EMPA
Materials Science & Technology

«From PV Systems to Energy Solutions»

Thomas Nordmann
CEO TNC Consulting AG
8706 Feldmeilen/Switzerland
www.tnc.ch
nordmann@tnc.ch

TNC Advanced Energy Concepts

SOL ccem.ch swisselectric research

Preliminary Remark:

From PV Systems to Energy Solutions …

- Published opinion, energy politics and the society
- A proposal for a 4 dimensions Energy Solution Provider
- Conclusions

- This presentation is not a report of recent TNC project.
- Here are some considerations reflecting my 40 years of experience in solar power, housing technology and building efficiency.
- I will make here my own proposal for the possible steps of the PV community and the industry to help improve energy and ecological wise the existing building stock in Europe.

TNC Advanced Energy Concepts

«From PV Systems to Energy Solutions»

Agenda

- Outlook the Swiss energy future 2013 - 2050 with PV?
- Can we afford a feed in tariff?
- What makes photovoltaic in buildings so important?
- Why do we need a joint Swiss/European plan to allow high PV penetration in the power grid?
- How do we emerge from lower cost PV [€/kWh] market to a Energy Solution Provider?
- Why power to heat, power to storage and power to wheel?
- Seven conclusions …

TNC Advanced Energy Concepts

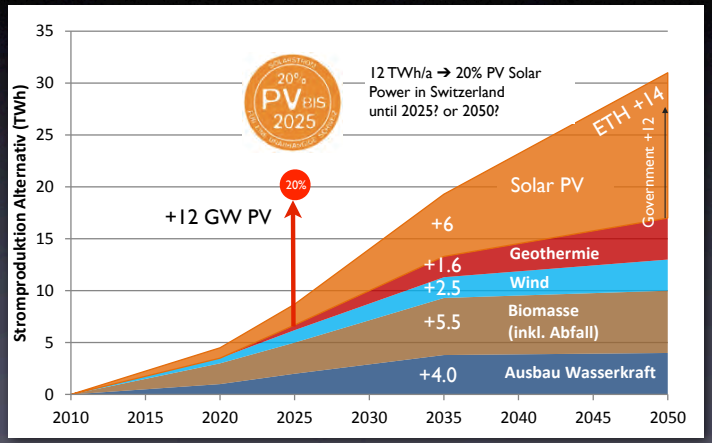
TNC stands for: Solar Power and Building Efficiency
Our themes for more than 26 years

➜ Development and Implementation

- 1989 first Photovoltaic system on a highway noise barrier (BFE P&D)
- 1996 developing the world's first solar power exchange model for the ewz, Elektrizitätswerk der Stadt Zürich
- Using bifacial technology (two-sided solar cells) as a noise barrier alongside roads 1994 and rail track 2008 (European patent)
- 1997/1999 responsible for the process development and implementation of the first national building renovation program by the Swiss federal government as part of Energy 2000 strategy.
- Implementation of the Swiss national building renovation program „Das Gebäudeprogramm" for 16 States (Kantone) Mio €. 220/a
- Activity leader IEA PVPS Task 13 Performance & Reliability of PV Systems

TNC Advanced Energy Concepts

Outlook the Swiss Energy Future 2010 - 2050

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

TNC Advanced Energy Concepts

Published Opinion

Samstag, 19. Oktober 2013 · Nr. 243

MEINUNG & DEBATTE

Neue Zürcher Zeitung

25

Deutsche «Energiewende» ist kein Modell für den Rest der Welt

Verschiebungen im Energiemix finden in vielen Weltregionen statt. Das deutsche Modell verhal… zwar zum Durchbruch, aber auf Kosten der Wettbewerbsfähigkeit. Marktwirtschaftliche Strategien sind ökologisch und… Müller, Tuegu

Manchmal braucht es etwas Abstand, um wichtige Details zu erkennen. Wer zu nah dran ist, verliert oft Relationen und Durchblick. Im Energiebereich bietet jeweils der alle drei Jahre durchgeführte Weltenergiekongress diesen Überblick. Hier werden regionale Entwicklungen in den globalen Kontext gestellt. Was den Primärenergieverbrauch betrifft, erhärtet sich die Vermutung, dass fossile Energieträger weiterhin den grössten Beitrag zur Energieversorgung leisten und dies noch während Jahrzehnten tun werden. Vier Fünftel aller Energie werden heute aus Kohle, Erdöl und Erdgas gewonnen, bei der Elektrizität sind es zwei Drittel. Auch im Jahr 2030 wird die Mehrheit des Stroms noch aus fossilen Energien erzeugt. Die Dominanz fossiler Energiestoffe bleibt unangetastet, selbst wenn sich zunehmend mehr Länder in Richtung einer starken Förderung der Erneuerbaren (vor allem Wind, Solar, Photovoltaik) entwickeln, wie dies in Deutschland am konsequentesten betrieben wird. Was dies für die Umwelt heisst, lässt wenig Zweifel offen. Die Klimaschutzziele sind Makulatur, als Alternative bleibt Anpassung an den Klimawandel – was vielleicht gar nicht so schlimm ist, denn eine auf unsicherer Basis stehende Versorgerpolitik führt nur zu oft zu Fehlallokationen.

Geplante und ungeplante Wenden

Trotz der scheinbar unangefochtenen Stellung fossiler Energien hat sich der Energiemix in vielen Ländern in bedeutendem Ausmass verändert. Für eine traditionell in Jahrzehnten denkende Branche hat sich in jüngster Vergangenheit sehr viel sehr schnell verändert. In Japan, wo einst 30 Prozent des Stroms aus Kernkraftwerken kamen, ist zweieinhalb Jahre nach dem Unfall in Fukushima kein einziges AKW mehr in Betrieb. Stattdessen muss das Land teures verflüssigtes Erdgas importieren zu Preisen, die fünfmal höher sind als in den USA. Auch in den USA ändert sich der Energiemix deutlich. Wie in China und in Indien ist Kohle auch in den USA mit einem Anteil von 40 Prozent (einst über die Hälfte) noch immer die wichtigste Quelle in der Stromproduktion. Doch die Zukunft gehört dem dank neuen Abbaumethoden (Fracking) überreichlich vorhandenen Erdgas. Weil bei der Verbrennung von Erdgas nur etwa halb so viel CO_2 freigesetzt wird wie bei Kohle, ist es den USA gelungen, die Emissionen zu senken. Im Gegensatz dazu steigen im Land des ökologischen Musterschülers Deutschland die CO_2-Emissionen, weil für… legten Kernkraftwerke alte, ineffiziente Kohlekr… nötige Bandenergie liefern (müssen). Mit vergleic… berem Erdgas betriebene Kraftwerke werden als… sich ihr Betrieb in Zeiten mit überschüssigen, al… eingespeisten erneuerbaren Energien nicht m…

Gemessen an den Entwicklungen in anderen… ist das vorläufige Fazit der deutschen «Ener… auch auf einige benachbarte Länder wie d… strahlt, ernüchternd. Nur mit Blick auf den h… die aus Windkraft und Photovoltaik stammen… mässigewicht eingenommen haben, kann die… gewende» – die offenbar niemand zu kopier… Erfolg bezeichnet werden. An extrem sonn… Tagen ist es schon vorgekommen, dass in … und Solar temporär über 50 Prozent der in… speisten Elektrizität lieferten – doch zu w… deutschen Bürger müssen die europaw… preise zahlen, obwohl die Grosshandelsp… Zeit fallen. Inzwischen entfällt mehr als d… tarife in Deutschland auf Gebühren und… auf die für die Förderung der Erneuerb… die den deutschen Stromkonsumenten … als 20 Milliarden Euro kosten wird.

Während sich einige energieintensiv… demerweise von diesen Zusatzbelastu… treffen sie den Mittelstand mit voller W… gleitenden Bereiche der Wertschö… abwandern, wächst die Gefahr, dass … Fertigung und Grundlagenforschun… Laut dem deutschen Umweltminister… ten Kosten der «Energiewende» bi… Euro summieren, wenn auch die … den Stromnetzausbau, die Bereitst… tionen und Gebäudesanierungen … dabei sollte nie vergessen werden… kritisch eher fragwürdig legitim… Man kann nur mit Erstaunen fe… Geduld deutsche Bürger diese …

Doch nicht nur die deutsche… auch die gesamte europäische … gen. Die CO_2-Emissionen steig… wegen der volatilen Einspei…

TNC Advanced Energy Concepts

The plan A: with 30 bn. CHF against the „Stromlücke"

Lösungsvorschlag der Stromverbundunternehmen

Investitionen bis 2035 in:	Volumen in Schweizer Franken	Produktions-zuwachs
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 Übergangszeit: 10 Mrd. kWh jährlich)

Quelle: Swisselectric, 2007

The «non exit» would cost until 2035 min. 30 billion CHF !

Two more reasons: Why the business case for Swiss hydro pump-storage has collapsed?

CHART - Swiss CHF to € - 5 years
2008 1 € = 1.50 CHF > 123%
2013 1 € = 1.22 CHF > 100%

The lack of incentives

- The industry in the EU must provide rights for the emission of CO_2, which allows companies to trade with each other.
- Due to the low current price of € 4/t of carbon dioxide incentives for climate-friendly investments are lacking.
- Targeted the EU Commission once had a target value of 30 € - but the economic downturn of recent years suppressed demand and price.

TNC Advanced Energy Concepts

Your cost for electric power in Dübendorf (2013)

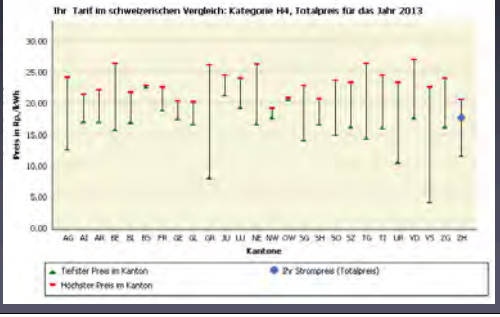
Quelle: Eidgenössische Elektrizitätskommission ElCom 22-10-2013
Grid operator: Glattwerk AG, Dübendorf
H4 = 4'500 kWh/year: 5 people-apartment with electric cooker and tumbler

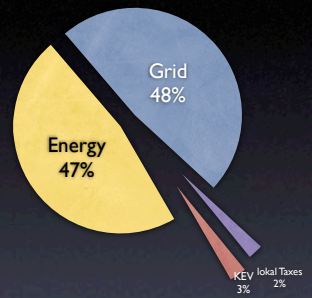
Gemeinde:	Dübendorf	
Netzbetreiber:	Glattwerk AG	
	2013	+/- 2012
Netznutzung:	8.52	-1.73 %
Energie:	8.34	+5.04 %
Abgaben an das Gemeinwesen:	0.40	0.00 %
Förderabgaben (KEV):	0.45	0.00 %
Total:	17.71	+1.43 %

Die Preise sind in Rp./kWh exkl. MWST angegeben.

Von diesem Betrag sind **13.6% Fixkosten**, die nicht über den Stromverbrauch beeinflusst werden können.

17.71 Rp/kWh = CHF 796.95/year incl. MWSt



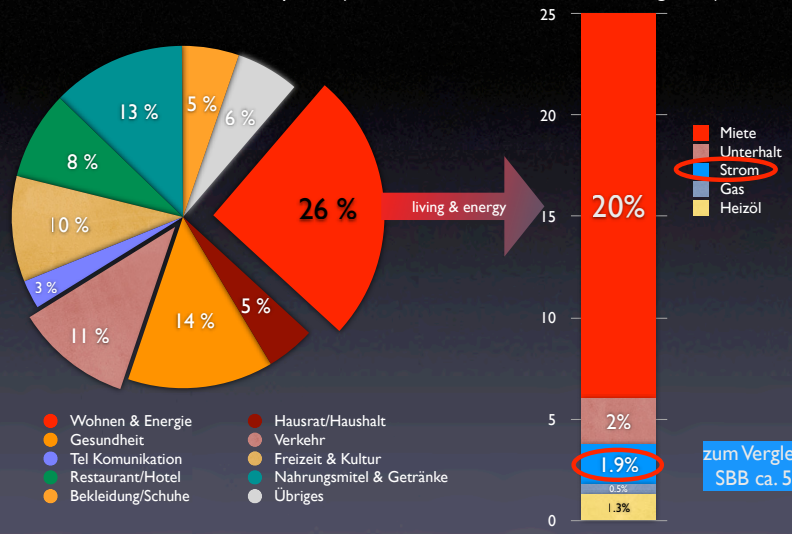


Cost for electric power H4
796.95- CHF/year incl. MWSt

- KEV in Dübendorf 0.45 Rp/kWh
- CHF 21.87 Fr/year & apartment
- CHF 1.82/month

How do we use our income?

Landesindex der Konsumentenpreise (Bundesamt für Statistik • Gewichtung 2010)



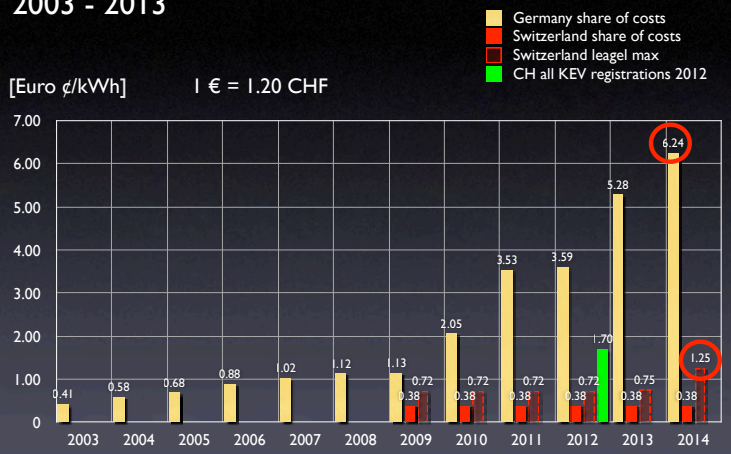
TNC Advanced Energy Concepts

Share in the costs Germany and in Switzerland 2003 - 2013

12/2012 PV 32.4 GW marketshare 4.6%

12/2012 0.4 GW marketshare 0.5% • f = 81 to D

[Euro ¢/kWh] 1 € = 1.20 CHF



TNC Advanced Energy Concepts

What makes Photovoltaic in buildings so important? Why should we start with the existing building stock?

- EU Buildings ➔ ≈25% of power, ≈36% CO_2 emission!
- CH Buildings ➔ ≈31% of Power, ≈36% CO2 emission
- Buildings allows longterm investments 25+ years.
- Credible owners have access to low interest capital.
- Domestic buildings pay high electricity rates.
- The thermal and electrical improvement of European domestic building-stock is €100bn long-lasting decentralized market.
- PV modules are an important, but small part of the total investment.
- A important challenge:
  How can the owner (legally) share the cost with the renting party?

TNC Advanced Energy Concepts

How do we develop from cost driven PV market [€/kWh] to a four dimensions Energy Solution Provider?

E P G M

clever **PV**

Electrical & Thermal **E**fficiency

Smart **G**rid connection

Electro **M**obility

© Th. Nordmann • TNC 2013

13

E Electrical **E**fficiency in buildings …

CFL 2010

LED 2013

100 W

LED 10.5 W

CFL 18 W

1879-1990

14

E Thermal **E**fficiency in existing buildings …

< 50 kWh/m² ERA

< 5 l/m² ERA [fuel oil]

ERA = Energy Reference Area [m²]

© Th. Nordmann • TNC 2013

15

E Electrical & Thermal **E**fficiency in new buildings

Passive house, Minergie +

First really Zero-Energy Office-Building Switzerland – MINERGIE®-P-ECO-certified - healthy work – wood construction – roof-integrated PV – Energy Globe Award Switzerland 2008 – European Award for building-integrated solar energy technology 2008 Architecture

16

E Electrical & Thermal Efficiency

1 Appliance AAA+

2 Install: „Pullover“
< 50 kWh/m² ERA

3 Passive house, Minergie+

TNC Advanced Energy Concepts

P Clever PV

30 kWp > 25'000 kWh
≈ annual <10% electrical demand

30 kWp of BIPV in the
College of Zürich Stadelhofen,
Swiss Solar Price 1999

P Clever PV 100% of annual electrical demand

PV Park School Campus Erlenbach,
Switzerland 192 kWp • 2009

P Clever PV > 100% Annual electrical demand incl. E-W module

noon

north ← → south

roof-module fill factor = 30…50 %
yield = 100%

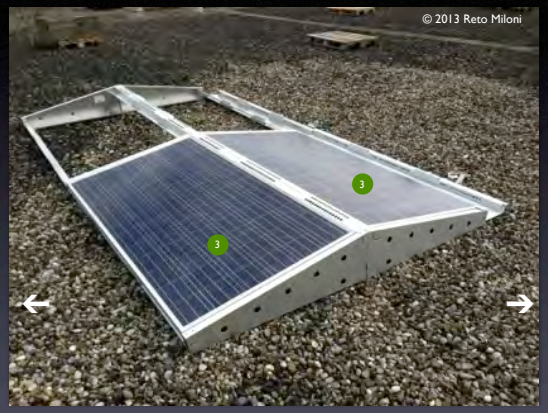
east ← → west

roof-module fill factor = 100 %
yield = 90%

TNC Advanced Energy Concepts

P Clever PV

> 100% annual electrical demand
plus O-W module lay out



west ← → east

TNC Advanced Energy Concepts

P Clever PV

S

1 < annual 50% electrical demand

S

2 ≈ annual 100% electrical demand

W E

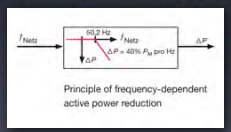
3 > 100% annual electrical demand
incl. E-W module lay out

TNC Advanced Energy Concepts

G Smart Grid connected

Inverter with grid services

50.2 Hz!



Principle of frequency-dependent active power reduction

Energy Management under the renewed EEG 2012

Inverter with grid services are already mandatory in some member states with high PV penetration (i.e. Germany, Italy).

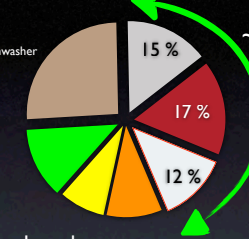
Installed PV Capacity	EEG 2009	EEG 2012
Pmax ≥ 100 kW	Energy management - remotely controlled	Energy management – remotely controlled
30kW ≤ Pmax ≥ 100 kW	No energy management requirements	Energy management – remotely controlled
Pmax < 30 kW	No energy management requirements	Either remotely controlled or fixed 70% feed-in limitation

TNC Advanced Energy Concepts

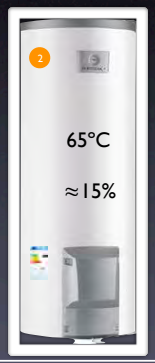
G Smart Grid connected

Power to heat
time shift of + 2h … 12h
~ 45 %

TV,Audio & PC
Hot Water
Refrigerator
Laundry, Dryer, Dishwasher
Cooking
Lighting
Others

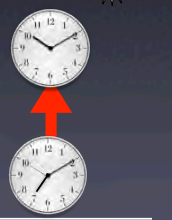


Hot Water



Refrigeator

Laundry …

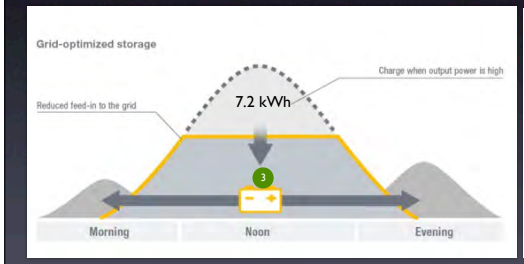


TNC Advanced Energy Concepts

G Smart Grid connected

Local battery storage

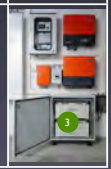
> 25% daily demand shift for 24h



5 kWp

Yield 5'000 kWh 7.2 kWh Battery

G Smart Grid connected

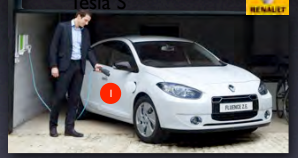
Inverter with grid services	
Power to heat Time shift ± 2h -12h	 
>25% /day Local battery storage	

M Electro-Mobiles you can buy today …

electric-drive

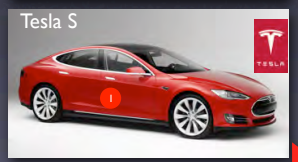
- 15 kWh/100km ➜ 1.7 litre gasoline/100 km
- 2 people • range 145 km/charge
- Power 55 kW/75 PS • Weight 995 kg
- Battery 17.6 kWh Li-Ion • Rent €/month 73.-
- Secured battery capacity up to 10 years
- Price: € 20'000.-

Renault Fluence Z. E.



- 14 kWh/100km ➜ 1.6 litre gasoline/100 km
- 5 people • range 185 km/charge
- Power 70 kW/95 PS • Weight 1`610 kg
- 22 kWh battery Li-Mn, O_2 • Rent €/month 78.-
- Secured battery capacity up to 10 years
- Price: € 24'500.-

Tesla S

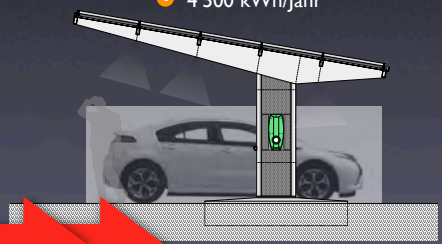


- 15 kWh/100 km ≈ 1.7 litre gasoline/100 km
- 5 people • range 375 km/charge
- Power 225 kW/302 PS • Weight 2'100 kg
- Li-Ion battery 60 kWh
- 8 years and/or 160'000 km warranty
- Price: € 70'100.-

M Where do you charge your Electro-Mobile?

- 15 kWh/100 km ➜ 3'000 kWh/20'000 km
- Charging η > 80%
- You need a PV installation with 3 - 4 kWp
  Cost 2013 ➜ € 7'000.- … € 12'000.-
  ➜ now you have a full tank for next 25 years!

4 - 5 kW
4'500 kWh/Jahr

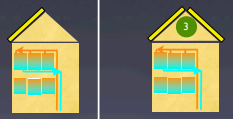


Electro Mobility

Buy your electro-mobile today!

Charge your car battery storage (15 - 60 kWh) and double your PV Installation

Double your PV self consumtione

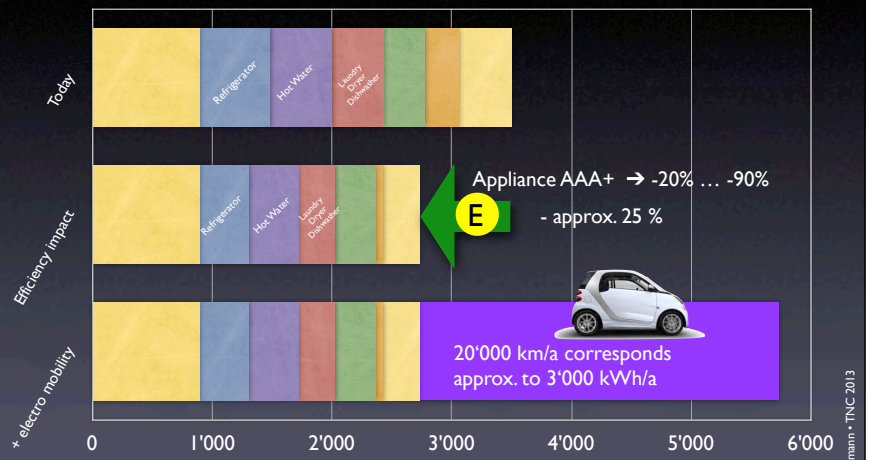


(PV) self-consumption makes good technical and economical sense.

TNO Advanced Energy Concepts

Power demand ø 2 pers. household (Germany) ~3500 kWh

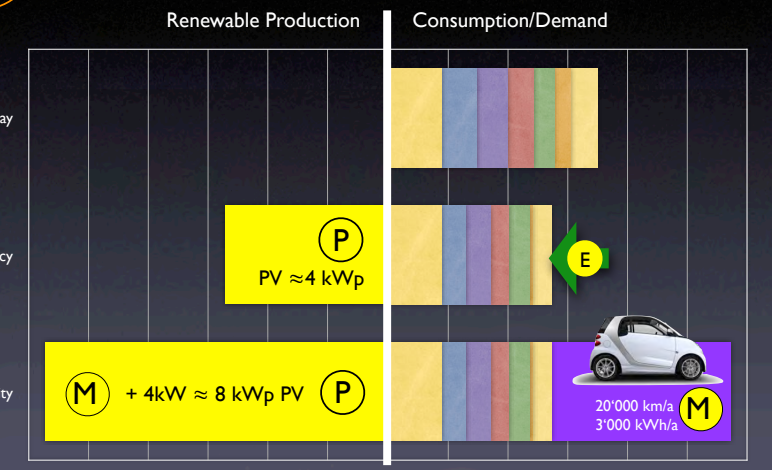
TV, Audio & PC
Cooking
Refrigerator
Lighting
Hot Water
Others
Laundry, Dryer, Dishwasher
Electro moblity



TNO Advanced Energy Concepts

ø Two pers. household (Germany) ~ 3500 kWh

TV, Audio & PC
Cooking
Electro moblity
Refrigerator
Lighting
Grid applicable mobility
Hot Water
Others
PV Production
Laundry, Dryer, Dishwasher
Grid applicable

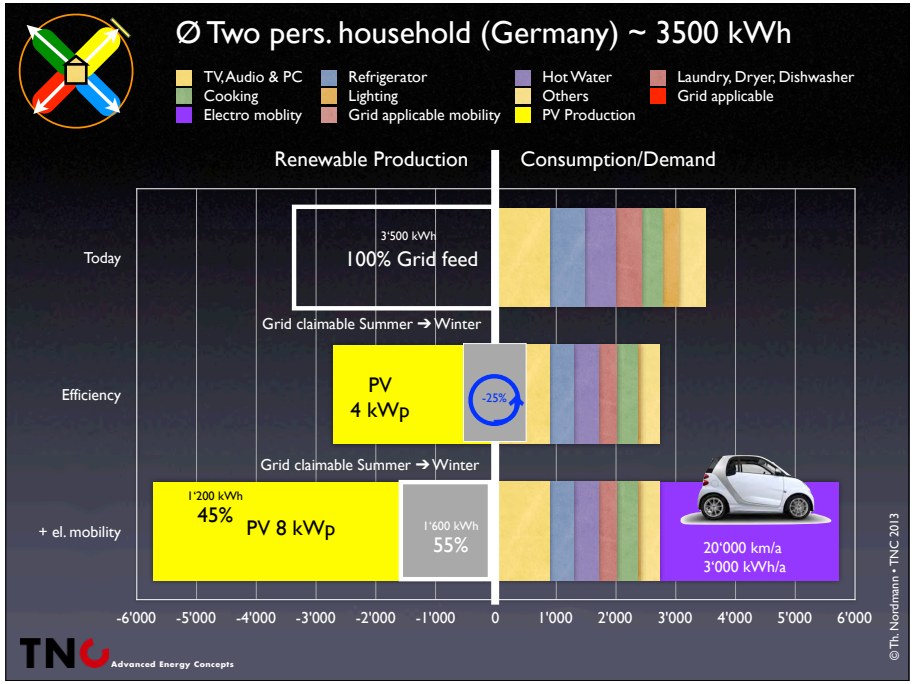


TNO Advanced Energy Concepts

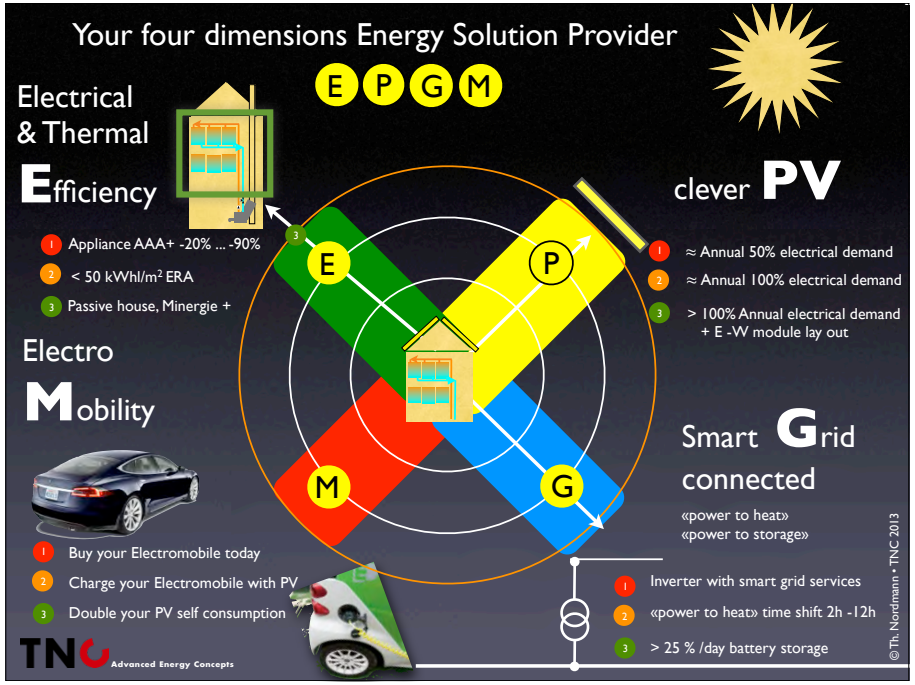
PV self-consumption makes good technical & economical sense

Production	PV 4 kWp	PV 4 kWp
	Consumer Residential buildings	Electro Mobil
Power to heat, power to storage and power to wheel.	Thermal storage Grid claimable «power to heat» 45% time equality 20% Battery storage 7.2 kWh Battery 24h -25% «power to storage» 30%	Battery storage 18 kWh Battery Grid claimable «power to wheel»

TNO Advanced Energy Concepts



33



34

Conclusions I

Monday
We need PV when retrofitting the building stock.
PV offers attractive solutions and processes to improve energy solutions for buildings and allows almost CO_2 free individual mobility.

Tuesday
Successful energy solutions have to address the thermal **and** the electrical efficiency.

Wednesday
For clever PV in buildings we aim to distribute PV uniformly over 6 hours by orienting modules east and west with marginal losses in yield.
Thanks to the economical progress and self consumption we can use PV systems, which produce 100% and more of the annual electrical demand.

TNO Advanced Energy Concepts
© Th. Nordmann • TNC 2013

35

Conclusions II

Thursday
With market share of 5% – 20% of PV, the challenge is to provide smart grid connections of sustainable PV houses.
PV self-consumption makes good technical and good economical sense. can Enhance it by power to heat and power storage.
Inverters are able to provide further grid services.

Friday
Buy your electromobile today and charge it with PV → Power to wheel
20'000 km/a means additional 4 - 5 kWp of PV with high self consumption.
Grid claimable services are in the same range as conventional buildings.

TNO Advanced Energy Concepts
© Th. Nordmann • TNC 2013

36

Conclusions III

Saturday

The main challenge: we need a joint European plan to allow high PV penetration in the power grid.

The presented index may help develop such a common plan.

Sunday

Photovoltaic is part of the solution, and not a problem!

To keep PV attractive, we have to start developing todays PV systems into integrated parts of the energy solution.

Sustainable energy buildings with mobility can be a part of this solution.

E P G M

TNO Advanced Energy Concepts