

# Eine messtechnische Untersuchung an 800 Schweizer Photovoltaikanlagen über Ertrag und Nutzungsgrad (PR)

Photovoltaische Solarenergie 32. Symposium  
08. bis 10. März 2017 Kloster Banz,  
Bad Staffelstein



Thomas Nordmann / Thomas Vontobel  
TNC Consulting AG CH-8706 Feldmeilen  
Tel.: +41 (0)44 991 55 77, nordmann@tnc.ch • www.tnc.ch

## Übersicht

- Wer ist TNC Consulting AG? Was macht IEA PVPS Task 13?
- Was ist die Solar Olympiade und der PV Nutzungsgrad?
- Was ist die IEA PV «analytical analyse» durch Feld-Messung?
- Was ist der neue TNC Analyse-Ansatz?
  - Gemessene EEG Stromertrag?
  - Gemessene Meteorologie-Daten?
  - 800 PV Schweizer Anlagen
- Erste Erkenntnisse und Schlussfolgerungen
- Weiteres Vorgehen

TNC steht für: Solarstrom und Gebäudeeffizienz  
Das sind seit über 30 Jahren unsere Themen

→ entwickeln und umsetzen

- 1989 erste Photovoltaikanlage auf einer Autobahn-Schallschutzwand (BFE P&D)
- 1996 Konzeption der weltweit ersten Solarstrombörse für ewz, Elektrizitätswerk der Stadt Zürich
- Einsatz der Bifacial-Technologie (zweiseitige Solarzellen) als Schallschutzwand entlang Strasse & Schiene
- Prozessentwicklung und Umsetzung Energie 2000 Nationales Gebäude-Sanierungsprogramm EnergieSchweiz 1997/1999
- Vollzug «Das Gebäudeprogramm» für 16 Kantone
- Projektträger ProKilwatt Programme Kantone LU, VS, ZH, NE und JU
- Nationales Programm «Gebäudeautomation» 2015 - 2017 für Stiftung KLiK

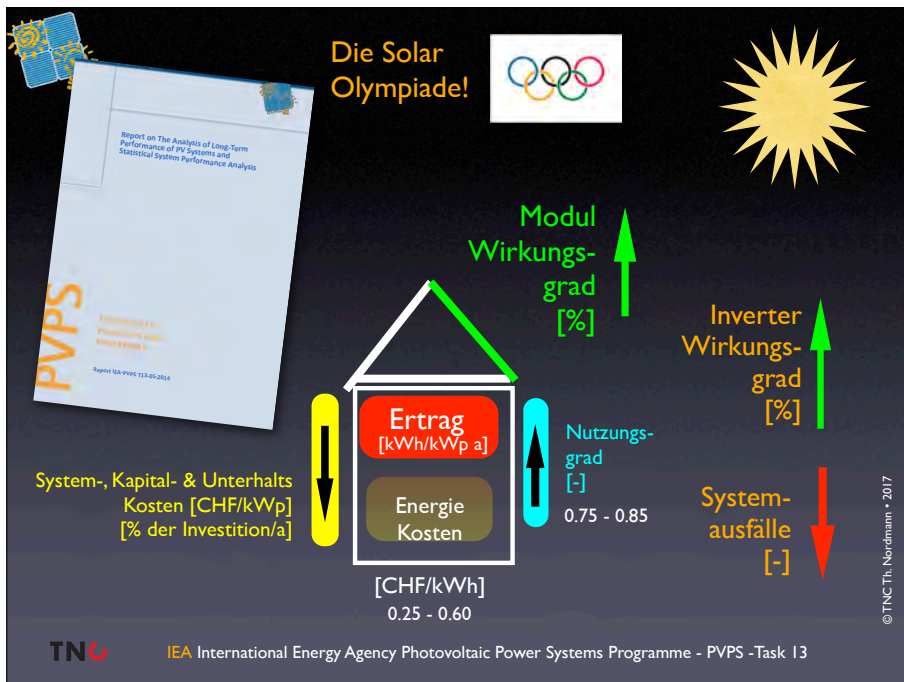
**Europäischer Solarpreis 1997**

## Performance and Reliability of Photovoltaic Systems IEA PVPS Task 13 Meeting April 1 - 3, 2016 @ EURAC research 39100 Bolzano, Italy

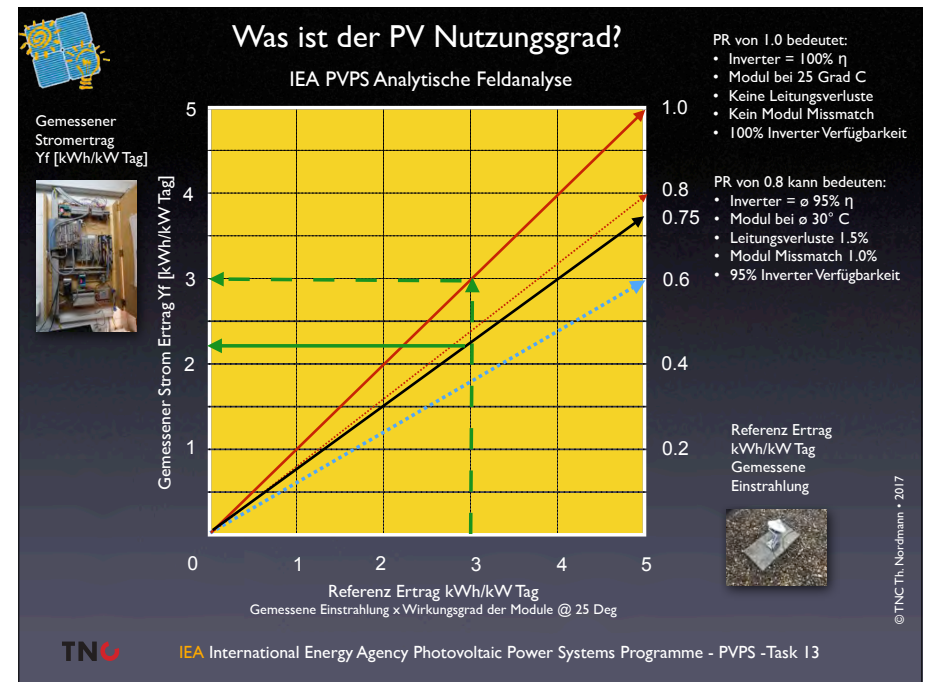


PV Experts from: Australia, Austria, Belgium, China, Denmark, Finland, France, Germany, Israel, Italy, Japan, Malaysia, Netherlands, Norway, Spain, Sweden, Switzerland, Thailand and USA

**PVPS** The objective of Task 13 is to improve the reliability of photovoltaic systems and subsystems by collecting, analyzing and disseminating information on their technical performance and failures, providing a basis for their assessment, and developing practical recommendations for sizing purposes.



5



6

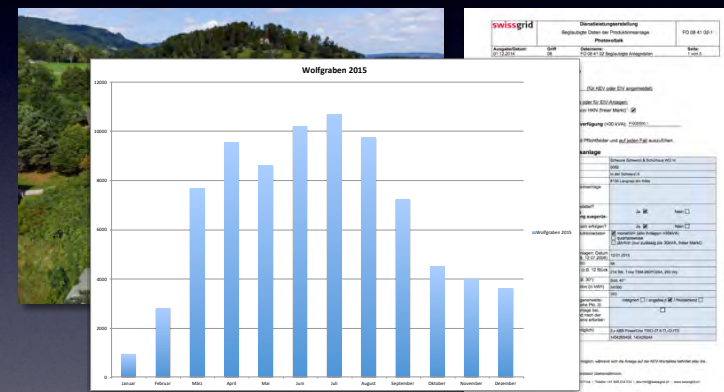
## Der neue TNC Ansatz I: Ziel der Arbeit

- Die Überwachung der Funktion von PV Anlagen im Betrieb ist wichtig, um die Wirksamkeit des Fördersystems kostendeckende Einspeisevergütung (EEG/KEV) zu bewerten. Ist PV eine zuverlässige Energiequellen für das Erreichen der Energiestrategie?
- TNC betreibt für die IEA PVPS T13 ein Datenerfassungs- und Analyse-Projekt und eine Webseite. Funktionstüchtigkeit und Nutzungsgrad von PV Anlagen aus der ganzen Welt werden dargestellt. Aber: Die notwendigen Feldmessungen sind aufwendig, teuer und die Bereitschaft der Betreiber, ihre Betriebsdaten zu teilen, besteht oft nicht.
- Die neue TNC Methode nutzt bestehende Datenerfassungssysteme, um Informationen betreffend Funktionstüchtigkeit und Ertrag von PV Anlagen zu beantworten. Das erfolgt mit wenig Aufwand und für eine grosse Anzahl von PV Anlagen.
- Die Resultate sind u.a.: die Entwicklung der Funktionstüchtigkeit von PV Anlagen über längere Zeit, der Vergleich grosser und kleiner Anlagen, unterschiedliche Typen von PV Anlagen usw.
- Die Methode ist in der Schweiz erprobt für ein Sample von 1'170 PV Anlagen
- Die Methode kann für jedes Land mit einem ähnlichen System wie die KEV (FIT) übertragen und angewendet werden z.B. Deutschland, Italien, Frankreich, Japan...

7

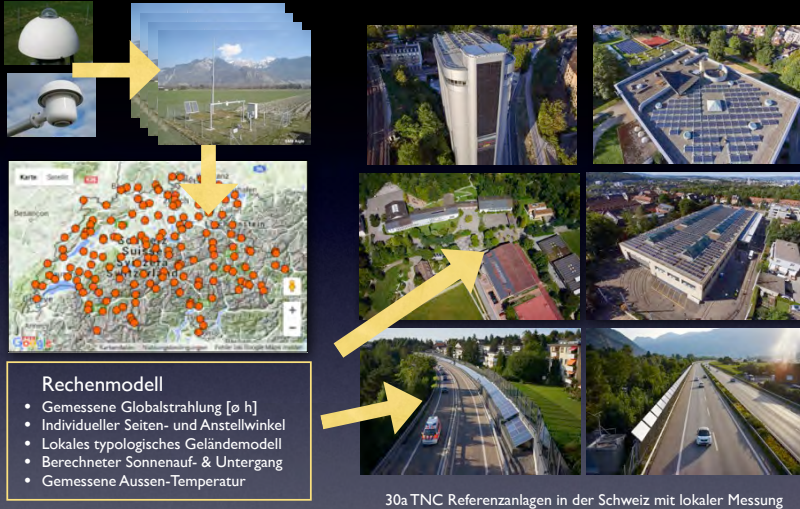
## Was ist der neue TNC Analyse-Ansatz?

- Die Anlage-Stammdaten von Swissgrid (Netzbetreiberin CH): Standort, Nennleistung, Modulausrichtung und -neigung, etc.
- Der gemessene Stromertrag Yf [kWh/kW Monat oder Quartal]



8

## Wir nutzen die Daten von 150 Meteo Schweiz - Stationen



Die Messresultate der 150 Meteo-Stationen werden genutzt als Basis zur Umrechnung der Einstrahlungsdaten in Monatsschritten. Dazu wird ein Rechenmodell von Meteotest verwendet.

## Der neue TNC Ansatz II: Vorgehen

- Jedes Land mit einem Fördermodell der Einspeisevergütung (FiT) besitzt die gleichen Informationen über die Stromproduktion der PV Anlagen. In der Schweiz: Swissgrid.
- Zusätzlich braucht es für die Computerberechnung der Einstrahlung den geografischen Anlagestandort, die Ausrichtung und den Seitenwinkel der PV Anlage. Für die weiteren Berechnungen wird die installierte Nennleistung benötigt.
- In Übereinstimmung mit dem Bund (BFE) hat uns Swissgrid erlaubt, die original Produktionsdaten aller Schweizer PV Anlagen aus dem KEV Fördermodell auszuwerten. Die Resultate dürfen aber nur in anonymisierter Form veröffentlicht werden.
- Damit kann man Fragestellungen mit Messdaten untersuchen und beantworten:
  - Wie steht es mit der Funktionstüchtigkeit unserer PV Anlagen?
  - Entspricht der elektrische Ertrag den Annahmen der Behörden?
  - Kann man über die Jahre eine Reduktion der Stromproduktion beobachten?
  - Gibt es Unterschiede beim Nutzungsgrad zwischen alten und neuen Anlagen?
  - Gibt es Unterschiede beim Nutzungsgrad zwischen grossen und kleinen Anlagen?
  - Gibt es geographische Unterschiede beim Nutzungsgrad?

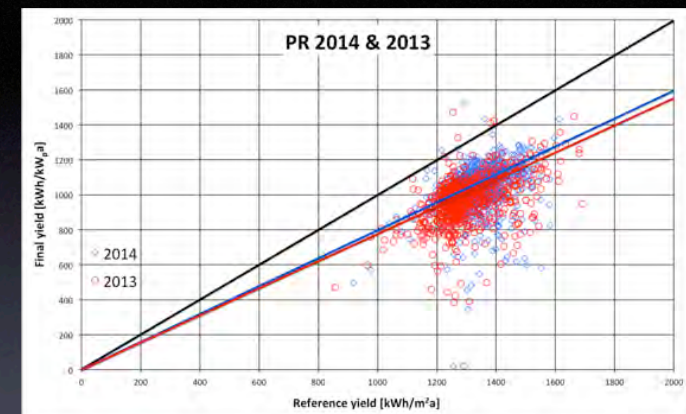
## Der neue TNC Ansatz III: Datensatz



Gesamthaft installierte PV Nennleistung 2015: 1'381 MW<sub>p</sub>  
 Nennleistung PVA in KEV/FiT (Q4 2015): 433 MW<sub>p</sub>

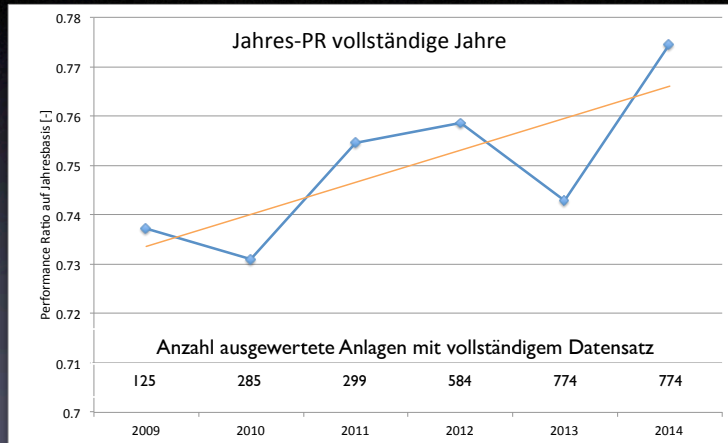
Sample für Auswertungen (vollständige Produktionsdaten und weitere Kriterien): 112.9 MW<sub>p</sub> in 1'177 Anlagen

## Wie gut ist der Jahresnutzungsgrad über die PV Anlagen?



Berechnung des Jahresnutzungsgrades nach IEA PVPS basierend auf Solarstrahlung und spezifischen Ertrag ardstellt für die Jahre 2013 (rot) und 2014 (blau).

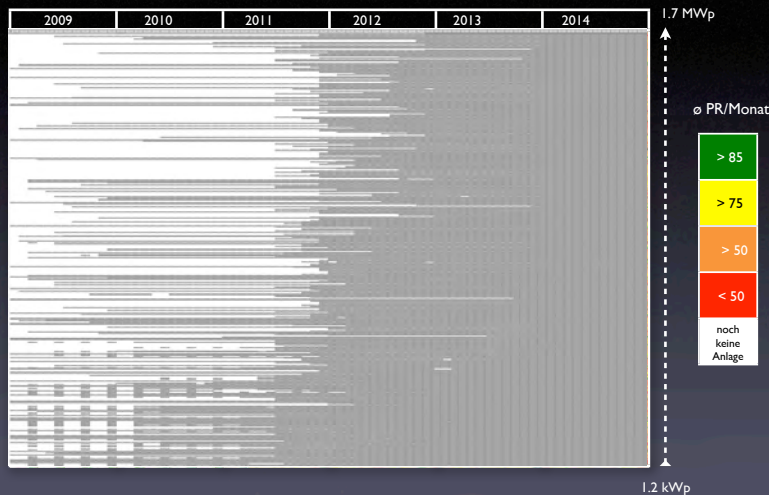
# Wie entwickelt sich die Performance Ratio über die Zeit?



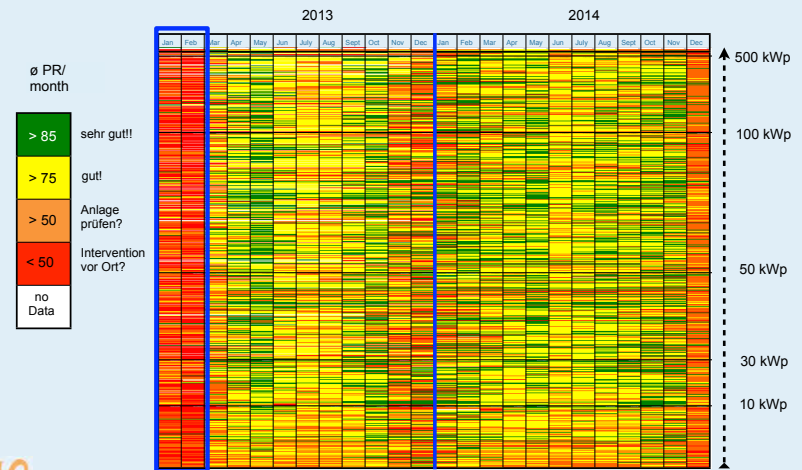
# Wie gut ist die Übereinstimmung zwischen den Annahmen zum spezifischen Ertrag in den KEV (FiT) und den ausgewerteten Resultaten?

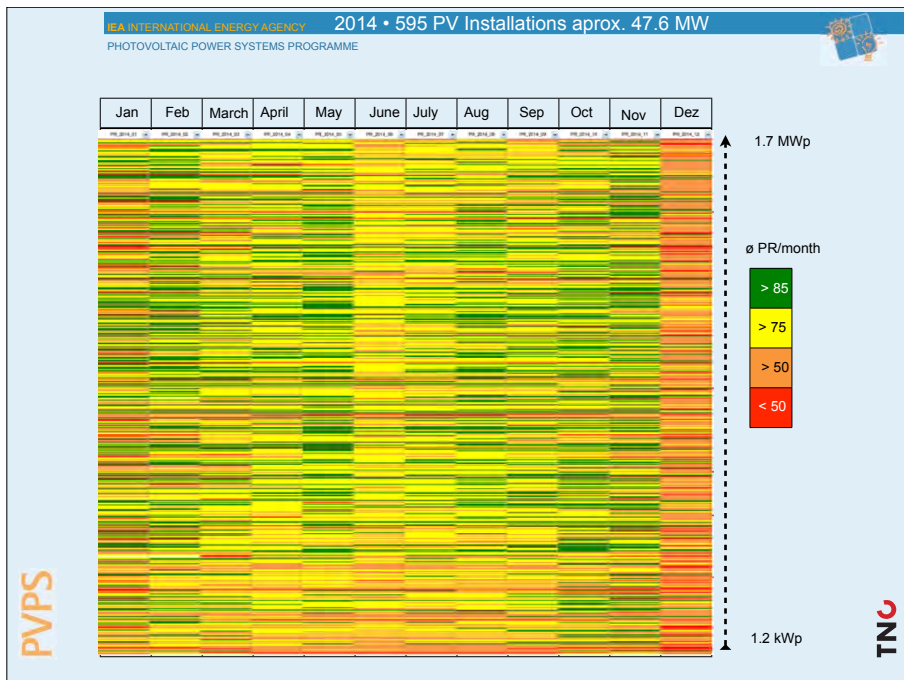
	Ø spezifischer Ertrag aus den Auswertungen	Vergleich mit der Annahme in der KEV (FiT) von 950 kWh/kW <sub>p</sub>
	[kWh/kW <sub>p</sub> ]	[%]
2009	1000	+ 5.2%
2010	945	- 0.5%
2011	1085	+ 14.2%
2012	1049	+ 10.5%
2013	964	+ 1.4%
2014	1038	+ 9.2%
<b>Overall</b>	<b>1013</b>	<b>+ 6.7%</b>

# Ø PR/Monat 595 PV Anlagen 2009 - 2014 ≈ 47.6 MW



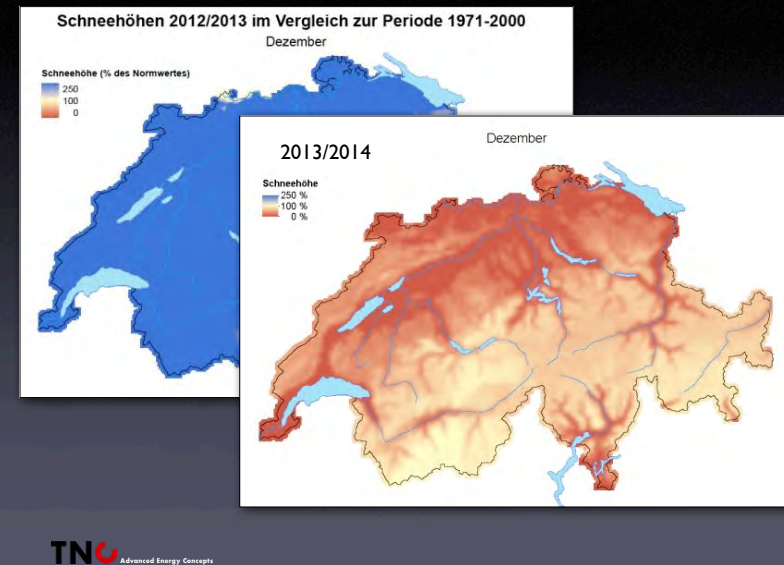
# 2013 - 2014 Ø PR/Monat 595 PV Anlagen ≈ 47.6 MW





17

## Zusammenfassung Winter 2013 (Oktober 2012 bis Mai 2013)



18

## Erste Erkenntnisse:

- Der durchschnittliche spezifische PV Ertrag von ca. 800 evaluierten Projekten liegt 6.7% über den Annahmen vom BFE (950 kWh/kW<sub>p</sub>). Der PV Ertrag wird unterschätzt.
- Die Ø PR 2009 -2014 der analysierten Anlagen liegt bei 0.75!
- Kleine Anlagen haben einen 2 ... 5% tieferen (PR) als grosse Anlagen.
- Nur ca. 1.9% der PV Anlagen haben einen signifikant niedrigeren Nutzungsgrad als erwartet.
- Die Abnahme der jährlichen Performance Ratio ist viel kleiner als aufgrund der Ertragsgarantie der Module erwartet werden könnte. (-20%/20 Jahre)
- Die Schneebedeckung von PV Modulen im Winter kann gleichzeitig fast alle Schweizer PV Anlagen betreffen (zu flache Aufständering).
- Dies bewirkt:
  - Eine dramatische Verschlechterung der PR Dez/Jan und Ertrag.
  - Gleichzeitig eine geringere Auswirkung auf den Jahresertrag.

19

## Schlussfolgerungen

- Eine innovative Methode zur Analyse des Nutzungsgrades von PVA wurde entwickelt, getestet und umgesetzt. Kleinem Aufwand eine grosse Zahl von PV Anlage-Betriebsdaten ausgewertet werden (26% aller CH KEV PV Anlagen!)
- Die Methode kann leicht auf andere Länder (D, F, I) mit einem KEV (FiT) ähnlichen Fördersystem angewendet werden
- Die Methode liefert Ergebnisse, die eingeordnet werden zwischen der heutigen globalen (jährlichen) und analytischen Analyse IEA-PVPS T13.
- Mit der grossen Datenbank ist die Flexibilität bei den Auswahlkriterien sehr hoch, so dass unterschiedliche Fragestellungen auf Systemebene mit relevanten Sample-Grössen untersucht werden können.
- Breit abgestützte Auswertungen bringen Präzision und Zuverlässigkeit in den Annahmen und versachlichen Diskussionen und Entscheidungsfindungen.

20