

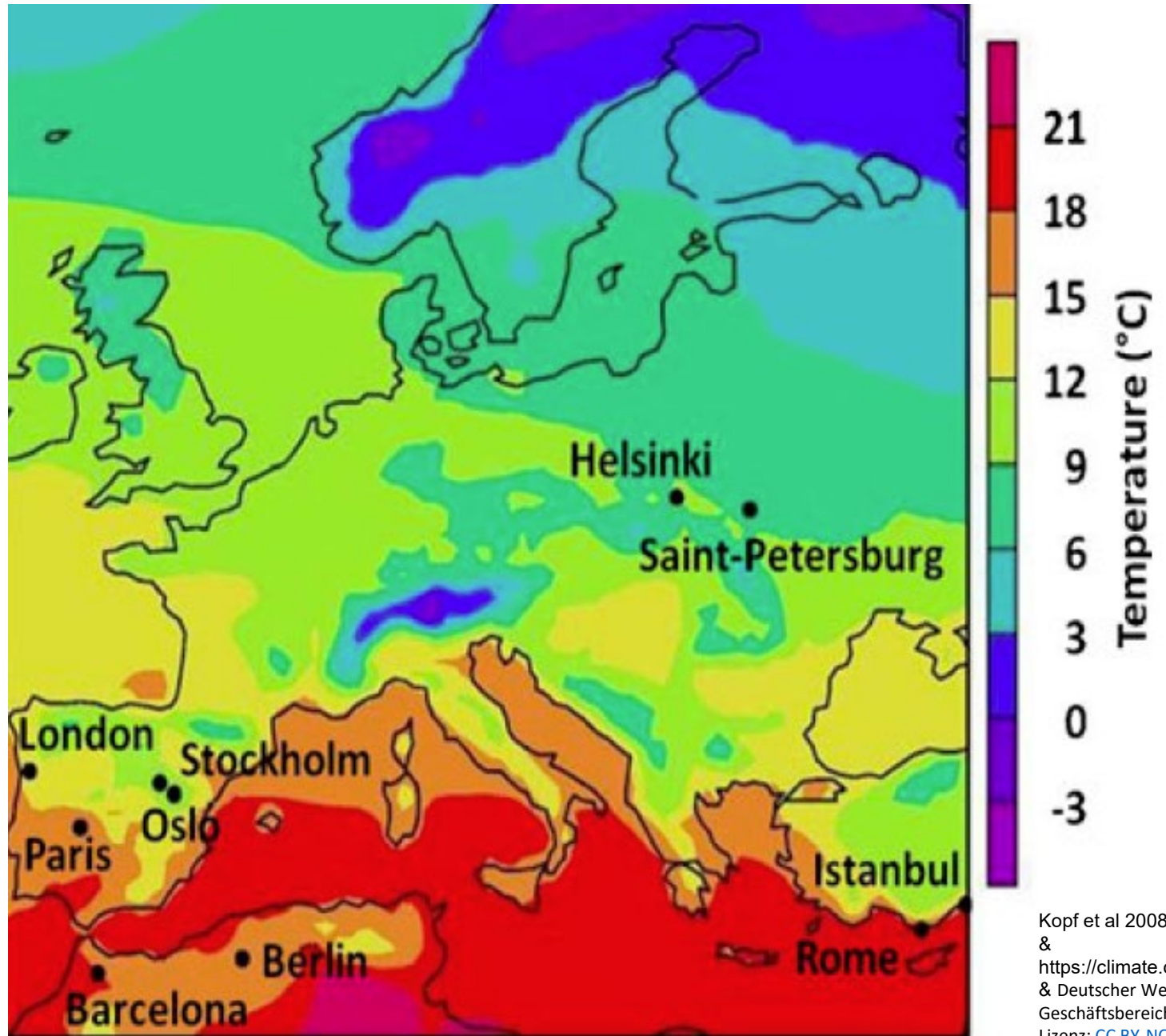
Agri-PV: Chance für Landwirtschaft, Energie, Klima- und Naturschutz



Prof. Dr. sc. agr. habil. Kerstin Wydra
Pflanzenproduktion im Klimawandel
Fachhochschule Erfurt
Solarinput e.V., Mitglied AbL

Klimawandel

Mittlere Temperaturen 1961-1990 & Prognose 2100



2020:

Global +1,3°C

D + 2,3°C

12 Monate bis Mai 2020 vergl. mit
1881-1910

Kopf et al 2008
&

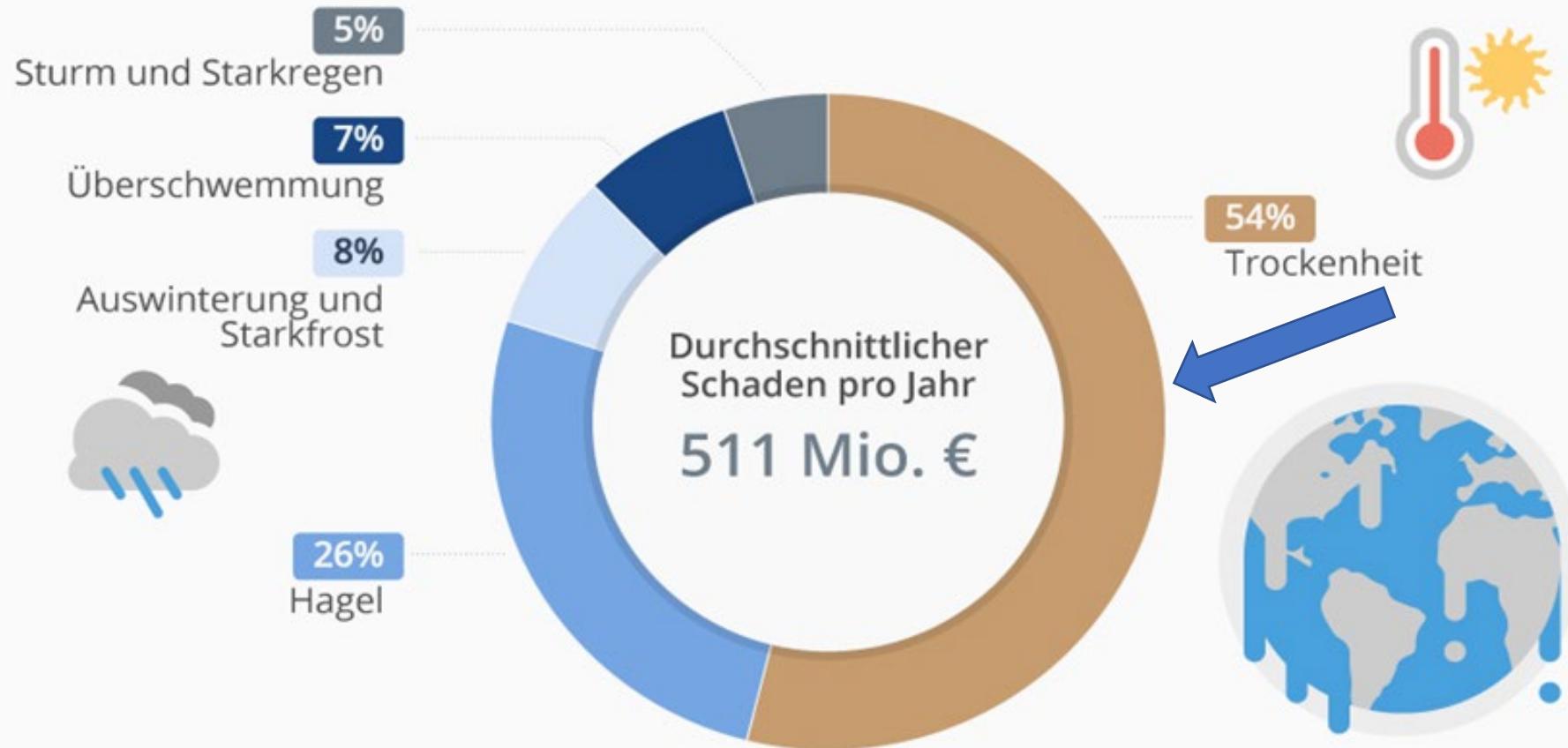
<https://climate.copernicus.eu/surface-air-temperature-may-2020>
& Deutscher Wetterdienst (2021): [Klimastatusbericht Deutschland Jahr 2020](#). DWD,
Geschäftsbereich Klima und Umwelt, Offenbach

Lizenz: [CC BY-NC](#)

Landwirtschaft

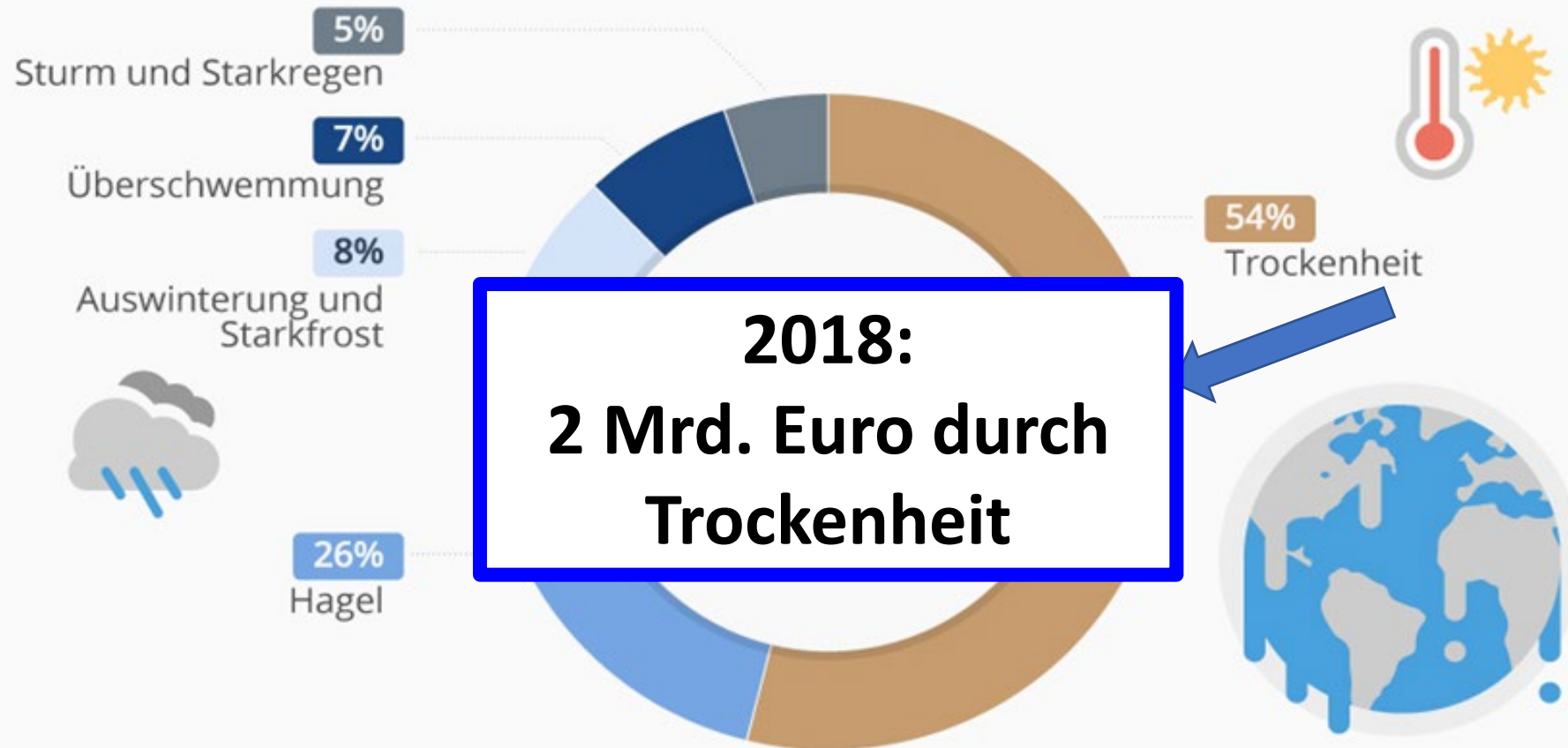
Ernteschäden durch Wetterextreme in D

Schadenaufwand in der Landwirtschaft durch Wetterextreme in Deutschland 1990–2013



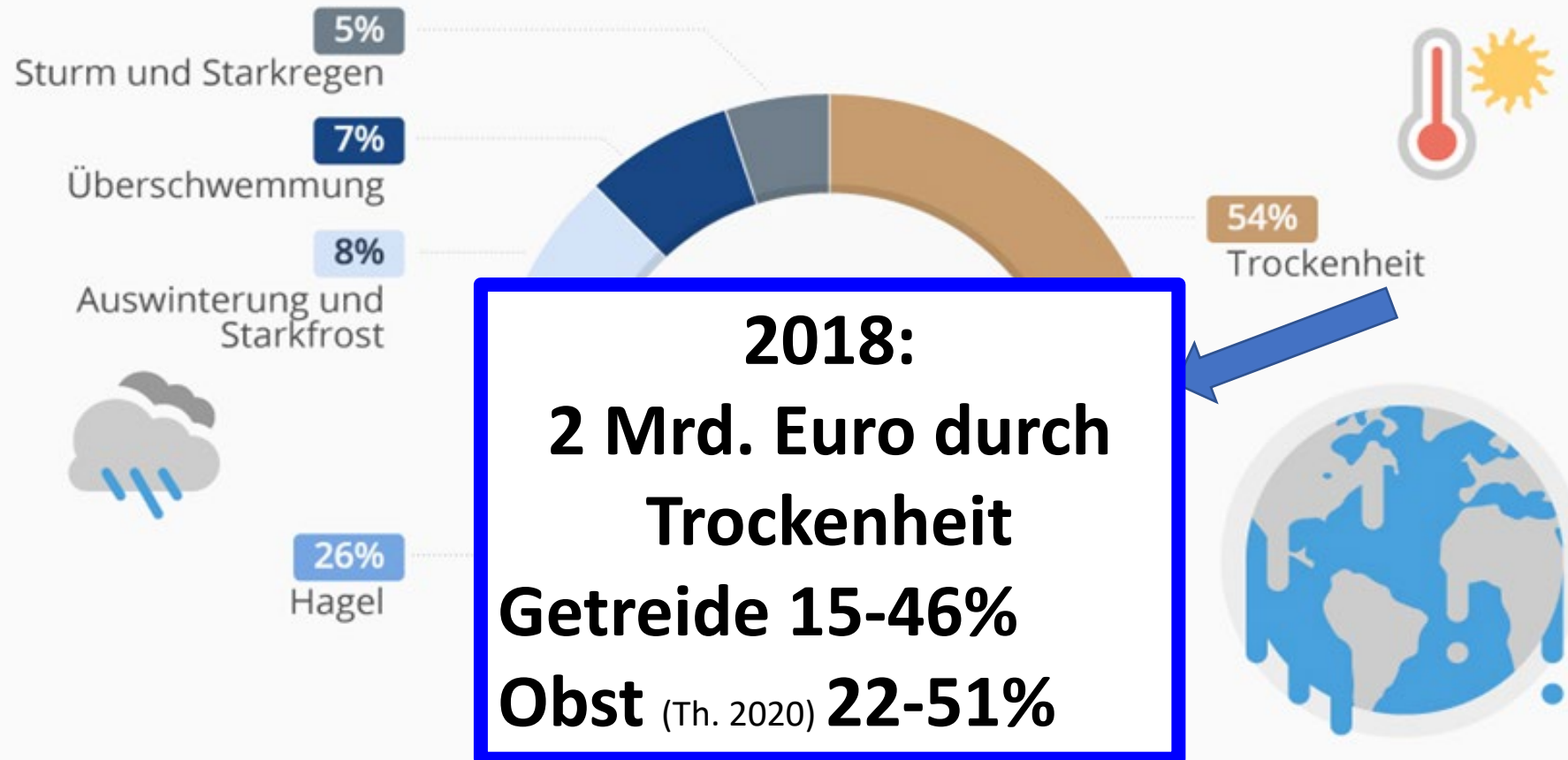
Ernteschäden durch Wetterextreme in D

Schadenaufwand in der Landwirtschaft durch Wetterextreme in Deutschland 1990–2013



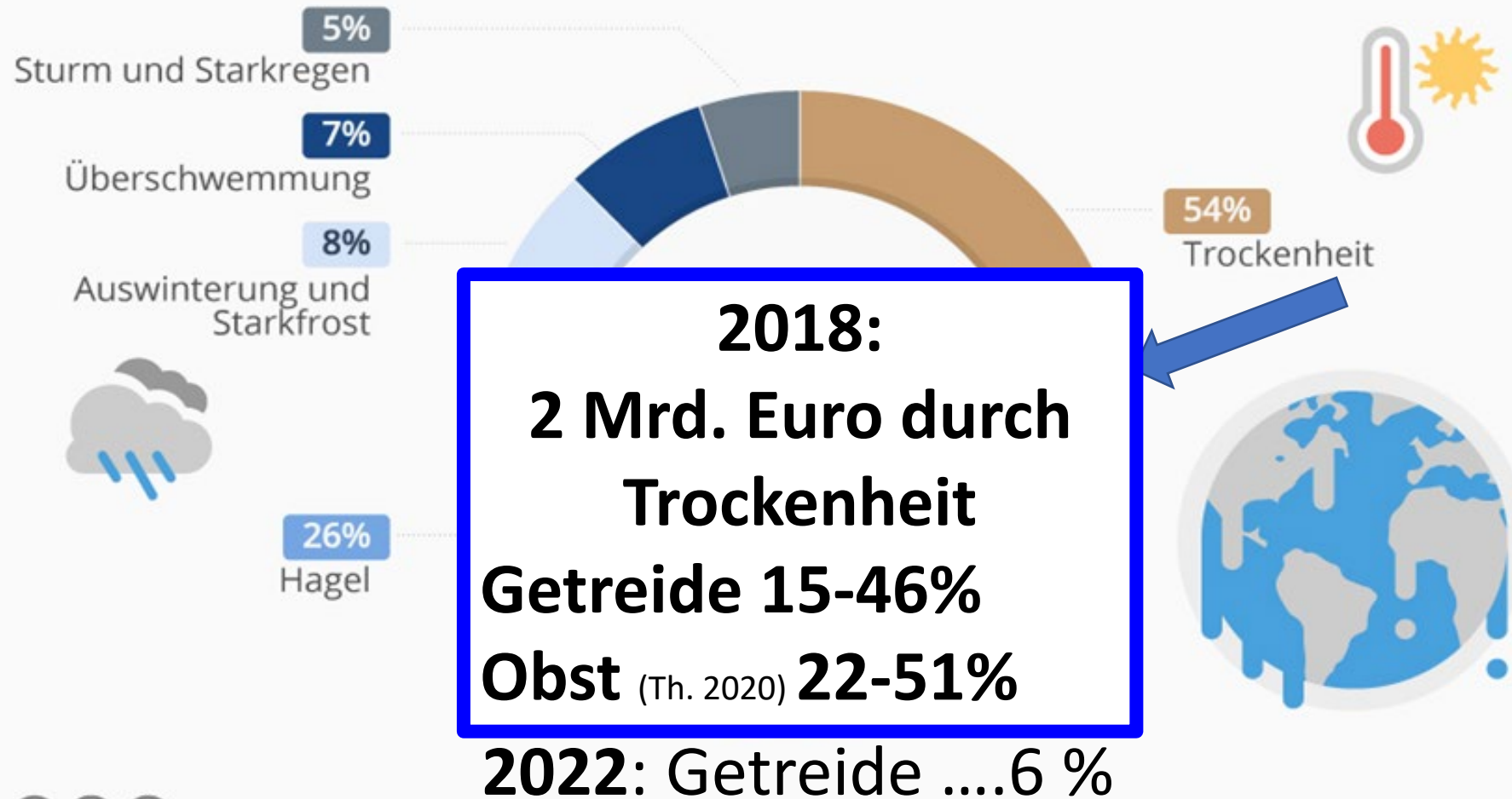
Ernteschäden durch Wetterextreme in D

Schadenaufwand in der Landwirtschaft durch Wetterextreme in Deutschland 1990-2013



Ernteschäden durch Wetterextreme in D

Schadenaufwand in der Landwirtschaft durch Wetterextreme in Deutschland 1990–2013



Artenschwund

Artenverluste durch Klimawandel bis 2050: bis 50%

Half of the Species on Earth Could Go Extinct by 2050: Scientists

A sixth mass extinction is underway, and it's not a meteor this time.



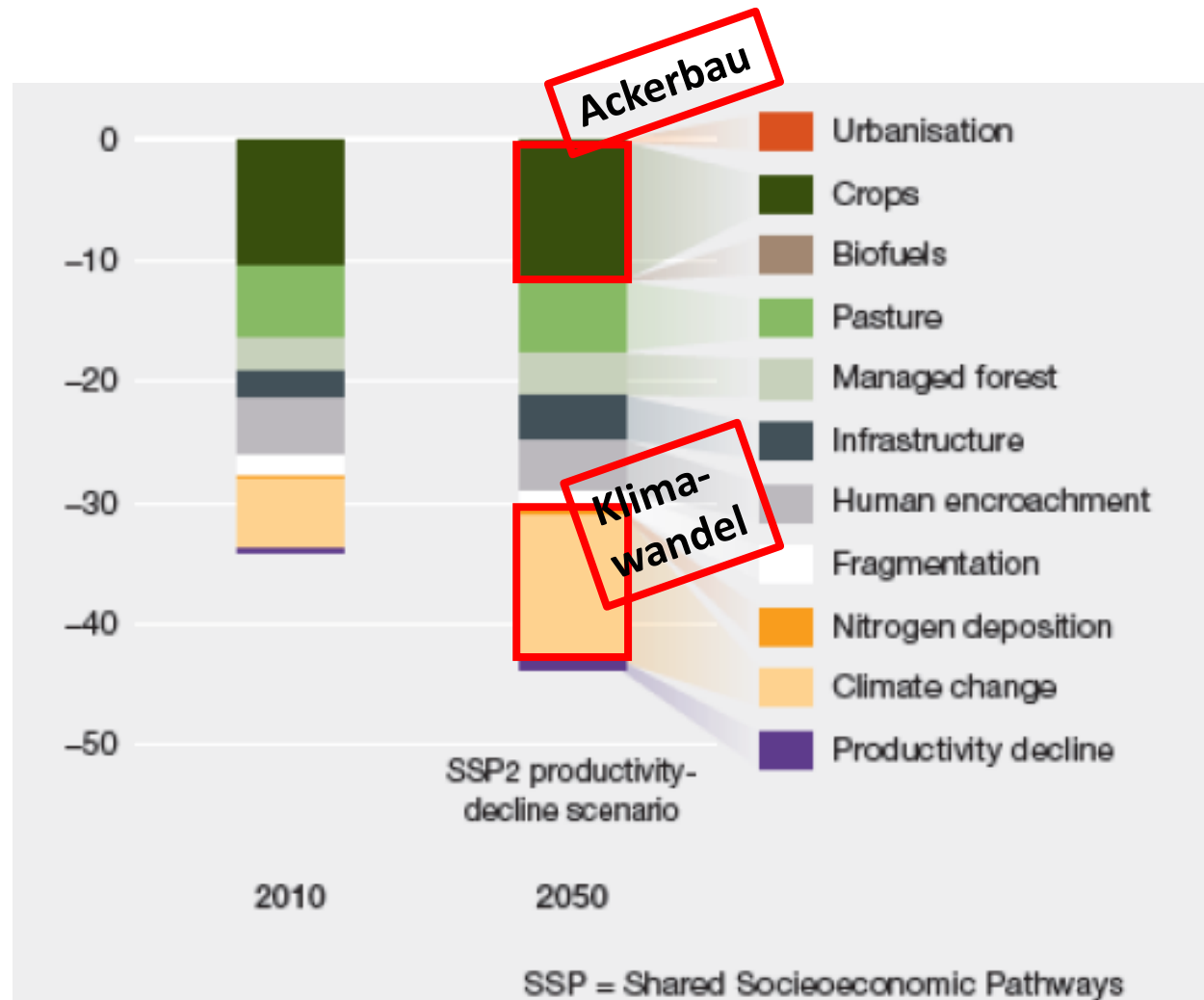
[Nature](#) volume 427, pages 145–148 (2004)

Extinction risk from climate change

[Chris D. Thomas](#) et al.

<https://www.globalcitizen.org/en/content/half-earths-species-extinct-2050/>
<https://www.nature.com/articles/nature02121>

Gründe für globalen Artenverlust bis 2050



(IPCC;
Van der Esch et al 2017)

Klimaschutz

Szenarien Freiflächen-PV

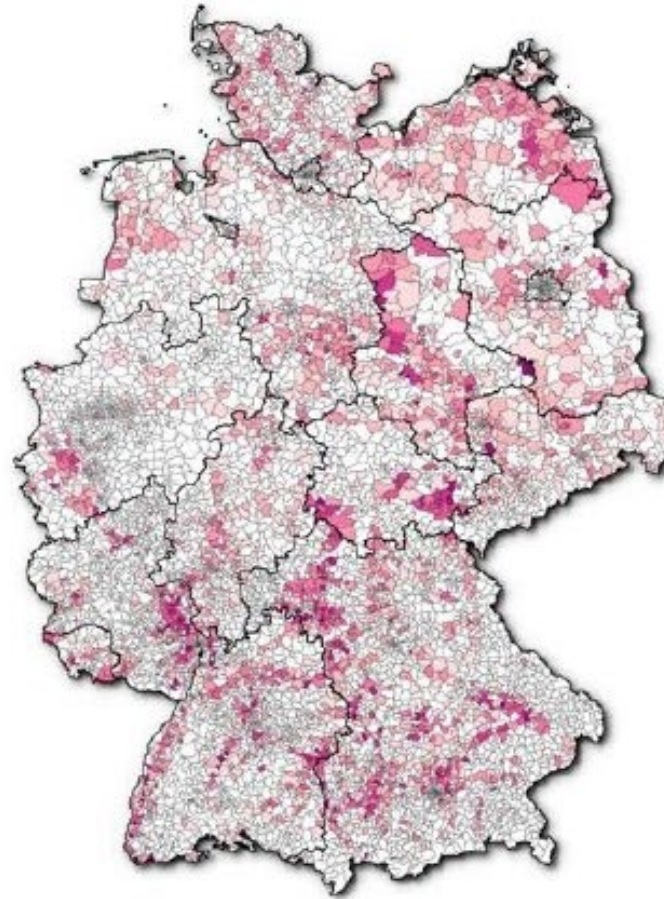
2021

Freiflächen-PV, Bestand



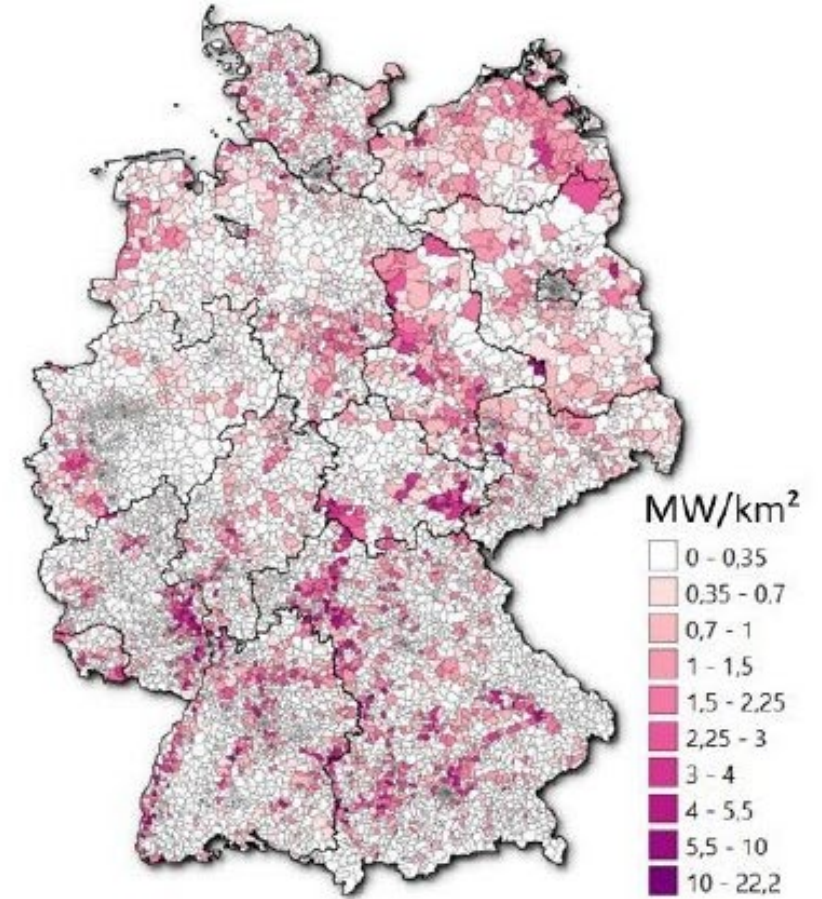
2037

Freiflächen-PV, A/B/C 2037



2045

Freiflächen-PV, A/B 2045



© Geobasis-DE/BKG 2021

Freiflächen-Photovoltaik: Bestand und Verteilung für das Szenario A/B/C 2037 bzw. A/B

www.iee.fraunhofer.de/de/presse-infothek/Presse-Medien/2023/verteilung-windenergie-photovoltaikanlagen-netzentwicklungsplan-strom.html

Szenarien Freiflächen-PV

2021

Freiflächen-PV, Bestand

2037

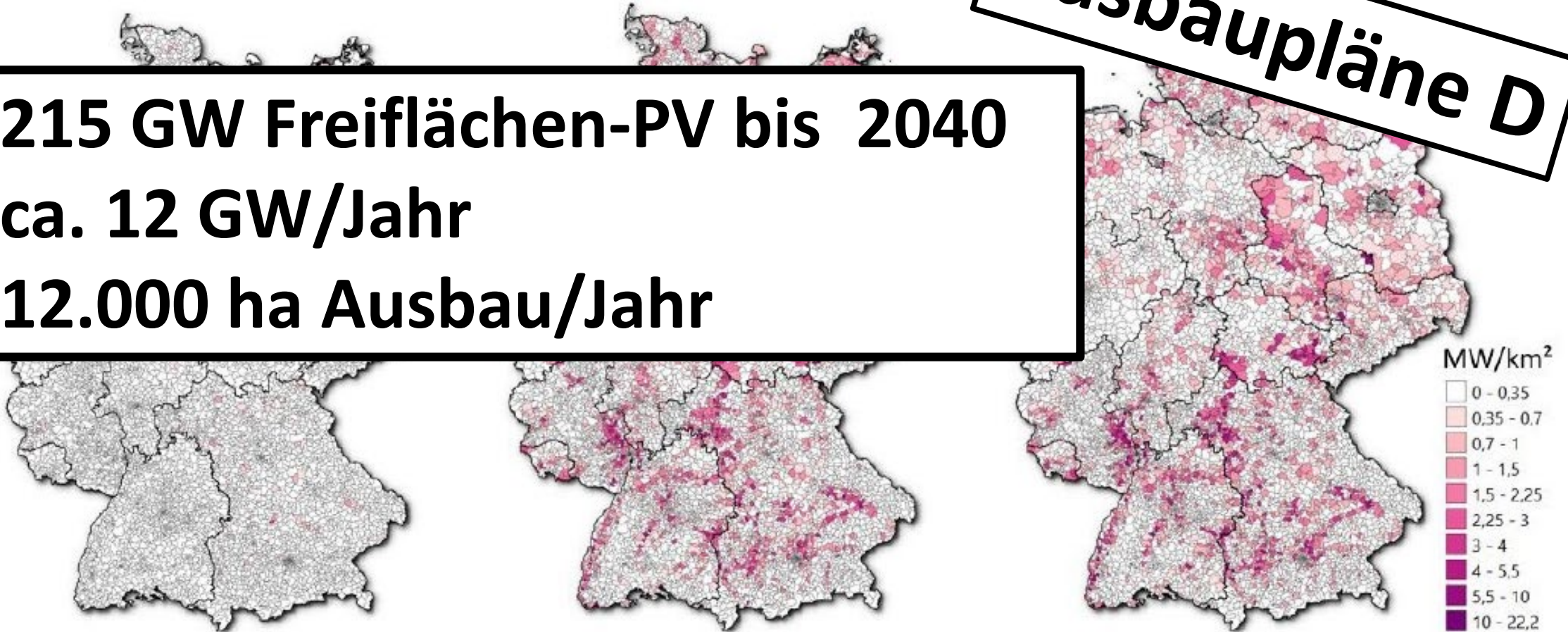
Freiflächen-PV, A/B/C 2037

2045

Freiflächen-PV, A/B 2045

Ausbaupläne D

- 215 GW Freiflächen-PV bis 2040
- ca. 12 GW/Jahr
- 12.000 ha Ausbau/Jahr

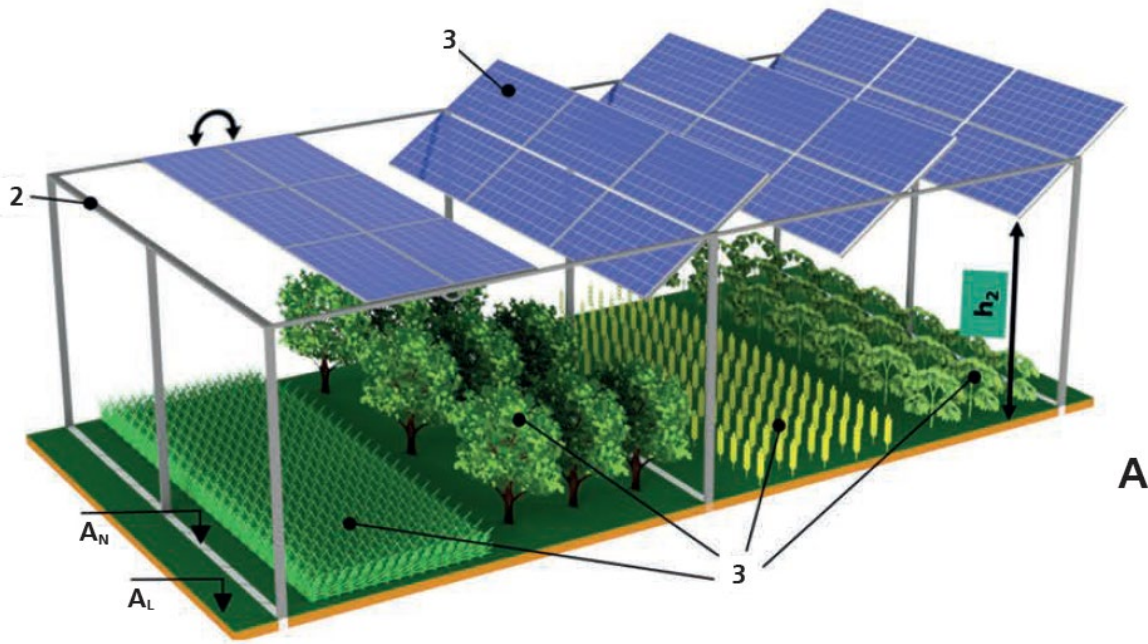


Klimaschutz & Klimaanpassung

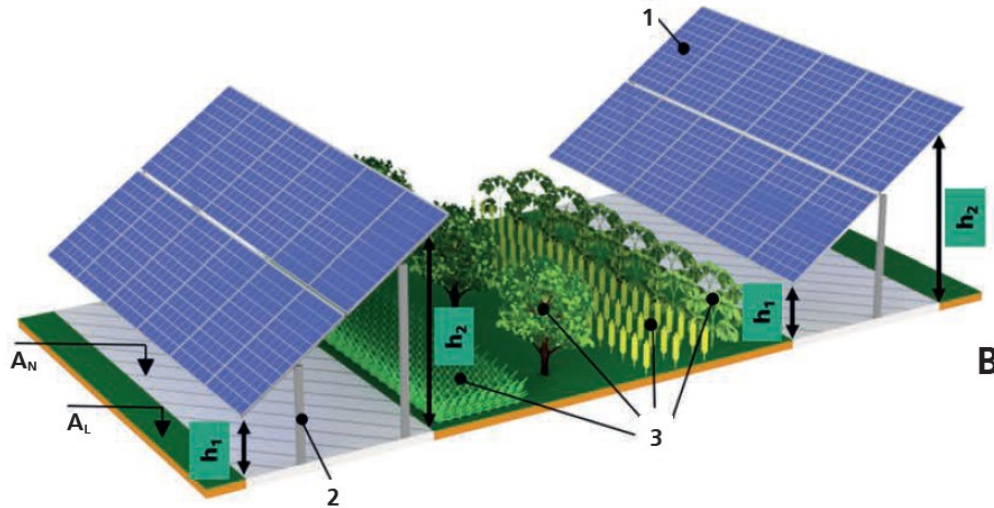
... Agri-Photovoltaik

Agri-Photovoltaik

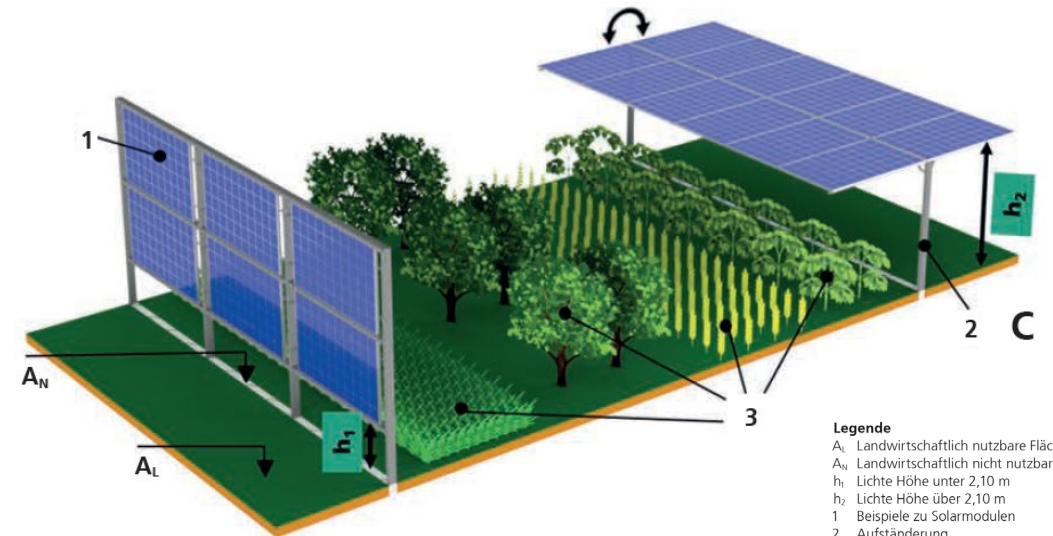
- Anbau **unter** und **zwischen** PV-Modulen



A



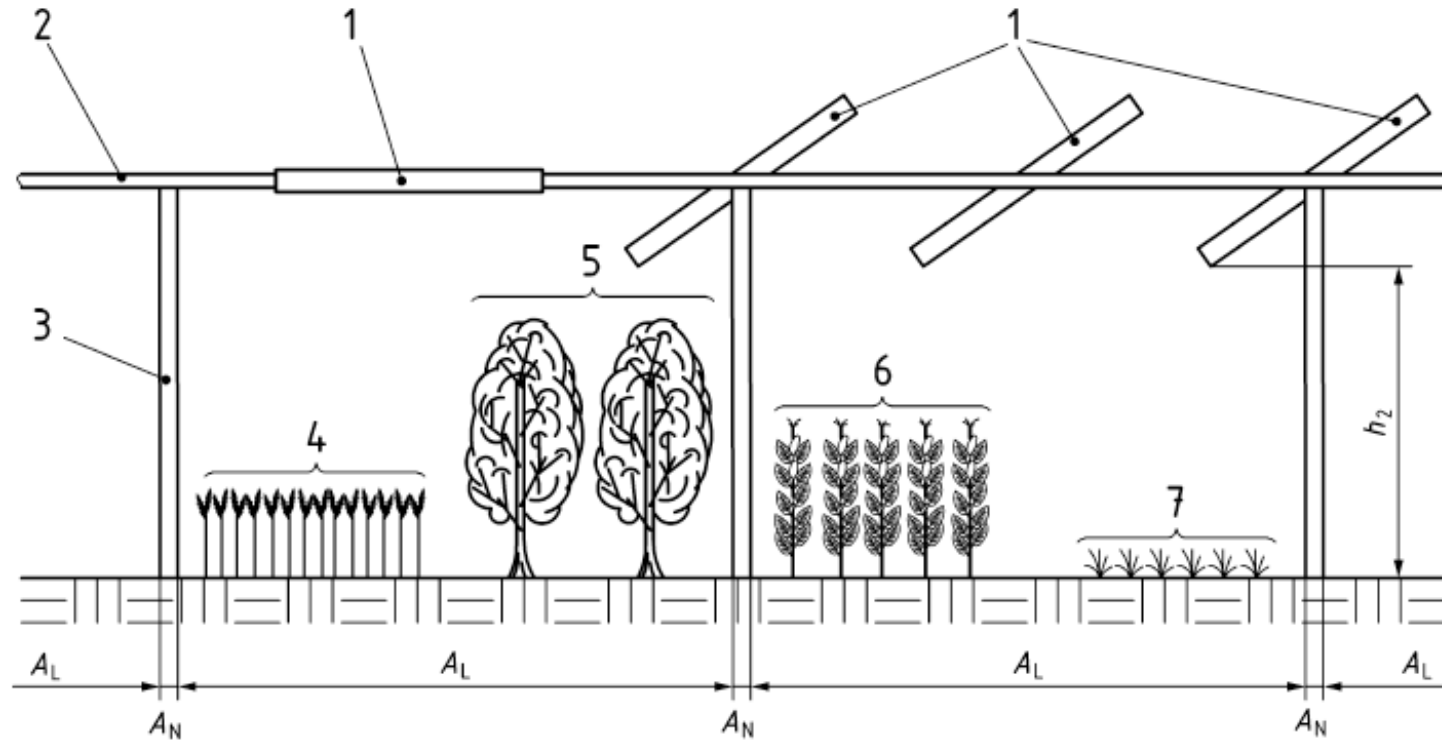
B



C

- Legende**
- A_L Landwirtschaftlich nutzbare Fläche
 - A_N Landwirtschaftlich nicht nutzbare Fläche
 - h_1 Lichte Höhe unter 2,10 m
 - h_2 Lichte Höhe über 2,10 m
 - 1 Beispiele zu Solarmodulen
 - 2 Aufständerung
 - 3 Beispiele landwirtschaftlicher Kulturen

Agri-Photovoltaik DinSpec Kategorie I Hochaufgeständert 91434



Legende

- A_L landwirtschaftlich nutzbare Fläche
- A_N landwirtschaftlich nicht nutzbare Fläche
- h_2 lichte Höhe über 2,10 m
- 1 Beispiele zu Solarmodulen
- 2 Verstrebung
- 3 Aufständering
- 4 bis 7 Beispiele landwirtschaftlicher Kulturen

DIN SPEC 91434:2021-5

Agri-Photovoltaik - Anbau unter PV Modulen



Deutschland



Vorteile:

- - doppelte Flächennutzung
- Schutz der Anbaupflanzen vor Witterungsschäden
- Höhere Erträge möglich - besonders in Trockenjahren
- Stromerträge
- Steigerung der Moduleffizienz
- reversibel

Italien



Niederlande



Pilotanlagen Obstanbau

Beispiele

August 2020



Quelle: BayWa r.e.



Beeren,
Niederlande



Birnen

August 2020



Quelle: BayWa r.e.



Fruitvoltaic-Anlage:

- Solarstromquelle: **1,2 MWp**, mehr als 4.500 Solarmodule
- Strom für 400 Haushalte pro Jahr
- 4.500 Johannisbeersträucher
- **23 Tonnen Ernte** pro Jahr
- günstigere, niedrigere Temperaturen für Pflanzen (bis 10°C kühler)
- Schutz vor ungünstigen Wetterbedingungen
- Rückgang Pilzbefall
- Reduktion Abfall- und Investitionskosten



Birnen

Agri-PV: Solares Riesengewächshaus lässt Beeren wachsen

01.06.2021 ,



Foto: Karthaus

Die Panels des Gewächshauses sind lichtdurchlässig, etwa 75 Prozent des Sonnenscheins kommt bei den Pflanzen an.

Foto: Karthaus

- **75% Sonnenschein**
- 2700 Module: **740kWp**, 660KVA
Inverterleistung (6x 110KVA Huawei)
- **1,7 MWp/ha**
- 580,000 Euro
- Smart: Windmaschinen, Nebelsprüher, Wassersammelschacht, smarte Bewässerungstechnik
- **extreme Hitze abgehalten, Boden feucht & kühl**
- Hagelschutz
- **20% Mehrertrag Beeren**

Sonnenstrom und sonnengereifte Äpfel



Baden-Württemberg

„Modellregion Agri-Photovoltaik Baden-Württemberg“

Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft & Ministerium für Ernährung, Ländlichen Raum und Verbraucherschutz
Fördert bis 2024 fünf Pilot-Anlagen zur Agri-PV in Baden-Württemberg

APV Anlagen Ackerbau

- Standort: Heggelbach (Baden-Württemberg)
- Konstruktion: 5 m Anhebung (Gesamthöhe: 8 m)
- Gesamtfläche: 2 ha, APV-Anlage auf ca. 0,3 ha
- 720 bifaziale PV-Module
- Installierte Leistg.: 194 kWp
- **600 kWp/ha**
- Ertrag 40% PV < Ref.-Anlage
- 37,5% weniger photosynthetisch aktive Strahlung

Untersuchte Nutzpflanzen:

- Winterweizen
- Sellerie
- **Kartoffeln (Ertrag teils ↑)**
- Klee gras

Deutschland



Quelle: Hofgemeinschaft Heggelbach

APV Anlagen Ackerbau

Beispiele



Italien



Steinicke: Solarstrom über dem Schnittlauchfeld



Niedersachsen

10.000 qm LNF

Aufn.: M. Lettenbichler

Beispiele



Dithmarschen: Landwirtschaft unter Photovoltaik-Paneelen

NDR, 22.6.2022

- Blühwiesen, Heidelbeeren, Hühner...
- Paneelreihen mind. 4,50m Abstand
- Höhe maximal 3,50m
- Modulmix
- **Investoren**
- **ohne Förderung**
- Einspeisung ins Netz



SunFarming



- Bifaziale Module (550W)
- bis 1,25 MWp/ha (Durchschnitt 1,1 MWp)
- mit Regenwasserverteilung

Europe PV News Snippets

Germany's 'Largest' Agrivoltaic Project Approved

Apr 26, 2022

Apenburg 20 MWp APV, 34 ha
599 kWp/ha



Größe: bis zu 34 Hektar

Energie: rund 20 MWp

Versorgung: Strom für > 5.000 Haushalte

**Nutzung: 85 % der Fläche weiterhin für
Landwirtschaft genutzt
Reihenabstand 14m**

CO2-Ersparnis: ca. 12.600 t pro Jahr

Biodiversität & Sichtschutz: Blühstreifen, Hecken

**Stromkosten: Strom kann direkt vor Ort genutzt
werden, Stromkosten sinken**

Gemeinde: Gewerbesteuer....

d &

1PV, 34 ha
haft



Murphy & Spitz: Agri-PV-Anlage mit 13 MW in Betrieb

26.09.2022



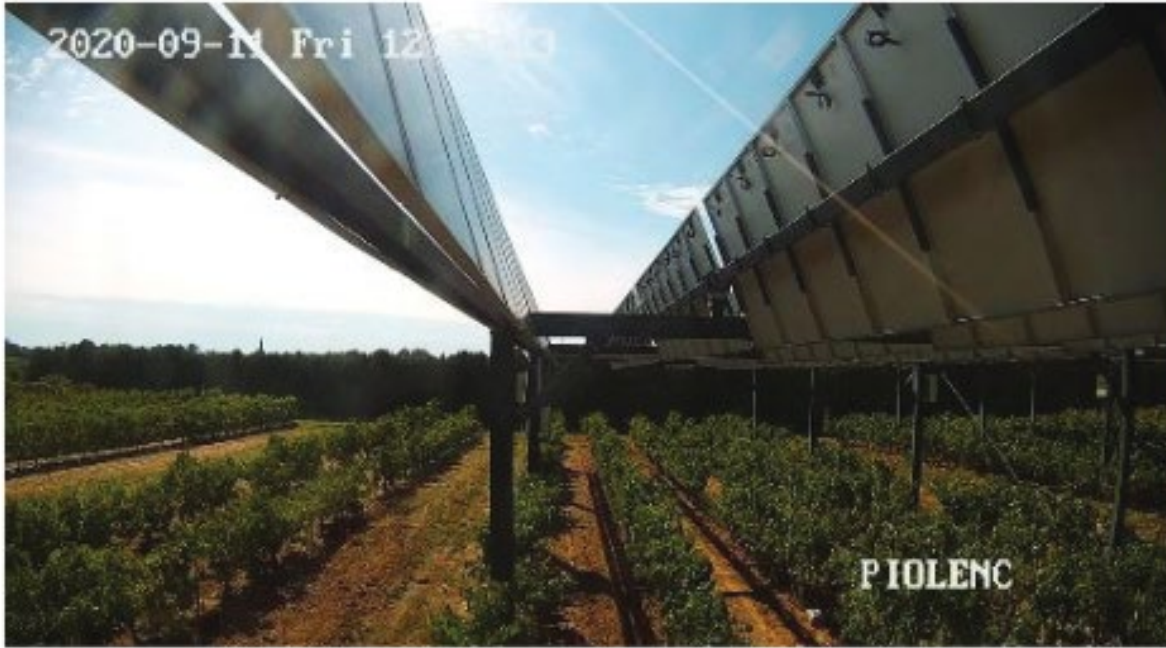
Foto: Murphy&Spitz

Die PV-Anlage in Weinheim liefert Solarstrom via PPA.

- **Weinheim**
- **Stromlieferung über PPA**
(Stromliefervertrag, Festpreis mit regionalem Energieversorger)
- **13 MWp**
- **Module in 2-4m Höhe**
- **APV Anlage in < 2Monaten zertifiziert**

Trends und Innovationen

- Nachführung (tracking)



SOURCE: SunAgri.

https://www.solarpowereurope.org/wp-content/uploads/2021/06/SPE-Agrisolar-Best-Practices-Guidelines.pdf?cf_id=41722

French consortium wants to mobilize €1 billion for agrivoltaic projects

Sun'Agri and RGreen Invest have launched an initiative aimed at deploying around 300 agrivoltaic projects in France by 2025.

NOVEMBER 6, 2020 **JOËL SPAES**



Frankreich

- Ziel: 300 agrivoltaic Farmen in Frankreich 2025
- Erhöhung des Ernteertrages auf 1.500-2.000 ha
- 20% Wassereinsparung
- Schutz der Pflanzen vor Wetterschäden

<https://www.pv-magazine.com/2020/11/06/french-consortium-wants-to-mobilize-e1-billion-for-agrivoltaic-projects/>

Image: Sun'Agri/Sun'R



Dupraz et al. 2011

Bearbeitung mit konventionellen Geräten, 4m Höhe

Montpellier, Frankreich

Trends und Innovationen

Ackerbau, Straßkirchen



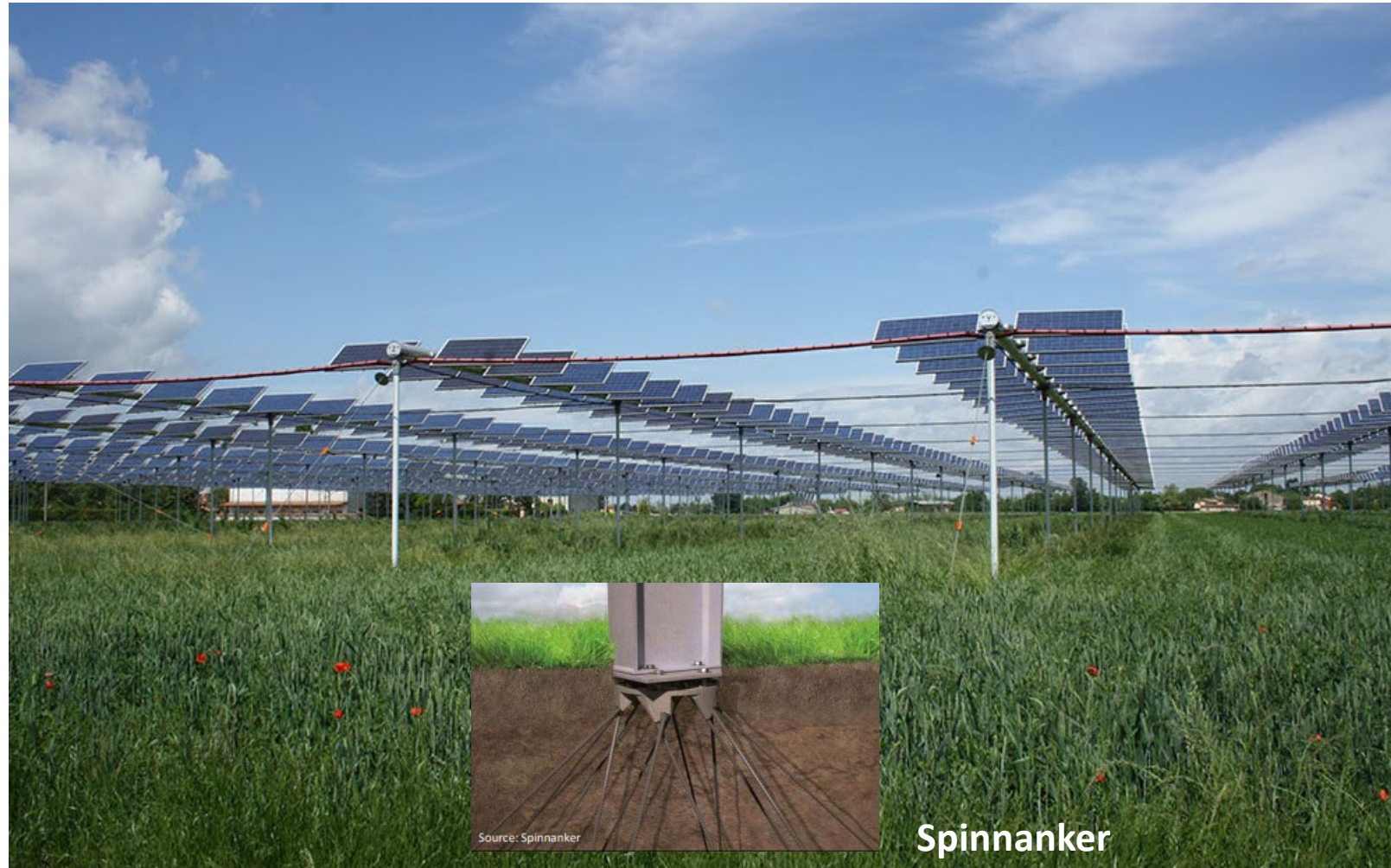
Drahtseilaufhängung



HyPERFarm – Straßkirchen; Firma Krinner Carport GmbH

- Kostenverringierung: bis zu **90%**
(Leitner 2020)
- Durchfahrtsbreiten 11- 15m
- **Abstand zwischen Pfeilern 25-40m**

Ackerbau, Italien



Spinnanker

Firma: REM tec



Intersolar Messe
München, 5-2022

Ackerbau, Frankreich



Foto: TSE

Firma: TSE



Image: Julien Bru Studio

- 5,5m Höhe, Abstand 27m L, 11m B
- 0,5% Flächenbelegung
- **160 km/h Windlast** tolerabel
- Raps, W-Gerste, Futterroggen, Mais, Hülsenfrüchte
- Temp. in APV mind. 1,2°C niedriger
- Boden 3,2°C kühler, feuchter (Juni, Aug.)
- **30% Wassereinsparung** erwartet



Ackerbau, Frankreich

Foto: TSE

Firma: TSE



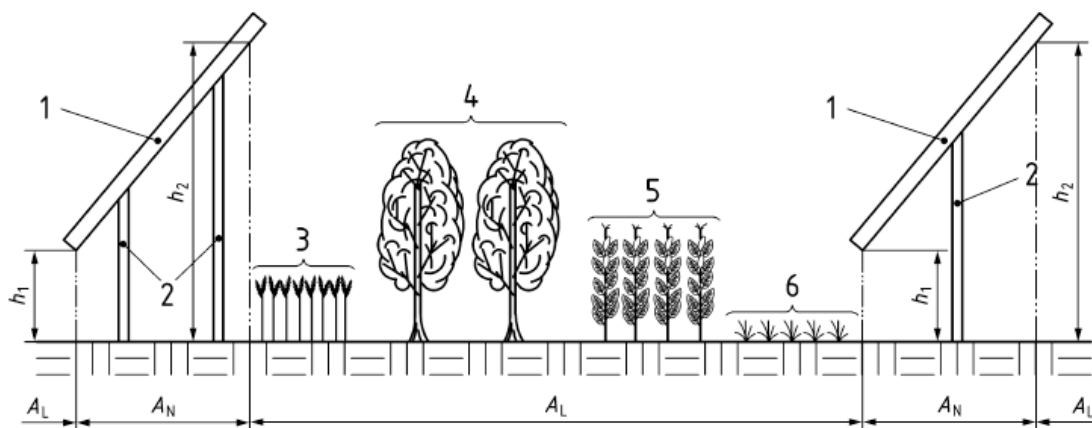
Image: Julien Bru Studio

- 5,5m Höhe, Abstand 27m L, 11m B
- 0,5% Flächenbelegung
- **160 km/h Windlast** tolerabel
- Raps, W-Gerste, Futterroggen, Mais, Hülsenfrüchte
- Temp. in APV mind. 1,2°C niedriger
- Boden 3,2°C kühler, feuchter (Juni, Aug.)
- **30% Wassereinsparung** erwartet

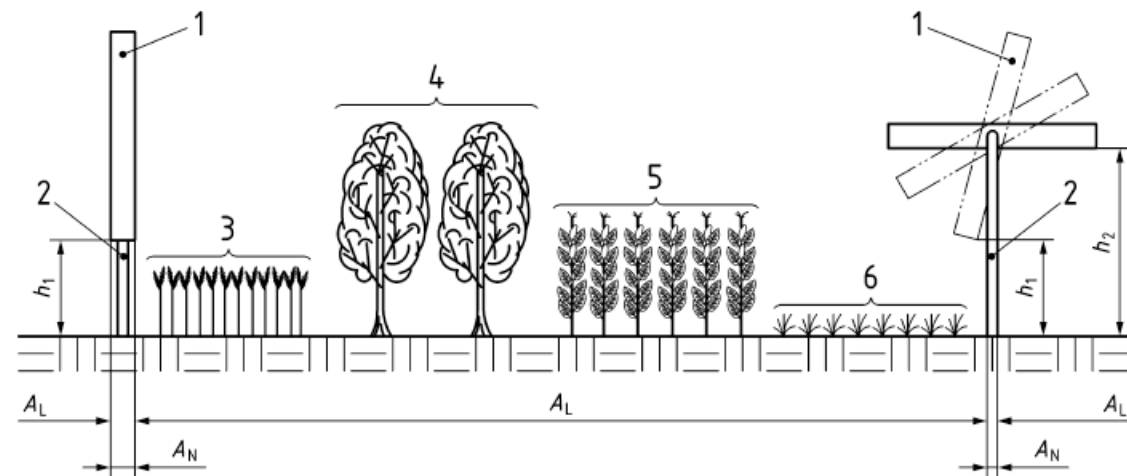
Agri-Photovoltaik DinSpec Kategorie II Bodennah 91434

Variante 1

DIN SPEC 91434:2021-05



Variante 2



Legende

- A_L landwirtschaftlich nutzbare Fläche
- A_N landwirtschaftlich nicht nutzbare Fläche
- h_1 lichte Höhe unter 2,10 m
- h_2 lichte Höhe über 2,10 m
- 1 Beispiele zu Solarmodulen
- 2 Aufständering
- 3 bis 6 Beispiele landwirtschaftlicher Kulturen

APV - Anbau zwischen PV Modulen



vertikal

Fotos: Fa. Next2Sun

<https://www.next2sun.de>



- Bifaziale Module, vertikal
- O-W-Ausrichtung
- **435-460 kWp/ha**
- Anbau Futterpflanzen, Getreide, Hülsenfrüchte...
- Firmen: Agrosolar, Next2Sun, etc.

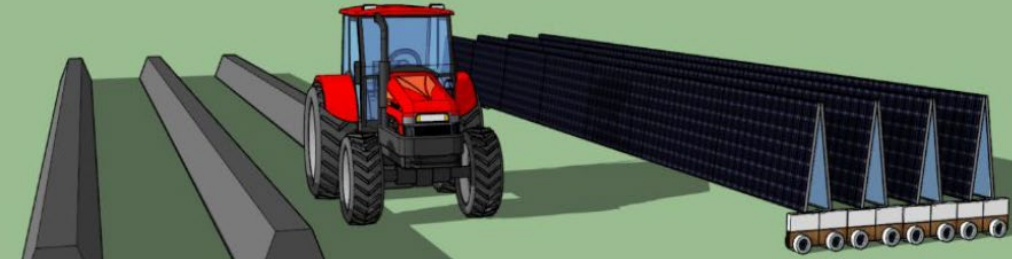
- Weniger Wind
- Mehr Bodenfeuchtigkeit

APV - Anbau zwischen / unter PV Modulen

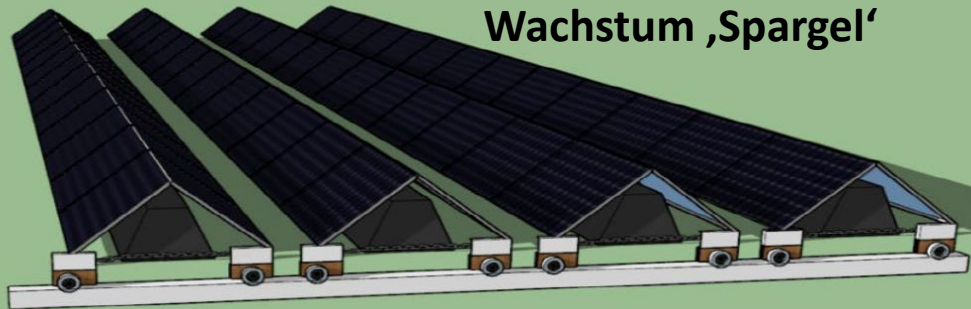
Nachgeführte Anlagen / Tracking

**Tracking:
30% höhere Stromerträge möglich**



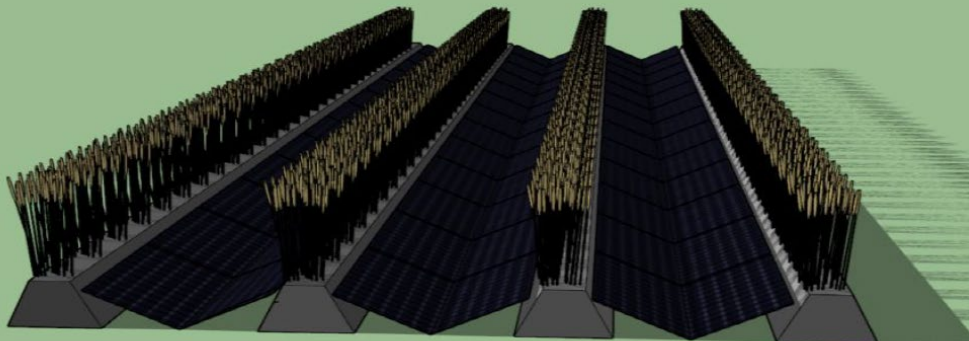


Bearbeitung



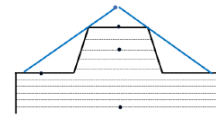
Wachstum ‚Spargel‘

Sommer



Results: Energy yield

Depends on each situation during the year



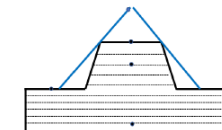
November – March

Tilt: 30°

Unshaded (E-W)

6kWp

780 kWh



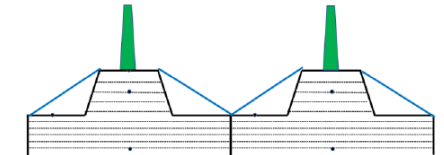
March – 24 June

Tilt: 45°

Unshaded (E-W)

6kWp

1820 kWh



24 June – November

Tilt 30°

Shaded

6kWp

790 kWh

470kWh/kWp/year

*In Belgium for 30° South (optimal)
configuration: roughly 1000kWh/kWp/year*

Variable Modulneigung

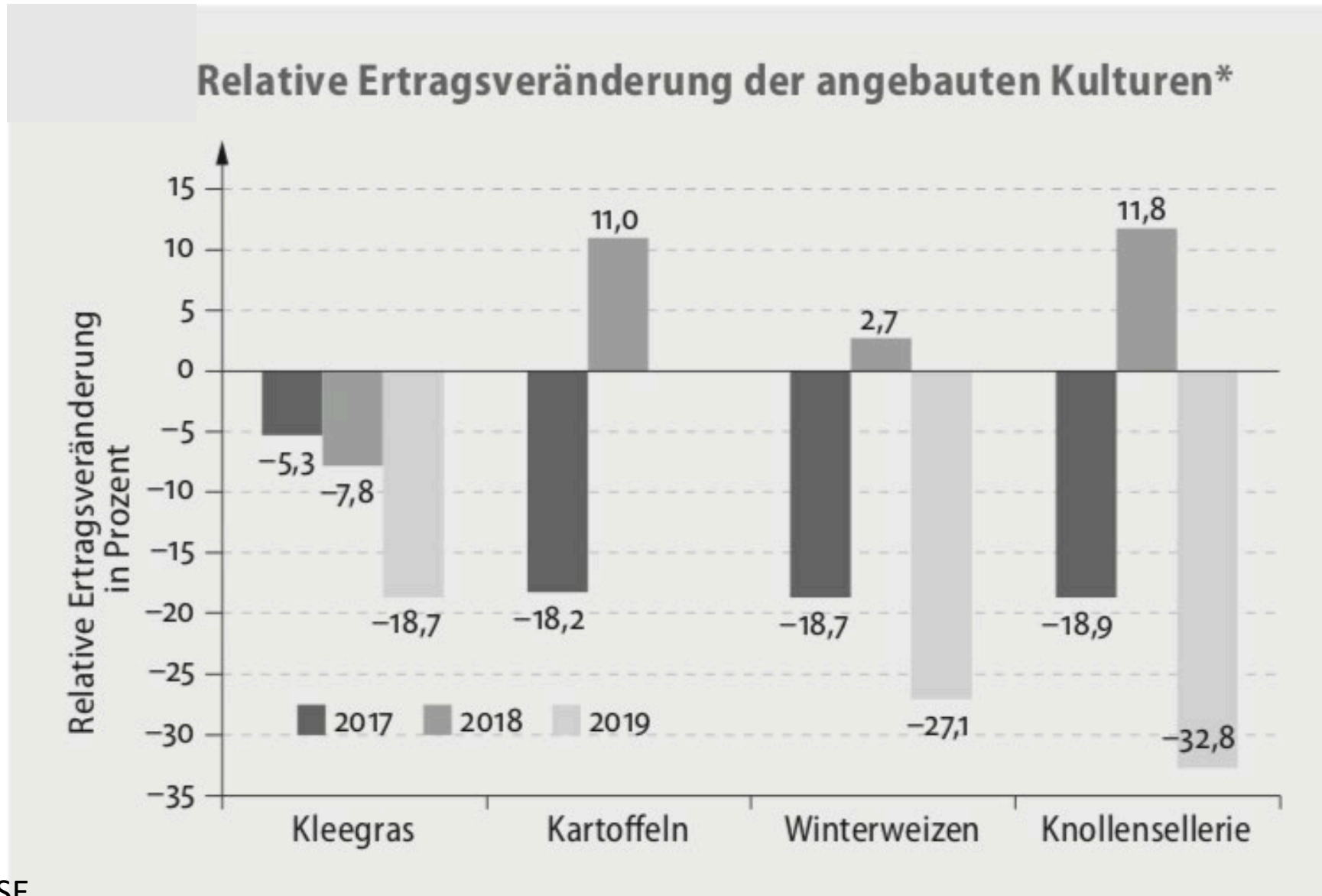
Spargel-Konzept

-Räder-basiertes Design

- In Wachstumszeit: Domstruktur auf Dämmen

- Positive Auswirkungen APV auf
 - Mikroklima
 - Ertrag (bei Stress)
 - Bodenfeuchte / -temp.
 - Erosion (Wind, Wasser)
- Pflanzeneignung

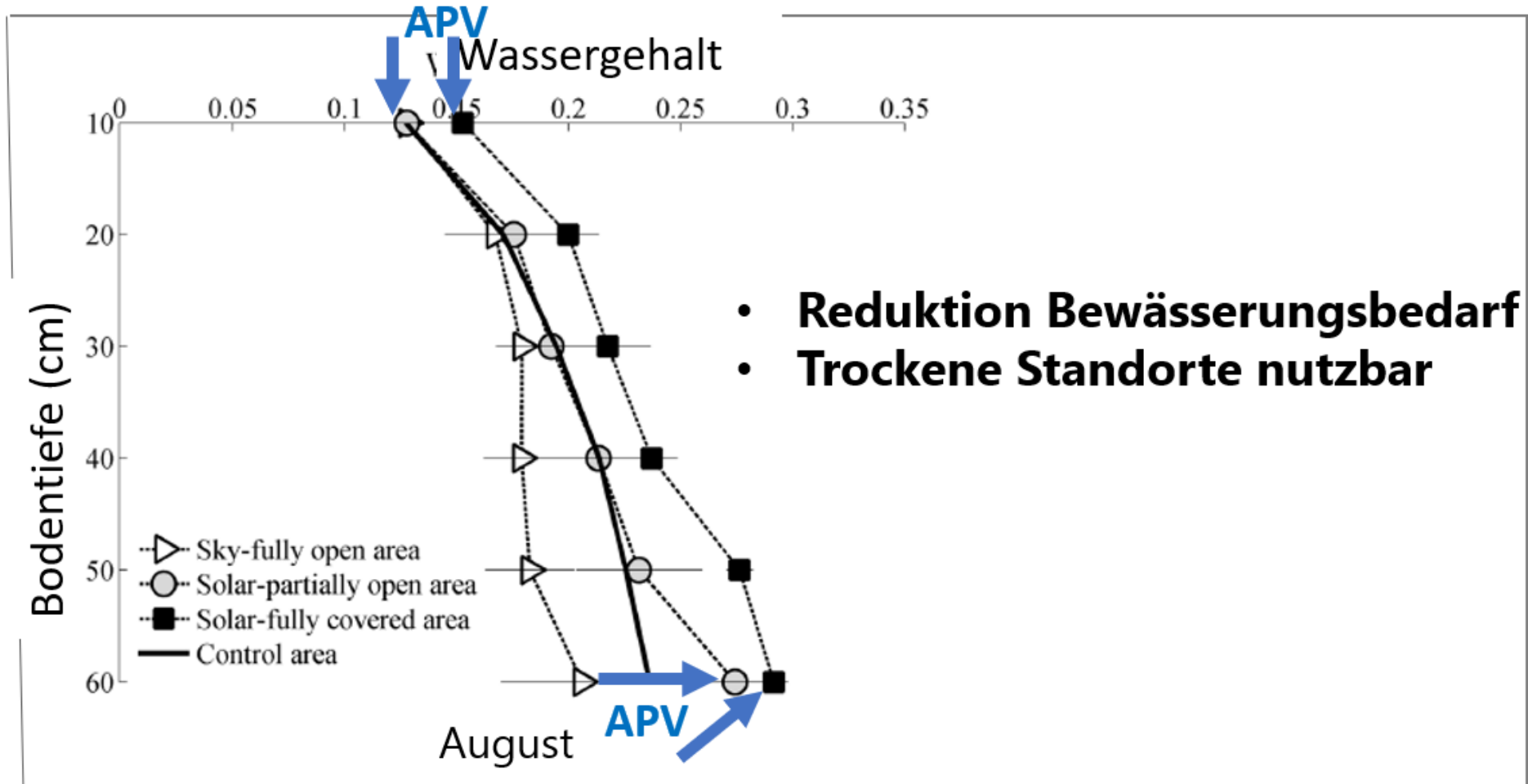
Mögliche Ertragsunterschiede: Kulturen unter APV / Referenzflächen



Heggelbach,
Baden-Württemberg

Auswirkungen der APV-Anlage auf das Mikroklima

Standortbezogene Bodenfeuchte steigt bei Trockenheit



Veränderung der Bodenfeuchte an verschiedenen Messpunkten unter der APV-Anlage und unter freiem Himmel in Abhängigkeit der Bodentiefe

(angepasst nach Adeg et al. 2018, S. 6)

Vorteile der APV für die Landwirtschaft

- **Höhere Erträge**

in Kartoffeln, Weizen, Tomate etc. besonders in trockenen Jahren & Gebieten

- Paprika Ertrag x 3 (in Arizona, Barron-Gafford et al. 2019)

- Kartoffel, Sellerie > +10% , Winterweizen +3% (in Germany, Trommsdorff, et al. 2020)

- Beeren +20% (in Germany, Karthaus, Germany 2021)

- Futteranbau (+90%), Qualität und Beweidung verbessert (Andrews et al. 2022, Picon-Cohard et al. agrivoltaics 2022)

Vorteile der APV für die Landwirtschaft

- **Ertragssteigerungen durch**

- niedrigere Temperatur = höhere Photosyntheseleistung bei Hitze (Barron-Gafford et al. 2019)
- weniger Hitzeschäden & Sonnenbrand
- weniger Schäden durch Starkregen, Hagel, Frost
- höhere Bodenfeuchtigkeit (Adeh et al. 2018)
- geringere Erosion

Vorteile der APV für die Landwirtschaft

- **Wasser**

- höhere Wassernutzungseffizienz, um 157% (in Arizona, Barron-Gafford et al. 2019),
um 328% in Weideland (Adeh et al. 2018)
- weniger Transpiration & Evaporation: **20-40% Einsparung bei Bewässerung** (BayWa r.e.), **27%** (remtec)
- Höhere Bodenfeuchte, niedrigere Bodentemperatur

Eignung von Kulturpflanzen für APV

Kulturen profitabel bei Stress*

Schattentolerante Kulturen



Quelle: <https://www.xing.com/events/klimaretter-photovoltaik-chance-agri-photovoltaik-agri-pv-3584945>

s. Studie Wydra et al. 2022
<https://www.fh-erfurt.de/fileadmin/Dokumente/Personen/LGF/Wydra/APV-Studie.pdf>

	Gerste	Weizen, Roggen, Triticale
	Feldgras, Dauergrünland	kleinkörnige Leguminosen
	Winterraps	Hanf
	Kartoffel, Knollensellerie	Zuckerrübe
	Mangold, Salat Gurke	Kohl**, Möhre, Rhabarber, Kürbis
	(Äpfel, Birnen), (Erdbeeren) Strauchbeeren (+Holunder)	Süß-/Sauerkirschen, Pflaumen u. Zwetschgen
	(Wein, Hopfen), Ginseng, Bärlauch, Pilze	Melisse, Pfefferminze

* Hitze, Trockenheit, Regen, Spätfröste, Hagel, Sturm; ** kein Brokkoli, Blumenkohl, Rosenkohl, bedingt Grünkohl
In Klammern: bedingt schattentolerant

APV
Grünland
Tierhaltung

Tierwohlgerechte Viehhaltung



SUNFARMING

- **Glas-Glas-Module:** höhere Lichtdurchlässigkeit
- Unterfahrbarkeit mit Kleintraktoren mit Arbeitsbreiten bis 3 m
- offene „Tierwohlanlage“ für Großvieh wie z.B. Rinder und Mutterkühe als Schattenspende und Wetterschutz
- bis max 1,1 MWp pro ha

Tierwohlgerechte Viehhaltung



Sunfarming

- Optimale Anlagenhöhe:
1,20 m auf 2,70 m
Mäh- & Mulchen mit
Anbaugeräten
Verhinderung von zu
frühem Krautbewuchs
- Geringerer Mäh Aufwand
- Ideal für Schafe, Hühner,
Kleintierhaltung
- mit 550 W Bifacial :
bis 1,25 MWp pro ha

Beispiele

Ausbau erneuerbarer Energien

Hühner unter Strom

Unten Landwirtschaft, drüber Solarenergie: Die Grünen wollen Agri-Photovoltaik-Anlagen fördern.

Brandenburgs größte Anlage ist in Steinhöfel geplant.



- **550 ha** - 500 Mw Strom
.....für mehr als 600.000 Haushalte
- Blühstreifen, Viehhaltung, Kräuter, Obst und Gemüse
- BMWK:
bis zu 0,2 Cent/kWh an die Kommune
= zusätzliche Einnahmen von **rund 1 Mio Euro** im Jahr

Extensiv oder intensiv: Unter Solaranlagen können auch Hühner füttern und Schafe weiden

Foto: SUNfarming GmbH Erkner

Klimaschutz

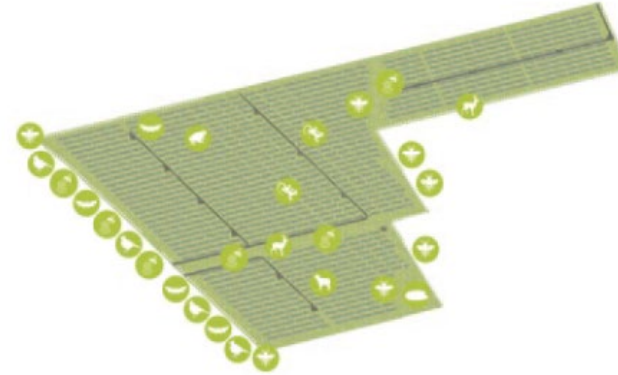
&

Klimaanpassung

&

Naturschutz/Biodiversität

Tierhaltung und Biodiversität



Klein Rheide - Habitat Osterhof – Ökologisches Flächenmanagement

- PV + Biodiversität + extensive Landwirtschaft
- 450 Pflanzenarten
- Wildtiere, Insekten, Amphibien, Fische....Biotop
- Korridore
- Zertifiziert: EG-ÖkoVerordnung 834/2007



PV-FFA und Naturschutz

- Von zahlreichen **Naturschutzorganisationen**, u.a. **DNR, WWF, DUH, NABU, German-watch, Greenpeace**, werden **Solaranlagen als Chance für Naturschutz, & als Erfordernis für den Klimaschutz** gesehen (Schünemann et al., 2021).
- **Bundesamt für Naturschutz**: neue Lebensräume, keine erhebl. negativen Auswirkungen
- PV-FFA mit bodennahen Modulen **stärkt** das europäisch-ökologische Netzwerk **Natura 2000**, kann verschiedene Aspekte der biologischen Vielfalt und der **Ökosystemleistungen verbessern** (Habitat-Richtlinie 92/43/EWG und Richtlinie 2009/147/EG).
- PV-FFA im Einklang mit neuer **Biodiversitätsstrategie für 2030** & gleichzeitige Erzeugung **Erneuerbarer Energien** (Win-Win-Lösung): Biodiversitäts-Solarparks

PV-FFA & Biodiversität - Insekten, Amphibien, Vögel, Säuger

- **75 Solarparks: Artenreichtum** erhöht sich in der Regel deutlich (SonneSammeln, 2022)
- **PV-FFA - auf 70 %–95 % des Bodens kann Biodiversität gefördert werden** (Esteves, 2016).
- PV-FFA nach Umwandlung von Acker in Grünland: **Biodiversität** nimmt grundsätzlich zu (BNE 2019)
- Beitrag zur Biodiversität vielfach belegt (Zürcher HAW im Auftrag des Bundesamts für Energie, Schweiz, Schlegel, 2021)
- PV-FFA: **Beispiel Insekten: mehr Bienen & Bestäuber** als auf konv. Lawi-Flächen
 - mehr **Heuschrecken, Tagfalter, Spinnen, Laufkäfer, seltene und bedrohte Arten** z.B. Zahnflügel-Bläuling (*Polyommatus daphnis*), Kleiner Schlehen-Zipfelfalter (*Satyrium acaciae*), Lilagold-Feuerfalter (*Lycaena hippothoe*), Wegerich-Scheckenfalter (*Melitaea cinxia*)
 - Hecken im Randbereich, «**Schmetterlingsgehölze**» Schwarzdorn, Rote Heckenkirsche, Kreuzdorn und Faulbaum (Raab, 2015) (Parker & McQueen 2013)

Mehrfachnutzungskonzept auf landwirtschaftlichen Flächen

Nachgeführte Solarmodule

Studie: Agri-PV mit Trackern fördert Landwirtschaft und Biodiversität

Die nachgeführten Anlagen erleichtern nicht nur die landwirtschaftliche Bewirtschaftung, sondern können auch die Artenvielfalt fördern.

21.04.2023



Die Simulation zeigt: Zwischen den Modulreihen ist eine landwirtschaftliche Bearbeitung möglich. (Bildquelle: EWS Sonnenfeld)

<https://www.topagrar.com/energie/news/studie-agri-pv-mit-trackern-foerdert-landwirtschaft-und-biodiversitaet-13363188.html>

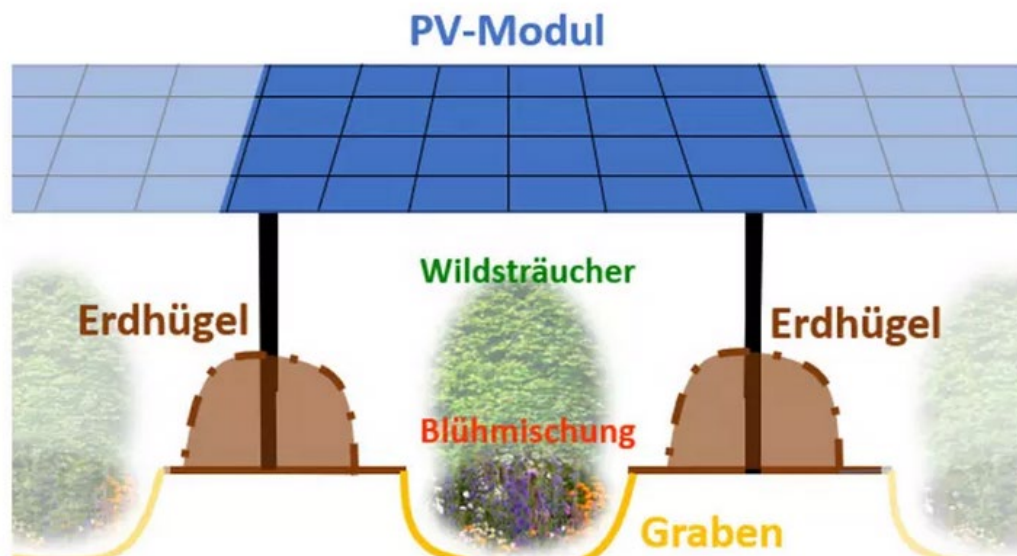
Module auf Blühstreifen

Photovoltaik, Artenschutz und Landwirtschaft auf einer Fläche

Bei dem System „Flower Power“ sollen streifenförmig angelegte Solaranlagen Erosionsschutz bieten, die Artenvielfalt erhöhen und gleichzeitig Strom liefern.

09.09.2020 von  Hinrich Neumann 

FH



So ist der Solarblühstreifen aufgebaut. (Bildquelle: Kormann/Goldbeck Solar)

z.B.

- Anbau **Feldfrüchte**, 40-50m Breite
- Dazwischen: 5m Streifen mit **PV-Modulen**
- Im Schatten der Module **Blühstreifen**, stets **feucht**, nimmt überschüssiges Wasser bei Starkregenereignissen auf
- Heimische Wildkräuter brechen den **Wind** und verlangsamen dadurch das Austrocknen des Ackerbodens.

https://www.solarserver.de/2021/06/01/agri-pv-solares-riesengewachshaus-laesst-beeren-wachsen/?utm_source=newsletter&utm_campaign=newsletter

Ergebnisse zu Naturverträglichkeit von PV-FFA und APV

- Positive Auswirkungen auf Schutzgüter: **Natur-** und **Wasserhaushalt, Biodiversität, Boden**
- Keine negativen Auswirkungen von PV-FFA festgestellt
- **Grünland:** Wassernutzungseffizienz ↑ 328%, Ertrag ↑ 90%, C-Speicherung ↑, zusätzl. Lebensräume für bedrohte Arten ↑
- Frage: was ist die Referenzfläche für APV Anlage?Mais, Raps.....
- Landwirtschaftsklausel (!) Privilegierung der Lawi im Naturschutzrecht besteht (!)
- Auflagen.....Blühstreifen, Gehölzhecken, Integration, etc.

Landschaftsästhetik...

Landschaftsästhetik



Beispiele

Hagelschutz-
netze



Quelle: BayWa r.e.

Landschaftsästhetik



Beispiele

Landschaftsästhetik....



Landschaftsästhetik

APV-Anlage (links), Hagelschutzfolie (Mitte) Hagelschutznetz (rechts)



Beispiel für die standortangepasste Gestaltung

Fotos: Lenz C., 2020



Visualisierung APV Anlage - grüne Module



Visualisierung APV Anlage - grüne Module

C



Landschaftsästhetik unserer Energieversorgung



Braunkohletagebau
Lützerath

Landschaftsästhetik unserer Energieversorgung



Braunkohletagebau
Lützerath

Landschaftsästhetik unserer Energieversorgung



Nahrungsmittel?
Biodiversität?

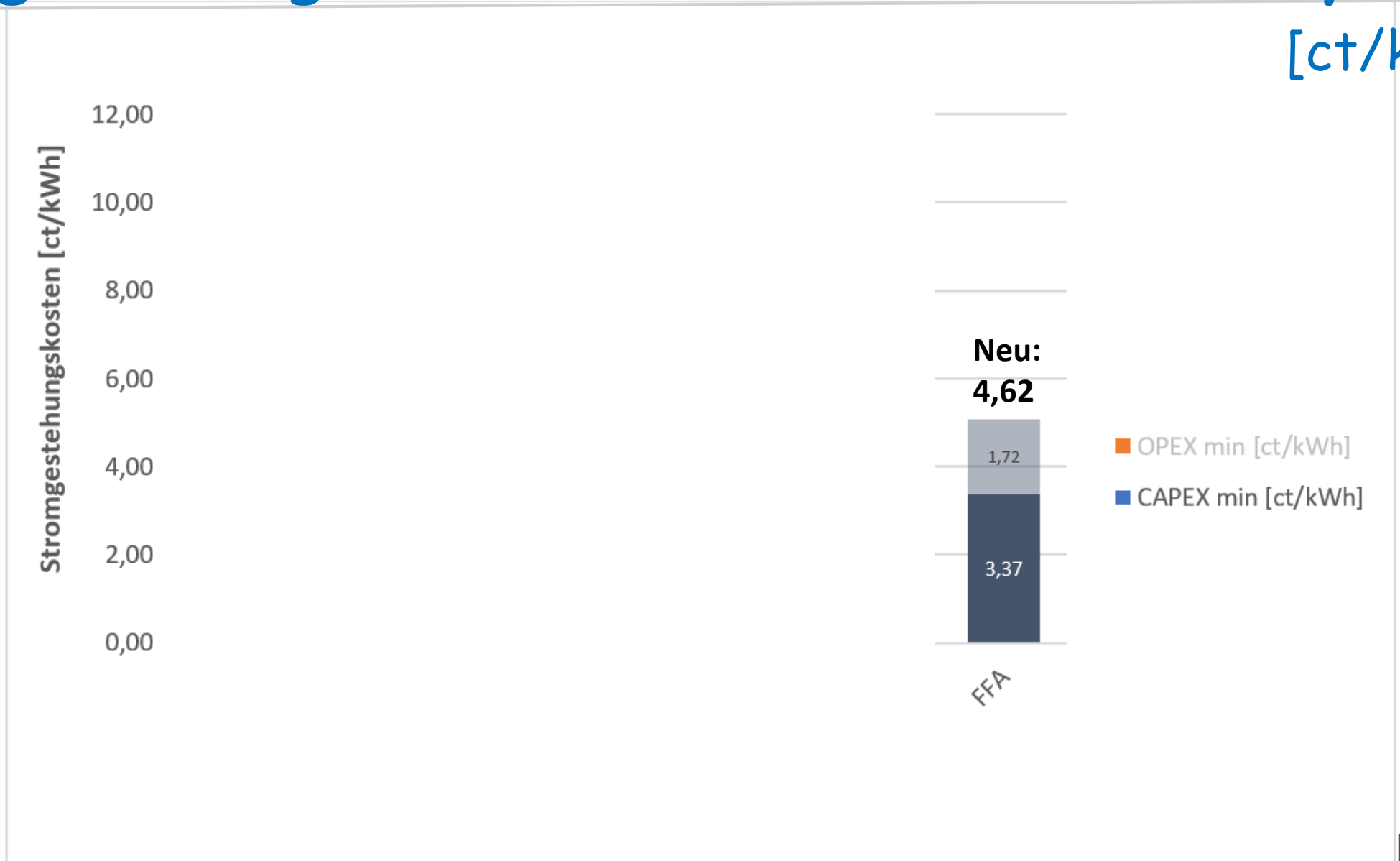
....179.400 ha

Braunkohletagebau
Lützerath

Wirtschaftlichkeit & Regelungen

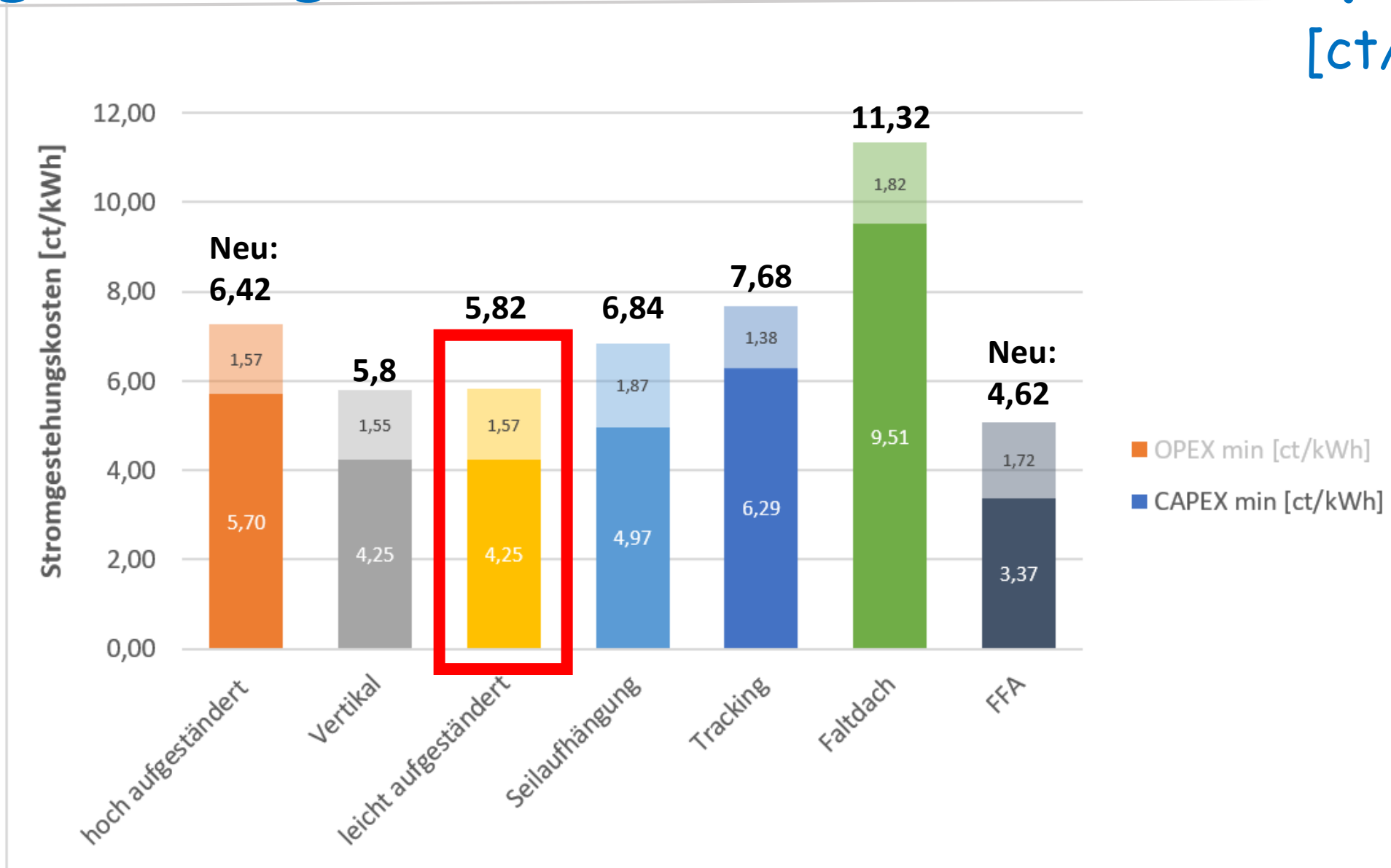
Stromgestehungskosten verschiedener APV-Systeme

[ct/kWh]



Stromgestehungskosten verschiedener APV-Systeme

[ct/kWh]



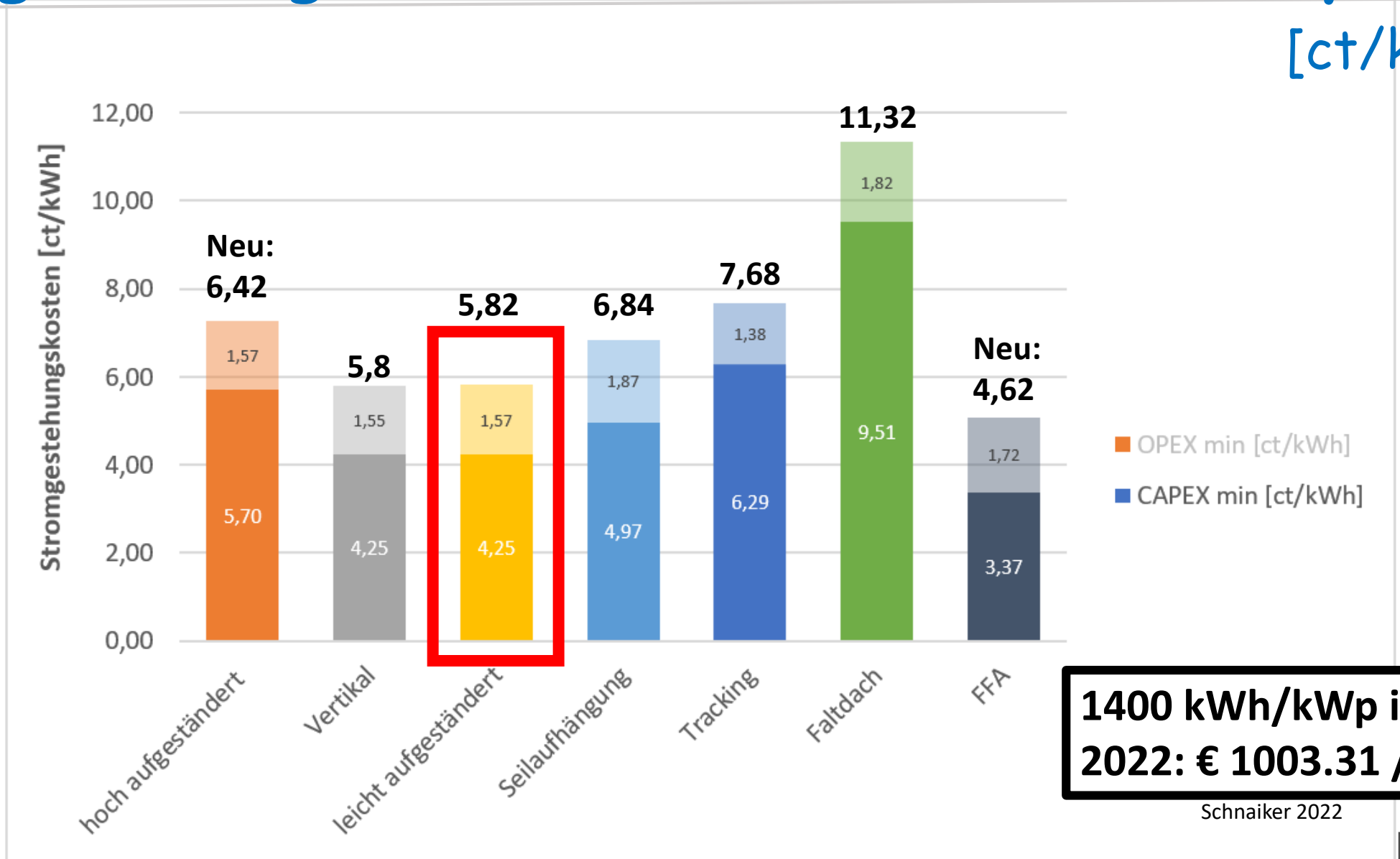
Vollmer&Wydra 2022

APV-Systeme und PV-FFA auf **1 ha** in Cent pro kWh

https://solarinput.de/wp-content/uploads/2022/05/APV-Studie_19052022_Final.pdf

Stromgestehungskosten verschiedener APV-Systeme

[ct/kWh]



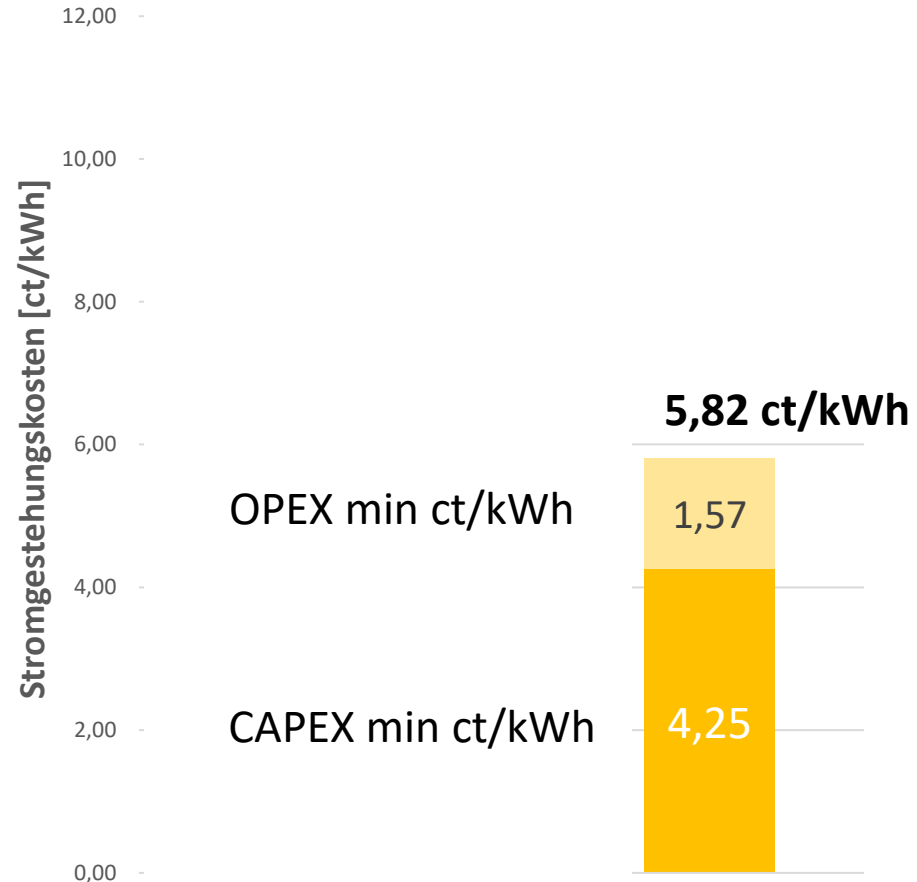
1400 kWh/kWp im Jahr
2022: € 1003.31 /kWp

Schnaiker 2022

Vollmer&Wydra 2022

APV-Systeme und PV-FFA auf **1 ha** in Cent pro kWh

Stromgestehungskosten leicht aufgeständerter APV-Systeme unter Idealbedingungen [ct/kWh]



leicht aufgeständert

Vollmer, Wydra 2022

Überschlagsmäßige Berechnung bei Minimal-Kosten:

1 ha

Leistung: 700 kWp

Investitionskosten: ca. 575.000 €/ha

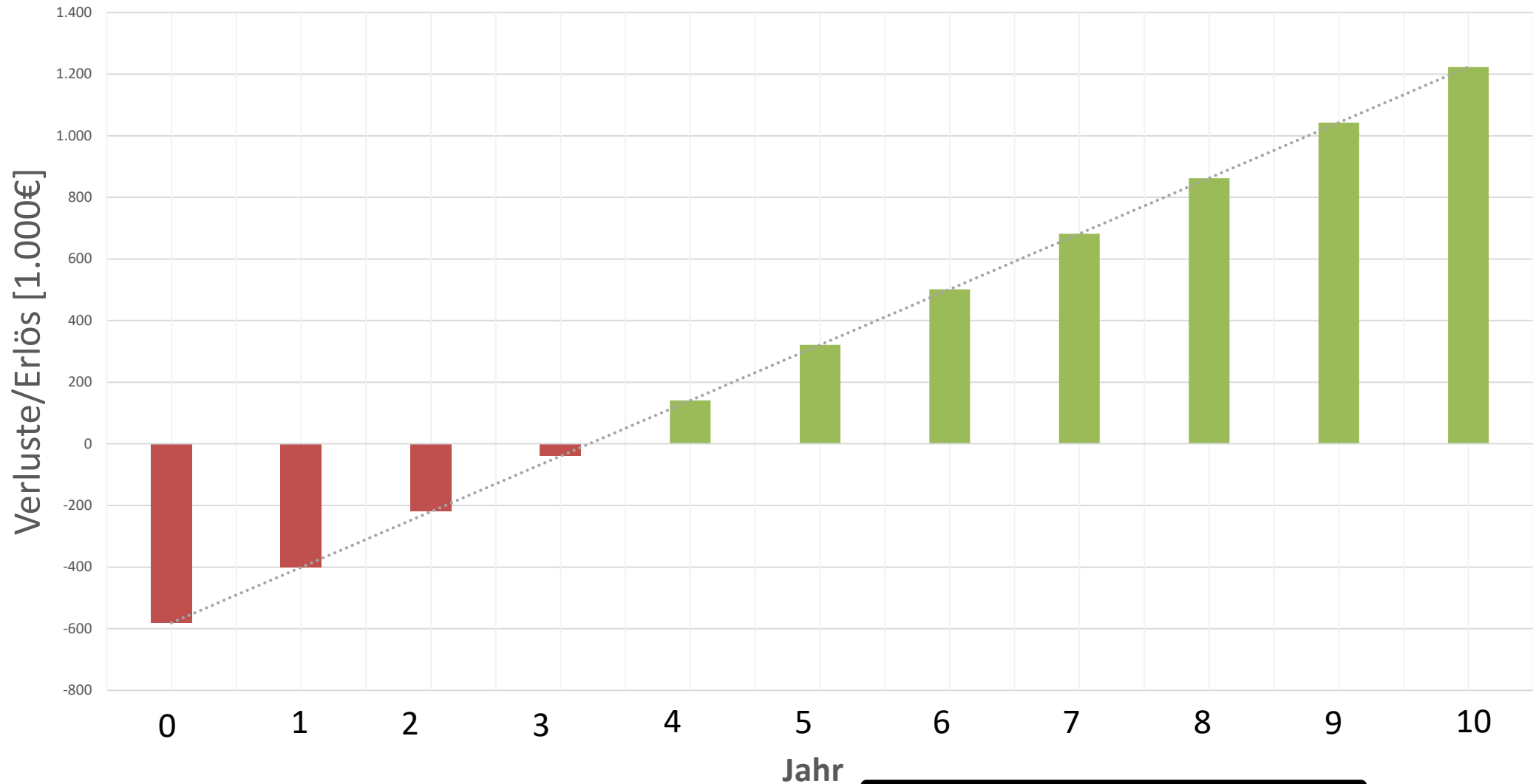
Jährliche Betriebskosten: 12.000 €/a

Stromertrag: 770 MWh/a

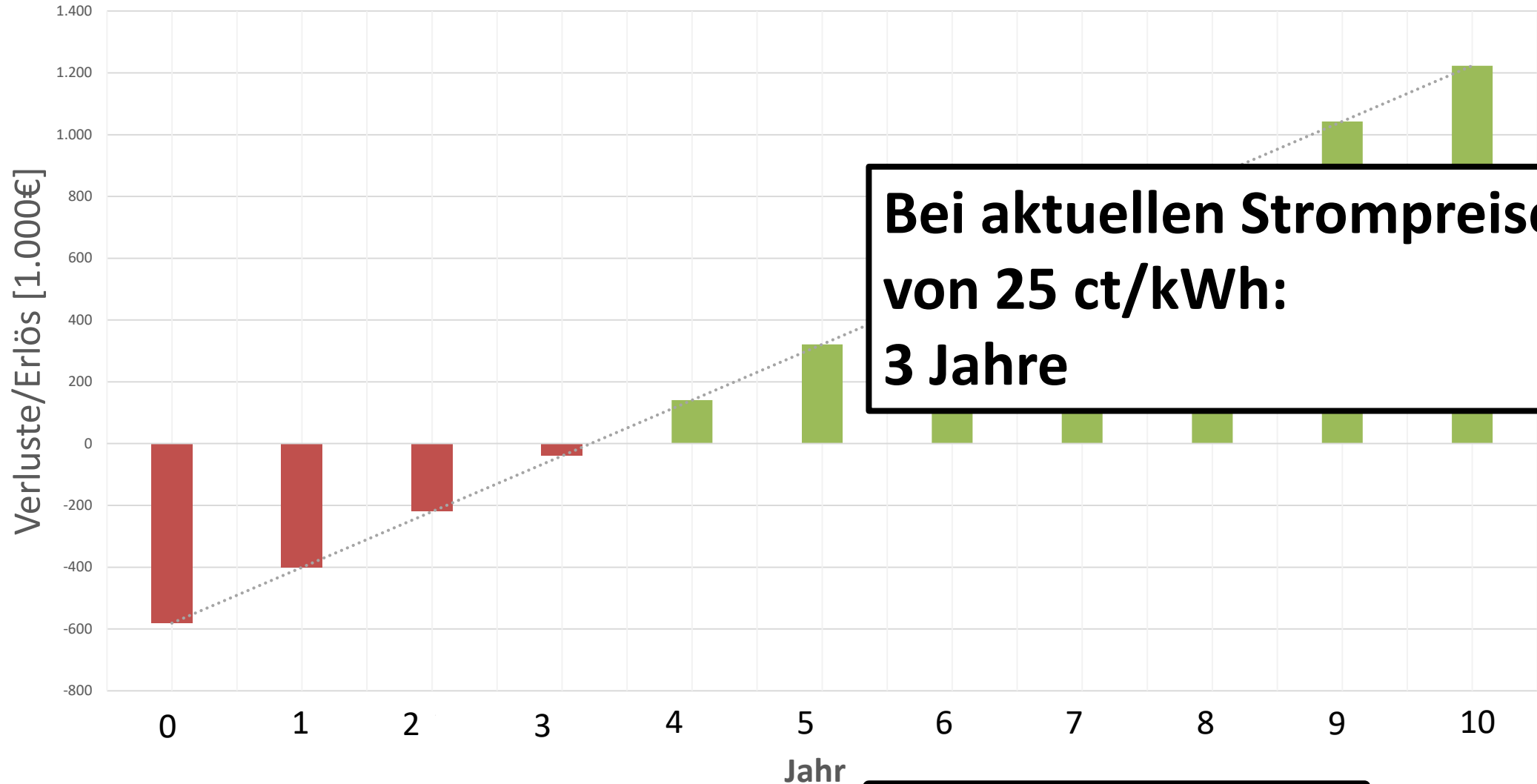
**Amortisationszeit:
5,54 Jahre bei Eigenverbrauch**

Ohne Ertrag aus Anbaukultur

Amortisationszeit einer modellhaften APV-Anlage (Idealbedingungen)



Amortisationszeit einer modellhaften APV-Anlage (Idealbedingungen)



**Bei aktuellen Strompreisen
von 25 ct/kWh:
3 Jahre**

Bei Eigenverbrauch des Stroms

Kostenvergleich von APV Systemen bezogen auf Fläche (ha)

	Hoch-aufgeständert	Vertikal	Leicht-aufgeständert	Seil	Tracking	Faltdach	PV-FFA
Leistung [kWp/ha]	600	395	700	530	875	530	1.000
Ertrag [MWh/ha]	660	435	770	489	1.150	502	1.100
Stromgestehungskosten [ct/kWh]	7,27	5,87	5,82	6,84	7,67	11,33	5,09
Investitionskosten [€/ha]	659.571	327.568	573.500	426.271	1.268.125	837.021	649.286
Betriebskosten [€/a]	10.344	6.810	12.068	9.137	15.873	9.137	18.920

Spezielle Bedingungen für leicht-aufgeständerte Anlagen s. Text

Einnahmen

Erlös

zB:

1400 kWh/kWp im Jahr

bei 700 kWp/ha

= 980.000 kWh/ha x a

Einnahmen

Erlös

zB:

1400 kWh/kWp im Jahr

bei 700 kWp/ha

= 980.000 kWh/ha x a

1 Mio kWh/ha x a

x 6ct/kWh

= 60.000 Euro/ha pro Jahr

Einnahmen

Erlös

zB:

1400 kWh/kWp im Jahr

bei 700 kWp/ha

= 980.000 kWh/ha x a

Einnahmen

Erlös

zB:

1400 kWh/kWp im Jahr

bei 700 kWp/ha

= 980.000 kWh/ha x a

1 Mio kWh/ha x a

x 6ct/kWh

= 60.000 Euro/ha pro Jahr

Eigenverbrauch:

x 15 ct/kWh

= 150.000 Euro/ha pro Jahr

x 25 ct/kWh

= 250.000 Euro/ha pro Jahr

Einnahmen

Erlös

zB:

1400 kWh/kWp im Jahr

bei 700 kWp/ha

= 980.000 kWh/ha x a

1 Mio kWh/ha x a

x 6ct/kWh

= 60.000 Euro/ha pro Jahr

Eigenverbrauch:

x 15 ct/kWh

= 150.000 Euro/ha pro Jahr

x 25 ct/kWh

= 250.000 Euro/ha pro Jahr

0,5 – 1,7 MWp / ha

ca. 1 GWh/ha x a

= 270-350 Haush.

Eckpunktepapier, BMWK, BMUV und BMEL zu Agri-PV und EEG 2023:

- Agri-PV-Anlagen sollen auf allen Ackerflächen grundsätzlich zulässig sein.
- Die Förderung mit **GAP-Mitteln** ist weiterhin möglich
wenn der **Verlust landwirtschaftlicher Fläche nur bis zu 15 %** beträgt
bei einem **Ertragsverlust** gegenüber einer Referenzfläche **bis zu 34%**

Eckpunktepapier, BMWK, BMUV und BMEL zu Agri-PV und EEG 2023:

- Agri-PV-Anlagen sollen auf allen Ackerflächen grundsätzlich zulässig sein.
- Die Förderung mit **GAP-Mitteln** ist weiterhin möglich wenn der **Verlust landwirtschaftlicher Fläche nur bis zu 15 %** beträgt bei einem **Ertragsverlust** gegenüber einer Referenzfläche **bis zu 34%**

• Einspeisetarife PV

- bis 10 kW: 12,5 ct/kWh
- bis 100 kW: 10,3 ct/kWh
- bis 400 kW: 8,5 ct/kWh
- bis 1 MW: 7,3 ct/kWh

• Bonus für APV > 1MW

2023	1,2 ct/kWh
2024	1,0 ct/kWh
2025	0,7 ct/kWh
2026-2028	0,5 ct/kWh

Eckpunktepapier, BMWK, BMUV und BMEL zu Agri-PV und EEG 2023:

- Agri-PV-Anlagen sollen auf allen Ackerflächen grundsätzlich zulässig sein.

- Die Förderung mit **GAP-Mitteln** ist weiterhin möglich
wenn der **Verlust landwirtschaftlicher Fläche nur bis zu 15 %** beträgt
bei einem **Ertragsverlust** gegenüber einer Referenzfläche **bis zu 34%**

• Einspeisetarife PV

- bis 10 kW: 12,5 ct/kWh
- bis 100 kW: 10,3 ct/kWh
- bis 400 kW: 8,5 ct/kWh
- bis 1 MW: 7,3 ct/kWh

- Bonus für APV > 1MW

2023	1,2 ct/kWh
2024	1,0 ct/kWh
2025	0,7 ct/kWh
2026-2028	0,5 ct/kWh

- Einspeisevergütung bei > 1MW über Ausschreibung – **EEG23: 5,9 ct/kWh + Bonus**
- Bonus für FFA auf wiedervernässten **Moorflächen**: 0,5ct/kWh

Eckpunktepapier, BMWK, BMUV und BMEL zu Agri-PV und EEG 2023:

- Agri-PV-Anlagen sollen auf allen Ackerflächen grundsätzlich zulässig sein.

- Die Förderung mit **GAP-Mitteln** ist weiterhin möglich wenn der **Verlust landwirtschaftlicher Fläche nur bis zu 15 %** beträgt bei einem **Ertragsverlust** gegenüber einer Referenzfläche **bis zu 34%**

• Einspeisetarife PV

- bis 10 kW: 12,5 ct/kWh
- bis 100 kW: 10,3 ct/kWh
- bis 400 kW: 8,5 ct/kWh
- bis 1 MW: 7,3 ct/kWh

- Bonus für APV > 1MW

2023	1,2 ct/kWh
2024	1,0 ct/kWh
2025	0,7 ct/kWh
2026-2028	0,5 ct/kWh

- Einspeisevergütung bei > 1MW über Ausschreibung – **EEG23: 5,9 ct/kWh + Bonus**
- Bonus für FFA auf wiedervernässten **Moorflächen**: 0,5ct/kWh
- Bei **anteiliger Eigenversorgung** und Einspeisung **ins öffentl. Stromnetz**: Marktpreis.....
- PPA: vorher – 5,5 ct/kWh, JETZT: 11,6 ct/kWh

Eckpunktepapier, BMWK, BMUV und BMEL zu Agri-PV und EEG 2023:

- Agri-PV-Anlagen sollen auf allen Ackerflächen grundsätzlich zulässig sein.

- Die Förderung mit **GAP-Mitteln** ist weiterhin möglich
wenn der **Verlust landwirtschaftlicher Fläche nur bis zu 15 %** beträgt
bei einem **Ertragsverlust** gegenüber einer Referenzfläche **bis zu 34%**

• Einspeisetarife PV

- bis 10 kW: 12,5 ct/kWh
- bis 100 kW: 10,3 ct/kWh
- bis 400 kW: 8,5 ct/kWh
- bis 1 MW: 7,3 ct/kWh

- Bonus für APV > 1MW

2023	1,2 ct/kWh
2024	1,0 ct/kWh
2025	0,7 ct/kWh
2026-2028	0,5 ct/kWh

- Einspeisevergütung bei > 1MW über Ausschreibung – **EEG23: 5,9 ct/kWh + Bonus**
- Bonus für FFA auf wiedervernässten **Moorflächen**: 0,5ct/kWh
- Bei **anteiliger Eigenversorgung** und Einspeisung **ins öffentl. Stromnetz**: Marktpreis.....
- **PPA: vorher – 5,5 ct/kWh, JETZT: 11,6 ct/kWh**

- vollständige **Zuordnung zum landwirtschaftlichen Betrieb**:
Fläche = Grundsteuer A, erbschaftsteuerlichen Begünstigungen erhalten

Kabinett: April 2023

Privilegierung:

Anlagen **bis 2,5 ha ohne B-Plan**

wenn räumlich-funktionaler Zusammenhang zu
landwirtschaftl. oder gartenbaul. Betrieb

Einnahmesituation der Landwirt*innen

(1)APV

**Flächenpacht APV: 3 500 – 4 000 - ...€ pro Jahr/ha.....(Mais, Weizen.....1000-2500 €
oder höher bei Obst, Spargel)**

Einspeisevergütung

Selbstinvestition: ca. 8Ct/kWh (Einspeisung und APV-Bonus)

Einnahmesituation der Landwirt*innen

(1) APV

Flächenpacht APV: 3 500 – 4 000 - ...€ pro Jahr/ha.....(Mais, Weizen.....1000-2500 €
oder höher bei Obst, Spargel)

Einspeisevergütung

Selbstinvestition: ca. 8Ct/KWh (Einspeisung und APV-Bonus)

(2) Neue Eco –Scheme-Regelungen:

GLÖZ (guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand):

GLÖZ 8 - Stilllegung von 4 % Ackerfläche – für Biodiversität, Fläche bleibt lw. Nutzfläche

- Bis zu 10% kann stillgelegt werden:

4% = Pflicht, 5. % = 1 300 Euro, 6. % = 500 Euro, 7 -10. % = 300 Euro

Einnahmesituation der Landwirt*innen

(1) APV

Flächenpacht APV: 3 500 – 4 000 - ...€ pro Jahr/ha.....(Mais, Weizen.....1000-2500 €
oder höher bei Obst, Spargel)

Einspeisevergütung

Selbstinvestition: ca. 8Ct/KWh (Einspeisung und APV-Bonus)

(2) Neue Eco –Scheme-Regelungen:

GLÖZ (guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand):

GLÖZ 8 - Stilllegung von 4 % Ackerfläche – für Biodiversität, Fläche bleibt lw. Nutzfläche

- Bis zu 10% kann stillgelegt werden:

4% = Pflicht, 5. % = 1 300 Euro, 6. % = 500 Euro, 7 -10. % = 300 Euro

GLÖZ 1 - Erhalt des Dauergrünlands

GLÖZ 2 - Schutz von Feuchtgebieten, GLÖZ 5: BodenbearbeitungErosion...

GLÖZ 6: Keine kahlen Böden über Winter

Einnahmesituation der Landwirt*innen

(1) APV

Flächenpacht APV: 3 500 – 4 000 - ...€ pro Jahr/ha.....(Mais, Weizen.....1000-2500 €
oder höher bei Obst, Spargel)

Einspeisevergütung

Selbstinvestition: ca. 8Ct/KWh (Einspeisung und APV-Bonus)

(2) Neue Eco –Scheme-Regelungen:

GLÖZ (guter landwirtschaftlicher und ökologischer Zustand):

GLÖZ 8 - Stilllegung von 4 % Ackerfläche – für Biodiversität, Fläche bleibt lw. Nutzfläche
- Bis zu 10% kann stillgelegt werden:

4% = Pflicht, 5. % = 1 300 Euro, 6. % = 500 Euro, 7 -10. % = 300 Euro

GLÖZ 1 - Erhalt des Dauergrünlands

GLÖZ 2 - Schutz von Feuchtgebieten, GLÖZ 5: BodenbearbeitungErosion...

GLÖZ 6: Keine kahlen Böden über Winter

(3) Direktzahlungsprämie (GAP)

Flächenbedarf

Stromerzeugung auf der Fläche: Vergleich Energiepflanzen / APV

Stromerzeugung (Nennleistung Energie)

1 ha Silomais
1 ha APV

0,19 MWp/ha
0,700 MWp

Wirkungsgrad (Strahlung): 0,2%
16-18 %

Faktor 32

Biokraftstoffen

1 ha Raps
1 ha APV

PKW (Diesel-Motor, 5,5 l Biodiesel/100 km)
E-Auto

32.000 km
3.750.000 km

Faktor 116

(FNR, 2020
Fraunhofer ISE 2021)

Flächenbedarf APV in D

Ausbauziel PV in D 2030: 132 GW

Ausbauziel PV in D 2040: max 500 GW = aktuell 70 GW
+ 50% Dach/Parkplatz etc (215 GW)
+ 50% FFA-PV (215 GW)

Flächenbedarf APV in D

Ausbauziel PV in D 2030: 132 GW

Ausbauziel PV in D 2040: max 500 GW = aktuell 70 GW
+ 50% Dach/Parkplatz etc (215 GW)
+ 50% FFA-PV (215 GW)

als rein APV: ca. 350.000 ha = 2% der LNF

....(1% der LNF)

Flächenbedarf APV in D

Ausbauziel PV in D 2030: 132 GW

Ausbauziel PV in D 2040: max 500 GW = aktuell 70 GW
+ 50% Dach/Parkplatz etc (215 GW)
+ 50% FFA-PV (215 GW)

als rein APV: ca. 350.000 ha = 2% der LNF

....(1% der LNF)

Heimsath,
Fraunhofer ISE

Energiepflanzen in D: 2,2-2,5 Mio ha.....Biokraftstoff: 740.000 ha

Braunkohletagebau in D: 179.400 ha

(= 3x Bodensee)

Flächenbedarf (A)PV in D

Geplant: FFA-PV: 11 GW/Jahr

= **0,6%** der Fläche der Energiepflanzen (14.000 ha)

Flächenbedarf (A)PV in D

Geplant: FFA-PV: 11 GW/Jahr

= 0,6% der Fläche der Energiepflanzen (14.000 ha)

Mit FFA-PV auf der Fläche des Biokraftstoff-Anbaus: 590 GWp

= Gesamter Stromverbrauch von D pro Jahr: 590 TWh

Sozioökonomische Aspekte

Vorteile für Kommunen und Bürger*innen

Gewerbesteuer

- 90% der Gewerbesteuereinnahmen bleiben in der Gemeinde (Sitz der Betreibergesellschaft)

Gemeindebeteiligung

- Gemäß §6 EEG ist finanzielle Beteiligung bis zu 0,2ct pro kWh der Gemeinde zulässig

Unterstützung regionaler Akteur*innen

- Landwirt*innen, Flächeneigentümer*innen, BEG,Bürgerstromtarif....

Mehrwert für Natur & Region

- Blüh- und Schutzstreifen für seltene Pflanzen, Lebensraum für Insekten, Vögel, Wild..., Erosionsschutz, Wassermanagement

Partizipation

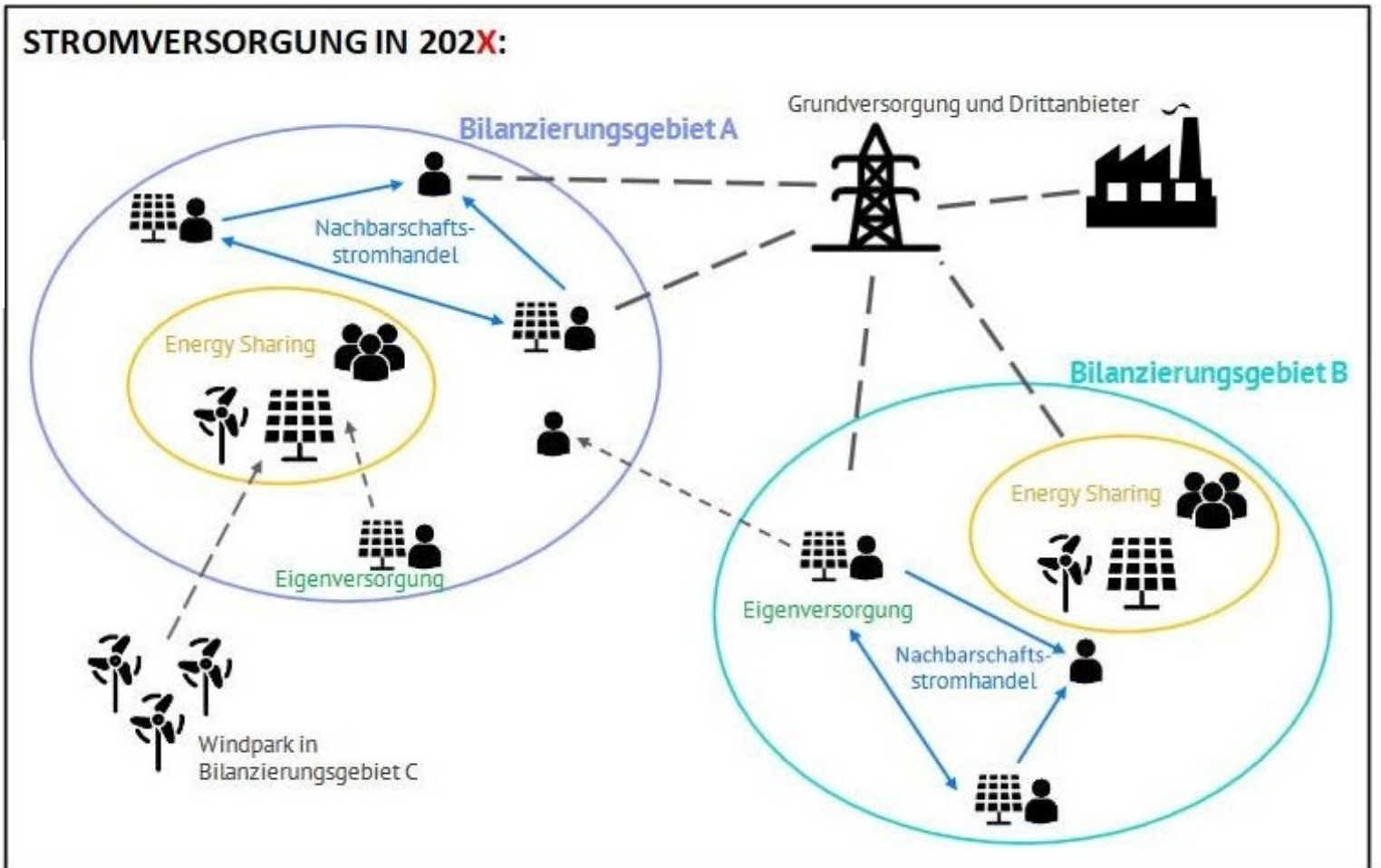
Bürger*innen, Kommunen, Landwirt*innen, Energieversorger...

Energiegemeinschaften als Schlüssel der Energiewende



Dezentrale Netze werden für einen Zusammenschluss vieler Prosumer zu einer Energiegemeinschaft benötigt.

Foto: Unsplash



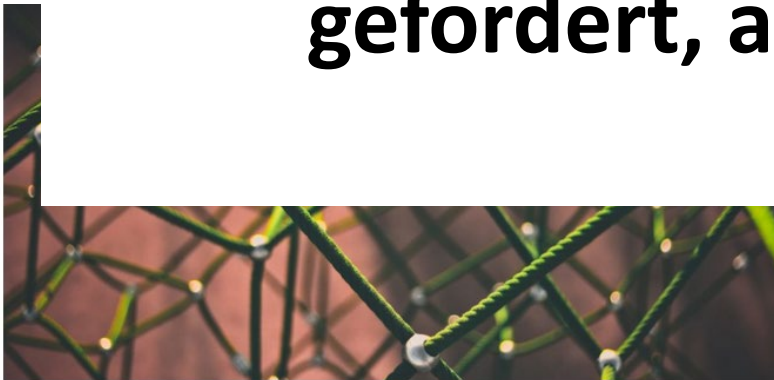
Partizipation

Bürger*innen, Kommunen, Landwirt*innen, Energieversorger...

Energiegemeinschaften als Schlüssel der Energiewende

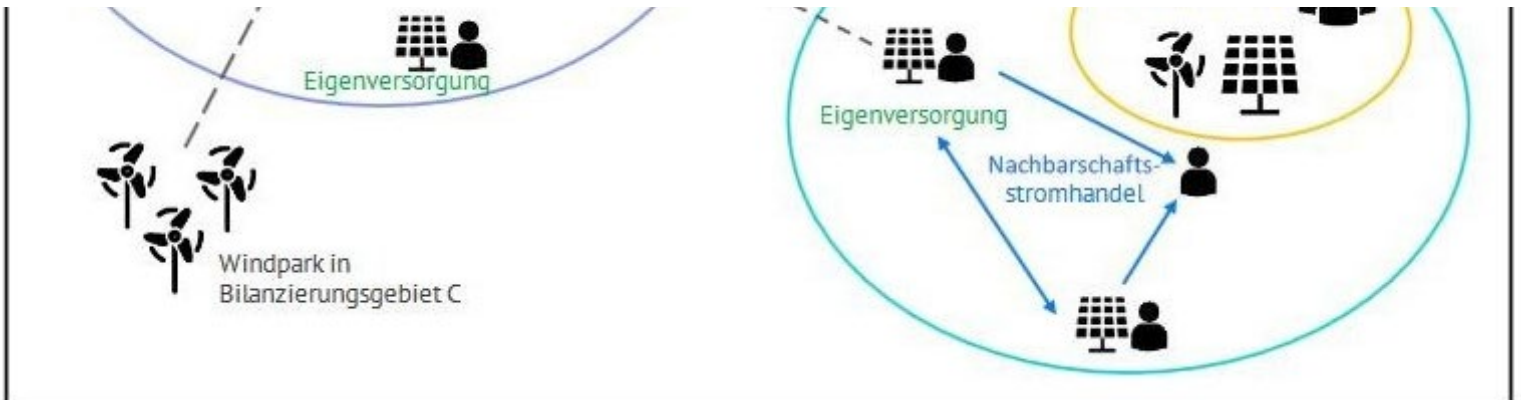


Beteiligungsmodell „Energiegemeinschaft“ von EU gefordert, aber von D nicht eingerichtet, und“nicht geplant“!



Dezentrale Netze werden für einen Zusammenschluss vieler Prosumer zu einer Energiegemeinschaft benötigt.

Foto: Unsplash



Geschäftsmodelle & Beteiligte

Geschäftsmodell	Bereitstellung Fläche	Landwirtschaftl. Bewirtschaftung	Bereitstellung PV-System	Betrieb PV System
------------------------	----------------------------------	---	-------------------------------------	--------------------------

Geschäftsmodelle & Beteiligte

Geschäftsmodell	Bereitstellung Fläche	Landwirtschaftl. Bewirtschaftung	Bereitstellung PV-System	Betrieb PV System
1. Ein Partner*in	Landwirtschaftsbetrieb			
2. Landeigentümer*in extern	Landeigentümer	Landwirtschaftsbetrieb		
3. PV-Investor*in extern	Landwirtschaftsbetrieb		PV-Investor*in	Landwirtschaftsbetrieb
4. Bewirtschaftung, PV-Betrieb	Landeigentümer	Landwirtschaftsbetrieb	PV-Investor*in	Landwirtschaftsbetrieb
5. Flächen-Bewirtschaftung	Landeigentümer	Landwirtschaftsbetrieb	PV-Investor*in	PV-Betreiber



BEG, Beteiligung Bürger*innen (Anteile etc.), Stadtwerke...



Kommune

Forderungen...

- **Bonus für APV nicht ausreichend, bes. Erhöhung f. kleine Anlagen, EEG-Förderung für Eigenverbrauch**
- **Keine Naturschutzgutachten für landwirts. Flächen außer in def. NS-Gebieten (zB 0,2% in Thüringen)**
- **APV = Privilegierung als der „Landwirtschaft dienende Funktion“**
- **Deshalb: vereinfachte, standardisierte Genehmigungsverfahren (...Spargelfolie..)**
- **keine Umweltgutachten, keine Einzelfallprüfung für APV**

Forderungen....

- **Definierte AuflagenLeitlinie "gute APV-Praxis"**
- **Keine Genehmigungsverfahren und keine Deckelung für APV < 20 ha**
- **Entscheidung für Schutz der Kulturen (APV) liegt bei Landwirt*in**

Forderungen....

- **Definierte AuflagenLeitlinie "gute APV-Praxis"**
- **Keine Genehmigungsverfahren und keine Deckelung für APV ...< 20 ha**
- **Entscheidung für Schutz der Kulturen (APV) liegt bei Landwirt*in**
- **Unterstützung insbes. bäuerlicher Betriebe bei **Investitionen** (Landw. Rentenbank, zinslose Kredite)**
- **Vorrangige **Beteiligungsmöglichkeiten** für Landwirt*innen, Bürger*innen, Kommunen.....**
- **Durchgesetzte **Verpflichtung** der Netzbetreiber zur **Netzanbindung (!)****



Dupraz et al. 2011



Vielen Dank!

Studie: Potential der Agri-Photovoltaik in Thüringen

- Politisches Umfeld
- Stand der Technik
- Naturverträglichkeit
- Anbauoptionen
- Rechtliche Rahmenbedingungen
- Wirtschaftlichkeit
- Handlungsempfehlungen an Politik

gefördert durch:



[SolarInput – Solar Energie weiter Denken](https://solarinput.de)

<https://solarinput.de>