

Agri-Photovoltaik

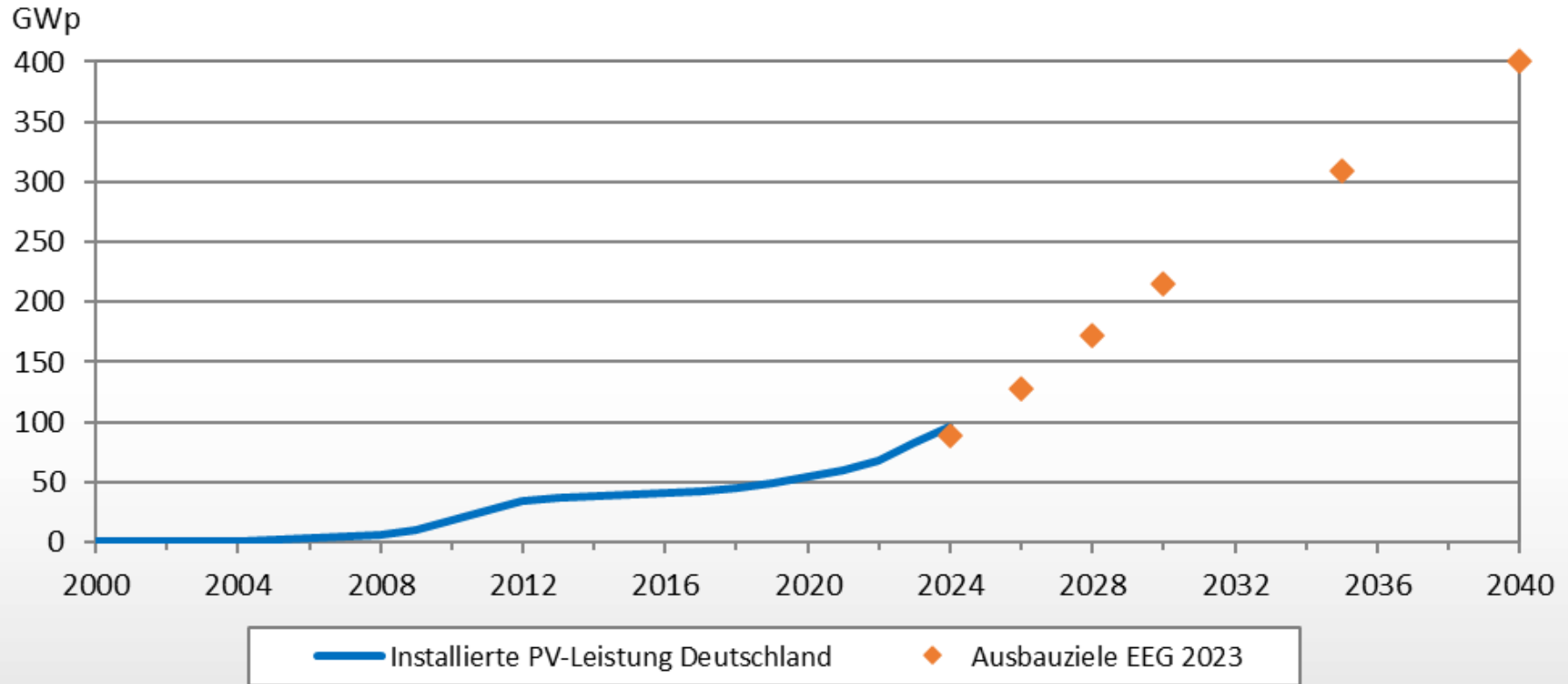
Was bringt sie und was kostet sie?

Jonas Böhm

Thünen-Institut für Betriebswirtschaft



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

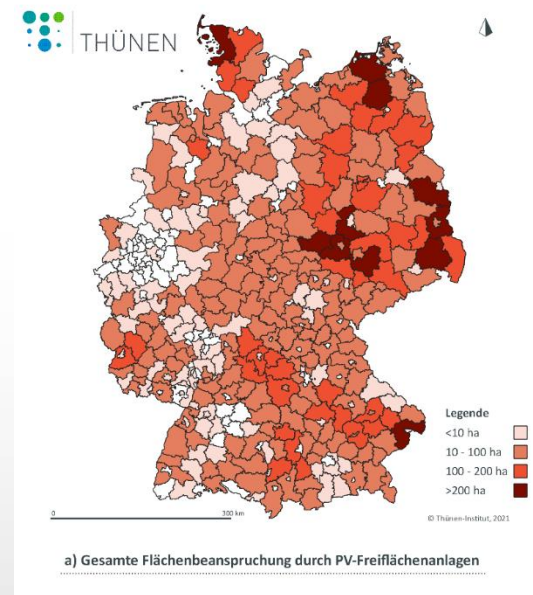
Aktuelle Situation und Prognose

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



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



Wie ernten wir am meisten Energie vom Acker?

EIN FAKTENCHECK FÜR STROM,
WÄRME UND VERKEHR





Wie viel Kilometer liefert ein Hektar Fläche? (1)

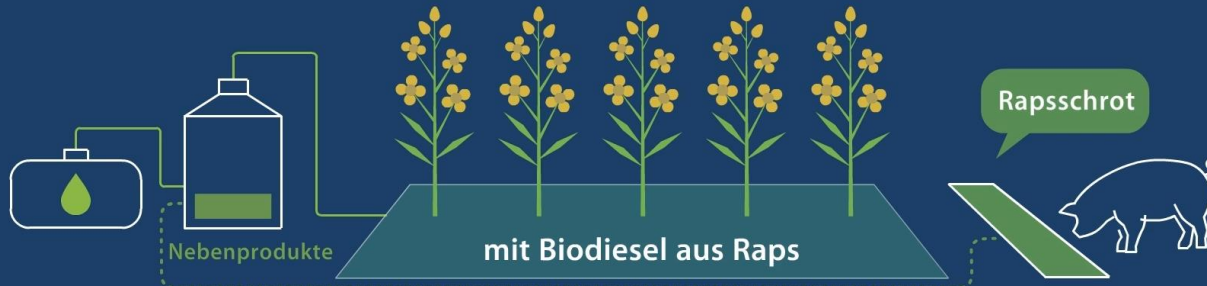
VERKEHR



Werden Nebenprodukte der Biodiesel-Herstellung berücksichtigt:

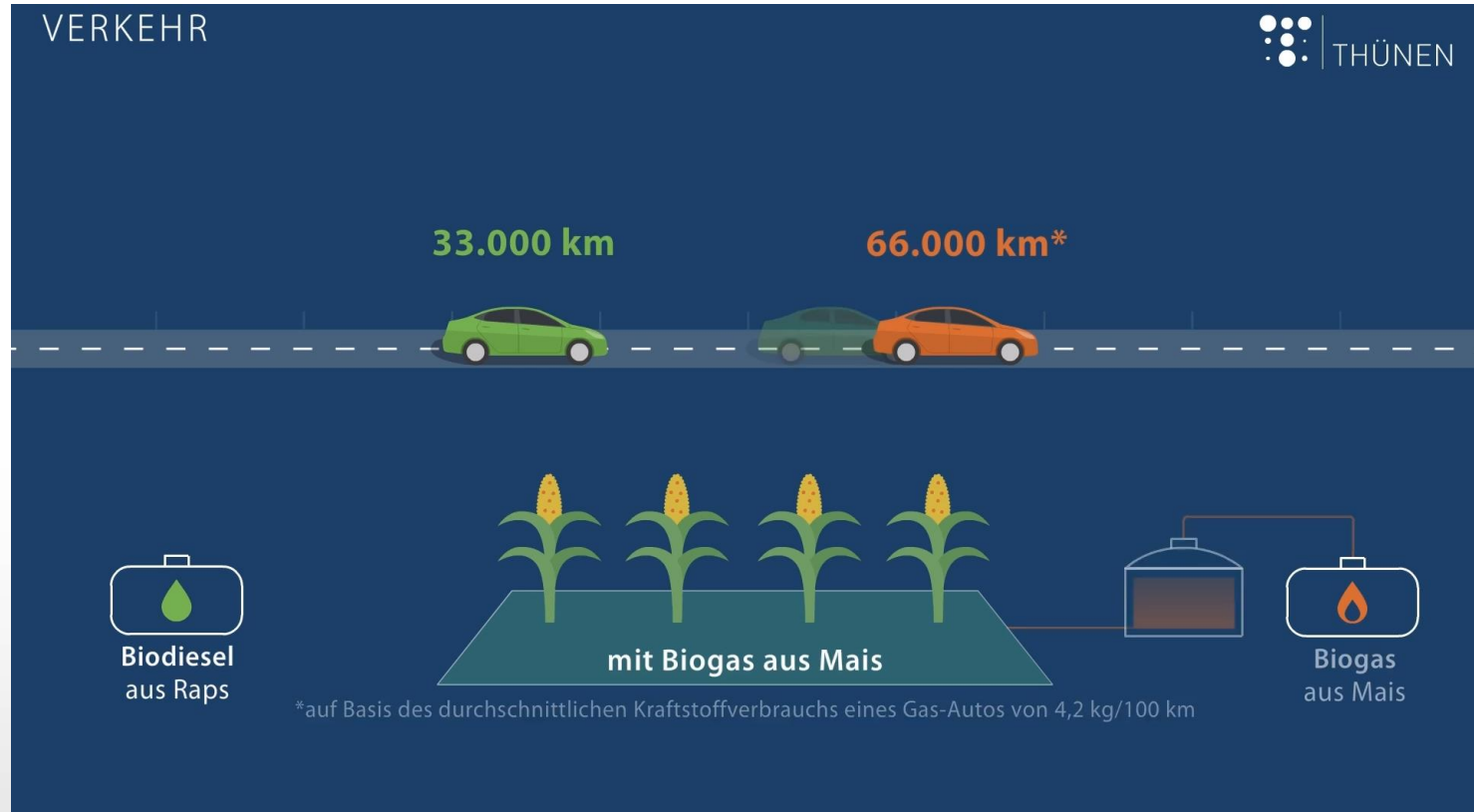
33.000 km*

57.000 km*



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

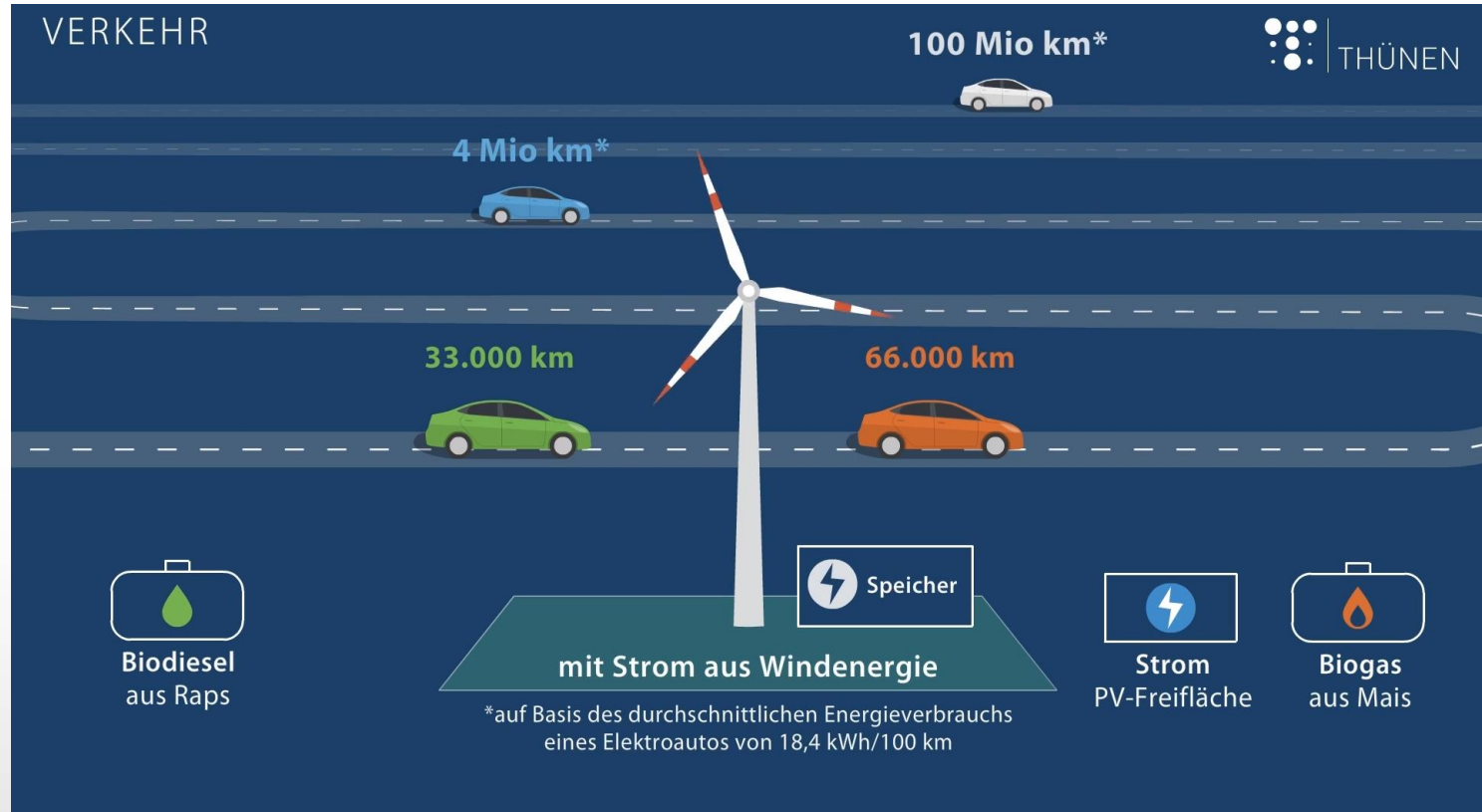
Wie viel Kilometer liefert ein Hektar Fläche? (2)



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/timradoviccollection 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?

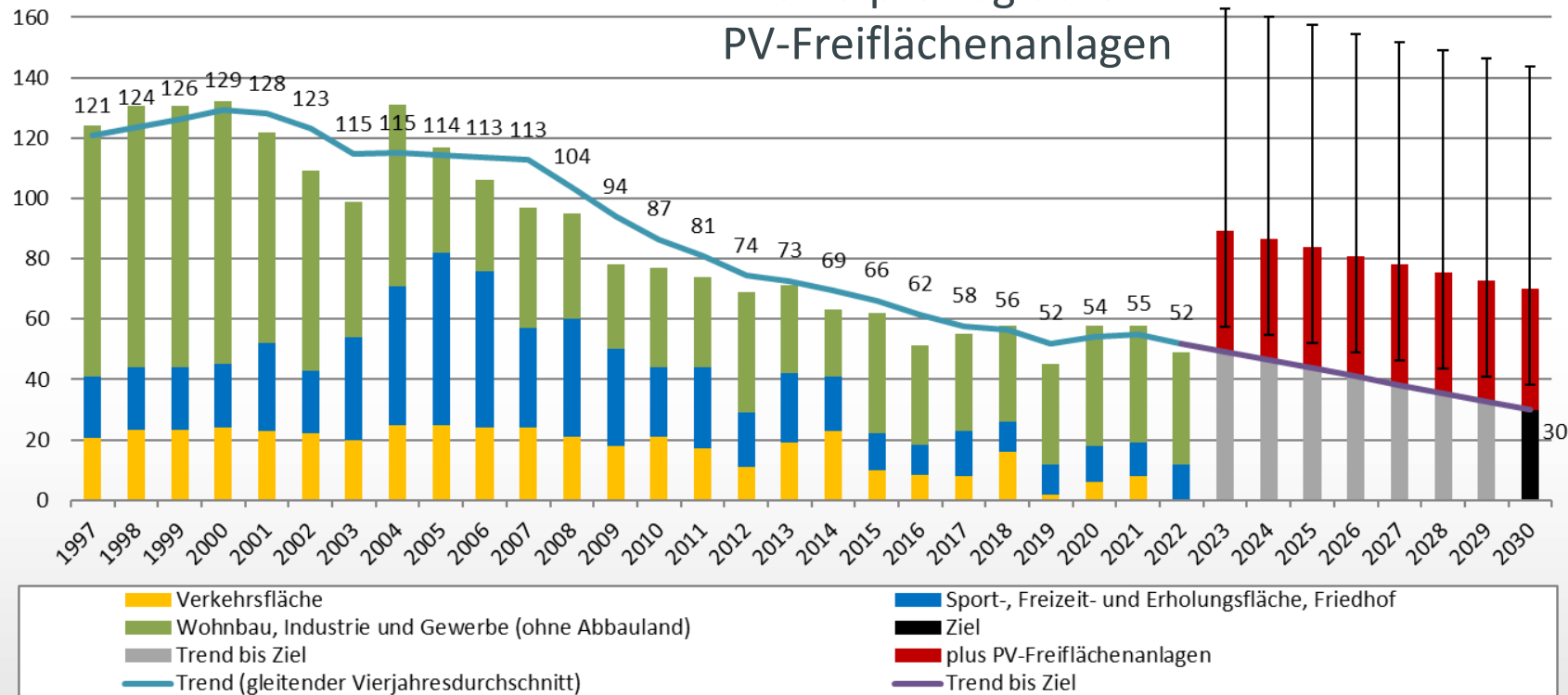


© stock.adobe.com/Michael v Aichinger Die Pachtpreise für Solarflächen sind bis zu zehnmals höher als für Ackerland. Dazu kommt: Diese hohen Einnahmen sprudeln mindestens 20 Jahre lang. Doch die Flächen verschwinden völlig aus der landwirtschaftlichen Produktion und fehlen für die Nahrungsmittelversorgung.

Gesellschaftlicher Hintergrund: Verlust landwirtschaftlicher Flächen an Siedlungs- und Verkehrsflächen

ha pro Tag

+40 ha pro Tag durch
PV-Freiflächenanlagen

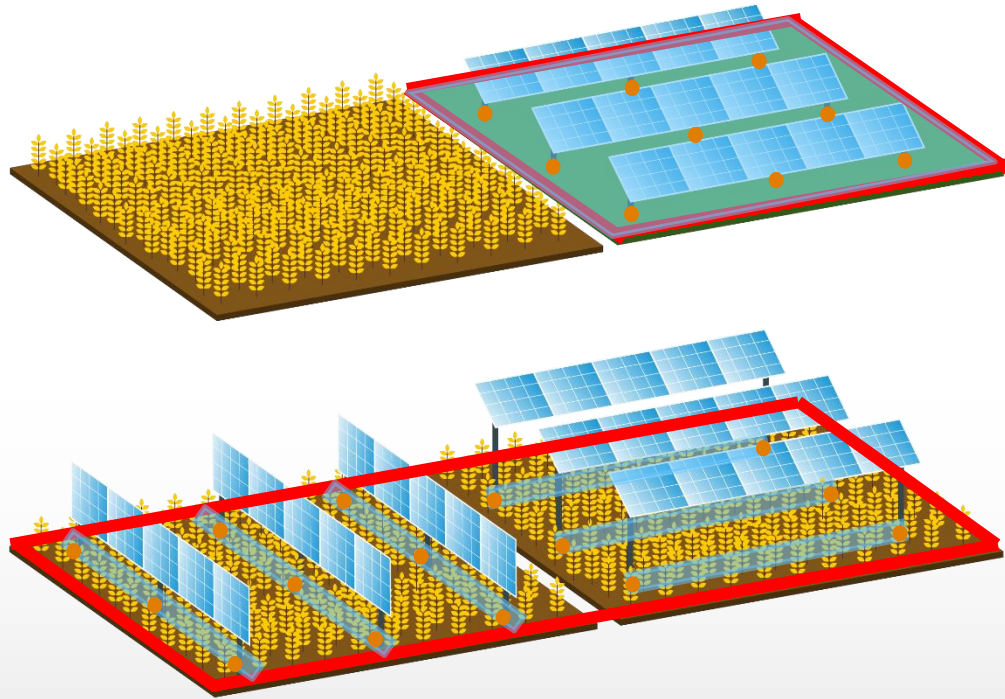


Vorstellung verschiedener Agri-PV Konzepte

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



Anlagenfläche

Verlust an

**landwirtschaftlicher
Nutzfläche**

**Verlust an Fläche für
Vegetation**

Standard PV-Freiflächenanlage (PV-FFA)



Agri-PV vertikal (AV vertikal)



Agri-PV tracking (AV tracking)



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



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



Agri-PV Apfel (AV Apfel)



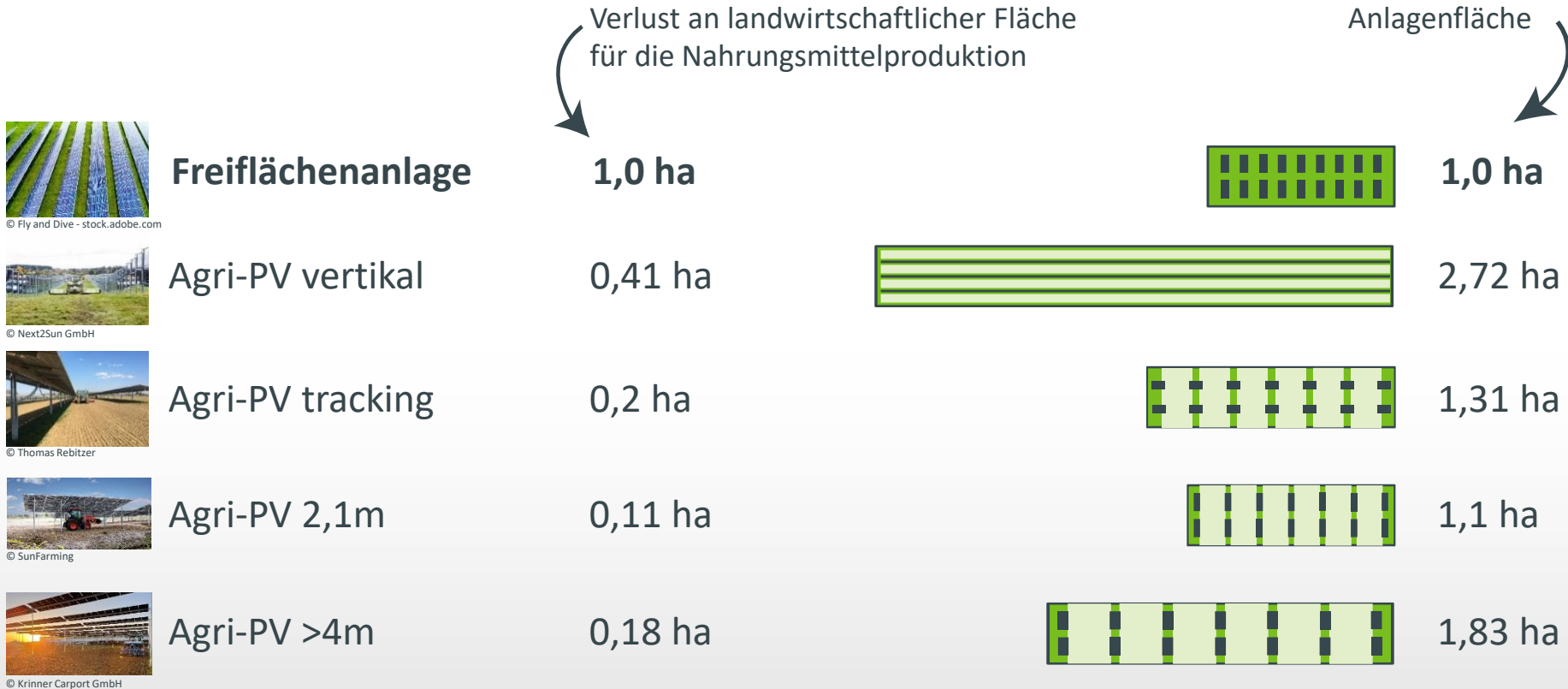
Nutzen von Agri-PV

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



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?

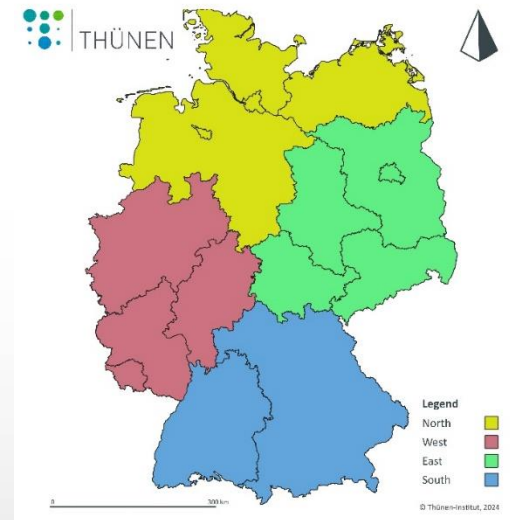
Fragen:

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 Anlagengrößen



Anlagengrößen [ha]

1

2

5

10

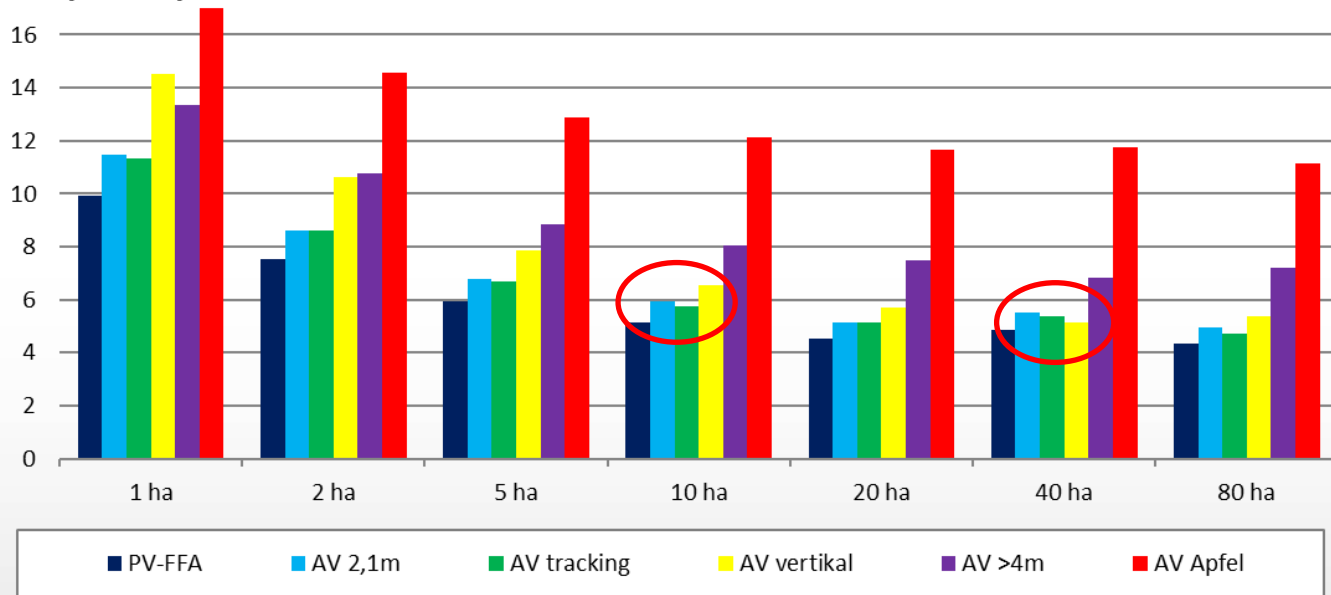
20

40

80

Ergebnisse: Stromgestehungskosten Standort in Norddeutschland

Stromgestehungskosten
[€ct kWh⁻¹]



➤ **Starke Skaleneffekte vor allem in den ersten 10 ha**

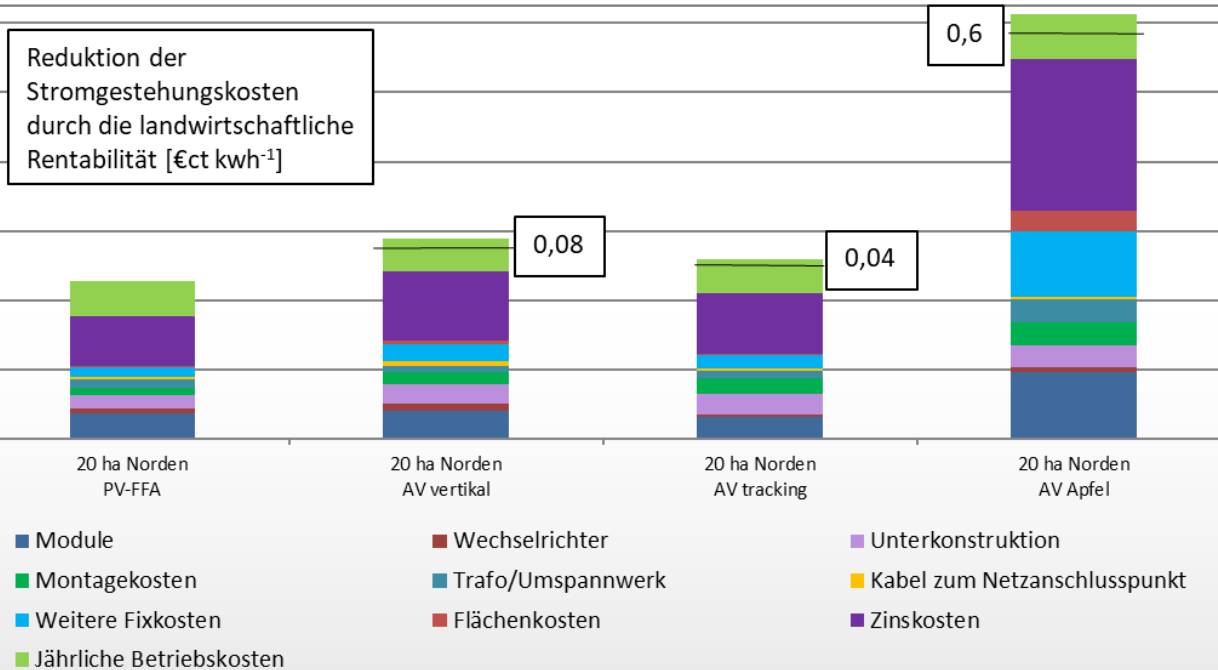
➤ **Unterschiedliche Agri-PV Systeme am günstigsten**

➤ **Differenz Agri-PV zu PV-FFA: 0,2 €ct/kWh bis 7,1 €ct/kWh**

Einfluss der landwirtschaftlichen Grundrente auf die Stromgestehungskosten

Stromgestehungskosten
[€ct kWh⁻¹]

Reduktion der
Stromgestehungskosten
durch die landwirtschaftliche
Rentabilität [€ct kWh⁻¹]



- **Ackerbau:**

- ~0,1 €ct/kWh
- 0,3 - 1,5%

- **Apfelanbau:**

- ~0,6 €ct/kWh
- 3,5 - 5%

→ 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



Verlust an landwirtschaftlicher Fläche
für die Nahrungsmittelproduktion

1,0 ha



© Thomas Rebitzer

Agri-PV tracking

0,2 ha

Anlagenfläche



1,0 ha



1,31 ha

Stromgestehungskosten

PV-FFA: **4,55** €ct/kWh

Agri-PV tracking: **5,20** €ct/kWh

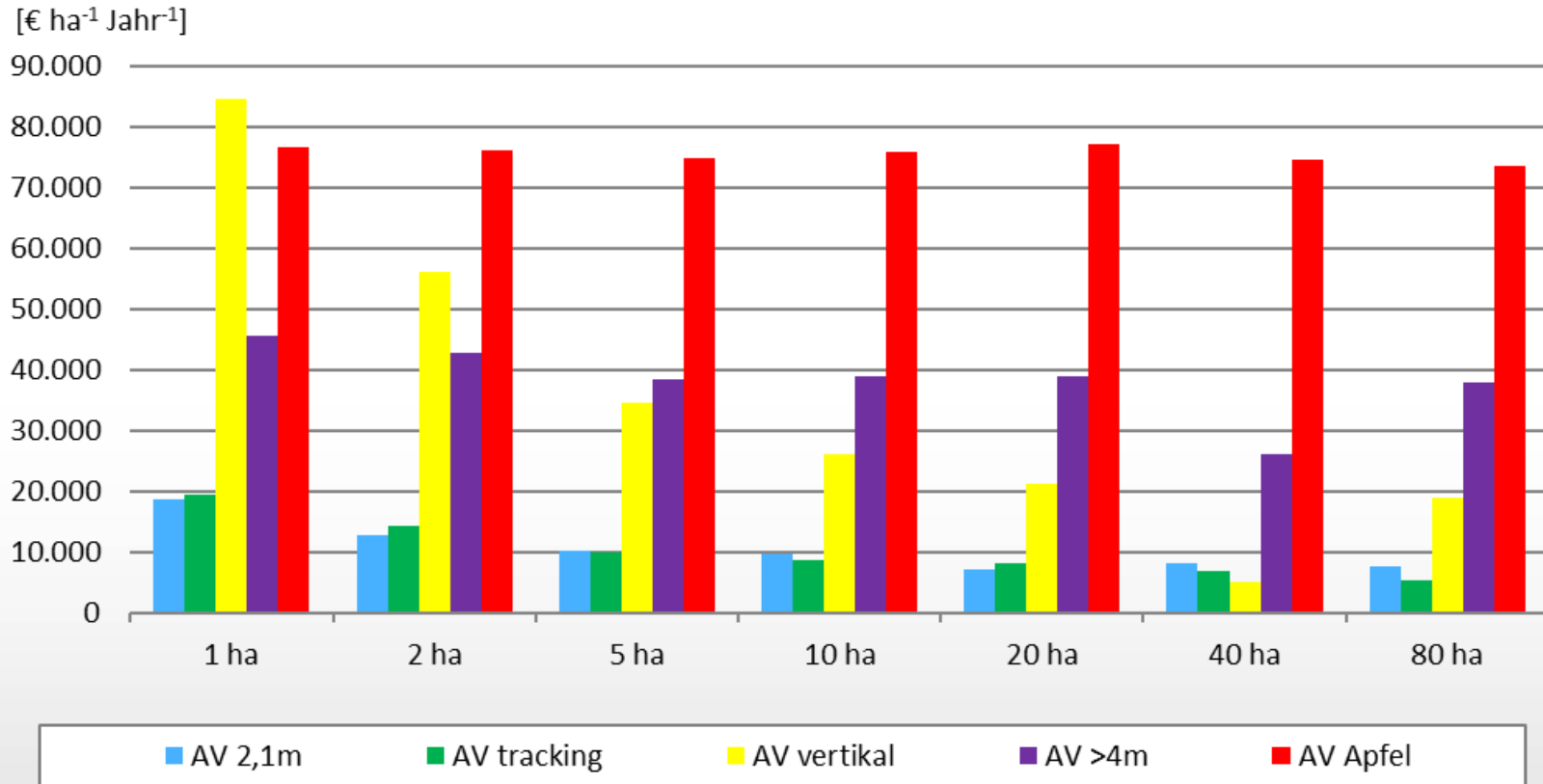


8.200 €/ha/Jahr

**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

www.thuenen.de

Thünen-Institut für Betriebswirtschaft



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
- 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.V101I1.462
- 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 Fläche, 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-aeckern-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>>