

„Teller (und) oder Steckdose? – Photovoltaik auf landwirtschaftlichen Nutzflächen“ – Ausgestaltungsoptionen, Chancen und Herausforderungen

Prof. Dr. Klaus Müller

1. Ausgangslage
2. PV auf landwirtschaftlichen Flächen – Agri-PV ungleich PV auf landwirtschaftlichen Flächen
3. PV-Ausgestaltungsoptionen auf landwirtschaftlichen Flächen
4. Agri-PV auf landwirtschaftlichen Flächen – Potenziale
5. Akzeptanz als Voraussetzung
6. Offene Fragen und Fazit

Dem Klimawandel entgegen treten

Energiewende



Klimaneutralität 2045
(inkl. Landwirtschaftssektor)
Generationengerechtigkeit,
THG-Minderung

Ausbauziel PV 2030/40 = 18/33 GW
derzeit: 4,5 GW

Ausbauziel Wind 2040 = 15 GW
derzeit: 7,5 GW = 1,6 % Fläche

Quelle:

<https://www.rbb24.de/wirtschaft/beitrag/2022/08/brandenburg-ausbau-erneuerbarer-energien-weiterausbauen.html>

Agrarwende



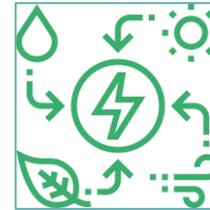
Kostensenkungswett-
bewerb am Weltmarkt
Landwirtschaft 4.0,
Anpassung an
Klimaveränderungen,
Biodiversitätsschutz

Strukturwandel



Innovations-
statt
Kostensenkungs-
wettbewerb

Anpassung an Klimawandel



Ernährungssicherung,
Wasserrückhalt,
Wiedervernässung,
Niedermoorschutz,
Extremereignisse

Akzeptanz



gesellschaftlicher
Konsens

Wertvolle Lebensräume multifunktional nutzen und erhalten

Flächenverlust



Versiegelung,
Ausgleichsflächen, Biogas
und Biosprit, Land als asset,
Pachtpreise

Bewirtschaftungs- einschränkungen



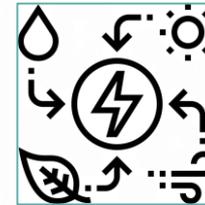
Glyphosatverbot,
GMO-Verbot,
PSM-Reduzierung,
Nitratbelastung

Auswirkungen des Klimawandels



Frühjahrstrockenheit,
Grundwasserspiegel,
Temperaturanstieg,
Extremereignisse

EU-Rahmen- bedingungen



Ausrichtung auf welt-
marktorientierten Kosten-
senkungswettbewerb statt
Innovationswettbewerb
Landwirtschaft 4.0

Imageprobleme



Landwirtschaft als
Problemverursacher
statt Problemlöser

Nachhaltige Agrarlandschaftsnutzung erfordert Agrarwende, Ressourcenschutz und Anpassung an Klimawandel

=> PV als Option



Agrarwende

- **EU-Agrarpolitik und Anforderungen bei Nachhaltigkeit**
- Neue Strategien/ Anpassungen an **Klimafolgen**
- **Grenzen im Kostensenkungswettbewerb** am Weltmarkt
- **Wertschätzung der Betriebe**
- **Finanzierung einer Neuausrichtung der Betriebe**

Ressourcenschutz und Anpassung an Klimawandel

- Klimawandel als existenzielle Bedrohung (2 Grad Ziel)
- Biodiversitätsverlust, Nitratbelastung, Niedermoorschutz,
- Wasserrückhalt, Bewässerung, Wasserverfügbarkeit
- Resilientes Energieversorgungssystem, Energiepreise
- **Konkurrenz um Flächen, Konflikte, Akzeptanz**

Chancen

Konfliktvermeidung und Akzeptanzsteigerung durch **Doppelnutzung** der Flächen

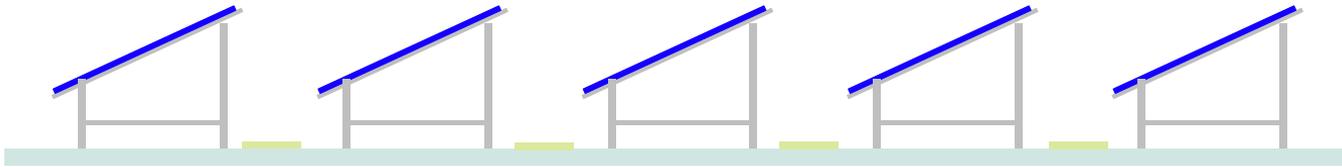
- **Innovative Weiterentwicklung für** landwirtschaftliche Betriebe ; Landwirtschaft 4.0
- Deutschland kann hier (noch) eine **Vorreiterrolle** einnehmen
- **Mehrwerte für die Gemeinde** realisieren
- Akzeptanz und Finanzierbarkeit für **Energie- und Agrarwende**

Ausgestaltungsoption „Freiflächen-PV“ – Agri-PV im Vergleich zur klassischen Süd-Aufstellung



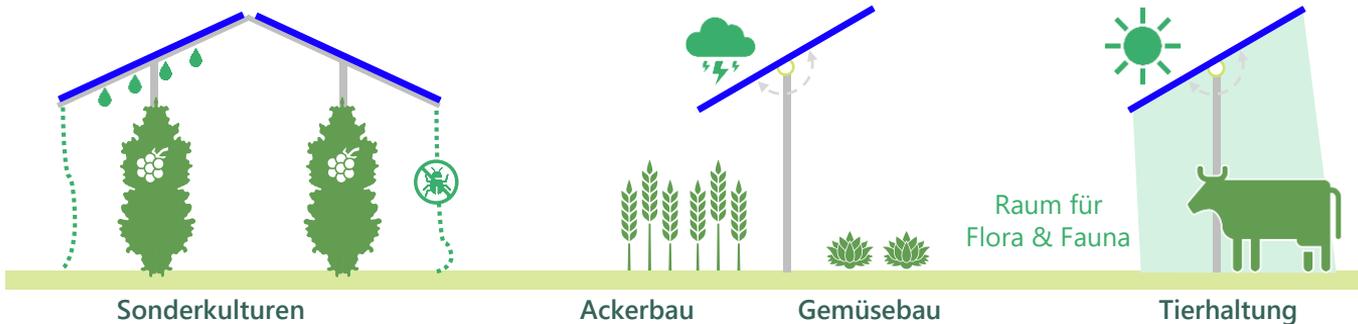
Alte Welt – „Blaue Wiese“ = Energie + Biodiversität + „Flächenverlust“

Eine Nutzungsform mit Konfliktpotentialen, trotz Nachhaltigkeit



Agri-PV = Landwirtschaft + Energie + Biodiversität + Direktzahlungen

Doppelnutzung der Flächen mit Synergien für die Landwirtschaft



Agri-PV mit nachgeführten PV-Trackern erzeugt auf der gleichen Fläche vergleichbar viel Grünstrom



Sicht der Landwirtschaft

Flächennutzung nur für Energie
Landwirtschaftliche Fläche wird umgenutzt; ist nicht mehr für landwirtschaftliche Produktion verfügbar

Biodiversität
ökologischer Mehrwert in beiden Konzepten möglich.

Boden aufwerten/Stilllegung
Humusaufbau und Ertragssteigerung

Chance für den Betrieb
Finanzielle Mittel für Neuausrichtung; bei Agri-PV: weniger Pächter-Eigentümer-Konfliktpotenzial

85-90 % für Landwirtschaft nutzbar
Agri-PV ist kein Risiko für Nahrungsmittelversorgung

Klimafolgen mindern
Schutz vor Extremwetterlagen, unabhängig von Fördergeldern

Impressionen



Impression aus Gottesgabe



Impression aus Süddeutschland und Frankreich

Ernte Futtererbse (Donaueschingen)



Impressionen

Hoch aufgeständert



Rheinland-Pfalz - Apfelbaumplantage

Vertikal aufgestellt



Next2Sun

Agri-PV Innovationen als Ergänzung für jeden Betrieb und Standort.

Ernte Linsen – Frankreich (Total Energies)



Ernte Winterweizen – Frankreich (Total Energies)



Impressionen

1-Achsen Tracker



Elysium Solar



Elysium Solar

Agri-PV Innovationen als Ergänzung für jeden Betrieb und Standort.

Beispiel eines Agri-PV-Konzeptes das Marktfruchtanbau weiter ermöglicht



Es werden **1-Achsentracker** in **Nord-Süd-Ausrichtung** der Modultische verbaut. Somit können die Module ca. $\pm 55^\circ$ von **Ost nach West dem Sonnenstand nachgeführt** und der landwirtschaftlichen Tätigkeiten spezifisch je Modultisch angepasst werden.

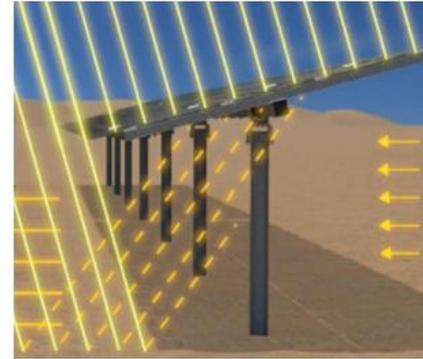
Dies führt nicht nur zu geringer und **gleichmäßiger Beschattung** zwischen den Reihen für Feldfrüchte, sondern trägt auch strukturell zu **höheren PV-Marktwerten** bei.

Der **Mehrertrag** der aktiven Rückseite von **bifazialen Modulen** fällt je höher aus, desto breiter die Reihenabstände und je höher die Aufstellung und der Albedo-Effekt sind, um viel Sonnenenergie beidseitig umzuwandeln.

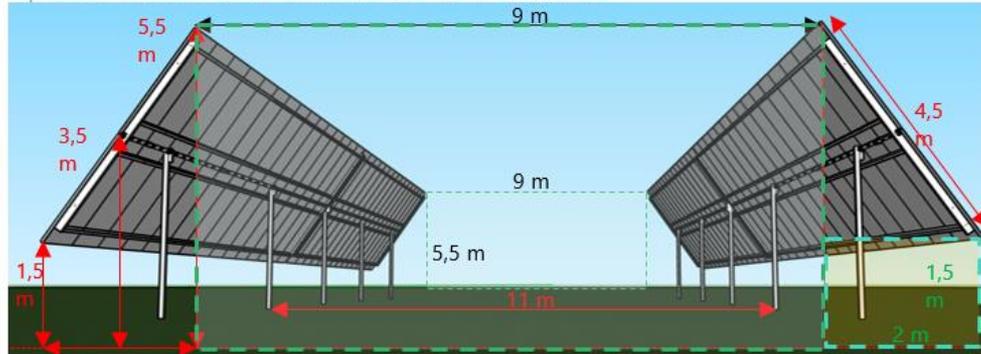
Dadurch passt die **energetisch optimierte Auslegung** des Solarparks mit den Anforderungen der **Mehrfachnutzung** und der Biodiversität **sehr gut zusammen**.

Anpassungen wie tiefere Kabelschächte, geringe Anzahl von Pfählen mit Rammfundamente und großzügige Auslegung der Infrastruktur vervollständigen das Konzept.

Bifaziale PV-Module und -Mehrfachnutzung (Beispiel)

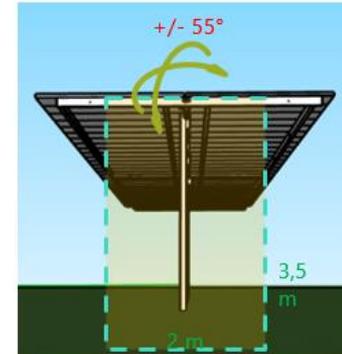


Elysium Solar - Standardvariante: Arbeitsbreiten und Blüh- bzw. Sicherheitsstreifen



Arbeitsbreiten
Landwirtschaft

Blühstreifen und
Sicherheitsabstand



• Sicherheitsabstand - es werden auf $\times 0,5$ m gerundete Werte zur vereinfachten Veranschaulichung angegeben

- Die bekannte PV-Technologie kommt **lediglich** in neuen, integrativen Gesamtkonzepten zur Anwendung

Beispiel eines Agri-PV-Konzeptes das Marktfruchtanbau weiter ermöglicht



Begrenzte Flächen mehrfach Nutzen. **90 % der Fläche stehen weiter der Landwirtschaft zur Verfügung**

Energiewende

PV-Tracker führen für mehr Ertrag die PV-Module der Sonne Ost-West nach

Bifaziale PV-Module

mit aktiver Rückseite zur Stromgewinnung

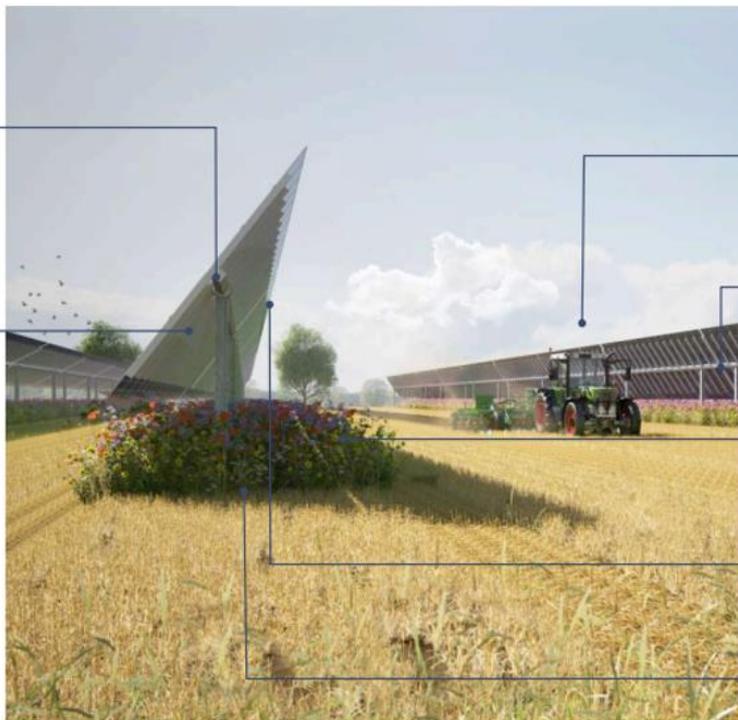
rd. 40-60 mal **mehr Grünstrom**

als Silomais auf gleicher Fläche und rd. 20% mehr Solarstrom als die Süd-Aufstellung

Erzeugung an Randzeiten des Tages mit sinnvoller Netzeinspeisung

Sichere Technologie

mit weltweit erprobter Technologie.
45 GWp Zubau 2020 = $\frac{1}{4}$ Leistung DE



Elysium Solar

Landwirtschaft

Reihenabstände von mind. 10 m sind energietechnisch notwendig (gegenseitige Verschattung der PV) und eignen sich sinnvoll für die Landwirtschaft.

Die **hohe Aufständigung** erlaubt Bewirtschaftung und Lichteinfall

Anpassung an Klimafolgen verringerter Bewässerungsbedarf und höhere Bodenfeuchtigkeit durch Windbrechung

Schutz vor Extremwetter wie bspw. Sonnenbrand und Hagel vgl. Agro-Forst-System.

Ökologischer Mehrwert wie bspw. Blühstreifen

DIN SPEC 91434 Agri-Photovoltaik-Anlagen (1/4)

– Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung



■ Voraussetzungen

Fläche Landwirtschaft
85-90 %



Der Fläche bleibt
ausschließlich für Landwirtschaft

Produktion Landwirtschaft
>= 66 %



der landwirtschaftlichen
Produktion zum Referenzstandort

Kontrolle
1/ Jahr



Überprüfung durch externen
Dienstleister / Umweltprüfer

Agri-PV mit klarer Abgrenzung zu klassischer PV FFA

Konzepte und Mehrwerte

Flächenleistung 60-90%



vgl. klassische PV

Mit PV-Modulen für
Wasser- und Lichtmanagement

Stromproduktion 80-125%



vgl. klassische PV

Mit subventionsfreier Umsetzung
bei großen Anlagen

Mehrwerte Agri-PV Systeme



Akzeptanz durch Mehrfachnutzung
Diversifizierung, Arbeitsplätze,
Regionale Teilhabe und Wertschöpfung,
Förderung Flora und Fauna

PV auf landwirtschaftlichen Flächen – Potenziale für Agrarwende



- Chance zur **strukturellen Weiterentwicklung**
- **Zusätzliche Einnahmen** für Landwirte
- Stabilisierung und Diversifizierung der Einnahmen –
unabhängiger von **Fördergeldern** und **Klimafolgen**
- Vom **Kostensenkungswettbewerb** zum **Innovationswettbewerb**
- **Neue Perspektiven (Landwirtschaft 4.0)**
Märkte, Produkte* und Wertschöpfungsketten
- **Wertschätzung**
Image für Landwirte verbessern
- **Anpassung an Klimawandel**
Verdunstung reduzieren, Schutz vor Extremereignissen, Bewässerungsoption



Agri-PV und Anpassung an Folgen des Klimawandels

Klimafolgen



Steigende **Trockenheit** in Brandenburg



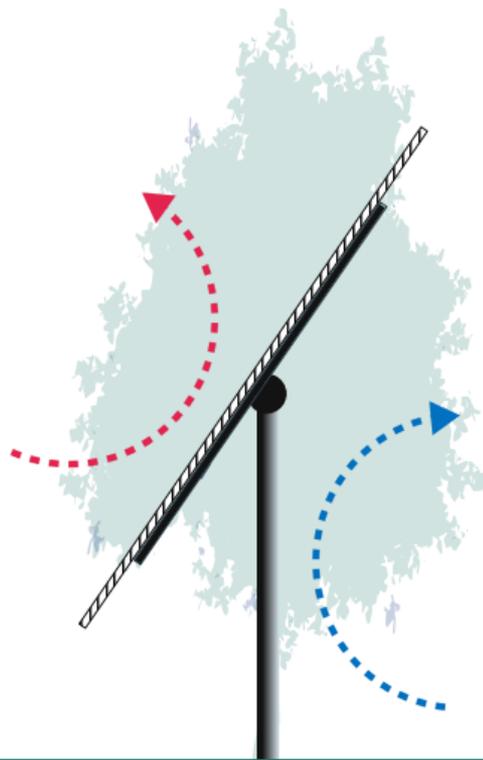
Zunehmende **Starkwetter-Ereignisse** wie Stürme, Sturzregen und Hagel



Sinkende **Grundwasserspiegel**



Kosten- & Anpassungsdruck in der Landwirtschaft



Agri-PV Synergien



Flexible Verschattung führt zu einer höheren Bodenfeuchtigkeit³ und verringert den Bewässerungsbedarf



Windbrechung sorgt für weniger Verdunstung **und Schutz** der Kulturpflanzen

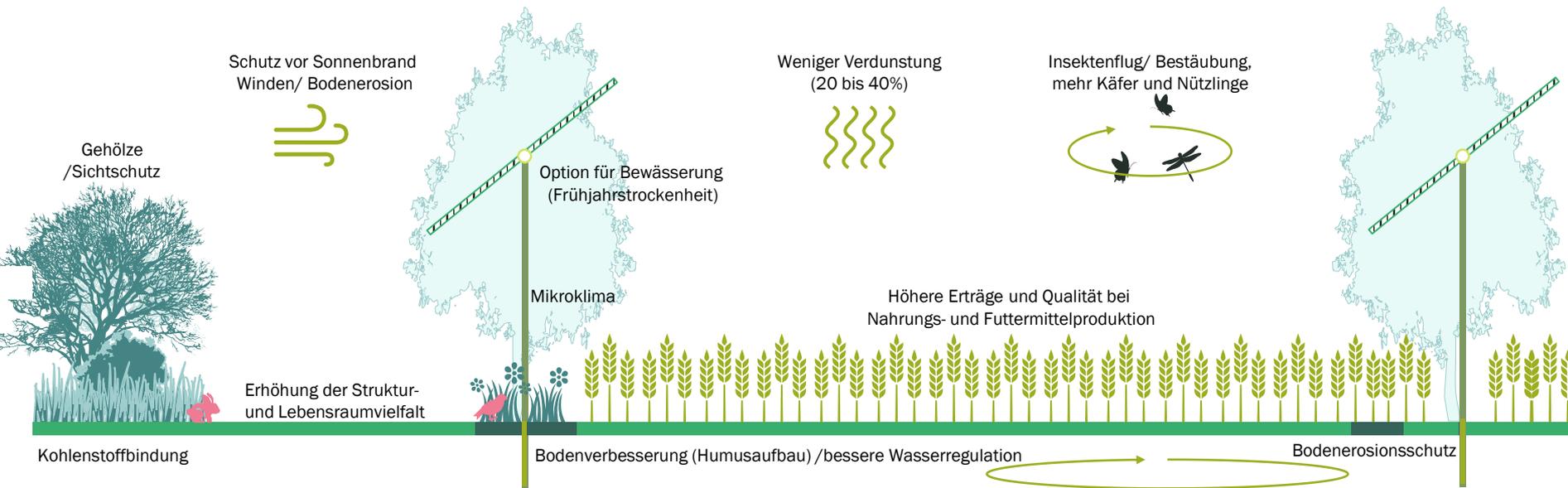


Beerenobst profitiert vom **besseren Mikroklima** unter und zwischen den Modulen (Agroforst-Effekt)



Robuste Pachteeinnahmen aus der PV stabilisieren die Wirtschaftlichkeit der Betriebe

Agri-PV – zusätzlich: Potenziale für Anpassung an Klimawandel



Bäume und Hecken zur Einfriedung

- bringen Schutz vor Wind- und Wassererosion
- bringen Sichtschutz und gestalten Landschaft
- haben positiven Effekt auf Klimaschutz
- tragen zum Biodiversitätsschutz bei

Legende

- AL landwirtschaftlich nutzbare Fläche
- AN landwirtschaftlich nicht nutzbare Fläche (DIN SPEC 91434 für Agri-PV)

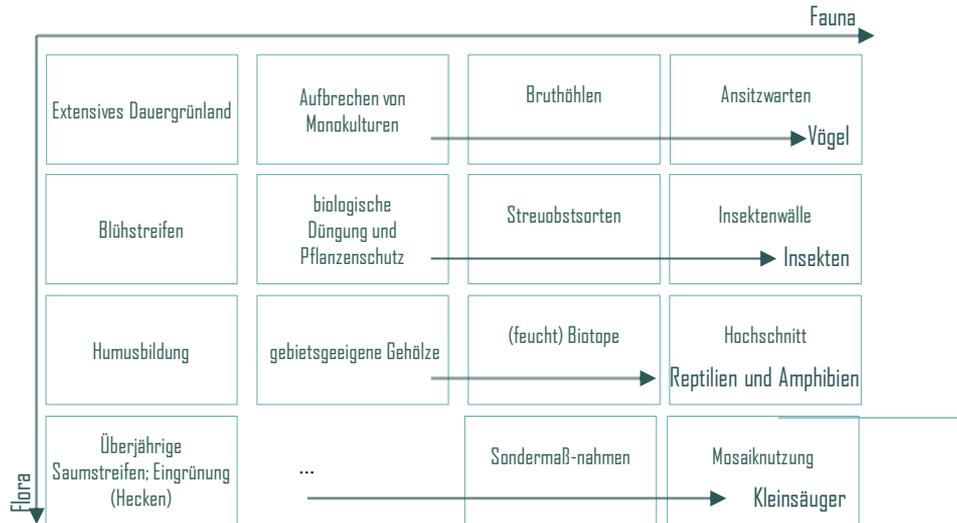
PV auf landwirtschaftlichen Flächen

– Potenziale für Biodiversitäts- und Ressourcenschutz



Biodiversitätsschutz

- **Diversifizierung der Agrarlandschaftsnutzung**
- **Schaffung von Lebensräumen** für Insekten, Amphibien, Vögel, Reptilien und Kleinsäuger



Ressourcenschutz

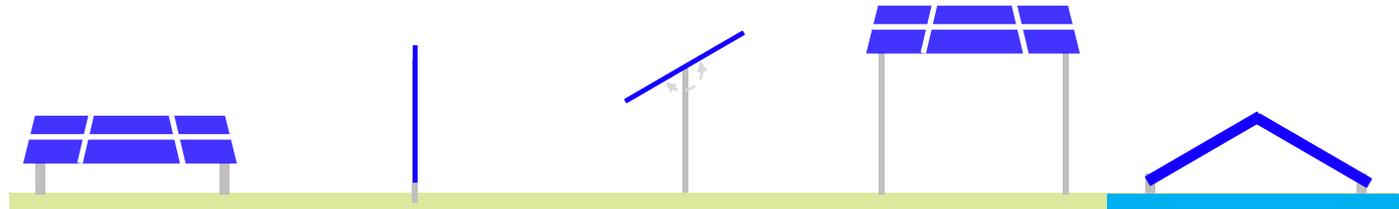
- **Reduzierte Grund- und Trinkwasserbelastung**
- **Reduzierter PSM-Einsatz**
- **Humusaufbau** samt CO₂-Bindung
- **Reduzierte THG-Emissionen durch Niedermoorschutz** (Wiedervernässungspotenziale)

Ausgestaltungsoptionen: Varianten von PV auf Agrarflächen

PV-Anlagen Typ	Klassische PV (Südaufgeständert)	Agri-PV (vertikal)	Agri-PV (1-Achsen Tracker)	Agri-PV (fix Hochaufgeständert)	Sonder-PV (Bsp. Floating-PV)
Leistung [MWp/ha]	1,0 – 1,1	0,3 – 0,4	0,8 – 1,0	0,7 – 0,9	1,0 – 1,1
Volllaststunden [h]	950 - 1.050	1.000 – 1.100	1.150 – 1.250	950 - 1.050	950 – 1.050
Jahresproduktion [MWh/MWp]	950 – 1.150	350 – 450	920 – 1.300	665 – 945	950 – 1.150
Gemeindeabgabe [EUR/ha]	1.900 – 2.100	700 – 900	1.840 – 2.600	1.330 – 1890	1.900 – 2.300
LCOE [Cent/kWh]	3,5 – 6	5,5 – 6,5	6 – 8	7 – 12	4 – 8

Die Stromgestehungskosten (LCOE) werden insbesondere durch die folgende Parameter bestimmt

- PV-Anlagenkosten
- Größe der Anlage
- Netzanschluss
- Erzeugte Energie

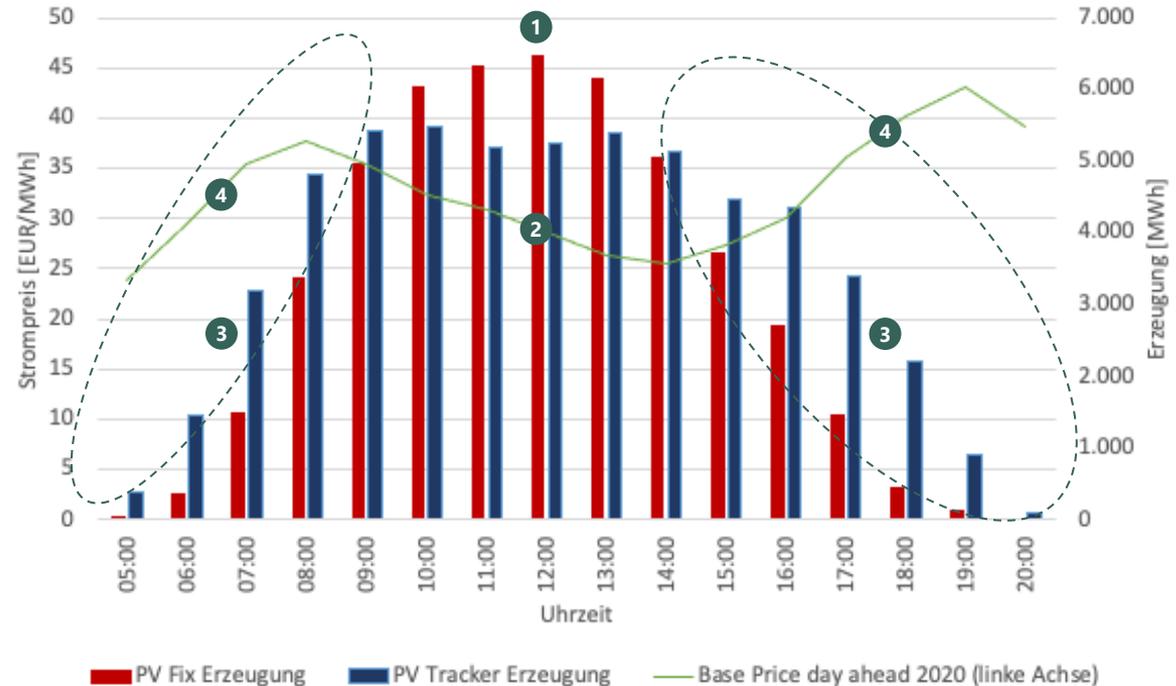


Anmerkung: Bei diesen Werten handelt es sich um erste grobe Schätzungen für größere Anlagen (50 ha und mehr).
Konkrete PV-Anlagen können in Abhängigkeit von Anlagengröße, Netzanschlusskosten etc. deutlich abweichen.

Hintergrund zum Vergleich der PV-Anlagenkonzepte (Klassische Süd-Aufständerte vs. 1-Achsentracker)



- 1** **Klassische Süd-Aufgeständerte-** PV-Anlagen erzeugen zur **Mittagszeit** die meiste Energie.
 - 2** Tendenziell gilt das für die meisten PV-Anlagen in Deutschland, so dass durch die Merit-Order gleichzeitig die **relativen Strompreise sinken**. Dieser Effekt wird durch mehr PV-Stromanteilen verstärkt.
 - 3** Das Erzeugungsprofil von **PV-Trackern** weisen insb. in den **Morgen- und Abendstunden höhere Erzeugung** auf. Über das Jahr erzeugen diese rd. **15-20% mehr Energie** (Volumen-Effekt).
 - 4** Gleichzeitig wird der Strom tendenziell zu Zeiten mit relativ **höheren Strompreisen** erzeugt und führt so zu höheren spezifischen Marktwerten (Preis-Effekt)
- In der Summe müssen die höheren Erlöse aus der Vermarktung die höheren Investitionskosten der PV-Tracker überkompensieren.



Note: Exemplarisch den 21. und 22. April aus dem Wetterjahr 2016 herausgezogen für die Veranschaulichung einem 50 MWp PV-Park

Gemeinde – lokale Akzeptanz

Wie trägt das Vorhaben zum gesellschaftlichen Interessenausgleich bei?

- Potential für **echte Mehrfachnutzung**
Teilhabeooptionen Gemeinde bspw. Mitgestaltung und Gemeindeabgabe bis zu 0,2 ct/kWh (§6 EEG)
- Städtebaulicher Vertrag als Sicherheit für Umsetzung
- Vielfältige Optionen für Interessenausgleich

Beitrag zur Energiewende/Klimaschutz

Welches Vorhaben ist am ehesten geeignet Klimaziele zu erfüllen?

- Kein Subventionsbedarf ab gewisser Nennleistung
- 20 – 40-facher Energieertrag je ha im Vergleich zu Biogas mit Mais
- Geringere Beeinträchtigung des Landschaftsbildes als WKA
- **Weniger gesellschaftlicher Widerstand**
als bei klassischen PV-Freiflächenanlagen
- Agri-PV und Niedermoorschutz/Wiedervernässung => Mitigation

Umwelt

Wie fördert das Vorhaben konkret die ökologische Umwelt?

- Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen in Gemeinden
- Biodiversitätsschutz (Habitats und Biotopverbund)
- Einbindung in Landschaftsbild (Sichtschutz z.B. Hecken)
- Agri-PV trägt zur Nutzungsdiversifizierung bei

Unternehmen

Wie unterstützt das Vorhaben die lokale Wirtschaft?

- **Strukturelle Weiterentwicklung landwirtschaftlicher Betriebe**
(höhere Wertschöpfung/ha); **Innovationswettbewerb**
- **weniger Eigentümer-Pächter-Konfliktpotenziale**
- **reduzierter Tank-Teller-Konflikt**

Große PV-Anlagen entstehen derzeit unabhängig von EEG-Förderung überall in der Kulturlandschaft

=> Es geht **nicht mehr** um das **ob**, **sondern** nur noch um das **wie und wo** sowie um die **Akzeptanz!**

Wie?

- Klassische Freiflächenanlagen vs Agri-PV => möglichst viel Agri-PV
- Geeignete landwirtschaftliche Nutzungsoptionen für Agri-PV entwickeln
- Biodiversitätsschutzeffekte und Einbindung in das Landschaftsbild optimieren

Wo?

- Grenzertragsstandorte vs. optimale Agri-PV-Standorte
- Agri-PV statt Mais für Biogasanlagen
- Ausschluss oder Einzelfallentscheidung bei Schutzgebieten
- Mindestabstand zu Siedlungen

Akzeptanz?

- Einbindung der großen Stakeholder (Umwelt-, Kommunalverbände etc.)
- Einbindung der Genehmigungsbehörden
- Einbindung der lokalen Bevölkerung/Teilhabemöglichkeiten
- Einbindung der tangierten Kommunen (gesicherte finanzielle Beteiligung)



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit.



Leibniz-Zentrum für
Agrarlandschaftsforschung
(ZALF) e.V.

HUMBOLDT-UNIVERSITÄT ZU BERLIN



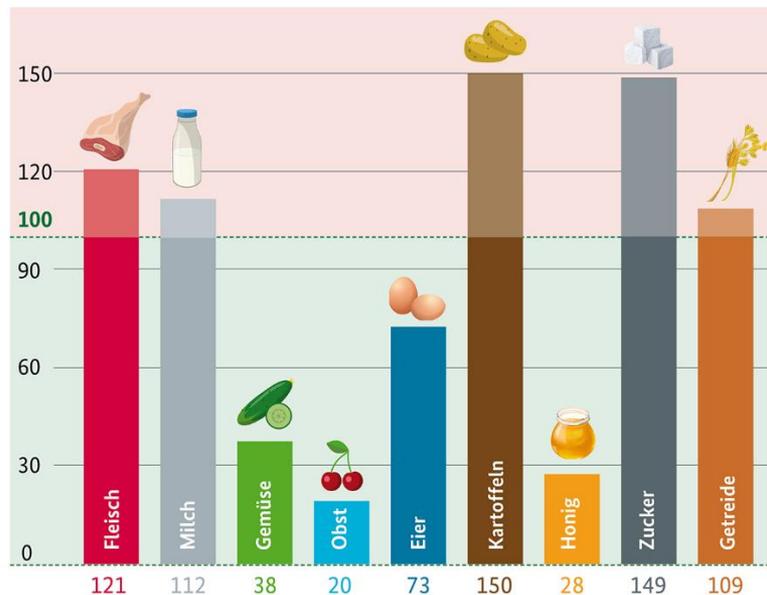
<https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/agri-photovoltaik-agri-pv.html>
<https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/APV-Leitfaden.pdf>

Kontakt: Prof. Dr. Klaus Müller; kmueller@zalf.de

<https://www.bmel-statistik.de/ernaehrung-fischerei/versorgungsbilanzen>

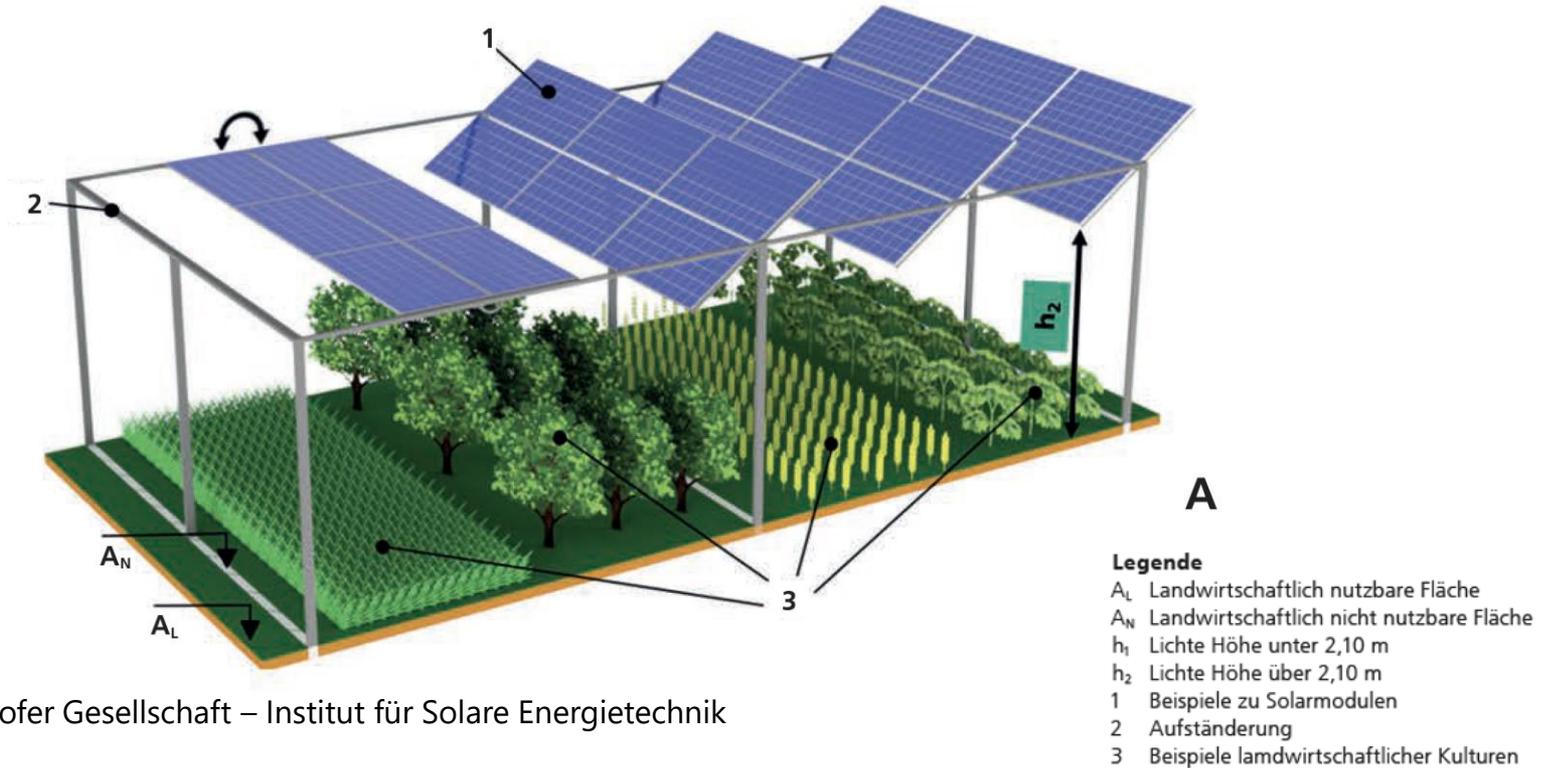
Der Selbstversorgungsgrad in Deutschland

(2022, in Prozent)



DIN SPEC 91434 Agri-Photovoltaik-Anlagen (2/4)

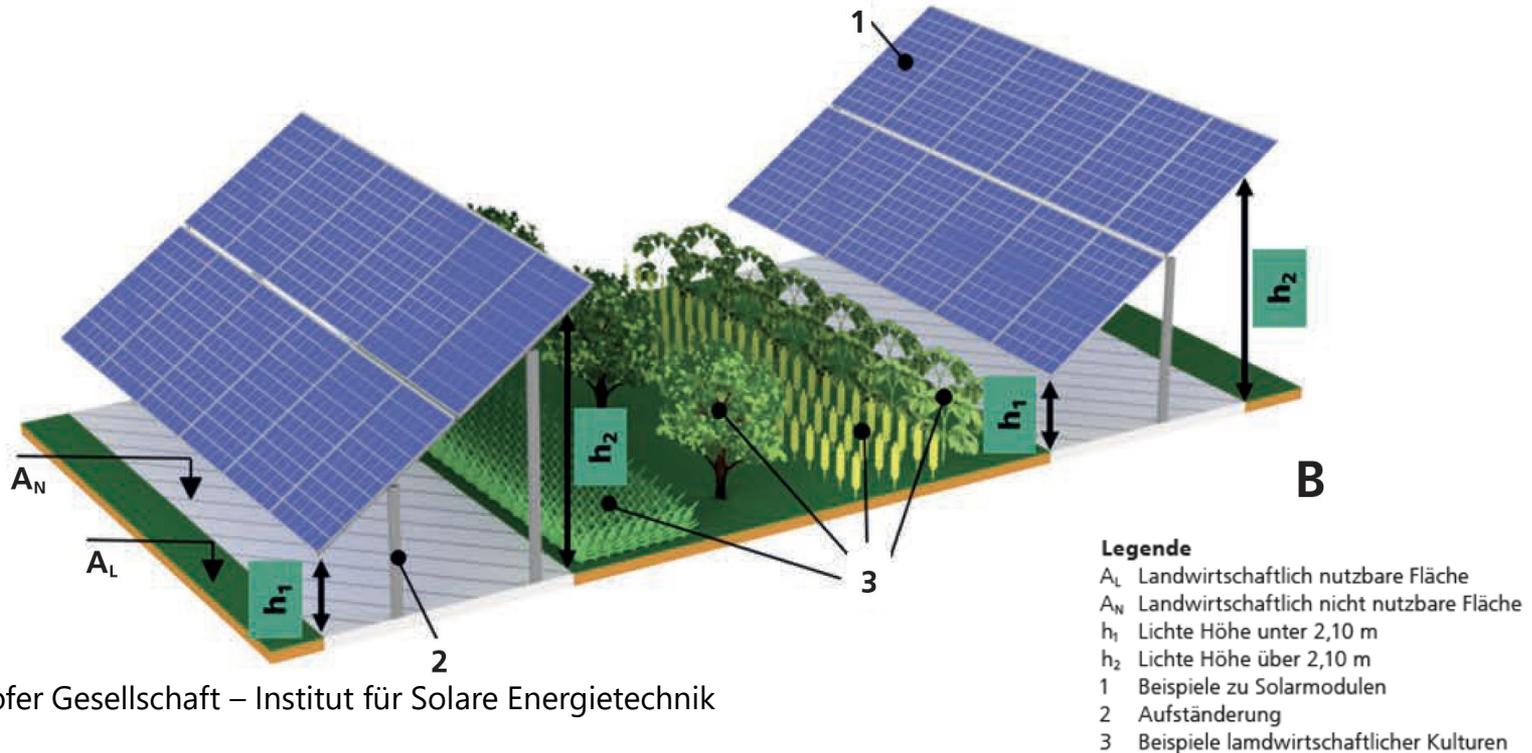
– Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung



Quelle: Fraunhofer Gesellschaft – Institut für Solare Energietechnik

DIN SPEC 91434 Agri-Photovoltaik-Anlagen (3/4)

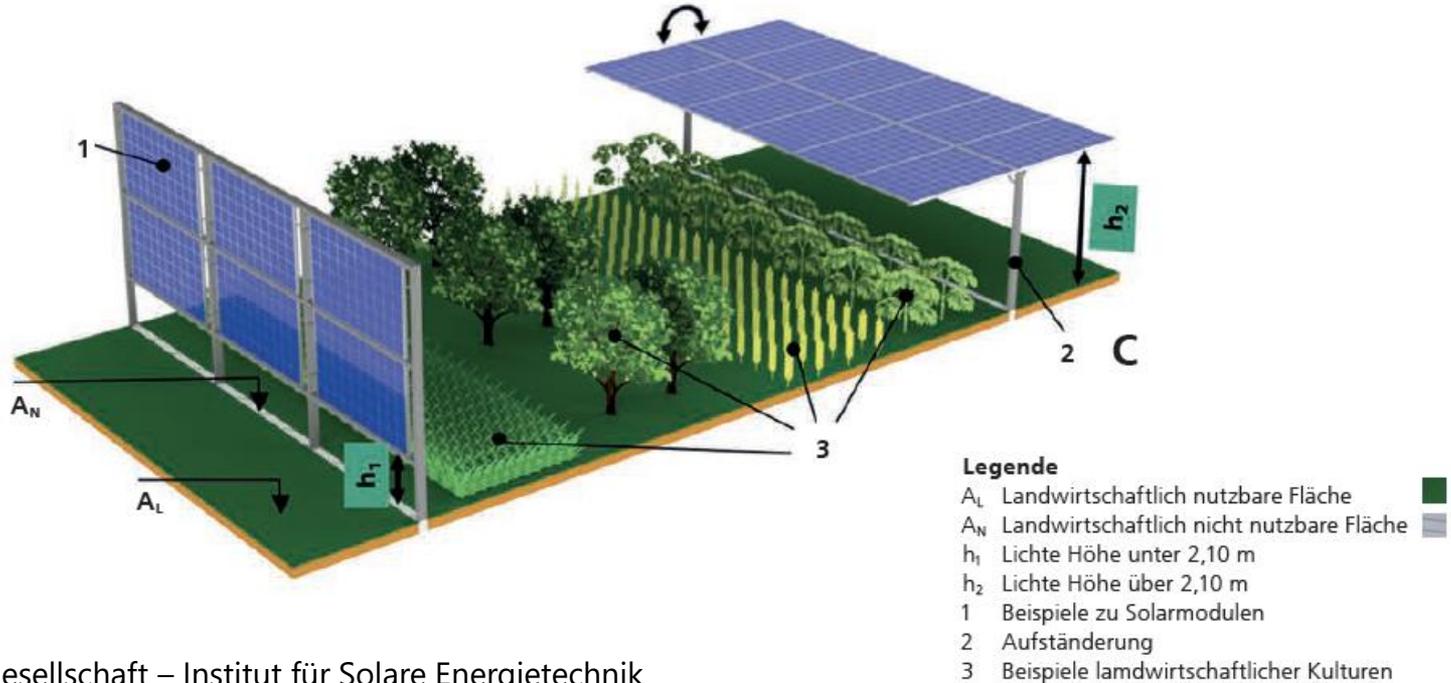
– Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung



Quelle: Fraunhofer Gesellschaft – Institut für Solare Energietechnik

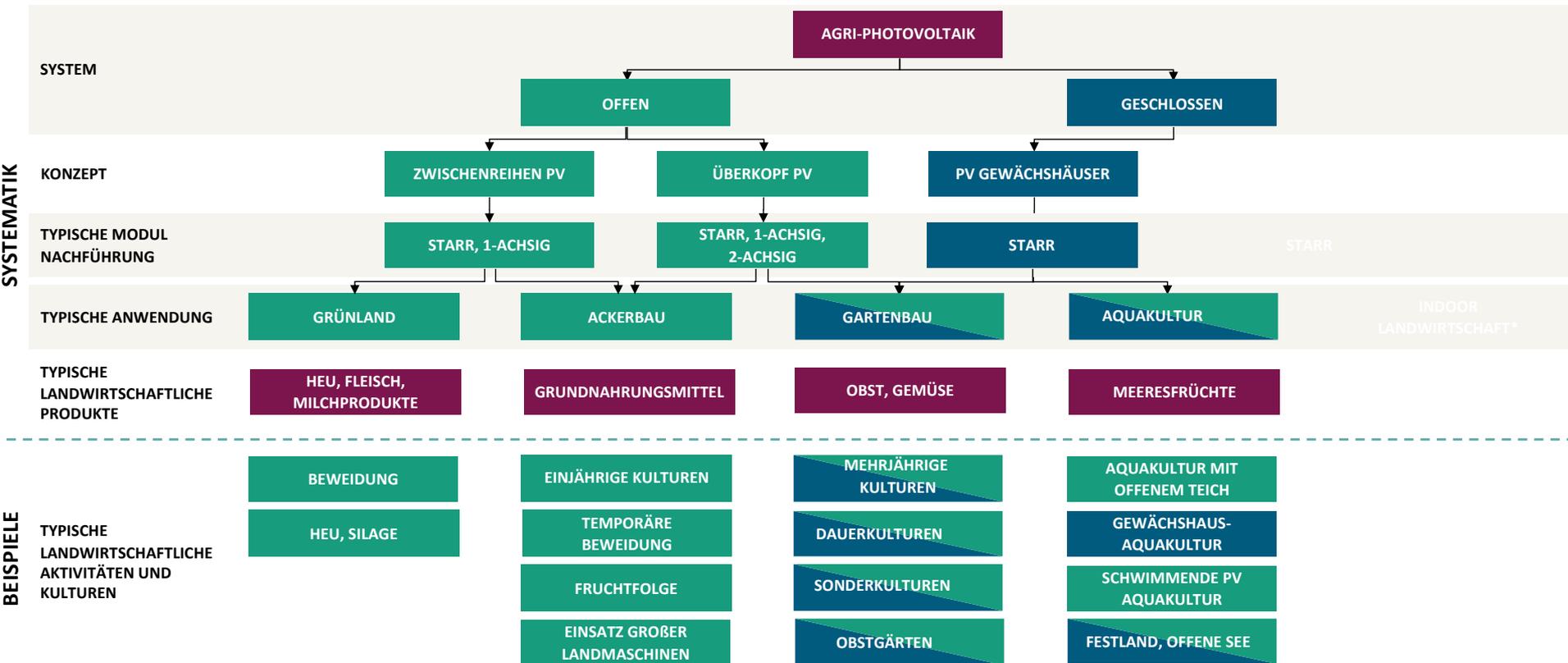
DIN SPEC 91434 Agri-Photovoltaik-Anlagen (4/4)

– Anforderungen an die landwirtschaftliche Hauptnutzung



Quelle: Fraunhofer Gesellschaft – Institut für Solare Energietechnik

Systematik Agri-PV nach Fraunhofer ISE



* Typischerweise nicht als Agri-PV bezeichnet