

SOLARSTROM

«Stütze der nachhaltigen Energiezukunft»

Franz Baumgartner

Prof. Dr. , Leiter Studiengang Energie- und Umweltechnik, ZHAW Winterthur

www.thurplus.ch/stromprodukte/2852



Genutzte Chancen im Thurgau

Privathäuser



Verkaufserlös des Überschussstroms deckt die Wasserkosten

- 1) CO₂ Probleme: Verkehr & Gebäude wird bleiben
- 2) Photovoltaik Lösungen heute – Kosten
- 3) Technologische Entwicklungspfade Fr/kWh: Module, Leistungselektronik, Montage
- 4) Solarstromnutzung: Wärmepumpe, E-Auto, Nachtstrom mittels Batterie
- 5) Zukunft Photovoltaikstrom: Schweiz und Global

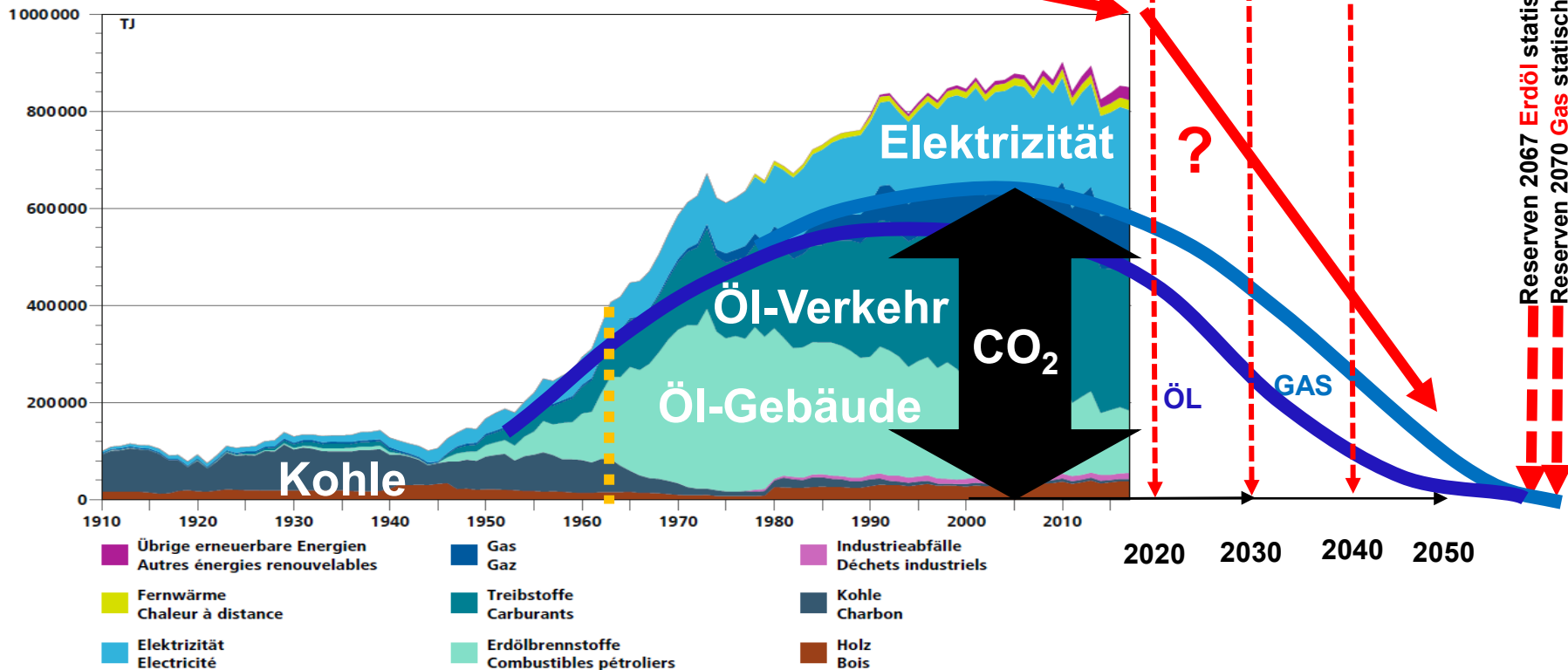
Schmelzender Gletscher in Patagonien

Uppsala Gletscher in Argentinien – 0.7km/a

CO₂

Die Zukunft wird ELEKTRISCH & NACHHALTIG

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

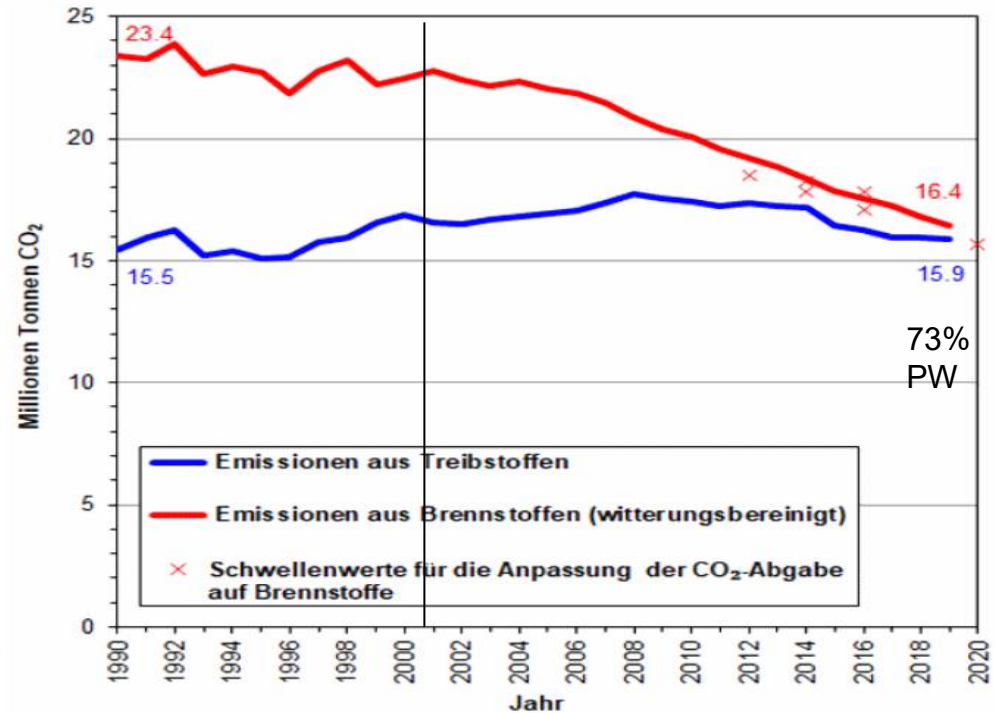


Ist der Mehrheit das Klima nicht mehr wert wie 100 Fr jährlich?

Tabelle 2: Energieabstimmung in der Schweiz am 23.09.2000
 Das Volk lehnte nachfolgende Initiativen ab. [3]

Förderabgabe 2001 bis 2015	Umweltabgabe unbefristet	Solarinitiative 2003 bis 2023
NEIN 53%	NEIN 55%	NEIN 68%
0.3 Rp/kWh fossil/atom	max. 2 Rp/kWh	0.5 Rp/kWh
¼ EE-Förderung ¼ Wasserkraft Förder. ¼ Effizienzsteigerung	Ökologische Steuerref. Lohnnebenk. entlasten keine EE-Förderung	für Solaranlagen, Wind Holz, Biogas, Wasser Energieeffizienz
Öl 3 Rp/l, Benzin 2.7 Strom 0.12 Rp/kWh Volumen: 450 Mio Fr/a	Öl 20 Rp/l, Benzin 18 Strom 0.8 Rp/kWh Volumen: 3 Mrd Fr/a	Öl 5 Rp/l, Benzin 4.5 Strom 0.2 Rp/kWh Volumen: 800 Mio Fr/a
Jährlich 50 Fr/Kopf 1 Fr pro Woche	Keine neue Steuer aber Energiesparen belohnt!	Jährlich 100 Fr/Kopf 1 Rappen wöchentlich

Rp steht für Rappen wobei gilt 1.5Rp ca. 1€-Cent



Vortragsband: Nachhaltige Energie Technik in Buchs, NTB 2002 SS, Vol. 1, www.ntb.ch, ISBN: 907134-109; Herausgeber: F. Baumgartner, H. Ossenbrink

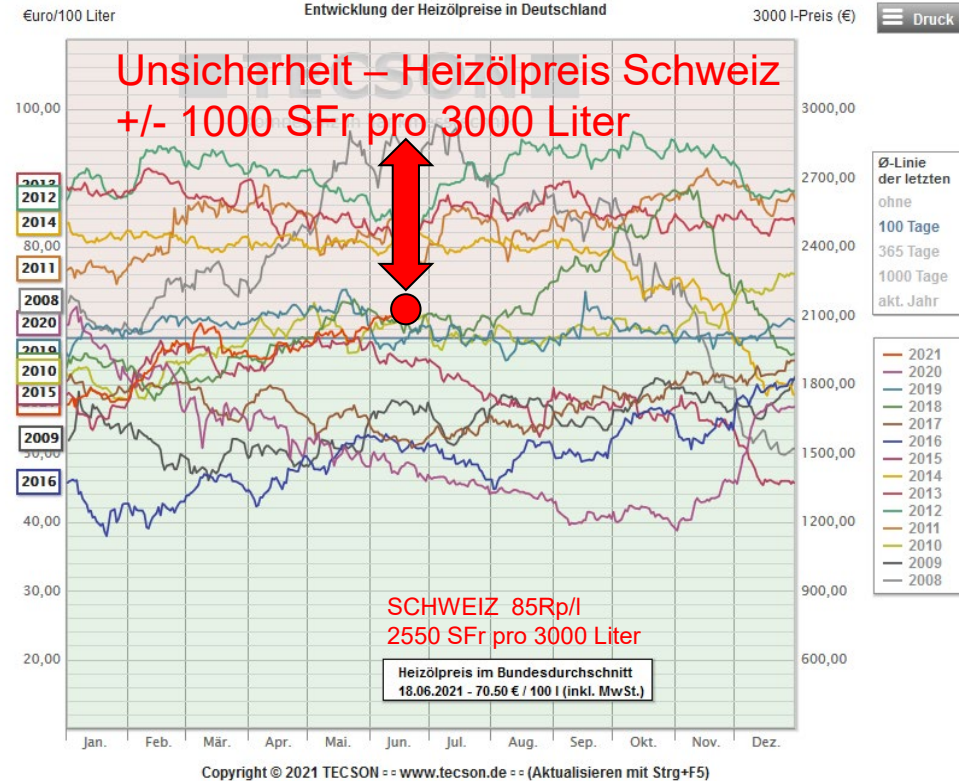
"Nachhaltige Energietechnik: Aufgaben für Ingenieure im 21. Jahrhundert; Vortragsband 2002-03-01

Planbarkeit – PREIS – Heizöl im letzten Jahrzehnt

CO₂ Abstimmung Schweiz 13. Juni 2021

Das 1 zu 1000 Paradoxon

- CO₂ Abgaben 100 SFr jährlich zu hoch
es sind 1 zu 1000 zum Haushaltseinkommen
- Schweizer CO₂ Emission sind zu niedrig
mit nur 1 zu 1000 im globalen Vergleich
- Es ist zu erwarten, dass viele der CO₂ Abgaben Gegner für Heizöl zahlen,
dort aber das zehnfache Preisrisiko hinnehmen



2)

Photovoltaik Lösungen heute und deren Kosten

Typische Kosten von Solarstrom im Einfamilienhaus – Parität mit Netz möglich



Franz Baumgartner, 23.06.2021; www.zhaw.ch/~bauf/

Kosten Solaranlagen 10kW in SFr

Solarstrompreis pro kWh in Rp

28 000

PV Inndach 10kW

46 / 35 / **32**

Haushalt 4000 kWh
+ WP 6900 kWh
+ EV 10tkm, 8400 kWh

37 000

PV+
Batterie 10kWh

41 / 32 / **29**

23 000

PV Aufdach 10kW

41 / 33 / 30
nur 6kW no Batt.
33 / 28 / **28**

32 000

PV +
Batterie 10kWh

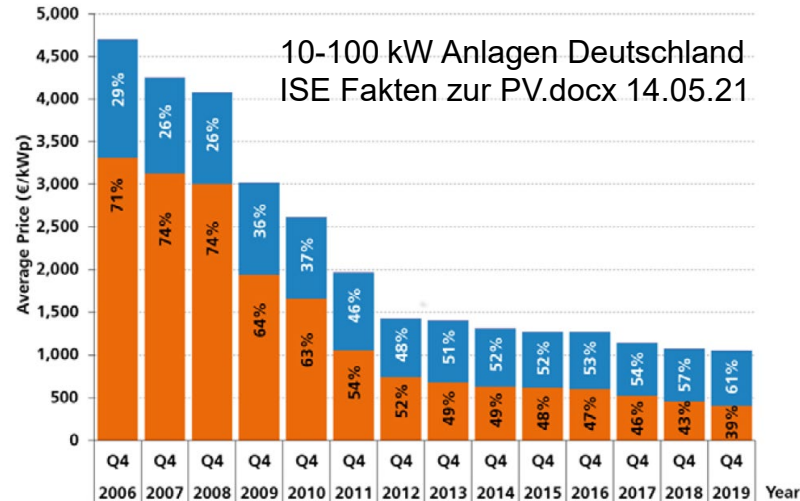
36 / 29 / 27
für nur **6kW/6kWh**
28 / 26 / **26**

Annahmen: **30Rp/kWh Netz**, 7.3 Rp Rückspesetarif, 25Jahre, Batterieersatz 15 Jahre, PV 25 Jahre
inkl. Förderung 4500 SFr, Basis Eigenstromanteil nach <https://solarsimulator.fronius.com/>
2021 Haushaltsstrompreis **21Rp/kWh** H4, www.strompreis.elcom.admin.ch

Solarmodule nur 20 bis 40% der Kosten des Solarstromkraftwerks 2020



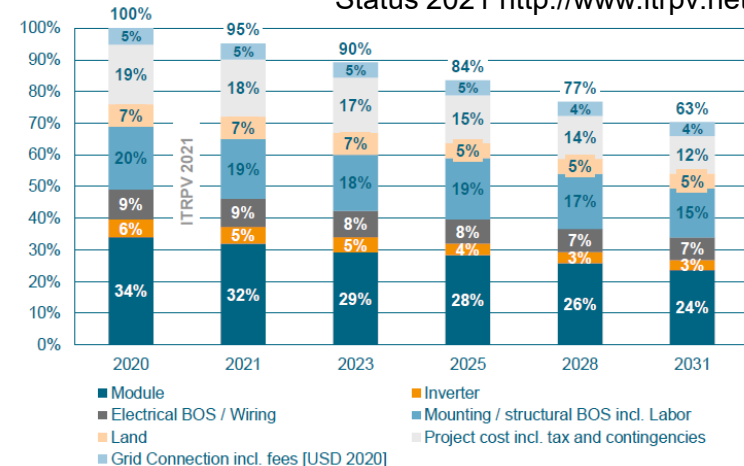
Der Solarpark befindet sich in der Nähe der Stadt Murcia. (Foto: EKZ/Team Works Production)



Cost elements of PV System Worldwide

For Systems > 10 MW

Status 2021 <http://www.itrpv.net>

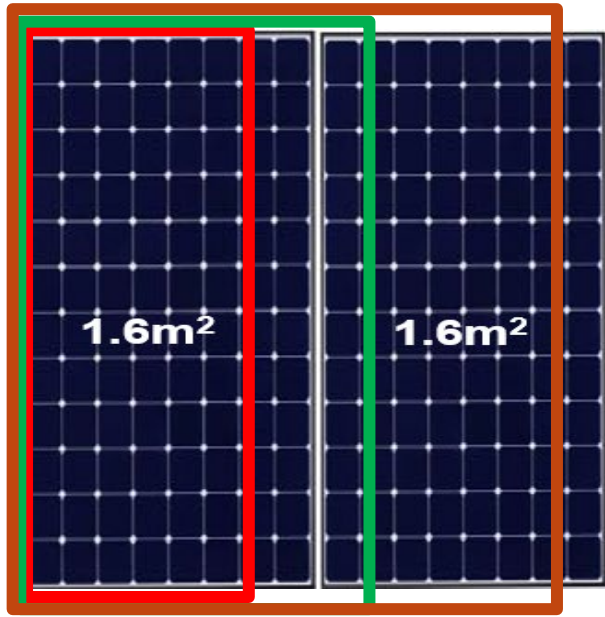


New Energy Investment needed

People will invest as individuals or communities

Switzerland 2021
5% electr.
360W / capita

Switzerland 2030
25% electr.
1800W / capita



Austria
230W / 3%

Germany
560W / 9%

Solarstrom über Infrastrukturflächen erzeugen

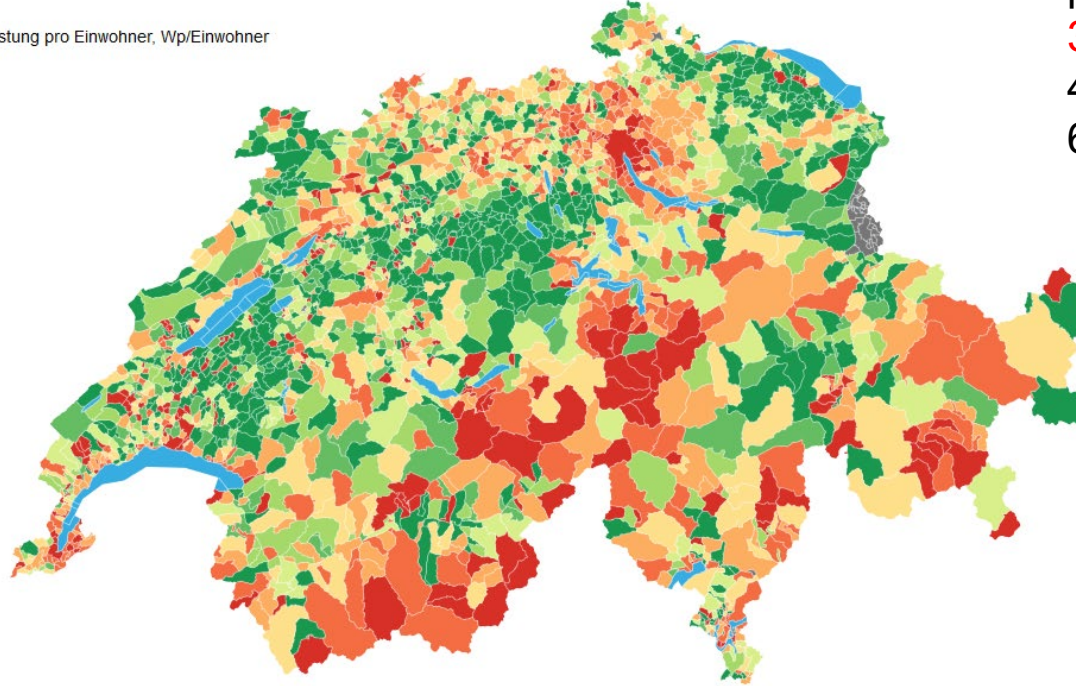
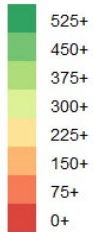


A. Büchel, F. Baumgartner, Patent 2012, CH20120000750
IEA Publikation 2021 F. Baumgartner
Chur www.dhp-technology.ch

Wo sind die Solaranlagen in der Schweiz? viele sind im Thurgau **490 W** pro Kopf

Installierte Leistung pro Einwohner Gemeinde

Installierte Leistung pro Einwohner, Wp/Einwohner



pro Kopf Ende 2020
360 W Schweiz
490 W Thurgau
630 W Deutschland

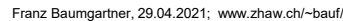
[Datenquellen von pvpower.ch](https://www.pvpower.ch)

Zürich University
of Applied Sciences

zhaw

**School of
Engineering**

IEFE Institute of Energy Systems
and Fluid-Engineering



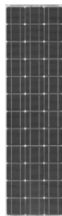
3)

PV Technologische

Entwicklungspfade \$/kWh

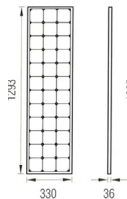
Evolution der Si-Module in 30 Jahren

in 1990 mit **50W**



13.8%

$$1.30\text{m} \times 0.33\text{m} = 0.43\text{m}^2$$



Siemens Solar

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 (Lowerized 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% Modulwirkungsgrad
Faktor 1.4 Wirkungsgrad

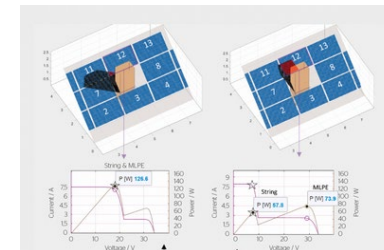
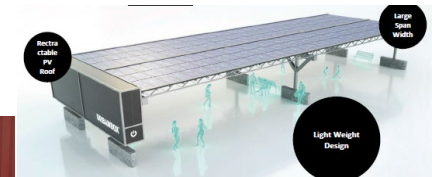
www.trinasolar.com

2020 Solarmodule nur 20 – 40% Kosten am Solarkraftwerk

Erfolgreiche Technologiefade im PV dort wo Kostenanteile hoch sind – nicht Solarzelle

ZHAW IEFE Winterthur Innovation im PV Bereich - Details siehe www.zhaw.ch/~bauf

- Modulmontage: Seile – Faltdach, neue Systeme [Urbanbox](#)
PV Carports*
- Planung: Einsatz Hololens, AR Tools
- Service: Neue schneller LED Messtools
- Leistungselektronik: Tests um Planung und Transparenz
Optimizer, PV Batterien



* Innovative Parkplätze für Frauenfeld – das Potential von Solar Carports

12. **Thurgauer Technologietag**: Mit Innovation erfolgreich in die Zukunft Frauenfeld, 2012-03-30

Neue Bifacial-Solarmodule nutzen Licht von der Rückseite - Neue Chancen der Montage und Stromverschiebung

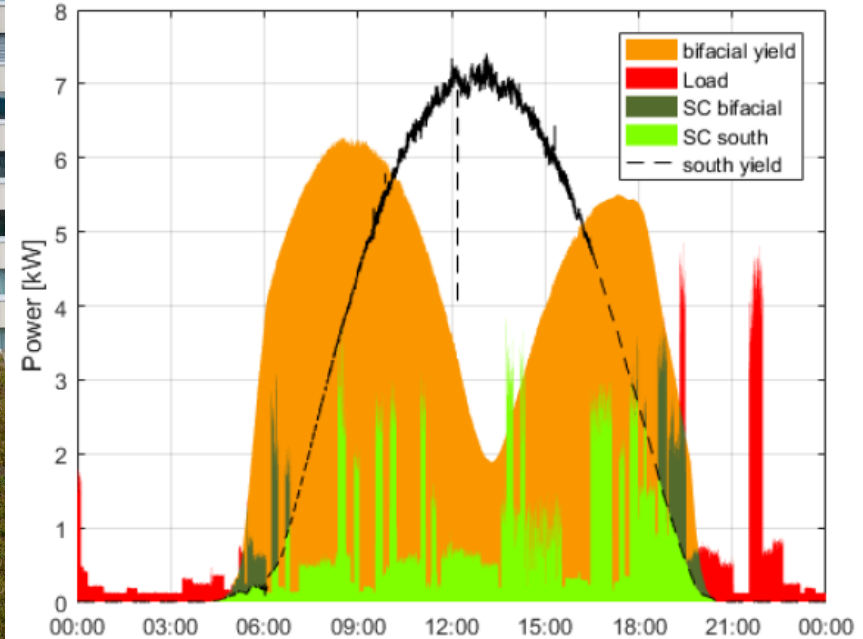


Figure 9 Vertically mounted bifacial yield curve (orange),

T. Baumann, F. Baumgartner et al. 2018 EUPVSEC

Stromzukunft mit mehr oder weniger Solar? - Bulletin DE, Okt 2018 ;
Projekt Solarspar ZHAW; Klimafond Stadtwerk Winterthur 2016

4)

Solarstromnutzung

Wärmepumpe, E-Auto, Nachtstrom

Beispiel aus der Schweiz! PV+Effizienz sogar mehr als 100%! Schweizer Solarpreis 2011



KATEGORIE:

PLUSENERGIEBAUTEN

2. PLUSENERGIEBAU® SOLARPREIS 2011

Der PlusEnergieBau (PEB) von Heidi Huber und Daniel Rufer in Küsnacht/ZH wurde nach baubiologischen Kriterien erstellt und als Minergie-P-Eco zertifiziert. Das Einfamilienhaus (EFH) mit einem Endenergiebedarf von 4'612 kWh/a und einer Eigenenergieerzeugung von 14'533 kWh/a (193 kWh/m²a) weist eine Eigenenergieversorgung von 315% auf. Die 13.2 kWp-Photovoltaik-Anlage mit monokristallinen Solarzellen ist einwandfrei ins Südwestdach integriert. Auf einer Fläche von rund 75 m² erzeugt sie jährlich einen Energieüberschuss von 9'921 kWh, welcher ins Netz eingespeist wird. Das EFH weist eine sehr gute Wärmedämmung von 0.10 W/m²K auf. Die CO₂-Emissionen reduzieren sich durch den Umbau zum PEB jährlich um rund 10 Tonnen.

Energiebedarf

EBF: 185.2 m²	kWh/m²a	%	kWh/a
Heizung + WW:	11.7	47	2'159
Elektrizität:	13.2	53	2'453
GesamtEB:	24.9	100	4'612

Energieversorgung

EigenE-Erzeugung:	kWp	kWh/m²a	%	kWh/a
Solar PV (75 m²):	13.2	193.2	100	14'533

Eigenenergieversorgung:	315	14'533
-------------------------	-----	--------

Energiebilanz pro Jahr	%	kWh/a
Gesamtenergiebedarf (Endenergie):	100	4'612
Energieüberschuss:	215	9'921

315% - PlusEnergieBau Rufer/Huber, 8700 Küsnacht/ZH

Wärmepumpe: 1kWh Solarstrom erbringt 4kWh Wärme

<http://www.solaragentur.ch/dokumente/solpr11/Solarpreis11.pdf?PHPSESSID=841707672710c6253ea95bb3a351fead>

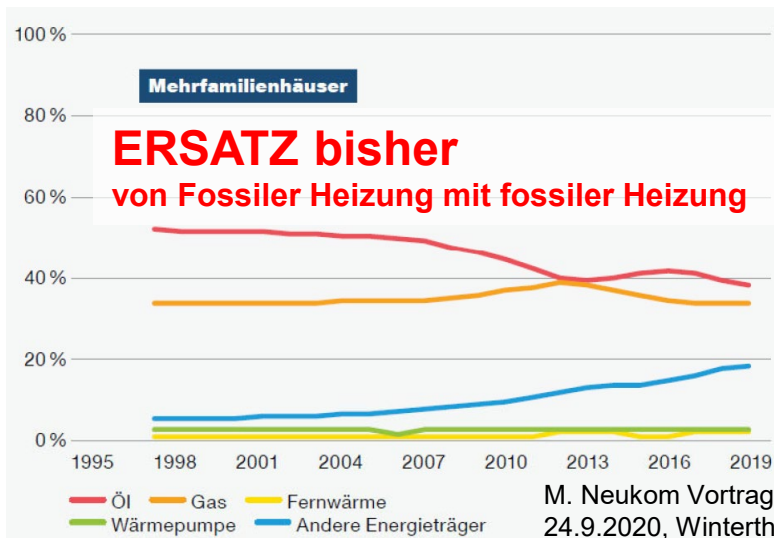
Mit Solarstrom Heizen

Der Klimakampf im Mehrfamilienhaus ist zentral



Waffen des Klimakampfes

1. Solar-/Wind-/Wasserkraftstrom
2. Wärmepumpe
3. Gebäudesanierung
4. Städtische Wärme-/ Kältenetze



M. Neukom Vortrag ebw
24.9.2020, Winterthur

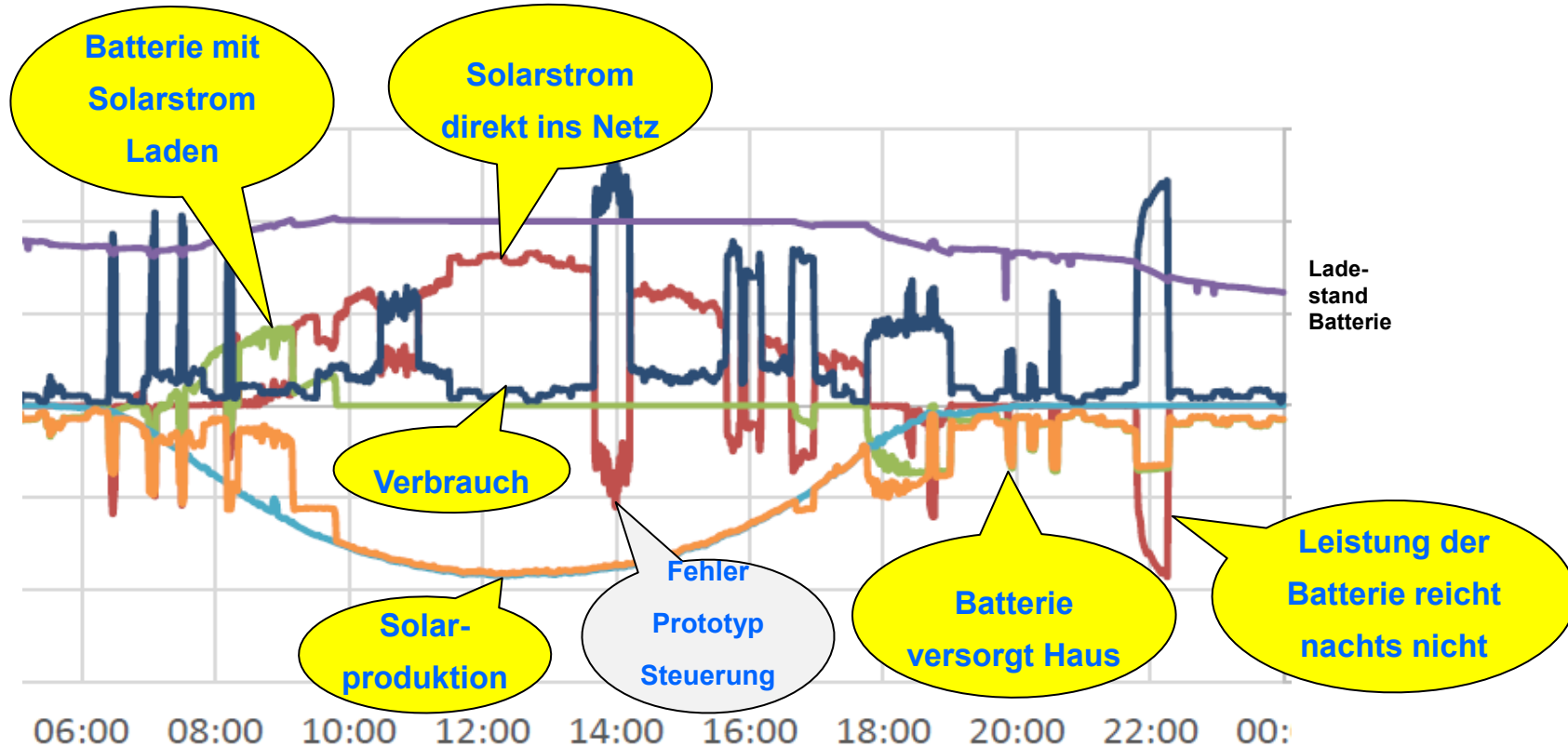
Kanton
Zürich gegen
den
Klimawandel

**Neukom
will
120'000
Ölheizungen
durch
Wärmepumpen
ersetzen**



2020-05-08 Tagi

ZHAW nimmt PV Batterien auf den Prüfstand



Messung wurde 2017 im ZHAW IEFE REE Lab ausgeführt – bauf/heie

2021 Unabhängige Tests an PV Batterien

Platz 3 Energy Depot

Roland Burkhardt

Kreuzlingen, Tg

Entwicklungsprojekt

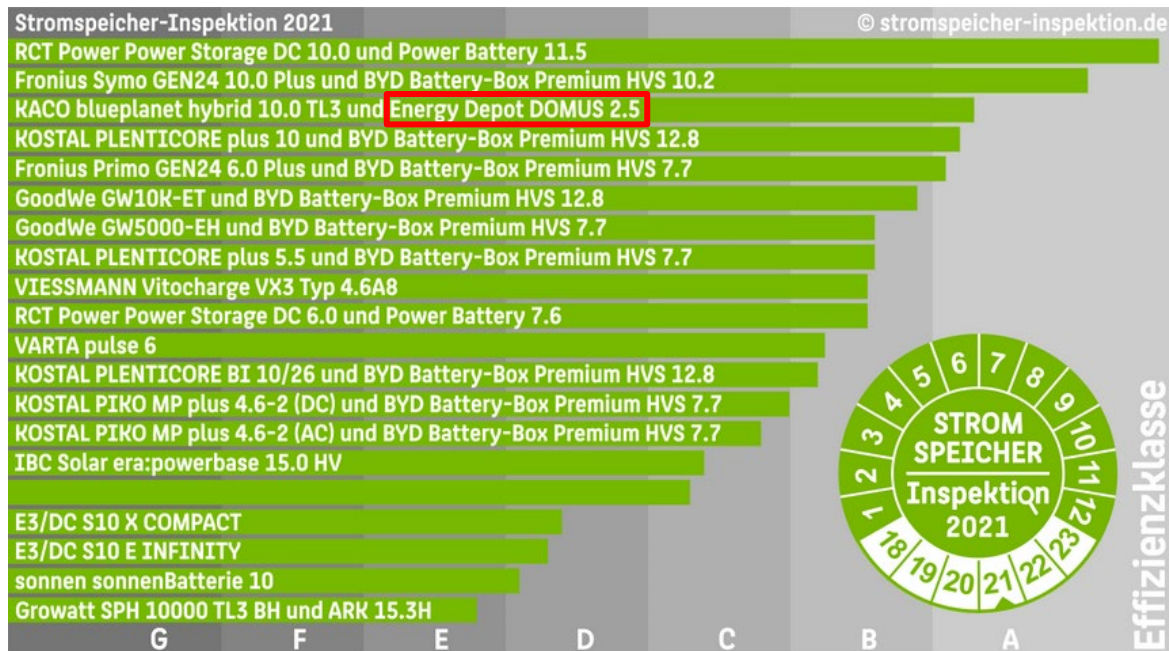
System wurde an der

ZHAW Winterthur

am IEFE vermessen,

entsprechend

Test Standard



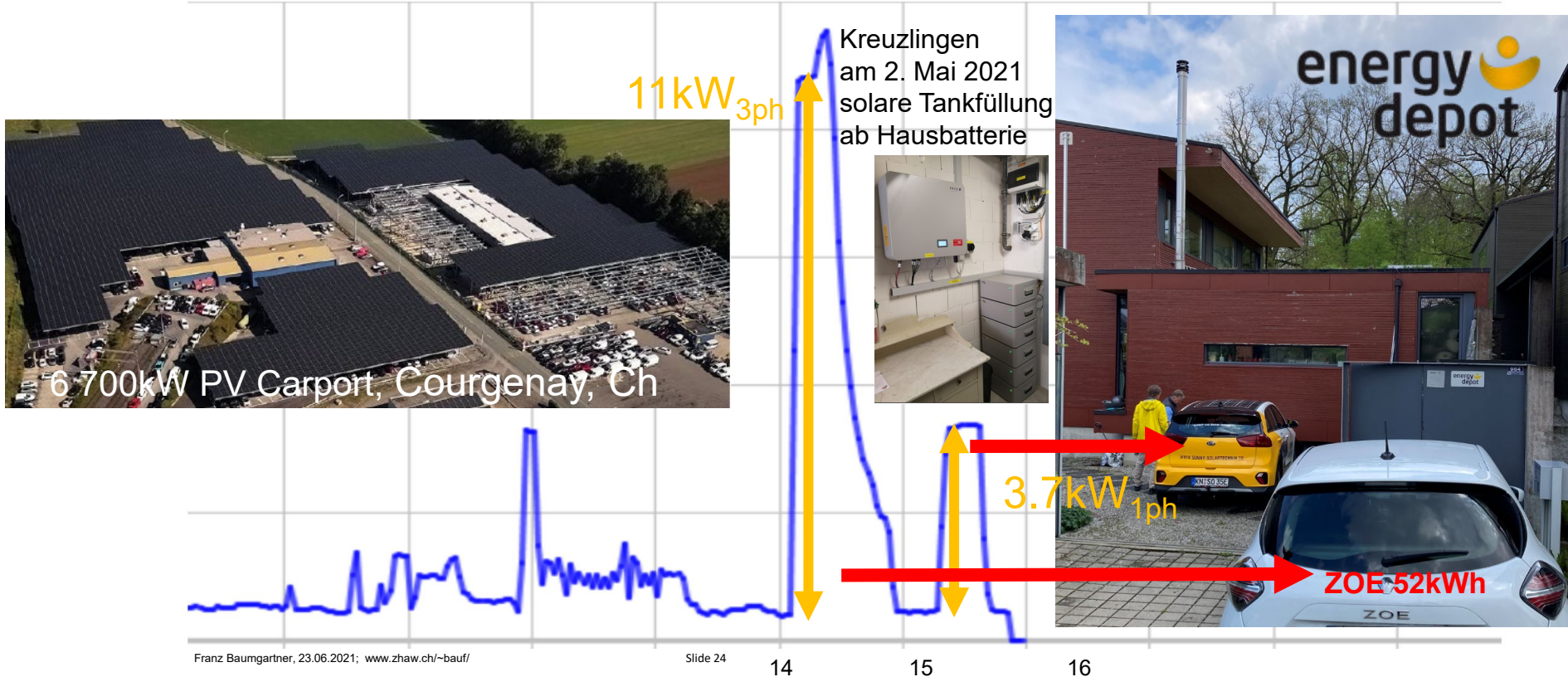
Rangliste und Effizienzklassen der 20 mit dem System Performance Index (SPI)

[2]). Die Labortests wurden vom Austrian Institute of Technology (AIT), vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT), vom TÜV Süd, von der Universität Kassel und von der Zürcher Hochschule für Angewandte Wissenschaften (ZHAW) durchgeführt. Die erfassten Messwerte wurden in Prüfberichten doku-

Studie: <https://pvspeicher.htw-berlin.de/speicher-inspektion-2021/>

Solarereignutzen-Rechner: <https://pvspeicher.htw-berlin.de/unabhaengigkeitsrechner/>

Aufladung meines Elektroautos in Kreuzlingen mit Solarstrom aus dem Batteriespeicher von Energy Depot



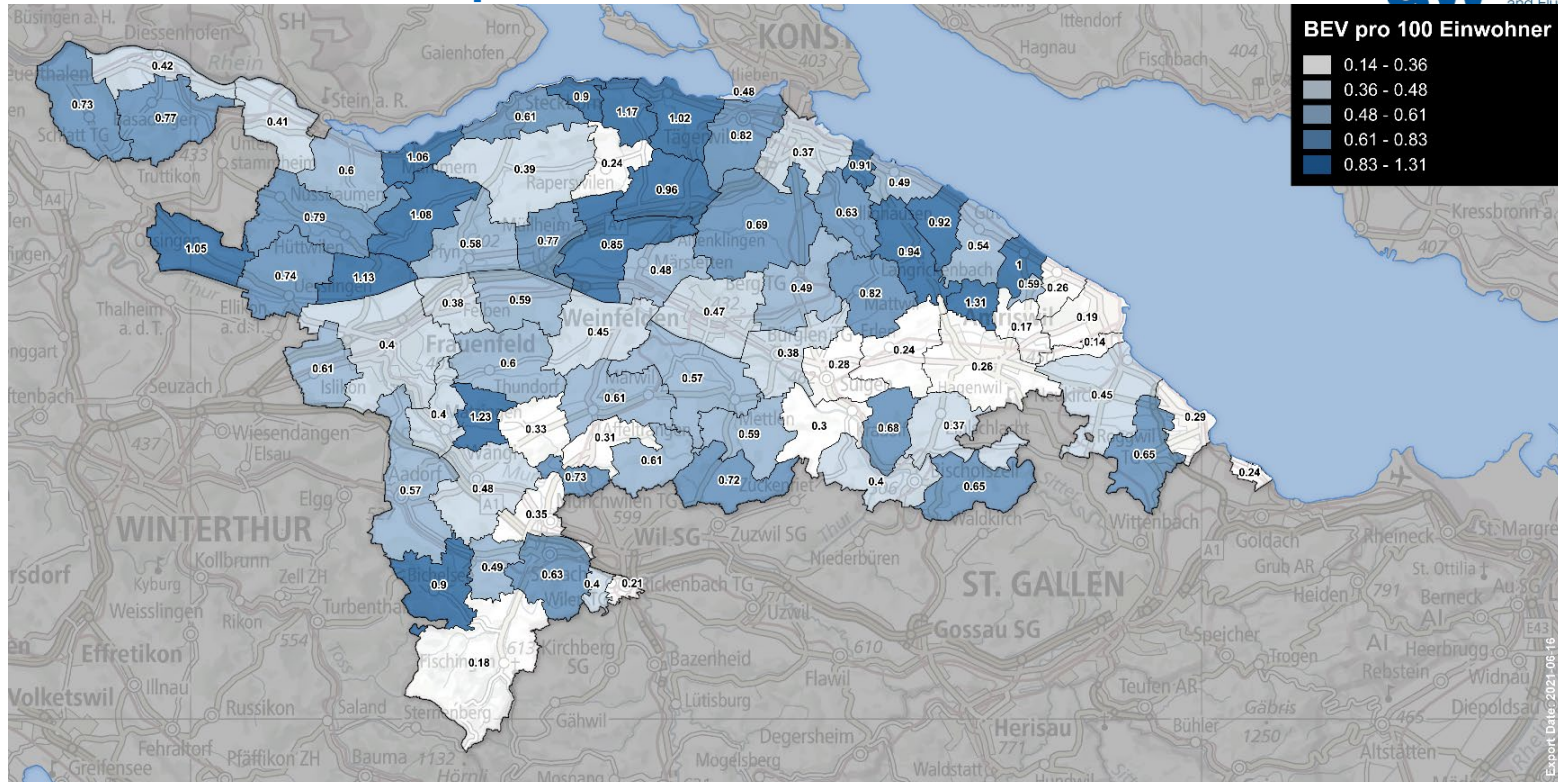
Mit Solarstrom tanken ist sauber!

PV Carport 430kW im Appenzell Kronberg

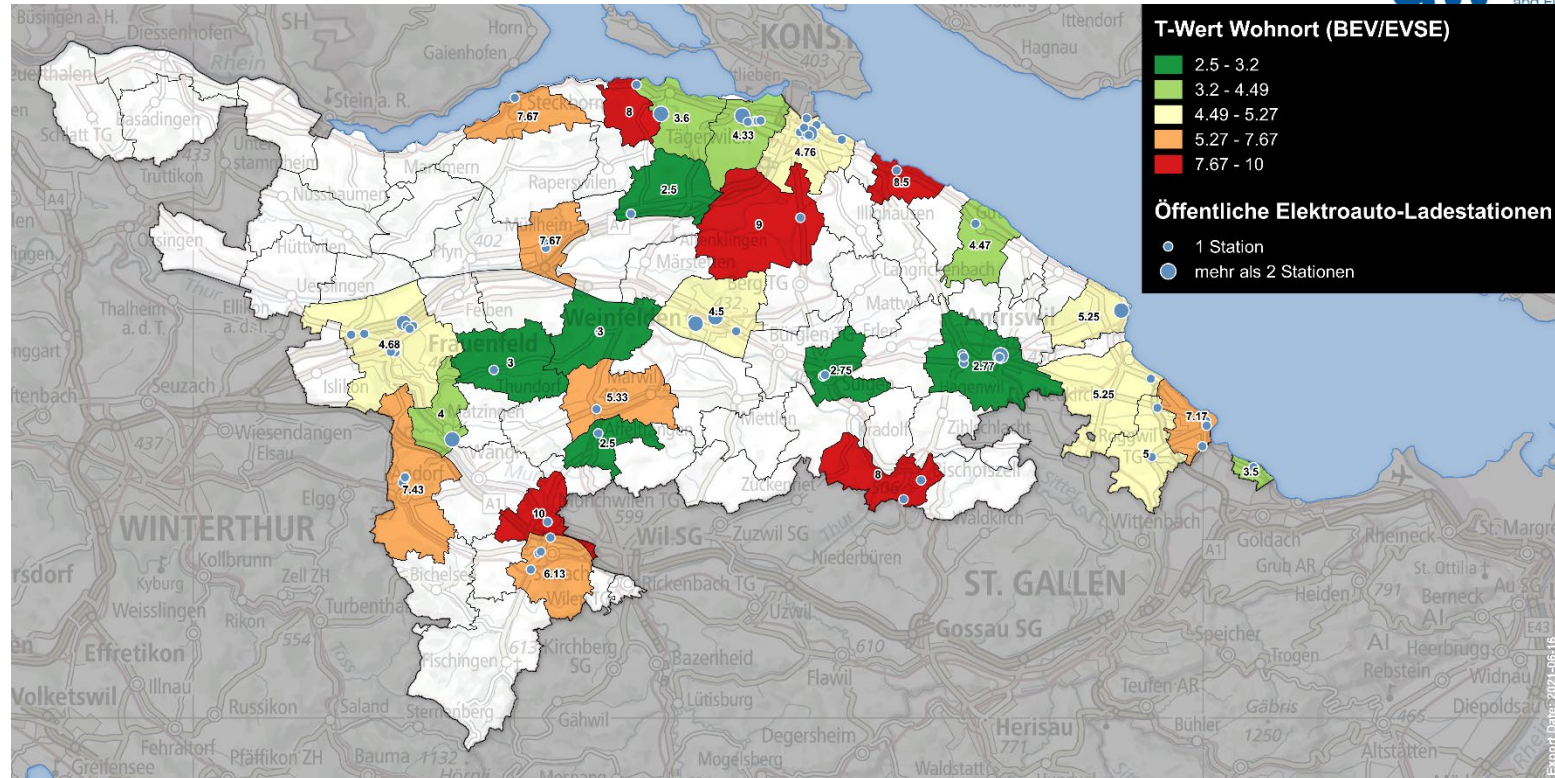


<https://www.pv-magazine.de/2020/06/23/schweizer-versorger-sak-nimmt-photovoltaik-faltdach-in-betrieb/>

Die Elektroautos im Thurgau bis 0.3 bis 1.3 % pro Einwohner

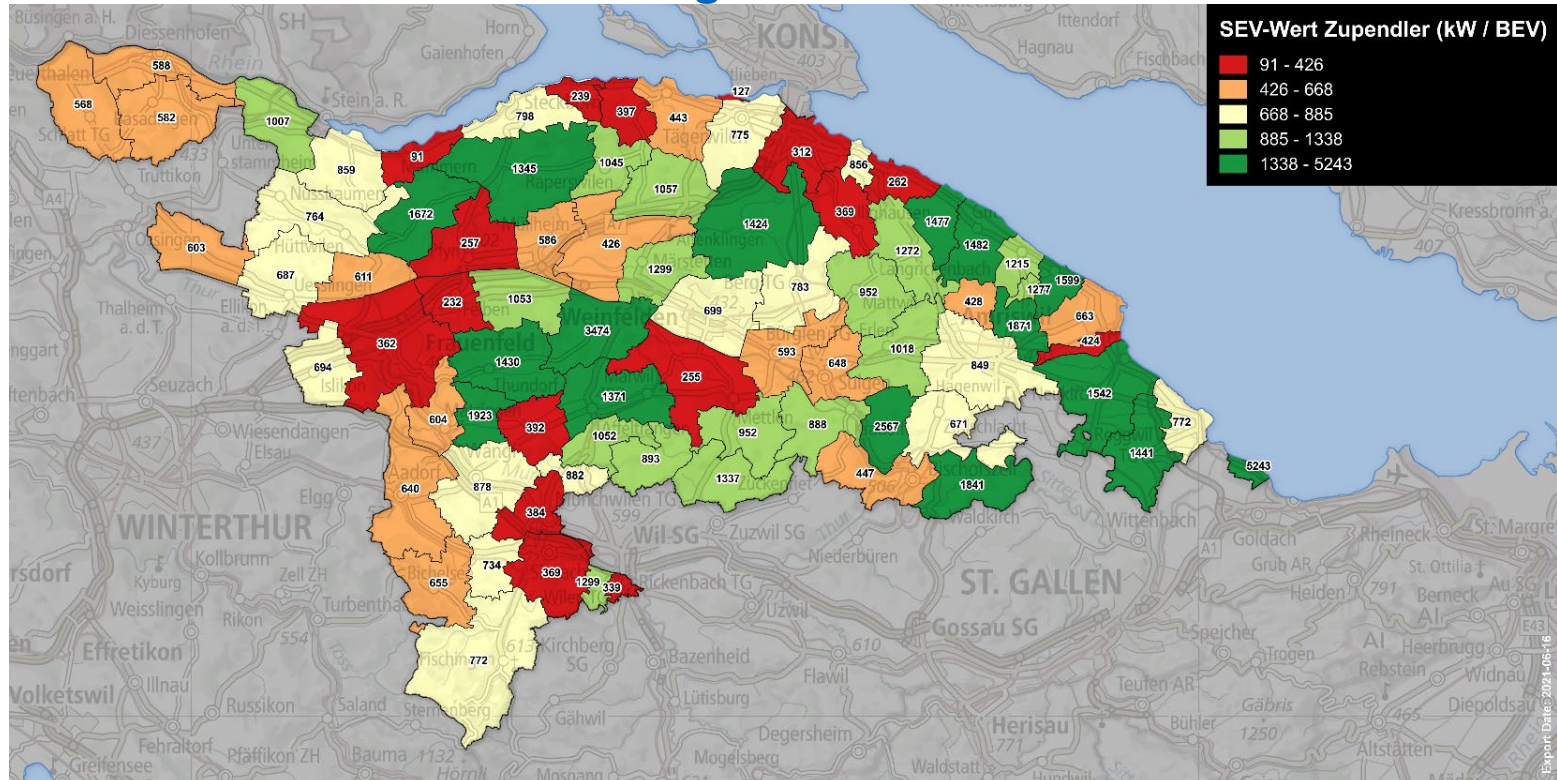


10 E-Auto pro öffentliche Ladestation sind nach EU Standard nicht ausreichend



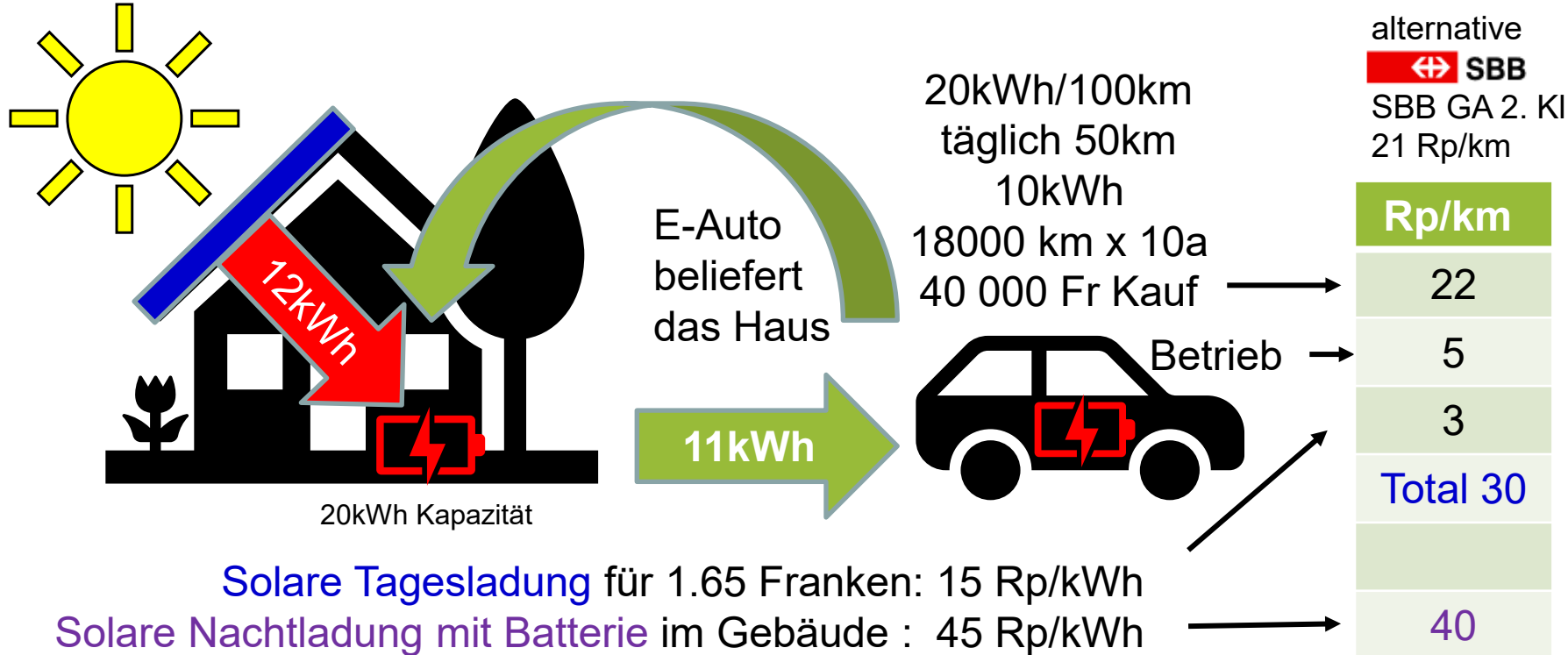
Export Date: 2021-06-16

SEV Solar Electrical Vehicle – Kennwert ist der Ladestrom auch regional erneuerbar!



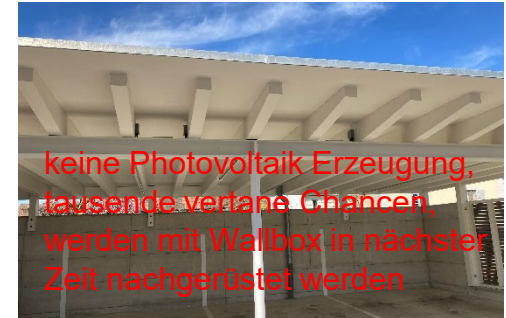
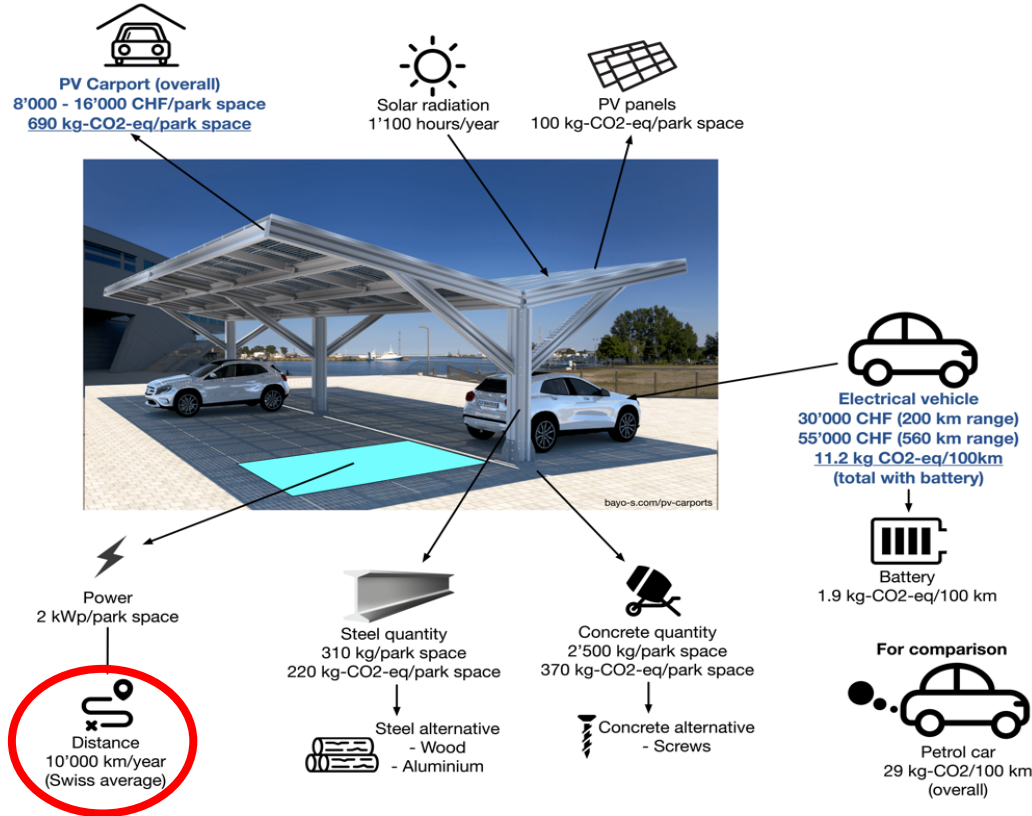
Export Date: 2021-06-16

Energieflüsse und Kostenschätzung



PV Carports – unmittelbare Stromnutzung

Nachhaltigkeits Check



NICHT genutzte Chancen im Thurgau

Öffentliche Neubauten & Photovoltaik Carports privat wie öffentlich



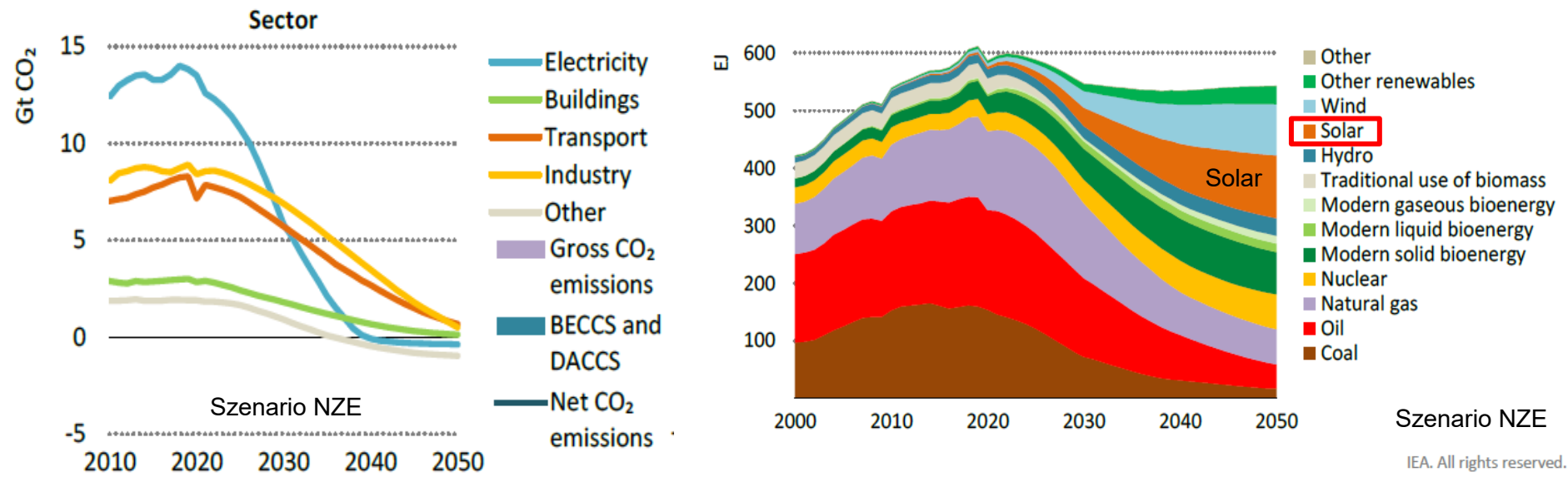
5)

Zukunft PV

Trends

G7 Wirtschaftsnationen für NULL CO₂ in 2050

IEA welcomes G7 Leaders' commitment to reach net zero by 2050; 14 June 2021



Renewables and nuclear power displace most fossil fuel use in the NZE, and the share of fossil fuels falls from 80% in 2020 to just over 20% in 2050

https://iea.blob.core.windows.net/assets/20959e2e-7ab8-4f2a-b1c6-4e63387f03a1/NetZeroBy2050-ARoadmapfortheGlobalEnergySector_CORR.pdf

Status Erneuerbar 2020 weltweit und Schweiz

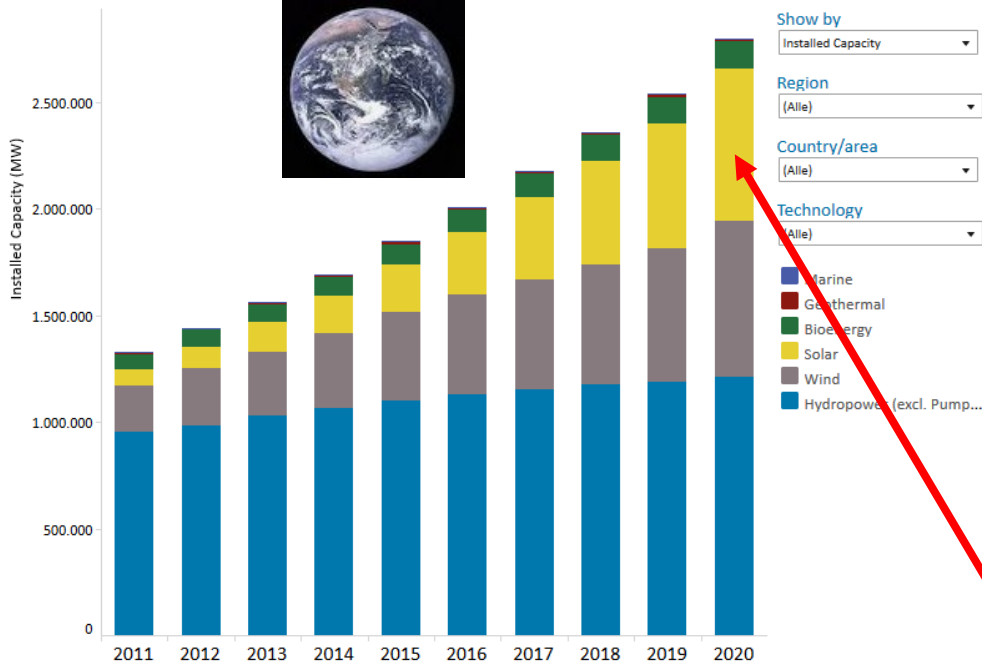
www.irena.org



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

Installed Capacity Trends

Navigate through the filters to explore trends in renewable energy

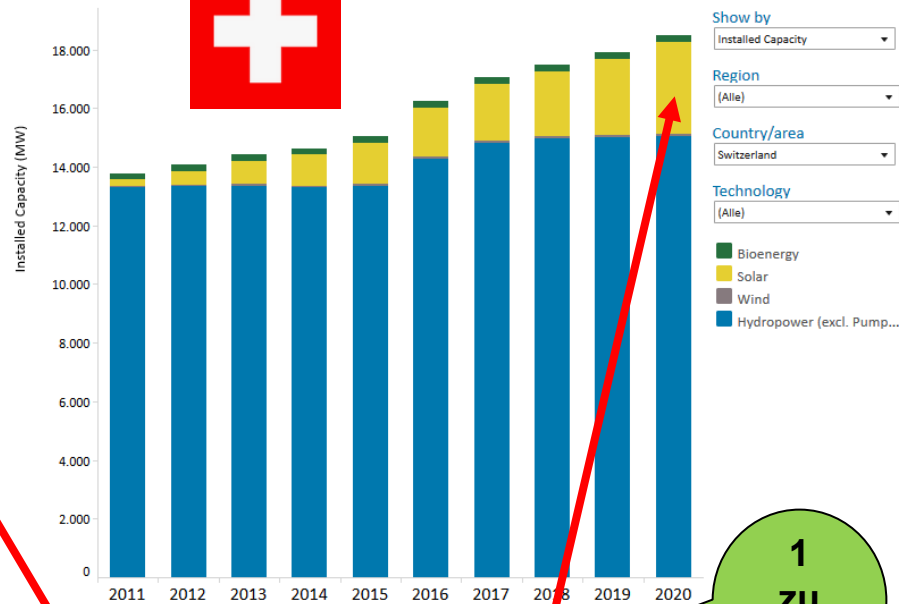


©IRENA Visit www.irena.org/Statistics for more information

Franz Baumgartner, 29.04.2021; www.zhaw.ch/~bauf/

Installed Capacity Trends

Navigate through the filters to explore trends in renewable energy



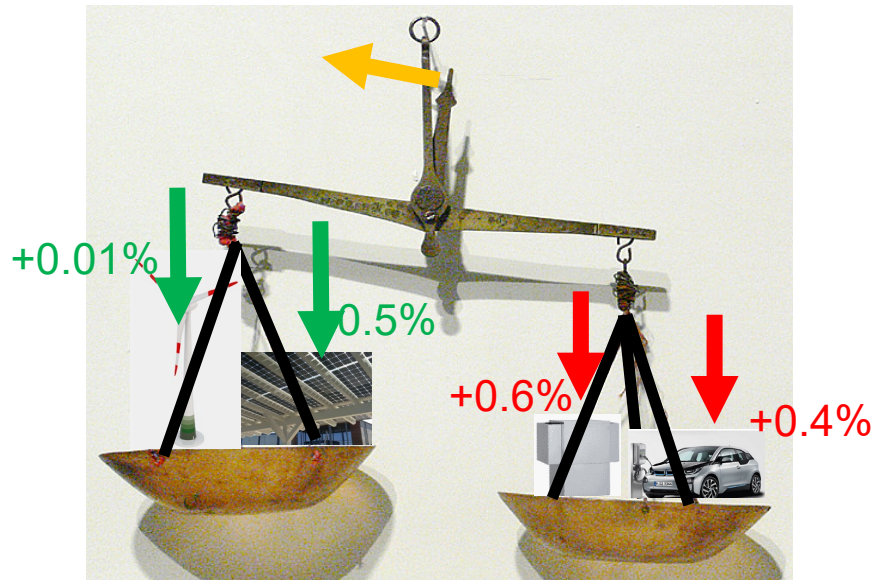
©IRENA Visit www.irena.org/Statistics for more information

1
zu
230

Photovoltaik 2020: Global 715GW, EU 163GW, Schweiz 3.1GW

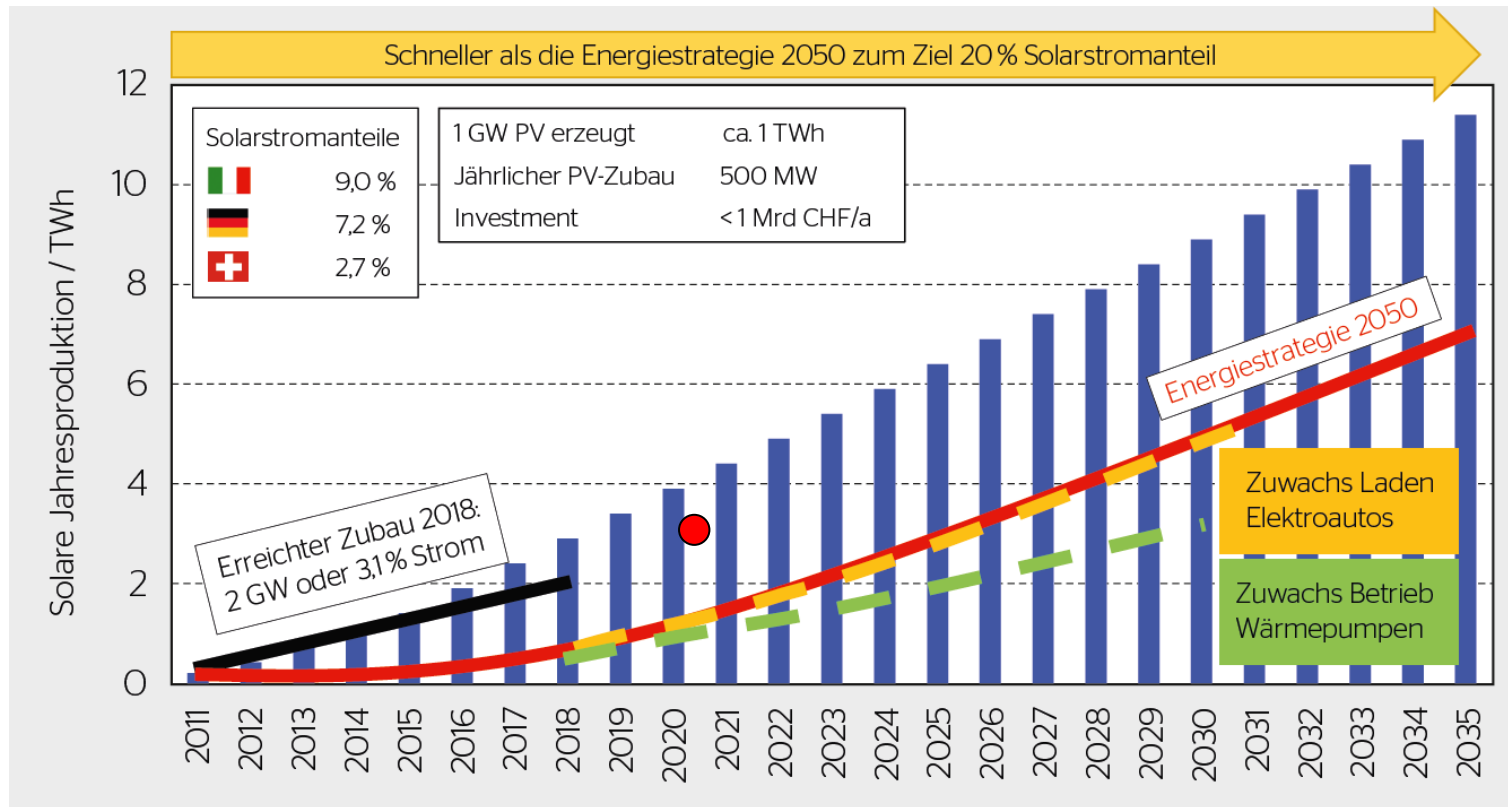
Herausforderung lokal – Strom BALANCE ohne fossile und nukleare Quellen

die jährlichen
Stromzuwachsrate
neuer Kraftwerke
entscheiden!



WIR SCHAFFEN ES wenn wir uns auf **MEHR EE-Strom-ZUBAUEN**
konzentrieren ohne Ablenkung durch Nebengeräusche wie
Stromnetz Probleme der Nachbarländer hier nach zu erzählen!

PV Market Progress in Switzerland



Franz Baumgartner, bulletin.ch 10 / 2018; <https://www.bulletin.ch/de/news-detail/stromzukunft-mit-mehr-oder-weniger-solar.html>

Die **Wertschöpfung** bleibt zum Grossteil in der Schweiz Die **Jugend** will und wird sich einbringen

Bachelorstudium 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



<https://www.zhaw.ch/de/engineering/weiterbildung/detail/kurs/wbk-solarstromerzeugung-speicherung-und-eigennutzung-in-optimierten-stromnetzen/#downloads-broschüre>

Genutzte Chancen im Thurgau

Landwirtschaft



Dachintegration Dünnschicht in Berlingen

Johannes Meier, Erfinder Micromorph Tandemsolarzelle, CTO Oerlikon Solar
Schweizer Solarpreis 2016



Franz Baumgartner, 29.04.2021; www.zhaw.ch/~bauf



Der Klimakampf kann gelingen, wenn wir **mehr Solarbaustellen** sehen, wie hier z.B. COVID Testzentrum – Weinfelden Mai 2021



Solares Fazit

1. Stärker **Zubau PV** in der Schweiz und weltweit,
höchste Prio Schweiz in diesem und nächsten Jahrzehnt
2. Innovationen **anwendungsnahe** fördern, wie Unterkonstruktion, Planung....
3. Ausbildung der **Fachpersonen** sichern PV
4. Kunden die Anwendung des Solarstroms erleichtern bringt ihnen Kostenvorteile:
Wärmepumpe, Speicher, E-Ladestation **von einer Firma!**
5. Erst dann kleiner Anteile der Mittel in Forschung für Speicher und Netze
(Die finanzierten **Pumpspeicher** werden **für die Solarenergie** zu arbeiten haben)
6. Ohne **Investitionen** kann die Energiewend und die Rettung des Klimas nicht gelingen

A photograph taken from the deck of a sailboat, looking out over a body of water towards a city skyline at sunset. The sun is low on the horizon, creating a bright, shimmering reflection on the water's surface. The sky is filled with soft, golden light and scattered clouds. The sailboat's mast and a portion of its white sail are visible on the right side of the frame. The city skyline in the distance features several prominent buildings, including a church with a tall spire.

LASSEN WIR DIE
SONNE AUFGEHEN
UND NICHT UNTERGEHEN

Danke für ihre Aufmerksamkeit

Franz Baumgartner

www.zhaw.ch/~bauf