

# Machbarkeitsstudie Agri-Photovoltaik in der Schweizer Landwirtschaft

Sven Strebel, Dionis Anderegg, Mareike Jäger, Jürg Rohrer  
ZHAW IUNR, Forschungsgruppe Erneuerbare Energien

## Einleitung

Mit finanzieller Unterstützung des Bundesamtes für Landwirtschaft wurde das Potenzial der Agri-Photovoltaik im Rahmen einer Machbarkeitsstudie untersucht. Dazu wurden unter anderem für drei unterschiedliche Flächennutzungstypen (Ackerland, Dauergrünland und Dauerkulturen) Referenzanlagen erstellt. Diese Referenzanlagen bilden die Basis für Wirtschaftlichkeits- und Potenzialberechnungen der Agri-Photovoltaik in der Schweiz.

Gemäss Art. 32c Abs. 1 Bst. c RPV sind Agri-PV Anlagen bewilligungsfähig, wenn sie in wenig empfindlichen Gebieten Vorteile für die landwirtschaftliche Produktion (höheren Naturalertrag) bewirken.

## Referenzanlagen

Durch die unterschiedliche Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Nutzflächen eignen sich grundsätzlich drei Anlagentypen. Hoch aufgeständerte PV-Module über Ackerkulturen ermöglichen die maschinelle Bewirtschaftung unter den Modulen. Die ausreichende und möglichst homogene Lichtversorgung der Kultur wird durch einen relativ grossen Reihenabstand und einer mit mindestens 30° von Süden abweichenden Modulausrichtung gewährleistet (Abb. 1). Bei Dauergrünland kann auf die hohe Aufständering der Module verzichtet werden. Damit werden die Investitionskosten reduziert. Die Module sind bodennah und vertikal in Reihen installiert (Abb. 2). Für Dauerkulturen wie bspw. Apfelbaum- oder Beerenplantagen bieten sich möglichst geschlossene PV-Anlagen an, die neben der Stromproduktion den Wetterschutz gewährleisten (Abb. 3). Die ausreichende Lichtverfügbarkeit wird bei diesem Anlagentyp durch semitransparente PV-Module sichergestellt. Mit den drei vorgestellten Referenzanlagentypen resultiert eine installierbare Leistung von 293 kWp/ha bis 737 kWp/ha.



Abbildung 1: Beispiel einer Agri-PV-Anlage mit einer Anlagenleistung von 194 kWp über einer Ackerkultur mit fest installierten Modulen. Die Anlage steht in Heggelbach (Deutschland). Die bifazialen Module sind auf 5,5 Meter Höhe installiert und der Stützenabstand in Längsrichtung beträgt 19 Meter. Die aufgeführten Kennwerte resultieren aus der Simulation mit PVsyst für den Referenzstandort Zürich-Kloten mit einer jährlichen Einstrahlung von 1'163 kWh/m<sup>2</sup>.



Abbildung 2: Beispiel einer vertikalen Agri-PV-Anlage mit bifazialen Modulen und einer Anlagenleistung von 4,1 MWp in Donaueschingen (Deutschland). Dieser Anlagentyp eignet sich insbesondere für Dauergrünland. Der Modulreihenabstand beträgt hier 10 Meter, der Abstand der Modulunterkante zum Boden 0,8 Meter. Es sind zwei querliegende Modulreihen übereinander installiert. Die aufgeführten Kennwerte resultieren aus der Simulation mit PVsyst für den Referenzstandort Zürich-Kloten mit einer jährlichen Einstrahlung von 1'163 kWh/m<sup>2</sup>.



Abbildung 3: Beispiel einer Agri-PV-Anlage über einer Dauerkultur mit fest installierten Modulen und einer Anlagenleistung von 2,6 MWp. Die Anlage befindet über einer Himbeeren-Plantage in Zevenaar (Niederlande). Mit der Anlage konnten Folientunnel ersetzt werden. Es kommen semitransparente Module mit einer erhöhten Lichtdurchlässigkeit zum Einsatz. Die aufgeführten Kennwerte resultieren aus der Simulation mit PVsyst für den Referenzstandort Zürich-Kloten mit einer jährlichen Einstrahlung von 1'163 kWh/m<sup>2</sup>. Für die Referenzanlage wurden PV-Module mit einer Lichtdurchlässigkeit von 54 % berücksichtigt.

## Stromgestehungskosten

Für die Berechnung der Wirtschaftlichkeit der drei Referenzanlagen mit einer Anlagenleistung von 1 MWp wurden die erhobenen Kosten für Agri-PV-Anlagen aus Deutschland zugrunde gelegt und wo nötig modifiziert [1][2]. Die Netzanschlusskosten wurden mit Fr. 272'500 berücksichtigt. Als Fördermassnahme wurde sowohl mit der Einmalvergütungen für grosse Photovoltaikanlagen (GREIV) wie auch mit der maximalen hohen Einmalvergütung (HEIV) gerechnet, die per Auktion vergeben wird. Dazu wurde die doppelte GREIV eingesetzt. Die Kosten für die Dachanlagen basieren auf der Preisbeobachtungsstudie von 2020 [3]. Die Stromgestehungskosten von Agri-PV-Anlagen liegen je nach Anlagentyp und Fördermassnahme zwischen 4,6 und 8,4 Rp./kWh (Abb. 4). Finanziell am attraktivsten ist die vertikale APV-Anlage gefolgt von der überdachten APV-Anlage über der Ackerkultur. Letztere hat den Vorteil, dass gegenüber der vertikalen Anlage auf der gleichen Fläche etwa der 2,5-fache elektrische Ertrag erreicht werden kann. Die APV-Anlage über der Dauerkultur weist gegenüber der vertikalen APV-Anlage sogar den 3-fachen Stromertrag auf gleicher Fläche auf. Die Stromgestehungskosten für eine PV-Anlage auf einer grossen Dachflächen ist zwar geringfügig tiefer als bei der kostengünstigsten Agri-PV Anlage, jedoch ist das Potenzial von sehr grossen Dachflächen stark begrenzt.

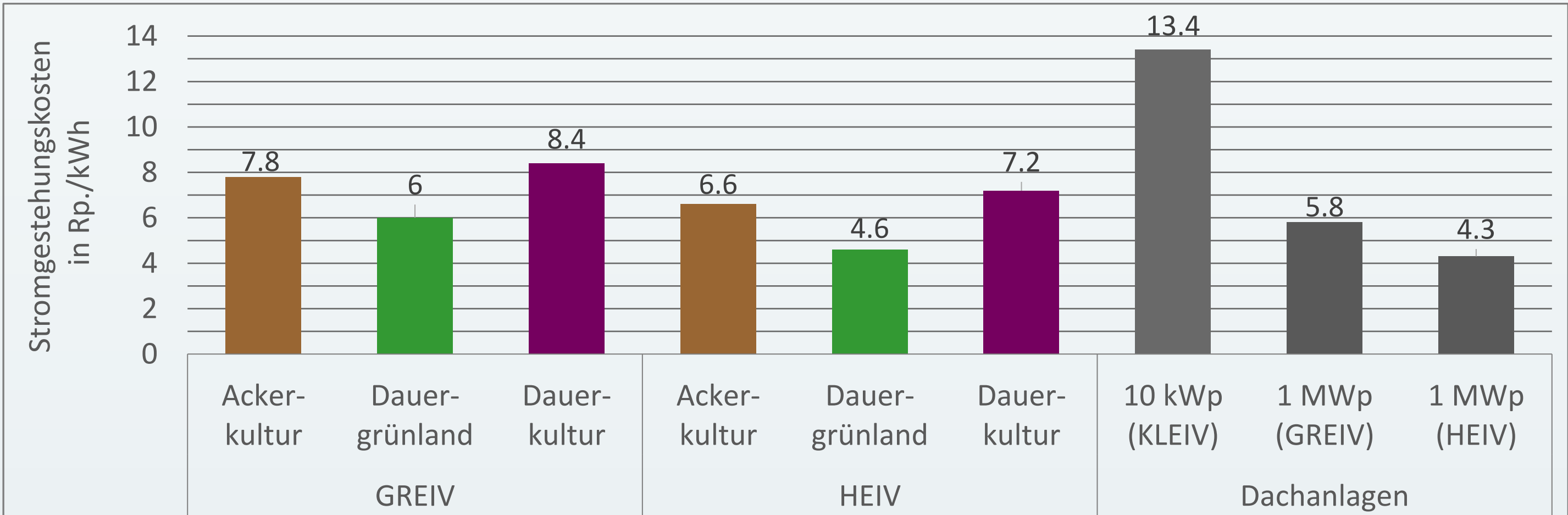


Abbildung 4: Vergleich von Stromgestehungskosten der Agri-PV-Anlagentypen mit einer Anlagenleistung von 1 MWp am Standort Zürich-Kloten. Die Berechnung wurde mit der Einmalvergütung für grosse PV-Anlagen (GREIV) sowie auch mit der maximalen hohen Einmalvergütung (HEIV), die im Auktionsverfahren vergeben wird, durchgeführt. Zudem sind die Gestehungskosten für eine Dachanlage mit 10 kWp und 1 MWp aufgeführt. Berücksichtigt wurde eine Laufzeit von 30 Jahren mit einem Kalkulationszinssatz von 2 %. Die Moduldegradation ist mit 85 % der Ausgangsleistung nach 25 Jahren berücksichtigt. Als Unterhaltskosten sind je nach Anlagentyp zwischen 1,36 – 1,73 Fr./kWh bei den Agri-PV-Anlagen und 2,2 Rp./kWh bei den Dachanlagen berücksichtigt.

## Potenzial der Agri-Photovoltaik in der Schweiz

Auf Basis der Flächenleistung der Referenzanlagentypen und der lokalen Einstrahlung wurde für die drei Flächennutzungstypen das theoretische PV-Potenzial berechnet. Es sind nur Flächen berücksichtigt, die eine jährliche Einstrahlung von mindestens 1000 kWh/m<sup>2</sup> aufweisen, in einem Abstand von maximal einem Kilometer zur Bauzone liegen und nicht in einem der Ausschlussgebiete (BLN-Landschaften, Biosphärenreservate, Nationalpark, etc.) liegen. Das Gesamtpotenzial dieser Flächen (257'000 ha) liegt bei 131.9 TWh pro Jahr. Das grösste Potenzial liegt mit rund 70 % bei den Ackerflächen. Der kleinste Beitrag stammt mit 5.1 TWh/a von den Dauerkulturen (Abb. 5 & Abb. 6). Davon können 2,5 TWh/a den Reben und 1,3 TWh/a den Obstanlagen zugeordnet werden. Das Gesamtpotenzial übertrifft damit den Strombedarf der Schweiz (60 TWh/a) um den Faktor zwei. Das Potenzial bei den Dauerkulturen übertrifft beispielsweise den gesamten Stromertrag aller bis Ende 2022 in der Schweiz installierten PV Anlagen.

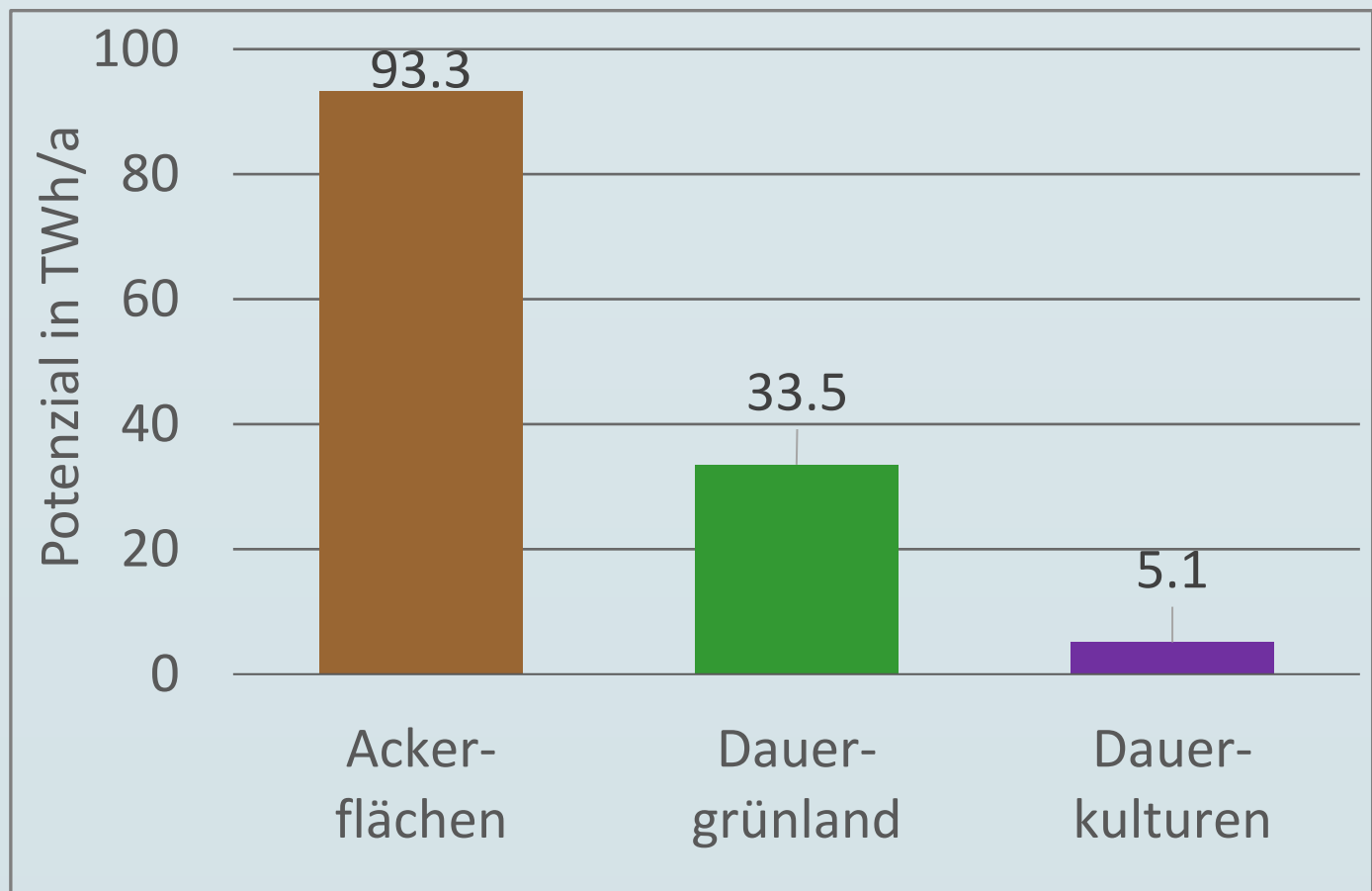


Abbildung 5: Potenzial der Agri-Photovoltaik nach Flächennutzung als elektrischer Ertrag in TWh/a. Es sind nur Flächen ausserhalb der Ausschlussgebiete berücksichtigt, die in einem Abstand von bis zu 1 km zur Bauzone liegen und eine Einstrahlung von mindestens 1000 kWh/a aufweisen.

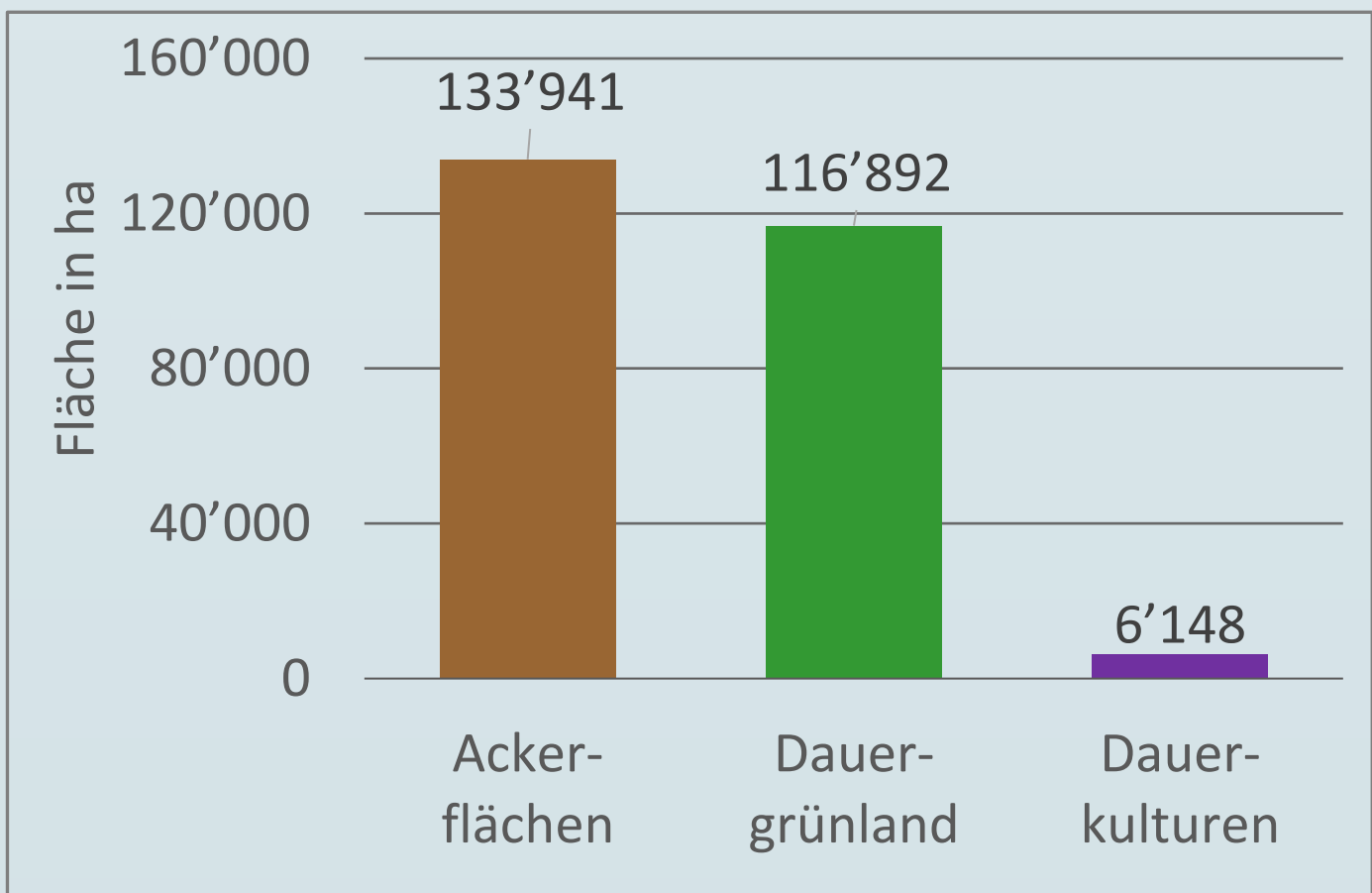


Abbildung 6: Der Potenzialberechnung zugrunde liegende Landwirtschaftsfläche nach Flächennutzung. Es sind nur Flächen ausserhalb der Ausschlussgebiete berücksichtigt, die in einem Abstand von bis zu 1 km zur Bauzone liegen und eine Einstrahlung von mindestens 1000 kWh/a aufweisen.

## Dank

Wir danken dem Bundesamt für Landwirtschaft für die finanzielle Unterstützung. Weiter verdanken wir die gute Zusammenarbeit mit der Forschungsgruppen Geoinformatik, Hortikultur und dem Zentrum für öffentliches Wirtschaftsrecht der ZHAW.

## Literatur:

[1] Trommsdorff, M., Gruber, S., Keinath, T., Hopf, M., Hermann, C., Schönberger, F., Högy, P., Zikeli, S., Ehmman, A., Weselek, A., Bodmer, U., Rösch, C., Ketzner, D., Weinberger, N., Schindele, S., Vollprecht, J., & Büttner Held Rechtsanwälte. (2020). Agri-Photovoltaik: Chance für Landwirtschaft und Energiewende. Ein Leitfaden für Deutschland

[2] Scharf, J., Grieb, M., & Fritz, M. (2021). Agri-Photovoltaik Stand und offene Fragen. [https://startup-energy.org/wp-content/uploads/tfz\\_bericht\\_73\\_agri-pv.pdf](https://startup-energy.org/wp-content/uploads/tfz_bericht_73_agri-pv.pdf)

[3] Leguay, G., Sauter, Y., & Jacqmin, F. (2021). Photovoltaikmarkt: Preisbeobachtungsstudie 2020.