

# Solarstrom und Wasserkraft Schwimmende Multi-MW hybrid Kraftwerke Traum oder Vision?

*Large scale hybrid PV hydro electricity production  
in floating devices on water, dream or vision?*

3. Internationaler Kongress



Technologie – Design – Umwelt  
10. – 11. November 2010 · Messe Erfurt

Th. Nordmann · Th. Vontobel  
TNC Consulting AG · 8706 Feldmeilen · Switzerland



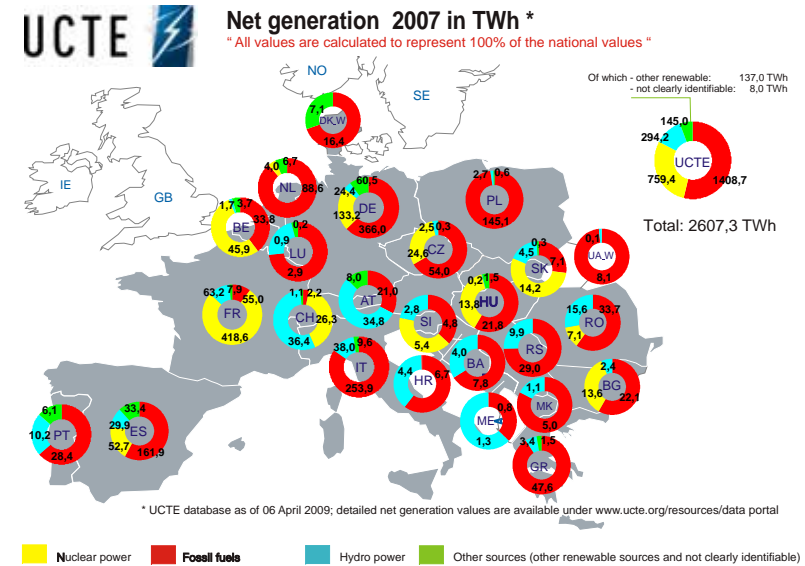
# PV-Solarstrom und Wasserkraft?

- Warum brauchen wir einen Quantensprung bei der terrestrischen PV-Solarstrom Anwendung?
- Wie gross ist das verfügbare Land für PV-Solarstrom?
- Warum Multi-MW PV-Solarstrom hybrid Wasserkraftwerke?
- Sihlsee Studie aus dem Schweizer Wasserkraft Universum  
Wie gross ist die PV-Solarstrom Ernte im Vergleich zur Wasserkraft?
- Was sind die technischen und wirtschaftlichen Chancen ... und Herausforderungen?
- Sieben Thesen



# Ausgangslage I

- Photovoltaik wurde zu einer der am schnellsten wachsenden Wirtschaftsbereiche! ✓
- Weltweit hat die PV-Industrie eine (nachhaltige?) Wachstumsrate von 30% - 50% pro Jahr erreicht! ✓
- Aber der produzierte Solarstrom Anteil im Strommix ist immer noch unbedeutend < 0.1% in der Schweiz! ☹ ☹ ☹
- Deutschland hat einem PV-Anteil von ≈2% erreicht ☹
- Bayern erreichte PV-Anteil von ≈3% vom Strommix ☺ ☺



## Ausgangslage II

- Terrestrische PV Technologie für netzgekoppelte Anwendungen wurde für zwei Sektoren entwickelt:
  - ✦ Gebäude, Dächer, Fassaden und Integration → BiPV?
  - ✦ Grössere Freiflächen-Anlagen
- Es gibt ökonomische und technische Verbesserungen auf der Komponenten-Seite, aber die Projektentwicklung bleibt zeitaufwendig und ist nicht immer erfolgreich!
- Beide Sektoren leiden unter den (noch) hohen Investitions Kosten und der langen Zeit der Projektentwicklung (Jahre/Monate).
- Die eigentliche Realisierung erfolgt in Wochen!

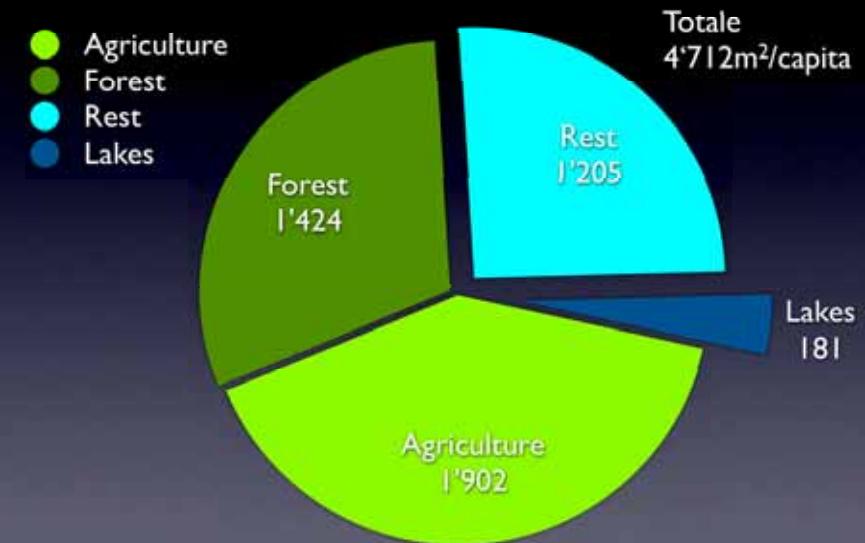
## Ausgangslage III

- Jedes Objekt hat einen individuellen Ansatz: Bauherr → Investor → Planung/Gestaltung → Bewilligung → Finanzierung → Bau
- Bei Freiflächen-Anlagen scheint es einfacher, aber es gibt Bedenken der Gesellschaft wegen des Landverbrauchs. EEG 2010 → †
- Wenn die Photovoltaik einen bedeutenden Beitrag zum EU Strommix leisten will → 20/20/2020, müssen wir unsere Anstrengungen bei der Projekt Umsetzung multiplizieren.
- Gleichzeitig müssen wir auch die Fragen um die Netzintegration proaktiv angehen.
- Sind da schwimmende Multi-MW Hybrid Kraftwerke eine neue zusätzliche Dimension für terrestrische Photovoltaik?

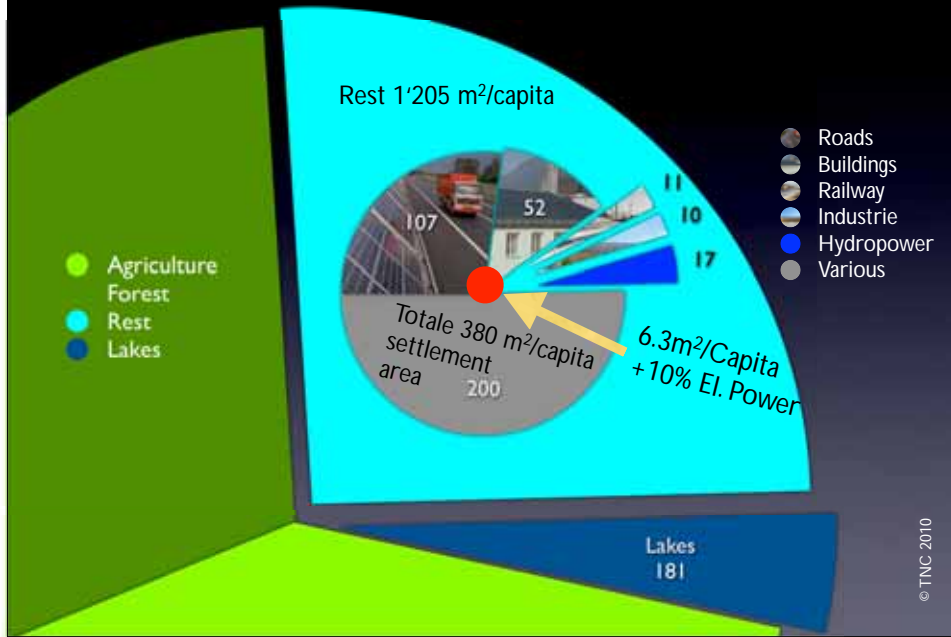
## Land available per capita...



## Switzerland Land available ...



# Switzerland Land available: 4'712 m<sup>2</sup>/capita

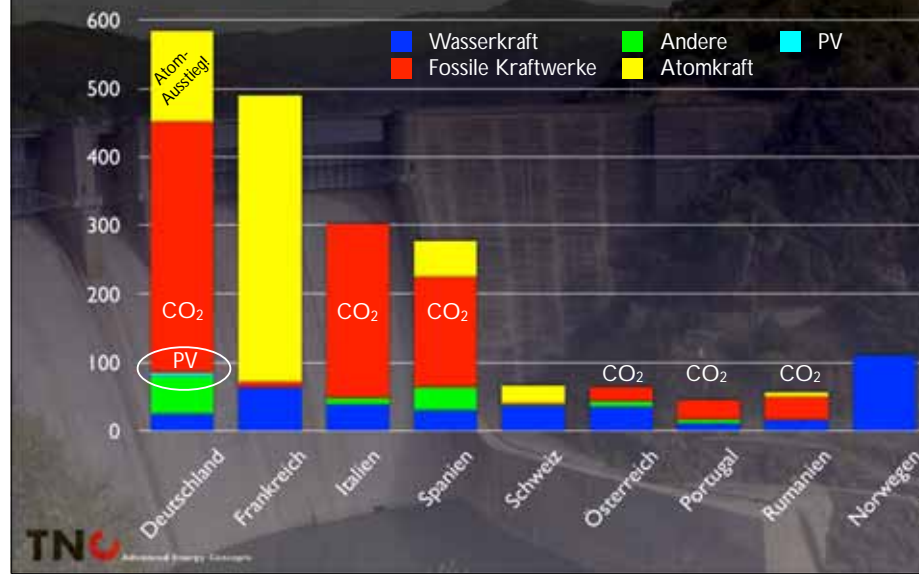


9

# Strom Produktion und - Herkunft in Europa

[TWh/a]

Quelle: UCTE Statistik 2007/2009/IEA 2007

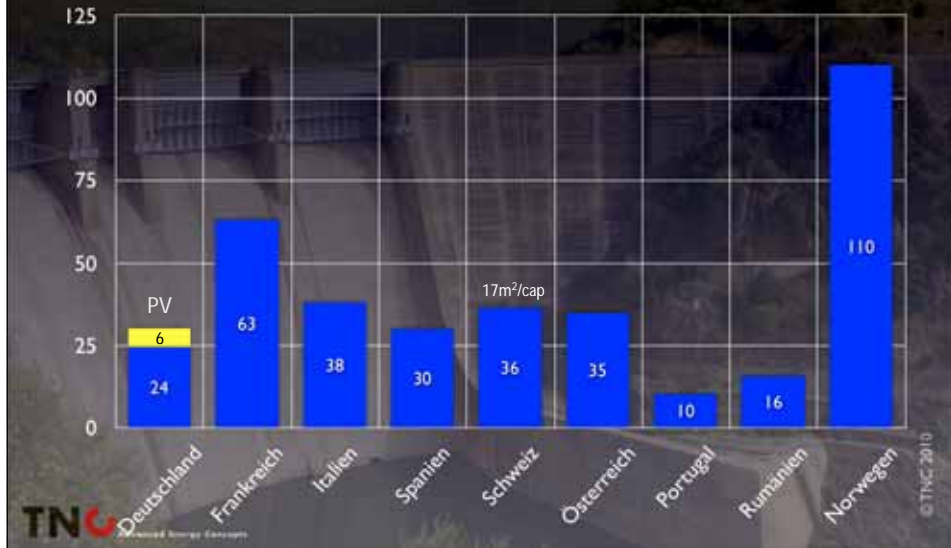


# Wasserkraft in Europa

Quelle: UCTE Statistik 2007/2009/IEA 2007

[TWh/a]

■ Wasserkraft ■ PV



11





Mühldorf • Bayern 2008 1 MW<sub>p</sub>

## Warum PV auf Wasser? I

- Der Landanteil der natürlichen Schweizer Seen entspricht 1'300 km<sup>2</sup> oder 3.1% Gesamtfläche.
- Die Schweiz hat zusätzlich 116 km<sup>2</sup> künstliche Seen errichtet, um Wasserkraftwerke zu betreiben
- Die gesamte Fläche dieser Wasserkraft Seen entsprechen 0.3% der Schweizer Landfläche
- Die Schweiz hat ihre natürliche Seefläche um 10% nur für die Stromproduktion vergrößert!
- Dieser (Bau-) Prozess hat über 100 Jahre gedauert!

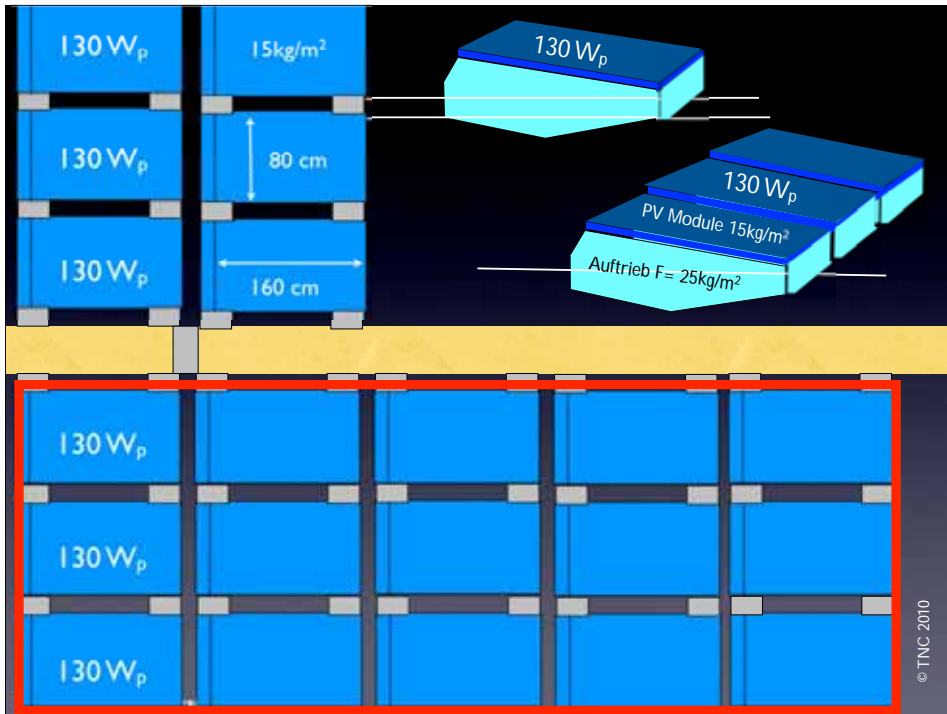
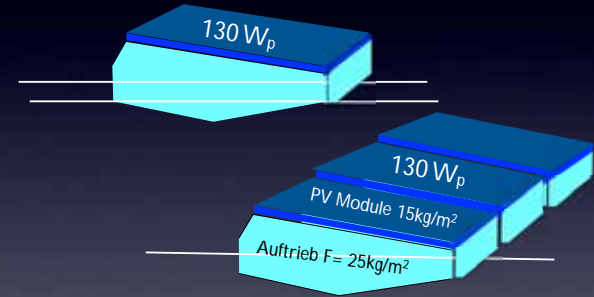
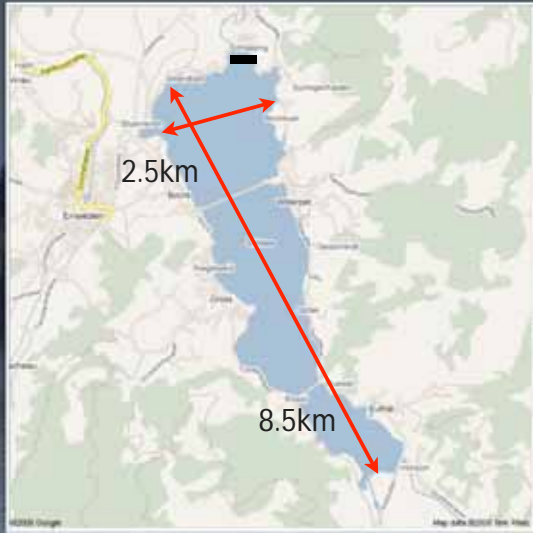
## Warum PV auf Wasser? II

- Norwegen, Österreich und die Schweiz sind die Vorreiter für die Stromerzeugung aus Wasserkraft in Europa
- Norwegen hat einen Anteil an Wasserkraft von 98.5%!
- Österreich 61%
- Schweiz 52.5%
- und Deutschland 4.5%
- In der Schweiz wird mehr als die Hälfte der Strom-erzeugung aus Wasserkraft mit Speicherkraftwerken in «künstlichen» Seen realisiert

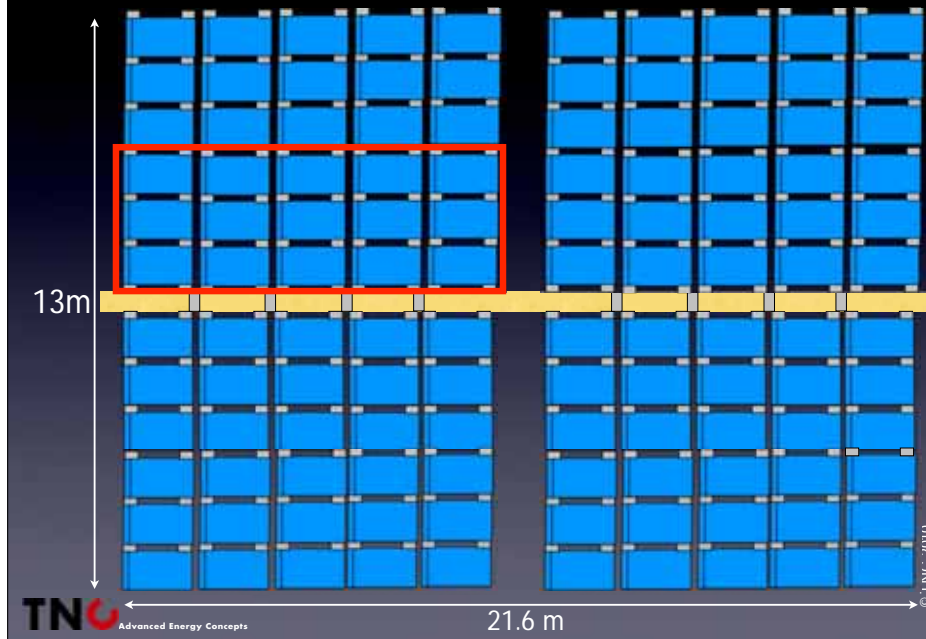
## Das Schweizer Wasserkraft Universum



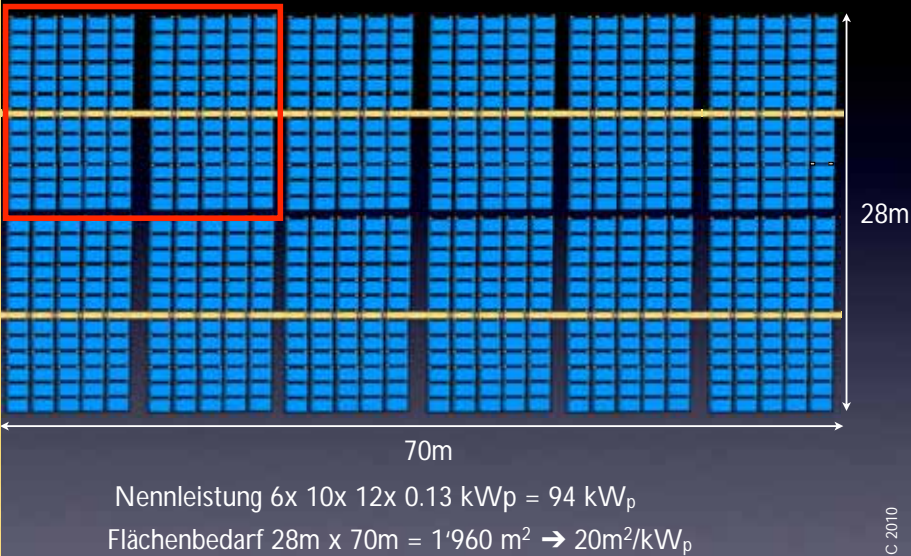
# The "Sihlsee" Case Study



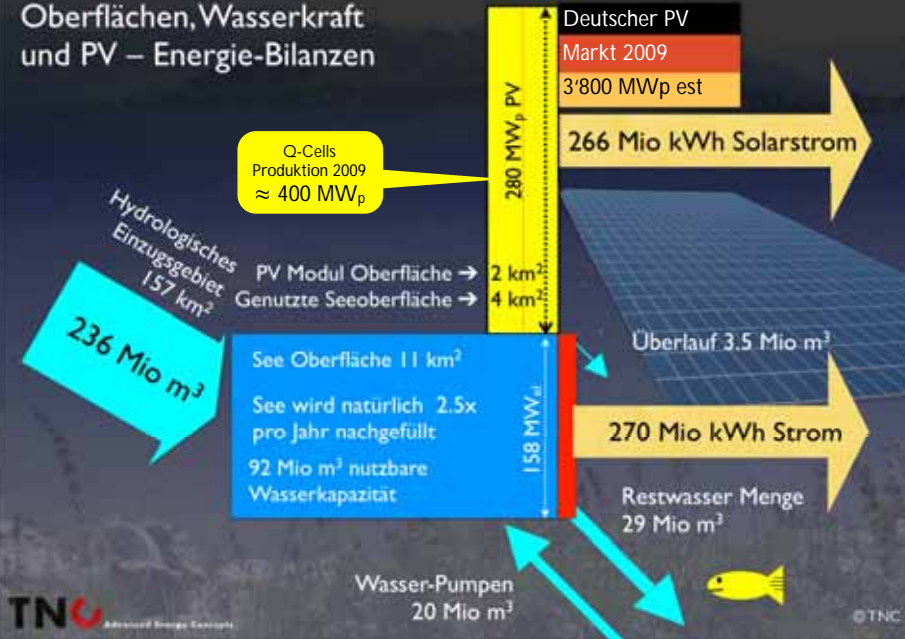
$$10 \times 12 \times 0.13 \text{ kW}_p = 15.6 \text{ kW}_p$$



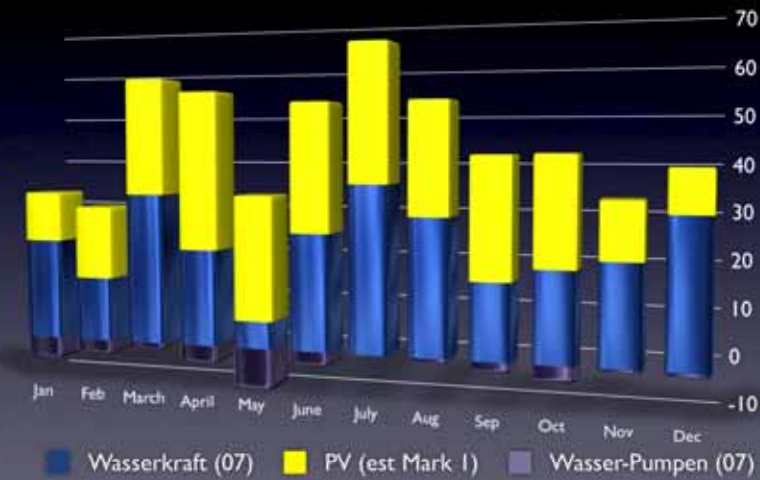
## Flächenbedarf einer schwimmenden 95kW<sub>p</sub> PV Anlage



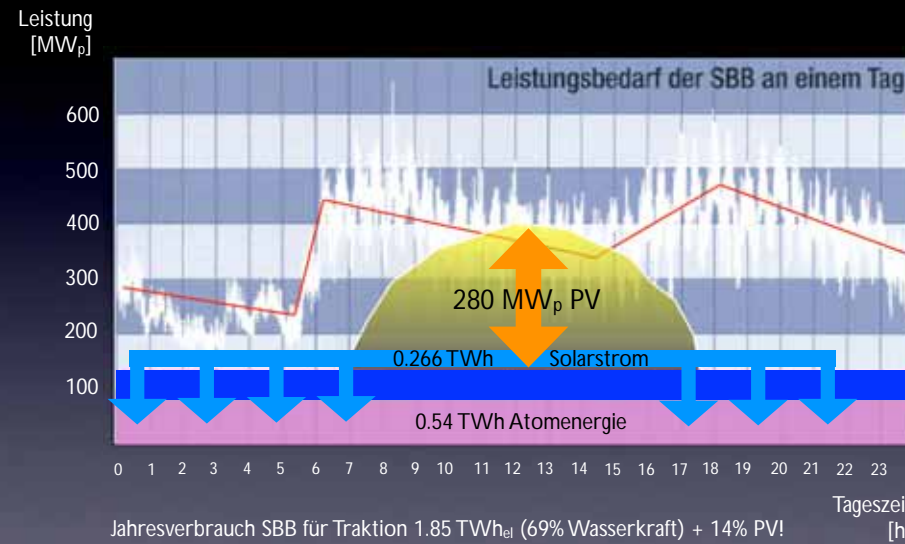
## Die "Sihlsee" TNC Studie: Oberflächen, Wasserkraft und PV – Energie-Bilanzen



## Die "Sihlsee" Leistung 158 MW<sub>el</sub> Hydro<sub>el</sub> plus 280 MW<sub>el</sub> PV Ertrag [Mio. kWh/Monat]



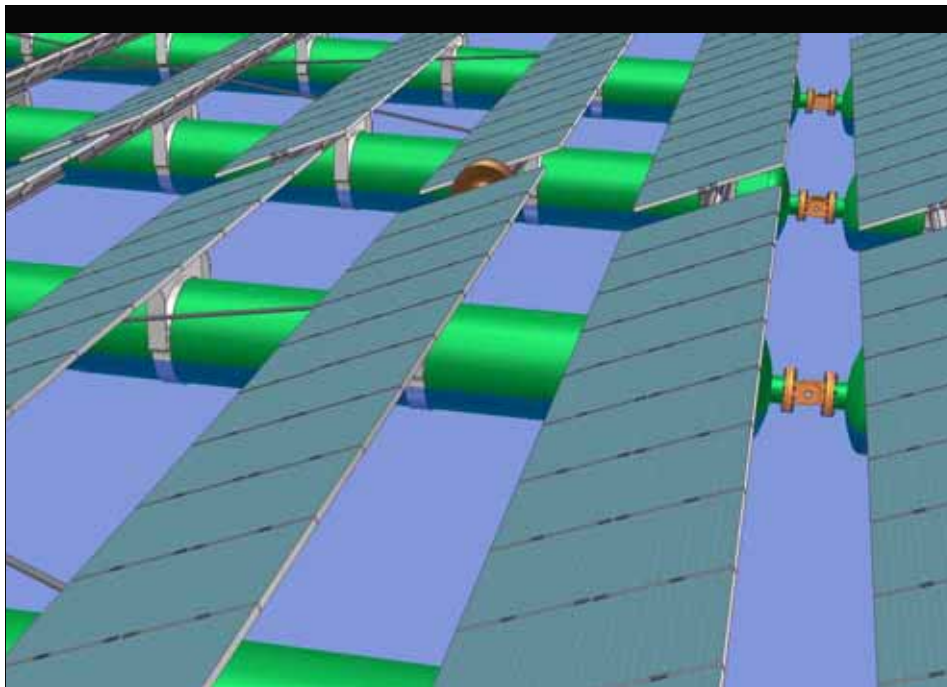
## Typischer 24h Strom Last-Profil Schweizerischen Bundesbahn



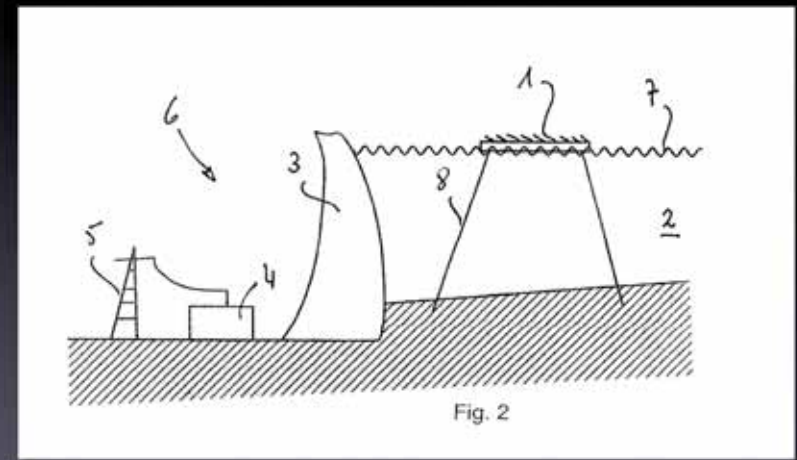
## Chancen ...

- Der Projektvorschlag ist ein innovativer Weg, um die Leistung und Produktion von Wasserkraftwerken schnell erhöhen zu können.
- Der Plan hat einen hohen Multiplikationsfaktor und eine hohe Modularität von 100 kW<sub>p</sub> bis Multi-MW<sub>p</sub>.
- Der Tag-Nacht-Ausgleich der Stromproduktion für die Leistungsanpassung ist mit der vorhandenen Wasserkraftanlage optimal realisiert.
- Damit etablieren wir einen dritten Weg für die schnelle Photovoltaik-Anwendung.
- Wir erreichen einen erstaunlich hohen Flächenertrag, auch im Vergleich zur heutigen Wasserkraftnutzung.

© TNC 2010



## Schweizer und EU Patent angemeldet ...



## und Herausforderungen:

- Eisproblem im Winter
- Algen und Muscheln am Schwimmkörper im Sommer
- Die richtige technische Lösung für den variablen Wasserspiegel
- Wie wird der Unterhalt gemacht?
- Wie ist die Akzeptanz dieser doppelten Flächennutzung für die Stromproduktion?
- Wie erreichen wir das Kostenniveau von heutigen Photovoltaik Dachanlagen?
- Effekte zwischen der Wasserhydrologie und PV



29

Wie an die unterschiedlichen Höhen-Niveaus anpassen!



TNC Advanced Energy Concepts

31





## Sieben Thesen I:

- Montag  
Photovoltaik ist eine der am schnellsten wachsenden Industrien, aber leistet trotzdem (noch) keinen quantitativen Beitrag an die Stromversorgung Europas!
- Dienstag  
Für den 20/20/20 Plan der EU braucht PV einen Quantensprung auch bei der Projektentwicklung.
- Mittwoch  
Beim Erreichen der Netzparität suchen die Investoren auch ohne EEG nach schnell erschliessbaren möglichst grösseren Flächen und Projekten.
- Donnerstag  
PV erreicht einen erstaunlich hohen Flächenertrag sogar im Vergleich zur heutigen Wasserkraftnutzung.

## Sieben Thesen II:

- Freitag  
Die Symbiose von Wasserkraft und schwimmenden PV Anlagen ist eine ideale hybride Kombination zur Vergrößerung der Strom-Produktion ohne weiteren Landverbrauch. Auch die Netzeinbindung und Lastregulierung kann doppelt genutzt werden.
- Samstag  
„Economy of volume“ kann in den Fabriken verbessert werden. Für deutlich niedrigere Transaktions- und Projektentwicklungskosten eignen sich Anlagen mit immer dem gleichen „blue print“.
- Sonntag  
Hybrid PV Wasserkraftwerke sind eine Chance und Herausforderung auch für EVU's, die so aus der Pflicht entlastet werden, weitere fossile- oder nukleare Produktions Anlagen bauen zu müssen.



# The End

Th. Nordmann • Th. Vontobel  
TNC Consulting AG • 8706 Feldmeilen • Switzerland