

DPG-AKE Erlangen, 6. März 2018:

Wie klimawirksam ist ein Photovoltaik-Zubau in Deutschland?

Eine verschwiegene Dynamik.

Folien zum Vortrag

Nikolaus von der Heydt
Institut für Umweltphysik Göttingen - Physik zum Leben -

email: umweltphysik.goettingen@kdwelt.de

Problem

Betrachtet wird ein **jedes Jahr gleicher Zubau** und Erhalt von Si-PV-Kapazität in Deutschland – zum **Beispiel** jährlich 7 Mio. kW_{peak} (ein bona fide gemachter Vorschlag).

Bei der weltweit vernetzten Herstellung (80% in China) der PV-Anlagen werden mit Dach-Montage und Netzanschluss je kW_p etwa **2,6 t** CO₂-Äquivalente freigesetzt.

Ans deutsche Stromnetz angeschlossen kann eine Schrägdach-Anlage je kW_p durchschnittlich **475 kg** CO₂-Äquivalente im Jahr vermeiden.

Die in der Atmosphäre netto kumulierte CO₂-Menge erhöht den Strahlungsantrieb und heizt.

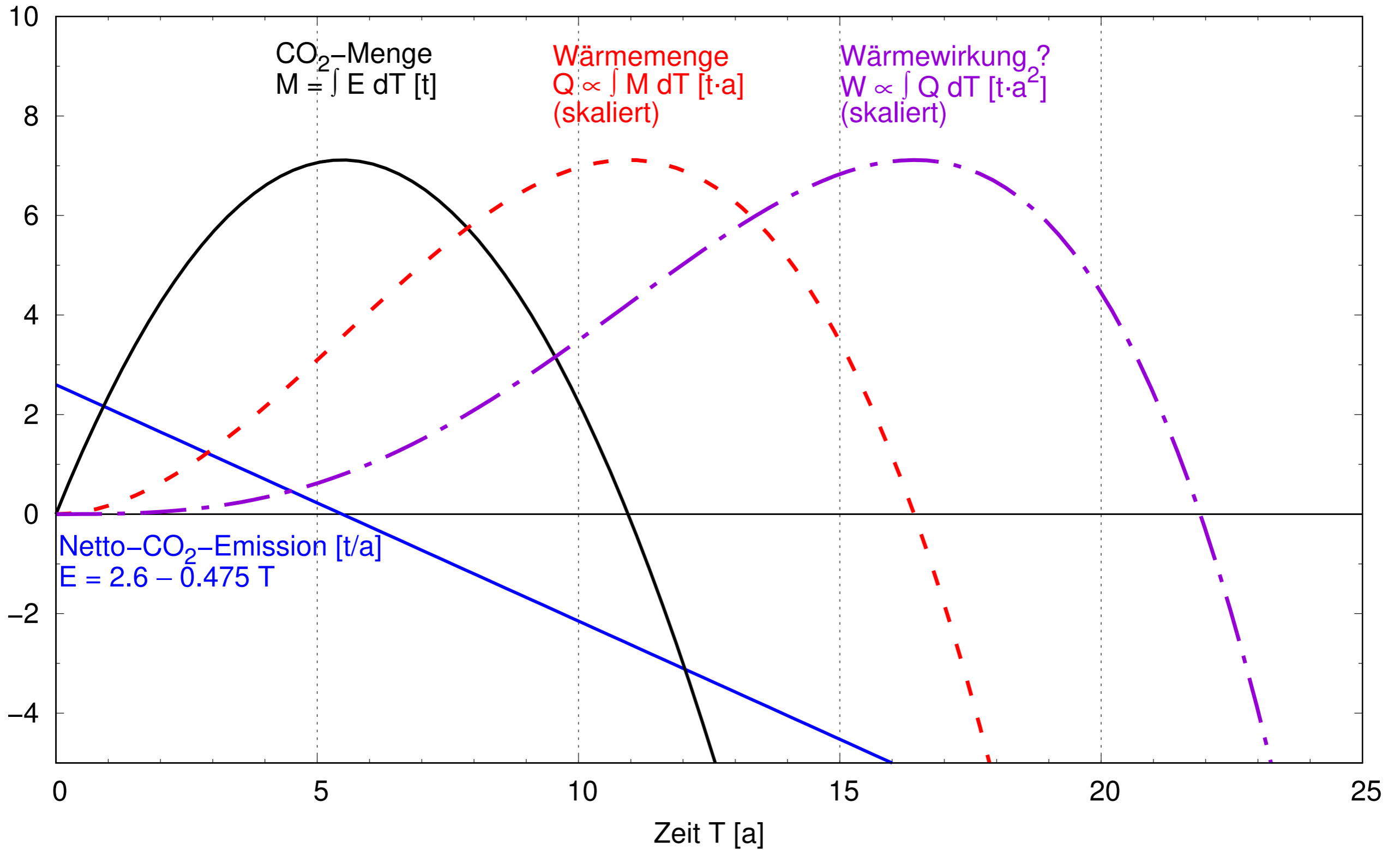
Wie lange dauert es, bis der PV-Zubau

– CO₂-neutral,

– Wärme-neutral

wird ?

Netto-CO₂-Emission [t/a] und ihre Folgen für einen PV-Zubau von 1 kWpeak pro Jahr



Parameter & Formeln

verwendet

ε = spez. CO ₂ -Emission bei der Herstellung		[t/kWp]	2,6
β = spez. jährlicher Stromertrag		[MWh/a*kWp]	0,9
α = spez. CO ₂ -Last des deutschen Strom-Mix		[t/MWh]	0,528
→ $\alpha\beta$ = spez. jährliche CO ₂ -Vermeidung		[t/a*kWp]	0,475
→ $T_0 = \varepsilon/(\alpha\beta)$		[a]	5,5
ρ = Zubaurate		[kWp/a]	<u>Beispiel</u> 7 Mio.
CO ₂ -Maximum	$M = \rho\varepsilon^2/(2\alpha\beta) = (\rho\varepsilon/2)T_0$	bei T_0	[t] 50 Mio.
Wärme-Maximum und CO ₂ -Ausgleich	$Q \sim 2 \rho\varepsilon^3/(3\alpha^2\beta^2) = (2\rho\varepsilon/3)T_0^2$	bei $2T_0$	
Wärmeausgleich		bei $3T_0$	

Diskussion

- Die Parameter wurden als konstant angenommen. Das erscheint mindestens für die 5,5 Jahre bis zum CO₂-Maximum gerechtfertigt. Später dürfte die in Deutschland vermeidbare CO₂-Last des Strommix *schneller* sinken als die Herstellungsemission (in China), zumal die auch nicht-elektrische Anteile enthält. Dadurch wächst die Zeit $2T_0$ bis zum CO₂-Ausgleich auf *mehr* als 11 Jahre an.
- Nicht berücksichtigt wurden Akkus, sowie Aufständerungen und Schutzzäune auf Freiflächen. Aufgrund dessen kann sich die Herstellungsemission ε und damit T_0 leicht verdoppeln. Folge: 4-fache CO₂-Menge M und 8-fache Wärmemenge Q .
- **Beispiel:** Zubaurate $p = 7 \text{ GWp/a}$ ($\sim 70 \text{ km}^2$ Dachflächen), maximale CO₂-Menge **50 Mio. t** nach 5,5 Jahren. Infolgedessen schmelzen **150 km²** arktisches Sommereis. Das ergibt sich aus dem Tagungsbeitrag von D. Notz [10].

Vergleich mit einem jedes Jahr gleichen Zubau einer
Windkraft-Kapazität,
mit der gleichen jährlichen Zunahme der
Stromerzeugung wie der PV-Zubau

ε = spez. CO₂-Emission bei der Herstellung = 0,33 t/kW_N

α = 0,528 t/MWh (wie bei PV)

β = spez. jährlicher Stromertrag = 2,5 MWh/a*kW_N

p = Installationsrate so, dass $(p\beta)^{\text{Wind}} = (p\beta)^{\text{PV}}$

- CO₂-Maximum nach T_o = 3 Monaten
 - CO₂-Ausgleich nach 6 Monaten
 - Wärmeausgleich nach 9 Monaten

Vergleich PV zu Wind:

$$T_o^{\text{PV}}/T_o^{\text{Wi}} = \mathbf{22} \quad ,$$

$$\text{CO}_2\text{-Maximum: } M^{\text{PV}}/M^{\text{Wi}} = \mathbf{479} \quad ,$$

$$\text{Wärme-Maximum: } Q^{\text{PV}}/Q^{\text{Wi}} = \mathbf{10.483} \quad .$$

Zusammenfassung

- **Ein jährlich gleicher Zubau von Si-PV-Anlagen auf deutschen Dächern führt 11 Jahre lang zu *mehr* CO₂ in der Atmosphäre und kann frühestens *danach* CO₂ einsparen.**
- **Die durch den zusätzlichen Strahlungsantrieb angesammelte Wärmemenge kann der PV-Zubau frühestens 17 Jahre nach seinem Beginn wieder abbauen, trotz Ersatz von deutschem Strommix. – Zu spät für die deutschen Klimaziele.**
- **Ein Zubau von Windanlagen führt 6 Monate nach Beginn zum CO₂-Ausgleich und nach 9 Monaten zum Wärmeausgleich. Die maximale CO₂-Menge nach 3 Monaten ist 500 mal kleiner als die eines PV-Zubaus gleicher Stromerzeugung nach 5,5 Jahren.**

Ergebnis

Ein jedes Jahr gleicher PV-Zubau in Deutschland bleibt zwei Jahrzehnte lang für den Klimaschutz nicht nur wirkungslos, sondern verursacht im Gegenteil aufgrund der herstellungsbedingten CO₂-Ansammlung innerhalb von 5 Jahren gefährliche Klimaschäden, z.B. das Schmelzen von arktischem Sommereis – 2 bis 3 m² für jeden m² der jährlichen PV-Fläche.

Quellen

1. IEA-PVPS Task 12 - Life Cycle inventories and Life Cycle Assessments of Photovoltaic Systems - Edition 2011 <http://www.iea-pvps.org/>
2. IEA-PVPS Task 12 - Life Cycle Inventories and Life Cycle Assessments of Photovoltaic Systems - Edition 2015 <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=315>
3. IEA-PVPS Task 12 - Life Cycle Assessment of Future Photovoltaic ... Systems Operated in Europe - 2015 <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=314>
4. Fthenakis V., Frischknecht R., Raugei M., Chul K. H., Alsema E., Held M. and Scholten M. d. W. (2011) Methodology Guidelines on Life Cycle Assessment of Photovoltaic Electricity. Subtask 20 "LCA". IEA PVPS Task 12 <http://www.iea-pvps.org/>
5. Frischknecht R., Heath G., Raugei M., Sinha P., Scholten M. d. W. (2016) Task 12 - Methodology Guidelines ... 3rd Edition <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=414>
6. Itten R., Wyss F. and Frischknecht R. (2014) LCI of the global crystalline photovoltaics supply chain and of future photovoltaics electricity production. treeze Ltd., Uster, Switzerland (Schweizer Bundesamt für Energie).
7. De Wild-Scholten M., Cassagne V., Huld T. (2014) Solar Resources and Carbon Footprint of Photovoltaic Power in Different Regions in Europe.
8. Rausch L., Fritsche U. (2012) Aktualisierung von Ökobilanzdaten für Erneuerbare Energien im Bereich Treibhausgase und Luftschadstoffe. Oeko-Institut.
9. Umwelt-Bundesamt (2017) Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger. Bestimmung der vermiedenen Emissionen im Jahr 2016
10. Notz D. (2018) MPI für Meteorologie, Das Ende der Eiszeit? Vortrag SYKW 1.1 auf der Tagung der DPG in Erlangen am 06.03.2018.