

Stopp Klimaerwärmung mit intelligenten Solarmodulen

Dipl. Ing.(FH) Wilfried Brand

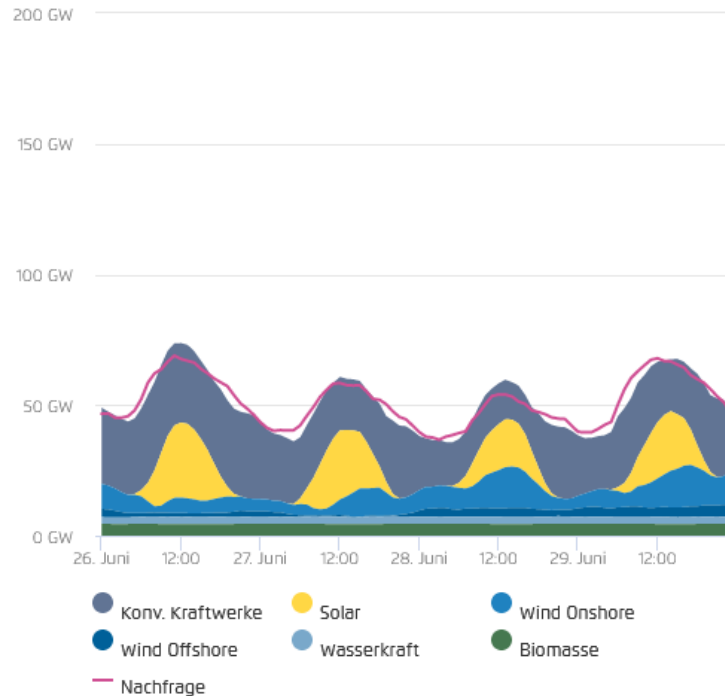
Status quo – Problematik mit Sonnenenergie

- Das Klima hat sich global seit 1850 um ca. 1,1°C erwärmt; in Deutschland 1,5°C
- CO₂ gilt als Hauptverursacher für die Erderwärmung
- Die Bundesregierung will zur Reduzierung des CO₂ Ausstoßes u. a. die Photovoltaik massiv ausbauen von aktuell 54 GWp (2020) auf 200 GWp (2035)
- Dies wird an sonnigen und windreichen Tagen zu Stromüberproduktion führen. Solaranlagen müssen deshalb zeitweise abgeschaltet werden
- Der Speicherausbau wird mit dem Ausbau der PV-Anlagen aus Kostengründen nicht Schritt halten können
- Abgeschaltete PV- Anlagen erwärmen aber massiv das Klima, da sie 97% der Sonnenenergie absorbieren und in Wärme umsetzen

Stromerzeugung heute und in Zukunft (Quelle: Agora)

Vergleichsansicht

Heute: Stromerzeugung und Stromverbrauch



Zukunftsjaahr: 2035 / Erneuerbaren-Anteil 78%

Wetterdaten aus: 26.06.2020

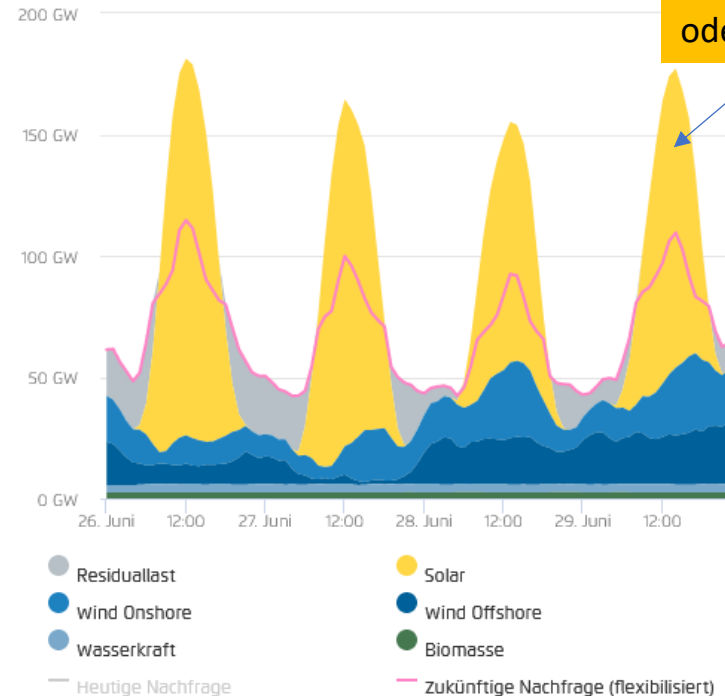
bis 29.06.2020

Zeitraum darstellen

Juli 2021 (real)

Installierte PV Leistung: 54 GWp Wilfried Brand, 16.11.2021

Zukunft: Stromerzeugung und Stromverbrauch

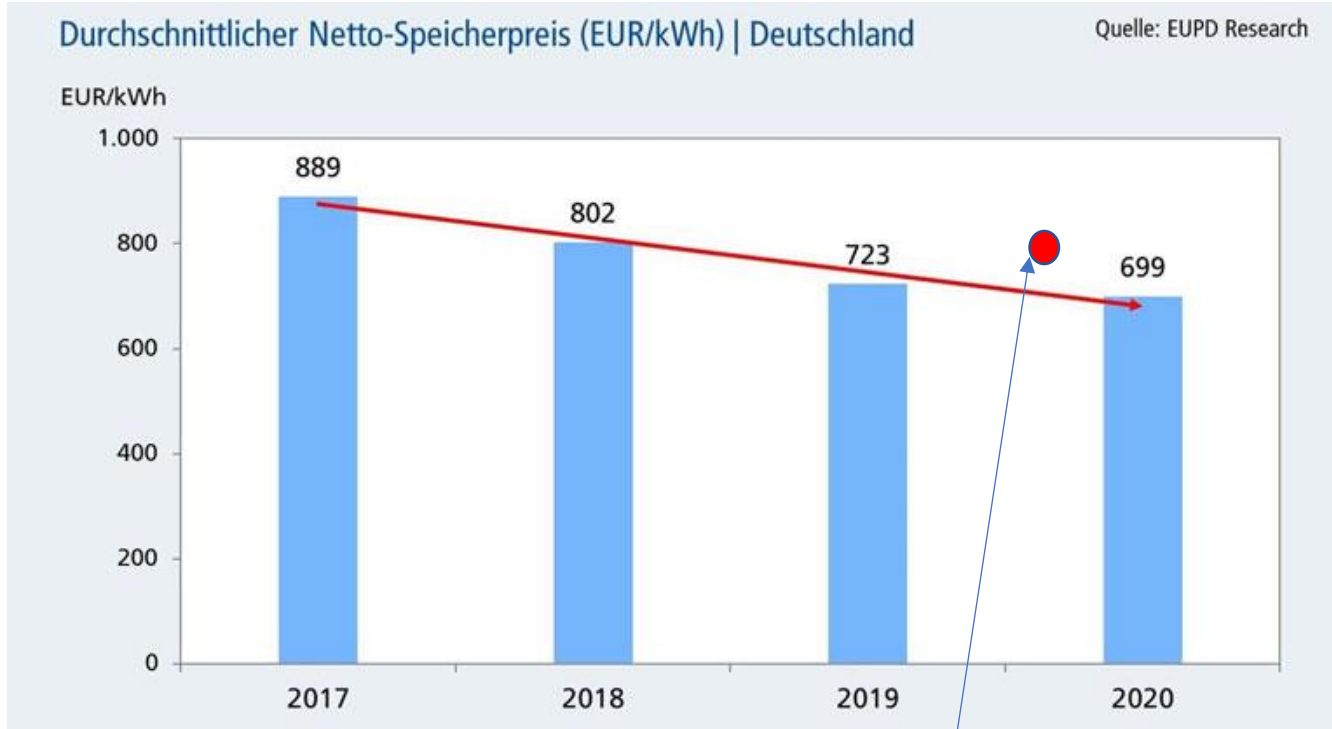


Mehr Strom als Bedarf:
Strom muss entweder abgeschaltet
oder gespeichert werden

Juli 2035 (simuliert)

Geplante installierte PV Leistung: 200 GWp

Batterie Speicherpreise



- Für Großspeicher sind bis 2030 evtl 250 €/kWh denkbar
- Bei 200 Zyklen/Jahr und 15 Jahre Lebenszeit → 3000 Zyklen
→ 8,3 €/kWh (heute: 22,6 €/kWh)
(aktueller Strompreis an der Börse ca. 6 €c)
- **Strom speichern ist teurer als Strom erzeugen**

Tesla Batterie in Australien, 150 MW, 192 MWh, 150 Mio € → 780 €/kWh

Wirkungsgradkette Wasserstoffspeicher

Solar- oder Windstromstrom → Wasserstoff → komprimieren auf 200 bar → Transport → Brennstoffzelle/Strom

55%

90%

95%

50%

Gesamtwirkungsgrad: 24%

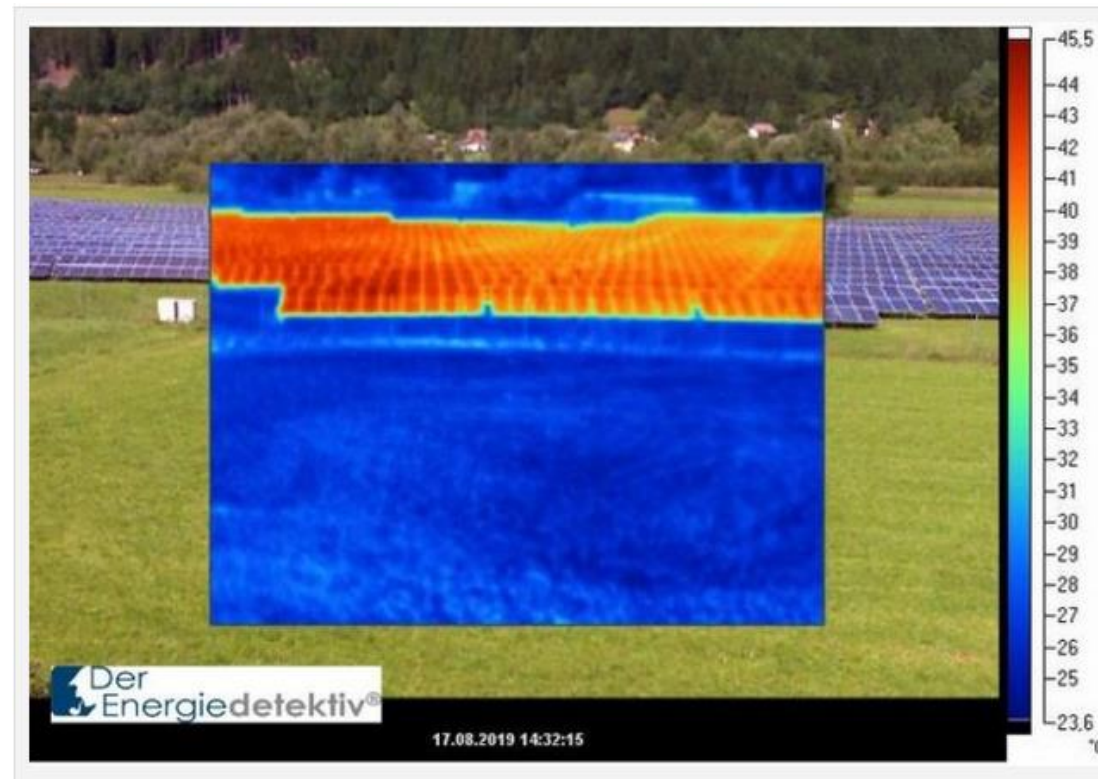
Kosten für 1 kWh: ? €

Mindestens Faktor 4 höher

Wasserstoff muss verdichtet werden, da die volumetrische Energiedichte sehr gering ist.
Energiedichte Wasserstoff: $10,8 \text{ MJ/m}^3 = 3 \text{ kWh/m}^3$ (1l Benzin = 10 kWh/cm^3)

Invest?

Erwärmungseffekt durch Solaranlagen



Bei PV-Anlagen gibt es keine Verdunstungskälte

Solarmodule mit Wendefunktion

Solarpaneele Normalstellung



**Solarpaneele um 180° verdreht,
Rückseite der Sonne zugewendet**



**Bei Überstrom wird die
Sonnenstrahlung reflektiert**

**Solarpaneele senkrecht gestellt.
Bei Regen, Schneefall od. Hagel**



oder beim Mähen

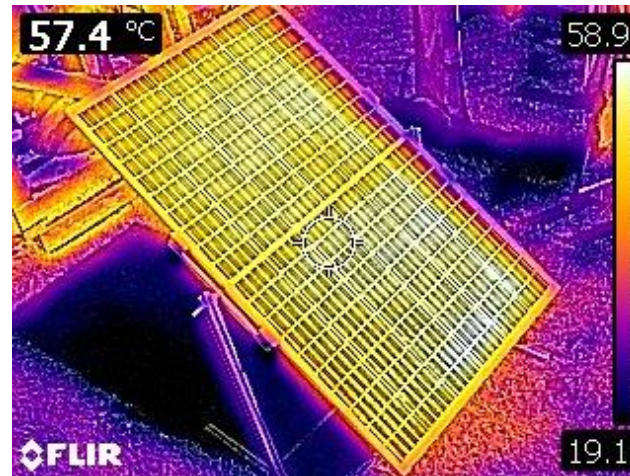


Solarpaneele eingeschaltet



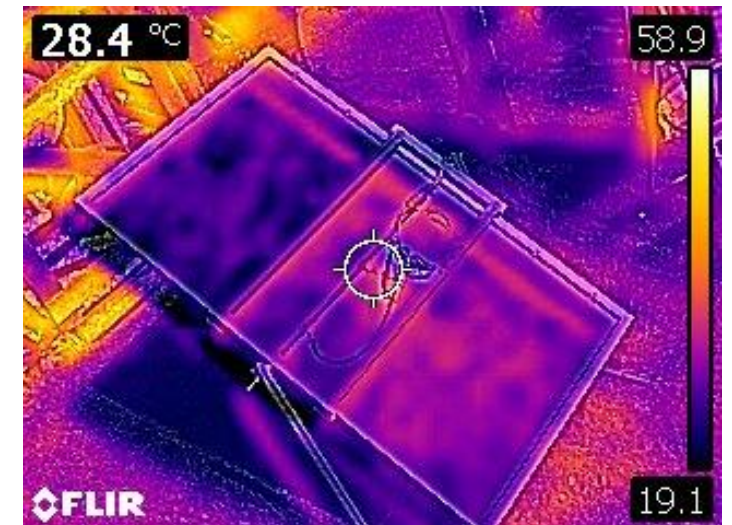
Ca. 50°C

Solarpaneele ausgeschaltet



Ca. 58°C

Solarpaneele um 180° gedreht



Ca. 30°C

Energiebilanz Deutschland

- 2019 wurden in Deutschland 177 GWh PV-Strom und 6,3 TWh Windstrom nicht eingespeist; zusammen 6,47 TWh. Hätte man nur PV Anlagen abgeregelt und in Reflexionsstellung gebracht und die Windräder laufen lassen, hätte man das Klimaerwärmung reduzieren können; siehe Berechnung unten .
- Solarstrahlung Deutschland: 1040 kWh/m² bei klarem Himmel
Fläche Deutschland: 357 386 km² = 357 386 * 10⁶ m²
- Gesamte Jahreseinstrahlung Deutschland: 1150 kWh/m²a * 357 386 * 10⁶ m² = 357 386 * 10¹² Wh/a = **410 PWh/a**
- Um Klimastabilität wie 1970 herzustellen, muss permanent je m² (auch Ozeane) 0,9 W Leistung mehr abgestrahlt werden. Da 2/3 der Erdoberfläche Wasser sind, müssen an Land 2,7 W/m² mehr abgestrahlt werden.

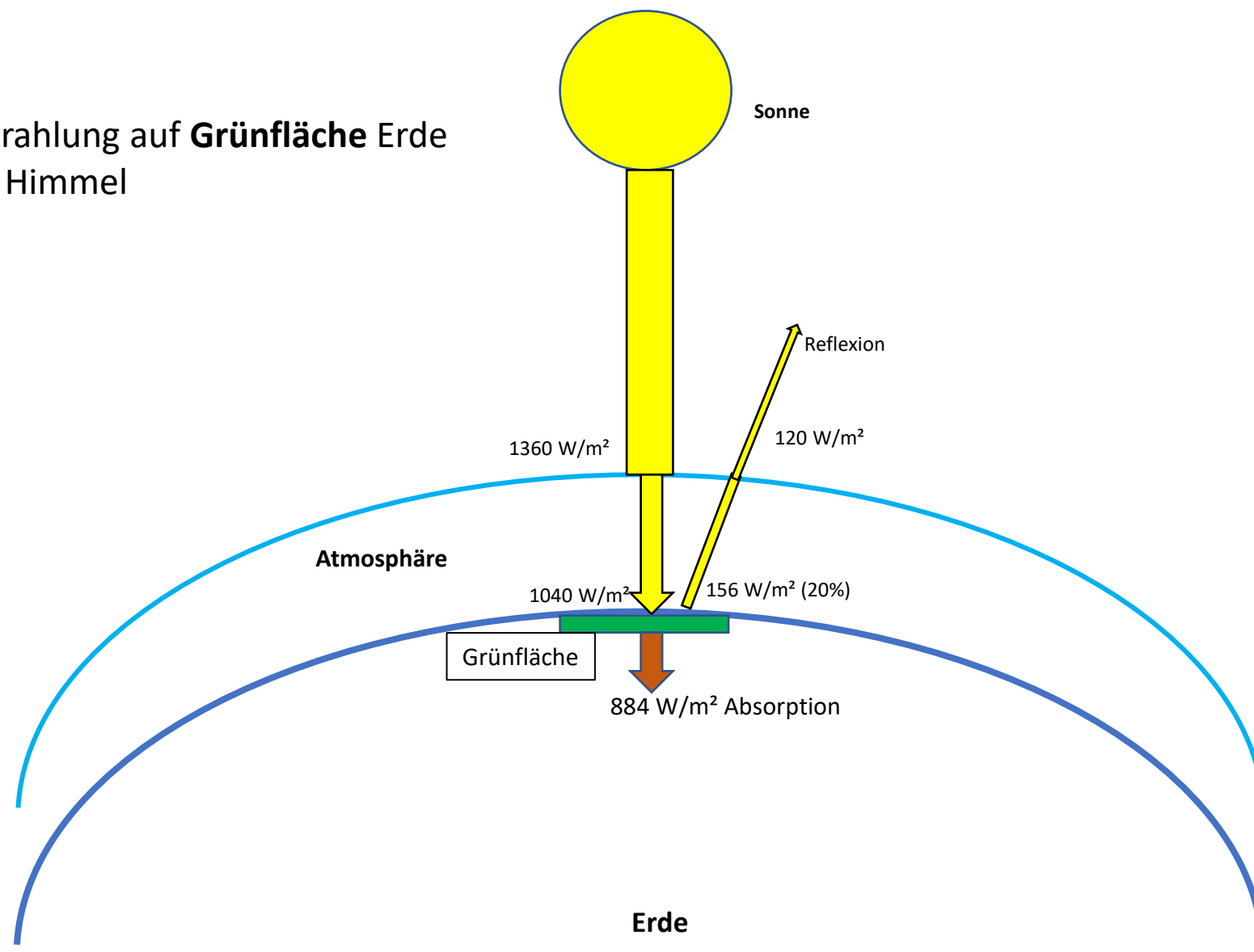
Quelle: <https://www.derstandard.de/story/2000127625390/beispiellose-zunahme-des-energie-ungleichgewichts-der-erde>

Für Deutschland:

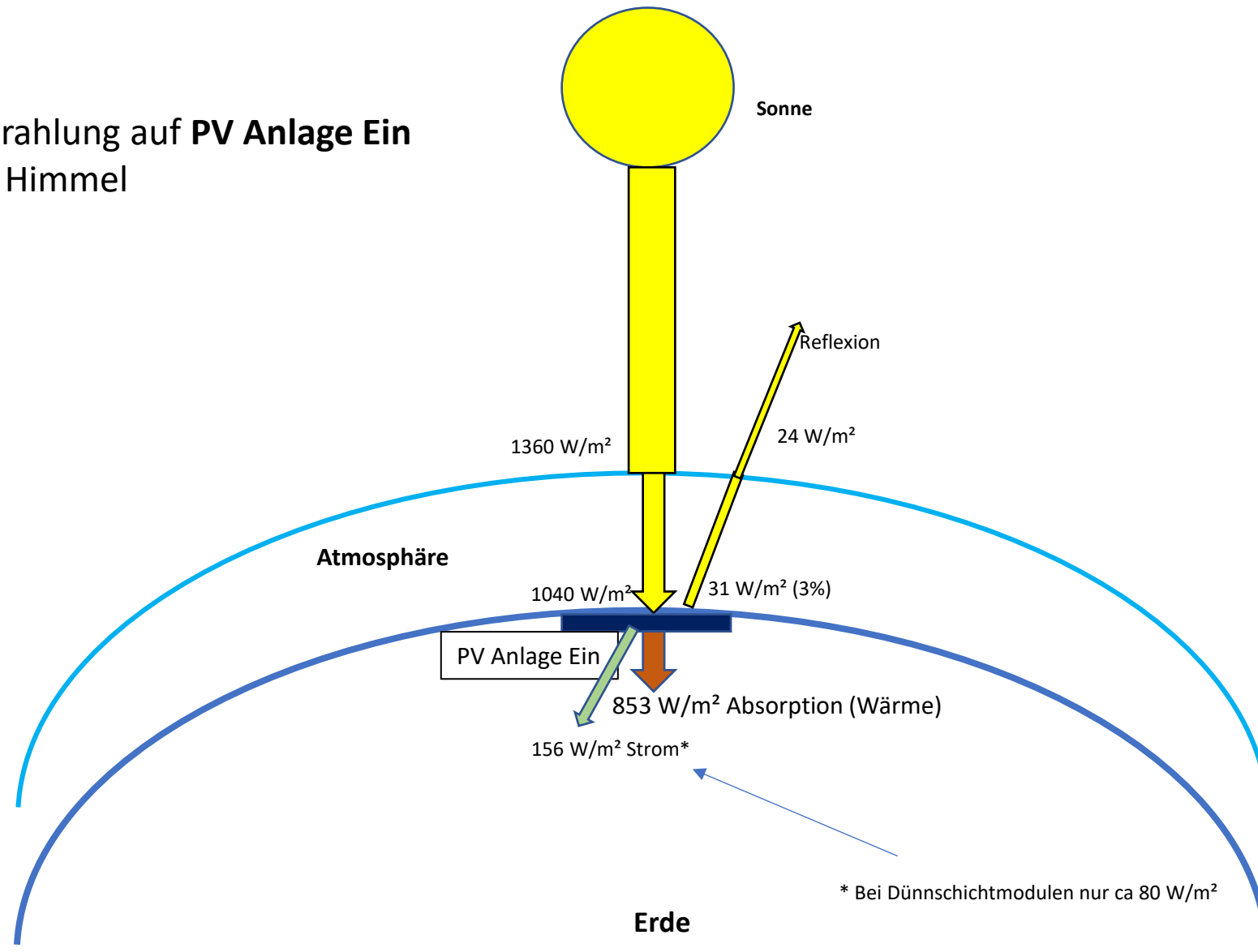
$$357\,386 * 10^6 \text{ m}^2 * 2,7 \text{ W} * 8760 \text{ h} = 4\,696 * 10^{12} \text{ Wh/a} = \mathbf{9 \text{ TWh/a}}$$

- Künftig sollen in Deutschland 200 GWp PV-Leistung installiert werden
200 GWp benötigen eine PV-Fläche von 2000 * 10⁶ m² (1kWp = 10 m²)
Angenommen: 50% Dachflächen und 50% Freiflächen → 1000*10⁶ m² für Freiflächen
Wenn nur 10% der Freiflächen an 50 Tagen für 3 h reflektieren würden, könnten
 $700 \text{ W/m}^2 * 50 * 3 \text{ h} * 1000 * 10^6 \text{ m}^2 = 120 * 10^{12} \text{ Wh/a} = \mathbf{10,5 \text{ TWh/a}}$ zusätzlich (Wert 700 W/m², siehe Berechnung Reflexionsleistung)
reflektiert werden → **Abkühlung in Deutschland**
- Zusätzliche Abkühlung durch mehr Verdunstungskälte.
Bei Regen und Schneefall werden die Paneelen senkrecht gestellt. Boden unter Solarfläche kann Wasser aufnehmen und verdunsten (Verdunstungskälte, keine Flächenversiegelung); ca 50% des Niederschlags verdunstet, der Rest versickert oder fließt oberflächlich ab.
1l Wasser verdampfen → 0,68 kWh; bei 700 l/m² Jahresniederschlag sind das 350/m² * 0,68kWh = **238 kWh/m²** Verdunstungskälte

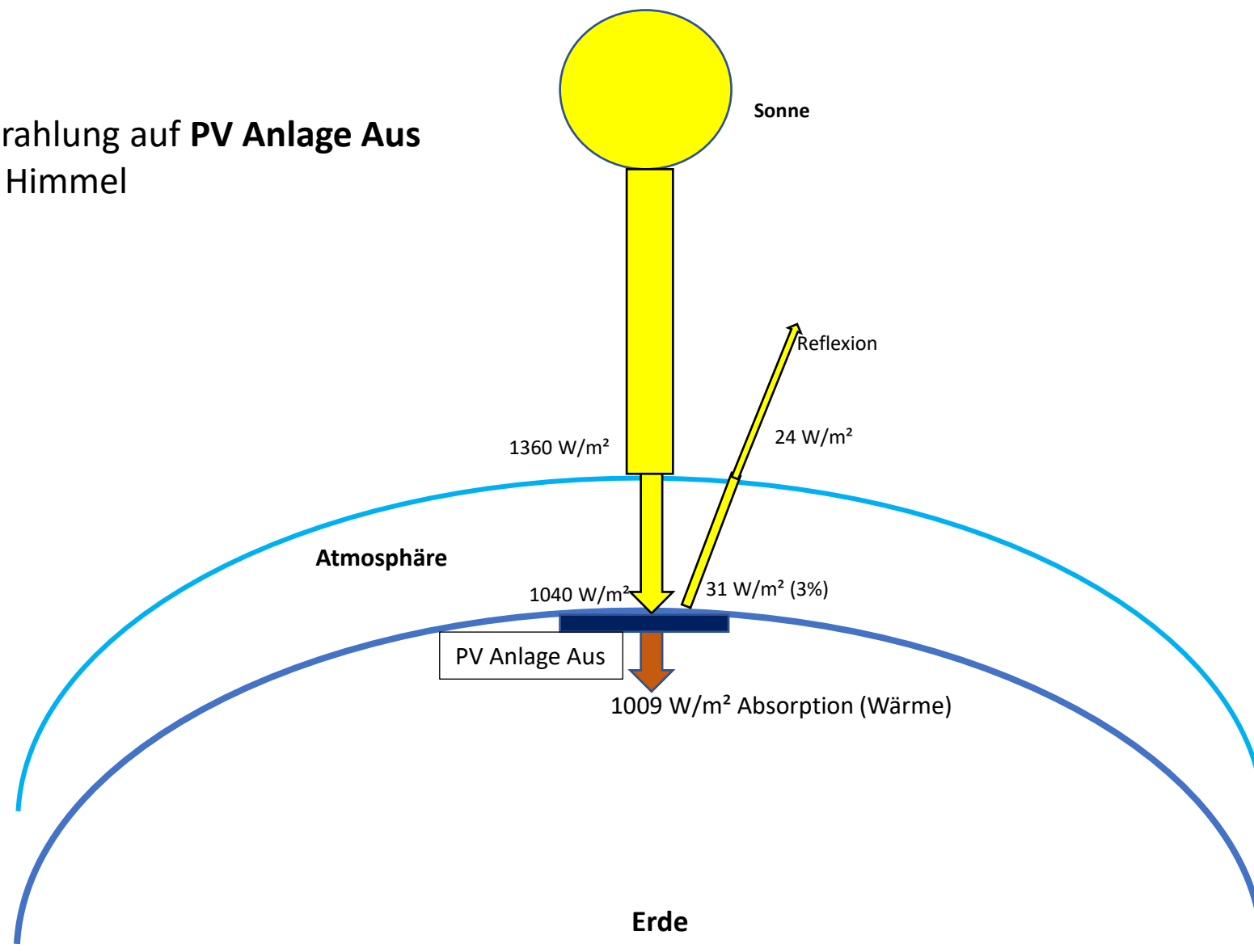
Sonneneinstrahlung auf **Grünfläche** Erde wolkenloser Himmel



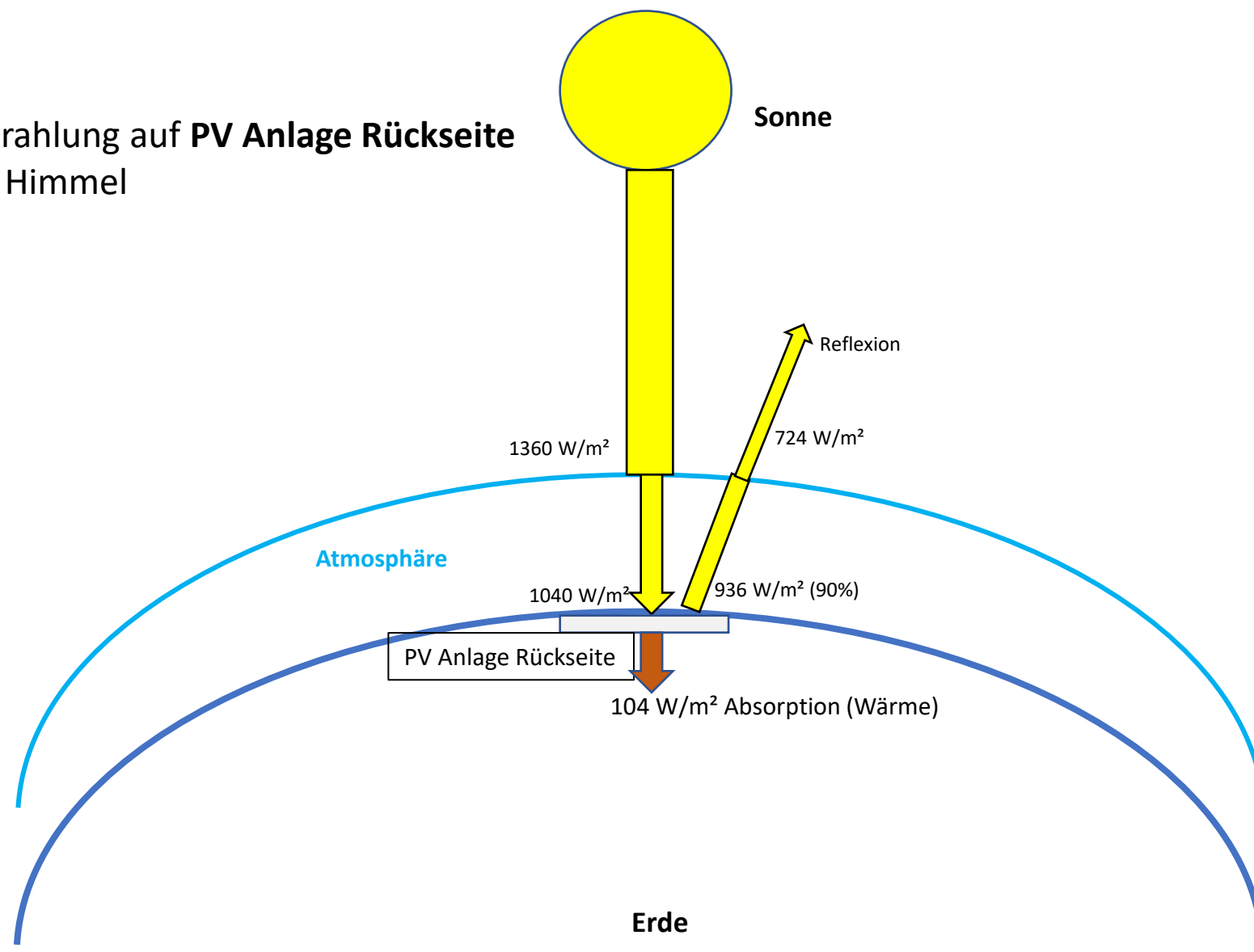
Sonneneinstrahlung auf PV Anlage Ein wolkenloser Himmel



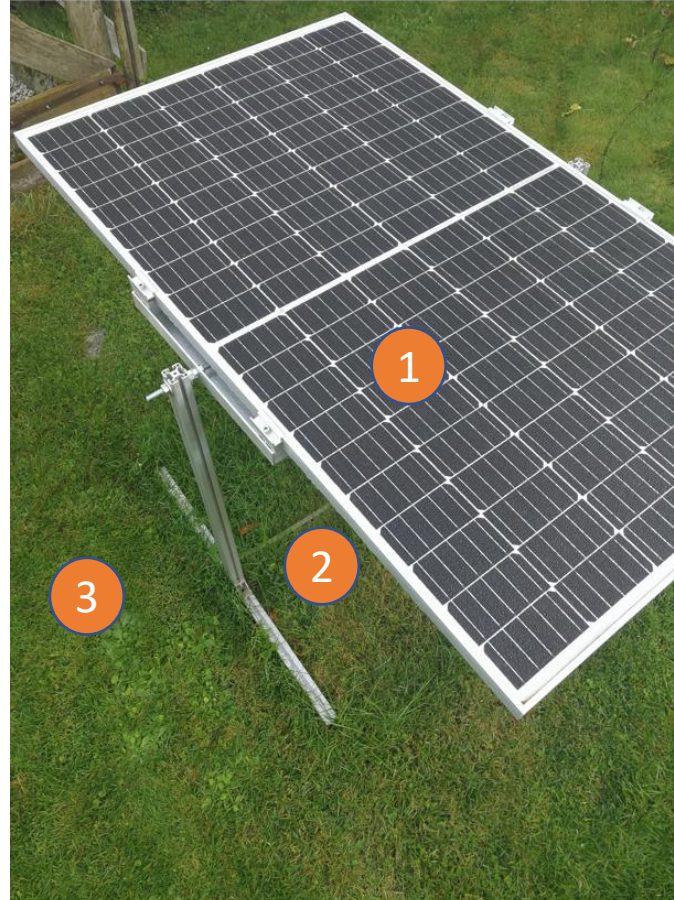
Sonneneinstrahlung auf **PV Anlage Aus** wolkenloser Himmel



Sonneneinstrahlung auf **PV Anlage Rückseite** wolkenloser Himmel



Temperaturmessung vor Sonnenaufgang nach klarer Nacht



TU = 1,5°C

1 = -5,5°C

2 = -1,5°C

3 = -2,0°C

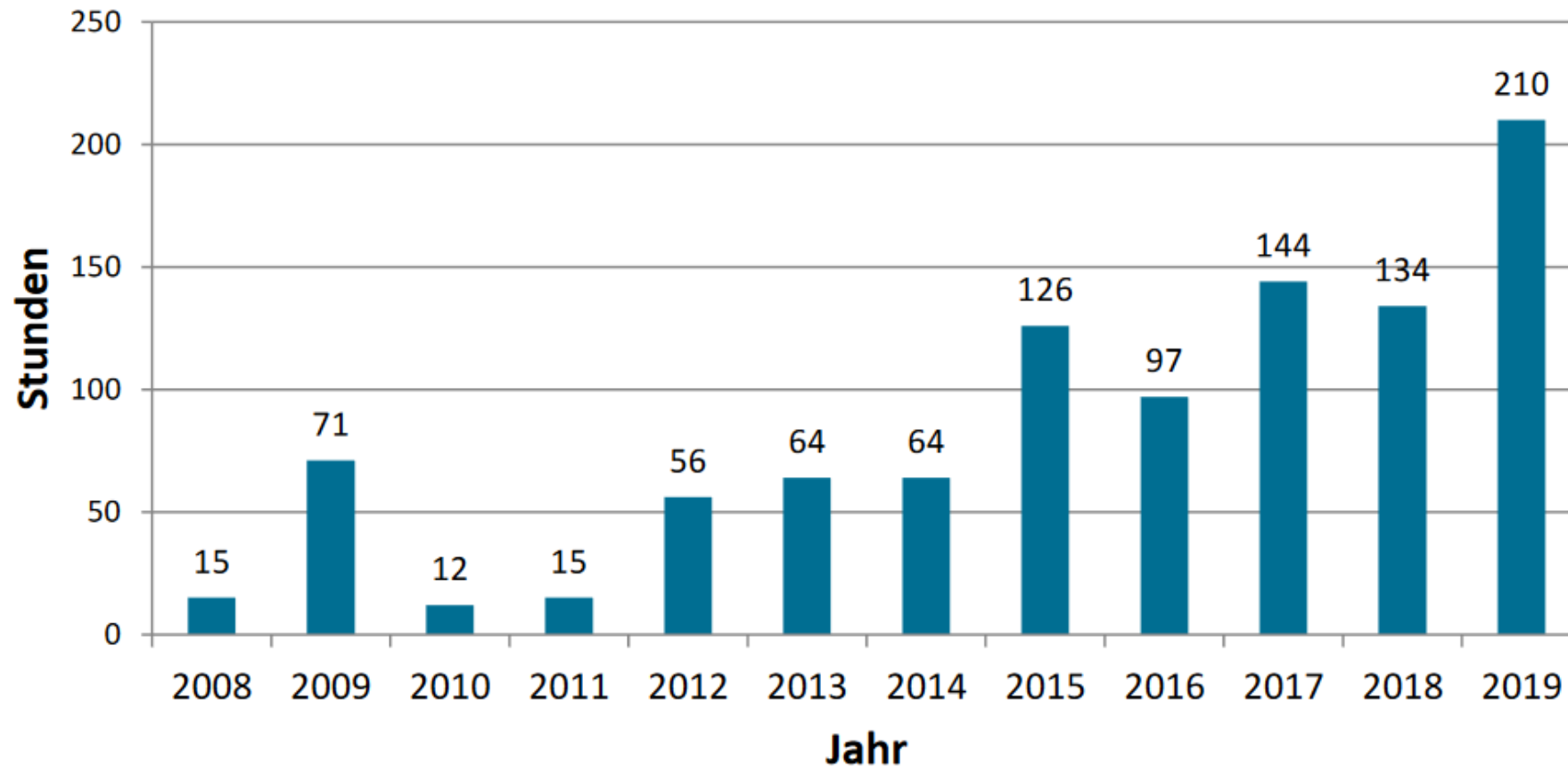
Solarmodul kühlt nachts die Luft ab durch stärkere Rückstrahlung ins Weltall

Vorteile von Solarmodulen mit Wendemöglichkeit

- 2019 wurde wegen Überproduktion für 210 Stunden ein negativer Strompreis bezahlt (Tendenz stark steigend)
- Insgesamt wurden 7,6 TWh mit negativem Preis ins Ausland verkauft.
Die deutschen Stromkosten wurden damit mit 135 Mio € belastet.
Zusätzlich wurden dennoch 2% von Solar- und Windstrom abgeregelt; Quelle: Fraunhofer Institut
- Mit den vorgeschlagenen Solarmodulen hätten wir folgende Vorteile erzielt:
 - Keine negativen Strompreise
 - ca. 15% mehr Solarertrag wegen Tracking
 - **Klimaabkühlung**
- Hagelschutz, günstigere Versicherung

Negative Day Ahead Börsenstrompreise

Stunden pro Jahr



Grafik: B. Burger, Fraunhofer ISE; Daten: EPEX

Agro PV- Anlage in Frankreich



Hersteller: Axial Structural (Spanien)



- Module können um 360° verdreht werden
- 96 Solarmodule pro Motor
- Vom TÜV Rheinland zertifiziert, also wind- und wettertauglich
- System ist fertig entwickelt und kann gekauft werden
- Reflektierende Rückseite fehlt
- <https://www.pv-magazine.de/2021/10/15/neuer-tracker-aus-spanien-speziell-fuer-agro-photovoltaik/>
- <https://www.zdf.de/nachrichten/heute-in-europa/heute---in-europa-vom-21-oktober-2021-100.html>

ab Minute 13

Zusammenfassung / Wünsche

- Die Klimaerwärmung kann auch ohne CO₂- Reduzierung gestoppt oder abgemildert werden
- Wenn nur 10% der geplanten PV-Freiflächen an 50 Tagen im Jahr für jeweils 3 Stunden in Reflektionsstellung gebracht werden, hat das für die Klimaerwärmung den gleichen Effekt wie eine 100%ige CO₂-Reduzierung
- Zusätzlicher Kühlungseffekt durch mehr Verdunstungskälte
- Zusätzliche Abkühlung nachts durch waagrecht stellen der Module
- Die Wissenschaft sollte ein Äquivalent entwickeln: wieviel Reflexionsenergie/a entspricht einer Tonne CO₂ ?
- 10 % aller neuen Freiflächen PV-Anlagen sollten mit Modulen mit Wendemöglichkeit ausgerüstet werden
- Freiflächen mit Wendemodulen sollten gefördert werden
- Die Biodiversität unter Solarmodulen würde wegen gleichmäßigerer Bewässerung zunehmen
- Indirekter Hochwasserschutz (bei Starkregen würde Wasser unter Solarflächen versickern und nicht oberflächlich ablaufen)