

## **Chancen und Probleme solarer Grossanlagen – sind solare Grossanlagen sinnvoll?**

Vortrag im Rahmen des SENS Inspiration Day N° 02  
5. September 2013

Dipl.-Ing. (TU) Walter Sachs  
Solar Campus GmbH, Wetzikon

# Solare Grossanlagen

## Inhaltsübersicht

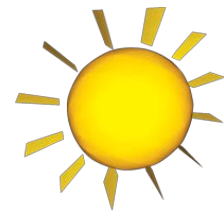
1. Was ist Solarenergie?
2. Photovoltaik – Hintergrund und technische Eckdaten
3. Beispiele für Grossanlagen
4. Flächenerträge und Jahreszeitgänge
5. Flächenkonflikte, Umweltauswirkungen
6. Planungs- und Realisierungszeiträume
7. Gesellschaftliche Akzeptanz
8. Amortisation
9. Resumée
10. Anhang: Kenndaten und Impressionen Anlage Walensee

Dieses Referat konzentriert sich aus Zeitgründen nur auf solare Grosskraftwerke und geht deshalb auf einige weitere, wichtige Aspekte nicht ein, u.a.:

- Vor- und Nachteile der Stromproduktion mit fossilen Energien
- Einsparungen: diese sind immer noch die beste „Energieproduktion“

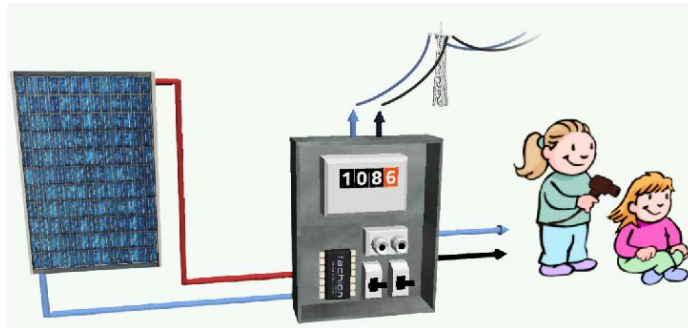
## Was ist Solarenergie?

- Universalantrieb des Lebens auf unserer Erde
- Steht quasi unbegrenzt und zeitlos zur Verfügung
- Nutzungsform „**natürliche Nutzung**“:
  - Naturenergien (Wasserkreislauf der Erde, Wind)
  - Sämtliche Nahrung (pflanzlich und tierisch)
  - Fossile Energien (Erdöl, Erdgas, Kohle)
- Nutzungsform „**technische Nutzung**“:
  - **Wärme** (Solarthermie, konzentrierende Kraftwerke)
  - Kälte (Absorptions- und Adsorptionskälteanlagen)
  - **Strom** (konzentrierende Kraftwerke, Photovoltaik)



## Photovoltaik: Hintergrund 1

- Keine sich bewegenden Teile, keine Emissionen
- Keine hohen Temperaturen oder Drücke, praktisch wartungsfrei
- Beliebig skalierbar: vom Taschenrechner bis zur Grossanlage
- Silizium-Halbleiter, bestehend aus Quarz (mit Bor und Aluminium dotiert), Silber für die Kontaktierung
- Schwarzstartfähig



Walter Sachs, solare Grossanlagen, 5. September 2013

4

Weitere Punkte:

- Der Ertrag ist proportional zur Einstrahlung
- Photovoltaik erzeugt immer gerade soviel Strom, wie abgenommen wird
- Dies im Gegensatz zu einem konventionellen Kraftwerk: dort muss die erzeugte Energie abgenommen werden
- Skalierung: beim thermischen Kraftwerk gibt es sinnvolle Untergrenzen von wenigen kW mit Obergrenzen bei ca. 1 GW

## Photovoltaik: Hintergrund 2

- Kennwerte von Solarmodulen:
  - **kWp** („Kilowatt-Peak“): standardisierte Leistungsangabe, erlaubt Modulvergleich, standortunabhängig
  - **kWh / Jahr** („Kilowattstunde pro Jahr“): erzeugte Energie pro Jahr, standortabhängig
- Direkt- und Diffusstrahlung, Bsp. Mittelland, im Jahresmittel:
  - 50 % direkt
  - 50 % diffus
- Strahlungsgewinne durch Reflektion:
  - Wiese: ca. 20 %
  - Schnee: ca. 50 – 80 % (80 % ist hochalpin)
  - Wasser: 50 – 80 % (hier nicht nur diffus, sondern auch direkt)

Walter Sachs, solare Grossanlagen, 5. September 2013

5

- 1 kWp sind ca. 7 m<sup>2</sup> Fläche PV
- 1 kWp ergibt im Schweizer Mittelland ca. 900 - 1000 kWh / Jahr, 30 m<sup>2</sup> decken ca. den Jahreshaushaltsstrombedarf eines EFH

Zum Vergleich:

- 10 kWh sind: 100 Liter Wasser zum Kochen bringen, 5 Brote backen, 500 Stunden mit dem Notebook arbeiten
- 10 kWh sind der Energieinhalt von 1 Liter Heizöl – der Wirkungsgrad eines thermischen Kraftwerkes (z.B. Öl oder Kohle) ist aber ca. 35 %, d.h. dies entspricht ca. 3 Liter Öl, wenn ich dieses in Strom „umwandeln“ würde
- Stromverbrauch eines EFH: 3000 bis 4000 kWh
- 1 TWh = 1000 GWh , 1 GWh = 1000 MWh , 1 MWh = 1000 kWh

## Solarpark Lieberose (Cottbus, DE)

- Ehemaliges Militärgelände der Sowjetarmee, kampfmittelbelastet
- Durch Pacht kann die Räumung finanziert werden, nach 25 Jahren kann das Gebiet in die Naturschutzziele "Heidefläche" integriert werden
- Investition: knapp 200 Mio Franken (1. Teil 2009, 2. Teil 2011)
- Fläche: 0.66 km<sup>2</sup>
- Leistung: 71 MWp, Ertrag: 71 GWh, d.h. ca. 20'000 Haushalte



Walter Sachs, solare Grossanlagen, 5. September 2013

6

Eckdaten:

Energiedichte: 107 kWh / m<sup>2</sup> / Jahr

Investition: CHF 2'800 / kWp

Von Grossanlagen reden wir normalerweise ab ca. 800 m<sup>2</sup>

Typische Anlagengrößen: EFH: 5 kWp (ca. 35 m<sup>2</sup>), Schule etc. 50 kWp (ca. 400 m<sup>2</sup>), Industrie etc. (Grossanlagen) ab ca. 100 kWp (ca. 800 m<sup>2</sup>)

Die größten Märkte für Solarparks in den ersten fünf Monaten 2013 waren die USA (1.3 GWp), China (0.9 GWp) und Indien (0.5 GWp)

In DE: im Jahre 2012 59 neue Anlagen grösser 10 MWp

## Migros Neuendorf

- Flachdächer des Migros-Verteilzentrums
- Investition: ca. 11 Mio Franken (2013)
- Fläche: 0.032 km<sup>2</sup> (32'000 m<sup>2</sup>)
- Leistung: 5.2 MWp, Ertrag: 4.8 GWh<sup>1)</sup>
- Aerodynamische, schraubenfreie Tragkonstruktion



Walter Sachs, solare Grossanlagen, 5. September 2013

7

1) Die Anlage deckt erzeugt 30 % des Strombedarfs der Kühllhalle im Verteilzentrum

Eckdaten:

- Hat 7 % der Grösse von Liebedorf
- Energiedichte: 150 kWh / m<sup>2</sup>
- Investition: CHF 2100.- / kWp
- Erste Planungen 2008, Bauzeit dann 9 Monate
- Statik war schwierig, Windlast, Schneelast, Gebäudedach war statisch schon knapp -> Lösung: aerodynamische, schraubenfreie, neuartige Tragkonstruktion
- Einspeisung direkt in Mittelspannungsebene (16 kV)

Hinweis: Grossanlagen stehen kurz vor dem Durchbruch, alleine die Migros wird von 2010 bis 2015 ihre PV-Leistung verfünffachen, mit einer Verdoppelung in 2013



## Weitere Anlagen



Stade de Suisse, Bern, 1.3 MWp



Sägewerk, Luthern (LU), 900 kWp



Reussport-Tunnel, Luzern, 270 kWp

Walter Sachs, solare Grossanlagen, 5. September 2013



Tenna (GR), 90 kWp

In der Schweiz gibt es ca. 80 Grossanlagen



## Flächenerträge Solaranlagen

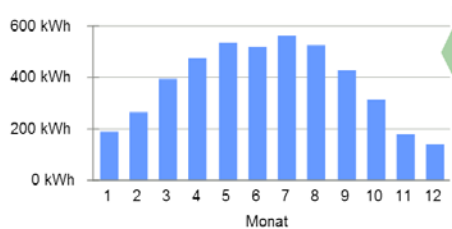
Schweizer Mittelland:

- Ertrag von Photovoltaikanlagen u.a. abhängig von
  - Einstrahlung (Orientierung, Neigung und Wetterlage)
  - Temperatur PV-Module (ca. 5 % Leistungsreduktion pro 10 K)
- „Energiedichte“: ca. 130 kWh / m<sup>2</sup> / Jahr,  
entspricht ca. 130 GWh / km<sup>2</sup> / Jahr
- Ideal für dezentrale Produktion

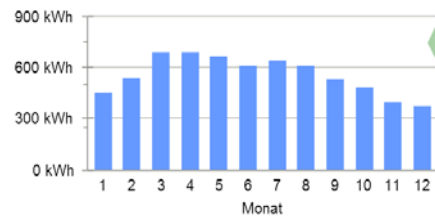
Zum Vergleich: grosses Kernkraftwerk: Energiedichte: ca. 20 MWh / m<sup>2</sup> / Jahr

Zu Investitionskosten: Investitionskosten: Grossanlagen ca. CHF 2'000 / kWp, Kleinanlagen ca. CHF 2'700 / kWp

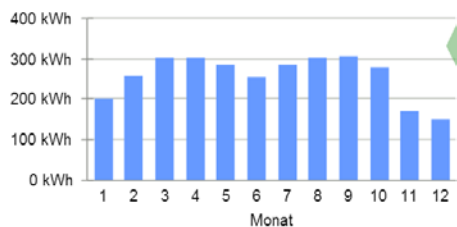
## Jahreszeitgänge Solaranlagen



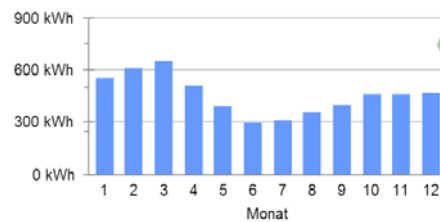
Wetzikon, Süd, 35°, **4.5 MWh / Jahr**



St. Moritz, Süd, 35°, **6.7 MWh / Jahr**



Wetzikon, Süd, 90°, **3.1 MWh / Jahr**



St. Moritz, Süd, 90°, **5.4 MWh / Jahr**

*Simuliert wurde in allen Fällen die gleiche Anlage mit 4.8 kWp (Tachion-Simulation)*

## Flächenkonflikte

- Wo werden solare Grossanlagen gebaut?
  - DE: versiegelte Flächen, Konversionsflächen
  - CH: nur auf versiegelten Flächen (Hallendächer, Tunnelausfahrten, Lärmschutzwände, Staudämme, Parkplatzverschattungen ) – Ausnahme: Mont Soleil
- Gesellschaftliche Akzeptanz auf der grünen Wiese (s. Wil bei Luzern) weniger gegeben, technische Notwendigkeit besteht auch nicht
- Ca. 200 km<sup>2</sup> geeignete Dach- und Fassadenflächen, 1.5 % PV-belegt
- Zuwachs geeignete Dach- und Fassadenflächen: ca. 2.5 km<sup>2</sup> / Jahr
- Grossanlagen sind auf versiegelten oder verbauten Flächen ideal
- Deshalb sind in absehbarer Zeit keine Flächenkonflikte zu befürchten

Konversionsfläche: ehemalige Industriegelände (Altlasten), ehemalige Militärgelände, Braunkohletagebau

Vorteilhaft bei Konversionsflächen: grosse Stromabnehmer meist schon vorhanden, Leitungsinfrastruktur vorhanden

Zum Vergleich:

- Jährlicher Stromverbrauch in der Schweiz: 57 TWh
- Jährlicher Endenergieverbrauch in der Schweiz: 220 TWh
- Installierte PV-Leistung Ende 2012 in der Schweiz: 410 MWp -> ca. 370 GWh / Jahr
- Siedlungsfläche Schweiz: ca. 3200 km<sup>2</sup>, Grösse Schweiz: 41'285 km<sup>2</sup>
- Siedlungsflächenzunahme in der Schweiz: 0.9 m<sup>2</sup> / Sekunde -> nach 30 Minuten Zunahme von ca. 1'600 m<sup>2</sup>
- jährliche Zunahme der Siedlungsfläche in der Schweiz: 28.4 km<sup>2</sup> (entspricht 3.5 TWh Solarstrom pro Jahr, das sind 6 % des jährlichen Stromverbrauchs)
- Zuwachs geeignete Dach- und Fassadenflächen pro Jahr ca. 2.5 km<sup>2</sup>
- Ende 2012 installiert: ca. 3 km<sup>2</sup> Solaranlagen, d.h. ca. 1.5 % der verfügbaren Fläche

## Umweltauswirkungen

- Anlagen auf versiegelten Flächen: praktisch keine Auswirkungen, u. U. Störungen durch Reflektion von polarisiertem Licht
- Freianlagen: Zaunsockel, Umzäunungen
- Bsp. Anlage auf dem Mont Soleil (560 kWp, 1992)



Walter Sachs, solare Grossanlagen, 5. September 2013

## Planungs- und Realisierungszeiträume

- Versiegelte Flächen:
  - Normalerweise unproblematisch: Baubewilligung, ESTI
  - Zwischen 6 und 9 Monaten ab Bauherrenentscheid<sup>1)</sup>
  - Zum Vergleich: Kleinanlage ca. 3 Monate
  - Aber: wenn es Einsprachen gibt, schnell 3 bis 5 Jahre
  - Zuständigkeiten teilweise nicht geklärt: kann man das bewilligen, wer bewilligt<sup>2)</sup>
- Freiflächen:
  - Teilweise mehrere Jahre, wg. Umzonung (Bsp. Lawinenverbauung St. Antönien)
  - Problematisch, wenn im BLN, hier braucht es Gutachten der ENHK
  - Wenn man etwas macht, welches das Schutzziel stört, dann muss es von nationaler Bedeutung sein

- Erste Idee Migros Neuendorf: je nach Quelle aus dem Jahre 2008 oder 2010
- Bsp. Autobahn: nationales Infrastukturobjekt: Bund ist zuständig, Raumplanung: Kanton ist zuständig, PV gehört nicht zum Nutzungszweck der Autobahn, wo reiche ich die Baubewilligung ein?

BLN: Bundesinventar der Landschaften von nationaler Bedeutung

ENHK: Eidgenössische Natur- und Heimatschutzkommission

## Gesellschaftliche Akzeptanz

- Grundsätzlich: jede Energieerzeugung hat Auswirkungen auf die Umwelt, ein einzelnes KKW oder GuD fällt nicht so auf, verursacht aber ungleich grössere Umweltbelastungen als Solaranlagen
- Die Solarenergie ist gesellschaftlich akzeptiert, eine Mehrheit der Bevölkerung begrüsst eine solare Stromerzeugung und einen Umbau der Stromversorgung
- Inwieweit sie dafür bezahlen will, ist nicht klar, aber: die zusätzlichen Kosten für den grossflächigen Ausbau lägen unter 3 Rp / kWh, dies bedeutet Stromzusatzkosten einer Familie von ca. CHF 120.- / Jahr<sup>1)</sup>
- die Frage ist auch, wie man die zukünftige Stromversorgung haben will - wie bisher durch wenige grosse Erzeuger oder verteilt auf zehntausende kleiner Produzenten -> dies ist eine politische bzw. gesellschaftliche Frage, technisch ist beides kein Problem (Stichworte: Stabilität, Versorgungssicherheit, virtuelle Kraftwerke, Smart Grid etc.)

- Eigentlich sollte der Ausbau sogar kostenneutral möglich sein, denn der Grossmarktpreis für Strom ist im letzten Jahr um ca. 2 – 3 Rappen / kWh gefallen, vor allem mittags ist Strom sehr preiswert geworden (ca. 4 Rp / kWh statt wie früher ca. 9 Rp / kWh), diese niedrigeren Einkaufspreise sind bisher bei den Endverbrauchern noch nicht angekommen

## Amortisation – Energetisch und Finanziell

### **Energetische Amortisation:**

- Wie lange dauert es, bis die PV-Anlage ihre Produktionsenergie wieder erzeugt hat? – ca. 2 Jahre, abhängig von Technologie
- Bsp. Dachziegel: ca. 1/3 der grauen Energie eines PV-Moduls

### **Finanzielle Amortisation:**

- Abhängig von Anlagekosten und Ertrag
- Unterhalt und Wartung: ca. 3 Rp / kWh
- Zusätzlich: Versicherungen, ca. 0.3 % vom Anlagewert / Jahr
- Bsp. Migros Neuendorf<sup>1)</sup>:
  - Investition: 11 Mio Franken, Ertrag: 4.8 GWh / Jahr
  - Einnahmen: ca. 1.2 Mio Franken / Jahr (CHF 0.25 / kWh)
  - Ausgaben: ca. CHF 170'000 / Jahr
  - Amortisation nach ca. 11 Jahren, Lebensdauer ca. 25 Jahre

Walter Sachs, solare Grossanlagen, 5. September 2013

15

Graue Energie: die Energiemenge, welche für Herstellung, Transport, Lagerung, Verkauf, Entsorgung eines Produktes benötigt wird

Anlagekosten: schlüsselfertig, abhängig von Landkosten, Synergieeffekten (z.B. Ersatz undichtes Dach durch teiltransparente Solarmodule) etc.

1) Ohne Zinsrechnung, Steuern und Abgaben



## Resumée

- Wenn es das gesellschaftliche Ziel ist, die Energieversorgung auf eine nachhaltige Basis zu stellen, dann braucht es beides: solare Grossanlagen und Kleinanlagen
- Die Schweiz hat genügend versiegelte Flächen, um zusammen mit der Wasserkraft das Land komplett aus regenerativen Energiequellen zu versorgen
- Grossanlagen haben einen grossräumigen PR-Effekt, Kleinanlagen einen kleinräumigen – beide Teile sind wichtig, um die Bevölkerung für die Problematik und die Lösungsmöglichkeiten der Energieversorgung zu sensibilisieren
- Umweltauswirkungen sind im Vergleich zu anderen Formen der Stromerzeugung vernachlässigbar
- Der Rückbau geht schnell und ohne Folgekosten, er finanziert sich selbst

***Die Energiewende ist möglich - es ist keine Frage des Könnens,  
sondern des Wollens***

Herzlichen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Dipl.-Ing. Walter Sachs  
Solar Campus GmbH  
Technologiepark Wetzikon  
Buchgrindelstrasse 13, 8620 Wetzikon  
walter.sachs@solarcampus.ch

[www.solarcampus.ch](http://www.solarcampus.ch)

The logo for Solar Campus GmbH features the words "solar" and "campus" in a black serif font, separated by a green wavy line. Below this, the text "Solar Software GmbH" is written in a smaller, black sans-serif font.

**solar campus**  
Solar Software GmbH

## Geplante Anlage Walensee 1

- Kommt im ehemaligen Steinbruch „Schnür“ zu liegen
  - Steinbruch war bis 1951 - 2012 in Betrieb, war schon Neubau, da alter Steinbruch 1948 abgerutscht
  - Der Steinbruch befindet sich im BLN-Gebiet
  - War eine „Anlage nationalen Interesses“, da Schottergewinnung für SBB
- Eckdaten:
  - Leistung: ca. 15 MWp, Ertrag: ca. 12 GWh / Jahr
  - Investition: ca. 30 Mio CHF, Fläche: 0.08 km<sup>2</sup> (80'000 m<sup>2</sup>)
  - Konstruktion: an Seilen, wird heraufgezogen ähnlich einem flexiblen Garagentor, die Konstruktionsidee stammt von der Seilbahnfirma Bartholet
  - Nächste Schritte: Bau einer Testanlage (genehmigt, Bau 2014)

Walter Sachs, solare Grossanlagen, 5. September 2013

18

Eckdaten:

Energiedichte: 150 kWh / m<sup>2</sup>

Investition: CHF 2'000 / kWp

Politische Einordnung: der Steinbruch Schnür gehört zum Gemeindehoheitsgebiet Amden, die Ortsgemeinde Quinten hat früher einmal ein Stück Land von Amden gekauft

Initiator der Idee ist der Präsident der Ortsgemeinde Quinten, Alois Janser.

Quinten will damit auch die Einnahmeausfälle durch den geschlossenen Steinbruch kompensieren und das Geld in Naturprojekte (Biotop, Wanderwege) des „Tessins der Ostschweiz“ stecken

Gutachten der ENHK zur geplanten Anlage Walensee: „eine weitherum wahrnehmbare technische Anlage ist mit den Schutzziele nicht vereinbar, sondern ein erheblicher Eingriff in die eindrückliche, hoch aufragende, teilweise bewaldete und durch eine horizontale Bänderung charakterisierte Landschaft der Churfürsten“ (sinngemäss) – die Testanlage wurde von der ENHK genehmigt

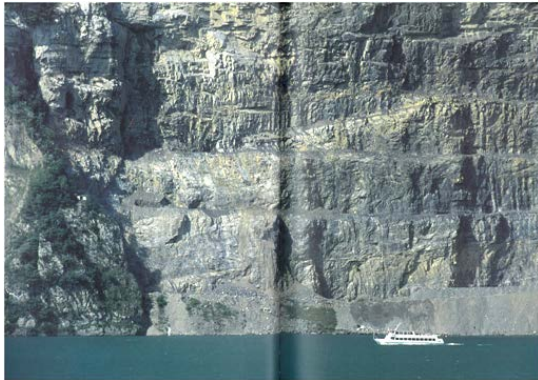
BLN: Bundesinventar der Landschaften von nationaler Bedeutung

ENHK: Eidgenössische Natur- und Heimatschutzkommission

## Geplante Anlage Walensee 2

- Erwartete Vorteile:
  - Renaturierung: an der kahlen Felswand mit direkter Sonneneinstrahlung kann sich keine Vegetation bilden. Durch teilweise Abschattung durch Solarpaneele während 25 Jahren können sich darunter Pionierpflanzen festsetzen, welche über diese Zeit eine Humusschicht ausbilden können, d.h. danach ist die Felswand hoffnungsvollerweise grün
  - Einnahmen für Quinten von ca. CHF 30'000 / Jahr
  - Erwartete Solar-Vorteile am Steinbruch: die Panels stehen sehr steil, fast senkrecht, daher: im Winter: Zusatzproduktion durch Schneereflektion vom gegenüberliegenden Hang, im Sommer: Vorteil durch Seereflektion

## Geplante Anlage Walensee 3



## Geplante Anlage Walensee 4

