

# **Marktübersicht innovativer & integrierter Photovoltaikanwendungen zur Erreichung nationaler Klima- & Energiesstrategieziele**

Praxisprojekt des Bachelor-Studiengangs „Energiewirtschaft“

Jahrgang 2019, Fachhochschule Kufstein Tirol

Anleitung und Endreaktion:

**Deniz Aksel, MA**

Studentische Praxisprojektgruppe:

**Dennis Gorke**

**Tamara Nocker**

**Niklas Kolm**

**Luca Obermayr**

**Niclas Maag**

**David Wechselberger**

**Lukas Molzbichler**

Auftraggeber:

**Solarenergieförderverein Bayern e.V.**

**Solarenergieförderverein  
Bayern e.V.**

Bavarian Association for the Promotion  
of Solar Energy



# Inhaltsverzeichnis

<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>VI</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS.....</b>	<b>VIII</b>
<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>	<b>IX</b>
<b>KURZFASSUNG .....</b>	<b>X</b>
<b>1    <b>EINLEITUNG .....</b></b>	<b>1</b>
1.1    Vorstellung des Teams.....	1
1.2    Photovoltaik im Überblick.....	1
1.3    Das spricht für gebäudeintegrierte Photovoltaik.....	3
1.4    Wesentliche Funktionen der gebäudeintegrierten Photovoltaik .....	3
<b>2    <b>KLIMA- UND ENERGIESTRATEGIE MISSION 2030 .....</b></b>	<b>5</b>
2.1    Derzeitiger Stand der Photovoltaik in Österreich .....	6
2.2    Ziele im Bereich der Photovoltaik .....	7
2.3    Chancen für die österreichische Wirtschaft .....	8
<b>3    <b>GRUNDLAGEN DER PHOTOVOLTAIK.....</b></b>	<b>9</b>
3.1    Aufbau der PV-Module.....	9
3.2    Herstellungsprozess der Zellen .....	10
3.2.1    Polykristalline Module.....	11
3.2.2    Monokristalline Module.....	11
3.2.3    Dünnschicht-Module.....	11
3.3    Wechselrichter .....	12
<b>4    <b>ARTEN VON INTEGRIERTER PHOTOVOLTAIK .....</b></b>	<b>14</b>
4.1.1    Photovoltaik für Industrie und Gewerbe.....	14

4.1.2	Photovoltaik in der Mobilität .....	15
4.1.3	Photovoltaik in der Landwirtschaft.....	16
4.1.4	Schwimmende Photovoltaik .....	16
4.1.5	Photovoltaik in Gebäuden und Städten.....	17
<b>5</b>	<b>GEBÄUDEINTEGRIERTE PHOTOVOLTAIKANLAGEN .....</b>	<b>17</b>
5.1	Fassadenintegrierte PV .....	17
5.1.1	Einsatzbereiche .....	18
5.1.2	Montage – Kaltfassaden.....	19
5.1.3	Montage – Warmfassaden.....	20
5.2	Dachintegrierte PV.....	21
5.2.1	Verlegung der Module im Versatz.....	22
5.2.2	Verlegung der Module als ebene Fläche.....	22
5.3	Balkon-PV.....	23
5.4	Garage und Carport.....	24
5.5	Terrassenüberdachung & Wintergarten .....	25
5.6	Ertragsunterschiede unterschiedlicher PV-Arten.....	26
<b>6</b>	<b>VOR- UND NACHTEILE DER GIPV .....</b>	<b>29</b>
6.1	Schrägdachintegrierte PV .....	29
	Vorteile .....	29
	Nachteile .....	29
6.2	PV-Integration an Außenwänden und Brüstungen .....	29
	Vorteile .....	29
	Nachteile .....	29
6.3	PV-Integration an Glasfassaden.....	30
	Vorteile .....	30
	Nachteile .....	30

<b>7</b>	<b>SCHWIMMENDE PHOTOVOLTAIKANLAGEN.....</b>	<b>30</b>
7.1	Einsatzgebiete .....	33
<b>8</b>	<b>AGRAR-PHOTOVOLTAIK .....</b>	<b>34</b>
<b>9</b>	<b>KOSTEN ERNEUERBARER ENERGIEN .....</b>	<b>37</b>
9.1	Stromgestehungskosten.....	37
9.2	Einspeisevergütung und Direktvermarktung von PV-Strom .....	39
<b>10</b>	<b>FÖRDERUNGEN FÜR PHOTOVOLTAIK.....</b>	<b>42</b>
10.1	Österreich .....	42
10.2	Schweiz .....	43
<b>11</b>	<b>RECHTLICHE RAHMENBEDINGUNGEN .....</b>	<b>45</b>
11.1	Normen und Richtlinien in Österreich .....	45
11.1.1	Elektrotechnische Normen (Fechner, 2009) .....	46
11.1.2	Normen für den Einsatz von Glas im Bauwesen (Fechner, 2009).....	46
11.1.3	Maßgebliche Normen im PV- und Speicherbereich .....	47
11.1.4	TOR D4.....	48
11.1.5	OIB-Richtlinien 2019.....	49
11.2	Normen und Richtlinien in der Schweiz .....	50
11.2.1	Normen .....	50
11.2.2	Richtlinien.....	51
11.3	Erneuerbare-Ausbau-Gesetz in Österreich.....	52
<b>12</b>	<b>KRITERIEN AKTUELLER GIPV-PROJEKTE.....</b>	<b>54</b>
12.1	Friedenskirche in Herten-Disteln .....	54
12.2	Giraffenhaus im Wiener Zoo .....	54
12.3	Projekt für Denkmalschutz – Opus Architekten BDA.....	57

<b>13</b>	<b>PRAXISBEISPIELE</b>	<b>GEBÄUDEINTEGRIERTER</b>
	<b>PHOTOVOLTAIK .....</b>	<b>59</b>
13.1	Ertex Solar GmbH.....	59
13.2	Möbelhaus Trop (St. Johann in Tirol).....	61
13.2.1	Eckdaten.....	61
13.2.2	Ertragsvergleich .....	63
<b>14</b>	<b>UMFRAGE ZUM THEMA</b>	<b>GEBÄUDEINTEGRIERTE</b>
	<b>PHOTOVOLTAIK .....</b>	<b>68</b>
14.1	Vorgehensweise .....	68
14.2	Ergebnisse .....	69
14.3	Fazit.....	79
<b>15</b>	<b>MARKTRECHERCHE PV-MODULE .....</b>	<b>81</b>
<b>16</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>	<b>83</b>
<b>17</b>	<b>ANHANG.....</b>	<b>94</b>

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Wesentliche Funktionen einer GIPV-Anwendung.....	4
Abbildung 2: Aufbau eines kristallinen Photovoltaikmoduls .....	9
Abbildung 3: Solarzelle mit (rechts) und ohne (links) Reflexionsbeschichtung und Kontaktfinger ....	10
Abbildung 4: Schematischer Querschnitt eines CIS-Moduls.....	12
Abbildung 5: Flächenpotentiale integrierter Photovoltaik .....	14
Abbildung 6: Beispiel einer fassadenintegrierten PV (Kinderkrippe München) .....	18
Abbildung 7: PV-Module in hinterlüfteter Fassade .....	19
Abbildung 8: Solarzellen in Fensterfassade integriert .....	20
Abbildung 9: Indach-Photovoltaikanlage .....	21
Abbildung 10: Solarbalkon .....	23
Abbildung 11: Solarcarport .....	24
Abbildung 12: Solarwintergarten.....	26
Abbildung 13: Einfluss der Modulausrichtung auf den Ertrag der PV .....	27
Abbildung 14: PV-Simulation: Neigung 90°, Südausrichtung (Ertrag in kWh).....	28
Abbildung 15: PV-Simulation: Neigung 15°, Südausrichtung (Ertrag in kWh).....	28
Abbildung 16: Hydrelio Schwimmkörper-Montagesystem .....	31
Abbildung 17: Swimsol PV-Anlage auf den Malediven; Installation auf dem Meer (96 kWp).....	32
Abbildung 18: Größte schwimmende PV Deutschlands, Kieswerk Ossola, Renchen – Installation auf Baggersee (750kWp).....	32
Abbildung 19: Agrar-PV Flächennutzungssteigerung .....	35
Abbildung 20: Agrar-PV schematisch .....	35
Abbildung 21: Bifaziales Modul.....	36
Abbildung 22: Stromgestehungskosten erneuerbarer Energien und konventioneller Kraftwerke .....	39
Abbildung 23: Vergütungssatz 10 kWp - Anlage angebaut (aufgeständert).....	44
Abbildung 24: Vergütungssatz 10 kWp - Anlage integriert .....	45
Abbildung 26: Friedenskirche in Hertten-Disteln bei Nacht.....	54
Abbildung 25: Friedenskirche in Hertten-Disteln.....	54
Abbildung 27: PV-Wintergarten im Wiener Zoo (Licht- + Schattenspiel).....	55
Abbildung 28: Giraffenhaus im Wiener Zoo – Vogelperspektive .....	56
Abbildung 29: Konzept der PV-Zellen als Glasintegration .....	56
Abbildung 30: Wohn- und Bürohaus Opus Architekten - Frontansicht.....	57
Abbildung 31: Wohn- und Bürohaus Opus Architekten - Rückansicht.....	58
Abbildung 32: Dachintegrierte PV- + Solarthermieanlage .....	58
Abbildung 33: Wohnhaus - Fassadenintegrierte PV .....	59
Abbildung 34: Balkonintegrierte PV .....	60
Abbildung 35: PV-Terrassenüberdachung Privathaus .....	60

Abbildung 36: Möbelhaus Trop.....	61
Abbildung 37: Unterkonstruktion mit Montageschienen.....	62
Abbildung 38: Speziell entwickelte Montageklammern für die PV-Module.....	63
Abbildung 39: Ertragssimulation während Planungsphase.....	65
Abbildung 40: Realer gemessener Ertrag Möbelhaus Trop.....	65
Abbildung 41: Vergleich Monatserträge – PV Möbelhaus Trop & PV Aufdach.....	67
Abbildung 42: Anzahl der Unternehmen je Bundesland.....	69
Abbildung 43: Betätigungsfelder der Unternehmen.....	70
Abbildung 44: Unternehmensgröße der teilgenommenen Unternehmen.....	71
Abbildung 45: Modulsortiment der Unternehmen.....	72
Abbildung 46: Nachfrage nach GIPV.....	73
Abbildung 47: Tendenzen zu GIPV.....	74
Abbildung 48: Größenordnung installierter GIPV-Anlagen.....	75
Abbildung 49: Mehrkosten der GIPV im Vergleich zu konventioneller PV.....	76
Abbildung 50: Angebotserweiterung auf GIPV.....	77
Abbildung 51: Maßnahmen zur Durchsetzung von GIPV.....	79

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Übersicht Wirkungsgrade verschiedener PV-Zellen.....	2
Tabelle 2: Vergütungssätze integrierter PV-Anlagen in der Schweiz.....	44
Tabelle 3: OIB-Richtlinien Übersicht .....	49
Tabelle 4: Ertragsdaten ATB-Becker.....	64
Tabelle 5: Ertrag Neigungswinkel 90° .....	66
Tabelle 6: Ertrag Aufdach Neigungswinkel 15° .....	66
Tabelle 7: Anzahl der PV-Module je Land.....	81
Tabelle 8: Unterteilung Zellart je Land.....	82

**ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS**

APV	Agrar-Photovoltaik
aSi	amorphes Silizium
BNetzA	Bundesnetzagentur
CdTe	Cadmiumtellurit
CIS	Kupfer Indium Selen
CIGS	Kupfer Indium Gallium Selen
DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung
EAG	Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz
EEG	Erneuerbare-Energien-Gesetz
EnV	Energieverordnung
EVA	Ethylenvinylacetat
GIPV	Gebäudeintegrierte Photovoltaik
IRENA	International Renewable Energy Agency
KfW	Kreditanstalt für Wiederaufbau
KMU	Klein- und Mittelunternehmen
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
LCOE	Levelized Cost of Electricity
MW	Megawatt
PV	Photovoltaik
PET	Polyethylenterephthalat
PVF	Polyvinylfluorid
TIWAG	Tiroler Wasserkraft-AG
μSi	mikrokristallines Silizium

## KURZFASSUNG

Die Photovoltaik-Industrie hat sich weltweit zu einer stark zuwachsenden Industrie entwickelt. Es ist von jährlichen Wachstumsraten von bis zu 100% (das bedeutet eine Verdopplung des Marktes) die Rede. Somit befindet sich die Solarstromtechnologie auf dem besten Weg, eine der wesentlichen Stromerzeugungsquellen für die Zukunft zu werden. Österreich als Technologieland hat von dieser Entwicklung bislang noch wenig profitiert, aber diese globale dynamische Entwicklung stellt jedoch eine große Chance für Österreich dar. Die Akzeptanz für PV in der Bevölkerung ist gegeben, die solaren Einstrahlungswerte sind sehr gut im Vergleich zu anderen europäischen Ländern und eignen sich gut für die Nutzung von PV-Anlagen, neue Arbeitsplätze würden entstehen, es gibt viele KMU's, die sich um die Installationen kümmern können und auch moderne Architekturlösungen haben einen hohen Stellenwert in Österreich. Zudem könnten verwandte Industrien, wie zum Beispiel die Glasindustrie davon profitieren, um Verglasungen mit PV-Zellen für glasintegrierte PV-Anlagen auszustatten. Daher sollte es innovativen Unternehmen in Österreich und Deutschland gelingen, zumindest einige Nischen in diesem Bereich erfolgreich am Weltmarkt zu besetzen. In diesem Zusammenhang sind integrierte PV-Lösungen in bestehende Oberflächen von besonderem und wichtigem Interesse, um den Ausbau der Photovoltaik neben der Installation auf Freiflächen und Gebäudedächern zu forcieren. Speziell die gebäudeintegrierte Photovoltaik wird als eine sehr wichtige Lösung der Zukunft gesehen, um den Strom direkt am Ort des Verbrauchers am Gebäude zu erzeugen. Hierbei wird die Stromerzeugung Teil des Gebäudes und Baumaterialien am Gebäude werden direkt durch PV-Module ersetzt. Wichtig dabei ist, das Gesamtbild und die Architektur zu berücksichtigen, um ein ästhetisches Erscheinungsbild zu garantieren. Bislang sind aber GIPV-Lösungen nur zu einem kleinen Anteil installiert und bisher noch ein Nischenthema, aber mit enormen Potential für Wachstum. Sowohl die österreichische Klima- und Energiestrategie #mission2030 als auch die globalen Sustainable Development Goals (SDG's) bringen den Ausbau erneuerbarer Energien deutlich zu Ausdruck.

Im Zuge dieses Praxisprojekts untersucht eine Gruppe von Studierenden aus dem Bachelorstudiengang „Energiewirtschaft“ unter Anleitung von Deniz Aksel, MA das Thema „Marktübersicht innovativer & integrierter Photovoltaikanwendungen zur Erreichung nationaler Klima- & Energiestrategieziele“. Das Projekt wurde durch wöchentliche Meetings der Studierenden aus dem 3. Semester über die Plattform Microsoft Teams ausgearbeitet. Im Laufe der Ausarbeitung wurde ein breiter Einblick in unterschiedliche Integrationsmöglichkeiten der PV-Technologie in bestehende Flächen gegeben. Diese reichen von der Integration auf Gebäuden, auf Gewässeroberflächen bis hin zu Agrarflächen und stellen innovative zukünftige Lösungen dar. Abgerundet wird diese Thematik mit einer Übersicht über verschiedene PV-Module am Markt in ausgewählten europäischen Ländern.

Der vorliegende Bericht schafft zu Beginn einen Überblick über die Photovoltaik und gibt die wesentlichen Funktionen, die Grundlagen der Technologie, verschiedener Module und Zellen und des Wechselrichters wieder. Die #mission2030 beschreibt die Notwendigkeit, den derzeitigen Stand, die Ziele und Chancen der PV in Österreich und dient als Ausgangslage für die Relevanz dieses Themas. Anschließend folgt eine Übersicht mit verschiedenen Arten der integrierten Photovoltaik, welche dann in den weiteren Kapiteln einzeln mit Vor- und Nachteilen und den jeweiligen Anwendungsmöglichkeiten beleuchtet werden. Es folgt eine detaillierte Beschreibung von gebäudeintegrierten Photovoltaikanlagen mit dem Fokus auf das hohe Potential, gefolgt von schwimmenden Photovoltaikanlagen und der Agrar-Photovoltaik.

Danach folgt ein Überblick über die Stromgestehungskosten erneuerbarer Energien und über die Einspeisevergütung und Direktvermarktung von PV-Strom. Nachfolgend werden die Länder Österreich und Schweiz anhand ihrer Förderungen und Normen und Richtlinien für Photovoltaik verglichen. Der Vergleich der beiden Länder dient dazu, den viel schnelleren Ausbau von gebäudeintegrierten PV-Lösungen in der Schweiz zu erklären. Die Begründung dafür liegt in höheren Vergütungssätzen für integrierte PV-Anlagen in der Schweiz. In den weiteren Kapiteln folgen Kriterien und Anschauungsbeispiele der GIPV-Anwendungen anhand ausgewählter aktueller Projekte und anhand von realisierten Praxisbeispielen.

Zur Abrundung des Themas wurde mit Fokus auf die gebäudeintegrierte PV-Technologie die österreichweite Verbreitung dieser Technologie anhand einer Umfrage an verschiedene Unternehmen ermittelt und ausgewertet. Die Umfrageergebnisse zeigen, dass die Anwendung bisher zwar sehr gering ist, aber eine klare Tendenz vorhanden ist, das GIPV-Thema zukünftig voranzutreiben unter Berücksichtigung weiterer Forschung und der aktuell noch hohen Kosten. Als Abschluss dieses Themas wird eine europaweite Übersicht von PV-Modulen anhand einer Online-Recherche der Produktdatenblätter durch die Studierenden veranschaulicht. Dazu wurde eine Excel-Übersicht erstellt, die als Beilage zum vorliegenden Bericht vorhanden ist.

Die Studierendengruppe möchte sich auf diesem Wege recht herzlich beim Solarenergieförderverein Bayern e.V als Auftraggeber für die Möglichkeit bedanken, dieses spannende Thema integrierter PV-Anwendungen im Zuge des Praxisprojektes zu untersuchen und auszuarbeiten. Mit diesem Projekt wurde es der Gruppe ermöglicht, in der PV-Thematik über den Tellerrand hinaus zu blicken und bisher noch wenig untersuchte Themen im Rahmen des Studiums selbstständig zu erarbeiten. Die Ausarbeitungen als Team dienen dazu, ein Bewusstsein für das wichtige Thema zu schaffen und das hohe Potential speziell der gebäudeintegrierten Photovoltaik zum Ausdruck zu bringen. Zudem dient dieser Endbericht als wichtige Ausgangslage, das Thema der GIPV im Zuge von Forschungstätigkeiten an der FH Kufstein Tirol im Studiengang Energie- & Nachhaltigkeitsmanagement zukünftig zu untersuchen.

# **1 Einleitung**

In diesem Kapitel wird einleitend das Studierenden-Team dieses Praxisprojekts vorgestellt, gefolgt von der Einführung in die Photovoltaik mit speziellem Fokus auf gebäudeintegrierte Anwendungen der Photovoltaik.

## **1.1 Vorstellung des Teams**

Im Auftrag des Solarenergiefördervereins Bayern e.V. hat sich das Studierendenteam dieses Praxisprojektes einer intensiven Literatur- und Marktrecherche, in Bezug auf integrierte Photovoltaikanwendungen mit großem Fokus auf die gebäudeintegrierte Photovoltaik, gewidmet.

Das Team besteht aus sieben Studierenden der Fachhochschule Kufstein Tirol aus dem Bachelorstudiengang Energiewirtschaft. Das Projekt wurde unter der wissenschaftlichen Anleitung von Deniz Aksel und der Projektleitung durch die Studentin Tamara Nocker im 3. Semester des Studiums ausgearbeitet. In den wöchentlichen Projektteamsitzungen über die Plattform Microsoft Teams wurden Absprachen über aktuelle Inhalte und Fortschritte durchgeführt und die jeweiligen Aufgaben an die einzelnen Studierenden verteilt. Zudem gab es im Dezember 2020 ein Projektmeeting mit den Auftraggebern, wo die Zwischenergebnisse präsentiert wurden und Feedback für die weitere Ausarbeitung eingeholt wurde. Gute Zusammenarbeit, klar definierte Ziele und laufende Kommunikation im Team, mit dem Betreuer und dem Auftraggeber führten das Praxisprojekt aus Sicht der Studierenden erfolgreich zum Ziel. Die finalen Ergebnisse wurden im Zuge einer Endpräsentation im Januar 2021 durch die Studierenden den Auftraggebern des Solarenergiefördervereins Bayern e.V. präsentiert.

## **1.2 Photovoltaik im Überblick**

Bei der Photovoltaik handelt es sich um eine Halbleitertechnologie, mit deren Technik das Licht der Sonnenstrahlung in einem Solarmodul unter Berücksichtigung der Wirkungsgrade direkt in elektrischen Strom umgewandelt wird. Die Wirkungsgrade

bei einer solchen Anlage variieren sehr stark. Die folgende Tabelle 1 zeigt die unterschiedlichen Wirkungsgrade der verschiedenen Zelltechnologien.

**Tabelle 1: Übersicht Wirkungsgrade verschiedener PV-Zellen**

(Quelle: Quaschnig, 2013, S. 126)

Zellmaterial	Maximaler Zellwirkungsgrad (Labor)	Maximaler Zellwirkungsgrad (Serie)	Typischer Modulwirkungsgrad	Flächenbedarf für 1 kWp
Monokristallines Silizium	25,0%	22,9%	16%	6,3m <sup>2</sup>
Polykristallines Silizium	20,4%	17,8%	15%	6,7m <sup>2</sup>
Amorphes Silizium	12,5%	7,6%	6%	16,7m <sup>2</sup>
CIS/CIGS	20,4%	15,1%	12%	8,3m <sup>2</sup>
CdTe	18,7%	12,8%	11%	9,1m <sup>2</sup>
Konzentratorzelle	43,6%	40,0%	30%	3,3m <sup>2</sup>

Bei guten Einstrahlungsbedingungen von 1000 Watt pro m<sup>2</sup> können ca. 120 Watt pro m<sup>2</sup> gewonnen werden. Der Jahresumsatz am Weltmarkt für PV liegt bei ungefähr 30 Milliarden Euro. Aus Sicht der Studierenden liegt die Faszination bei der PV an der Möglichkeit, elektrischen Strom ohne bewegte Teile, ohne laufende Rohstoffzufuhr sowie ohne Lärm und Geruch emissionsfrei vor Ort des Verbrauchers zu erzeugen. Für die Herstellung wird Silizium verwendet, Silizium ist das zweithäufigste Element der Erde. Bei den Verfahren zur Herstellung von PV-Modulen handelt es sich um industrieeübliche Prozesse, die ökologisch als unbedenklich gelten, sofern die Auflagen eingehalten werden. Als spezielle Anwendungsform dieser Technologie ermöglicht die gebäudeintegrierte Photovoltaik einen architektonisch künstlerischen Effekt bei Gebäuden, sowie die unauffällige Stromerzeugung durch Module, die in der Optik den Gebäudeteilen stark ähneln und bestimmte Bauteile ersetzen. <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Fließtext: Fechner et al., 2009a

### 1.3 Das spricht für gebäudeintegrierte Photovoltaik

Für Österreich mit einer jahrhundertelangen Bautradition im Sinne einer modernen, zukunftsorientierten und denkmalgeschützten Architektur führt kein Weg daran vorbei, eine zusätzliche Nutzung von Gebäudeoberflächen zur Stromerzeugung zu etablieren, um den Stromverbrauch von Gebäude direkt vor Ort zu erzeugen. Durch Besetzung dieser Nische könnte Österreich eine Vorreiterrolle am Weltmarkt in der GIPV einnehmen. Prognosen zufolge wird der weltweite Markt für GIPV von derzeit etwa 1,6 Milliarden USD in den nächsten Jahren auf rund 8,7 Milliarden USD ansteigen. GIPV wird zum Symbol für die notwendige Energiewende, welche auf erneuerbaren Energien aufbaut und somit den Anteil fossiler Kraftstoffe reduziert.<sup>2</sup>

### 1.4 Wesentliche Funktionen der gebäudeintegrierten Photovoltaik

GIPV kann neben der Produktion elektrischer Energie auch noch andere Funktionen im Gebäude übernehmen und weist sehr gute Effekte der sogenannten Doppelnutzung von bestehenden Flächen auf.

Wesentliche zusätzliche Funktionen und Vorteile von GIPV sind:

- **Wetterschutz**  
PV-Module werden als Schutz vor Wettereinwirkungen verwendet. Bei Außenwänden werden die Elemente in Brüstungen als Sicht- und Wetterschutz integriert.
- **Dämmung**  
Es besteht die Möglichkeit, durch eine objektspezifische Kombination von Hochwärmedämmung Energie zu sparen, indem Wärmeverluste reduziert werden.
- **Schallschutz**  
Hier kann das PV-Element auch als Schallschutz dienen und erhöht damit die Gebäudefunktionalität und steigert das Wohlbefinden.

---

<sup>2</sup> Fließtext: Fechner et al., 2009a

- **Klimatisierung**

Kommt es zu einer Überhitzung von Gebäuden durch massive Sonneneinstrahlung, wird die für die Klimatisierung benötigte Energie vor Ort zeitgleich erzeugt. Ideal eignet sich diese Anwendung durch Integration in Sonnenschutzsysteme, wodurch neben der Stromerzeugung die Verschattung für das Gebäude übernommen wird.

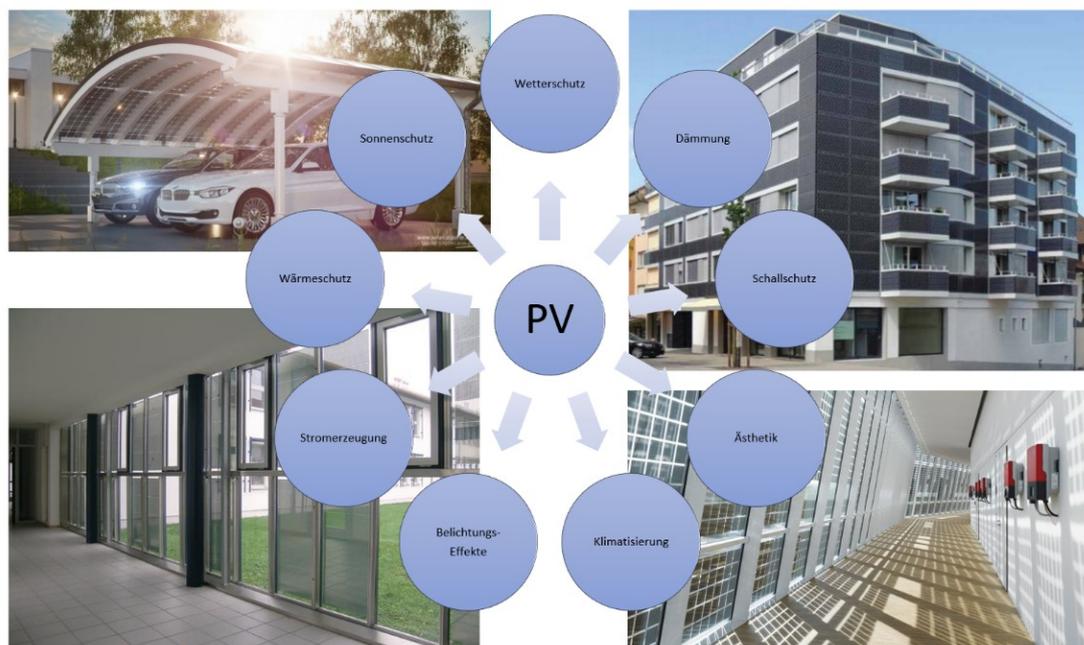
- **Abschattung (Sonnenschutz)**

Hier kommt es zu einer besseren Tageslichtnutzung durch gezielte Steuerung von Sonnenlichteinfall. Die Räume wirken größer, negativ dabei kann aber sein, dass es zu einer Blendung von umliegenden Gebäuden kommt.<sup>3</sup>

- **Wärmeschutz**

Der Wärmeschutz muss der Norm DIN 4108 entsprechen. Des Weiteren auch der Energiesparverordnung (ENEV).

In folgender Abbildung 1 sind die oben genannten Multifunktionalitäten der GIPV in einer Grafik zusammenfassend abgebildet.



**Abbildung 1: Wesentliche Funktionen einer GIPV-Anwendung**

(Quelle: eigene Darstellung; Quellen der Abbildungen siehe weitere Kapitel im Bericht)

<sup>3</sup> Fließtext: Fechner et al., 2009a

## 2 Klima- und Energiestrategie Mission 2030

Im Jahr 2018 haben das Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus sowie das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie die österreichische Klima- und Energiestrategie mit dem Titel „Mission2030“ herausgegeben. Dabei wird der aktuelle Stand der Energiewirtschaft in Österreich erläutert und die Ziele in diversen Bereichen genannt. Vor allem aber bekennt man sich zu dem internationalen Klimazielen.<sup>4</sup> Darüber hinaus werden ambitionierte Ziele zur Erreichung eben dieser gegeben. Zu diesen zählen unter anderem die Senkung der Treibhausgasemissionen bis 2030 um 36% mit dem Jahr 2005 als Referenz und die Deckung des national bilanziellen Gesamtstromverbrauchs mit erneuerbaren Energien bis 2030, wobei hier die Regel- und Ausgleichsenergie ausgenommen sind.<sup>5</sup> Diese Ziele sollen besonders unter den Gesichtspunkten der Erhaltung der Versorgungssicherheit und der sozialen und wirtschaftlichen Leistbarkeit erreicht werden.<sup>6</sup> Um dies zu gewährleisten, wurden 12 Leuchtturmprojekte verfasst, welche als wichtige Maßnahmen gesehen werden, um diese Ziele auch nachhaltig erreichen zu können.<sup>7</sup> Besonders beachtenswert im Zuge dieses Praxisprojekts ist der 6. Leuchtturm mit dem Titel „100.000-Dächer Photovoltaik und Kleinspeicher-Programm“, welcher die Lage, Ziele und Maßnahmen zur Erreichung jener beinhaltet.<sup>8</sup> Das beinhaltet neben Förderungen auch die Streichung der Eigenstromsteuer, die Erstellung von Bedingungen für Mikronetze und das Abstellen von Hindernissen bei Gemeinschaftsanlagen und Anlagen auf Gewerbedächern.<sup>9</sup> Generell soll die dezentrale Photovoltaik eine bedeutende Rolle in der Energieversorgung Österreichs einnehmen und gemeinsam mit Windkraft, Wasserkraft und diversen Anderen die Deckung des national bilanziellen

---

<sup>4</sup> Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus & Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2018, S. 6

<sup>5</sup> Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus & Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2018, S. 7, 17

<sup>6</sup> Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus & Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2018, S. 18-20

<sup>7</sup> Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus & Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2018, S. 55

<sup>8</sup> Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus & Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2018, S.64

<sup>9</sup> Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus & Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2018, S. 64

Stromverbrauchs übernehmen.<sup>10</sup> Eine besondere Bedeutung dabei wird auch der gebäudeintegrierten Photovoltaik zugeschrieben.<sup>11</sup>

Dadurch, dass die Photovoltaik eine solch schwerwiegende Rolle in der Energieplanung der #mission2030 und somit auch in der österreichischen Republik einnimmt, ist es sicherlich förderlich und zukunftssträftig, dieses Thema als Praxisprojekt im Zuge des Studiums zu bearbeiten. Vor allem die gebäudeintegrierte Photovoltaik, welche noch nicht am Markt etabliert ist, der aber eine enorm wichtige Rolle zugeschrieben wird, ist ein gutes Thema für die Studierenden, neue und innovative Erkenntnisse zu betrachten und auch selbst auszuarbeiten.

## 2.1 Derzeitiger Stand der Photovoltaik in Österreich

Mit Stand 2018 betrug die kumulierte Gesamtleistung an Photovoltaik ca. 1.437,64 MW<sub>peak</sub>, mit der insgesamt zumindest 1.437,6 GWh Strom produziert wurden.<sup>12</sup> Insgesamt überwiegen dabei die netzgekoppelten Anlagen gegenüber den autarken.<sup>13</sup> Bei der Verteilung der Solarzellenarten ist erkennbar, dass zwar mit einer starken Mehrheit polykristalline Zellen verbaut werden, jedoch entwickelt sich ein aufsteigender Trend zu den monokristallinen Zellen.<sup>14</sup> Bei der Betrachtung der Montagearten von neu installierten Anlagen ist ein klares Übergewicht auf Seiten der Aufdachanlagen zu erkennen, welche im Jahr 2018 einen Anteil von 95,87% hatten, gefolgt von freistehenden PV-Anlagen.<sup>15</sup> Hierbei war gut zu erkennen, dass die integrierten Lösungen, mit 0,61% bei den fassadenintegrierten und 0,35% bei den dachintegrierten Anlagen, nur einen verschwindend geringen Prozentsatz ausmachten.<sup>16</sup> Während 84,5% der Photovoltaikanlagen auf Gebäuden installiert

---

<sup>10</sup> Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus & Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2018, S. 27

<sup>11</sup> Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus & Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2018, S. 64

<sup>12</sup> Biermayr et al., 2019, S. 21

<sup>13</sup> Biermayr et al., 2019, S. 111

<sup>14</sup> Biermayr et al., 2019, S. 114

<sup>15</sup> Biermayr et al., 2019, S. 115

<sup>16</sup> Biermayr et al., 2019, S. 115

wurden, sind nur 2,4% davon auch gebäudeintegriert.<sup>17</sup> Im Jahr 2017 betrug die Flächenversiegelung in Österreich 12,9 Hektar pro Tag.<sup>18</sup> Mit diesen Zahlen steht Österreich europaweit an der Spitze.<sup>19</sup> Auch das spricht für gebäudeintegrierte Lösungen, um weitere Versiegelung durch diverse Freiflächenanlagen zu vermeiden.

## 2.2 Ziele im Bereich der Photovoltaik

Um die ambitionierten Ziele der #mission2030 zu erreichen, wird besonders auf die Technologie der Photovoltaik gesetzt. Die Photovoltaik bietet die Möglichkeit, ökologisch und auch dezentral sauberen Strom zu erzeugen. Im Zuge der „Photovoltaik Roadmap für Österreich“ wurde berechnet, dass für eine komplette Stromverbrauchsdeckung aus erneuerbaren Energien, eine Steigerung der jährlichen Photovoltaikstromproduktion auf 29,9 TWh notwendig ist.<sup>20</sup> Das Potential für gebäudeintegrierte Photovoltaik ist mit 140 km<sup>2</sup> Dachfläche und 50 km<sup>2</sup> Fassadenfläche zwar vorhanden, jedoch müsste dafür das technische Potenzial zu 80-90% umgesetzt werden.<sup>21 22</sup>

Um die Verbreitung der gebäudeintegrierten Photovoltaik voranzubringen, ist neben gesetzlichen Änderungen und staatlichen Förderungen, auch eine enge Zusammenarbeit zwischen den Unternehmen dieser Branche und auch eine Informationsoffensive in diversen Bereichen notwendig.<sup>23</sup> Darüber hinaus sind Fortschritte in der Forschung notwendig, um eine größere Produktpalette anbieten zu können und die Auswahl für potentielle Kund:innen damit erhöht wird.

---

<sup>17</sup> Fechner et al., 2018, S. 62

<sup>18</sup> Fechner et al., 2018, S. 64

<sup>19</sup> EU-Umweltbüro, 2017, S. 2

<sup>20</sup> Fechner et al., 2016, S. 10

<sup>21</sup> Fechner et al., 2009a, S. 7

<sup>22</sup> Fechner, 2020, S. 4

<sup>23</sup> Fechner et al., 2009b, S. 25-26

### 2.3 Chancen für die österreichische Wirtschaft

Der Aufschwung einer neuen Technologie bedeutet immer eine Möglichkeit für viele Firmen, sich an der Wertschöpfungskette zu beteiligen, wenn der Trend frühzeitig erkannt und eine Spezialisierung erfolgt. Besonders bei der gebäudeintegrierten Photovoltaik, welche sich noch nicht am Markt etabliert hat, bestehen hier noch große, offene Potentiale. Die Wertschöpfungskette der Photovoltaik bietet aktuell eine große Möglichkeit für österreichische Unternehmen. Weltweit bewegt sich die Anzahl der durch Photovoltaik geschaffenen Arbeitsplätze zwischen 3,7 und 9,9 Millionen, während die Beschäftigungszahl in Österreich bei ca. 2.000 liegt.<sup>24</sup> Stand 2018 waren die meisten Beschäftigten in der Sparte der Wechselrichter und Zusatzkomponentenproduktion zu finden, gefolgt von den Planern und Errichtern.<sup>25</sup> Der Markt der gebäudeintegrierten Photovoltaik würde der österreichischen Wirtschaft sehr gut liegen, da er auf Maßanfertigungen und Einzelstückproduktionen beruht, was ihn auch in Zukunft stabil gegen billige Massenproduktion aus anderen Ländern macht.<sup>26</sup> Darüber hinaus kann eine nachhaltige Installation von grünem Photovoltaikstrom auch den Standort Österreich für andere Branchen erhöhen. Besonders sehr energieintensive Branchen könnten von dem grünen Strom profitieren, da dieser keine CO<sub>2</sub>-Zertifikate benötigt.<sup>27</sup>

---

<sup>24</sup> Fechner et al., 2009, S. 9

<sup>25</sup> Biermayr et al., 2019, S. 122

<sup>26</sup> Fechner et al., 2018, S. 76

<sup>27</sup> Fechner et al., 2018, S. 18

### 3 Grundlagen der Photovoltaik

In den folgenden Unterkapiteln wird auf die Technik der Photovoltaik eingegangen. Neben dem Aufbau der PV-Module und dem Herstellungsprozess der Zellen wird auch auf den benötigten Wechselrichter eingegangen.

#### 3.1 Aufbau der PV-Module

Zum Schutz von Witterungseinflüssen auf die PV-Zellen ist auf der Vorderseite eines Moduls ein eisenoxidarmes Weißglas oder ein mit Siliziumoxid beschichtetes Antireflexglas angebracht. Durch Vorspannen des Glases wird die Festigkeit durch Biegung und Temperaturen erhöht. Die Solarzellen werden überwiegend in Kunststoff, Ethylvinylacetat (EVA), eingebettet und mit 150°C erwärmt bzw. laminiert. Für halbtransparente Module wird für die Rückseite Glas verwendet, für normale Module eine Kunststofffolie aus Polyvinylfluorid (PVF) und Polyethylterephthalat (PET) zur elektrischen Isolation und UV-Beständigkeit. Die PV-Module sind in Aluminium- oder Stahlrahmen zum Schutz des Glases und zur Befestigung der Module eingebettet. Die Anschlussdosen mit Bypassdioden befinden sich auf der Rückseite der Module.<sup>28</sup>

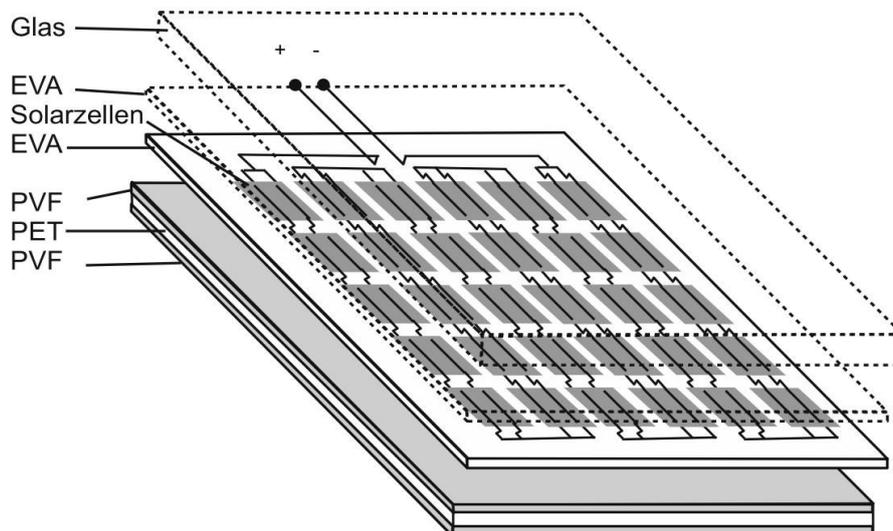


Abbildung 2: Aufbau eines kristallinen Photovoltaikmoduls

(Quelle: Wesselak und Voswinckel, 2016, S.68)

<sup>28</sup> Wesselak und Voswinckel, 2016, S. 68-69

### 3.2 Herstellungsprozess der Zellen

Es wird zwischen mono- und polykristallinen Solarzellen unterschieden. Monokristalline Zellen haben im Gegensatz zu polykristallinen Zellen eine homogene Struktur, wobei die Herstellung des Siliziums eine wesentliche Rolle spielt. In Abbildung 3 sind die waagrechten und senkrechten Kontaktierungen zu erkennen, die die Elektronen aus der Solarzelle ableiten. Silizium wird aus Quarzsand gewonnen, die Herstellung erfolgt mittels Reduktionsprozesses in Lichtbogenöfen bei 1.900-2.100°C. Anschließend wird Silizium mit Chlorwasserstoff in gasförmiges Trichlorsilan überführt, mittels Destillation gereinigt und in einem Reaktor bei ca. 1.100°C als polykristallines Silizium mit einem Reinheitsgrad von 99,999% abgeschieden.<sup>29</sup>



Abbildung 3: Solarzelle mit (rechts) und ohne (links) Reflexionsbeschichtung und Kontaktfinger

(Quelle: Wesselak und Voswinckel, 2016, S. 51)

---

<sup>29</sup> Wesselak und Voswinckel, 2016, S. 45-48

### 3.2.1 Polykristalline Module

Bei polykristallinen Modulen wird das aufgeschmolzene Silizium in Blöcken gegossen, wobei beim Abkühlen eine grobkörnige Struktur mit sichtbaren Korngrenzen entsteht.<sup>30</sup>

### 3.2.2 Monokristalline Module

Zerkleinertes, solarreines Silizium wird nach einem Reinigungsätzen bei 1.450°C eingeschmolzen und mittels Tiegelziehen Einkristalle mit einem Durchmesser von 30cm und 2m Länge hergestellt. Ein weiteres Verfahren stellt das Zonenziehverfahren dar, bei dem der Siliziumstab lokal induktiv aufgeschmolzen und durch einen Stab hindurchbewegt wird.<sup>31</sup>

Diese monokristallinen Stäbe oder polykristallinen Blöcke, sogenannte Ingots, werden in 180-350µm dicke Scheiben zersägt, die als Wafer bezeichnet werden. Für die p-Dotierung wird beim Kristallisationsvorgang Bor zugesetzt und für den p-n-Übergang wird bei Temperaturen zwischen 800 und 1.200°C eine Seite der Siliziumscheibe Phosphor eindiffundiert.

In einem Reaktionsraum wird die Antireflexionsbeschichtung, die den Solarzellen die dunkelblaue/schwarze Farbe verleiht, aufgebracht. Dazu wird mittels Gasgemischs entweder Siliziumnitrid, Siliziumdioxid oder Titandioxid auf die Siliziumscheiben aufgebracht. Die zuvor erwähnten Kontaktierungen bzw. Kontaktfinger werden mit Hilfe von Siebdruck aufgebracht. Rückseitig vollflächig und auf der Vorderseite so klein wie möglich, um wenig Zellfläche zu verdecken.<sup>32</sup>

### 3.2.3 Dünnschicht-Module

Dünnschicht-Solarzellen benötigen im Gegensatz zu kristallinen Solarzellen weniger Material für das Halbleitersubstrat, wobei diese Solarzellen einen geringeren Wirkungsgrad aufweisen. Cadmiumtellurit-Module (CdTe) sind wirtschaftlich am erfolgreichsten. Ein Halbleitermaterial aus Cadmiumtellurit, Kupfer-Verbindungen (Indium/Gallium, Selen/Schwefel - CIS/CIGS), mikrokristallines (µSi) oder amorphes

---

<sup>30</sup> Wesselak und Voswinckel, 2016, S. 48

<sup>31</sup> Wesselak und Voswinckel, 2016, S. 48

<sup>32</sup> Wesselak und Voswinckel, 2016, S. 48-51



Funktion der einzelnen PV-Module eingesehen werden. In Bezug auf die Investitionskosten macht der Wechselrichter ein knappes Fünftel bei den Investitionskosten aus.<sup>34</sup>

Die Hauptaufgaben eines Wechselrichters sind:

- Leistungsoptimierung
- Netzüberwachung
- Ertrags- & Anlagenüberwachung der PV-Anlage
- Sicherheit für das Stromnetz (Bsp. bei Stromausfall im Netz)

Unterschiedliche Wechselrichtertypen:

- Stringwechselrichter
- Modulwechselrichter
- Zentralwechselrichter<sup>35</sup>

---

<sup>34</sup> Weselak und Voswinkel. 2015, S.65f.

<sup>35</sup> Wegatech Greenergy GmbH, 2021

## 4 Arten von integrierter Photovoltaik

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, die PV-Technologie in bestehende Systeme und Strukturen zu integrieren, um in weiterer Folge eine Doppelnutzung von Flächen zu ermöglichen und die Flächenversiegelung zu reduzieren:

- Photovoltaik für Industrie und Gewerbe
- Photovoltaik in der Mobilität
- Photovoltaik in der Landwirtschaft
- Schwimmende Photovoltaik
- Photovoltaik in Gebäuden und Städten



Abbildung 5: Flächenpotentiale integrierter Photovoltaik

(Quelle: Wirth, 2020, S. 38)

### 4.1.1 Photovoltaik für Industrie und Gewerbe

Die Energieversorgung wird durch den verstärkten Einsatz von PV in Industrie und Gewerbe dezentralisiert. Dadurch kommt es zu einer größeren Kraftwerksanzahl mit jeweils geringen Leistungen, wodurch auch mehr Ausfallsicherheit erreicht wird. Des Weiteren gibt es die Möglichkeit, Lastspitzen zu verschieben und die Chance zur

Flexibilisierung. Zudem wird der hohe Strombedarf vor Ort für Industrie und Gewerbe erzeugt und bedarf keinem weiten Transport durchs öffentliche Netz.

### **Potenziale:**

- Kosteneinsparpotenzial durch eigene Stromerzeugung vor Ort
- Regenerative Erzeugung von Prozessstoffen
- Speicherung der Energie für Wärmeanwendungen (Sektorkopplung)

### **4.1.2 Photovoltaik in der Mobilität**

Der weitere Ausbau der Erneuerbaren Energien und vor allem der PV muss Hand in Hand mit dem weiteren Ausbau der Elektromobilität gehen. Hierbei spielt das Thema der Sektorkopplung eine beachtliche Rolle und ermöglicht eine sehr gute Kombination zwischen Stromerzeugung und Mobilität.

### **Generelle Einsatzbereiche:**

- In der Verkehrsinfrastruktur
  - Schallschutzwände
  - Parkraumüberdachungen, Carports
  - Solare Straßenbeläge, Smart Roads
  - Solarbetriebene Verkehrsleittechnik
- Direkt am Fahrzeug
  - An PKW-Oberflächen
  - Auf Schiffen, Flugzeugen und Eisenbahnwaggons
  - Auf Kühl-LKWs
- Für das Laden der Akkus von E-Fahrzeugen
  - Um sicherzustellen, dass Elektromobilität mit erneuerbaren Quellen, darunter wesentlich durch die Photovoltaik, betrieben wird

### **Potenziale:**

- PV-Flächenbedarf für Individual-E-Mobil-Jahresbedarf
- PV-Potenzial auf Straßen, Geh- und Radwege
- PV-Potenzial durch direkte Fahrzeugintegration
- PV-Potenzial auf Lärmschutzwänden
- PV-Potenzial auf Parkplatzüberdachungen
- PV-Potenzial im Eisenbahnwesen und Fernverkehrswesen

### **4.1.3 Photovoltaik in der Landwirtschaft**

Jede Art von Landwirtschaft wird durch die eigene Stromerzeugung mittels Photovoltaik CO<sub>2</sub>-neutraler und unabhängiger vom Energiezukauf aus dem öffentlichen Netz.

#### **Potenziale:**

- Photovoltaische Nutzung auf Gebäuden der Landwirtschaft
- Photovoltaische Nutzung auf Gewächshäusern
- Synergetische Nutzung von Photovoltaik auf Agrarflächen
- Photovoltaische Nutzung für „Urban Farming“
- Photovoltaische Nutzung auf Agrarflächen primär zur Energieerzeugung
- Andere photovoltaische Nutzungsarten in der Landwirtschaft

Im Kapitel 8 dieses Berichts wird näher auf die Agrar-PV eingegangen.

### **4.1.4 Schwimmende Photovoltaik**

Im Bereich der PV-Anwendung auf Wasseroberflächen bieten sich einige bestehende Gewässer zur Doppelnutzung an, da Wasserflächen ohnehin schon in der Natur beansprucht sind und somit eine sehr gute Doppelnutzung dieser Flächen für die PV ermöglicht wird.

#### **Potenziale:**

- Speicherseen bei Pumpspeicherkraftwerken
- Geflutete Tagebauten
- Trinkwasserreservoirs
- Industrielle Gewässer
- Baggerseen

Im Kapitel 7 dieses Berichts wird näher auf die schwimmende PV eingegangen.

#### 4.1.5 Photovoltaik in Gebäuden und Städten

Folgende Anwendungen von PV am oder auf Gebäuden sind aktuell bereits erforscht und werden schon angewendet. Das Potenzial für weiteren Ausbau dieser Integrationsform ist dabei enorm und noch weitestgehend nicht umgesetzt.

- Flachdächer
- Schrägdächer
- Gebäudeintegrierte PV als „Fassadenplatte“ für Kaltfassadensysteme, als Verschattungssysteme oder als Überdachung
- Gebäudeintegrierte PV integriert in Warmfassaden
- Systemtechnik<sup>36</sup>

Im folgenden Kapitel 5 wird die Thematik der GIPV näher beleuchtet und anschließend die Vor- & Nachteile dieser spannenden Technologie angeführt.

## 5 Gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen

In den folgenden Unterkapiteln werden verschiedene Arten der Gebäudeintegration von PV-Anlagen vorgestellt. Abschließend wird auf die Ertragsunterschiede unterschiedlicher PV-Anwendungen eingegangen.

### 5.1 Fassadenintegrierte PV

Fassadenintegrierte PV-Anlagen kommen in Frage, wenn eine Aufdachanlage beispielsweise wegen gewissen Gründen nicht möglich ist (z.B. Verschattung durch Nachbarobjekte, unzureichende Größe des Daches, Alter des Daches, Statik des Daches, bereits belegte Flächen auf dem Dach aufgrund anderer Bauteile etc.).<sup>37</sup> Zudem bieten fassadenintegrierte PV-Module im Vergleich zu Aufdachanlagen viele Vorteile, wie beispielsweise ein höherer Ertrag im Winter aufgrund der tieferstehenden Sonne zur senkrechten Montageart oder auch ein hoher ästhetischer Wert aufgrund der innovativ erscheinenden Gebäudeoptik. Solarmodule können dabei auf Schienen oder

---

<sup>36</sup> Fließtext: Fechner et al., 2018

<sup>37</sup> Heinze GmbH, 2020

anderen Unterkonstruktionen befestigt werden und zudem auch Gebäudeelemente, wie zum Beispiel Fenster oder Fassadenflächen, ersetzen.<sup>38</sup> In der folgenden Abbildung 6 ist eine große Glasfront mit PV-Modulen ersetzt worden und erzeugt neben der Verschattung der hinter liegenden Räume wertvollen Strom vor Ort. Zudem ist ein solches Gebäude stark auffallend und beeinflusst indirekt das Bewusstsein für Photovoltaik in positivem Sinne.

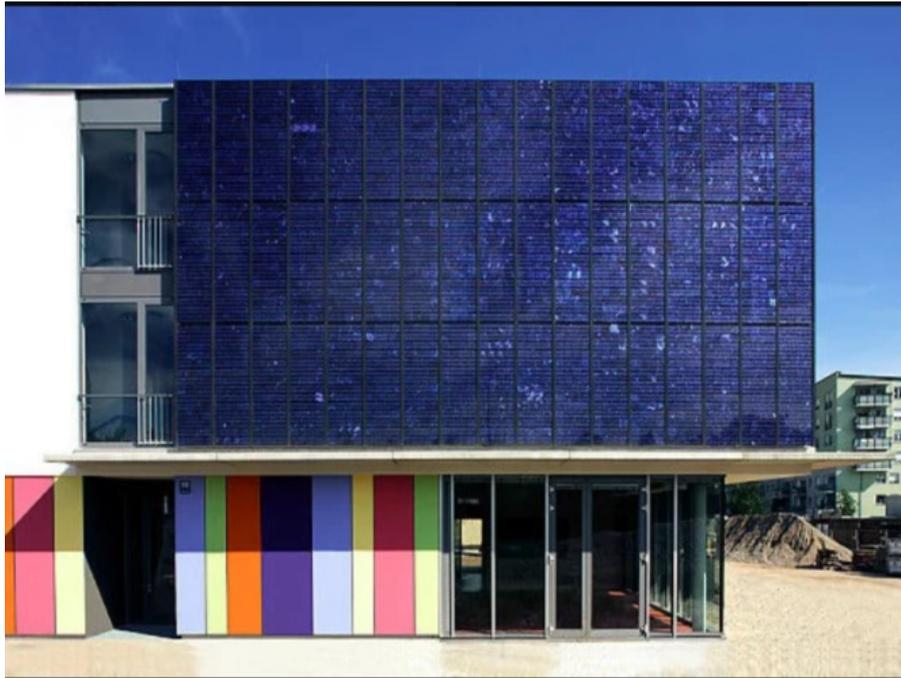


Abbildung 6: Beispiel einer fassadenintegrierten PV (Kinderkrippe München)

(Quelle: Heinze GmbH, 2020)

### 5.1.1 Einsatzbereiche

Solarfassaden bringen einen Vorteil, wenn sie auf großen Fassadenflächen angebracht werden können, wie z.B. auf einem Bürogebäude mit mehreren Stockwerken. Für diesen Bereich sind auch lichtdurchlässige, transparente Module erhältlich, die nicht nur elegant, sondern auch sehr praktisch sind und dadurch auch Elemente wie Fenster ersetzen können. Im Vergleich zu Aufdachanlagen fällt der Ertrag speziell in den Sommermonaten geringer aus, da sie nicht im optimalen Neigungswinkel angebracht werden können. Man rechnet mit einem ungefähren Ertragsverlust von 30% über die

---

<sup>38</sup> Frontini, 2020

Sommermonate, jedoch kann dieser Unterschied in den Wintermonaten durch die senkrechte Installation der Module ausgeglichen werden. Der erhöhte Ertrag im Winter im Vergleich zu einer Aufdachanlage könnte sich aber insofern positiv auswirken, da mit dem erzeugten Strom direkt eine Wärmepumpe zur Wärmeerzeugung angetrieben werden könnte.<sup>39</sup>

### 5.1.2 Montage – Kaltfassaden

Ähnlich wie bei der Aufdachanlage werden die Module so an der Fassade eingebaut, dass eine Hinterlüftung möglich ist. Nur dann spricht man von einer Kaltfassade. An der Fassade werden Schienen oder spezielle Halterungen befestigt, auf denen dann die Module montiert werden. Im Gegensatz zu Aufdachanlagen müssen spezielle Halterungen benutzt werden, da die Gewichtsverlagerung bei vertikal installierten Modulen anders ausfällt.<sup>40</sup>



**Abbildung 7: PV-Module in hinterlüfteter Fassade**

(Quelle: Heinze GmbH, 2020)

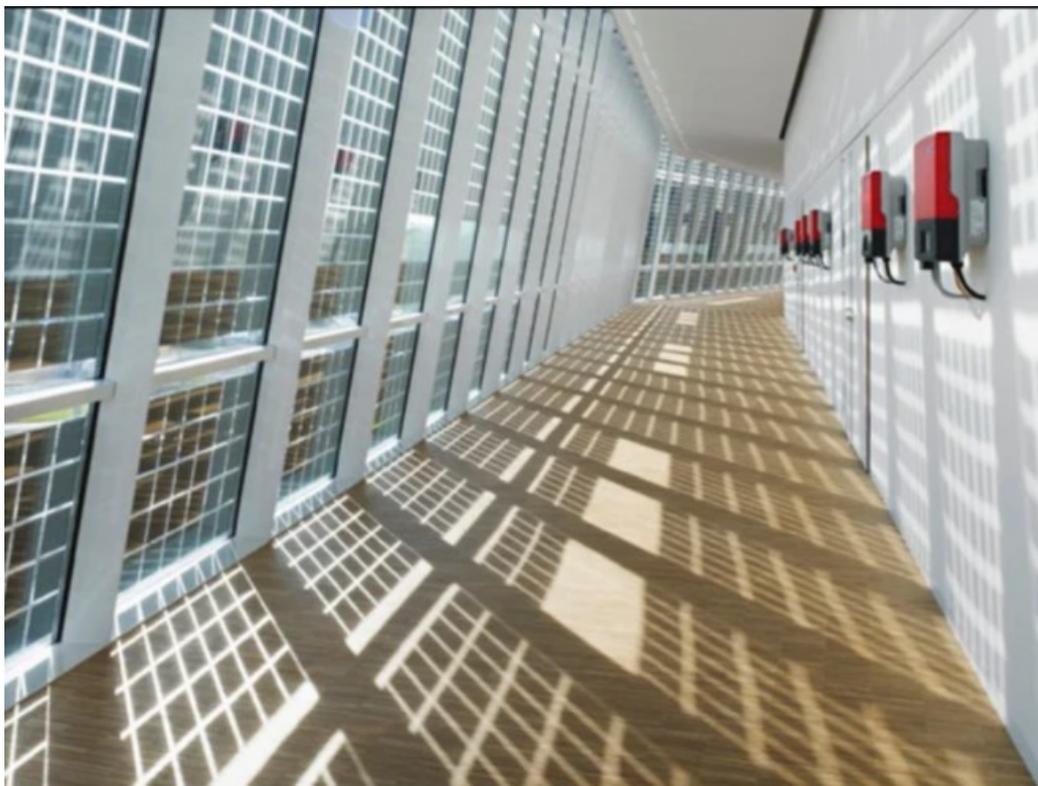
---

<sup>39</sup> Pils I., 2019

<sup>40</sup> Acker U., 2020b

### 5.1.3 Montage – Warmfassaden

Module, die in das Gebäude integriert sind, nennt man Warmfassade oder Gebäudeintegrierte Photovoltaik (GIPV). Sie ersetzen Elemente des Gebäudes und müssen die Funktionen des ersetzten Elements ausgleichen, wie z.B. Wärmedämmung, Transparenz (bei Fensterersatz) und/oder andere Schutzfunktionen. Ideal ist eine Warmfassade bei Neubauten, da die Teile von Beginn an integriert werden können, um den Aufwand und Kosten zu minimieren. Ein nachträglicher Einbau bei alten und bestehenden Bauten ist teuer und aufwändig.<sup>41</sup>



**Abbildung 8: Solarzellen in Fensterfassade integriert**

(Quelle: Heinze GmbH, 2020)

---

<sup>41</sup> Acker U., 2020b

## 5.2 Dachintegrierte PV

Photovoltaikanlagen, die in einem Dach integriert werden, sind besonders gut für Gebäude geeignet, die neu gebaut werden und ein Schrägdach haben. Zwar wirkt eine Photovoltaik-Solaranlage, die in einem Dach eingebaut ist, sehr elegant und homogen, aber viele Photovoltaikmodule erreichen bei dieser Art der Installation im Gegensatz zur Aufdach-Montage einen geringeren Wirkungsgrad aufgrund der fehlenden Hinterlüftung unter den Modulen und damit aufgrund des Hitzestaus.

Bei Indach-Photovoltaikanlagen werden die Schienen zur Befestigung der Solarmodule auf den Dachlatten verschraubt. Im Anschluss werden die Module auf den Halteschienen befestigt. Die große Herausforderung bei Indach-Systemen besteht darin, die Dachhaut so abzudichten, dass keine Feuchtigkeit eindringen kann.<sup>42</sup>



**Abbildung 9: Indach-Photovoltaikanlage**

**(Quelle: Anondi GmbH, 2021)**

Dazu gibt es im Wesentlichen zwei Möglichkeiten:

---

<sup>42</sup> Madel A., 2020a

### **5.2.1 Verlegung der Module im Versatz**

Bei dieser Indach-Montage werden die Solarmodule so verlegt, dass das obere Modul das untere überlappt. Im Grunde werden die Solarpaneele so verlegt wie Dachsteine oder Dachschindeln. Der Vorteil bei dieser Verlegeart besteht darin, dass Niederschlagswasser ungehindert abfließen kann und im Winter Schnee und Eis sehr gut nach unten abrutschen können. In Fachkreisen werden diese Integrationssysteme auch Solardachziegel genannt.

### **5.2.2 Verlegung der Module als ebene Fläche**

Um die Module in einer Ebene verlegen zu können, muss zwingend auf eine fachgerechte Abdichtung geachtet werden. Dies stellt sich jedoch oftmals bei dieser Indach-Montage als schwierig heraus. Anders als bei der Aufdach-Montage werden hier rahmenlose Solarmodule verwendet, welche an den Stößen abgedichtet werden. Diese Montageart ist nicht für den Hobbyhandwerker:innen geeignet. Es empfiehlt sich, nur Fachhandwerker:innen für eine Indach-Lösung zu engagieren. Oft kommt es bei Indach-Anlagen zu Undichtigkeiten der Dachhaut, was sehr schnell große Schäden im Haushalt verursachen kann. Im Gegensatz zu aufgeständerten Photovoltaikanlagen, haben Solardachziegel häufig keine ausreichende Hinterlüftung. Dieser Umstand sorgt dafür, dass vor allem bei intensivem Sonnenschein die Erträge aufgrund des Hitzestaus verringert werden. Daher muss bei der Verwendung von Solardachziegeln unbedingt darauf geachtet werden, dass ausreichend viele Lüftersteine in den Dachziegeln eingebaut werden. Diese sorgen für genügend Kühlluft, sodass der Ertragsverlust durch Luftzirkulation deutlich gesenkt werden kann.<sup>43</sup> Zwar ist das Erscheinungsbild der Dachfläche mit dachintegrierten Solarmodulen im Vergleich zu Aufdach-Lösungen viel ästhetischer, dafür sind die Kosten jedoch höher als die konventionelle Anwendung. Im Zuge eines Neubaus können mit einer dachintegrierten Photovoltaikanlage aber im Gegenzug die herkömmlichen Dachsteine gespart und die Kosten angeglichen werden. Dieser Umstand könnte sich unterm Strich eventuell wieder positiv auf das Gesamtvorhaben auswirken.

---

<sup>43</sup> Acker, 2020a

### 5.3 Balkon-PV

Für Miet- und Eigentumswohnungen ohne Anspruch auf die Dachflächen gibt es die gute Möglichkeit, das Balkongeländer mit einer PV-Anlage auszustatten. Eine typische Balkon-PV-Anlage besteht meist aufgrund des Platzmangels aus wenigen Modulen. Angeboten werden die Anlagen als Paket, bestehend aus Solarmodul und integriertem Wechselrichter. Diese steckbaren Solarmodule können mit mehreren zusammengeschlossen werden. Das 230-Volt Ausgangskabel wird an eine haushaltsübliche Steckdose angeschlossen und der erzeugte Strom wird von den im Haushalt eingeschalteten Geräten direkt verbraucht. Nicht verbrauchter Solarstrom wird automatisch ins Netz eingespeist. Bei älteren Stromzählern muss die Verwendung einer Solaranlage dem Stromversorger gemeldet werden, um ein Rückwärtslaufen des Stromzählers zu verhindern.<sup>44</sup>



**Abbildung 10: Solarbalkon**

**(Quelle: Zentrale Solarterrassen & Carportwerk GmbH, 2020b)**

Bei Balkon-PV-Modulen wird auch hier zwischen Dünnschichtmodulen, mono- und polykristallinen Modulen unterschieden. Handelsübliche Module sind etwa 1 Meter mal 1,50 Meter groß und haben im Schnitt eine Leistung von 300 Watt peak. Somit

---

<sup>44</sup> Greenhouse Media GmbH, 2020a

kann die tägliche Grundlast eines Haushaltes, wie z.B. der Stand-by-Modus verschiedener Haushaltsgeräte, abgedeckt werden. Die Gewohnheiten sollen also an die Tageszeit und an die Stromerzeugung durch die PV angepasst werden, zum Beispiel den Geschirrspüler mittags und nicht abends anzuschalten.<sup>45</sup>

## 5.4 Garage und Carport

Die Installation von Photovoltaikanlagen auf Garagen und Carports eignet sich besonders gut aufgrund großer ungenutzter Flächen. Allerdings müssen bei der Planung auch hier vorab schon der Neigungswinkel, Ausrichtung und der Standort festgelegt werden. Bei der Installation auf bestehenden Garagendächern oder Carports muss die Statik vorher geprüft werden, um etwaige Gewichtsbelastungen und Schneelasten zu berücksichtigen.<sup>46</sup>



Abbildung 11: Solarcarport

(Quelle: Pokuta, 2020)

Die Anschaffung einer PV-Anlage auf dem Carport eignet sich nicht nur für E-Auto-Besitzer:innen, denn der gewonnene Strom kann auch im Haushalt verwendet werden.

---

<sup>45</sup> Biehl, R. 2020

<sup>46</sup> Madel A., 2020b

Die Installation auf einer Garage oder auf dem Carport kann bezüglich der Sonneneinstrahlung unter Umständen günstiger als die Installation auf dem Hausdach sein, da die Garagen- und Carport-Dächer meist in Flachbauweise errichtet sind. Des Weiteren fallen die Module weniger auf, da sie sich, im Gegensatz zur Hausdach-Installation, in Bodennähe befindet. Auch die baurechtlichen Vorgaben sind von Land zu Land unterschiedlich und muss beim Bauamt vorab erfragt werden.<sup>47</sup>

## 5.5 Terrassenüberdachung & Wintergarten

Alternativ zu herkömmlichen Terrassen-Glasüberdachung kann ein Solar-Glasdach angewendet werden. Durch die geringen Mehrkosten amortisiert sich ein Solar-Glasdach mit einer Lichtdurchlässigkeit von 40% bei einer Größe von 20 m<sup>2</sup> laut Büssecker innerhalb weniger Jahre.<sup>48</sup>

Die Firma Solarcarport erwähnt, dass sich die Kosten des Solardaches schnell amortisieren, da Besitzer eines solchen Dachs unabhängig von den Stromkosten sind. Die Kombination mit einem Energiespeicher ist möglich und die erzeugte Energie kann sowohl für das E-Auto als auch für den Haushalt genutzt werden. Die Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW) bietet in Deutschland Förderdarlehen für Bauleute an, wobei diese vor Baubeginn beantragt werden muss.<sup>49</sup>

---

<sup>47</sup> Madel A., 2020c

<sup>48</sup> Büssecker M., 2020

<sup>49</sup> Zentrale Solarterrassen & Carportwerk GmbH, 2020a



Abbildung 12: Solarwintergarten

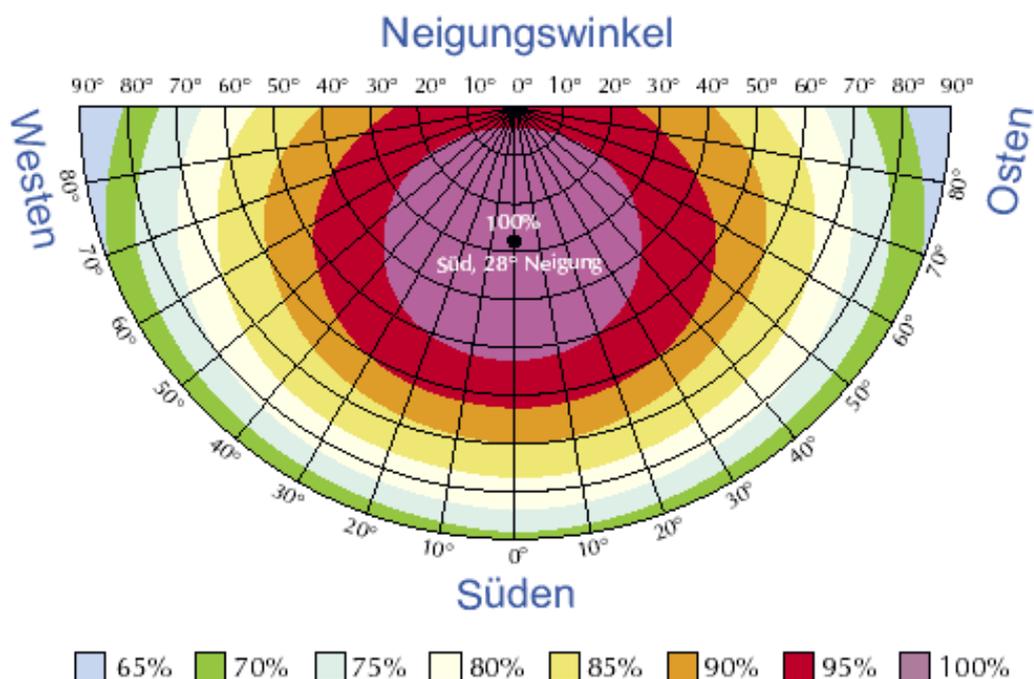
(Quelle: Zentrale Solarterrassen & Carportwerk GmbH, 2020a)

## 5.6 Ertragsunterschiede unterschiedlicher PV-Arten

Der Jahresertrag einer Photovoltaikanlage wird nach dem Standort, den örtlichen Gegebenheiten (Berge, Schatten, Nachbargebäude, umliegende Objekte ...) und vor allem vom Neigungswinkel und der Ausrichtung bestimmt. Der optimale Neigungswinkel für den größten Jahresertrag liegt in unseren Breiten bei ca.  $30^\circ$  mit einer Südabweichung von  $0^\circ$ . Werden die Module an einer senkrechten Wand mit Südausrichtung montiert, erreicht man einen Jahresertrag von 70% im Vergleich zum optimalen Neigungswinkel. Dabei ändert sich aber die monatliche Verteilung der Erträge und erreicht im Winter auch sehr gute Werte.<sup>50</sup>

---

<sup>50</sup> Wagner, 2020

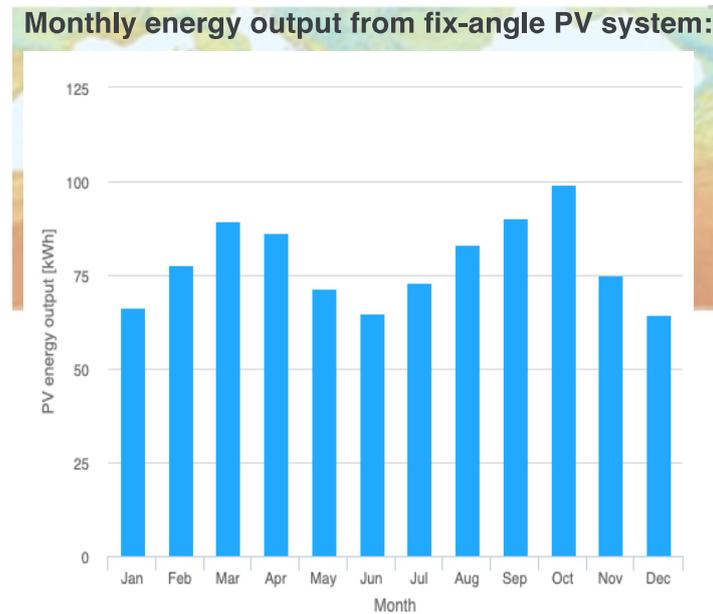


**Abbildung 13: Einfluss der Modulausrichtung auf den Ertrag der PV**

(Quelle: Wagner, 2020)

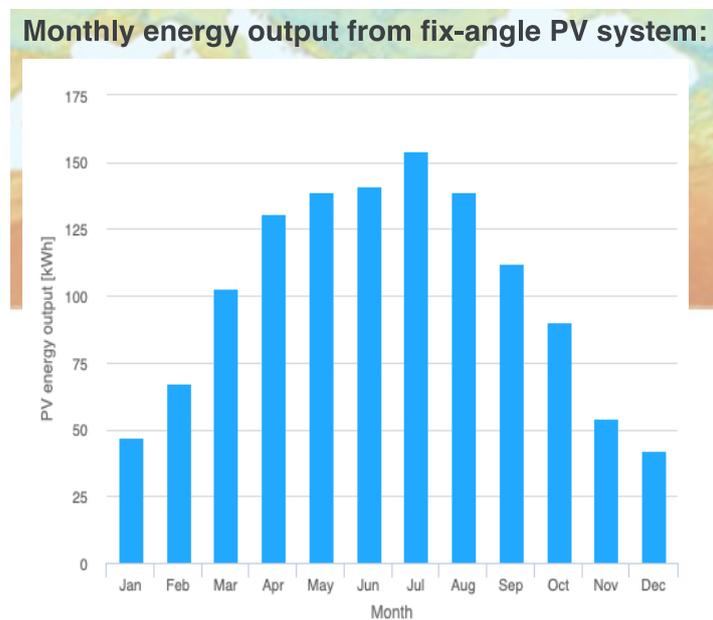
Der höchst mögliche Jahresertrag ist jedoch nicht das einzige Kriterium bei der Planung einer Photovoltaikanlage. Die Wirtschaftlichkeit hängt meist stark vom Eigenverbrauchsanteil ab, da die Einspeisung nur mit einem Bruchteil der Gesamtstromkosten vergütet wird. Daher wurde von der Studierendengruppe im Zuge dieses Praxisprojektes eine eigene Simulation erstellt, um den jahreszeitlichen Ertrag zu ermitteln. Hierfür wurde auf der Website der europäischen Kommission das PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM verwendet. Es wurden eine typische Flachdachaufständerung mit  $15^\circ$  Neigungswinkel mit einer fassadenintegrierten Anlage mit  $90^\circ$  Neigungswinkel verglichen. Beide haben eine Südabweichung von  $0^\circ$ . Der Vergleich der Abbildung 14 und Abbildung 15 verdeutlicht, dass eine senkrechte Montage weniger Ertragsschwankungen zwischen den Monaten über das Jahr hinweg aufweist. Darüber hinaus sind die Erträge in den Wintermonaten bei einer senkrechten Montage durch den besseren Winkel zur Sonne höher. Dies kann in den verbrauchsintensiven Wintermonaten zu einer höheren Eigenbedarfsdeckung führen, indem beispielsweise eine Wärmepumpe mit vor Ort

erzeugtem Strom betrieben wird und somit die Sektoren Strom und Wärme gekoppelt werden.



**Abbildung 14: PV-Simulation: Neigung 90°, Südausrichtung (Ertrag in kWh)**

(Quelle: eigene Darstellung mit Daten aus PVGIS)



**Abbildung 15: PV-Simulation: Neigung 15°, Südausrichtung (Ertrag in kWh)**

(Quelle: eigene Darstellung mit Daten aus PVGIS)

## **6 Vor- und Nachteile der GIPV**

In den folgenden Unterkapiteln werden stichpunktartig die Vor- und Nachteile ausgewählter Anwendungen von gebäudeintegrierten PV-Anlagen aufgelistet und sollen das hohe Potential dieser Technologie in den Fokus stellen.

### **6.1 Schrägdachintegrierte PV**

#### **Vorteile**

- Vorteilhafter Winkel zur Sonne aufgrund der Dachneigung
- Keine großen Veränderungen am Dach notwendig, da die PV-Anlagen nur eine geringe Bautiefe benötigen
- Meist ungehinderter Zugang zu Sonne ohne Verschattungen
- Ersatz und Kosteneinsparung von Dachbauteilen

#### **Nachteile**

- Ohne Hinterlüftung sinkt der Wirkungsgrad
- Bedeckung der Module im Winter bei Schneefall

### **6.2 PV-Integration an Außenwänden und Brüstungen**

#### **Vorteile**

- Meist größte Flächen vom Gebäude
- Flächen meist für keine andere Nutzung bestimmt
- Aus gestalterischer Sicht & Ästhetik gut geeignet
- Einfache und kostensparende Integrationsweise
- Kostengünstig bei Berücksichtigung während dem Bauprozess

#### **Nachteile**

- Geringe Einstrahlungsbedingungen im Sommer bei senkrechter Installation
- Hinterlüftung der Module muss gegeben sein -> sonst wird Wirkungsgrad reduziert
- Module müssen so platziert und angebracht werden, sodass die Schutzfunktion der Außenwand ersetzt wird

## 6.3 PV-Integration an Glasfassaden

### Vorteile

- Kann als Fenster dienen, auch semitransparent (Doppelfunktion)
- Strom mit GIPV statt Glas
- Aussehen der Module ähneln Fenster von außen
- Erfüllen Schutzbedingungen (Brand-, Wärme-, Schallschutz)
- Farbige Module zur Anpassung an die Gebäudeoptik erhältlich

### Nachteile

- Geringe Einstrahlungsbedingungen im Sommer bei senkrechter Installation<sup>51</sup>

## 7 Schwimmende Photovoltaikanlagen

Eine weitere Möglichkeit von Integration der Photovoltaik in bestehende Flächen sind schwimmende PV-Anlagen. Hier gibt es laut Berechnungen des Fraunhofer Instituts ISE alleine in Deutschland enormes Potential für den Einsatz dieser Technologie. Es wurde berechnet, dass die nutzbare Fläche von künstlichen Standgewässern eine PV-Leistung von 2,74 GWp zulassen würde. Schwimmende Photovoltaikanlagen sind eine relativ neue Art der Integration und weltweit noch nicht sehr verbreitet. Künftig sollte sich das ändern, denn der Nutzflächenverbrauch ist im Vergleich zu Freiflächenanlagen bei dieser Art der Installation nicht gegeben.<sup>52</sup>

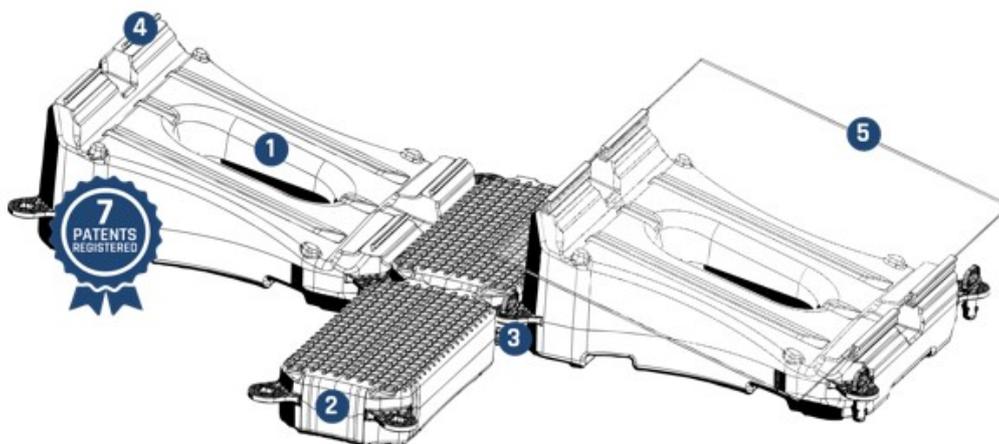
Die Unterkonstruktion dieser Anlagen besteht aus Schwimmkörpern, auf denen die Module befestigt werden. Beim Einsatz in ruhigen Gewässern sind diese sehr nahe an der Wasseroberfläche montiert. Zusammengehängt ergeben sich große Flosse, welche am Seegrund verankert werden. Auch die Wechselrichter – und bei großen Anlagen sogar die Transformatoren – werden schwimmend installiert. Durch die Kühlung der Module aufgrund des Gewässers und zusätzliche Lichtreflexionen der Wasseroberfläche wird der Ertrag der PV-Erzeugung um bis zu 10% gesteigert.<sup>53</sup>

---

<sup>51</sup> Fechner et al., 2009a

<sup>52</sup> Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020a, S.1

<sup>53</sup> Busse, 2019



**Abbildung 16: Hydrelion Schwimmkörper-Montagesystem**

(Quelle: CIEL & TERRE, 2020)

Es gibt auch schon Anlagen, die auf dem Meer gebaut wurden. Hier hat die Wiener Firma Swimsol GmbH bisher mehrere Projekte in den Malediven umgesetzt. Die Bedingungen im Meer sind jedoch viel schwieriger, denn es gibt mehr Wellengang, der Abstand zur Küste ist oft größer und das salzige Meerwasser greift aufgrund der Korrosion die Bauteile an. Deshalb wurde eine Unterkonstruktion entwickelt, bei der sich die Module höher über der Wasseroberfläche befinden und die Schwimmkonstruktion teilweise unter Wasser ist. Somit wird die Anlage von Wellengang weniger beeinflusst.<sup>54</sup> Folgend sind zwei Abbildungen mit der Installation schwimmender PV-Module auf dem Meer durch Swimsol und auf einem Baggersee dargestellt.

---

<sup>54</sup> Handelsblatt GmbH, 2019



**Abbildung 17: Swimsol PV-Anlage auf den Malediven; Installation auf dem Meer (96 kWp)**

**(Quelle: Swimsol GmbH, 2020)**



**Abbildung 18: Größte schwimmende PV Deutschlands, Kieswerk Ossola, Renchen – Installation auf Baggersee (750kWp)**

**(Quelle: Greenhouse Media GmbH, 2020b)**

## 7.1 Einsatzgebiete

Prädestinierte Gewässer für die Anwendung schwimmender Photovoltaik sind hier Industrie- und Baggerseen. Diese werden oft nicht anderwärtig genutzt und sind schon gut erschlossen. Auch befindet sich meist ein großer Stromabnehmer in der Nähe, der einen direkten Verbrauch des Stroms vor Ort ermöglicht. Kieswerke haben sich in Deutschland als gut geeignet bewiesen, in der Alpengegend könnten Stauseen für die Anwendung dieser Technologie genutzt werden. Hier wäre die gesamte Infrastruktur von Straßen über Stromleitungen und Personal schon vorhanden und würde nur einen geringen Mehraufwand erfordern. In anderen Gebieten könnten Trinkwasserreservoirs verwendet werden. Hier würde durch die Bedeckung der Wasseroberfläche sogar weniger Wasser verdunsten, was sich positiv auf die Wassermengen auswirken würde.

55

Die Anzahl schwimmender PV-Anlagen wächst rasant, Japan und China sind bislang die Spitzenreiter. Jedoch gibt es in vielen anderen Ländern bisher nur Pilotanlagen zur Erprobung der Technologie, da wäre noch großes Wachstumspotential zur weiteren Entwicklung dieser Technologie.

---

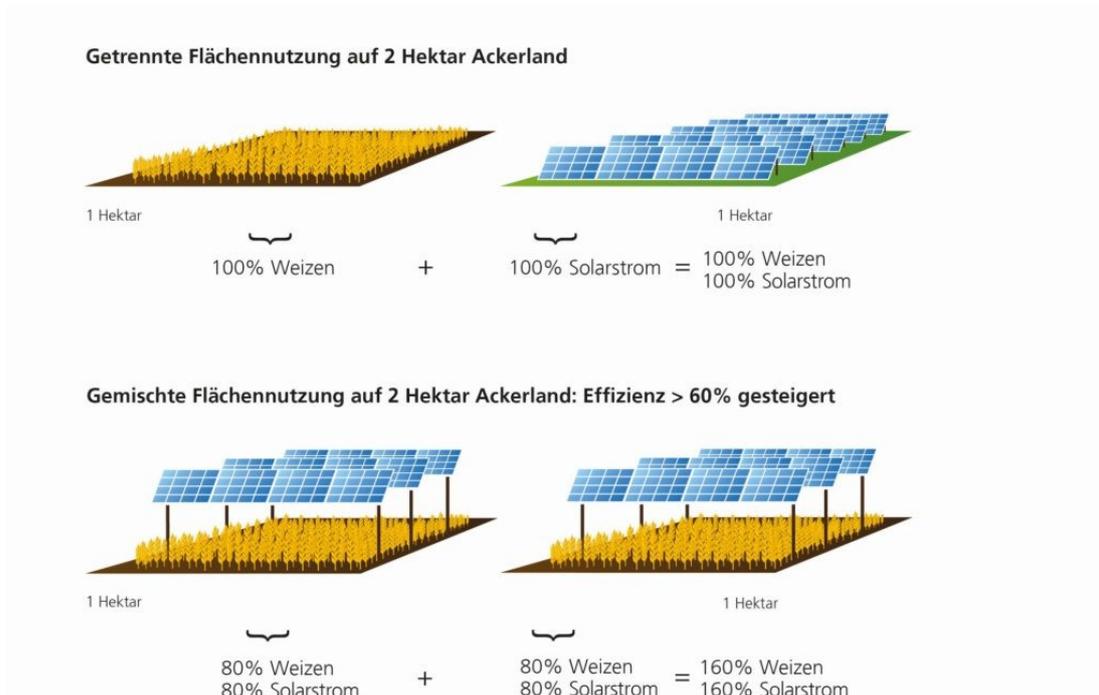
<sup>55</sup> FARFAN, J. und C. BREYER, 2018, S. 403-411

## 8 Agrar-Photovoltaik

Der Klimawandel erfordert nicht nur die schnellstmögliche Beendigung jeglicher Emissionen und die bestmögliche Adaption an sich dramatisch verändernde klimatische Bedingungen, sondern auch den Erhalt und weitest möglichen Wiederaufbau verlorengangener Biodiversität. In der voranschreitenden Klimakrise dürfen diese drei Ziele nicht gegeneinander ausgespielt werden, sondern müssen so effizient wie möglich kombiniert werden. Denn die vorhandene Fläche für PV in Deutschland ist begrenzt und bereits vielerorts durch landwirtschaftliche Nutzflächen in Beschlag genommen. Wie lassen sich nun Landwirtschaft, Biodiversität und erneuerbare Energiegewinnung nachhaltig vereinen? Ein sehr gutes Beispiel für eine solche Kombination ist die Agrar-Photovoltaik (APV). Denn sie ermöglicht über die Doppelnutzung des Ackers eine hochgradig effiziente Flächennutzung und bietet neben der zusätzlichen Energiegewinnung auch verschiedenste Vorteile für die Landwirtschaft und den Erhalt der Biodiversität auf dem Land. Bei dieser Variante werden zwar nur jeweils 80% des Potenzials von der Landwirtschaft und von den Photovoltaik-Modulen auf der gleichen Grundfläche genutzt, aber letztendlich wird die Flächennutzungsrate um 60% gesteigert.<sup>56</sup>

---

<sup>56</sup> Trommsdorff M., 2017a



**Abbildung 19: Agrar-PV Flächennutzungssteigerung**

(Quelle: Trommsdorff, 2017a)

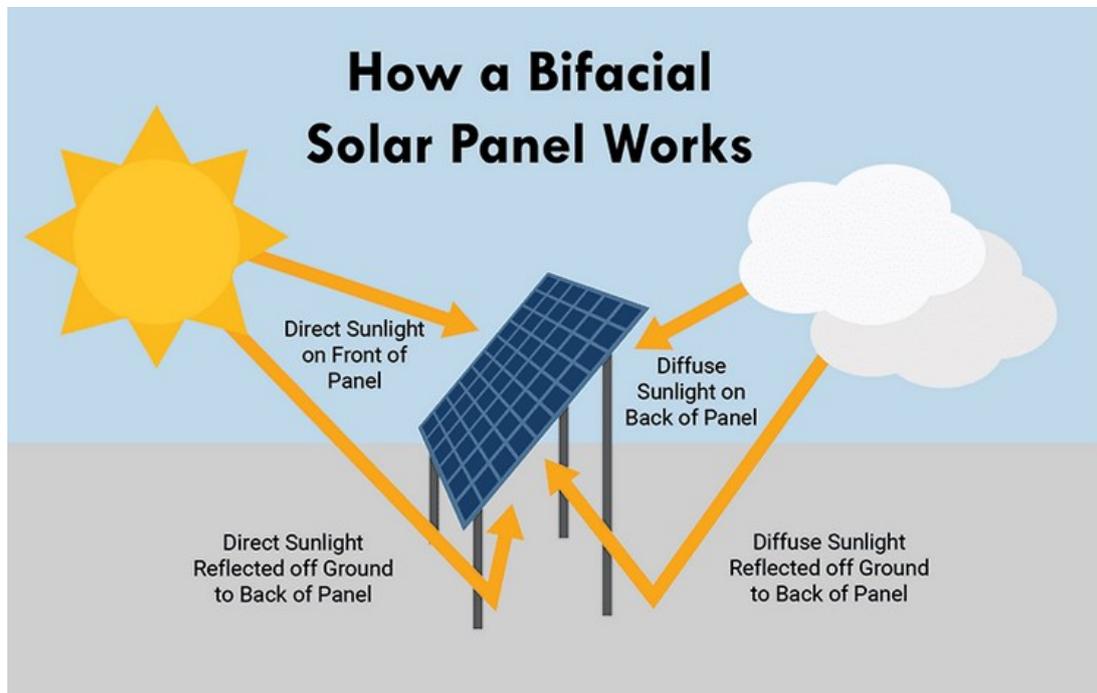


**Abbildung 20: Agrar-PV schematisch**

(Quelle: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020b)

Hier werden Standard Glas-Glas Module verwendet, die durch eine Mischung von Lichtdurchlässigkeit und einer lockeren Anordnung ausreichend Lichtverhältnisse schaffen, um Ackerfrüchte darunter wachsen zulassen. Die Module wirken zusätzlich

bifazial<sup>57</sup>, d.h., dass die Module sowohl durch die direkte Sonneneinstrahlung als auch durch reflektierte indirekte Sonneneinstrahlung auf der Rückseite Strom generieren können und so sogar einen höheren Ertrag als herkömmliche Module erzielen.<sup>58</sup>



**Abbildung 21: Bifaziales Modul**

(Quelle: Gambone, 2021)

Für konventionelle Kulturen wie Mais, Getreide oder Raps sei Agrophotovoltaik derzeit unwirtschaftlich. Nicht nur wegen der geringeren Erträge, sondern auch, weil die Photovoltaik-Module wegen der Erntemaschinen sehr hoch aufgeständert sein müssten, was auch die Kosten stark steigen lässt. Die Bewirtschaftung und Ernte der Flächen gestalten sich daher schwierig. Im Obstbau hingegen könnten die Photovoltaik-Module zur Verbesserung der Rahmenbedingungen für den Anbau beitragen. Die aufgeständerten PV-Anlagen bieten den Früchten darunter Schutz vor jeglicher Wetterbedingung, wie zum Beispiel vor starker Sonneneinstrahlung oder Hagel. Die Wasserverdunstung wird so reduziert und kann somit teilweise sogar zu größeren Erträgen führen. Jedoch ist die Agrar-PV noch sehr jung und noch nicht sehr

<sup>57</sup> Buchbauer T., 2019

<sup>58</sup> Theele, 2020

gut in den aktuellen gesetzlichen Regelwerken integriert. Bis jetzt hat sie noch keinen Anspruch auf EU-Agrarsubventionen und auch keine Einspeisevergütung.<sup>59</sup>

PV-Projekte wurden zuvor nur durch Ausschreibungen und Förderungen umgesetzt.<sup>60</sup> Das Problem war, dass die Landwirte im Wettbewerb keine Chance gegen die erneuerbaren Energieproduzenten hatten und deswegen die Regierung die Ackerflächen nur reguliert für PV-Anlagen zur Verfügung stellen konnte. Nun kann allerdings die Ackerfläche durch Agrar-PV doppelt genutzt werden und die Bauern und Stromproduzenten stehen in keinem direkten Wettbewerb mehr, sodass zukünftig deutlich mehr Fläche für diese Art an PV zur Verfügung steht.

Sobald die Agrar-PV in das Erneuerbare-Energien-Gesetz (EEG) integriert ist und Projekte tatsächlich umgesetzt werden können, werden sowohl die Landwirte als auch die Stromproduzenten und zudem die Gesellschaft von dieser neuen Variante der PV-Integration profitieren.

## **9 Kosten erneuerbarer Energien**

In den beiden Unterkapiteln wird zum einen auf die Stromgestehungskosten und zum anderen auf Einspeisevergütung und Direktvermarktung von PV-Strom eingegangen.

### **9.1 Stromgestehungskosten**

Stromgestehungskosten (engl. Levelized Cost of Electricity bzw. abgekürzt LCOE) bezeichnen die Kosten, welche für die Energieumwandlung von einer beliebigen Energieform in elektrischen Strom notwendig sind. Sie werden zum Beispiel in Euro oder Dollar je Megawattstunde angegeben. Eine weitere Angabe ist in Eurocent pro Kilowattstunde.

Die Stromgestehungskosten ergeben sich aus den Kapitalkosten (inklusive der Finanzierungskosten von Fremdkapital), den fixen und den variablen Betriebskosten,

---

<sup>59</sup> Trommsdorff M., 2017b

<sup>60</sup> Möller U., 2020

ggf. den Brennstoffkosten, sowie der angestrebten Kapitalverzinsung über den Betriebszeitraum.<sup>61</sup>

Durchschnittliche Stromgestehungskosten werden nach der Kapitalwertmethode berechnet und ermöglichen einen Vergleich von Kraftwerken mit verschiedenen Erzeugungs- und Kostenstrukturen. Nicht geeignet ist die Methode dafür, die Wirtschaftlichkeit eines konkreten Kraftwerksprojektes zu berechnen, denn das ist nur mit einer kompletten Finanzierungsrechnung inklusiver aller Einnahmen und Ausgaben möglich.<sup>62</sup>

Es zeigt sich, dass die Stromgestehungskosten der Photovoltaikanlagen pro kWh, mit zunehmender Größe der genutzten Fläche, sinken. Auf Freiflächen haben Photovoltaikanlagen die niedrigsten Stromgestehungskosten. Je nach Anlagentyp liegen die Stromgestehungskosten für PV zwischen rund 4 und 11,5 Eurocent/kWh.<sup>63</sup> Die Kosten für Strom aus erneuerbaren Energien sind in den letzten zehn Jahren stark gesunken, was auf optimierte Technologien, Skaleneffekte, zunehmend wettbewerbsfähige Lieferketten und wachsende Erfahrung in der Projektentwicklung zurückzuführen ist. Die Stromgestehungskosten für PV sind seit 2010 um 82% gesunken, gefolgt von solarthermischen Kraftwerken mit 47%, der Windenergie an Land mit 39% und der Windenergie auf See mit 29%. Dies geht aus Kostendaten hervor, die von der International Renewable Energy Agency (IRENA) aus 17.000 Projekten im Jahr 2019 erhoben wurden. Bei 56% aller neu in Betrieb genommenen Großanlagen für die regenerative Stromerzeugung lagen die Kosten für 2019 unter der günstigsten Alternative mit fossilen Brennstoffen.<sup>64</sup>

Die folgende Abbildung 22 zeigt die Stromgestehungskosten erneuerbarer Energien und konventioneller Kraftwerke im Vergleich. Es zeigt sich, dass PV-Freiflächenanlagen neben der Onshore-Windkraftanlage die geringsten Stromgestehungskosten aufweisen und zukünftig enorm wettbewerbsfähig sein werden. Konkrete Zahlen für gebäudeintegrierte PV-Anwendungen liegen nicht vor, diese hängen stark von den einzelnen Realisierungen und Rahmenbedingungen ab.

---

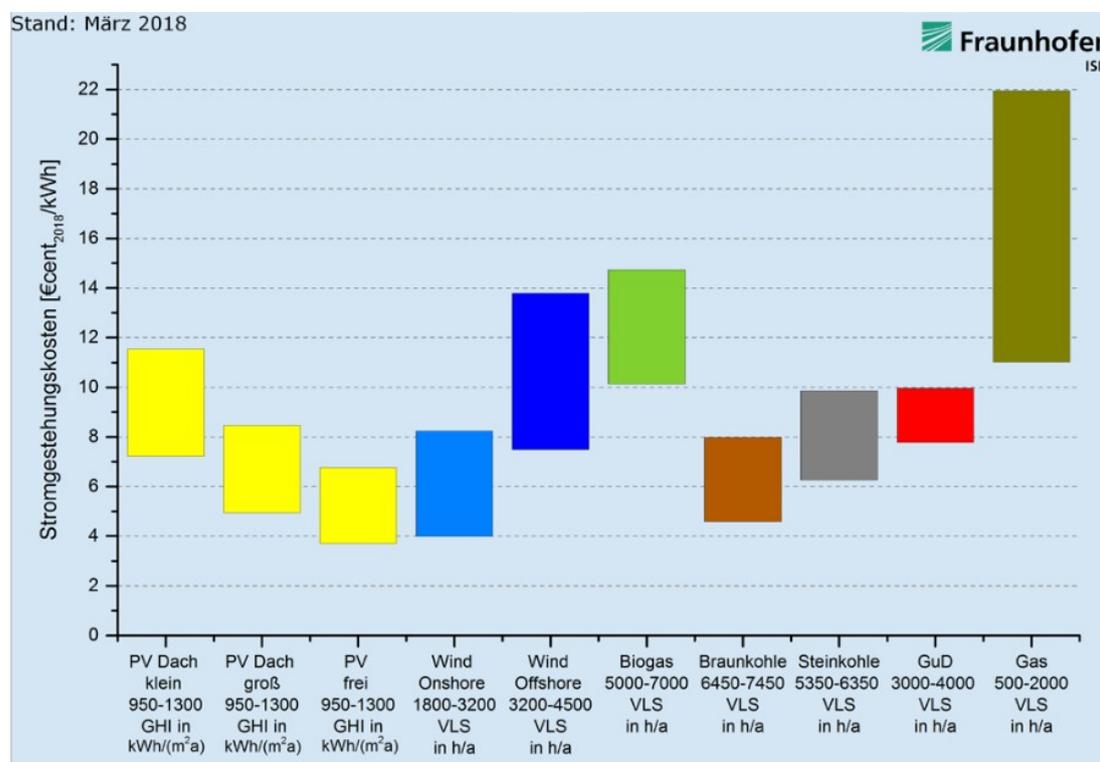
<sup>61</sup> Heck, 2019

<sup>62</sup> Heck, 2019

<sup>63</sup> Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2018

<sup>64</sup> IRENA, 2020

Zusammenfassend kann aber gesagt werden, dass die PV großes Potential in Zukunft aufweist und die Stromgestehungskosten stets sinken.



**Abbildung 22: Stromgestehungskosten erneuerbarer Energien und konventioneller Kraftwerke**  
(Quelle: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2018)

## 9.2 Einspeisevergütung und Direktvermarktung von PV-Strom

Im Rahmen des EEG wird u.a. die Erzeugung von Solarstrom durch eine auf 20 Jahre festgelegte Vergütung für die Einspeisung von Strom in das öffentliche Stromnetz gefördert. Dabei wird nach Zeitpunkt der Inbetriebnahme, Größe der Anlage sowie nach Typ (Freifläche oder Gebäude) unterschieden. Dieser Vergütungssatz ist für 20 Jahre lang konstant. Da die Einspeisevergütung tendenziell sinkt, sind entsprechend Anlagen, die zu einem früheren Zeitpunkt in Betrieb genommen wurden, rentabler. Die Bundesnetzagentur veröffentlicht jedes Quartal die Fördersätze, die sich auf die Summe der installierten Leistung aller geförderten Photovoltaik-Anlagen bezieht.<sup>65</sup>

<sup>65</sup> Hartl, R., 2021

In Deutschland werden Dachanlagen bis einschließlich 10 kWp installierter Leistung in der Regel auf Ein- bis Zweifamilienhäusern oder Mietshäusern installiert. Sie erhalten den höchsten Einspeisevergütungssatz von 8,90 Cent / kWh (Februar 2021). Dachanlagen mittlerer Größe über 10 kWp bis einschließlich 40 kWp erhalten eine Einspeisevergütung, die unter jener für Kleinanlagen, aber über derjenigen für Großanlagen liegt. Sie erhalten einen hohen Einspeisevergütungssatz von 8,65 Cent/kWh (Stand Februar 2021), für die ersten 10 kWp sogar den höchsten Satz wie Kleinanlagen. Die ältere Unterscheidung zwischen Anlagen bis 100 kWp und von 100 bis 1.000 kWp wird nicht mehr getroffen. Mit der neueren Leistungsklasse von 10 bis 40 kWp werden rund 50% aller Photovoltaikanlagen auf Werkshallen, Scheunendächern und Überdachungen von Fuhrparks etc., aber auch auf Dächern mittelgroßer Verwaltungsgebäude, Schulen u.ä. abgedeckt. Für größere bis sehr große Dachanlagen über 40 kWp bis einschließlich 100 kWp liegt die Einspeisevergütung bei 6,79 Cent / kWh (Stand Februar 2021). Auch hier gilt: Die ersten 10 kWp werden zum höchsten Satz wie bei Kleinanlagen, die Leistung von 10 kWp bis 40 kWp mit demjenigen für mittlere Anlagen vergütet und erst diejenige Stromerzeugung, die über diese Leistungsstufen hinausgeht, erhält den Vergütungssatz der eigenen Leistungsstufe. In der Regel werden Photovoltaikanlagen dieser Größe auf großen Werkshallen, Kliniken, Verwaltungsgebäuden etc. installiert. Seit 1. Januar 2016 gilt in der Anlagenklasse von 40 bis 500 kWp eine Änderung: Alle Neuanlagen ab einer Leistung von 100 kWp sind dazu verpflichtet, den erzeugten Strom selbst zu vermarkten.<sup>66</sup>

Ein Direktvermarkter, wie das Virtuelle Kraftwerk der Firma Energie Baden-Württemberg (EnBW) ist ein Unternehmen, das sich auf die Vermarktung des Stroms aus Erneuerbaren Energien spezialisiert hat. Ebenso hat ein Direktvermarkter die Gesetze und Richtlinien rund um Erneuerbare Energien und die zugehörigen Märkte stets im Blick. Bevor es zur Vermarktung des Stroms kommt, muss zunächst ein Unternehmen gegründet werden. Der nächste verpflichtende Schritt ist die Eintragung

---

<sup>66</sup> Hartl, R., 2021

als Energielieferant bei der Bundesnetzagentur (BNetzA), der Strom an Haushalte liefern darf. Ebenso muss eine Börsenhandelslizenz erworben werden.<sup>67</sup>

Die Hauptaufgabe eines Direktvermarkters ist es, den erzeugten Erneuerbare Energien-Strom von Anlagenbesitzern direkt an der Börse zu verkaufen. Dazu bedarf es strategischen Know-How, um den Strom genau dann zu vermarkten, wenn die Nachfrage und somit der Verkaufspreis am höchsten sind. Für den Verkauf des Stroms zahlt der Direktvermarkter dem Anlagenbetreiber monatlich den Strompreis, der im Durchschnitt an der Börse erzielt wird. Dieser sogenannte Marktwert ergibt zusammen mit der Marktprämie, die vom Netzbetreiber ausgezahlt wird, wenn der Marktwert niedriger als die EEG-Vergütung ausfallen sollte, den anzulegenden Wert. Der eigentliche Gewinn und Mehrwert der Direktvermarktung liegt in der Managementprämie, die einen Mehrerlös darstellt, d.h. es wird mehr Gewinn als im fixen EEG-Vergütungsmodell generiert.<sup>68</sup>

Durch den Direktvermarkter werden tagtäglich anlagenscharfe Prognosen erstellt. Diese Prognosen beziehen sich auf die Strommengen, die vor Ort in den dezentralen Erzeugungsanlagen erzeugt und ins Stromnetz eingespeist werden. Ziel des Direktvermarktes ist es, möglichst präzise Prognosen für den Handel an den Spotmärkten (Day-Ahead-Markt und Intraday-Markt) heranzuziehen, sodass der Bilanzkreis ausgeglichen ist. Jedoch ist die Stromerzeugung vor allem bei Photovoltaik- und Windkraft-Anlagen wetterabhängig, was eine exakte Prognose erschwert. Heute spielt es aus finanzieller Sicht für private Anlagenbetreiber kaum eine Rolle, ob sie sich für die Einspeisevergütung oder für die Direktvermarktung entscheiden. Tendenziell ist die Direktvermarktung eher für größere Anlagen lukrativ, aber auch hier sind die Unterschiede zur Einspeisevergütung gering.<sup>69</sup>

Laut [www.energy-charts.info](http://www.energy-charts.info) liegen die aktuellen monatlichen Börsenstrompreise in Deutschland durchschnittlich zwischen 49 und 53 Euro pro MWh – umgerechnet ergeben das 4,9 bis 5,3 Eurocent pro kWh.

---

<sup>67</sup> Acker, U., 2021

<sup>68</sup> Acker, U., 2021

<sup>69</sup> Acker, U., 2021

Betreiber von großen PV-Anlagen können zwischen einer fix festgelegten Einspeisevergütung des PV-Stroms auf eine Laufzeit von 20 Jahren oder einer Eigenvermarktung des PV-Stroms an der Strombörse wählen. Dabei wird der Strom an der Börse angeboten und aktuelle Preise dafür erhalten. Dabei gibt es hohe Chancen aber auch viele Risiken, denn aufgrund der volatilen Preisentwicklung können dabei Gewinne oder Verluste erzielt werden. Wenn der Verkaufspreis an der Börse unter dem durchschnittlichen Monatspreis, so erhält der Betreiber weniger als die Einspeisevergütung. Im umgekehrten Fall bei hoher Nachfrage nach Strom erhält der Betreiber aber mehr als die Einspeisevergütung. Da die Einspeisevergütungen zukünftig stetig sinken, ist die Direktvermarktung von PV-Strom an der Börse ein interessantes Modell mit hohem Lernpotential für Anlagenbetreiber.<sup>70</sup>

## 10 Förderungen für Photovoltaik

Folgend werden zum einen Förderungen für PV und Stromspeicher in Österreich und zum anderen in der Schweiz dargestellt. Der Vergleich mit der Schweiz dient dazu, zu hinterfragen, mit welchen Mitteln der sehr schnelle Ausbau der Photovoltaik in der Schweiz im Vergleich zu Österreich voranschreitet.

### 10.1 Österreich

Im Bereich der Photovoltaik- und Speicherförderung gibt es in Österreich zwei verschiedene Förderungen. Einerseits die bundesweiten Förderungen und andererseits die bundeslandspezifischen Förderungen. Wichtig ist hierbei zu beachten, dass nur eine der zwei Förderungen beansprucht werden kann. Beide in Kombination sind nicht möglich.

Grundsätzlich sind Förderungen in etwa von 250€/kW für die PV-Anlage und ca. 300€/kWh für den Stromspeicher möglich.<sup>71</sup>

---

<sup>70</sup> Ub.de Fachwissen GmbH, 2021

<sup>71</sup> Bundesverband Photovoltaic Austria, 2021a

### Investitionsförderung für Photovoltaik-Neuanlagen:

Die Tiroler Wasserkraft-AG (TIWAG) unterstützt ihre Privat- und Geschäftskunden bei der Errichtung von Photovoltaik-Anlagen mit einer maximalen Leistung von fünf kWp. Gefördert wird in Form eines Investitionszuschusses pro angefangenem kWp:

- Gesamt bis zu 400 Euro Investitionsförderung
- Je 100 Euro für das erste bis dritte kWp
- Je 50 Euro für das vierte und fünfte kWp

### Allgemeine Voraussetzungen:

- Privatkunde mit aufrehtem Stromliefer- und Einspeisevertrag bei der TIWAG
- Netzseitige Voraussetzung für Lieferung und Einspeisung im Netzgebiet der TINETZ
- PV-Anlage < 5 kWpeak
- Die gespeicherte Energie kann nur am selben Ort aus dem Speicher entnommen werden, an dem sie auch eingespeist wurde<sup>72</sup>

## **10.2 Schweiz**

Zur Förderung von PV-Anlagen in der Schweiz gibt es seit 2018 Einmalvergütungen für PV-Anlagen aller Größen. Damit werden die Anlagen mit einem Grundbeitrag und einem Leistungsbeitrag pro installierter kW gefördert, jedoch maximal 30% der Investitionskosten. Unterschieden wird zwischen kleinen Anlagen (KLEIV) mit <100 kW und großen Anlagen (GREIV) >100 kW.<sup>73</sup> Bereits 2006 und 2007 waren Italien und Frankreich in Bezug auf die Einführung von speziellen Förderprogrammen für GIPV Vorreiter. Auch GIPV-Anlagen in der Schweiz profitieren zudem durch höhere Vergütungen für integrierte Anlagen und erleben daher eine rasante Entwicklung und Zubau.<sup>74</sup>

Die Vergütungen in der Schweiz sind der Tabelle 2 zu entnehmen.

---

<sup>72</sup> TIWAG, 2021

<sup>73</sup> Swissolar, 2021a

<sup>74</sup> SUPSI, 2020.

**Tabelle 2: Vergütungssätze integrierter PV-Anlagen in der Schweiz**

(Quelle: Schweizerische Eidgenossenschaft, 2021)

Leistungs- klasse	Inbetriebnahme										
	1.1.2013–31.12.2013	1.1.2014–31.3.2015	1.4.2015–30.9.2015	1.10.2015–30.9.2016	1.10.2016–31.3.2017	1.4.2017–31.3.2018	1.4.2018–31.3.2019	1.4.2019–31.3.2020	1.4.2020–31.3.2021	ab 1.4.2021	
Grundbeitrag (Fr.)	2000	1800	1800	1800	1800	1600	1600	1550	1100	770	
Leistungs- beitrag (Fr./kW)	<30 kW	1200	1050	830	610	610	520	460	380	380	420
	<100 kW	850	750	630	510	460	400	340	330	330	320

Ein Vergleich der Vergütungssätze (Stand 13. Jänner 2021) einer 10 kWp aufgeständerten PV-Anlage (Abbildung 23) mit einer integrierten PV-Anlage (Abbildung 24) zeigt deutlich den Unterschied der höheren Vergütung für die GIPV-Anlage, was den schnellen Ausbau von GIPV-Anlagen in der Schweiz erklärt.

Photovoltaik Einmalvergütung | Photovoltaik EVS | Biomasse | Wasserkraft | Windenergie

Neue Photovoltaik-Anlagen werden seit 2018 ausschliesslich mit Einmalvergütungen gefördert. Die Einmalvergütung setzt sich aus einem Grundbeitrag und einem Leistungsbeitrag zusammen. Die Ansätze von Grund- und Leistungsbeitrag sind von der Energieförderungsverordnung (EnFV) festgelegt und betragen höchstens 30 Prozent der bei der Inbetriebnahme massgeblichen Investitionskosten von Referenzanlagen.  
Erweiterungen von bereits mit einer Einmalvergütung geförderten Anlagen haben kein Anrecht mehr auf einen Grundbetrag.

Felder, die mit einem Stern (\*) gekennzeichnet sind, müssen ausgefüllt werden.

Basisdaten der Anlage			Vergütungsdetails						
Leistung in kWp*	Datum Inbetriebnahme*	Art des Anlagenbaues*							
10.00	01.01.2021	<input type="checkbox"/> Angebaut	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Grundbetrag</td> <td style="text-align: right;">1'000.00</td> </tr> <tr> <td>Leistungsbeitrag</td> <td style="text-align: right;">3'400.00</td> </tr> <tr> <td>Förderbetrag (unverbindlich)</td> <td style="text-align: right;">4'400.00 CHF</td> </tr> </table>	Grundbetrag	1'000.00	Leistungsbeitrag	3'400.00	Förderbetrag (unverbindlich)	4'400.00 CHF
Grundbetrag	1'000.00								
Leistungsbeitrag	3'400.00								
Förderbetrag (unverbindlich)	4'400.00 CHF								

**Abbildung 23: Vergütungssatz 10 kWp - Anlage angebaut (aufgeständert)**

(Quelle: Pronovo, 2021)

Photovoltaik Einmalvergütung | Photovoltaik EVS | Biomasse | Wasserkraft | Windenergie

Neue Photovoltaik-Anlagen werden seit 2018 ausschliesslich mit Einmalvergütungen gefördert. Die Einmalvergütung setzt sich aus einem Grundbeitrag und einem Leistungsbeitrag zusammen. Die Ansätze von Grund- und Leistungsbeitrag sind von der Energieförderungsverordnung (EnFV) festgelegt und betragen höchstens 30 Prozent der bei der Inbetriebnahme massgeblichen Investitionskosten von Referenzanlagen.  
Erweiterungen von bereits mit einer Einmalvergütung geförderten Anlagen haben kein Anrecht mehr auf einen Grundbeitrag.

Felder, die mit einem Stern (\*) gekennzeichnet sind, müssen ausgefüllt werden.

Basisdaten der Anlage			Vergütungsdetails	
Leistung in kWp*	Datum Inbetriebnahme*	Art des Anlagenbaues*		
10.00	01.01.2021	Integriert	Grundbetrag	1'100.00
			Leistungsbeitrag	3'800.00
			Förderbetrag (unverbindlich)	4'900.00 CHF

berechnen

**Abbildung 24: Vergütungssatz 10 kWp - Anlage integriert**

(Quelle: Pronovo, 2021)

Weiters können in der Schweiz in beinahe allen Kantonen die Investitionskosten der Photovoltaikanlage steuerlich abgesetzt und ca. 20% der Kosten gespart werden.<sup>75</sup>

Im Gegensatz zu normalen PV-Anlagen werden GIPV-Anlagen höher vergütet. In der Schweiz gibt es keine Obergrenze bezüglich der installierten Leistung, die gefördert wird und zusätzlich kann die Anlage steuerlich abgesetzt werden.

## 11 Rechtliche Rahmenbedingungen

In den nächsten Unterkapiteln werden zunächst die Normen und Richtlinien für die PV in Österreich und folgend die Normen und Richtlinien für die PV in der Schweiz aufgelistet. Abgerundet wird dieses Kapitel mit dem neuen Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz in Österreich ab 2021.

### 11.1 Normen und Richtlinien in Österreich

- ÖVE/ÖNORM E 8001-4-712 (Netz Oberösterreich GmbH, 2020)
- Baurechtliche Richtlinien (Fechner, 2009)
- Denkmalschutz (Fechner, 2009)

<sup>75</sup> Bundesamt für Energie, 2021

- Brandschutz: DIN 4102 „Brandschutz im Hochbau“ und DIN EN 13 502 „Klassifizierung von Bauprodukten und Bauarten zu ihrem Brandverhalten“ (Fechner, 2009)
  - Das Brandschutz-Thema ist wichtig zu berücksichtigen bei Installation der PV-Module auf der Fassade über mehrere Stockwerke
- Wärme und Schallschutz: Vorschriften des Wärmeschutzes (DIN 4108)
- Energiesparverordnungen (EnEV) und Schallschutzanforderungen (DIN 4109)

#### **11.1.1 Elektrotechnische Normen (Fechner, 2009)**

- ÖVE/ÖNORM E 8001 (Schutzmaßnahmen im Bereich der Elektrizität)
- ÖVE/ÖNORM E 2750 (allgemeine Anforderungen, Anforderungen Module, Verkabelungen, Wechselrichter, etc.)
- ÖVE/ÖNORM EN 61730 (Design und Material der Module),
- ÖVE/ÖNORM EN 61215 (Bauarteignung und -zulassung – kristalline Module) und
- ÖVE/ÖNORM EN 61646 (Bauarteignung und -zulassung – Dünnschichtmodule)

#### **11.1.2 Normen für den Einsatz von Glas im Bauwesen (Fechner, 2009)**

- EN 14449 (Verbundglas und Verbundsicherheitsglas Konformitätsbewertung/Produktnorm)
- EN 12600 (Pendelschlagversuch – Verfahren für die Stoßprüfung und Klassifizierung von Flachglas)
- EN 356 (Sicherheitssonderversglasung – Prüfverfahren und Klasseneinteilung des Widerstands gegen manuellen Angriff)
- EN 12150-2 (Thermisch vorgespanntes Kalknatron-Einscheiben-Sicherheitsglas – Teil 2: Konformitätsbewertung/Produktnorm)
- EN 1863-2 (Teilvorgespanntes Kalknatronglas – Teil 2: Konformitätsbewertung/Produktnorm)
- EN ISO 1279 (Mehrscheiben-Isolierglas)
- EN ISO 12543 (Verbundglas und Verbund- Sicherheitsglas)
- EN 1063 (Sicherheitssonderversglasung – Prüfverfahren und Klasseneinteilung für den Widerstand gegen Beschuss)

- ÖVE ÖNORM EN 62446 netzgekoppelte PV-Anlagen (TÜV Austria Akademie GmbH, 2020)
- ÖVE ÖNORM E 8101, im Speziellen Teil 7-712 (Photovoltaische Anlagen) (TÜV Austria Akademie GmbH, 2020)
- ÖVE ÖNORM EN 1991-1-3 Schneelast mit nationalem Anhang (ÖNORM B 1991-1-3) (TÜV Austria Akademie GmbH, 2020)
- ÖVE ÖNORM EN 1991-1-4 Windlast mit nationalem Anhang (ÖNORM B 1991-1-4) (TÜV Austria Akademie GmbH, 2020)
- ÖVE Richtlinie R20 Sicherheitsanforderungen und Hinweise für stationäre elektrische Energiespeichersysteme (TÜV Austria Akademie GmbH, 2020)
- TOR D4 Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen mit Verteilernetzen (TÜV Austria Akademie GmbH, 2020)
- TAEV Technische Anschlussbedingungen für den Anschluss an öffentliche Versorgungsnetze (TÜV Austria Akademie GmbH, 2020)

### **11.1.3 Maßgebliche Normen im PV- und Speicherbereich**

(Bundesverband Photovoltaic Austria, 2020a)

- ÖVE ÖNORM EN 62446 – Mindestanforderung für Systemdokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und Prüfkriterien
- ÖVE ÖNORM E 8101, im Speziellen Teil 7-712 (Photovoltaische Anlagen) – Errichtungsbestimmungen für elektrische Anlagen/Räume und Anlagen besonderer Art
- ÖVE ÖNORM M 7778 Montageplanung und Montage v. therm. Solarkollektoren und PV Modulen
- ÖVE ÖNORM EN 62305
- ÖVE Richtlinie R 6-2-1 Blitz und Überspannungsschutz
- ÖVE Richtlinie R 6-2-2 Anwendungsgrundsätze an Überspannungsschutzgeräten
- ÖVE Richtlinie R 11-1 PV Anlagen zusätzliche Sicherheitsanforderungen Teil 1: Anforderungen zum Schutz von Einsatzkräften
- ÖVE Richtlinie R11-3 Blendung durch Photovoltaikanlagen

- ÖVE/ÖNORM EN 61643-11: Überspannungsschutzgeräte für Niederspannung – Teil 11: Überspannungsschutzgeräte für den Einsatz in Niederspannungsanlagen – Anforderungen und Prüfungen (OBO Bettermann Holding GmbH & Co. KG, 2020)

#### 11.1.4 TOR D4

Abgekürzt als TOR werden die Technischen und organisatorischen Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen in Österreich bezeichnet. Diese regeln das Zusammenspiel verschiedener Systeme, Techniken oder Organisationen der Netznutzung in der elektrischen Energietechnik zwischen Netzbetreibern und Netzbenutzern.

D4 ist der Teil D, welcher wieder in 4 Punkte unterteilt ist, im Teil D4 steht der Parallelbetrieb von Erzeugungsanlagen mit Verteilernetzen. D4 ist jedoch gemäß Vorstandsbeschluss vom 10.7.2019 mit 01.08.2019 zurückgezogen und durch "TOR Erzeuger" ersetzt.

TOR Erzeuger unterteilt sich wieder in 4 Unterpunkte bzw. Typen von A – D. Hierbei kommt es drauf an, welche Maximalkapazität bzw. welche Nennspannung vorhanden ist.<sup>76</sup>

---

<sup>76</sup> Wikipedia, 2021

## 11.1.5 OIB-Richtlinien 2019

Tabelle 3: OIB-Richtlinien Übersicht

(Quelle: Reisenhofer, 2020)

OIB-RICHTLINIE <sup>⤴</sup>	TITEL	STAND
<a href="#">OIB-Richtlinie 1</a>	Mechanische Festigkeit und Standsicherheit	April, 2019
<a href="#">OIB-Richtlinie 1, Leitfaden</a>	Festlegung der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit von bestehenden Tragwerken	April, 2019
<a href="#">OIB-Richtlinie 2</a>	Brandschutz	April, 2019
<a href="#">OIB-Richtlinie 2, Leitfaden</a>	Abweichungen im Brandschutz und Brandschutzkonzepte	April, 2019
<a href="#">OIB-Richtlinie 2.1</a>	Brandschutz bei Betriebsbauten	April, 2019
<a href="#">OIB-Richtlinie 2.2</a>	Brandschutz bei Garagen, überdachten Stellplätzen und Parkdecks	April, 2019
<a href="#">OIB-Richtlinie 2.3</a>	Brandschutz bei Gebäuden mit einem Fluchtniveau von mehr als 22 m	April, 2019
<a href="#">OIB-Richtlinie 3</a>	Hygiene, Gesundheit und Umweltschutz	April, 2019
<a href="#">OIB-Richtlinie 4</a>	Nutzungssicherheit und Barrierefreiheit	April, 2019
<a href="#">OIB-Richtlinie 5</a>	Schallschutz	April, 2019
<a href="#">OIB-Richtlinie 6</a>	Energieeinsparung und Wärmeschutz	April, 2019
<a href="#">OIB-Richtlinie 6, Kostenoptimalität</a>	Berechnung des kostenoptimalen Anforderungsniveaus	Februar, 2018
<a href="#">OIB-Richtlinie 6, Leitfaden</a>	Energetechnisches Verhalten von Gebäuden	April, 2019
<a href="#">OIB-Richtlinie 6, LTRS</a>	Long Term Renovation Strategy	April, 2020
<a href="#">OIB-Richtlinie 6, LTRS</a>	Langfristige Renovierungsstrategie	April, 2020
<a href="#">OIB-Richtlinie 6, NAT Excel</a>	EXCEL-Tool zur Berechnung der Normaußentemperatur	September, 2008
<a href="#">OIB-Richtlinie 6, NAT PDF</a>	Normaußentemperaturen	Juni, 2015
<a href="#">OIB-Richtlinie 6, NAT-T13 Excel</a>	EXCEL-Tool zur Berechnung der Außentemperatur mit einer durchschnittlichen Überschreitungshäufigkeit von 13 Tagen	Oktober, 2009
<a href="#">OIB-Richtlinie 6, Nationaler Plan</a>	Nationaler Plan	Februar, 2018
<a href="#">OIB-Richtlinien, Begriffsbestimmungen</a>	Begriffsbestimmungen	April, 2019
<a href="#">OIB-Richtlinien, Normen und Regelwerke</a>	Zitierte Normen und sonstige technische Regelwerke	April, 2019
<a href="#">OIB-Richtlinien, Zip-Gesamtfassung</a>	Komprimierte Gesamtfassung der OIB-Richtlinien 2019	April, 2019

## 11.2 Normen und Richtlinien in der Schweiz

### 11.2.1 Normen<sup>77 78</sup>

#### 11.2.1.1 Bauliche Anforderungen

- Schweizerische Ingenieur- und Architektenverein (SIA)
  - Schnee- und Windlast
  - mechanische Dimensionierung von Tragkonstruktionen
  - Mehr- oder Minderlasten durch PV-Anlage auf die Gebäudestatik
  - SIA Norm 261: Statik

#### 11.2.1.2 Elektrische Anforderungen

- Niederspannungsinstallationsverordnung (NIV)
- Installationsbewilligung (ESTI)
 

(nicht notwendig für das Montieren der Unterkonstruktion, der Solarmodule und die Verbindung der einzelnen Module bei fertig steckbaren Strangkabeln)
- Niederspannungs-Installations-Norm (NIN) 2015 (SN 41 000)
  - Teil 7.12 oder HD 60364-7-712 Photovoltaik-Stromversorgungssysteme

#### 11.2.1.3 Abnahme und Inbetriebnahmeprüfung

- EN 62446:2009 Netzgekoppelte Photovoltaik-Systeme – Mindestanforderungen an Systemdokumentation, Inbetriebnahmeprüfung und Prüfanforderungen
- Niederspannungsinstallationsverordnung NiV734.27 - Kontrollwesen

#### 11.2.1.4 Brandschutz

- Stand-der-Technik-Papier (STP) – Swissolar
- Brandschutzmerkblatt „Solaranlagen“ – Vereinigung Kantonaler Feuerversicherungen (VKF)
  - Das Brandschutz-Thema ist wichtig zu berücksichtigen bei Installation der PV-Module auf der Fassade über mehrere Stockwerke

---

<sup>77</sup> Electro Suisse, Swissolar, 2021

<sup>78</sup> Swissolar, 2021b

### 11.2.1.5 Komponenten von Solaranlagen

- IEC 61215 – Terrestrische Photovoltaik- (PV-)Module, Bauartzeichnung und Bauartzulassung
- IEC 61730 – Photovoltaik (PV)-Module – Sicherheitsqualifikationen
  - Teil 1: Anforderungen an den Aufbau
  - Teil 2: Anforderungen an die Prüfung

### 11.2.1.6 Netzanschluss

Zu beachten sind die Vorschriften der jeweiligen Verteilnetzbetreiber.

### 11.2.2 Richtlinien

Des Weiteren gibt es für einige Kantone und Gemeinden zusätzliche Richtlinien für die Integration der PV-Anlagen an Gebäuden.

**Richtlinie <Gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen>** zur Anwendung von Ziffer 2.3 des Anhangs 1.2 der Energieverordnung (EnV)<sup>79</sup>

#### **AR-Wettingen**<sup>80</sup>

Empfehlung zur Gestaltung und Anordnung von Solaranlagen

#### **BE-Richtlinien**<sup>81</sup>

Baubewilligungsfreie Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien

#### **BS-Richtlinie**<sup>82</sup>

Richtlinie für Solaranlagen im Kanton Basel-Stadt

#### **Cantons romands**<sup>83</sup>

Installations solaires – recommandations pour l'intégration architecturale

---

<sup>79</sup> Schweizerische Eidgenossenschaft, 2014, S.1ff

<sup>80</sup> Bau- und Planungsabteilung Wettingen, 2011, S.1ff

<sup>81</sup> Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern, 2015, S.1ff

<sup>82</sup> Bau- und Verkehrsdepartement des Kantons Basel-Stadt, 2013, S.1ff

<sup>83</sup> CRDE, 2021, S.1ff

**TG-Richtlinie**<sup>84</sup>

Richtlinien zur Anwendung von Artikel 18a des Bundesgesetzes über die Raumplanung

**TI-Richtlinie**<sup>85</sup>

Linee Guida cantonali: Interventi nei nuclei storici – Criteri di valutazione paesaggistica nell'ambito della procedura edilizia

**ZH-Richtlinie**<sup>86</sup>

Leitfaden Dachlandschaften

Im Vergleich zu Österreich gibt es in der Schweiz ähnlich (viele) Normen, die Anforderungen an das Gebäude, Ausführung und Installation regeln. Des Weiteren ist gut zu erkennen, dass durch die Richtlinien der jeweiligen Kantone die Photovoltaik optisch in das Landschaftsbild integriert werden, um willkürlichen Installationen entgegenzuwirken. Da in den Förderungen und Richtlinien starker Fokus auf die Gebäudeintegration der PV-Anlagen gelegt wird, ist daher diese Technologie auch besser verbreitet und findet mehr Zuspruch.

### 11.3 Erneuerbare-Ausbau-Gesetz in Österreich

Das Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz (EAG) wird voraussichtlich im ersten Quartal 2021 in Kraft treten und löst das Ökostromgesetz in Österreich ab. Das EAG regelt die Sicherstellung von Kraftwerks-Reserven, welche bei Ausfall oder zu geringer Leistungserbringung von Wind und Sonne in der Lage sind, Strom sofort einspeisen zu können. Alternativ können Großverbraucher abgeschaltet werden, um eine Stresssituation zu vermeiden. Sollte die Netzspannung zu weit abweichen, kann das nicht nur Geräte schädigen, sondern auch zu einem Blackout führen. Um genügend

---

<sup>84</sup> Kanton Thurgau Department für Bau und Umwelt, Department für Inneres und Volkswirtschaft, 2021, S.1ff

<sup>85</sup> Repubblica e Cantone Ticino Dipartimento del territorio sezione dello sviluppo territoriale, 2016, S.1ff

<sup>86</sup> Leitfaden Dachlandschaften, 2009, S.1ff

Reserveenergie erbringen zu können, wird der Lieferanten-Pool erweitert. Somit stehen nicht nur Großkraftwerke, welche in der Regel gasbetriebene Kraft-Wärme-Kopplung (KWK)-Anlagen sind, sondern auch kleinere Kraftwerke mit einer Leistung unter 1 Megawatt (MW) im Lieferanten-Pool zur Verfügung.<sup>87</sup>

Zusammenfassend sind die wichtigsten EAG-Punkte aufgelistet:

- EAG wird in Österreich schnellstmöglich erlassen und implementiert
- Stromversorgung bis 2030 auf 100 % (national bilanziell) Ökostrom bzw. Strom aus erneuerbaren Energieträgern umstellen und gleichzeitig die Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandorts Österreich stärken
- Das Ausmaß des Unterstützungsvolumens orientiert sich am Ausbaufahrplan und darf dabei ein Jahres-Maximum von 1 Milliarde Euro nicht überschreiten
- Die Unterstützung erfolgt mit einem Fokus aus Investitionsförderungen und gleitenden Marktprämien
- Die Laufzeiten der Marktprämien sollen auf 20 Jahre ausgedehnt werden
- Erweiterung der Möglichkeiten der Gestaltung von "Erneuerbaren Energiegemeinschaften" und Bürgergemeinschaften für verstärkte dezentrale Energieversorgung und die Stärkung von regionalen Versorgungskonzepten
- Streichung der Eigenstromsteuer auf alle erneuerbaren Energieträger<sup>88</sup>

---

<sup>87</sup> Telekurier Online Medien GmbH & Co KG, 2021

<sup>88</sup> Bundesverband Photovoltaic Austria, 2021b

## 12 Kriterien aktueller GIPV-Projekte

Folgend wird anhand von drei Praxisbeispielen aufgezeigt, auf welchen bestehenden Oberflächen die gebäudeintegrierte PV-Nutzung Anwendung findet.

### 12.1 Friedenskirche in Herten-Disteln<sup>89</sup>

Die Friedenskirche der Gemeinde Herten-Disteln wurde mit einer fassadenintegrierten Photovoltaikanlage ausgerüstet. Die Anlage hilft gleichzeitig, das Gebäude auf Anhieb als Kirche zu identifizieren. Durch eine indirekte Beleuchtung wird dieser Effekt auch bei Dunkelheit erreicht, was in den beiden folgenden Abbildungen zu sehen ist. Die Anlagengröße beläuft sich auf 3,06 kWp und wurde bereits im Jahr 2002 erbaut.



Abbildung 26: Friedenskirche in Herten-Disteln  
(Quelle: EnergieAgentur.NRW GmbH, 2020)



Abbildung 25: Friedenskirche in Herten-Disteln bei Nacht

(Quelle: EnergieAgentur.NRW GmbH, 2020)

### 12.2 Giraffenhaus im Wiener Zoo<sup>90</sup>

Im Wiener Zoo wurde nach einer Restaurierung im Jahr 2017 ein Giraffenhaus erbaut, das einem Wintergarten ähnelt und das gesamte Dach aus PV-Modulen als Integration

<sup>89</sup> EnergieAgentur.NRW GmbH, 2020

<sup>90</sup> Burghauptmannschaft Österreich, 2021

in das Glas besteht. Dabei musste bei der Errichtung auf den Aspekt des Denkmalschutzes Rücksicht genommen werden und erforderte daher intensiver Planung. Die photovoltaikbestückte Dachverglasung wurde so konzipiert, dass die einzelnen PV-Zellen in unregelmäßigen Abständen in das Glas integriert wurden, sodass ein natürlicher Licht- und Schatteneffekt entsteht. Dieses Konzept ist in folgenden Abbildungen sichtbar. Diese Anlage bietet den Tieren einen Raum von bis zu 440 m<sup>2</sup> und erzeugt bei einer installierten Leistung von 16,4 kW<sub>p</sub> jährlich ca. 18.000 kWh Strom. Die Glasfläche auf dem Dach beträgt rund 300 m<sup>2</sup> und besteht aus 231 Glasmodulen. Bei den Glasmodulen handelt es sich um monokristalline Dünnschichtzellen des österreichischen Unternehmens Ertex Solar GmbH.

Ein großes Ziel dieses Projekts war die umweltfreundliche und nachhaltige Betriebsführung, in dem neben der glasintegrierten PV-Anlage auch auf Zusatzfunktionen wie Gestaltungselemente und Beschattungselemente geachtet wurde. Zudem wurde im Giraffenhaus auf eine Abwärmenutzung, LED-Beleuchtung und Solarthermie gesetzt und hat sich somit zu einem Vorzeigeprojekt entwickelt.



**Abbildung 27: PV-Wintergarten im Wiener Zoo (Licht- + Schattenspiel)**

**(Quelle: Burghauptmannschaft Österreich, 2021)**

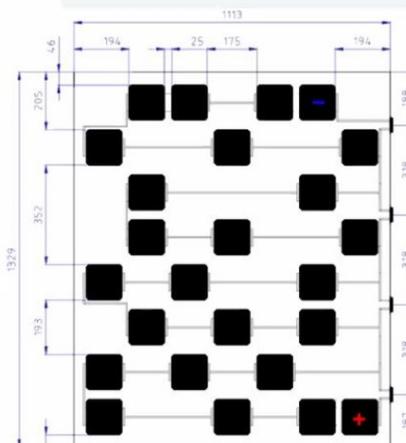
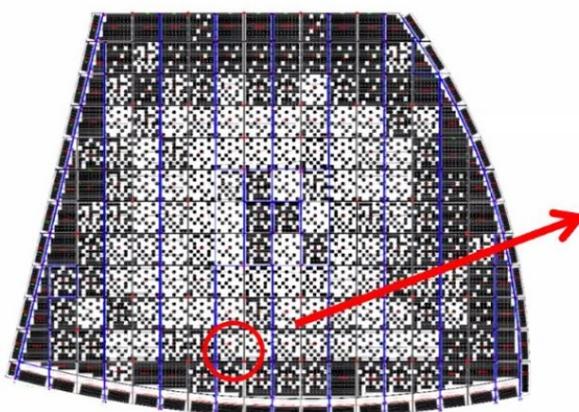


Abbildung 28: Giraffenhause im Wiener Zoo – Vogelperspektive

(Quelle: Burghauptmannschaft Österreich, 2021)

## NEUER GIRAFFENPARK

glasintegrierte PV Zellen



Glasaufbau:

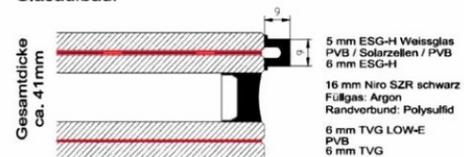


Abbildung 29: Konzept der PV-Zellen als Glasintegration

(Quelle: Burghauptmannschaft Österreich, 2021)

### 12.3 Projekt für Denkmalschutz – Opus Architekten BDA<sup>91</sup>

In Darmstadt liegt eine Straße, die viele Altbausubstanzen hat. Zwischen diesen alten Bauten war eine Lücke, die so bebaut und damit „gefüllt“ wurde, damit sie den Vorgaben der Altbauten entspricht und sich unauffällig integriert. Der Anbau wurde dreigeschossig mit transparenten Glasfronten erbaut, die aus einer 3-fach-Verglasung bestehen. Dieses Haus der Opus Architekten besteht aus einer luftdichten und wärmedämmenden Glasfassade. Die geneigten Dachflächen wurden mit dachintegrierten PV-Modulen und Solarthermie-Paneelen bestückt und entsprechen dadurch dem Passivhaus-Standard. Die Farbgebung der Module auf dem Dach wurde so gewählt, dass sich die Dachintegration an die umgebende Dachlandschaft unauffällig integriert. Die integrierte PV-Anlage ist in den folgenden Abbildungen dargestellt.



Abbildung 30: Wohn- und Bürohaus Opus Architekten - Frontansicht

(Quelle: opus Architekten BDA, 2021)

---

<sup>91</sup> opus Architekten BDA, 2021



**Abbildung 31: Wohn- und Bürohaus Opus Architekten - Rückansicht**

(Quelle: opus Architekten BDA, 2021)



**Abbildung 32: Dachintegrierte PV- + Solarthermieanlage**

(Quelle: opus Architekten BDA, 2021)

## 13 Praxisbeispiele gebäudeintegrierter Photovoltaik

Hier werden zum einen Praxisbeispiele des österreichischen Unternehmens Ertex Solar GmbH gezeigt und zum anderen die GIPV-Anwendung am Beispiel des Möbelhauses Trop in St. Johann in Tirol aufgezeigt.

### 13.1 Ertex Solar GmbH

Ertex Solar ist ein in Amstetten/Österreich angesiedelter Photovoltaikspezialist, welche vor allem gebäudeintegrierte PV-Sonderfertigungen umsetzen. Die speziellen Module werden direkt am Standort Amstetten gefertigt. Folgend sind einige Beispiele zur Veranschaulichung angeführt.

#### Fassadenintegrierte PV

- Fehlmann Winterthur
- Wohnhaus
- 212 PV-Module, gesamt 87,7 kWp Leistung



Abbildung 33: Wohnhaus - Fassadenintegrierte PV

(Quelle: Ertex Solartechnik GmbH, 2020)

### **Balkonintegrierte PV**

- Wohnhaus Passail
- 20 PV-Module, gesamt 4,7 kWp Leistung



**Abbildung 34: Balkonintegrierte PV**  
(Quelle: Ertex Solartechnik GmbH, 2020)

### **Terrassenüberdachung Privathaus**

- 25 PV-Module, gesamt 7,6 kWp Leistung



**Abbildung 35: PV-Terrassenüberdachung Privathaus**  
(Quelle: Ertex Solartechnik GmbH, 2020)

## 13.2 Möbelhaus Trop (St. Johann in Tirol)



Abbildung 36: Möbelhaus Trop

(Quelle: ATB-Becker, 2005)

Das Möbelhaus Trop als Auftraggeber hat bereits 2004 eine großflächige, fassadenintegrierte Photovoltaikanlage am Standort St. Johann in Tirol installieren lassen, um den hohen Stromverbrauch anteilig selber zu decken. Realisiert wurde dieses Projekt durch den Spezialisten ATB-Becker GmbH aus Absam in Tirol gemeinsam mit der Architektengruppe P3 aus St. Johann in Tirol.<sup>92</sup>

### 13.2.1 Eckdaten

Die PV-Anlage hat mit 192 Modulen zu je 275 Wp pro Modul eine Gesamtleistung von 52,8 kWp. Diese sind auf 16 Wechselrichter mit je 3,3 kW aufgeteilt.

Der größere Teil der Anlage mit 36,3 kWp ist südseitig senkrecht auf der Fassade ausgerichtet (-25° Südabweichung). Westseitig (65° Südabweichung) sind 16,5 kWp installiert.

Ein interessantes Detail ist die Lösung der Verschattungsproblematik hinter dem Schriftzug „TROP“. Hier wurden sogenannte „Dummy-Module“ verwendet. Hierbei handelt es sich um Module, welche bei der Qualitätstestung ausgeschieden sind. Diese

<sup>92</sup> ATB-Becker, 2005, S.5

sind jedoch optisch nicht zu unterscheiden und wurden hinter dem Schriftzug ohne elektrischen Anschluss installiert, um das Erscheinungsbild nicht zu beeinflussen.

Montiert wurden die Module mit Hilfe einer speziell entwickelten Modulklemme. Diese wurde von der Firma Schletter für dieses Projekt das erste Mal gefertigt. Auf den abgedichteten Holzbau wurden Profilschienen angebracht, um darauf die Module mit den Doppelklemmen zu befestigen.<sup>93</sup>

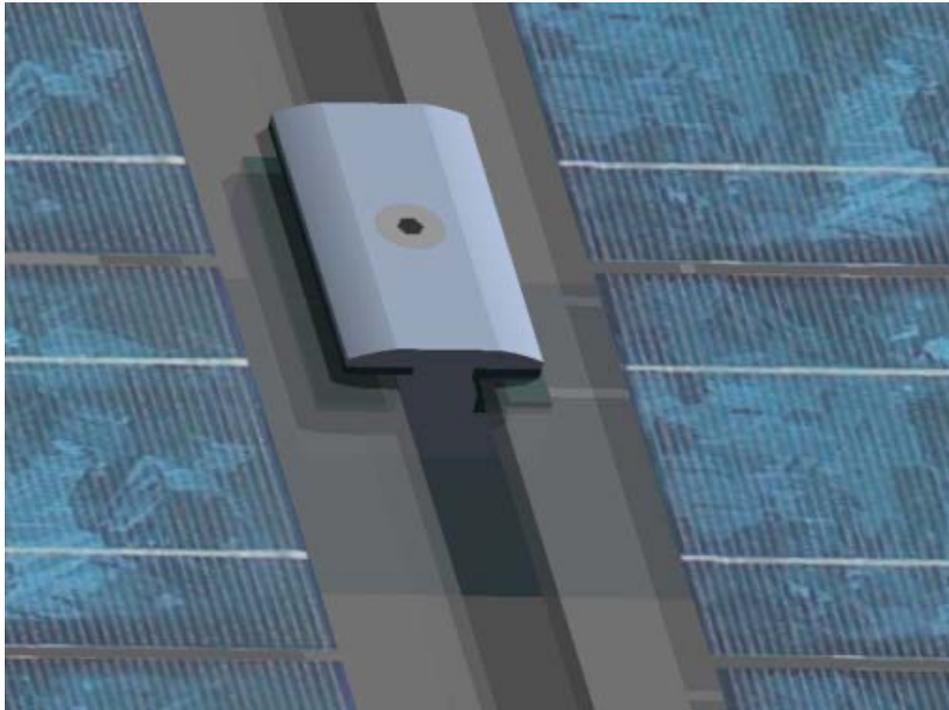


**Abbildung 37: Unterkonstruktion mit Montageschienen**

(Quelle: ATB-Becker, 2005)

---

<sup>93</sup> ATB-Becker, 2005, S. 9-13



**Abbildung 38: Speziell entwickelte Montageklappen für die PV-Module**

**(Quelle: ATB-Becker, 2005)**

### **13.2.2 Ertragsvergleich**

Im Zuge der Projektplanung wurde der Ertrag im Jahresverlauf simuliert. Hierbei wurde ein Mehrertrag von 12,5% der südseitigen Seite errechnet.

Im Zuge dieses Praxisprojekts wurde die Firma ATB-Becker kontaktiert, um reale Ertragsdaten zu erhalten. Die von der Firma erhaltene Excel-Tabelle (Tabelle 4) und die weiteren Abbildungen zeigen den Unterschied zwischen simulierten und realen Erträgen.

Tabelle 4: Ertragsdaten ATB-Becker

(Quelle: ATB-Becker, 2005)

Trop Süd 90°	2005	2006	2007	2008	Durchschnitt	pro kWp
Jänner		217	117	178	171	52
Februar		186	195	267	216	65
März		210	251	167	209	63
April		210	314	183	236	71
Mai		200	177		189	57
Juni		177	199		188	57
Juli		175	202		189	57
August	156		207		182	55
September	196		193		195	59
Oktober	293	241	169		234	71
November	152		106		129	39
Dezember	125	131	147		134	41
<b>Summe</b>	<b>922</b>	<b>1747</b>	<b>2277</b>	<b>795</b>	<b>2270</b>	<b>688</b>

In manchen Monaten kam es zu Aussetzern bei der Messung. Es wurden zur größeren Aussagekraft die Monatswerte über die Jahre gemittelt (siehe Spalte „Durchschnitt“).

Nun wurde der jahreszeitliche Ertragsverlauf berücksichtigt. Dies ist vor allem für den Eigenverbrauch von großer Relevanz. Bei Dachanlagen sind die Erträge in den Sommermonaten ein Vielfaches von den Wintererträgen. Jedoch ist gerade im Winter der Energieverbrauch höher. Im Sommer hingegen können die erzeugten Mengen meist nicht selbst verbraucht werden. Für einen möglichst großen Eigenverbrauch ist somit eine ausgeglichene Jahreserzeugung erstrebenswert, wie sie bei der gebäudeintegrierten Installation der PV zutrifft.

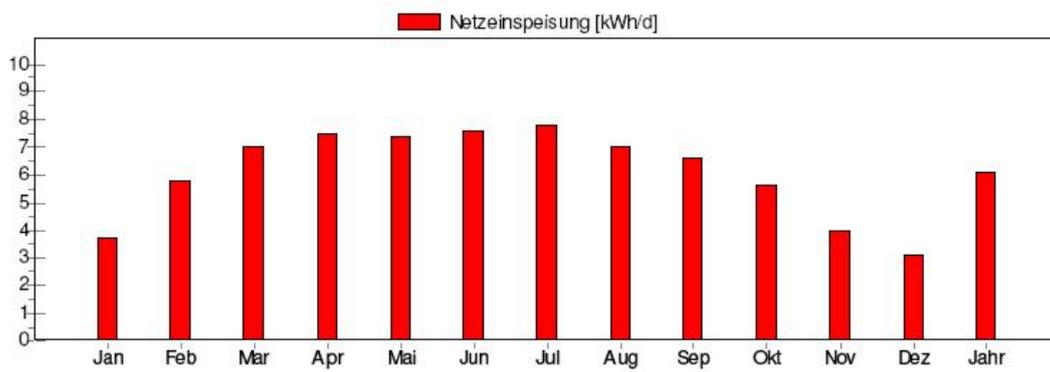


Abbildung 39: Ertragssimulation während Planungsphase

(Quelle: ATB-Becker, 2005)

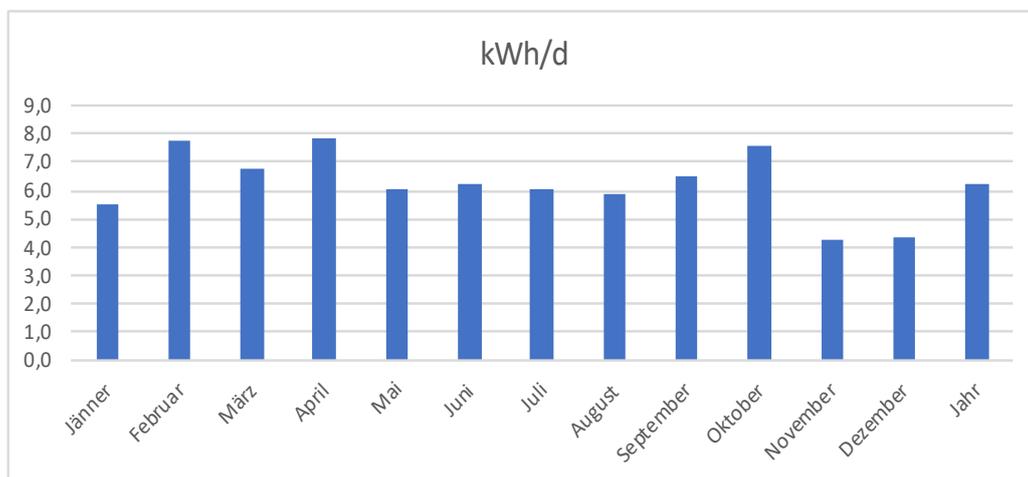


Abbildung 40: Realer gemessener Ertrag Möbelhaus Trop

(Quelle: eigene Darstellung)

Schlussendlich wurde die Anlage noch mit einer realen Aufdachanlage mit 15° Aufständigung verglichen (private PV-Anlage eines Studierenden). Man sieht hierbei, dass der Jahresertrag bei der fassadenintegrierten Anlage um 30% geringer ausfällt. Jedoch zeigt die Jahresverlaufskurve deutlich, dass ein viel gleichmäßigerer Ertrag erreicht wird.

**Tabelle 5: Ertrag Neigungswinkel 90°**

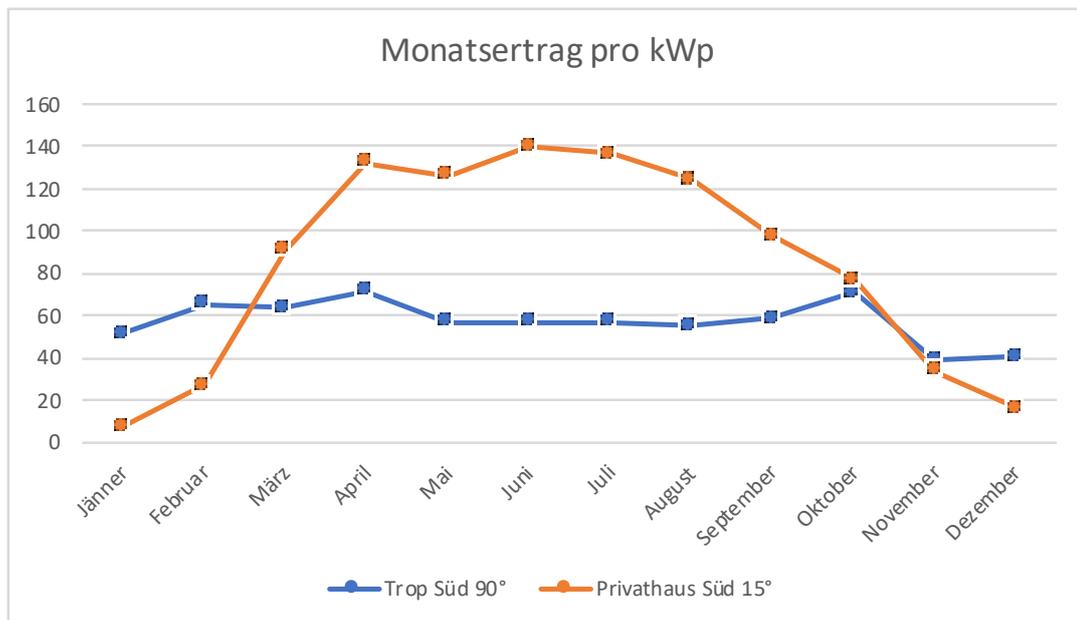
(Quelle: ATB Becker, 2015)

<b>Trop Süd 90°</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>Durchschnitt</b>	<b>pro kWp</b>
Jänner		217	117	178	171	<b>52</b>
Februar		186	195	267	216	<b>65</b>
März		210	251	167	209	<b>63</b>
April		210	314	183	236	<b>71</b>
Mai		200	177		189	<b>57</b>
Juni		177	199		188	<b>57</b>
Juli		175	202		189	<b>57</b>
August	156		207		182	<b>55</b>
September	196		193		195	<b>59</b>
Oktober	293	241	169		234	<b>71</b>
November	152		106		129	<b>39</b>
Dezember	125	131	147		134	<b>41</b>
<b>Summe</b>	<b>922</b>	<b>1747</b>	<b>2277</b>	<b>795</b>	<b>2270</b>	<b>688</b>

**Tabelle 6: Ertrag Aufdach Neigungswinkel 15°**

(Quelle: eigene Darstellung)

<b>Privathaus Süd 15°</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>Durchschnitt</b>	<b>pro kWp</b>
Jänner	0	0	89	30	<b>8</b>
Februar	154	35	126	105	<b>27</b>
März	343	362	362	356	<b>91</b>
April	575	451	523	516	<b>132</b>
Mai	593	408	472	491	<b>126</b>
Juni	561	611	466	546	<b>140</b>
Juli	576	505	514	532	<b>136</b>
August	546	453	458	486	<b>125</b>
September	461	363	315	380	<b>97</b>
Oktober	349	253		301	<b>77</b>
November	154	109		132	<b>34</b>
Dezember	70	58		64	<b>16</b>
<b>Summe</b>	<b>4382</b>	<b>3608</b>	<b>3325</b>	<b>3873</b>	<b>1010</b>



**Abbildung 41: Vergleich Monatserträge – PV Möbelhaus Trop & PV Aufdach**

(Quelle: eigene Darstellung)

Die Abbildung 41 zeigt deutlich, dass eine fassadenintegrierte PV-Anlage über das gesamte Jahr viel weniger Schwankungen aufweist und beinahe konstant Strom erzeugt. Die hohe Erzeugung im Winter dient ideal für hohe Stromverbraucher oder Heizgeräte. Im Vergleich dazu sind bei der Aufdachanlage mit 15° Neigung im Sommer viel höhere Erträge als im Winter.

## 14 Umfrage zum Thema Gebäudeintegrierte Photovoltaik

### Umfrage zur Aktualität und Relevanz von gebäudeintegrierten Photovoltaikanlagen (kurz: GIPV) in Österreich

Im Rahmen des Studierenden-Praxisprojektes zu dem Thema „Marktübersicht innovativer & integrierter Photovoltaikanwendungen zur Erreichung nationaler Klima- & Energiestrategieziele“ aus dem Bachelor-Studiengang Energiewirtschaft an der FH Kufstein Tirol hat die Studierenden-Gruppe eine Umfrage zur Aktualität und Relevanz von gebäudeintegrierter Photovoltaik in Österreich durchgeführt.

Zweck dieser Umfrage war es, genauere Kenntnisse und detaillierteres Wissen darüber zu gewinnen, wie sich die Technologie der GIPV in Österreich bisher verbreitet hat und ob sich die Verbreitung und Relevanz für die GIPV in Zukunft steigern wird.

### 14.1 Vorgehensweise

Im ersten Schritt wurde eine Sammlung möglicher Fragen für den Fragebogen erarbeitet. Diese wurden nach gründlicher Überlegung ausgewählt, nach Rücksprache mit dem Betreuer des Praxisprojektes ausformuliert und dem Fragebogen hinzugefügt. Zeitgleich wurden Informationen über die relevanten Datenschutzbestimmungen gem. Datenschutz-Grundverordnung (DSGVO) eingeholt und die Datenschutzerklärung für die Umfrage-Teilnehmer:innen erstellt. Im nächsten Arbeitsschritt wurden über die Plattform PV-Austria.at<sup>94</sup> passende Unternehmen herausgefiltert, die für die Umfrage in Frage kommen. Daraus ergaben sich insgesamt 105 potenzielle Unternehmen, welche auf die partizipierenden Studierenden des Praxisprojektes aufgeteilt wurden. Aufgabe der Studierenden war es, jedes dieser Unternehmen persönlich via Telefonanruf zu kontaktieren und um die Teilnahme an der Umfrage über GIPV zu bitten. Die Studierenden wurden angehalten, unter Zuhilfenahme einer eigens dafür erstellten Checkliste genau zu schildern, welche Absicht hinter der Umfrage steht und welcher Mehrwert sich daraus generiert. Nach telefonischer Einwilligung der

---

<sup>94</sup> Bundesverband Photovoltaic Austria, 2020b

Unternehmen wurde eine E-Mail mit dem Fragebogen als Anhang verfasst und jeweils zugesendet. Insgesamt wurden 68 Fragebögen an Unternehmen verschiedenster Branche ausgesendet. Drei Fragebögen mussten aufgrund fehlender, eingewilligter Datenschutzerklärung erneut ausgesendet werden. Einige Unternehmen wurden via E-Mail, mit der erinnernden Bitte, den Fragebogen auszufüllen und zu retournieren, nochmals kontaktiert. Schlussendlich konnten 15 vollständig ausgefüllte Fragebögen für die Auswertung der Ergebnisse verwendet werden.

## 14.2 Ergebnisse

Die Auswertung der teilnehmenden Unternehmen, zugeordnet nach österreichischen Bundesländern, ist der folgenden Abbildung 42 zu entnehmen. Wie in der Grafik deutlich ersichtlich wird, sind die meisten Rückmeldungen der befragten Unternehmen aus Niederösterreich, dicht gefolgt von Wien. Aus Kärnten und Tirol sind es jeweils 2 Unternehmen, die teilgenommen haben. Aus Oberösterreich, Steiermark und Vorarlberg waren es jeweils nur ein Unternehmen, die den Fragebogen retourniert haben. Ein Unternehmen machte keine Angabe zur Herkunft und von Unternehmen aus dem Burgenland und Salzburg wurden keine Fragebögen retourniert.

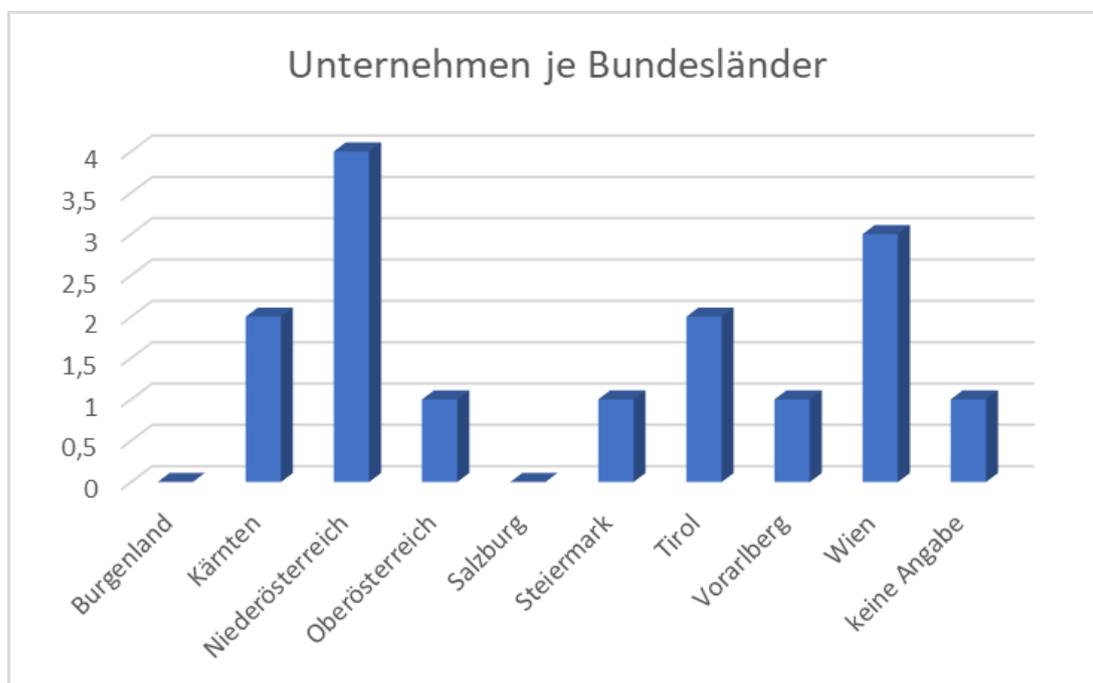
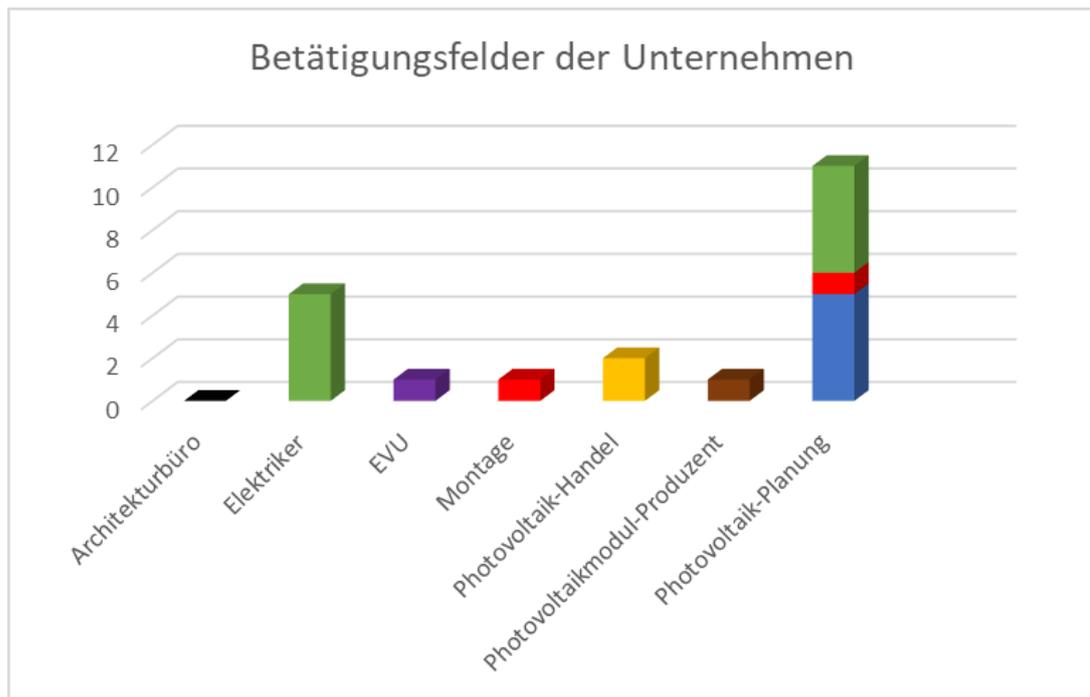


Abbildung 42: Anzahl der Unternehmen je Bundesland

(Quelle: eigene Darstellung)

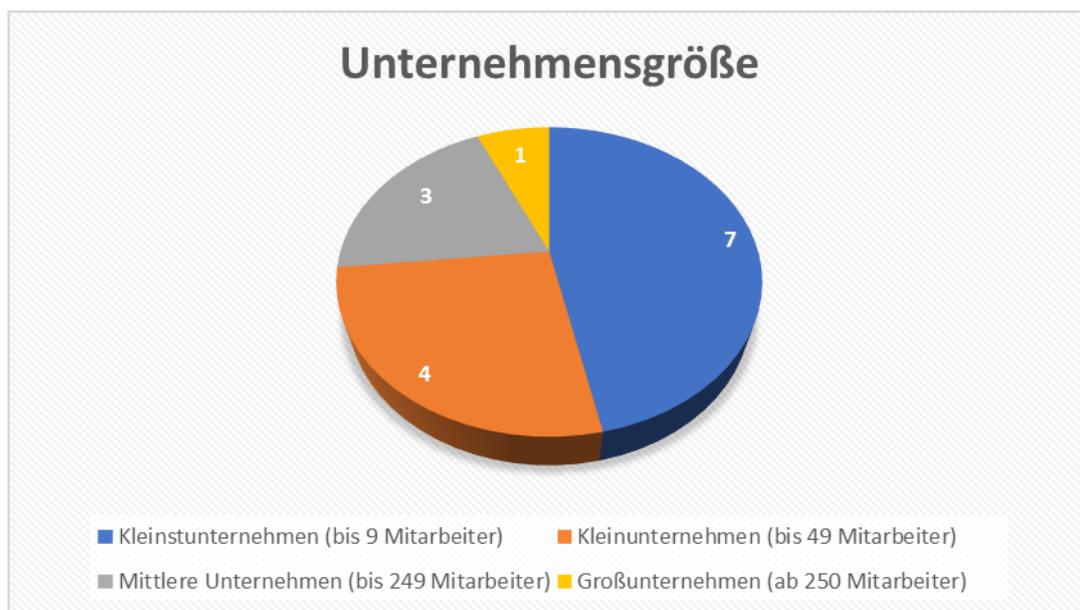
In der nächsten Abbildung 43 werden jeweils die Betätigungsfelder der teilgenommenen Unternehmen anhand von unterschiedlichen Farben repräsentiert. In der Grafik ist zu erkennen, dass die Elektriker- und Montage-Branche zugleich auch in der Planungs-Branche tätig ist. Die y-Achse entspricht jeweils der Anzahl an Unternehmen zum dazugehörigen Betätigungsfeld.



**Abbildung 43: Betätigungsfelder der Unternehmen**

(Quelle: eigene Darstellung)

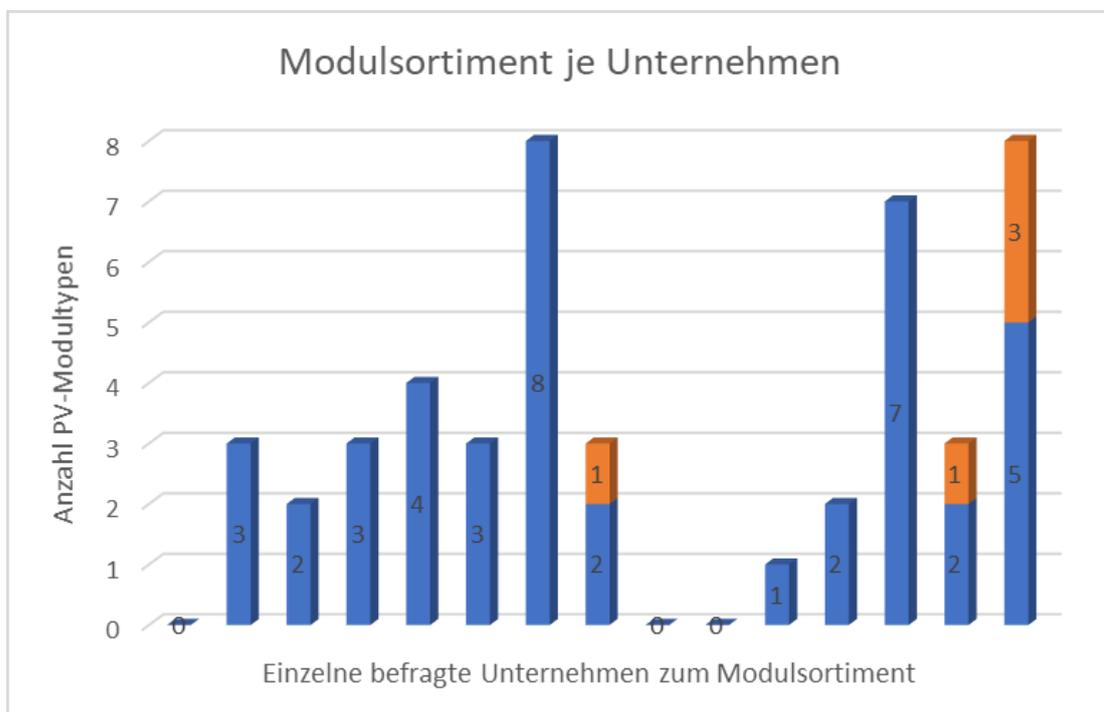
In der folgenden Abbildung 44 wird auf die Unternehmensgröße der teilgenommenen Unternehmen Bezug genommen. Der Großteil der Unternehmen (insgesamt 7) sind Kleinstunternehmen (< 9 Mitarbeiter:innen), gefolgt von 4 Kleinunternehmen (< 49 Mitarbeiter:innen). Zudem konnten 3 mittlere Unternehmen (< 249 Mitarbeiter:innen) und ein Großunternehmen (> 250 Mitarbeiter:innen) für die Umfrage gewonnen werden.



**Abbildung 44: Unternehmensgröße der teilgenommenen Unternehmen**

(Quelle: eigene Darstellung)

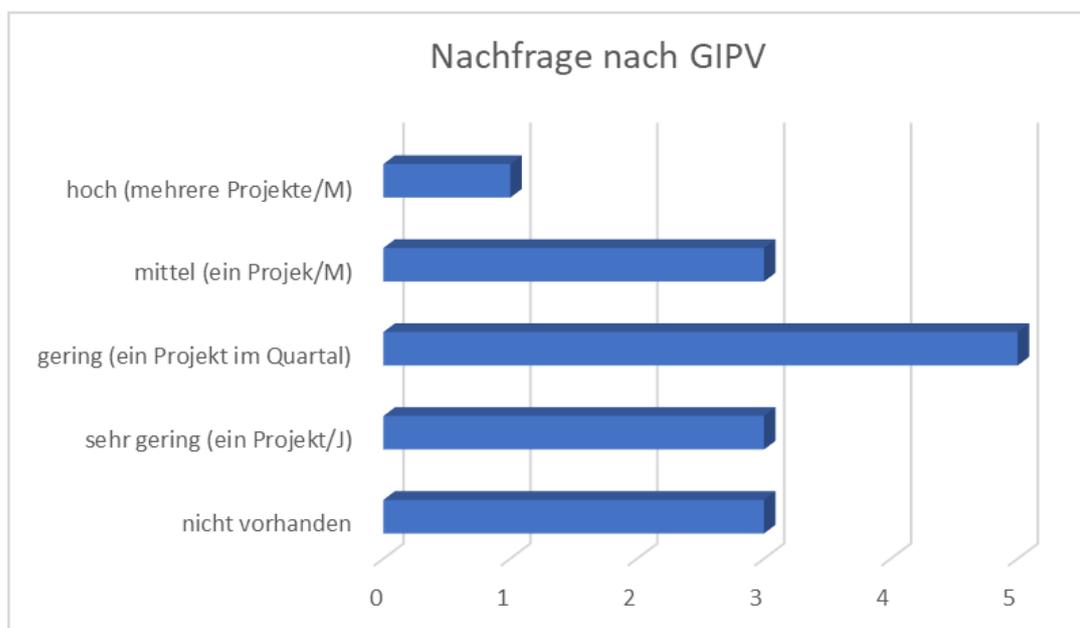
In Abbildung 45 sind die 15 Unternehmen mit der jeweiligen Menge des Modulsortiments ersichtlich, wobei zwei der befragten Unternehmen keine Angaben dazu gemacht haben. Die orange Balkenfarbe zeigt, dass Unternehmen verschiedene Sortiment anbieten und sich die Angabe in einer Spanne bewegt: Ein Unternehmen führt verschiedene Modultypen, wie z.B. Polykristallin/Monokristallin, Uni-/Bi-facial, Glas/Folie, Glas/Glas, mit/ohne Rahmen, etc. Dabei haben zwei Unternehmen eine Spanne von 2-3 Modularten und ein Unternehmen eine Spanne von 5-8 Modularten angeführt.



**Abbildung 45: Modulsortiment der Unternehmen**

(Quelle: eigene Darstellung)

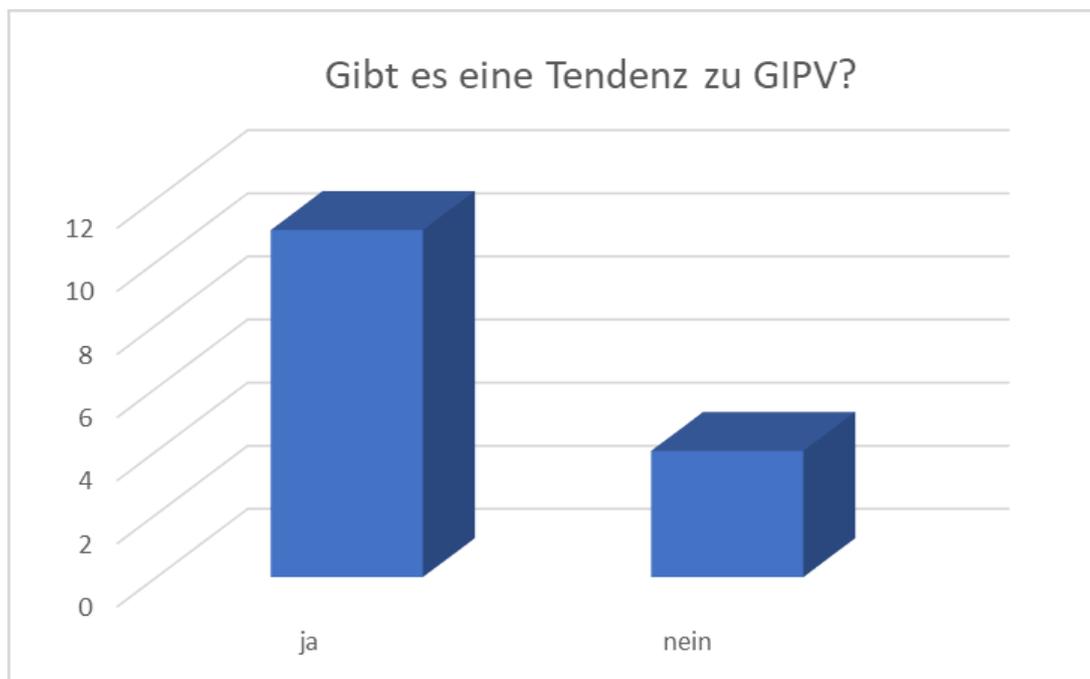
Die nächste Abbildung 46 zeigt die Nachfrage von Kund:innen nach GIPV. Aus der Abbildung 46 wird deutlich ersichtlich, dass ein Projekt pro Quartal in den befragten Unternehmen am häufigsten vorkommt und von Kund:innen nachgefragt wird. Mehrere Projekte im Monat bilden die Ausnahme. Weiters geben zwei Unternehmen als zusätzliche Information an, dass die Nachfrage nach GIPV-Anwendungen besonders oft von Architekturbüros im Zuge von Gebäudeplanungen kommt.



**Abbildung 46: Nachfrage nach GIPV**

**(Quelle: eigene Darstellung)**

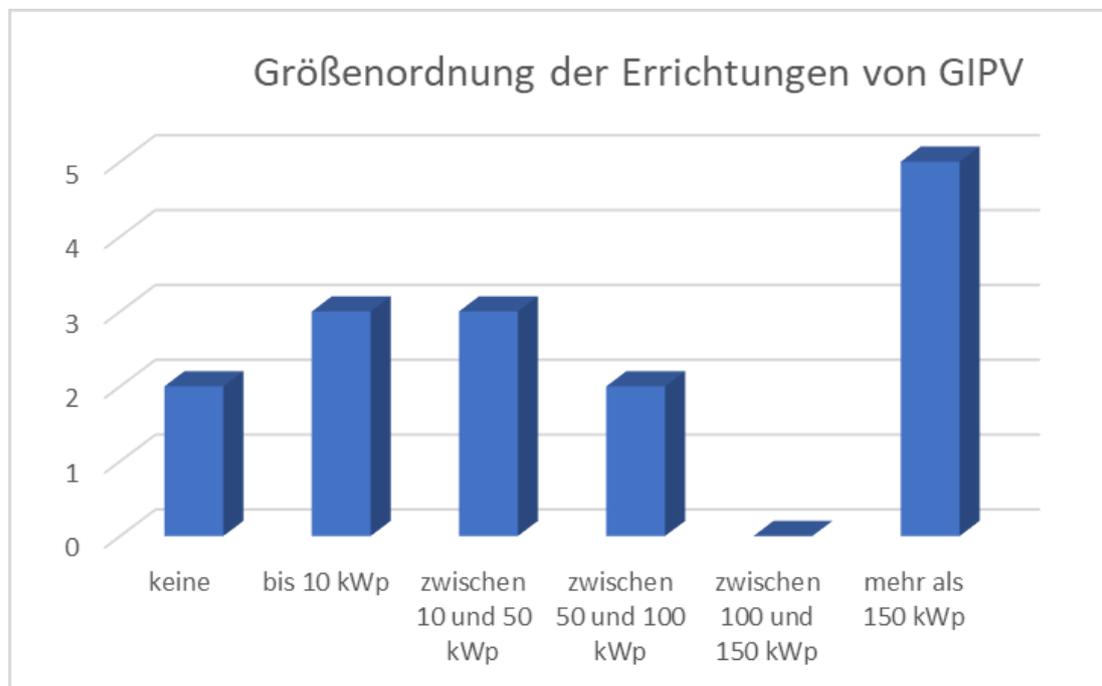
Die nächste Abbildung 47 befasst sich mit dem zukünftigen Trend der GIPV aus Unternehmenssicht. Zwei Unternehmen gaben an, dass vor allem in Architekturbüros ein hoher Trend hin zur GIPV bemerkbar ist. Dazu weisen zwei Unternehmen darauf hin, dass es auch auf Kundenseite einen positiven Trend gibt, jedoch die Kosten dafür noch relativ hoch sind. Weitere zwei Unternehmen sehen vor allem bei Indach-Lösungen sowie Carport, Terrassen und Balkonen einen zukünftigen Anwendungstrend von GIPV-Lösungen.



**Abbildung 47: Tendenzen zu GIPV**

(Quelle: eigene Darstellung)

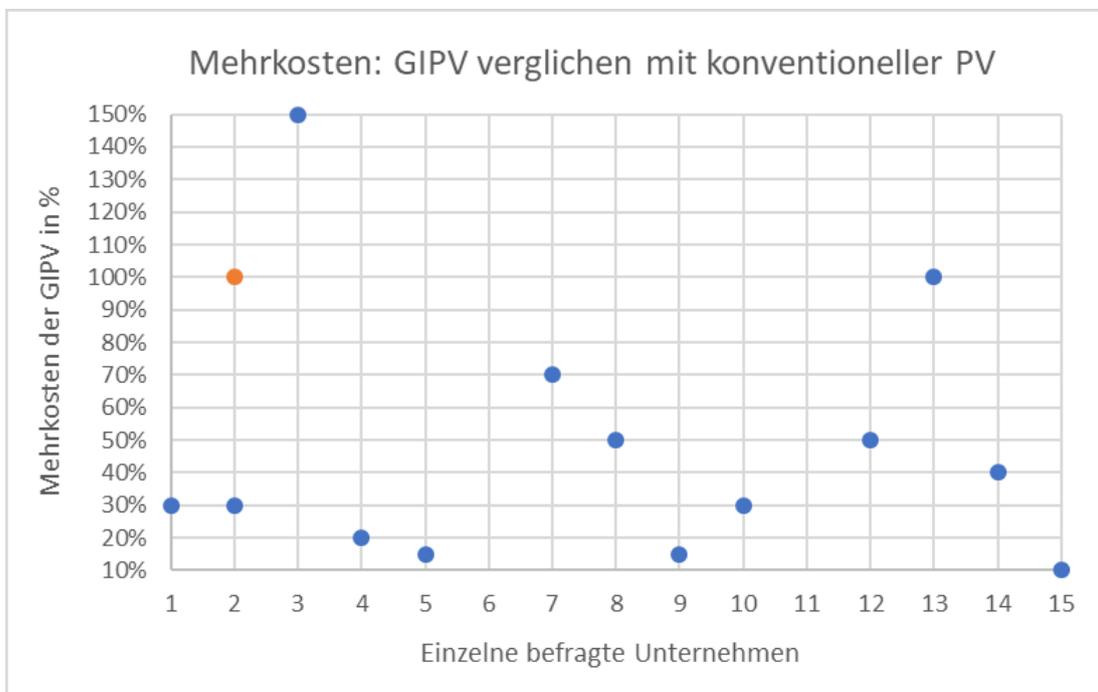
Die Abbildung 48 verdeutlicht, dass der Großteil der befragten Unternehmen GIPV-Projekte in den Größenordnungen unter 100 kWp am häufigsten umgesetzt haben. Zudem gibt es noch einen großen Teil der Unternehmen, die bisher mehr als 150 kWp verbaut bzw. verkauft haben.



**Abbildung 48: Größenordnung installierter GIPV-Anlagen**

(Quelle: eigene Darstellung)

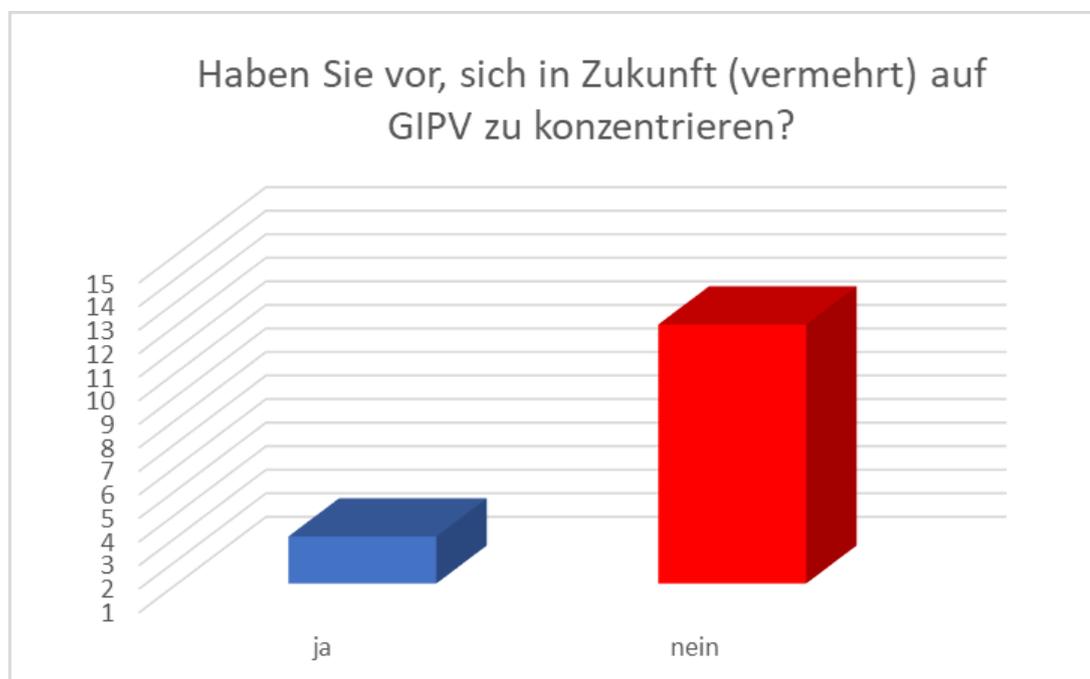
In der nächsten Abbildung 49 geht es um den Kostenvergleich zwischen gebäudeintegrierter und konventioneller Photovoltaik. Dabei wurden die Mehrkosten für die GIPV in Prozent abgeschätzt. Ein Unternehmen macht darauf aufmerksam, dass der Preisunterschied zwischen GIPV und konventioneller PV von vielen verschiedenen Parametern und ebenso vom jeweiligen Projekt abhängt und pauschal nicht gesagt werden kann. Grundsätzlich zeigt sich, dass die Angaben der unterschiedlichen Unternehmen sehr stark variieren, wodurch keine eindeutige Aussage getroffen werden kann, um wieviel teurer eine GIPV-Anlage als eine konventionelle Anlage ist. Ein Unternehmen gibt eine Spanne von 30-100% teurer an, welche durch den orangen Punkt in Abbildung 49 gekennzeichnet wird.



**Abbildung 49: Mehrkosten der GIPV im Vergleich zu konventioneller PV**

(Quelle: eigene Darstellung)

In der nächsten Abbildung 50 ist die zukünftige Tendenz dargestellt, ob sich die Unternehmen zukünftig vermehrt auf die GIPV konzentrieren werden. Eines der befragten Unternehmen gibt an, sich in näherer Zukunft eher nicht auf GIPV zu spezialisieren. Dieses Unternehmen ist jedoch offen für diese Thematik und beobachtet zukünftig weiterhin den Markt. Ein anderes Unternehmen denkt eventuell darüber nach, die GIPV als Randprodukt im Sortiment zu führen. Die Mehrheit der Unternehmen hat aber angegeben, sich aus momentaner Sicht in naher Zukunft nicht vermehrt auf die GIPV zu konzentrieren/spezialisieren Gründe dazu wurden keine angegeben

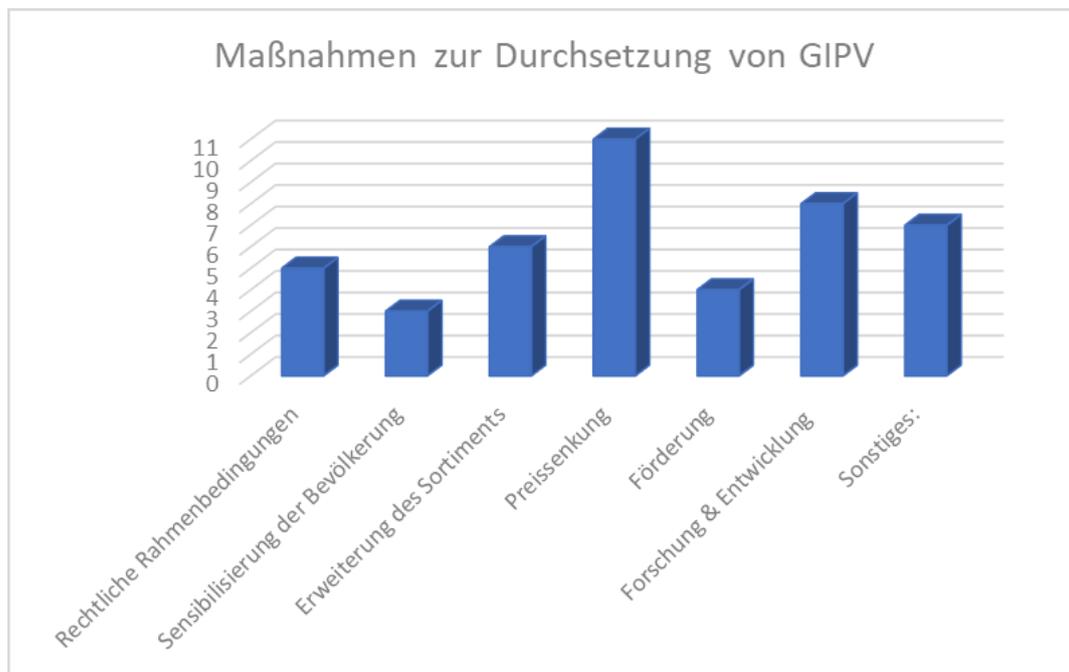


**Abbildung 50: Angebotserweiterung auf GIPV**

(Quelle: eigene Darstellung)

In der Abbildung 51 auf der nächsten Seite werden die von den Unternehmen vorgeschlagenen und notwendigen Maßnahmen ersichtlich, wie die GIPV eine bessere Marktakzeptanz und bessere Verkaufszahlen schaffen könnte. Neben den Maßnahmen in der x-Achse der Abbildung gaben einige Unternehmen unter dem Punkt „Sonstiges“ weitere Maßnahmen an, die folgend angeführt sind:

Eines der befragten Unternehmen erwähnt die Problematik des Ersatzes, denn die Module seien nach einer gewissen Zeit nicht mehr verfügbar und ein Austausch beschädigter Module wäre daher schwierig. Die Betrachtung eines weiteren Fragebogens zeigte die Empfehlung einer besseren Kommunikationsstruktur zwischen Architekturbüros und PV-Planern. Zudem empfiehlt ein PV-Planer die Preissteigerung konventioneller Module, damit die GIPV bessere Chancen am Markt erhält. Die Verbesserung der Kommunikationsstruktur zwischen Dachdeckern und Elektrikern sei zielführend, betont ein weiteres Unternehmen. Die Problematik liegt auch darin, dass bei Ein- und Zweifamilienhäusern selten eine Anlagenstatik für die Unterkonstruktion erstellt wird. Würde jedoch so eine Berechnung berücksichtigt werden, führe dies unweigerlich zu einer Unmöglichkeit von „Bestpreis-Angeboten“ und somit würde die Preisspanne von Indach- und Aufdachanlagen verringert werden. Ein Elektriker und gleichzeitig PV-Planer betont die Bedeutung und Wichtigkeit der Zusammenarbeit von Architekturbüros, Planungsbüros, Baumeistern usw. Diese müssten sich der Thematik annehmen und sie in den Fokus rücken, um die GIPV besser etablieren zu können. Ein weiteres Unternehmen gibt an, dass es sich als schwierig erweisen kann, Module mit ähnlicher Farbgebung, Leistung und Größe zu erwerben.



**Abbildung 51: Maßnahmen zur Durchsetzung von GIPV**

(Quelle: eigene Darstellung)

### 14.3 Fazit

Insgesamt wird erkennbar, dass die Kommunikationsstrukturen aller Beteiligten von äußerster Wichtigkeit sind, um ein Vorantreiben dieser wichtigen Thematik der GIPV zu schaffen. Des Weiteren ist zu sagen, dass die Wiederbeschaffung von Ersatzmodulen sich als schwierig erweisen könnte. Aus der Grafik mit Maßnahmen zur Durchsetzung der GIPV wird eindeutig ersichtlich, dass sich die meisten Befragten für eine Preissenkung aussprechen, um die Verbreitung der GIPV zu stärken.

Abschließend kann gesagt werden, dass auf Basis der Auswertungen sowohl die Kleinstunternehmen als auch die Kleinunternehmen sich zukünftig nicht vermehrt auf die GIPV konzentrieren werden. Im Bereich der mittelgroßen Unternehmen geben 2 von 3 Unternehmen an, vermehrt auf die Technologie der GIPV zu setzen. Darüber hinaus wird deutlich, dass die Nachfrage nach GIPV nicht von der Unternehmensgröße abhängt, jedoch konnte eine vermehrte Nachfrage bei mittelgroßen Unternehmen festgestellt werden.

Zudem ist derselbe Sachverhalt auch in der Beziehung der Unternehmensgröße zu bisher realisierten Projekten zu erkennen. Es wird deutlich ersichtlich, dass es völlig irrelevant ist, welche Unternehmensgröße ein Unternehmen in Bezug auf die installierte Leistung aufweist. Ausnahmen bilden die mittleren Unternehmen.

Keines der befragten Unternehmen hat mehr als 10 Module im Sortiment angegeben. Die Nachfrage kann grundsätzlich als eher gering beschrieben werden. Die Frage, ob es eine Tendenz hin zu GIPV gibt, wurde vom Großteil der Befragten mit ja beantwortet. Auf die Kostenfrage der GIPV wird kein eindeutiges Bild erkennbar, da die Preisspanne der Mehrkosten stark variiert. So wurden die Mehrkosten von GIPV zu identen konventionellen Lösungen von 10% bis über 150% teurer beschrieben. Grundsätzlich planen die befragten Unternehmen zukünftig keinen vermehrten Fokus auf die GIPV. Unterschiedlichste Maßnahmen zur Durchsetzung von GIPV wurden in der Auswertung genannt. Die am häufigsten erwähnten Maßnahmen betreffen die Preissenkung der GIPV und mehr Forschung & Entwicklung.

## 15 Marktrecherche PV-Module

Um das aktuelle Angebot an PV-Modulen in Europa zu erforschen, wurde im Zuge dieses Projekts eine Excel-Liste erstellt. Die zu befüllenden Felder bzw. notwendigen Daten waren z.B. Land, Hersteller, Zellart, Farbe etc. Anschließend wurden die Länder Österreich, Deutschland, Schweiz, Spanien und Italien auf die Kommilitonen aufgeteilt, um eine Onlinerecherche über verschiedene Arten von PV-Modulen durchzuführen. Die Tabelle 7 zeigt die Anzahl der recherchierten Module je Land.

**Tabelle 7: Anzahl der PV-Module je Land**

(Quelle: eigene Darstellung)

Firmen	Deutschland	Italien	Österreich	Schweiz	Spanien	Total
Aleo Solar	2					2
Brandoni Solare S.p.A.				1		1
DAS Energy			3			3
Ertex Solar			1			1
Energetica			10			10
Gruppostg		6				6
KIOTO			6			6
Nelskamp	2					2
Onyx					49	49
PVT Austria			19			19
Qcells			1			1
ROMAG				1		1
Scheuten Glas				1		1
SI-Module GmbH				1		1
<b>Grand Total</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>40</b>	<b>4</b>	<b>49</b>	<b>103</b>

Aus der Tabelle 8 wird ersichtlich, dass österreichische und deutsche Firmen hauptsächlich monokristalline Module anbieten. In Spanien werden von der Fa. Onyx vorwiegend a-Si und monokristalline Module angeboten. Nur ein Hersteller in Österreich gibt keine Auskunft über die Zellart an, jedoch handelt es sich hierbei um ein PV-Modul für Golfcarts.

Tabelle 8: Unterteilung Zellart je Land

(Quelle: eigene Darstellung)

Zellart	Deutschland	Italien	Österreich	Schweiz	Spanien	Total
-			1			1
a-Si					34	34
bifacial			1			1
mono (doppelseitig)		2				2
mono/bifacial			1			1
monokristallin	4	4	29	1	10	48
Monokristalline						
Multikristalline			1	1		1
Multikristalline				2		2
polykristallin			7		5	12
<b>Grand Total</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>40</b>	<b>4</b>	<b>49</b>	<b>103</b>

Um das österreichische Unternehmen Ertex Solar GmbH, das sehr viele spannende Anwendungen im Bereich der GIPV nachweist, hervorzuheben, wurden dabei bei der Recherche keine einzelnen Produktdatenblätter der angebotenen Module gefunden. Die eingetragene Anzahl mit nur einem Modul in Tabelle 7 soll daher nur die Präsenz des Unternehmens ausdrücken und spiegelt nicht die reale Anzahl der angebotenen Module. Um nähere Informationen über das Unternehmen zu erhalten, ist in der Excel-Liste über die Marktrecherche der PV-Module ein Link hinterlegt, der auf die Homepage von Ertex Solar führt. Zudem werden zur beispielhaften Veranschaulichung im Kapitel 13.1 ausgewählte realisierte Projekte des Unternehmens Ertex Solar angeführt.

## 16 LITERATURVERZEICHNIS

**Acker, U., 2020a.** Indachmontage der Photovoltaikanlage. [online]. Bad Homburg [Zugriff am: 15. Nov 2020] Verfügbar unter: <https://www.solaranlage.eu/photovoltaik/montage-inbetriebnahme/indachmontage>

**Acker, U., 2020b.** Fassadenmontage der Photovoltaik [online]. Bad Homburg [Zugriff am: 07. Dez 2020] Verfügbar unter: <https://www.solaranlage.eu/photovoltaik/montage-inbetriebnahme/fassadenmontage>

**Acker, U., 2021.** Direktvermarktung von Solarstrom [online]. Bad Homburg [Zugriff am: 04. Feb 2021] Verfügbar unter: <https://www.solaranlage.eu/photovoltaik/montage-inbetriebnahme/netzanschluss-einspeisung/direktvermarktung>

**Anondi GmbH, 2021.** Photovoltaikanlage Aufstellmöglichkeiten [online]. Ulm [Zugriff am: 02.02.2021] Verfügbar unter: <https://www.solaranlage-geratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-voraussetzungen/photovoltaikanlage-aufstellmoeglichkeiten>

**ATB-Becker, 2005.** Projekt: PV-Enlargement; TROP – Möbelmarkt. Absam: ATB-Becker

**Bau- und Planungsabteilung Wettingen, 2011.** Empfehlungen zur Gestaltung und Anordnung von Solaranlagen [online]. Wettingen [Zugriff am: 13. Jan 2021] Verfügbar unter: [http://www.bipv.ch/images/materiale/linee\\_guida/ag/Solaranlagen\\_Anordnungen\\_14\\_252\\_05A\\_111107\\_Solar\\_rev.pdf](http://www.bipv.ch/images/materiale/linee_guida/ag/Solaranlagen_Anordnungen_14_252_05A_111107_Solar_rev.pdf)

**Bau- und Verkehrsdepartment des Kantons Basel-Stadt, 2013.** Richtlinie für Solaranlagen im Kanton Basel-Stadt. [online]. Basel [Zugriff am: 13. Jan 2021] Verfügbar unter: [http://www.bipv.ch/images/materiale/linee\\_guida/bs/100074\\_Richtlinie\\_Solaranlagen\\_BS\\_PDF.pdf](http://www.bipv.ch/images/materiale/linee_guida/bs/100074_Richtlinie_Solaranlagen_BS_PDF.pdf)

**Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern, 2015.** Richtlinien Baubewilligungsfreie Anlagen zur Gewinnung erneuerbarer Energien. [online]. Bern [Zugriff am: 13. Jan 2021] Verfügbar unter: [https://www.vol.be.ch/vol/de/index/energie/energie/downloads\\_publicationen.assetref/dam/documents/VOL/AUE/de/pub/ae\\_en\\_richtlinien\\_erneuerbare\\_energien\\_1502\\_24\\_d.pdf](https://www.vol.be.ch/vol/de/index/energie/energie/downloads_publicationen.assetref/dam/documents/VOL/AUE/de/pub/ae_en_richtlinien_erneuerbare_energien_1502_24_d.pdf)

**Biehl, R., 2020.** Eigener Strom vom Balkon – Solaranlage für die Steckdose [online]. Ettlingen [Zugriff am: 21. Nov 2020] Verfügbar unter: <https://www.erdgas-suedwest.de/natuerlichzukunft/eigener-strom-balkon-pv-solaranlage/>

**Biermayr, P., et al., 2019.** Innovative Energietechnologien in Österreich: Marktentwicklung 2018. Biomasse, Photovoltaik, Solarthermie, Wärmepumpen und Windkraft. Wien

**Buchbauer, T., 2019.** i-Magazin. [online]. Korneuburg [Zugriff am: 25. Nov 2020] Verfügbar unter: <https://www.i-magazin.com/stromernte-am-erdaepfel-acker/>

**Bundesamt für Energie, 2021.** Fördergelder und Vergütungen [online]. Ittingen [Zugriff am: 14. Jan 2021] Verfügbar unter: <https://www.energieschweiz.ch/page/de-ch/Foerdergelder-und-Verguetungen>

**Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus & Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie, 2018.** #mission2030: Die österreichische Klima- und Energiestrategie. Strategiepapier. Wien

**Bundesverband PHOTOVOLTAIC AUSTRIA, 2020a.** Normen aus dem PV- und Speicherbereich [online]. Wien [Zugriff am: 03. Nov 2020] Verfügbar unter: <https://www.pvaustria.at/normen/>

**Bundesverband PHOTOVOLTAIC AUSTRIA, 2020b.** PV-Firmensuche [online]. Wien [Zugriff am: 25. Nov 2020] Verfügbar unter: <https://www.pvaustria.at/pv-profi/>

**Bundesverband PHOTOVOLTAIC AUSTRIA, 2021a.** Photovoltaik- und Speicherförderung in Österreich [online]. Wien [Zugriff am: 13. Jan 2021] Verfügbar unter: <https://www.pvaustria.at/forderungen/>

**Bundesverband PHOTOVOLTAIC AUSTRIA, 2021b.** Erneuerbaren Ausbau Gesetz [online]. Wien [Zugriff am: 13. Jan 2021] Verfügbar unter: <https://www.pvaustria.at/news/erneuerbaren-ausbau-gesetz/>

**Burghauptmannschaft Österreich, 2021.** Foliensätze im Zuge eines Webinars durch Claudia Paul über den neuen Giraffenpark im Wiener Zoo. Webinar Austria Solar am 17.02.2021. Verfügbar unter: <https://www.youtube.com/watch?v=Vw2w7R3tWiM>

**Büssecker, M., 2020.** Solar-Glasdächer: Strom erzeugen mit Durchblick – Doppelglasmodule für Terrassenüberdachungen und Wintergärten [online]. Rheine [Zugriff am: 21. Nov 2020] Verfügbar unter: <https://www.wirtschaftsforum.de/news/si-module-gmbh/solar-glasdaecher-strom-erzeugen-mit-durchblick-doppelglasmodule-fuer-terrassenueberdachungen-und-wintergaerten>

**CRDE, 2021.** Installations solaires – recommandations pour l'intégration architecturale [online]. Neuchâtel [Zugriff am: 13. Jan 2021] Verfügbar unter: [http://www.bipv.ch/images/materiale/linee\\_guida/cr/EntrezDansLEreSolairea.pdf](http://www.bipv.ch/images/materiale/linee_guida/cr/EntrezDansLEreSolairea.pdf)

**E-Control, 2021.** Technische und organisatorische Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen (TOR) [online]. Wien [Zugriff am: 13. Jan 2021] Verfügbar unter: <https://www.e-control.at/recht/marktregeln/tor>

**Electrosuisse, Swissolar, 2021.** Energie – Sonnenklar. Photovoltaik: Technik und Infrastruktur [online]. Fehraltorf [Zugriff am: 14 Jan 2021] Verfügbar unter: [https://www.electrosuisse.ch/wp-content/uploads/2019/03/Electrosuisse\\_Energie\\_Sonnenklar\\_Photovoltaik\\_Broschue\\_re\\_2019-1-1.pdf](https://www.electrosuisse.ch/wp-content/uploads/2019/03/Electrosuisse_Energie_Sonnenklar_Photovoltaik_Broschue_re_2019-1-1.pdf)

**EnergieAgentur.NRW GmbH, 2020.** PV-Anlage Friedenskirche Herten-Disteln [online]. Düsseldorf [Zugriff am: 28. Dez 2020] Verfügbar unter: [https://www.energieagentur.nrw/content/anlagen/Projekt\\_SWB.pdf](https://www.energieagentur.nrw/content/anlagen/Projekt_SWB.pdf)

**Ertex Solartechnik GmbH, 2020** [online]. Amstetten [Zugriff am: 05. Jan 2021] Verfügbar unter: <https://www.ertex-solar.at/produkte/referenzen/>

**EU-Umweltbüro, 2017.** Boden und Bodenschutz – Situation in Österreich und in der EU. Wien

**FARFAN, J und C. BREYER, 2018.** Combining Floating Solar Photovoltaic Power Plants and Hydropower Reservoirs: A Virtual Battery of Great Global Potential. In: Energy Procedia [online] [Zugriff am: 20.11.2020]. Verfügbar unter: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610218309858>

**Fechner, H., et al., 2009a.** Gebäudeintegrierte Photovoltaik Teil 1. Technologiestatus, Erfahrung, Best Practice-Beispiele und Visionen der GIPV Technologie. Wien

**Fechner, H., et al., 2009b.** Gebäudeintegrierte Photovoltaik Teil 2. Perspektiven, Potentiale und volkswirtschaftliche Betrachtung der GIPV-Technologie. Wien

**Fechner, H., et al., 2016.** Technologie-Roadmap für Photovoltaik in Österreich: Besondere Berücksichtigung der Auswirkung auf die Bereiche Gebäude/Städte, Industrie, Energieinfrastrukturen. Wien

**Fechner, H., et al., 2018.** Photovoltaik. Technologie-Roadmap Teil 2. Potenziale und Technologie-Entwicklungsbedarf für Photovoltaik in den Sektoren Gewerbe/Industrie – Mobilität – Landwirtschaft - Gebäude/Städte. Wien

**Fechner, H., 2020.** Ermittlung des Flächenpotentials für den Photovoltaik-Ausbau in Österreich: Welche Flächenkategorien sind für die Erschließung von besonderer Bedeutung um das Ökostromziel realisieren zu können. mit Fokus auf bis 2030

realisierbare PV-Potentiale im Gebäudesektor und technische Potentiale auf anderen Flächen. Wien

**Franke P., 2017.** Giraffenhaus mit Photovoltaikdach [online]. Stuttgart [Zugriff am: 02. Feb 2021] Verfügbar unter: <https://www.photovoltaikeu/mobilitaet-ladetechnik/giraffenhaus-mit-photovoltaikdach>

**Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2018.** Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien. Freiburg: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

**Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020a.** Fraunhofer ISE analysiert Potenzial für Solarkraftwerke auf Braunkohle-Tagebauseen. Freiburg: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE [online]. Freiburg [Zugriff am: 14.11.2020]. Verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2020/fraunhofer-ise-analysiert-potenzial-fuer-solarkraftwerke-auf-braunkohle-tagebauseen.html>

**Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE, 2020b.** Agri-Photovoltaik [online]. Freiburg [Zugriff am: 25. Nov 2020] Verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/agri-photovoltaik-agri-pv.html>

**Frontini, F., 2020.** Building integrated photovoltaics Produkte [online]. Canobbio [Zugriff am: 07. Dez 2020] Verfügbar unter: <http://www.bipv.ch/index.php/de/produkte>

**Gambone, S., 2021.** What are Bifacial Solar Panels [online]. [Zugriff am 02.02.2021] Verfügbar unter: <https://www.paradisesolarenergy.com/blog/what-are-bifacial-solar-panels>

**Greenhouse Media GmbH, 2020a.** Balkon-Solaranlage: E-Technik, Vorschriften & Preise im Vergleich. [online]. Hamburg [Zugriff am: 21. Nov 2020] Verfügbar unter:

<https://www.energie-experten.org/erneuerbare-energien/photovoltaik/eigenverbrauch/balkon-solaranlage>

**Greenhouse Media GmbH, 2020b.** Schwimmende Solarstromanlagen („Floating PV Anlagen“) [online]. Hamburg [Zugriff am: 19.11.2020]. Verfügbar unter: <https://www.energie-experten.org/ueber-uns/impressum>

**Hartl, R., 2021.** Photovoltaik Förderung [online]. Passau [Zugriff am: 04. Feb 2021] Verfügbar unter: <https://www.photovoltaik-foerderung.net/>

**Heck, J., 2019.** Welche Art von Strom ist am günstigsten? [online]. Köln [Zugriff am: 02. Feb 2021] Verfügbar unter: <https://www.quarks.de/technik/energie/welche-art-von-strom-ist-am-guenstigsten/>

**Heinze GmbH, 2020.** Photovoltaik-Module als Fassadengestaltung [online]. Berlin [Zugriff am: 10. Dez 2020] Verfügbar unter: <https://www.baunetzwissen.de/solar/objekte/kultur-bildung/kinderkrippe-und-jugendfreizeitstaette-in-muenchen-72828>

**International Renewable Energy Agency, 2020.** Wesentliche Erkenntnisse: Kosten der Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien 2019 [online] Abu Dhabi [Zugriff am: 02 Feb 2021] Verfügbar unter: [https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA\\_Costs\\_2019\\_DE.PDF?la=en&hash=755C59F88440F9ADD2819AE6FCE387B517EE82D1](https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2020/Jun/IRENA_Costs_2019_DE.PDF?la=en&hash=755C59F88440F9ADD2819AE6FCE387B517EE82D1)

**Kanton Thurgau, Department für Bau und Umwelt, Department für Inneres und Volkswirtschaft, 2021.** Richtlinien zur Anwendung von Artikel 18a des Bundesgesetzes über die Raumplanung [online]. Thurgau [Zugriff am: 13. Jan 2021] Verfügbar unter: [http://www.bipv.ch/images/materiale/linee\\_guida/tg/solarbroschuere-1.pdf](http://www.bipv.ch/images/materiale/linee_guida/tg/solarbroschuere-1.pdf)

**Madel, A., 2020a.** Photovoltaik: Aufdach-, Indachmontage oder Solardachziegel? [online]. Ulm [Zugriff am: 15. Nov 2020] Verfügbar unter: <https://www.solaranlage->

[ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-technik/aufdach-indachmontage-solardachziegel](https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-technik/aufdach-indachmontage-solardachziegel)

**Madel, A. 2020b.** Solaranlage auf Carport und Garage [online]. Ulm [Zugriff am: 15. Nov 2020] Verfügbar unter: <https://www.sanier.de/garage-und-carport/solaranlage-auf-carport-und-garage>

**Madel, A. 2020c.** Photovoltaik auf Garagen und Carports [online]. Ulm [Zugriff am: 15. Nov 2020] Verfügbar unter: <https://www.solaranlage-ratgeber.de/photovoltaik/photovoltaik-voraussetzungen/photovoltaikanlage-aufstellmoeglichkeiten/photovoltaik-auf-garagen-und-carports>

**Möller, U., 2020.** Erneuerbare Energien. [online]. Hannover [Zugriff am: 25. Nov 2020.] Verfügbar unter: <https://www.erneuerbareenergien.de/agrophotovoltaik-genial-fuer-freiflaechen>

**Netz Oberösterreich GmbH, 2020.** Photovoltaik. Hinweise für die Ausführung und Anschlussabwicklung von PV-Anlagen. [online]. Linz [Zugriff am: 03. Nov 2020] Verfügbar unter: <http://www.ooe-ausfuehrungsbestimmungen.at/de/770/>

**OBO Bettermann Holding GmbH & Co. KG, 2020.** Normen Photovoltaik [online]. Menden [Zugriff am: 03. Nov 2020] Verfügbar unter: <https://www.obo.at/produkte/schutzinstallation/planungshilfen/planungshilfen-blitz-und-ueberspannungsschutz-photovoltaik/normen-photovoltaik/>

**opus Architekten BDA, 2021.** Wohn- und Bürohaus Darmstadt [online]. Darmstadt [Zugriff am: 02.02.2021] Verfügbar unter: <http://www.opus-architekten.de/inhalt/projekte25/14/projekt.html#>

**Pils, I., 2019.** Photovoltaik: Fassadenintegration fürs Eigenheim [online]. Wels [Zugriff am: 10. Dez 2020] Verfügbar unter: <https://www.wohnet.at/energie/strom/photovoltaik-fassade-22111>

**Pokuta J., 2020.** Solarcarport [online]. Mellin [Zugriff am: 25. Nov 2020] Verfügbar unter: <https://www.esonne.com/>

**Pronovo AG, 2021.** Tarifrechner [online]. Frick [Zugriff am: 13. Jän 2021] Verfügbar unter: <https://pronovo.ch/de/services/tarifrechner/>

**Reisenhofer, S., 2020.** OIB-Richtlinien 2019 [online]. Wien [Zugriff am: 04. Nov 2020] Verfügbar unter: <https://www.oib.or.at/oib-richtlinien/richtlinien/2019>

**Repubblica e Cantone Ticino, Dipartimento del territorio sezione dello sviluppo territoriale, 2016.** Linee Guida cantonali: Interventi nei nuclei storici – Criteri di valutazione paesaggistica nell’ambito della procedura edilicia [online]. Ticino [Zugriff am: 13. Jan 2021] Verfügbar unter: [http://www.bipv.ch/images/materiale/linee\\_guida/ti/Interventi\\_nei\\_nuclei\\_storici\\_2016.pdf](http://www.bipv.ch/images/materiale/linee_guida/ti/Interventi_nei_nuclei_storici_2016.pdf)

**Schweizerische Eidgenossenschaft, 2014.** Richtlinie <Gebäudeintegrierte Photovoltaikanlagen> zur Anwendung von Ziffer 2.3 des Anhangs 1.2 der Energieverordnung (EnV) [online]. o.O. [Zugriff am: 13. Jän 2021] Verfügbar unter: [https://www.swissolar.ch/fileadmin/user\\_upload/Swissolar/Unsere\\_Dossiers/2014\\_Richtlinien\\_PV\\_Integration\\_d.pdf](https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Swissolar/Unsere_Dossiers/2014_Richtlinien_PV_Integration_d.pdf)

**Stadt Zürich, Amt für Städtebau, 2009.** Leitfaden Dachlandschaften - Projektierungshilfe für Bauten im Dachbereich [online]. Zürich [Zugriff am: 13. Jan 2021] Verfügbar unter: [http://www.bipv.ch/images/materiale/linee\\_guida/zh/Leitfaden\\_Dachlandschaften\\_verlinkt.pdf](http://www.bipv.ch/images/materiale/linee_guida/zh/Leitfaden_Dachlandschaften_verlinkt.pdf)

**SUPSI, 2020.** Building Integrated Photovoltaics: A practical handbook for solar buildings’ stakeholders – Status Report 2020. [online]. Manno [Zugriff am: 13. Jän 2021] Verfügbar unter: [https://solarchitecture.ch/wp-content/uploads/2020/11/201022\\_BIPV\\_web\\_V01.pdf](https://solarchitecture.ch/wp-content/uploads/2020/11/201022_BIPV_web_V01.pdf)

**Swimsol GmbH, 2020.** [online]. Wien [Zugriff am: 14. Nov 2020]. Verfügbar unter: <https://swimsol.com/#lagoon>

**Swissolar, 2021a.** PV-Förderung [online]. Zürich [Zugriff am: 13. Jän 2021] Verfügbar unter: <https://www.swissolar.ch/topthemen/pv-foerderung/>

**Swissolar, 2021b.** Normen, Vorschriften, Reglemente: Für die Schweiz relevante Bestimmungen [online]. Zürich [Zugriff am: 14. Jan 2021] Verfügbar unter: [https://www.swissolar.ch/fileadmin/user\\_upload/Fachleute/Normen\\_Vorschriften.pdf](https://www.swissolar.ch/fileadmin/user_upload/Fachleute/Normen_Vorschriften.pdf)

**Telekurier Online Medien GmbH & Co KG, 2021.** EAG tritt nicht per 1. Jänner in Kraft [online]. Wien [Zugriff am 13. Jan 2021] Verfügbar unter: <https://kurier.at/wirtschaft/eag-tritt-nicht-per-1-jaenner-in-kraft/401100984>

**Theele, P., 2020.** Photovoltaik4all. [online]. Genthin [Zugriff am: 25. Nov 2020] Verfügbar unter: <https://www.photovoltaik4all.de/bifaziale-solarmodule-vorteile>

**TIWAG, 2021.** PHOTOVOLTAIK [online]. Innsbruck [Zugriff am 13. Jan 2021] Verfügbar unter: <https://www.tiwag.at/privatkunden/energieeffizienz/foerderungen/photovoltaik/>

**Trommsdorff, M., 2017a.** Sonne ernten auf zwei Etagen – Agrophotovoltaik steigert die Landnutzungseffizienz um über 60 Prozent. [online] Freiburg. [Zugriff am: 25. Nov 2020.] Verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/presseinformationen/2017/sonne-ernten-auf-zwei-etagen-agrophotovoltaik-steigert-landnutzungseffizienz-um-ueber-60-prozent.html>

**Trommsdorff, M., 2017b.** Agri-Photovoltaik. [online] Freiburg. [Zugriff am: 25. Nov 2020.] Verfügbar unter: <https://www.ise.fraunhofer.de/de/leitthemen/integrierte-photovoltaik/agri-photovoltaik-agri-pv.html>

**TÜV Austria Akademie GmbH, 2020.** Die Photovoltaik-Normenlandschaft. [online]. Brunn am Gebirge [Zugriff am: 03. Nov 2020] Verfügbar unter: <https://www.tuv-akademie.at/kurs/die-photovoltaik-normenlandschaft/>

**Ub.de Fachwissen GmbH, 2021.** Marktprämie. [online]. Bad Homburg [Zugriff am: 20.01.2021] Verfügbar unter: <https://www.photovoltaik.org/wissen/marktpraemie>

**Wagner E., 2020.** Bedeutung der Dachausrichtung für die Photovoltaikanlage [online]. Unterschleißheim: Wagner. [Zugriff am: 18. Jan 2021] Verfügbar unter: <https://www.rechnerphotovoltaik.de/photovoltaik/voraussetzungen/dachausrichtung>

**Wegatech Greenergy GmbH, 2021.** Der Wechselrichter einer Photovoltaikanlage – Aufgaben, Preise, Hersteller und Typen [online]. München [Zugriff am: 03. Jan 2021] Verfügbar unter: <https://www.wegatech.de/ratgeber/photovoltaik/grundlagen/wechselrichter/>

**Wesselak V. und S. Voswinckel, 2016.** Photovoltaik – wie die Sonne zu Strom wird. 2. Aufl.. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag

**Wikipedia, Die freie Enzyklopädie, 2021.** Technische und organisatorische Regeln für Betreiber und Benutzer von Netzen [online]. San Francisco [Zugriff am 13. Jan 2021] Verfügbar unter: [https://de.wikipedia.org/wiki/Technische\\_und\\_organisatorische\\_Regeln\\_für\\_Betreiber\\_und\\_Benutzer\\_von\\_Netzen](https://de.wikipedia.org/wiki/Technische_und_organisatorische_Regeln_für_Betreiber_und_Benutzer_von_Netzen)

**Wirth, H., 2020.** Aktuelle Fakten zur Photovoltaik in Deutschland. Leitfaden über Photovoltaik. Freiburg: Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE

**Zentrale Solarterrassen & Carportwerk GmbH, 2020a.** Wintergarten mit Solar [online]. Neuruppin [Zugriff am: 21. Nov 2020] Verfügbar unter: <https://www.solarcarporte.de/wintergarten/>

**Zentrale Solarterrassen & Carportwerk GmbH, 2020b.** Solarbalkon [online]. Neuruppin [Zugriff am: 26. Nov 2020] Verfügbar unter: <https://www.solarcarporte.de/balkongelaender/>

## **17 Anhang**

<b>CHECKLISTE FÜR GIPV-UMFRAGE.....</b>	<b>A1</b>
<b>FRAGEBOGEN ZUM THEMA GIPV.....</b>	<b>A2</b>
<b>PROTOKOLLE DER MEETINGS .....</b>	<b>A5</b>
<b>KICK-OFF PRÄSENTATION.....</b>	<b>A5</b>
<b>ZWISCHENPRÄSENTATION.....</b>	<b>A7</b>
<b>ENDPRÄSENTATION .....</b>	<b>A9</b>

# Checkliste für GIPV-Umfrage

## Checkliste für den Anruf

- Woher haben wir die Kontaktdaten des Unternehmens?**  
Wir haben ihre Nummer auf ihrer Homepage gefunden...  
Wenn es genauere Fragen dazu gibt, könnt ihr erwähnen, dass die Kontaktdaten aus einer öffentlich zugänglichen Quelle (=Homepage) entnommen wurden
  
- Wer sind wir?**  
(Wir studieren Energiewirtschaft im Bachelorstudiengang an der FH Kufstein Tirol...)
  
- Was machen wir?**  
(Im Zuge unseres Praxisprojektes über gebäudeintegrierte Photovoltaik geben wir einen Fragebogen aus...)
  
- Zweck des Fragebogens**  
(Dadurch wollen wir wissenschaftlich erforschen wie verbreitet die gebäudeintegrierte Photovoltaik schon am Markt in Österreich ist und ob es eine Nachfrage zu dieser Anwendungsart gibt...)
  
- Zeit angeben**  
(Der Fragebogen nimmt nur etwa 7-10 Minuten in Anspruch)
  
- Datenschutz**  
Die Teilnahme an dieser Umfrage ist freiwillig und Ihre Daten werden anonymisiert und vertraulich behandelt. Die Daten werden nicht gespeichert. Es sind keine unternehmensinternen Daten für den Fragebogen erforderlich.  
(Wenn sie am Telefon schon sagen, dass Sie nicht teilnehmen wollen, dann freundlich bedanken)
  
- Fragen beantworten**  
(Wenn ihr die Frage nicht beantworten könnt, dann sagen, dass ihr nachfragt bei uns und sie dann zurückruft)
  
- Abschluss**  
Bedanken, dass sie sich Zeit genommen haben und dass sie den Fragebogen bei Zustimmung zugesendet bekommen per E-Mail
  
- Kontaktdaten anfragen**  
E-Mail-Adresse anfragen, wohin der Fragebogen dann gesendet werden darf

# Fragebogen zum Thema GIPV



## Fragebogen zum Thema Gebäudeintegrierte Photovoltaik

Sehr geehrte Damen und Herren,

sehr geehrte MitarbeiterInnen des Unternehmens,

im Rahmen eines Studierenden-Praxisprojektes zu dem Thema „Marktübersicht innovativer & integrierter Photovoltaikanwendungen zur Erreichung nationaler Klima- & Energiestrategieziele“ aus dem Bachelor-Studiengang Energiewirtschaft an der FH Kufstein Tirol führen wir eine Umfrage zur Aktualität und Relevanz von gebäudeintegrierten Photovoltaikanlagen (kurz: GIPV) in Österreich durch. Zweck dieser Umfrage ist es, genauere Kenntnisse darüber zu gewinnen, wie sich GIPV in Österreich verbreitet und ob sich die Verbreitung und Relevanz für GIPV in Zukunft steigern wird.

Die Forschungsfragen, die sich im Zuge der wissenschaftlichen Untersuchung ableiten, lauten wie folgt:

- Welche Rolle nehmen GIPV-Anlagen in Österreich ein?
- Wie ist die aktuelle Sichtweise auf die Marktstellung von GIPV-Anlagen in Österreich?
- Wie ist der aktuelle Einsatz von GIPV-Anlagen in Österreich?
- Wie entwickelt sich der Einsatz von GIPV-Anlagen in Österreich?
- Wie wird die Relevanz von GIPV-Anlagen in Österreich aktuell beleuchtet?
- Zeichnet sich ein möglicher Trend hin zu GIPV-Anlagen ab oder werden konventionelle Montagemethoden und Aufständungen weiter bevorzugt?

### **DATENSCHUTZ und EINVERSTÄNDNISERKLÄRUNG:**

Die Teilnahme an dieser Umfrage ist ausschließlich freiwillig und der Fragebogen sollte nur nach Ihrer Zustimmung ausgefüllt werden. Ihre Daten werden anonymisiert und vertraulich behandelt und werden nicht gespeichert. Die anonymisierten Ergebnisse werden gesammelt in Form eines Berichts dokumentiert. Nach der Verarbeitung der Daten werden die Fragebögen vernichtet. Das späteste Datum für die Vernichtung ist der **31. Jänner 2021**.

- Ich habe die obigen Informationen gelesen und bin damit einverstanden, an dieser Umfrage freiwillig teilzunehmen. Ich stimme der Verarbeitung und der Dokumentation meiner Daten und der gegebenen Antworten zu.

Vielen Dank für Ihre Teilnahme und Ihren Beitrag!

Das Studierenden-Team Energiewirtschaft an der FH Kufstein Tirol



### **Anleitung zum Ausfüllen des Fragebogens:**

Sie können die Kästchen direkt in diesem Dokument anklicken, um Ihre Auswahl zu markieren. Bei den Fragen ohne zutreffende vorgegebene Antwortmöglichkeiten, bitten wir Sie, Ihre Antwort nach dem Textfeld „Antwort:“ einzutragen.

Bei Frage 7 kann zusätzlich oder statt den vorgegebenen Möglichkeiten auch nach „Sonstiges“ Ihre Antwort abgegeben werden.

### **Allgemeines zum Unternehmen**

**Bundesland:** \_\_\_\_\_

#### **Betätigungsfeld:**

- Elektriker
- Photovoltaikmodul-Produzent
- Photovoltaik-Planung
- Architekturbüro
- \_\_\_\_\_

#### **Größe des Unternehmens:**

- Kleinunternehmen (bis 9 MitarbeiterInnen)
- Kleinunternehmen (bis 49 MitarbeiterInnen)
- Mittlere Unternehmen (bis 249 MitarbeiterInnen)
- Großunternehmen (ab 250 MitarbeiterInnen)

### **Fragen**

**FRAGE 1: Aus wie vielen verschiedenen Modultypen besteht Ihr Sortiment?**

Antwort: \_\_\_\_\_

**FRAGE 2: Wie ist die Nachfrage Ihrer Kunden nach gebäudeintegrierter Photovoltaik?**

Antwort:

- nicht vorhanden
- sehr gering (ein Projekt pro Jahr)
- gering (ein Projekt im Quartal)
- mittel (ein Projekt pro Monat)
- hoch (mehrere Projekte pro Monat)



**FRAGE 3: Besteht Ihrer Erfahrung nach eine Tendenz hin zur gebäudeintegrierten Photovoltaik oder bleibt der zukünftige Trend bei konventionellen PV-Lösungen?**

Antwort: \_\_\_\_\_

**FRAGE 4: An wie vielen Errichtungen von GIPV-Anlagen waren Sie bisher beteiligt?**

Antwort:

- bis 10 kW<sub>peak</sub>
- zwischen 10 und 50 kW<sub>peak</sub>
- zwischen 50 und 100 kW<sub>peak</sub>
- zwischen 100 und 150 kW<sub>peak</sub>
- mehr als 150 kW<sub>peak</sub>

**FRAGE 5: Um wieviel teurer ist eine GIPV-Anlage im Vergleich zu einer identen konventionellen PV-Anlage? (In Prozent)**

Antwort: \_\_\_\_\_%

**FRAGE 6: Haben Sie vor, sich in Zukunft (vermehrt) auf GIPV zu konzentrieren?**

Antwort: \_\_\_\_\_

**FRAGE 7: Was müsste geändert werden, damit die gebäudeintegrierte Photovoltaik noch mehr Zuspruch findet und sich noch schneller am Markt verbreitet?**

Antwort:

- Rechtliche Rahmenbedingungen
- Sensibilisierung der Bevölkerung
- Erweiterung des Sortiments
- Preissenkung
- Förderung
- Forschung und Entwicklung

Sonstiges: \_\_\_\_\_

Danke, dass Sie an diesem Fragebogen zum Thema der Gebäudeintegrierten Photovoltaik teilgenommen haben! Wenn Sie Fragen haben oder die Ergebnisse der Umfrage erhalten wollen, können Sie sich gerne melden unter: [ewi19.praxisprojekt@gmx.at](mailto:ewi19.praxisprojekt@gmx.at)

Vielen herzlichen Dank für Ihre Teilnahme,  
Das Studierenden-Team Energiewirtschaft an der FH Kufstein Tirol

Praxisprojekt des Bachelor-Studiengangs Energiewirtschaft

# Protokolle der Meetings

## Kick-Off Präsentation

### Protokoll

#### Marktübersicht innovativer & integrierter Photovoltaikanwendungen zur Erreichung nationaler Klima- & Energiestrategieziele

<b>Kick-off Meeting (MS Teams)</b>	<b>Schriftführer:</b> Wechselberger David
<b>Datum:</b> 14.10.2020	<b>Zeit:</b> 15:00 – 16:10 Uhr
<b>Teilnehmer:</b>	
Flade Fabian Becker Gerd Aksel Deniz Gorke Dennis Wechselberger David	Kolm Niklas Maag Niclas Molzbichler Lukas Nocker Tamara Obermayr Luca
<b>Programm:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Vorstellung der Studierendengruppe</li> <li>➤ Ziele / Erwartungen</li> <li>➤ Zuständigkeiten / Ansprechpersonen</li> <li>➤ Zeitplan (Zwischenpräsentation, Endpräsentation)</li> <li>➤ Erstellung einer Präsentation mit Vorabrecherche zu innovativen und integrierte PV-Anwendungen</li> </ul>	
<p>Seit 2000 gegründet um Erträge, die auf Messe München erschaffen worden sind zu verwenden</p> <p>Messe 1997 Megawatt Aufdachanlage in Messe München, erste weltweit</p> <p>Fabian Flade: arbeitet beim Solarförderverein Bayern, Bereich Öffentlichkeitsarbeit und Kommunikation, Gebäudeintegrierte Solartechnik, organisiert die Wettbewerbe</p> <p>Gerd Becker: früher Professor Universität München, hat regenerative Energien unterrichten, befindet sich jetzt im Ruhestand</p> <p>Start Präsentation:</p> <p>Warum dieses Thema? Deniz nimmt als Motivation #mission2030 Zwischenfrage Becker: Gibt es in Österreich noch fossile Kraftwerke? In Tirol vorwiegend Wasserkraftwerke, teilweise Biomasse In Tirol kein fossiles Kraftwerk, in Österreich noch eines vorhanden</p> <p>Solarmodul besteht aus einzelnen Solarzellen, 10 x10 ist eine Zelle groß, Oberlicht aus Solarmodulen ergibt den Solargenerator</p> <p>Genauere Auflistung der Preise für eine neue Anlage, egal ob am Boden Anlage oder Gebäudeintegriert Literaturrecherche bezüglich Kosten</p> <p>Prozent Dünnschicht war gute Auflistung</p> <p>Wirtschaftlichkeitsbetrachtung wird wahrscheinlich in Aufgabenstellung aufgenommen.</p>	

<p>Wirtschaftlichkeit: Warum werden Gebäude Solarintegriert gemacht? 1 Grund weil Dachfläche zu klein ist. Gründe finden und in die Präsentation miteinbringen bzw. ausarbeiten.</p> <p>z.B. bei einer Glasfassade in der Innenstadt, man spart sich Fassadenelemente</p> <p>Von allen PV Anlagen sind ca. 1-2% gebäudeintegrierte PV-anlagen</p> <p>Hauptsächlich sind Geb.int. Anlagen Spezialanfertigungen und kosten daher noch einmal mehr als normale PV-Module.</p> <p>Weiterer Punkt: Brandschutz; Fassaden PV über mehrere Stockwerke stellt große Probleme für Brandschutz da.</p> <p>Schweizer Produzenten sind AUT/GER weit voraus, sie haben schon viele Fassadenintegrationen bereits gemacht.</p> <p><b>SOLARENERGIEFÖRDERVEREIN:</b></p> <p>Gibt es seit 1997, 1 MW damals Leistung für Anlage Messe München, Anlage wurde gefördert von Bund. Die Anlage wurde an Verein gespendet. 1 Mio. kWh pro Jahr, sie bekommen daher 500.000€, Teil muss an Stadtwerke München abgeben, Wartung, Instandhaltung, Sie betreuen Programm, Name vergessen,</p> <p>Danach geb.int. PV Anlagen; Wettbewerb ausgeschrieben: Projekte eingereicht zum Wettbewerb, früher nur bayernweit, mittlerweile weltweit</p> <p>Kulturpreis für solarintegrierte Solartechnik</p> <p><a href="http://www.sev-bayern.de">www.sev-bayern.de</a></p> <p>evtl. Dateneinsicht bei der Firma Trop in St.Johann</p> <p>Aufteilung in 2 Gruppen und einzelne Themen aufteilen und dann zusammenfügen</p>	
<b>Next Steps:</b>	
➤ <b>Literaturrecherche</b>	<b>Bis: 21.10.2020</b>
<p>Alle u.g. Themen werden in 2er-Teams recherchiert:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Farbgebung</li> <li>- Montageoptionen</li> <li>- Formgebung</li> <li>- Biegsamkeit</li> </ul> <p>Die Unterlagen werden auf einen gemeinsamen Ordner gespeichert und jedem zur Verfügung gestellt.</p>	
Dennis + Lukas	<b>Schweiz</b>
David + Niklas	<b>Österreich</b>
Luca + Niclas	<b>Deutschland</b>
Tamara	<b>Länder außerhalb DACH, Erstellung Präsentation + Bericht</b>
➤ <b>Besichtigungen vereinbaren?</b>	<b>tbd</b>
➤ <b>Zwischenpräsentation</b>	<b>09.12.2020</b>
➤ <b>Finale Abgabe</b>	<b>20.01.2021 – tbd!</b>

## Zwischenpräsentation

### Protokoll

#### Marktübersicht innovativer & integrierter Photovoltaikanwendungen zur Erreichung nationaler Klima- & Energiestrategieziele

<b>Zwischenpräsentation (MS Teams)</b>	<b>Schriftführer:</b> Wechselberger David
<b>Datum:</b> 10.12.2020	<b>Zeit:</b> 14:00 – 15:00 Uhr
<b>Teilnehmer:</b>	
Flade Fabian Becker Gerd Aksel Deniz Gorke Dennis Wechselberger David	Kolm Niklas Maag Niclas Molzbichler Lukas Nocker Tamara Obermayr Luca
<b>Programm:</b>	
➤ Präsentation	
<p>Einleitung durch Deniz bezügl. derzeitigem Stand und künftige Vorhaben im Projekt</p> <p>Start der Präsentation:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Agenda (Tamara) wird erläutert</li> <li>• Zwischenfrage Hr. Becker: An wen geht Umfrage? Wer wurde alles befragt? Niklas: Die Fragebögen wurden an PV-gerichtete Firmen (hauptsächlich Planer und Elektriker) ausgesendet</li> <li>• Lukas: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Überblick PV, was ist PV? Kosten? Usw.</li> <li>• Arten integrierter PV</li> <li>• Zwischenfrage Becker: Bsp. für Agrar-PV? Diese kommt später beim Ausblick in die Zukunft</li> </ul> </li> <li>• #mission2030 (Niklas): Themenschwerpunkte &amp; Ziele</li> <li>• GIPV Fassade (Dennis): Gründe für die Verwendung</li> <li>• GIPV Dach (Niclas): Gründe für die Verwendung</li> <li>• GIPV Balkon (Tamara): Verwendungsmöglichkeiten</li> <li>• GIPV Terrasse &amp; Wintergarten (Tamara): Verwendungsmöglichkeiten</li> <li>• GIPV Garage &amp; Carport (Tamara): Verwendungsmöglichkeiten</li> <li>• Verabschiedung von Hrn. Becker</li> <li>• Normen (David): Erklärung entsprechender anwendbarer Normen</li> <li>• Praxisprojekt (Luca): Möbelhaus Trop in St.Johann i. T. Besichtigung hoffentlich nächstes Jahr: Vorgehensweise, Installation etc.</li> <li>• Umfrage (Lukas): allgemeine Informationen zur Umfrage, Vorgehensweise</li> <li>• Umfrage (Niklas): genaue Informationen werden erläutert; Vorstellung von 1-2 Fragen um einen Einblick in die Umfrage zu liefern</li> <li>• Schluss &amp; Ausblick: Tamara</li> </ul> <p>Deniz startet die Q&amp;A-Session.</p> <p><u>Q&amp;A – Session:</u></p> <p>Frage Hr. Flade: Status Marktrecherche? Excel-Tabelle mit PV-Daten von Österreich, Deutschland und Schweiz</p>	

- Feedback Hr. Flade: Normen und Richtlinien: Ist es nicht sehr schwer einen GIPV Anlage zu installieren wegen den Auflagen? Warum ist es in der Schweiz leichter möglich? Was bedeuten die Normen für die Umsetzung? Genauer bearbeiten!  
Normen können Hindernisse sein, was muss man anpassen um in Österreich mehr Umsetzungen durchführen zu können. Warum in der Schweiz mehr möglich? Vorallem Fassadeintegriert.
- Warum in der Schweiz Umsetzungen sehr viel häufiger; Schweiz hat andere Anforderungen, vor allem Brandschutz. Vergleich Österreich und Schweiz
- Am Anfang: Nicht nur negative Punkte erwähnen, sondern positive Punkte hervorheben!  
Neutral beleuchten! Positiv und negativ gegenüberstellen.
- Ertex Solar speziell betrachten: Wird Solarbogen zurückgesendet?
- Bei Abbildungen immer Quelle dazuschreiben!
- Stromgestehungskosten: Fraunhofer Institut

**Frage Hr. Flade: An wen ging Umfrage? Wie wurde klassifiziert?**

4-5 Produzenten, hauptsächlich an Planer und Elektriker (Hauptgruppe), Architekten nicht

**Woher haben wir die Auflistung für die Umfrage?**

Internetseite PV-Austria gibt es Liste und daraus aussortiert

**Ist das Projekt noch aktuell was EWI 18 gemacht hat?**

Antwort Deniz: Vor 2-3 Wochen gab es Zustimmung vom Land Tirol und wird nächstes Jahr gestartet werden.

**#mission2030: Datenbasis in Österreich? Wo gefunden?**

Die Daten wurden von Niklas von der Arbeit von Hrn. Fechner übernommen

**Next Steps:**

- |  |                        |
|--|------------------------|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Übermittlung offener Themen</li> <li>➤ Finalisierung Bericht</li> <li>➤ Erstellung Abschlusspräsentation</li> </ul> | <b>Bis: 08.01.2021</b> |
|--|------------------------|

**Neu aufgenommene Themen:**

David	<b>Normen im Vergleich Österreich und Schweiz</b>
Dennis	<b>Positive und negative Aspekte GIPV erläutern</b>
Luca	<b>Ertex Solar-Projekte anführen</b>

**Noch offene Themen im Bericht:**

Dennis	<b>Kriterien aktueller Projekte</b>
Dennis	<b>Fassadenintegrierte PV</b>
Luca	<b>Konkretes Beispiel in der Umgebung</b>
Lukas und Niklas	<b>Umfrage</b>
Tamara	<b>Marktrecherche</b>
➤ <b>Finale Abgabe</b>	<b>tbd</b>

# Endpräsentation

## Protokoll

### Marktübersicht innovativer & integrierter Photovoltaikanwendungen zur Erreichung nationaler Klima- & Energiestrategieziele

<b>Endpräsentation (MS Teams)</b>	<b>Schriftführer: Kolm Niklas</b>
<b>Datum: 25.01.2020</b>	<b>Zeit: 12:45 – 14:30</b>
<b>Teilnehmer:</b>	
Flade Fabian Becker Gerd Aksel Deniz Gorke Dennis Wechselberger David	Kolm Niklas Molzichler Lukas Nocker Tamara Obermayr Luca Entschuldigt: Maag Niclas
<b>Programm</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Begrüßung</li> <li>➤ Präsentation</li> <li>➤ Q&amp;A</li> </ul>	
<b>Präsentation</b>	
<p>Begrüßung durch <b>Aksel</b>          Frage durch <b>Becker</b>: Wie lange haben wir daran gearbeitet?          Antwort <b>Aksel</b>: Ganzes Semester mit wöchentlichen Treffen          Frage: Wie viele Wochenstunden hat die Lehrveranstaltung?          Antwort <b>Aksel</b>: 2 Wochenstunden</p>	
<p>Start der Präsentation um 13:03  <b>Nocker</b>: Erklärung der heutigen Agenda          Zwischenfrage <b>Becker</b>: Hat jemand was dagegen, wenn Bilder gemacht werden?          Antwort von <b>Aksel</b> und <b>Nocker</b>: Keine Einwende          Gruppenfoto wurde gemacht</p> <p><b>Nocker</b> fährt fort mit der Erklärung des Aufbaus eines Photovoltaikmoduls          Unterschied Monokristalline und Polykristalline Zellen (Herstellung)          Erklärung der Dünnschichtmodule (Herstellung, Aufbau, Vorteile)          Darstellung der Unterschiede zwischen monokristallinen, polykristallinen und Dünnschichtmodulen</p> <p><b>Gorke</b> erklärt die Vor- und Nachteile der GIPV (Schrägdachintegriert, Module an Außenwände und Brüstungen, Glasfassaden)          Wesentliche Funktionen der GIPV (Wetterschutz, Sonnenschutz, ...).          Kriterien aktueller Projekte (Friedenskirche, Seehundstation, Denkmal Witten)  <b>Flade</b>: Seehundstation sieht nach konventioneller Aufdachanlagen. Empfiehlt dieses Beispiel im Endbericht zu ersetzen  <b>Becker</b>: Stimmt Flade zu.  <b>Aksel</b>: Es handelt sich bei der Friedenskirche um eine Anlage aus dem Jahr 2002</p> <p><b>Obermayr</b>: Ertragsunterschiede zwischen dachintegrierten Anlagen und fassadenintegrierten Anlagen.          Erträge pro Monat von einer Anlage mit 15 Grad Neigung und 90 Grad Neigung und beide mit 0 Grad Südausrichtung werden verglichen.  <b>Becker</b>: Haben sie Informationen zur Ertragsminderung durch Schnee gefunden?  <b>Obermayr</b>: Aus eigener Erfahrung wird bei Schnee kein Ertrag erzielt.</p>	

<p><b>Becker:</b> Bei senkrecht installierten Modulen ist dieses Problem nicht vorhanden</p> <p><b>Gorke:</b> Erklärung der Stromgestehungskosten und Vergleich der Stromgestehungskosten mit anderen Technologien.</p> <p><b>Nocker:</b> Erklärung der relevanten Normen &amp; Richtlinien in der Schweiz</p> <p><b>Wechselberger</b> erklärt die Förderungen in Österreich und Tirol (Grundsätzliche Informationen, Förderungen, Voraussetzungen)</p> <p><b>Nocker:</b> Förderungen in der Schweiz mit Darstellung anhand eines Beispiels</p> <p><b>Wechselberger:</b> Beschreibung der TOR-Richtlinie und des Erneuerbaren-Ausbau-Gesetz (EAG) in Österreich</p> <p><b>Obermayr:</b> Erklärung der Schwimmenden Photovoltaik, dabei nennt er Vorteile, den Aufbau von Systemen für Standgewässer Frage <b>Becker:</b> Wo werden diese Systeme häufig angewandt Antwort <b>Obermayr:</b> Besonders in Japan <b>Obermayr:</b> Nennt ein Beispiel eines Baggersees in Deutschland und beschreibt die Situation der Schwimmenden PV im Meer. Erklärt die Einsatzgebiete der schwimmenden Photovoltaik (Einsatzgebiete wurden geographisch eingeteilt)</p> <p><b>Wechselberger (Vertretung Maag):</b> Erklärung der Agrar-Photovoltaik <b>Wechselberger:</b> <i>Bedankt sich und verlässt die Sitzung</i></p> <p><b>Molzbichler und Kolm:</b> Vorstellung der Umfrageergebnisse</p> <p><b>Obermayr:</b> Vorstellung der Fa. Ertex Solar und Präsentation von diversen Projekten dieser Firma. Ertragsvergleich der West- und der Südausrichtung des Möbelhaus Trop. <b>Frage Becker:</b> Welches System wurde zur Simulation verwendet <b>Antwort Obermayr, Aksel:</b> PVS <b>Obermayr:</b> Vergleicht der fassadenintegrierten Trop Anlage (Süd 90 Grad) mit privater Aufdachanlage (Süd 15 Grad) Vergleicht die Erträge über das ganze Jahr. <b>Nocker:</b> Stellt das erstellte Excel Tool dar, welches auf der Marktrecherche basiert und schließt die Präsentation</p>
<p>Q&amp;A</p> <p><b>Becker:</b> Fragt wegen der gestellten Fragen aus der Zwischenpräsentation. Dabei geht er auf die TOR Richtlinie ein.</p> <p><b>Aksel:</b> Beantwortet die Frage mithilfe der erstellten Folie von <b>Wechselberger</b></p> <p><b>Becker:</b> Warum ist der Wirkungsgrad geringer als bei konventionellen Anlagen</p> <p><b>Obermayr:</b> Wegen der Temperatur und der fehlenden Hinterlüftung. 5% Ertragsminderung bei schlechter Hinterlüftung.</p> <p><b>Aksel:</b> Fragt <b>Flade</b> ob er noch Fragen hat.</p> <p><b>Flade:</b> Möchte die Projekte verändern, wobei die Kirche gelassen werden kann aber das aktuell gelöscht werden sollte. Seehundstation und Gedenkstätte sollen ersetzt werden Schloss Schönbrunn Giraffenhaus könnte verwendet werden OPUS Architekten Beispiel in Darmstadt eines Wohn- und Bürogebäudes</p>

<p><b>Flade:</b> Ein Punkt warum die GIPV in der Schweiz besser gefördert wird  <b>Nocker:</b> Antwort  <b>Falde:</b> Lobt die Arbeit mit der Recherche über die Schweiz  <b>Becker:</b> Empfiehlt als Ausblick diverse weitere Dünnschichtmodule zu behandeln  <b>Becker:</b> Vermarktung des Photovoltaikstroms auf der Börse (Börsenpreise) sollen gegenübergestellt werden mit den Stromgestehungskosten.  <b>Becker:</b> Jeder soll zwei Sätze sagen was ihm dieses Projekt gebracht hat.  <b>Gruppe</b> (Nocker, Obermayr, Gorke, Molzbichler, Kolm) beantwortet die Frage.  <b>Abschlussstatement von Aksel Deniz:</b> Danke für die Zusammenarbeit bei Flade und Becker.  <b>Becker:</b> Ein Wort zu den Wechselrichtern einbauen in den Bericht.  Botschafter der regenerativen Energien Photovoltaik.  Wünscht alles Gute!  <b>Aksel:</b> Wünscht dem Solarförderverein alles Gute  <b>Flade:</b> Wünscht viel Erfolg in Zukunft  <b>Aksel:</b> Wiederholt die Wünsche der Auftraggeber für den Endbericht  - Kriterien an aktuelle Projekte (Zwei Projekte austauschen)  - Diverse Dünnschichtmodule im Bericht ergänzen  - Vergleich der Börsenpreise mit Stromgestehungskosten  - Was ist ein Wechselrichter und was macht der</p>	
<b>Next Steps:</b>	
<b>Überarbeitung der Berichte:</b>	
➤ <i>Kriterien aktueller Projekte</i>	<i>Gorke</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Ersetzen mit aktuelleren Projekten</li> <li>○ Neu: Zoo Schönbrunn in Wien -&gt; Giraffenhaus mit PV-Verglasung</li> <li>○ Neu: Projekt für Denkmalschutz -&gt; Opus Architekten in Darmstadt</li> </ul>	
➤ <i>Technologien Dünnschichtmodule</i>	<i>Nocker</i>
➤ <i>Wechselrichter Grundlagen</i>	<i>Molzbichler</i>
➤ <i>Vermarktung PV-Strom Deutschland an der Börse</i>	<i>Maag</i>
<ul style="list-style-type: none"> <li>○ Börsenpreise mit Stromgestehungskosten von Photovoltaik vergleichen</li> <li>○ <a href="http://www.energy-charts.info">www.energy-charts.info</a></li> </ul>	
<b>Deadline: 05. Februar 2021</b>	