

Stromproduktion sowohl zentral wie dezentral

Photovoltaik: Technische und ökonomische Einschätzungen

Dienstag 13 - 03 - 2012
Pfarreizentrum Liebfrauen,
Weinbergstrasse 36, 8006 Zürich

Thomas Nordmann
TNC Consulting AG, General Wille-Strasse 59
CH-8706 Feldmeilen,
www.tnc.ch • nordmann@tnc.ch



© Th. Nordmann • TNC 2012

1

Photovoltaik: Eine technische und ökonomische Einschätzung

- Warum darf der „Umstieg“ viel Geld kosten?
- Warum sind 20 % Solarstrom in der Schweiz unbestritten?
- Die Entwicklung der PV Investitionskosten: 2000 - 2010 - 2020?
- Wie hoch ist der Landverbrauch von PV?
- Wie finanzieren wir den Ausbau von 20% PV für die Stromversorgung?
- Was sind die technischen Herausforderungen bei 20% Solarstrom?
- Warum hilft uns die Ressource „Zeit“ in der Diskussion mit den Zauderern?
- Sieben Thesen zum Schluss



TNC steht für: Solarstrom und Gebäudeeffizienz
Das sind seit 26 Jahren unsere Themen

→ Entwickeln und umsetzen

- 1989 erste Photovoltaikanlage auf einer Autobahn-Schallschutzwand (BFE P&D)
- 1996 Konzeption der weltweit ersten Solarstrombörse für ewz, Elektrizitätswerk der Stadt Zürich
- Einsatz der Bifacial-Technologie (zweiseitige Solarzellen) als Schallschutzwand entlang Strasse & Schiene
- Prozessentwicklung und Umsetzung Nationales Gebäude-Sanierungsprogramm Energie Schweiz 1997/1999
- Vollzug „Das Gebäudeprogramm“ für 15 Kantone inkl. Kanton ZH



© Th. Nordmann • TNC 2012

3

Gegen die „Stromlücke“



Lösungsvorschlag der Stromverbundunternehmen

Investitionen bis 2035 in	Volumen in Schweizer Franken	Produktionszuwachs
Erneuerbare Energien inkl. Wasserkraft	8 - 10 Mrd.	5 Mrd. kWh
2 bis 3 Kernkraftwerke	10 - 12 Mrd.	20 Mrd. kWh
bis 5 Gaskombikraftwerke	2 Mrd.	3 Mrd. kWh*
Netzausbauten	2 - 3 Mrd.	—
3 Pumpspeicherkraftwerke	3 Mrd.	Füllen der Leistungslücke bei Nachfragespitzen
Total	25 - 30 Mrd.	25 - 30 Mrd. kWh

* Stand 2035 mit Gaskombikraftwerken als Lieferanten von Spitzenenergie (während der Überlappungszeit: 10 Mrd. kWh jährlich)

Quelle: Swisselectric, 2007

Der «nicht Ausstieg» kostet uns bis 2035 also min. 30 Mia. CHF!

Das Dilemma: Am Anfang für 25 Jahre alles voraus bezahlen?



TNG Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2011



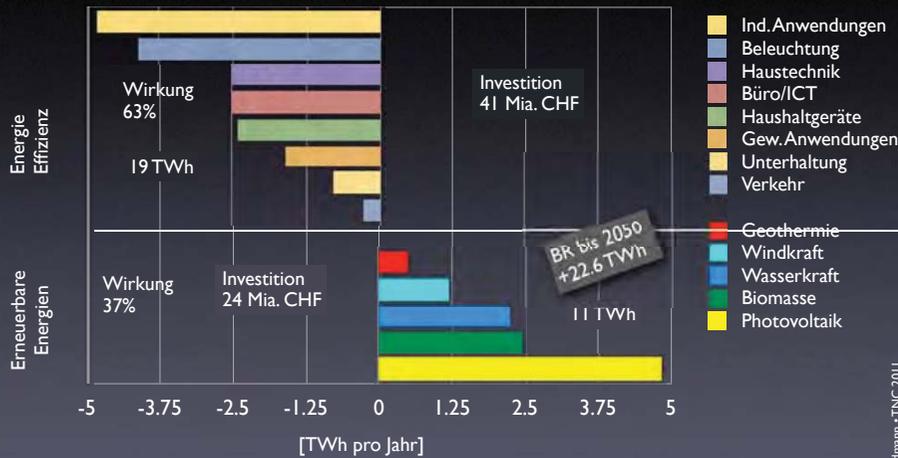
277 Tage
vor
Fukushima!

TNG

STROMEFFIZIENZ UND
ERNEUERBARE ENERGIEN –
WIRTSCHAFTLICHE ALTERNATIVE
ZU GROSSKRAFTWERKEN
Schlussbericht
Zürich, 7. Mai 2010

STROMEFFIZIENZ UND
ERNEUERBARE ENERGIEN –
WIRTSCHAFTLICHE ALTERNATIVE
ZU GROSSKRAFTWERKEN
Schlussbericht
Zürich, 7. Mai 2010

Investitionsstrategie Plan B dezentral: Total zusätzlich eingesparte oder erzeugte Energie 2035 = 30 TWh



TNG Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2011



Risiken und Herausforderungen

Bundesrat, NR und SR 2011 ✓

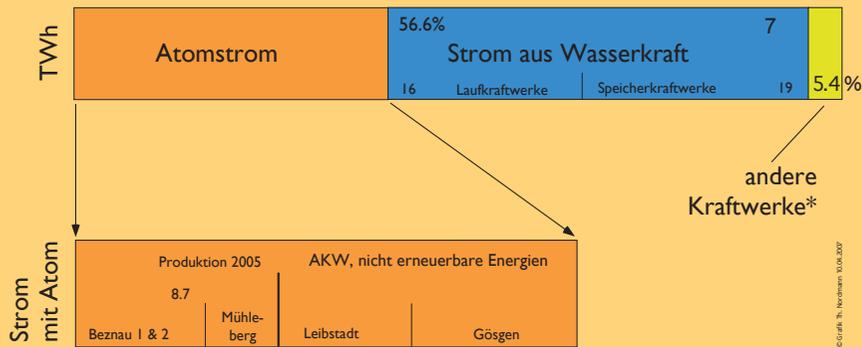
Bundesrat beschliesst Atomausstieg auf Raten • Mittwoch, 25. Mai 2011

Plan B → Erneuerbare und Energie Effizienz → Plan A

Unternehmerischer, gesellschaftlicher und politischer Wille
Vorfinanzierung, Kooperation mit dem Finanzsektor
Übergang vom EEG zum ökonomischen Selbstläufer
Technische und ökonomische Fortschritte bei den Erneuerbaren

Strom Produktion Schweiz

5



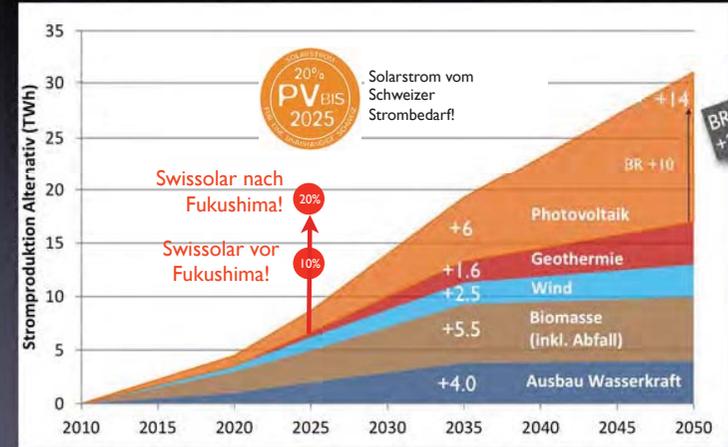
*davon 1.5 TWh KVA und 1.0 TWh neue Erneuerbare

© Grafik: B. Nordmann, 03.08.2007



ETH Studie Energiezukunft Schweiz vom 15. 11. 2011

§1) BR-Szenario „Neue Energiepolitik 2050“ Tab. Z10 Variante 2 & 3



BR bis 2050 +22.6 TWh

TNC Advanced Energy Concepts

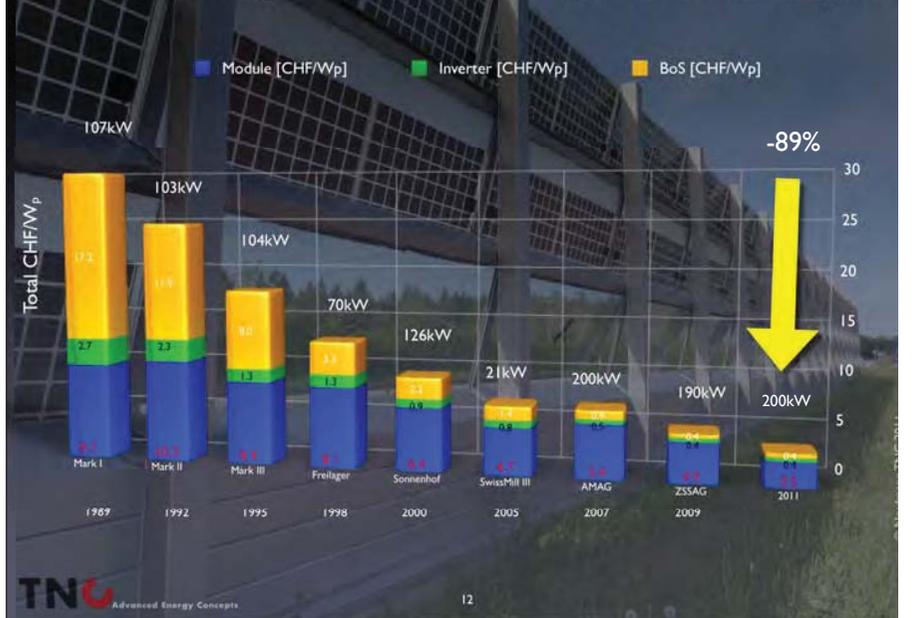
Tabelle Z-10: Technisches und erwartetes Ausbaupotenzial Szenario „Neue Energiepolitik“ Bundesratsvarianten 2 und 3, in GWh_e/a

Potenzial	Technisch	Erwartet in 2050			
		Szenario „Neue Energiepolitik“			
		Bundesrats-variante 2	Bundesrats-variante 3	Bundesrats-variante 2	Bundesrats-variante 3
Wasserkraft (Ausbau) ¹⁾	12000 ¹⁾	10080 ¹⁾	10080 ¹⁾	10080 ¹⁾	10080 ¹⁾
Fossile WKK	20000-30000	13450	5730	11530	3810
Neue erneuerbare Energien	-	23554	23554	22608	22608
Photovoltaikanlagen	15000-18000	10415	10415	10397	10397
Windenergieanlagen	n.a.	4012	4012	4000	4000
Biomasse (Holzgas)	Nicht verwendet	0	0	0	0
Geothermie	n.a.	4378	4378	4378	4378
Biomasse (Holz)	1700	1139	1139	1105	1105
Biogas	2300	1447	1447	1430	1430
ARA	n.a.	407	407	300	300
KVA (50% EE-Anteil)	1675	1727	1727	998	998
Deponiegas	n.a.	29	29	0	0
Kernkraftwerke		0	0	0	0
Fossil-thermische Kraftwerke	Keine Beschränkung im Modell unterstellt				
Importe	Keine Beschränkung im Modell unterstellt				

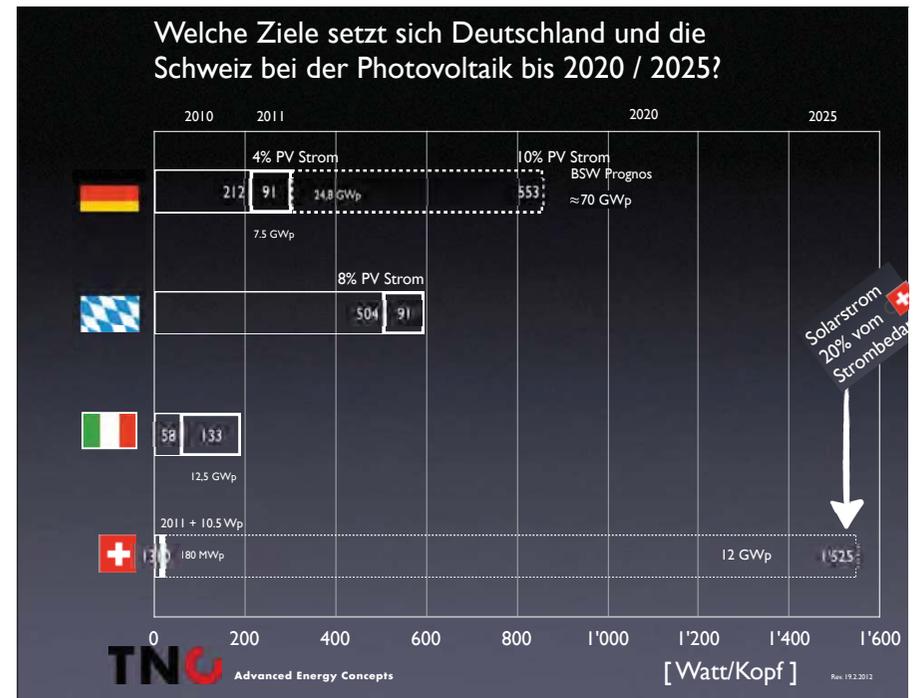
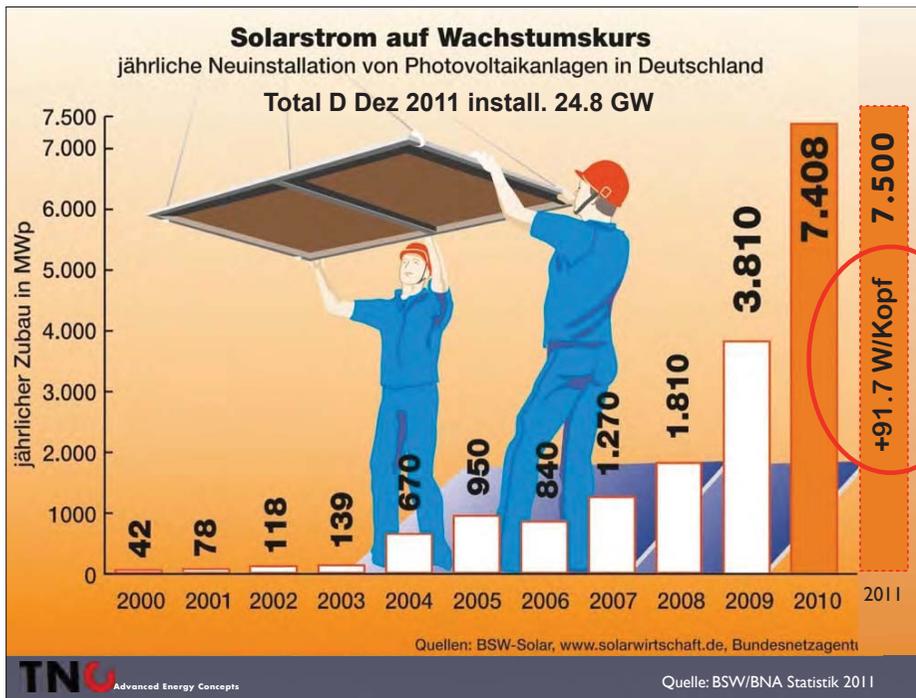
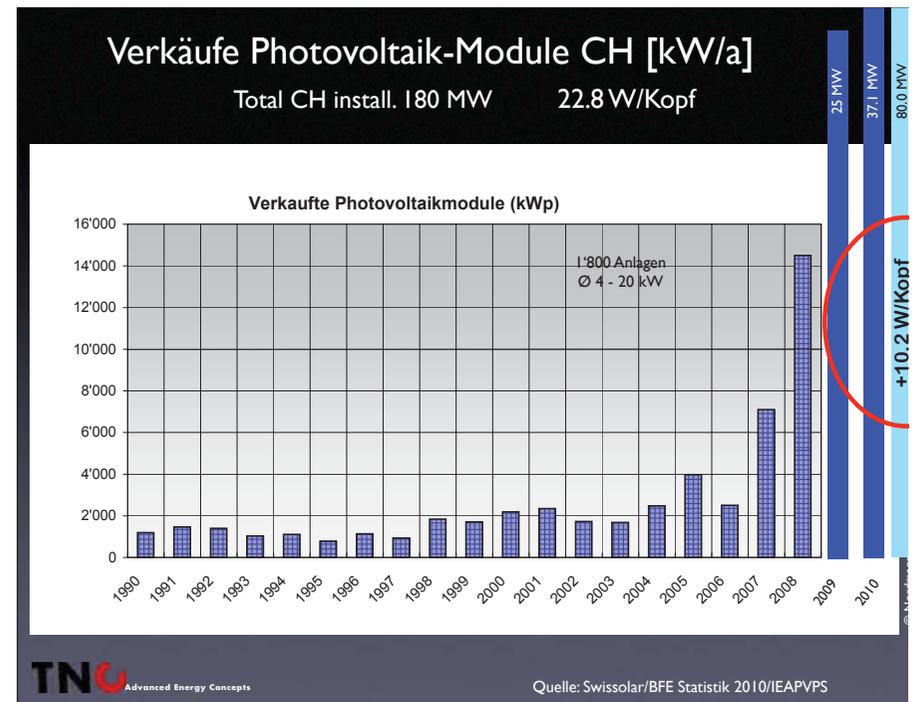
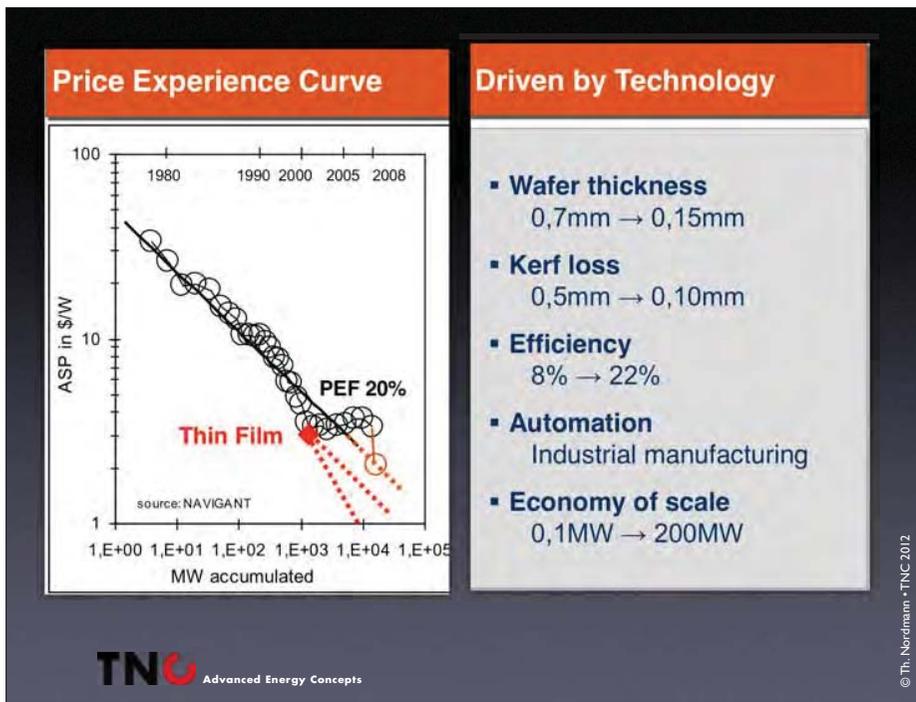
1) Inklusiv Zubau von Pumpspeicherkraftwerken von ca. 6000 GWh_e/a

Quelle: Prognos, 2011

TNC PV Anlagen Lernkurve: 1989-2011 Δ 22 Jahre

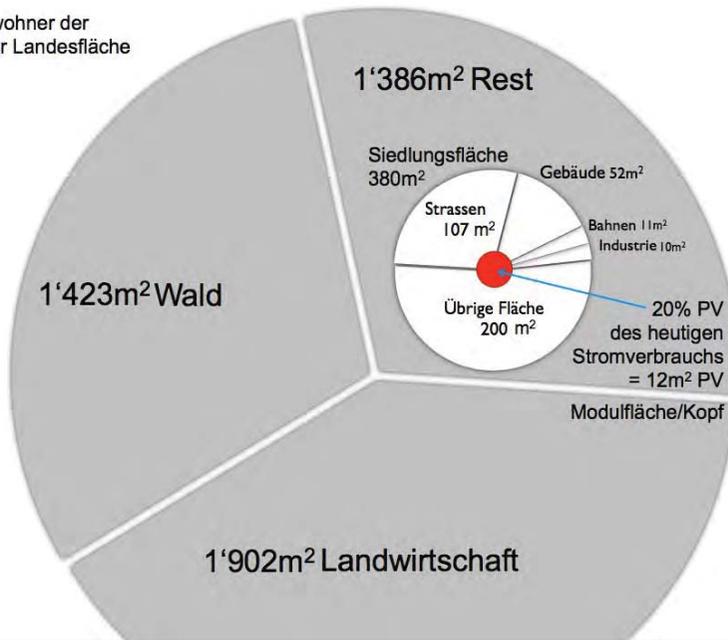


TNC Advanced Energy Concepts



„Frisst die Sonnenenergie Land?“

Anteil pro Einwohner der Schweiz an der Landesfläche
4'712m²



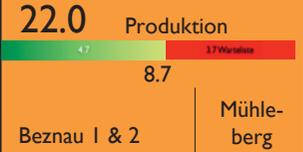
1



Was leistet die kostendeckende Einspeisevergütung KEV? (Oktober 2011)

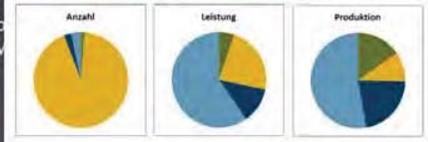


[TWh]



Anlagen in der KEV (Stand November 2011)

Technologie	Anzahl	Leistung [kW]	Produktion [kWh]
Biomasse	163	88'204	580'552'666
Geothermie	3	2'960	12'787'600
Photovoltaik	12'291	403'518	39'104'641
Wasserkraft	318	208'164	833'722'664
Wind	448	1'046'110	2'058'670'667
Total	13'223	1'748'955	3'896'774'438



Bei der KEV beträgt die zulässige Mehrleistung beim maximalen Zuschlag von 0.9 Rp/kWh (bei 5'000 kWh/a) CHF 3.75/ Monat!

© Th. Nordmann - TNC 2011

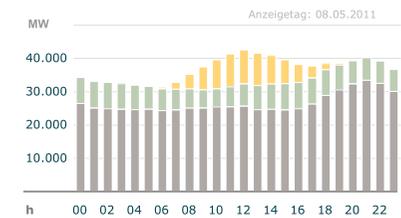
1

Stromproduktion: Sonntag, den 08.05.2011

Tatsächliche Produktion



Geplante Produktion



Legende: ■ Konventionell ■ Wind ■ Solar

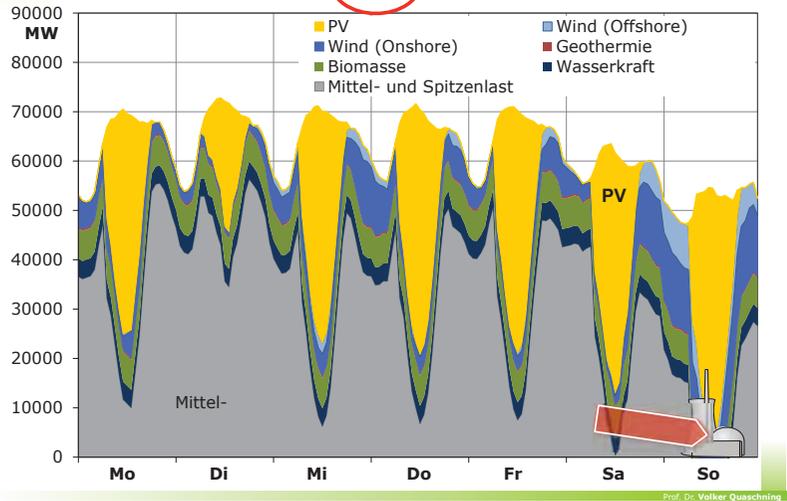
- Produktion von Solarstrom lässt sich sehr gut vorhersagen
- Solarstrom ist hochwertiger Spitzenlaststrom
- Solarleistung bis zu 13,5 GW

Grafik: Leipziger Strombörse EEX, <http://www.transparency.eex.com/de/>

© Fraunhofer ISE

20

Woche im Frühjahr 2020, 70 GW PV, 10 % Solarstromanteil



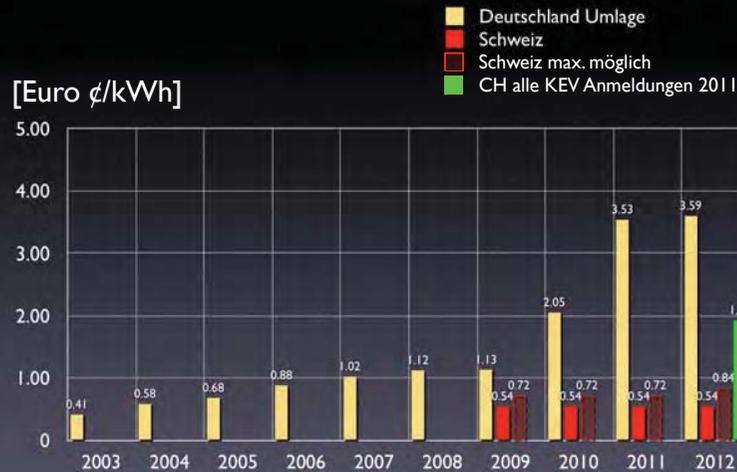
Prof. Dr. Volker Quaschnina

Die Schweiz: Batterie Europas?

Für 2.1 Mrd. CHF werden von Axpo im Kanton Glarus das Werk Linth-Limmern – 1.5 GWp das grösste Pumpspeicherwerk der Schweiz gebaut
 → 2.5 €/W_p



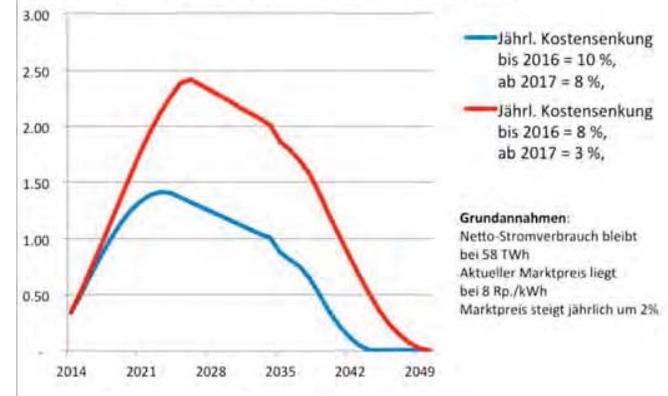
KEV Umlage in Deutschland und der Schweiz 2003 - 2012



1 € = 1.20 CHF



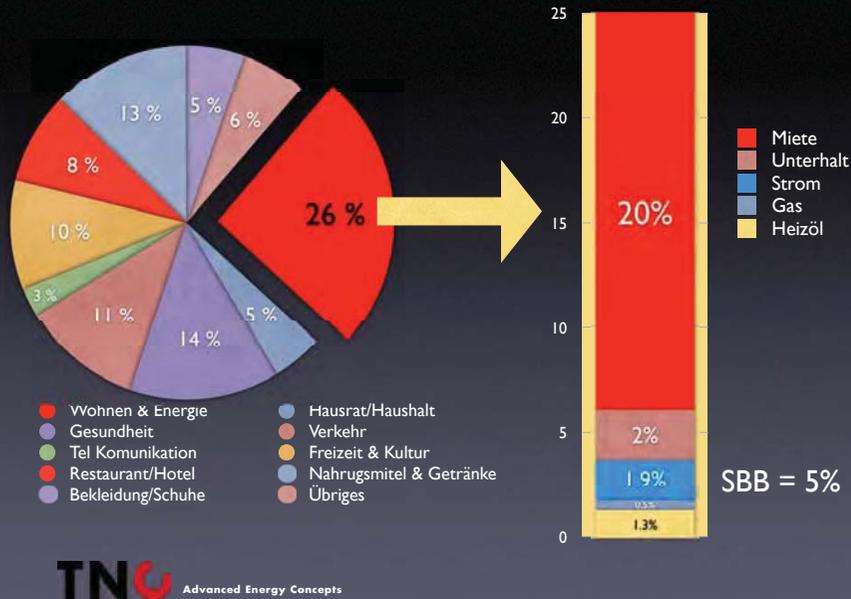
KEV-Umlage in Rp. / kWh: 2 Szenarien für die Photovoltaik



Grundannahmen:
 Netto-Stromverbrauch bleibt bei 58 TWh
 Aktueller Marktpreis liegt bei 8 Rp./kWh
 Marktpreis steigt jährlich um 2%

Für was brauchen wir unser Einkommen?

Landesindex der Konsumentenpreise (Bundesamt für Statistik • Gewichtung 2010)



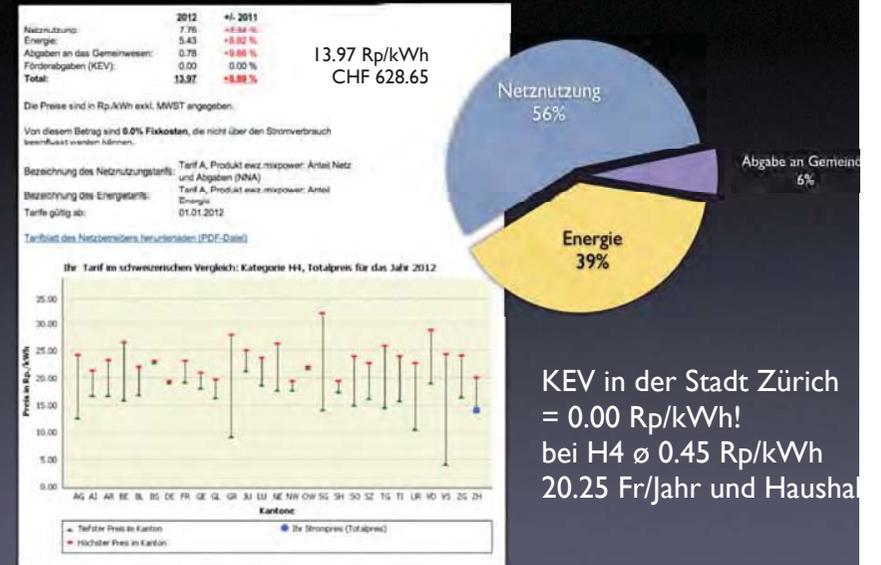
5

Ihr Strompreis in der Stadt Zürich (2012)

Quelle: Eidgenössische Elektrizitätskommission ElCom

Netzbetreiber: EWZ

H4 = 4'500 kWh/Jahr: 5-Zimmerwohnung mit Elektroherd und Tumbler (ohne Elektroboiler)



Warum ist 20% PV in der Schweiz möglich?

- Wir haben bereits einen Strom-Mix 60% Wasserkraft und 38% Atomkraft (fast CO₂ - frei).
- Ohne Küstenregion ist das Anwendungspotential der Windkraft in der Schweiz beschränkt (2.6 TWh)
- 60% Strom aus Wasserkraft in Kombination mit Stromeffizienz und 20% Solarstrom sind die tragenden Säulen der Stromproduktion 2025.
- Ab 10% Solarstromanteil sind technische Massnahmen für die Netzintegration notwendig.

© Th. Nordmann • TNC 2012

Massnahmen zur PV Netzintegration ≤ 20%

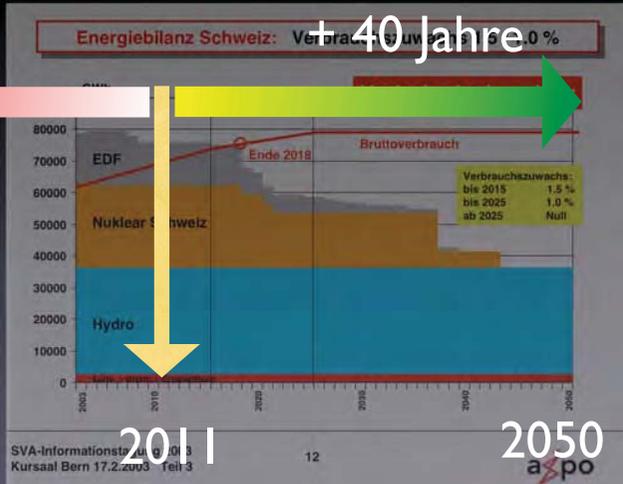
- Der Tag-Nacht-Ausgleich ist dank 60% Wasserkraft rel. leicht machbar. Nur Ausbau der Netzebene 4 - 7.
- Solarstrom ohne Südausrichtung = peak 12:00 Uhr ± 2h
- Mehr PV Produktion im Winterhalbjahr > 40% Ertrag mit Anlagen im Alpenraum.
- Ersatz Elektroheizungen → Vollwärmeschutz & WVP
- PV-Spitzenproduktion mit Smart Grid abregeln (-3%)
- Mehr Pumpspeicherkraftwerke (schon im Bau). Ausbau der Netzebene 1 - 3 notwendig.

Warum hilft uns die Ressource „Zeit“ in der Diskussion mit den Zauderern?

40 Jahre Vor und Zurück

- 40 Jahre

+ 40 Jahre



TNC Advanced Energy Concepts

Warum hilft uns die Ressource „Zeit“?

40 Jahre

2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017 2018 2019 2020
 2030 2021 2022 2023 2024 2025 2026 2027 2028 2029 2031
 2032 2033 2034 2035 2036 2037 2038 2039 2040
 2050 2049 2048 2047 2046 2045 2044 2043 2042 2041

TNC Advanced Energy Concepts



Microsoft Gründung:
4. April 1975
Redmond, USA
Steve Ballmer, CEO
Mitarbeiter:
ca. 90.412 (2011)
Umsatz:
69,94 Mrd. USD (2011)

-37 Jahre

TNC Advanced Energy Concepts

© Nordmann TNC 2011

Bau des ersten Sonnenkollektor-Prüfstand der Schweiz
am EIR (PSI) Würenlingen 1975



Informatik
„PDP 11“
Lochstreifen
Lochkarten

-37 Jahre

TNC Advanced Energy Concepts



-37 Jahre

Erster Sonnenkollektor-Prüfstand der Schweiz am EIR (PSI) Würenlingen 1975

Apple Gründung 1976
Cupertino, USA
Timothy D. Cook (CEO)
Mitarbeiter: 60.400 (2011)
Umsatz: 108,2 Mrd. USD (2011)
Hardware- und Softwarehersteller

-36 Jahre

<http://www>

-23 Jahre

Das Web entstand 1989 als Projekt am CERN bei Genf (Schweiz), an dem Tim Berners-Lee ein Hypertext-System aufbaute. Das ursprüngliche Ziel des Systems war es, Forschungsergebnisse auf einfache Art und Weise mit Kollegen auszutauschen.

© Nordmann TNC 2011



Sieben Thesen I

- Montag
Beim Umstieg gibt es 2035 in der Schweiz keine Stromlücke von 30 TWh.
Ohne Plan A starten wir bei Plan B mit einem Bonus von min. 35 Mia. CHF
- Dienstag
Bis min 20% Marktanteil hat PV auch in der Schweiz kein Flächenproblem.
PV Produktion auch im GW Bereich ist auf 24h \pm 5% genau planbar (Fahrplan)
- Mittwoch
Die Photovoltaik ist heute noch die teuerste Form der Stromproduktion der (neuen) erneuerbaren Energien. 
→ Sie hat gleichzeitig das grösste Anwendungs- und Kosten-Reduktionspotential!
→ TNC ERFA in 22 Jahren - 89% • EPIA bis 2020 weitere - 50%
- Donnerstag
Die Tag-Nacht-Umlagerung ist bei einem PV-Marktanteil von \leq 20% dank 55% Wasserkraft leicht machbar. Die Sommer-Winter-Verlagerung braucht ab 10% PV-Anteil weitere Massnahmen: mehr Anlagen im Alpenraum, keine Elektroheizungen, PV-Spitzen abregeln (-3%) und mehr Pumpspeicher ...

Sieben Thesen II

- Freitag
Der Umsatz der PV Branche 2010 16.9 GW 55 Mia CHF
Der Umsatz der Schweizer PV Branche 2010 2! Mia CHF (> 95% Export)
Das \emptyset Marktwachstum der letzten 10 Jahre +51%/a!
- Samstag
Die Finanzierung des Produktionspark von 12 GWp erfolgt dank KEV am freien Markt.
Die Refinanzierung des Schweizer PV Produktionspark erfolgt mit +1.5 bis +2.5 Rp/kWh
- Sonntag 
100% Erneuerbar ist ökonomisch und technisch die bessere Lösung für unsere demokratische Gesellschaft.
Die Vorfinanzierung zusammen mit dem politischen Willen sind die Herausforderungen.