

<https://www.irena.org/newsroom/pressreleases/2019/Nov/Latin-America-and-Caribbean-on-the-Brink-of-Massive-Solar-Power-Growth>



Christoph.Ellert@hevs.ch, HESSO, Sion, +41 (0)76 397 6208
Visp, 23.03.2022
Infoabend Oberwallis

Photovoltaik im Wallis

Warum, wo, wie & wann ?



Christoph.Ellert@hevs.ch, HESSO, Sion, +41 (0)76 397 6208
Visp, 23.03.2022
Infoabend Oberwallis

Energie von der Sonne - Inhalt

1. Grundlagen & technische Erläuterungen
2. PV Kosten, Nutzen & Ertrag für den Anlagenbesitzer
3. Ziele & Herausforderungen der Photovoltaik: Speicherung
4. Technische & wirtschaftliche Entwicklung
5. Diskussion: «Mythen & Fakten»

Mittwoch, 23. März 2022

Schmidt will weniger Verbote und mehr Anreize

Das Wallis soll weniger abhängig sein von Öl und Gas. Das neue Energiegesetz setzt die Leitplanken. Energieminister Roberto Schmidt sucht den Kompromiss.

Armin Bregy

Das Ziel ist klar: Bis ins Jahr 2060 strebt der Kanton Wallis eine zu 100 Prozent erneuerbare und einheimische Energieversorgung an. Wie dieses Ziel erreicht werden soll, ist indes erst schemenhaft erkennbar. Sicher ist: Es braucht einen vollständigen Umbau der Energieversorgung. Energieminister Roberto Schmidt (CSPO) hat daher ein neues Gesetz an das Walliser Parlament übermittelt. Es zeigt sich: Der Staatsrat setzt vor allem auf finanzielle Anreize und Beratungen und verzichtet weitgehend auf zwingende Massnahmen – dies im Gegensatz zum ersten Gesetzesentwurf, der durchaus ambitionierter war. Die Vernehmlassung hat ihre Spuren hinterlassen.

Kein Zwang bei bestehenden Gebäuden

Gestern präsentierte Schmidt in Sitten das neue kantonale Energiegesetz, sekundiert wurde er von Joël Fournier, Chef der Dienststelle für Energie und Wasserkraft. Aufgrund der Vernehmlassungsantworten verzichte

Kommentar

Seilziehen um Energiegesetz

Roberto Schmidt kämpfte vor rund zehn Jahren an vorderster Front für den schrittweisen Atomausstieg. Er gilt als «Vater des Atomausstiegs». Mittlerweile politisiert Schmidt nicht mehr als Nationalrat in Bern, sondern als Energieminister in Sitten. Und kämpft mit einem Energiegesetz, das von links und rechts unter Beschuss geraten ist.

Daher sucht Staatsrat Roberto Schmidt mit seinem neuen Gesetzesentwurf den Kompromiss: Er hat konkrete Massnahmen teilweise gestrichen und setzt neu verstärkt auf finanzielle Anreize und Beratungen. Schmidts Energiegesetz hat an Biss verloren.

Dabei geben die Zeichen der Zeit klar vor, in welche Richtung sich die Walliser Energiepolitik bewegen muss: Die erneuerbaren Energien müssen gefördert und die Energieversorgung vorangetrieben werden.

Aus drei Gründen: Erstens macht die geopolitische Lage deutlich, dass die Abkehr von fossilen Energien notwendig ist. Zweitens ist das Wallis besonders stark vom Klimawandel betroffen und muss seinen Beitrag zu dessen Bekämpfung leisten. Und drittens kann die Energiewende auch als Investitionsprogramm in die Walliser Wirtschaft gesehen werden, denn in den kommenden Jahren könnten markante Beträge in die Gebäudesanierungen und Fotovoltaikanlagen investiert werden.

Das Energiegesetz sollte daher nicht verwässert werden. Roberto Schmidt ist gefordert.



Armin Bregy (bra) a.bregy@emngisgruppe.ch



Zeit für die Energiewende? Staatsrat Roberto Schmidts Blick auf die Uhr. Bild: jpmora.media@alain-amherd

Entscheidungsfreiheit, um den Typ und die Art der Energiemassnahmen zu bestimmen», sagte Roberto Schmidt. Anders geht Schmidt bei den Neubauten vor: Fossile Öl- und Gasheizungen sind bei neuen Bauprojekten künftig verboten.

Sanierungen haben Potenzial

Im Wallis werden rund 30'000 Gebäude, das heisst 27 Prozent des Baubestandes, elektrisch beheizt. Schmidt will zentrale Elektroheizungen innerhalb von 15 Jahren durch Heizungen mit erneuerbaren Energien ersetzen. Elektroheizungen, Elektrodirektheizungen oder Infrarotstrahler sind spätestens beim

Ersatz des Heizsystems oder bei umfangreichen Renovierungsarbeiten durch erneuerbare Wärmeerzeuger zu ersetzen. Jedoch sieht das Gesetz zahlreiche Ausnahmen vor, insbesondere für Gebäude mit einer genügenden Energieeffizienz.

Für Zweiwohnungen wird verlangt, innerhalb von fünf Jahren eine Fernsteuerung für die Einschaltung der Heizung zu installieren. «Diese Massnahme ist jedoch leicht umzusetzen und in Kürze rentabel», so Staatsrat Roberto Schmidt.

Selbst Energie produzieren Neubauten sollen in Zukunft einen Teil des von ihnen verbrauchten Stroms durch Fotovoltaikanlagen selbst erzeugen. Bei bestehenden Gebäuden ist der Einbau einer Fotovoltaikanlage bei einer neuen Dachdeckung vorgesehen, wobei verschiedene Ausnahmen vorgesehen sind. Eine gleichwertige Energieproduktion durch eine finanzielle Beteiligung an einer Anlage an einem anderen Standort soll ebenfalls möglich sein.

Die zusätzlichen finanziellen Auswirkungen für den Kanton für die neuen Massnahmen, die im Gesetz vorgesehen sind, werden auf netto sechs Millionen Franken pro Jahr geschätzt. Der Entwurf des neuen Energiegesetzes sollte im Herbst 2022 vom Parlament beraten werden.

«Energiegesetz ist immer noch ambitionierter»

Staatsrat Roberto Schmidt erklärt, wie das Wallis die Abhängigkeit von fossilen Energien vermindern soll.

Interview: Armin Bregy

Roberto Schmidt, Sie haben ein ambitioniertes Energiegesetz in die Vernehmlassung geschickt. Nun fällt auf, dass Sie viele Kompromisse eingegangen sind. Das Gesetz wurde verwässert.

Nein, das sehe ich anders. Das Gesetz ist immer noch ambitionierter, das zeigen Vergleiche mit anderen Kantonen. Bei den Neubauten haben wir sogar strengere Richtlinien ausgearbeitet.

Welche meinen Sie?

Das Gesetz verbietet künftig fossile Heizungen bei Neubauten und verpflichtet die Bauherren, Fotovoltaikanlagen zu installieren.

Anders sieht es bei den bestehenden Gebäuden aus. Die vorgeschenen Fristen für energetische Sanierungen wurden fallen gelassen.

Weshalb?

Weil wir den Eigentümern nicht vorgeben wollen, dass sie innerhalb von zehn Jahren ihre Häuser sanieren müssen. Sie sollen eine gewisse Wahlfreiheit haben: Sie können entweder auf erneuerbare Energien setzen oder den Energieverbrauch reduzieren, indem sie die Gebäudehülle sanieren, die Fenster austauschen usw. Für uns ist im Energiegesetz letztlich wichtig, dass die globale Energieeffizienz eines Gebäudes stimmt und der Energieverbrauch reduziert wird, auch wenn wir aus klimapolitischen Gründen lieber die fossilen Heizungen rasch ersetzen möchten.

Fossile Heizungen bleiben in bestehenden Bauten aber erlaubt.

Ja, aber nur, wenn der Anteil an nicht erneuerbarer Energie um mindestens 20 Prozent vermindert wird. Die meisten Kantone schreiben nur 10 Prozent vor. Wir sind also ambitionierter, und der Effekt wird sein, dass eher viele Hauseigentümer ohne zwingende Vorschriften auf erneuerbare Heizsysteme wechseln werden.

Die aktuelle geopolitische Lage würde dafür sprechen, erneuerbare Energien stärker zu fördern. Nur so kann man die Abhängigkeit von ausländischem Öl und Gas reduzieren.

Ja, wir müssen die Abhängigkeit von den fossilen Energien vermindern. Aber Fakt ist eben auch, dass das Energiegesetz vor dem Volk eine Chance haben muss. Daher haben wir auch ohne Vorschriften pragmatische Schritte gewählt. Sie sollten nicht vergessen: Die Leute sind sensibilisiert, sie werden auch ohne Vorschriften zunehmend von den fossilen auf erneuerbare Energien umsteigen und ihre Gebäude sanieren. Die Frage ist nur, in welcher Frist das passieren soll. Wir geben finanzielle Anreize und ermöglichen Beratungen. So erreichen wir unsere Ziele, ohne zwingende Fristen zu erlassen. Zudem dürfen wir nicht vergessen, dass sich Hauseigentümer eine Sanierung oder den Ersatz einer noch funktionierenden fossilen Heizung nicht in jedem Fall finanziell leisten können oder aus Altersgründen keine Sanierung mehr vornehmen wollen.

Das neue Energiegesetz wird nun im Grossen Rat debattiert.

Was erwarten Sie?

Diese Debatten kann man leicht antizipieren: Die Linken und Grünen werden sagen, dass das Gesetz zu wenig ambitioniert sei, sie wollen ja die fossilen Energien verbieten. Die Rechte wird monieren, dass das Gesetz zu weit geht, weil bei Neubauten Fotovoltaikanlagen vorgeschrieben werden. Das Gesetz ist somit meines Erachtens ein guter Kompromiss, der im Parlament mehrheitlich befürwortet sein wird – hoffentlich.

Walliser Bote



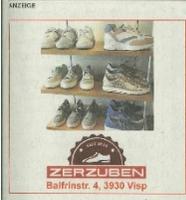
Spons Samst



Christi Der Lei Männer die Anli Männer

Mittwoch, 23. März 2022

42 3930 Visp | Nr. 68 | 182. Jahrgang | Lesertinnen und Leser: 43 000 | Fr. 3.00 walliserbote.ch



Wie weiter mit der Walliser Energiepolitik?

Energieminister Roberto Schmidt (CSPO) hat das kantonale Energiegesetz überarbeitet. Und kommt den Kritikern entgegen.

Der Entwurf des neuen Energiegesetzes beruht auf der Energiestrategie 2050 des Bundes sowie der kantonalen Energiestrategie 2060, die eine zu 100 Prozent erneuerbare und einheimische Energieversorgung anstrebt. Das Departement für Finanzen und Energie

hat den Vorentwurf des Gesetzes im vergangenen Jahr in die Vernehmlassung geschickt. Diese ist mit rund hundert Stellungnahmen auf ein breites Interesse gestossen. «Im Allgemeinen wurde der Vorentwurf begrüsst», sagte Staatsrat Roberto Schmidt (CSPO) ges-

tern in Sitten. Eine grosse Mehrheit anerkennt die Notwendigkeit, im Energiebereich Massnahmen zu beschliessen. Generell sprechen sich die Parteien jedoch eher für Anreize statt für zwingende Massnahmen aus. Schmidt hat diesen Ball aufgenommen. Seite 3

Mehr Schutz für Parkhaus am Bahnhof Visp



Energie von der Sonne - Inhalt

1. **Grundlagen & technische Erläuterungen**
2. PV Kosten, Nutzen & Ertrag für den Anlagenbesitzer
3. Ziele & Herausforderungen der Photovoltaik: Speicherung
4. Technische & wirtschaftliche Entwicklung
5. Diskussion: «Mythen & Fakten»
 - Wieviel Sonne haben wir zur Verfügung?
 - Was ist der Unterschied elektrisch zu thermisch?
 - Woraus besteht eine PV-Anlage?
 - Was macht welche Komponente?
 - Energie & Leistung & Wirkungsgrad
 - Lebensdauer
 - Einfluss Kälte, Wärme, Schnee, Berglage, ...

Potential der Sonnenenergie

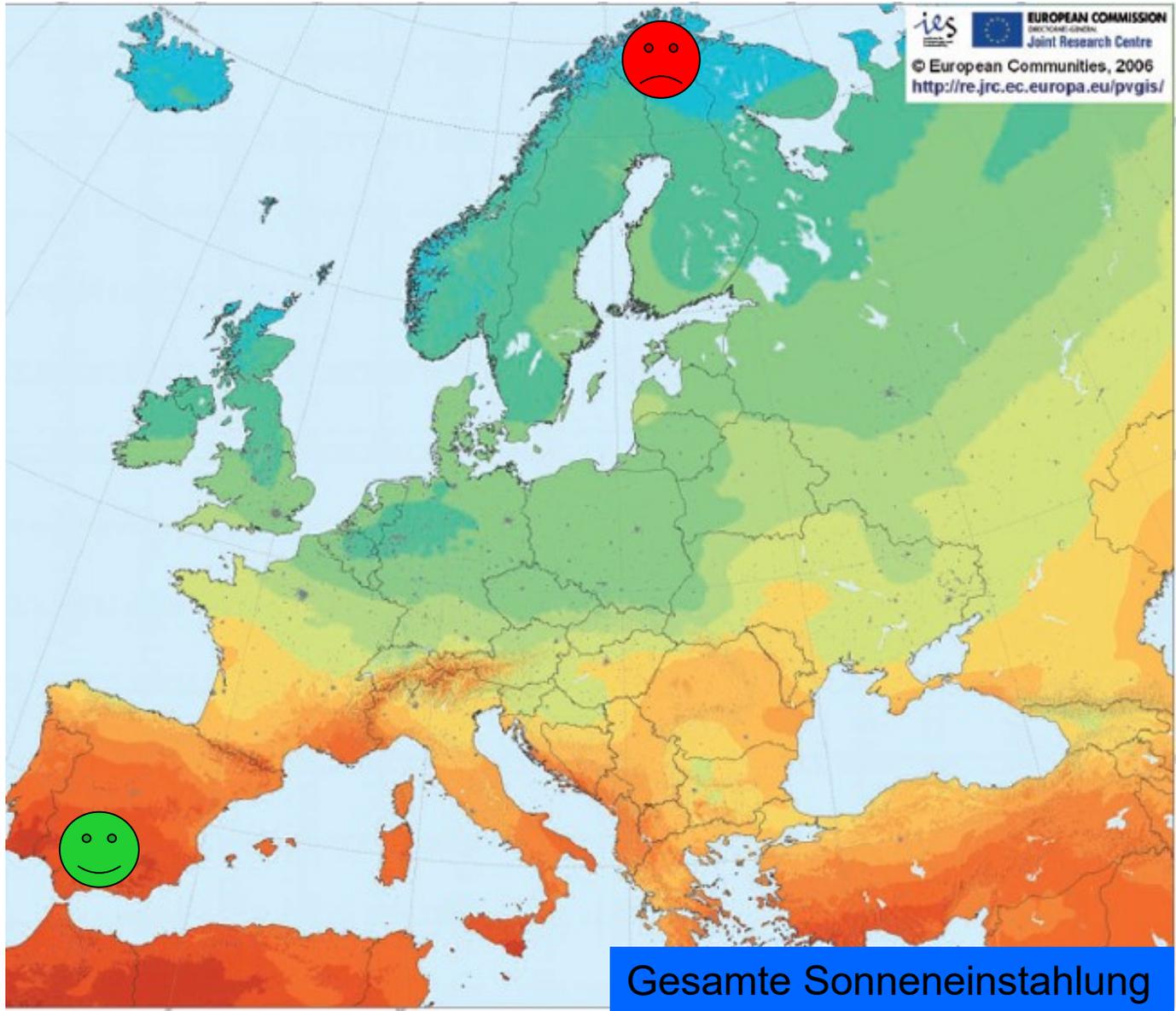
Nordeuropa?

Südeuropa ✓

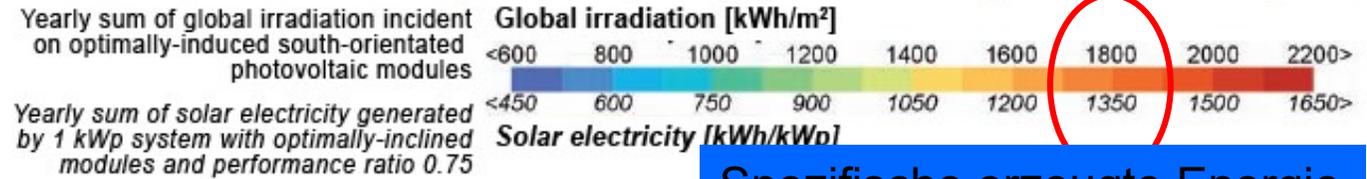
... und die Schweiz?

1000 W auf eine Fläche von 1 m²

Zum Vergleich:
Racletteofen ~ 2000 W = 2 kW



Gesamte Sonneneinstahlung



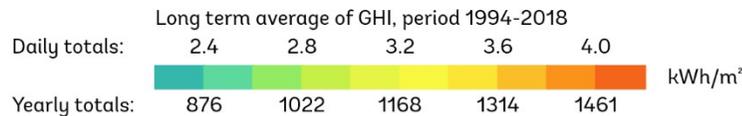
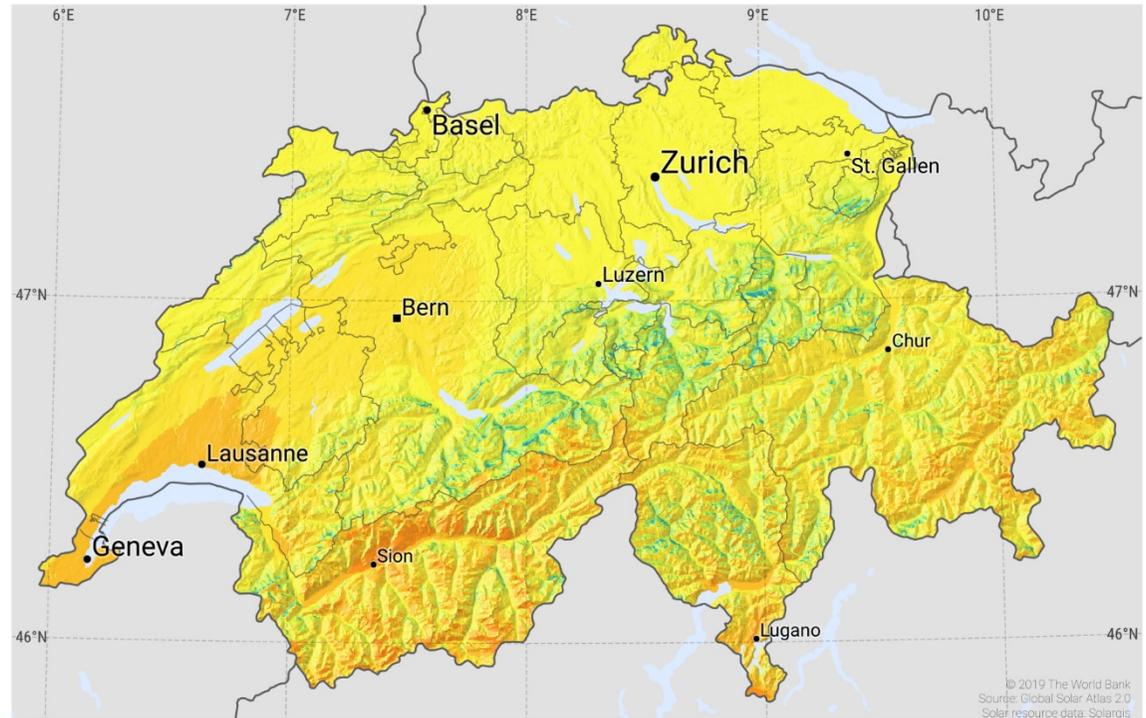
Spezifische erzeugte Energie



Sonneneinstrahlung Schweiz

SOLAR RESOURCE MAP

GLOBAL HORIZONTAL IRRADIATION SWITZERLAND



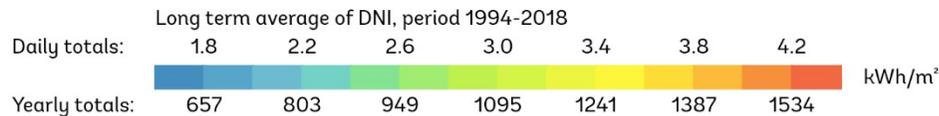
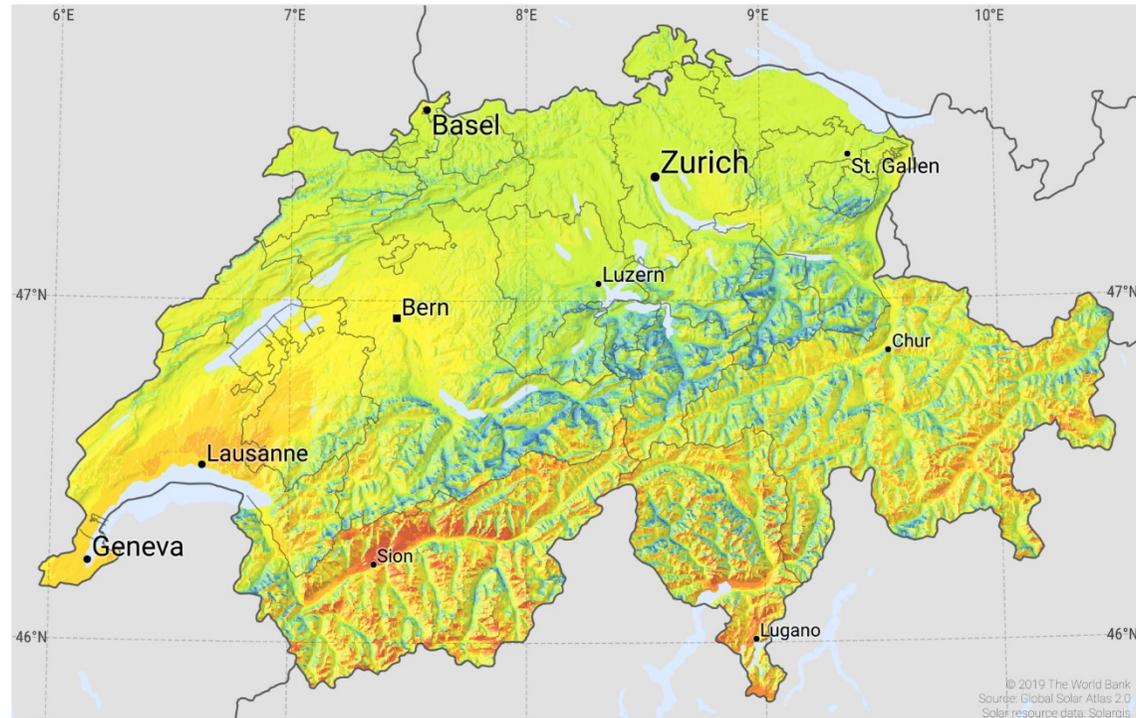
This map is published by the World Bank Group, funded by ESMAP, and prepared by Solargis. For more information and terms of use, please visit <http://globalsolaratlas.info>.

- Gesamte eingestrahelte Energie während eines vollen Jahres
- Auf horizontale Fläche

Direkte Sonneneinstrahlung Schweiz

SOLAR RESOURCE MAP

DIRECT NORMAL IRRADIATION SWITZERLAND



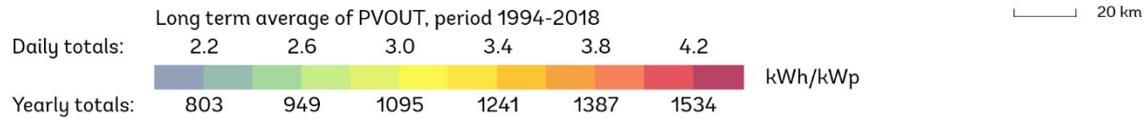
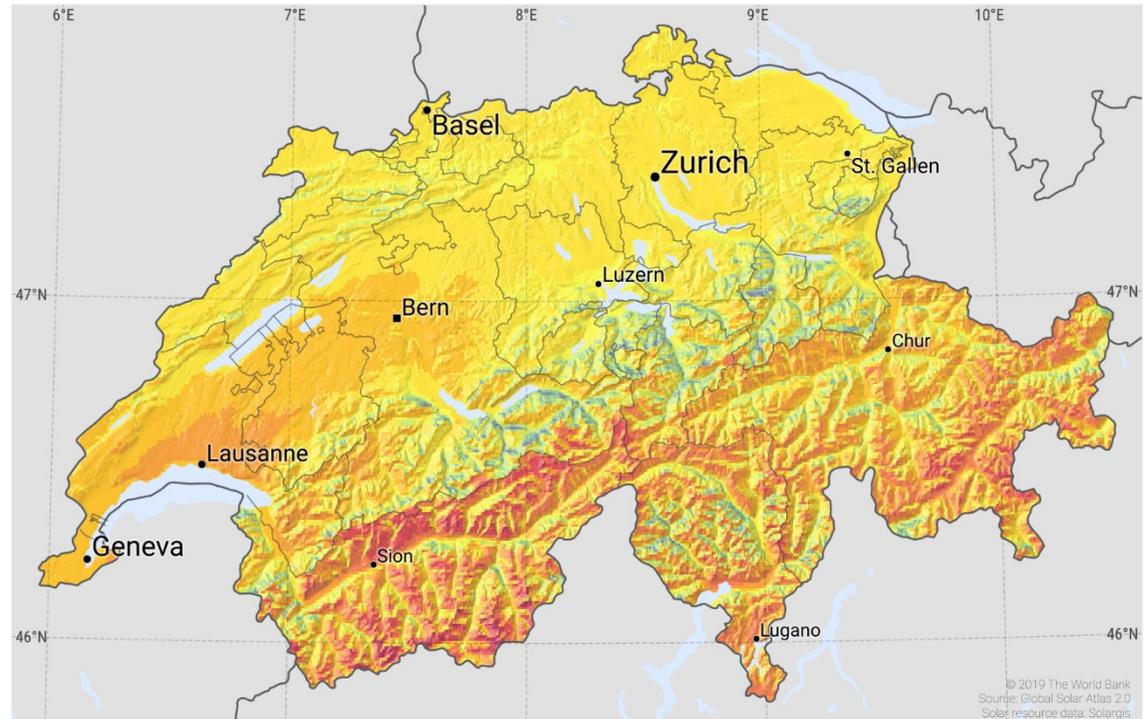
This map is published by the World Bank Group, funded by ESMAP, and prepared by Solargis. For more information and terms of use, please visit <http://globalsolaratlas.info>.

- Direkte eingestrahlte Energie während eines vollen Jahres
- Auf ideal orientierte Fläche senkrecht zu Sonnenstrahlen <https://solargis.com/maps-and-gis-data/download/switzerland>

PV-Potential Schweiz

SOLAR RESOURCE MAP

PHOTOVOLTAIC POWER POTENTIAL SWITZERLAND

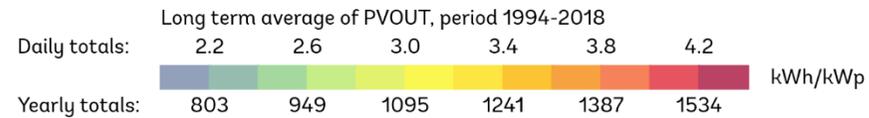
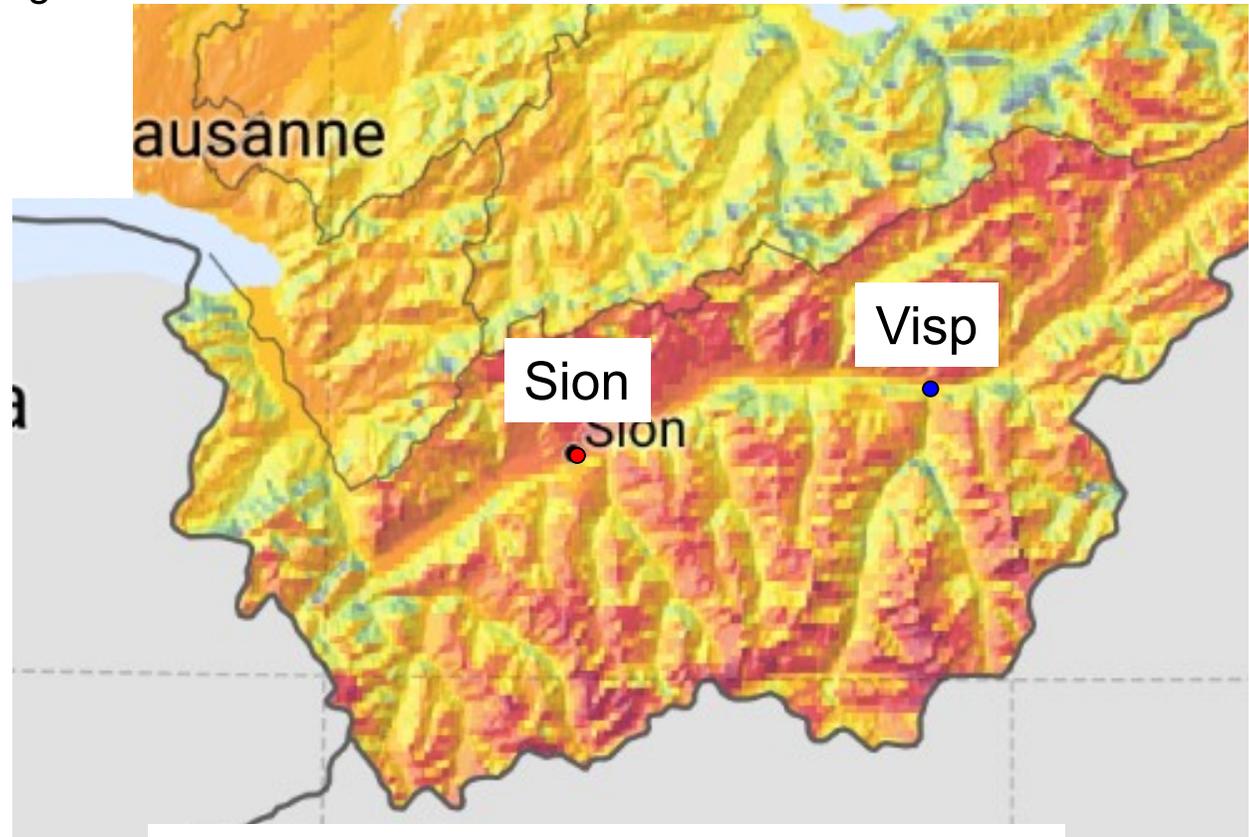


This map is published by the World Bank Group, funded by ESMAP, and prepared by Solargis. For more information and terms of use, please visit <http://globalsolaratlas.info>.

- Mit Photovoltaik erzeugte Energie während eines vollen Jahres
- Pro installierte PV-Leistung

PV-Potential Wallis

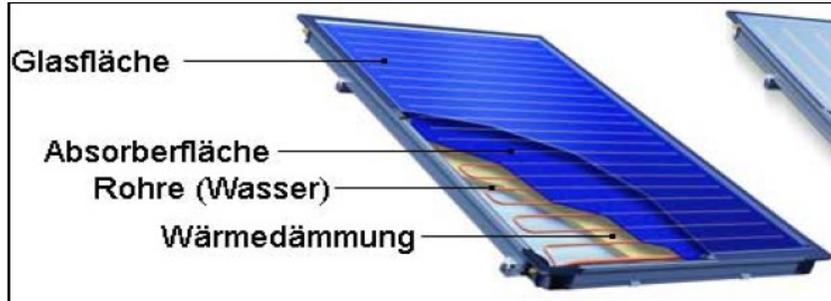
- Mit Photovoltaik erzeugte Energie während eines vollen Jahres
- Pro installierte PV-Leistung



Solarthermie \neq Photovoltaik (PV)

$T \sim 75^\circ \dots 90^\circ \text{ C}$

Warmwasser mittels Solarthermie $\eta = 30 \dots 70\%$

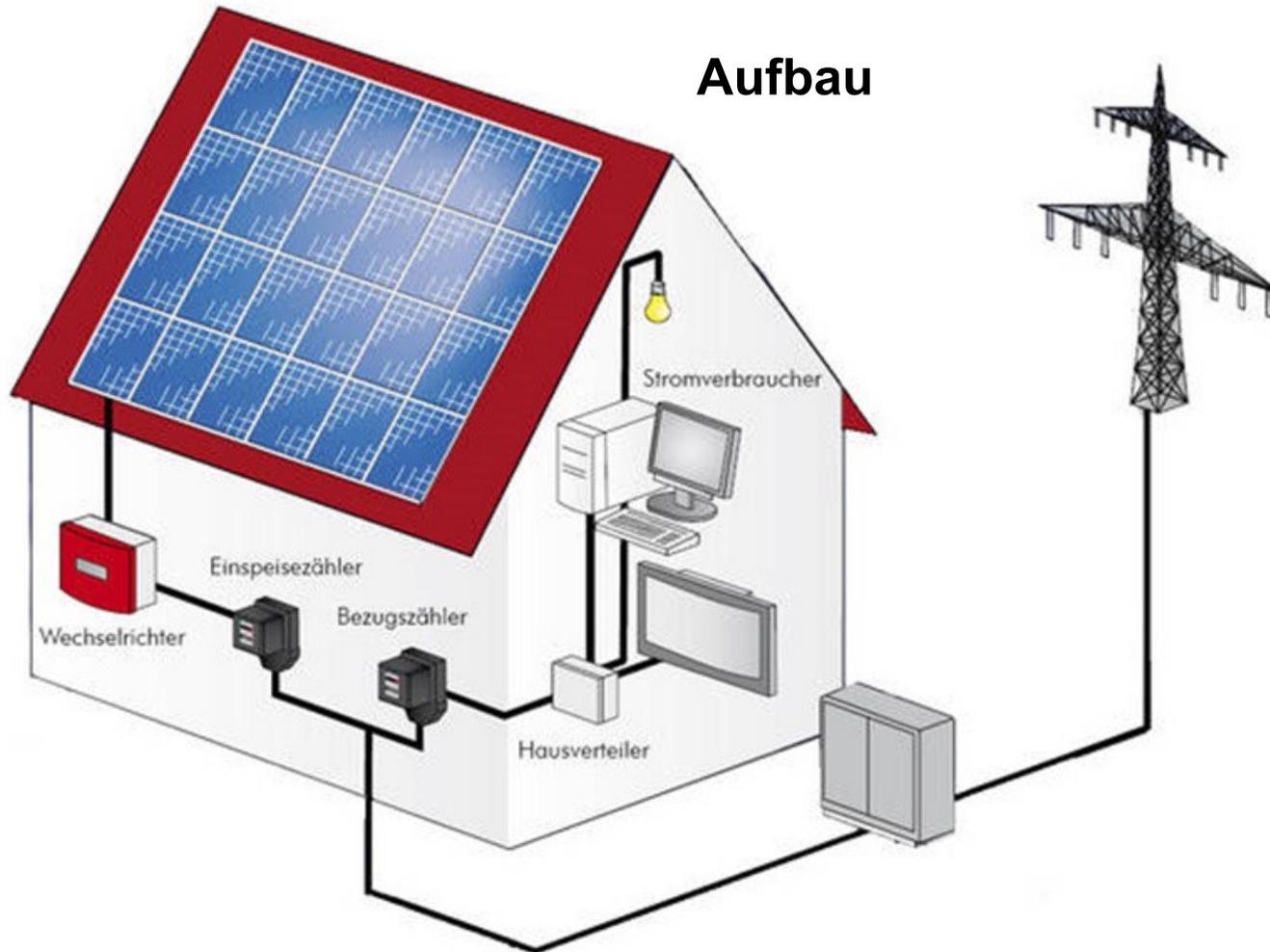


PV: elektrischer Strom durch Solarzellen $\eta = 20 \dots 22\%$



Die Photovoltaik-Anlage

Aufbau

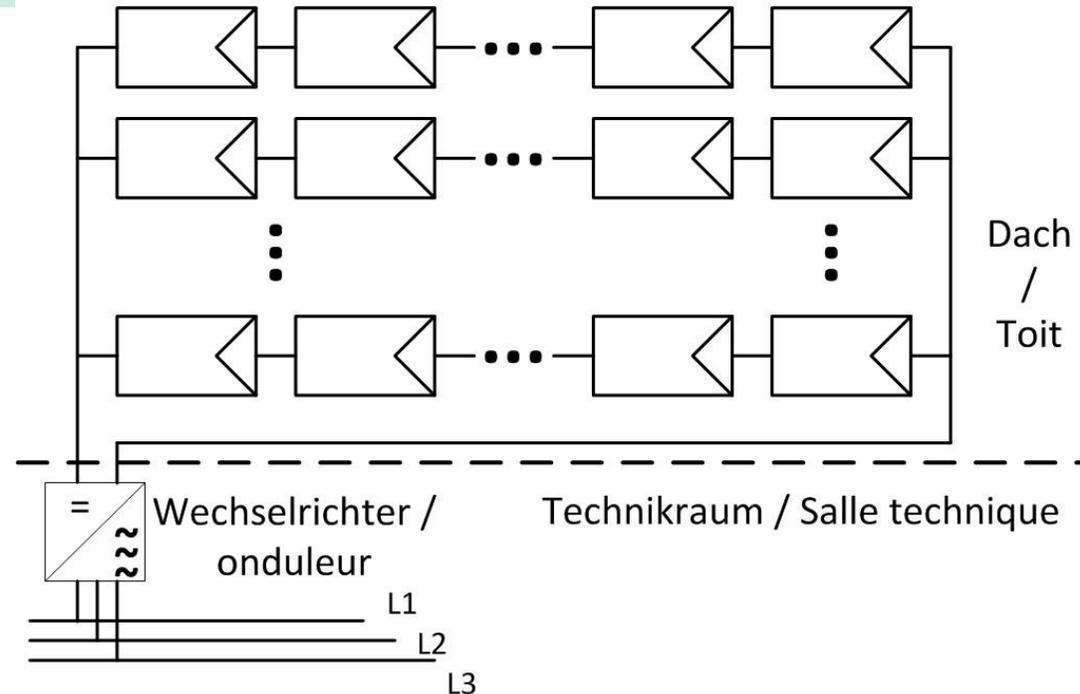


Wichtige Kenngrößen:

- Fläche
- Ausrichtung & Neigung
- Mit / ohne Batterie
- Installierte Leistung
- Investitionskosten
- Spezifischer Energie-Ertrag
in kWh/kW_p

Komponenten einer PV-Anlage

#	Komponenten
1	PV-Module
2	Mechanische Unterkonstruktion
3	Wechselrichter (pro String, pro Einzelmodul)
4	Kabel, Sicherungen, Verbindungsbox, (Dioden), Blitzschutz & Erdung,
5	Einspeisezähler & ZEV- Verteiler

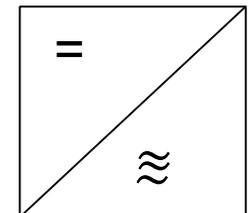


Komponenten & Funktion einer PV-Anlage

#	Material	Funktion
1	PV Module	<ul style="list-style-type: none">• Umwandlung des Sonnenlichtes in elektrische Leistung;• Strom & Spannung sind Gleichstrom: «DC»
2	Unterkonstruktion	Befestigung der Module und Sicherstellung der Stabilität über die gesamte Lebensdauer; in Gebäude integriert oder angebaut (Privathaus, Industrie, Parkplatz, etc.) oder auf Freifläche
3	Wechselrichter	<ol style="list-style-type: none">1. Umwandlung von «DC» in Wechselstrom «AC»2. «MPPT»: hält Module immer auf maximaler Leistung
4	Kabel, Sicherung, Verbindungen, Dioden, Erdung, Blitzschutz	Leistungsübertragung; Kablschutz, Schutz gegen Über- oder Gegenspannung bei Mehrfachsträngen; Blitzschutz, Personenschutz
5	Stromzähler	Ermittlung des Ertrags

Wechselrichter ist das Schlüsselement für den Aufbau der PV-Anlage :

- in Form getrennter «Stränge» oder «strings»
- Oder auch einzeln möglich → «Balkonanlage»



Vorbemerkung: Energie \neq Leistung

kWh \neq kW

Energie = Leistung x zeitliche Dauer t



Lampe mit 100 W x 10 h = 1000 W·h = 1kWh

oder



Racletteofen mit 1000 W x 1 h = 1000 W·h = 1kWh

Übrigens...



$\rightarrow 100W \times 1h = 0.1 kWh$

Wichtige Unterscheidung: Energie & Leistung

Man unterscheidet bei einer Solaranlage (wie beim Auto) zwischen:

installierte Leistung
 (d.h. «Spitzenleistung»)

≠

aktuelle Leistung
 (variabler Betriebszustand)

angegeben in kW_{peak}

≠

kW

Kennzeichnet Anlagengrösse

≠

viel oder wenig Sonnenstrahlung

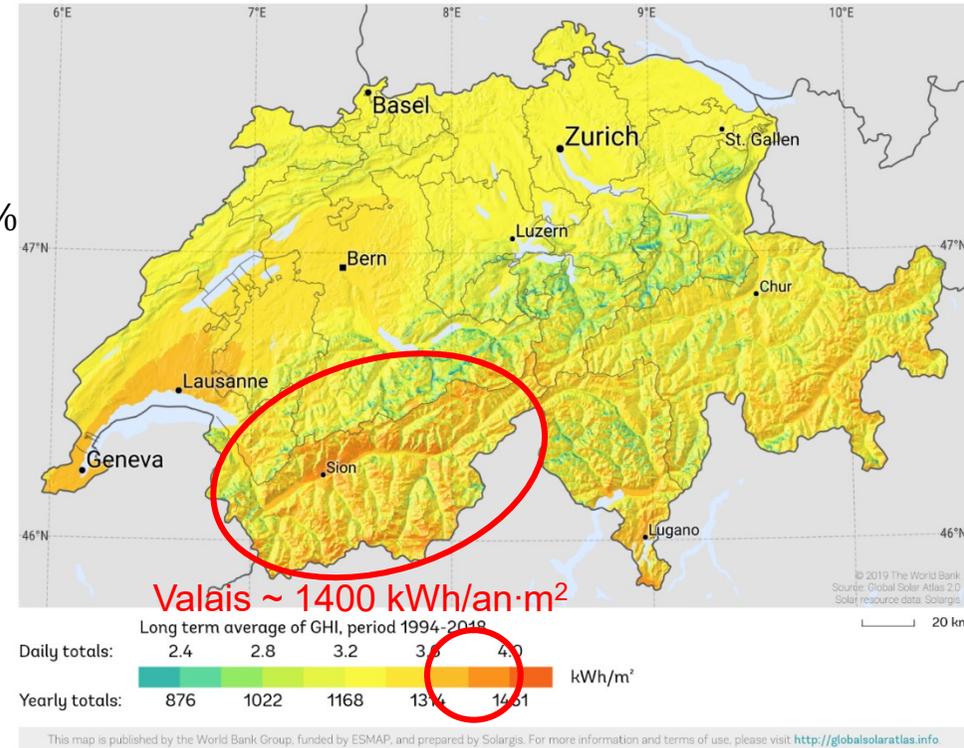


Potential der Sonnenenergie: Schweiz

- Eingestrahelte Energie pro $m^2 \sim 1400 \frac{kWh}{m^2}$
- Wieviel macht ein Solarpanel daraus? Wirkungsgrad $\eta \sim 20\%$

$$\eta \sim 0.20 \rightarrow E_{PV} = E_{sol} \cdot \eta = 0.280 \frac{kWh}{m^2}$$

- Notwendige Fläche pro kW_p : $a_{PV} = \frac{A}{P_{el}} \sim 5 \frac{m^2}{kW_p} = 3 \text{ Module}$

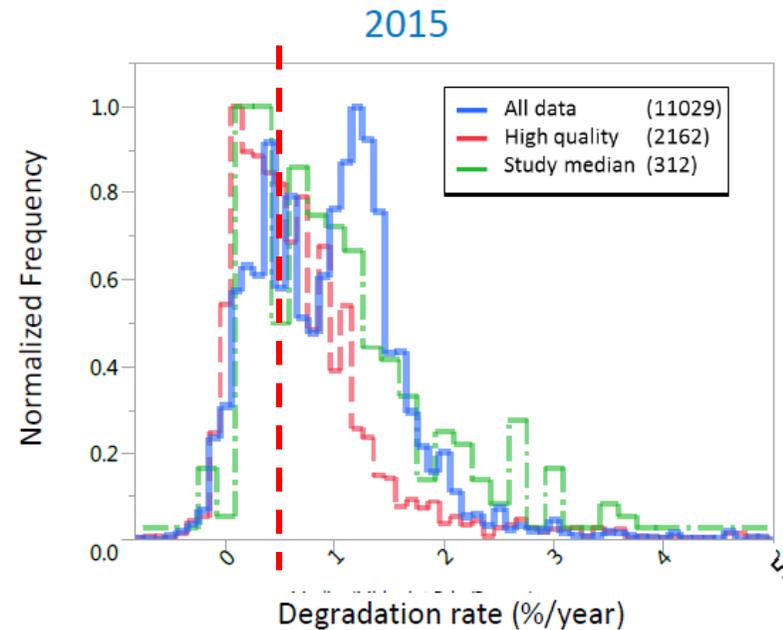
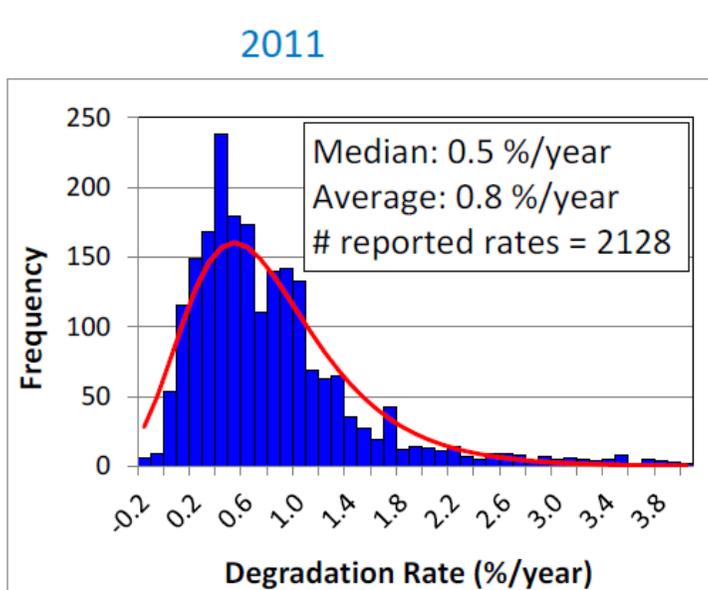


Installierte Leistung von 1 kW_p liefert 1000 ... 1400 kWh/jahr



Lebensdauer einer PV-Anlage auf dem Dach

Lebensdauer der PV-Module ~ relative Abnahme der Nominalleistung



Beispiel:

0.5% Abnahme pro Jahr bedeutet für ein Modul mit 360 W Nennleistung eine Reduktion von 1.8 W pro Jahr.

Hersteller garantieren üblicherweise:

Schwächstes Element:

Wechselrichter nicht PV-Module

MEYER BURGER GARANTIE

Produktgarantie [J]	25
Leistungsgarantie [J]	25
Leistung nach 1 Jahr	≥ 98 % der ursprünglichen Leistung
Jährliche Leistungsabnahme [%/J]	0,25
Leistung nach 25 Jahren	≥ 92 % der ursprünglichen Leistung

Beispiel Datenblatt



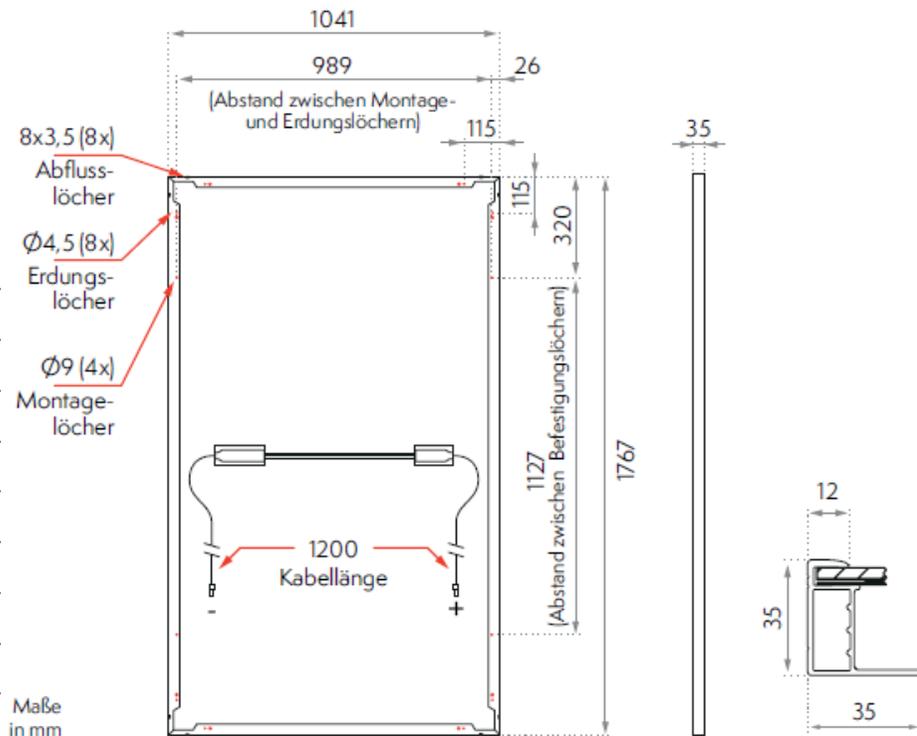
MECHANISCHE DATEN

Meyer Burger White

Heterojunction Modul

Abmessungen [mm]	1.767 x 1.041 x 35
Gewicht [kg]	19,7
Frontabdeckung	Solarglas, 3,2 mm, mit Antireflexbeschichtung
Rückabdeckung	Hochbarriere-Konstruktion, weiß
Rahmen	Eloxiertes Aluminium (schwarz)
Solarzellentyp	Halbzellenmodul 120, mono n-Si, HJT
Anschlussdosen	3 Dioden, Schutzklasse IP68 gemäß IEC 62790
Kabel	PV-Kabel 4 mm ² , 1,2 m lang, nach EN 50618
Stecker	MC4, gemäß IEC 62852, Schutzklasse IP68 erst nach Anschluss

Maße
in mm



ELEKTRISCHE DATEN¹

Leistungsklasse in STC ² [W _p]			380	
Mindestwerte	Mindestleistung (Leistungstoleranz -0 W/+5 W)	[W _p]	STC	NMOT ³
	Leistung	P _{mpp} [W]	380	291
	Kurzschlussstrom	I _{sc} [A]	10,8	8,7
	Leerlaufspannung	V _{oc} [V]	44,4	41,8
	Strom	I _{mpp} [A]	10,3	8,3
	Spannung	V _{mpp} [V]	37,2	35,1
	Effizienz	η [%]	20,7	

ZERTIFIZIERUNG

Zertifizierungen (anstehend)

IEC 61215:2016, IEC 61730:2016

Zertifizierungen (angemeldet)

UL61730-1, UL 61730-2, PID (IEC 62804), Salznebelbeständigkeit (IEC 61701), Ammoniakbeständigkeit (IEC 62716), Dynamische mechanische Belastung (IEC 62782:2016), Staub und Sand (IEC 60068)



HES-SO Valais-Wallis

Page 19

Einfluss der Temperatur

Temperaturkoeffizienten

Temperaturkoeffizient I_{SC}	α	[%/°C]	+0,033
Temperaturkoeffizient V_{OC}	β	[%/°C]	-0,234
Temperaturkoeffizient P_{MPP}	γ	[%/°C]	-0,259

Standard Test Bedingungen (STC):

25°C, AM1.5, 1000W/m²

Bei höherer Temperatur ...

... nimmt die Spannung deutlich ab

... nimmt der Strom geringfügig zu

... nimmt die Leistung deutlich ab

Beispiel:

Modul MeyerBurger White - 390 W

60°C: T-Differenz = 35°

→ Relative Leistungsabnahme 9.1%

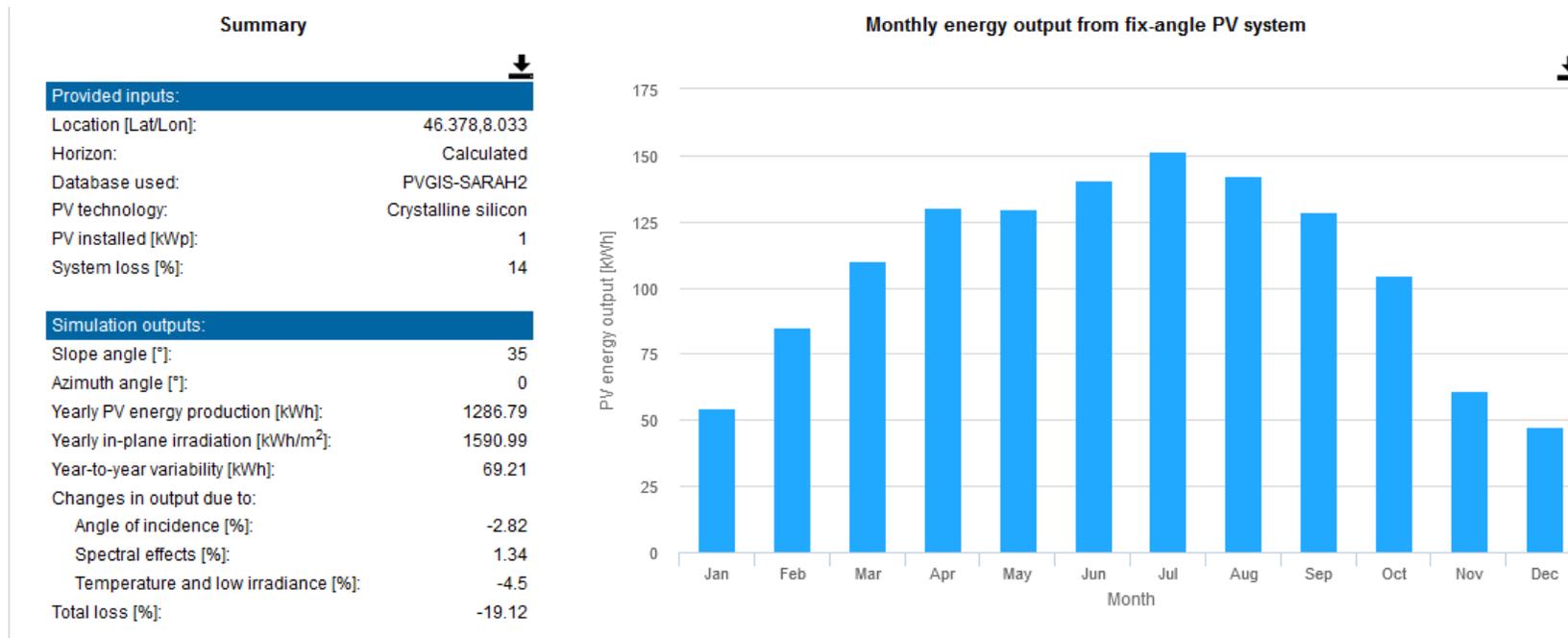
→ Absolute Leistungsabnahme 35W

Aber: bei tiefen Temperaturen ist es umgekehrt!

Einfluss durch Schneebedeckung

Einfluss der Installation in den Bergen

- Die schlechten Monate (Januar & Februar) fallen weg
- Beispiel: Riederalp ~1286 kWh/kWp



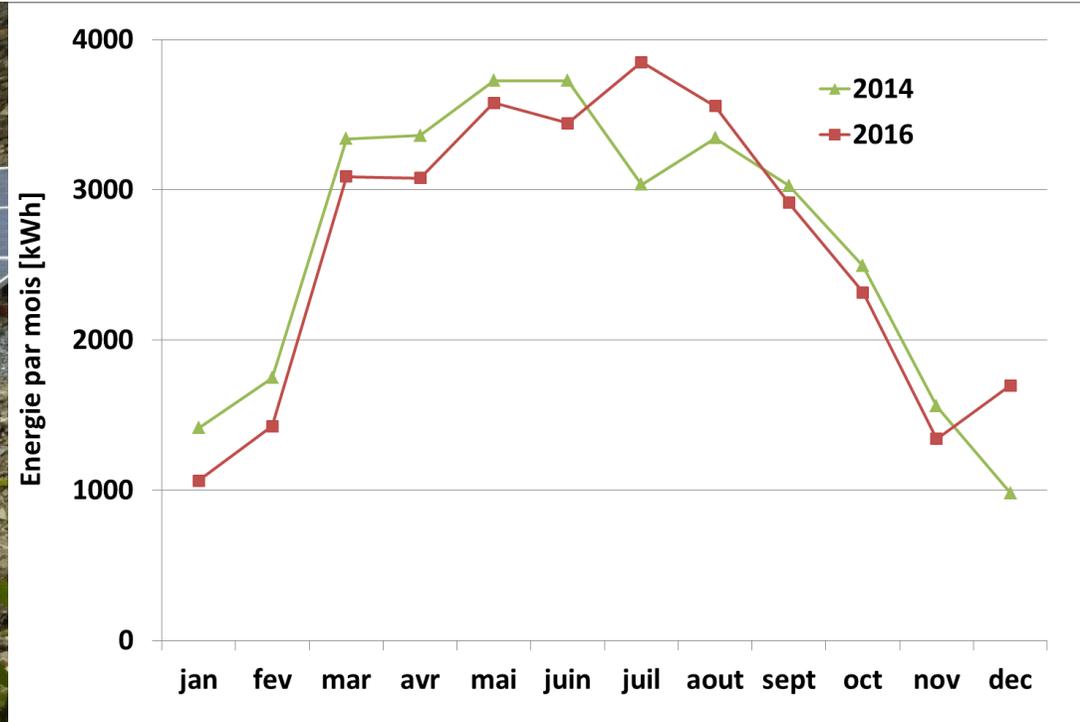
Energie von der Sonne - Inhalt

1. Grundlagen & technische Erläuterungen
- 2. PV Kosten, Nutzen & Ertrag für den Anlagenbesitzer**
3. Ziele & Herausforderungen der Photovoltaik: Speicherung
4. Technische & wirtschaftliche Entwicklung
5. Diskussion: «Mythen & Fakten»
 - Erfahrungsberichte Ollon, Savies, Siders
 - Kostenanalyse
 - Ertragsabschätzung
 - Welche konkreten Schritte?
 - Eigenverbrauch & ZEV
 - Investitionsbeihilfe & Steuer

Beispiel einer privaten PV-Installation



Gabriel Duc

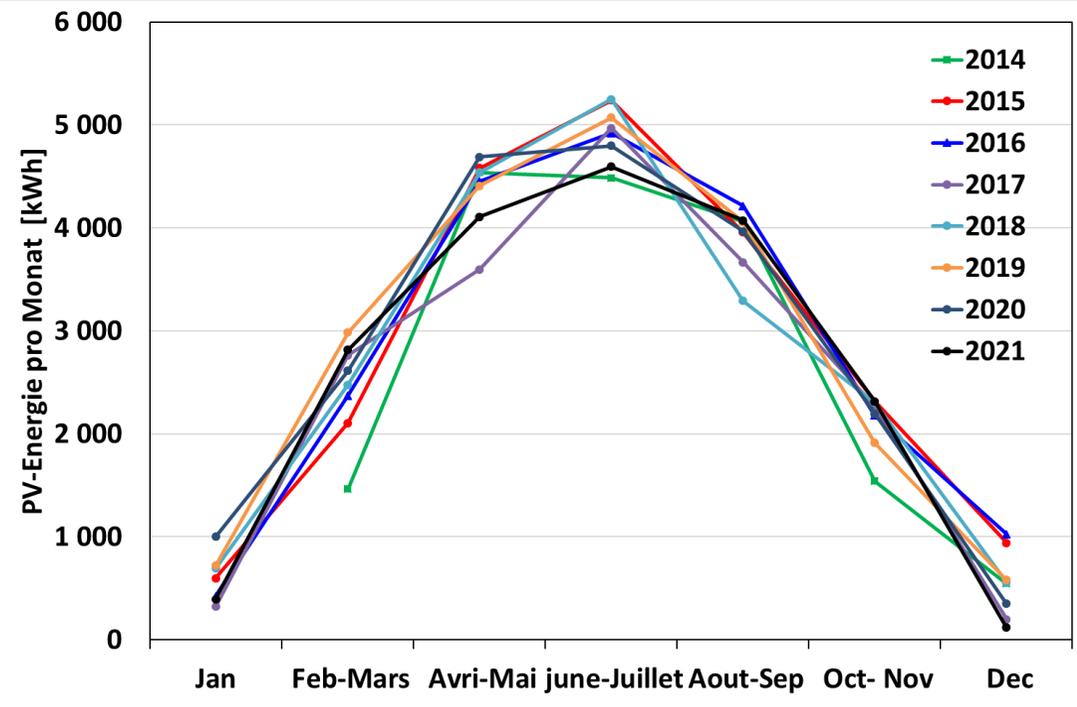


Ollon, 137 m², 21.4 kW_p
= 84 module x 255 W
Neigungswinkel 30°
Ausrichtung 10° Südost

Investiert:
KEV/RPC
Ertrag (Juni 2014):
Spezifischer Ertrag

54000 CHF - Steuerabzug
0.276 CHF/kWh
3870 CHF
1474 kWh/kW_p

PV-Anlage auf Mehrfamilienhaus



Saviese, Zentralwallis, 767m
 90.9 m², 56 Module x 265 W = 14.8 kWc
 Neigungswinkel 14°
 Ausrichtung 27° Südost

Investition:	45000 CHF
Erwarteter spez. Ertrag :	1169 kWh/kW _p
Realer spez. Ertrag:	1350 kWh/kW_p
Keine KEV → Einkauf	0.15 CHF/kWh,
Verkauf	0.09 CHF/kWh

PV-Anlage auf 4-Reihenhaus in Siders



Siders, Zentralwallis
 90.9 m², 50 Module x 340 W = 17 kW_c
 Neigungswinkel 25°
 Ausrichtung 40° Südost

Investition: 40700 CHF
 EIV 6780 CHF

Jahresertrag (bisher <.12 Montate) 23.1 MWh

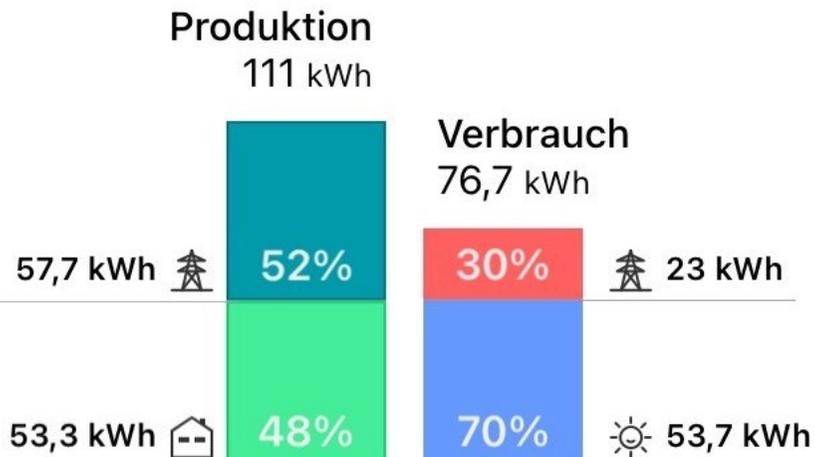
spezif. Ertrag: **1358 kWh/kW_p**

PV-Anlage, 4-Reihenhaus, Siders

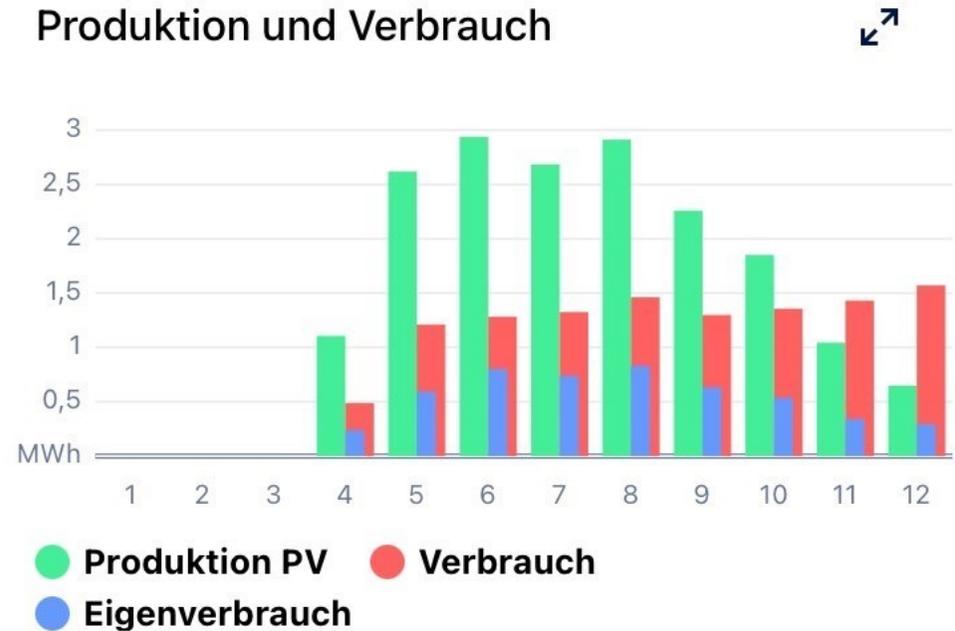
Anlagenüberwachung per Smartphone: Tages-, Monats- und Jahresanzeigen

< 25.04.2021 > >

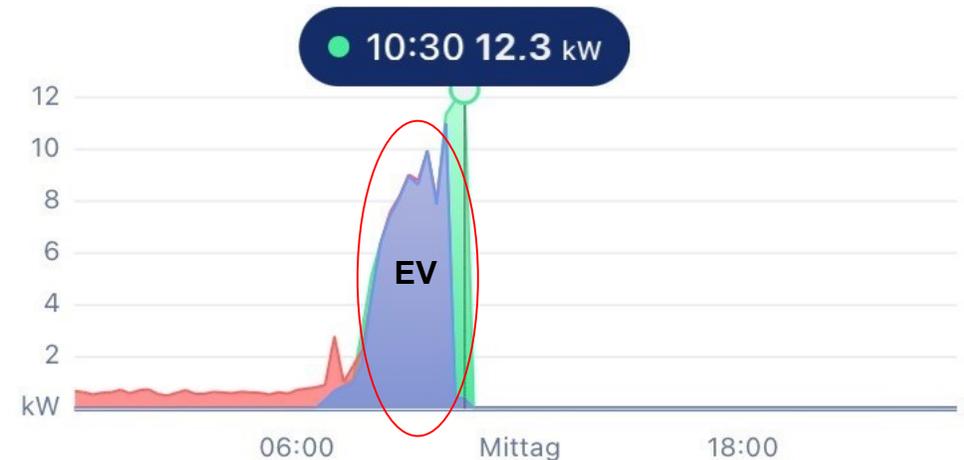
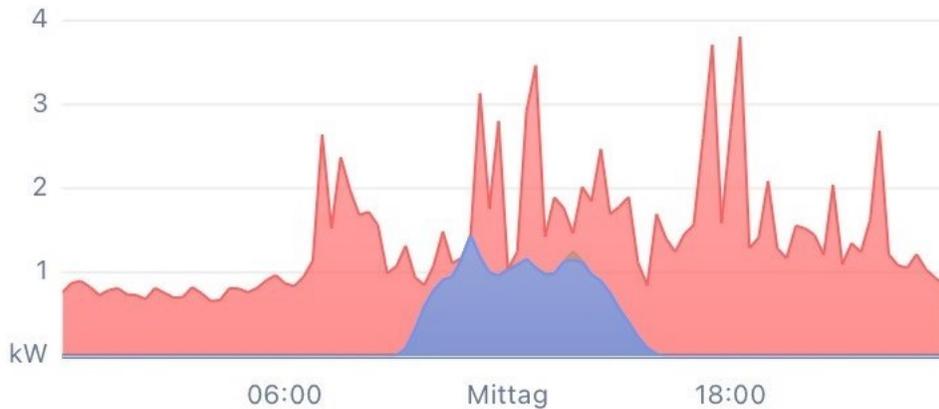
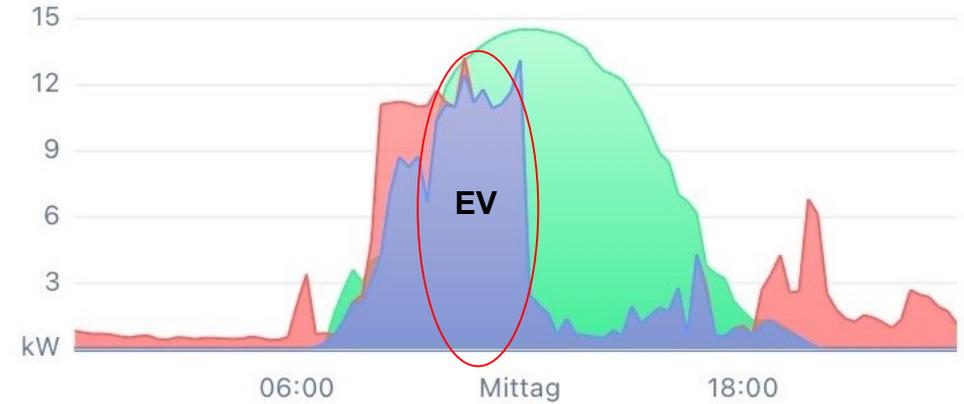
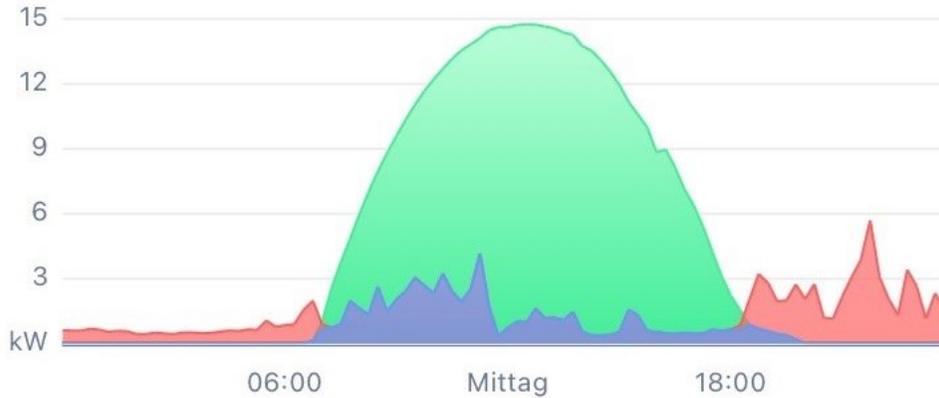
Energiebilanz



Produktion und Verbrauch



4-Reihenhaus, Siders: Eigenverbrauch



● Produktion PV ● Verbrauch
● Eigenverbrauch

● Produktion PV ● Verbrauch
● Eigenverbrauch

Optimierung des Eigenverbrauchs mit Elektrofahrzeug: ungerregelt & geregelt

4-Reihenhaus, Siders: Eigenverbrauch

Rechenbeispiel:
 Nutzung von PV: z.B. mit Elektrofahrzeug

eigene PV-Anlage oder Einkauf

	Moderner Benzin/Diesel	Elektroauto (Zoe, BMW I3, Tesla, ...)
Verbrauch pro 100 km	5 Liter	~20 kWh
Tankkosten	2.0 CHF/liter	0.06 ... 0.2 CHF/kWh
Kosten pro 100 km	10 CHF/100 km	1.2 CHF ... 4 CHF/100 km

... aber: Investitionskosten für Elektrofahrzeug sehr hoch ~ 25 000 CHF ... 60 000 CHF...

Meine Photovoltaik-Anlage: «wie»?

- Verbrauch ermitteln & Eigenverbrauch schätzen
- Performanz der potentiellen Anlage auf meinem Haus abschätzen → Sonnendach.ch
oder andere:

<https://www.swissolar.ch/fuer-bauherren/planungshilfsmittel/solardachrechner/>

<https://www.uvek-gis.admin.ch/BFE/sonnendach/> <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php>

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

- Was kann oder möchte ich selber machen?
- Kostenschätzung selber machen – siehe Tabelle <https://www.swissolar.ch/fuer-bauherren/planungshilfsmittel/kostenrechner-fuer-pv-anlagen/>
- Ertragsrechnung selber machen → siehe Swisssolar
- Professionnelle Angebote erstellen lassen
- ... die sieben Schritte zur Solaranlage:

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

Meine Photovoltaik-Anlage: was brauche ich?

Folgende Fragen kann man sich stellen:

1. Welches sind meine wichtigsten Verbraucher? Waschmaschine, Geschirrspüler, Wärmepumpe, etc.
2. Wie ist die Nutzung im Tagesverlauf dieser Verbraucher? Fixiert oder von mir anpassbar?
3. Wie kann ich diesen Eigenverbrauch meiner Energie optimal erhöhen?
4. Möchte ich Autarkie erreichen? Also mich komplett selbst versorgen? (Autonomie: selber wählen, wie man sich versorgt, alleine oder (teilweise) mit Hilfe anderer)
5. Was zahlt mein Energiversorger bei Rückspeisung? Wie gross ist die Differenz zu meinem Einkaufspreis? <https://www.vese.ch/pvtarif/>
6. Abschätzung der eigenen Situation: Ausrichtung? Dachneigung? Flachdach? Verfügbare Fläche? komplizierte Dachstruktur? Sonnig? grosse Bäume oder Nachbarhäuser? Teilschatten?

Die 7 Schritte zur eigenen Solaranlage



**ENERGIESCHWEIZ.CH/
MEINE-SOLARANLAGE**

Hier finden Sie die einzelnen Schritte, Tipps und nützliche Links für den Weg zu Ihrer Solaranlage.

Marktdaten zur PV-Installation

Photovoltaikmarkt: Preisbeobachtungsstudie 2020
EnergySchweiz, BFE, Juni 2021

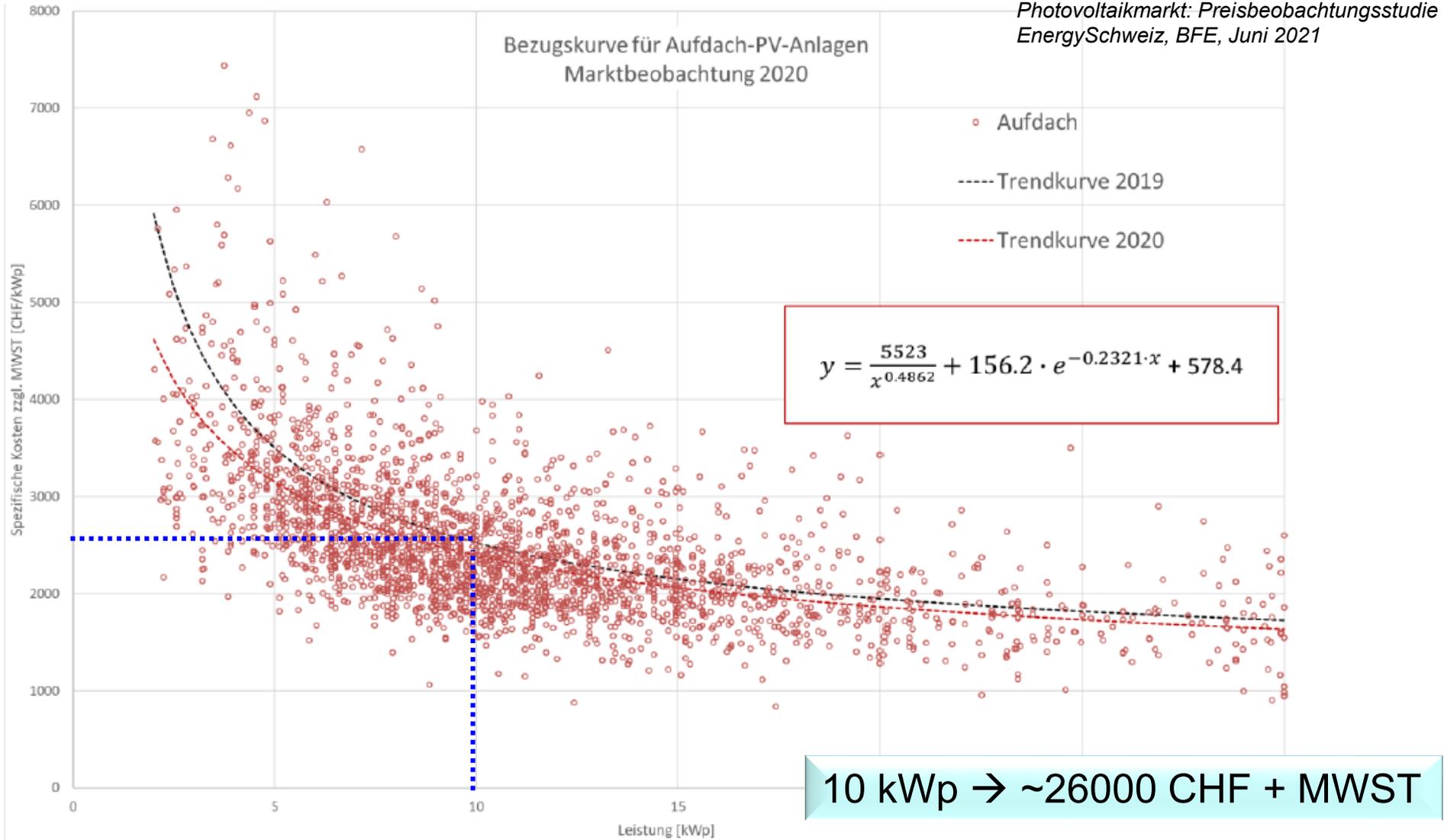
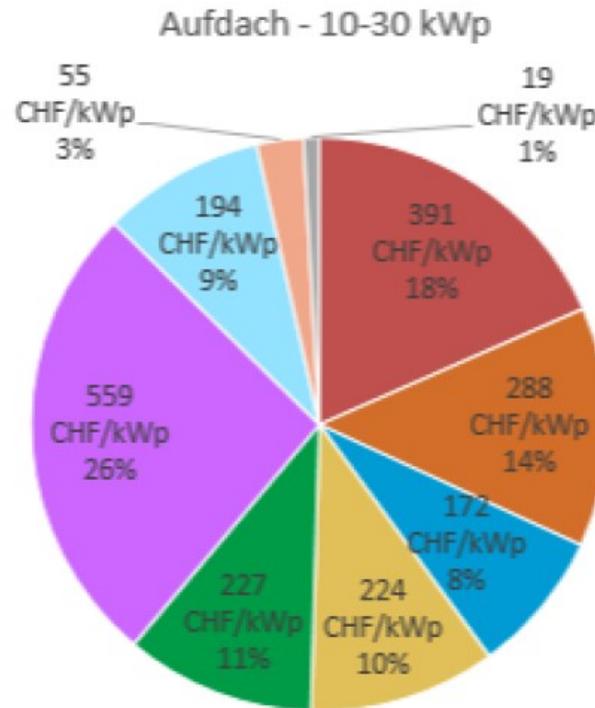
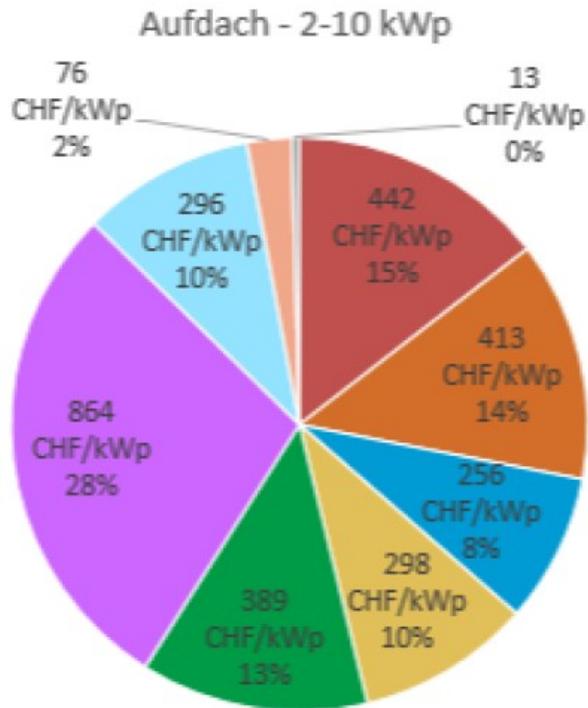


Abbildung 22: Spezifische Kosten (zzgl. MWST) von Aufdach-PV-Anlagen in Abhängigkeit von der Leistung, mit Bezugskurve. Detaildarstellung des Bereichs 2 bis 30 kWp.

Kostenaufteilung einer PV-Installation

Photovoltaikmarkt: Preisbeobachtungsstudie 2020
 EnergySchweiz, BFE, Juni 2021



- Kosten der Module
- Kosten der Wechselrichter
- Kosten des Tragwerks
- Kosten für die Baustellenabsicherung und für permanente Sicherheiten
- Verwaltungs- und Planungskosten
- Arbeitskosten
- Kosten des Elektromaterials
- Logistik- und Transportkosten
- Sonstige Kosten

PV-Module <18%
 Elektro & Mechanik Material: >31%
 Verwaltung, Planung, Arbeit, Logistik, Sicherung: >50%

EIV = Einmalvergütung

Internet site von Pronovo (Organisation, die die Vergütung & Subventionen verwaltet)

<https://pronovo.ch/>

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

2 Ansätze für die Einmalvergütung

2.1 Für integrierte Anlagen, die ab dem 1. Januar 2013 in Betrieb genommen wurden, gelten die folgenden Ansätze:

Leistungs- klasse	Inbetriebnahme											
	1.1.2013–31.12.2013	1.1.2014–31.3.2015	1.4.2015–30.9.2015	1.10.2015–30.9.2016	1.10.2016–31.3.2017	1.4.2017–31.3.2018	1.4.2018–31.3.2019	1.4.2019–31.3.2020	1.4.2020–31.3.2021	1.4.2021–31.3.2022	ab 1.4.2022	
Grund- beitrag (Fr.)	2000	1800	1800	1800	1800	1600	1600	1550	1100	770	385	
Leistungs- beitrag (Fr./kW)	< 30 kW <100 kW	1200 850	1050 750	830 630	610 510	610 460	520 400	460 340	380 330	380 330	420 320	420 330

Reduktion der Investitionskosten

Rechenbeispiel:

Anschlussdatum 15.03.2021, angebaute Anlage,
 installierte Leistung = 17 kWp

→ Grundbeitrag	=		1100 CHF
→ Leistungsbeitrag	=	17 kWp * 380 CHF/kWp	= 6460 CHF
Total EIV			= 7560 CHF

Ausserdem:

Steuerersparnis von ca. 15% der Investitionskosten (je nach Steuersatz)

Nicht zu verwechseln mit Förderinstrument von früher:

KEV \neq EIV

Kostendeckende EinspeiseVergütung \neq EinmalVergütung

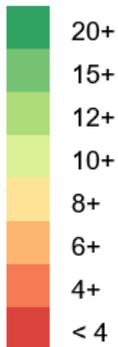
Meine Photovoltaik-Anlage: was brauche ich?

2022 ▾

Was zahlt mein Energiversorger bei Rückspeisung? Wie gross ist die Differenz zu meinem Einkaufspreis?

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

Tarif [Rp/kWh]



Oiken SA (2022)

< 1000 kVA	
Energie	8.30 Rp/kWh
HKN	0.00 Rp/kWh
Total	8.30 Rp/kWh

Bei den obigen Zahlen handelt es sich um aus Meteodaten berechnete effektive Jahrestarife ([Erklärung](#))

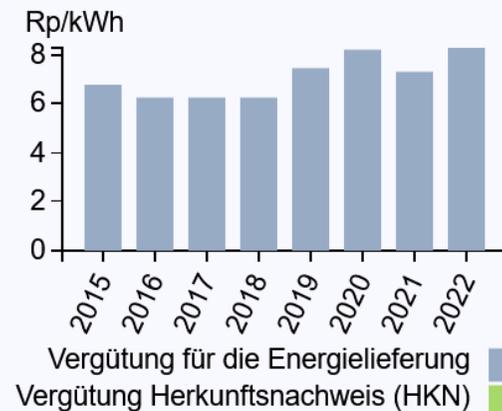
[Link Tarifblatt 1](#)

[Webseite Netzbetreiber](#)

Weitere Informationen

Augmentation de +1 cts/kWh au 1.1.2022. La reprise de la garantie d'origine est compris dans la rétribution.

Entwicklung der Vergütungen (10 kVA)



HKN = Herkunftsnachweis, kostenlos, wenn man über das Internetportal online bei Pronovo den Dauerauftrag beantragt

<https://pronovo.ch/de/services/formulare/#>

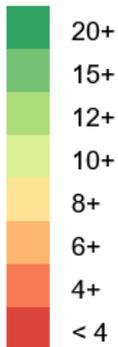
Meine Photovoltaik-Anlage: was brauche ich?

2022 ▾

Was zahlt mein Energiversorger bei Rückspeisung? Wie gross ist die Differenz zu meinem Einkaufspreis?

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

Tarif [Rp/kWh]



VED Visp Energie Dienste AG (2022)

	< 30	< 3000	kVA
Energie	7.10	7.10	Rp/kWh
HKN	2.00	0.00	Rp/kWh
Total	9.10	7.10	Rp/kWh

Winter/Sommer-Tarif für die Vergütung Bei den obigen Zahlen handelt es sich um aus Meteodaten berechnete effektive Jahrestarife ([Erklärung](#))

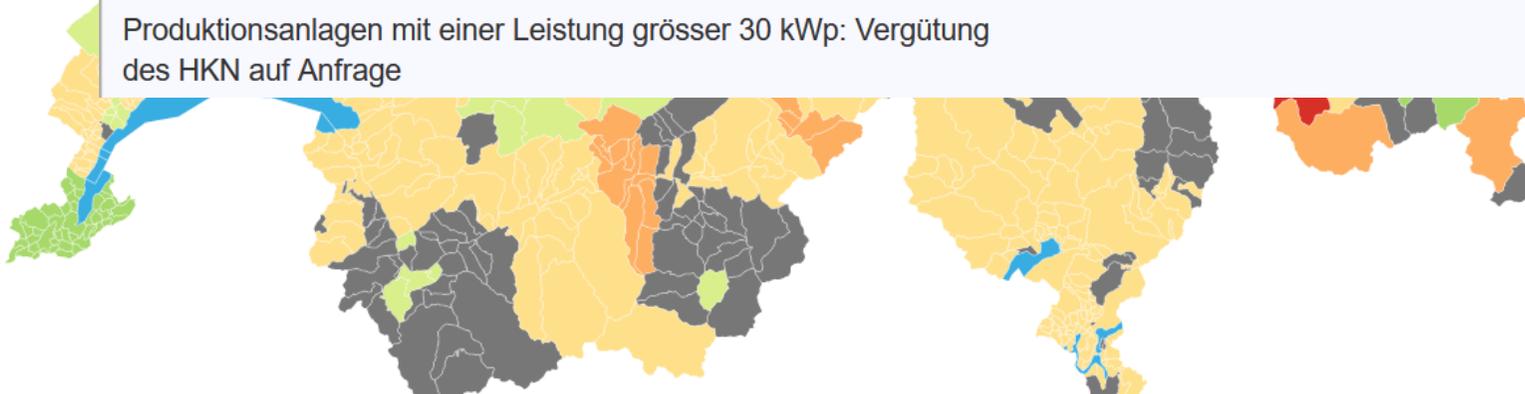
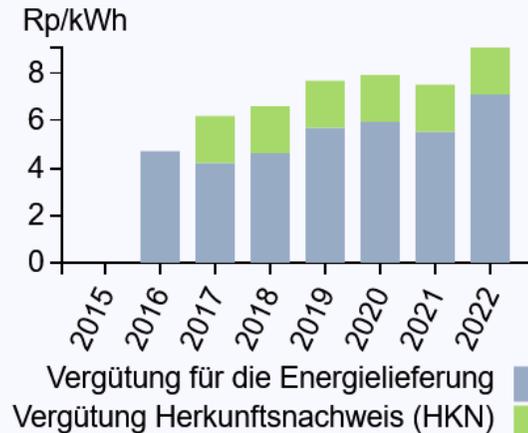
[Link Tarifblatt 1](#)

[Webseite Netzbetreiber](#)

Weitere Informationen

Produktionsanlagen mit einer Leistung grösser 30 kWp: Vergütung des HKN auf Anfrage

Entwicklung der Vergütungen (10 kVA)



HKN = Herkunftsnachweis, kostenlos, wenn man über das Internetportal online bei Pronovo den Dauerauftrag beantragt

<https://pronovo.ch/de/services/formulare/#>

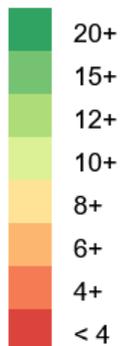
Meine Photovoltaik-Anlage: was brauche ich?

2022 ▾

Was zahlt mein Energiversorger bei Rückspeisung? Wie gross ist die Differenz zu meinem Einkaufspreis?

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

Tarif [Rp/kWh]



EnBAG Netze AG (2022)

< 3000 kVA	
Energie	5.96 Rp/kWh
HKN	3.00 Rp/kWh
Total	8.96 Rp/kWh

HT/NT-Tarif für die Vergütung Winter/Sommer-Tarif für die Vergütung Bei den obigen Zahlen handelt es sich um aus Meteodaten berechnete effektive Jahrestarife ([Erklärung](#))

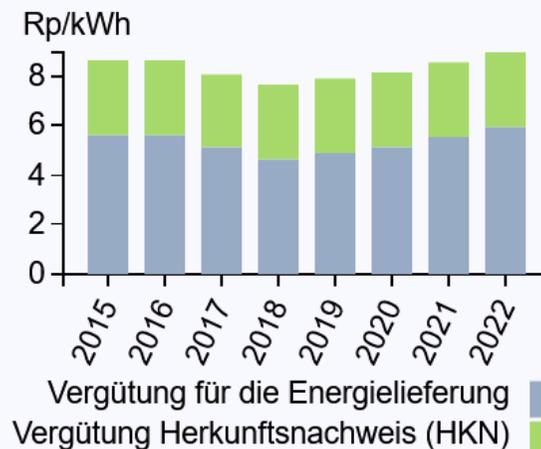
[Link Tarifblatt 1](#)

[Webseite Netzbetreiber](#)

Weitere Informationen

Nur 1 Rp/kWh für HKN aus nicht "naturmade" zertifizierten PV-Anlagen

Entwicklung der Vergütungen (10 kVA)



HKN = Herkunftsnachweis, kostenlos, wenn man über das Internetportal online bei Pronovo den Dauerauftrag beantragt

<https://pronovo.ch/de/services/formulare/#>

Eigenverbrauch optimieren: ZEV

Zusammenschluss zum Eigenverbrauch:

- Einige oder alle Bewohner eines Wohnhauses werden Besitzer der PV-Anlage und verteilen den erzeugten Strom unter sich
- Es wird mehr Strom selbst verbraucht und weniger dem Energieversorger zu einem ungünstigen Tarif verkauft
- Deutlich erhöhte Rendite durch die hohe Differenz von Rückkauf und Verkaufspreis der Netzbetreiber (siehe Folien vorher)

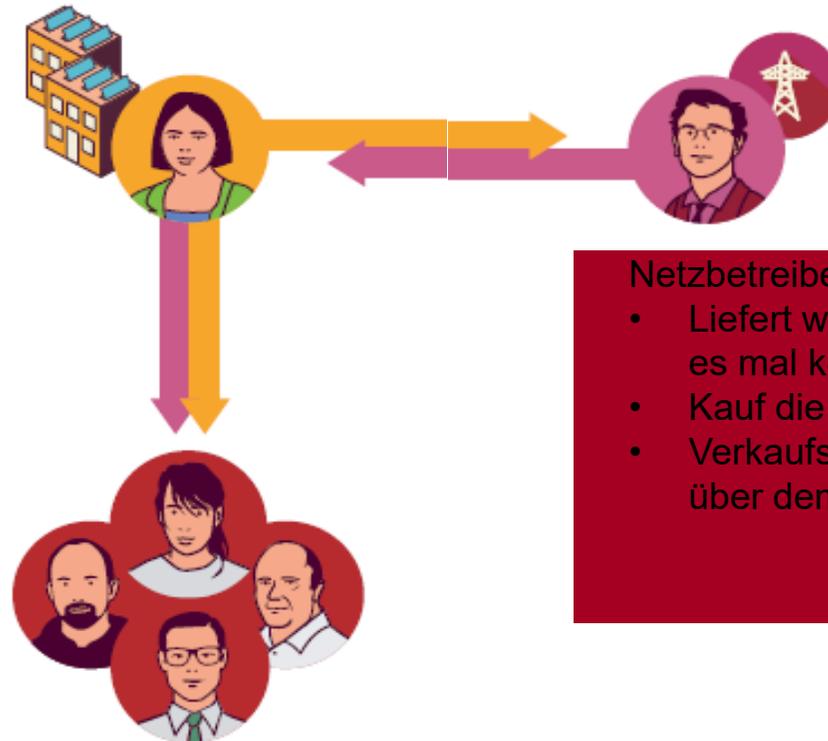
Eigenverbrauch optimieren: ZEV

Die Beteiligten:

1. Besitzer der PV-Solaranlage
2. Verbraucher
3. Netzbetreiber

...und ihre Rolle & Aufgaben:

- Besitzer der PV-Anlage:
- Betreibt Verwaltet die PV-Anlage
 - Rechnungsstellung an die Nutzer
 - Organisiert den ZEV
 - Nimmt die Erträge ein



- Netzbetreiber:
- Liefert weiterhin Energie falls es mal keine Sonne gibt
 - Kauf die Überschussenergie
 - Verkaufspreis liegt deutlich über dem Rückkaufpreis

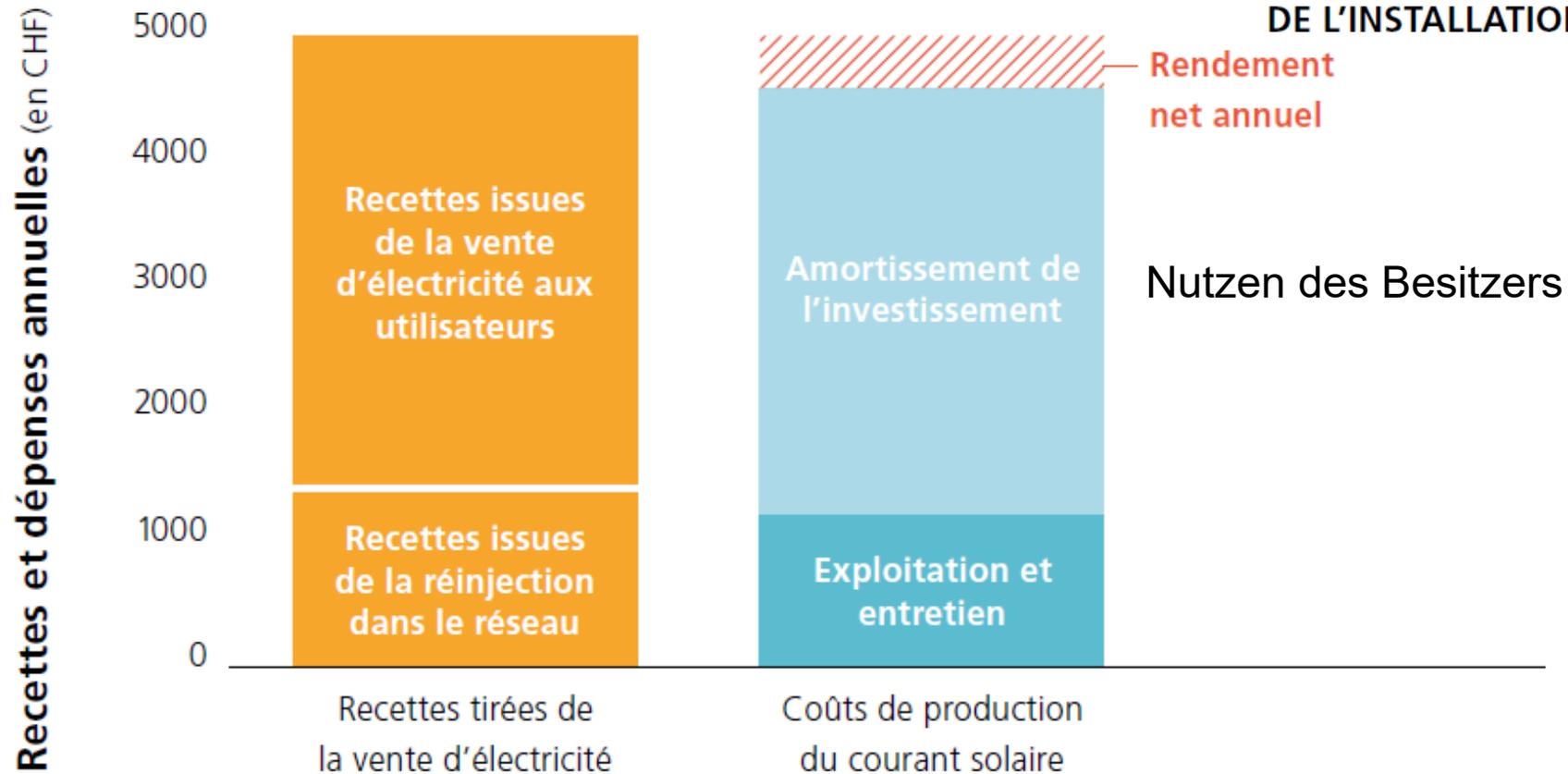
- Verbraucher:
- Bezahlen die Energie dem Besitzer der Anlage
 - Zum gleichen Tarif oder etwas unter Netztarif
 - Mieter oder Eigentümer

ZEV - Rendite



PROPRIÉTAIRE
DE L'INSTALLATION SOLAIRE

Erträge und Kosten pro Jahr eines Wohnblocks mit 20 Wohnungen



Simulationsbeispiel Kosten-Ertragsrechnung

Beispiel PV-Anlage Siders 4-Reihenhaus, (17 kWp, 1350 kWh/kWp)

- Unterhaltskosten: neuer Wechselrichter alle 15 Jahre : 1800 CHF
- einen oder mehrere Optimiser ersetzen inkl. Arbeit : 1000 CHF
- Reinigen unter Funktionskontrolle in Eigenarbeit durch Besitzer: 0 CHF
- Sonstiges: 1200 CHF

Unterhaltskosten über 30 Jahre: 4000 CHF

Verteilt auf 30 Jahre: $4000 \text{ CHF} / 30 = 133 \text{ CHF/Jahr}$

Erzeugte Energie pro Jahr 23000 kWh: 0.006 CHF/kWh

Swissolar-Tabelle zum download unter:

<https://www.swissolar.ch/fuer-bauherren/planungshilfsmittel/kostenrechner-fuer-pv-anlagen/>

SWISSOLAR 

Simulationsbeispiel Kosten-Ertragsrechnung

Beispiel PV-Anlage Sidlers 4-Reihenhaus

PV-Wirtschaftlichkeit (Basisdaten)

Sprache/langue/lingua:

(kompatibel ab Excel-Version 2010)

1.1	Projekt	Betreiber	Mister X											
1.2		Standort	Sidlers											
1.3		Bezeichnung PV-Anlage	4 Reihenhaus											
1.4		Bemerkungen												
1.5		MWST	Produzent	MWST-pflichtig	MWST-pflichtige Produzenten müssen	7.70%	MWST auf den Erträgen abliefern							
2.1	Anlagendaten	Anlagen-Kategorie	freistehend											
2.2		Anlagen-Nennleistung	17	kWp										
2.3		Anlagen-Lebensdauer	30	Jahr(e)	bis	31.03.2051	(laufendes Jahr + Anlagen-Lebensdauer)							
2.4		Vergütungsdauer (gilt ab Inbetriebnahme)	1	Jahr(e)										
2.5		spezifischer Jahresenergieertrag (ohne Berücksichtigung der Degradation)	1350	kWh/kWp	(ohne Degradation)									
2.6		Degradation (linear)	85	% der Anfangsleistung										
2.7		spezifische Betriebs- und Unterhaltskosten	0.01	SFr./kWh	(inkl. MWST)									
3.1	Investition	Investitionssumme	33 000	SFr.	(exkl. MWST)									
3.2		Direkte Förderung auf Investitionssumme	0	SFr.										
3.3		Einmalvergütung	7 160	SFr.										
3.4		Zahlungsfrist Einmalvergütung	2	Jahr(e)										
4.1	Kapitalstruktur	Eigenkapital	33 000	SFr.	Laufzeit	30	Jahr(e)	Kalkulationszinssatz	100%	(p.a. nominal, inkl. Nebenkosten)				
4.2		Fremdkapital 1		SFr.										
4.3		Fremdkapital 2		SFr.										
5.1	Vergütungstarife/Phase	Phase 1	eigener Tarif	ab (Inbetriebnahme-Periode)	April	2021	Rückliefertarif	0.0860	SFr./kWh (inkl. MWST)	Bezugstarif / Solarstromtarif ZEV	0.1600	SFr./kWh (exkl. MWST)	Eigennutzungsgrad	40%
5.2		Phase 2		ab										
5.3		Phase 3		ab										
6.1	Ertrag ohne Einspeisevergütung													
6.2	(exkl. MWST)	Vergütungsdauer von/bis	01.04.2021	31.03.2051	Rücklieferung	1078	SFr./Jahr	eingesparter Bezug	1337	SFr./Jahr				
6.3														
6.4														
6.5														
7.1	Ertrag mit Einspeisevergütung													
7.2	(inkl. MWST)	Leistungsklasse	Grösse (kWp)	Tarif (SFr./kWh)	Rücklieferung			eingesparter Bezug						
7.3		≤ 10 kWp												
7.4		≤ 30 kWp												
7.5		≤ 100 kWp												
7.6		≤ 1000 kWp												
7.7		> 1000 kWp												
8.1	Kennzahlen	(bezogen auf die Anlagen-Lebensdauer)	Ø Jahresenergieertrag	21 510	kWh/Jahr									
8.2			Ø Jahresertrag	1078	SFr./Jahr			(Einspeisevergütung und eigener Tarif)						
8.3			Ø eingesparter Bezug	1334	SFr./Jahr									
8.4			Ø MWST-Umsatzsteuer	83	SFr./Jahr			(Umsatzsteuer auf den Rücklieferungs-Erträgen)						
8.5			Ø MWST-Vorsteuer	16	SFr./Jahr			(Vorsteuerabzug auf den spezifischen Betriebs- und Unterhaltskosten)						
8.6			Ø Unterhaltsaufwand	209	SFr./Jahr									
8.7			Ø Eigenkapitalkosten	1006	SFr./Jahr			(Amortisation + Zinsen)						
8.8			Ø Fremdkapitalkosten	0	SFr./Jahr			(Amortisation + Zinsen)						
8.9			Ø Nettoertrag	1123	SFr./Jahr									
8.10			Kapitalbarwert (NPV)	29 183	SFr.			Investition ist sehr vorteilhaft						
8.11			Payback	12	Jahr(e)									
8.12			kWh-Kosten	0.060	SFr./kWh									

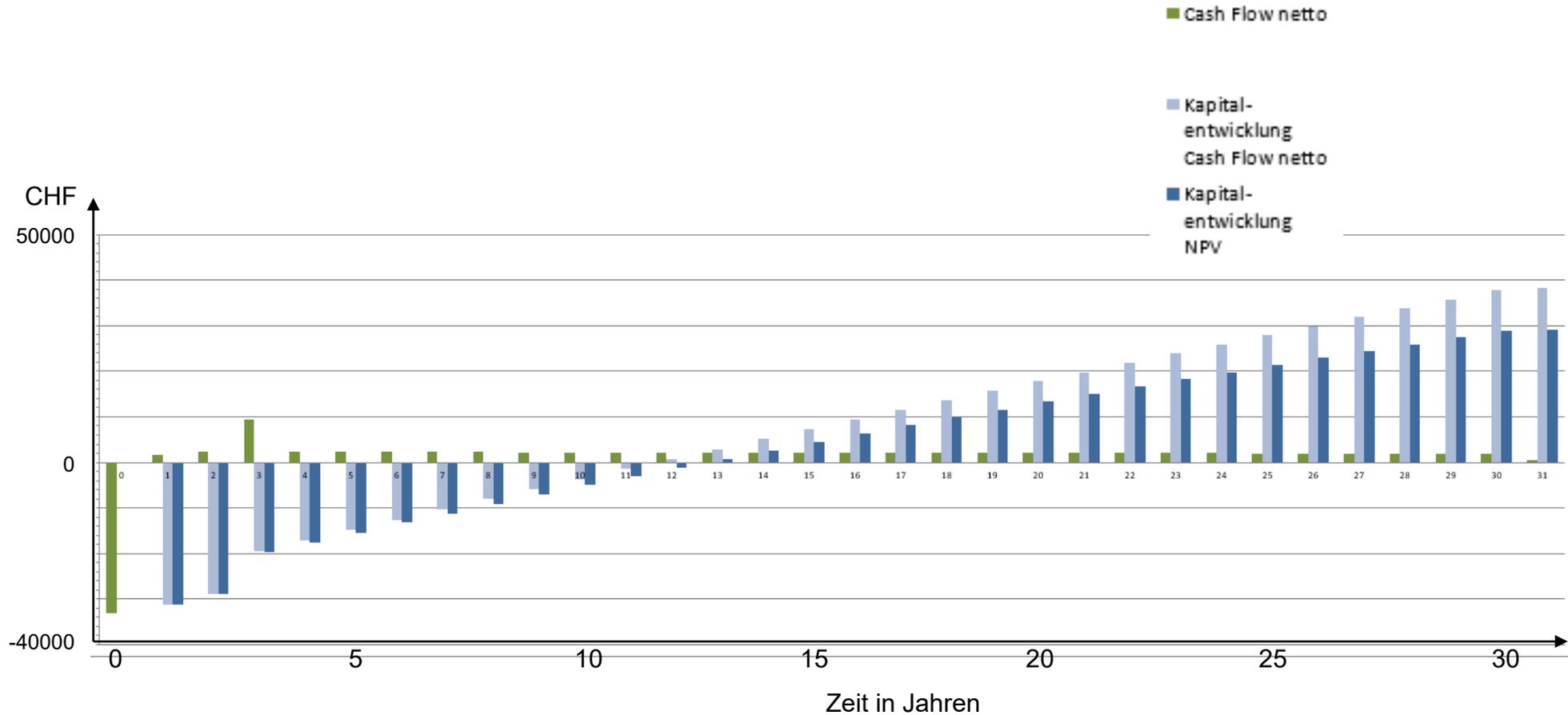
Nicht lesbar:

Payback time : 12 Jahre

kWh-Kosten : 0.06 CHF/kWh

Simulationsbeispiel Kosten-Ertragsrechnung

Beispiel PV-Anlage Siders 4-Reihenhaus



Energie von der Sonne - Inhalt

1. Grundlagen & technische Erläuterungen
2. PV Kosten, Nutzen & Ertrag für den Anlagenbesitzer
3. **Ziele & Herausforderungen der Photovoltaik: Speicherung**
4. Technische & wirtschaftliche Entwicklung
5. Diskussion: «Mythen & Fakten»

Stromproduktion Schweiz

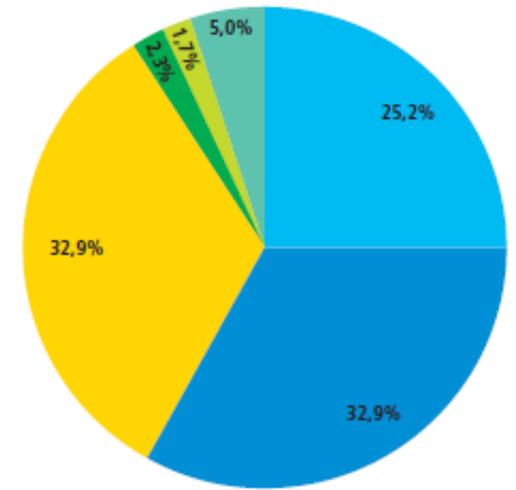


Fig. 9 Entwicklung der einzelnen Erzeugerkategorien seit 1950
Evolution des différentes catégories de production depuis 1950

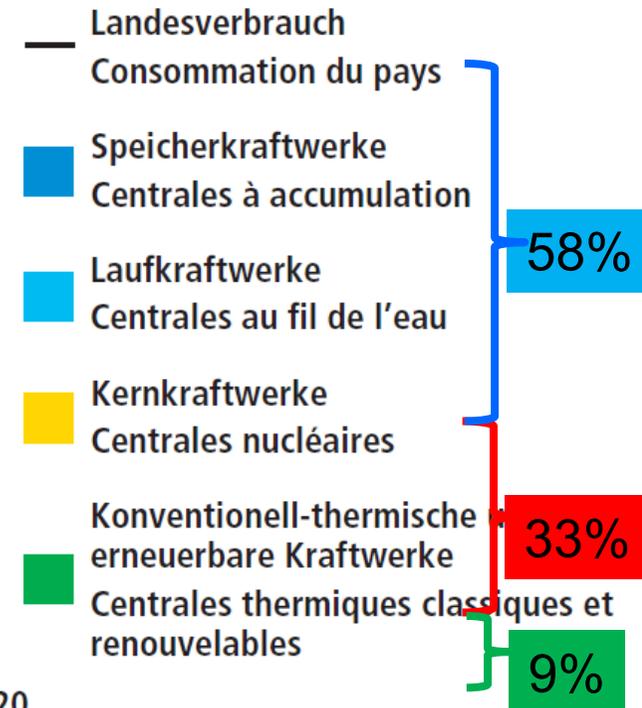
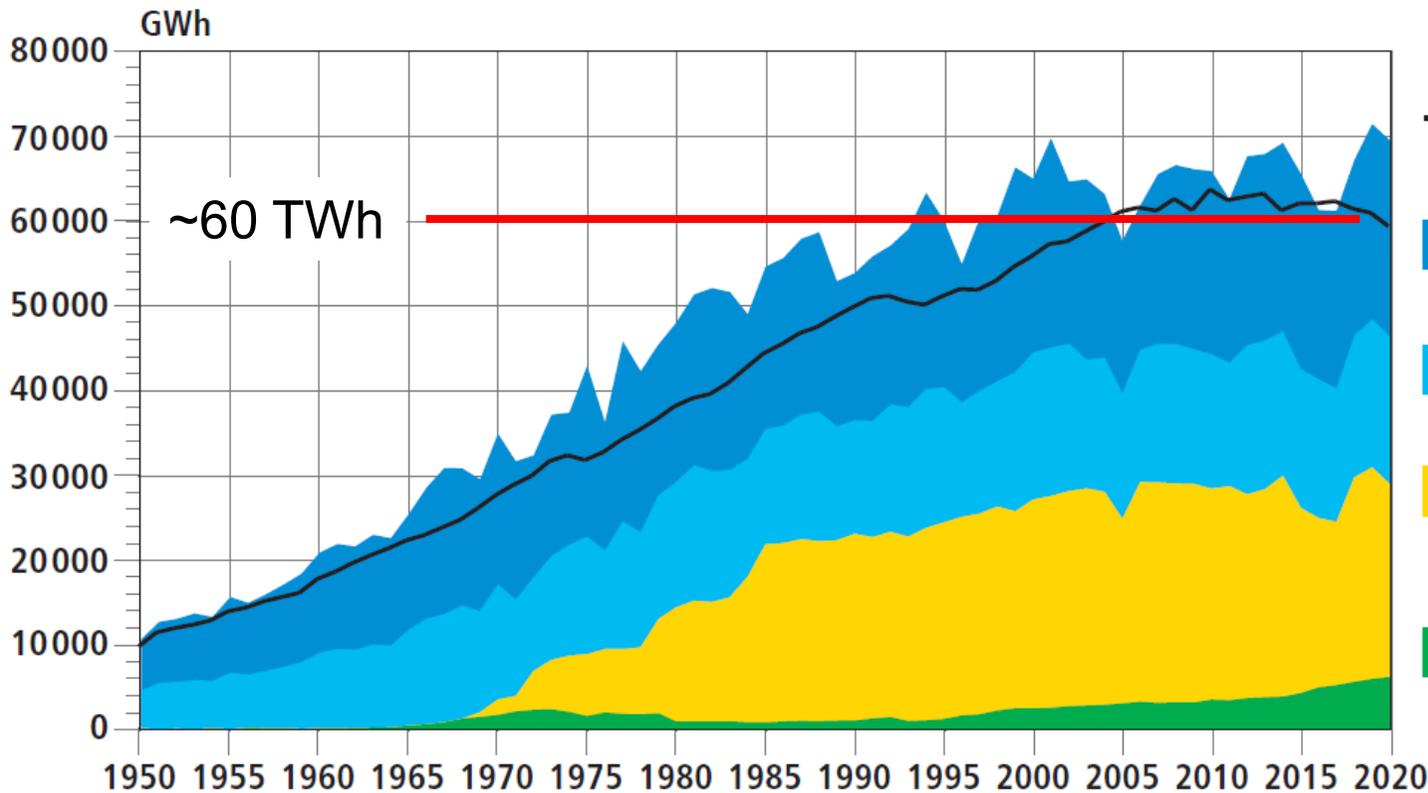
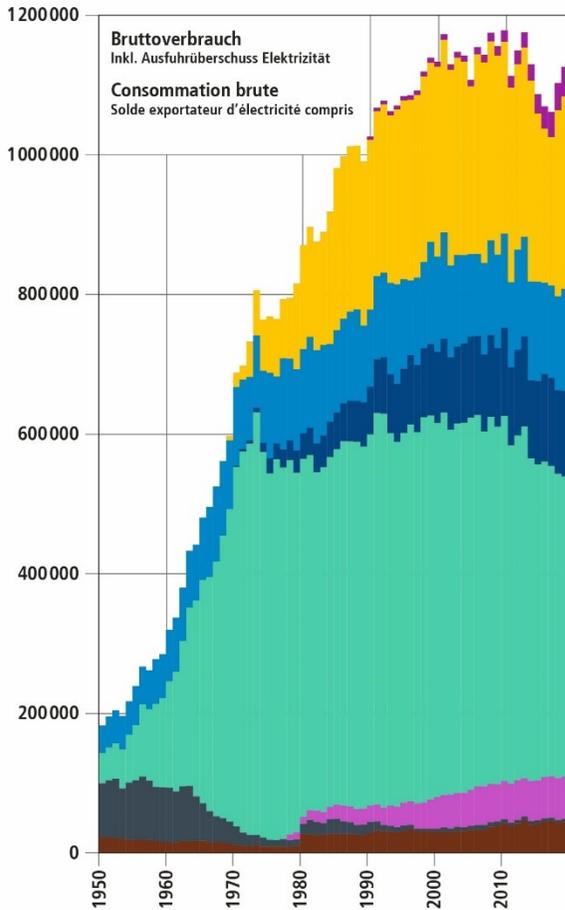
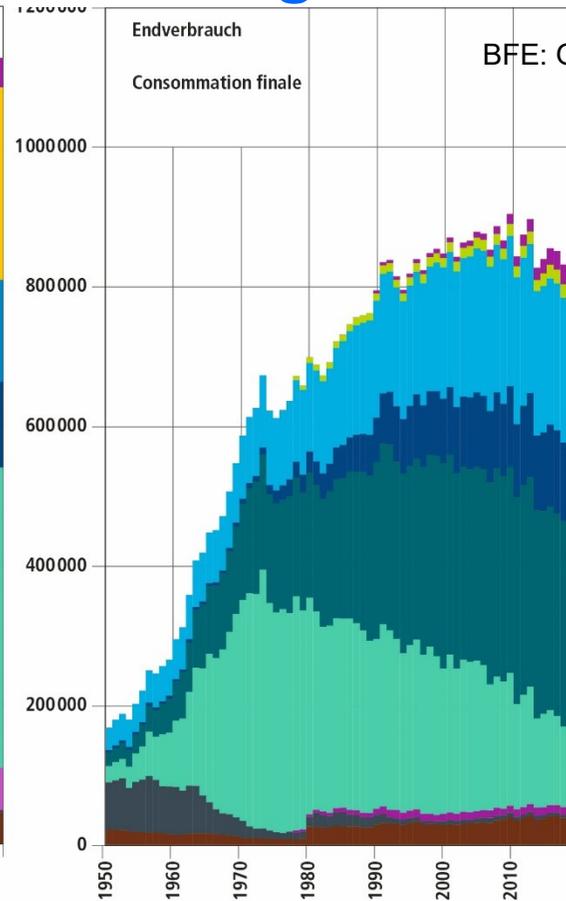


Fig. 4 Energieverbrauch 1950–2019 in TJ
 Consommation d'énergie 1950–2019 en TJ



Endenergieverbrauch Schweiz 1910 - 2019



BFE: Gesamtenergiestatistik 2019

Stromverbrauch ~ 1/4

Fossile Brennstoffe ~ 2/3

- Übrige erneuerbare Energien
Autres énergies renouvelables
- Kernbrennstoffe
Combustibles nucléaires
- Rohwasserkraft
Force hydraulique brute
- Erdgas
Gaz naturel
- Erdöl
Pétrole
- Abfälle
Déchets
- Kohle
Charbon
- Holz
Bois

- Übrige erneuerbare Energien
Autres énergies renouvelables
- Fernwärme
Chaleur à distance
- Elektrizität
Electricité
- Gas
Gaz
- Treibstoffe
Carburants
- Erdölbrennstoffe
Combustibles pétroliers
- Industrieabfälle
Déchets industriels
- Kohle
Charbon
- Holz
Bois

→ Es gibt viel zu tun...

Hauptproblem: Zeitliche Variation

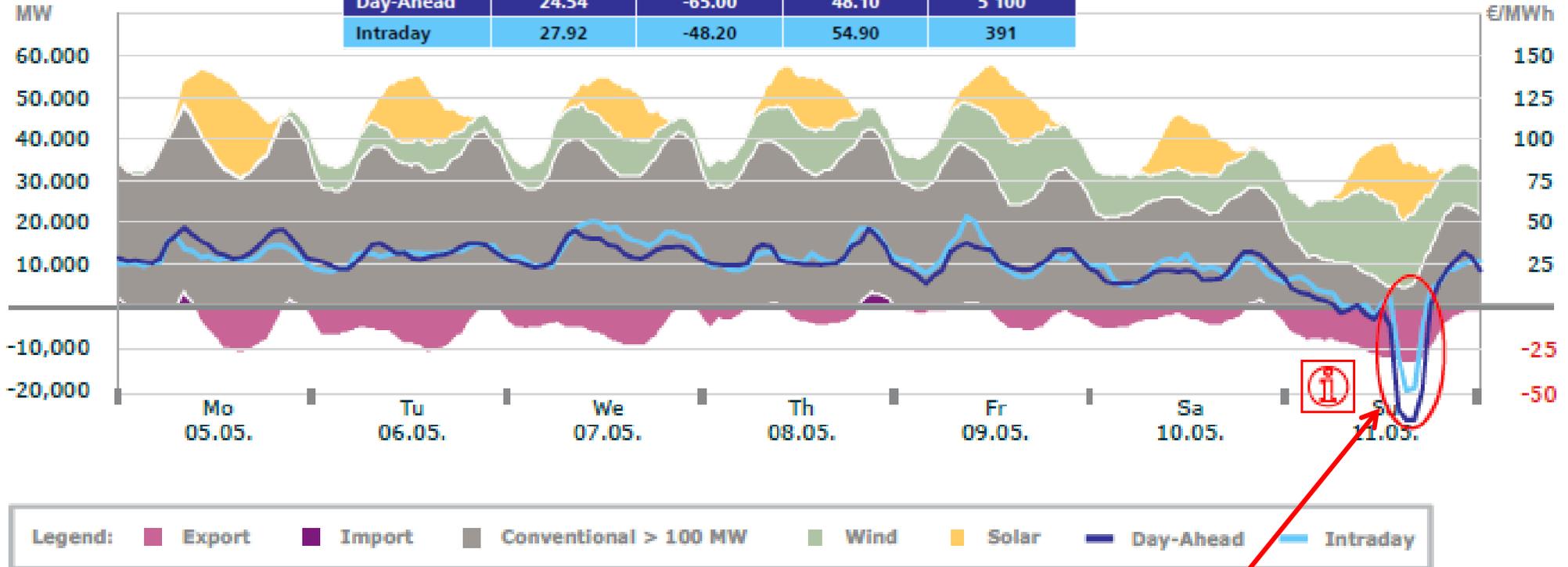
Wie kann man das ausgleichen? 4 Optionen:

1. Netzeinspeisung (Standard) : am einfachsten heutzutage
→ Problemlos bis etwa 5...10% des Stromverbrauchs
→ Aber in Zukunft? $E_{PV} > 10\% E_{tot}$ → Ausbau von Übertragung & Verteilnetz
2. Zentrale Regelung des Verbrauchs → klassische «smart grid» ~ maximal 15% des Verbrauchs
3. Eigenverbrauch: «in gewissen Grenzen» mittels lokaler Regelung, Elektroauto & Wärmepumpe darüber hinaus: Batterien
4. Speicherung notwendig ab ~10% Gesamtverbrauch (Schweiz 2020 ~ 5%)
 - Zentral: Pumpspeicher; z.B. Limmat-Lint & Nant de Drance 2018: je ~ 1 GW
 - Lokal: Batterien: zunehmen aber noch nicht rentabel, Tag/Nacht Regelung, nicht saisonal
 - Saisonal: Power-to-Gas → Schweiz: mehrere Prototypen im Aufbau, momentan zu wenig Solarstrom, als dass sich das lohnt

Zeitliche Variation Solarstrom

€/ MWh	Period Mean	Period Min	Period Max	Trading / GWh
Day-Ahead	24.54	-65.00	48.10	5 100
Intraday	27.92	-48.20	54.90	391

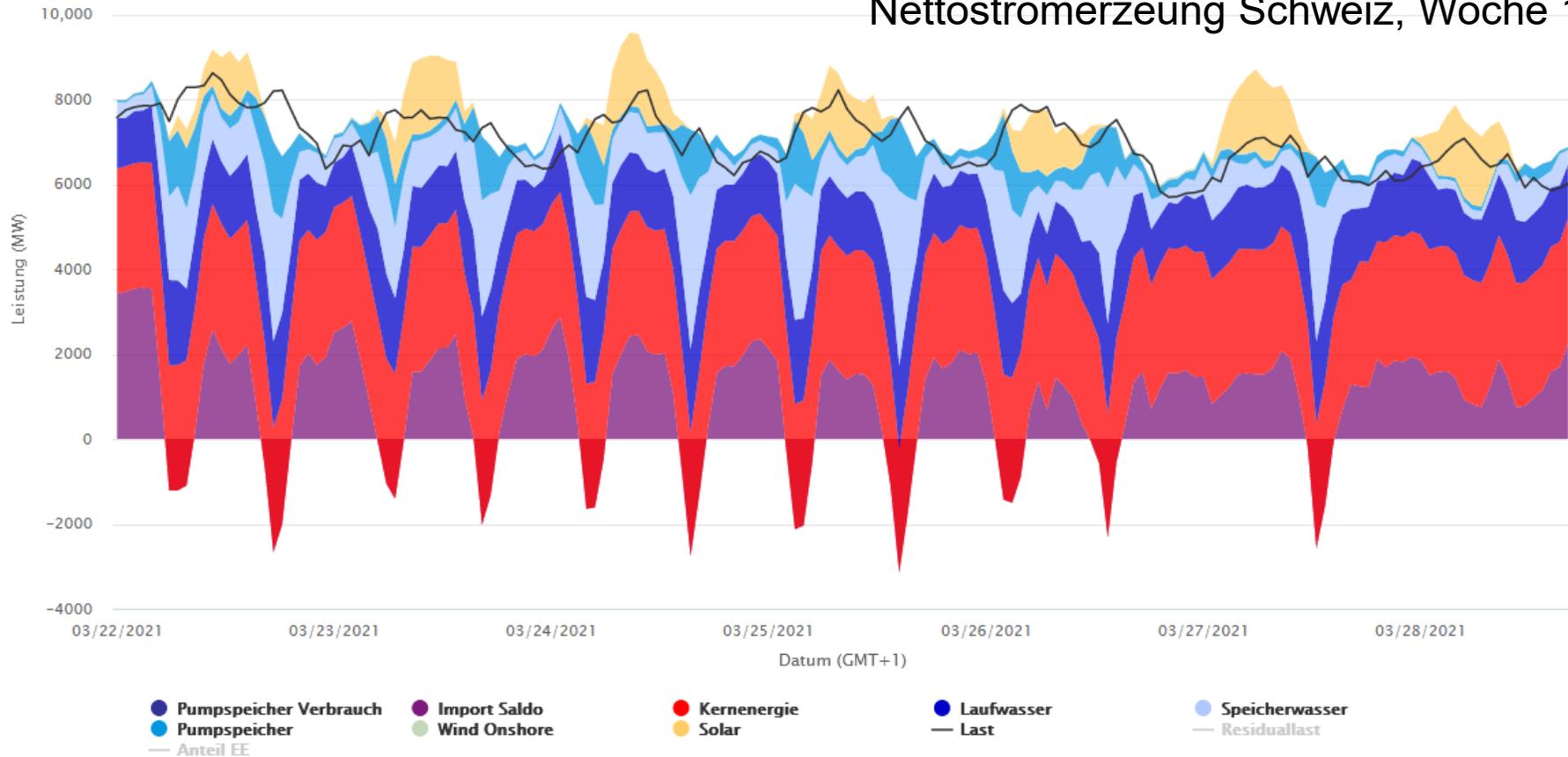
displayed week: CW 19; 2014



Gratis Stromimport!!
Besser noch: bezahlt für Verbrauch

Zeitliche Variation Solarstrom

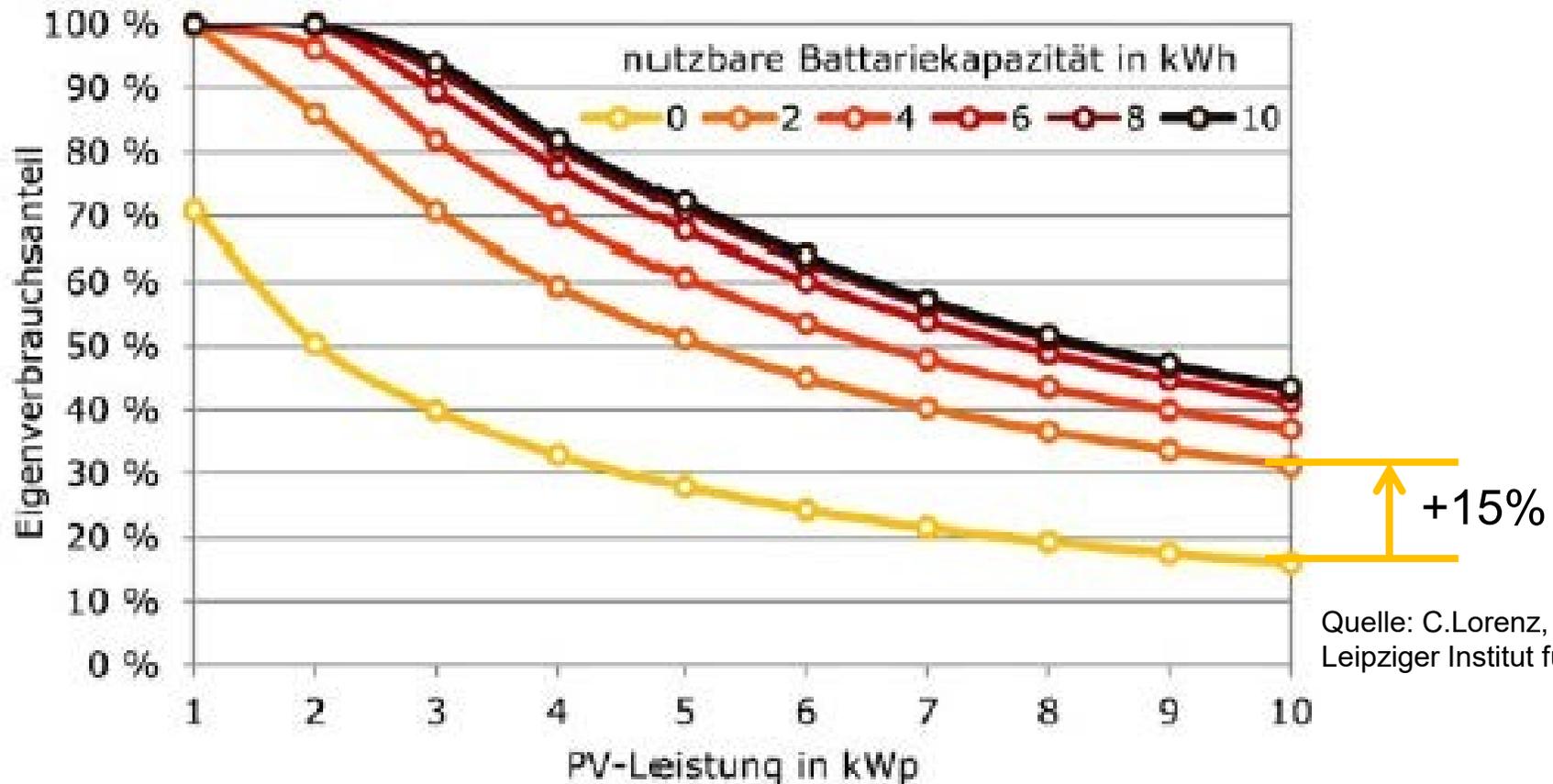
Nettostromerzeugung Schweiz, Woche 12, 2021



Energy-Charts.info - letztes Update: 02/28/2022, 11:39 PM GMT+1

- In den nächsten 5 Jahre ist in der Schweiz keine Überproduktion an PV zu erwarten
- Und für die 10 Jahre danach stehen die Pumpspeicher bereit

Erhöhter Eigenverbrauch mit Batterie



Quelle: C.Lorenz, G.Schröder, Leipziger Institut für Energie, 2015

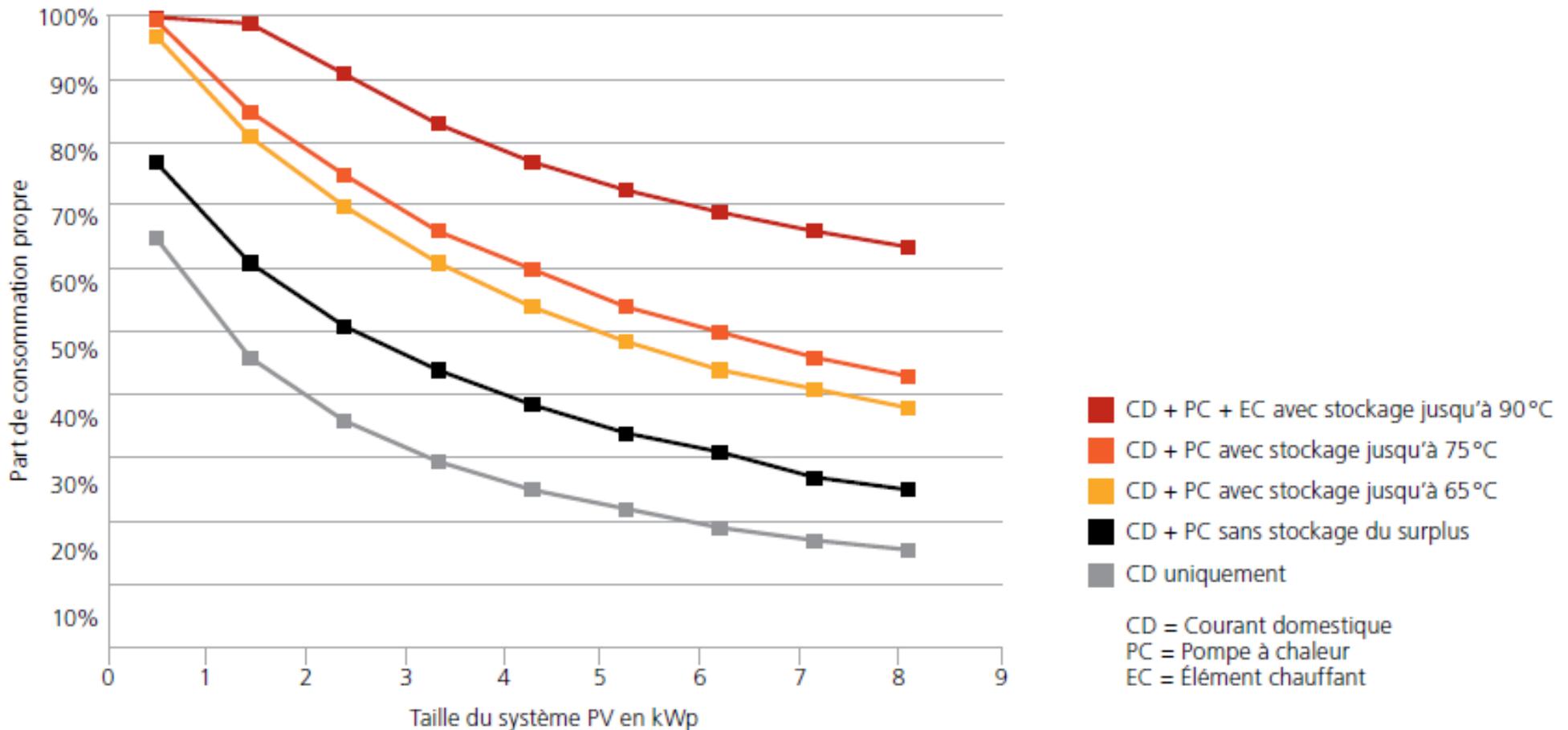
Kosten: Li-Batterie 500...600 CHF/kWh_{nom}

→ 2 kWh_{reel} ~ 1500 CHF → Eigenverbrauch + 15%

→ Neue Rendite-Berechnung mit EIV-Berechnung

→ niedrigere Netzbelastung wird in Tarifen nicht belohnt

Erhöhter Eigenverbrauch mit Wärmepumpe



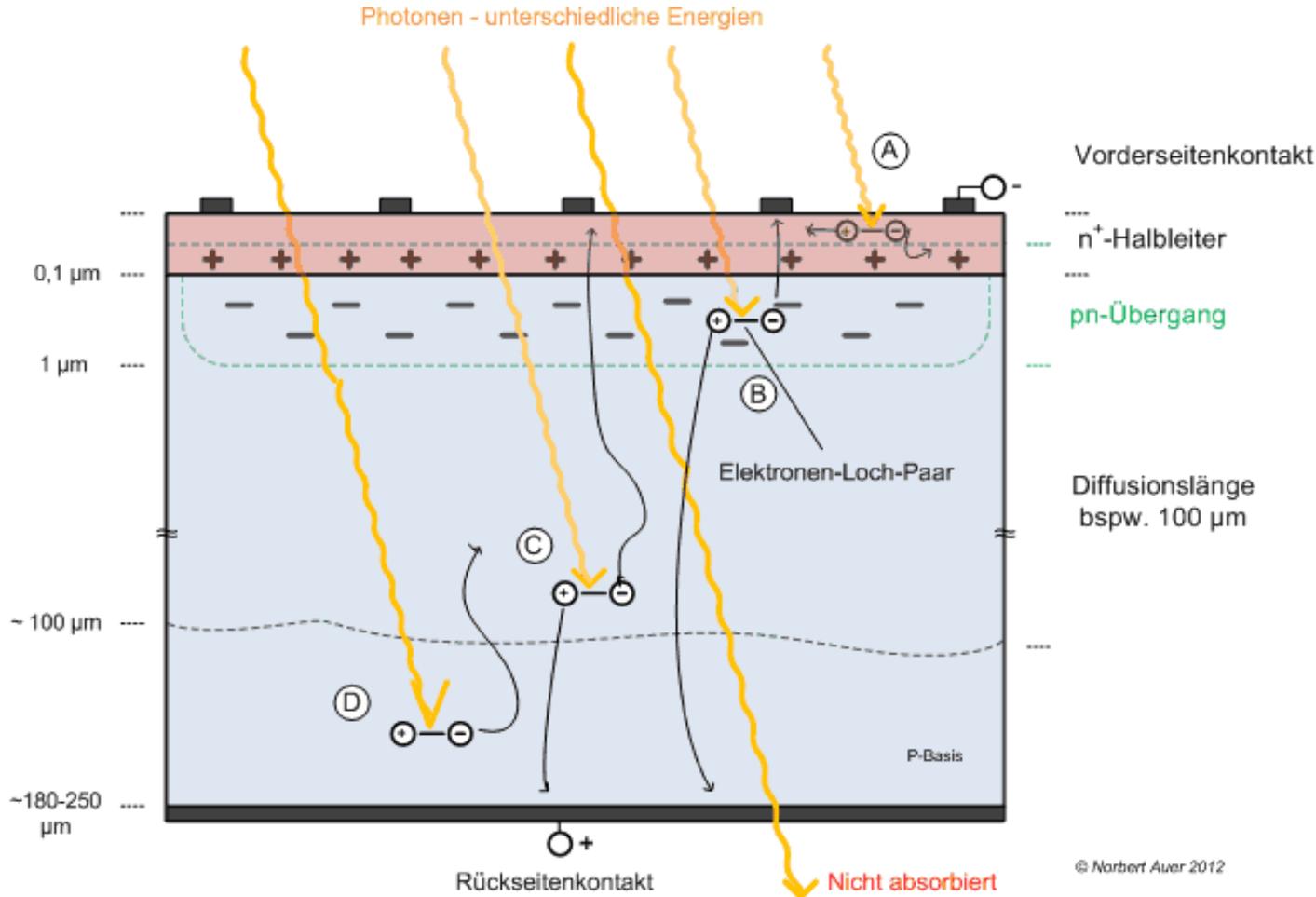
Energie von der Sonne - Inhalt

1. Grundlagen & technische Erläuterungen
2. PV Kosten, Nutzen & Ertrag für den Anlagenbesitzer
3. Ziele & Herausforderungen der Photovoltaik: Speicherung
- 4. Technische & wirtschaftliche Entwicklung**
5. Diskussion: «Mythen & Fakten»

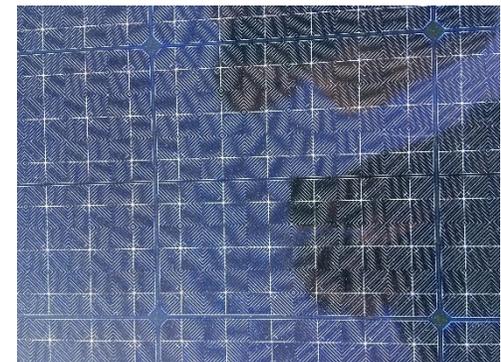
- Aufbau einer Solarzelle
- Technische Entwicklung in naher Zukunft
- Was bringt PV überhaupt? Was bringt PV für die Schweiz?

Prinzip der Solarzelle – Details

SOLARSTROMERZEUGUNG IN KRISTALLINEN SOLARZELLEN

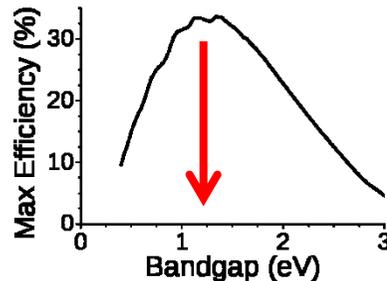


- Dicke
- Absorption
- Diffusion
- Schichtstruktur
- Elektr.Feld
- Kontaktierung
- Verluste
- ...

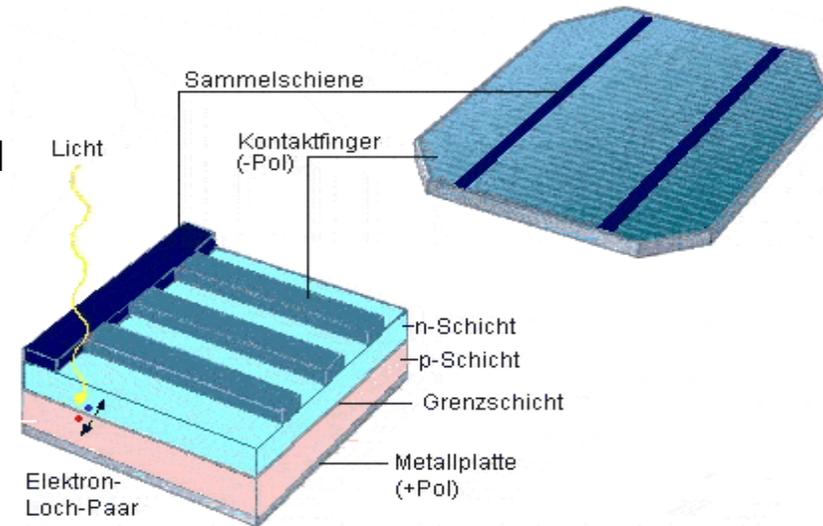


Prinzip der Solarzelle

- Grundmaterial: Halbleiter
- Wichtig: Energielücke zwischen Leitungs- und Valenzband
Ideal:



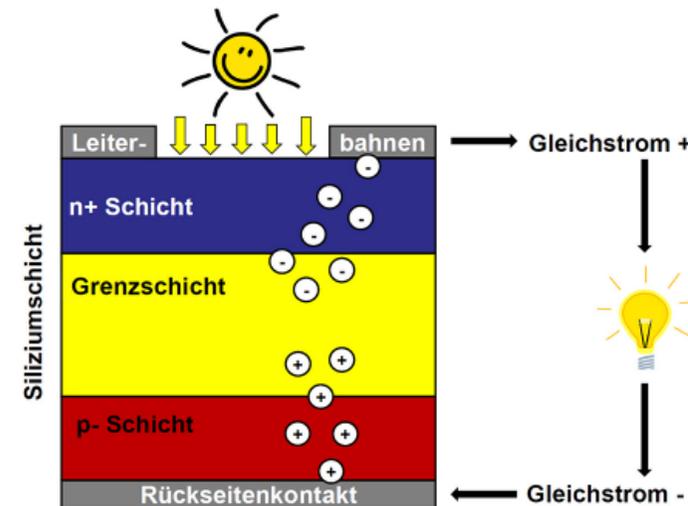
Shockley & Queisser 1961



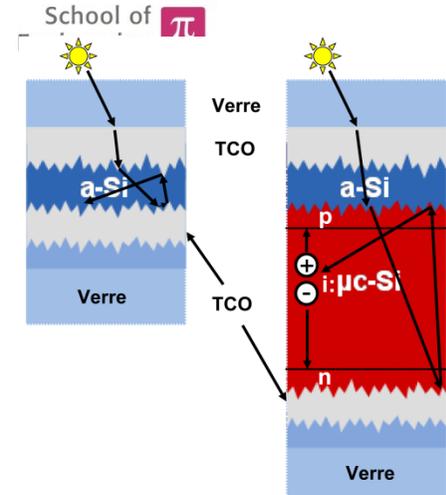
- Photon \rightarrow erzeugt ein Elektron-Loch-Paar
- Halbleiterphysik: doping « p » und « n » \rightarrow lokal verankertes elektrisches Feld
- Trennung Elektron vom «Loch»
- Spannung an den Anschlüssen: «+» und «-» -Pole

- **Zu vermeiden:** Rekombination Elektron – Loch \rightarrow Verluste
 \rightarrow Materialqualität: monokristallin > polykristallin > Dünnschicht

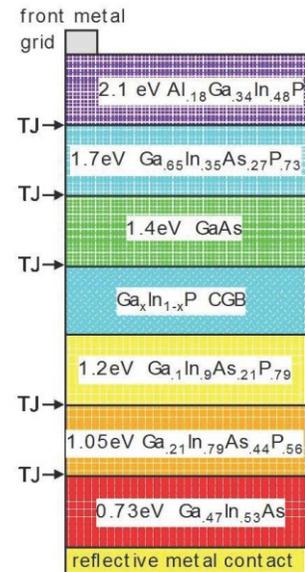
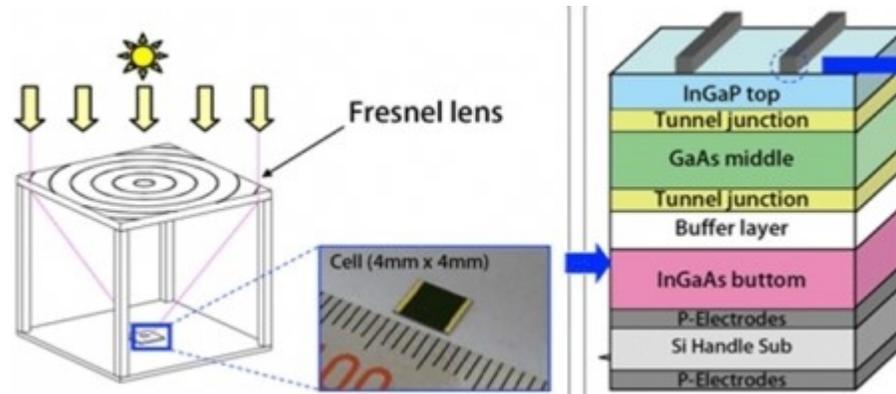
- Generell: Höhere Temperatur \rightarrow grössere Verluste



Unterschiedliche Technologien: PV



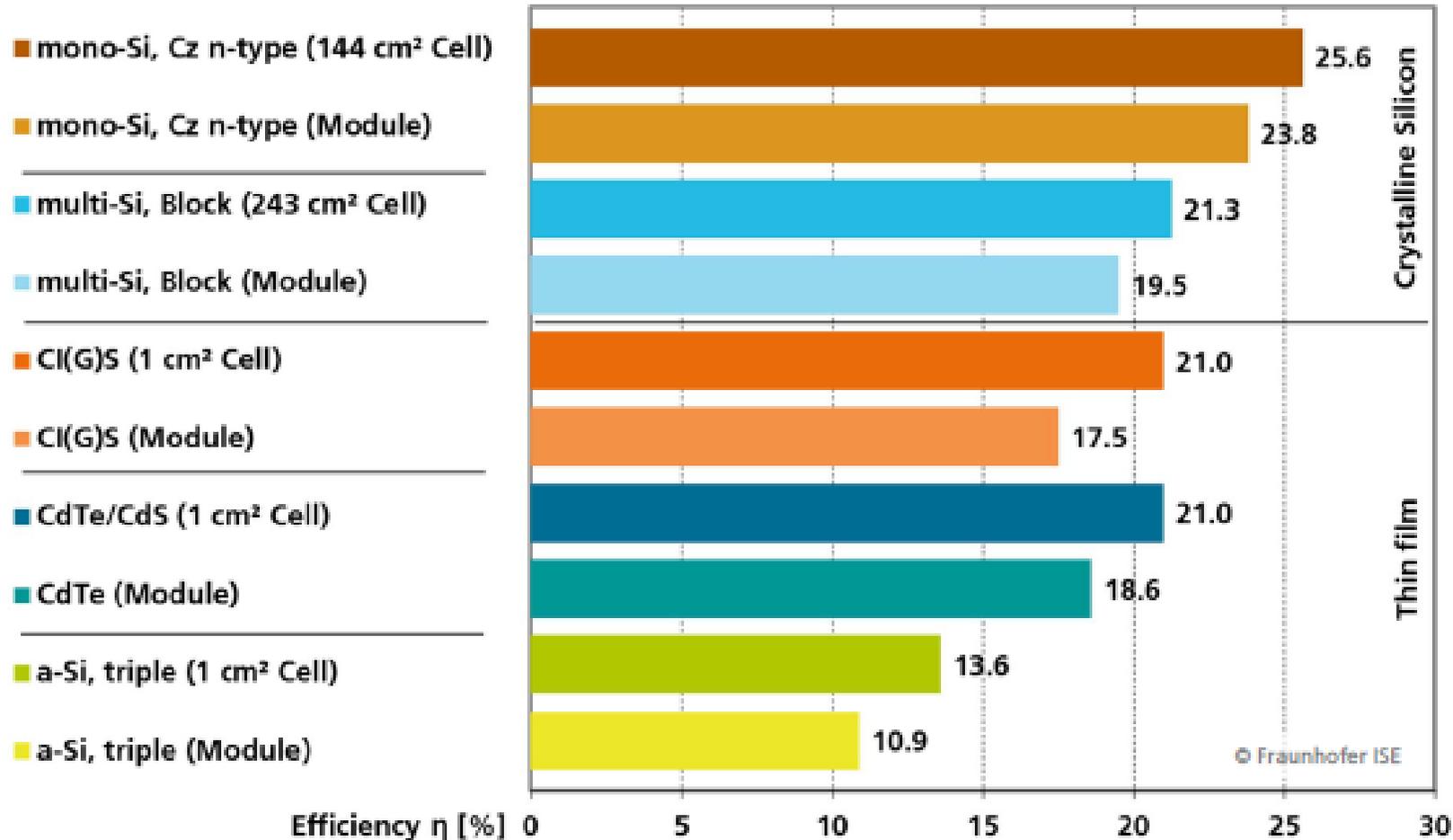
- Silizium: monokristallin, polykristallin ~85% Marktanteil
- Mischhalbleiter: Dünnschicht
 - CdTe – toxisch $\eta \sim 17\%$
 - CuISe / CuIS – kompliziert $\rightarrow \eta \sim 17\%$
 - Si amorph & mikrokrystallin – billig: $\eta \sim 12\%$
- GaAs/InGaAs – Nischenanwendungen (z.B. Satelliten)
- Konzentrator-PV: dreifach-Zellen $\rightarrow \eta=44,4\%$ (Sharp 2013)



- Farbstoffzellen « Grätzel » $\rightarrow \eta \sim 12\%$ verbesserte Stabilität \rightarrow siehe EPFL-Site
- « Flexible » \rightarrow gleiche Zellen wie oben, anderer Träger
- Gedruckte Zellen \rightarrow gleiche Zellen, andere Herstellungsverfahren
- Andere Typen/Materialien (Pyrit FeS₂, Perowskit CaTiO₃) \rightarrow R & D

Wie entwickelt sich der Wirkungsgrad?

Labor
Markt



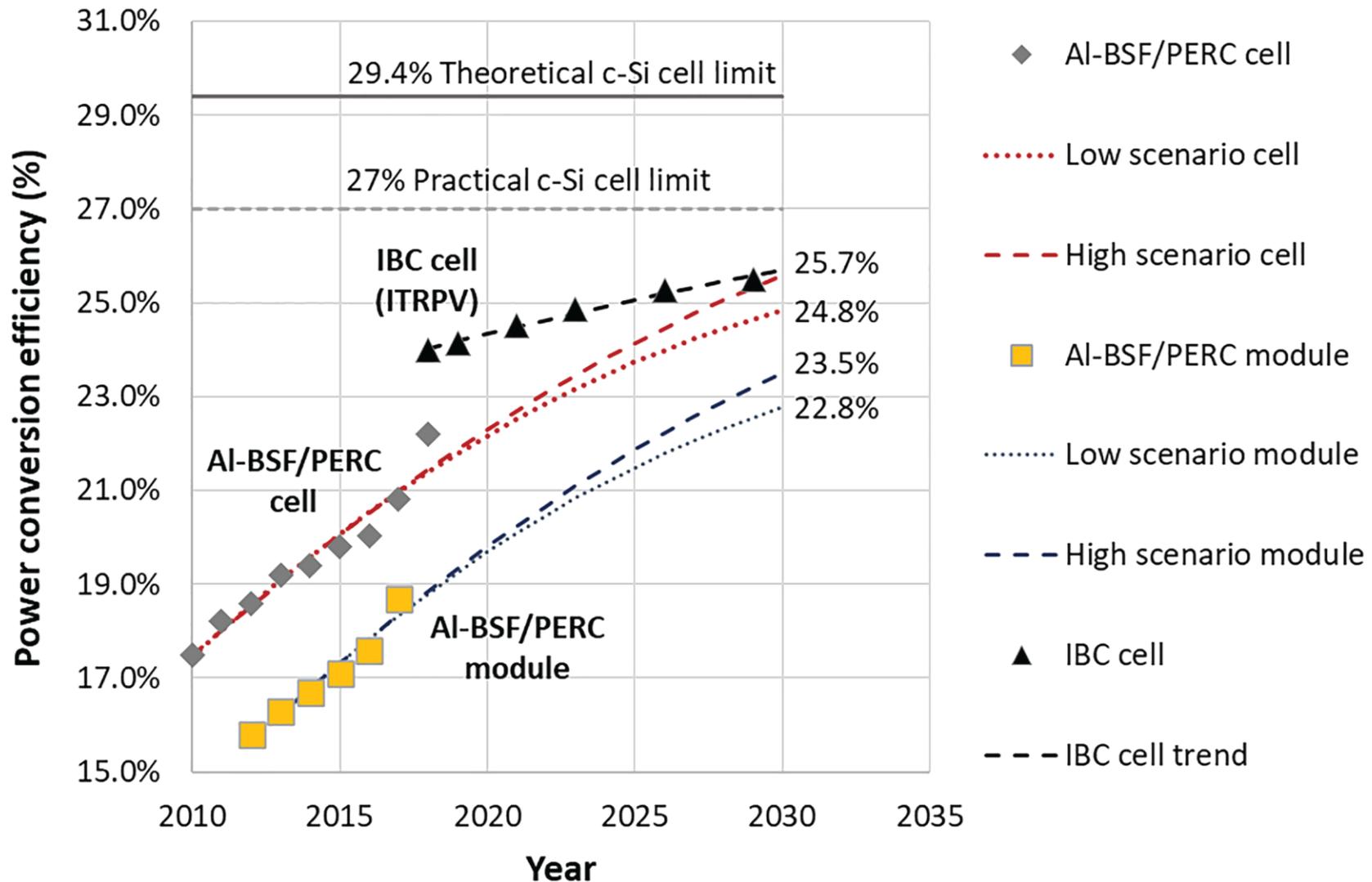
Data: Green et al.: Solar Cell Efficiency Tables (Version 48), Progress in PV: Research and Applications 2016. Graph: PSE AG 2016

« Besser warten bis Wirkungsgrad deutlich ansteigt » ???

- Wo stehen wir heute? $\eta \sim 15...20\%$
- Womit sollte man vergleichen?
100% ??
... oder mit ...
Thermischen & nuklearen Kraftwerken, welche Schadstoffe emittieren (CO₂ u.a.), aber ebenfalls keine 100% liefern ?
- Was ist technisch möglich? *PRL, Queisser, 1982*
44% is Rekord, aber limitiert durch finanzielle Rentabilität
- Vergleich mit der Natur: Photosynthese $\sim 1\% \dots 35\%$ - je nach Berechnungsmethode

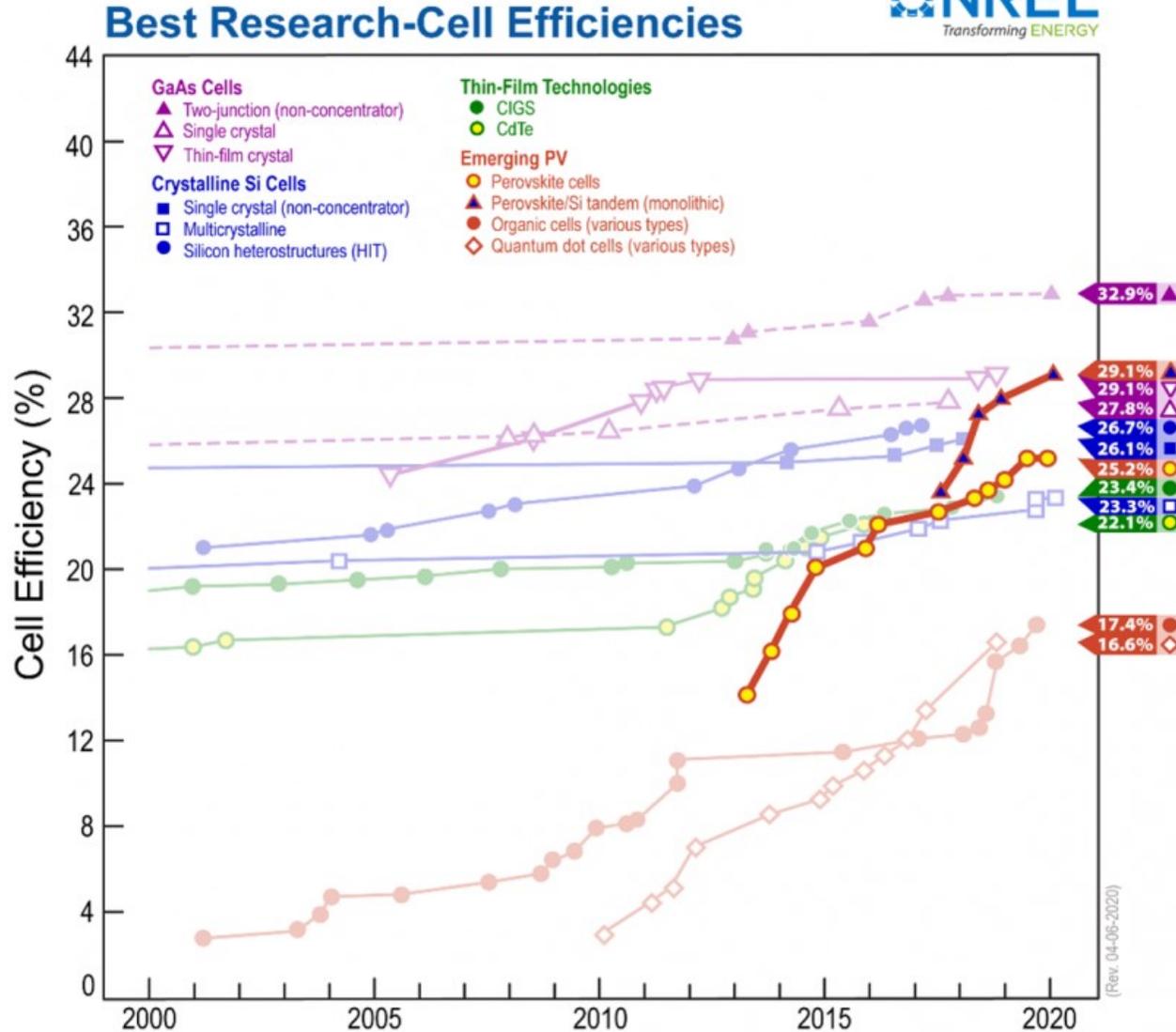
→ **Kein Quantensprung im Wirkungsgrad zu erwarten**
→ **Lernkurve erfordert hohen Durchsatz in der Produktion**

Wie entwickelt sich der Wirkungsgrad?



Rekord-Mono-Cells nähern sich Grenzen: 26% → Zukunft: tandem cells

Wie entwickelt sich der Wirkungsgrad?

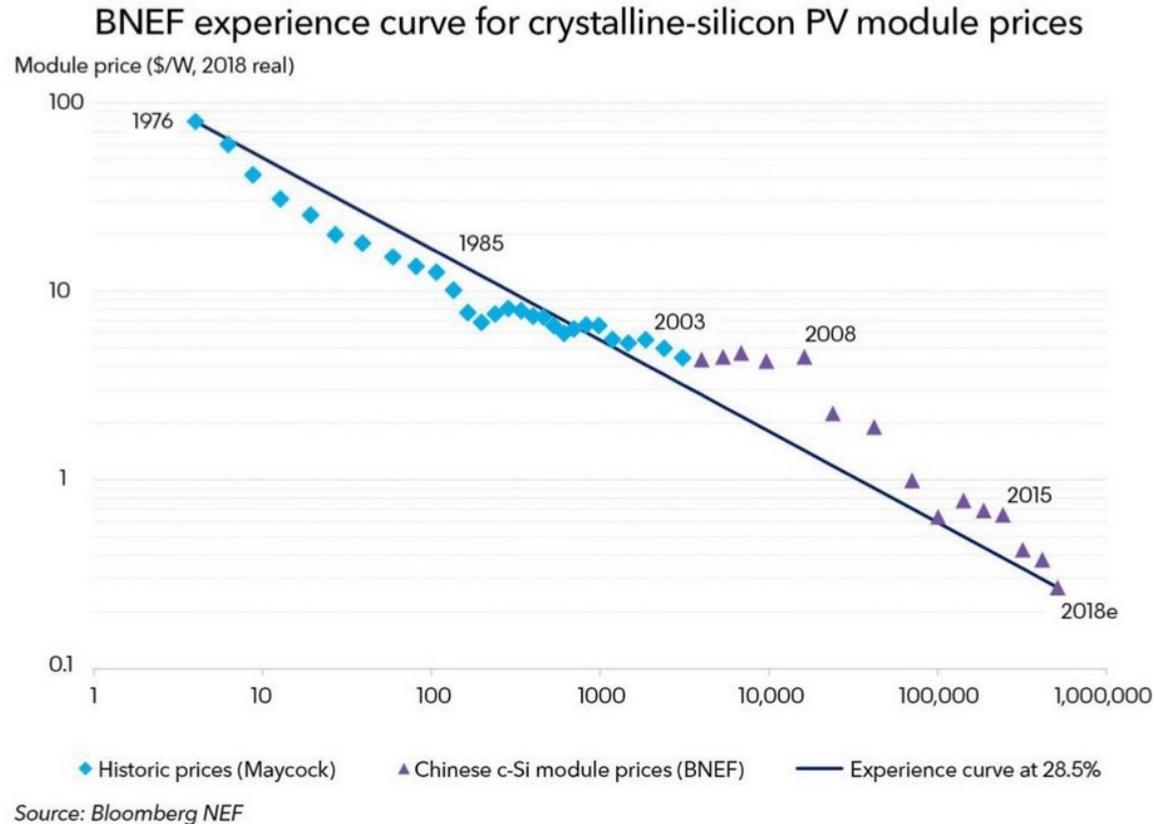


→ Laborwerte stagnieren bei 21% ... 27%

Kostenentwicklung PV-Anlage

1. PV-Module: Mit zunehmender Erfahrung sinken die Modulkosten; bisher aus China, ab 2021 auch wieder vermehrt in Europa
2. Arbeitskosten Schweiz: Hauptkostenfaktor
3. Anderes Material: Elektrik & Mechanik bleibt unverändert
4. Aber: Stromkosten steigen, CO2 Zertifikate werden wirksam

- Rendite sollte sich verbessern
- Insbesondere mit hohem Eigenverbrauch

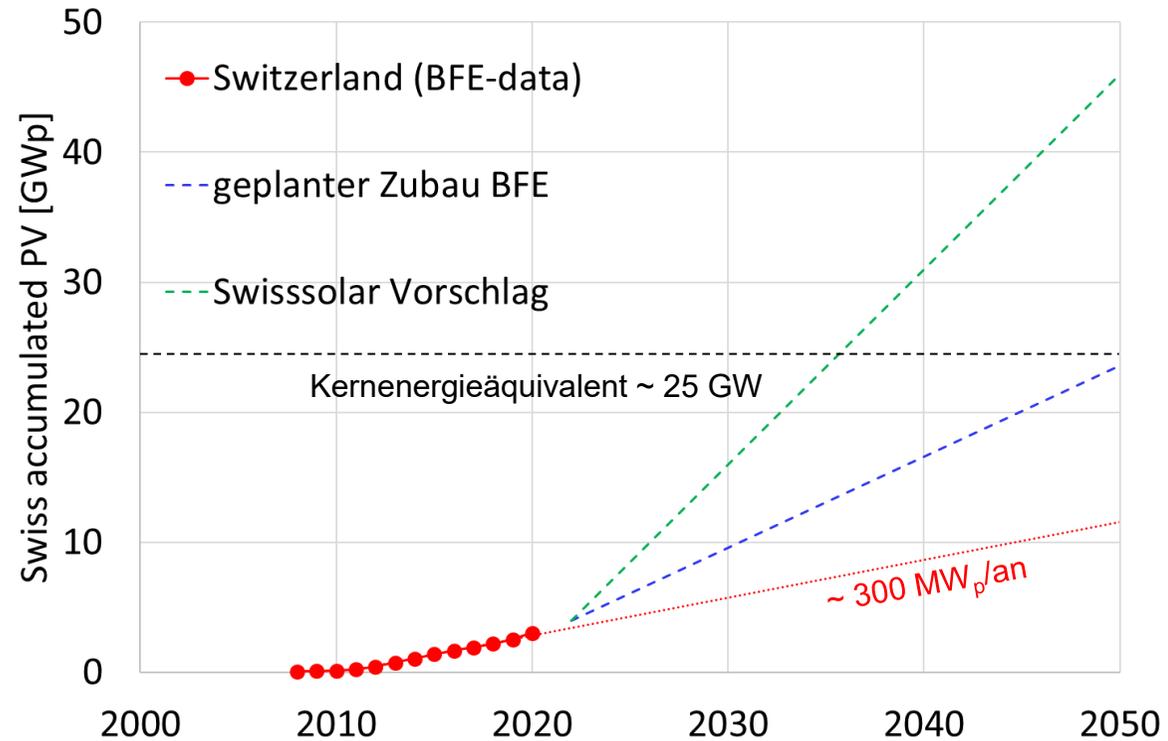


Potential der Sonnenenergie: Schweiz

Basierend auf der jährlich erstellten Energiestatistik des BFE:

Bisheriger Zubau $\sim 300 \text{ MW}_p/\text{an}$
Aktuell $\sim 450 \text{ MW}_p/\text{an}$
Angestrebt BFE $\sim 700 \text{ MW}_p/\text{an}$

Gefordert:
(Swissolar) $\sim 1500 \text{ MW}_p/\text{an}$



Was ist notwendig?

1. Kernenergie ersetzen $4 \text{ GW}_{\text{nucl}} \sim 25 \text{ GW}_{\text{PV}}$
2. Elektrofahrzeuge 100%
3. Wärmepumpen
4. Saisonale Speicherung für Winter ?

Energie von der Sonne - Inhalt

1. Grundlagen & technische Erläuterungen
2. PV Kosten, Nutzen & Ertrag für den Anlagenbesitzer
3. Ziele & Herausforderungen der Photovoltaik: Speicherung
4. Technische & wirtschaftliche Entwicklung
5. **Diskussion: «Mythen & Fakten»**

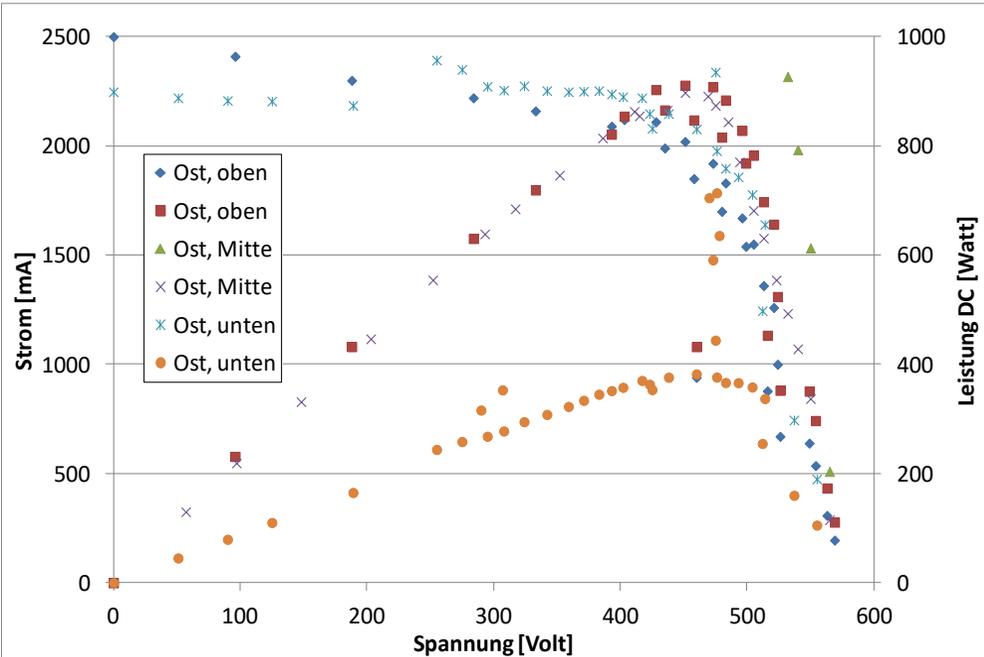
Argumente gegen die PV

Argument: « **kurze Lebensdauer** »

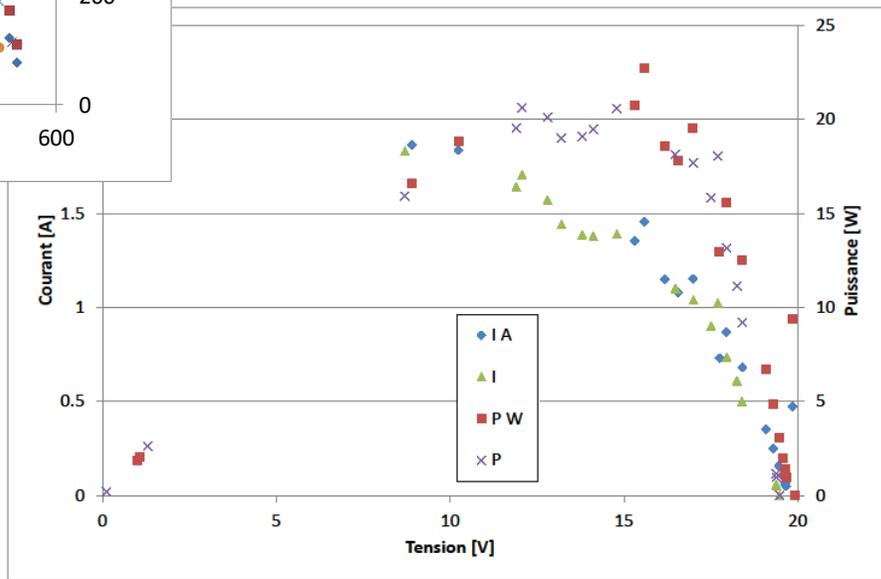
H



Sunnegga,
Zermatt PV 1993



Realität:
Lebensdauergarantie:
Nach 25 Jahren > 80% P_{nominel}



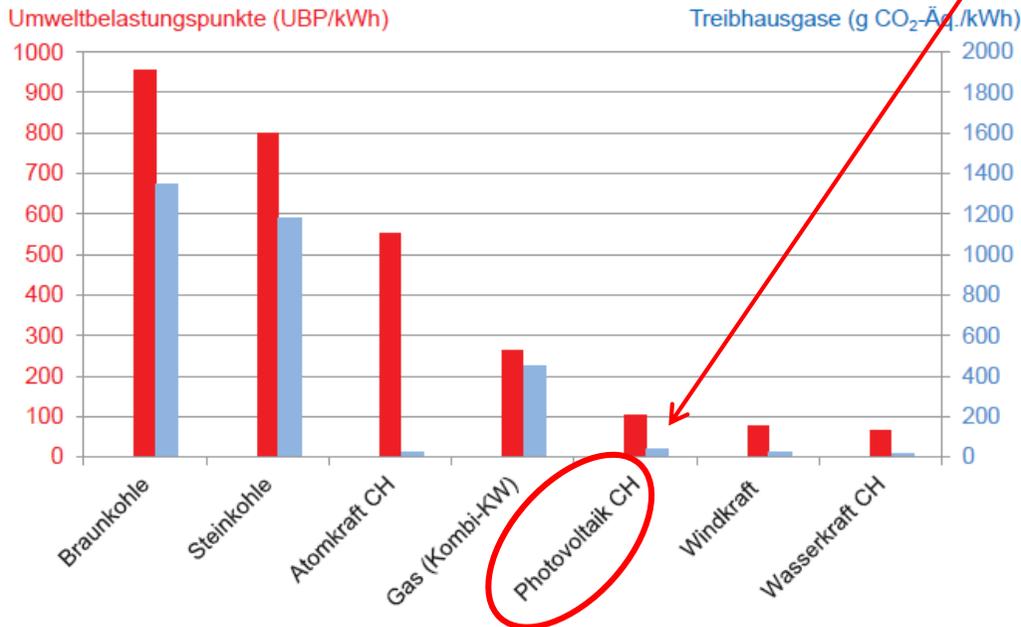
Photowatt Module von 1980

Argumente gegen die PV

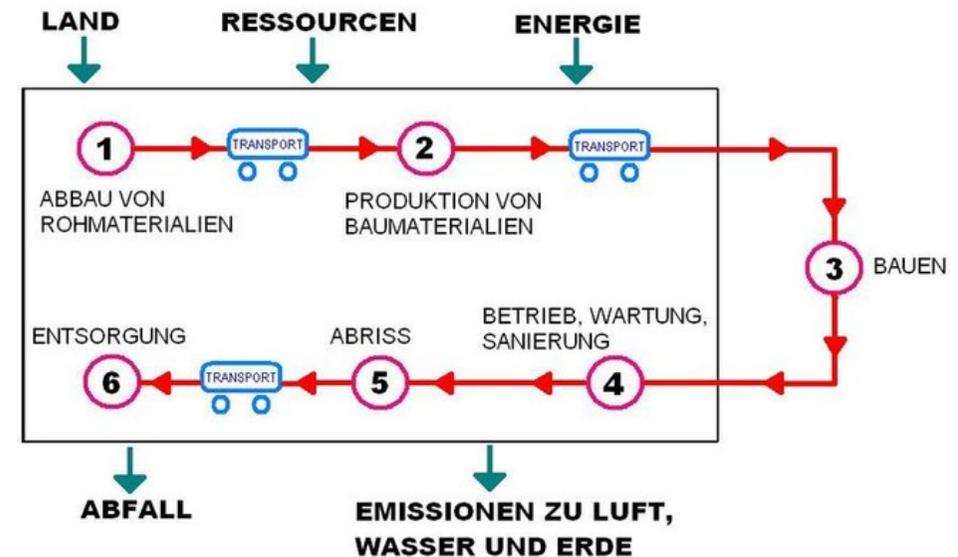
« Photovoltaik **verunreinigt die Umwelt** ebenfalls »

Realität: zwei Aspekte:

1. «graue» Energie nimmt permanent ab, je mehr PV installiert wird.
2. Chemikalien im Herstellungsprozess werden in Europa scharf reglementiert & kontrolliert.



LIFE CYCLE ANALYSIS IM BAUPROZESS



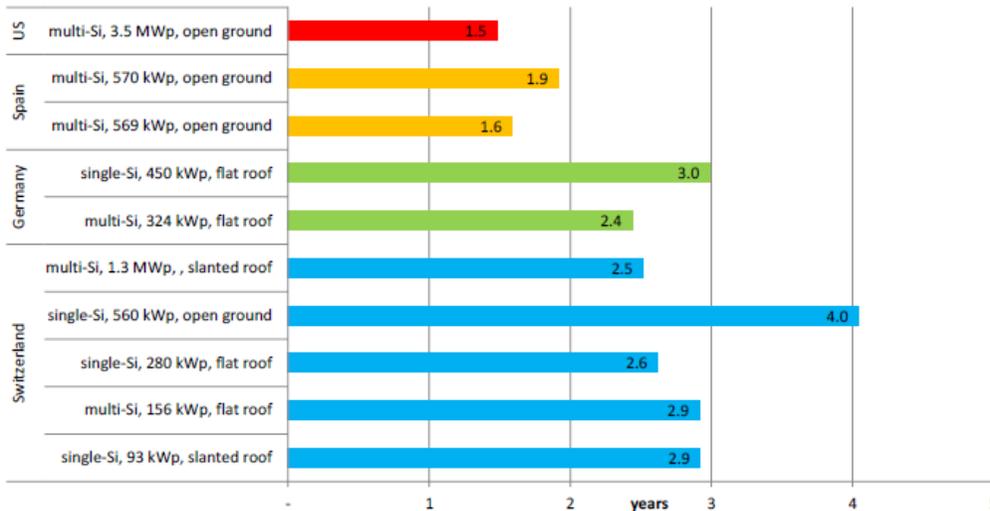
- Erzeugungsarten ohne die Bezeichnung CH sind europäische Mittelwerte (UCTE)
 - Photovoltaik CH: Dach-integrierte Anlage mit monokristallinem Si, Technologie 2012, Standort Küsnacht, Jahresertrag 185 kWh/m²
 - Berechnung durch E2 Management Consulting AG, Zürich (siehe: www.e2mc.com) → Projekte → Publikationen → Okobilanz von Solarstrom)

Argumente gegen die PV

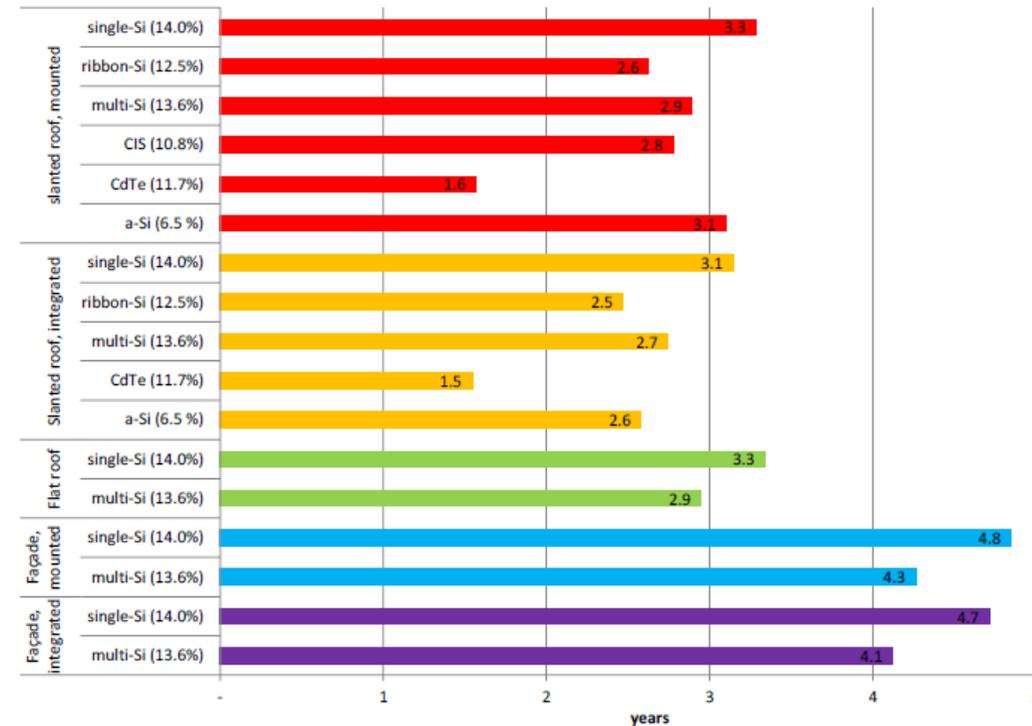
« Energiegewinn PV kleiner als die notwendige Energie für die Herstellung »

Realität 1.5 ... 4.5 Jahre

Gemäss Land

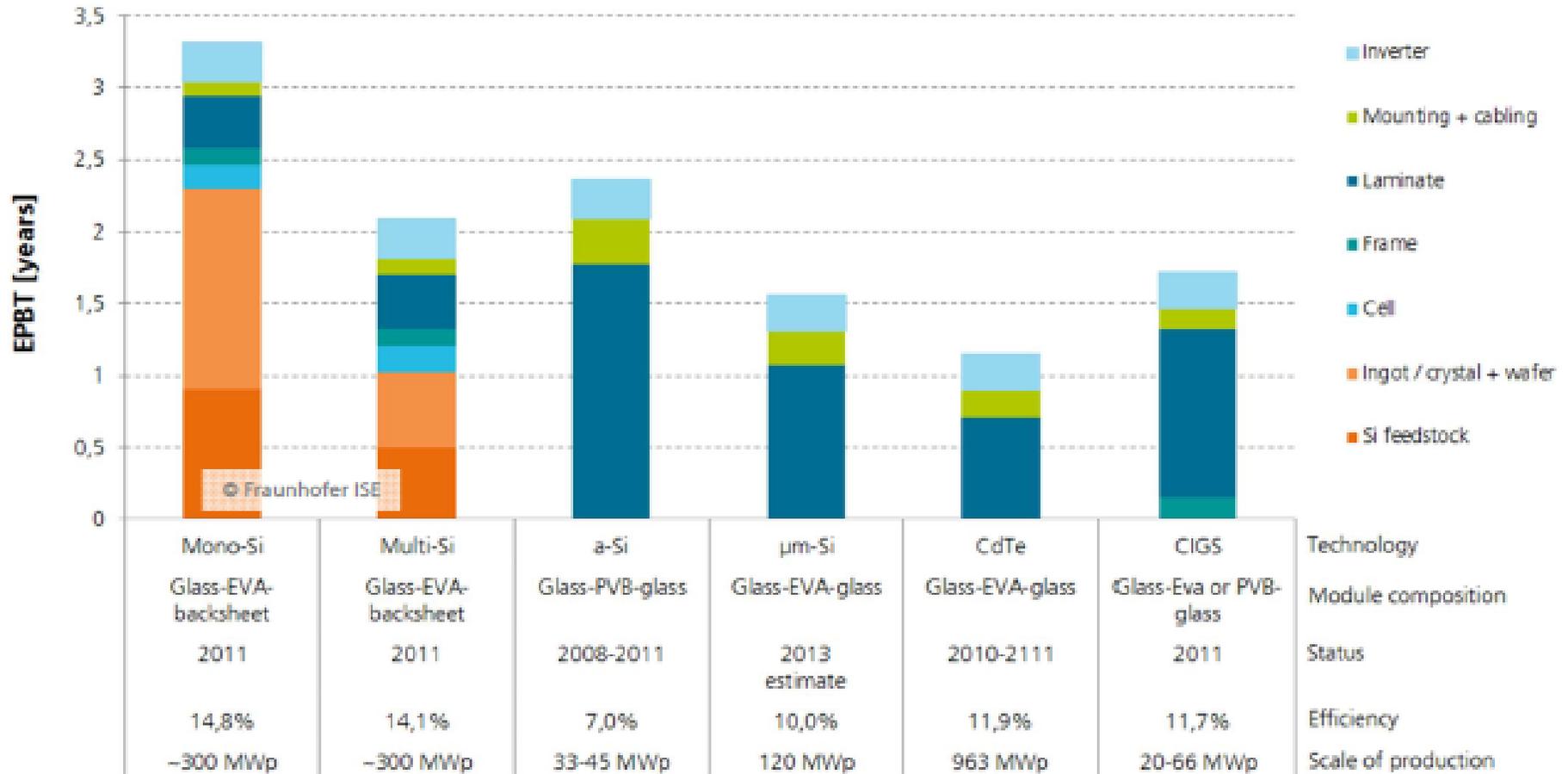


Gemäss Installationsart



Energy payback time

Global Irrad.: 1000 kWh/m²/yr



Data: M.J. de Wild-Scholten 2013. Graph: PSE AG 2014

Argumente gegen die PV

- Aussage « nicht möglich in den Bergen »
 - Hôtel Weisshorn, 2300m
 - Sunnegga, Zermatt, 2300m
- « zu teuer » (siehe oben)
- « nicht genug Fläche » (siehe Diskussion)
- « giftig » → je nach Herstellungsort und Prozess: China oder CdTe
- « das bringt global nichts in Europa, solange Afrika & Asien nichts tun »
 - China ist aktiver als Europe
 - Afrika: es ist an uns zu unterstützen



Wirtschaftsgebäude, Hotel Weisshorn, St.Luc, 2014



<https://megasol.ch/referenzen/alpinsolar-staumauer-muttsee/>

Argumente gegen die PV

« der subventionierte Solarstrom aus Deutschland ist das Ende der Schweizer Wasserkraft »

Realität:

- Preisverfall durch Solar tritt nur mittags auf
- Genereller Preisverfall → durch Kohlekraftwerke ~ ineffiziente CO₂ –Zertifikate (bis vor 2 Jahren)

Im Detail: Welche Wasserkraftwerke?

- Klein-Wasserkraft: $P_{\text{min-hydro}} < 10\text{MW}$ wird ebenfalls gefördert durch KEV
- Pump-Speicher – Nant-de-Drance & Limmat-Linth
 - mit Abschaltung der Kernkraft & stark ausgebauter Solarenergie werden diese sehr rentabel (zeitliche Umkehrung des ursprünglichen Businessmodels, informelle Info Alpiq)
- CO₂-Zertifikate beginnen zu wirken

Argumente gegen die PV

« von PV profitiert nur China! »

Realität:

~ 1/6 der Kosten PV sind die Module

→ China, richtig! Aber Europa steigt wieder ein

~ 1/4 ist elektrisches Material

→ Schweiz oder Europa

~ 1/2 ist Installation, Planung, etc

→ **Immer ein lokaler Betrieb !!**

→ **Man vergleiche mit seinem Natel, Fernseher, Auto oder Lebensmitteln**

Résumé:

Wieso leistet die PV nur einen so kleinen Anteil?

~ 5% der elektrischen Produktion in 2021

Mögliche Gründe:

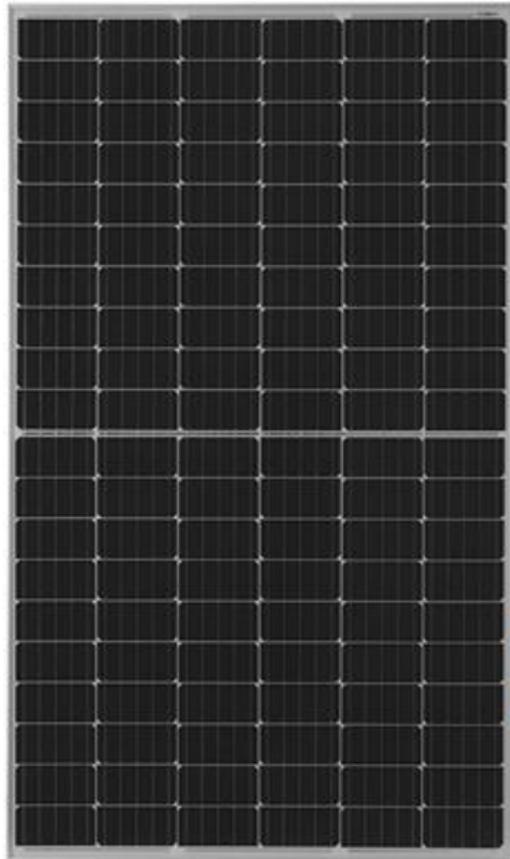
- Technische? Nein, welche sollten das sein?
- Wirtschaftliche? Teilweise – siehe die Diskussion um KEV/EIV
- Kenntnisse? Ja – oft widersprüchliche Informationen

Was ist zu tun?

- Wallis ist beste Sonnenlage → nutzen! Eigeninitiative
- Breite Aufklärung
- Politik: Tarifstruktur anpassen;
 Eigenverbrauch vereinfachen mittels ZEV
 lokale Speicherung fördern;



... und warum nicht einfach auf den Balkon stellen?



Set mit Netzwechselrichter 380Wp / 295VA

Artikel Z-SET1

Gestecktes Netzverbund-Set ("Balkon-Solaranlage"),
Einspeisung in die Steckdose, Direktversorgung des
Haushaltes. Im Set inbegriffen sind PV-Modul,
Wechselrichter und ein 5m-Anschlusskabel PUR mit
Stecker T12/230 Volt, exkl. Modul-Befestigung.

Netto

Fr. 471.⁷² Preis / STK
inkl. MwSt.

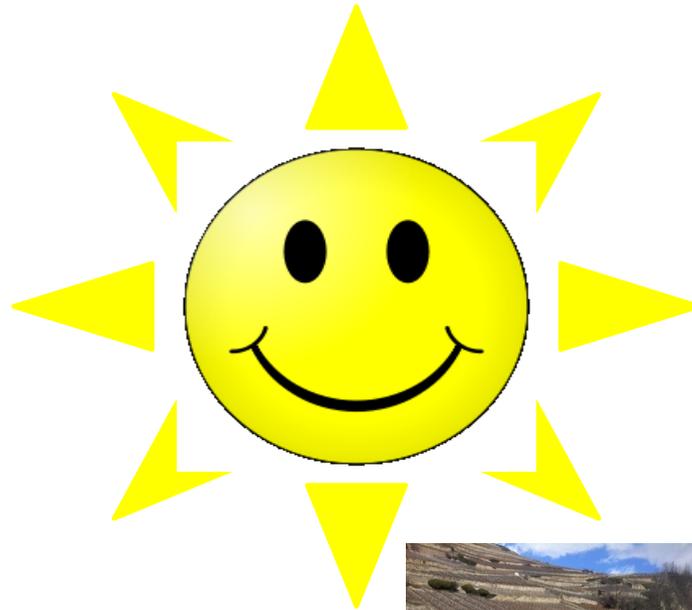
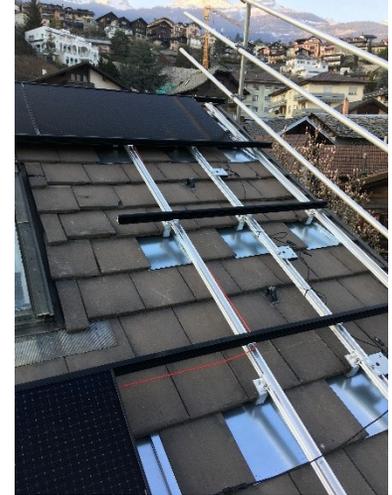
Bestand

0 Lager

Energie von der Sonne - Inhalt

1. Grundlagen & technische Erläuterungen
2. PV Kosten, Nutzen & Ertrag für den Anlagenbesitzer
3. Ziele & Herausforderungen der Photovoltaik: Speicherung
4. Technische & wirtschaftliche Entwicklung
5. Diskussion: «Mythen & Fakten»

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!!



Fragen:

1. Lebensdauer der Anlage?
2. Weitere Entwicklung der Subventionen? Bis wann?

Zu ergänzen:

1. Berechnung Kosten EV zu Benzin/Diesel pro 100 km
2. Grobschätzung: Tuftstrasse 18, Leukerbad:
grichtingalfred@dalaweb.ch
3. Zuschicken: noah.mounir@edu.vs.ch

IEA «The Future of Hydrogen»

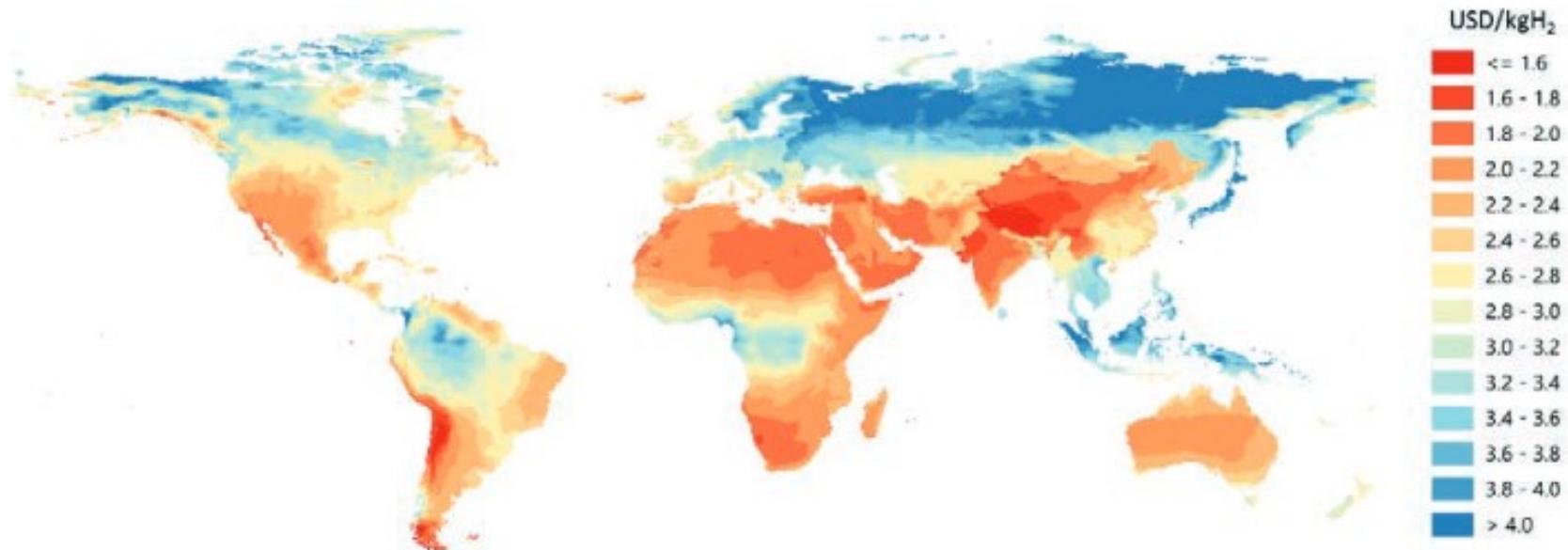
IEA «The Future of Hydrogen»

backupslices

H₂ is everywhere in the news

Figure 14. Hydrogen costs from hybrid solar PV and onshore wind systems in the long term

IEA, The Future of hydrogen, Report prepared for G20, Japan, 2019



Notes: This map is without prejudice to the status of or sovereignty over any territory, to the delimitation of international frontiers and boundaries and to the name of any territory, city or area. Electrolyser CAPEX = USD 450/kW_e, efficiency (LHV) = 74%; solar PV CAPEX and onshore wind CAPEX = between USD 400–1 000/kW and USD 900–2 500/kW depending on the region; discount rate = 8%.

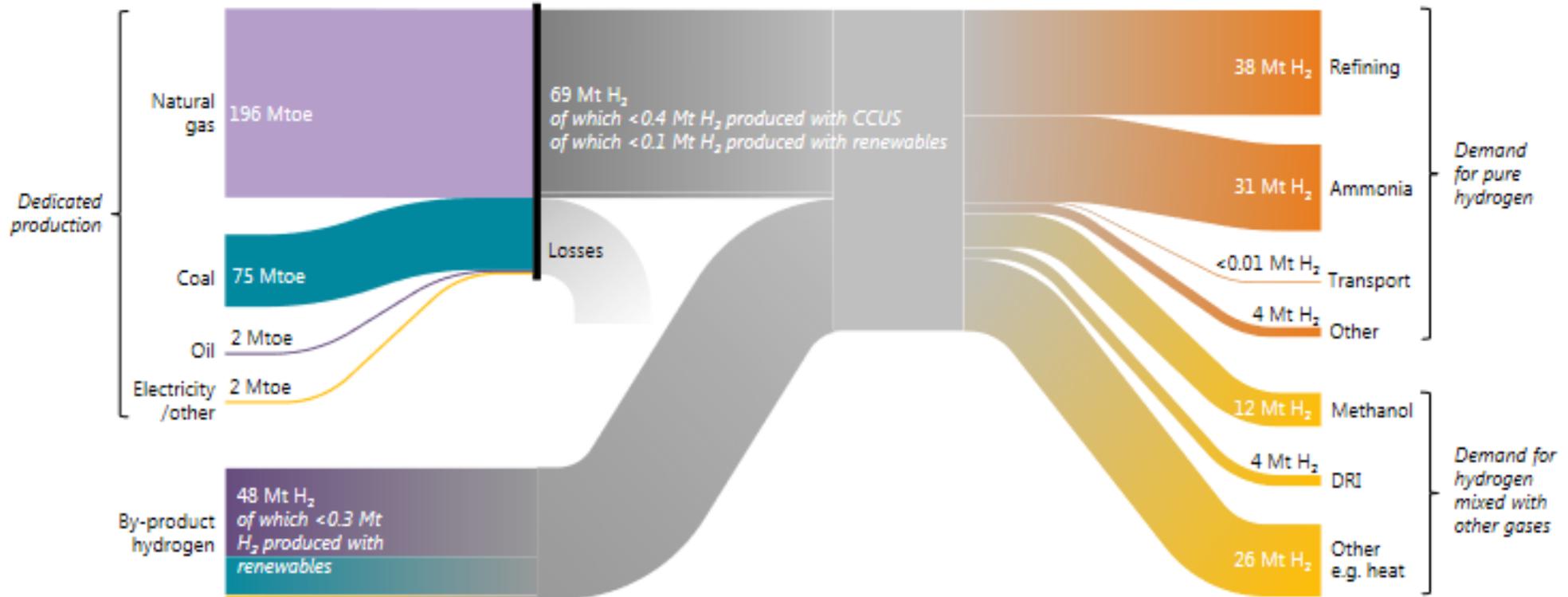
Source: IEA analysis based on wind data from Rife et al. (2014), *NCAR Global Climate Four-Dimensional Data Assimilation (CFDDA) Hourly 40 km Reanalysis* and solar data from renewables.ninja (2019).



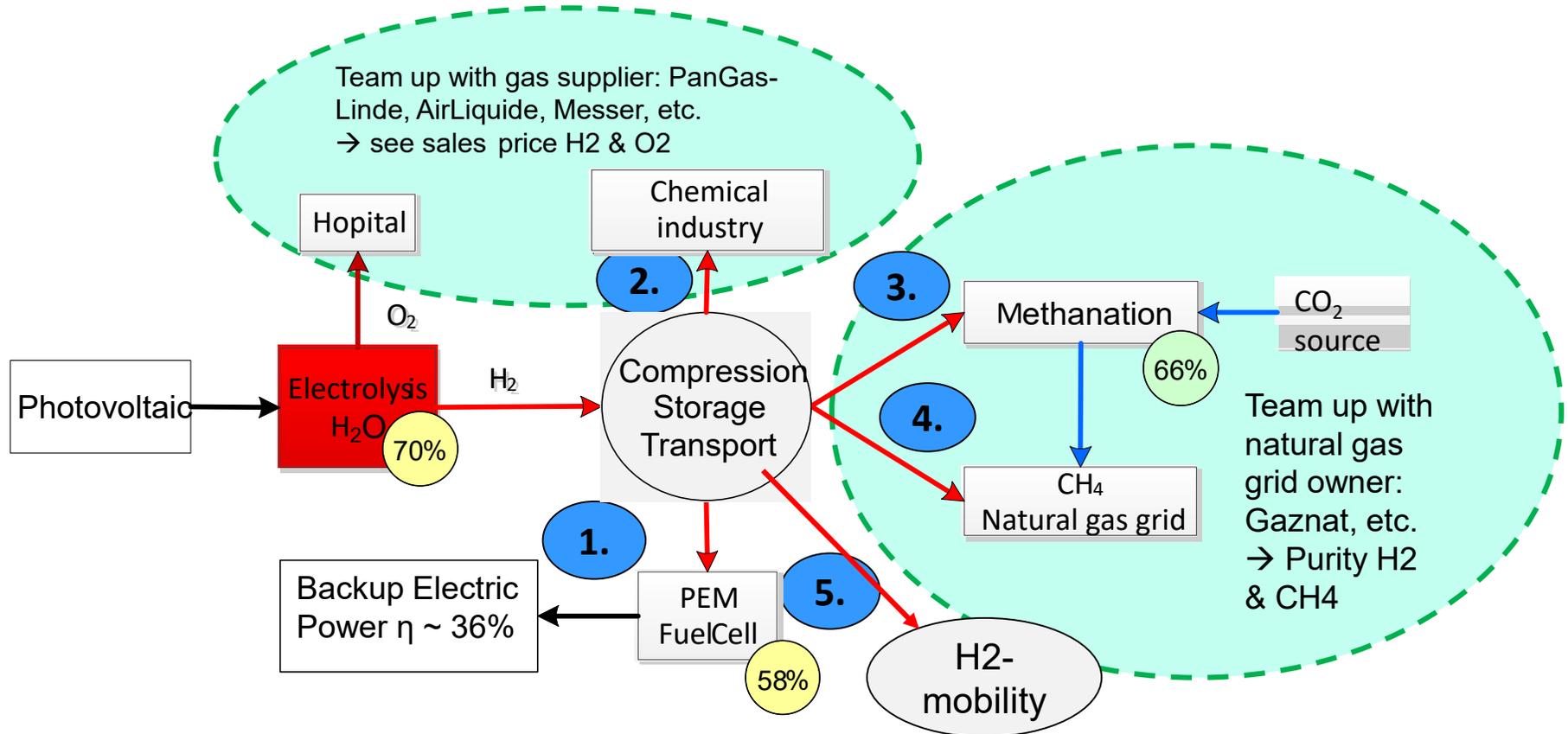
The declining costs of solar PV and wind could make them a low-cost source for hydrogen production in regions with favourable resource conditions.

IEA «The Future of Hydrogen»

Figure 6. Today's hydrogen value chains



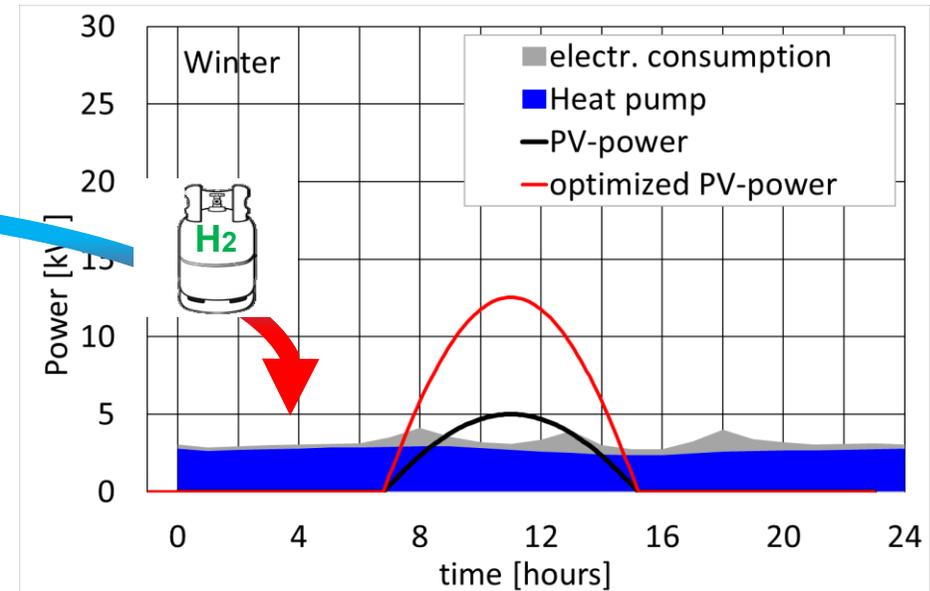
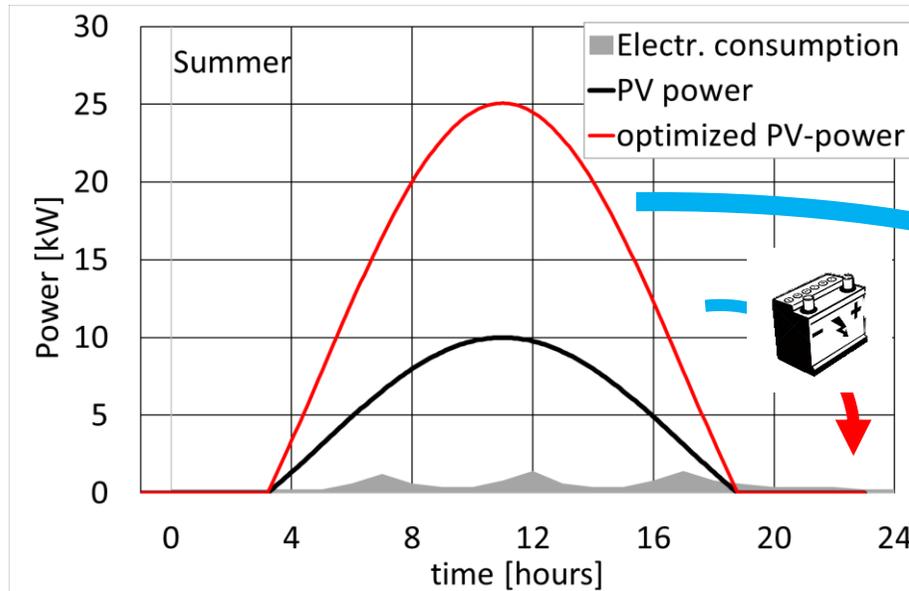
Sales opportunities for H₂ ?



Power2Gas promotes sector coupling: gas & electric & transport

→ usage/sales of *renewable* H₂

Principle of H₂-grid integration



Calculation for: villa, 4 inhabitants, consumption = 11 MWh/an

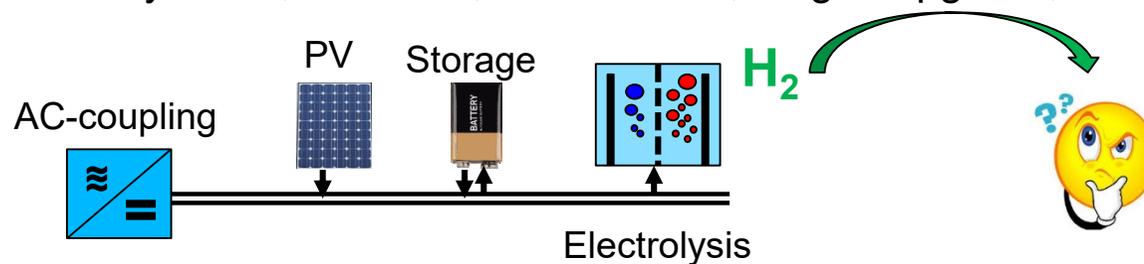
Since «classical» seasonal H₂-storage («make H₂ in summer & use in winter») is too expensive:

1. Dimension PV-generation capacity according to winter needs → 40 ... 70 GWp in Switzerland
2. Day-night storage is solved by batteries & pumped-hydro storage
3. Re-use oversupply in summer for H₂-generation

H₂ infrastructure @HESSO Valais

Operating on lab-scale:

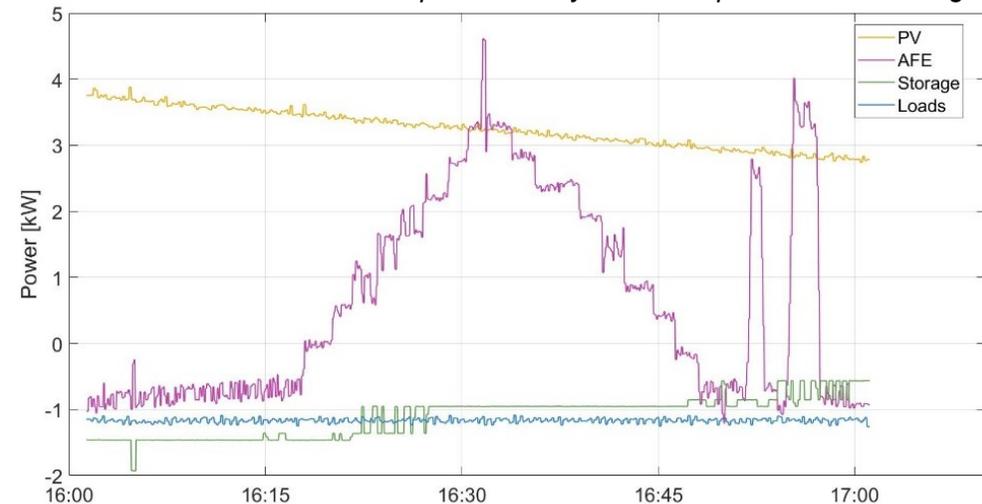
1. 20 kW_p PV-power, DC-coupled microgrid, direct power conversion → 60 kW_p
2. 5 kW Electrolysis – alkaline & PEM → 10 kW = $\eta \cdot \frac{10 \frac{kWh}{h}}{\varepsilon_{H_2}} \cdot 24 \frac{h}{d} = 5 \frac{kg_{H_2}}{day} = 1 \text{ plein Toyota Mirai/jour}$
3. H₂-Storage – metal hydrides, fuel-cells, methanation, biogas-upgrade, chemical processes



Searching: industry site for installation & 24h/7d testing

How to generate revenue with H₂ ?

Measurement of direct DC-coupled electrolyser on PV-powered DC-microgrid



Comment avancer avec H₂ en Valais central?

Realiser une systeme “demo” complete basé sur **H₂ renouvelable**

Energypolis: electric & H₂ & transport

1. Installer Electrolyseur alimenté par PV-DC direct
2. Support à la regulation → si le reservoir H₂ le permet!
3. Generer “revenu” à la HESSO
4. Generation & utilization locale: Model technique & model d’affaire pour industrie locale
5. Station de recharge H₂ → mobilité individuelle & bus

Thanks to all students & collaborators ...

D. Martinet, J.Udry, F.Savy, M.Schopfer, L.Reymond, ... just to name a few!

H2 en Valais central?

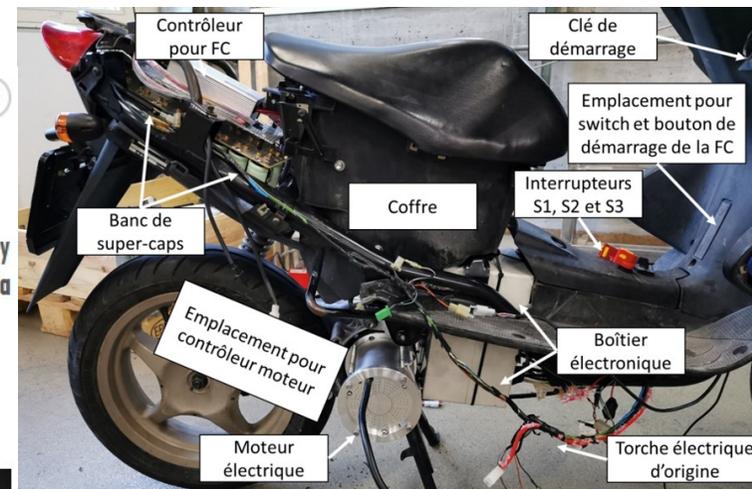
Sion: un scooter à hydrogène développé sur le campus Energypolis



ENERGIES Utiliser l'hydrogène pour faire rouler un scooter électrique: c'est le projet, inédit en Valais, qu'a développé Julien Udry dans son travail de master à la Haute école d'ingénierie. S'il faudra patienter avant de voir de tels engins sillonner les routes, la technologie de recharge pourrait déjà intéresser d'autres secteurs.

PAR FLORENT BAGNOUD ⌚ 13.09.2021, 05:30
LECTURE: 5MIN

PREMIUM



Zeitliche Schwankung der Solarleistung

Speicherung zentralisiert durch Pumpspeicher

Beispiele: Nant de Drance, Limmat-Lint

- tiefer Strompreis → pumpen
- Hoher Strompreis → produzieren

Mit Kernenergie: Pumpen bei Nacht → Produzieren bei Tag

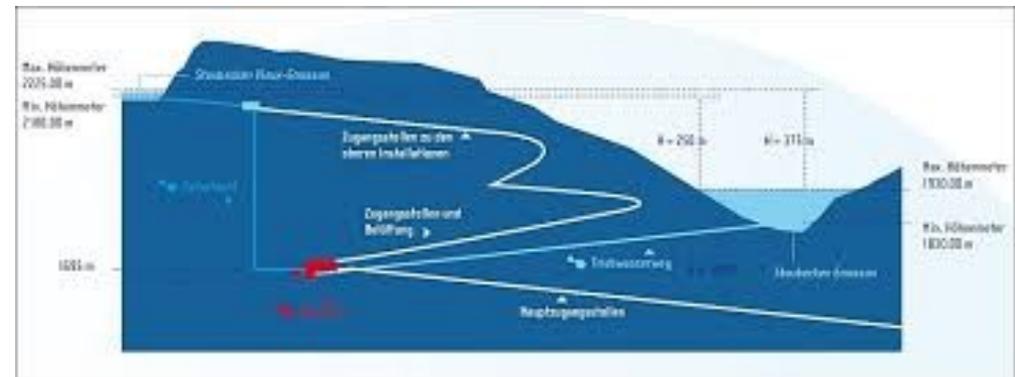
Ohne Kernenergie: Pumpen mittags → produzieren morgens & abends

→ Rentabilität ist ausser Frage NACH Abschaltung der Kernkraftwerke

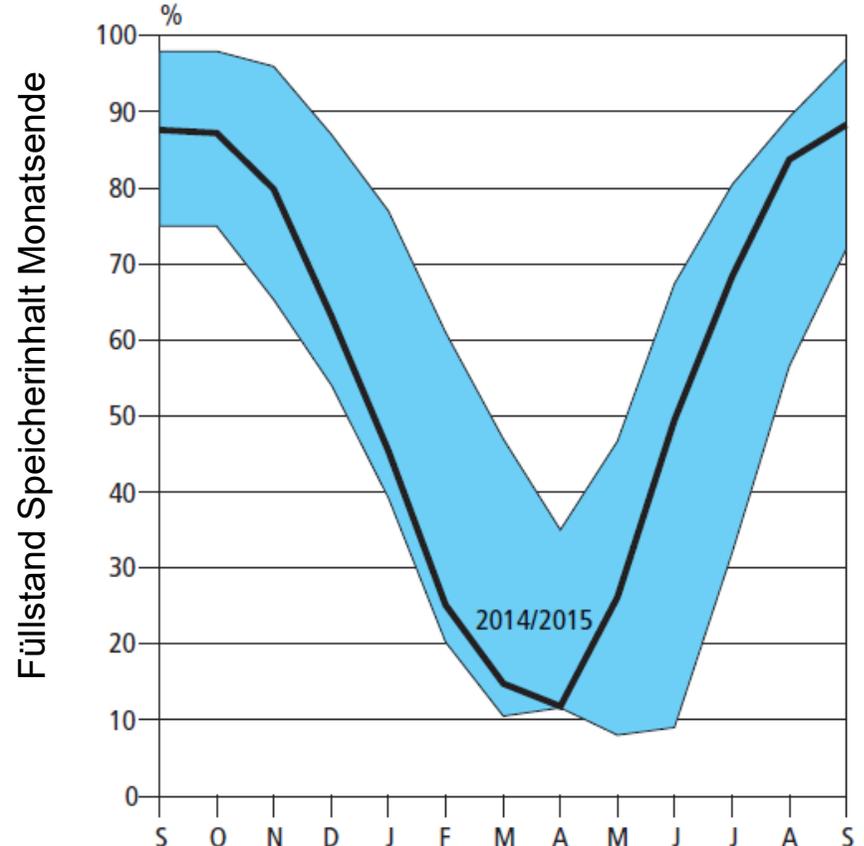
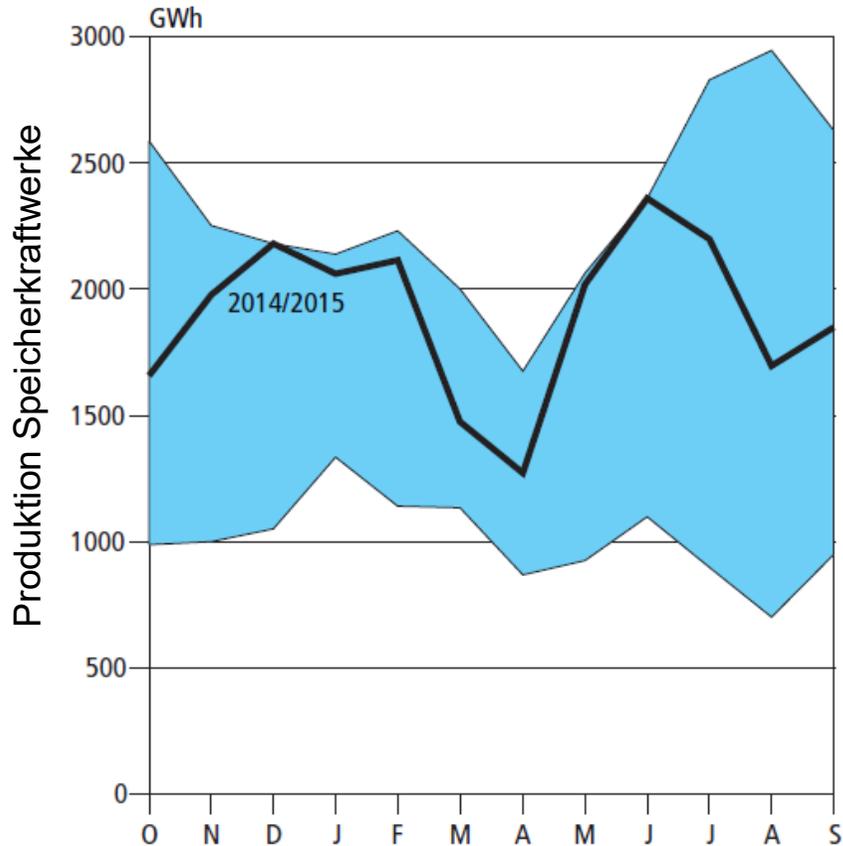
- 0.9 GW ~ Leibstadt 1.2 GW
- Lastwechsel in 6 Minuten

Aber:

- Nicht saisonal
- **Transport durch Stromnetz über alle Ebenen → Verluste**

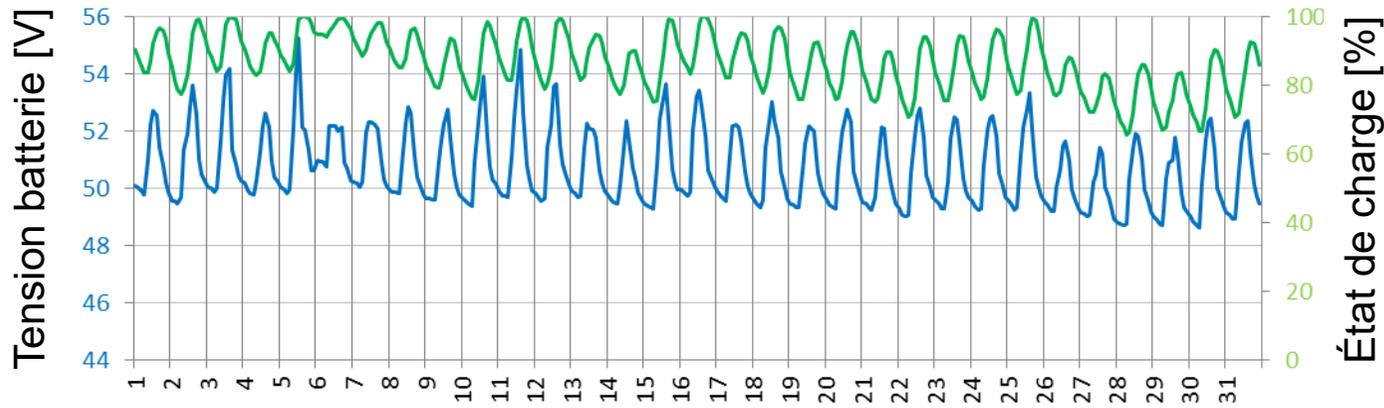
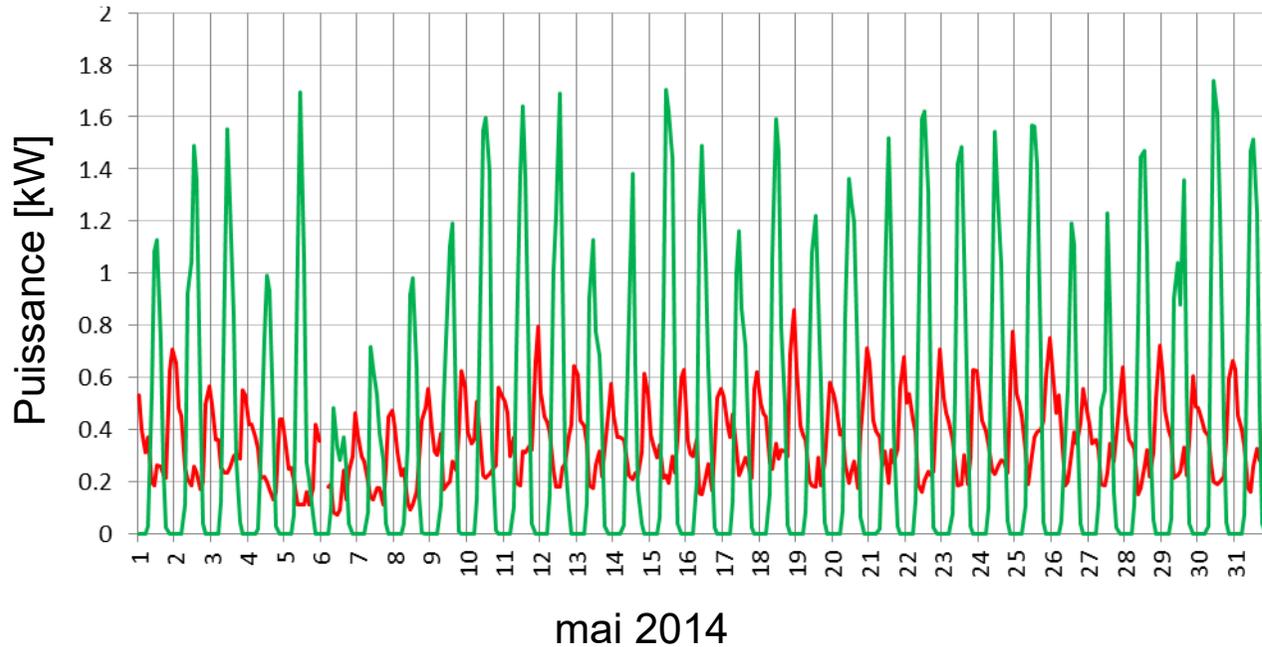


Pump-Speicher Kraftwerke Schweiz



→ Speichereinhalt nicht ausreichend für saisonale SPEicherung

Lokale Speicherung mit Batterie



— P-AcOut Sum [kW]

— P-Solar Sum [kW]

Kara, Togo

Mit Batterie

- Bekannte Technik
- Kosten +10%...30%
- Nur Tag/Nacht
- Nicht Saisonal

Kombination Solarthermie und PV ?

Temperatur der PV-Module in der Sonne ~ 40°C ... 70°C

Ideale Temperatur PV < 30°C \neq Temperatur für Thermie ~ 80...90°C

→ Entweder: bei der thermischen Ideal-Temperatur → PV gewinnt nichts
→ oder: bei einer sinnvollen Kühltemperatur für PV → Thermie bringt nichts mehr

Und: zwei Systeme, Flächenbedarf PV >> Thermie, grosser Wasserspeicher



Meyer-Burger
FS-Hybrid 285