ecowerkstatt • Hasler Solar AG • 9487 Bendern
Dienstag, 18. September 2018, 16.30 – 18.00 Uhr

Batteriespeicher und Eigenverbrauchsoptimierung bei Photovoltaikanlagen Herausforderungen und Chancen?

Thomas Nordmann
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 Solarpreis 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 Gebäudeprogramm seit 2006 gesamte Schweiz, 2017 für 13 Kantone
- Projektträger von mehreren ProKilowatt-Programmen in 9 Kantonen
- Sprecher der Wirtschaft & Mitgründer des «Forum Energiespeicher Schweiz» FESS

© Th. Nordmann • TNC 2018

TNC Advanced Energy Concepts

Solarstrom und Gebäudeeffizienz
Das sind seit über 33 Jahren unsere Themen

➜ entwickeln und umsetzen

TNC Advanced Energy Concepts
Produkte- und Projekt- Entwicklung
PV Engineering
tnc.ch

effienergie
Gebäude Energie Effizienz
Vollzug «Das Gebäudeprogramm» 17 Kantone
Gebäudeprogramm ab 2017 13 Kantone
8'000 Projekte pro Jahr
Projektträger ProKilowatt Programme in 9 Kantonen
GEAK Experten
effienergie.ch

ZÜRICHSEE SOLAR STROM
PV IPP um den Zürichsee
18 PV Anlagen in 5 Gemeinden
zssag.ch

egon
Energie im Gebäude. Online analysiert!
robuste Messgeräte Webportal
individuellen Auswertungen
standortspezifische Wetterdaten
Abrechnungen ZEV.
egonline.ch

© TNC 2018

TNC Advanced Energy Concepts

Agenda

- Warum wird PV von der Energie-Politik immer noch unterschätzt?
- EnG2018 mit Eigenverbrauchs-Gemeinschaft (ZEV) über Parzellengrenzen hinweg?
- Eigenverbrauch mit Sektorkoppelung & Energiespeicher im Smart PV Home?
- Verknüpfung von PV, Batteriespeicher, Elektromobilität, Wärmepumpen und Geräte im Wohnbereich?
- Symphonie statt Kakophonie – warum ein Dirigent für das Orchester?
- Was sind wichtige Stellschrauben für die Sektorkoppelung im Smart Home?
- Erste Auswertungen aus der mehrjährigen Untersuchung im TNC Pilothaus?
- Batterien und Energie-Speichertechnologien im Vergleich?
- Thesen und Schlussfolgerungen
- Fragen, Antworten und Aussprache

© Th. Nordmann • TNC 2018

TNC Advanced Energy Concepts

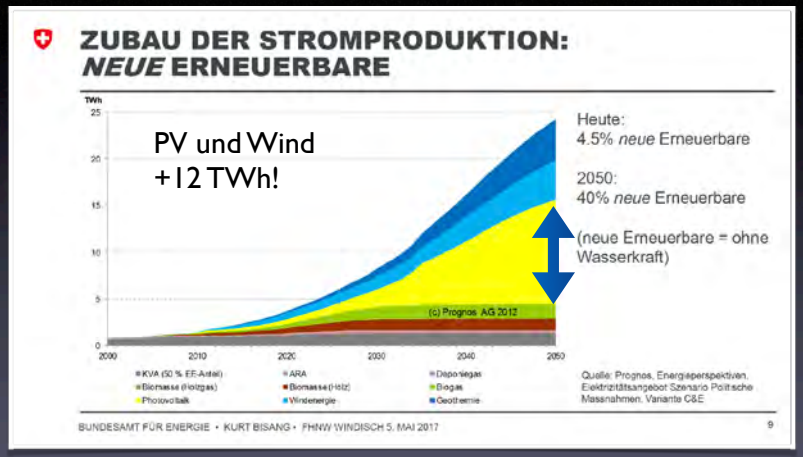
Thesen:

- Die (Schweizer) 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?

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Warum wird die Photovoltaik heute unterschätzt?



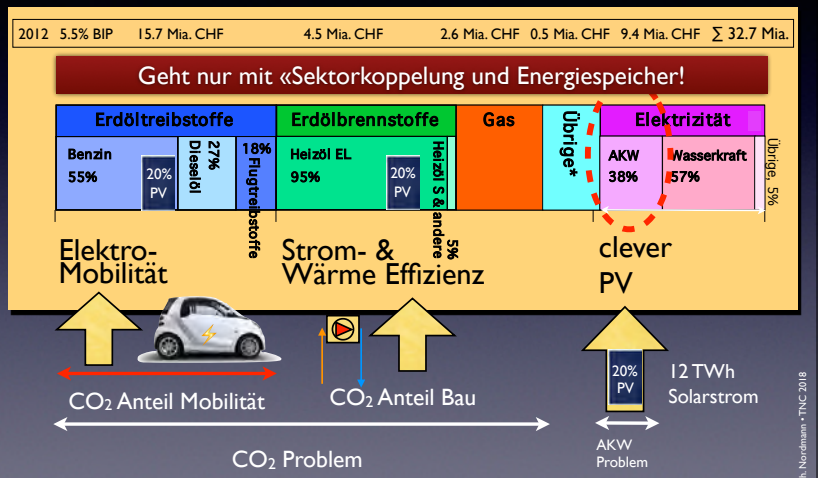
TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Endenergie-Verbrauch und Kosten 2012

245 TWh

Aussenhandel Verlust 10.6 Mia. CHF (2012)

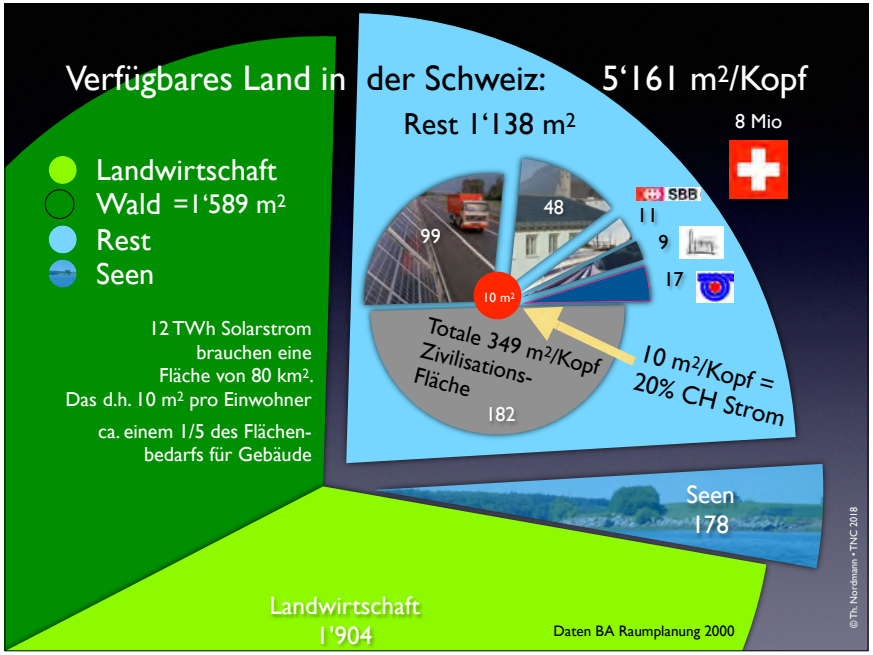


TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

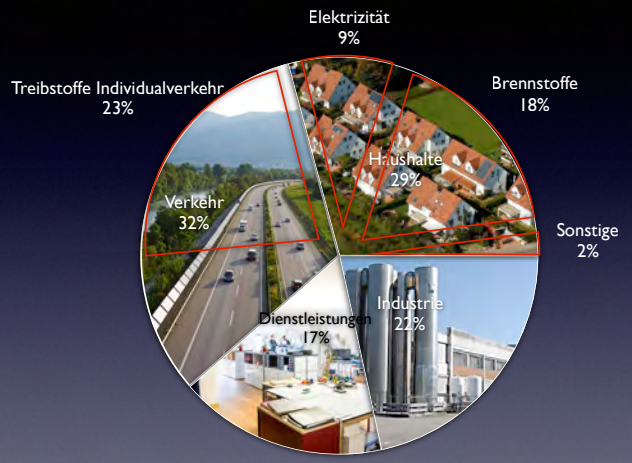
Verfügbares Land in der Schweiz: 5'161 m²/Kopf

8 Mio



© 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

EnG2018 mit Eigenverbrauchs-Gemeinschaft (ZEV) über Parzellengrenzen hinweg?

EIGENVERBRAUCH – NEU IM GESETZ

Zusammenschluss zum Eigenverbrauch (**ZEV**) wird als **ein einziger Endverbraucher** betrachtet:

- Netzbetreiber nicht mehr für einzelne 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-TAGUNG 2018 • SEKTION ERNEUERBARE ENERGIEN • WIELAND HINTZ • 19.04.2018 14

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Eigenverbrauch als KEV Ersatz?

EVG – NEU IN DER ENERGIEVERORDNUNG 1

Ort der Produktion
Grundstück mit PV-Anlage und zusammenhängende Grundstücke ohne Verwendung öffentliches Netz

Mindestgrösse der PV-Anlage für Gründung EVG
Leistung mind. 10% der Netzanschlussleistung des Zusammenschlusses

Mieterschutz im Fall von MFH
Grundeigentümer stellt tatsächliche Kosten in Rechnung:

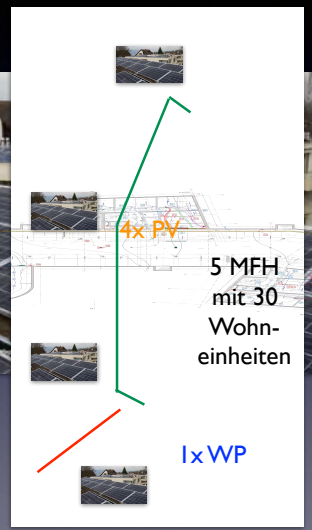
- Interne Produktion: Kapital-, Betriebs-, Unterhaltskosten, Kosten für Messung, Datenbereitstellung, Admin, Abrechnung
- Kosten für ext. bezogene Elektrizität
- Preis für PV Strom gedeckelt: nicht höher als externer Bezug

PV-UPDATE • SEKTION ERNEUERBARE ENERGIEN • WIELAND HINTZ • 6.12.2017 11

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

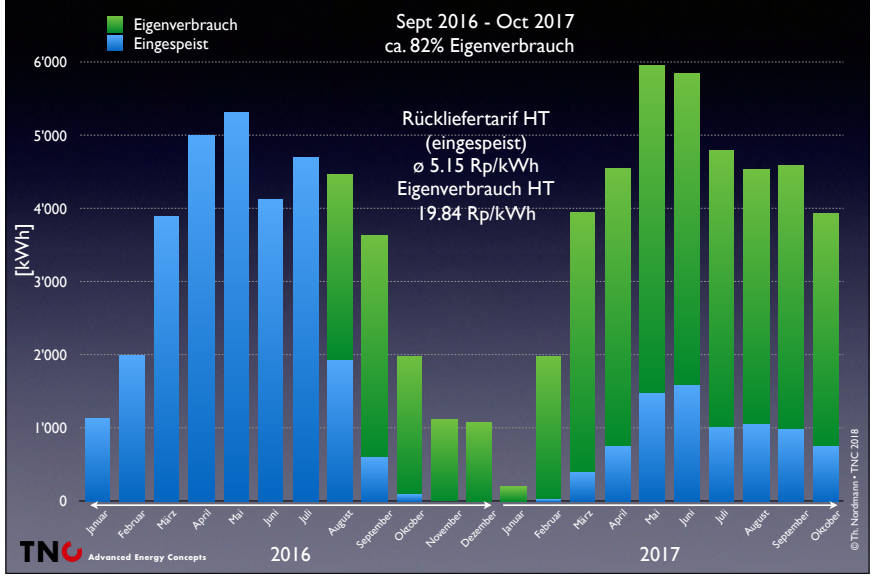
Eigenverbrauchsgemeinschaft MFH Überbauung Sandfelsen Erlenbach 2016/2017 (ZSSAG/TNC)



TNC Advanced Energy Concepts

© TNC 2018

Eigenverbrauchsgrad ZEV Sandfelsen Erlenbach



TNC Advanced Energy Concepts

April 2018

Leitfaden Eigenverbrauch

Anwendung gemäss
EnG & EnV ab 1.1.2018

https://www.swissolar.ch/topthemen/eigenverbrauch/

TNC Advanced Energy Concepts

Eigenverbrauch mit Sektorkoppelung & Speicher im Smart PV Home?

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 …2018

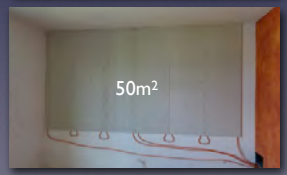
TNC Advanced Energy Concepts

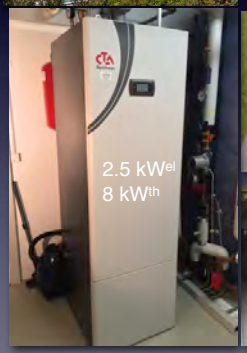
Einbezug von PV, Elektromobilität, WP und Geräte im Wohnbau

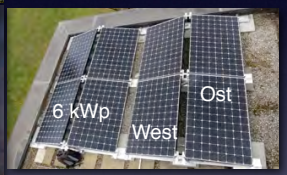
Projekt am:
Minergie EFH Nr. 64
Baujahr 1999

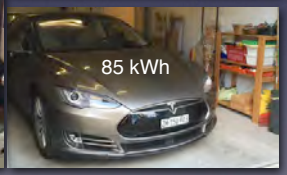
257 m² EBF
Erlenbach Zürich

Modernisiert 2014









TNC Advanced Energy Concepts

Drei PV Anlagen Baujahr 1999 - 2015

Total 6 kWp

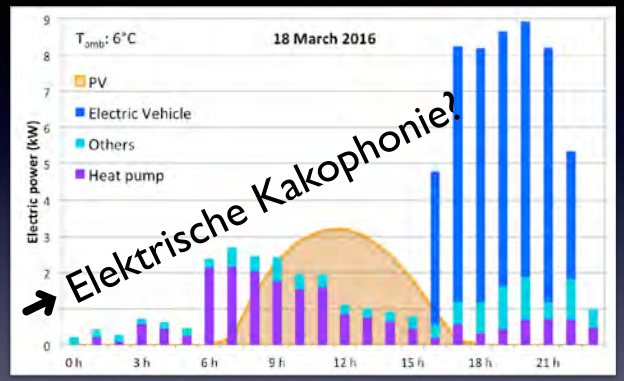
	Fassade	Dach	Ost & West
Modul Typ	BP 585 L (mono)	Kyocera (poly) KD185GH-2PU	Sunpower X21-345 (mono)
DC-Power Modul[Wp]	85	185	345
Wirkungsgrad [%]	13.4%	16.2%	21.5%
DC-Leistung [kWp]	1.70	1.48	2.76
Inbetriebnahme	Dez 1999	Dez 2009	März 2015

TNC Advanced Energy Concepts

©Th. Nordmann • TNC 2018

Symphonie statt Kakophonie – warum ein Dirigent für das Orchester?

TNC Pilot Haustechnik 2.0
Messungen 2016

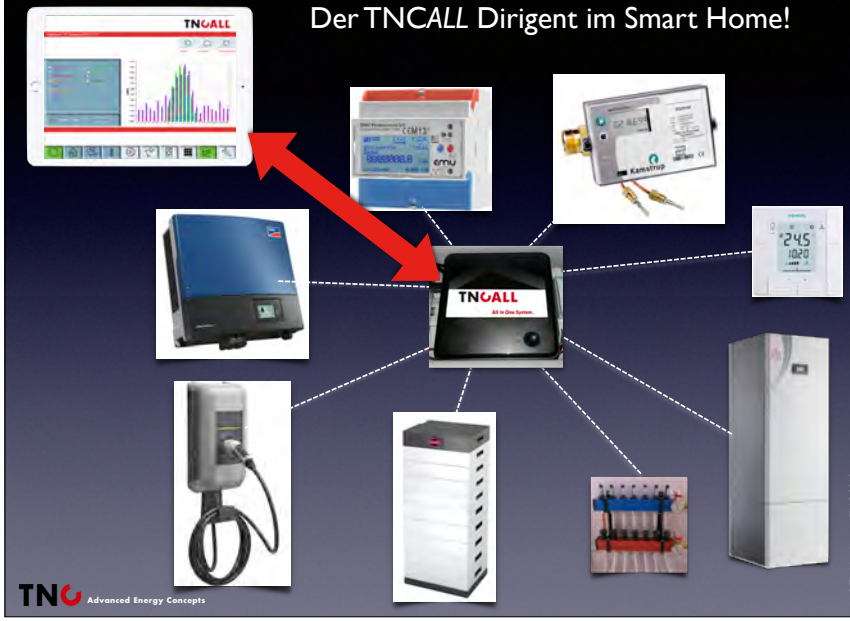


- Mehr PV Strom Produktion
- Mehr Strombezug vom Netz
- Mehr PV Einspeisung
- Mehr Netzbelastung
- Nicht ökonomisch ohne KEV kostendeckende Einspeisevergütung!

TNC Advanced Energy Concepts

©Th. Nordmann • TNC 2018

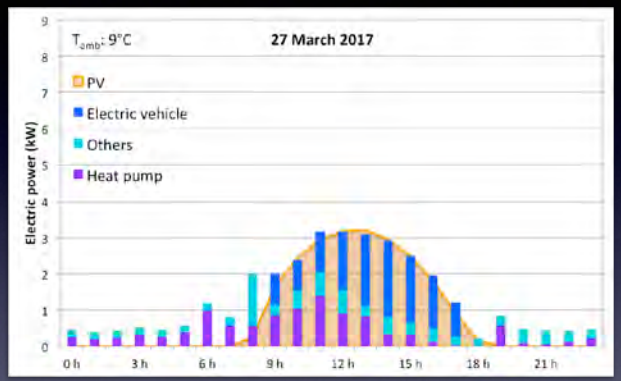
Der TNC*ALL* Dirigent im Smart Home!



TNC 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!

TNC Advanced Energy Concepts

©Th. Nordmann • TNC 2018

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

- Automatisierungsplattformen von 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

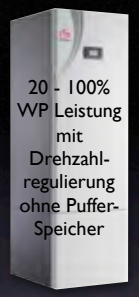
➜ Vielzahl an Sensoren und Aktoren

© Th. Nordmann • TNC 2018

TNC Advanced Energy Concepts

TNC*ALL* mit Wärmepumpen Heizung

Wärmepumpe mit eigenem PV Strom?



- 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

© Th. Nordmann • TNC 2018

TNC Advanced Energy Concepts

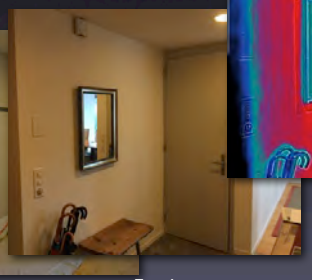
Einzelraumregelung für die Bewirtschaftung thermoaktiver Bauteile mit TNC*ALL*

- 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

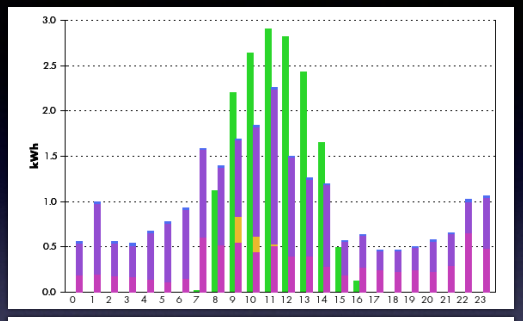


Ergebnis

© Th. Nordmann • TNC 2018

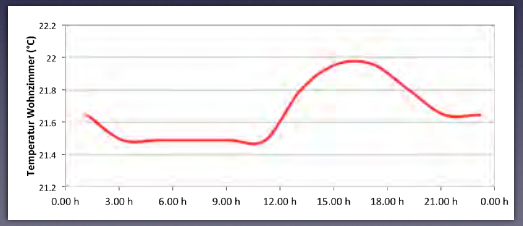
TNC Advanced Energy Concepts

Auswertungen der Messungen im TNC*ALL* Pilothaus



PV-optimierter Wärmepumpenbetrieb - Tagesbeispiel 31.10.2017

- Total Produktion
- Lüftung
- Geschirrspüler
- Trockner
- Wärmepumpe
- Waschmaschine
- Sonstiges
- Wallbox



- 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}

© Th. Nordmann • TNC 2018

TNC Advanced Energy Concepts

TNC*ALL* PV und Elektromobilität

Laden Sie Ihr Elektroauto mit eigenem PV Strom nach Ihren individuellen Bedürfnissen mit dem TNC*ALL* Dirigent:

Schnell und sofort laden

laden mit PV Strom

Ladung Stromtarif optimiert

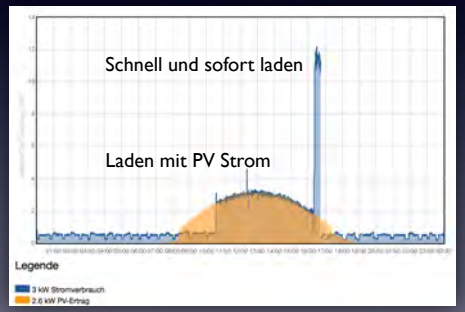
Sicherstellung Haushaltslast im Netz

© Th. Nordmann • TNC 2018

TNC Advanced Energy Concepts

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

20% - 100% Ladung



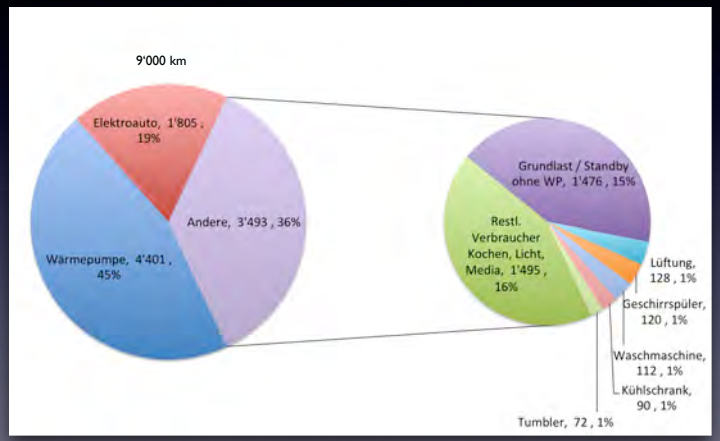
- Aktives Lastmanagement
- Kompatibel mit allen EV am Markt
- 1- und 3-phasig bis 22 kW
- Integrierte DC-Fehlerstromerkennung
- Integrierter Energiezähler (MID-zertifiziert)
- Benutzerberechtigung (RFID)
- Drahtlose Kommunikation möglich (WLAN)
- Mehrere Ladestationen last-koordiniert

© Th. Nordmann • TNC 2018

TNC Advanced Energy Concepts

Aufteilung Stromverbrauch/Jahr Total: 9'700 kWh

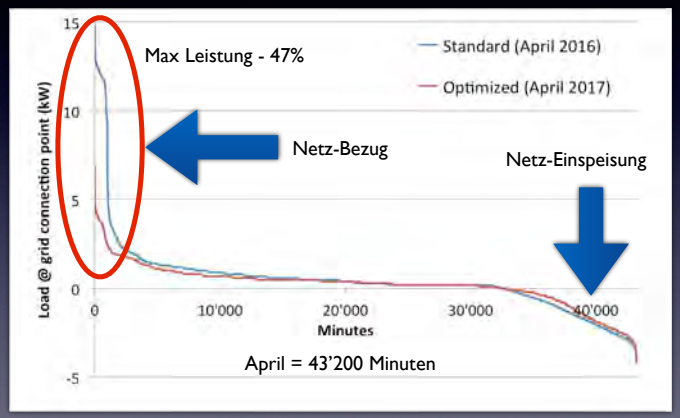
Gemessene Stromverbräuche Grundstrasse 10 (8/2016 – 7/2017) in kWh / %



© Th. Nordmann • TNC 2018

TNC Advanced Energy Concepts

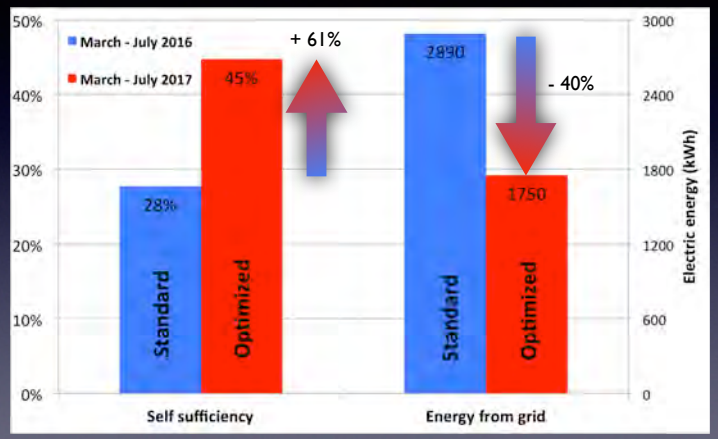
Auswertungen der Messungen im TNC*ALL* Pilothaus Netzdienlichkeit (Messwerte) April 2016 ↔ April 2017



© Th. Nordmann • TNC 2018

TNC Advanced Energy Concepts

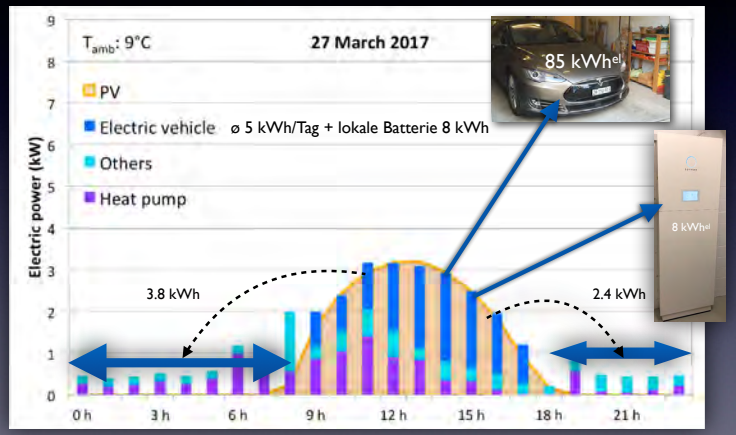
TNC*ALL* Dirigent Harmonie statt Kakophonie
Vergleich der Messdaten 2016 mit 2017 (für 5 Monate)



TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Der eigene Stromspeicher im Haus (8kWh)



TNC Advanced Energy Concepts

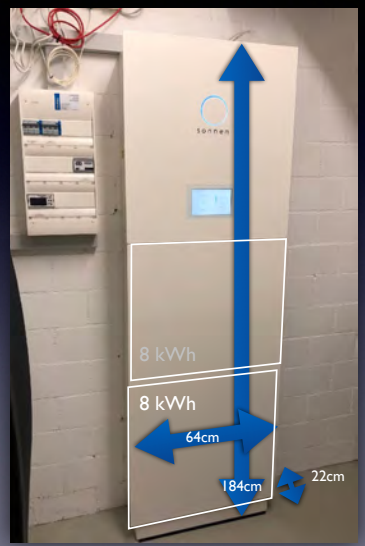
© Th. Nordmann • TNC 2018

Ab 2018 der eigene Stromspeicher im Haus (8kWh)

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Der eigene Stromspeicher im Haus (8kWh)



TNC Advanced Energy Concepts

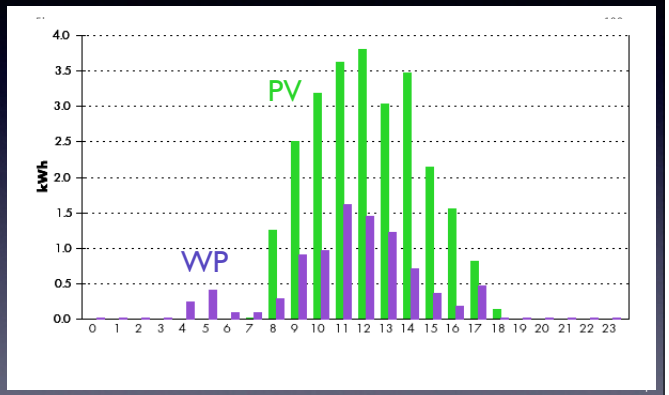
© Th. Nordmann • TNC 2018

Einfamilienhaus mit PV, Tesla, WP und Stationäre Batterie

Messwerte am Beispiel des 11.4.2018

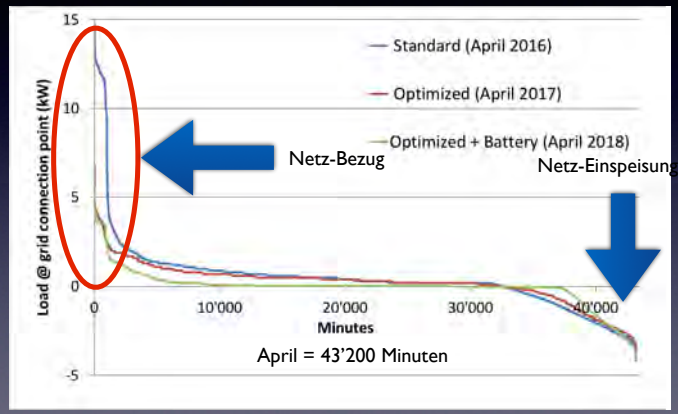
- Kühler sonniger Tag in der Übergangszeit.
- Noch Heizsaison! Mitteltemp: 10.5 °C,
- Wärmepumpe arbeitet modulierend mit nahezu ausschliesslich PV-Strom!
- Batterie nimmt den überschüssigen Strom auf und gibt ihn am Abend/ Nacht wieder für Allgemeinstrom ab.
- Bereits der Morgen wird mit PV-Strom vom Vortag bestritten
- Am 11. 14 2018 ist das Pilotprojekt praktisch zu 100 % autark

Optimierter Betrieb



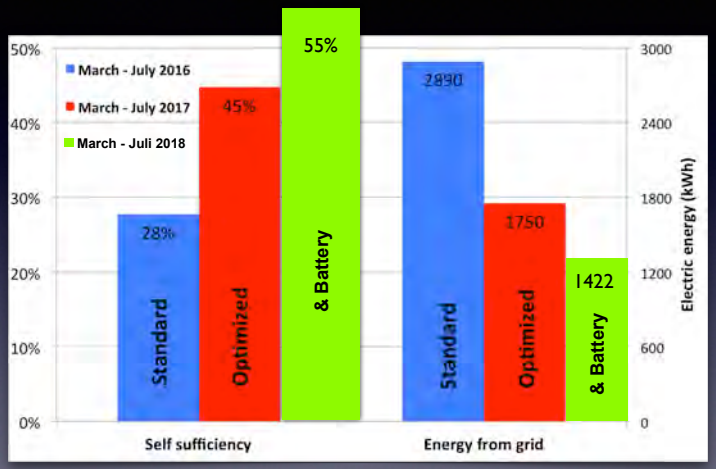
TNC Advanced Energy Concepts
©Th. Nordmann • TNC 2018

Auswertungen der Messungen im TNC*ALL* Pilothaus Netzdienlichkeit (Messwerte)



TNC Advanced Energy Concepts
©Th. Nordmann • TNC 2018

Vergleich der TNC Messdaten 2016, 2017 2018 (für je 5 Monate)



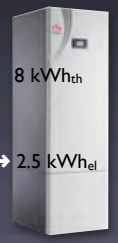
TNC Advanced Energy Concepts
©Th. Nordmann • TNC 2018

Strom- und Wärmespeicher im Smart Home (pro Wohneinheit)

- Wärmepumpe incl. int. Brauchwasser-Speicher nur 220 l
- Wandflächenheizung und 40 kWh^t thermoaktiver Speicher
- E Mobil 85 kWh Batteriespeicher für 480 km Reichweite
- Batteriespeicher 8 kWh für Tag/Nacht Strom Überbrückung

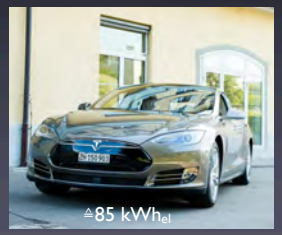
Stationärer Batteriespeicher

WP int. Brauchwasser Speicher



Thermoaktiver Wand Speicher

E Mobil Batteriespeicher



TNC Advanced Energy Concepts
©Th. Nordmann • TNC 2018

Was sind (zukünftig) Partituren des TNC*ALL* Dirigenten?

Visualisierung Messdaten
- Bewohner
- Verwaltung & Technik

Erhöhung PV-Eigenverbrauch
E-Auto Ladestationen
Wärmepumpe
Batteriespeicher

Messdaten für Abrechnung
Eigenverbrauchs-gemeinschaften (ZEV
Nebenkosten (Wärme, Wasser)

Effizienzsteigerung
⬇ VL Temperatur ⬆JAZ
Bewirtschaftung th. & el. Speicher

Anlagenüberwachung
PV-Anlage (PR)
Wärmepumpe (COP, JAZ)

Entlastung Netzanschluss
Bewirtschaftung Ladestationen
Netzfreundlicher Batteriebetrieb

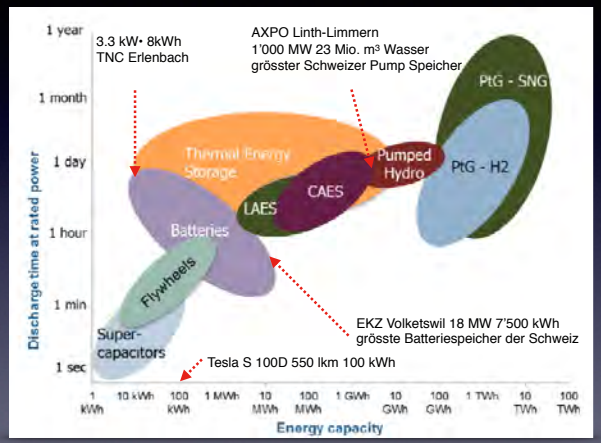
Zusätzlich: Systemanalyse und Optimierung (z.B. 1 x jährlich)

TNC Advanced Energy Concepts

37

© Th. Nordmann • TNC 2018

Charakterisierung typischer Einsatzparameter von stationären Energiespeichern



[31] Y. Zhang, A. Lundblad, P. E. Campana, and J. Yan, "Comparative Study of Battery Storage and Hydrogen Storage to Increase Photovoltaic Self-sufficiency in a Residential Building of Sweden," Energy Procedia, vol. 103, no. April, pp. 268–273, 2016.

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Batterie Energiespeichern im Schweizer Markt Vergleich

Helion

TNC Pilot Erlenbach
3.3 kW • 8 kWh (max 16 kWh)

EKZ Volketswil 18 MW 7'500 kWh
grösste CH Batteriespeicher

	EBDC	SONNEN ECO 8	BYD	TESLA POWERWALL	GREENROCK
Speicherkapazität (kWh)	5 - 78 kWh	2 - 15 kWh	6.4 - 11.5 kWh	6.4 kWh	6 - 24 kWh
Dauerleistung (kW)	2.25 - 13.5 kW	1.5 - 3.3 kW	3.1 - 5.5 kW	3.0 kW	1.4 - 5.7 kW
Lebensdauer (Ladezyklen)	Zyklen sind unbegrenzt	<10'000	keine Angaben	<4'000	5'000
Garantie	10 Jahre	10 Jahre	10 Jahre	10 Jahre	10 Jahre
Kosten pro 1 kWh Speicher	ab CHF 1'226 (inkl. PV-Wechselrichter)	ab CHF 1'304	ab CHF 945	ab CHF 1'000	ab CHF 1'480

Tesla S 85D 500 km

TNC Advanced Energy Concepts

© Th. Nordmann • TNC 2018

Schweizerischer Fachverband für Sonnenenergie
Association suisse des professionnels de l'énergie solaire
Associazione svizzera dei professionisti dell'energia solare

Neugasse 6 · CH-8005 Zürich
Tel. +41 44 250 88 33 · fax +41 44 250 88 35
info@swissolar.ch · www.swissolar.ch
www.energie-schweiz.ch

Infoline: 0848 00 01 04

SWISSOLAR · energieschweiz

Merkblatt Photovoltaik Nr. 12
© Copyright Swissolar

12/2016/Merkblatt-Nr 21012d

PV-Anlagen mit Batterien

Einleitung

PV-Anlagen und elektrische Speicher werden in Inselanlagen schon seit Jahrzehnten gemeinsam genutzt. Mit der enormen Verbreitung der netzgekoppelten PV-Anlagen sind neu auch in diesem Segment die dezentralen Stromspeicher als Ergänzung zur PV-Anlage interessant. Swissolar wollte mit der PV-Update-Veranstaltung im Januar 2016 in Bern die aktuelle Situation in Bezug auf Markt, Kosten und Technologien sowie die Marktaussichten aufzeigen. Das vorliegende Merkblatt gibt eine Zusammenfassung der Inhalte und enthält weitere Informationen, die in der Arbeitsgruppe „Dezentrale Stromspeicher" von Swissolar erarbeitet wurden. Es beschränkt sich auf die elektrochemischen, wiederaufladbaren Batterien (Akus), wovon vorwiegend Blei- oder Lithium-Ionenbatterien angewendet werden. Andere Energiespeichermöglichkeiten wie Wärme-, Druckluft- oder Schwungradspeicher und Batterien in Elektrofahrzeugen werden hier nicht weiter behandelt.

PV-Anlage Meggenhorn LU, mit Speicherbesitzung © BE NetzAG

Definitionen und Begriffserklärungen

Umrichter	Gerät zur Umwandlung von Strom und Spannung, zum Beispiel Gleichstrom zu Wechselstrom oder umgekehrt; andere gebräuchliche Bezeichnungen sind je nach Anwendung: Wechselrichter, Gleichrichter, Ladegerät oder bidirektionaler Umrichter
Batterie / Batteriespeicher	Gerät zur Speicherung der elektrischen Energie
Eigenverbrauch	Summe der von OH in Eigenproduktion zeitgleich verbrauchten oder gespeicherten Energie
Eigenverbrauchsanteil	Eigenverbrauch total / Produktion total Der Eigenverbrauchsanteil beschreibt den Anteil des erzeugten Solarstroms, der entweder zeitgleich durch die Stromverbraucher oder zur Ladung des Batteriespeichers genutzt wird. Je höher der Eigenverbrauchsanteil ist, desto weniger Solarstrom wird in das Netz eingespeist.
Netto-Solarstromanteil, Solare Deckungsgrad	Produktion total / Verbrauch total
Autarkiegrad	= Eigenverbrauch total / Verbrauch total Der Autarkiegrad gibt den Anteil des Stromverbrauchs an, der durch das Photovoltaik-Speichersystem versorgt wird. Hierzu trägt entweder der zeitgleiche Direktverbrauch des erzeugten Solarstroms oder die Entladung des Batteriespeichers bei. Je höher der Autarkiegrad ist, desto weniger Energie wird aus dem Stromnetz bezogen.
AC	Alternating Current, steht für Wechselstrom, resp. Wechselspannung, hier mit 50 Hz, 230/400 V
DC	Direct Current, steht für Gleichstrom, resp. Gleichspannung, hier bis maximal 1500 V

In der Schweiz wurden gemäss der Markterhebung von Swissolar im Jahr 2015 rund 150 Solarstromspeicheranlagen installiert. Neben den häufigen Anwendungen in Einfamilienhäusern gibt es einige Versuchs- und Demonstrationsanlagen von Verteilnetzbetreibern, die grössere Batterien bei Trafostationen oder Verteilkabinen betreiben, wie z.B. das Projekt „BESS-DORA" in Zürich. Diese Anlage ist in der Tiefgarage einer Wohnüberbauung platziert. Das erez testet damit verschiedene Betriebsarten. In erster Linie sollen Leistungspeaks vermieden werden.

Technik

Die Beschreibung der Technik und die weiteren Informationen konzentrieren sich auf die Fragen rund um die Stromspeicher. Umrichter mit und ohne Batterien sind im Verhalten und in der Erfüllung von Anforderungen in den meisten Fällen vergleichbar mit den gewöhnlichen PV-Wechselrichtern. Wie in der Übersicht erwähnt werden Lithium-Ionen- und Blei-Säure-Batterien am häufigsten eingesetzt. Nachstehende Tabellen zeigen die wesentlichen Kennwerte, ergänzt mit weiteren Eigenschaften.

Tabelle 1: Wichtige Charakteristika von Lithium-Ionen-Batterien (Zahlen von Leclanché und von www.speichermonitoring.de)

Lithium-Ionen-Batterien	Aktuell	Schätzung für 10 Jahre später
Wirkungsgrad Laden-Entladen inkl. Batteriewechselrichter mit 95% Wirkungsgrad	80% bis 85%	85% bis 90%
Energiedichte (Zellen)	200 Wh/l bis 350 Wh/l	250 Wh/l bis 500 Wh/l
Zyklenlebensdauer	2'000 bis 10'000 (Vollzyklen)	5'000 bis 20'000 (Vollzyklen)
Kalendarische Lebensdauer	5 bis 20 Jahre (abhängig von Temperatur und Ladezustand)	10 bis 25 Jahre (abhängig von Temperatur und Ladezustand)
Entladetiefe	Bis 100%	Bis 100%
Selbstentladung	1 - 5% pro Monat	<3 % pro Monat
Anforderungen Aufstellort	Herstellerangaben beachten, insbesondere die Vorgaben betreffend der zulässigen Raumtemperaturen.	
Vorteile der Technologie bei Einsatz in PV-Speichern	Lange Lebensdauer, relativ hoher Wirkungsgrad im Vergleich zur Bleibatterie, hohe Energiedichte, wenig Wartungsaufwand	
Nachteile der Technologie bei Einsatz in PV-Speichern	Hohe Kosten, wenig Erfahrung mit der Technologie in der gegebenen Anwendung, im Fehlerfall Gefahr von Brand, Recycling noch nicht etabliert, Stand-by-Verluste	Kostenunschied eliminiert, Recycling eingeführt

Zur Lithium-Batterietechnologien existieren viele Varianten mit einer grossen Anzahl von Elektrolyten und Kombinationen von Elektrodenmaterialien, die jeweils zu unterschiedlichen Eigenschaften, etwa bezüglich der Lebensdauer oder der Sicherheit führen. Daraus kann ein erhebliches Entwicklungspotential abgeleitet werden, dies auch bezüglich möglicher Kostenreduktion.

Tabelle 2: Wichtige Charakteristika von Blei-Säure-Batterien (Zahlen von Leclanché und von www.speichermonitoring.de)

Blei-Säure-Batterien	Aktuell	Schätzung für 10 Jahre später
Wirkungsgrad Laden-Entladen inkl. Batteriewechselrichter mit 95% Wirkungsgrad	70% bis 75%	73% bis 78%
Energiedichte (Zellen)	50 Wh/l bis 75 Wh/l	50 Wh/l bis 100 Wh/l
Zyklenlebensdauer	500 bis 2'000	1'000 bis 4'000
Kalendarische Lebensdauer	5 bis 15 Jahre (abhängig von Temperatur und Ladezustand)	8 bis 20 Jahre (abhängig von Temperatur und Ladezustand)
Entladetiefe	70%	80%
Selbstentladung	3 - 5% pro Monat	2 – 4% pro Monat
Anforderungen Aufstellort	Aufstellraum muss belüftet sein, Luftdurchsatz abhängig von Technologie (geschlossen oder verschlossen); Anforderungen in Normen gemäß, z.B. SNEN 50272-2:2001(5) Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen. Teil 2: Stationäre Batterien	
Vorteile der Technologie bei Einsatz in PV-Speichern	Etablierte Technologie mit viel Betriebserfahrung in stationären Anlagen, geringe Investitionskosten	
Nachteile der Technologie bei Einsatz in PV-Speichern	Geringe Energiedichte nachteilig bei begrenztem Platzangebot, Lüftungsanforderung im Batterieraum nicht immer einfach umsetzbar, Stand-by-Verluste.	

Der Blei-Säure-Akkumulator ist der bedeutendste Stromspeicher in Bezug auf die weltweit installierte Batteriekapazität. Dadurch ist auch die Rücknahme und Wiederverwertung der Rohstoffe zu einem grossen Teil gewährleistet. Für stationäre Anwendungen bietet auch diese Technologie noch ein Potenzial für Kostensenkungen, unter anderem weil im Vergleich zu Starterbatterien bisher nur kleine Stückzahlen fabriziert wurden. Bei den stationären Anwendungen spielt der bekannte Nachteil der Blei-Säurebatterie betreffend Gewicht und Volumen im Vergleich zum Auto eine untergeordnete Rolle.

https://www.swissolar.ch/topthemen/eigenverbrauch/

TNC Advanced Energy Concepts

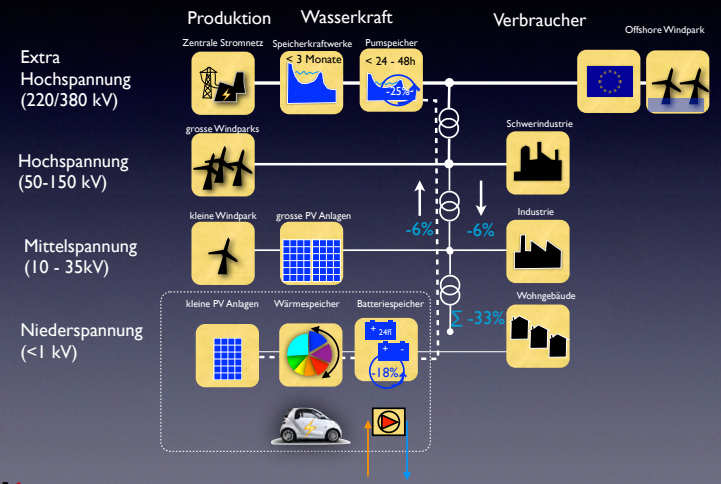
© Th. Nordmann • TNC 2018

Speichertechnologien in der Schweiz

Beschreibung	Speichergrösse/-dauer
Speicherwasserkraftwerk: Wasserkraftwerk mit Stausee (im Gegensatz zu Flusswasserkraftwerken ohne Speicherfähigkeit).	8.8 TWh (heute) 55 Tage*) 10.8 TWh (bei weiterem Ausbau)
Pumpspeicherkraftwerk bestehend aus mehreren Reservoirs mit Pumpen und Turbinen dazwischen.	400 GWh (2.5 Tage*))
Erdgasnetz mit angeschlossenen Kurzzeitspeichern	2.5 Tage*)
Erdgaskavernen: Die Schweizer Gaswirtschaft ist an einer Kaverne in einem ehemaligen Salzbergwerk im französischen Jura beteiligt.	20 Tage*)
Heizöltanks in den Wohngebäuden	geschätzt > 1 Jahr
Pflichtlager für Notversorgung der Schweiz: flüssige Brenn- und Treibstoffe Autobenzin und Diesel sowie Flugpetrol	4.5 Monate Heizöl*) 4.5 Monate Benzin*) 4.5 Monate Diesel*) 3.0 Monate Flugpetrol*)
Stationäre Batteriespeicher, die direkt mit dem Netz verbunden sind	
Wärmespeicher mit T < 20 °C (Anergiespeicher im Boden, Eisspeicher)	
Wärmespeicher mit T > 20 °C, Brauchwarmwasser in Haushalten, Saisonale Speicher in Jenny-Häusern oder im energieautarken Haus in Brütten	
Luftdruckspeicher (Compressed Air Energy Storage, CAES), in der Schweiz gibt es ein Projekt in Tessin.	220'000 m³ für 1GWh → kaum Potenzial als Langzeitspeicher

*) Speicherdauer berechnet mit durchschnittlichem Endverbrauch der Schweiz des entsprechenden Energieträgers.
Quellen: Bundesamt für Energie, Carbura, IET HSR, Eurelectric (2011)

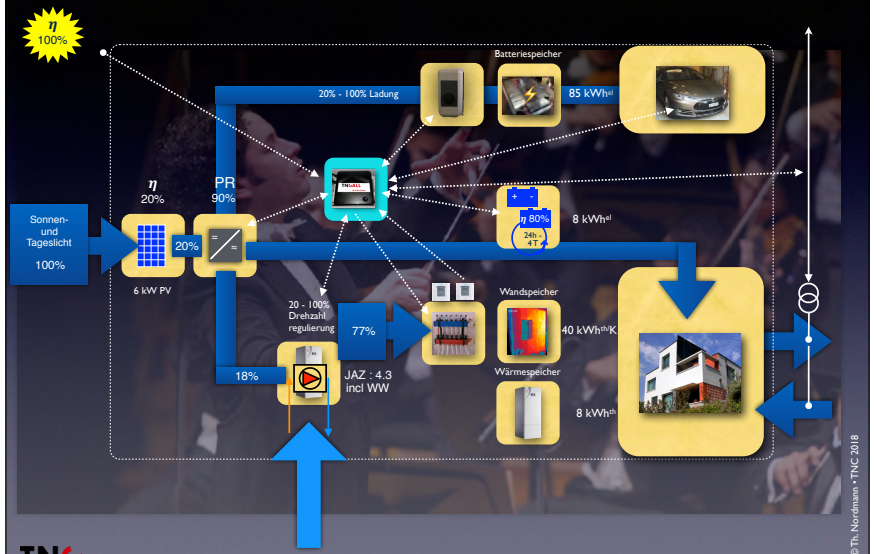
Photovoltaik-Speicher-System im Schweizer Strom-Netz Universum



TNC Advanced Energy Concepts

©Th. Nordmann • TNC 2018

Photovoltaik-Speicher & Netz System im Smart Energy House

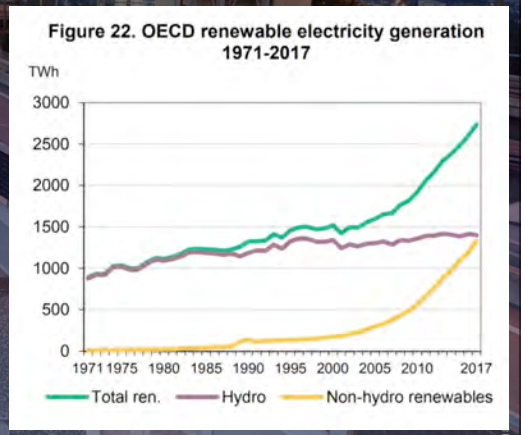


TNC Advanced Energy Concepts

©Th. Nordmann • TNC 2018

Warum wird PV & Wind von der Energie-Politik immer noch unterschätzt?

- Die neuen Erneuerbaren Energien haben bei der Stromproduktion 2017 auch die Wasserkraft überholt!
- Für den Aufbau dieser Kapazität wurden nicht wie die Wasserkraft 130 Jahre, sondern 50 Jahre benötigt. ➜ OECD Statistik 1971 - 2017.
- Im Unterschied zur Wasserkraft, sind neuen erneuerbaren Energien wie Sonne und Wind nicht am Ende der nutzbaren Kapazität, sondern erst am Anfang!
- Die Energiezukunft ist erneuerbar, ohne CO^2 Emissionen oder der Produktion von Atom-Müll!



TNC Advanced Energy Concepts

©Th. Nordmann • TNC 2018

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 ≈ 3-6 kWh/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 8.8 TWh in den Winter (Toberer 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