FORUM ENERGIESPEICHER SCHWEIZ

8. Roundtable des Forums Energiespeicher Schweiz
Mittwoch, 28. Februar 2018 • ewb Energiezentrale Forsthaus Bern

«Sektorkopplung und Energiespeicher im PV Smart Home»

Herausforderungen und Chancen?

Thomas Nordmann
Ralph Lingel • Thomas Vontobel
TNC Consulting AG
8706 Feldmeilen/ZH
nordmann@tnc.ch • www.tnc.ch

© Th. Nordmann • TNC 2018

TNC Advanced Energy Concepts

Solarstrom und Gebäudeeffizienz
Das sind seit über 33 Jahren unsere Themen

Europäischer Solarprei 1997

➜ entwickeln und umsetzen

- 1989 Erste Photovoltaikanlage auf einer Autobahn-Schallschutzwand (BFE P&D)
- 1996 Konzeption der ersten Solarstrombörse für ewz, Elektrizitätswerk der Stadt Zürich
- Erster Einsatz der PV Bifacial-Technologie 1997 (zweiseitige Solarzellen) als Schallschutzwand entlang Strasse und Schiene
- Prozessentwicklung und Umsetzung Investitionsprogramm Energie 2000 Erstes nationales Gebäude-Sanierungsprogramm EnergieSchweiz 1997/1999
- Schweizer Experte beim IEA PVPS Projekt Task 13 «Performance and Reliability of Photovoltaic Systems»
- Vollzug «Das Gebäudeprogramm» für 17 Kantone und neues Gebäudeprogramm 2017 für 13 Kantone
- Projektträger von mehreren ProKilowatt-Programmen in 9 Kantonen

© Th. Nordmann • TNC 2018

TNC Advanced Energy Concepts

Agenda «Ein Werkstattbericht aus der TNC Eigenforschung und (Produkte-) Entwicklung»

- Motivation: Warum wird die Photovoltaik von der Schweizer Energie-Politik immer noch unterschätzt?
- EnG2018 mit Eigenverbrauchs-Gemeinschaft über Parzellengrenzen hinweg?
- Eigenverbrauch mit Sektorkopplung & Energiespeicher im Smart PV Home?
- Einbezug von PV, Elektromobilität, WP und Geräte im Wohnbereich?
- Symphonie statt Kakophonie – warum ein Dirigent für das Orchester?
- Was sind wichtige Stellschrauben für die Sektorkopplung im Smart Home?
- Erste Auswertungen aus der mehrjährigen Untersuchung im TNC Pilothaus?
- Thesen und Schlussfolgerungen
- Q & A

© Th. Nordmann • TNC 2018

TNC Advanced Energy Concepts

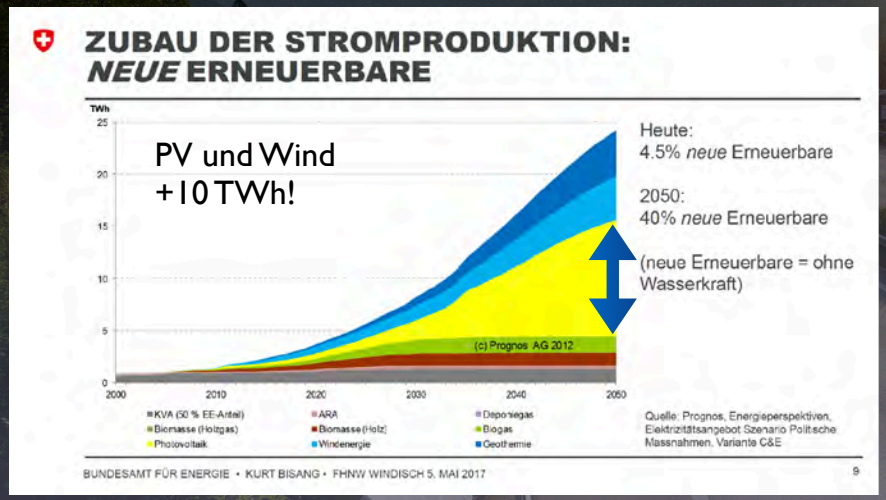
Thesen:

- Die Politik möchte den Atomstrom bis 2050 durch Photovoltaik, Wind und Effizienz ersetzen.
- Manche Zauderer finden das zu ehrgeizig!
- Die Solar Optimisten finden das viel zu wenig!
- Unsere Vision ist jetzt 100% erneuerbar!
- Die Lösung:
  - Mehr Photovoltaik?
  - Wärmepumpen für Heizungen/Brauchwasser?
  - Lokale Batteriespeicherung?
  - Elektromobilität?

© Th. Nordmann • TNC 2018

TNC Advanced Energy Concepts

Der Plan von Energie 2050: Warum wird die Photovoltaik heute unterschätzt?



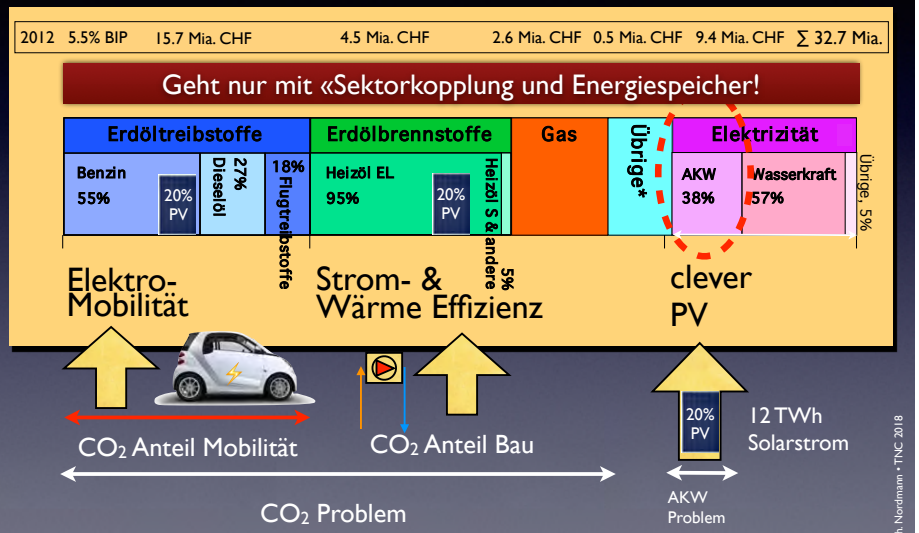
TNC Advanced Energy Concepts

©Th. Nordmann • TNC 2018

Endenergie-Verbrauch und Kosten 2012

245 TWh

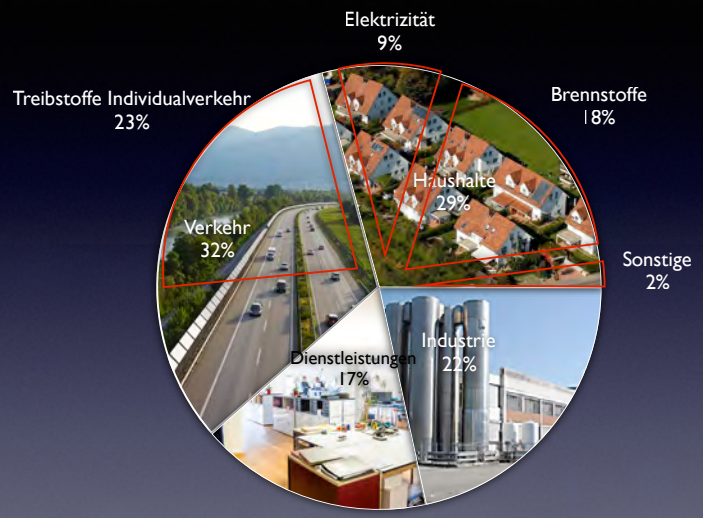
Aussenhandel Verlust 10.6 Mia. CHF (2012)



TNC Advanced Energy Concepts

©Th. Nordmann • TNC 2018

Die Struktur des Endenergieverbrauchs in der Schweiz



1/2 der Endenergie wird von Privathaushalten nachgefragt!
1/3 der Endenergie wird vom Verkehr benötigt!

TNC Advanced Energy Concepts

©Th. Nordmann • TNC 2018

Eigenverbrauch als Ersatz für die KEV?

EIGENVERBRAUCH – NEU IM GESETZ

Zusammenschluss zum Eigenverbrauch oder «Eigenverbrauchsgemeinschaft» (EVG) wird als **ein einziger Endverbraucher** betrachtet:

- Netzbetreiber nicht mehr für Zähler der einzelnen Verbraucher zuständig
- Möglichkeit Stromanbieter zu wechseln bei ≥ 100 MWh/Jahr

Mieter können zum Eigenverbrauch verpflichtet werden, ausser:

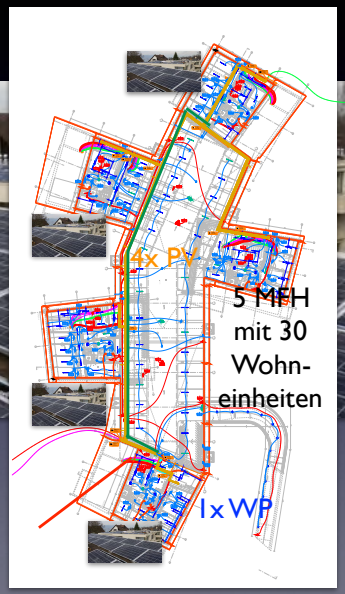
- bei der Einführung des gemeinsamen Eigenverbrauchs
- wenn Stromversorgung nicht gewährleistet oder zu teuer
- Verbrauch > 100'000 kWh

PV-UPDATE • SEKTION ERNEUERBARE ENERGIEN • WIELAND HINTZ • 6.12.2017 10

TNC Advanced Energy Concepts

©Th. Nordmann • TNC 2018

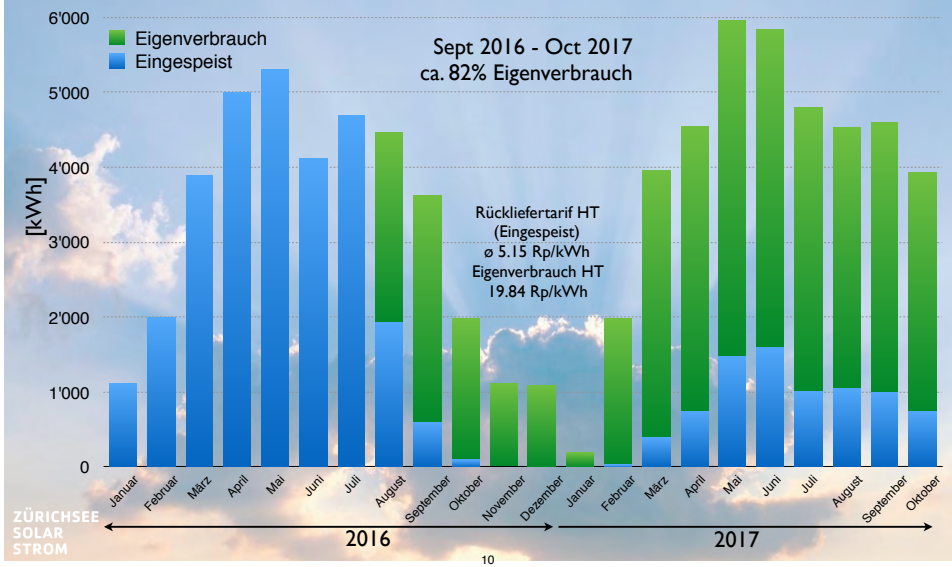
Eigenverbrauchsgemeinschaft Überbauung Sandfelsen Erlenbach/Zürich 2016/2017



TNC Advanced Energy Concepts

© TNC 2018

Eigenverbrauchsgrad EVG Sandfelsen Erlenbach



ZÜRICHSEE SOLAR STROM

Einbezug von PV, Elektromobilität, WP und Geräte im Wohnbau?

Projekt am:
Minergie EFH Nr. 64
Baujahr 1999

257 m² EBF
Erlenbach Zürich

> Im Hause muß beginnen, was blühen soll im Vaterland.
>
> Jeremias Gotthelf
>
> (1797 - 1854), eigentlich Albert Bitzius, Schweizer Pfarrer und Erzähler

Haustechnik 2.0 • TNC Pilotprojekt 2014 …2017

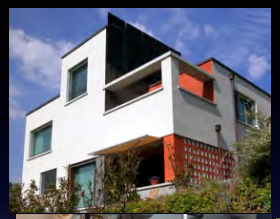
TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

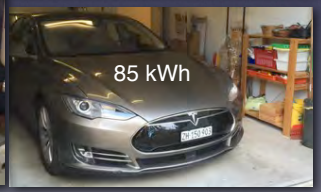
Haustechnik 2.0 TNC Pilotprojekt 2014 …2017

Projekt am:
Minergie EFH Nr. 64
Baujahr 1999

257 m² EBF
Erlenbach Zürich



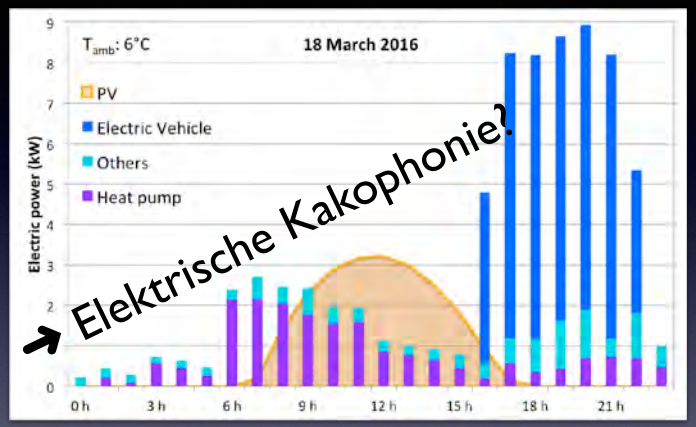
Modernisiert 2014



TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

TNC Pilot Haustechnik 2.0 • Messungen 2016

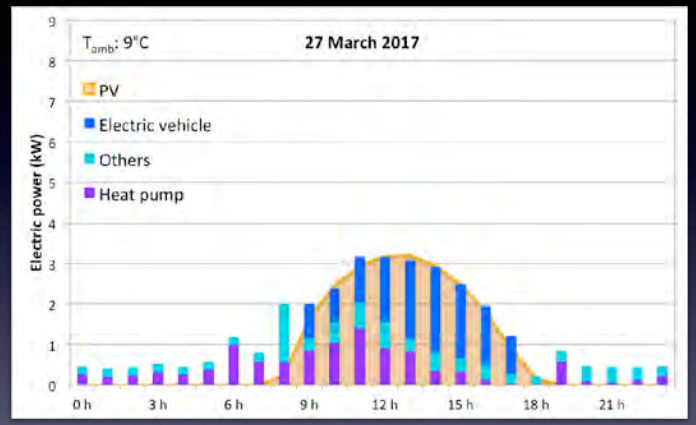


- Mehr PV Strom Produktion
- Mehr Strombezug vom Netz
- Mehr PV Einspeisung
- Mehr Netzbelastung
- Nicht ökonomisch ohne KEV kostendeckende Einspeisevergütung!

TNO Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Mit dem TNC*ALL* Dirigent: Harmonie statt Kakophonie?

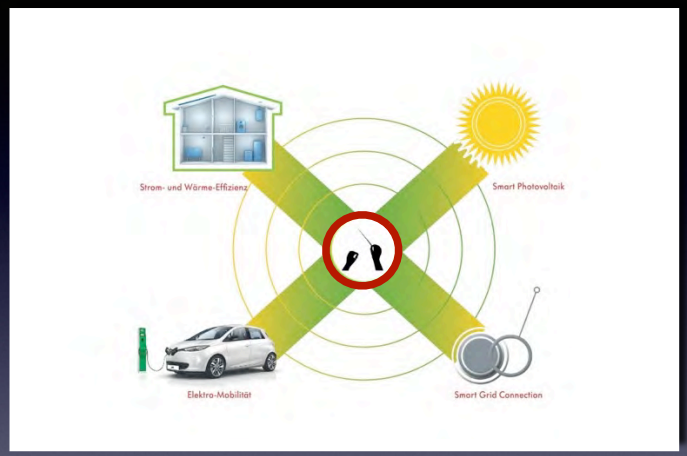


- Mehr PV Strom Produktion
- ~~Mehr Strombezug vom Netz~~
- ~~Mehr PV Einspeisung~~
- ~~Mehr Netzbelastung~~
- ~~Nicht~~ ökonomisch ohne KEV kostendeckende Einspeisevergütung!

TNO Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Das Smart-PV Home braucht einen Dirigenten!



Das Zusammenwirken der energetischen Gewerke im Gebäude: Stromproduktion & -Verbrauch, Heizung, Warmwasser Elektromobilität. Meteorologische Prognosesystem und einlernen des Benutzerverhaltens.

TNO Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Die 4 Dimensionale Partitur für Energie-Systemlösungen

STROM- UND WÄRMEEFFIZIENZ

- Energieeffiziente (Elektro-) Geräte AAA+
- Optimale Wärmedämmung der Gebäudehülle
- Umstellung von fossilem Wärmeerzeuger zu erneuerbaren Energien
- Optimale Bewirtschaftung der Komfort-, Sicherheit- & Energiebedürfnisse

SMART PHOTOVOLTAIK

- Stromproduktion durch PV für den häuslichen Stromverbrauch
- Stromproduktion durch PV zusätzlich auch für Wärmeerzeugung und für Elektromobilität
- Maximale und bedarfsorientierte Stromproduktion durch cleveres Photovoltaik-Design an der Gebäudehülle (Ausrichtung, Nutzung Fassade)

SMART GRID CONNECTION

- Stromverbrauch an Photovoltaik-Produktion angepasst
- Vorausschauende Optimierung von Produktion und Bedarf (Wetter)
- Thermische und elektrische Speicherung im 24 Stunden-Zyklus
- Reduktion der maximalen Anschlussleistung zum Netz

ELEKTROMOBILITÄT

- Umstellung von fossiler- zur Elektromobilität
- Ladung des Elektromobils mit Photovoltaik
- Elektromobil gleichzeitig als Stromspeicher mit nutzen
- Zusätzliche Nutzung des Speichers als verschiebbare Last

TNO Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Drei PV Anlagen Baujahr 1999 - 2015 Total 6 kWp

	Fassade	Dach	Ost & West
Modul Typ	BP 585 L (mono)	Kyocera (poly) KD185GH-2PU	Sunpower X21-345 (mono)
DC-Power Modul[Wp]	85	185	345
Wirkungsgrad [%]	13.4%	16.2%	21.5%
DC-Leistung [kWp]	1.70	1.48	2.76
Inbetriebnahme	Dez 1999	Dez 2009	März 2015

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

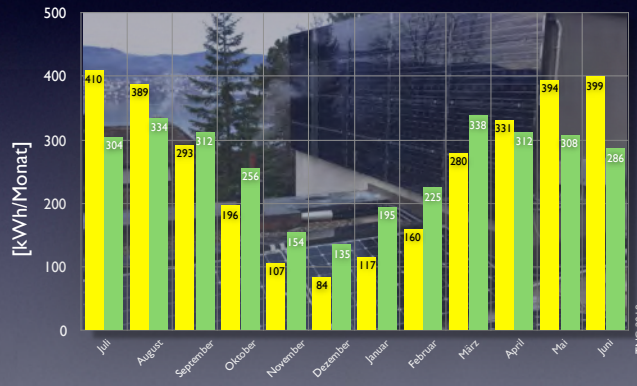
Der einfachste Beitrag der PV bei der Herausforderung der saisonalen Energiespeicherung ➜ Die Modulorientierung

Saisonal: PV Produktion Sommer und Winter Zürich 30° und senkrecht 90° für 3'200 kWh Strom

TNC 1996

Produktion PV Zürich 30° Süd
Produktion PV Zürich 90° Süd

PV Modul Anstell-winkel	Modul Fläche	Sommer Anteil	**Winter Anteil**
30° Süd	19 m² 3 kWp	**70%**	**30%**
90° Süd Senkrecht	28 m² 4.4 kWp	**60%**	**40%**



Berechnung Metonorm 7.2

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Warum ein TNC*ALL* - Dirigent (2016)?

- TNC stellt keine Hardware her, aber Software!
- Ausführliche Evaluation verfügbarer MSR-/ Automatisierungsplattformen
- Schweizer Hersteller
- Hohe Flexibilität
- Nahezu unbegrenzte Anzahl an Geräten integrierbar
- Grosse Vielfalt an Schnittstellen (Auszug):

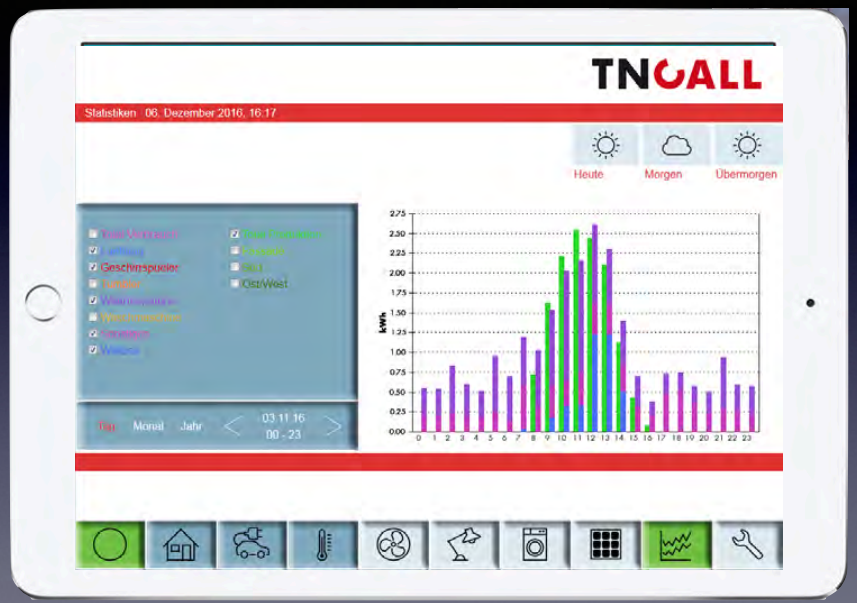
• KNX (EIB)	• RS 485	• S0-Impuls
• TwiLine	• Wago I/O 750	• 4 – 20 mA
• EnOcean (Funk)	• Profibus	• 0 – 10 V
• X10 (PowerLine)	• ModBus TCP	• Relais
• DMX 512	• DigitalStrom	• PT 1000

➜ Vielzahl an Sensoren und Aktoren

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Die Bedienung des TNC*ALL* Dirigent im Smart Home!



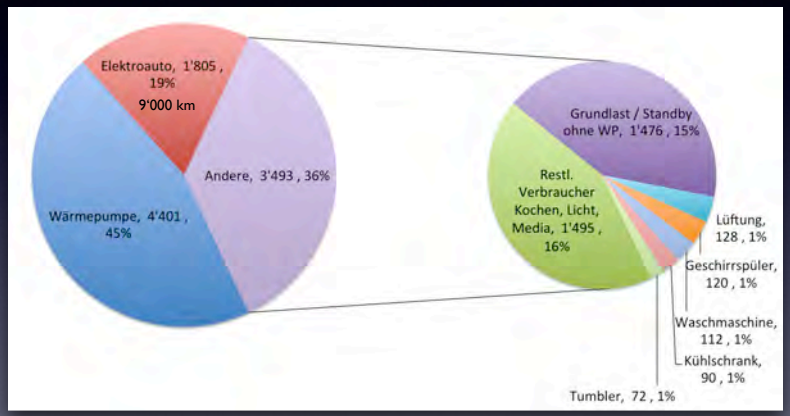
TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Aufteilung Stromverbrauch/Jahr

Total: 9'700 kWh

Gemessene Stromverbräuche Grundstrasse 10 (8/2016 – 7/2017) in kWh / %



TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Was sind die wichtigen «Stellschrauben» für die Sektorkopplung mit dem TNC*ALL* Dirigenten?

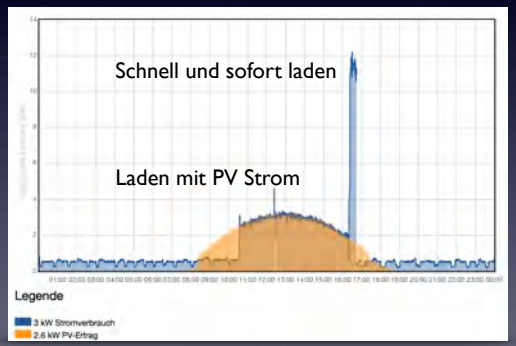
- Variable Ladung des Elektromobil mit eigenem Solarstrom
- Drehzahlgeregelte Wärmepumpe ohne Pufferspeicher
- Bewirtschaftung der Gebäudemasse mit individueller Raumtemperatur
- Zielgerichteter Einsatz des lokaler Batteriespeicher
- Optimierte Ladung des Brauchwasserspeichers Solarthermie oder mit der WP

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Laden Sie Ihr Elektroauto mit eigenem PV Strom nach Ihren individuellen Bedürfnissen

20% - 100% Ladung



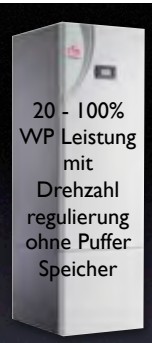
- Aktives Lastmanagement
- Kompatibel mit allen EV am Markt
- 1- und 3-phasig bis 22 kW
- Integrierte DC-Fehlerstromerkennung
- Integrierter Energiezähler (MID-zertifiziert)
- Benutzerberechtigung (RFID)
- Drahtlose Kommunikation möglich (WLAN)
- Mehrere Ladestationen last-koordiniert

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

TNC*ALL* und Wärmepumpen Heizung

Wärmepumpe mit eigenem PV Strom?



20 - 100% WP Leistung mit Drehzahl regulierung ohne Puffer Speicher

- Stromaufnahme Kompressor 1Ph 2.5 kWel ➜ 8 kWth
- Auslegung: Max. Heizleistung Wärmepumpe deckt sich mit max. Heizlast (-8° C)
- für 257 m² EBF ➜ 10 W^{el}/m^2 EBF!
- Extern gemessene JAZ: 4.3 / 4.1 (vor/nach Boiler, Solarthermie berücksichtigt)
- Stromverbrauch: 4'400 kWh
- Abgegebene Heizwärme: 16'770 kWh
- Gezapfte Wärmemenge WW: 2'070 kWh (800 kWh von ST)

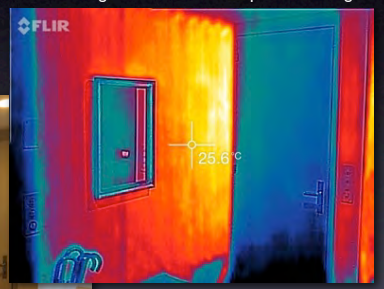
TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

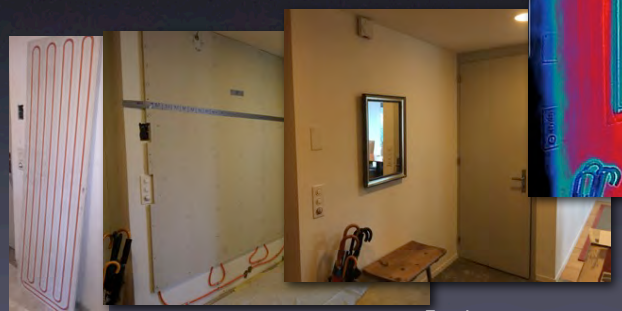
Einzelraumregelung für die Bewirtschaftung thermoaktiver Bauteile mit TNC*ALL*

- Neu Wandflächenheizung und 40 kWh^t/K thermoaktiver Speicher
- Vergleichsweise geringer Eingriff bei Umrüstung auf NT-Heizsystem
- Insgesamt ca. 50 m² Heizfläche
- Auslegung: 40°C Vorlauftemp. @-8°C

PV Ladung mit höherer Solltemperatur am Tag



Thermographie



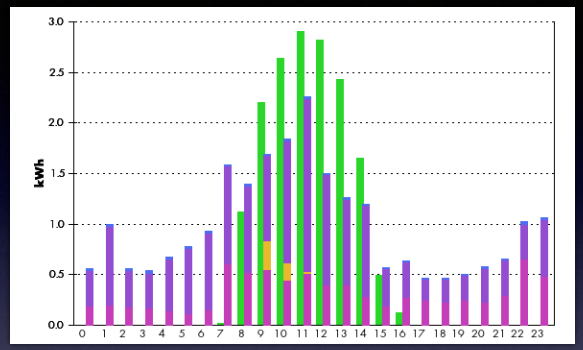
Einbau

Ergebnis

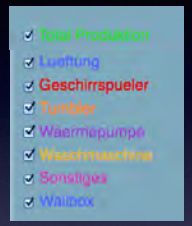
TNC Advanced Energy Concepts

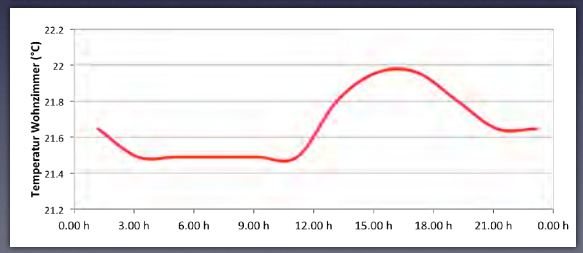
© Th. Nordmann • TNC 2018

Auswertungen der Messungen im TNCALL Pilothaus



PV-optimierter Wärmepumpenbetrieb - Tagesbeispiel 31.10.2017





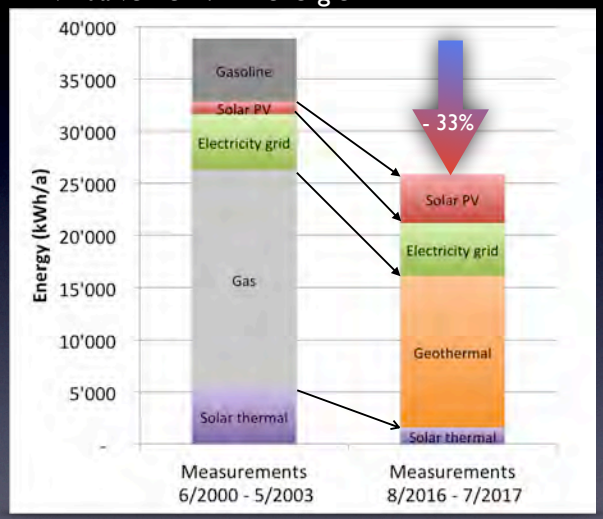
- PV-Ladung bei gleichzeitiger Kontrolle der Raum-temperaturen
- Th. Speichermasse Gebäude: 40 - 45 kWh /°K
- ≙10 kWh el. Speicher
- int. Warmwasserbereitung: + 2.5 kWh$_{el}$ / 8 kWh$_{th}$

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Auswertungen der Messungen im TNCALL Pilothaus 2000 -2017

Entkarbonarisierung im Wohnhaus und im Individualverkehr? Endenergie

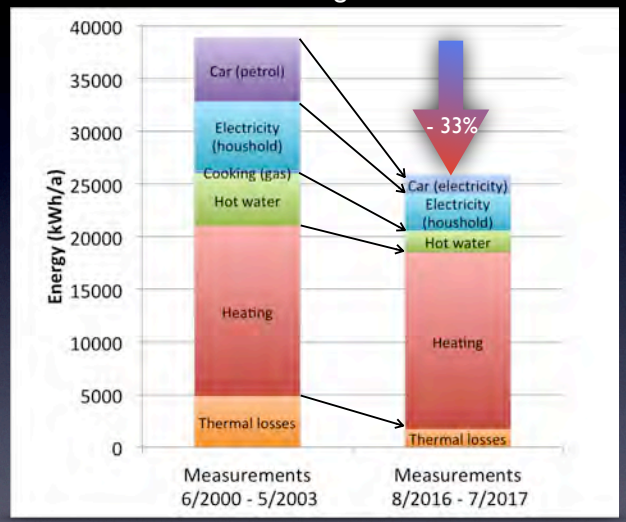


TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Auswertungen der Messungen im TNCALL Pilothaus 2000 - 2017

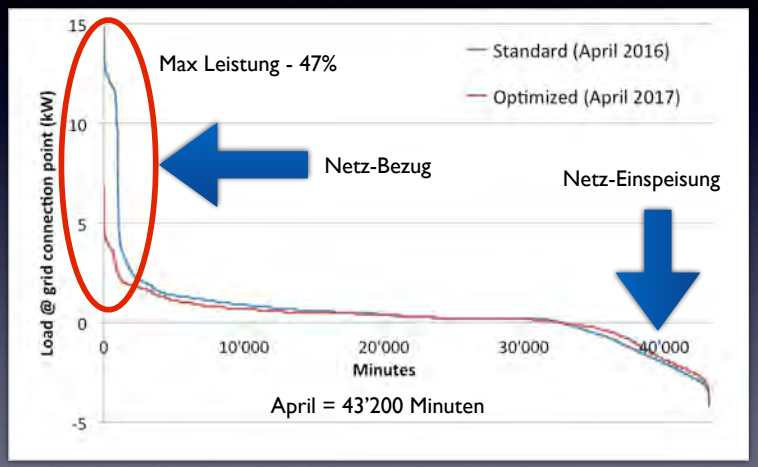
Entkarbonarisierung im Wohnhaus und im Individualverkehr? Nutzenergie



TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

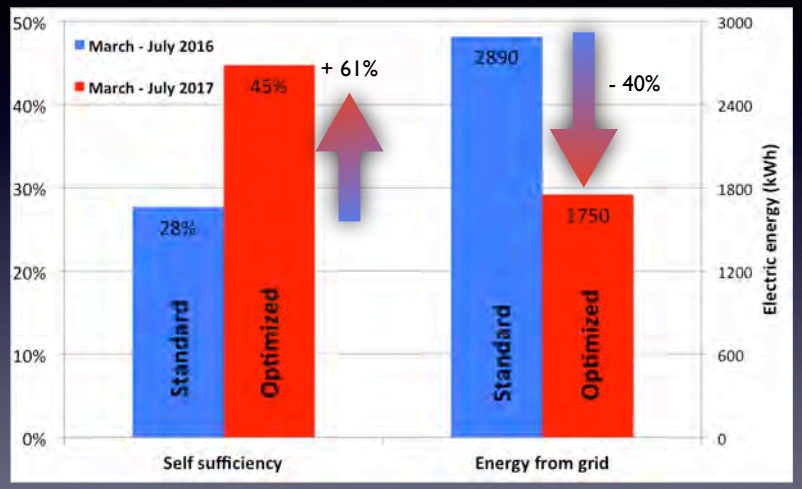
Auswertungen der Messungen im TNCALL Pilothaus Netzdienlichkeit (Messwerte)



TNO Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

TNC*ALL* Dirigent Harmonie statt Kakophonie Vergleich der Messdaten 2016 mit 2017 (für 5 Monate)



TNO Advanced Energy Concepts

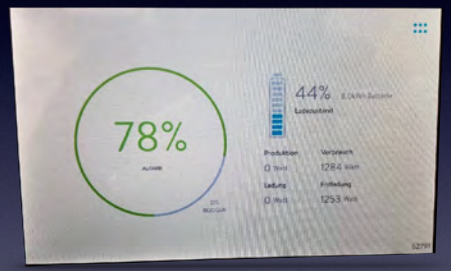
© Th. Nordmann • TNC 2018

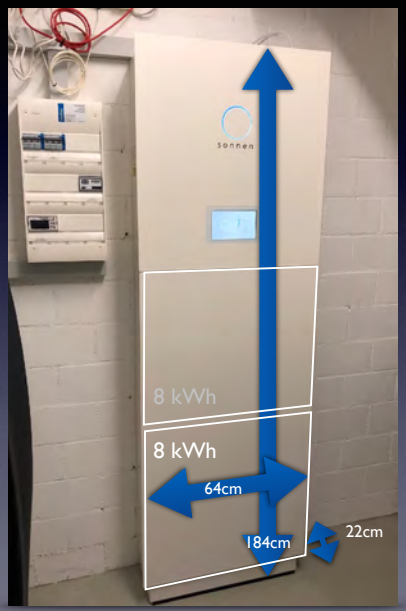
Ab 2018 der eigene Stromspeicher im Haus (8kWh)

TNO Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Der eigene Stromspeicher im Haus (8kWh)

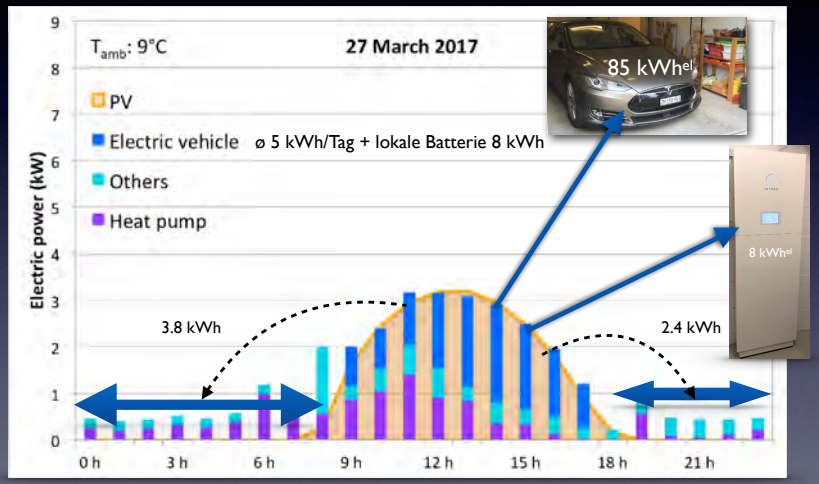




TNO Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Der eigene Stromspeicher im Haus (8kWh)



TNC Advanced Energy Concepts

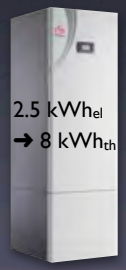
© Th. Nordmann • TNC 2018

Strom- und Wärmespeicher im Smart Home (pro Wohneinheit)

- Wärmepumpe int. Brauchwasser-Speicher nur 220l
- Wandflächenheizung und 40 kWh^{t} thermoaktiver Speicher
- E Mobil Batteriespeicher für 480 km Reichweite
- Stationärer Batteriespeicher für Tag/Nacht Strom Überbrückung

Stationärer Batteriespeicher

WP int. Brauchwasser Speicher



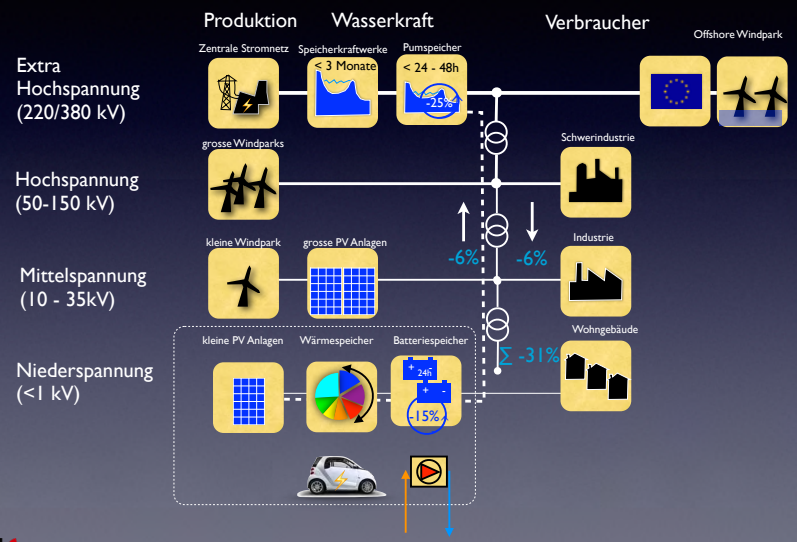
Thermoaktiver Wand Speicher

E Mobil Batteriespeicher

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

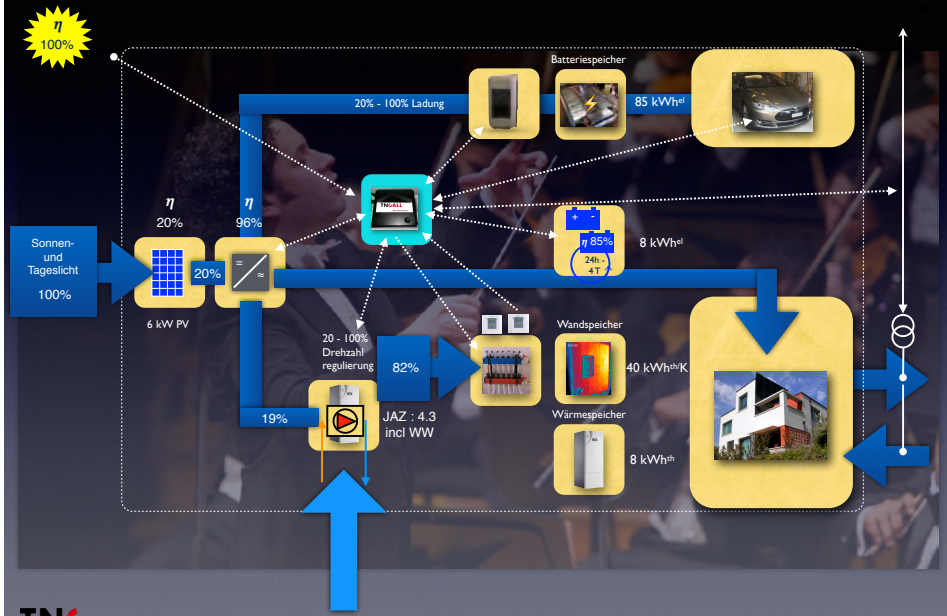
Photovoltaik-Speicher-System im Schweizer Strom-Netz Universum



TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Photovoltaik-Speicher & Netz System im Smart Energy House



TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Was sind zukünftig Partituren des TNCALL Dirigenten?

- ~~Regelung~~
- ~~Steuerung~~
- Koordination: ∫ Wohneinheit, pro (MFH/KMU) Gebäude, Siedlung und EVG?
- Partituren/Ziele (wählbar) ∫:
  - Maximaler Eigenverbrauch und maximale Autarkie?
  - maximale Netzdienlichkeit? -minimaler Netz-Spitzenbedarf?
  - optimale Ökonomie?
  - max. Effizienz
- Instrumente ∫:
  - WP Heizung und WP Brauchwasser(Drehzahlregelung)
  - Einzelraumregelung
  - Bewirtschaftung der Elektro-Ladestationen und der
  - Stationären-Batterien
- Selbstlernend ∫ Belegung, Benützerverhalten, Gebäudeeigenschaften
- Vorausschauend (Wetter-Bericht und Benützerverhalten und Kalender)
- Monitoring, Überwachung und Alarmierung
- Heizkosten-, Wasser- und Stromaufteilung in der EVG

© TNC 2018

TNC Advanced Energy Concepts

Thesen und Schlussfolgerungen

- Energie 2050 ➜ Energie ohne Atom und CO_2 !
- PV, WP für Heizungen/Brauchwasser und Elektromobilität.
- PV kombiniert mit Sektorkoppelung und Energiespeicher!
- Mit der Koordination der energetischen Gewerke im Wohnbau erreichen wir mit PV zukünftig in 8 - 9 Monaten 50 % des CH Energiebedarfs!
- Die Stellschrauben: Variable Ladung des Elektromobils, drehzahlgeregelte WP für Heizung/Brauchwasser, Nutzung der Gebäudemasse als Speicher.
- Notwendig sind stationäre Batterien ≈ 3-6kWh/Wohneinheit (Tag/Nacht)
- Können wir das saisonale Schweizer Stromdefizit von November bis Februar decken mit der vorhandenen Wasser-Speicherkraft? (So/Wi)
  (Wasserspeicher ermöglichen Verlagerung von 7 TWh in den Winter (Kober et al. FESS 18)
- Wir brauchen und kombinieren die Entwicklung von «Top down» Netzebene 1 und von «unten» Netzebene 7!

© Th. Nordmann • TNC 2018

TNC Advanced Energy Concepts

Q & A

Ihr PDF Morgen auf www.tnc.ch

TNC Advanced Energy Concepts