12. Innovationsgruppensitzung Plusenergie-Gebäude (IG PEG) 18. September 2014
Forschungslabor Photovoltaik-Systemtechnik, BFH-TI • CH-3400 Burgdorf/Schweiz

Optimale Eigenverbrauchs Strategie für Plusenergie-Gebäude

Chancen und Auswirkung der neuen Vorgaben im Energie Gesetz (EnG)

Thomas Nordmann
TNC Consulting AG CH 8706 Feldmeilen
www.tnc.ch • nordmann@tnc.ch

TNC Advanced Energy Concepts

>>> energie-cluster.ch

© Th. Nordmann • TNC 2014

TNC steht für: Solarstrom und Gebäudeeffizienz
Das sind seit 29 Jahren unsere Themen

➜ Entwickeln und umsetzen

Europäischer Solarpreis 1997

- 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 Energie 2000 Nationales Gebäude-Sanierungsprogramm Energie Schweiz 1997/1999
- Vollzug «Das Gebäudeprogramm» für 16 Kantone
- Projekt-Träger Pro 5 kW Projekte Kantone LU, VS, ZH, NE und JU
- Nationales Programm «Gebäude Automation» ab November 2014 BAFU/Klick

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2014

Optimale Eigenverbrauchs Strategie für Plusenergie-Gebäude
Chancen und Auswirkung des neuen Energie Gesetz EnG

Agenda

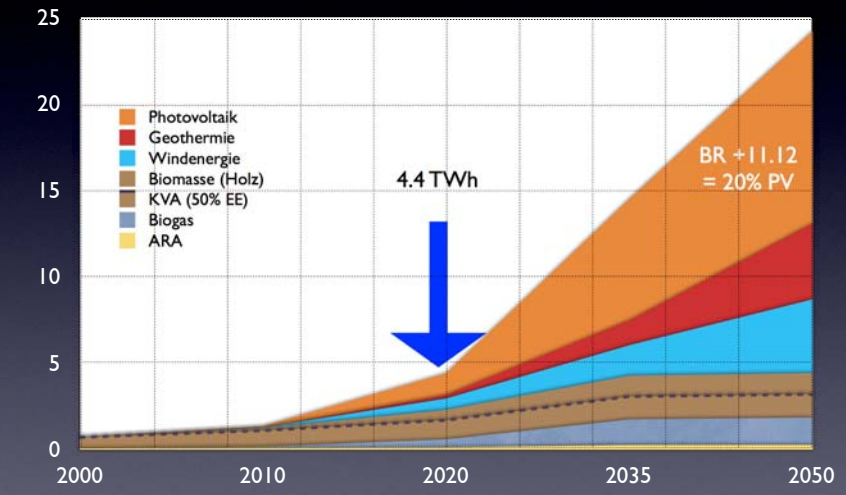
- Der Weg zu 20% Solarstrom bis 2025 oder 2050?
- Was macht Photovoltaik im (Plusenergie-) Gebäude so wichtig?
- Solarstrom Eigenverbrauch: Aus dem kWh und kostenorientierten PV (KEV) Markt zu Energie Systemlösung?
- Wie optimieren und gestalten wir die Stromproduktion und den Strom Bedarf im Plusenergie-Gebäude?
- Was ist eine vier-dimensionale gesamt Energie-Systemlösungen ?
- Wie überbrücken wir das PV Winterloch mit möglichst wenig Speicherung?
- Wie funktioniert der bedarfsorientierte Umbau der Energienutzung im Gebäude mit Solarstrom für fossile Heizung und Mobilität.
- Herausforderungen und Chancen in sieben Thesen

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2014

Stromproduktion neue Erneuerbare

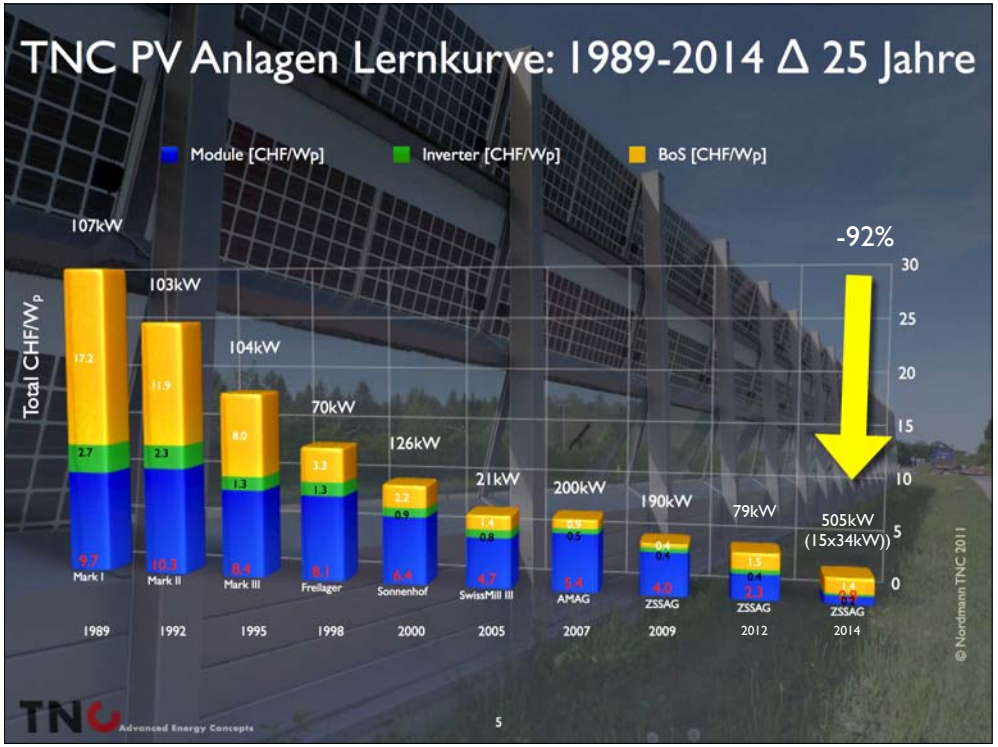
Energiezukunft Schweiz BR 4. 9. 2013



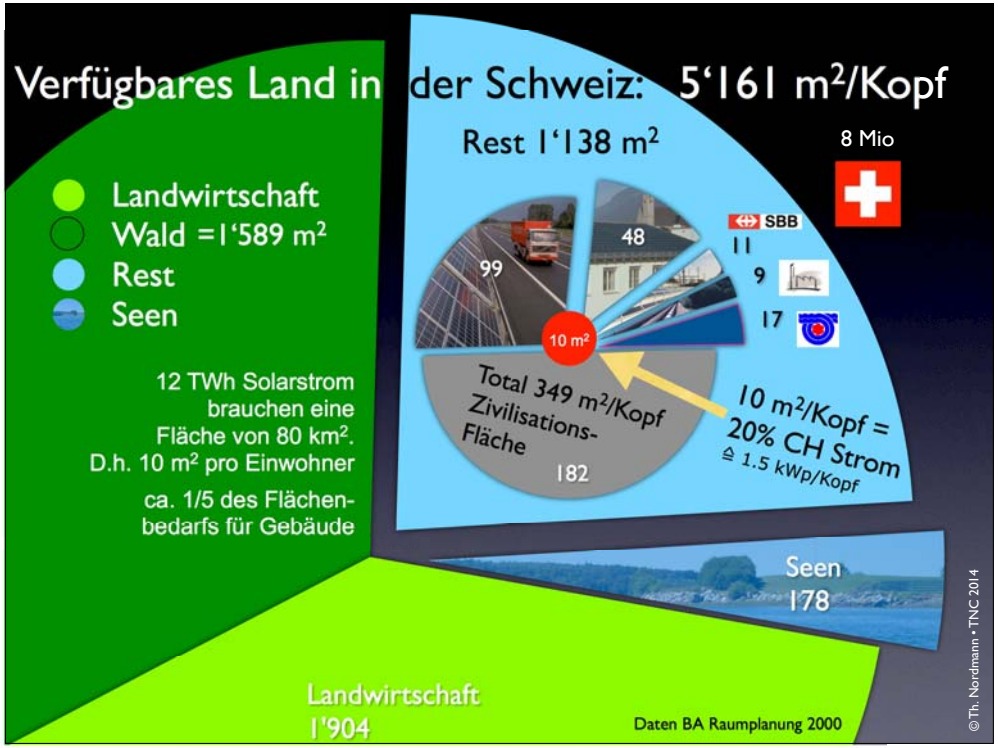
TNC Advanced Energy Concepts

Faktenblatt zur Medienmitteilung BR: 04.09.2013

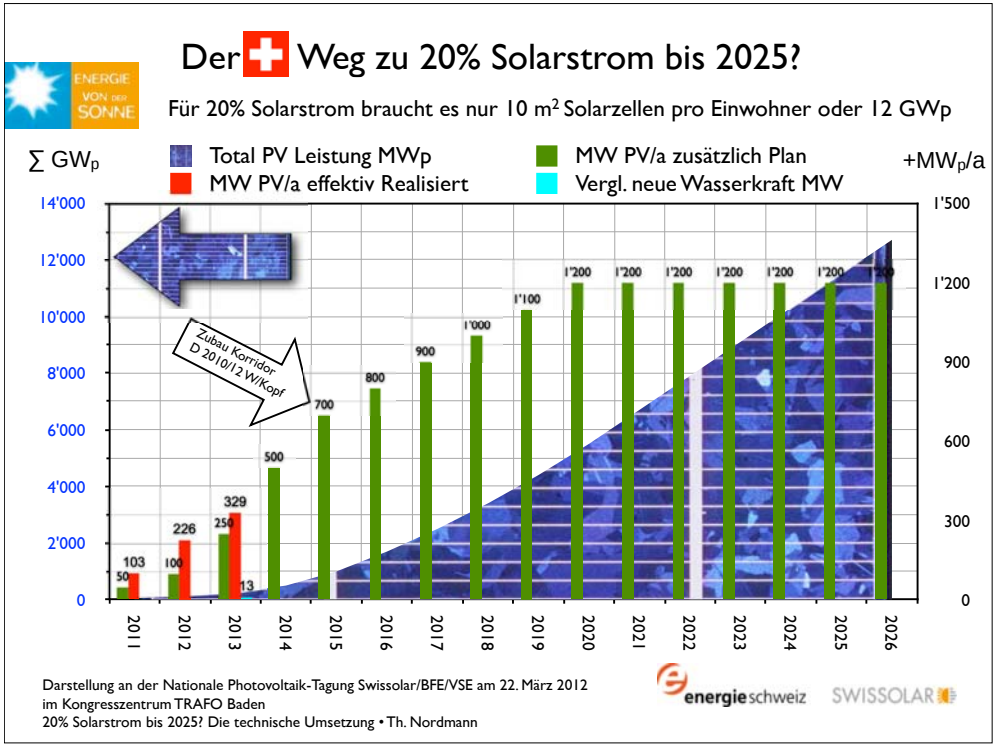
© Th. Nordmann • TNC 2014


TNC PV Anlagen Lernkurve: 1989-2014 Δ 25 Jahre
Module [CHF/Wp]
Inverter [CHF/Wp]
BoS [CHF/Wp]
Total CHF/Wp
-92%
107kW
103kW
104kW
70kW
126kW
21kW
200kW
190kW
79kW
505kW (15x34kW)
Mark I
Mark II
Mark III
Freilager
Sonnenhof
SwissMill III
AMAG
ZSSAG
1989
1992
1995
1998
2000
2005
2007
2009
2012
2014
© Nordmann TNC 2011
TNC Advanced Energy Concepts
5

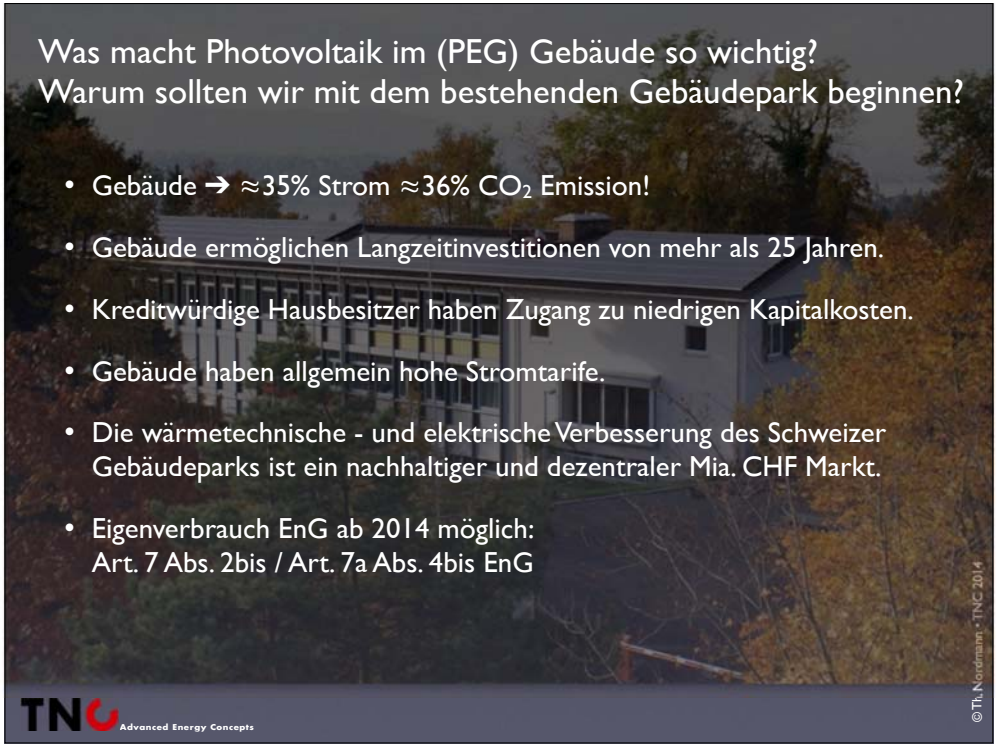
5


Verfügbares Land in der Schweiz: 5'161 m²/Kopf
Landwirtschaft
Wald =1'589 m²
Rest
Seen
12 TWh Solarstrom brauchen eine Fläche von 80 km². D.h. 10 m² pro Einwohner
ca. 1/5 des Flächen-bedarfs für Gebäude
Rest 1'138 m²
8 Mio
99
48
SBB
11
9
17
10 m²
Total 349 m²/Kopf Zivilisations-Fläche
182
10 m²/Kopf = 20% CH Strom
≙ 1.5 kWp/Kopf
Seen
178
Landwirtschaft
1'904
Daten BA Raumplanung 2000
© Th. Nordmann • TNC 2014

6


Der Weg zu 20% Solarstrom bis 2025?
ENERGIE VON DER SONNE
Für 20% Solarstrom braucht es nur 10 m² Solarzellen pro Einwohner oder 12 GWp
∑ GWp
Total PV Leistung MWp
MW PV/a effektiv Realisiert
MW PV/a zusätzlich Plan
Vergl. neue Wasserkraft MW
+MWp/a
Zubau Korridor D 2010/12 W/Kopf
14'000
12'000
10'000
8'000
6'000
4'000
2'000
0
1'500
1'200
900
600
300
0
2011
2012
2013
2014
2015
2016
2017
2018
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
Darstellung an der Nationale Photovoltaik-Tagung Swissolar/BFE/VSE am 22. März 2012
im Kongresszentrum TRAFO Baden
20% Solarstrom bis 2025? Die technische Umsetzung • Th. Nordmann
energieschweiz
SWISSOLAR

7


Was macht Photovoltaik im (PEG) Gebäude so wichtig?
Warum sollten wir mit dem bestehenden Gebäudepark beginnen?
• Gebäude ➔ ≈35% Strom ≈36% CO_2 Emission!
• Gebäude ermöglichen Langzeitinvestitionen von mehr als 25 Jahren.
• Kreditwürdige Hausbesitzer haben Zugang zu niedrigen Kapitalkosten.
• Gebäude haben allgemein hohe Stromtarife.
• Die wärmetechnische - und elektrische Verbesserung des Schweizer Gebäudeparks ist ein nachhaltiger und dezentraler Mia. CHF Markt.
• Eigenverbrauch EnG ab 2014 möglich:
Art. 7 Abs. 2bis / Art. 7a Abs. 4bis EnG
TNC Advanced Energy Concepts
© Th. Nordmann • TNC 2014

8

Der Eigenverbrauch ist im Energiegesetz festgelegt:

Art. 7 Abs. 2bis / Art. 7a Abs. 4bis EnG

- … «Produzenten dürfen die selbst produzierte Energie am Ort der Produktion ganz oder teilweise selber verbrauchen (Eigenverbrauch). Sofern ein Produzent von diesem Recht Gebrauch macht, darf nur die tatsächlich ins Netz eingespeiste Energie als eingespeist behandelt und verrechnet werden.» …
- Der Gesetzgeber hat diese Bestimmungen weiter präzisiert: …
  - Eigenverbrauch zeitgleich mit der Produktion zu erfolgen hat
  - Eigenverbrauch auch bei Mietliegenschaften möglich ist
  - Produzenten keine anderen Preise für den Bezug von Energie verlangt werden dürfen als von vergleichbaren Abnehmern
  - Eigenverbrauch in gewissen Fällen die Bildung einer separaten Tarif - Kundengruppe gerechtfertigt sein kann

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2014

Mit der EnG Anpassung entsteht eine neue Ausgangssituation!

- Im Gebäude optimieren und gestalten wir die Stromproduktion und den Strom Bedarf (bis heute nur Einspeisen und KEV Vergüten)
- Wo entstehen gemeinsame Chancen für das Plusenergie-Gebäude und PV?

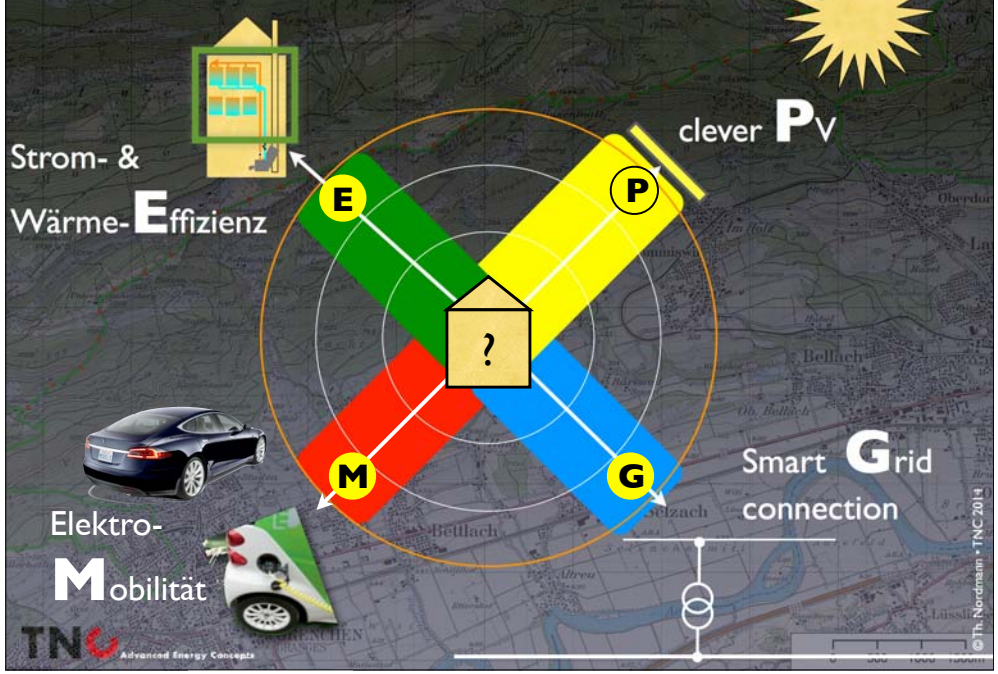
  ➜ Wir optimieren:
  - Minimale Strom Bedarf im Gebäude
  - Zusätzliche Anwendungen für den Solarstrom im Gebäude
  - Maximale PV Eigenproduktion
  - Maximaler Eigenverbrauch
  - möglichst 100% Deckung im Durchschnitt ➜ noch besser jederzeit!
  - Minimale Spitzenleistung beim Netzbezug
  - Minimaler Transfer über`s Strom Netz
    - für 24h Tag/Nacht
    - Saisonal Sommer/Winter

Die Technische Umsetzung ➜ Energie-Systemlösungen «EPGM»

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2014

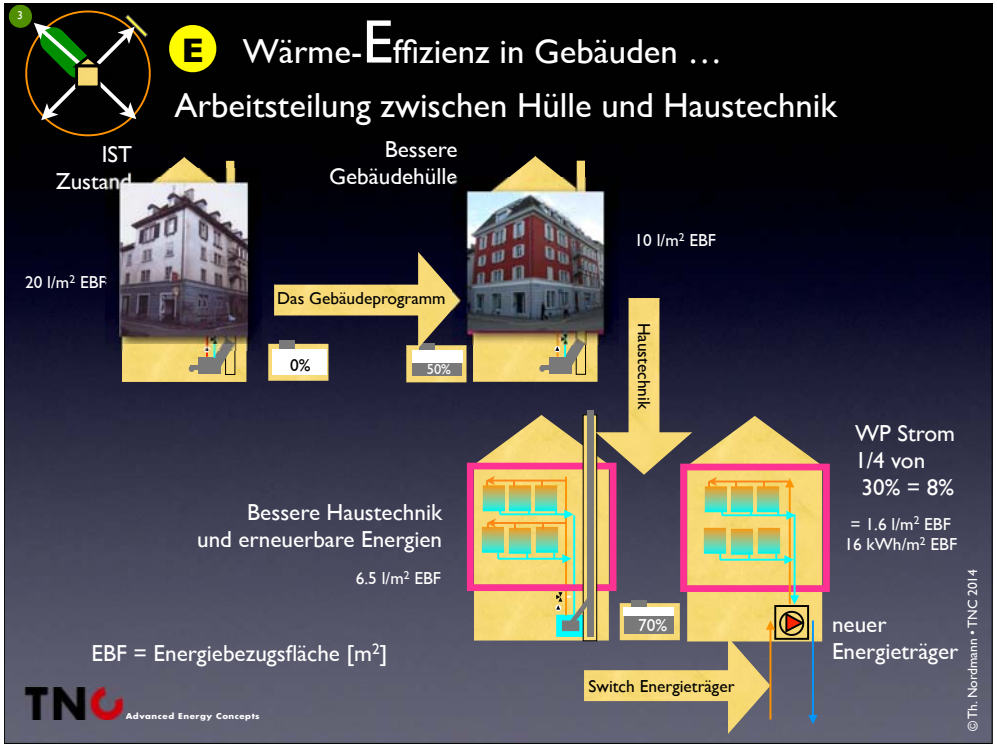
Die vier dimensionale gesamt Energie-Systemlösungen



TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2014

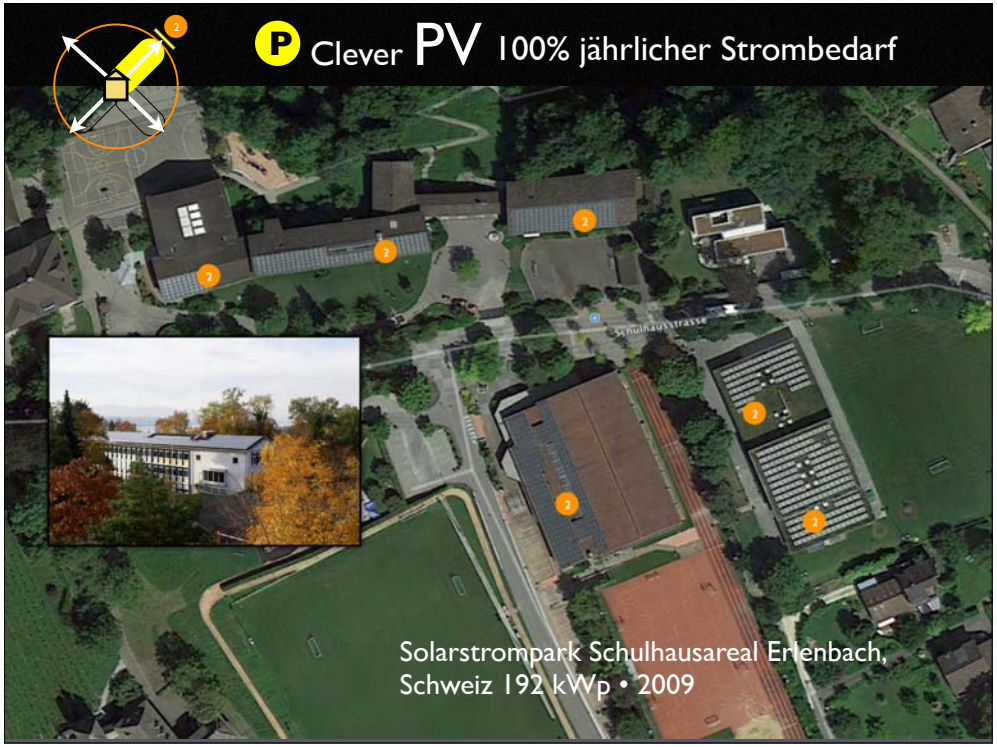
E Strom-Effizienz in Gebäuden …


E Wärme-Effizienz in Gebäuden …
Arbeitsteilung zwischen Hülle und Haustechnik
IST Zustand
20 l/m² EBF
Bessere Gebäudehülle
10 l/m² EBF
Das Gebäudeprogramm
0%
50%
Haustechnik
WP Strom 1/4 von 30% = 8%
= 1.6 l/m² EBF
16 kWh/m² EBF
Bessere Haustechnik und erneuerbare Energien
6.5 l/m² EBF
70%
neuer Energieträger
Switch Energieträger
EBF = Energiebezugsfläche [m²]
TNC Advanced Energy Concepts
© Th. Nordmann • TNC 2014

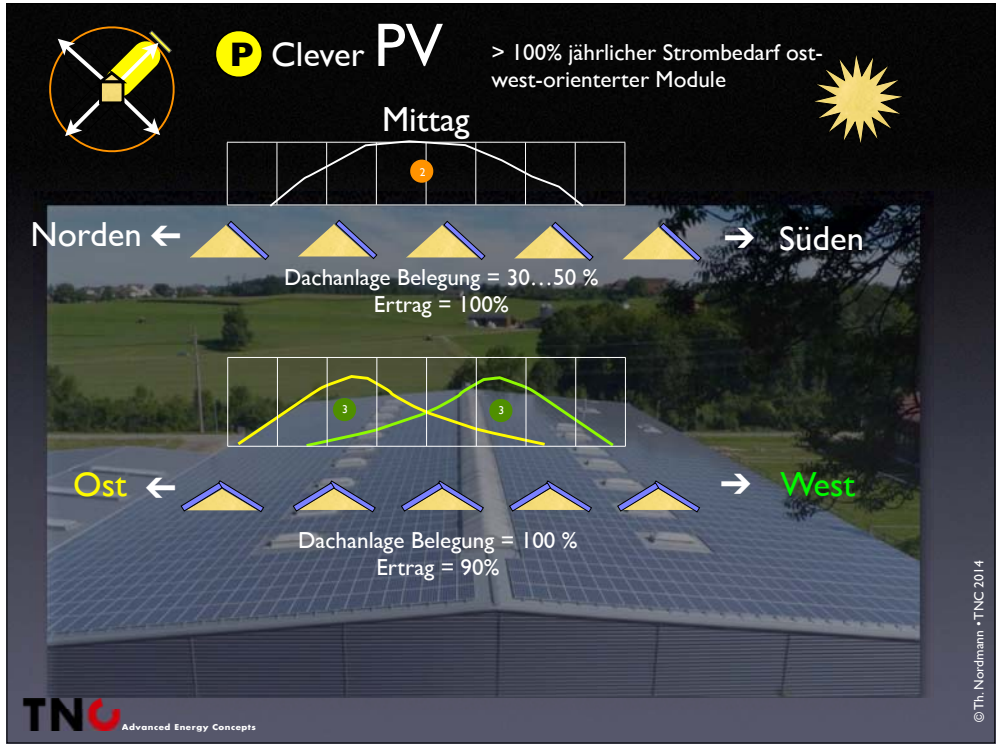
13

P Clever PV
30 kWp > 25'000 kWh
≈ jährlich 10% Strombedarf
30 kWp BIPV in der Kantonsschule Zürich Stadelhofen, Schweizer Solarpreis 1999

14


P Clever PV 100% jährlicher Strombedarf
Solarstrompark Schulhausareal Erlenbach, Schweiz 192 kWp • 2009

15


P Clever PV
> 100% jährlicher Strombedarf ost-west-orienterter Module
Mittag
Norden ←
→ Süden
Dachanlage Belegung = 30…50 %
Ertrag = 100%
Ost ←
→ West
Dachanlage Belegung = 100 %
Ertrag = 90%
TNC Advanced Energy Concepts
© Th. Nordmann • TNC 2014

16

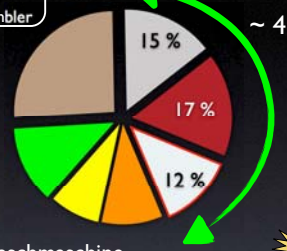
Smart Grid connected

Strom zu Wärme

Zeitverschiebung von + 2h …12h

~ 45 %

- TV,Audio & PC
- Brauchwasser
- Kühlschrank
- Waschmaschine/Tumbler
- Kochen
- Licht
- Andere



Boiler 8h/24h

Kühlschrank
24h/24h
8h/24h!

Waschmaschine …

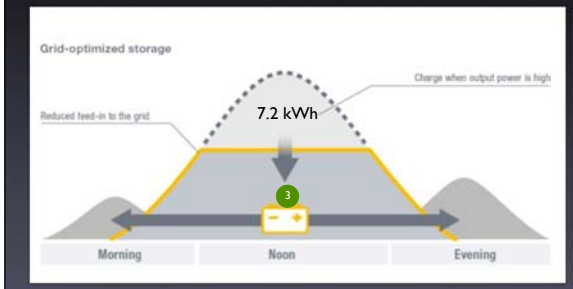
TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2014

Smart Grid connected

Lokaler Batteriespeicher

> 25% täglicher Bedarf Verschiebung 2 - 24h



5 kWp

Ertrag 5'000 kWh 7.2 kWh Batterie

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2014

Elektro-Mobiles, wie man sie heute kaufen kann!

electric-drive

- 15 kWh/100km ➜ 1.7 l Benzin/100 km
- 2 Personen • 145 km/Ladung
- Leistung 55 kW/75 PS • 995 kg
- Batterie 17.6 kWh Li-Ion
- Haltbarkeit der Batterie bis zu 10 Jahren
- Preis: CHF 24'500.-

Renault Fluence Z. E.

- 14 kWh/100km ➜ 1.6 l Benzin/100 km
- 5 Personen • 185 km/Ladung
- Leistung 70 kW/95 PS • 1`610 kg
- 22 kWh Batterie Li-Mn, O_2
- Haltbarkeit der Batterie bis zu 10 Jahren
- Preis CHF 30'600.-

Tesla S

- 18 kWh/100 km ≈ 1.9 l Benzin/100 km
- 5 Personen • 375 km/Ladung
- Leistung 225 kW/302 PS • 2'100 kg
- Li-Ion Batterie 60 kWh
- 8 Jahre und/oder 200'000 km Garantie
- Preis: CHF 71'100.-

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2014

Wo läd man das Elektroauto?

- 18 kWh/100 km ➜ 3'000 kWh/20'000 km
- Ladung η > 80%
- Eine PV Anlage mit 3 - 4 kWp ist notwendig
  Kosten 2013 ➜ CHF ca. 14'000.-
  ➜ Damit hast Du einen vollen Tank für die nächsten 25 Jahre!

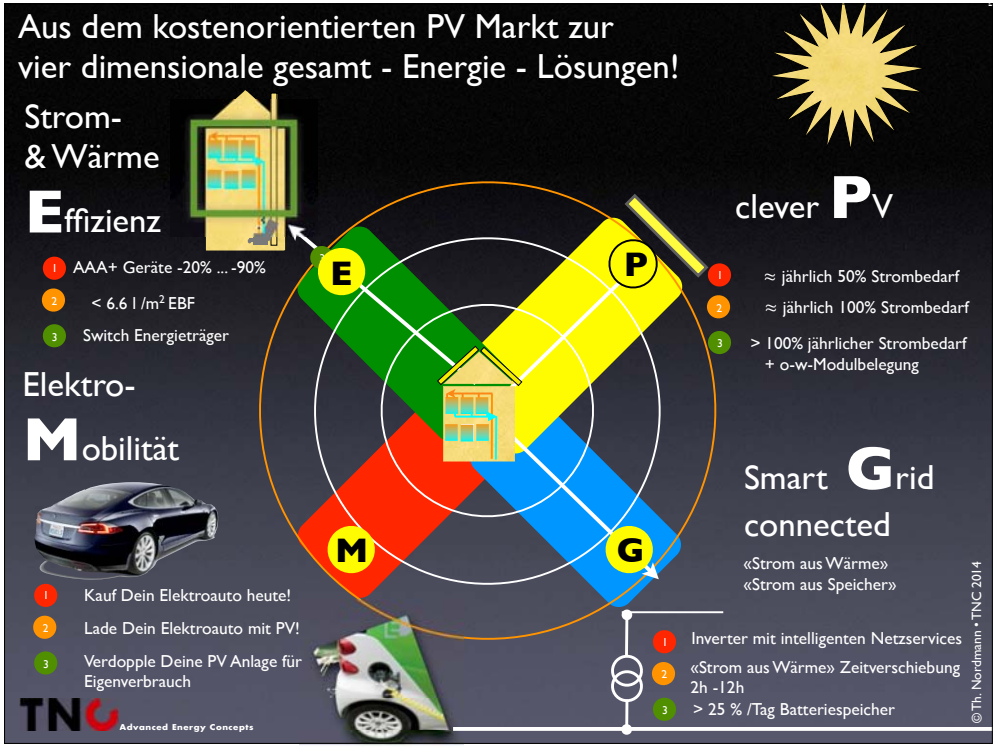
4 kW
3'000 kWh/Jahr

TNC Advanced Energy Concepts

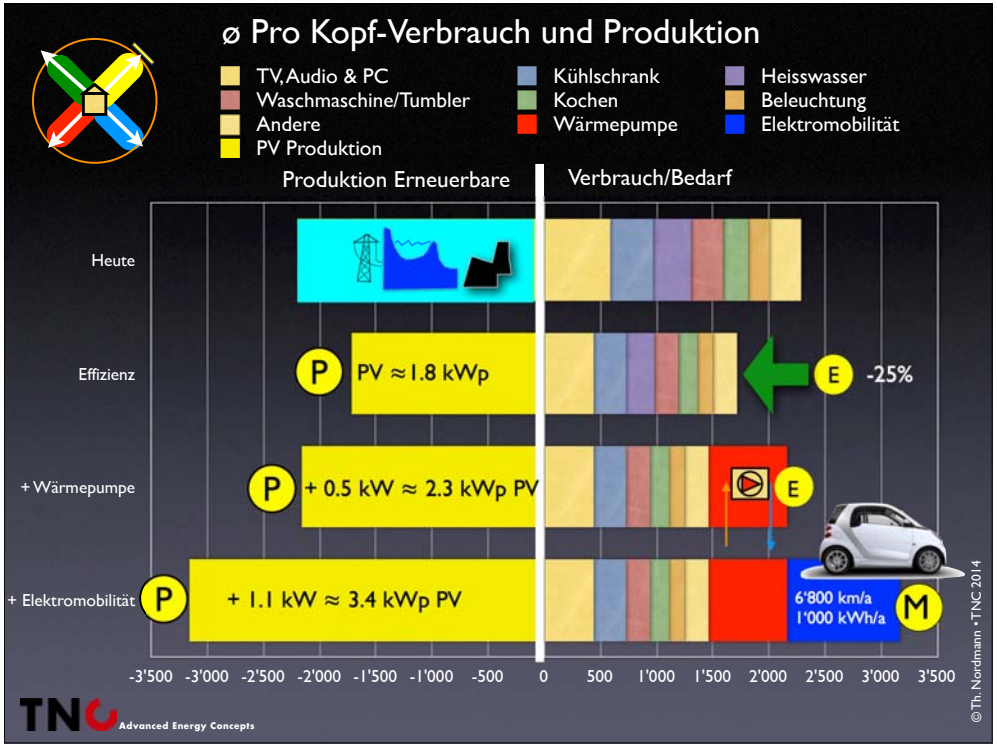
© Th. Nordmann • TNC 2014

M
Wo läd man das Elektroauto?
TESLA
Charging
85kWh,400VDC
TNC Advanced Energy Concepts
©Th. Nordmann • TNC 2014

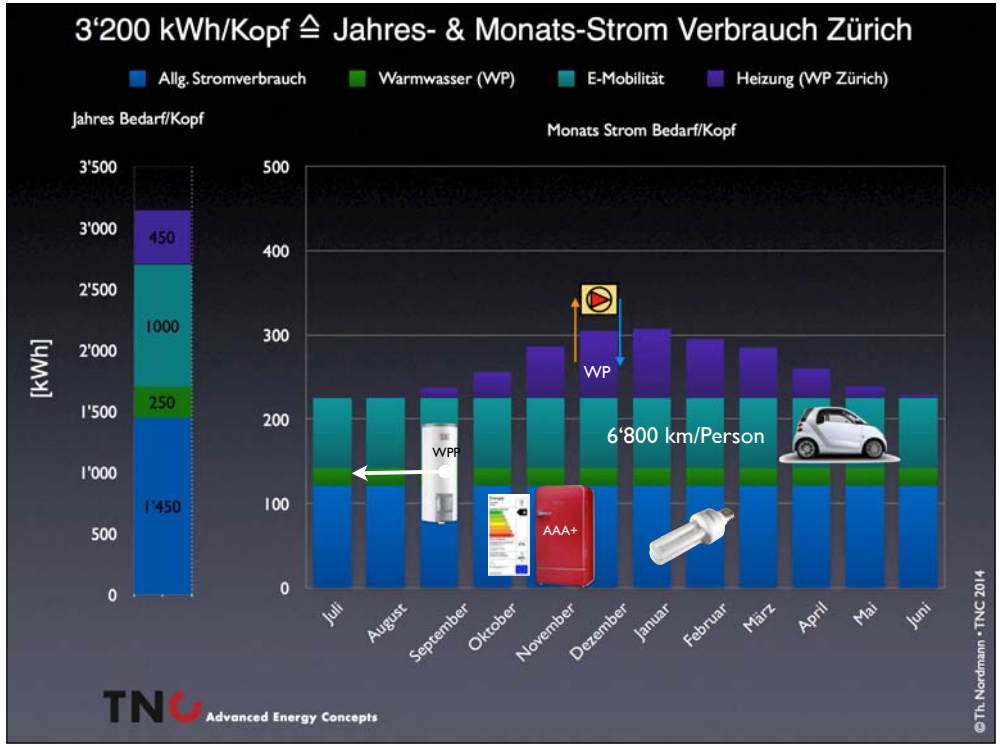
21


Aus dem kostenorientierten PV Markt zur
vier dimensionale gesamt - Energie - Lösungen!
Strom-
& Wärme
Effizienz
1 AAA+ Geräte -20% ... -90%
2 < 6.6 l /m² EBF
3 Switch Energieträger
Elektro-
Mobilität
1 Kauf Dein Elektroauto heute!
2 Lade Dein Elektroauto mit PV!
3 Verdopple Deine PV Anlage für Eigenverbrauch
E
P
M
G
clever PV
1 ≈ jährlich 50% Strombedarf
2 ≈ jährlich 100% Strombedarf
3 > 100% jährlicher Strombedarf + o-w-Modulbelegung
Smart Grid
connected
«Strom aus Wärme»
«Strom aus Speicher»
1 Inverter mit intelligenten Netzservices
2 «Strom aus Wärme» Zeitverschiebung 2h -12h
3 > 25 % /Tag Batteriespeicher
TNC Advanced Energy Concepts
©Th. Nordmann • TNC 2014

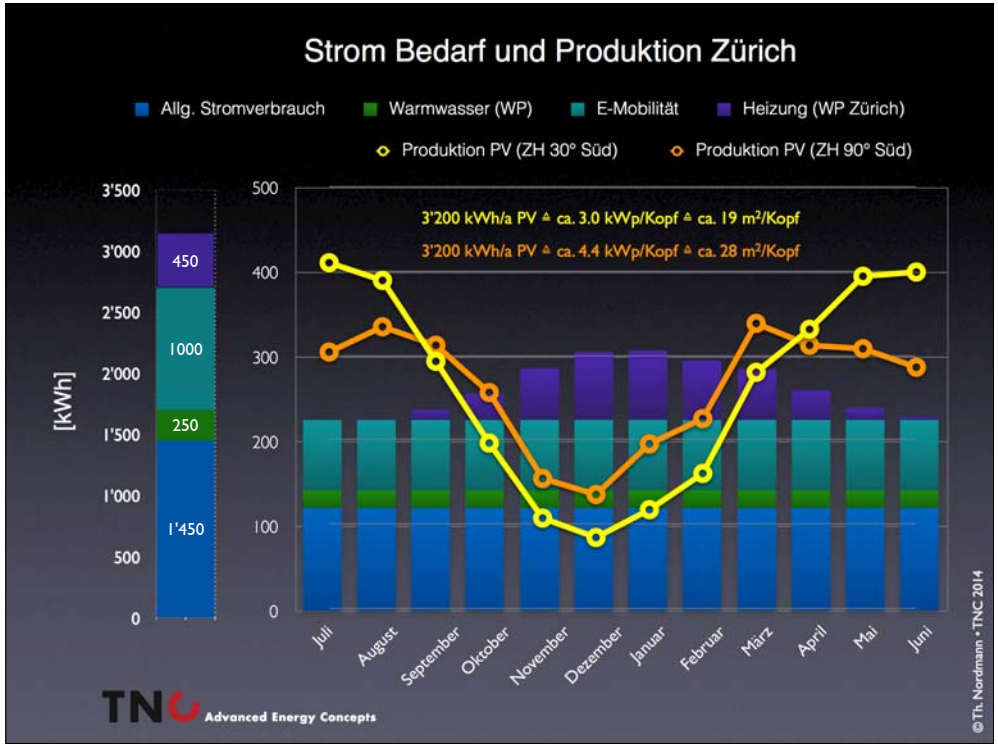
22


ø Pro Kopf-Verbrauch und Produktion
TV,Audio & PC
Waschmaschine/Tumbler
Andere
PV Produktion
Kühlschrank
Kochen
Wärmepumpe
Heisswasser
Beleuchtung
Elektromobilität
Produktion Erneuerbare
Verbrauch/Bedarf
Heute
Effizienz
+ Wärmepumpe
+ Elektromobilität
P PV ≈ 1.8 kWp
E -25%
P + 0.5 kW ≈ 2.3 kWp PV
P + 1.1 kW ≈ 3.4 kWp PV
6'800 km/a
1'000 kWh/a
M
-3'500 -3'000 -2'500 -2'000 -1'500 -1'000 -500 0 500 1'000 1'500 2'000 2'500 3'000 3'500
TNC Advanced Energy Concepts
©Th. Nordmann • TNC 2014

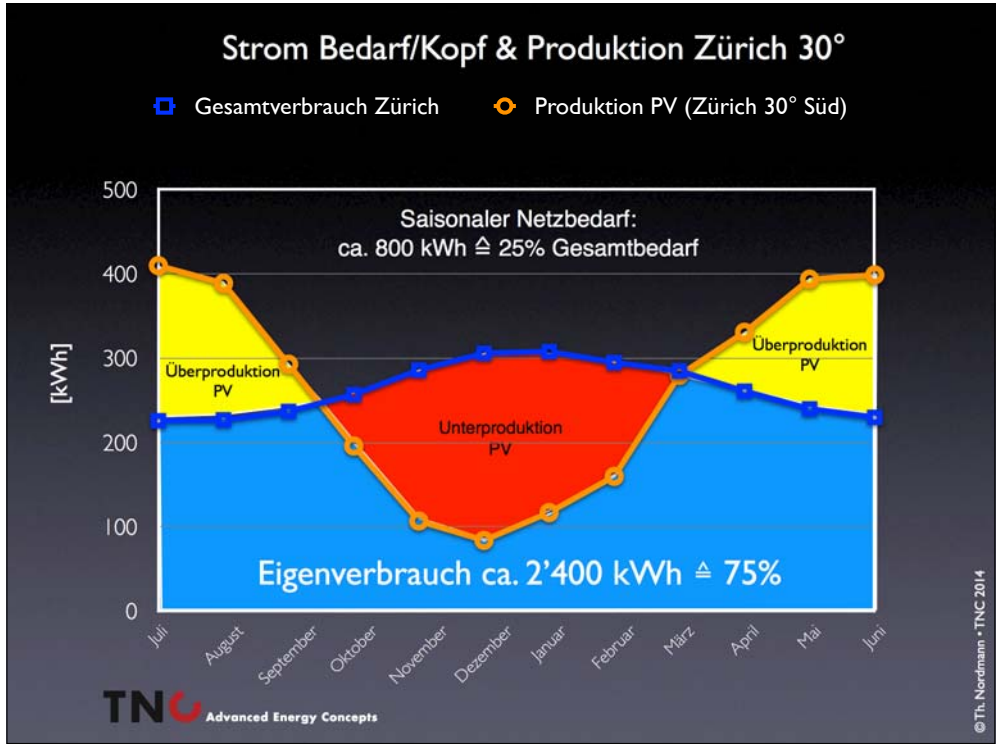
23


3'200 kWh/Kopf ≙ Jahres- & Monats-Strom Verbrauch Zürich
Allg. Stromverbrauch
Warmwasser (WP)
E-Mobilität
Heizung (WP Zürich)
Jahres Bedarf/Kopf
Monats Strom Bedarf/Kopf
[kWh]
3'500
3'000
2'500
2'000
1'500
1'000
500
0
450
1000
250
1'450
500
400
300
200
100
0
WP
WPF
AAA+
6'800 km/Person
Juli
August
September
Oktober
November
Dezember
Januar
Februar
März
April
Mai
Juni
TNC Advanced Energy Concepts
©Th. Nordmann • TNC 2014

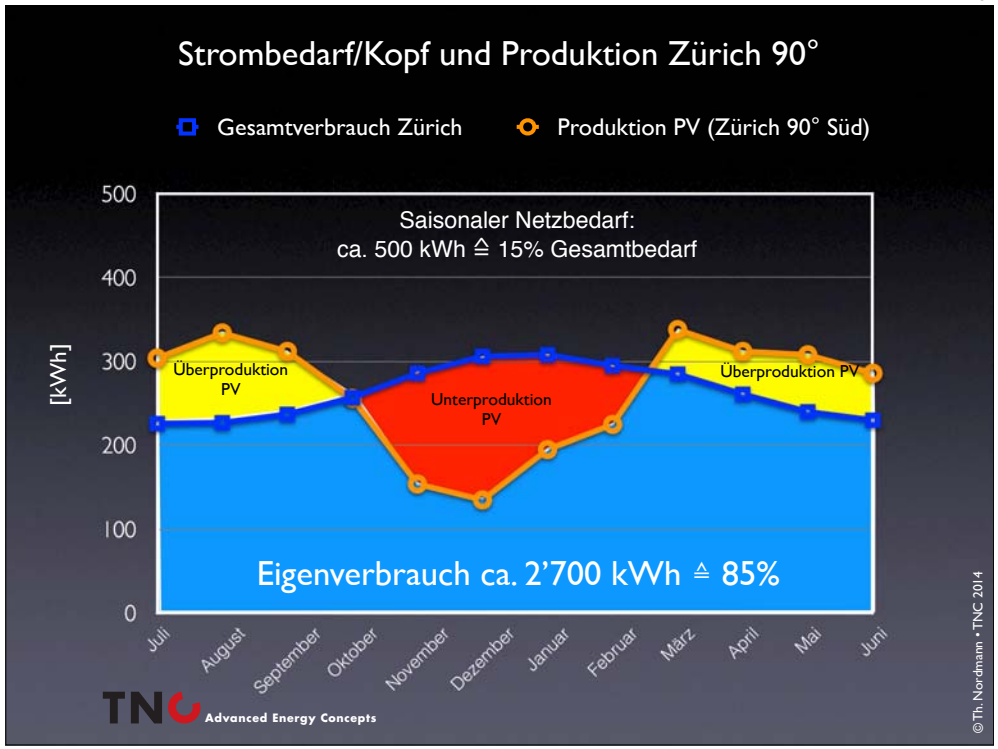
24


Strom Bedarf und Produktion Zürich
Allg. Stromverbrauch
Warmwasser (WP)
E-Mobilität
Heizung (WP Zürich)
Produktion PV (ZH 30° Süd)
Produktion PV (ZH 90° Süd)
3'200 kWh/a PV ≙ ca. 3.0 kWp/Kopf ≙ ca. 19 m²/Kopf
3'200 kWh/a PV ≙ ca. 4.4 kWp/Kopf ≙ ca. 28 m²/Kopf
[kWh]
450
1000
250
1'450
Juli
August
September
Oktober
November
Dezember
Januar
Februar
März
April
Mai
Juni
TNC Advanced Energy Concepts
© Th. Nordmann • TNC 2014

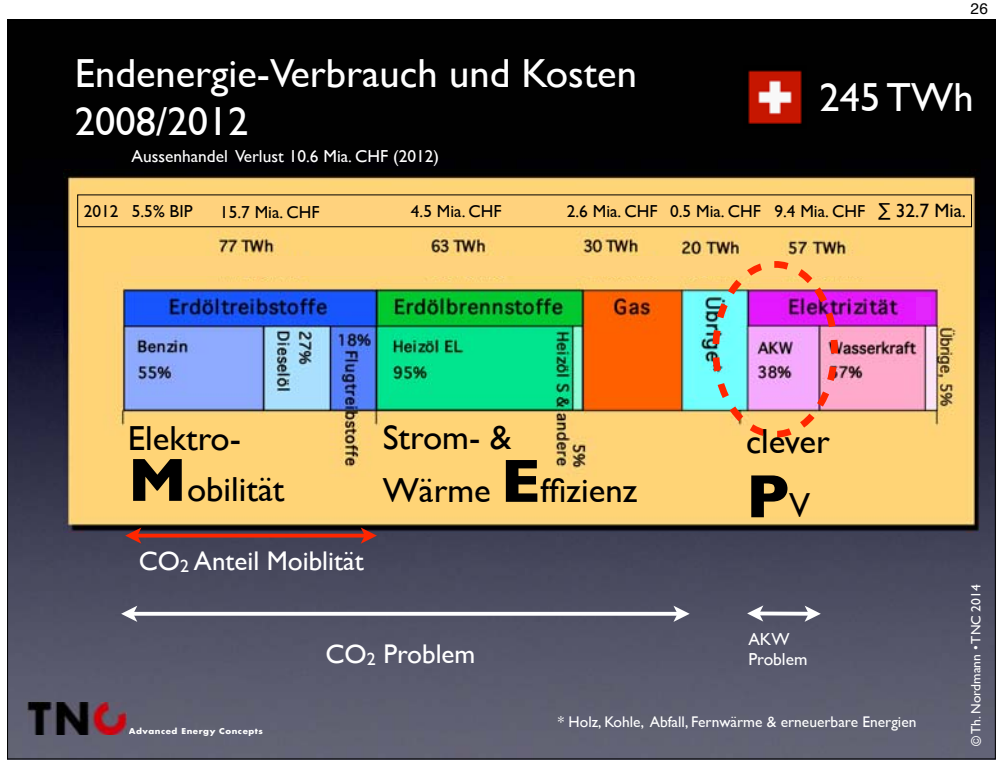
25


Strom Bedarf/Kopf & Produktion Zürich 30°
Gesamtverbrauch Zürich
Produktion PV (Zürich 30° Süd)
Saisonaler Netzbedarf:
ca. 800 kWh ≙ 25% Gesamtbedarf
[kWh]
Überproduktion PV
Unterproduktion PV
Überproduktion PV
Eigenverbrauch ca. 2'400 kWh ≙ 75%
Juli
August
September
Oktober
November
Dezember
Januar
Februar
März
April
Mai
Juni
TNC Advanced Energy Concepts
© Th. Nordmann • TNC 2014

26


Strombedarf/Kopf und Produktion Zürich 90°
Gesamtverbrauch Zürich
Produktion PV (Zürich 90° Süd)
Saisonaler Netzbedarf:
ca. 500 kWh ≙ 15% Gesamtbedarf
[kWh]
Überproduktion PV
Unterproduktion PV
Überproduktion PV
Eigenverbrauch ca. 2'700 kWh ≙ 85%
Juli
August
September
Oktober
November
Dezember
Januar
Februar
März
April
Mai
Juni
TNC Advanced Energy Concepts
© Th. Nordmann • TNC 2014

27


Endenergie-Verbrauch und Kosten 2008/2012
245 TWh
Aussenhandel Verlust 10.6 Mia. CHF (2012)
2012 5.5% BIP 15.7 Mia. CHF 4.5 Mia. CHF 2.6 Mia. CHF 0.5 Mia. CHF 9.4 Mia. CHF ∑ 32.7 Mia.
77 TWh 63 TWh 30 TWh 20 TWh 57 TWh
Erdöltreibstoffe
Erdölbrennstoffe
Gas
Übrige
Elektrizität
Benzin 55%
27% Dieselöl
18% Flugtreibstoffe
Heizöl EL 95%
Heizöl S & andere 5%
AKW 38%
Wasserkraft 57%
Übrige, 5%
Elektro-Mobilität
Strom- & Wärme Effizienz
clever PV
CO₂ Anteil Moiblität
CO₂ Problem
AKW Problem
* Holz, Kohle, Abfall, Fernwärme & erneuerbare Energien
TNC Advanced Energy Concepts
© Th. Nordmann • TNC 2014

28

Herausforderungen und Chancen in sieben Thesen (I)

- Montag
  Die wärmetechnische Gebäudesanierung ist die wichtigste Aktivität beim Sparen von CO_2
  Den „Pullover“ brauchen wir vor der Wärmeerzeugung für die (WP) Heizung.
- Dienstag
  Strom-Eigenverbrauch ist eine gemeinsame Chance für das Plusenergie-Gebäude und PV!
  Wir optimieren:
  - Minimaler allg. Strombedarf im Gebäude
  - Maximale PV Eigenproduktion
  - Maximaler Eigenverbrauch
  - Zusätzlicher Strom für WP Strom im Winter und Elektromobilität
  - damit spart PV auch 1:1 CO_2
- Mittwoch
  Für die Entlastung des Schweizer Stromnetzes brauchen wir:
  - möglichst 100% Deckung im Durchschnitt ➜ besser jederzeit!
  - Minimale Spitzenleistung beim Netzbezug
- Donnerstag
  Es gibt zwei Speicherprobleme im Netz: Tag/Nacht und Sommer/Winter
  - Mit der vorhandenen Wasserkraft, „Power to Heat“ (45%) und der kurzzeitigen lokalen Batteriespeicherung überbrücken wir 24h Tag/Nacht.
  - Das PV Winterloch kann mit senkrecht nach Süden angeordneten, immer schneefreien Modulen zu einem guten Teil überbrückt werden! Es bleibt (im Mittelland) ein kleiner saisonaler Strom-Speicherbedarf Sommer/Winter.

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2014

Herausforderungen und Chancen in sieben Thesen (II)

- Freitag
  Mit 4 kW_p Photovoltaik/Einwohner decken wir im Gebäude:
  Den allg. Strombedarf, die WP Heizung und die Elektro-Mobilität in der Jahresbilanz zu 100% und in der saisonalen Bilanz zu > 80%. Photovoltaik kann auf dem eigenen Dach oder in der Gemeinschaftsanlage produziert werden.
- Samstag
  Mit der vier-dimensionalen Gesamt-System-Lösung ist eine Umstellung auf 100% Erneuerbar und Energieeffizienz heute schon möglich. Die PV Anwendung wird vervielfacht und zusätzlich ein wichtiger Beitrag zur CO_2 Reduktion bei Wärme und Verkehr geleistet.
- Sonntag
  Der direkte Ersatz der Kernenergie durch PV (11 TWh) ist neben dem CO_2 Problem der zweite Anlass für den Umbau der Energienutzung im Gebäude.
  Solarstrom kann bedarfsorientiert im Gebäude auch für die zwei zusätzlichen fossile Energiemärkte Heizung (93 TWh) und Mobilität (61 TWh) eingesetzt werden.

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2014