

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



(NCSL, 2020)

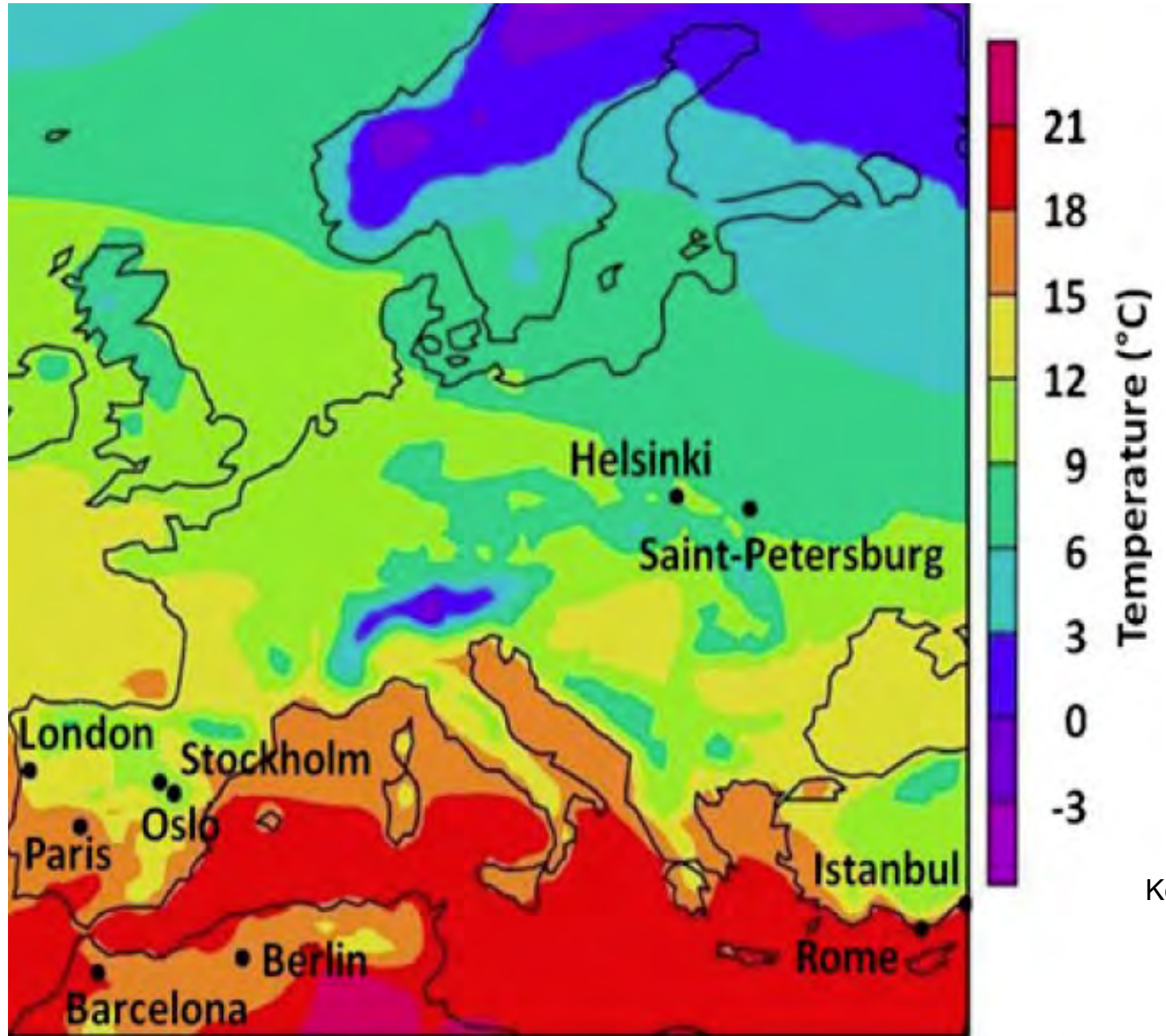


Fa. Brite Solar, Griechenland

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

Kopf et al 2008

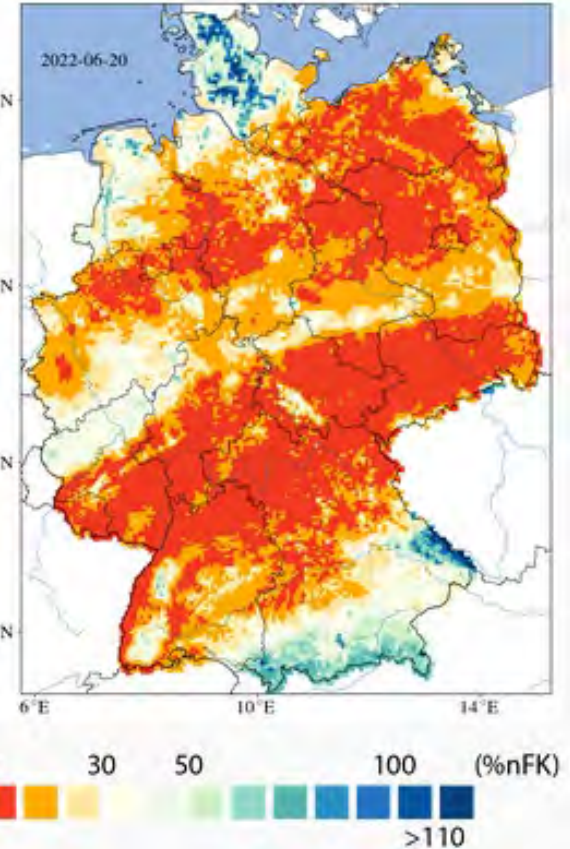
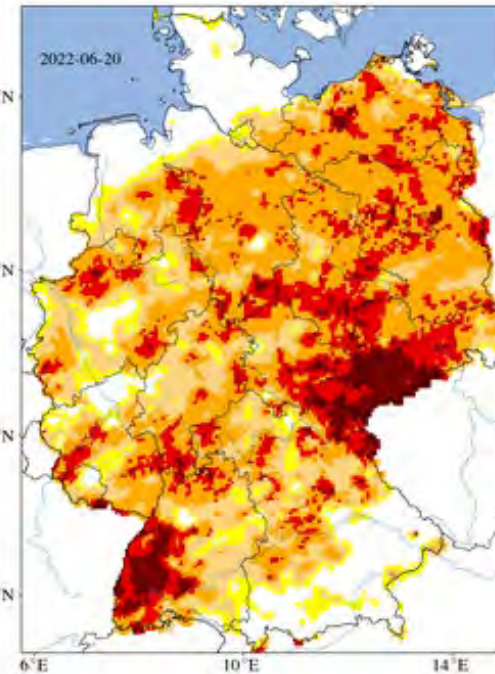
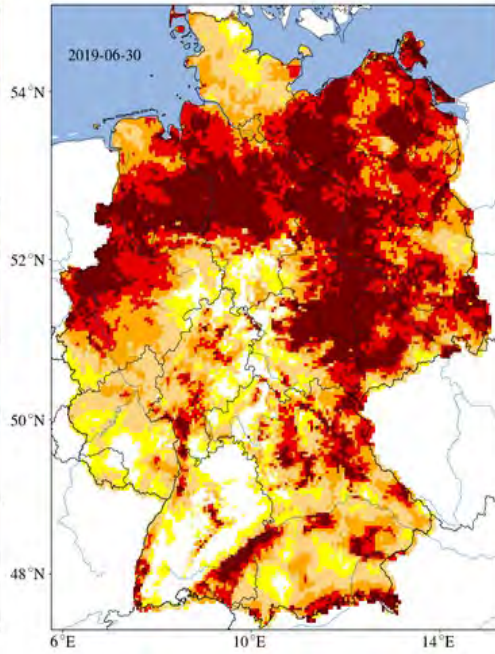
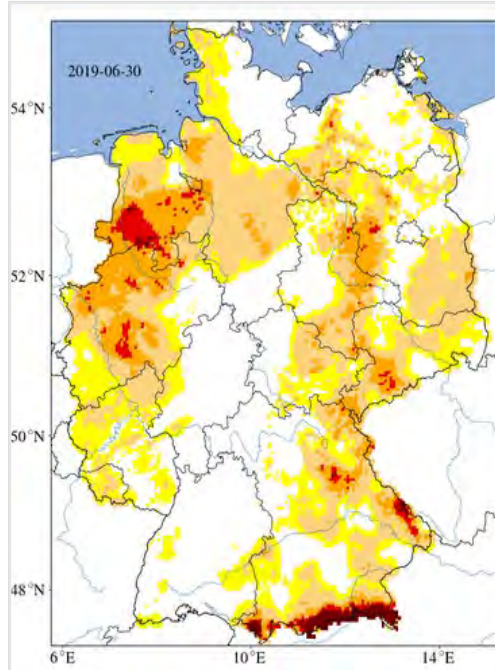
Dürremonitor Boden

Pflanzenverfügbares Wasser

Oberboden bis 25 cm

Gesamtboden bis 1,8 m

Oberboden bis 25 cm



30.6. 2019

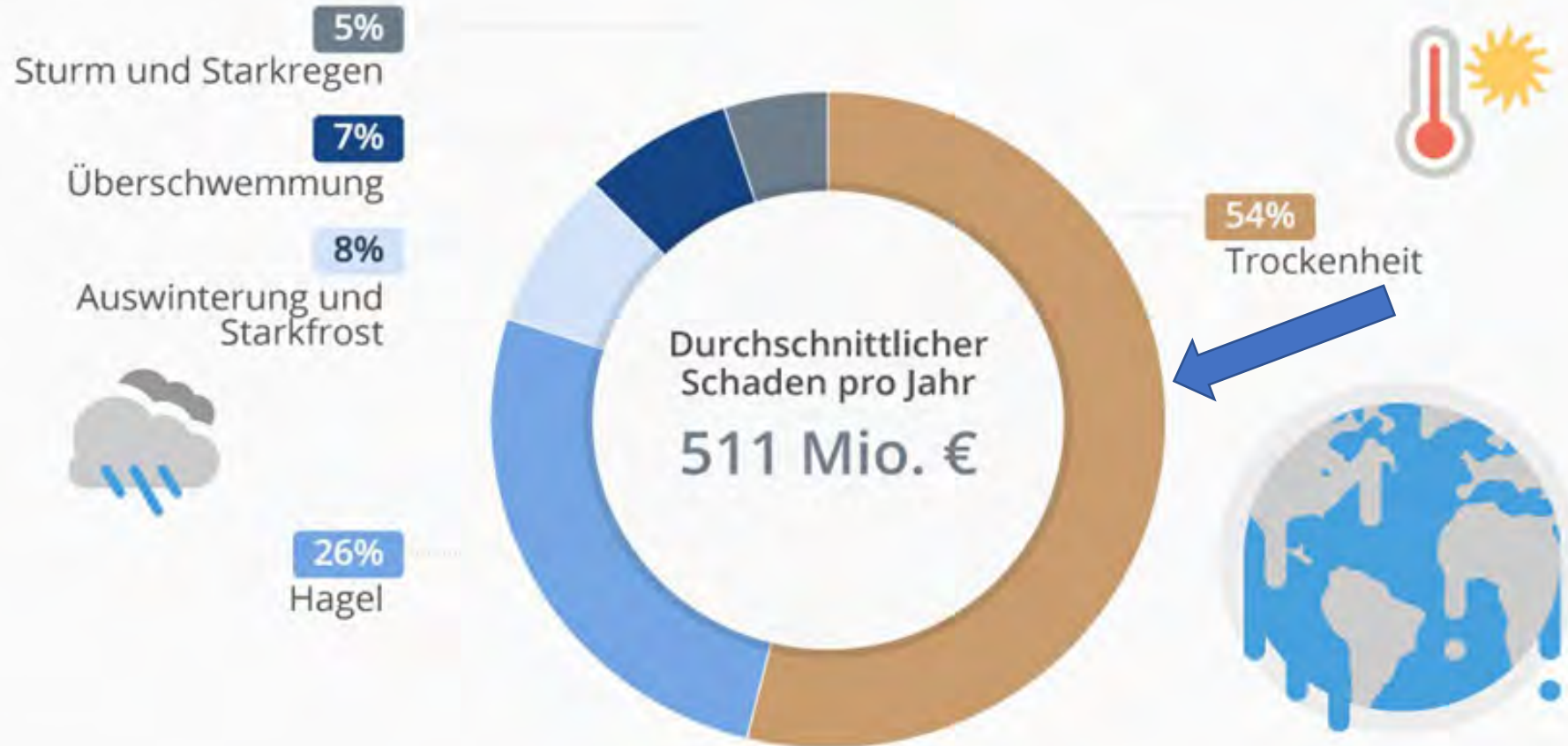
■ außergewöhnliche Dürre ■ schwere Dürre
■ extreme Dürre ■ moderate Dürre
■ ungewöhnlich trocken

22.6.2022

0 30 50 100 >110 (%nFK)

Ernteschäden durch Wetterextreme in D

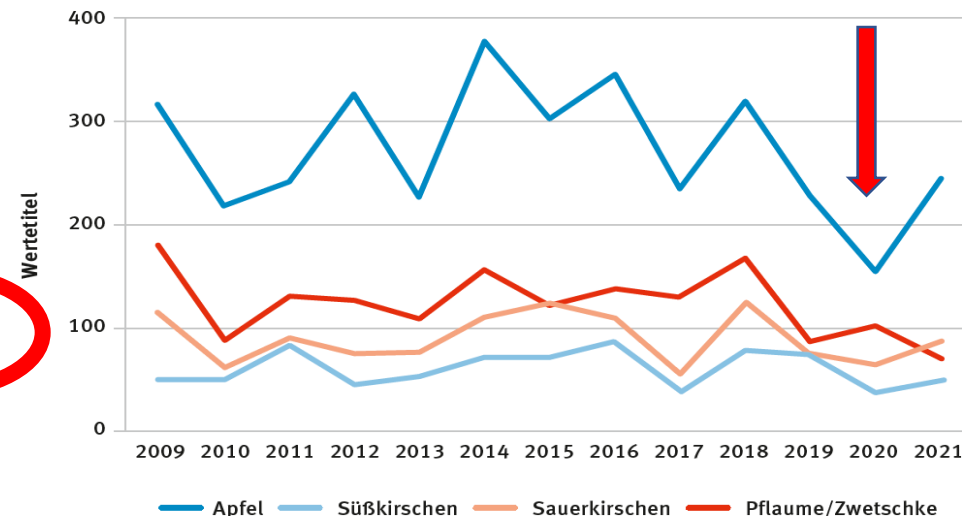
Schadenaufwand in der Landwirtschaft durch Wetterextreme in Deutschland 1990-2013



Ernteschwankungen und -Verluste in Thüringen

Obst	Ertrag 2020	Ertrag 2021	Änderung zum Vorjahr	Mittel 2015/2020	Änderung zum Mittel 2015/2020
	dt/ha	dt/ha	%	dt/ha	%
Apfel	162	258	60	279	-8
Süßkirsche	38	51	34	67	-24
Sauerkirsche	67	91	36	96	-6
Pflaume/ Zwetschge	107	74	-31	131	-44
Mirabelle/ Reneklode	100	110	10	118	-7
Erdbeeren	90	70	-22	91	-23

Obst



Getreide	vorläufig				
	Anbaufläche	Ertrag	Erntemenge	Änderung Erntemengen 2021 in % zu	
	ha	dt/ha	t	Ø 2015/20	2020
Winterweizen	201.092,29	74,00	1.488.083	-7,0	-7,0
Sommerweizen	1.730,17	57,77	9.995	-51,2	-29
Hartweizen	10.069,35	62,02	62.450	93,0	40,0
Winterroggen	10.220,54	58,50	59.790	6,7	-17,4
Wintergerste	71.634,81	78,00	558.752	6,1	13,5
Sommergerste	31.003,59	58,00	179.821	5,1	-7,5
Hafer	6.975,66	40,80	28.461	54,7	1,2
Sommernenggetreide	107,94	39,67	428	0,3	-8,9
Triticale	11.727,17	59,00	69.190	-9,4	-0,5
Getreide gesamt (ohne Körnermais/CCM)	344.561,53	71,31	2.456.970	-1,8	1,4
Winterraps	102.479,15	33,50	343.305	-6,9	0,1

Wein -30-50%

-51

Raps

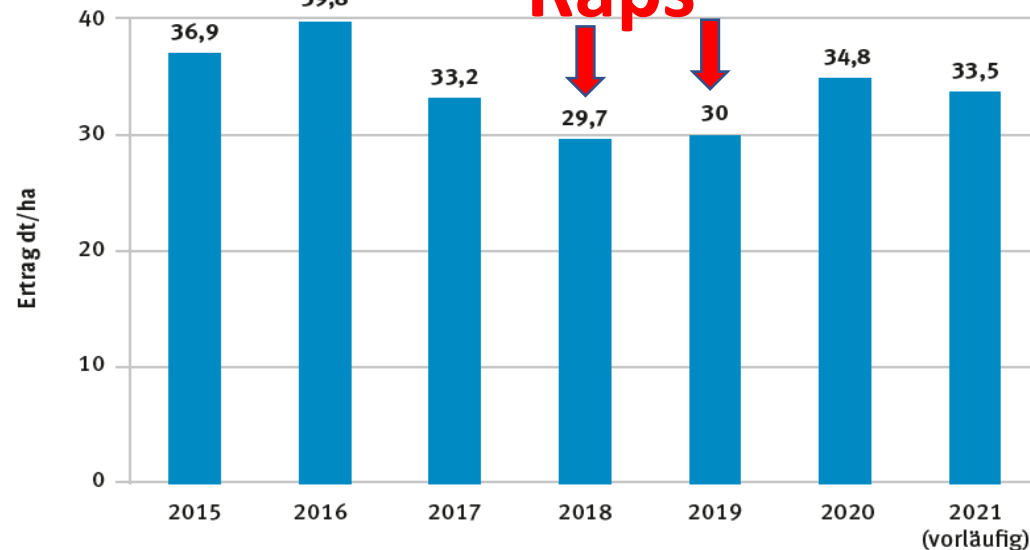


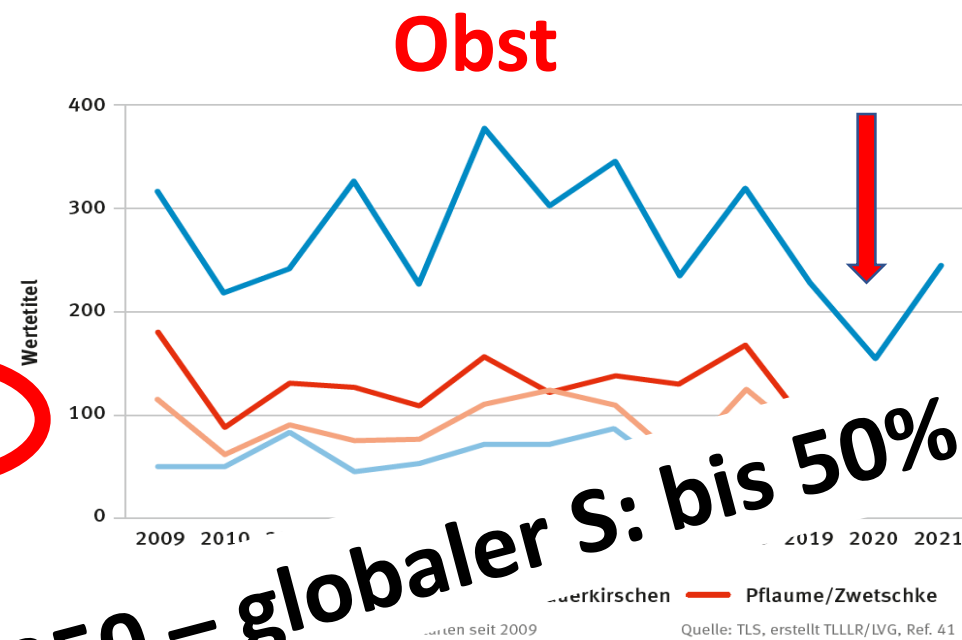
Tabelle 1: Zusammenstellung des ersten vorläufigen Ergebnisses der Besonderen Ernte- und Qualitätsermittlung 2021

(Stand 23.08.2021)

Quelle: Thüringer Landesamt für Statistik/Statistisches Bundesamt; 2021

Ernteschwankungen und -Verluste in Thüringen

Obst	Ertrag 2020	Ertrag 2021	Änderung zum Vorjahr	Mittel 2015/2020	Änderung zum Mittel 2015/2020
	dt/ha	dt/ha	%	dt/ha	%
Apfel	162	258	60	279	-8
Süßkirsche	38	51	34	67	-24
Sauerkirsche	67	91	36	96	-6
Pflaume/ Zwetschge	107	74	-31	131	-44
Mirabelle/ Reneklode	100	110	10	118	-7
Erdbeeren	90	70	-22	91	-23



Getreide	vorläufig			
	Anbaufläche	Ertrag	Erntemenge	Änderung Erntemengen 2021 in % zu Ø 2015/20
Fruchtart	ha	dt/ha	t	%
Winterweizen	201.092,29	74,00	1.488.000	40,0
Sommerweizen	1.730,17	57,77		
Hartweizen	10.069,35	62,02		
Winterroggen	10.220,54	58,50		6,7
Wintergerste	71.634,81	78,00	558.752	6,1
Sommergerste	31.003,59	58,00	179.821	5,1
Hafer	6.975,66	40,80	28.461	54,7
Sommernenggetreide	107,94	39,67	428	0,3
Triticale	11.727,17	59,00	69.190	-9,4
Getreide gesamt (ohne Körnermais/CCM)	344.561,53	71,31	2.456.970	-1,8
Winterraps	102.479,15	33,50	343.305	-6,9
				0,1

Ertragsverluste bis 2050 – globaler S: bis 50%

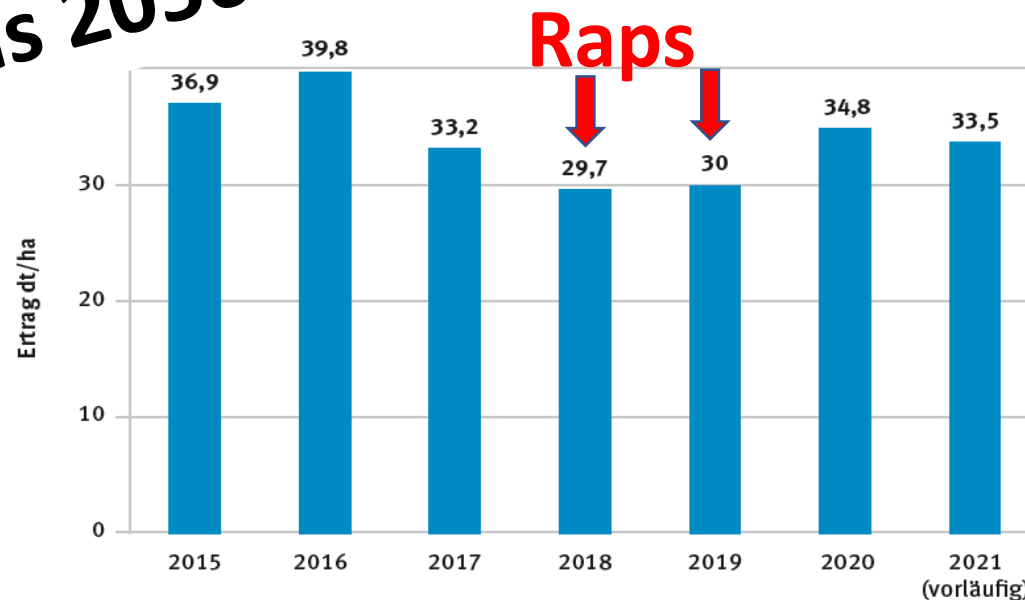


Tabelle 1: Zusammenstellung des ersten vorläufigen Ergebnisses der Besonderen Ernte- und Qualitätsermittlung 2021 (Stand 23.08.2021) Quelle: Thüringer Landesamt für Statistik/Statistisches Bundesamt; 2021

Abbildung 2: Entwicklung der Kernerträge von Winterraps in Thüringen Quelle: Statistisches Bundesamt/BMEL

Solarparks

Experten sehen großes Potenzial für die Agrophotovoltaik

Bei einer Anhörung im baden-württembergischen Landtag mahnten vier Experten Bund und Länder, bessere Rahmenbedingungen für die Agrophotovoltaik zu schaffen.

08.10.2020 von  [Hinrich Neumann](#) 

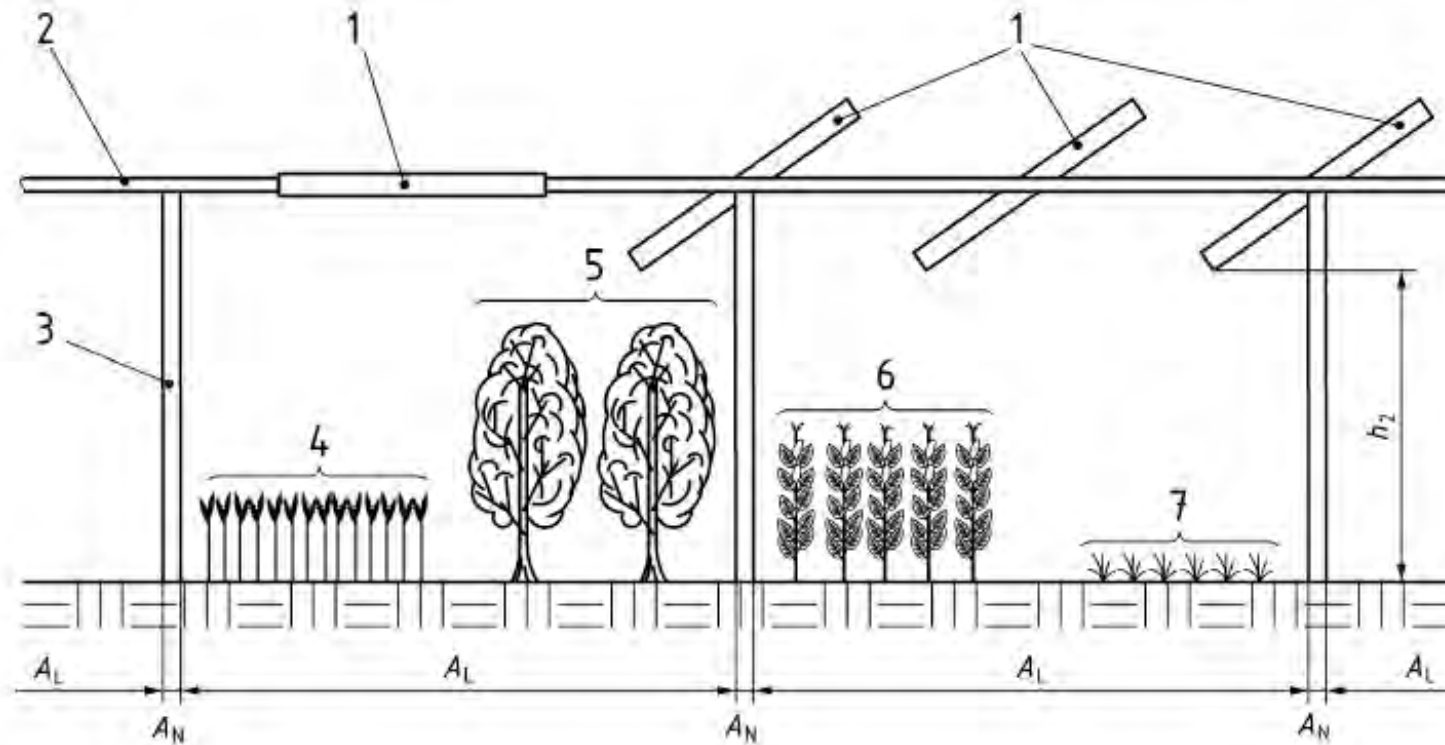


Florian Reyer hat seit 2016 gute Erfahrungen mit der Agrophotovoltaikanlage gemacht. (Bildquelle: Neumann)

Topagrar
8.10.2020

<https://www.topagrar.com/energie/news/experten-sehen-grosses-potenzial-fuer-die-agrophotovoltaik-12370116.html>

Agri-Photovoltaik DinSpec Kategorie I Hochaufgeständert



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



Vorteile:

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



Pilotanlage Heggelbach

- 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



Quelle: Hofgemeinschaft Heggelbach

Forschungsanlage Weihestephan-Triesdorf

- Konstruktion: 3,6 m Anhebung
- Gesamtfläche: 483 m², APV-Anlage auf ca. 144 m²
- 90 PV-Module, 1-Achsen-Nachführungssysteme in Nord-Süd-Reihen mit bifazialen Modulen
- Installierte Leistung: 22 kWp
- **1150 kWh/ha**
- Ertrag 6% über Ref.-Anlage
- 60% weniger photosynthetisch aktive Strahlung



Untersuchte Nutzpflanzen:

- Chinakohl
- Lollo Rosso
- Kartoffeln



Europe PV News Snippets

Germany's 'Largest' Agrivoltaic Project Approved & More From Prodiel, Trianel, ITT, Ventient

Apr 26, 2022

Apenburg 20 MW APV, 34 ha
85% für Landwirtschaft
Reihenabstand 14m



Größe: bis zu 34 Hektar

Leistung: rund 20 Megawatt Strom/Jahr

Versorgung: Strom für > 5.000 Haushalte

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

CO2-Ersparnis: ca. 12.600 Tonnen pro Jahr

Biodiversität & Sichtschutz: Blühstreifen, Hecken

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

Gemeinde: Gewinn - 1 Mio Euro/Jahr

d &

IPV, 34 ha
kraft

In Bayern starten erste Anlagen der Agri-Photovoltaik

18.05.2022 / [Solarserver](#) / [Agri-PV](#) / [Photovoltaik](#) / [Politik](#)



Foto: Fraunhofer ISE

Anlage der Agri-PV: hier in Baden-Württemberg.

3 APV Projekte: 2,9 MW

**Innovationsausschreibung:
Zuschlagswerte:
3,95 bis 7,43 ct/kWh**

Im Zuge der jüngsten Innovationsausschreibung entfiel die Hälfte der Zuschläge für besondere Solaranlagen auf Bayern. Drei Agri-PV-Projekte sind darunter.

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

Pilotanlagen Obstanbau

August 2020



Beeren,
Niederlande



Birnen

Quelle: BayWa r.e.

gartenbau
Monatsschrift für Obst,
Gemüse und Zierpflanzen
profi



Obst Gemüse Zierpflanzen Pflanzenschutz Ansprechpartner Stellenmarkt

14.04.2021

BayWa r.e. stellt erste „Fruitvoltaic“-Anlage für
Johannisbeeren fertig



Foto: BayWa r.e.

- Solarstromquelle: 1,2 MWp, mehr als 4.500 Solarmodule (**1.700 kWp/ha**)
- Strom für 400 Haushalte pro Jahr
- 4.500 Johannisbeersträucher
- **23 Tonnen Ernte** pro Jahr
- günstigere, niedrigere Temperaturen für Pflanzen
- Schutz vor ungünstigen Wetterbedingungen
- Rückgang Pilzbefall
- Reduktion Abfall- und Investitionskosten

<https://www.gb-profi.de/nachricht-gemuese/detail/baywa-re-stellt-erste-fruitvoltaic-anlage-fuer-johannisbeeren-fertig/>

Agri-PV: Solares Riesengewächshaus lässt Beeren wachsen • 75% Sonnenschein

01.06.2021 ,



Foto: Karthaus

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

Foto: Karthaus

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

Steinicke: Solarstrom über dem Schnittlauchfeld



Niedersachsen

Unter diesen neu installierten Solarmodulen wird bei der Firma Steinicke im nächsten Jahr Schnittlauch angebaut, und zwar auf einer Fläche von 10 000 Quadratmetern. Um für die Forschung neue Erkenntnisse zu erlangen, wird genau parallel dazu eine gleich große Fläche mit Schnittlauch bewirtschaftet, um etwaige Unterschiede im Wachstum und Ertrag zu dokumentieren.
Aufn.: M. Lettenbichler

Semitransparente Glas-Glas-Module



https://de.gridparityag.com/_files/ugd/03eede_90eda325442b4de8bb3deda89bd5effe.pdf

Beispiele





Bearbeitung mit konventionellen Geräten
4m Höhe

Montpellier, Frankreich

Dupraz et al. 2011

Trends und Innovationen



oder: Spinnanker

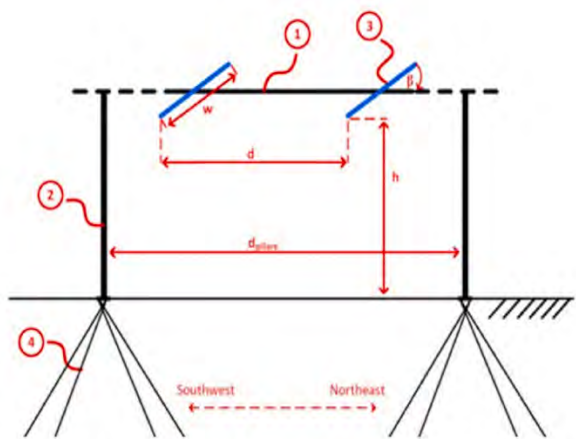
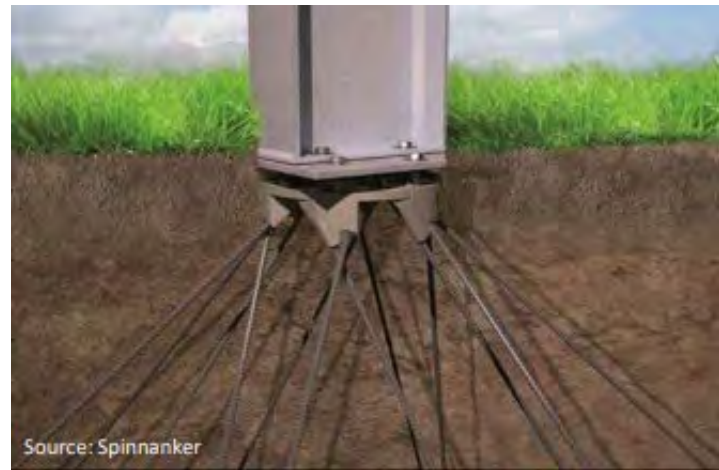
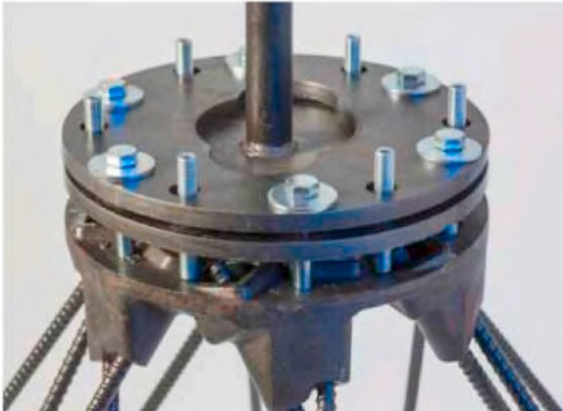


Fig. 1. Sketch of lateral view of an APV system. 1 = longitudinal beam, 2 = pillar, 3 = PV module, 4 = Spinnanker foundation; w = module width, β = tilt angle, d = row distance, d_{pillar} = width clearance, h = vertical clearance.





© G. Czaloun

Südtirol

Abstand zwischen Pfeilern: 40m



HyPERFarm - Firma Krinner Carport GmbH

Alternative Aufhängungssysteme auf Drahtseilbasis:

Kostenverringerung gegenüber hoch-aufgest. APV-Konstruktion **90%** der BOS-Kosten (Leitner 2020)

Durchfahrtsbreite 15m

Abstand zwischen Pfeilern: 40m

Pilotanlage mit abgespannter Seilaufhängung



Straßkirchen, Bayern (Krinmer Carport GmbH, Harlander, 2021).

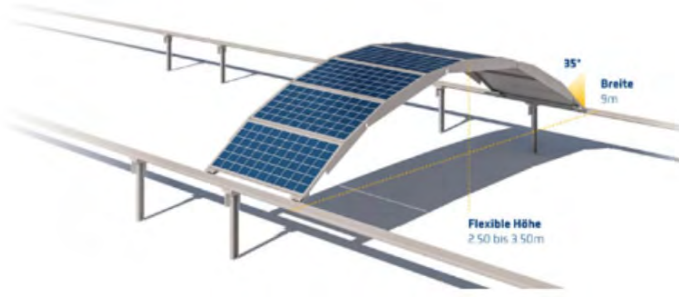
Anlage mit Seilaufhängung

- Kommerziell erhältliche Anlage (Firma remtec)
- Abstand der Aufständerungspfeiler 10-25m



Intersolar Messe
München, 5-2022

Solarbogen "Modular Arc System"

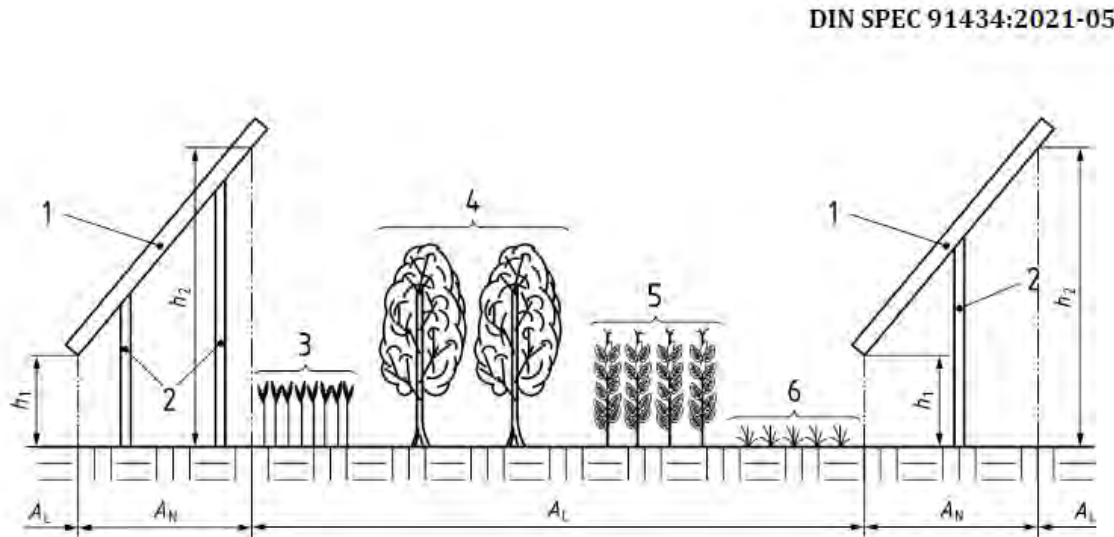


Firma GoldbeckSolar mit Tierhaltung (Goldbeck, o.J.).

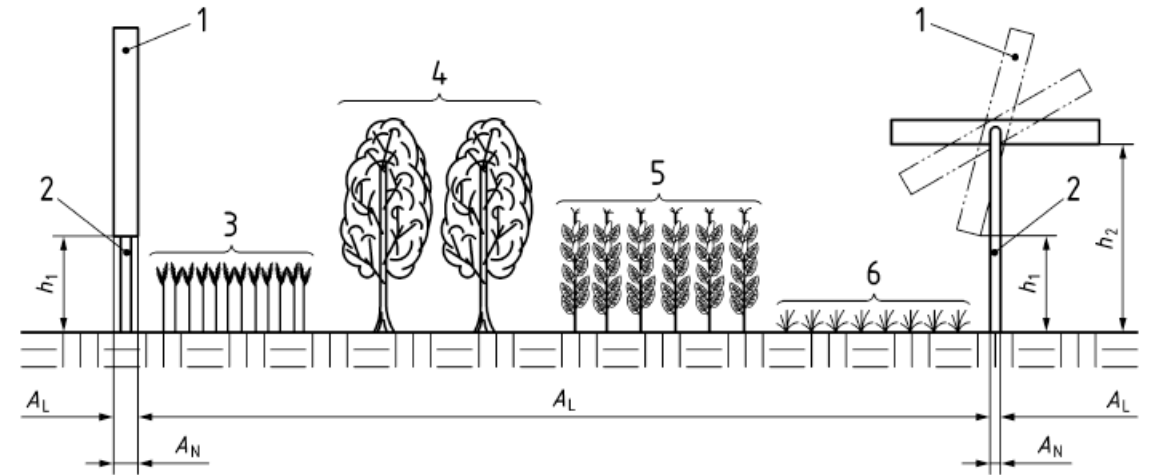
Bis zu 1,2 MWp/ha (!)

Agri-Photovoltaik Kategorie II Bodennah

Variante 1



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 Aufständerung
- 3 bis 6 Beispiele landwirtschaftlicher Kulturen

APV Bodennah - Anbau zwischen / unter

vertikal



- Bifaziale Module, vertikal,
- O-W-Ausrichtung, in N-S-Reihen
- 0,435 MWh/ha
- Stromertrag pro Fläche 60% unter Ref.-Anlage
- 21% weniger photosynthetisch aktive Strahlung



APV Bodennah - Anbau zwischen / unter

Nachgeführte Anlagen / Tracking

- Bewegliche Modultische
- Unterkante mind. 2,10m
- Reihenabstände entsprechend Maschinenbreite (vertikale Ausrichtung)
- 30% höhere Stromerträge möglich als ohne tracking
- Optimales Lichtmanagement
- Einachsig (horizontal/vertikal)
- Zweiachsig (horizontal+vertikal)



APV Bodennah - Anbau zwischen / unter

Nachgeführte Anlagen / Tracking



Kronossolar

APV Bodennah - Anbau zwischen / unter

Nachgeführte Anlagen / Tracking



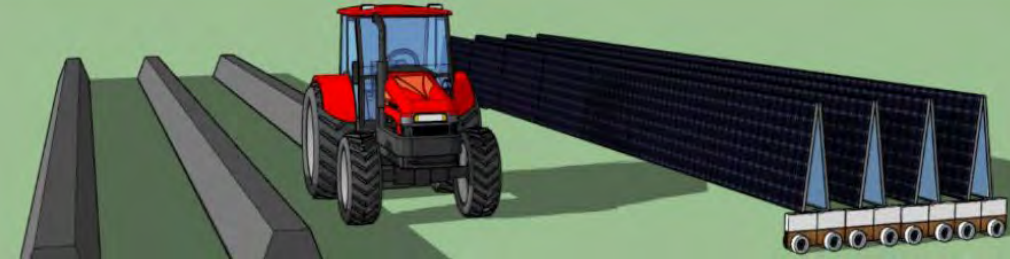
Kronossolar

APV Bodennah - Anbau zwischen / unter

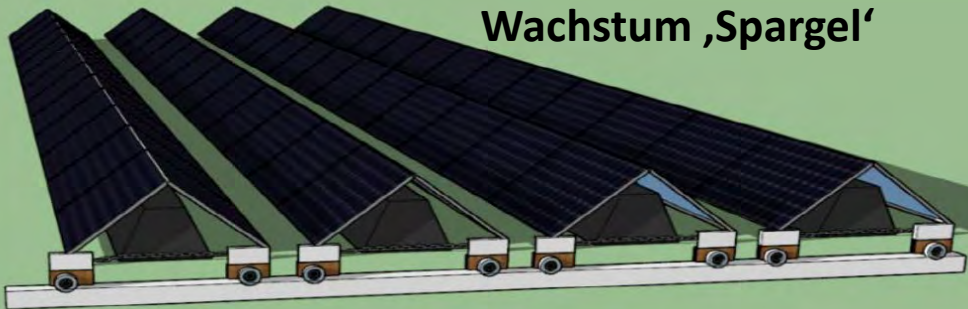
Schafhaltung o.ä.
...Gemüse



Beispiele in der Landwirtschaft - Spargel

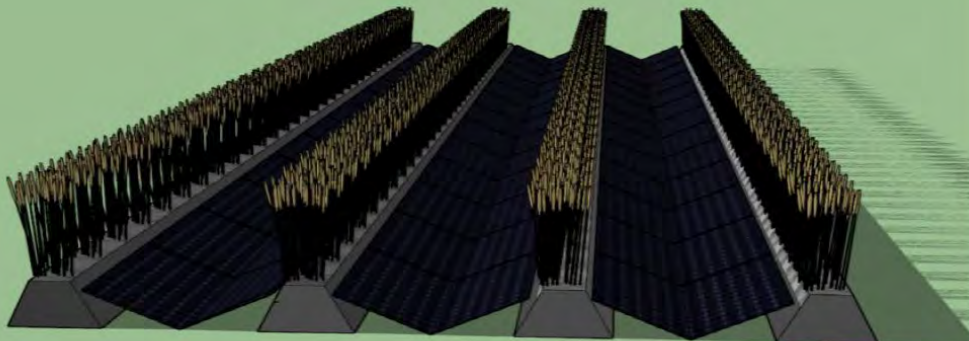


Bearbeitung



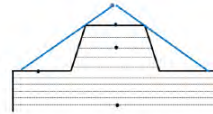
Wachstum ,Spargel'

Sommer



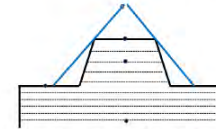
Results: Energy yield

Depends on each situation during the year



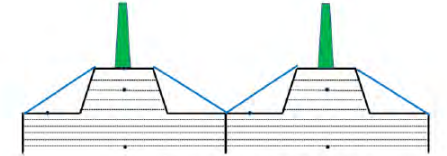
November – March
Tilt: 30°
Unshaded (E-W)
6kWp

780 kWh



March – 24 June
Tilt: 45°
Unshaded (E-W)
6kWp

1820 kWh



24 June – November
Tilt 30°
Shaded
6kWp

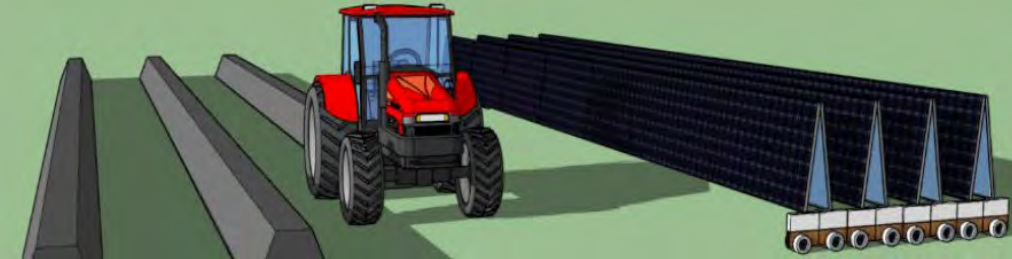
790 kWh

470kWh/kWp/year

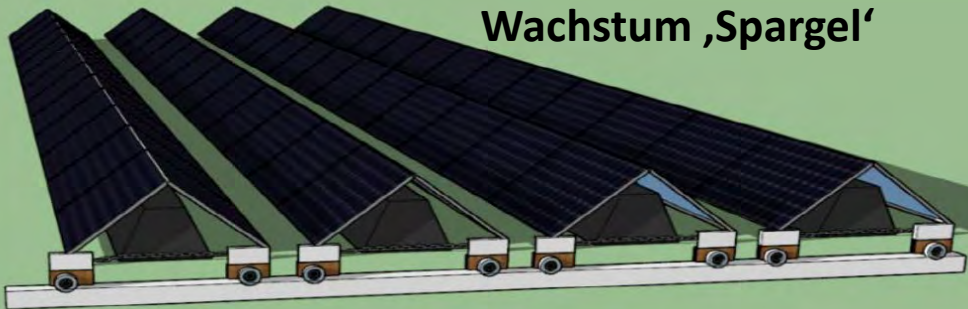
*In Belgium for 30° South (optimal)
configuration: roughly 1000kWh/kWp/year*

Variable Modulneigung

Beispiele in der Landwirtschaft - Spargel

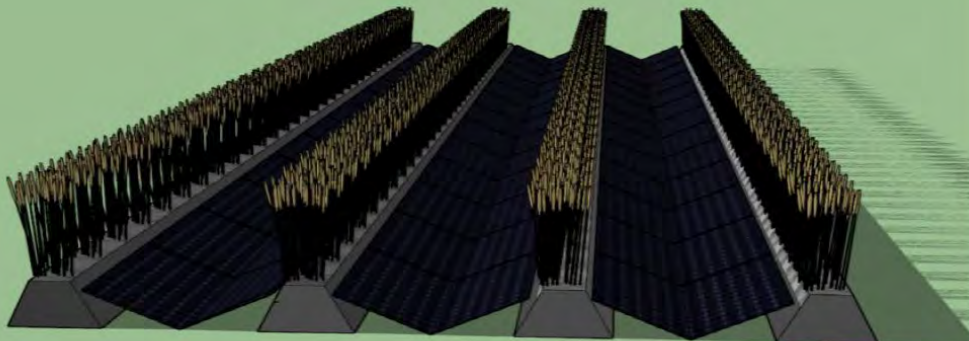


Bearbeitung



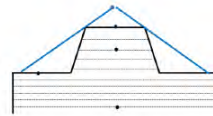
Wachstum ‚Spargel‘

Sommer



Results: Energy yield

Depends on each situation during the year



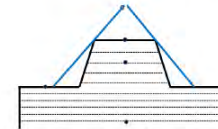
November – March

Tilt: 30°

Unshaded (E-W)

6kWp

780 kWh



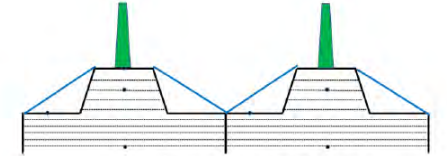
March – 24 June

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

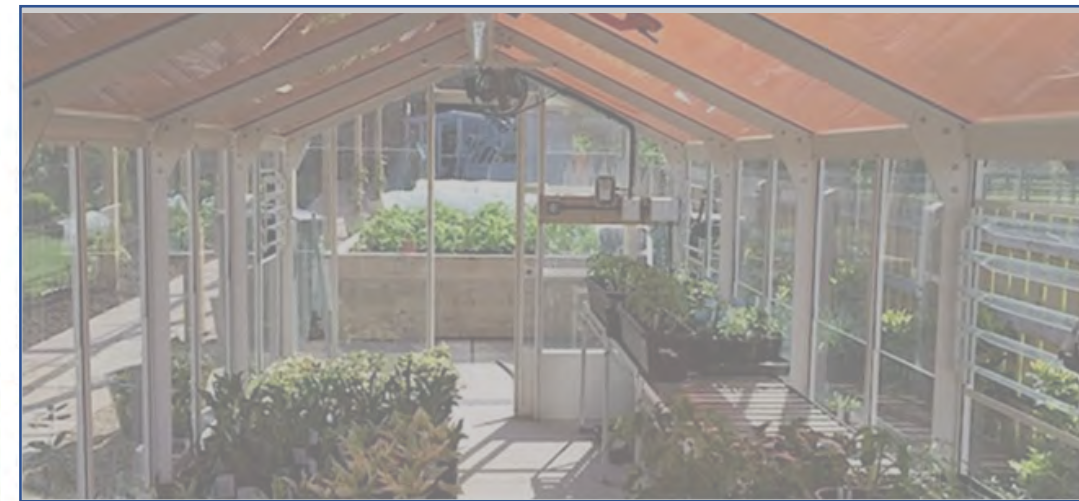
- In Wachstumszeit: Domstruktur auf Dämmen

PV auf Gewächshäusern

Neue Entwicklungen: Transparente PV Folien für Gewächshäuser, PV-aktive Netze....

Thin-film amorphous silicon greenhouses begin to sprout

- transparent zinc oxide back conductive layer and clear front glass coated with fluorine tin oxide
- PV area laminated in between two sheets of glass
- 8% conversion efficiency, 66 W m^{-2}
- higher red spectrum (600-700nm) ideal for photosynthesis
- 35% increased profit with spinach&PV.



Organische PV:
semitransparente,
flexible Module



Peretz & Teitel, Israel, 2020

<https://www.pv-magazine.com/2020/08/07/thin-film-amorphous-silicon-greenhouses-begin-to-7-8-2020>

Polykristalline
Siliziummodule



N21 Renewables 2018 Global Status Report

Semi-transparente Module, dachintegriert & Solarbeschattung mit PV Modulen



Fa. Brite Solar



Solarbeschattung (solar blind) mit PV
(Alinejad et al. 2020)

Konventionelle Module über Gewächshäusern



Bild 36: PV-Module über einem Folientunnel.

Naturschutz /
Biodiversität....

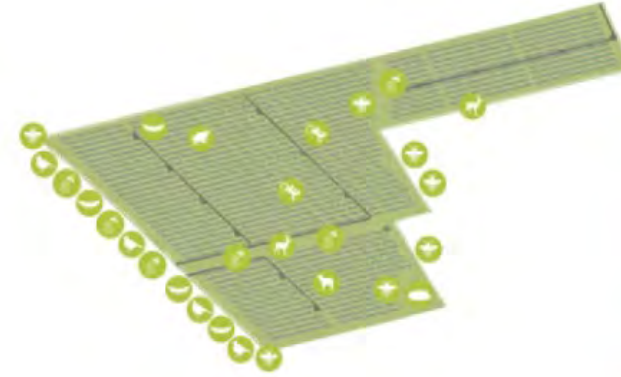
Naturschutz / Biodiversität....

Artenverluste durch Klimawandel bis 2050: bis 50%

...Klimaschutz
+
Klimaanpassung

...**Photovoltaik**

Tierhaltung und Biodiversität

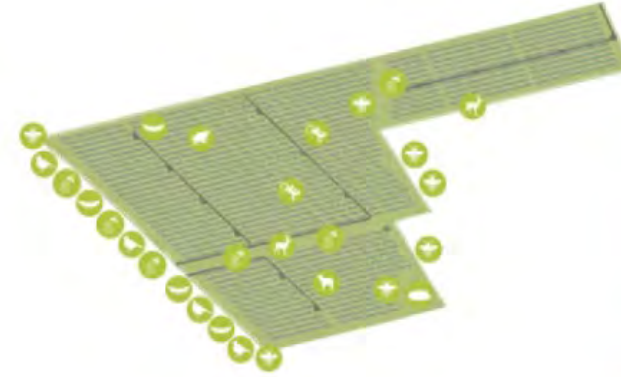


Klein Rheide - Habitat Osterhof – Ökologisches Flächenmanagement

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



Tierhaltung und Biodiversität



Die großen Flächen von Solarparks können einen wichtigen Quelllebensraum für bedrohte Tier- und Pflanzenarten darstellen



Mehrfachnutzungskonzept auf landwirtschaftlichen Flächen



(Hietel et al. 2021)

„Mehr Biodiversität in PV-Anlagen als auf dem konventionellen Acker“

Bundesverband
Neue Energiewirtschaft e.V. (bne)



**Solarparks –
Gewinne für
die Biodiversität**



Untersuchung zum Einfluss
der Photovoltaik auf die Artenvielfalt

**PV-Freiflächen-Anlagen heben sich
von intensiv oder zur Energiegewinnung
aus Biomasse genutzten Flächen ab, durch**

- **die Schaffung von extensivem Dauergrünland,** das Lebensräume für viele Pflanzen- und Tierarten ermöglicht,
- **die Förderung von Biodiversität,** die Vorteile für die Landwirtschaft liefert (z.B. Zunahme bestäubender Insekten),
- **die Förderung von Insektenreichtum,** das eine wichtige Nahrungsquelle für viele Brutvogelarten ist,
- **die Bildung von Humus,** der die Fruchtbarkeit des Bodens erhöht und gleichzeitig CO₂ bindet.



Ergebnisse zu Naturverträglichkeit aus wissenschaftlichen Veröffentlichungen und Studien

- Positive Auswirkungen auf Schutzgüter: Natur- und Wasserhaushalt, Biodiversität, Boden
- Keine negativen Auswirkungen von PV-FFA festgestellt
- **Grünland:** C-Speicherung , zusätzl. Lebensräume für bedrohte Arten 
- Auflagen.....Blühstreifen, Gehölzhecken, Integration, etc.
- Frage: was ist die Referenzfläche für APV Anlage?Mais, Raps.....

- Auswirkungen APV auf
 - Mikroklima
 - Ertrag
- Pflanzeneignung

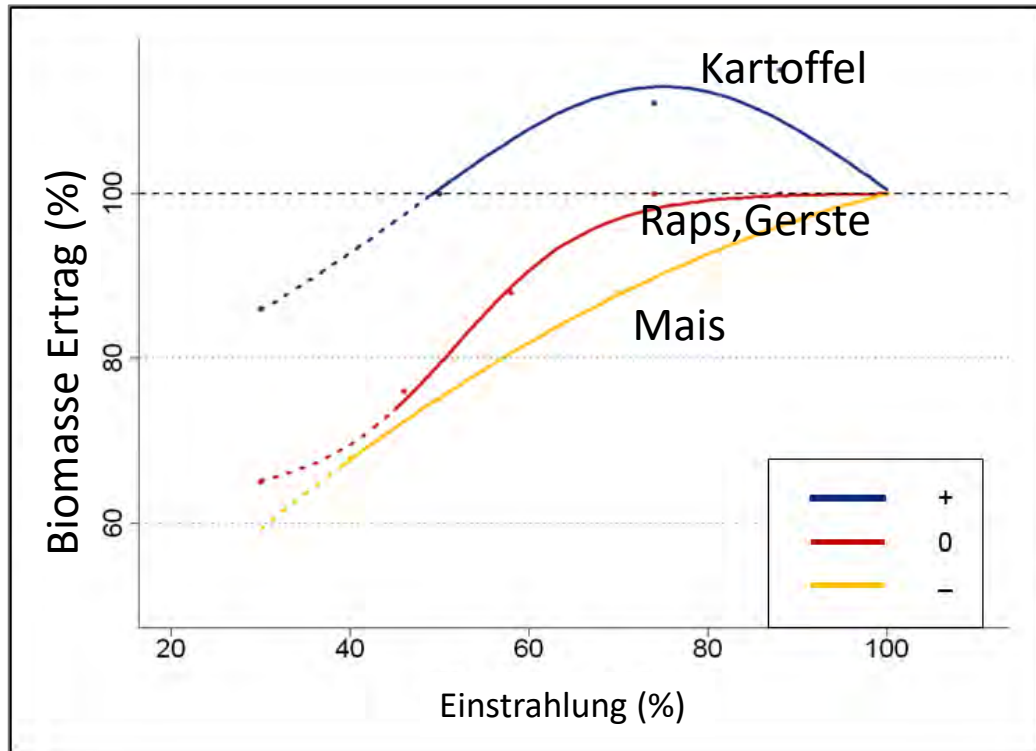
Agri-Photovoltaik Anlagen: Vorteile für Landwirtschaft

Minderung der Auswirkungen des Klimawandels in der Landwirtschaft

- Abmildern von
 - zunehmenden **Dürren** und entstehenden Ernteeinbußen
 - **Extremwetter, Hagel, Frost**
 - **Hitze**
 - **„Wind & Wassererosion“**

durch Beschattungswirkung
optimiertes Wassermanagement
- Erhöhen der Biodiversität auf Äckern
- **Bodenschutz** und erhöhte Bodenfruchtbarkeit, Humusbildung wird angenommen
- Zusätzliche Einkommensquelle

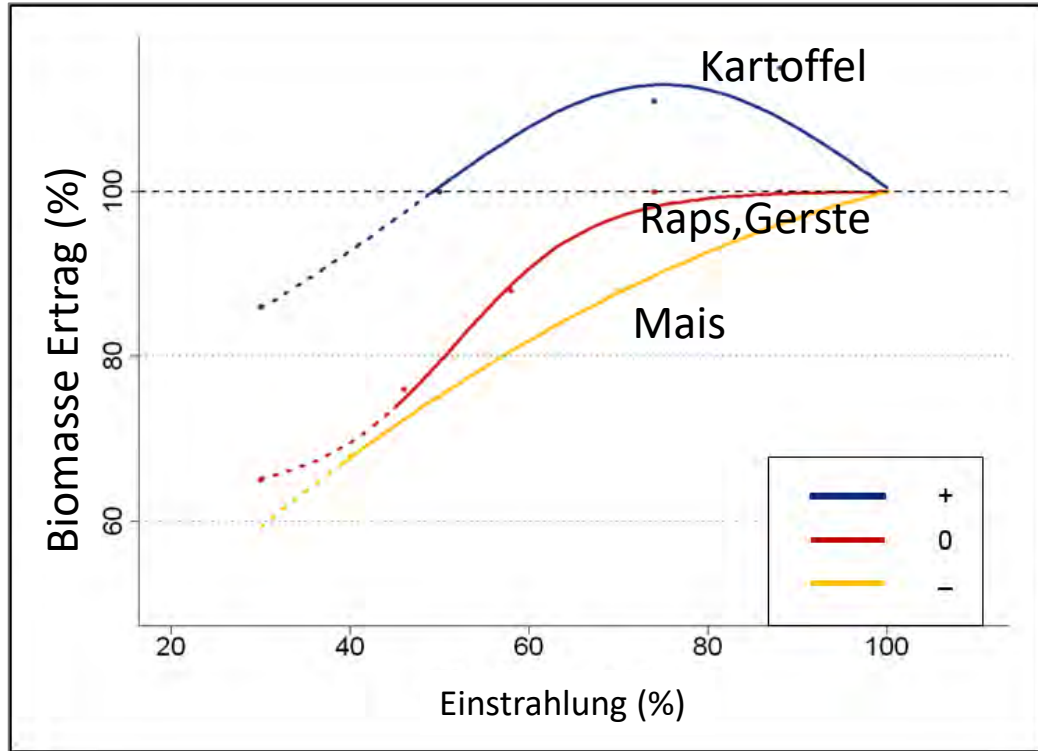
Ernteertrag in Abhängigkeit von der Einstrahlung



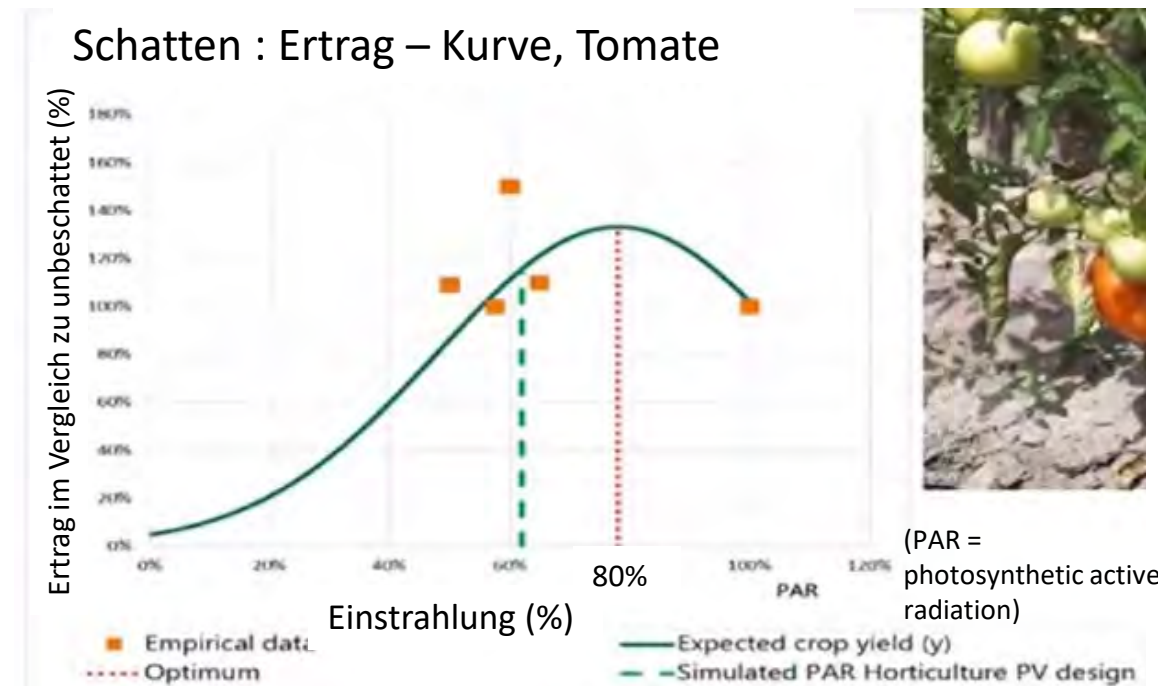
(Oberfell 2016, o.S.)

Kartoffeln und Tomaten verfügen über gute Schattentoleranz
(Erhöhung der Biomasseproduktion bei Verringerung des Lichteinfalls)

Ernteertrag in Abhängigkeit von der Einstrahlung



(Oberfell 2016, o.S.)



Ertragssteigerung von 16% erwartet

Fraunhofer ISE, APV Conf. 2020

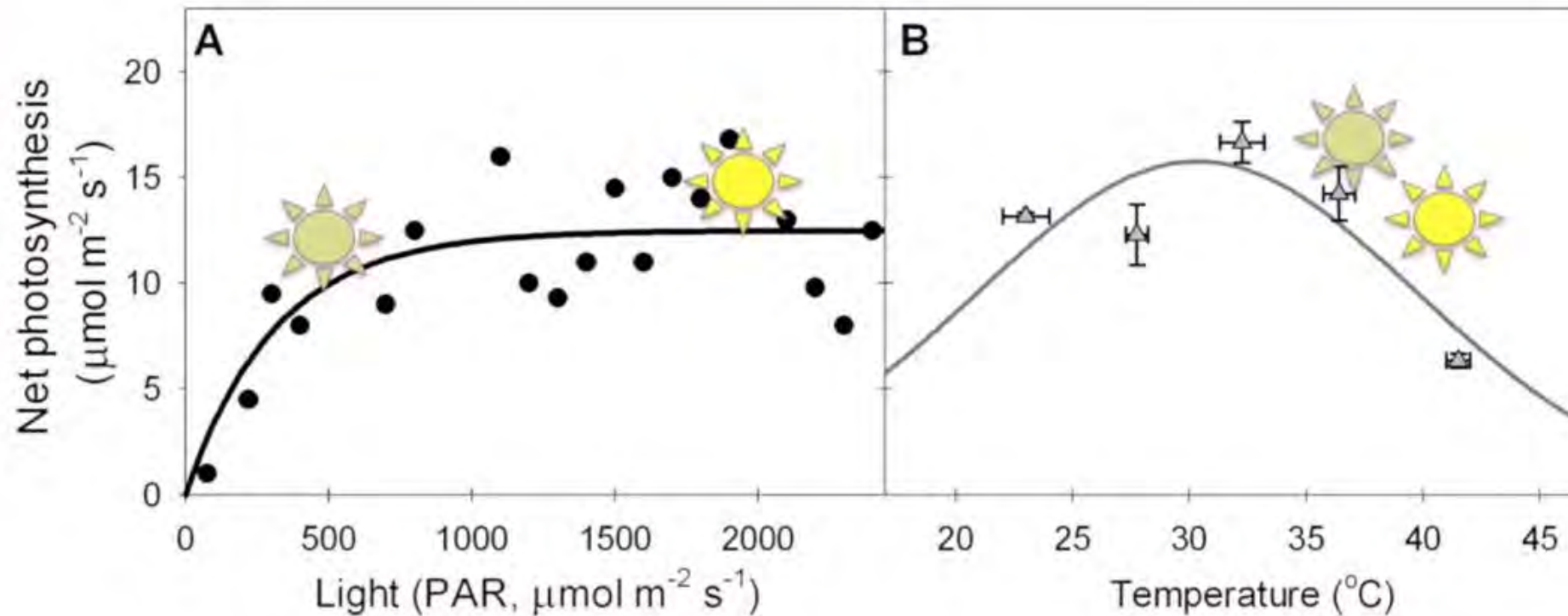


(PAR = photosynthetic active radiation)

Kartoffeln und Tomaten verfügen über gute Schattentoleranz (Erhöhung der Biomasseproduktion bei Verringerung des Lichteinfalls)

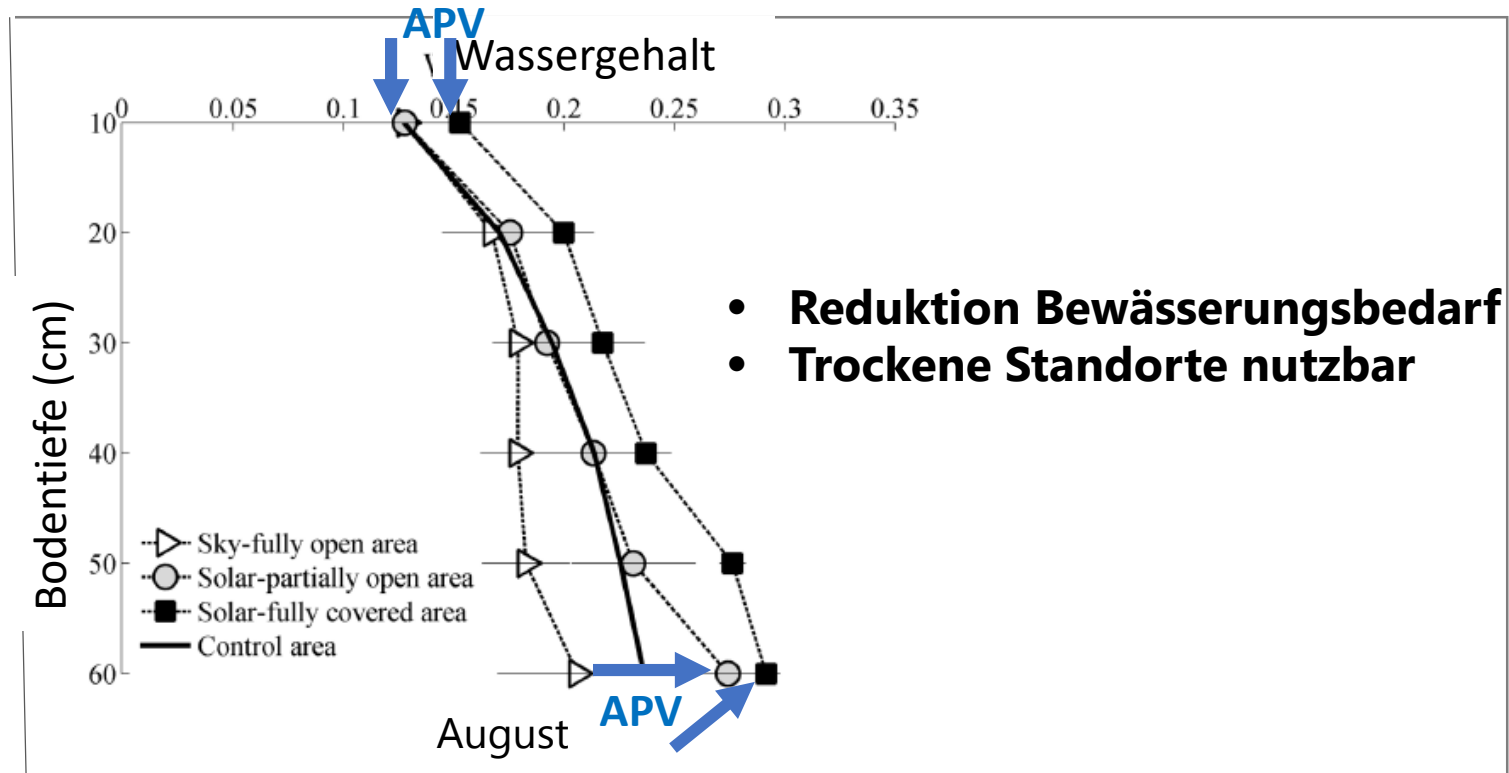
Bestrahlung, Temperatur, Photosynthese

Photosynthese in Abhängigkeit
von Einstrahlung und Temperatur



Kleine Reduktion in Photosynthese durch
Verschattung kann ausgeglichen werden durch
niedrigere Temperaturen

Standortbezogene Bodenfeuchte steigt bei Trockenheit

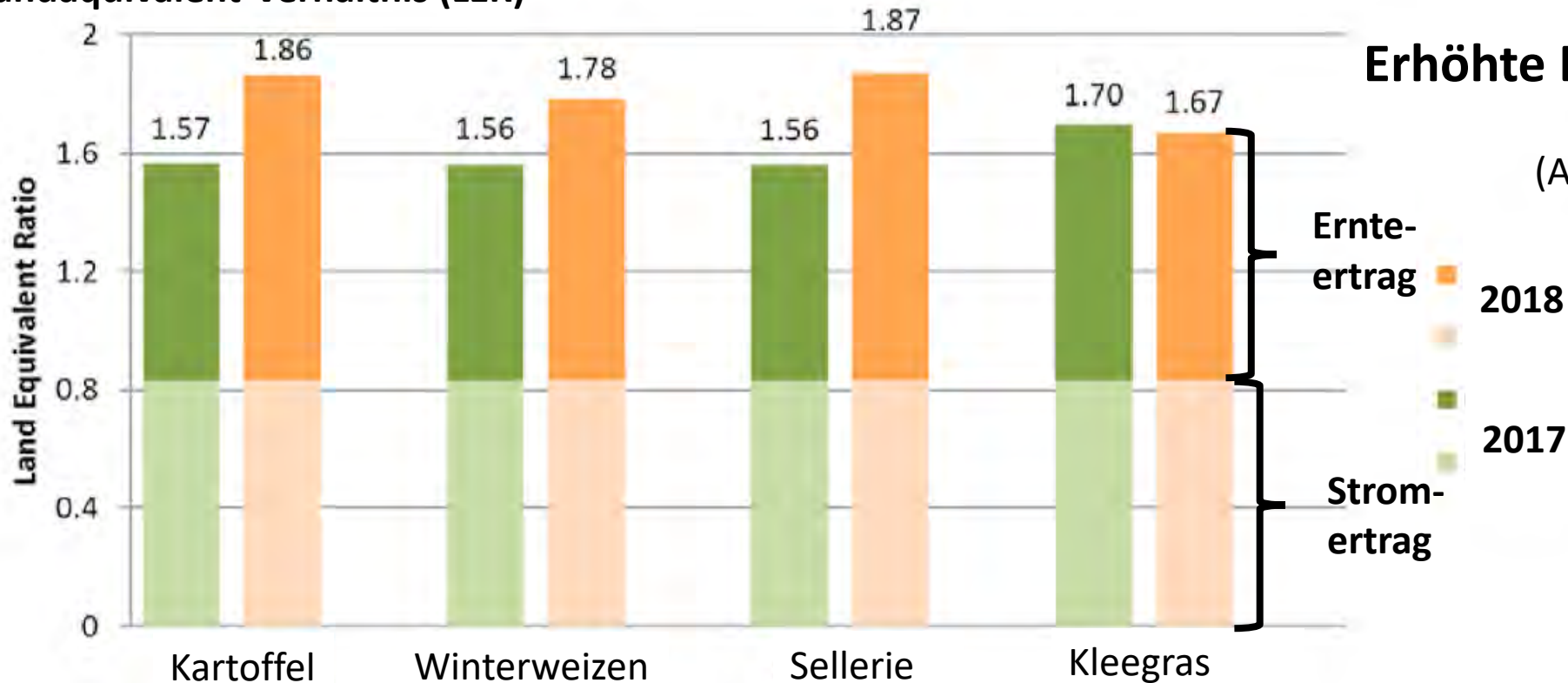


Veränderung der Bodenfeuchte an verschiedenen Messpunkten unter der APV-Anlage und unter freiem Himmel in Abhängigkeit der Bodentiefe

Beispiele in der Landwirtschaft

- Kartoffel, W-Weizen, Sellerie, Klee gras

Landäquivalent-Verhältnis (LER)



Erhöhte Erträge unter Trockenheit

(Ausnahme: Klee gras)

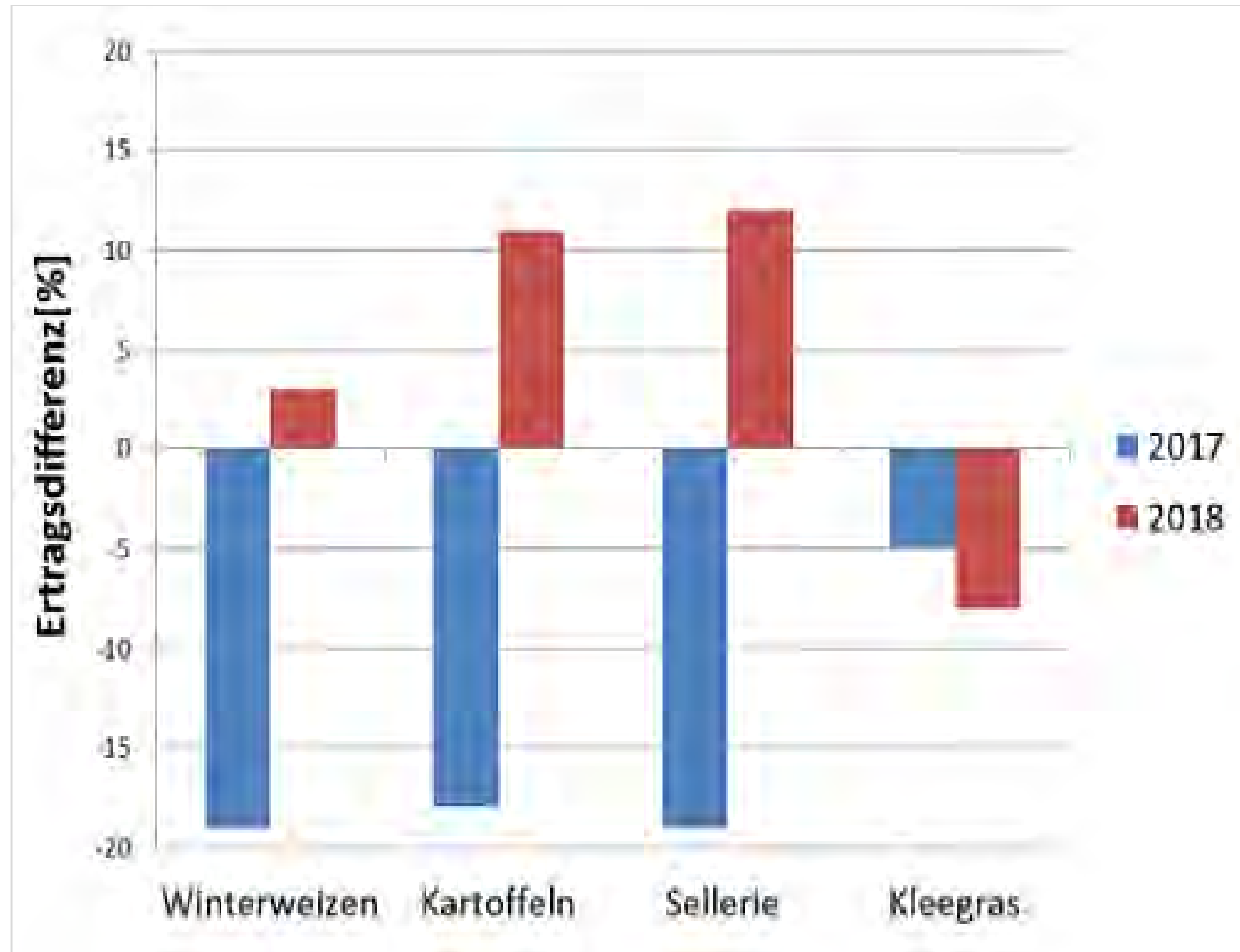
Ernte-
ertrag

2018

2017

Strom-
ertrag

Ertragsunterschiede: Kulturen unter APV / Referenzflächen



Flächennutzungspotential von APV-Anlagen

Getrennte Flächennutzung auf 1 Hektar Ackerland: 100% Kartoffeln oder 100% Solarstrom



Gemischte Flächennutzung auf 1 Hektar Ackerland: 186% Landnutzungseffizienz

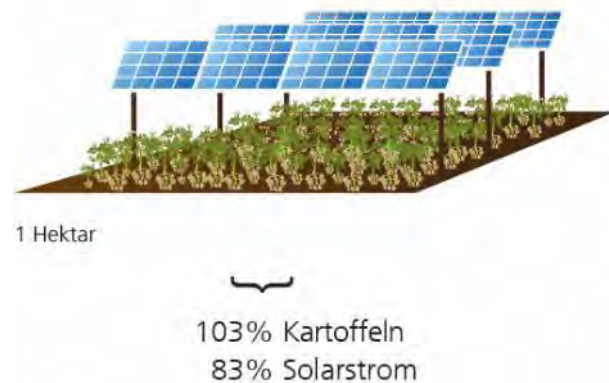


Illustration Kartoffeln © HappyPictures / shutterstock.com

Flächennutzungspotential eines Hektars Ackerland

(Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) 12.04.2019; S. 1)

APV kann LER einer Fläche steigern

LER Kartoffeln & PV: **1,86**

■ Fallstudie APV-RESOLA:

- LER/ha Kartoffeln 2018 = 186 %
- 103 %* Kartoffelertrag = 100 % Kartoffelertrag + 11 % Ertragsteigerung – 8 % Flächenverlust
- 83 % Stromertrag

*Landäquivalentverhältnis

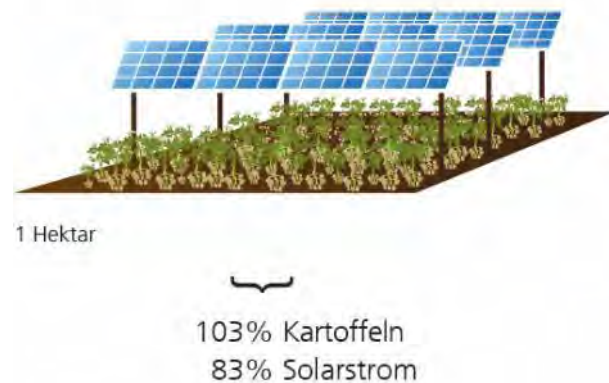
(Oberfell 2016, Fraunhofer ISE 2020)

Flächennutzungspotential von APV-Anlagen

Getrennte Flächennutzung auf 1 Hektar Ackerland: 100% Kartoffeln oder 100% Solarstrom



Gemischte Flächennutzung auf 1 Hektar Ackerland: 186% Landnutzungseffizienz



Flächennutzungspotential eines Hektars Ackerland
(Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) 12.04.2019; S. 1)

*Landäquivalentverhältnis

APV kann LER einer Fläche steigern

LER Kartoffeln & PV: **1,86**

Fallstudie APV-RESOLA:

- LER/ha Kartoffeln 2018 = 186 %
- 103 %* Kartoffelertrag = 100 % Kartoffelertrag + 11 % Ertragsteigerung – 8 % Flächenverlust
- 83 % Stromertrag

Kartoffeln

2017: Ertrag 18% reduziert

2018: Ertrag 11% gesteigert

- Flächeneffizienzsteigerung
- Diversifizierung der Einkommensstruktur

(Oberfell 2016, Fraunhofer ISE 2020)

APV-Effekte Grünland

Beispiele (wiss. Untersuchungen)

- Wassernutzungseffizienz ↑ 328%
- Ertrag ↑ 90%,
- C-Speicherung ↑
- zusätzl. Lebensräume für bedrohte Arten ↑

Agri-Photovoltaik Anlagen: Erfahrungen & Einschätzungen

Flächenprimärnutzung: Kulturpflanze

- **Spargel** (Belgien) *Steuerung des Mikroklimas*
- **Himbeere, Blaubeere, Erdbeere, Johannisbeere** (Niederlande) *sehr gute Erträge, kein Windschutz nötig, verbessertes Mikroklima, Ausgleich Tag/Nachttemperatur, Pflanzen trockener – weniger Pilzbefall, ökonomische Einsparungen*
- **Blattgemüse** *gesteigerter Ertrag (Biomasse)*
- **Brokkoli, Paprika** – *gleicher Ertrag bei > 85% Sonnenlicht*
- **Fruchtgemüse** – *Tomate höherer Ertrag; gleicher Ertrag bei bis zu 45% Beschattung*
- **Wein, Apfel, Birne** (Italien, Japan) – *besserer Schutz gegen Witterung*
- **(Mais), Weizen, Reis, Tee** (D, Italien, Japan) – *keine/kaum Ertragsminderung, teils Erhöhung*

Eignung von Kulturpflanzen für APV



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>

Schattentolerante Kulturen

Kulturen profitabel bei Stress*



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, Spätfrost, Hagel, Sturm; ** kein Brokkoli, Blumenkohl, Rosenkohl, bedingt Grünkohl
In Klammern: bedingt schattentolerant

Flutpräventions-Photovoltaik



Fundamente stabilisieren den Hang

Agrar-Vorteil durch:

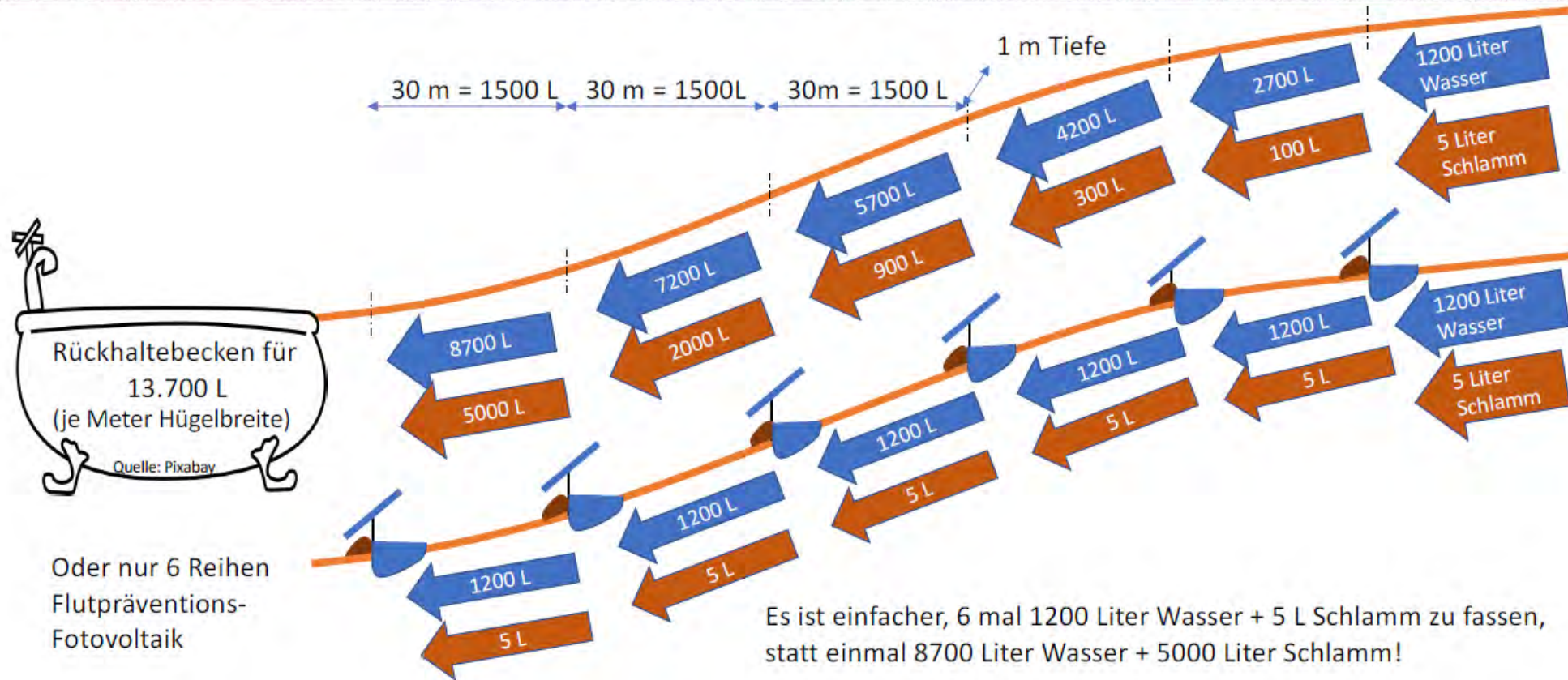
- Wasserrückhalt
- Langzeit Wasserversorgung
- Windschutz
- Landpacht für Landwirte

Sehr kostengünstiger
Hochwasserschutz

Geringe Instandhaltungskosten,
da nur 1 cm Wassersäule bei Regen

Hangerosionseffekt: Wir stoppen ihn!

Niederschlag von „nur“ 50 Litern / m²



Landschaftsästhetik

Beispiel für die standortangepasste Gestaltung

Fotos: Lenz C., 2020



Landschaftsästhetik



Beispiele

Hagelschutz-
netze



Landschaftsästhetik



Beispiele

Landschaftsästhetik....

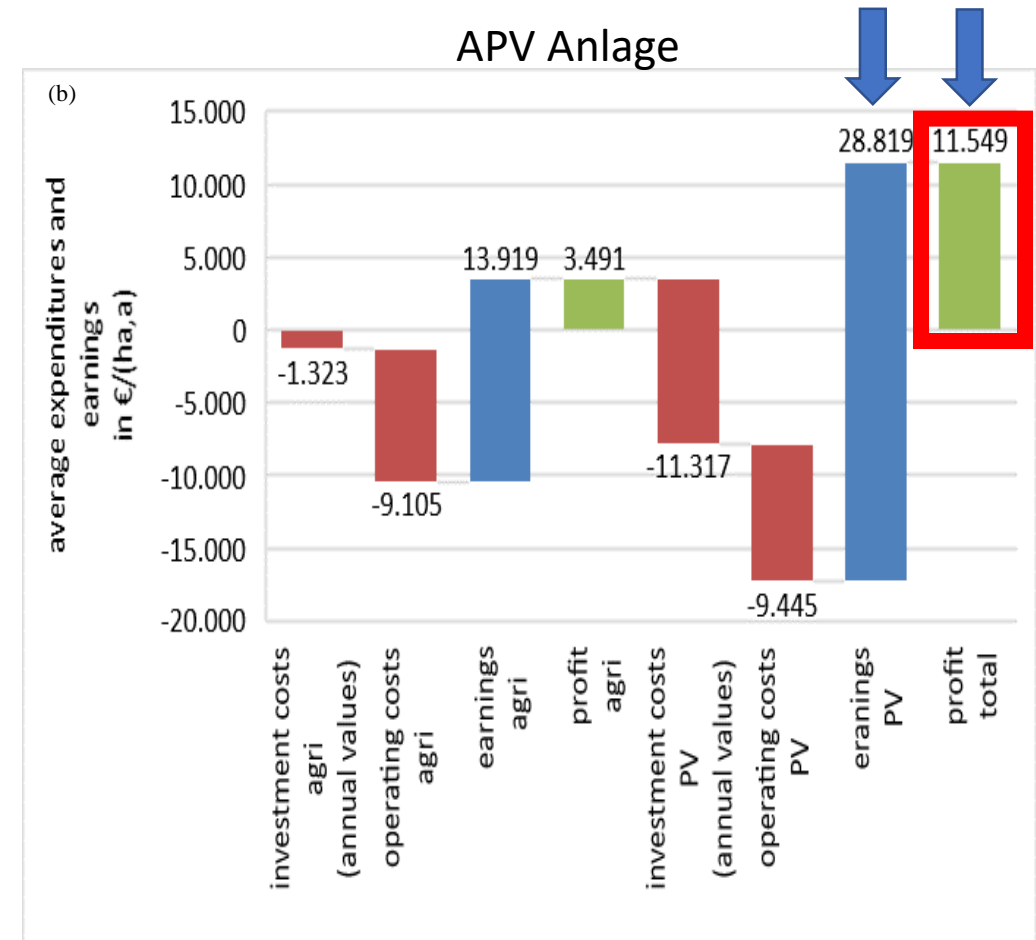
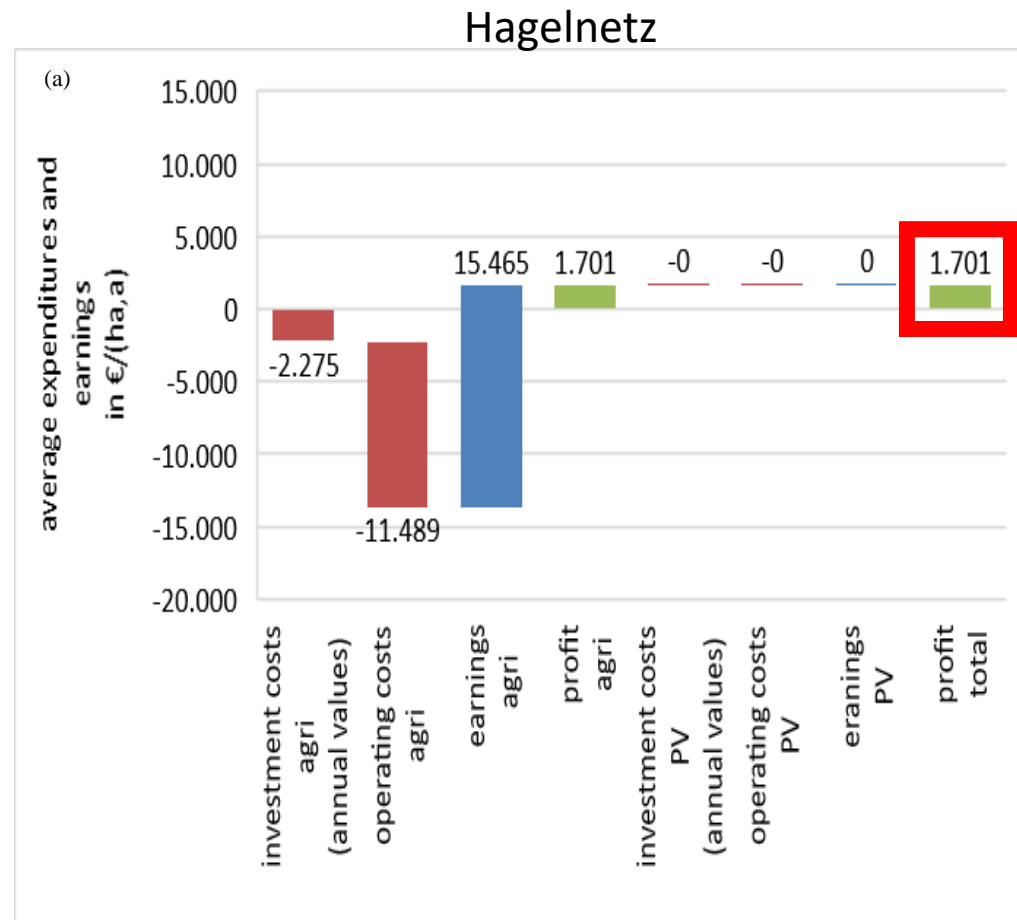


Quelle: BayWa r.e.



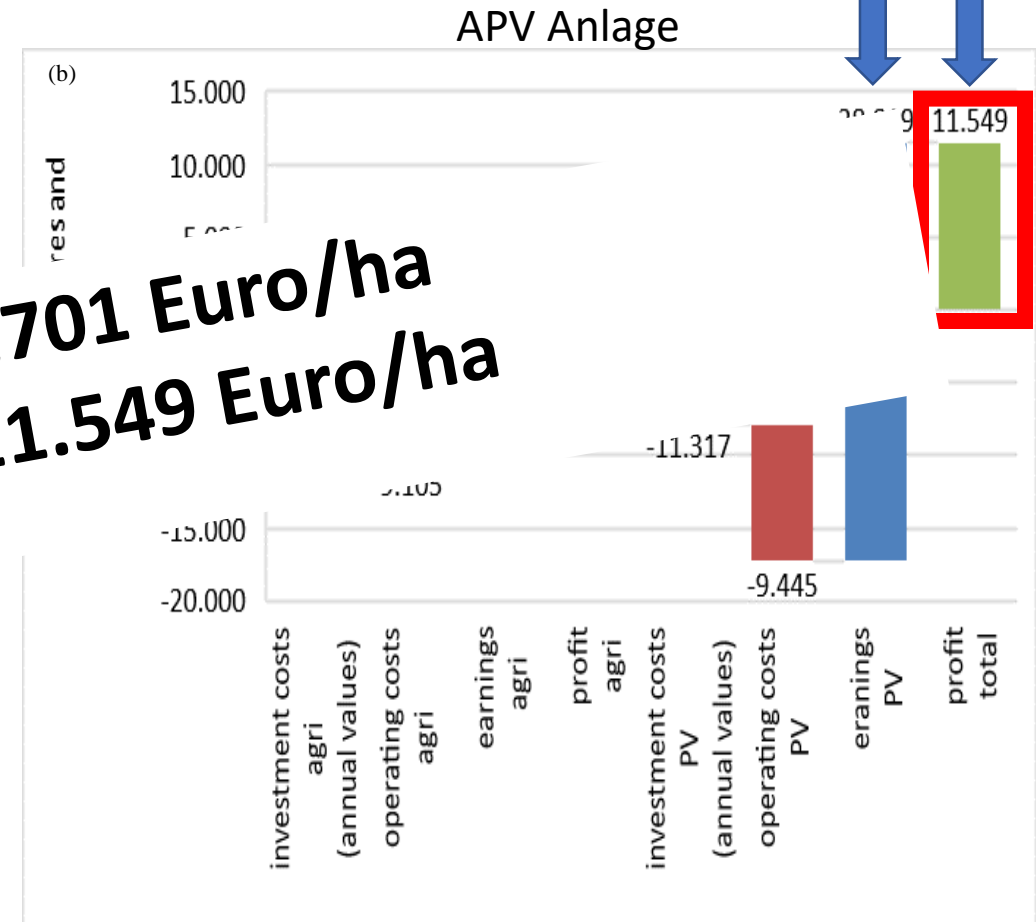
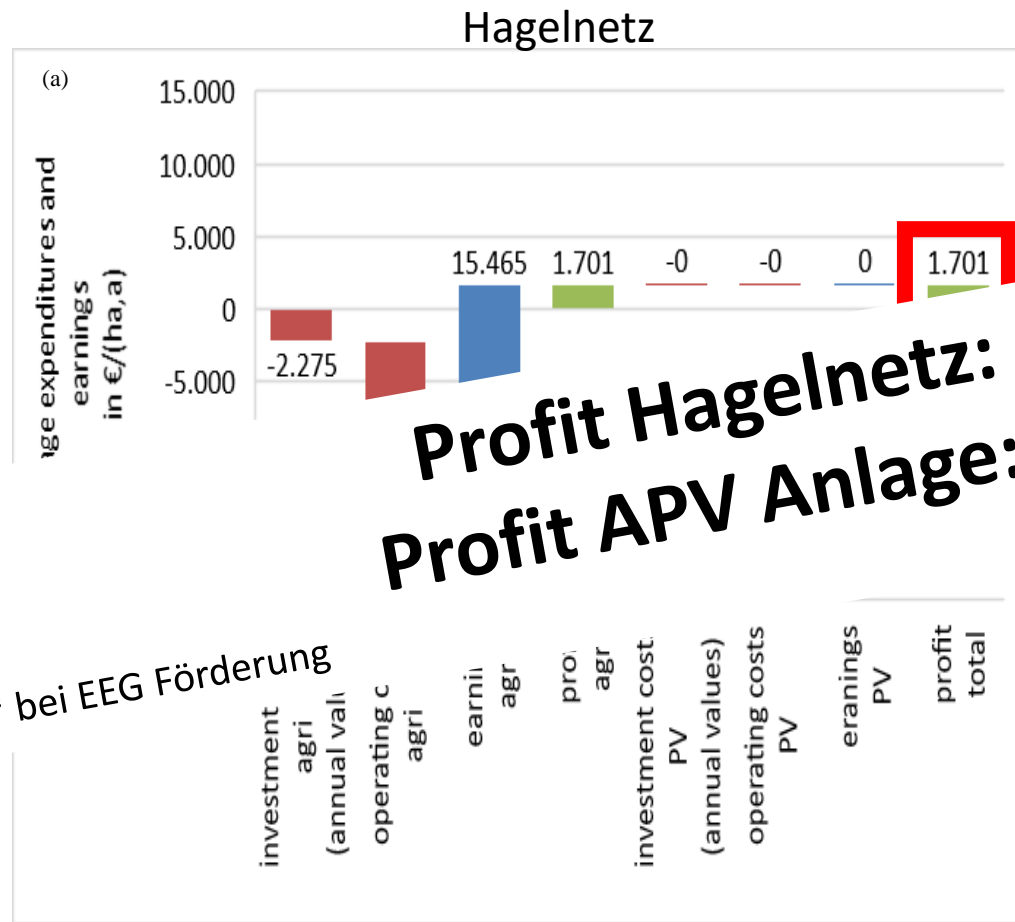
Wirtschaftlichkeit

Apfelanbau: ökonomischer Vergleich Hagelnetz und APV Anlage



Cashflow jährliche Kosten (rot), Ertrag (blau), Gewinn (grün) über 30 Jahre; mit EEG Förderung

Apfelanbau: ökonomischer Vergleich Hagelnetz und APV Anlage

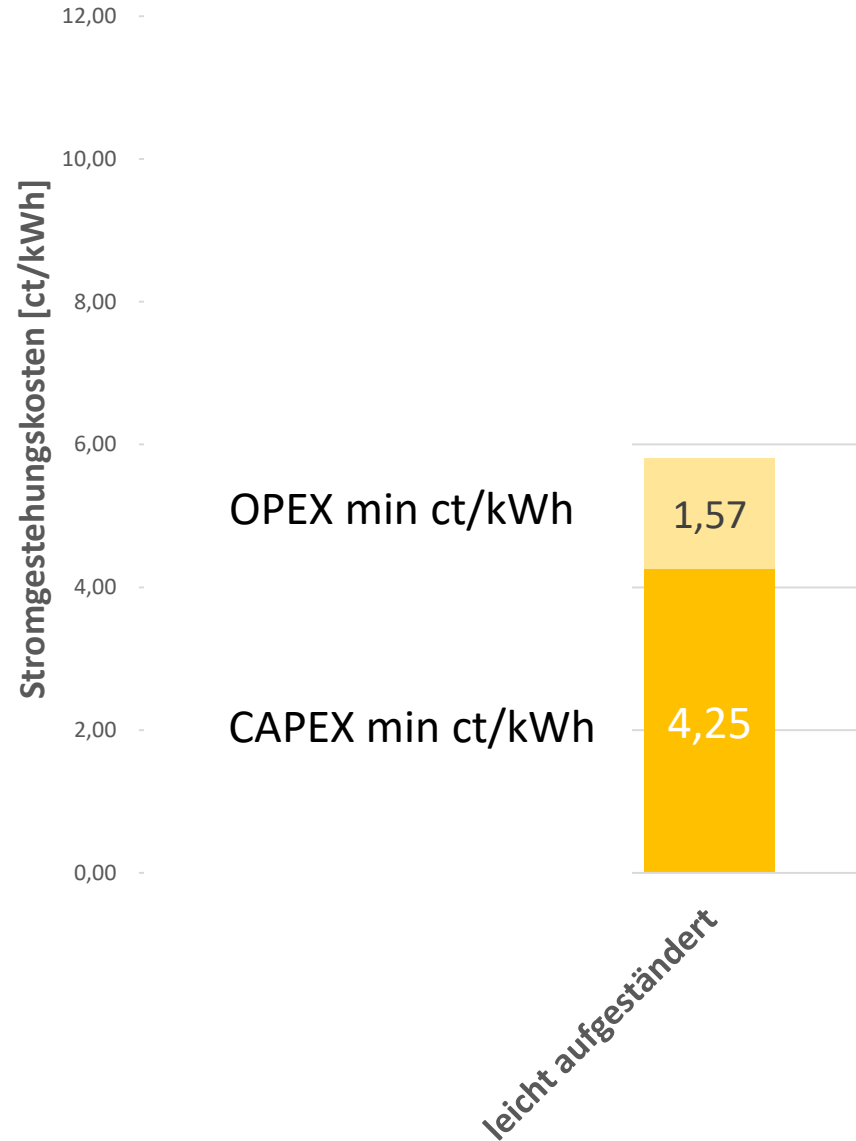


Profit Hagelnetz: 1.701 Euro/ha
Profit APV Anlage: 11.549 Euro/ha

* bei EEG Förderung

Cashflow jährliche Kosten (rot), Ertrag (blau), Gewinn (grün) über 30 Jahre; mit EEG Förderung

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



Überschlagmäßige Berechnung bei Minimal-Kosten:

1 ha

Investitionskosten: ca. 575.000 €/ha

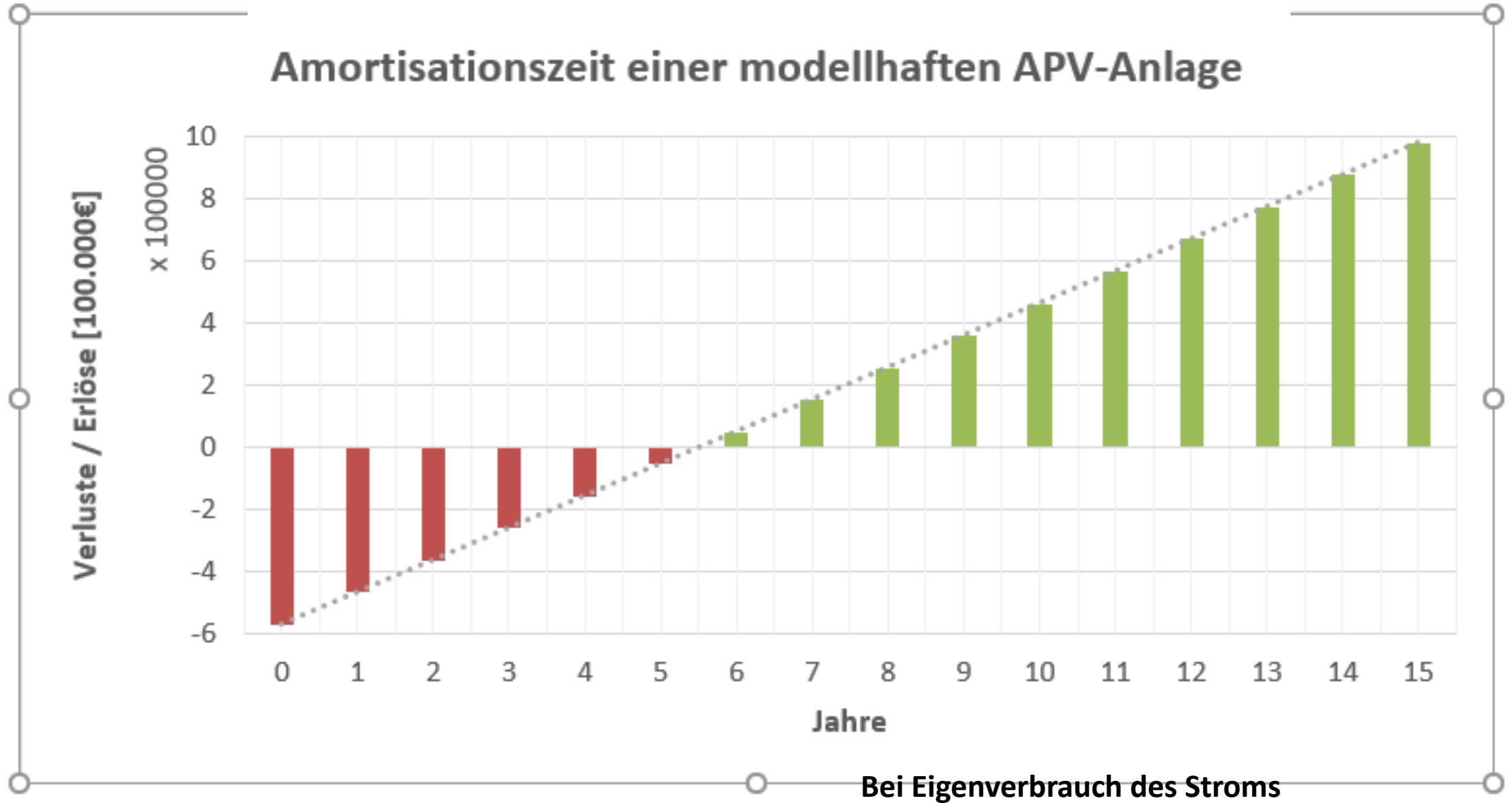
Jährliche Betriebskosten: 12.000 €/a)

Stromertrag: 770 MWh/a

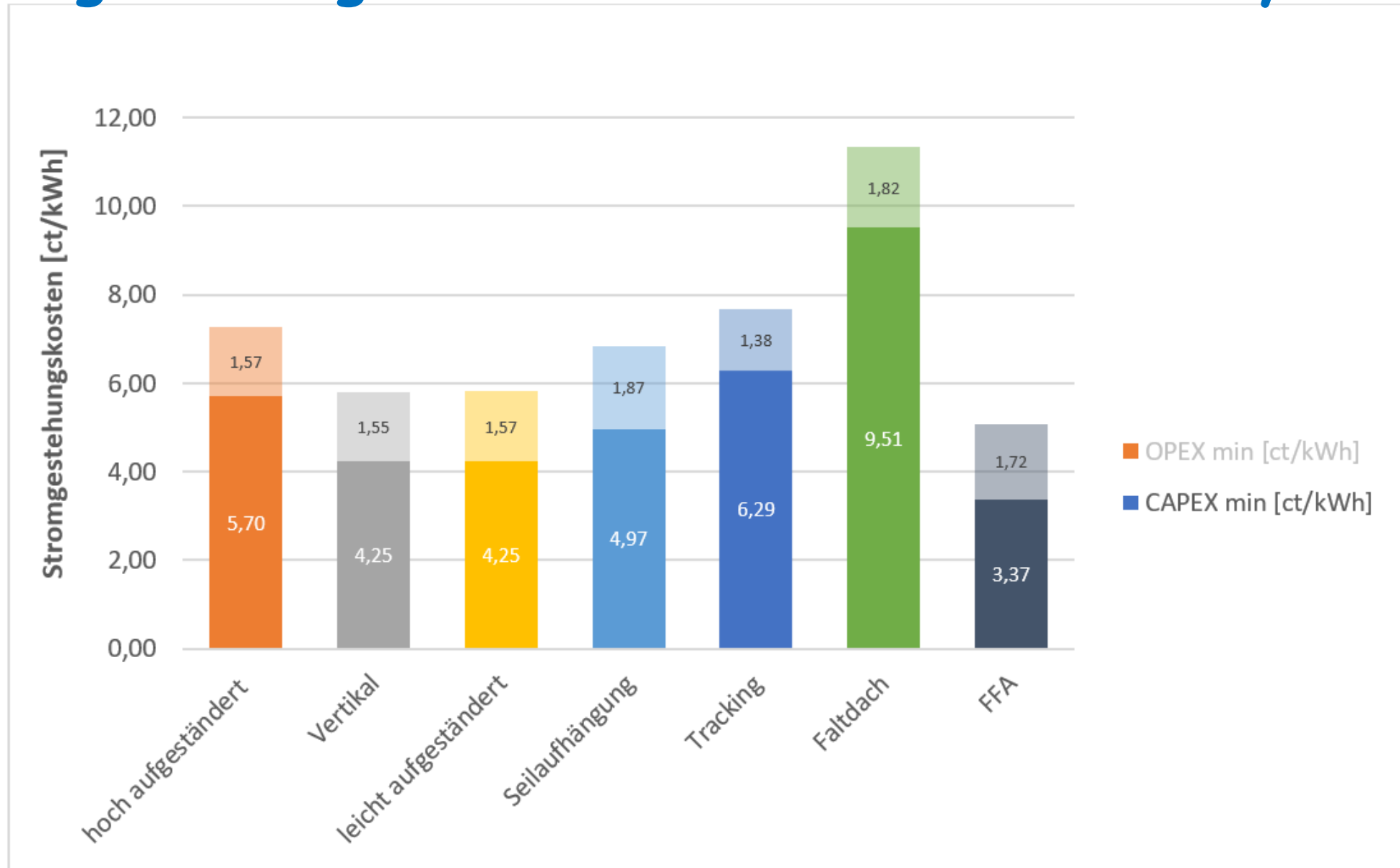
Amortisationszeit: 5,54 Jahre

Ohne Ertrag aus Anbaukultur

Amortisationszeit einer modellhaften APV-Anlage (Idealbedingungen)



Stromgestehungskosten verschiedener APV-Systeme



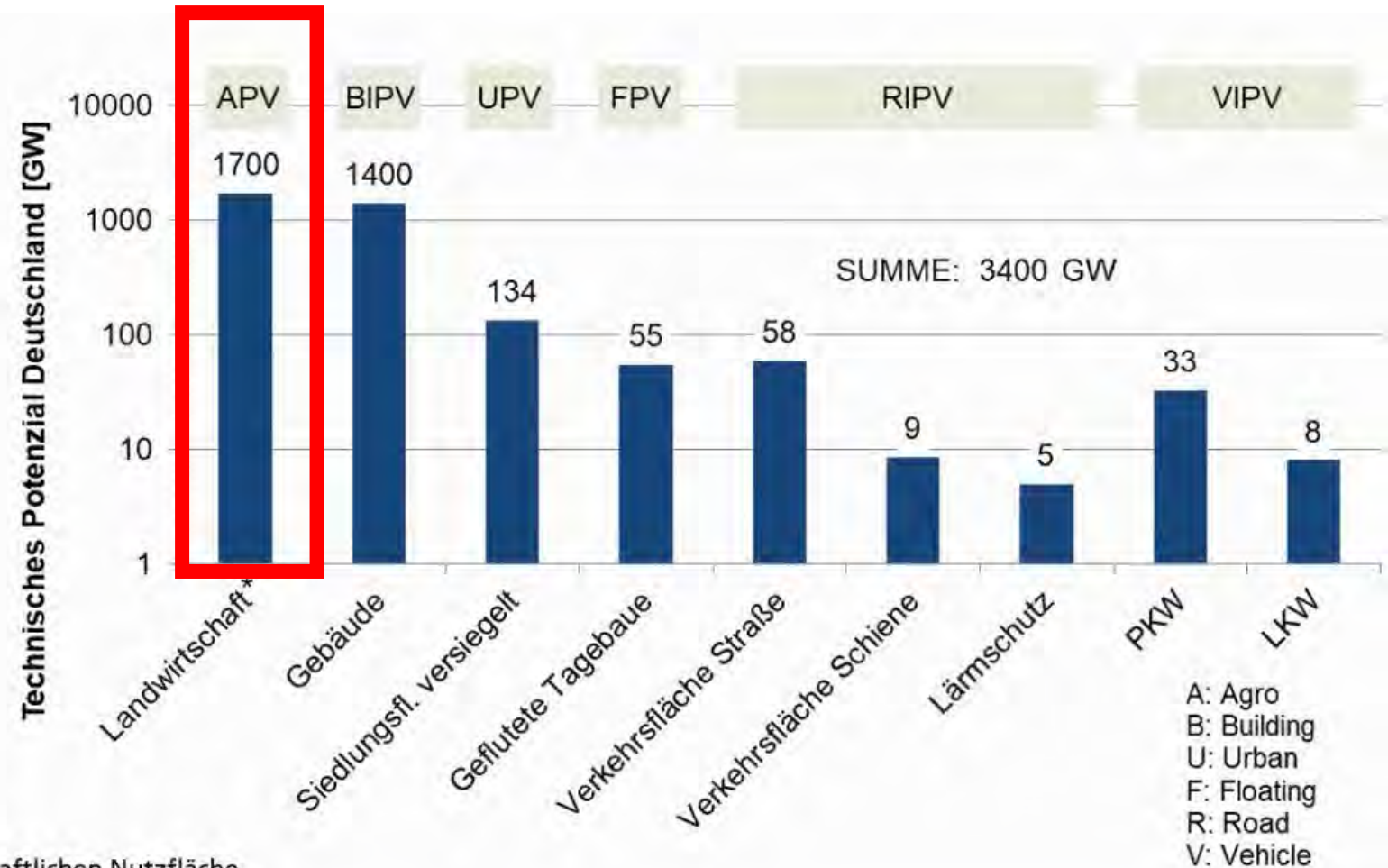
APV-Systeme und PV-FFA auf 1 ha in Cent pro kWh

Flächenbedarf

Potential Agri-Photovoltaik in Deutschland

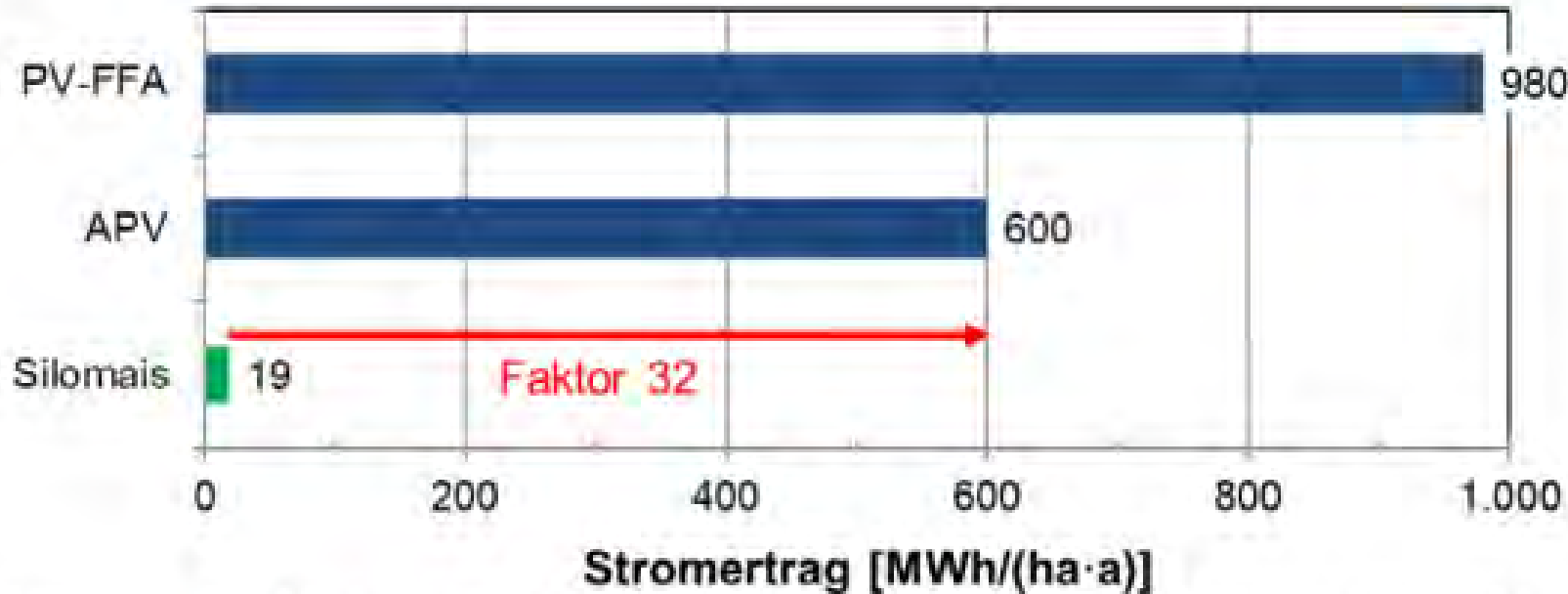
Technisches Potential:

Berücksichtigung technischer, infrastruktureller und ökologischer Einschränkungen



*Entspricht ca. 17 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche in Deutschland

Stromerzeugung auf der Fläche: Vergleich Energiepflanzen / APV



Stromerträge von PV-Kraftwerken und Silomais pro Hektar eingesetzter Fläche

Stromerzeugung auf der Fläche: Vergleich Energiepflanzen / APV

Stromerzeugung (Nennleistung Energie)

1 ha Silomais	0,19 MWp/ha	Wirkungsgrad (Strahlung):	0,2%
1 ha APV	0,700 MWp		16-18 %

Faktor 32

Biokraftstoffen

1 ha Raps	PKW (Diesel-Motor, 5,5 l Biodiesel/100 km)	32.000 km
1 ha APV	E-Auto	3.750.000 km

Faktor 116

(FNR, 2020
Fraunhofer ISE 2021)

Stromerzeugung auf der Fläche: Vergleich Energiepflanzen / APV

Stromerzeugung (Nennleistung Energie)

1 ha Silomais	0,19 MWp/ha	Wirkungsgrad (Strahlung):	0,2%
1 ha APV	0,700 MWp		16-18 %

Faktor 32

Biokraftstoffen

1 ha Raps	PKW (Diesel-Motor, 5,5 l Biodiesel/100 km)	32.000 km
1 ha APV	E-Auto	3.750.000 km

Faktor 116

(FNR, 2020
Fraunhofer ISE 2021)

Energiepflanzen in D: 2,2-2,5 Mio ha = 1540 GW durch APV **Ausbauziel D 2030: 132 GW**

Bei 1 Mio ha als APV = 600 GW

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

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

Flächenbedarf D / Europa / Welt für Stromerzeugung mit APV

Wenn Ausbau PV-FFA durch **Agri-PV** ersetzt, könnten bis 2040 **60,000 ha landwirtschaftliche Nutzfläche** (= Anbaufläche für Obst in 2019) erhalten werden

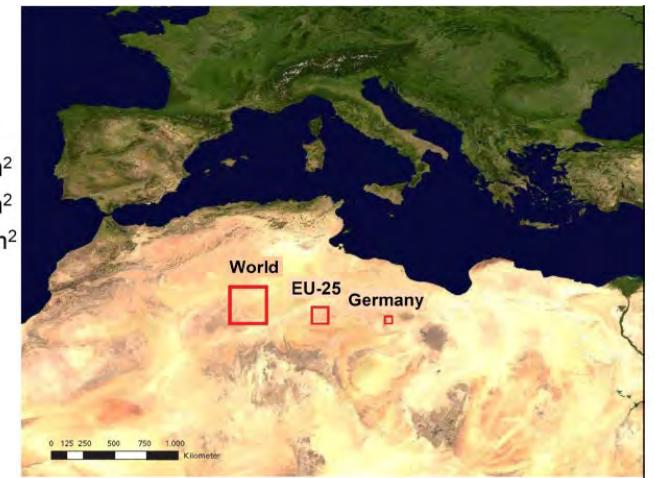
= **81,3 GWp** Agri-PV Leistung

APV:

Auf ca. **4% der landwirtschaftlichen Flächen** in Deutschland könnte der derzeitige **gesamte, aktuelle Strombedarf** (Endenergie, ca. 500 GWp installierte Leistung) gedeckt werden

Der **gesamte Energiebedarf der Menschheit** könnte mit **APV auf knapp 1 % der Ackerfläche** gedeckt werden (Schlegel, 2021)

World 300 x 300 km²
EU-25 150 x 150 km²
Germany 50 x 50 km²
Elektr.bedarf



Genehmigungsverfahren
/
Regelungen

DinSpec - landwirtschaftliche Nutzungsmöglichkeiten

Kategorien I & II

Agri-PV-Systeme	Nutzung	Beispiele
Kategorie I: Aufständigung mit lichter Höhe Bewirtschaftung unter der Agri-PV-Anlage (Bild 1)	1A: Dauerkulturen und mehrjährige Kulturen	Obstbau, Beerenobstbau, Weinbau, Hopfen
	1B: Einjährige und überjährige Kulturen	Ackerkulturen, Gemüsekulturen, Wechselgrünland, Ackerfutter
	1C: Dauergrünland mit Schnittnutzung	Intensives Wirtschaftsgrünland, extensiv genutztes Grünland
	1D: Dauergrünland mit Weidenutzung	Dauerweide, Portionsweide (z. B. Rinder, Geflügel, Schafe, Schweine und Ziegen)
Kategorie II: Bodennahe Aufständigung Bewirtschaftung zwischen den Agri-PV-Anlagenreihen (Bild 3 und Bild 4)	2A: Dauerkulturen und mehrjährige Kulturen	Obstbau, Beerenobstbau, Weinbau, Hopfen
	2B: Einjährige und überjährige Kulturen	Ackerkulturen, Gemüsekulturen, Wechselgrünland, Ackerfutter
	2C: Dauergrünland mit Schnittnutzung	Intensives Wirtschaftsgrünland, Extensiv genutztes Grünland
	2D: Dauergrünland mit Weidenutzung	Dauerweide, Portionsweide (z. B. Rinder, Geflügel, Schafe, Schweine und Ziegen)

Partizipation

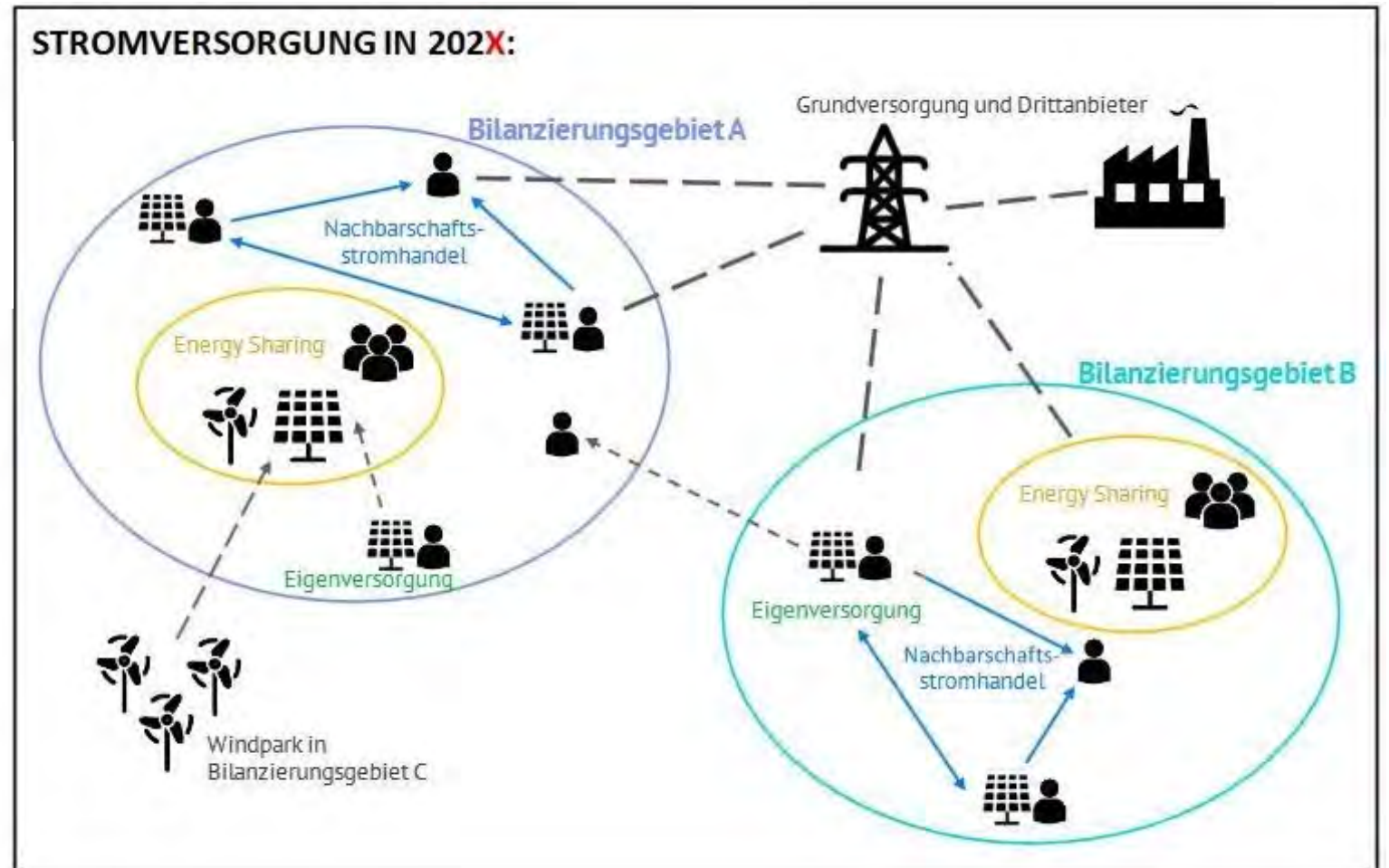
Bürger*innen, Kommunen, Landwirt*innen, Energieversorger...

Energiegemeinschaften als Schlüssel der Energiewende



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

Foto: Unsplash



Vielen Dank!



Dupraz et al. 2011



Elysium Solar

Kerstin Wydra^{1,2}, Vera Vollmer^{1,2}, Susann Prichta^{1,2}, Sabine Schmidt², Hubert Aulich²
¹Fachhochschule Erfurt, ²SolarInput e.V.

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



Potential der Agri-Photovoltaik in Thüringen

Verfasser*innen:

Kerstin Wydra, Vera Vollmer, Sabine Schmidt, Susann Prichtha, Rahel Kunze, Hubert Aulich

Kontakt:

SolarInput e.V.
Gustav-Tauschek-Str. 2
99099 Erfurt
Tel.: 0361 600 85 700
E-Mail: info@solarinput.de
Web: www.solarinput.de

Gefördert durch:

