

# Agri-Photovoltaik

## Was bringt sie und was kostet sie?

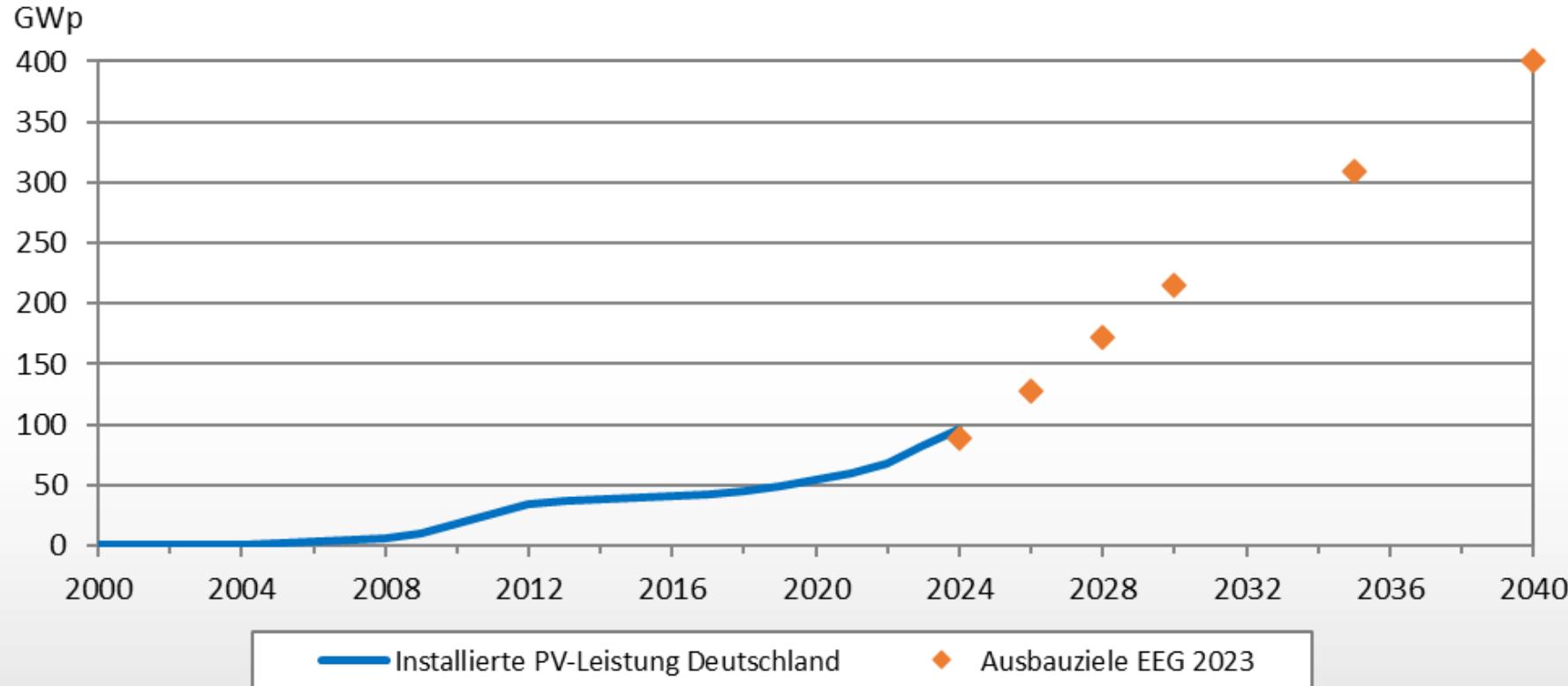
Jonas Böhm

Thünen-Institut für Betriebswirtschaft



© jeson - stock.adobe.com

# Entwicklung der installierten PV-Leistung in Deutschland



# Möglichkeiten zur Deckung des PV-Leistungsbedarfs



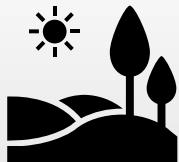
- Dach- und Fassadenfläche



- Versiegelte Flächen z.B. Verkehrsflächen



- Wasserfläche



- Freifläche

# Warum nicht alles auf der Dachfläche errichten?

- Skalierbarkeit der Installationskapazitäten
- Komplexität bei Dachflächen (Errichtung und Betrieb)
- Stromgestehungskosten



Dachanlagen: 6,3 €ct/kWh bis 14,4 €ct/kWh



Freiflächenanlagen: 4,1 €ct/kWh bis 6,9 €ct/kWh

# Gliederung

1. Flächenbeanspruchung von PV-Freiflächenanlagen
2. Effizienz der Flächennutzung
3. Vorstellung verschiedener Agri-PV Konzepte
4. Nutzen von Agri-PV
5. Kosten von Agri-PV

# Flächenbeanspruchung von PV-Freiflächenanlagen

## Aktuelle Situation und Prognose

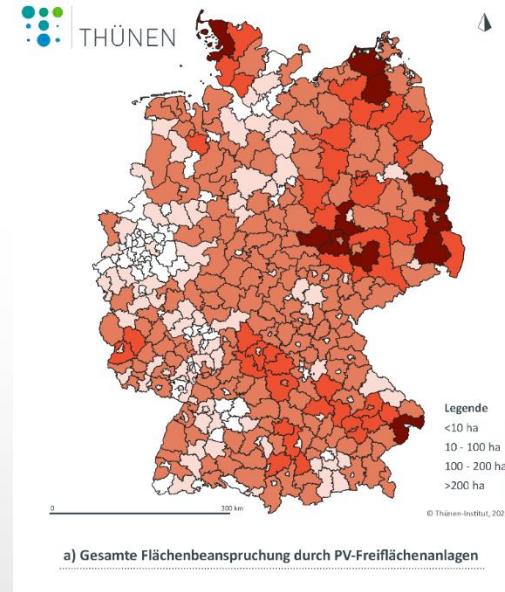
1. Flächenbeanspruchung von PV-Freiflächenanlagen
2. Effizienz der Flächennutzung
3. Vorstellung verschiedener Agri-PV Konzepte
4. Nutzen von Agri-PV
5. Kosten von Agri-PV



© Fly and Dive - stock.adobe.com

# Aktuelle Fläche beansprucht durch PV-Freiflächenanlagen

- Fläche beansprucht von PV-Freiflächenanlagen (Ende 2023): 39.600 ha
- Vorherige Nutzung
  - 17.910 ha (45%) landwirtschaftliche Flächen  
→ ~0,2% der landwirtschaftlichen genutzten Fläche in Deutschland
  - 11.900 ha (30%) auf Konversionsflächen
  - 9.790 ha (25%) andere Gebiete



# Abschätzung des zukünftiger Flächenbedarf von PV-Freiflächenanlagen

- Abhängig von:
    - Installierter PV-Leistung im transformierten Energiesystem
    - Anteil PV-Freiflächenanlagen an installierter PV-Leistung
    - Spezifische Flächeninanspruchnahme
  - Bis 2030: **88.000 ha bis 150.000 ha**
  - Bis 2040: **150.000 ha bis 280.000 ha**
- Große Schwankungen in den Abschätzungen
- **0,9% bis 1,7%** Anteil an der landwirtschaftlich genutzten Fläche

# Fazit – Flächenbedarf durch PV-Freiflächenanlagen

- Anteil von PV-Freiflächenanlagen an der landwirtschaftlich genutzten Fläche:
  - aktuell 0,2%
  - zukünftig 0,9 – 1,7%
- Vergleich:
  - Silomais für Biogas: 9%
  - Rapsanbau für Biodiesel: 4%
  - Getreideanbau für Ethanol-Herstellung: 1,3%

→ Deutschlandweit verhältnismäßig geringe Flächeninanspruchnahme durch PV-Freiflächenanlagen

# Effizienz der Flächennutzung

## Am Beispiel des Verkehrssektors

1. Flächenbeanspruchung von PV-Freiflächenanlagen
2. **Effizienz der Flächennutzung**
3. Vorstellung verschiedener Agri-PV Konzepte
4. Nutzen von Agri-PV
5. Kosten von Agri-PV



© Fly and Dive - stock.adobe.com

# Faktencheck - Video



## Wie ernten wir am meisten Energie vom Acker?

EIN FAKTENCHECK FÜR STROM,  
WÄRME UND VERKEHR





# Wie viel Kilometer liefert ein Hektar Fläche? (1)

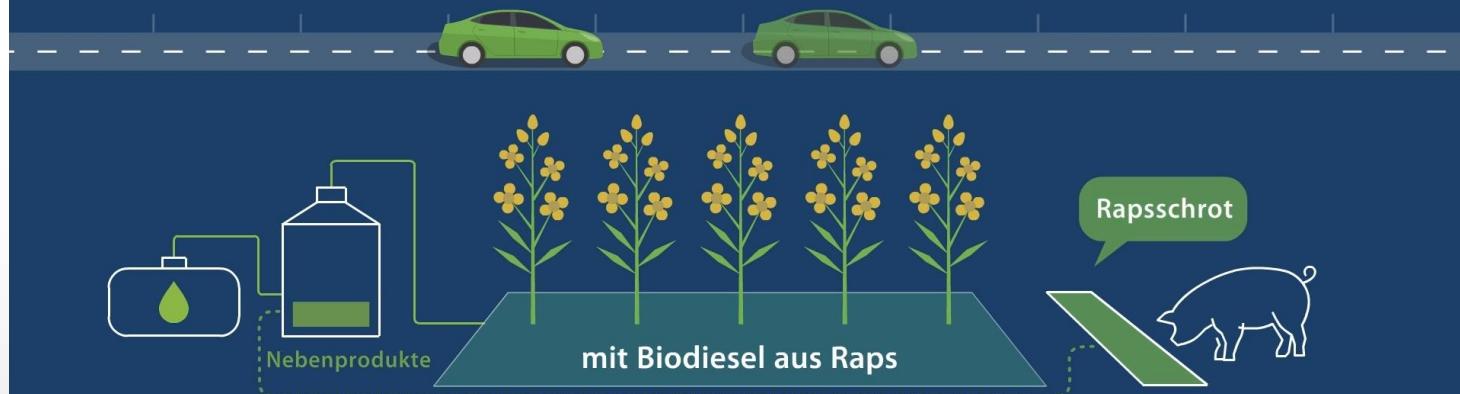
VERKEHR

 THÜNEN

Werden Nebenprodukte der Biodiesel-Herstellung berücksichtigt:

33.000 km\*

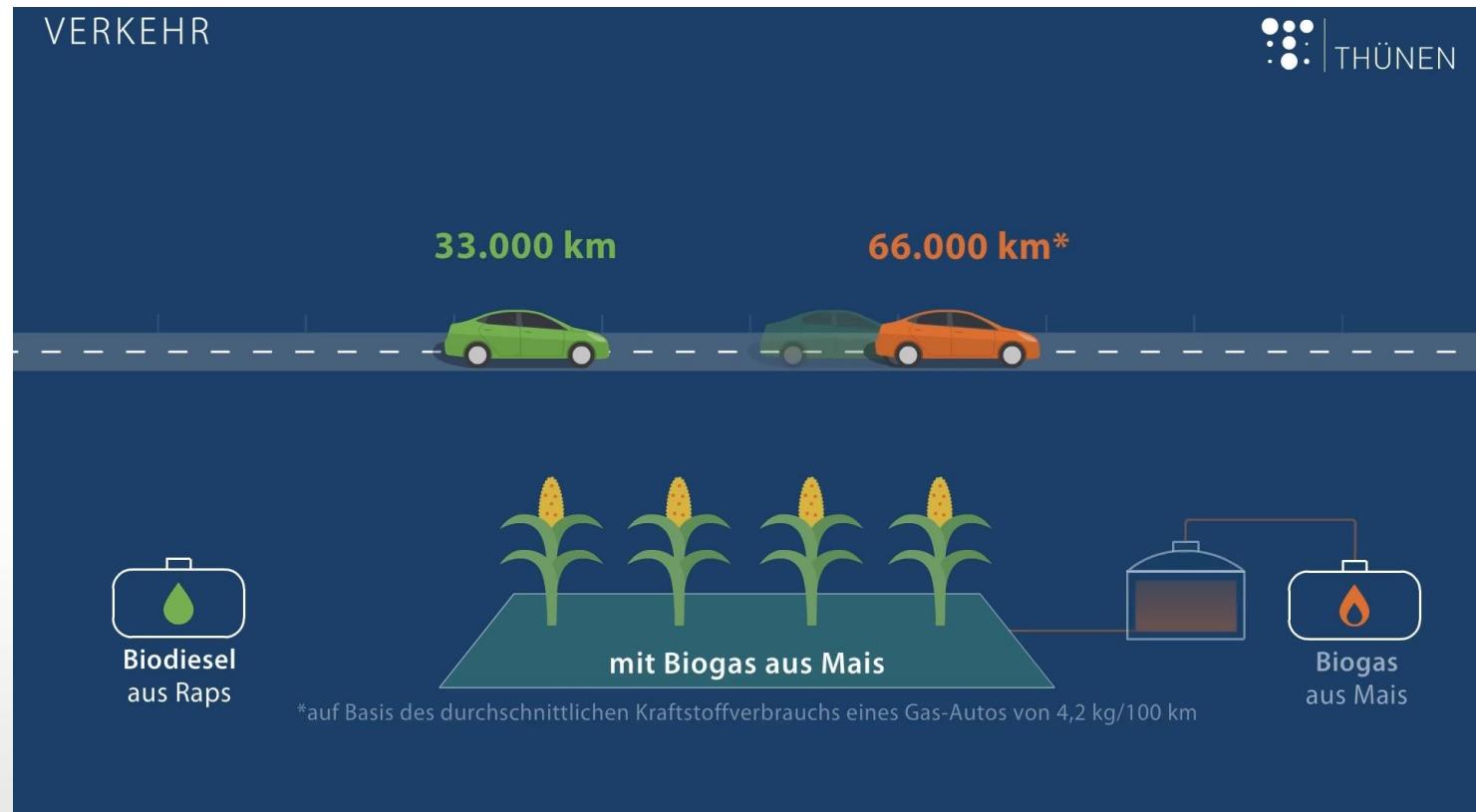
57.000 km\*



\*auf Basis des durchschnittlichen Kraftstoffverbrauchs eines Diesels von 4,7 l/100 km

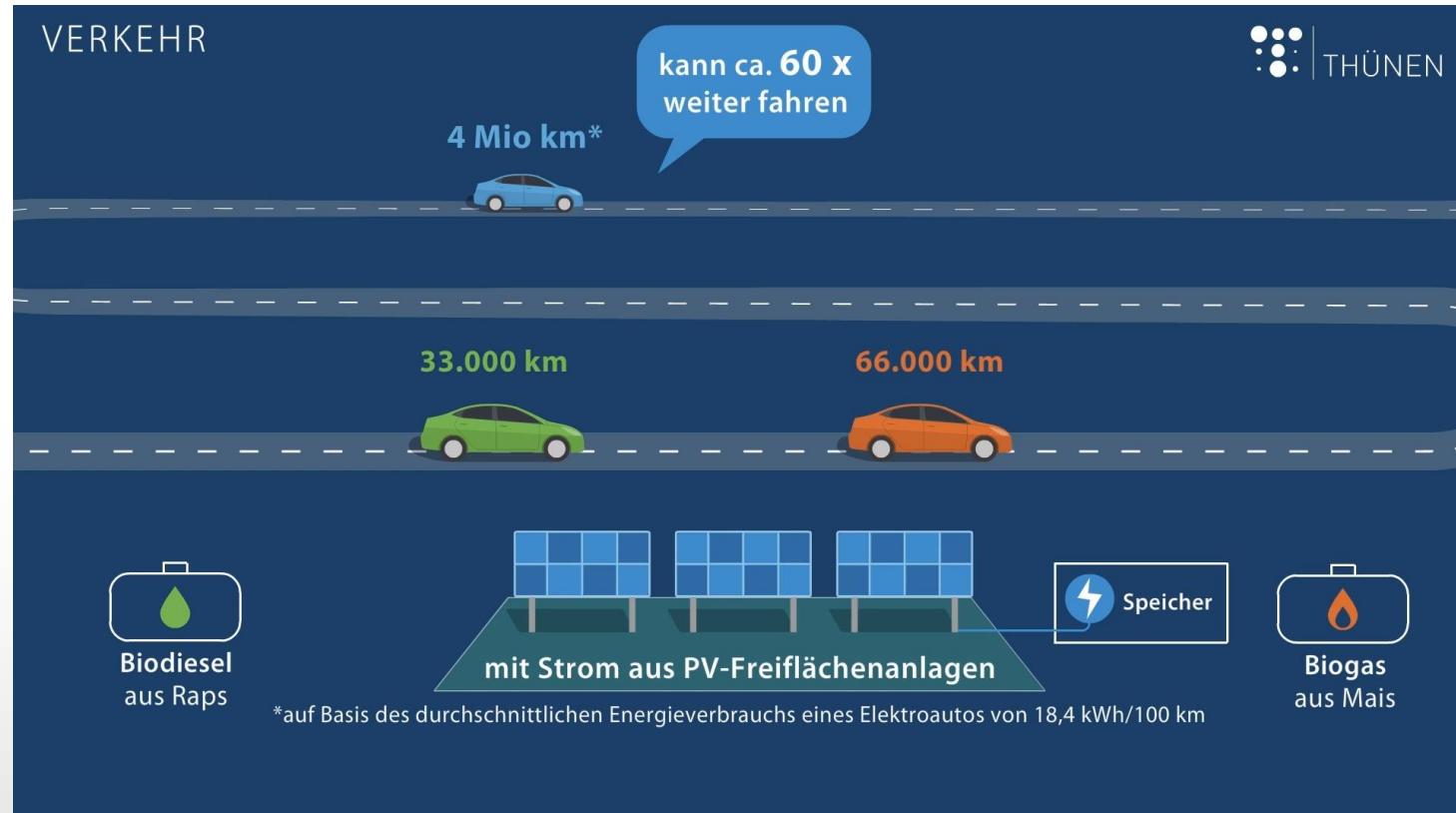


# Wie viel Kilometer liefert ein Hektar Fläche? (2)



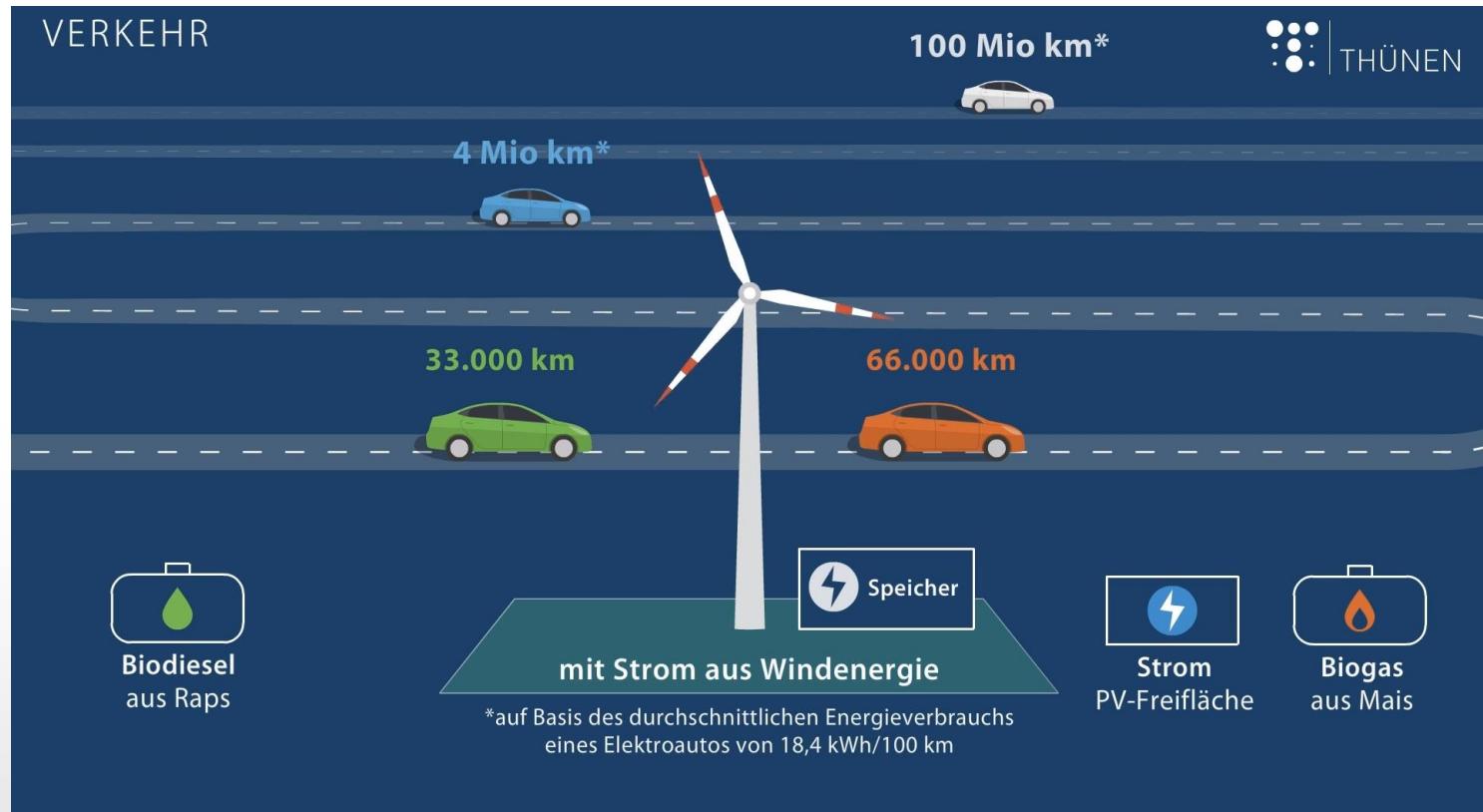


# Wie viel Kilometer liefert ein Hektar Fläche? (3)





# Wie viel Kilometer liefert ein Hektar Fläche? (4)



# Für den landwirtschaftlichen Betrieb gilt: „Jeder Hektar zählt!“

## Umstrittener Solarpark



© Stephan Herbert Fuchs sind sauer. So haben sie sich die Energiewende nicht vorgestellt: (v. l.) Gernot Hofmann, Burkhard Hartmann, Ralf Sachs, Dittmar Alex und Dieter Hofmann.

## Solaranlagen auf Ackerland - Pachtpreis 3000 Euro



© stock.adobe.com/timdadivcollection Verpächtern

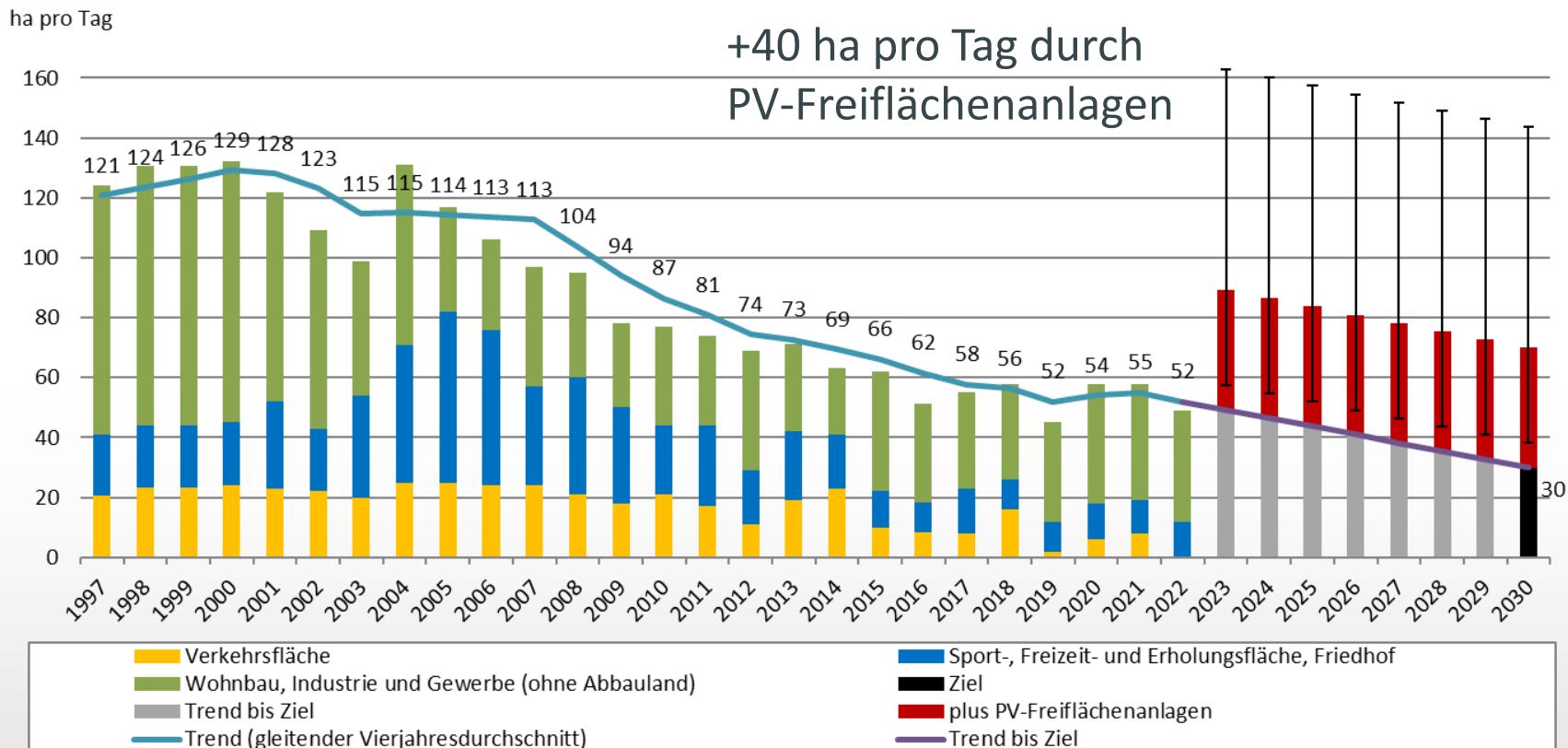
Und es gibt noch einen Grund für steigende Pachtpreise: Die Konkurrenz der landwirtschaftlichen Flächennutzung mit der grünen Energie. Treiber ist hier das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG), dass über 20 Jahre feste Abnahmepreise für Strom aus Biogasanlagen, Solarparks und Windkraft garantiert, sagt beispielsweise das Bundesinformationszentrum für Landwirtschaft (BZL) in einer Marktübersicht.

## Solarparks auf fruchtbaren Äckern - Flächenfraß für die Umwelt?



© stock.adobe.com/Michael v Aichinger Die Pachtpreise für Solarflächen sind bis zu zehnmal höher als für Ackerland. Dazu kommt: Diese hohen Einnahmen sprudeln mindestens 20 Jahre lang. Doch die Flächen verschwinden völlig aus der landwirtschaftlichen Produktion und fehlen für die Nahrungsmittelversorgung.

# Gesellschaftlicher Hintergrund: Verlust landwirtschaftlicher Flächen an Siedlungs- und Verkehrsflächen

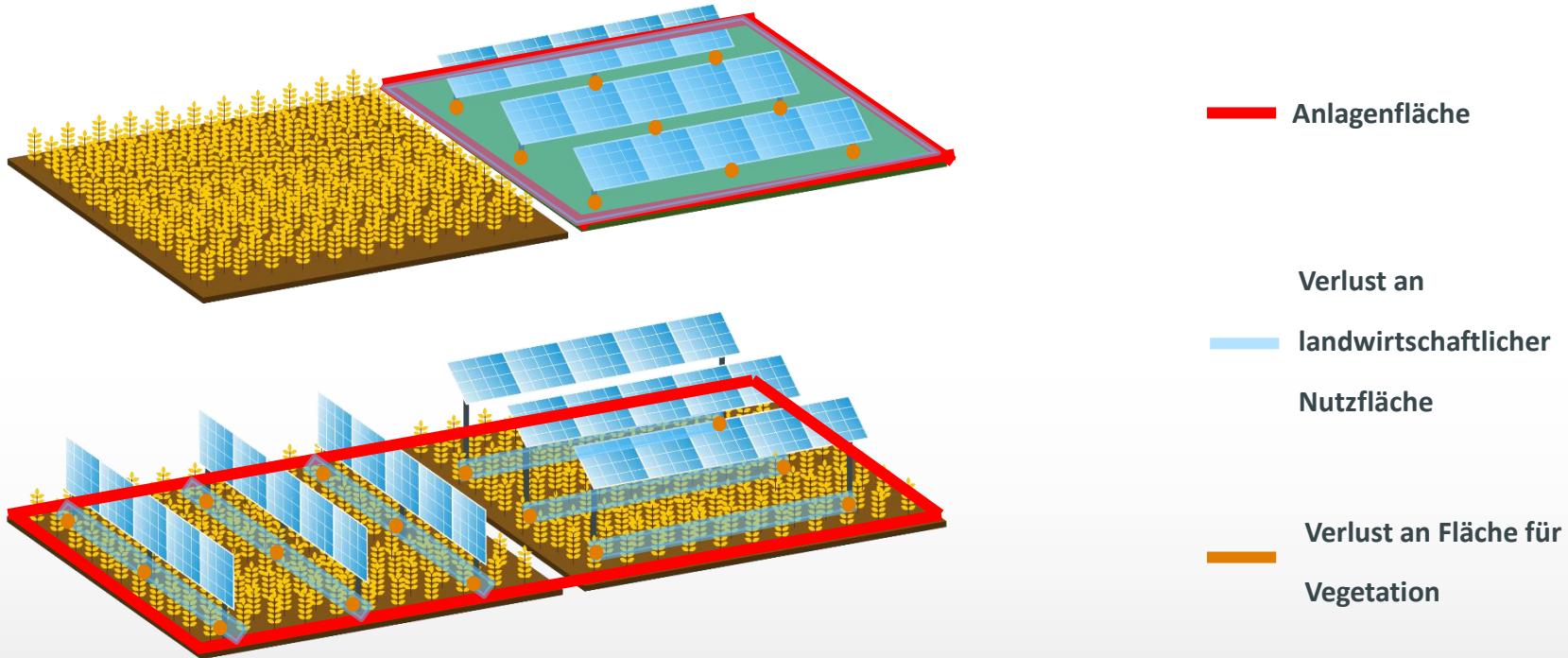


# Vorstellung verschiedener Agri-PV Konzepte

1. Flächenbeanspruchung von PV-Freiflächenanlagen
2. Effizienz der Flächennutzung
3. **Vorstellung verschiedener Agri-PV Konzepte**
4. Nutzen von Agri-PV
5. Kosten von Agri-PV



# Lösungsansatz Agri-PV



# Standard PV-Freiflächenanlage (PV-FFA)



© fabersam - picabay.com

# Agri-PV vertikal (AV vertikal)



© Next2Sun GmbH

# Agri-PV tracking (AV tracking)



© Thomas Rebitzer

# Agri-PV 2,1m hoch (AV 2,1m)



© SUNfarming GmbH

# Agri-PV >4m (AV >4m)



© Krinner Carport GmbH

# Agri-PV Apfel (AV Apfel)



© Fraunhofer ISE

# Nutzen von Agri-PV

1. Flächenbeanspruchung von PV-Freiflächenanlagen
2. Effizienz der Flächennutzung
3. Vorstellung verschiedener Agri-PV Konzepte
4. **Nutzen von Agri-PV**
5. Kosten von Agri-PV



# Fläche erhalten mit Agri-PV?

## Flächenbedarf für gleichen Stromertrag pro Jahr



© Fly and Dive - stock.adobe.com

**Freiflächenanlage**



© Next2Sun GmbH

**Agri-PV vertikal**



© Thomas Rebitzer

**Agri-PV tracking**



© SunFarming

**Agri-PV 2,1m**



© Krinner Carport GmbH

**Agri-PV >4m**

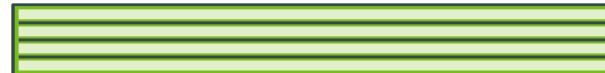
Verlust an landwirtschaftlicher Fläche  
für die Nahrungsmittelproduktion

**1,0 ha**

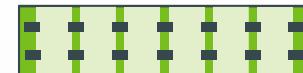
Anlagenfläche



**1,0 ha**



**2,72 ha**



**1,31 ha**



**1,1 ha**



**1,83 ha**

# Synergien oder Ertragsreduktion?

- ✓ Schutzwirkung vor Starkregen/Frost möglich
- ✓ Positive Auswirkungen auf Wasserhaushalt möglich
- ✓ Reduktion von Ertragsschwankungen möglich
- Ertragsreduktion je Kultur und Jahr ca. 20 % möglich
- Langsamere Arbeitsgeschwindigkeit
- Einschränkung der Arbeitsbreite

# Kosten von Agri-PV

1. Flächenbeanspruchung von PV-Freiflächenanlagen
2. Effizienz der Flächennutzung
3. Vorstellung verschiedener Agri-PV Konzepte
4. Nutzen von Agri-PV
5. Kosten von Agri-PV



# Was kostet die Flächeneinsparung mit Agri-PV?

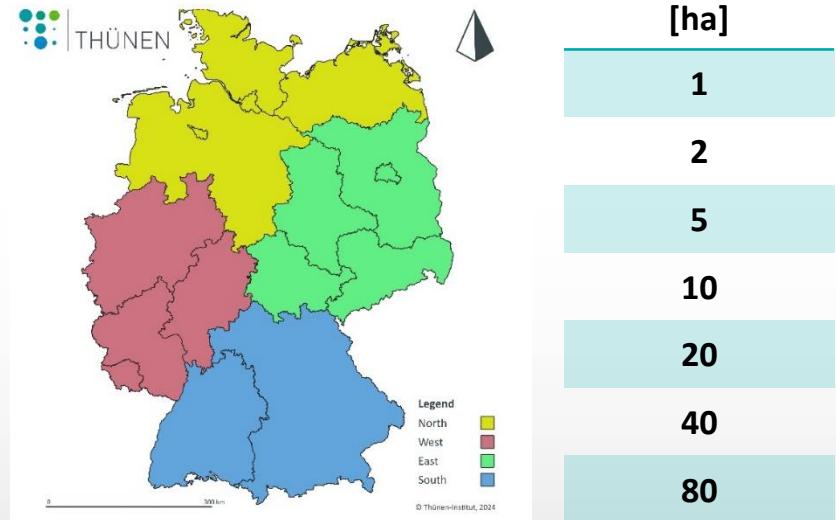
## Fragen:

1. Stromgestehungskosten Agri-PV vs. PV-FFA?
2. Einfluss Landwirtschaft auf Rentabilität?
3. Gesellschaftlichen Kosten für Flächenerhalt?

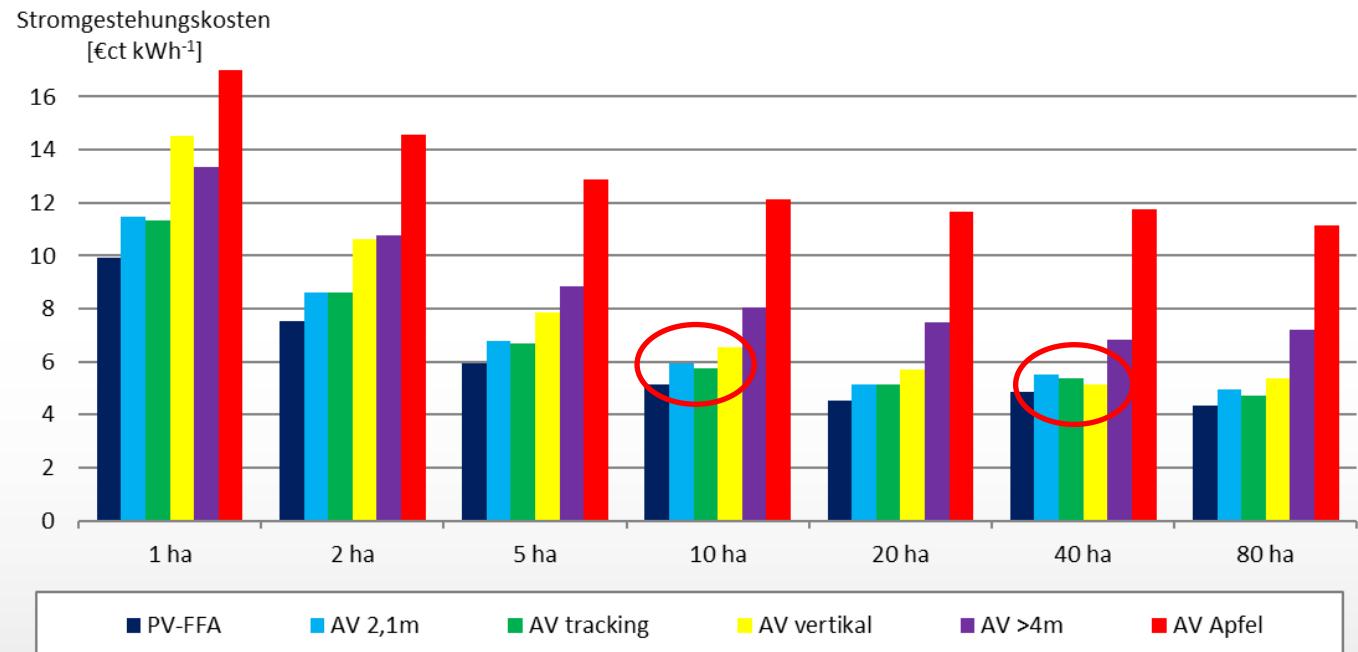
## Vorgehen:

1. Kalkulation „typischer Anlagen“
2. Grundrenten aus dem Testbetriebsnetz

## Untersuchte Standorte und Anagengrößen

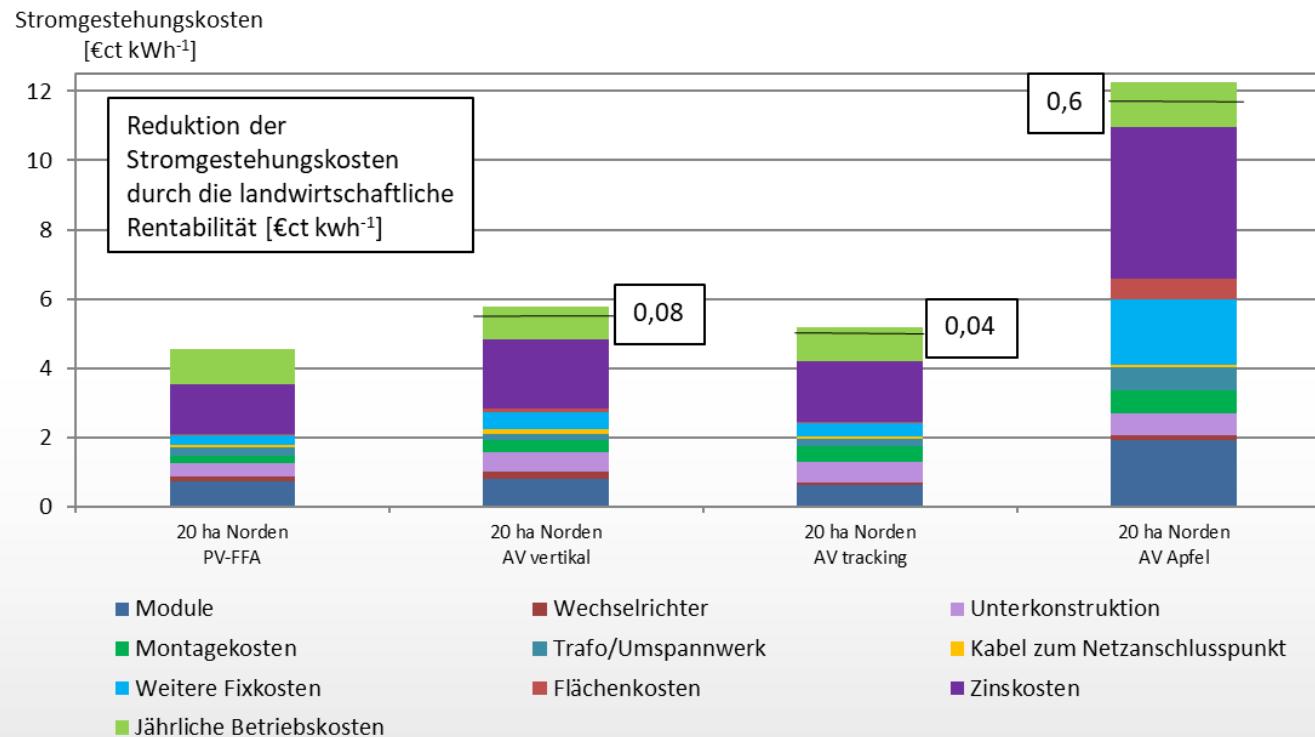


# Ergebnisse: Stromgestehungskosten Standort in Norddeutschland



- Starke Skaleneffekte vor allem in den ersten 10 ha
- Unterschiedliche Agri-PV Systeme am günstigsten
- Differenz Agri-PV zu PV-FFA: 0,2 €ct/kWh bis 7,1 €ct/kWh

# Einfluss der landwirtschaftlichen Grundrente auf die Stromgestehungskosten



- Landwirtschaftliche Produktion beeinflusst die Rentabilität des Gesamtsystems kaum

# Fläche erhalten mit Agri-PV!

Aber zu welchen Kosten?

Annahme:

Gleiche Stromerträge



© Fly and Dive - stock.adobe.com

Freiflächenanlage



© Thomas Rebitzer

Agri-PV tracking

Verlust an landwirtschaftlicher Fläche  
für die Nahrungsmittelproduktion

1,0 ha

0,2 ha

Anlagenfläche



1,0 ha



1,31 ha

## Stromgestehungskosten

PV-FFA: **4,55** €ct/kWh



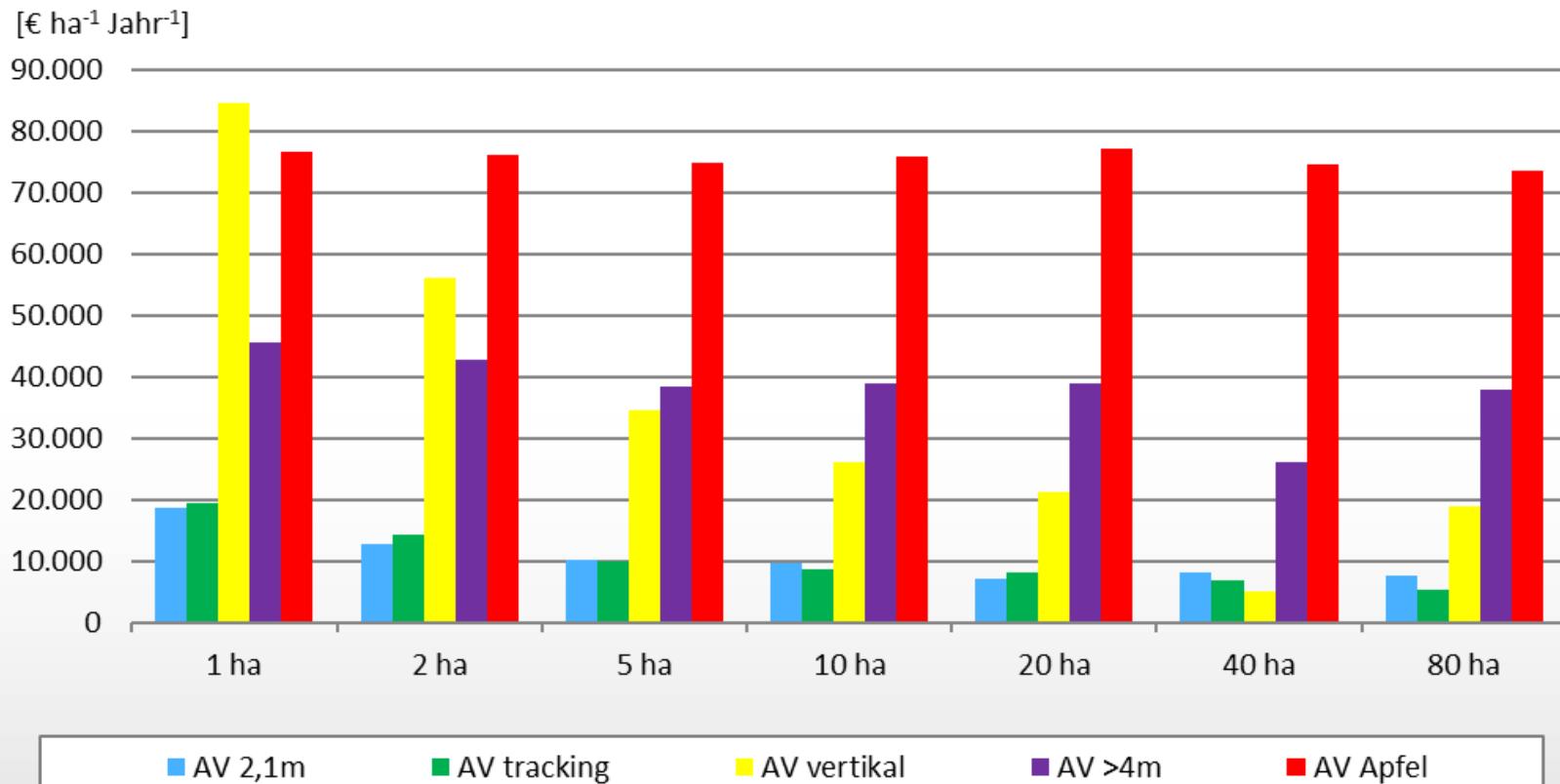
**8.200** €/ha/Jahr

Agri-PV tracking: **5,20** €ct/kWh

Kosten je Hektar eingesparter  
Fläche

# Kosten je Hektar eingesparter landwirtschaftlicher Fläche

## Standort in Norddeutschland



# Fazit

- Flächenbedarf für PV-FFA ca. 1-2% der landwirtschaftlichen Nutzfläche
- Agri-PV ist ein Baustein, um Landnutzungskonflikte verringern, ABER:
  - Bereits PV-FFA sind im Vergleich zur Bioenergie sehr flächeneffizient
  - Agri-PV zum Teil (v.a. horizontale Systeme) noch vergleichsweise teuer
- Landwirtschaftliche Produktion spielt für die Rentabilität der Anlagen quasi keine Rolle!
- Sehr starke Skaleneffekte:
  - Anlagen < 10 ha i.d.R deutlich teurer
- Kosten für den Flächenerhalt übersteigen die landwirtschaftliche Rentabilität um ein Vielfaches

# **Was ist uns der Erhalt eines Hektars landwirtschaftlicher Nutzfläche wert?**

# Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

## Für weitere Informationen stehe ich Ihnen gerne zur Verfügung

[jonas.boehm@thuenen.de](mailto:jonas.boehm@thuenen.de)

Thünen-Institut für Betriebswirtschaft

[www.thuenen.de](http://www.thuenen.de)



# Literaturverzeichnis (1)

- Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) am Umweltbundesamt (2024) Monatsbericht zur Entwicklung der erneuerbaren Stromerzeugung und Leistung in Deutschland, 23 p, zu finden in <<https://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/erneuerbare-energien/erneuerbare-energien-in-zahlen/monats-quartalsdaten-der-agee-stat#Quartalsdaten>> [zitiert am 11.12.2024]
- BMWK [Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz] (2022) EEG 2023 Gesetzentwurf der Bundesregierung: Entwurf eines Gesetzes zu Sofortmaßnahmen für einen beschleunigten Ausbau der erneuerbaren Energien und weiteren Maßnahmen im Stromsektor. Stand 06.04.2022, 322 p, zu finden in [https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/04\\_EEG\\_2023.pdf](https://www.bmwk.de/Redaktion/DE/Downloads/Energie/04_EEG_2023.pdf)
- Böhm J, Tietz A (2022) Abschätzung des zukünftigen Flächenbedarfs von Photovoltaik-Freiflächenanlagen. Braunschweig: Johann Heinrich von Thünen-Institut, 22 p, Thünen Working Paper 204, DOI:10.3220/WP1669630417000
- Böhm J, Witte T de, Michaud C (2022) Land use Prior to Installation of Ground-mounted Photovoltaic in Germany—GIS-analysis Based on MaStR and Basis-DLM. Z Energiewirtsch 46(2):147-156. doi: 10.1007/s12398-022-00325-4
- Böhm J (2022c) Die Konflikte entschärfen. DLG-Mitteilung 4:14-17
- Böhm J (2023) Vergleich der Flächenenergieerträge verschiedener erneuerbarer Energien auf landwirtschaftlichen Flächen – für Strom, Wärme und Verkehr. Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, Aktuelle Beiträge. doi: 10.12767/BUEL.V10I1.462
- Fuchs SH (2020) Umstrittener Solarpark. Bayerisches Landwirtschaftliches Wochenblatt, zu finden in <<https://www.wochenblatt-dlv.de/regionen/franken/umstrittener-solarpark-561542>> [zitiert am 26.11.2020]
- Günnewig D Dr., Johannwerner E, Kelm T, Metzger J, Wegner N (2022) Anpassung der Flächenkulisse für PV-Freiflächenanlagen im EEG vor dem Hintergrund erhöhter Zubauziele: Notwendigkeit und mögliche Umsetzungsoptionen, hg. v. Umweltbundesamt (UBA), 54 p, zu finden in <<https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/anpassung-der-flaechenkulisse-fuer-pv>>
- Kelm, T., H. Jachmann, S. Fidascheck, L. Liebhart, D. Dr. Günnewig and E. Johannwerner (2023): Vorbereitung und Begleitung bei der Erstellung eines Erfahrungsberichts gemäß §97 EEG - Teilvorhaben solare Strahlungsenergie - Juni 2023. Zwischenbericht.
- Kelm, T. (2024): Vortrag auf dem Flähe, Update 2023. Vortrag beim PV-Flächendaten-Stammtisch am 01.07.2024.
- Kost, C., P. Müller, J. Sepúlveda Schweiger, V. Fluri and J. Thomsen (2024): Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. In: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/veroeffentlichungen/studien/studie-stromgestehungskosten-erneuerbare-energien.html>. Call: 7.8.2024.

# Literaturverzeichnis (2)

- Meyer C-C (2017) Der Zusammenhang von Biogasproduktion und inner- und zwischenbetrieblicher Wettbewerbsfähigkeit landwirtschaftlicher Betriebe in Niedersachsen, 270 p
- Osterburg B, Ackermann A, Böhm J, Bösch M, Dauber J, Witte T de, Elsasser P, Erasmi S, Gocht A, Hansen H, Heidecke C, Klimek S, Krämer C, Kuhnert H, Moldovan A, Nieberg H, Pahmeyer C, Plaas E, Rock J, Röder N, Söder M, Tetteh G, Tiemeyer B, Tietz A, Wegmann J, Zinnbauer M (2023) Flächennutzung und Flächennutzungsansprüche in Deutschland. Thünen Working Paper 224. doi: 10.3220/WP1697436258000
- statista (2022) Installierte Leistung (kumuliert) der Photovoltaikanlagen in Deutschland in den Jahren 2000 bis 2021, zu finden in <<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/13547/umfrage/leistung-durch-solarstrom-in-deutschland-seit-1990/>> [zitiert am 20.4.2022]
- Thünen-Faktencheck (2023) Energie vom Acker - lohnt sich das? <<https://www.thuenen.de/de/newsroom/mediathek/faktencheck/energie-vom-acker-lohnt-sich-das>>
- UBA [Umweltbundesamt] (2024) Siedlungs- und Verkehrsfläche, zu finden in <<https://www.umweltbundesamt.de/daten/flaeche-boden-land-oekosysteme/flaeche/siedlungs-verkehrsflaeche#anhaltender-flachenverbrauch-fur-siedlungs-und-verkehrszwecke->>> [zitiert am 6.8.2024]
- Zinke O (2021a) Solarparks auf fruchtbaren Äckern – Flächenfraß für die Umwelt? agrarheute, zu finden in <<https://www.agrarheute.com/management/betriebsfuehrung/solarparks-fruchtbaren-aechtern-flaechenfrass-fuer-umwelt-578756>>
- Zinke O (2021b) Steigende Pachtpreise sorgen für viel Unruhe bei den Bauern. agrarheute, zu finden in <<https://www.agrarheute.com/management/betriebsfuehrung/steigende-pachtpreise-sorgen-fuer-unruhe-bauern-579400>>