

# FLÄCHENPOTENTIALE UND FLÄCHENSYNERGIEN

## SOLARENERGIE AUF ÄCKERN, GEWÄSSERN, FLÄCHEN UND FAHRZEUGEN



Quelle: Fraunhofer ISE

**Bild 1:** Flächensynergie: Spalierobst-Plantage unter einer Agri-PV-Anlage. Die Module schützen empfindliche Früchte wie Kirschen oder Johannisbeeren vor Hagelschlag u. ä., und profitieren zugleich in der Sommerhitze von der Verdunstungs-Kühle der Pflanzen

Je mehr Menschen wir auf diesem Planeten werden, je mehr Infrastruktur wir für unseren Lebensstil benötigen, desto stärker wird die Flächenkonkurrenz. Eine Landschaft mit Knicks und Feldern oder ein neues Gewerbegebiet, eine blühende Wiese zur Naherholung oder ein Neubaugebiet als Zuhause für Menschen – es geht oft nicht beides am selben Ort. Die Flächenkonkurrenz wird künftig noch schärfer werden, denn z.B. Deutschlands Bevölkerungszahl steigt durch Zuwanderung steigt. Die Zukunft ist heute bereits tendenziell in den dichter besiedelten Niederlanden zu sehen, wo Häuser schwimmend auf das Wasser, Fahrrad-Parkplätze unter die Erde, und neue Provinzen wie Flevoland eingedeicht unter den Meeresspiegel verlegt wurden.

Von dieser zunehmenden Flächenkonkurrenz sind insbesondere als Flächenenergien auch die Erneuerbaren Energien im Allgemeinen und die Solarenergie im Speziellen betroffen. Denn für eine schnelle Energiewende müssen neben Kleinanlagen für die private Autarkie auch große Anlagen errichtet werden. Was also tun gegen die Flächenkonkurrenz? Nicht

immer muss sich bei divergierenden Nutzungsinteressen für eine Nutzungsform entschieden werden. Wichtig bei Doppelnutzungen, insbesondere bei schon bestehenden Nutzungsverhältnissen ist, dass nicht eine Nutzungsform und ihre Begünstigten durch das Hinzukommen einer weiteren benachteiligt werden.

Die Idee zur Flächendoppelnutzung im Zusammenhang mit der Energiegewinnung ist alt; wir finden sie z.B. in den mittelalterlichen Hute-Eichenwäldern, wo neben der Schweinemast mit Eicheln auch auf die Brennholz-Gewinnung gesetzt wurde. Als grundlegendes System wurde die Flächendoppelnutzung erstmals vom US-Wirtschaftsgeographen Joseph Russell Smith (1874-1966) in seinem Buch „Tree Crops: A Permanent Agriculture“ von 1929 veröffentlicht; Smith entwickelt hier die Grundlagen zu einem dauerhaften Agroforstsystem.

Die Ideen von Smith wurden Mitte der 1970er Jahre von den Australiern Bill Mollison und David Holmgren aufgegriffen, die daraus ihr Landwirtschaftssystem der „Permakultur“<sup>1)</sup> machten, bei dem jedes Element des Systems mehrere Funktionen zugleich hat. Beide Forscher

publizierten ihre Arbeitsergebnisse dann 1978 in „Permaculture one“. 1981 veröffentlichten der kürzlich verstorbene Prof. Dr. Adolf Goetzberger<sup>2)</sup> und Dr. Armin Zastrow ihre Idee zur Nutzung landwirtschaftlicher Flächen auch zur solaren Energiegewinnung unter dem Titel „Kartoffeln unter dem Kollektor“ in der SONNENENERGIE.<sup>3)</sup> Götzberger war übrigens im gleichen Jahr Gründungsdirektor des Fraunhofer-Instituts für Solare Energiesysteme ISE in Freiburg und in den 1990ern Präsident der DGS.

Bevor wir uns den einzelnen Nutzungsoptionen zuwenden, eine kurze Begriffsklärung bzw. Definition zum Unterschied zwischen Flächendoppelnutzungen und Flächensynergien: eine Flächensynergie liegt dann vor, wenn wie bei der Permakultur ein Element des Systems mehrere Funktionen erfüllt. Beispiel: wenn eine Solaranlage auf das Hausdach geschraubt wird, ist es eine Flächendoppelnutzung, nämlich das Dach als Gebäudeschutz und die Solaranlage als Energiegewinnung. Ist allerdings die Solaranlage zugleich die Dachhaut, so sprechen wir von einer Flächensynergie, da hier durch die Kombination Vorteile entstehen. Wichtig sind beide Formen der Flächennutzung, denn die Flächenkonkurrenz wird weiter steigen und wir müssen Lösungen für neue Energieflächen finden.

Angesichts des Titels „Kartoffeln unter dem Kollektor“ wird im Folgenden bei den verschiedenen Flächendoppelnutzungen der Begriffszusatz „-Solar“ statt des weit verbreiteten „-PV“ verwendet werden.

### Agri-Solar

Heute dürfte dies die bekannteste Umsetzungsform der Idee von „Kartoffeln unter dem Kollektor“ sein. Allerdings hat sich diese Form in Deutschland erst spät und nach der Jahrtausendwende durchgesetzt, und zwar vorwiegend als Agri-PV (vormals Agro-PV).

Abgesehen von den Landwirten, die ihre Flächen räumlich und finanziell möglichst gut ausnutzen wollen, und daher z.B. bei Getreideanbau unter den Modulen auch einen gewissen, durch die



**Bild 2:** Autobahnkreuze und -abfahrten – hier Horner Kreisel/A24 – nehmen zwischen den Fahrbahnen große Flächen in Anspruch, die anderweitig kaum nutzbar sind.



**Bild 3:** Aus Lärmschutzgründen tiefer gelegte Verkehrstrassen lassen sich gut mit Solartechnik überdachen

Solarerträge dann ausgeglichenen Minderertrag hinnehmen, gibt es hier verschiedene interessante Kombinationen: Schattenliebende Pflanzen wie Heidelbeeren, Kräuter etc. können ihren Ertrag unter Agri-Solaranlagen deutlich steigern, für viele Obstsorten sind die Anlagen ein sinnvoller Hagelschutz. Zudem verhindern sie das Austrocknen des Bodens, wie auch sie selbst von Bewässerungen der Anbauflächen profitieren können, da die Verdunstungskälte z. B. die PV kühlt.

Bei der Tierhaltung bieten sie u.a. Hühnern Schutz vor Greifvögeln und Schafen vor Hitze. Als Biotope können sie zudem Rückzugsorte für Insekten, Bodenbrüter und Niederwild bieten, und so die Artenvielfalt in einer Region stabilisieren.

Grundsätzlich zu unterscheiden sind Agri-Solaranlagen von reinen Freiflächen, meist PV-Anlagen, wo es ausschließlich um die Energiegewinnung geht. Gegen letztere gibt es in den ländlichen Regionen zunehmend Widerstand. Dabei handelt es sich immer öfter nicht nur um die üblichen „Naturschützer“, die ihr lieb gewonnenes Landschaftsbild unbedingt erhalten wollen. Auch viele mit der Nahrungsmittelproduktion beschäftigte Landwirte sehen längerfristig durch die PV-induzierte Flächenverknappung die Ernährungssicherheit gefährdet. Es ist ja klima-, umwelt- und ernährungspolitisch sinnlos, immer mehr Flächen ausschließlich für die Energiegewinnung zu nutzen, während man zugleich die sinkende Nahrungsmittel-Produktion im eigenen Land dadurch ausgleicht, dass man Nahrungsmittel z. B. aus Brasilien importiert, wofür dort dann der Regenwald abgeholzt wird. Gerade die russische Invasion in der Ukraine hat nochmals deutlich gemacht, dass sowohl Ernährungssicherheit als auch Energiesicherheit existentielle Themen sind; man sollte sie daher nicht gegen-

einander ausspielen, sondern künftig überwiegend auf Flächensynergien setzen. Der wegweisenden Arbeit von Adolf Goetzberger kommt hier eine besondere Bedeutung zu.

### Paludi-Solar

Solaranlagen auf ehemaligen Moorböden, die heute als Landwirtschaftsflächen genutzt werden, und bald schon wieder vernässt werden sollen, entsprechen dem Willen der jetzigen Bundesregierung.

Die Bundesnetzagentur hat dazu Mitte Februar diesen Jahres ein Konsultationsverfahren eingeleitet<sup>4)</sup>, das am 1. Juli 2023 zu einer Festlegung der Anforderungen für solche Anlagen führen soll. Insbesondere die PV kann von der feuchten, kühleren Moorumgebung profitieren. Auch hier im Moor verhindern aufgeständerte Solaranlagen ein schnelles Austrocknen der neu vernässten Böden, wobei darauf geachtet werden muss, dass die Solaranlagen genügend Licht für den Aufwuchs des Moores hindurch lassen. Wie dies naturverträglich geschehen kann, dazu hat das Kompetenzzentrum Naturschutz und Energiewende gGmbH (KNE) Ende 2022 eine Publikation veröffentlicht, in der SONNENENERGIE 1|23 wurde das Thema ebenso behandelt. Als weiteres Element kann eine Paludi-Kultur<sup>5)</sup> hinzu kommen, d.h. die wirtschaftliche Nutzung von natürlichen Produkten des Moors wie z.B. Weidenhölzer, Rohrkolben etc.

### Floating-Solar

Schwimmende Solaranlagen auf Seen, Speicherbecken, still gelegten Kanälen oder gefluteten Tagebauen erschließen weitere Flächen zur Energieernte. Entsprechende, groß dimensionierte Anlagen gibt es in Ost- und Südost-Asien, aber auch in Deutschland und der Schweiz, wo in der Walliser Gemeinde Bourg-Saint-

Pierre die erste schwimmende Hochgebirgs-PV-Anlage gebaut wurde.<sup>6)</sup>

Bei diesen Anlagen ergeben sich Flächensynergien, wenn etwa das Wasser eine schwimmende PV-Installation kühlt sowie Licht für die PV reflektiert, und diese PV wiederum zugleich z.B. als Schutz vor Raubvögeln für eine darunter liegende Fischzucht dient. Aber die schwimmende Solartechnik setzt auch die Wasserverdunstung herab. Besondere Synergien ergeben sich auf Pumpspeicherkraftwerken, wenn die Floating-PV als Energiequelle für das Hochpumpen des Wassers ins obere Speicherbecken genutzt werden kann, zumal die Anlagen eine gemeinsame Netzanbindung nutzen können. Bei den großen europäischen Energieversorgern setzt insbesondere die Energias de Portugal (EDP) auf diese Kombination.<sup>7)</sup>

Das Potential der Floating-PV ist international gewaltig: eine Studie der Southern University of Science and Technology im chinesischen Shenzhen ergab, dass große Floating-PV-Anlagen weltweit rund 9400 TWh Strom pro Jahr erzeugen könnten. Floating-Anlagen sind aber auch für Solarthermie geeignet, wenn sie in der Nähe einen direkten Verbraucher oder Anschluss an ein Nahwärmenetz haben.

Ein noch relativ neues Segment sind Offshore-Floating-PV-Anlagen, also schwimmende PV-Anlagen – Solarthermie scheidet hier wegen der Anbindungsproblematik aus – auf dem Meer. Vor der Küste der chinesischen Provinz Shandong hat das spezialisierte norwegische Unternehmen Ocean Sun für den Energieversorger SPIC 2022 die erste kommerzielle Anlage errichtet. In der Nordsee wollen der deutsche Energiekonzern RWE und das niederländisch-norwegische Unternehmen SolarDuck eine Demonstrationsanlage errichten, und zwar angebunden an den noch in der Ausschreibung be-



Bild 4: Klärwerke mit großen, fest eingesetzten Wasserflächen, und ohne Nachbarn, Naturschützer, Nörgler. Das ruft nach einem solartechnischen Überbau



Bild 5: Floating-PV kühlt das Wasser und wird selbst durch das Wasser gekühlt

findlichen niederländischen Offshore-Windpark Hollandse Kust West (HKW). Ob und für wie lange solche Anlagen den rauen und in ihrer Kraftentfaltung nicht immer vorher zu bestimmenden Meeresbedingungen standhalten, muss sich erst erweisen.

### Platzüberdachungs-Solar

Parkplätze an Bahnhöfen, Einkaufszentren, Fabriken, Fährterminals, Messehallen, Sportstadien etc. stellen riesige, oft auch versiegelte Flächen dar, die zudem nur zeitweise genutzt werden. Dazu kommt, dass die mit den Parkplätzen verbundenen Gebäude einen größeren Bedarf an Wärme, Kühlung und/oder Strom haben. Hier bietet sich eine Flächendoppelnutzung geradezu an, die für die Parkplatznutzer zudem den Vorteil hat, selbst und mit ihren Fahrzeugen vor Regen und Hagel geschützt zu sein. In Frankreich müssen schon jetzt heute Parkplätze mit mehr als 80 Stellplätzen mindestens zur Hälfte mit PV-Modulen überdacht werden; bestehende Parkplätze dieser Größe haben noch 2 bis 3 Jahre Zeit.<sup>8)</sup> Die Solarpflichten in Deutschland gelten hingegen nur für neue Parkplätze, allerdings schon bei weniger Stellplätzen.

**Sportplätze** haben ein erhebliches Potential. Eine ganze oder teilweise Solarüberdachung bietet sich an, zumal die zunehmend heißen Sommer den Sport im Freien tagsüber einschränken können, und die Solaranlagen immerhin einen (Teil-)Schatten liefern. Zwar schließen einige Sportarten wie Speer- oder Hammerwurf eine Überdachung aus, aber die meisten Sportarten werden in ihrer Ausübung durch die Installationen nicht berührt.

**Schul- und Pausenhöfe** fallen in diese Kategorie. Auch hier sind Sonnen- und Regenschutz wichtige Argumente. Allerdings muss sich die Anlage in den übrigen Baukörper harmonisch integrieren.

**Marktplätze** können ebenfalls von einer Überdachung profitieren, wie schon die überall in Europa verbreiteten Markthallen zeigen. Ein weiteres Beispiel ist der

in Hamburg beliebte Isemarkt, der unter einer Hochbahntrasse abgehalten wird.

Alle Plätze sind grundsätzlich sowohl für Photovoltaik als auch für Solarthermie geeignet.

Die Überdachung kann dabei sowohl in Form einer fest aufgeständerten Solaranlage erfolgen, als auch mittels Schrägseilbrücken und Stahlseilen. Durch letztere Verfahren, verankert z.B. in den Gebäudewänden, lassen sich auch Dächer zur Solarenergiegewinnung nutzen, die ansonsten wegen der Dachstabilität nicht geeignet wären. Ein Beispiel ist die Solarthermieanlage der Firma Cupasol für ein Wärmenetz in Horb am Neckar.

### Verkehrswege-Solar

Nicht nur die Abstandsflächen der Verkehrswege zu anderer Bebauung bieten ein erhebliches Potential; galt hier bisher noch ein 40-Meter-Abstand auch von Solaranlagen zu Autobahnen und 20 Meter zu Bundesstraßen, so hat sich das durch den neuen § 2 des EEG geändert. Das Fernstraßen-Bundesamt hat dazu am 31. Januar diesen Jahres eine entsprechende Handreichung<sup>9)</sup> veröffentlicht, die problemlos Anträge auf Erteilung einer Ausnahmegenehmigung zulässt.

Straßen, Autobahnen, Schienenverkehr des ÖPNV sowie der Deutschen Bahn lassen sich an verschiedenen Stellen mit einer Solaranlage auch überbauen, wobei natürlich die jeweiligen Vorschriften zu beachten sind. In Deutschland plant das Fraunhofer ISE an der A81 über der Ausfahrt Hegau-Ost eine Anlage, deren Baubeginn immer wieder verschoben wurde. Mehr Erfolg hatte das ISE mit der Ende April 2023 in Betrieb genommenen PV-Überdachung eines 300-Meter-Radwegs bei der Messe in Freiburg. In der Schweiz arbeitet EnergyPier derzeit an mehreren großflächigen Autobahn-Überdachungsprojekten.<sup>10)</sup>

Da Verkehrswege, anders als z.B. Park- und Marktplätze, nicht über einen längeren Zeitraum vollgestellt und damit verschattet sind, lässt sich in vielen Fällen auch die Fahrbahn zur Energie-

gewinnung nutzen. Am einfachsten gestaltet sich das zwischen Bahnschienen, da hier keine Auflasten getragen werden müssen. Es gibt verschiedene Systeme wie das des britischen Unternehmens Bankset Energy, die die Bahnschwellen mit ihren PV-Modulen bestücken, oder wie das Schweizer Start-up Sun-Ways PV-Module flächendeckend zwischen den Gleisen „ausrollen“.

Ebenfalls problemlos umzusetzen sind solare Fußwege, wie sie z.B. kürzlich auf 400 Meter Länge im niederländischen Groningen mit PV-Pflastersteinen des ungarischen Herstellers Platío errichtet wurden. Aber auch Fahrradwege mit rutschfesten PV-Modulen sind grundsätzlich möglich, wie der Solar-Radweg im nordrhein-westfälischen Erftstadt zeigt – wenn sie gut verlegt und nicht mutwillig beschädigt werden.

Schwieriger wird es bei öffentlichen Straßen – Garagenauffahrten u.ä. sind da unproblematisch – und der dort in die Fahrbahn integrierten PV (RIPV = Road-Integrated Photovoltaics), weil hier die hohen Achslasten der LKWs die Fahrbahnen überbeanspruchen. Das erzeugt nicht nur eine ständige Verschmutzung durch den Reifenabrieb, das erfordert auch massive Glasschichten über den PV-Zellen, die einerseits die Produktionskosten steigern, und andererseits Solarerträge herabsetzen. Zwar gibt es heute international eine Vielzahl hier engagierter Firmen – Colas/Frankreich, SolaRoad/Niederlande, Solar Roadways/USA, Solmove/Deutschland –, aber der ganz große Durchbruch blieb bisher aus.

Offensichtlich ist es einfacher, Straßenflächen für die Solarthermie nutzen. Bereits 1994 wurde auf einer Nationalstraßenbrücke bei Därligen (Kanton Bern) am Thunersee durch die Firma Polydynamics Engineering Zürich ein interessantes Pilotprojekt umgesetzt, um die sommerliche Wärme der Brückenfahrbahn aufzunehmen und sie in einem nahe gelegenen Felspeicher einzulagern. Das Projekt „Sonnenenergie-Rückgewinnung aus Straßenoberflächen“ (SERSO) lief in unterschiedlichen Etappen von 1993 bis 2000 sowie von 2010 bis 2012 und fand verschiedene Nachahmer. Es sollte im Sommer die übermäßige Erhitzung des Straßenbelags durch Wärmeabfuhr in den Speicher vermeiden, um mit dieser Wärme dann im Winter ein Überfrieren der Konstruktion (Frostrisse) zu verhindern<sup>11)</sup> – insgesamt sollte so die Lebensdauer der Straße erhöht werden. Die Bundesanstalt für Straßenwesen unternahm Ende der 2000er Jahre ähnliche Versuche und schrieb in ihrem Abschlussbericht („Vermeidung von Glättebildung auf Brücken durch die Nutzung von Geothermie“):

„Eine weitere Option für die Zukunft besteht darin, die solaren Energiegewinne, die mit diesem Temperierungssystem erzielt werden können, für andere Anwendungen zu nutzen und so erhebliche Flächen zur nachhaltigen Energieerzeugung aktivieren zu können.“<sup>12)</sup>

### Vertikal-Solar

Große Wände – von Hochbunkern bis zu Gewerbegebäuden wie Fertigungshallen, Logistik- und Recyclingzentren, Kühlhäusern, Bahnhöfen, Groß-, Super- und sonstigen Markthallen – , Zäune, Lärmschutzmauern, ja auch Staudammmauern<sup>13)</sup> bergen ein nicht zu vernachlässigendes Potential für Solarflächen. Beispiele: In der Landwirtschaft findet man einerseits derzeit immer mehr PV-Zäune, die Hofteile abgrenzen oder Tierhaltungen einhegen. Andererseits hat die Gemeinde Wahrenholz rund 35 km nördlich von Braunschweig einen Solarthermiezaun<sup>14)</sup> an der Dorfstraße entlang aufstellen lassen, um den Ortskern mit solarer Wärme versorgen zu können. Und die TU Wien experimentiert mit PV-Systemen vor Wandbegrünungen.<sup>15)</sup>

Zwar bringen die senkrechten Flächen weniger Ertrag als optimal zur Sonne ausgerichtete, doch handelt es sich bei den Zäunen meist um bifaciale Systeme, was die suboptimale Ausrichtung z.T. ausgleichen kann. Die möglichen Erträge sind erheblich: Nach einer gemeinsamen Analyse vom Deutschen Wetterdienst (DWD), dem Eisenbahn-Bundesamt (EBA) und der Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) könnte allein an Lärmschutzwänden von Verkehrsstrassen Strom für 450.000 Haushalte erzeugt werden. Und in der Schweiz könnten nach einem Bericht des Bundesrats an das Parlament vom 01.10.2021 PV-Anlagen an geeigneten Lärmschutzwänden 101 GWh Strom erzeugen. Wohl gemerkt, dies sind nur die Zahlen für Lärmschutzwände. Dazu kommen unzählige Zäune, Fabrikhallen-Wände, ja selbst die Türme von Windkraftanlagen ließen sich mit leichten, flexiblen PV-Modulen versehen.

### Deponie- und Klärwerk-Solar

Klärwerke benötigen größere Flächen, die durch die hier entstehenden Geruchsbelästigungen etc. anderweitig kaum nutzbar sind. Hier bietet sich insbesondere der Raum über den großen Becken für die Aufstellung von Solaranlagen an. Solaranlagen können hier zudem im Winter von der Wärme der Becken als Abtauhilfe profitieren; die Klärwerke wiederum profitieren vom vor Ort erzeugten Strom für die Pumpen oder von der Solarwärme als Prozessunterstützung.

Ein Problem sind die regulären Deponien, die mit einer Abdeckschicht versehen sind, um Ausgasungen und das Einsickern von Regenwasser zu verhindern. Eine Verankerung der Solarreihen darf diese Schicht nicht durchstoßen, was sich besonders bei Reihen an den schräg abfallenden Hängen der Deponie als schwierig erweist. Immerhin hat Ende März 2023 der Bergische Abfallwirtschaftsverband (BAV) eine PV-Testanlage mit dem PowerCap-System des US-Hersteller WatershedGeo in Betrieb genommen, deren Halterung auf einem Reibungsbänder-System basiert.<sup>16)</sup>

### Friedhofs-Solar

Solaranlagen auf Friedhöfen – geht das? Technisch wäre es kein Problem: Viele größere Friedhöfe liegen noch zentral in den Städten, so dass z.B. für die Solarenergie entsprechende Energiesenken in unmittelbarer Nähe vorhanden wären. Büsche und Bäume könnte man einkürzen. Aber würde das von den Hinterbliebenen akzeptiert werden? Oft geht es ja um Nuancen. Wenig Probleme dürfte es bei den Parkplätzen und Betriebshöfen der Friedhöfe geben. Schwieriger wird es über den Gräberfeldern. Eine Option wäre, neu anzulegende Friedhofsteile gleich mit einer Solaranlage zu versehen. Wenn die Angehörigen von vornherein wissen, wohin sie ihre Verstorbenen betten, spielen andere Faktoren wie die Gebührenhöhe eine u.U. größere Rolle.

Hier sind sowohl Solarthermie- als auch PV-Lösungen denkbar.

### Mobil-Solar

Solaranlagen als fahrzeugintegrierte PV (VIPV) auf Zügen sind z.B. aus Indien und anderen Staaten bekannt, aber hier nicht gemeint. Es geht nicht um die Eigenversorgung von Fahrzeugen, sondern vielmehr darum, dass große Fahrzeuge Energieverbraucher außer ihrer selbst versorgen, und zwar mit Solarthermie. Hintergrund ist der Überfall auf die Ukraine, bei dem die russischen Aggressoren vorwiegend im Winter die ukrainischen Heizkraftwerke beschießen. Da die überwiegend mit Kohle betriebenen Heizkraftwerke über entsprechende Bahn- oder Hafenschlüsse verfügen, kann man einen langen, speziellen Zug einsetzen, dessen Waggons sich hydraulisch aufklappen lassen, so dass sie so mit ihrem Innenboden, ihren Seitenflächen und ihrem Dach eine Solarthermie-Anlage bilden. Ein solcher Zug von entsprechender Größe könnte zumindest eine Grundwärmeversorgung sicherstellen. Das Gleiche gilt natürlich auch für Schiffe.

Die Idee ist unkonventionell und neu, so dass noch keine Berechnungen zu benötigten Zuggrößen etc. vorliegen.

### Fazit

Das nutzbare Flächenpotential für die Solarenergie ist vielfältiger und umfangreicher, als es den meisten Akteuren heute bewusst ist. Durch Doppelnutzungen und – im Idealfall – Synergien lässt sich dieses schnell und ohne behindernde Widerstände erschließen.

### Fußnoten

- 1) <https://de.wikipedia.org/wiki/Permakultur>
- 2) [https://de.wikipedia.org/wiki/Adolf\\_Goetzberger](https://de.wikipedia.org/wiki/Adolf_Goetzberger)
- 3) [www.dgs.de/fileadmin/newsletter/2019/SE\\_3-81\\_Kartoffeln\\_unter\\_dem\\_Kollektor.pdf](http://www.dgs.de/fileadmin/newsletter/2019/SE_3-81_Kartoffeln_unter_dem_Kollektor.pdf)
- 4) [www.bundesnetzagentur.de/Shared-Docs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen\\_Institutionen/Ausschreibungen/Solar1/BesondereSolaranlagen/Konsultation.pdf](http://www.bundesnetzagentur.de/Shared-Docs/Downloads/DE/Sachgebiete/Energie/Unternehmen_Institutionen/Ausschreibungen/Solar1/BesondereSolaranlagen/Konsultation.pdf)
- 5) <https://moorwissen.de/paludikultur.html>
- 6) <https://houseofswitzerland.org/de/swisstories/umwelt/schweiz-hat-weltweit-erste-hochgelegene-schwimmende-solaranlage>
- 7) [www.reuters.com/business/energy/portugal-set-start-up-europes-largest-floating-solar-park-2022-05-09/](http://www.reuters.com/business/energy/portugal-set-start-up-europes-largest-floating-solar-park-2022-05-09/)
- 8) [www.heise.de/hintergrund/Photovoltaik-Auf-franzoesischen-Parkplaetzen-kuenftig-Pflicht-7496548.html](http://www.heise.de/hintergrund/Photovoltaik-Auf-franzoesischen-Parkplaetzen-kuenftig-Pflicht-7496548.html)
- 9) [www.fba.bund.de/DE/Meldungen/20230131\\_Freiflaechenphotovoltaikanlagen\\_Anbauverbotszone.html](http://www.fba.bund.de/DE/Meldungen/20230131_Freiflaechenphotovoltaikanlagen_Anbauverbotszone.html)
- 10) <https://energypier.ch/>
- 11) [www.zeit.de/2007/11/T-Bruecke](http://www.zeit.de/2007/11/T-Bruecke)
- 12) [www.bast.de/DE/Publikationen/Foko/2013-2012/2012-10.html](http://www.bast.de/DE/Publikationen/Foko/2013-2012/2012-10.html)
- 13) [www.alpinsolar.ch/ch/de/home.html](http://www.alpinsolar.ch/ch/de/home.html)
- 14) [www.sonnenenergie.de//sonnenenergie-redaktion/SE-2021-04/Layout-fertig/PDF/Einzelartikel/SE-2021-04-s078-DGS\\_Aktiv\\_vor\\_Ort-Innovative-Heizsysteme.pdf](http://www.sonnenenergie.de//sonnenenergie-redaktion/SE-2021-04/Layout-fertig/PDF/Einzelartikel/SE-2021-04-s078-DGS_Aktiv_vor_Ort-Innovative-Heizsysteme.pdf)
- 15) [www.sonnenenergie.de//sonnenenergie-redaktion/SE-2021-03/Layout-fertig/PDF/Einzelartikel/SE-2021-03-s024-Solares\\_Bauen-Gruenfassaden\\_mit\\_Solar.pdf](http://www.sonnenenergie.de//sonnenenergie-redaktion/SE-2021-03/Layout-fertig/PDF/Einzelartikel/SE-2021-03-s024-Solares_Bauen-Gruenfassaden_mit_Solar.pdf)
- 16) [www.bavweb.de/index.php?object=tx,2886.5&ModID=7&FID=2886.1385.1](http://www.bavweb.de/index.php?object=tx,2886.5&ModID=7&FID=2886.1385.1)

### ZUM AUTOR:

► **Götz Warnke**

ist Vorsitzender der DGS-Sektion Hamburg-Schleswig-Holstein

[kontakt@warnke-verlag.de](mailto:kontakt@warnke-verlag.de)