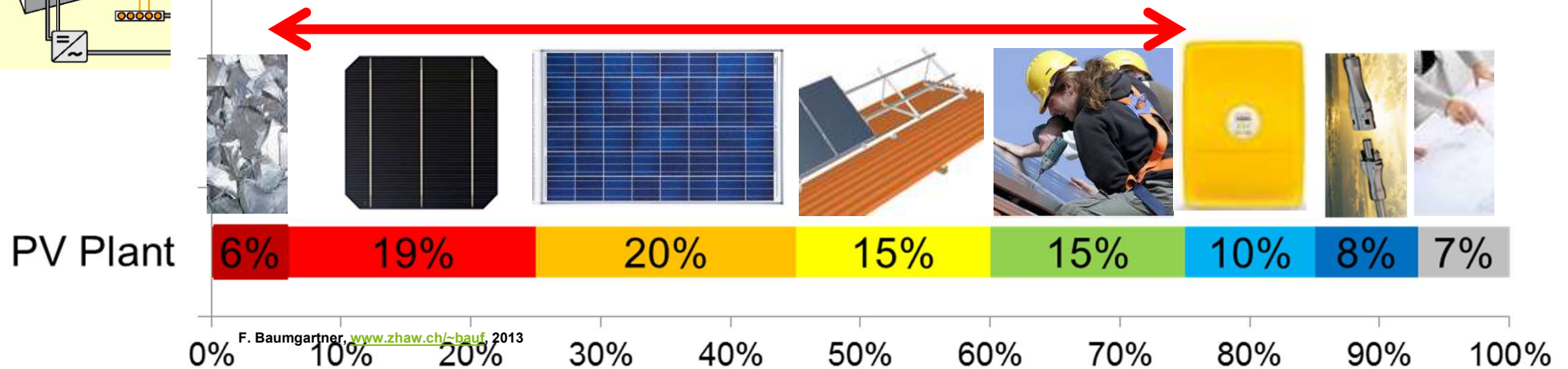
2013/Q3 total CHF 1750 /kW @ 200kW

Nennleistung **5000 W = 5kW**; Gesamtkosten: ca. **SFr 12 500**



32 Quadratmeter Solarkraftwerk (Standardmodule 15%)

2/3 der Kosten sind flächenproportional



■ poly Si ■ Zelle ■ Modul ■ Unterkonstruktion ■ Montage ■ Inverter ■ Elektro Mat. ■ Div.

F. Baumgartner, electrosuisse bulletin, Nov 2013; <https://www.electrosuisse.ch/de/verband/verlag/news/news-details/news/9426-simulation-versus-ertragsmessung-von-fotovoltaikanlagen.html>

Solarstrom ist nicht zu teuer - BRD

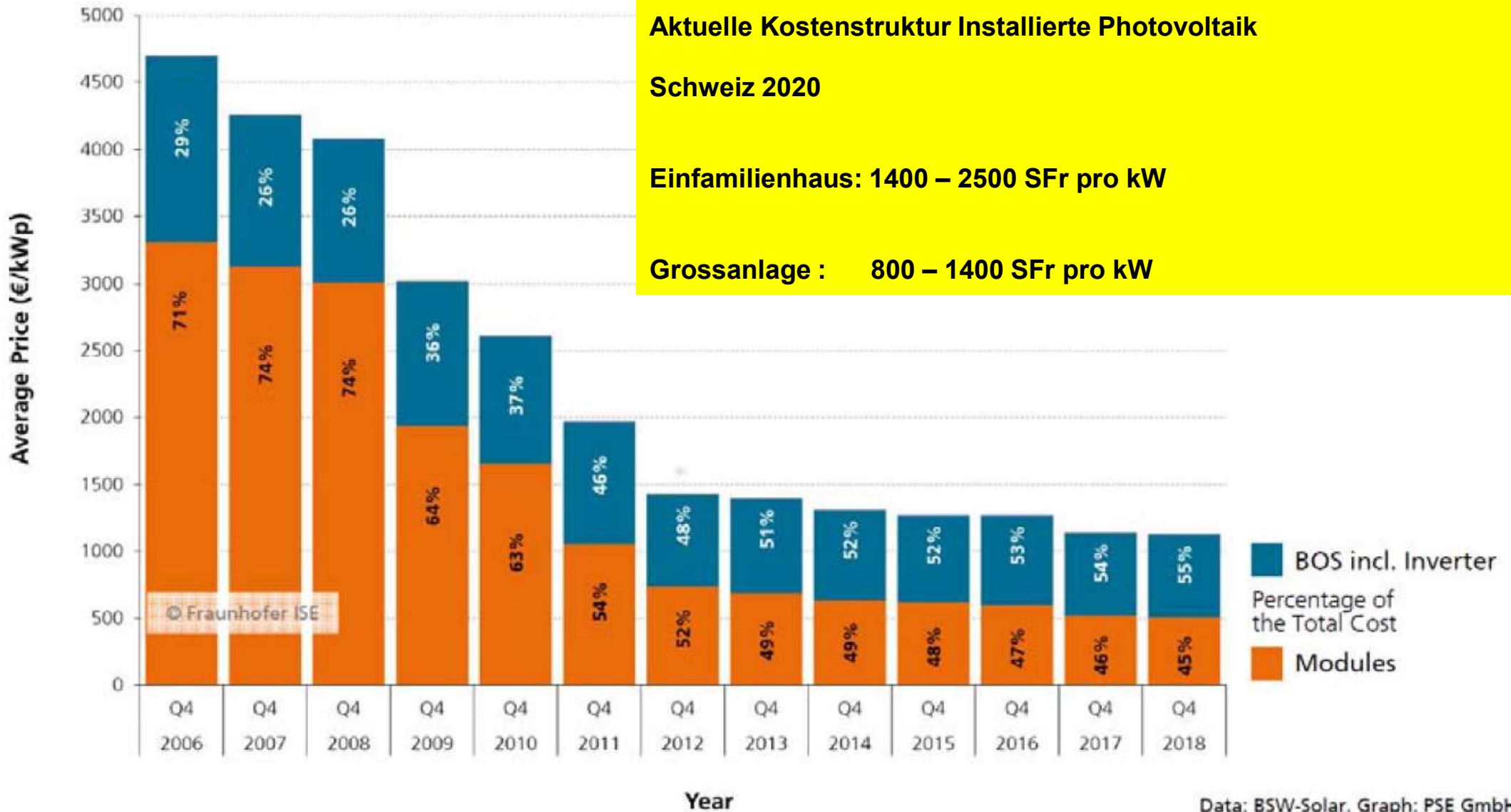


Abbildung 2: Durchschnittlicher Endkundenpreis (Systempreis, netto) für fertig installierte Aufdachanlagen von 10-100 kW_p [ISE10]

Solare Trends

sind dort, wo

die Kostenanteile hoch sind:

Planung, Montage, Service

Der erste Solar-Skilift im Safiental, CH, 2012



Umfrage 2019 Feb

Sind Solarskilifte eine gute Idee?



Insgesamt 1992 Teilnehmer



Nichts verpassen: Ab sofort können wir Dich auch im Browser auf Breaking News hinweisen.

NEIN, DANKE

JA, GERNE

Neue Bifacial-Solarmodule nutzen auch Licht von der Rückseite

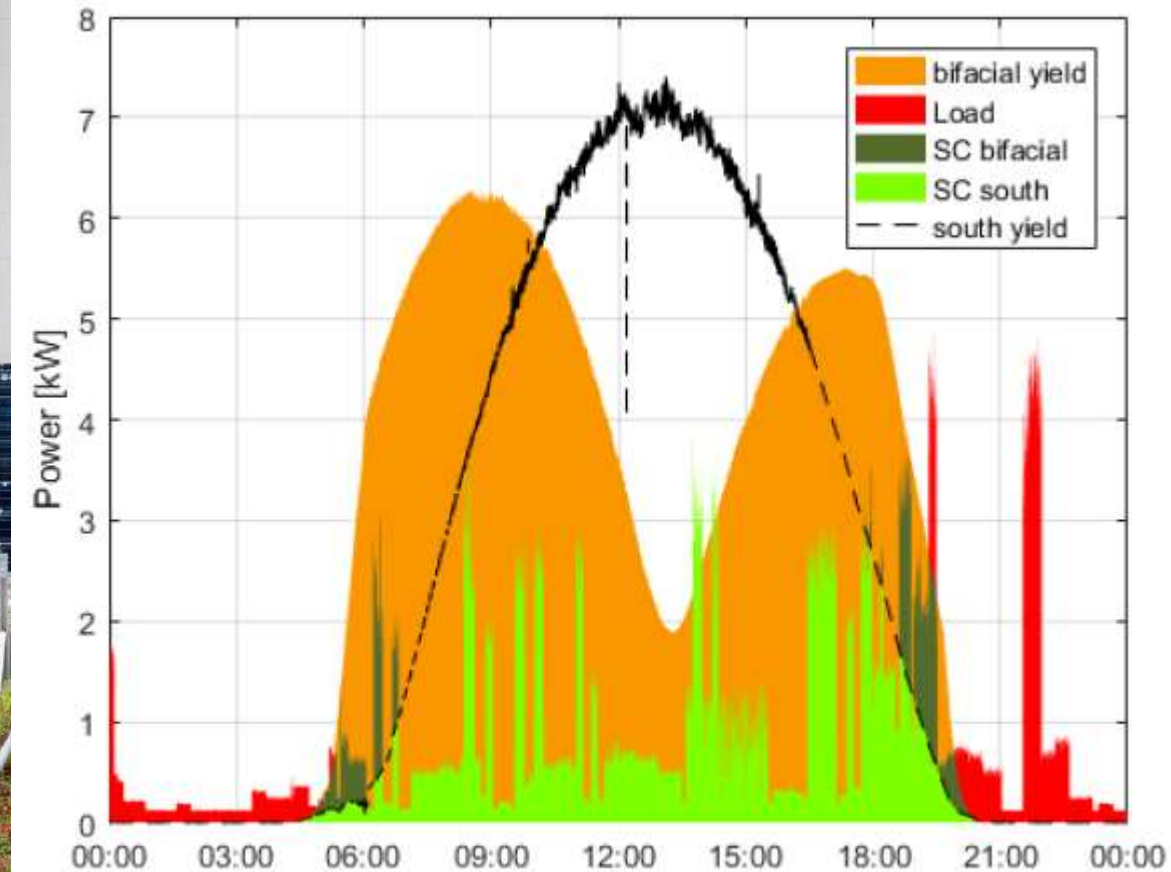


Figure 9 Vertically mounted bifacial yield curve (orange),

Beispiel Einfamilienhaus

PVA Schneider, Turbenthal



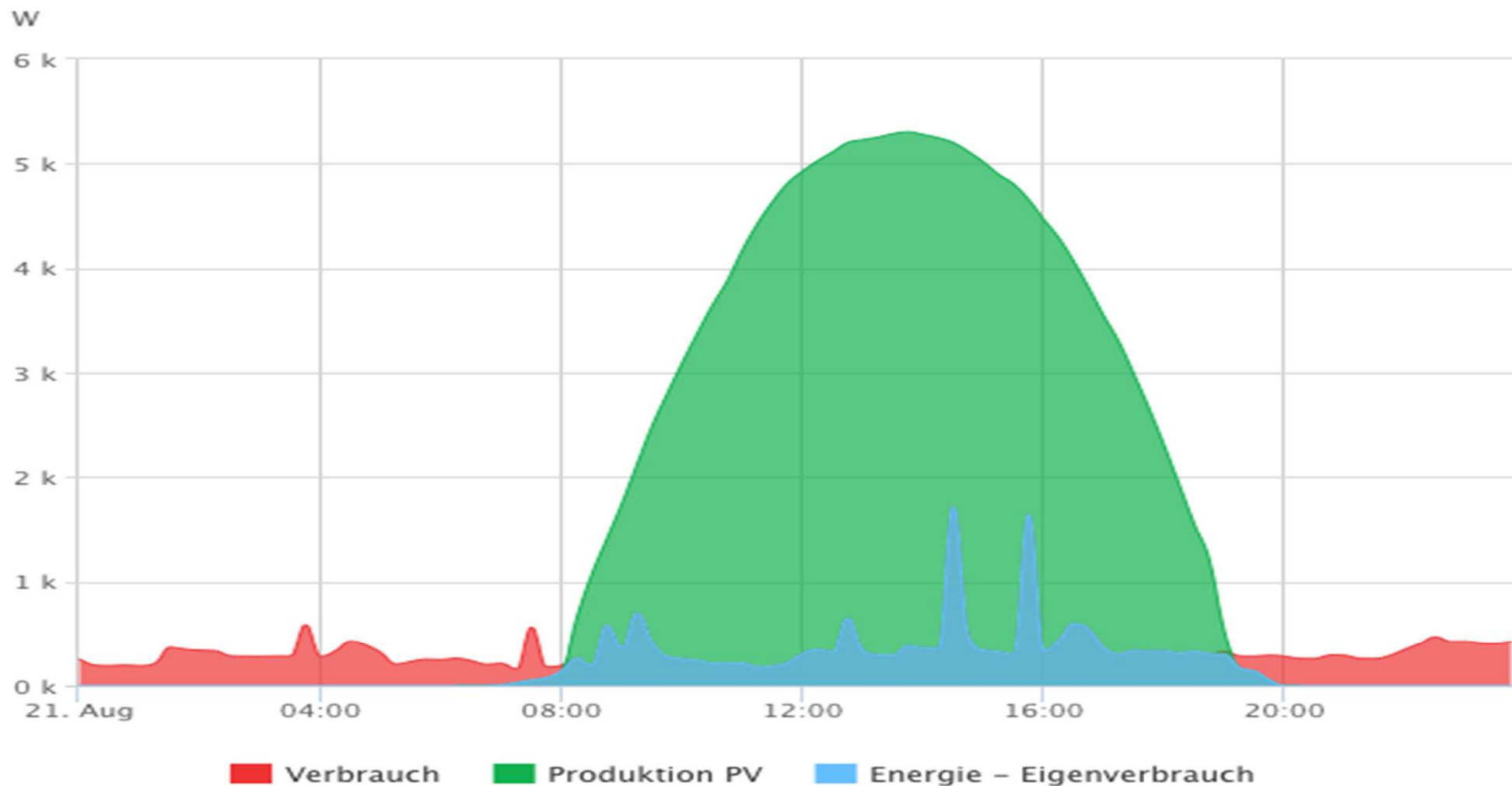
Solarpanel auf dem Dach
mit einer Drohne fotografiert



SOLAREEDGE Wechselrichter
in der Waschküche

Tagesgang der Solarstromproduktion

solaredge



Datum:

◀ Vorheriger Tag | Nächster Tag ▶

Investition und Amortisation

Investition:	Rechnung Lieferant	18 000.00 CHF
Subventionen:	Gemeinde Kanton (Steuerabzug) Netzbetreiber	- 9 000.00 CHF

Total Investitionskosten	9 000.00 CHF
---------------------------------	---------------------

Amortisation:	9000 CHF / 687 CHF pro Jahr = 13 Jahre
----------------------	---

Selbst eine Solarsimulation erstellen - ersetzt aber nicht den Fachexperten!

Webtool Schweiz

<https://www.energieschweiz.ch/page/de-ch/solarrechner/>

Abweichung hier -12%

Solarrechner

Mit dem Solarrechner können Sie die ungefähre Energieproduktion, die Gesamtkosten und die Amortisationsdauer einer auf Ihre Bedürfnisse zugeschnittenen Solaranlage berechnen.

1 Standort / Technologie
Postleitzahl: 8400
Winterthur
Solarwärme / Photovoltaik
Automatische Auslegung

2 Bewohner im Haus / System
Bewohner im Haus: 4
System: Haushaltstrom

3 Orientierung / Neigung
Orientierung der Module: Süd
Dachneigung: 25°

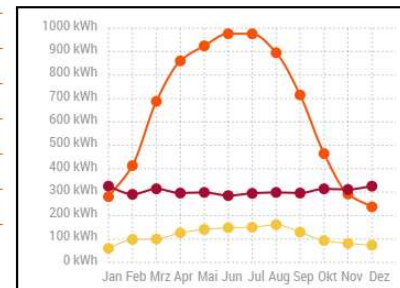
4 Grösse der Anlage
belegte Dachfläche: 46 m²
belegte Fassadenfläche: 29 m²
7,8 kW / 5 kW

Buttons: Weitere Einstellungen, Start, Referenz-Wetterdaten, Monatsdaten

Ergebnisse Simulation

Gesamtstromproduktion	7721 kWh / Jahr
Solarstrom selber verbraucht	1'359 kWh / Jahr
Eigenverbrauchsanteil	17.6 %
Solarstrom ans Netz abgegeben	6'362 kWh / Jahr
Kosten schlüsselfertige Anlage	23'090 CHF
Kleine Einmalvergütung KLEIV	3'652 CHF
Amortisationsdauer der Anlage	18 Jahre

Erzeugter / verbrauchter / eigenverbrauchter Strom



Webtool der EU Forscher seit 15 Jahren

https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html

Abweichung hier -4% (siehe Einstellung)

PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM

Cursor: Selected: 47.438, 8.853
Elevation (m): 585

PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV

Simulation parameters:
Solar radiation database: PVGIS-CMSAF
PV technology: Crystalline silicon
Installed peak PV power [kWp]: 7.8
System loss [%]: 10
Fixed mounting options: Free-standing
Slope [°]: 25
Azimuth [°]: 0
PV electricity price: 0.25
Interest [%/year]: 5
Lifetime [years]: 20

PERFORMANCE OF GRID-CONNECTED PV: RESULTS

Summary:
Location [Lat/Lon]: 47.438, 8.853
Horizon: Calculated
Database used: PVGIS-CMSAF
PV technology: Crystalline silicon
System loss [%]: 10
Simulation outputs:
Slope angle [°]: 30
Azimuth angle [°]: 0
Yearly PV energy production [kWh]: 1108.73
Yearly in-plane irradiation [kWh/m²]: 1341.86
Year-to-year variability [%]: 34.20
Changes in output due to:
Angle of incidence [%]: -2.95
Spectral effects [%]: 1.34
Temperature and low irradiance [%]: -6.66
Total loss [%]: -17.38

Monthly energy output from fix-angle PV system (Bar chart):
Jan: ~35 kWh, Feb: ~55 kWh, Mar: ~105 kWh, Apr: ~125 kWh, May: ~130 kWh, Jun: ~135 kWh, Jul: ~140 kWh, Aug: ~130 kWh, Sep: ~105 kWh, Oct: ~65 kWh, Nov: ~35 kWh, Dec: ~25 kWh.

Outline of horizon: Circular diagram showing horizon height and sun height for June.

Abschätzung der Vergütungen aus Bern und vom lokalen Netzbetreiber

- Der Bund vergütet über die bei den Stromkunden erhobenen KEV-Beiträge hier aktuell **3'652 Fr** (ca. 470 Fr pro kW oder in etwa den Preis der Standardmodule)

<https://pronovo.ch/de/services/tarifrechner/>

Basisdaten der Anlage

Leistung in kWp*	Datum Inbetriebnahme*	Art des Anlagenbaues*
7.80	30.11.2020	Angebaut

Vergütungsdetails

Grundbetrag	1'000.00
Leistungsbetrag	2'652.00
Förderbetrag (unverbindlich)	3'652.00 CHF

- Wieviel erbringt die Rückvergütung für den ins Netz rückgespeisten Solarstrom z.B. 7.29 Rp/kWh bei jährlich 6 930kWh sind dies 505 SFr ca. **5 000 Fr in 10 Jahren**

<https://www.vese.ch/pvtarif/#SearchTitle>

Winterthur 9.52 inkl. HKN + Energie

Suche nach PLZ, Gemeinde oder EW

Suche nach Gemeindenamen/Postleitzahl oder nach dem Namen des Elektrizitätswerks:

Turbenthal PLZ Netzbetreiber eingeben... Jahr

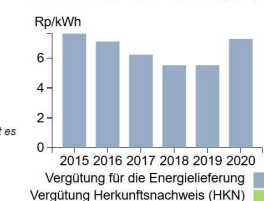
Elektrizitätswerke des Kantons Zürich EKZ

< 1000 kVA	
Energie	7.29 Rp/kWh
HKN	0.00 Rp/kWh
Total	7.29 Rp/kWh

HT/NT-Tarif für die Vergütung Bei den obigen Zahlen handelt es sich um aus MeteoDaten berechnete effektive Jahrestarife (Erklärung)

[Link Tarifblatt 1](#)

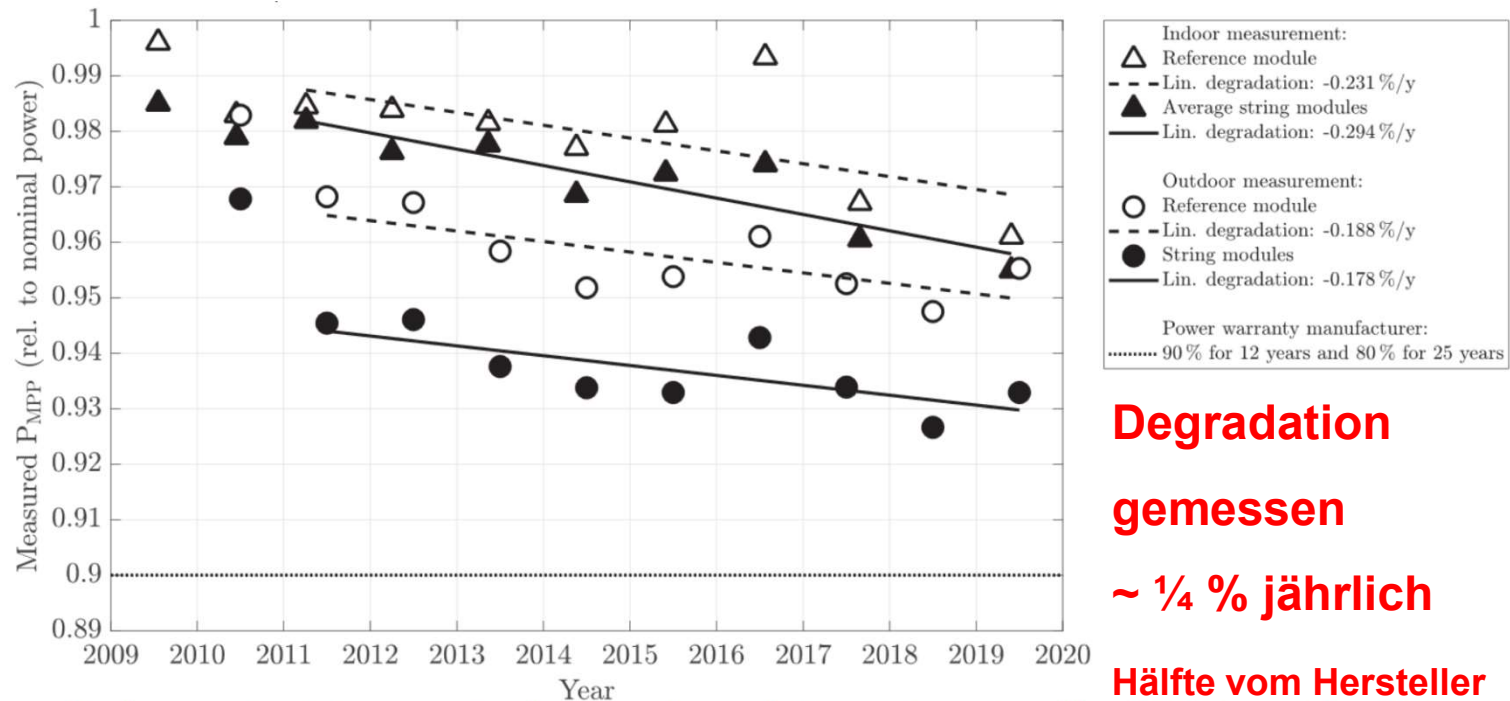
Entwicklung der Vergütungen (10 kVA)



Forschungsprojekt ZHAW Winti & EKZ

Messung der Langzeitstabilität Solarmodule

Testfeld in Dietikon seit 2010: Ergebnis - 4% / Dekade Leistungsverlust



**Degradation
gemessen
~ ¼ % jährlich**

Hälfte vom Hersteller

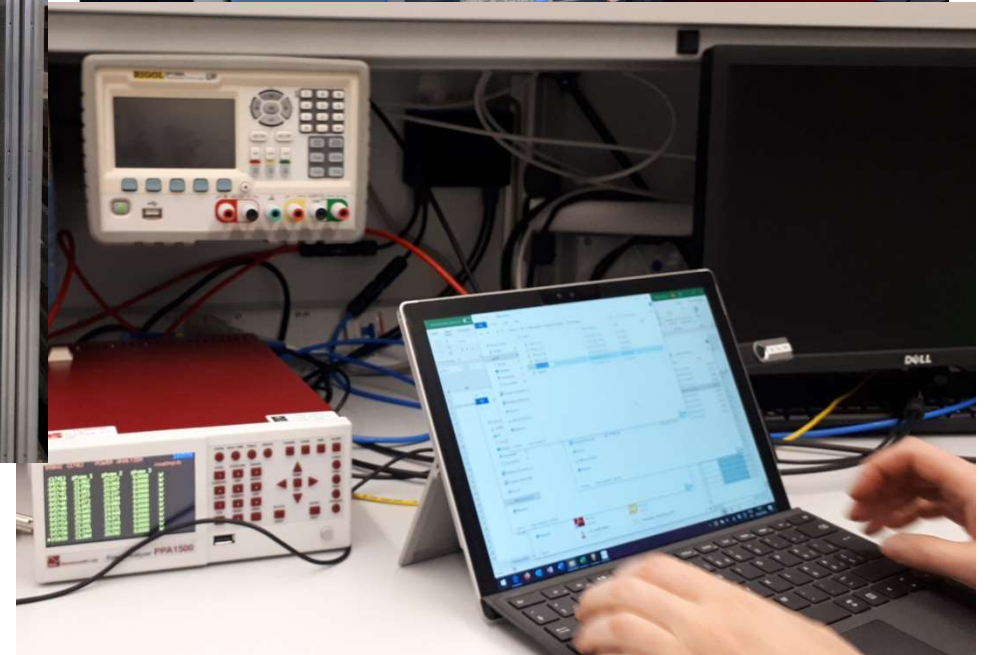
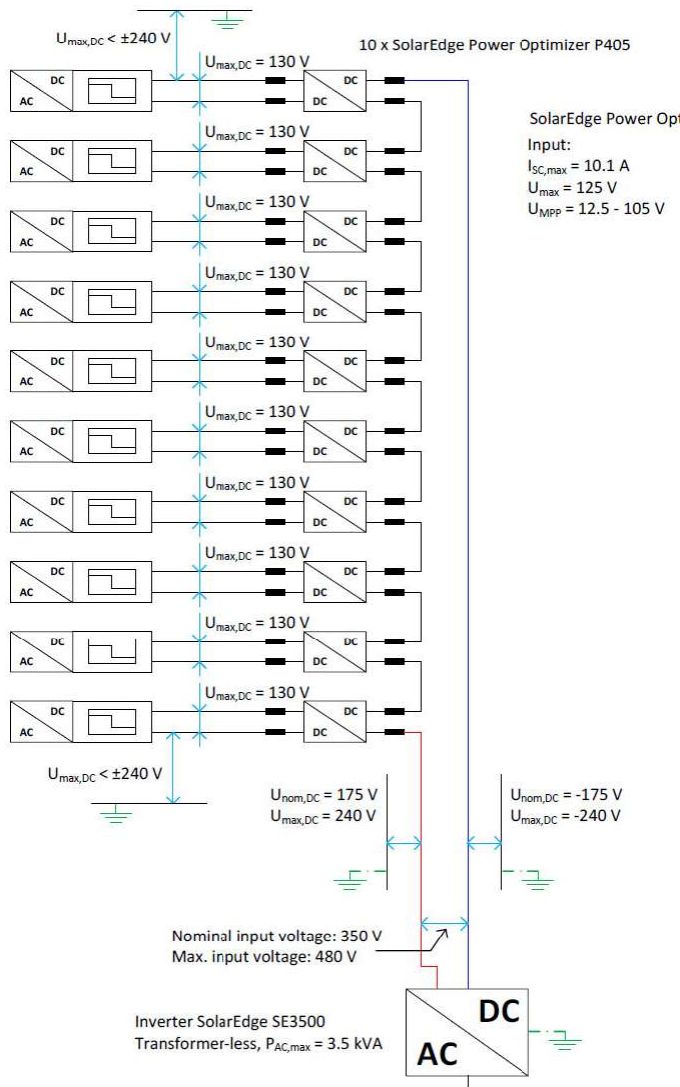
Indoor and outdoor nominal power degradation rates of multi c-Si PV modules [5]

F. Carigiet, F. Baumgartner, Ch. Brabec, EU Photovoltaic Conference, Sept 2020

https://home.zhaw.ch/~bauf/pv/papers/EUPVSEC2020_Carigiet_cr_Si_degradation4AV_1_14_poster.pdf

WWW.ZHAW.CH/~bauf

Fachpublikationen Baumgartner: www.zhaw.ch/~bauf



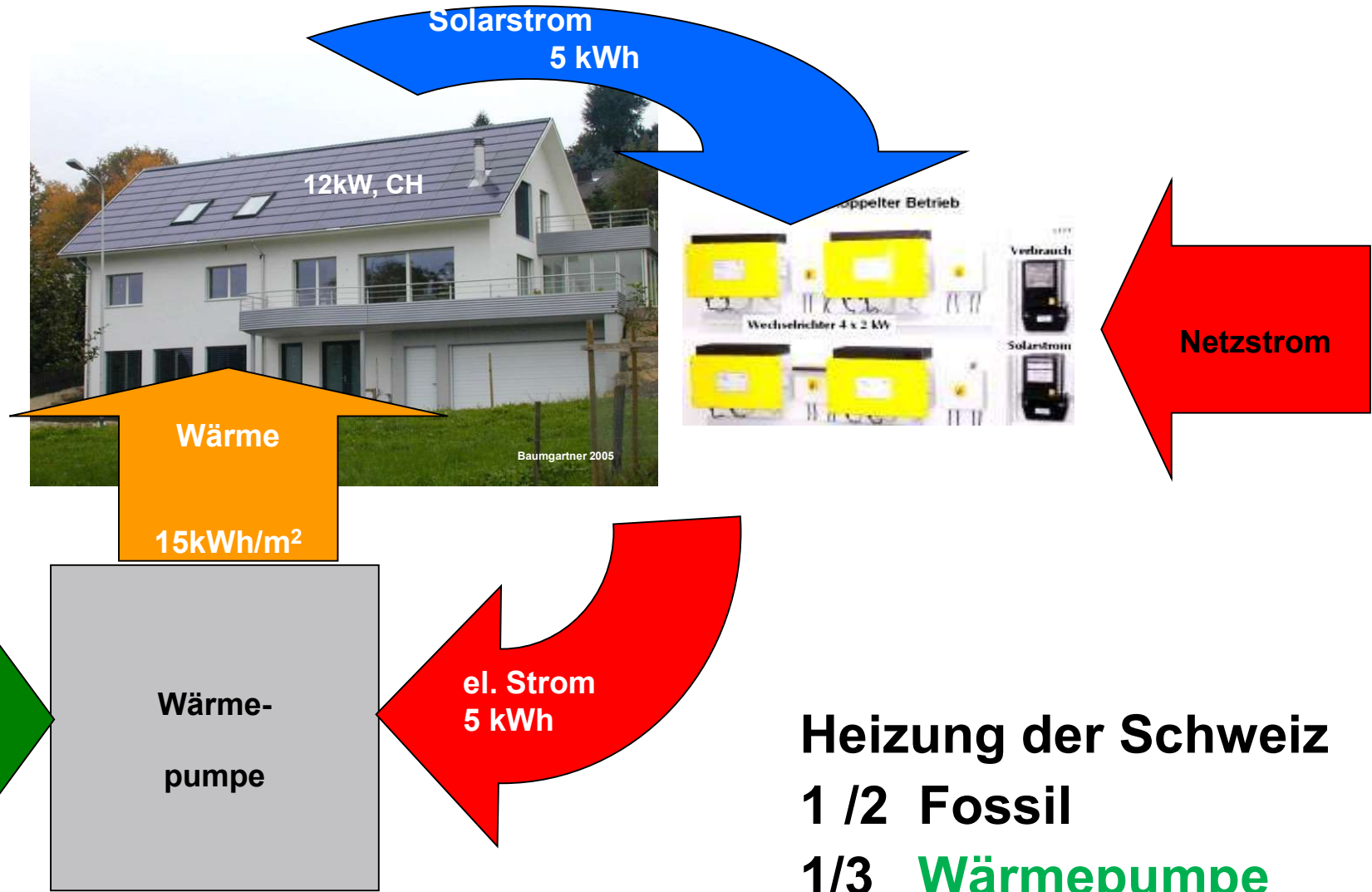
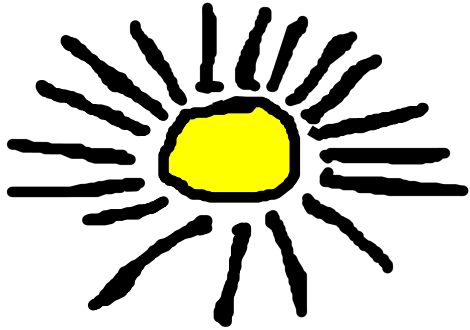
Solarstrom

direkt nutzen mit

Wärmepumpen

Solarstrom + Wärmepumpen

Erfolgsstory für Jahrzehnte max. Eigennutzen



Heizung der Schweiz
 1 / 2 Fossil
 1/3 **Wärmepumpe**
 1/8 **Holz + Fernwärme**

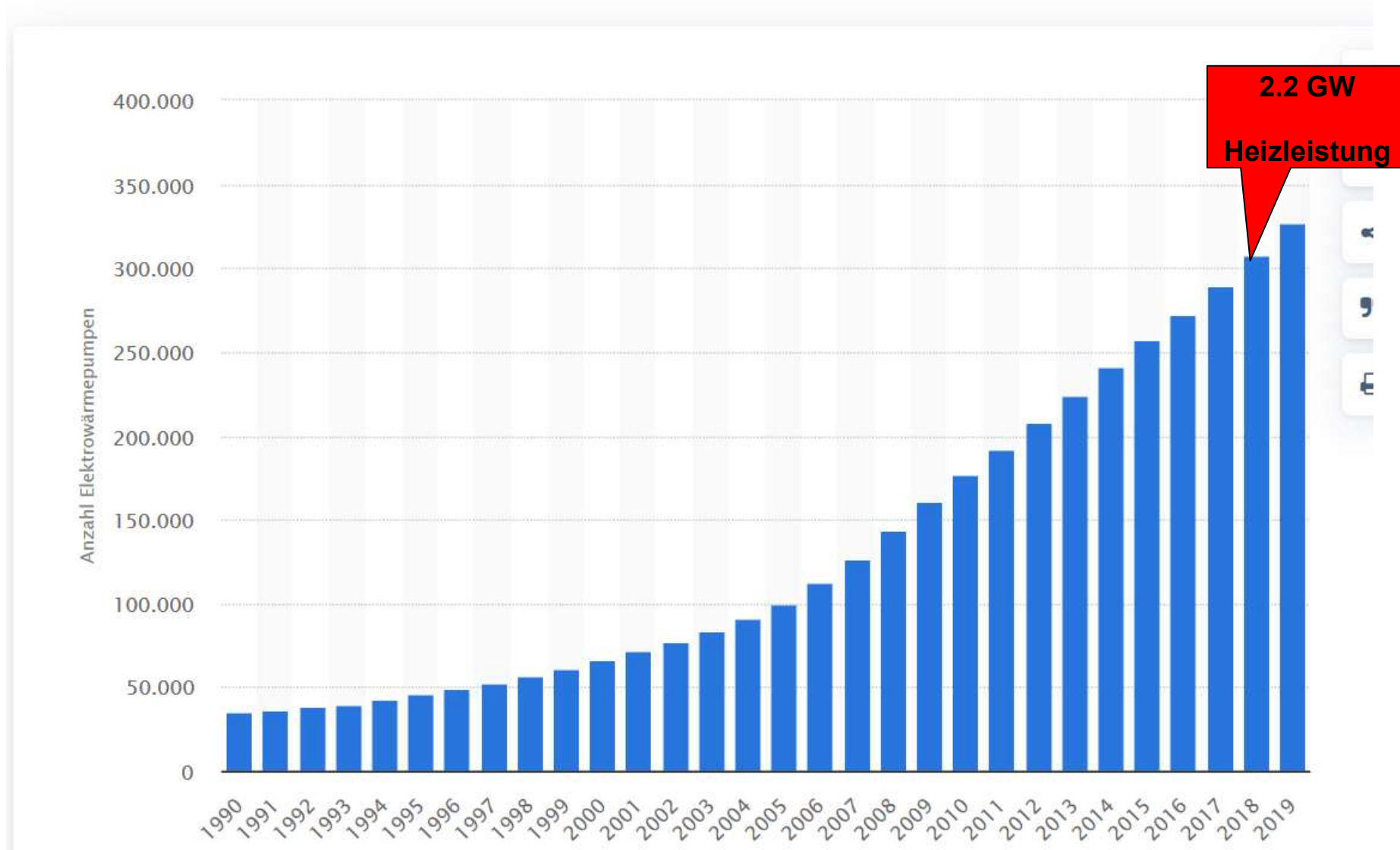
- www.zhaw.ch/IEFE Kältetechnik-Labor



Die Schweiz heizt mit Wärmepumpen

Verkaufte Wärmepumpen pro Jahr ca. 20 000 Stk.

Anzahl der Elektrowärmepumpen in der Schweiz von 1990



Effiziente Wärmepumpen für

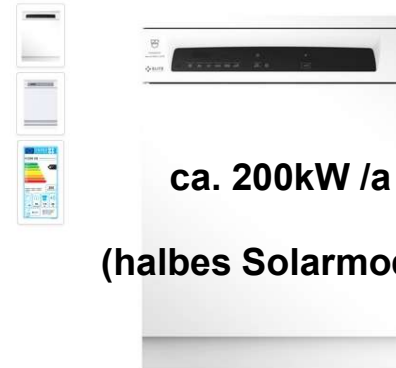
- Solares Warmwasser
- Solare Wäschetrockner (JAZ 4)
- Gebäudeheizung
- Wichtig, die Ansteuerung: Smart-Grid-ready, damit mit Solarangebot gesteuert werden kann

Umluft
typ. 62°C



ca.
1800mm
ca.
1800 SFr

A++



ca. 200kW /a
(halbes Solarmodul)



ca.
8000W
ca.
+8000 SFr
Luft/Wasser

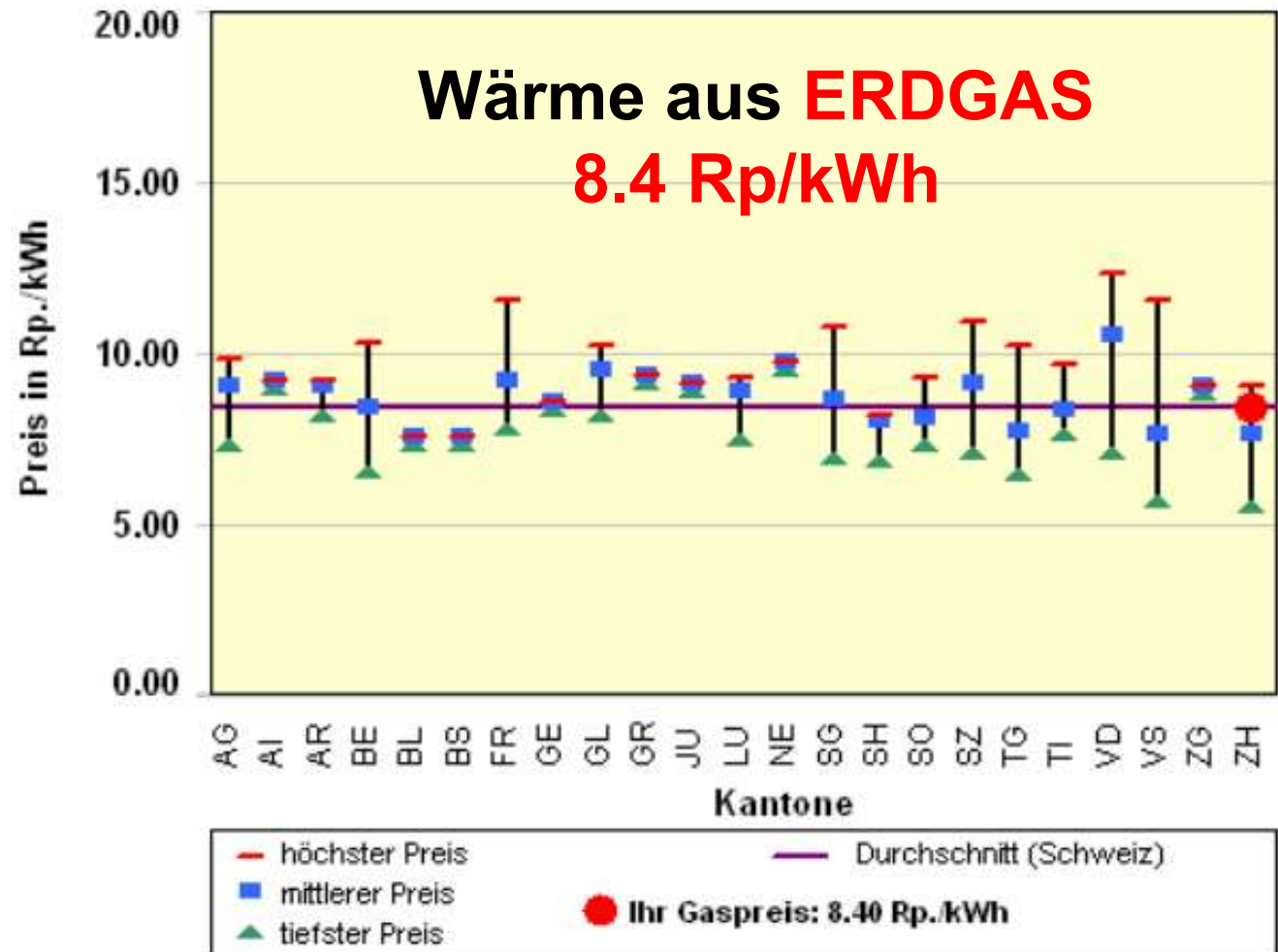
Grober Kostenvergleich PV WP versus Erdgas

Wärme aus PV+WP

PV: 18 Rp/kWh_e

Leistungszahl 3

$18/3 = 6 \text{ Rp/kWh}_t$

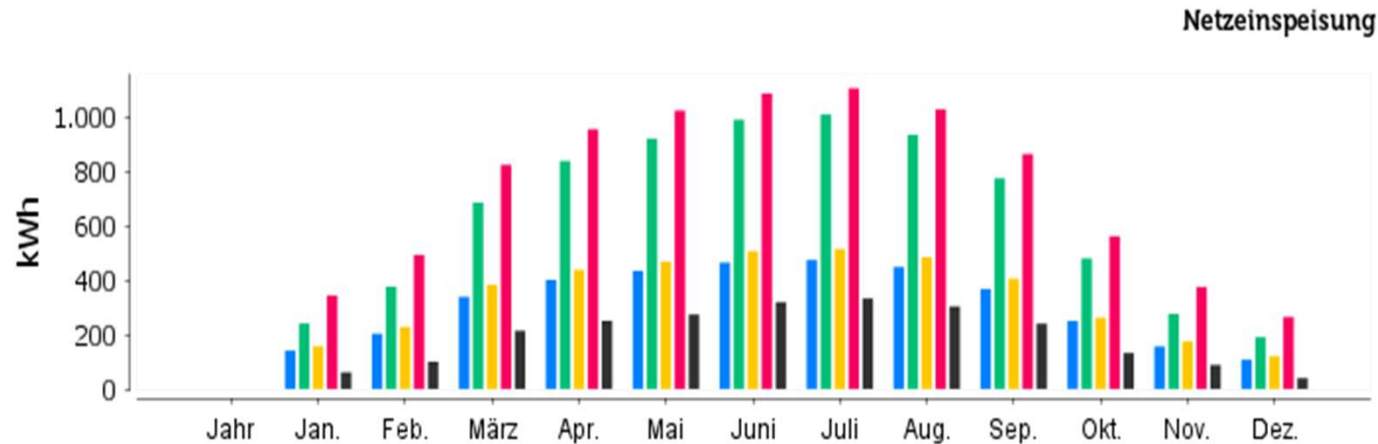
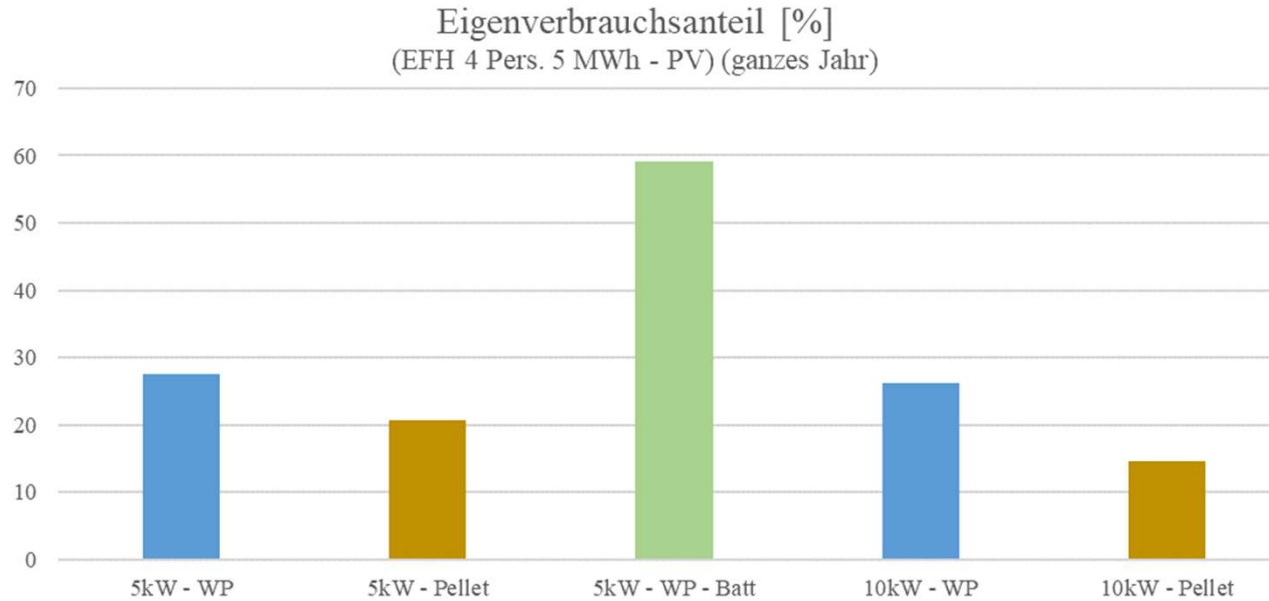


Typ II: Einfamilienhaus, durchschnittlicher

Jahresverbrauch von 20'000 kWh, Heizung mit

Warmwasser, Kesselleistung 12 kW (Preis inkl. CO2

Was bringt die Wärmepumpe ?



- (1) EFH [4 Pers. - 2 Arbeitstätig]: Heiz.MW (5kW PV + 10kW WP ohne Batterie)
- (2) EFH [4 Pers. - 2 Arbeitstätig]: Heiz.MW (10kW PV + 10kW WP ohne Batterie)
- (3) EFH [4 Pers. - 2 Arbeitstätig]: Heiz.MW (Pelletkessel und 5kW Photovoltaik)
- (4) EFH [4 Pers. - 2 Arbeitstätig]: Heiz.MW (Pelletkessel und 10kW Photovoltaik)
- (5) EFH [4 Pers. - 2 Arbeitstätig]: Heiz.MW (5kW PV + 10kW WP und 5kWh Batterie)

www.velasolaris.com

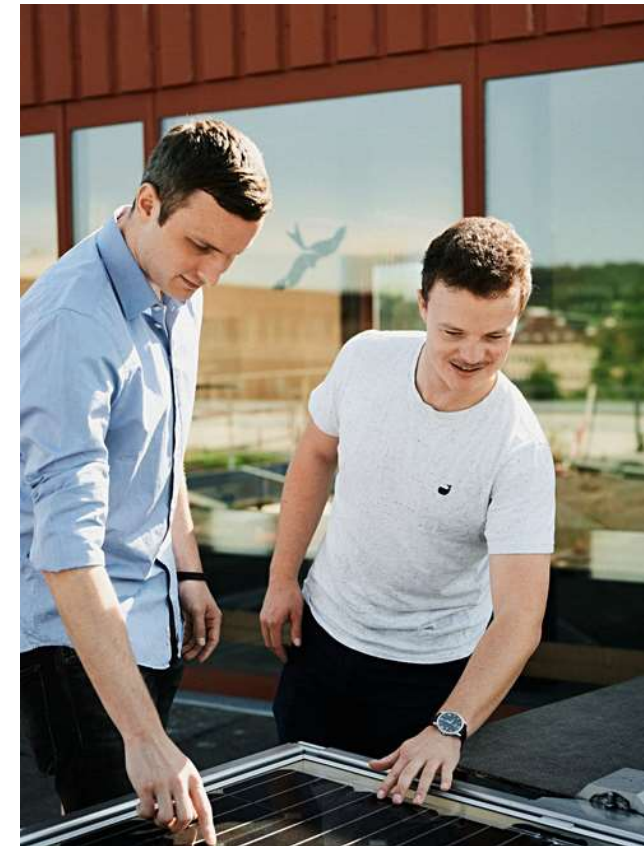
POLYSUN Simulationstool

aus Winterthur

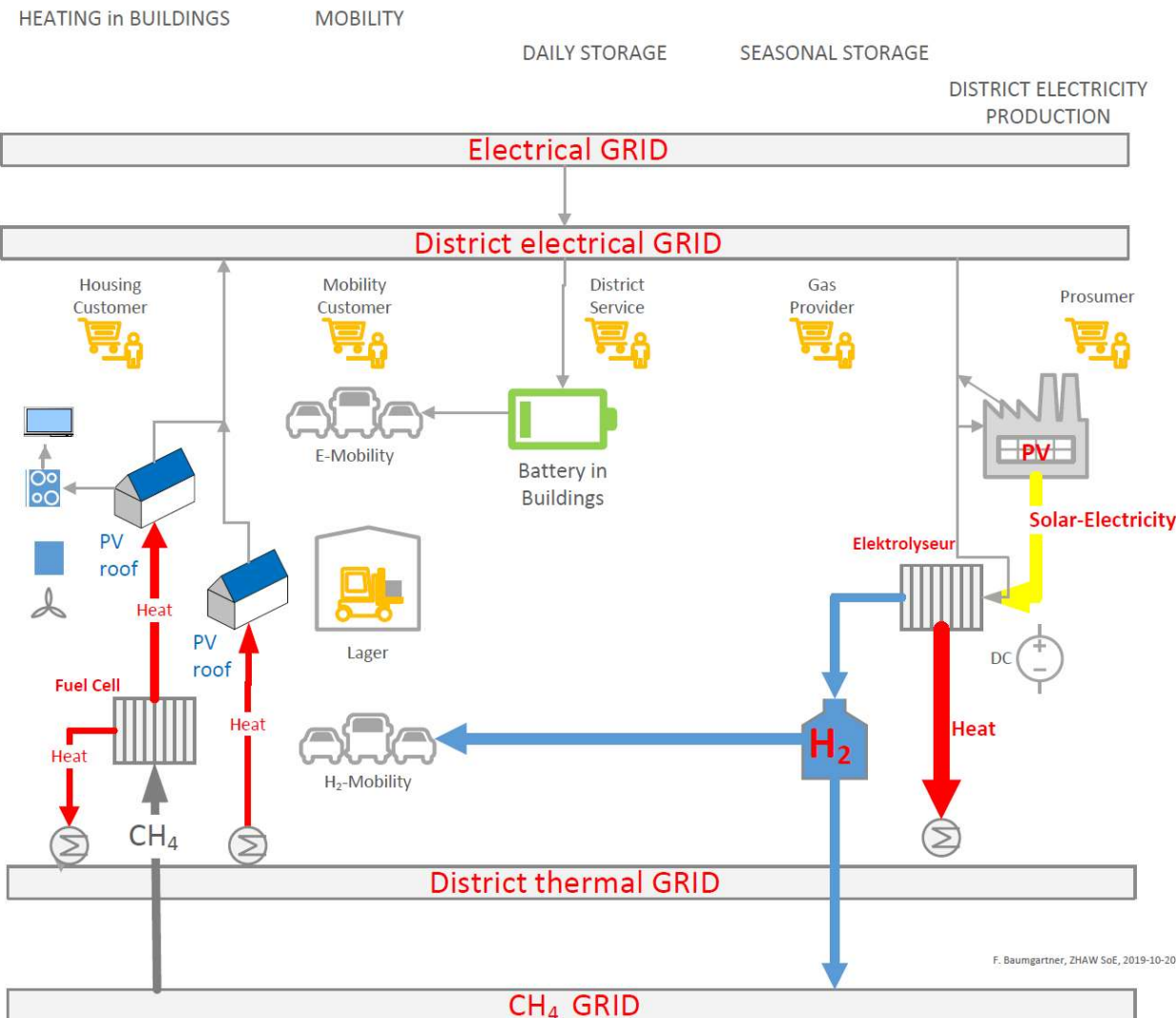
Mit Sonnenstrom heizen: Bachelorarbeit gewinnt zwei Nachhaltigkeitspreise

Photovoltaikanlagen produzieren nicht nur dann Strom, wenn er auch gebraucht wird. Den überschüssigen Solarstrom nutzen Patrick Böhni und David Wicki zum Heizen eines Gebäudes. Für ihre Bachelorarbeit wurden die beiden ZHAW-Absolventen am **Swiss Green Economy** Symposium sowie von **Stadtwerk Winterthur** ausgezeichnet.

SOLARNUTZUNG um +10% gesteigert

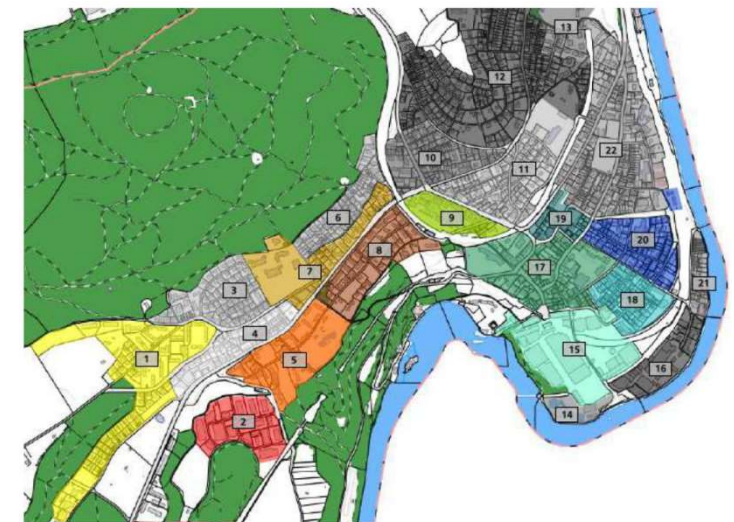


Sektorkopplung : Thermische – Elektrische Welt



F. Baumgartner, ZHAW SoE, 2019-10-20

Beispiel Wärmenetz Neuhausen;

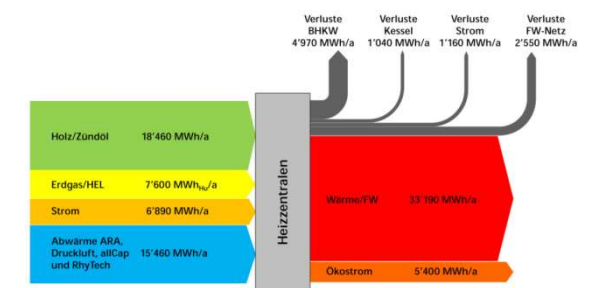


Situationsplan

Projektantrag
CO₂-Kompensationsmassnahmen

DURANA
die Energie-Ingenieure

Übersicht



Energieflussdiagramm 2038

Beispiel: Einfamilienhaus mit positiver Balance

Solarem-Haushaltsstrom, -Heizung und -Elektroauto

Eckdaten vom Eigentümer:

1985 Baujahr, Einfamilienhaus, Heizung
monovalente Erdwärmesonden,
s. -Studie auf der BFE-homepage

2008 Wärmepumpe mit Scroll-Kompressor

2012 Warmwasser über Wärmepumpe und
Erdwärmesonden

2014 PV-Solaranlage **16,4 kWp**, s. att.

2015 vollelektr. E-Car (mit eigener "Tankstelle")

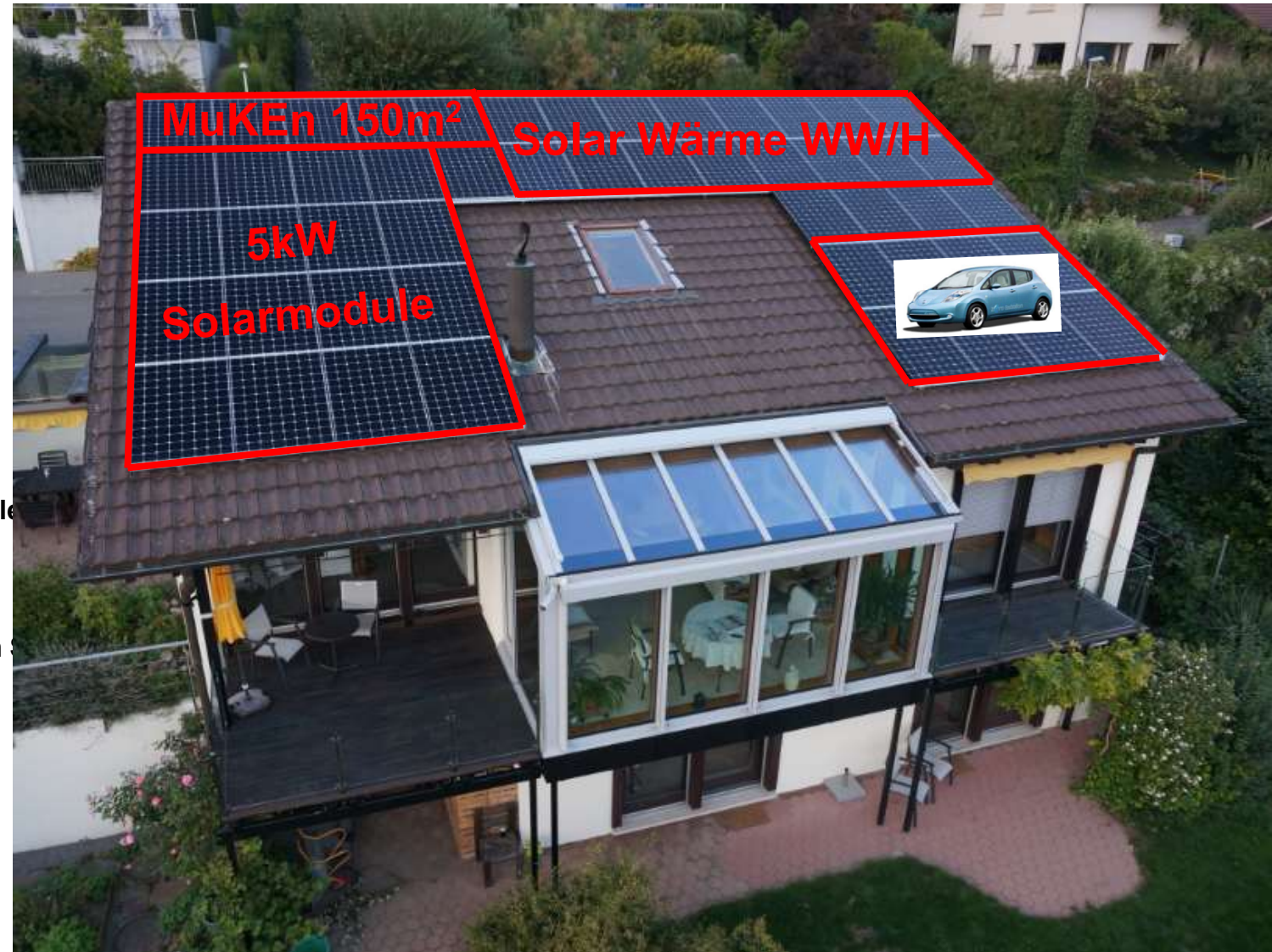
Verbrauch Heizung, WW, Haushalt 7000kWh

Erzeugung PV Plan 17.000kWh jährlich
(seit 19.05. aktuell 11.500 kWh)

= 243%-PEB-EFH

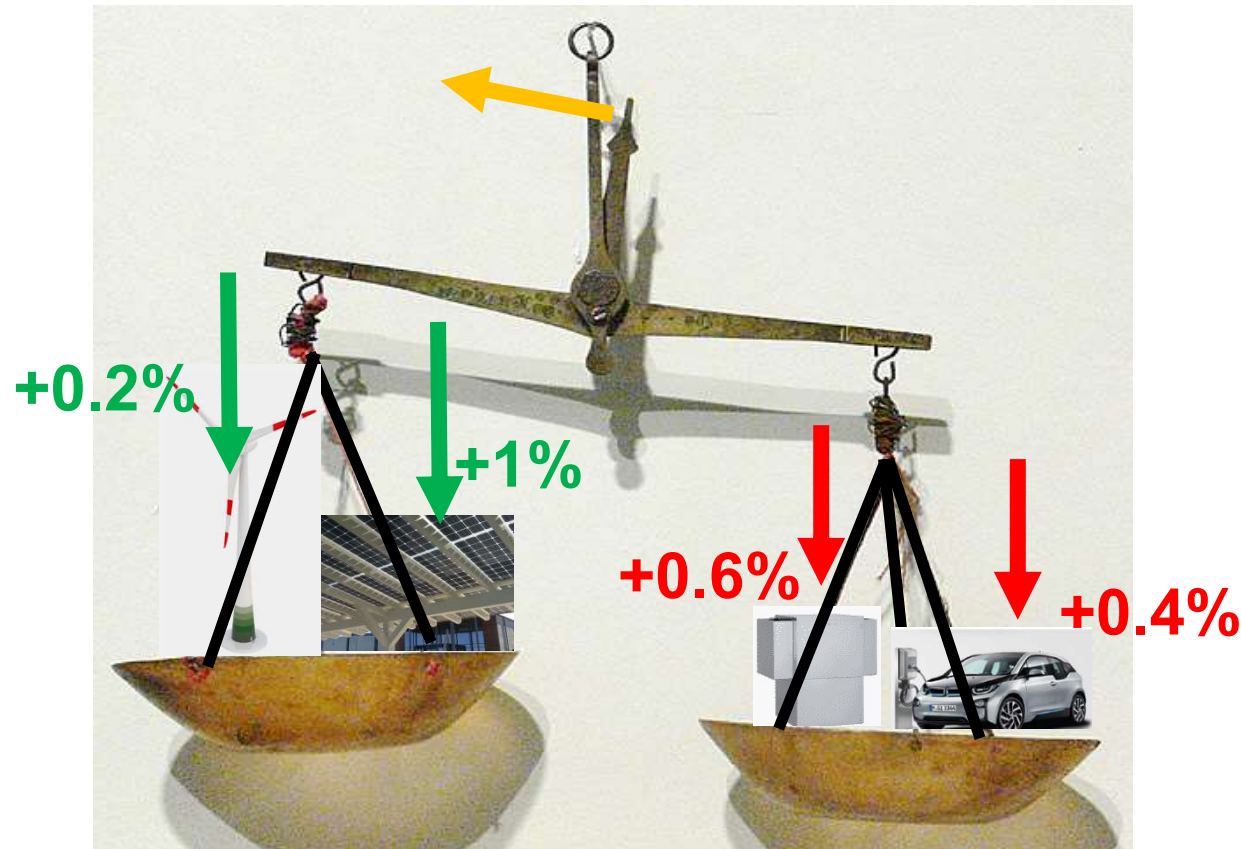
Untersiggenthal/AG

www.staerk-erdwaerme.ch



Herausforderung lokal – Strom BALANCE ohne fossile und nukleare Quellen

die jährlichen
Stromzuwachsrate
entscheiden!



WIR SCHAFFEN ES, wenn wir uns auf **MEHR EE-Strom ZUBAUEN** konzentrieren, ohne Ablenkung durch Nebengeräusche wie Stromnetzprobleme der Nachbarländer hier nachzuerzählen!

Was uns das Klima **WERT** ist, sehen wir auf den **Dächern**

- Nicht ausführliche Diskussionen und Analysen sind heute nötig, sondern Investitionen mit seriöser Planung und Realisierung **JETZT**



Die Wertschöpfung bleibt zum Grossteil in der Schweiz – Die Jugend will sich einbringen


Studium der Energie- und Umwelttechnik in Winterthur am Tech

<https://www.zhaw.ch/de/engineering/studium/bachelorstudium/energie-und-umwelttechnik/>

Jederzeit beim Studiengangleiter Franz Baumgartner nachfragen bauf@zhaw.ch



The screenshot displays the zhaw website interface. At the top, there is a navigation bar with the zhaw logo, a search icon, and links for 'Medien', 'Hochschulbibliothek', 'Jobs und Karriere', and 'DE /'. Below this, a secondary navigation bar includes 'Hochschule' and 'School of Engineering'. A main navigation bar features links for 'Studium', 'Weiterbildung', 'Forschung', 'Themen', 'Über uns', and 'Institute und Zentren'. The breadcrumb trail reads 'School of Engineering / Weiterbildung'. The main heading of the page is 'WBK Solarstromerzeugung, Speicherung und Eigennutzung in optimierten Stromnetzen'. Below the heading, there is a left-pointing arrow icon and four menu items: 'Ziele und Inhalt', 'Beratung und Kontakt', 'Anmeldung', and 'Downloads und Broschüre'. At the bottom, a URL is provided: <https://www.zhaw.ch/de/engineering/weiterbildung/detail/kurs/wbk-solarstromerzeugung-speicherung-und-eigennutzung-in-optimierten-stromnetzen/#downloads-broschüre>

A photograph taken from the deck of a sailboat, looking out over a body of water towards a city skyline on the horizon. The sun is low in the sky, creating a bright, shimmering reflection on the water's surface. The sky is filled with soft, golden light and scattered clouds. The sailboat's rigging and a white sail are visible in the foreground on the right side.

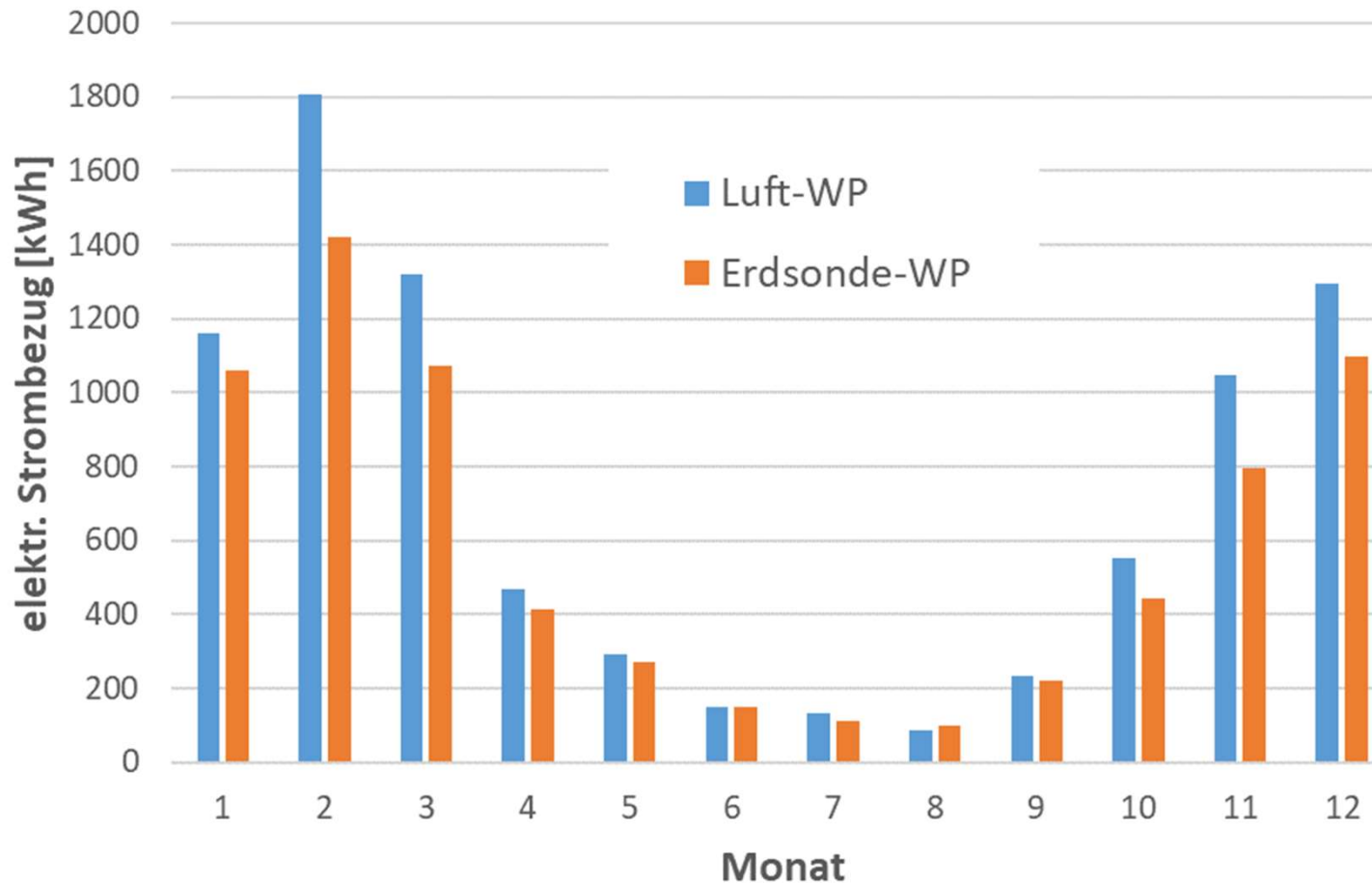
**LASSEN WIR DIE
SONNE AUFGEHEN
UND NICHT
UNTERGEHEN**

www.zhaw.ch/~bauf

Wärmepumpe

80% Winter HJ / 20% Sommer HJ

- Saisonale Verteilung des elektrischen Energiebezugs



Objekte:

- Sanierung

Jahreszeiten:

- Mit Warmwassererzeugung

- Winter: Oktober - März

Verteilung 2018 (kalter Winter):

- Sommer: April - September
- Luft: 15-20% im Sommer

Erwartung für Neubau:

- Erdsonde: ca 20% im

- Sommerer Winteranteil

- Noch kleinerer Unterschied

Luft- und Sole-WP