

Forschungskooperation Internationale Energieagentur

PUBLIZIERBARER ERGEBNISBERICHT

Kurztitel	IEA PVPS Task 15, EF IEA-PVPS Task 15	
Langtitel	IEA PVPS Task 15 – Bauwerkintegrierte Photovoltaik, EF IEA-PVPS Task 15 – Bauwerkintegrierte Photovoltaik	
Projektnummer	853029 / 853591	
Programmlinie	Forschungskooperation Internationale Energieagentur Ausschreibung 2015 / Energieforschung 2. Ausschreibung	
Antragsteller	Fachhochschule Technikum Wien GmbH (FHTW)	
Projektpartner	Austrian Institute of Technology GmbH (AIT) Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik (OFI) FH Oberösterreich (FHOÖ) Ertex Solartechnik GmbH (ERTEX) JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft- mbH (JR)	
Projektstart u. -dauer	Projektstart: 01.11.2015	Dauer: 40 Monate
Laufzeit der internationalen Kooperation (z.B. IA, Task,..)	Start: 01.06.2015	Ende: 30.09.2019
Berichtszeitraum	von 01.11.2015 bis 28.02.2019	

Synopsis	<p>Bauwerkintegrierte Photovoltaik (BIPV) ist eines der Zukunftsfelder in der Photovoltaik, welches Energietechnik, Bauwesen und Architektur zu einem Element zusammenführt. Das Projekt fokussierte sich auf zusätzliche nationale Forschung im Bereich der BIPV, welche im Rahmen des IEA-PVPS Task 15 auf eine internationale Ebene gehoben werden soll, um</p> <ul style="list-style-type: none">• den Übergang von Prototypen und Demonstratoren zu marktfähigen Produkten zu beschleunigen,• neue Geschäftsfelder und Geschäftsmodelle zu identifizieren,• Nachhaltigkeitsaspekte zu betrachten,• die vielseitigen Potentiale der BIPV zu demonstrieren,• gemeinsame Möglichkeiten der Dissemination zu nutzen.
-----------------	---

Projektabschluss – publizierbarer Ergebnisbericht (in deutscher Sprache)

ACHTUNG !

Der Ergebnisbericht ist als in sich geschlossener Bericht zu verfassen, welcher **sinngemäß an eine breite Öffentlichkeit gerichtet ist**. Der Ergebnisbericht wird auf der Website www.nachhaltigwirtschaften.at/iea publiziert.

Der Ergebnisbericht muss alle wesentlichen Informationen über Ziele, Inhalte, Ergebnisse, Schlussfolgerungen des Projektes und den Beitrag zur Programmlinie darstellen.

Der Umfang hat **mindestens 25 Seiten** (inklusive Deckblatt, Inhalts-, Abbildungs- und Tabellenverzeichnis) zu betragen.

Der Ergebnisbericht ist gemäß Vorlage (<http://www.ffg.at/Vorlagen-Berichtslegung-iea>) zu erstellen, **alle Kapitel sind vollständig auszufüllen**.

IEA PVPS Task 15 – Bauwerkintegrierte Photovoltaik

Synopsis

Bauwerkintegrierte Photovoltaik (BIPV) ist eines der Zukunftsfelder in der Photovoltaik, welches Energietechnik, Bauwesen und Architektur zu einem Element zusammenführt. Das Projekt fokussierte sich auf zusätzliche nationale Forschung im Bereich der BIPV, welche im Rahmen des IEA-PVPS Task 15 auf eine internationale Ebene gehoben werden soll, um

- den Übergang von Prototypen und Demonstratoren zu marktfähigen Produkten zu beschleunigen,
- neue Geschäftsfelder und Geschäftsmodelle zu identifizieren,
- Nachhaltigkeitsaspekte zu betrachten,
- die vielseitigen Potentiale der BIPV zu demonstrieren,
- gemeinsame Möglichkeiten der Dissemination zu nutzen.

Projektleiter

Peter Illich (Fachhochschule Technikum Wien GmbH)

ProjektmitarbeiterInnen

Lukas Maul, Susanne Schidler (Fachhochschule Technikum Wien GmbH)

Karl Berger, Astrid Schneider (AIT – Austrian Institute of Technology GmbH)

Gabriele Eder (OFI - Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik)

Philipp Rechberger (Fachhochschule Oberösterreich)

Dieter Moor (Ertex Solartechnik GmbH)

Dorian Frieden, Susanne Woess-Gallasch, Gerhard Peharz, Roman Trattinig (JOANNEUM RESEARCH Forschungsgesellschaft- mbH)

Wien, April 2019

Inhaltsverzeichnis

1.	Kurzfassung	5
2.	Abstract	6
3.	Einleitung.....	7
3.1.	Internationale Marktentwicklung von Bauwerkintegrierter Photovoltaik	11
3.1.1.	Entwicklung in Europa	11
3.1.2.	Entwicklung weltweit	14
3.1.3.	Übersicht nach Art der Integration	15
4.	Hintergrundinformation zum Projekttinhalt	16
5.	Ergebnisse des Projektes	19
5.1.	Subtask A – Internationale BIPV Projektdatenbank.....	19
5.2.	Subtask B – Entwicklung von BIPV-Geschäftsmodellen	22
5.3.	Subtask C – Internationale Rahmenbedingungen und Entwicklungen der BIPV Standardisierung und Normierung.....	35
5.4.	Subtask D – Bewertung der Umweltauswirkungen von BIPV	40
5.5.	Subtask E – Demonstration, Angewandte Forschung und Entwicklung für die Implementierung von BIPV	47
5.6.	Subtask F – Dissemination.....	59
6.	Vernetzung und Ergebnistransfer	62
7.	Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen.....	66
8.	Verzeichnisse	67
9.	Kontaktdaten.....	70

1. Kurzfassung

In den letzten Jahren hat sich Photovoltaik (PV) immer mehr als eine der bedeutendsten Stromerzeugungstechnologien etabliert und kann daher maßgeblich zum Erreichen des Ziels, **100% Strom aus Erneuerbaren Energien** zu erzeugen, beitragen. PV in Form von Großkraftwerken im ländlichen Umfeld von Ballungsräumen zu errichten, hat zwar Potential zu einem erneuerbaren Gesamtenergiesystem beizutragen, jedoch ermöglicht diese Einsatzart nur begrenzt die Erzeugung der Energie am Ort ihres Verbrauches und hat aufgrund von Flächennutzungs-Konkurrenzen ein sehr begrenztes Mengenpotential in dicht besiedelten Ländern. Im Vergleich zur klassischen PV auf Dächern kann die bauwerkintegrierte Photovoltaik (BIPV) aufgrund Ihrer Doppelfunktionalitäten ein wesentlich höheres Flächen- und Produktionspotential erschließen. Somit muss PV ein aktiver Teil des Gebäudes werden, um andere Elemente wie beispielsweise Sonnenschutz, Dachverkleidungen, herkömmliche Fassadenelemente usw. zu ersetzen und damit einen wichtigen Teil in einer zukunftsfähigen Stadtplanung einnehmen zu können. Besonders die schon verbaute Umwelt bietet sich demnach gut an, verbrauchernah und lokal Energie durch BIPV zu erzeugen. Der Bereich der BIPV hat somit - vor allem in Europa und Österreich im speziellen - ein enormes Potential. Um eine hohe Marktdurchdringung von BIPV erreichen zu können, müssen jedoch die wirtschaftlichen, ökologischen und technischen Rahmenbedingungen national und auch in internationaler Abstimmung geschaffen und die gestalterischen Implikationen der BIPV im urbanen und ruralen Bereich umfassend untersucht werden. Genau das ist das **Ziel des IEA PVPS Task 15**, an dem Österreich schon in den vergangenen 3 Jahren aktiv mitgearbeitet hat. Österreich, als Land mit einem vergleichsweise hohen Bruttoinlandsprodukt hat eine lange Geschichte in der Spezialisierung auf maßgeschneiderte hochtechnologische BIPV-Lösungen. Folglich verfügt Österreich über ein großes Potenzial, um eine führende Rolle im Bereich der BIPV einzunehmen. Das umso mehr, da Unternehmen in Österreich über die gesamte Wertschöpfungskette an produzierender Industrie für BIPV-Lösungen verfügen. Mit dem Österreichischen Konsortium, bestehend aus der FH Technikum Wien GmbH (FHTW), Ertex Solartechnik GmbH, Austrian Institute of Technology GmbH (AIT), Österreichisches Institut für Chemie und Technik (OFI), FH Oberösterreich (FHOÖ) und Joanneum Research Forschungs-GmbH (JR) arbeiten einige wichtige Akteure aus den Ingenieurwissenschaften, der Produktentwicklung und erneuerbaren Energien zusammen. Mit Fokus auf den folgenden **Schwerpunkten** konnte Österreich eine starke Position in dieser Technologiesparte, sowie in der nationalen Beteiligung an IEA PVPS Task 15 während der gesamten Projektlaufzeit einnehmen:

- Implementierung von maßgeschneiderten und anwendbaren BIPV-Lösungen zur integralen Planung,
- Kombination und Berücksichtigung von ökologischen und ökonomischen Aspekten,
- Erarbeitung von soliden Geschäftsmodellen und Richtlinien für regulatorische Rahmenbedingungen und Standardisierung,
- Kombination von elektrotechnischem, materialtechnischem und konstruktivem Ingenieurwissen.

Durch die hochkarätige Zusammenstellung des Konsortiums konnten die Partner insbesondere eine qualitative und fristgerechte Abwicklung des Projektes, eine sehr hohe Sichtbarkeit und internationale Vernetzung, sowie eine entsprechend sichtbare internationale Einbindung Österreichs und Dissemination an die österreichische Industrie, Stakeholder, und auch Studierende im Rahmen der Beteiligung an IEA PVPS Task 15 garantieren.

2. Abstract

In the last years, PV has become more and more established as one of the most important power generation technologies and can therefore contribute significantly to achieving the goal of generating **100% electricity from renewable energy** sources. Although building PV in the form of large-scale power stations in rural areas next to metropolitan areas does have the potential to contribute to a renewable total energy system, it does not allow the generation of energy at its place of consumption, nor does it have the same potential and double functionality as BIPV. Thus, it is evident that PV has to become an active part of the building to replace other construction elements such as sunshades, roof cladding, etc., and therefore representing an important part in the field of sustainable urban planning. Therefore, in particular the already existing, built environment is especially suitable for generating energy locally and close to the consumer through building integrated photovoltaics (BIPV). Thus, the area of BIPV has enormous potential, especially in Europe and Austria in particular.

In order to achieve a high market penetration of BIPV, however, the economic, ecological and technical framework conditions must be created nationally and also internationally. Also, the design implications of BIPV in the urban and rural areas must be thoroughly investigated. This is the **goal of IEA PVPS Task 15**, in which Austria has already worked actively over the past three years. Austria, as a country with a comparatively high gross domestic product, has a long history of specializing in tailor-made high-tech BIPV solutions. Consequently, Austria has great potential to play a leading role in the field of BIPV. Furthermore, Austria has the entire value chain of manufacturing industry for BIPV solutions. The Austrian project consortium, consisting of the University of Applied Sciences Technikum Vienna GmbH (FHTW), Ertex Solartechnik GmbH, Austrian Institute of Technology GmbH (AIT), Austrian Institute of Chemistry and Technology (OFI), FH Upper Austria (FHOÖ) and Joanneum Research Forschungs-GmbH (JR) are important players in the engineering sciences combining product development and renewable energies.

Focusing on the following **priorities** within the IEA PVPS Task 15, Austria was able to take a strong position in this technology division as well as in the national participation in IEA PVPS Task 15:

- Implementation of tailor-made and applicable BIPV solutions for integral planning,
- Combination and consideration of environmental and economic aspects,
- Development of sound business models and guidelines for the regulatory and standardization framework,
- Combination of electro-technical, material engineering and constructive engineering knowledge.

Through the top-class composition of the consortium within the Austrian participation in the IEA PVPS Task 15, the partners were able to implement the project in a qualitative and timely manner, ensure very high visibility and international networking, as well as a correspondingly visible international integration of Austria and dissemination to the Austrian industry, stakeholders and students.

3. Einleitung

Das derzeitige Energiesystem befindet sich im Wandel und Photovoltaik (PV) nimmt dabei eine wesentliche Schlüsselrolle in der Energiewende ein. Besonders im letzten Jahrzehnt hat die PV Stromerzeugung den Sprung von einer Nischentechnologie zu einem wichtigen Akteur in der weltweiten Energieversorgung durchgemacht. Global ist ein deutlicher Trend zu verstärkten Stromanwendungen erkennbar, beispielsweise durch das starke Wachstum an Elektrofahrzeugen, sowie der verstärkten Nutzung von Wärmepumpen - aber auch durch den weiteren Ausbau der Informations- und Kommunikationstechnologien. Kombiniert mit einer möglichst umfassenden systemischen Integration, bietet hierbei PV optimale Möglichkeiten der Nutzung nachhaltig erzeugter elektrischer Energie. Wurde PV in den Anfängen vermehrt auf freien Flächen bzw. aufgeständert auf Dächern angebracht, so hat der technologische Wandel ein weiteres, nicht nur technisches, sondern auch gestalterisches Anwendungsfeld dieser Technologie eröffnet: die direkte Integration der PV in die verbaute Umwelt: „Bauwerk-integrierte Photovoltaik“ (BIPV).

BIPV zielt darauf ab, die PV nicht nur als Erzeugungstechnologie im Gebäude einzusetzen, sondern auch als Teil der Bauwerk- / Gebäudestruktur zu nutzen und somit herkömmliche Bauprodukte und Bauelemente wie beispielsweise Dachdeckungen, Fassaden, Verschattungen, Fenster, Brüstungen, etc. zu ersetzen. Verbauten Flächen bekommen dadurch eine Doppelnutzung, d.h. als Bauprodukt mit bestimmten Funktionalitäten und Energiebereitstellung. Die Multifunktionalität von BIPV-Elementen (siehe Abbildung 1b), die als stromerzeugende Gebäudeteile die Funktion als Witterungsschutz (Wind, Schlagregen, Schnee), Verschattung/Sonnenschutz, Lärmschutz, Absturzsicherung aber auch als architektonisches Gestaltungselement eingesetzt werden können, ermöglicht vielfältigste Einsatzmöglichkeiten.

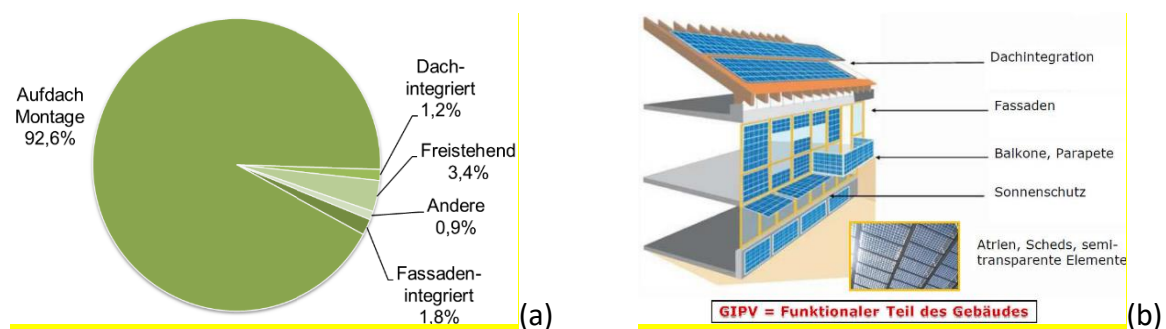


Abbildung 1: Multifunktionalität von BIPV (b)¹ und Status BIPV (a)²

Neben dieser Doppelnutzung, sowie die dadurch entstehenden, ökonomischen und ökologischen Vorteile, sorgen besonders architektonisch-ästhetisch optimierte PV-Integrationsarten und innovative BIPV-Technologien für eine hohe Akzeptanz dieser Technologie. Besonders im urbanen Raum bieten sich durch BIPV-Integration in Gebäude und städtische Infrastruktur somit eine Vielzahl an innovativen

¹ Unterschiedliche Integration der PV in die Gebäudehülle, nach: http://sissolarventures.com/images/S_energy_BIPV.gif

² Aus: Biermayr et.al. Innovative Energietechnologien in Österreich. Marktentwicklung 2017. Nachhaltigwirtschaften.at

Möglichkeiten der Nutzung von dezentral erzeugter Energie direkt am Ort des Verbrauches. Insbesondere nationale sowie auch internationale Anpassungen und Novellierungen von gesetzlichen Rahmenbedingungen hinsichtlich der gemeinschaftlichen Nutzung von dezentral erzeugtem Strom³ über mehrere Parteien einer Liegenschaft hinaus (z.B. innerhalb eines Mehrparteien- Wohn- oder Bürogebäudes) machen den Einsatz von BIPV im städtischen Raum zu einer attraktiven Erzeugungstechnologie mit innovativen Vermarktungsmöglichkeiten.

Betrachtet man das Potential, welches für BIPV Installationen besteht, so zeigt sich (siehe Abbildung 2), dass Europa in den nächsten Jahren (Prognose für 2020) über die größten Kapazitäten verfügt. So wird BIPV oft als „Enabler-Technologie“ zum Erreichen neuer Gebäudestandards wie zum Beispiel „Nearly Zero Energy Buildings“⁴ oder zur Deckung des steigenden städtischen Energiebedarfs genannt.

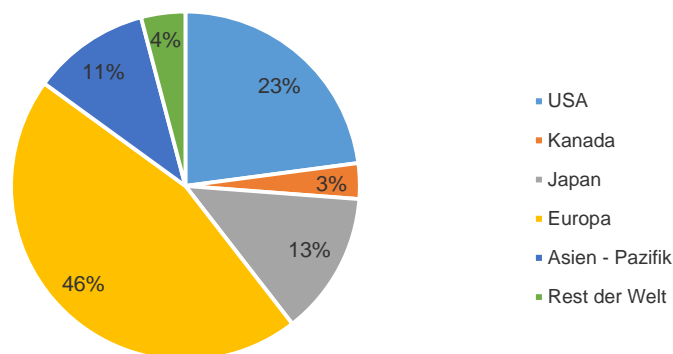


Abbildung 2: Prozentuelle Darstellungen der BIPV - Installationskapazitäten im Jahr 2020⁵

Die Integration von PV in Gebäude weist somit sehr großes technisches Potential auf und kann maßgeblich zum Erreichen von 100% erneuerbar erzeugten Strom in Österreich beitragen. Aufgrund der großen Flächenpotentiale an Gebäuden bietet es sich an, BIPV eine bedeutendere Rolle in der Stromerzeugung bis 2030 zukommen zu lassen. Basis hierzu sind Studien zu einer 100% erneuerbaren Energiezukunft für Österreich im Jahr 2030 bzw. bis 2050 und die darin dargestellten Energiemengen, welche durch PV bereitgestellt werden müssten. Für 100% Energie aus Erneuerbaren in Österreich müsste demnach der Anteil der PV von gegenwärtig etwa 1 TWh auf mindestens 29,9 TWh Jahresproduktion steigen⁶ – d.h. 12,4% des gesamten Österreichischen Primärenergiebedarfes, bzw. rund 27% des Stromaufkommens. Dem Potenzial an geeigneten Dach- und Fassadenflächen in Österreich von etwa 230 km² stehen dabei 170 km² Flächenbedarf gegenüber⁷. BIPV würde sich somit zu einem wesentlichen Bestandteil unserer verbauten Umwelt entwickeln. Um diese Ziele erreichen zu können, ist es notwendig, gebäude- und konstruktionsintegrierte PV gezielt weiterzuentwickeln.

³ Erläuterungen zur „kleinen Ökostromnovelle“

https://www.ris.bka.gv.at/Dokumente/RegV/REGV_COO_2026_100_2_1346954/COO_2026_100_2_1347360.pdf

⁴ Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden. Neufassung 2010. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:DE:PDF>

⁵ Global Industry Analysts 2015: Building Integrated Photovoltaics (BIPV) – A global strategic business report 04/15, San Jose, USA, Page 94

⁶ Fechner et al., Technologie-Roadmap für Photovoltaik in Österreich, 2016. URL:

https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/edz_pdf/1615_technologie_roadmap_photovoltaik.pdf

⁷ Anmerkung: Lt. Abschätzungen basierend auf Daten aus 2018 hätte alleine der jährliche Zubau an Gebäuden das Potential, jährlich etwa 1GWp Photovoltaik zu installieren.

Forschungsbedarf für BIPV

Betrachtet man jedoch weltweit die aktuell installierten BIPV Systeme, so ist ersichtlich, dass sich diese Technologie am Markt noch nicht durchgesetzt hat. Existierende Barrieren könnten beispielsweise durch folgende Aktivitäten überwunden werden:

- Verbesserung der Verankerung von BIPV in nationale sowie internationale Normen und Gesetze / Richtlinien
- Bessere Einbindung von BIPV in die integrale Planung von Bauwerken/Gebäuden z.B. durch die Entwicklung und Optimierung von BIM-tauglichen Modellen für BIPV
- Optimierung und Weiterentwicklung sowie Validierung von Geschäftsmodellen zur besseren Vermarktung von Stromerzeugungspotentialen an Gebäuden
- Kostensenkungen durch neue Produktionsverfahren, Marktausweitung und Standardisierung von BIPV Produkten
- Verständnis der Zusammenhänge von Umweltauswirkungen von BIPV sowie die Weiterentwicklung von bestehenden Umweltbewertungsmethoden von BIPV
- Aufzeigen der Produktvielfalt von BIPV hinsichtlich Technologien und Gestaltungsmöglichkeiten sowie deren Integrationsmöglichkeiten in Bauwerke
- Verständnis der Zusammenhänge zwischen Ästhetik und Ertrag (v.a. auch in unterschiedlichen baulichen und geographischen Einbausituationen) Umfassende Informations- und Disseminationsaktivitäten um entsprechende Defizite von Stakeholdern zu reduzieren

Highlights der Österreichischen Beteiligung an IEA PVPS Task 15

Daraus leiten sich die wesentlichen Aktivitäten des IEA PVPS Task 15 ab. Das österreichische Konsortium konnte sich dabei in allen Punkten einbringen und übernahm für einzelne Aktivitäten auch eine leitende Rolle im internationalen Projekt-Konsortium. Beispielsweise entstand durch die starke Vernetzung mit internationalen Normungsgremien, u.a. auch durch österreichische Beteiligung, eine starke Kooperation bei der Entwicklung von BIPV-Normen mit Aktivitäten der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC). Das Konsortium rund um den Task 15 wurde hierbei als wichtige Instanz im Bereich der BIPV erkannt. Aus diesen Bemühungen heraus gab es seitens des IEC Normengremiums (IEC/TC 82 Photovoltaik, Projektteam PT 63092, BIPV) den Aufruf an alle IEA PVPS Task 15 ExpertInnen und TeilnehmerInnen, sich an der weiteren Diskussion und inhaltlichen Hilfeleistung zur Erstellung einer verbesserten IEC-Norm zu beteiligen und aktiv einzubringen. Auch in anderen Schwerpunkten, konnte die internationale Zusammenarbeit gestärkt werden, wie beispielsweise die enge Zusammenarbeit und Vernetzung mit ExpertInnen des IEA PVPS Task 12 in Bezug auf Fragestellungen zur Umweltbewertung von BIPV-Systemen. Eine leitende Rolle des österreichischen Konsortiums ergab sich in einem internationalen Schwerpunktthema, in welcher ein großangelegter BIPV-Ringversuch mit mehreren internationalen ProjektpartnerInnen durchgeführt wird. Generell wurden die Beiträge des österreichischen Konsortiums bei den Berichten an das Executive Committee (ExCo) des PVPS Programmes vom Task 15 Operating Agent (OA) Michiel Ritzen mehrmals als vorbildlich bezeichnet. Durch die ausgewogene Zusammensetzung des nationalen

Konsortiums und einer Vielzahl an relevanten Vorprojekten im Bereich BIPV wurde ein erfolgreiches Einbringen österreichischer Expertise und Erkenntnisse aus nationalen und EU- F&E-Projekten in die IEA Forschungsk Kooperationen ermöglicht sowie ein verstärktes Initiieren und Umsetzen von innovativen Task/Annex Projekten unter österreichischer Leitung zu bmvit Schwerpunkten ermöglicht. Durch die Unterstützung und den bestehenden Austausch im Rahmen diverser Veranstaltungen und Vertiefungsworkshops zum einen durch die Österreichische Technologieplattform für PV (TPPV) und zum anderen durch den Bundesverband PV Austria gab es eine breite Dissemination der Projektergebnisse im Rahmen von fachspezifischen Veranstaltungen (z.B. jährliche PV-Tagung der TPPV, jährlicher PV Kongress), welche ebenfalls mit dem bmvit koordiniert wurde.

Vorprojekte und Begleitforschung der nationalen Task-Beteiligung

Das Österreichische Konsortium ist in ein breites Spektrum an Forschungsprojekten hinsichtlich der Photovoltaik sowohl auf nationaler sowie internationaler Ebene integriert. Das darin generierte Wissen reicht von theoretischer Forschung über Materialforschung bis hin zu praktischen Anwendungen und der systemischen Integration der Photovoltaik. Klarer Mehrwert an der Beteiligung im IEA PVPS Task 15 ist die Möglichkeit zur Dissemination von Projektergebnissen, der Austausch von internationalem Wissen sowie der Anreiz- und Wissensgewinn um neue Projekte zu initiieren. Im Folgenden sind einige relevante Vorprojekte sowie Begleitforschungsprojekte zur österreichischen Beteiligung an Task 15 aufgelistet:

- **Shape-PV** (AIT, FH TW, FFG Projekt Nr.: 848884, 2015 - 2016)
- **DEM4BiPV** (FH TW, Erasmus+, 2015-2018)
- **CiQuSo** (AIT, FFG Projekt Nr.: 845168, 2015- 2017)
- **COOLSKIN**, (AIT, FFG Nr.: 848871, 2015- 2017)
- **PV Dachgarten** (ERTEX, 6. COIN Ausschreibung Kooperation und Netzwerke, 2013-2015)
- **PV@Fassade** (OFI, JR, ERTEX, AIT, FFG Nr.: 843803, 2013-2017)
- **Infinity** (AIT, OFI, FH TW; FFG Projekt Nr.: 850414, 2015-2018)
- **PV@Graz** (JR, Zukunftsfonds des Land Steiermark; Projektnummer: 7003, 2013-2016)
- **PV4residents** (JR, FFG-Nr. 85012, 2015-2017)
- **CoolPV** (FH OÖ, FFG-Projektnr.: 843855, 2014-2016)
- **EStore-M** (FH OÖ, FFG-Projektnr.: 848909, 2015-2017)
- **PV-go-Smart** (FH OÖ, FFG-Projektnr.: 862009, 2017-2019)
- **IEA SHC Task 60** (FH OÖ, FFG-Projekt 864151, 2017-2021)
- **IEA PVPS Task 13**, (AIT, OFI, PCCL, 2013-2015)
- **IEA PVPS Task 12** (FH TW, IEA Ausschreibung 2013, Projekt: 843142, 2013-2015)
- **COMPILE** (JR, HORIZON 2020, Projekt-Nr. 824424, 2019-2022)
- **SunUsePlus** (AIT, JR, FH OÖ., 5. Ausschreibung Stadt der Zukunft, FFG Nr. 868852, 2018-2021 - Warteliste)
- **BE-smart** (Schweizerische EPFL/CSEM Konsortialführer, AIT als österr. Projektpartner, EU Topic H2020-LC-RES-6-2018, GA 818009, 2018-2023)

- **COVER POWER** (JR, OFI, ERTEX; Solar Eranet, 2018-2021)
- **Zukunftsquartier** (FH TW, FFG-Projektnr.: 848884, 2018-2019)

3.1. Internationale Marktentwicklung von Bauwerkintegrierter Photovoltaik

3.1.1. Entwicklung in Europa

2010 hat der Europäische Rat (EU) gefordert, die Energieeffizienz bis 2020 um 20% zu steigern⁸. Der Rat verwies auf den "plan of action for energy efficiency: exploit the potential" und forderte eine rasche und umfassende Umsetzung. Darüber hinaus sollten die Mitgliedstaaten der Europäischen Union ArchitektInnen und ProjektplanerInnen die Möglichkeit geben, die Nutzung erneuerbarer Energiequellen im Gebäudesektor in Erwägung zu ziehen. Mit dem Status 2017⁹ ist PV-Strom für ca. 10% der gesamten erneuerbaren Energieerzeugung in den 28 Mitgliedstaaten der Europäischen Union (EU28) verantwortlich.

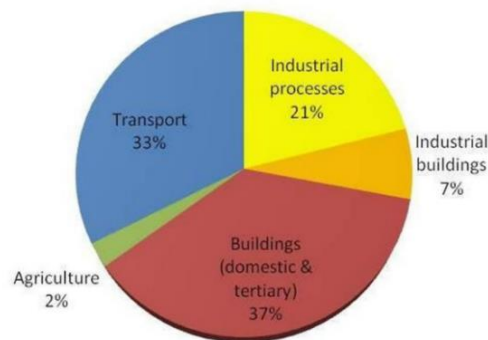


Abbildung 3: Share of total EU energy consumption¹⁰

Der Gebäudesektor ist für mehr als 40% des Endenergieverbrauchs in Europa verantwortlich. Dieser Anteil am Energieverbrauch macht einen jährlichen Energieverbrauch von rund 20 EJ aus und macht damit 36% der CO₂-Emissionen in Europa aus¹¹, siehe Abbildung 3. Um Gegenmaßnahmen zu setzen und die notwendigen Energieeinsparungen und Effizienzsteigerungen sowie eine Verringerung der CO₂-Emissionen gemäß den vom Europäischen Rat festgelegten Zielen zu erreichen, ist es wichtig, nachhaltige Gebäude zu schaffen und die energetische Renovierung des Gebäudebestands zu betonen. Dazu müssen Gebäude so konzipiert und gebaut werden, dass sie während ihrer gesamten Lebensdauer nicht mehr Energie benötigen, als sie produzieren können. Daher müssen Gebäude vom Energieverbraucher zu Energieerzeugern umgewandelt werden. Um das Ziel einer wirklich nachhaltigen Gebäudeplanung zu erreichen, kann die bauwerkintegrierte Photovoltaik (BIPV) einen entscheidenden Beitrag leisten. In zukünftigen Haushalten kann Strom somit die einzige Energiequelle sein¹², siehe Abbildung 4.

⁸ Europäisches Parlament und Europäischer Rat 2010

⁹ Europäische Kommission, Fortschrittsbericht zu erneuerbaren Energien 2017

¹⁰ Energy World Magazine 02.2017

¹¹ Global Industry Analysts, Inc., 2015

¹² Architekturbüro Hagemann, 2007

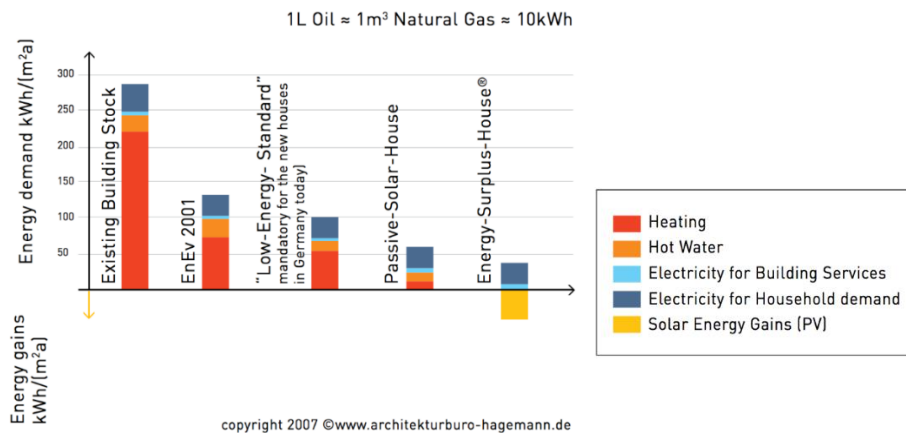


Abbildung 4: Energy demand in households¹³

Der BIPV-Markt in Europa wurde für das Jahr 2015 auf 967 MW installierte Kapazität geschätzt und soll bis 2020 4,8 GW erreichen, wobei die jährliche Wachstumsrate im Analysezeitraum 2014 bis 2020 bei etwa 40% liegt. Aufgrund der unzureichenden Landfläche für PV-Großanlagen und der Aussichten für die Windenergie ist BIPV eine vielversprechende Alternative bei der Energieerzeugung in Europa¹⁴. Attraktive Anreize und Subventionen in Frankreich, Italien und Deutschland waren der Hauptgrund dafür, dass das Wachstum des BIPV-Marktes vor allem in diesen Ländern in Europa am höchsten war. Allein diese drei Länder machten 2014 in Europa 87% des Marktes aus. Allerdings hatten Änderungen der Anreize und / oder Randbedingungen durch die nationalen Regierungen (siehe Abbildung 12) einen starken Einfluss auf den BIPV-Markt in diesen Ländern, da die Anreize nicht nachhaltig sind.¹⁵

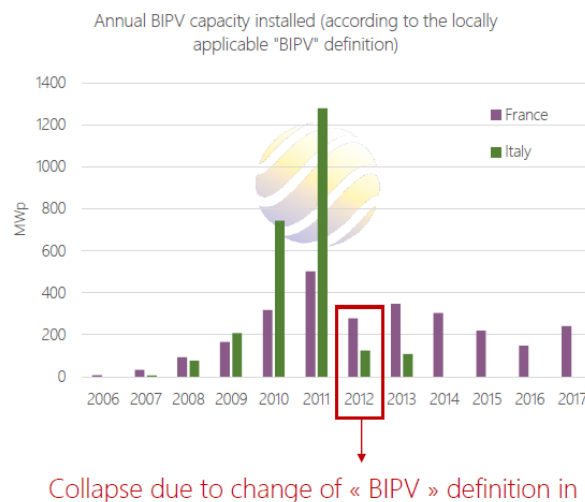


Abbildung 5: Development of annual BIPV capacity installed in France and Italy¹⁶

Der BIPV-Markt in Europa befindet sich jedoch im Umbruch. Die vergangenen Jahrzehnte eines sich langsam entwickelnden BIPV-Marktes waren durch den ursprünglich dominierenden Wert von BIPV

¹³ Architekturbüro Hagemann, 2007

¹⁴ Global Industry Analysts, Inc. 2015

¹⁵ Philippe Macé, Bequerel Institute 2018

¹⁶ Philippe Macé, Bequerel Institute 2018

gekennzeichnet: ein Gebäude, das ein Bild von Nachhaltigkeit und Innovation vermittelt. Da BIPV oftmals teurer ist als der unkomplizierte Einsatz einer PV-Anlage auf einem Dach (BAPV), stellt sich immer die Frage: Welchen Wert rechtfertigen diese zusätzlichen Kosten? In den letzten Jahren lautete dieser Wert in den meisten Fällen: Ästhetik und grüne Identität. Aus dieser Perspektive vermittelt das Gebäude eine Botschaft, die Nachhaltigkeit, Verantwortung und sogar Idealismus sein kann. Die Amortisationszeit oder der „Return on Investment“ (RoI) waren nicht die wichtigsten Parameter im Entscheidungsprozess für die Anwendung von BIPV. Das ändert sich jetzt. In den meisten europäischen Ländern wurden die neuen Vorschriften zur Energieeffizienz von Gebäuden, die sich aus der europäischen Richtlinie über die Energieeffizienz von Gebäuden (EPBD) 2010/31 / EU und der Richtlinie 2012/27 / EU zur Energieeffizienz ableiten, in nationale Vorschriften / Gesetze umgesetzt. In der vorliegenden Richtlinie heißt es, dass alle neuen (und zu renovierenden) Gebäude der EU-Mitgliedstaaten bis 2020 Niedrigstenergiegebäude (nearly zero-energy buildings, NZEBs) sein sollten. Eine mögliche Lösung für die Realisierung von NZEB ist eindeutig die Erzeugung von erneuerbarem Strom vor Ort durch Mittel von (BI)PV¹⁷. Die EPBD wurde kürzlich in der Richtlinie 2018/844 / EU¹⁸ erneuert, um den Prozess zu beschleunigen: „Die neue Richtlinie hat enormes Potenzial für Effizienzsteigerungen im EU-Gebäudesektor, dem größten einzelnen Energieverbraucher in Europa. „Dazu gehören Maßnahmen, die die Renovierung von Gebäuden zu energieeffizienteren Systemen beschleunigen und die Energieeffizienz neuer Gebäude verbessern werden.“¹⁹ Die Zeit, in der die erwähnten Regulierungen verbindlich werden, steht kurz bevor. Es wird erwartet, dass die Energy Performance Regulierungen nun den Hauptantriebsfaktor für den BIPV-Markt übernehmen und dies sollte signifikante Folgen haben. Anstatt dass BIPV seinen Wert darin findet, nur sichtbar zu sein und ein Bild zu unterstützen, wird der Hauptmehrwert von BIPV-Produkten jetzt die Unsichtbarkeit aus gestalterischer und konstruktiver Sichtweise. Mit anderen Worten: Es ist mehr und mehr gewünscht nicht mehr den Unterschied zwischen einem Bauteil und einem BIPV-Bauteil in ästhetischer und konstruktiver Hinsicht sehen zu können. Ein weiterer marktbestimmender Faktor in der neuen Ära ist die Tatsache, dass mehrgeschossige Gebäude (z. B. Hochhäuser oder Wohnblöcke) einfach nicht genügend Dachfläche haben, um die Anforderungen an die Energieeffizienz zu erfüllen, indem herkömmliche PV-Module verwendet werden. Dies führt den Gebäudedesigner natürlich dazu, die Fassade für die Anwendung von BIPV zu verwenden, womit die Photovoltaik zentraler Bestandteil des architektonischen Konzepts wird. Diese Änderung der Markttreiber hat zu einer intensivierten Forschung und Entwicklung geführt, die darauf abzielt, BIPV-Produkte in verschiedenen Farben und Größen herzustellen. Gleichzeitig sollte die Herstellung des BIPV idealerweise so nahe wie möglich an vorhandenen Bauteilen liegen²⁰. Darüber hinaus sollten die Aktivitäten in Richtung Standardisierung von BIPV Produkten zur Kostensenkung vorangetrieben werden.

¹⁷ Osseweijer et al., A comparative review of building integrated photovoltaics ecosystems in selected European countries; doi.org/10.1016/j.rser.2018.03.001

¹⁸ Amending Directive 2010/31/EU on the energy performance of buildings, sowie Directive 2012/27/EU on energy efficiency

¹⁹ Nachrichten von EC Europa 19.6.2018

²⁰ Frontini et.al, Status Report 2017

3.1.2. Entwicklung weltweit

Die Notwendigkeit, die Energieeffizienz im Gebäudebereich zu steigern und die CO₂-Emissionen zu senken, sind die Haupttreiber für die integrierte Photovoltaik. Aktuelle Marktstudien²¹ zeigen die Geschichte und Perspektive des Weltmarktes im BIPV-Sektor. Die globale jährliche Wachstumsrate (CAGR) lag von 2009 bis 2013 bei 43%. Die Prognosen der Global Industry Analysts (GIA) für 2016 bis 2020 gehen von einer CAGR von ~40% bis 2020 aus²². Eine Perspektive für die kommenden Jahre ist in der folgenden Abbildung gezeigt; Auch n-tech kam zu einer vergleichbaren Prognose, dass der Markt in den nächsten zehn Jahren um 40% pro Jahr wachsen wird²³. Im Ausblick erklärte Ballif darin:

„Angesichts der ständigen technologischen Entwicklungen und des zunehmenden Angebots an BIPV-Produkten müssen die Projektprozesse bei BIPV integrierten Konstruktionsansätzen für Neubauten und Gebäudesanierungen folgen. Das heißt, der Ansatz muss die neuen technologischen Möglichkeiten, den sich positiv entwickelnden rechtlichen Rahmen, die frühzeitige Information und Koordination aller Interessengruppen sowie Strategien zur Steigerung des Volumens und zur Steigerung der Beliebtheit von Produkten berücksichtigen. Tatsächlich haben kürzlich durchgeführte Untersuchungen der BIPV eine beträchtliche Anzahl neuer Ressourcen in Bezug auf die architektonische Integration eingeräumt, einschließlich erstaunlicher Möglichkeiten, mit Farbe oder Größe zu spielen, wodurch BIPV in die Lage versetzt werden sollte, über seinen derzeitigen Status technischer Einschränkungen für Architekten hinauszuwachsen und zu einem neuen Bauprodukt zu werden, welches bereits in den frühen Phasen eines Projektprozesses berücksichtigt werden kann“, zu den BIPV-Marktaussichten siehe auch Abbildung 6.

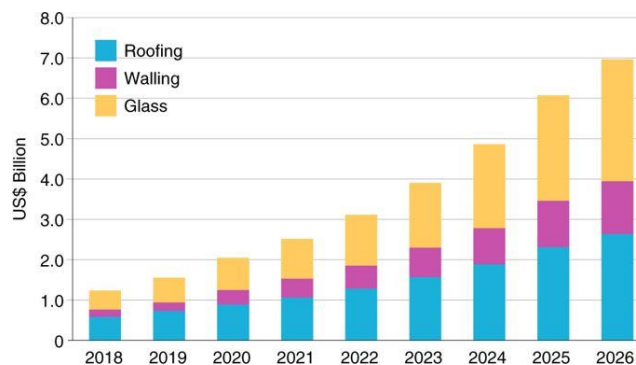


Abbildung 6: Global BIPV market perspective (2018 – 2026); Aus: Integrated thinking for photovoltaics in buildings, Ballif et al., Nature Energy, 3, 438–442 (2018)

Es wird erwartet, dass die USA, der asiatisch-pazifische Raum und Europa die führenden Regionen für einen wachsenden BIPV-Markt sind. Der prozentuale Anteil des weltweiten BIPV-Marktes wird in Europa auf 44%, im asiatisch-pazifischen Raum auf 28% und in den USA auf 16% geschätzt²⁴, vergleiche auch Abbildung 2.

²¹ “BIPV-Market analysis, trends and Forecasts”, 2015 und 2018, der Global Industry Analysts Inc. und “BIPV Technologies and Markets 2017-2024”, 2017, von n-tech

²² Global Industry Analysts, Inc., 2015

²³ Ballif et al., Nature Energy, 3, 438–442 (2018), basierend auf den Daten in „BIPV Technologies and Markets 2017“ -2024”, 2017, von n-tech

²⁴ Global Industry Analysts, Inc., 2015

3.1.3. Übersicht nach Art der Integration

Bei Neubauten, die nahezu Null-Energie-Gebäudestandards erfüllen müssen, ist die Nutzung der Umgebung zur Gewinnung von Energie von größter Bedeutung, während Solarenergie eine der naheliegendsten Quellen ist. Die bauwerkintegrierte Photovoltaik stellt ein Instrument dar, um multifunktionale Elemente hinsichtlich ästhetischer, wirtschaftlicher und technischer Lösungen effizient in eine Gebäudehülle zu integrieren. BIPV-Einheiten können Teile herkömmlicher Baustoffe und Bauteile wie Dächer und Fassaden ersetzen. Im Allgemeinen kann der BIPV-Markt in drei Hauptkategorien unterteilt werden:

- Fassade: Wände und Fenster
- Überdachung: Dachintegrierte PV
- Andere: Beschattung, Verglasung, Balkonbalustraden, usw.

Die architektonische Umsetzung in Fassaden und Fenstern wird für die Zukunft der bauwerkintegrierten Photovoltaik eine wichtige Rolle spielen. Dies bedeutet, dass in diesem Bereich insbesondere für neue, aufstrebende Technologien Technologieverbesserungen und -forschung erforderlich sind. Basierend auf den möglichen Anwendungen können BIPV-Produkte für Dächer in Produkte für Schrägdächer sowie Flach- und Runddächer eingeteilt werden²⁵. Bei Schrägdächern werden meistens montierte Systeme (bei Dachmontage), Voldachlösungen, Solarziegel oder Schindeln eingesetzt. Leichte, selbsttragende Systeme und Fertigteilsysteme sind häufig die Lösung für flache oder gebogene Dächer. In der Fassade der Gebäudehülle ersetzt BIPV häufig undurchsichtige Fassadenelemente (z. B. Kaltfassaden oder Vorhangfassaden) oder transparente Sonnenverglasung oder Fenster (Warmfassaden oder Elementfassaden). Darüber hinaus werden BIPV-Elemente in Dachhauben, Oberlichtern, Beschattungsstrukturen und Sonnenschirmen eingesetzt, siehe Abbildung 7.

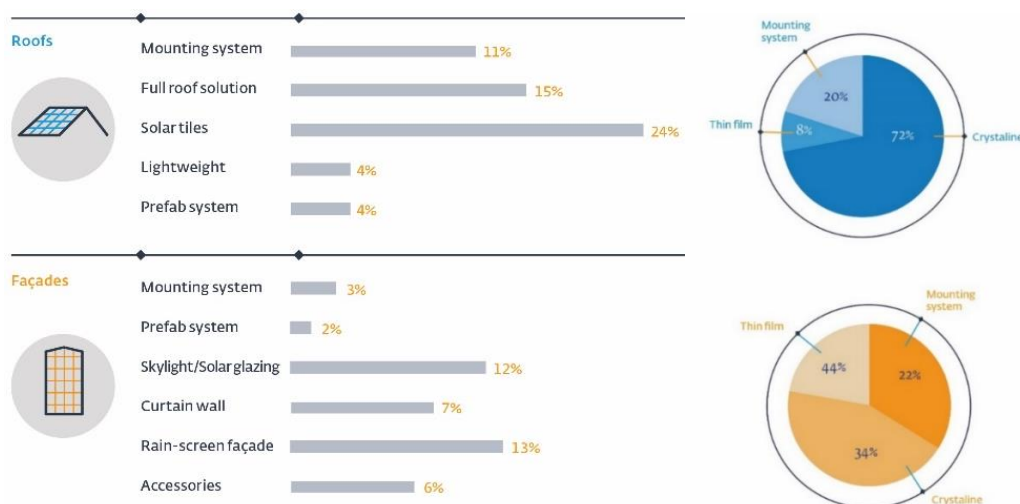


Abbildung 7: (Links) Ergebnisse der Marktuntersuchung in Bezug auf das Auftreten von Produktgruppen; Vertrieb von BIPV-Produkten nach verschiedenen Kategorien. (Rechts) Kreisdiagramme der im Dach verwendeten Technologie (oben) und Fassade (unten) BIPV-Anwendungsbereiche (aus: P. Bonomo et al., 2017) Die Zahlen passen nicht zur Größe der Segmente im unteren Kreisdiagramm.

²⁵ BIPV: Product overview for solar building skins, status report 2017, SUPSI and SEAC

Die gebräuchlichste Produktgruppe sind Solarziegel (in jeder Größe), unmittelbar gefolgt von der vollständigen Dachlösung. Im Jahr 2015 war dieser Trend bereits sichtbar, obwohl Voldachsysteme etwas häufiger waren als Solarziegel. Produkte für Regenschutzfassaden, bei denen das Photovoltaik-Modul als Gebäudehülle verwendet wird, und Dachfenster / Sonnenverglasung folgen mit deutlich geringerem Anteil. Produkte für Dächer sind im Vergleich zu Fassaden viel zahlreicher, was darauf hindeutet, dass der Dachmarkt derzeit größer ist als der Fassadenmarkt. Es ist anzumerken, dass Produkte, die als Solarverglasung für Dächer bezeichnet werden, im Allgemeinen auch mit einer Fassadenvariante vermarktet werden. 8% der BIPV-Produkte für Dächer und 44% der BIPV-Produkte für Fassaden verwendeten Dünnschichttechnologie.

Zusammenfassend lassen sich die Erwägungen einer Preiserhebung von SUPSI und SEAC zusammenfassen. Es zeigt sich, dass es weder in der Bauindustrie noch in der BIPV standardisierte Quadratmeterpreise gibt und dass die Anbieter im Allgemeinen nicht bereit sind, Preisinformationen mit Ausnahme von sehr spezifischen Preisnotierungen zu teilen. Trotzdem, dank der Teilnahme von rd. 35 Unternehmen an den Erhebungen des SUPSI und SEAC, konnte man zu dem Schluss kommen, dass BIPV preisgünstig ist und dass die Mehrkosten im Vergleich zu einer breiten Palette herkömmlicher Baustoffe, insbesondere im High-End-Spektrum, deutlich begrenzt sind. Insgesamt ist der BIPV-Sektor in einem guten Zustand. Viele gestalterisch vielfältige Produkte sind am Markt verfügbar, zuverlässig und zu einem wettbewerbsfähigen Preis (auch im Vergleich zu herkömmlichen nicht-stromgenerierenden Bauprodukten) erhältlich. Es gibt zunehmend gute Beispiele für ästhetisch ansprechende und erschwingliche BIPV-Gebäude, die immer mehr in den normalen Gebäudebestand gelangen. Normative Ansätze zur Produktqualifizierung sind ebenfalls in Entwicklung und Implementierung. Es ist somit an der Zeit, dass die Nachfrageseite aufholt und den Anbietern von BIPV-Produkten erlaubt, ihren Markt zu vergrößern und Skaleneffekte zu erzielen.

4. Hintergrundinformation zum Projektinhalt

IEA Photovoltaic Power Systems (PVPS) Programme

Ziel des IEA PVPS Programmes (existierend seit 1993) ist die Beschleunigung der Entwicklung und Anwendung der PV als maßgebliche und nachhaltige erneuerbare Energiequelle. IEA-PVPS agiert weltweit durch ein Netzwerk nationaler Teams in den Mitgliedsstaaten der IEA. Gesamt arbeiten in den derzeit aktiven Tasks etwa 250 ExpertInnen aus 25 Ländern sowie 4 Sponsoren mit. Durch diese internationale Zusammenarbeit stimuliert das IEA-PVPS Programm Aktivitäten, die

- Kosten von PV Anwendungen senken,
- Wert und Rolle der PV für Entscheidungsträger deutlicher sichtbar machen,
- Hindernisse der breiteren Anwendung abbauen und
- Kooperationen zwischen den OECD Ländern und anderen Ländern in technischen und nichttechnischen PV Themen stärken.

Österreich ist seit Beginn im IEA-PVPS Programm engagiert und hat sich bereits in einer Vielzahl an Tasks beteiligt, wie die folgende Listung an derzeitigen Aktivitäten zeigt:

- **ExCo:** Die Mitarbeit im IEA-PVPS wird seit 2001 von Hubert Fechner (Obmann Technologieplattform Photovoltaik Austria TPPV) koordiniert, er ist seit 2011 überdies auch stellvertretender Leiter des IEA PVPS Programmes
- **Task 1:** Exchange and dissemination of information on photovoltaic power systems (H. Fechner, FH TW)
- **Task 11:** PV hybrid systems within mini-grids (Ch. Mayr, AIT) 2012 abgeschlossen
- **Task 12:** PV Environmental Health and Safety (S. Schidler, FH-TW)
- **Task 13:** Performance, Operation and Reliability of Photovoltaic Systems (K. Berger, AIT; G. Oreski, PCCL; G. Eder, OFI)
- **Task 14:** High Penetration of PV Systems in Electricity Grids (R. Bründlinger, Ch. Mayr, AIT).
- **Task 16:** Solar resource for high penetration and large scale applications (P. Rechberger, R. Höller, FH OÖ; W. Traunmüller, Blue Sky Wetteranalysen)

Um Barrieren der Marktintegration von Bauwerkintegrierter PV zu überwinden, BIPV global weiter zu etablieren sowie eine internationale Abstimmung im Bereich der BIPV zu ermöglichen, wurde 2015 im Rahmen des IEA PVPS Programmes auch ein eigener Task zum Thema BIPV gestartet.

IEA PVPS Task 15 – Bauwerkintegrierte Photovoltaik (BIPV)

Der vorliegende Bericht betrifft Task 15 – „Acceleration of building-integrated Photovoltaics“. Das internationale Projekt dazu wurde im Juni 2015 gestartet und wird im 3. Quartal 2019 enden²⁶.

Die bisherige nationale Beteiligung an Task 15 wurde im Rahmen der folgenden Projekte gefördert:

- Energieforschungsprogramm 2015 des Klima- und Energiefonds „Themenfeld 7 F&E-Dienstleistungen, 7.1 BIPV: Geschäftsmodelle, Umweltauswirkungen, Anlagenmonitoring“ – Pr.Nr.: 853591; Laufzeit: 01/2016 bis 12/2018
- Ausschreibung IEA Forschungskoooperation 2015 „Themenfeld 5.4.4 Task 15: BIPV“ – Pr.Nr.: 853029; Laufzeit: 11/2015 bis 02/2019

Grundlegendes Ziel des IEA PVPS Task 15 ist es, die internationale Zusammenarbeit im Bereich der BIPV zu stärken und dadurch die Anwendung der PV als aktives Bauelement, welches neben der Energieproduktion auch als Bauwerksteil und Architekturelement agiert, zu beschleunigen. Inhaltlich organisierte sich Task 15 hierbei in 5 Subtask mit folgenden Inhalten:

- **Subtask A:** BIPV Project database
- **Subtask B:** Transition towards sound BIPV business models
- **Subtask C:** International framework of BIPV specifications
- **Subtask D:** Environmental impacts of BIPV
- **Subtask E:** Demonstration

²⁶ Eine Verlängerung des internationalen IEA PVPS Task 15 um weitere 4 Jahre ist in Vorbereitung: „Task 15.2“.

Des Weiteren beinhaltet die österreichische Projektbeteiligung eine weitere Subtask (F) zur Dissemination. Die nachfolgende Darstellung der Ergebnisse erfolgt anhand der inhaltlichen Organisation in die Subtasks A bis F.

Mit der Zusammenarbeit des österreichischen Konsortiums in allen dieser Subtasks des IEA PVPS Task 15 ergibt sich eine starke und intensive nationale Aktivität im Feld der BIPV. Des Weiteren ist Österreich ein Land, welches sich immer mehr auf hochtechnologische und spezifische PV-Lösungen fokussiert. Mit einer weiterhin starken Beteiligung an diesem Task kann auch im Bereich der BIPV eine international führende Rolle in der Forschung, Entwicklung und Umsetzung dieser Technologie geschaffen werden. Des Weiteren muss betont werden, dass durch die Zusammenfassung wichtiger nationaler BIPV-Akteure in dieser Bietergemeinschaft eine starke Basis für internationalen Kooperation im Rahmen des Task 15 entstehen kann.

Am Task 15 nehmen international derzeit 16 Partnerländer teil, welche in der folgenden Tabelle 1 dargestellt sind:

Tabelle 1 Teilnehmende Partnerländer in Task 15 (Phase 1)

Partnerländer IEA PVPS Task 15	
1. Österreich	9. Japan
2. Belgien	10. Korea
3. Kanada	11. Niederlande
4. China	12. Norwegen
5. Dänemark	13. Singapur
6. Frankreich	14. Spanien
7. Deutschland	15. Schweden
8. Italien	16. Schweiz

5. Ergebnisse des Projektes

5.1. Subtask A – Internationale BIPV Projektdatenbank

Der Beitrag des Konsortiums im Subtask A konzentrierte sich auf die Bereitstellung von spezifischen Projektdaten und die Sammlung dieser im Rahmen des Task 15. Hier ist vor allem die Expertise des Industriepartners ERTEX ausschlaggebend, welcher im Subtask A für Österreich die leitende Rolle eingenommen hat. Aktiv unterstützt wurde ERTEX in diesem Subtask vom Forschungspartner AIT sowie der FH Technikum Wien. In Abstimmung mit dem Projektkonsortium wurden zu Beginn der Arbeiten in diesem Subtask 10 nationale BIPV-Beispielprojekte vorausgewählt. Diese eignen sich besonders als nationale Best Practice Projekte für eine internationale Dissemination und werden nachfolgend anhand deren unterschiedlichen Anwendungsfällen angeführt:

Tabelle 2 Überblick ausgewählte BIPV-Beispielprojekte in Österreich nach Anwendungsfällen

<u>Projekt / Gebäude</u>	<u>Ort</u>	<u>Anwendung</u>
Windkraft Simonsfeld	Ernstbrunn	Abschattungslamellen
Austrian Power Grid	Wien	Abschattungslamellen
Püspök	Parndorf	Fassadenmodule
Fronius	Wels	Fassadensystem
TU Wien	Wien	Fassadenintegration
ENERGYbase	Wien	hinterlüftete Fassade
GWS	Graz	vorgesetzte Fassade
solavolta	St. Margarethen	Isolierglasfassade
“König der Lüfte”	Rauris	gewelltes Glasdach
PV sunflower	Freistadt	Kunstwerk
Wien Energie Lärmschutzwand	Wien	Lärmschutzprojekt
Balcony Feistritzwerke	Gleisdorf	Balkonanwendung
Marchfeldkanal	Deutsch - Wagram	Überkopfverglasung

Aus diesen Projekten wurden zwei Projekte zur weiteren Detailbetrachtung vom internationalen IEA PVPS Task 15 Arbeitsgruppenleiter empfohlen. Im Falle von Österreich waren diese zum einen das Projekt Fronius Hauptgebäude Wels (Froniusplatz 1 – 4600 Wels) sowie das Projekt ENERGYbase (Giefinggasse 6 – 1210 Wien) in Wien. Im internationalen Projektkonsortium wurden diese zwei ausgewählten Projekte des jeweiligen Teilnehmerlandes in Form einer internationalen Buchpublikation disseminiert. Diese Buchpublikation setzt sich neben einem einleitenden Kapitel aus

3 Hauptkapiteln, unterteilt in Gebäudetypen, zusammen. Dabei wird unterteilt in: Residential Buildings, Public Buildings, Commercial Buildings. Internationale Beispielprojekte werden hierbei umfangreich beschrieben beinhalten neben einer detaillierten technischen Beschreibung auch das jeweilige Geschäftsmodell sowie ein Interview mit beispielsweise Facility Managern bzw. Hauseigentümern oder anderen wesentlichen beteiligten Stakeholdern. Jedes Beispielprojekt wird somit auf ca. 8 Seiten detailliert abgebildet. Die internationale Übersicht über BIPV-Projekte in Subtask A ist ein wichtiger Teil der IEA PVPS Task 15, welcher einen einzigartigen weltweiten Einblick in das aktuelle BIPV-Geschehen ermöglicht. Durch die Beteiligung von Partnern aus Japan, China, Kanada, Südkorea und Europa entsteht so ein Bild des aktuellen Standes der Anwendung von Photovoltaik in der Gebäudeintegration weltweit. Die Buchpublikation, als Hauptprodukt des Subtask A, wird ein zunächst als PDF erscheinendes Buch sein (vorläufiger Arbeitstitel): "Building-integration of Photovoltaics – Successful business cases" welches von der Internationalen Energieagentur (IEA) in Paris publiziert wird. Es ist geplant, das Buch in verschiedenen Formaten online zu stellen, u.a. wird es auf der Seite des PVPS-Programms veröffentlicht. In Österreich wird das Buch über die Homepage der österreichischen Technologieplattform Photovoltaik (TPPV) veröffentlicht. Pro Land werden dabei zwei Projekte dargestellt. Zudem ist nach Fertigstellung der Buchpublikation die Aufnahme der Projektbeschreibungen in eine Web-Datenbank geplant. Vorläufiger Titel dieser Datenbank ist: "BIPV - Building Integrated Photovoltaic" welche von der EURAC in Bolzano erstellt und verwaltet werden soll. Hierbei wurde die Möglichkeit der Nutzung der bereits bestehenden Online-Datenbank für BIPV-Projekte besprochen²⁷. Die Beschreibung der Objekte in Buch und Webdarstellung soll dabei nicht nur rein technisch sein, sondern insbesondere die Intention der Nutzer sowie die Erfahrungen der Projektbeteiligten Bauherren, Planer und Firmen darstellen, sowie Hinweise zu besonderen Hürden sowie dem Business Model geben. Hierzu wurden Interviews mit Projektbeteiligten geführt. Als Österreichischer Beitrag wurde nach Einreichung einer Liste von über 10 möglichen Projekten die Projekte „ENERGYbase“ in Wien und der „Fronius Active Energy Tower“ in Wels ausgewählt. Nachfolgend wird die Detaildarstellung anhand des Projektes „ENERGYbase“ beispielhaft veranschaulicht.

ENERGYbase office, Vienna (AT)

Project data		BIPV system cost	
Project type	New construction	Total cost	€ 12.000.000 excl VAT
Building function	ENERGYbase - Office Lib. Edu. Bldg	Cost in €/m ²	1537 incl. VAT
Integration system	Exterior shifolding on tilted facade	Cost in €/Wp	48 ct
Location	2008 - Gellringgasse 2, 1210 Vienna (AT)		
Architect	Ursula Schneider; pos architekten ZT gmbh		
BIPV system data		Producer data	
PV Modules	Custom made BIPV-Modules	Producer	SOLARWATT GmbH
Solar technology	Glass-Glass-Laminates	Address	Maria-Reiche-Strasse 2a, Dresden (DE)
Nominal power	48.2 kWp	web	www.solarwatt.de
System size	364 PV-Modules, ca. 400 m ²		
Module size	1520 x 710 x 9 mm		
Orientation	South		
Tilt	31,5°		

IEA PVPS Task 15 - version 1



²⁷ Link BIPV-Datenbank EURAC: <http://www.ndesignwebagency.com/EURAC/de>

Interview

Interview with Ursula Schneider, POS architects.
"It was by chance, that the right people were together at the right time or at the right place to carry out this project together"

Challenges
The aim was, to make Photovoltaics visible on the facade. On the same time the Photovoltaic elements should be optimally oriented and ventilated to achieve the highest possible solar yield. At the time, when the building was planned in early 2000/01 years, Photovoltaic elements were so expensive, that the yield optimization was from a high priority. At the same time the office building should be transparent and well day lit. Thus a high share of about 70% glazing was chosen for the south facade. It was obvious, that the south facade would need an exterior shading, optimally functioning in a passive mode, without motors, just by geometry.

Aesthetics
In housing projects the shading would be done due to overhanging construction elements, such as balconies, while for office buildings flat glass facades with cantilevered shading lamellas would be typical. Such a flat glass facade with little "PV-roofs" (Dachziegel in Austrian dialect) seemed architecturally boring and from a low quality for the architect. So the idea of a folded facade came up: opaque PV-elements should shade passively while the tilted glass would deliver daylight without too much heat inlet.

Design & Comfort
From a high importance was, that on the one hand the view to the outside would be good and undisturbed by the opaque PV-elements and on the other hand the shading and daylighting of the interior should be optimal. The facade was therefore designed in a manner, that the lower row of windows would allow optimal views outside and that the upper row of windows would guarantee deep daylight rays into the office space.



IFA PVPD Tag 16 - Substanz A 70

Interview

Geometry
To optimize the daylighting deep into the sections, two rows of PV and glass-elements were dedicated per floor height. The facade is a little bit shifted against the floors and ceiling, so that the light can fall into the room from a point higher than the ceiling. The windows are tilted with 63.5° and are directed inwards and form a zig-zag-facade together with the opaque facade elements. Those are made from wood with vacuum insulation panels inside. This way a slim appearance could be guaranteed.

Architectural, design and functional integration
Including solar power generation optimization was more important than to substitute building materials. The opaque facade elements were outside covered with sheet metal. The PV-elements were installed on top of this layer with horizontal aluminum profiles on which they are held with glass fasteners. This seemed the optimal solution for the architects to allow a free ventilation behind the PV-modules to allow maximum solar energy generation. To combine them to be a "glass roof" would have as well not changed much, as the sheet metal would have been necessary anyhow as otherwise the rain would have been entering through the upper ventilation zone. Furthermore the PV-elements are standing out a little bit to allow rain to drop down. The overhangs were tilted by 3° so that the rain would not flow to the row below but directly drop down. However this means at the same time, that there is no self-cleaning effect due to rain. As the glass facade anyhow needs to be cleaned in a regular manner this does not cause a problem, as the dust effects do produce only small losses. While the angle of the tilted glass was exactly chosen according to the highest sun angle some shading is occurring midday in midsummer on the top row of the solar cells of the modules. This leads to a drop in production. Probably the air gap between the facade and the according overhang of the PV-modules was not chosen according to the geometric lay out.

Decision making
Description by Tim Selke, who was working as scientific planning supporter on the project design.
"A Solar Façade should not only provide optimal solar power generation, but as well thermal and visual comfort for the users"

The AIT Austrian Institute of Technology was set up out of different smaller research institutes. For the newly combined institute a location should be developed in the "outskirts" of Vienna, an industrial suburb called "Floridsdorf". In the early 2000 years an urban development competition was started for the area of today's AIT-location ("Siedlungsaußen"). After that design processes started. The Vienna Business Agency was enthusiastic to realize an energyighthouse project to develop the place as a technology location.

IFA PVPD Tag 16 - Substanz A 71

Interview

AIT was involved together with other researchers and the architects to carry out a study called "sunny building", which showed the feasibility to realize an outstanding solar design with highest energy efficiency and user comfort standards. In the year 2004 the owner gave "green light" for the realization. The AIT Austrian Institute of Technology was not only involved as user, but had the chance to do detailed simulations and to consult the building design.

Thermal building simulation
simulation of air flows
energy & user comfort
design of living lab PV-installation with inverter test facility

Many simulations of variants were carried out to find the optimal thermal and visual comfort and shading / daylighting solution as realized with the folded PV-façade.

In addition to the passive shading by the opaque parts of the façade for the summer case with high standing sun it became clear, that glare protection would be needed. Thus sun-blinds were introduced against glare in winter time or during morning and evening hours, when the sun comes from a tilted angle. The blinds were carefully simulated, analyzed and designed regarding thermal effects, color and perforation to allow maximum visual and thermal comfort. In the lower part the blinds are anthracite grey colored to allow optimal views to the outside, while the upper parts are steel to reflect irradiation and lower the heating of the blinds. On the top of the south facade in each floor the used air is collected and exhausted. The heat recovery system allows to use heat gained at the south facade to be used for preheated air in the north side. On the other hand the air inlet in the north and the air exhaust in the south allow a maximum comfortable cross ventilation with very low air speeds.

A complete building automation and control system with over 500 sensors was built in and is today operated by a facility manager by Siemens.



IFA PVPD Tag 16 - Substanz A 72

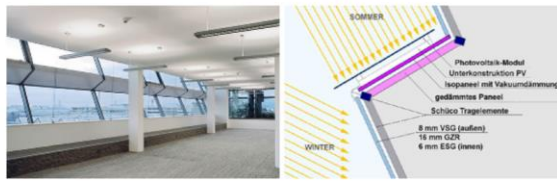
Description

Building integration
Formal integration
As a formal matter regarding the BIPV-definition given in EN 50583 the PV-modules are not "building integrated", as they are not forming the "opaque cladding" of the building. Where they would be taken away nothing would need to substitute them, as the facade would be rain proof, atmospheric shielded and the opaque elements would provide the shading just as today. Given the EN 50583-BIPV-definition this will be "BIPV" – building attached PV. However given the deep integration in the building's appearance, design, geometry and functionality, maybe the definition is wrong. As the architect Tsjerk Janjeens said: there is the integration how the architect defines it and how the engineer defines it. Here architects were on work and with energy optimization. The energy optimization thoughts were much stronger, than any thought or value of substituting building materials.

Energy integration
In the case of the energy base the design of the tilted facade is an "energy design" in a triple sense: on the one hand the Photovoltaic facade system is perfectly oriented to receive maximum irradiation, on the other hand the Photovoltaic and the behind it installed insulated well panel are shading the interior room. This was a triple energy effect is occurring:
"shading effect" -> less electricity and thermal energy needed for cooling
"optimization of daylighting" -> less artificial lighting is needed -> better for health
"optimization of PV-yield" due to optimal orientation and maximum irradiation
"light reflection effect: the tilted glazing is reflecting most daylight towards the PV-panels -> higher yield due to "energy design integration".
The monitoring from 2009 till 2015 revealed: 89 % up to 77% of the annual PV electricity production is self-consumed by the building operation. A share of 23 % - 34 % of the electricity consumption for the building operation is produced annually by the PV-system. The specific yield of the system is up to 983 kWh / kWp. This is about as much as a roof top system would produce.

Technological integration
Glass-glass PV-modules are installed as ventilated facade elements in six long strips. Besides electricity generation the PV-plant serves as a "living lab" regarding two aspects:
"Test of different solar cell types":
Monocrystalline
Bicrystalline
"multicrystalline with back contact"
"Test set for inverters":
"different string length with 2, 4, 6, 8 and 10 modules in series with the option to combine the PV-modules and the strings in numerous variations in series or parallel"
"Since it's inverter various inverter" tests were carried out on the system.

IFA PVPD Tag 16 - Substanz A 73




IFA PVPD Tag 16 - Substanz A 74



Business case

Finance
The overall investment costs for the building are relatively low with 1,537 € per gross area incl. VAT.
While it was possible to erect a nearly zero energy building with passive house standard to these costs, occupants can now enjoy very low operating costs. The only "external" energy-supply used and consumed is electricity. From the amount of electricity needed for the building operation between one third and a quarter is supplied by the Photovoltaic system. The specific electricity consumption per square meter useful floor area from the grid is only 14.4 "10.1 kWh/m². This means the specific energy costs for the building operation including ventilation, pumps, heating and cooling are only 2.88 - 3.62 € per useful area and year. This is extremely low.
The solar power is first used for this consumption, only the surplus is fed into the public grid.
The installation was funded by the "Ökostromfonds Wien" of the City of Vienna. The overall construction was funded by the European Union and the Ministry for Technology ("BMVT").

The research studies to enable the general concept generation and the scientific simulations of the energy systems were funded in the frame of the "Haus der Zukunft" (Building of the future) program.



IFA PVPD Tag 16 - Substanz A 76

Business case

Lessons learned
Economic view to the project
Building-integrated Photovoltaic systems should not only be valued regarding their investment costs. The low operating costs of highly energy efficient buildings with a significant share of electricity produced by Photovoltaics have a long term value.
Integration of Photovoltaics into the design
The integration of solar and other renewable energy production and energy conscious design go hand in hand. In this process integration of PV in the building design and structure must not only mean lowering the efficiency of PV due to "design concessions" such as color printing or other colors maximizing the efficiency. The structural integration into the design plays a significant role as well as does the functional integration.
Controlling the detail in PV-façades
The detailing plays a significant role in the performance of Photovoltaic façades. While the free ventilation and the reflections of the glazing play a very positive role the effect of small projecting parts causing shade can't be overestimated. Just minimal overlaps can cause long shades in the vertical as to be seen with the solar module overhang in this project. The geometry must be meticulously controlled in every detail in PV-façades to avoid any shading.
Communications and solar architecture
commitment
The "Future Base", built ca. 10 years later by the same owner and the same occupant was built as a highly efficient building. But no special solar design was applied, only a minimum of roof top PV. However the general energy standard and the main components of the energy system were copied from the ENESB-base to this building as well as to another building in Aspern. Obviously the engagement of a "solar architect" is still a must have for an advanced "solar design".
Public funding for extended building design research very valuable
To be able to do such extensive simulations and differentiated planning process as well today a public research funding will be necessary. More research programs as such should be carried out.
Open spaces are optimal for communication zones and common usages, but not for individual work places

The open space looks great and is very functional as a community area, but proved not very favorable in terms of individual work places. While the option for a spatial division into single rooms would have been easy to be planned it was not done. As the ventilation concept is laid out for cross ventilation from south to north it is not easy enough to change this spatial arrangement. However with user's needs known as today the facade concept could have been easily adapted to the wish for privacy and a silent working environment. Furthermore each user should have access to individually operable windows. So flexibility in use should include the option of individualization regarding office work spaces. This needs to be reflected in HVAC-concepts as well.
Today we could realize it "Plus Energy"
At the time being it was not possible to directly sell the solar electricity from the building and PV-owner to the occupants. Today there are other options recently gained in Austria for "community PV-plants". This means today much more PV could be installed on the building to make it "plus energy" or to supply as well the user's electricity needs with solar power generated by the owner.

IFA PVPD Tag 16 - Substanz A 77

Abbildung 8: Beispiel der Darstellung im Buch anhand der ENERGYbase.

Das Projektbeispiel „ENERGYbase“ wurde vom AIT dokumentiert, siehe Abbildung 8 (beispielhafter Auszug aus Buchpublikation aus ST A), der „Fronius Active Energy Tower“ wurde von Ertex und der FHTW dargestellt (in Abstimmung mit Architekt DI Heinz Plöderl/PAUATArchitekten). Die Buchpublikation befindet sich derzeit in der Endredaktion und wird zum Ende des Task 15 im Jahr 2019 erscheinen. Das Buch hat insgesamt etwa 250 Seiten und stellt rund 28 Beispiele ausführlich dar.

5.2. Subtask B – Entwicklung von BIPV-Geschäftsmodellen

Diese Subtask zielt auf die Identifizierung, das Benchmarking und die Entwicklung von Alleinstellungsmerkmalen und Geschäftsmodellen für BIPV-Produkte in verschiedenen Regionen / Ländern ab, um Entscheidungsträger bei der Entwicklung erfolgreicher BIPV-Projekte zu unterstützen. Politische Anreize und Regelungen beeinflussen die Möglichkeiten für die Entwicklung von Geschäftsmodellen und die Skalierung des Marktes. Ausgehend von einer Analyse des Status quo von BIPV-Geschäftsmodellen werden neue Geschäftsmodelle entwickelt und analysiert.

5.2.1. Publikationen international

Im Rahmen des internationalen Projektes wurden folgende Publikationen, mit maßgeblicher österreichischer Beteiligung, erstellt:

- Macé P., Larsson D., Benson J. and co-authors Woess-Gallasch S., Frieden D. et al: Inventory on Existing Business Models. Opportunities and Issues for BIPV. IEA PVPS Task 15 Subtask B – Transition towards sound BIPV Business Models. Report IEA-PVPS T15-03: 2018, International Energy Agency, April 2018.²⁸
- Benson J. (editor), Frieden D., Woess-Gallasch S. et al.: Development of BIPV business cases. IEA PVPS Task 15 Subtask B – Transition towards sound BIPV Business Models.²⁹

5.2.2. Internationale Recherche

Es werden hier die wichtigsten Ergebnisse der oben angeführten Publikation dargestellt. Zur Erhebung des internationalen Status quo von bestehenden BIPV Anlagen wurden in Subtask B (ST B) zehn Fallstudien erhoben und analysiert. Nicht europäische Länder haben sich hier nicht beteiligt. Darüber hinaus wurden in diesem Bericht auf Basis der Case Studies entsprechende Geschäftsmodelle konzipiert. Des Weiteren wurden für sieben EU Mitgliedsstaaten die nationalen Rahmenbedingungen und Fördermechanismen von BIPV Anlagen erhoben. Die JOANNEUM RESEARCH (JR) als österreichische Teilnehmerin an ST B hat hier unter anderem mit der Fallstudie 8 aktiv beigetragen und ihre Erfahrungen eingebracht (siehe unten).

²⁸ Link zum Download, IEA PVPS Task 15, Subtask B - Inventory on Existing Business Models. Opportunities and Issues for BIPV.: http://www.iea-pvps.org/index.php?id=491&eID=dam_frontend_push&docID=4406

²⁹ Existiert zum Zeitpunkt der Endberichtserstellung als Draft-Report

Case Studies

Folgende 10 Fallstudien aus sieben EU Mitgliedsstaaten (AT, BE, DEN, FR, NL, SP, SWE) und aus Norwegen wurden unter anderem anhand eines Fragebogens analysiert:

- **Case Study 1 – Die International School in Kopenhagen, Dänemark:** Bei der Schule wurden 700 kWp fassadenintegriert installiert (keine Investitionskosten verfügbar). Der Gebäudebesitzer vermietet das Gebäude an die Schule. Der erzeugte Strom wird zu ca. 50% von der Schule verbraucht der Rest wird mit einem Einspeisetarif ins Netz eingespeist.
- **Case Study 2 - Der Frodeparken in Uppsala, Schweden:** Es wurde für ein Mehrfamilienhaus eine fassaden-integrierte BIPV Anlage von 100 kWp installiert. Die Kosten sind nicht höher als eine alternative Glasfassade, die Förderrate betrug 30%. Der Eigenverbrauch umfasst 43%, der Rest wird eingespeist.
- **Case Study 3 - Das Solar Emerald Bürogebäude in Drammen, Norwegen:** Dieses Gebäude hat auf dem Dach eine konventionelle BAPV Anlage und eine fassadenintegrierte BIPV Anlage an der Ost- Süd- und Westfassade von 115kWp (keine Investitionsdaten verfügbar) Die Anlage wurde stark gefördert. 100% des erzeugten Stroms wird Vor-Ort genutzt.
- **Case Study 4 - Das Treurenberg Bürogebäude in Brüssel, Belgien:** Dieses Gebäude wurde als erstes zu einem Niedrigstenergiegebäude (NZEB) in Brüssel saniert und weist eine konventionelle BAPV Anlage am Dach und eine Fassadenintegrierte BIPV Anlage von 122 kWp auf (keine Investitionsdaten verfügbar). Für eine BREEAM Zertifizierung war PV notwendig, ästhetische Anforderungen waren gewünscht.
- **Case Study 5 - Die San Antón Markthalle in Madrid, Spanien:** Es wurde im Dach der Markthalle eine transparente BIPV Anlage von 6,5 kWp integriert. Multifunktionalität war der Treiber, der Strom wird zu 100% Vor-Ort genutzt. Die Anlage wurde auch aus Image-Gründen errichtet („green identity“).
- **Case Study 6 - Der Weinbetrieb Iturralde im Baskenland, Spanien:** Bei der Sanierung des Weinbetriebes und Restaurants wurde in der Decke eine transparente BIPV Anlage von 21 kWp installiert. Die Förderungsrate betrug 13%. Multifunktionalität war der Treiber, der Strom wird zu 100% Vor-Ort genutzt. Die Anlage wurde auch aus Image-Gründen errichtet und trug zum Erhalt des “World’s most sustainable restaurant” Awards bei.
- **Case Study 7 - Ein Einfamilienhaus in Ulestraten, Niederlande:** Im Zuge einer notwendigen Dachsanierung wurde für das Gebäude ein BIPV Voldach von 12 kWp installiert. Die Kosten sind weitgehend ident mit den Kosten einer konventionellen Dachsanierung und einer konventionellen BAPV Anlage. Der BIPV Installateur bot dem Privatbesitzer eine One-Stop-Shop Lösung an.
- **Case Study 8 - Ein Mehrfamilienhaus in Innsbruck, Österreich:** Es wurde auf einem Mehrfamilienhaus in Innsbruck eine dachintegrierte BIPV Anlage von 5kWp installiert. Zu dieser von JR erhobenen Case Study wird anschließend ausführlicher berichtet.
- **Case Study 9.- Mehrparteienhäuser in Pont de Cheruy, Frankreich:** In vier Mehrparteienhäusern mit Wohnungen und Geschäften wurden dachintegrierte BIPV Anlagen in der Größe von 3 bis 9 kWp anhand eines Leasingvertrages (15 Jahre) mit dem Energielieferanten EDF errichtet (keine Investitionsdaten verfügbar). Dem Projekt kommen die

in Frankreich 2016 für BIPV höheren Förderungsrate und Einspeisetarife zugute. Der Strom wird zu 100% in das Netz eingespeist.

- **Case Study 10 - Einfamilienhäuser in Frankreich:** Der Bauherr hat 2016 mehrere Niedrigenergie-Einfamilienhäuser mit jeweils dachintegrierten BIPV Anlagen von 3kWp ausgestattet. Ein Grund BIPV gegenüber BAPV zu bevorzugen, waren höhere Förderungsrate und Einspeisetarife für BIPV Anlagen. Die Häuser wurden als energieeffiziente und nachhaltige Gebäude angeboten. Der erzeugte Strom wird weitgehend durch die Hausbesitzer verwendet.

Zusatzinformation zum Mehrfamilienhaus in Innsbruck (Case Study 8, Analyse JOANNEUM RESEARCH)

In Österreich gibt es bis jetzt sehr wenige Mehrfamilienhäuser mit BIPV Anlagen. Die Wahl fiel auf ein Gebäude in Innsbruck mit einer BIPV Indach Anlage von 5kWp, weil die für die Erhebung geforderten Investitions- und Stromproduktionsdaten vorhanden waren. Für die Datenerhebung wurde in ST B ein Fragebogen ausgearbeitet. Auf nationaler Ebene wurde eng mit nationalen Forschungsprojekten, insbesondere mit **PV4residents** (s. Woess-Gallasch S. et al., 2017) kooperiert, wodurch nationale Projektergebnisse in die internationale Arbeitsgruppe optimal einfließen konnten. Es wurden die Stromgestehungskosten (Levelized Costs of Electricity, **LCOE**) berechnet und eine Wirtschaftlichkeitsanalyse durchgeführt (Nettobarwert, dynamische Amortisationszeit).

Basisdaten und Annahmen:

- BIPV Indach, 5 kWp, 33,26 m²
- 1.000 kWh/kWp/a = 5.000 kWh/a
- 10.189 € Investitionskosten brutto im Jahr 2013 (2.038 €/kWp)
- 2.000 € KLIEN-Förderung (400 €/kWp, 2013)
- Annahme Einsparung Dachziegel: 100 €/m² = 3.326 €
- Investition nach Förderung und Einsparung: 4.863 €
- Eigenverbrauch 24% (1.200 kWh/a)
- Eigenverbrauch als "Einnahme" (Ersparnis) von 0,2 €/kWh
- Einspeisetarif 8,5 Cent/kWh (Innsbrucker Kommunalbetriebe AG)
- Ersatz Wechselrichter nach 10 Jahren
- Wirtschaftliche Nutzungsdauer der Anlage von 25 Jahren

In der Wirtschaftlichkeitsanalyse wurden im Sinne einer Sensitivitätsanalyse verschiedene Kalkulationszinssätze und Investitionsfälle genutzt. Die BIPV Anlage wurde ursprünglich im Jahre 2013 in das Dach integriert ohne das eine Dachrenovierung durchgeführt wurde. Die Wirtschaftlichkeitsanalyse der Indach Anlage wurden für folgende drei Fälle durchgeführt:

1. Einfache Investition
2. Investition mit Berücksichtigung der Förderungen
3. Zusätzlich Annahme der Investition im Rahmen einer Dachsanierung mit entsprechender Berücksichtigung der Materialsubstitution (Einsparung von Dachziegelkosten durch Indach BIPV)

Für die Berechnung der LCOE wurde das Kapitalwertmodell entsprechend der folgenden Formel verwendet:

$$LCOE = \frac{I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{A_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{M_{t,el}}{(1+i)^t}}$$

LCOE	Stromgestehungskosten in Euro/kWh
I_0	Investitionsausgaben in Euro
A_t	Jährliche Gesamtkosten in Euro im Jahr t
$M_{t,el}$	Produzierte Strommenge im jeweiligen Jahr in kWh
i	realer kalkulatorischer Zinssatz
n	wirtschaftliche Nutzungsdauer in Jahren
t	Jahr der Nutzungsperiode (1, 2, ...n)

Abbildung 9 Formel LCOE, Kapitalwertmodell ISE (2018)

Da die mit dieser Methode berechneten Werte stark vom verwendeten Kalkulationszinssatz abhängen wurde eine Sensitivitätsanalyse durchgeführt. Die Ergebnisse zu den LCOE sind in Abbildung 10 dargestellt. Wird von einem Kalkulationszinssatz von 3% ausgegangen, reduziert sich der Wert von 0,129 €/kWh bei einer reinen Berücksichtigung der Investition auf 0,105 €/kWh wenn die mögliche Förderung berücksichtigt wird und weiters auf 0,064 €/kWh wenn eine Materialsubstitution erfolgen kann. Diese Werte liegen deutlich unterhalb der 0,2 €/kWh, welche als Preis für den Strom aus dem öffentlichen Netz herangezogen wurden. Zu bedenken ist jedoch, dass dies auf einer Nutzungsdauer von 25 Jahren basiert, welche für Wirtschaftlichkeits-Analysen einen sehr langen Zeitraum darstellt. Zudem stellt der Eigenverbrauch nur einen Anteil des produzierten Stroms dar (24%) und Strompreisentwicklungen sind über einen langen Zeithorizont schwer absehbar. Ausschließlich die Fälle, welche die Einsparung durch Materialsubstitution berücksichtigen, unterschreiten den angenommenen Einspeisetarif von 8,5 Cent/kWh. Hier hängen die Ergebnisse natürlich stark von den angenommenen Alternativkosten ab, welche je nach Fall sehr unterschiedlich anzusetzen sind.

■ Nur Investition:	
Gestehungskosten	
Kalkulationszinssatz 2.00%	0.116€/kWh
Kalkulationszinssatz 3.00%	0.129€/kWh
Kalkulationszinssatz 4.00%	0.143€/kWh
■ Nach Förderung:	
Gestehungskosten	
Kalkulationszinssatz 2.00%	0.094€/kWh
Kalkulationszinssatz 3.00%	0.105€/kWh
Kalkulationszinssatz 4.00%	0.116€/kWh
■ Nach Förderung und Einsparung:	
Gestehungskosten	
Kalkulationszinssatz 2.00%	0.058€/kWh
Kalkulationszinssatz 3.00%	0.064€/kWh
Kalkulationszinssatz 4.00%	0.071€/kWh

Abbildung 10: BIPV Anlage Mehrfamilienhaus Innsbruck – Stromgestehungskosten (eigene Berechnungen JR)

Die Ergebnisse zu Nettobarwert und Amortisationszeit sind in Abbildung 11 dargestellt. Die Amortisationszeit wurde in ganzjahres-Schritten berechnet und hat für die verschiedenen Kalkulationszinssätze zu den gleichen Ergebnissen je Fall geführt. Der Effekt der angenommenen Einsparung durch Dachziegel-Substitution ist hier sehr deutlich, wobei die angenommenen

Substitutionskosten sehr stark vom Einzelfall abhängen. Dennoch wird hier deutlich, welche wesentliche Rolle die Materialsubstitution für die Wirtschaftlichkeit einer BIPV-Anlage spielen kann.

■ Nur Investition:		
Nettobarwert		
Kalkulationszinssatz 2.00%		-264.46€
Kalkulationszinssatz 3.00%		-1,197.68€
Kalkulationszinssatz 4.00%		-1,996.31€
Amortisationszeit	Nicht rentabel	Jahre
■ Nach Förderung:		
Nettobarwert		
Kalkulationszinssatz 2.00%		1,735.54€
Kalkulationszinssatz 3.00%		802.32€
Kalkulationszinssatz 4.00%		3.69€
Amortisationszeit		20.00 Jahre
■ Nach Förderung und Einsparung:		
Nettobarwert		
Kalkulationszinssatz 2.00%		5,061.54€
Kalkulationszinssatz 3.00%		4,128.32€
Kalkulationszinssatz 4.00%		3,329.69€
Amortisationszeit		11.00 Jahre

Effekt der Einsparung bei Neubau oder Sanierung

Abbildung 11: BIPV Anlage Mehrfamilienhaus Innsbruck –Wirtschaftlichkeit (eigene Berechnungen JR)

Es zeigt sich, dass für die BIPV-Indach-Anlage des Mehrfamilienhauses in Innsbruck bei Berücksichtigung von Kosten und Förderungen im Jahr 2013 und von entsprechender Materialsubstitution im Rahmen einer Dachsanierung mit einer Amortisationszeit von 11 Jahren zu rechnen ist. Anzumerken ist, dass die PV-Preise seit 2013 stark gesunken sind. Die Materialsubstitution, insbesondere im höherpreisigen Fassaden-Bereich, ist jedoch nach wie vor als wesentlich anzusehen und stark von dem Zusammenspiel von Alternativ- und Anlagenkosten abhängig.

Abgeleitete Geschäftsmodelle

Auf internationaler Ebene wurden vier BIPV Geschäftsmodelle auf Basis der oben beschriebenen Case Studies abgeleitet. Insgesamt ist hier zu vermerken, dass diese Geschäftsmodelle letztendlich alle auch auf öffentlichen Förderungen basieren, die in einigen Fällen ausschlaggebend waren.

- Geschäftsmodell mit Materialsubstitution und Stromerlös** (Abbildung 12): Durch Integration der BIPV Anlage kann am Gebäude anderes Baumaterial substituiert und so können die Investitionskosten reduziert werden. Für den Nutzer (Besitzer der BIPV Anlage) des vor Ort erzeugten Stroms ergeben sich dadurch niedrigere Stromgestehungskosten. Einnahmen ergeben sich aus eingespeistem Überschuss- Strom sowie durch die Verteilung an die Bewohner im Gebäude, soweit dies gesetzlich bereits möglich ist. In Österreich ist der Direktverbrauch im Mehrparteienhaus in der ElWOG Novelle von 2017 im Rahmen von „gemeinschaftlichen Erzeugungsanlagen“ vorgesehen, dies war jedoch 2013 zum Zeitpunkt der Errichtung der BIPV Anlage in Innsbruck noch nicht ohne weiteres möglich. Die im internationalen Bericht untersuchten Case Studies 7 (Einfamilienhaus NL), 8 (Mehrfamilienhaus AT) und 9 (Mehrfamilienhaus FR) können diesem Geschäftsmodell zugeordnet werden.

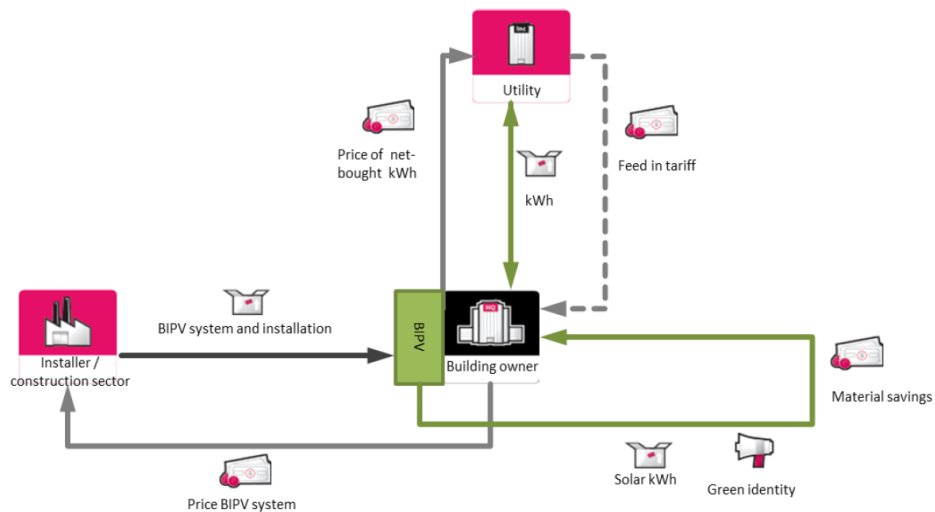


Abbildung 12: Geschäftsmodell mit Materialsubstitution und Stromerlös

- Geschäftsmodell mit Eigentum durch Dritte (Abbildung 13):** Bei diesem Geschäftsmodell wird der Besitz des Gebäudes und der BIPV Anlage gesplittet. Nicht der Hausbesitzer, sondern ein Dritter baut und betreibt die BIPV Anlage. Das könnte zum Beispiel ein Energielieferant sein, der das Dach vom Gebäudeeigentümer mietet (in der Case Study 9 über 15 Jahre), die PV-Anlage betreibt und den erzeugten Strom selbst vertreibt. Der PV-Strom kann dann direkt vom Energielieferanten durch Einspeisung in das öffentliche Netz genutzt oder an den Hausbesitzer und seine Mieter verkauft werden. Als Variante könnte auch der Hausbesitzer/die Hausgemeinschaft die Anlage vom Betreiber leasen und den produzierten Strom vor Ort selbst beziehen (s. auch folgendes Modell mit einer dritten Leasing-Gesellschaft). Ähnliche Modelle befinden sich Österreich bereits in Umsetzung. Der Hausbesitzer muss sich in diesem Modell nicht um die Investition, die Errichtung, den Betrieb der Anlage und die Abrechnung des erzeugten Stroms kümmern. Die Case Study 9 (Mehrfamilienhaus FR) ist diesem Geschäftsmodell zuzurechnen.

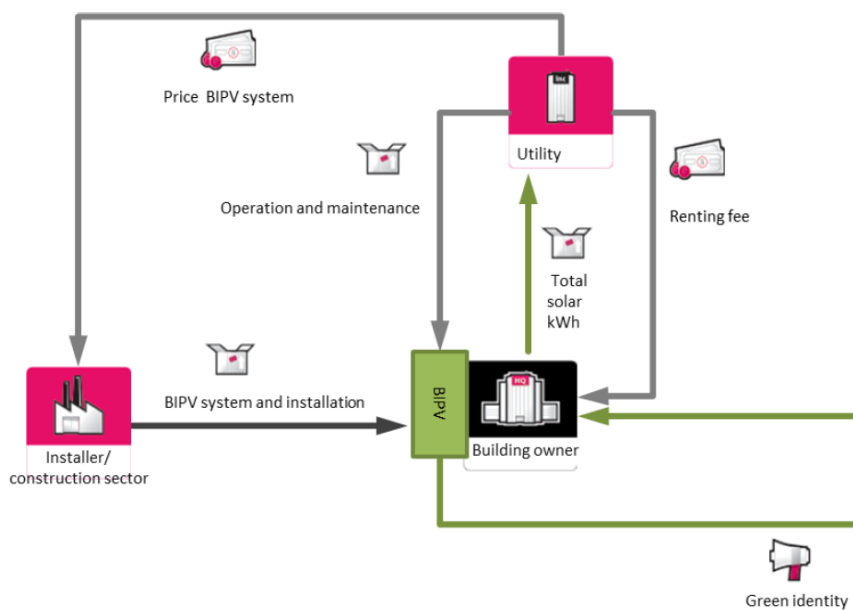


Abbildung 13: Geschäftsmodell mit Eigentum durch Dritte und Dachmiete

- Ein Submodell dieses Modells ist ein **Geschäftsmodell mit Leasing Vereinbarung** (Abbildung 14): In diesem Fall least der Gebäudeeigentümer die BIPV Anlage für die Lebenszeit der Anlage von einer Gesellschaft welche die Anlage errichtet und unterhält. Der Gebäudeeigentümer erhält im Gegensatz dazu den produzierten Strom. Überschussstrom sowie der verbleibende Bedarf werden vom Gebäudeeigentümer mit dem Energieversorger verrechnet.

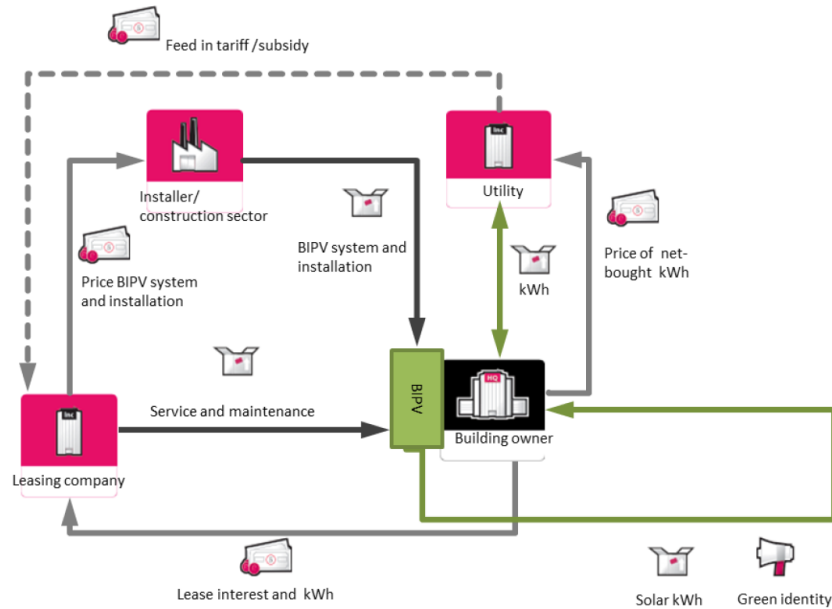


Abbildung 14: Geschäftsmodell mit Leasing-Vereinbarung

- Geschäftsmodell mit „Grüner Identität“** (Abbildung 15): Dem Hausbesitzer gehört die BIPV Anlage und er betreibt sie selbst. Aufgrund des nachhaltig produzierten Stroms gelingt es ihm, diesen an seine Mieter auch zu einem etwas höheren Preis zu verkaufen. Die Case Studies 3 (Solar Emerald Bürogebäude) und 4 (Treurenberg Bürogebäude) sind diesem Geschäftsmodell zuzurechnen. Da in beiden Fällen keine Investitionsdaten verfügbar waren, kann die Wirtschaftlichkeit jedoch nicht bewertet werden. Jedenfalls dürfte die Bereitschaft, für nachhaltige Energie mehr zu zahlen, je Benutzergruppe wie Mieter, Betriebe und öffentliche Einrichtungen wie z.B. eine Schule unterschiedlich hoch sein.

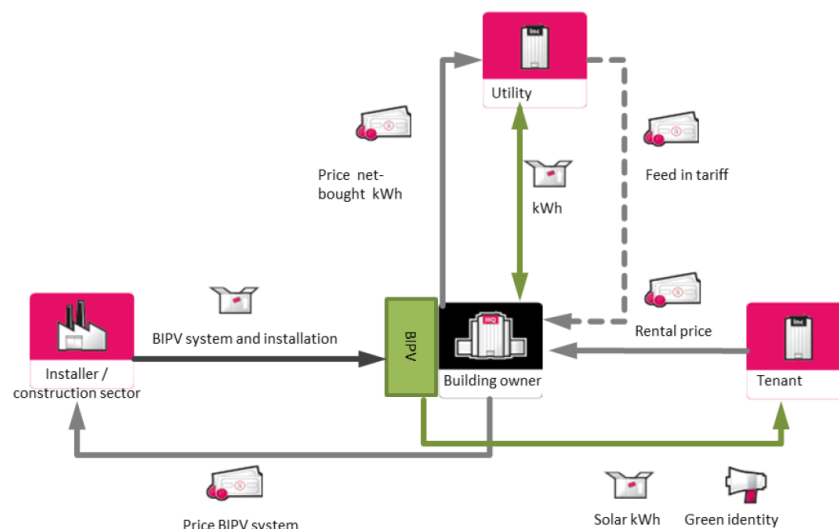


Abbildung 15: Geschäftsmodell mit „Grüner Identität“

Insgesamt stellte die „Grüne Identität“ als nicht unmittelbar wirtschaftlich greifbarer Anreiz einen wesentlichen Grund für die BIPV-Investitionen mehrerer Fallstudien dar. In den Fällen, in denen die Image-Wirkung einen wesentlichen Anreiz darstellt, konnte keine wirtschaftliche Bewertungsmethode identifiziert werden. Zum wirtschaftlichen Mehrwert durch entsprechende Zertifizierungen gibt es jedoch entsprechende Studien. So wurden Verkaufspreis-Prämien für Gebäude mit Zertifizierungen wie BREEAM oder LEED bzw. mit hoher Energieeffizienz mit 3,5% bis 26% identifiziert^{30 31 32 33 34 35}. Eine Gegenüberstellung mit den Mehrkosten wurde in diesen Studien jedoch nicht vorgenommen.

Abschließend wurden in dem internationalen Bericht folgende zwei potentielle Geschäftsmodelle konzipiert, für die BIPV Anlagen bisher keine Anwendungen identifiziert werden konnten:

- **On-Bill Financing Geschäftsmodell** (Abbildung 16): In diesem Fall investiert ein Energielieferant in die BIPV Anlage eines Gebäudes. Die Investition wird über die Verrechnung des Stroms an den Gebäudebesitzer bzw. Mieter weiterverrechnet. Aufgrund der eingesparten Netzgebühren für den Direktverbrauch kann hierbei die Stromrechnung im besten Fall niedriger liegen, was für die strombeziehende Partei auch einen wirtschaftlichen Anreiz darstellt. Auch wenn auf internationaler Ebene keine entsprechenden Geschäftsmodelle für BIPV identifiziert werden konnten befindet sich dieser Ansatz in Österreich für BAPV, neuerdings auch im Rahmen der gemeinschaftlichen Erzeugungsanlagen nach ElWOG §16a, bereits in der Umsetzung.

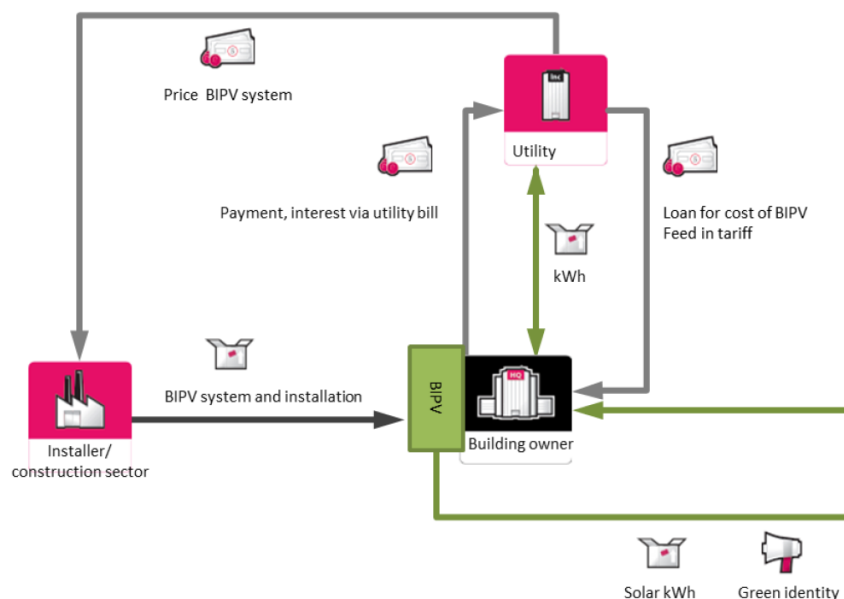


Abbildung 16: Geschäftsmodell „On-Bill Financing“

³⁰ Association DINAMIC (2015): Valeur verte des logements d'après les bases Notariales.

³¹ UK Department of Energy & Climate Change (2013): An investigation of the effect of EPC ratings on house prices - Final Project Report.

³² N. Kok and M. E. Kahn (2012): The value of green labels in the California housing market.

³³ European Commission (2013): Energy performance certificates in buildings and their impact on transaction price and rents, in selected EU countries.

³⁴ N. Kok, A. Chegut and P. Eicholtz (2011): The value of green buildings: new evidence from the UK, 2011.

³⁵ F. Fuerst and P. McAllister (2011): Green noise or green value? Measuring the effects of environmental certification on office values.

- Produkt-Service System/Energie-Contracting** (Abbildung 17): In diesem Fall würde ein Energiedienstleistungs-unternehmen (Energy Service Company, ESCO) im Rahmen eines umfassenderen Service Paketes aktiv werden und die BIPV Anlage betreiben. Die bereitgestellten Services können neben der gelieferten Energie beispielsweise Monitoring-Systeme und Demand Side Management Tools umfassen und somit zu einer erhöhten Energieeffizienz und einem höheren Direktverbrauch aus der PV-Anlage beitragen. Ebenso könnte solch ein Geschäftsmodell einen Energieliefervertrag über bestimmte Mengen und Preise über einen festgelegten Zeitraum beinhalten (*power purchase agreement* zwischen ESCO und Gebäudebesitzer). Diese Geschäftsmodelle sind komplex, aus Kosten- und Skalierungsgründen wären standardisierte BIPV Produkte von großem Vorteil. Eine wesentliche Eigenschaft dieser Contracting-Modelle besteht in der Auslagerung des Investitions- und Betriebsrisikos vom Gebäudebesitzer an das ESCO.

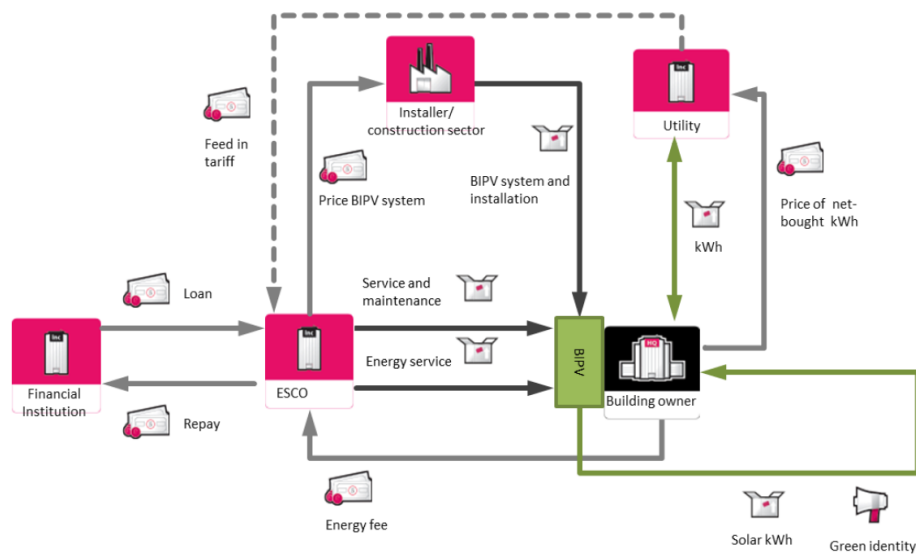


Abbildung 17: Geschäftsmodell Produkt-Service System/Energie-Contracting

Nationale Rahmenbedingungen und Fördermechanismen von BIPV Anlagen (D2.1)

Für sieben EU Mitgliedsstaaten (AT, BE, DEN, FR, NL, SP, SWE) wurden die derzeitigen nationalen Rahmenbedingungen und Fördermechanismen von BIPV Anlagen (2017 – 2018). JR hat hier die Rahmenbedingungen für Österreich erhoben. Die erhobenen Daten orientieren sich methodisch an einem von Experten der IEA PVPS Task1 ausgearbeiteten Bericht zum Thema PV Eigenverbrauch (Masson G. et al., 2016). Ein Vergleich zeigt zum Beispiel auf, dass Österreich unter den berücksichtigten Ländern das einzige Land ist, in dem es für BIPV Anlagen im Vergleich zu BAPV Anlagen eine höhere Investitionsförderung gibt. In den anderen Ländern wird nicht zwischen BAPV und BIPV unterschieden (Ausnahmen z.B. die erwähnte inzwischen ausgelaufene Förderung in Frankreich). In den meisten Ländern ergeben sich die Haupteinnahmen aus der BIPV Anlage durch den reduzierten Strombezug aus dem öffentlichen Netz und den daraus resultierenden Minderkosten. PV Einspeisetarife sinken generell und verlieren zunehmend an Bedeutung. Daher ist der möglichst weitgehende Vor-Ort Eigenverbrauch des erzeugten Stroms von zunehmender Bedeutung. In diesem Zusammenhang gewinnen auch gemeinschaftliche BIPV Anlagen an Bedeutung. Noch wurden nicht für alle EU Länder die rechtlichen Rahmenbedingungen dafür definiert. Österreich hat hier mit der EIWOG Novelle 2017 bereits einen wichtigen Schritt gesetzt, der es erlaubt den PV und BIPV Strom, unter

Einhaltung fixierter Regeln, gemeinsam in einem Mehrparteienhaus zu nutzen. Jetzt gilt es, noch weitere Regelungen, z.B. für die gemeinsame Nutzung von Erzeugungsanlagen im Quartier zu definieren. Hierzu gibt es in Österreich im Rahmen des derzeit vorgeschlagenen und diskutierten Erneuerbaren Ausbau Gesetzes erste Vorstellungen unter dem Begriff der „lokalen Energiegemeinschaften“ (BMNT, 2018).

Wichtig ist noch festzustellen, dass sich derzeit die rechtlichen Rahmenbedingungen kontinuierlich verändern. Diese Entwicklungen können teilweise erst kürzlich im Einsatz befindliche Geschäftsmodelle wieder schnell zu Falle bringen. Andere Entwicklungen können aber auch als Stimulatoren wirken. Ein künftiger Stimulator für die Errichtung von mehr BIPV Anlagen in der Zukunft ist die EU Gebäuderichtlinie und ihre nationale Umsetzung in den EU Mitgliedstaaten was Niedrigstenergie- und Plusenergie Gebäude betrifft. So hat beispielsweise das Land Wien in seiner Bauordnung bereits für neue Bürogebäude das Errichten einer PV oder BIPV Anlage vorgeschrieben (1 kWp pro 100 m²).

5.2.3. Konzipierung neuer Geschäftsmodelle

Derzeit wird von ST B ein zweiter internationaler Bericht zum Thema Konzipierung neuer, in die Zukunft gerichteter Geschäftsmodelle für BIPV Anlagen erstellt (Benson et al., in Vorbereitung), der die Ergebnisse aus dem internationalen Arbeitsschritt 3 (ST B 3) beinhaltet. Zur Konzipierung dieser Geschäftsmodelle wurde ein von UXBerlin entwickeltes Canvas herangezogen (siehe Abbildung 18). UX Berlin organisierte 2017 mit den Teilnehmern von IEA PVPS Task 15 ST B einen eintägigen Workshop zur Geschäftsmodell-Entwicklung.

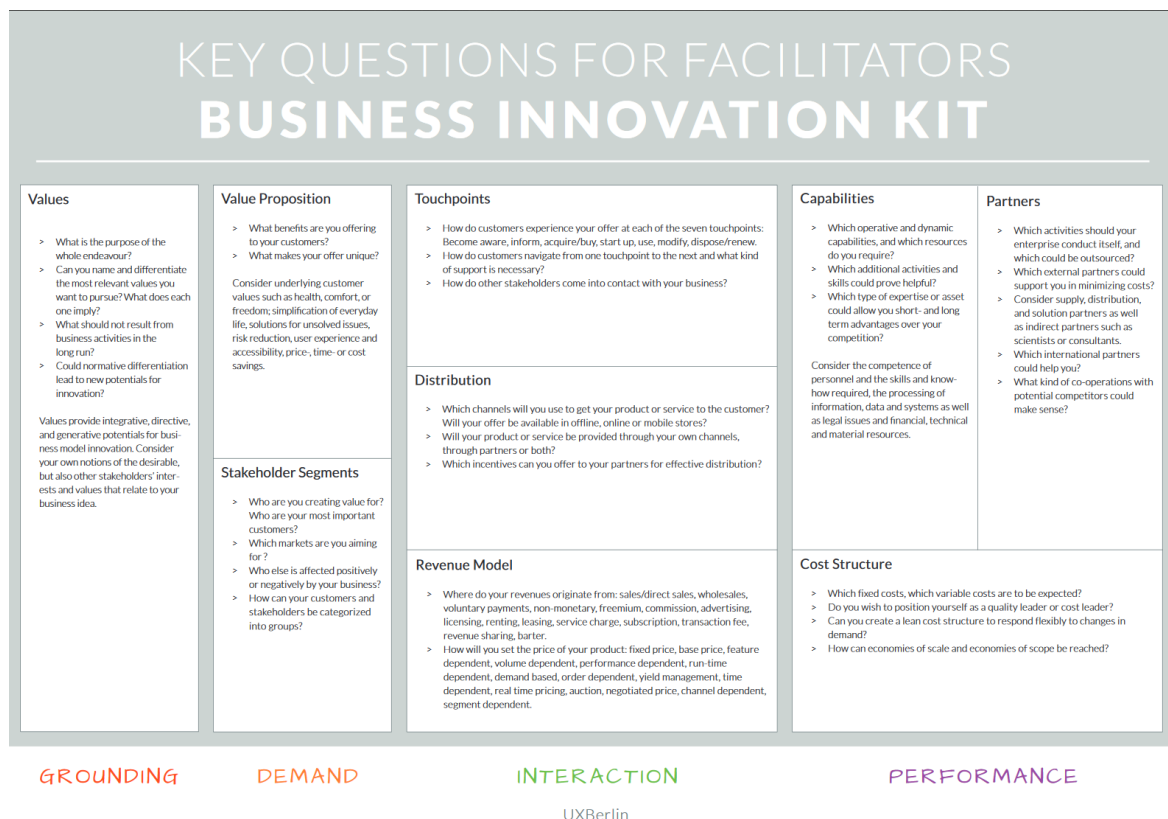


Abbildung 18: Geschäftsmodell Canvas UX Berlin

In dem als Entwurf vorliegenden internationalen Bericht werden folgende fünf Geschäftsmodelle (GM) näher dargestellt:

1. Zwei projektbasierte GM für den Wohnbau:

- a) Ein "One-Stop-Shop" GM für Einfamilienhäuser: In den Niederlanden haben BIPV Systemlieferanten über neue Start-Up Firmen ein neues Geschäftsfeld erschlossen, indem sie Einfamilienhausbesitzern in einem One-Stop-Shop ein BIPV Gesamtdach anbieten. Dieser umfasst das konkrete Design, die Planung, die Konstruktion, die Installation und die Kommissionierung des BIPV Daches und ist sowohl für Neubauten als auch bei Dachrenovierungen von bestehenden Gebäuden interessant.
- b) Hausbesitzer GM für Mieter im Mehrparteienhaus (Neubau): Abgeleitet aus den Ergebnissen des Projektes PV4residents (s. Woess-Gallasch S. et al., 2017), wurde von JR ein GM entwickelt das es ermöglicht, den aus einer BIPV-Anlage erzeugten Strom gemeinsam in einem Mehrparteienhaus zu nutzen. Der Hausbesitzer errichtet und betreibt die BIPV-Anlage (dach- oder fassaden-integriert) im Rahmen eines Neubaus und kann bereits bei der Suche der Mieter als Gesamtpaket auch eine bestimmte Menge an nachhaltigem Strom anbieten. So kann von einer Teilnahme aller Mieter ausgegangen werden. Die Investitionskosten für die BIPV Anlage sind Teil der Gesamtinvestition und im Mietpreis inkludiert. Evtl. höhere Mietkosten stehen geringeren Betriebskosten, insbesondere reduzierten Stromkosten gegenüber. Die Umsetzbarkeit des Modells hängt stark vom nationalen regulatorischen Kontext ab. Innerhalb der EU werden solche Modelle jedoch im Rahmen der nationalen Umsetzung des „Clean Energy Package“ flächendeckend möglich werden.

2. Ein produktbasiertes GM für ein Wirtschaftsgebäude:

Dieses GM für den BIPV Erzeuger stellt dar, wie und welche BIPV Produkte er für Wirtschaftsgebäude wie Bürogebäude und Shopping Malls oder für öffentliche Gebäude wie Schulen und Krankenhäuser anbieten kann. Die Beurteilung des BIPV Anlagen Wertes für die Endkunden beinhaltet Faktoren wie Materialsubstitution, eine reduzierte Stromrechnung, aber auch ästhetische und Marketing-Aspekte durch den „Grünen Status“. Den potentiellen Kunden müssen entsprechende Informationen in einer vereinfachten Form zur Verfügung gestellt werden. Produktpassung, Standardisierung und Serienanfertigung sind wichtige Elemente für kosteneffiziente Angebote. Auch hier wird in Richtung erweiterter Services (z.B. Finanzierung) im Vergleich zum „reinen“ Verkauf von Produkten gedacht (s. auch folgende zwei Modelle).

3. Zwei servicebasierte GM für kommerzielle Gebäude:

- a) Ein GM das BIPV als Werbemittel einsetzt: Bei diesem GM wird durch die Gestaltung der BIPV Fassadenanlage als Werbemittel ein zusätzlicher Wert angeboten. Die BIPV Fassade kann durch entsprechende Gestaltung, z.B. durch Integration von LEDs, als Werbeträger dienen und darüber Einnahmen generieren. In Brüssel wurde dieses Modell für ein Hotel erstmals umgesetzt. Auf der Fassade ist durch LEDs das Logo des im Gebäude befindlichen Hotels dargestellt. Dies könnte ein künftiges Geschäftsfeld für BIPV Installateure werden.
- b) Service-basiertes ESCO GM für kommerzielle Gebäude: In diesem GM betreibt ein Energiedienst-leistungsunternehmen (Energy Service Company, ESCO) die BIPV-Anlage. Ein Akteur aus dem BIPV Geschäftsfeld oder aber ein Energielieferant könnte die Funktion einer ESCO übernehmen. Die BIPV-Anlage wird von der ESCO errichtet, finanziert und betrieben (andere Varianten sind denkbar). Ein wesentliches Element des ESCO stellt die Vernetzung mit

den relevanten Akteuren da, dazu könnten Partnerschaften mit BIPV Herstellern und Elektrikern sowie Architekten geschaffen werden. Kunden sind Gebäudebesitzer und die Bewohner dieser Gebäude. Die ESCO sollte dabei in der Lage sein, mit diesen Diensten den Kunden den erzeugten Strom günstiger als den Strombezug über das öffentliche Netz anbieten zu können. Dieses GM ist insbesondere für Länder interessant, die PV und BIPV Gemeinschaftsanlagen bereits rechtlich ermöglicht haben.

5.2.4. Übertragbarkeit der Geschäftsmodelle für Österreich / Best Practice³⁶

Die Reduktion bzw. der mittelfristige Wegfall von Einspeisetarifen zugunsten von Marktprämien sowie neue Förderungen von gemeinschaftlichen Erzeugungsanlagen nach der ElWOG Reform 2017 werden durch eine weitergehende Anpassung des nationalen Rahmens im Hinblick auf neue Geschäftsmodelle ergänzt (aktuelle Ausarbeitung des Erneuerbaren Ausbau Gesetzes [EAG], s. BMNT, 2018). Vor diesem Hintergrund sind Direktverbrauchsmodelle, auch unter Einbindung mehrerer verbrauchender Parteien vor Ort von besonderer Bedeutung („erneuerbare Gemeinschaftserzeugungsanlagen“). Während dieser Rahmen für PV allgemein gültig ist, stellt die BIPV aufgrund ihrer Komplexität erhöhte Anforderungen an die technische Integration sowie die Koordination verschiedener Akteure. So ist beispielsweise neben der Funktion der PV-Anlage auch z.B. deren Schutzfunktion als Teil des Daches oder der Fassade zu berücksichtigen. Gebäudeeigentümer bzw. Bauherren verfügen, insbesondere im Einfamilienhaus, in der Regel nicht über die nötigen Kompetenzen um die Anforderungen selbst zu bewerten bzw. die Koordination zwischen den involvierten Akteuren gut steuern zu können.

Vor diesem Hintergrund werden im Folgenden entsprechende oben bereits erläuterte, international ausgearbeiteten Geschäftsmodelle (GM) für den österreichischen Kontext genauer betrachtet:

1. “One-Stop-Shop” GM für Einfamilienhäuser
2. Hausbesitzer GM für Mieter im Mehrparteienhaus (Neubau)
3. Service-basiertes ESCO GM für kommerzielle Gebäude

One-stop-shop GM für Einfamilienhäuser

Auf internationaler Ebene, aber auch für Österreich, wurde im Sinne eines vereinfachten Zugangs zu einer BIPV-Anlage der Bedarf an „one-stop-shops“ diskutiert, also Anbietern welche sämtliche Koordinationsaufgaben sowie die (Koordination von) Planung, Bau und Inbetriebnahme als Gesamtpaket übernehmen. Das oben genannte Geschäftsmodell, welches beispielsweise bereits in den Niederlanden für dachintegrierte BIPV-Anlagen umgesetzt wird könnte daher einen wesentlichen Mehrwert, insbesondere für den Ausbau der BIPV bieten. Aufgrund der erwähnten erhöhten Komplexität der BIPV im Vergleich zu BAPV ist hier insbesondere für Einfamilienhaus-Besitzer eine für die Endkunden einfach zugängliche Lösung entscheidend. Dachintegrierte Lösungen kommen vorrangig für Satteldächer infrage, die derzeitige Tendenz in Richtung Flachdächer bei Neubauten schränkt das Potenzial auf die Sanierung bestehender Einfamilienhäuser mit Satteldächern und Neubauten mit Satteldach ein. Letztendlich könnte dieses Geschäftsmodell auch auf Fassaden ausgedehnt werden, hier dürften jedoch die vergleichsweise höheren Kosten noch eine zusätzliche Barriere darstellen.

³⁶ Diese qualitative Analyse entspricht dem nationalen Milestone M2.3 und Deliverable 2.2.

Hausbesitzer GM für Mieter im Mehrparteienhaus (Neubau)

Dieses Modell wurde für die internationale Ebene bereits auf Basis der österreichischen Erfahrungen und Projekte ausgearbeitet (insbesondere Projekt PV4residents). In Österreich haben sich bereits mehrere Projekte und Publikationen mit der gemeinschaftlichen Nutzung von PV-Anlagen im MPH beschäftigt, teils auch bereits vor der ElWOG-Novelle 2017 (z.B. Giselbrecht et al. 2011, Buchner et al. 2016, Woess-Gallasch et al. 2017, Posch et al. 2018) und entsprechende Modelle befinden sich im Umsetzung. Die BIPV findet hier bislang jedoch kaum Beachtung.

Im Österreichischen Kontext ist zu berücksichtigen, ob es durch eine Trennung von Anlagenbetreiber und Stromverbraucher zu einem Lieferverhältnis bzgl. der konsumierten Elektrizität kommt. Die ElWOG-Novelle 2017 (§ 16a) sieht für den Fall gemeinschaftlicher Erzeugungsanlagen die Bestimmung eines Betreibers durch die teilnehmenden Berechtigten vor. Die mögliche Ausrichtung des Erneuerbaren Ausbau Gesetzes 2020 (EAG 2020) sieht hier, in Umsetzung der europäischen Erneuerbaren-Richtlinie 2018 (RED II) vor, dass der „Aufbau von bilateralen Lieferverträgen, und ebenso genossenschaftsähnlichen Strukturen zur Erzeugung, Speicherung und Lieferung von erneuerbarem Strom auch über Liegenschaftsgrenzen hinweg“ ermöglicht wird (BMNT 2018). In beiden Fällen werden mit aktuellem Stand jedoch keine Details zu einem möglichen Lieferverhältnis angeführt. In Fällen, in denen die Elektrizität an sich durch einen externen Betreiber an die Endkunden (Gebäudenutzer) vertrieben wird, ist daher zu prüfen, ob die Pflichten eines Energielieferanten zu erfüllen sind (vgl. Buchner et al. 2016, Woess-Gallasch et al. 2017, Posch et al. 2018). Im Rahmen des EAG 2020 ist als Erleichterung von Eigenverbrauchsanlagen der Wegfall der Eigenstromsteuer vorgesehen, welche bislang ab einem Eigenverbrauch von 25.000 kWh abgeführt werden musste. Zudem sollen Investitionshindernisse im Wohn- und Anlagenrecht beseitigt, sowie wohnzivilrechtlicher Rahmenbedingungen für die Nutzung von Photovoltaik-Gemeinschaftsanlagen angepasst werden (BMNT 2018).

Service-basiertes GM für kommerzielle Gebäude

Während Contracting-Modelle für PV-Anlagen in Österreich schon vielfach existieren, steht bei der Kombination von BIPV und der Anwendung in einem kommerziellen Kontext neben der Stromerzeugung auch der Repräsentationswert („grüner Status“, Marketingwert...) mit allen ästhetischen Gestaltungsfreiräumen der Gebäudeintegration im Vordergrund. Der Anbieter des Modells würde die Installation und den Betrieb als Service anbieten. Es steht also nicht der Verkauf eines Produkts im Vordergrund, sondern die Gesamtanlage wird als Service angeboten. Auch in diesem Kontext ist im österreichischen Kontext auf das oben erwähnte Lieferantenverhältnis zu achten. Dieses stellt kein Problem dar wenn der Anbieter ein Energieversorger ist. Alternativ könnte das Lieferverhältnis vermieden werden, indem der Anlagenutzer (Kunde/Gebäudebesitzer) formal den Betrieb der Anlage übernimmt und somit zum Produzenten sowie Konsumenten des produzierten Stroms wird (siehe z.B. power@work Endbericht). Dies steht jedoch in gewissem Gegensatz zum „rundum sorglos“-Paket, welches bei diesem Geschäftsmodell angedacht war. Ein wesentlicher Vorteil solch eines Angebots für die Kunden besteht in der Übernahme der Anfangs-Investition sowie der technischen Risiken durch den Anbieter. Das Potential für solche Geschäftsmodelle in Österreich ist sicherlich vorhanden und ausbaubar.

Empfehlungen für Österreich

Zusammenfassend ist hervorzuheben, dass die notwendige zunehmende Ausrichtung auf Direktverbrauch für die BIPV aufgrund der im Vergleich zu BAPV höheren wirtschaftlichen Herausforderung von noch höherer Relevanz ist. Österreich hat hier insbesondere mit der ElWOG-

Novelle 2017 bereits eine gute Grundlage für den Mehrparteien-Bau geschaffen. Um beispielsweise Überschuss-Strom auch an benachbarte Liegenschaften zu verkaufen, wie dies etwa in der Schweiz schon seit einigen Jahren möglich ist, werden zukünftige, noch weitere Direktvermarktungsmöglichkeiten über das Einzelgebäude hinaus neue Möglichkeiten eröffnen. Dies gilt auch für kommerzielle Gebäude und Mischnutzungen. Hier gibt der Europäische Rahmen bereits die Richtung vor. Details des neuen österreichischen Erneuerbaren Ausbau Gesetzes werden hier jedoch wesentlich sein, Elemente wie der Wegfall der Eigenverbrauchsabgabe könnten für einige Geschäftsmodelle den entscheidenden Mehrwert darstellen. Wichtig wäre insbesondere für den Wohnbau auch die bereits angedachte Harmonisierung mit dem Miet- und Baurecht konsequent umzusetzen.

Bis jetzt finden BIPV-Anlagen im mehrgeschossigen Wohnbau in Österreich nur sehr begrenzt Anwendung. Dies könnte sich jedoch angesichts der gegenwärtigen Klima- und Energiepolitik und insbesondere der an Bedeutung gewinnenden *Nearly Zero Energy* Gebäude in Kürze ändern. Bei beispielsweise der regionalen Ausschreibung in der Steiermark zu gemeinschaftlich nutzbaren PV-Anlagen im Wohnbau wurden auch BIPV-Anlagen eingereicht. Eventuell wäre hier zu überlegen ob als Starthilfe einige wenige Pilotprojekte noch eine umfassendere Investitionsförderung erhalten.

Mehr Vernetzung und Dissemination von Wissen unter den beteiligten Stakeholdern kommen auch der Umsetzung der dargestellten Geschäftsmodelle zu Gute. Neue Geschäftsmodellideen wie beispielsweise die Einführung von „One-stop-shop“ Anbietern für private Einfamilienhäuser oder ESCOS in Österreich könnten auch durch entsprechende Anfangsförderungen Unterstützung finden sofern wesentliche Marktbarrieren bestehen. Wichtig ist auch eine Standardisierung von BIPV Produkten, um eine Kostensenkung zu erreichen welche die Marktchancen wesentlich erhöhen würde (s. auch Subtask C in folgendem Kapitel).

5.3. Subtask C – Internationale Rahmenbedingungen und Entwicklungen der BIPV Standardisierung und Normierung

Dieser Subtask bezieht sich auf die Umsetzungsprobleme von BIPV hinsichtlich Anforderungen, Spezifikationen und Vorschriften. Die Subtask zielt darauf ab, internationale Unterschiede bei der Umsetzung von Problemen zu überwinden und ein weltweit gleiches Spielfeld für die Entwicklung und Anwendung von BIPV zu schaffen. Subtask C geht hierbei spezifisch auf die europäischen Normenentwürfe „prEN 50583;2012 „Photovoltaic in Buildings“ und „ISO 18178 2015-06-08 Glass in buildings –Building integrated PV“ ein und Probleme, die mit dieser Normierung im Kontext mit anderen internationalen Standardisierungen auftreten werden aufgezeigt.

Seit der Einreichung des Projektes wurde der Normenentwurf „pr EN 50583;2012“ in die europäische sowie die nationale Normierung aufgenommen und ist als nationale Norm als ÖVE/ÖNORM EN 50583 - Photovoltaik im Bauwesen in Kraft getreten. Durch diese Tatsache haben sich die Orientierung und der Schwerpunkt des Tasks leicht geändert, was jedoch nichts an den definierten Arbeitspaketen und Zielen im nationalen und internationalen Konsortium ändert. Das Konsortium rund um den Task 15 wurde als wichtige Instanz im Bereich der BIPV erkannt, kann aber nicht als Normengremium auftreten, jedoch die Meinung des Anwenders gegenüber den relevanten Normengremien IEC und ISO vertreten und die Kommunikation zwischen diesen Gremien unterstützen. Dies wurde ebenfalls im internationalen Task Meeting in Marrakech / Marokko (November 2016) festgehalten und die Arbeitsgruppe des Task 15 verfolgt somit nicht das Ziel, einen eigenen Standard zu definieren, sondern

Vorschläge hinsichtlich des Bedarfs, der Funktionalität und der Harmonisierung zur BIPV abzugeben. Somit entspricht das internationale Ziel der Arbeitsgruppe C im Task 15 noch immer den nationalen Erwartungen, trotz der geänderten Rahmenbedingungen. Im Laufe der Durchführung des IEA Task 15 Projektes intensivierte sich insbesondere der Austausch zur IEC-Normierungsgruppe zu PV-Modulen.

Es zeigte sich, dass der IEA Task 15 zu einem sehr geeigneten Zeitpunkt die internationale Diskussion um neue Normentwürfe zu BIPV durch die enge und intensive Zusammenarbeit einer weltweiten Arbeitsgruppe bereichern konnte: Das IEC/TC 82 zu PV-Modulen hat während der Laufzeit des Projektes eine eigene Arbeitsgruppe zur BIPV-Normung einberufen und den IEA Task 15 offiziell zur Benennung von Fachleuten zur informellen Partizipation und Beratung eingeladen. Zwei Normentwürfe (NP = New Work Item Proposals) zu BIPV aus Südkorea:

- IEC 82/888/NP - Photovoltaic modules for building curtain wall applications
- IEC 82/1055/NP - Photovoltaics (PV) on roof

Diese wurden während der Beratungszeit vom IEC fallen gelassen. Stattdessen wurde aufbauend auf der zwischenzeitlich in Europa in Kraft getretenen BIPV-Norm EN 50583 die Erstellung einer weltweiten generell für BIPV geltenden IEC-Norm gestartet (IEC/TC 82, Projektteam 63092). Zugleich wurde vom ISO TC 160/SC1 entgegen vorheriger Aussetzung und zwischenzeitlichen Absprachen mit dem IEC die BIPV-Normen zukünftig gemeinsam zu entwickeln, eine weltweite Norm zu Photovoltaik in laminiertem Glas verabschiedet und im Jahr 2018 publiziert: „ISO/TS 18178:2018 - Glass in building - Laminated solar photovoltaic glass for use in buildings“. Insofern findet das nationale / internationale Projekt IEA Task 15 zu einer Zeit statt, in welcher international intensiv an Lösungen zur BIPV-Standardisierung gearbeitet wird.

Internationale Definition von BIPV

Das Gremium der Task 15 ist zunächst davon ausgegangen, dass es sinnvoll sei, der Definition im Standard EN 50583 zu folgen. Zwischenzeitlich wurde jedoch deutlich, dass die Definition der EN 50583 eine in sich nicht schlüssige Definition von BIPV hat. Im Zuge der Bearbeitung und genaueren Betrachtung der Norm EN 50583 sowie der EU-Bauproduktenrichtlinie wurden seitens des österreichischen Projektkonsortiums Widersprüchlichkeiten und Begriffskonflikte festgestellt, welche auch im Rahmen des internationalen Task 15 Meetings in Uppsala (September 2017), sowie in Tokyo (Februar 2018), sowie in Wien (Juni 2018) diskutiert und eingebracht wurden – in Person durch Astrid Schneider (AIT). Diese Widersprüchlichkeiten betreffen vorwiegend fehlerhafte Interpretationen und Begriffsdefinitionen der Bauproduktenrichtlinie innerhalb der BIPV-Norm EN 50583. Die Europäische Bauproduktenrichtlinie wurde als EU-Gesetz ein zentraler Bezugspunkt der EN 50583. Die davon ausgehenden Schwierigkeiten liegen jedoch vor allem darin:

- Bauprodukte gemäß der EU-Bauproduktenrichtlinie sind alle materiellen (Bau-) Produkte, welche fest und dauerhaft mit dem Bauwerk verbunden sind. Dies können jedoch auch z.B. Aufdach-PV-Anlagen (roof top PV) oder dem Bauwerk angeheftete PV-Anlagen die als ‚BAPV – Building attached Photovoltaics‘ bezeichnet werden sein, welche gemeinhin nicht als ‚BIPV Building integrated Photovoltaic‘ gelten und keine ‚Bauhüllenfunktion‘ haben
- Der Begriff ‚Bauprodukt‘ gemäß EU-Bauproduktenrichtlinie kommt zudem aus dem Produktrecht und somit aus dem europäischen Handelsrecht. Das bedeutet, der Begriff

„Bauprodukt“ ist nicht „technisch“, bautechnisch oder naturwissenschaftlich definiert, sondern ist eine handelbare Einheit aus dem Baubereich. Daraus ergibt sich, dass es sehr schwierig ist, eine technische Norm auf dem Begriff des Bauproduktes zu fußen.

- Die Geltung der in der EN 50583 zitierten Baunormen hingegen lässt sich nicht auf Bauwerksintegrierte Photovoltaik oder „Bauhüllenprodukte“ beschränken, sondern gilt eben für alle „Bauprodukte“ und alle „Bauwerke“ in der jeweils anwendbaren Form
- Des Weiteren sind die in der EN 50583 zitierten „Requirements“ für Bauprodukte nicht etwa Funktionen, sondern Verbraucherschutz-Anforderungen und können ebenfalls nicht zur Definition von „BIPV“ herangezogen werden, da sie nicht nur für alle Bauprodukte, sondern eben auch für die dazu gehörenden „roof top“ und „BAPV“-PV-Module entsprechend gelten.

Die Beiträge des Österreichischen IEA Task 15 Zuarbeit wurden entsprechend aufgenommen vom STC und finden sich dementsprechend in einer internationalen Publikation aus ST C. Die vom Subtask C (STC) empfohlene Definition bezieht die oben benannten Definitionsschwierigkeiten ein und lautet nun so:

- *“A BIPV module is a PV module and a construction product together, designed to be a component of the building. A BIPV product is the smallest (electrically and mechanically) non-divisible photovoltaic unit in a BIPV system which retains building-related functionality. If the BIPV product is dismantled, it would have to be replaced by an appropriate construction product.”*
- *“A BIPV system is a photovoltaic system in which the PV modules satisfy the definition above for BIPV products. It includes the electrical components needed to connect the PV modules to external AC or DC circuits and the mechanical mounting systems needed to integrate the BIPV products into the building.”*

Zudem enthält diese erste Publikation aus ST C eine internationale Übersicht der BIPV-Definitionen der am IEA-Task 15 teilnehmenden Länder. Resultierend aus der intensiven Arbeit der Subtask C heraus gab es in diesem Zusammenhang in weiterer Folge seitens des IEC Normengremiums (IEC/TC 82, Projektteam 63092) den Aufruf an alle IEA PVPS Task 15 Subtask C ExpertInnen und TeilnehmerInnen, sich an der weiteren Diskussion und inhaltlichen Hilfeleistung zur Erstellung einer verbesserten IEC Norm zu beteiligen und aktiv einzubringen. Dieser Aufruf wurde im Rahmen des Projektmeetings in Uppsala aufgegriffen und an alle TeilnehmerInnen kommuniziert. Auf diese Weise soll eine aktualisierte Version der IEC Norm zu BIPV, aufbauend auf die EU BIPV-Norm EN 50583 und den Erkenntnissen des internationalen Task 15 Konsortiums erarbeitet werden. Das österreichische Konsortium ist hierbei durch Karl Berger (AIT – Austrian Institute of Technology) im IEC Normengremium vertreten. Im Rahmen des internationalen Task 15 Meetings in Wien (Juni 2018) fand ein erstes gemeinsames Meeting von internationalen Task 15 ExpertInnen und dem IEC/TC82 Normengremium am AIT Austrian Institute of Technology statt, ein zweites dann im Herbst 2018 in Freiburg. Mit Stand März 2019 ist nun ein erster Draft der im Entwurf befindlichen „IEC 63092-1“ zirkuliert worden zur IEA Task 15 Konsultation. Ein BIPV-Modul wird hier nun folgendermaßen definiert:

„Building-integrated photovoltaic module – BIPV module Photovoltaic module that provides one or more of the functions of the building envelope.“ Ergänzt wird die Definition durch zwei Hinweise:

NOTE: The building envelope functions shall be, depending on the application, one or more of the following:

- a) Mechanical rigidity or structural integrity
- b) Primary weather impact protection: rain, snow, wind, hail
- c) Shading, daylighting, thermal insulation
- d) Fire protection
- e) Noise protection
- f) Separation between indoor and outdoor environments
- g) Security, shelter or safety

NOTE: If a BIPV module is uninstalled, it would have to be replaced by an appropriate building product.”

Diese im ersten Satz aufgeführte Definition ist zutreffender für die Normenarbeit, als die Definition der EN 50583. Allerdings bleibt die Frage, ob sie sinnvoll ist. Noch immer werden die in der EN 50583 falsch verstandenen Teile der Bauprodukteverordnung erneut falsch übernommen und aus ‚Sicherheits- / Verbraucherschutzanforderungen‘ werden ‚Funktionen‘. Zudem wird eine Beschränkung der ‚Bauwerksintegrierten Photovoltaik‘ auf Elemente der Gebäudehülle vorgenommen. Technisch gesehen, müssen zum Beispiel PV-Module integriert in Bauwerke wie Parkplatzüberdachungen, Vordächer oder zum Beispiel Bifaciale Glass-Glass-Module, welche in einen Gartenzaun integriert sind genau dieselben technischen Spezifikationen einhalten. Sie werden jedoch mit dieser Definition ausgeschlossen. Zudem bleibt der Fakt, dass PV-Module am Gebäude installiert werden können, die zwar weder keine ‚Gebäudehüllenfunktion‘ übernehmen und auch nicht ersetzt werden müssten, falls sie wieder entfernt werden, welche aber dennoch demselben Kanon an technischen Spezifikationen und Normen unterliegen. Zum Zwecke der technischen Normierung hat das AIT daher zwischenzeitlich den Ansatz entwickelt nicht nur alle bauwerksintegrierten, sondern alle Bauwerks-inkorporierten PV-Module zur Basis der Standardisierung zu machen. Denn die Übergänge zwischen ‚integriert‘ (BIPV) und inkorporiert (so genannte BAPV – Building attached PV) ohnehin fließend. Zudem sind sie eben technisch nicht zwangsläufig bedeutsam.

Unabhängig von der Frage der Definition – also welchen Gegenstand die Norm überhaupt behandelt - ist es ohnehin zweifelhaft, welchen Wert eine solche Sammel-Norm wie die bestehende EN 50853 bzw. die IEC 63092 haben, zumal sie nicht mandatiert also nicht verbindlich einzuhalten sind. Einen Wert finden die Normen jedenfalls darin, als sie das normative Framework beschreiben und die meisten relevanten einzelnen Standards aus den verschiedensten Bereichen benennen. Als Sammlung von Fachwissen und fallweise ggf. zu beachtenden technischen Spezifikationen und nationalen sowie internationalen Normen können die ‚Sammel-Normen‘ so jedenfalls dienen.

Trotz allem bleibt zu hinterfragen, ob die oben genannten wertvollen Fachinformationen nicht wesentlich vorteilhafter als Fachbuch veröffentlicht werden sollten, denn als ‚Technischer Standard‘.

Internationale Berichte aus Subtask C:

Neben der umfangreichen inhaltlichen Arbeit und dem weltweiten Austausch sowie der Unterstützung der IEC Normenarbeit zu BIPV konzentriert sich die Arbeit des Subtask C auf das Verfassen von fünf internationalen Berichten. Diese Berichte werden auf der Website der IEA Task 15 zum Download bereitstehen: <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=3>

- **International Definitions of BIPV:** Dieser Report gibt einen umfangreichen Überblick über die internationalen Definitionen für BIPV, insbesondere aus den teilnehmenden Europäischen Partnerländern, sowie aus Japan, Kanada und Südkorea. Link zum Download: http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/national/IEA-PVPS_Task_15_Report_C0_International_definitions_of_BIPV_hr180823_03.pdf
- **Compilation and Analysis of User Needs for BIPV and its Functions:** Dieser ebenfalls in Englischer Sprache verfasste Bericht gibt in sechs Unterkapiteln Überblick über die wichtigsten BIPV-Funktionen und die an diese gerichteten Anforderungen:
 - 2.1 Needs concerning BIPV performance as a building component
 - 2.2 Needs concerning BIPV as an electricity generator
 - 2.3 Needs concerning long-term BIPV operation
 - 2.4 Needs concerning visual impact and interaction with the environment
 - 2.5 Economic needs
 - 2.6 Declaration of Performance

Zu den verschiedenen aufgeführten Funktionen und Nutzeranforderungen werden auch zahlreiche Beispiele gegeben, sowie normative Verweise. Link zum Download: http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/IEA_PVPS_Task_15_STC_C1_Report_20190216_01.pdf

- **Analysis of Requirements, Specifications and Regulations of BIPV:** Der Report C2 ist sicherlich die bisher größte und aktuellste internationale Zusammenstellung von BIPV-relevanten Normen und technischen Standards. Die Zusammenstellung umschließt sowohl elektrische als Baunormen, inklusive einer Darstellung der Geschichte der BIPV-Standardisierung.

Project/Standard	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
ISO 18178	NP			DIS: approved	FDIS: disapproved	NP: Proposed as TS	TS: Issued	
EN 50583 -1 & 2					Issued			
IEC 62980			NP	CD				
Old IEC 63092					NP		Consolidated as IEC 63092	
New IEC 63092 -1 & 2						NP		CD: On ballot (Formulated joint project team with ISO)

Figure 1: History of BIPV standardization

Abbildung 19 Darstellung der Geschichte der BIPV-Standardisierung (Report C.2, IEA PVPS Task 15 Phase 1)

5.4. Subtask D – Bewertung der Umweltauswirkungen von BIPV

Wenn BIPV-Produkte herkömmliche Komponenten der Gebäudehülle ersetzen, können die Umweltauswirkungen des ausgetauschten Materials eines Gebäudes die allgemeine Umweltbilanz des Gebäudes positiv beeinflussen. Die Analyse von Umwelteinflüssen dieser beiden Aspekte - Material und Energie - in BIPV werden üblicherweise getrennt durchgeführt. Das Ziel dieses Subtasks bestand daher darin, einen allgemeinen Rahmen für die Quantifizierung der Umweltauswirkungen von BIPV-Systemen für Energie- und Gebäudefunktionen auszuarbeiten. Neben der Recherche von vorhandenem Wissen und Herangehensweisen zur Umweltbewertung von PV / BIPV, setzte sich diese Subtask zum Ziel eine Methode für die Umweltbewertung von BIPV-Elementen in Gebäuden zu entwickeln. Hierbei wurde eine Vorgangsweise zur Bewertung von Umweltauswirkungen der BIPV in Anlehnung an die Erkenntnisse des IEA PVPS Task 12 (Nachhaltigkeit von Photovoltaik) entwickelt. Innerhalb des Task 12 wurde bereits eine Prozesskette und Lebenszyklusbewertung für PV-Elemente entwickelt. Diese Methode wird für den ST D in Task 15 herangezogen und auf die spezifischen Eigenschaften von BIPV hin adaptiert. Gewählte Vorgehensweise für ST D sind demnach wie folgt:

- Recherche zu bestehendem Wissen hinsichtlich Umweltauswirkungen von PV/BIPV
- Entwicklung einer BIPV fokussierten Vorgehensweise zur Bewertung von Umweltauswirkungen in Verschränkung zu den in Task 12 entwickelten „Methodology Guidelines on Life Cycle Assessment of Photovoltaic Electricity“ – Erweiterung und Anpassung der Prozesskette welche bereits für die PV besteht
- Überprüfung und Evaluierung der Vorgehensweise mittels eines Fallbeispiels.
- Abschätzung von Möglichkeiten wie Materialrecycling von BIPV im Rahmen der Umweltbewertung berücksichtigt werden kann.

5.4.1. Recherche zu bestehendem Wissen hinsichtlich Umweltauswirkungen von PV/BIPV

Die Definition von BIPV gemäß Subtask C und basierend auf EN 50583 und der Europäischen Bauproduktenverordnung (CPR) 305/2011 lautet (Technical Secretariat of European Commission, 2015 and Payet et al., 2014):

„Photovoltaikmodule gelten als gebäudeintegriert, wenn die PV - Module ein Bauprodukt bilden, das zur dauerhaften Einarbeitung in Bauwerke oder Teilen davon hergestellt und in Verkehr gebracht wird und deren Leistung sich auf die Leistung des Systems auswirkt Bauarbeiten hinsichtlich der grundlegenden Anforderungen an Bauarbeiten.“

BIPV ist daher eine multifunktionale Technologie, die sowohl in neue als auch in bestehende Gebäude integriert werden kann. Subtask C in Task 15 formulierte außerdem eine Definition eines BIPV-Produkts und eines BIPV-Systems auf der Grundlage der EN 50583 wie folgt:

„Ein BIPV-Produkt ist die kleinste (elektrisch und mechanisch) nicht teilbare Photovoltaik-Einheit in einem BIPV-System, die die Funktionalität des Gebäudes beibehält. Eine BIPV-Anlage ist eine Photovoltaik-Anlage, bei der die PV-Module der obigen Definition für BIPV-Produkte entsprechen. Dazu gehören die elektrischen Komponenten, die zum Anschluss der PV-Module an externe AC- oder DC-Stromkreise erforderlich sind, sowie die mechanischen Montagesysteme, die zur Integration der BIPV-Produkte in das Gebäude erforderlich sind.“

BIPV, im Vergleich zu herkömmlicher PV, weisen daher zumindest eine Doppelfunktion auf (z.B. als Wetterschutz und Energie erzeugende Elemente), das beeinflusst auch die Zuweisung bestimmter Umweltauswirkungen bei Umweltbewertungen. Bei Bedarf erfolgt hierbei eine Allokation der Fertigungsanstrengungen von BIPV-Panels anhand klar beschriebener Kriterien bzw. eine klar beschriebene Vorgehensweise, um unzureichende / doppelte Zuweisung von Umweltauswirkungen soweit wie möglich zu vermeiden. Um mögliche Herangehensweisen für BIPV in diesem Zusammenhang zu entwickeln, setzte sich ST D dementsprechend ST D zunächst zum Ziel, relevante LCA Richtlinien für PV und Gebäude zu erfassen, um darauf aufbauend Empfehlungen für Richtlinien zur Bewertung von BIPV abzuleiten. Hierzu wurde in enger Zusammenarbeit mit der Subtask-Leitung, als Grundlage für Lebenszyklus-Assessments für Photovoltaik und Gebäude, ein internationaler Bericht erarbeitet. Dieser Bericht umfasst die Analyse der gängigen LCA Guidelines im Gebäude und PV Bereich und stellt diese gegenüber, um Gemeinsamkeiten sowie Widersprüchlichkeiten der unterschiedlichen LCA Guidelines herauszuarbeiten. Ergebnis stellt einen State of the Art-Bericht über *„LCA for PV and Buildings - Overview of existing PEFCR and guidelines“* dar, welcher als internationaler Task-Bericht vorliegt und sich mit existierenden Herangehensweisen für Life Cycle Assessments (LCA) sowie Product Category Rules (PCR) für PV-Systeme und Gebäudebestandteile befasst, mit dem Ziel Synergien und Unterschiede von bestehenden Methoden hervorzuheben. Der Bericht, mit maßgeblicher österreichischer Beteiligung, befindet sich – nach Feedback in Zusammenarbeit mit IEA PVPS Task 12 und einer Überarbeitung nach dem internationalen Task Meeting in Wien (Juni 2018) – zum Zeitpunkt der Erstellung des vorliegenden Berichtes noch im Review-Prozess und wird voraussichtlich bis Ende 2019 über die Task 15 Homepage veröffentlicht. Ein Überblick über erfasste Richtlinien in diesem Zusammenhang, welche im Rahmen dieses Berichtes näher betrachtet wurden, wird durch die nachfolgende Tabelle gegeben.

Table 1: Erfasste Richtlinien im Rahmen der ersten Publikation aus ST D, IEA PVPS Task 15

Richtlinie	Kurzname des Dokuments	Referenz / Quelle	Dokument-Typ
European Commission, 2016, Environmental Footprint Guidance document, - Guidance for the development of Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCRs), version 6.2, June 2017	PEF Guide (European Commission, 2016)	Official Journal of the European Union, 2016	LCA guideline

ISO 14 025:2006 Environmental Labels and Declarations - Type III environmental declaration - Principles and Procedures	ISO 14025 (ISO 14025, 2006)	-	LCA guideline
Production of Photovoltaic modules used in photovoltaic power systems for electricity generation (NACE/CPA class 27.90 "Manufacturing of other electrical equipment")	PEFCR – PV (Technical Secretariat of European Commission, 2015)	Technical secretariat, 2015	PV guideline
PCR Electricity, steam and hot/cold water generation and distribution	EPD PCR (Environmental Product Declarations, n.d.)	PCR CPC 171 & 173, 2013	PV guideline
Methodological framework for assessing the Environmental Impacts of Photovoltaics systems using the Life Cycle Assessment method	REF PV (Payet et al., 2014)	ADEME, 2013	PV guideline
Methodology Guidelines on Life Cycle Assessment of Photovoltaic Electricity (3rd Edition)	LCA-IEA PVPS Task 12 (Frischknecht et al., 2016)	IEA, 2016	PV guideline
EN 15804 – Sustainability of construction works – environmental product declaration - core rules for the product category of construction products	EN 15804 (BRE UK, 2016)	EN 15804, 2012 + A1:2013	Building products guideline
ISO 21930 - Sustainability in building construction – Environmental declaration of building products	ISO 21930 (ISO 21930, 2007)	-	Building products guideline
ISO 14 025:2006 Environmental Labels and Declarations - Type III environmental declaration - Principles and Procedures	ISO 14025 (ISO 14025, 2006)	-	Building products guideline
PCR Product Category Rules for Electrical, Electronic and HVAC-R Products.	PEP ecopassport® PROGRAM.		Building products guideline

5.4.2. Entwicklung einer BIPV fokussierten Vorgehensweise zur Bewertung von Umweltauswirkungen

Eine erste Abstimmung zur Erstellung einer Vorgehensweise zur Bewertung von Umweltauswirkungen von BIPV fand im März 2017 bei dem Joint-Meeting zwischen den internationalen Projekten IEA PVPS Task 12 und Task 15 beim internationalen Meeting in Madrid statt. Von österreichischer Seite wurde nachfolgend auch, in Abstimmung mit dem internationalen Projektkonsortium, ein weiterer Joint-Workshop zum Thema „Sustainable Photovoltaics“ im Rahmen des Österreichischen PV-Kongresses in Wien (März 2018) organisiert³⁷.

³⁷ Link zur Veranstaltung, Sustainable Photovoltaics – Workshop im Rahmen des PV Kongresses 2018: <https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/veranstaltungen/2018/20180319-workshop-sustainable-photovoltaics.php>



Abbildung 20 Joint-Workshop zu Sustainable Photovoltaics in Wien, März 2018

Ziel dieses Workshops war es, die Übertragbarkeit der etablierten Umwelt- und Nachhaltigkeitsbetrachtungen für PV auf BIPV zu erarbeiten. Das erfolgte zwischen nationalen und internationalen Beteiligten aus IEA PVPS Task 12, Task 13 und Task 15 im Rahmen dieses Workshops. Es konnte darauf aufbauend vom Österreichischen Konsortium eine detaillierte Richtlinie zur Vorgehensweise für die Umweltbewertung von Bauwerkintegrierter Photovoltaik gemeinsam mit Experten aus Task 12 erarbeitet werden. Diese Vorgehensweise wurde im Zuge des internationalen Task 15 Meetings in Wien, im Juni 2018, diskutiert und konkretisiert und diente der weiteren beispielhaften Bewertung ausgewählter Case Studies. Die erarbeitete Vorgehensweise gliedert eine Umweltbewertung von BIPV-Systemen in 3 Schritte mit jeweils unterschiedlichen Rahmenbedingungen:

1. **LCA Bewertung von BIPV-Elementen** – Funktionale Einheit: 1m^2 des Gebäudeelements
2. **LCA Bewertung des Stroms aus BIPV** – Funktionale Einheit: 1kWh erzeugte Energie
3. **Vergleichende LCA Bewertung von Gebäude mit und ohne BIPV-Element**, bei Ersatz des jeweiligen Bauteils durch ein herkömmlich verwendetes Bauteil – Funktionale Einheit: 1m^2 Netto-Grundfläche des Gebäudes

Mit der erstellten Richtlinie soll erläutert werden, wie sich der ökologische Fußabdruck eines Gebäudes ändert, wenn ein BIPV-Element ein herkömmliches Element ersetzt. Um dies zu erreichen, muss der ökologische Fußabdruck jedes Bauelements (sowohl BIPV als auch herkömmlich) bewertet werden. Hierbei kann bauwerkintegrierte Photovoltaik dazu beitragen, den ökologischen Fußabdruck von Gebäuden während ihres gesamten Lebenszyklus (z. B. Herstellung, Bau, Betrieb und Lebensende) zu reduzieren. Die Bewertung der Umweltauswirkungen von BIPV mittels Lebenszyklusanalyse (LCA) kann dabei helfen, den ökologischen Fußabdruck von BIPV zu quantifizieren, indem die folgenden Fragen beantwortet werden:

- Wie groß ist der ökologische Fußabdruck eines BIPV-Bauelements?
- Wie groß ist der ökologische Fußabdruck von BIPV-Strom?
- Wie lässt sich die Umweltleistung eines Gebäudes mit BIPV mit einem Gebäude mit identischen Eigenschaften, jedoch ohne BIPV vergleichen?

Die Methodik bzw. genaue Vorgehensweise der LCA von BIPV hängt hierbei von der zu

beantwortenden Frage ab. In den folgenden Abschnitten werden die Hauptschritte für die drei oben aufgelisteten Fragen näher erläutert. Der Inhalt nachfolgend beschriebenen Vorgehensweise zur Umweltbewertung von BIPV mittels Lebenszyklusanalyse fasst die Ergebnisse der Diskussionen der Experten von Task 12, Task 13 und Task 15 Subtask D am 19. März 2018 in Wien zusammen und ist zur Konsultation gedacht³⁸.

Allgemeine Empfehlungen zur Bewertung von BIPV:

- Es wird empfohlen die Anwendung der nachfolgenden Schritte zur Vorgehensweise zu PV LCA und EROI Methodologie von Task 12 (Frischknecht et al. 2015; Rauei et al. 2015), sofern nicht anders erläutert, zu berücksichtigen.
- Das BIPV-Modul, die Unterkonstruktion, die Verkabelung und die Elektronik sollten in einzelnen, separaten Prozessen modelliert werden.
- Die Effizienz von BIPV-Modulen sollte auf Angaben des Herstellers basieren.
- Jeder nachgewiesene Unterschied in der Lebensdauer der BIPV-Elemente gegenüber herkömmlichen PV-Modulen sollte berücksichtigt werden.
- Die LCA der Herstellung von BIPV-Modulen sollte so weit wie möglich und machbar auf Primärdaten basieren.

1. Schritt - Bewertung des BIPV-Bauelements

Wir empfehlen die LCA eines BIPV-Bauelements, um die folgenden Bedingungen einzuhalten:

- Funktionale Einheit: 1 m² (Bruttofläche) des BIPV-Bauelements
- Systemgrenzen: Die LCA sollte das BIPV-Modul (Gebäudeelement), die Unterkonstruktion (spezifisch für das BIPV-Gebäudeelement), Verkabelung und Elektronik (Wechselrichter, Mikrowechselrichter, Optimierer usw.) umfassen.
- Lebenszyklusphasen: Die LCA sollte die Materialversorgung und die Modulherstellung, Installation und Montage, Demontage und Recycling abdecken.
- Es wird empfohlen, die Betriebsphase wegen der Stromproduktion während des Betriebs auszuschließen abhängig von Lage und Ausrichtung des BIPV-Bauelements. Andere Aspekte des Betriebes, wie beispielsweise Reinigung werden in der LCA-Bewertung der BIPV-Elektrizität sowie der vergleichenden LCA von Gebäuden mit und ohne BIPV-Bauelement näher behandelt.
- Für den Vergleich von Gebäuden mit und ohne BIPV empfehlen wir die Analyse von Bauelementen ähnlich den BIPV-Bauelementen, jedoch ohne Solarzellen oder Dünnschichtableiter.

³⁸ Ergebnis-Protokoll des Workshops Sustainable Photovoltaics am 19. März 2018 in Wien; „LCA methodology guidelines on Building Integrated Photovoltaics (BIPV)“; Rolf Frischknecht, Philippe Stolz (IEA PVPS Task 12, Activity 2.1); Datum der Erstellung: 08.05.2018

2. Schritt - Bewertung von BIPV-Strom

Es wird empfohlen folgende Bedingungen für die LCA von BIPV-Strom einzuhalten:

- Funktionale Einheit: 1 kWh Wechselstrom, der von BIPV eines bestimmten Gebäudes erzeugt und in das Netz eingespeist wird.
- Systemgrenzen: Die LCA sollte das BIPV-Modul (Gebäudeelement) und die Unterkonstruktion (abhängig vom jeweiligen BIPV-Bauelement), Verkabelung und Elektronik (Wechselrichter, Mikrowechselrichter, Optimierer, usw.) beinhalten.
- Lebenszyklusphasen: Die Ökobilanz sollte die Materialversorgung und die Modulproduktion, die Installation und Montage, Betrieb, Demontage und Recycling beinhalten.
- Es wird empfohlen, die Stromproduktion (spezifischer Ertrag) von BIPV installiert auf bestimmten Gebäuden mit State-of-the-Art Modellierungssoftware durchzuführen (die Wahl der Software kann von der Planungsphase des Gebäudes abhängen).
- Andere betriebliche Aspekte wie das Reinigen und regelmäßige Inspektionen sollten bei der LCA berücksichtigt werden Betriebsphase. Allokation: Es wird empfohlen, den Anteil des ökologischen Fußabdrucks des BIPV-Bauelements, der auf die Stromerzeugung entfällt, zu ermitteln, indem die zur Stromerzeugung erforderlichen aktiven Elemente (Halbleitermaterial, EVA-Folie, Verkabelung, Elektronik) identifiziert werden. Die restlichen Teile (Wetterschutz: Glasschicht; Unterkonstruktion) werden dem Gebäude zugeordnet.

3. Schritt - Vergleich von Gebäuden mit und ohne BIPV

Es wird empfohlen die vergleichende Ökobilanz eines Gebäudes mit und ohne BIPV, um die folgenden Bedingungen einzuhalten:

- Funktionale Einheit: 1 m² Nettogeschossfläche während eines Jahres oder jede andere Einheit, die den Zweck des Gebäudes am besten widerspiegelt (z. B. Anzahl der Betten in einem Krankenhaus).
- Systemgrenzen: Die Ökobilanz sollte das gesamte Gebäude umfassen. Die Ökobilanz des Gebäudes mit BIPV umfasst insbesondere die Herstellung und Entsorgung der aktiven BIPV-Module (Gebäudeelemente), der Unterkonstruktion (spezifisch für das BIPV-Bauelement), der Verkabelung und der Elektronik (Wechselrichter, Mikrowechselrichter, Optimierer usw.). Die Ökobilanz des Gebäudes ohne BIPV (d. H. Nur passive Bauelemente) umfasst insbesondere die Herstellung und Entsorgung von vergleichbaren passiven Bauelementen (herkömmliche passive Bauelemente). Es wird davon ausgegangen, dass hierbei die Unterkonstruktion, die zur Befestigung der passiven Bauelemente verwendet wird, mit dem Gebäude mit BIPV identisch ist. BIPV-Elemente können dem zu bewertenden Gebäude zusätzliche Funktionen bereitstellen, die den betrieblichen Energiebedarf beeinflussen, wie beispielsweise Abschattung, Wetterschutz und dergleichen. Entsprechende passive Elemente sollten dem gleichen Gebäude ohne BIPV annähernd identische Funktionen bieten (mit Ausnahme der

Stromerzeugung).

- Das Gebäude ohne BIPV-Bauelemente hat die gleichen architektonischen Merkmale (z. B. Fassadendesign, Anteil der transparenten Fenster, feste Schattierungen), die gleiche Größe und die gleiche Funktion wie das BIPV-Bauelement. Der einzige Unterschied besteht in der Fähigkeit des Gebäudes mit BIPV, während des Betriebs Strom zu erzeugen.
- Lebenszyklusphasen: Die Ökobilanz sollte die Materialversorgung und die Modulherstellung, Installation und Montage, Betrieb, Demontage und Recycling abdecken.
- Die Umweltauswirkungen der Materialversorgung und der Modulfertigung, -installation und -montage sowie der Demontage und des Recyclings werden vollständig dem zu bewertenden Gebäude zugeschrieben. Der im Betrieb erzeugte Strom wird abhängig von der vertraglichen (wirtschaftlichen) Situation und dem Anteil des Eigenverbrauchs dem Stromverbrauch des Gebäudes und / oder dem regionalen Strom-Mix zugeschrieben. PV-Strom, der in das Netz eingespeist wird (der Anteil, der nicht selbst verbraucht wird) zeigt den ökologischen Fußabdruck von BIPV-Strom, wie weiter oben erläutert. Die Umweltauswirkungen von dem in das Netz eingespeisten PV-Stroms werden von den Umweltauswirkungen des Gebäudebetriebs (bezogen auf die Raumheizung, Warmwasserbereitung, usw.) abgezogen.
- Es wird empfohlen, die jährliche Stromproduktion (spezifischer Ertrag) von BIPV, die in einem bestimmten Gebäude installiert ist, mithilfe einer modernen Modellierungssoftware zu bestimmen. Die Lebensdauer der BIPV-Module wird, sofern nicht anders bekannt, auf 30 Jahre geschätzt (gemäß den allgemeinen IEA PVPS Task 12-Richtlinien für die LCA-Bewertung von PV-Strom).
- Der (identische) Strombedarf des Gebäudes (mit und ohne BIPV-Bauelemente) wird durch BIPV-Strom (nur Gebäude mit BIPV) und durch Strom aus dem Netz (beide Alternativen) gedeckt. Der Eigenverbrauchsanteil des Gebäudes mit BIPV sollte auf zwei Arten ermittelt werden: 1) auf der Grundlage eines jährlichen Saldos; 2) basierend auf dem Anteil des gleichzeitigen Stromverbrauchs (z.B. in 15-Minuten-Intervallen gemessen / modelliert).

5.4.3. Überprüfung und Evaluierung der Vorgehensweise mittels eines Fallbeispiels.

Die für die Überprüfung der entwickelten Vorgehensweise erforderlichen Case Studies wurden zum Teil Gebäude mit BIPV- aus ST A verwendet und Daten aus IEA PVPS Task 12 und weiteren IEA-unabhängigen Quellen herangezogen. Als nationales Beispielprojekt aus Österreich wurde zunächst das BIPV-System des Hauptgebäudes der Firma Fronius („Fronius Active Energy Tower“ – Froniusplatz 1 / 4600 Wels) gewählt, welches auch in ST A als nationales Beispielprojekt in der BIPV-Buchpublikation mit Interviews mit relevanten Stakeholdern angeführt wird. Mangels der zur Verfügung gestellten Daten von Material-, Energie- und Stoffströmen dieses Beispielprojektes für eine ausreichend umfassende Bewertung wurde jedoch – auch in Abstimmung mit dem internationalen Task 15 Konsortium – beschlossen, die Überprüfung der Vorgehensweise zunächst anhand des Beispielprojektes des Partnerlandes Schweden (Projekt: „Frodeparken Apartment Building“, Uppsala,

Architekt Rickard Nygren, White Architecture“) durchzuführen. Die Ergebnisse dieser Bewertung wurden im Rahmen des Task Meetings in Kopenhagen (November 2018), vorgestellt und diskutiert. Eine inhaltlich detailliertere Darstellung der Überprüfung der Vorgehensweise wird mit der internationalen Task 15 Publikation erstellt und bis Ende 2019 auf der Task Homepage veröffentlicht. Die Bewertung umfasst auch die Berücksichtigung des Recyclings bestimmter Materialien im End-of-Life-Stadium des BIPV-Elements.

5.5. Subtask E – Demonstration, Angewandte Forschung und Entwicklung für die Implementierung von BIPV

In Subtask E (ST E) wurde eine Brücke zwischen Prototypen, Teststrukturen und dem „echten“ Einsatz von BIPV-Modulen im Markt geschlagen. Eine Demonstration der Markttauglichkeit und Vielseitigkeit an Erscheinungsformen, Anwendungsmöglichkeiten und Technologien von BIPV-Produkten stellte die Kernaufgabe dieses Subtasks dar. Die Arbeiten darin untergliederten sich in 5 Schwerpunkte:

- Erfassung und Beschreibung der existierenden Teststände für BIPV
- Vergleich der Messdaten aus Außenbewitterungs-Testständen mit Labormessergebnissen und beschleunigten Klimakammern-Alterungstests
- Installations- und Wartungsaspekte
- Produktvielfalt: Variationen von Farben, Formen und Technologien
- Leistungsanalyse (Überwachung, Auswertung und Bewertung)

Im Rahmen von ST E fand die umfangreichste Beteiligung des nationalen Konsortiums an den Internationalen Tätigkeiten statt. Ein Großteil der Aktivitäten aus ST E wurde auch vom Österreichischen Konsortium international koordiniert. In diesen Arbeitspaketen wurde die **Übersicht über nationale und internationale Testeinrichtungen** erarbeitet und in Form einer IEA PVPS Task 15 Publikation ausgearbeitet. Das Dokument mit dem Titel: *“BIPV research teams & BIPV R&D facilities - an international mapping“* wurde Anfang 2018 publiziert. Zusätzlich forderte das internationale Task-Konsortium, die Vorgaben der neu erschienenen Norm „EN 50583: Photovoltaic in Buildings“ zu berücksichtigen. Daher wurde eine zweite, erweiterte Version dieses Berichtes mit einer Übersichtstabelle mit den Entwicklungen laut EN 50583 erstellt, die Anfang 2019 – mit maßgeblicher Beteiligung durch das Österreichische Konsortium – publiziert wurde^{39,40}. Vor allem hervorzuheben sind hier die Zusammenarbeit von Teilnehmern aus ST E und ST C im Zusammenhang mit Normungsaktivitäten für BIPV – hierzu wurde im Rahmen des ST C ein Bericht „Compilation and Analysis of User Needs for BIPV and its Functions“ über internationale Definitionen von BIPV, mit Beteiligung aus ST E veröffentlicht, siehe ST C.

³⁹ BIPV research teams & BIPV R&D facilities - an international mapping: <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=506>

⁴⁰ BIPV research teams & BIPV R&D facilities - an international mapping: http://www.iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/International_mapping_of_BIPV_research_teams_and_RD_facilities.pdf.

Des Weiteren wurde ein **international angelegter Ringversuch (Round Robin Test bzw. Feldtest eines BIPV Mustermoduls an ausgewählten internationalen Testeinrichtungen)** unter Koordination des österreichischen Konsortiums geplant und erfolgreich gestartet. In diesem Ringversuch werden somit die Testeinrichtungen von neun internationalen TeilnehmerInnen sowie das klimaspezifische Verhalten von BIPV-Modulen in den verschiedenen Teilnehmerländern getestet und analysiert. Die dafür verwendeten Module basieren auf baugleichen BIPV-Modulen der Firma Ertex Solar GmbH (im österr. Projekt-Konsortium), gefertigt gemäß der existierenden BIPV-Anlage verbaut im Power Tower in Linz (Energie AG). Dieser Versuchsaufbau erlaubte es, neben dem Vergleich der Testanlagen, die klimaspezifische Langzeitstabilität und Leistung von baugleichen BIPV-Elementen unter folgenden Bedingungen zu untersuchen und zu vergleichen. Es erfolgten Messungen:

- unter Laborbedingungen (Vorcharakterisierung unter Bedingungen nach dem Energy Rating Standard IEC 61853-1 (Einstrahlungs- und Temperaturmatrix) und IEC 61853-2 (spektrale Empfindlichkeit) am AIT
- im Außeneinsatz in BIPV-Testständen unter verschiedenen klimatischen Bedingungen bei den internationalen Projektpartnern
- im Realeinsatz in einer BIPV-Fassade im Gebäude (in Linz, seit 2008 im Einsatz), Datenauswertung durch FH OÖ
- unter beschleunigten Alterungsbedingungen (Klimakammern) bei AIT und OFI

Die Module für die BIPV-Teststände sind 1.1 m × 1.6 m große, opake Glas/Glas-Module mit emailierter Rückseite mit 6×9 = 54 multikristallinen Zellen der Type VSG-L. Die Module des Linzer Power Tower der Energie AG haben denselben Aufbau, sind aber mit über 3 m Höhe so groß, dass sie jeweils eine gesamte Geschoßhöhe umfassen, und weisen mehrere unterschiedliche Breiten auf. Die Anfangs-Labormessungen bei STC und LIC⁴¹ bestätigten die Leistungsangaben des Herstellers Ertex und die Elektrolumineszenz zeigt ein homogenes Bild der Zellen ohne Mikrorisse, siehe

Abbildung 21.

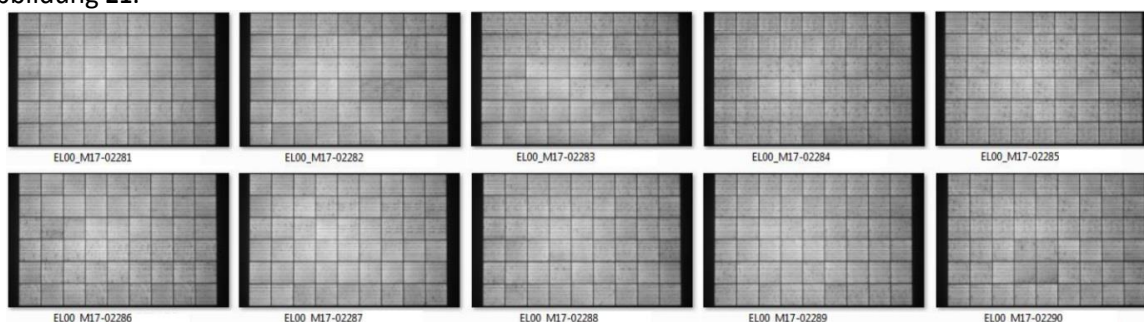


Abbildung 21: Elektrolumineszenz-Bilder der Module für die BIPV-Teststände, 8 A forward bias (AIT).

⁴¹ STC ... Standard-Test Condition: 25°C Modultemperatur, Lichtspektrum nach IEC 60904-3, Air Mass AM1.5, 1000 W/m² Einstrahlung senkrecht auf die Modulfläche; LIC ... Low Irradiance Condition: Wie STC, aber nur 200 W/m². Weitere übliche Modultemperatur-Einstrahlungskombinationen (stets bei AM 1.5 und senkrechter Einstrahlung) sind NMOT ... Normal Module Operating Temperature bei 20° Umgebungstemperatur und 1 m/s Wind, typisch bei freier Aufstellung etwas über 50°C Modultemperatur und 800W/m²; LTC ... Low Temperature Condition 15°C, 700 W/m²; HTC ... 75°C, 1000 W/m²

Um zur Datenauswertung bei den BIPV-Testständen weitere Messdaten von Einstrahlung und Temperatur zur Verfügung zu haben, wurden die Werte der Matrix von Einstrahlung und Temperatur aus der IEC 61853-1, Energy Rating, im AIT-Labor im klimatisierten, gepulsten HIGH^{LIGHT} A⁺A⁺A⁺ Sonnensimulator vermessen, siehe Tabelle 3 und Tabelle 4.

Tabelle 3: Einstrahlungs-Temperaturmatrix nach IEC 61853-1. Siehe auch Fußnote 41.

IRRADIANCE W·m ⁻²	Spectrum	Module temperature			
		15 °C	25 °C	50 °C	75 °C
1 100	AM1,5	NA			
1 000	AM1,5		STC		HTC
800	AM1,5			NMOT	
600	AM1,5	LTC			
400	AM1,5				NA
200	AM1,5		LIC	NA	NA
100	AM1,5			NA	NA

Um unnötigen thermo-mechanischen Stress zu vermeiden, und Zeit und Energie zu sparen wurden die Tests nur bis zu einer Maximaltemperatur von 60° statt 75°C durchgeführt⁴².

Tabelle 4: Leistungs-Messwerte eines VSG-L-Moduls bei Temperaturmatrix nach IEC 61853-1.

T _{mod} / G	15°C	25°C	50°C	60°C
1100 W/m ²	/	239.26	215.11	204.84
1000 W/m ²	226.62	217.95	195.93	186.76
800 W/m ²	181.48	174.61	156.80	149.55
600 W/m ²	135.53	130.75	117.28	111.88
400 W/m ²	89.21	86.08	77.15	/
200 W/m ²	43.50	41.86	37.48	/
100 W/m ²	20.85	20.75	/	/

Die Ergebnisse der Messungen bei gleicher Einstrahlung und unterschiedlicher Temperatur sind auch geeignet, den Leistungs-Temperaturkoeffizienten (bei 1000 W/m² zu -0.405 %/°C) zu bestimmen, der ebenfalls in sehr guter Übereinstimmung mit dem Datenblattwert (-0.37 %/°C) ist. Das heißt, wenn ein solches Modul bei 1000 W/m² Einstrahlung und 25°C (STC) 218 W Leistung hat, bei z.B. 50°C noch 196 W Leistung erbringt.

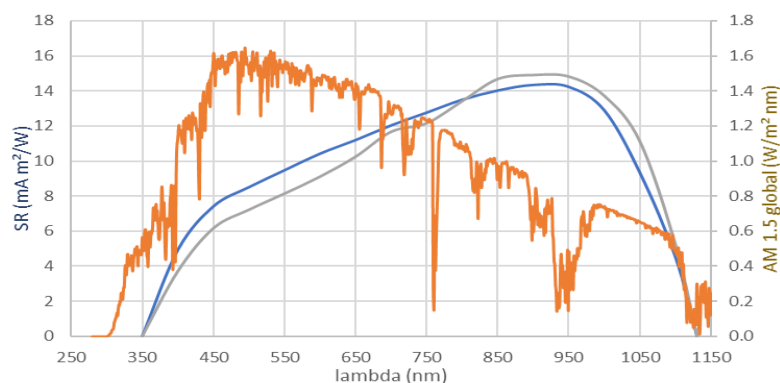


Abbildung 22: Referenzspektrum AM 1.5 (IEC 60904-3) in orange; Spektrale Empfindlichkeit SR (Messung AIT) blau ... VSG-L „Standardmodul“, grau ... VSG-L mit grauer Bedruckung.

⁴² Bei den BIPV-Testständen der internationalen Partner hat SEAC (NL) eine Grafik erstellt, die angibt welcher summierte Ertrag in welchen Einstrahlungs- und Temperaturbereichen erzielt wurde, siehe Abbildung 29. Temperaturen über 60°C traten nicht auf.

Da an einigen der Standorte auch eine spektrale Messung der Einstrahlung erfolgt, wurde nach IEC 61253-2 auch die spektrale Modulempfindlichkeit vermessen, siehe Abbildung 22. Zusätzlich zu den Modulen mit sichtbaren Zellen wurden auch zwei Module - mit sonst identem Aufbau - mit einer keramischen, grauen Bedruckung auf Glasebene 2, das ist die Innenseite der Frontglasscheibe, versehen, siehe Abbildung 23.

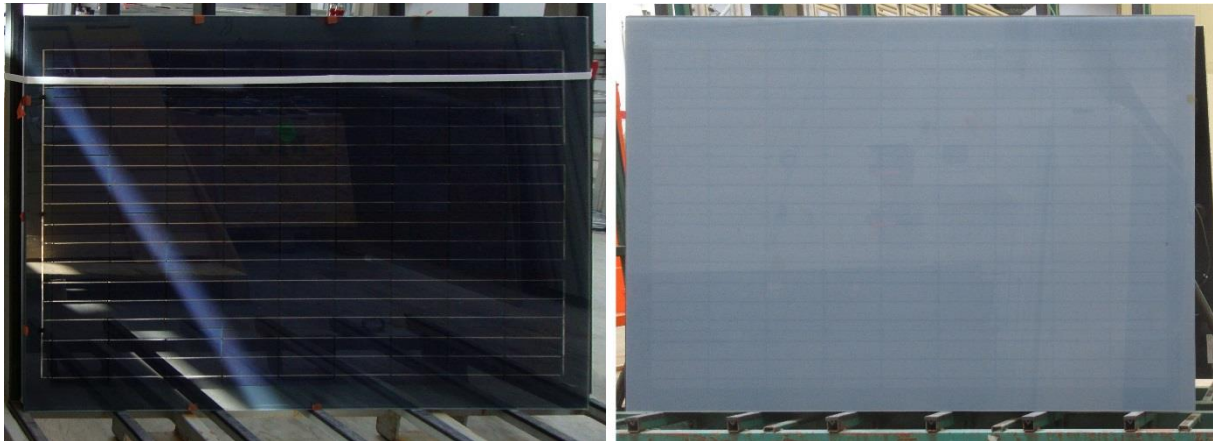


Abbildung 23: VSG-L „Standardmodul“ (links) und VSG-L mit grauer Bedruckung.

Die spektrale Empfindlichkeit des bedruckten Moduls ist im kurzwelligen Bereich des Spektrums niedriger und im langwelligen Bereich ab 800 nm höher als beim Modul ohne Bedruckung. Da aber im niedrigeren Wellenlängenbereich wesentlich mehr Strahlungsleistung vorhanden ist, ist der Strom niedriger und die Gesamtleistung des grauen Moduls bei sonst gleichen Verhältnissen 10.4% niedriger als beim nicht bedruckten Modul, siehe dazu die Strom-Spannungskennlinien in Abbildung 24.

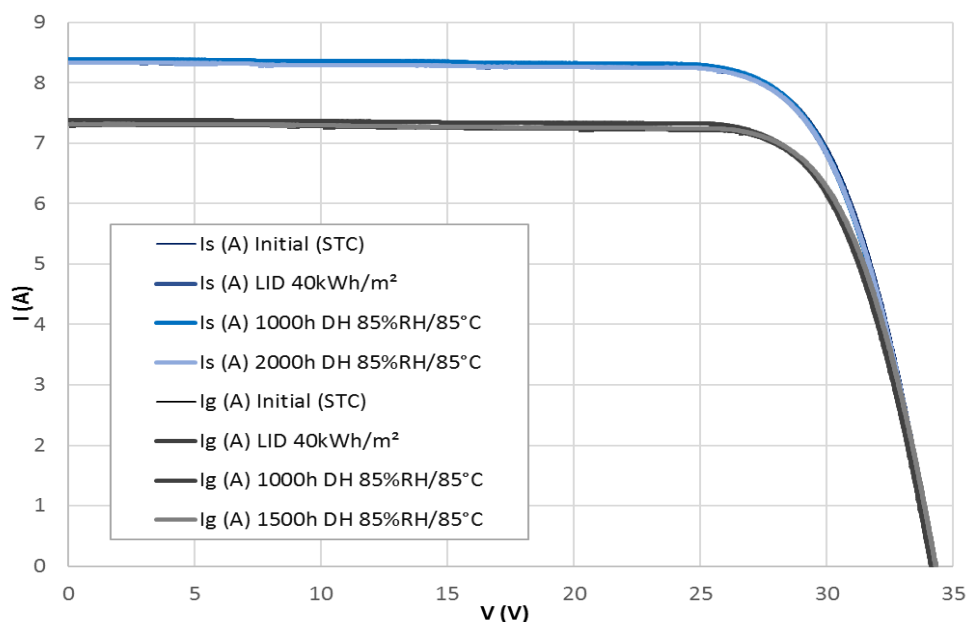


Abbildung 24: Strom-Spannungskennlinien bei STC; VSG-L „Standard“ (Is blau) und „Gau“ (Ilg grau). Messung nach Anlieferung (Initial), nach Test auf Lichtalterung (LID), nach 1000 Stunden DH 85/85, und 2000 (bzw. 1500) Stunden DH 85/85. (AIT)

Viele kristalline Zelltypen weisen eine (geringe) Anfangsdegradation auf, die sich nach wenigen Tagen der Bestrahlung mit Licht stabilisiert, sogenannte Lichtinduzierte Degradation (LID). Die LID der VSG-L Module war nur im Bereich von 0.1% ... 0.7%, d.h. das hier sehr stabile Zellen verarbeitet wurden. Der Klimakammertest mit Feuchter Wärme bei 85% relativer Feuchte und einer Temperatur von 85°C (DH 85/85) für 1000 h (ca. 6 Wochen) ist ein Standardtest um zu sehen ob Temperatur- und/oder feuchtebedingte Alterungsprozesse die Leistung reduzieren. Auch hier war, selbst nach 1500 und 2000 Stunden DH 85/85 bei beiden Modultypen „Standard“ und „Grau bedruckt“ keine deutliche Änderung der Kennlinien und damit auch der Leistung zu messen, denn auch diese Verluste waren kleiner als 1% der zu Beginn gemessenen Leistung.

Es ist damit festzustellen, dass diese VSG-L Module des Partners Ertex äußerst stabil sind, d.h. es ist kaum zu erwarten, dass sich innerhalb der relativ kurzen Zeit von 1-2 Jahren, in der die BIPV-Teststände betrieben werden, Degradationserscheinungen bemerkbar machen werden. Damit sind ideale Voraussetzungen vorhanden, um im internationalen Ringversuch Änderungen aufgrund der lokal variierenden Bedingungen zu messen.

BIPV-Teststände – großangelegter, internationaler BIPV-Ringversuch:

Seit 2017 werden an aktuell 7 internationalen BIPV-Testständen vorab charakterisierte PV-Module nach dem Power Tower Vorbild im Außeneinsatz vermessen. Die fortdauernde Vermessung sowie die Installation von zwei weiteren Modulen an entsprechenden Standorten sind für die zweite Phase des Task 15 geplant. Die Module sind dabei in baugleichen Aufbauten, welche eine hinterlüftete Fassadenintegration nachbildet, installiert und werden laufend vermessen. Dabei werden neben den Betriebsdaten im optimalen Betriebspunkt (MPP) auch regelmäßig Strom-Spannungs-Kennlinien aufgenommen. Zusätzlich erfolgt die Erfassung von Umgebungsparametern wie Modul- und Umgebungstemperatur und der Einstrahlung, sowie eventuell weiterer Messgrößen wie Feuchte und Windverhältnisse. Die Messwerte werden in einer gemeinsamen Datenaustauschplattform gesammelt und von der FH OÖ aufbereitet und ausgewertet. Die Daten stehen allen Projektpartnern sowie externen Forschungsvorhaben zur Verfügung.

Die Auswertungen zielen vor allem auf Klimaeffekte ab. Damit kann analysiert werden, wie sich die unterschiedlichen Standortbedingungen auf den Ertrag auswirken, was auch einen Vergleich mit Berechnungen nach der Energy-Rating Norm ermöglichen wird, sobald ausreichend Messdaten der Standorte vorhanden sein werden. Aufgrund der technischen Komplexität bei der Einrichtung und Harmonisierung der Messungen konnten bisher nur eingeschränkte Analysen durchgeführt werden. Insgesamt sind geplant die Messdaten hinsichtlich:

- Performance Ratio (PR)
- Korrigierten IV-Kurven
- IEC 61853 und
- den Parametern des Loss Factor Models⁴³, welches von Steve Ransome entwickelt wurde,

⁴³ J. Sutterlueti, S. Ransome, R. Kravets and L. Schneider: Characterizing PV Modules Under Outdoor Conditions: What's Most Important for Energy Yield. In: Proceedings of 26th EU-PVSEC, Hamburg 2011.

zu vergleichen.

Nachfolgende Abbildungen zeigen den aktuellen Stand der Auswertungen. In Abbildung 25 und Abbildung 26 sind dabei die relevanten Betriebsdaten im MPP dargestellt. Es zeigt sich, dass bei einigen Modulen Datenausfälle zu verzeichnen sind. Die Profile unterscheiden sich dabei zum Teil relativ stark, was auf die unterschiedlichen Klimata zurückzuführen ist. In Abbildung 27 und Abbildung 28 ist eine Analyse der PR, also des einstrahlungsbezogenen, spezifischen Ertrags sowohl in zeitlichem als auch statistischem Kontext dargestellt. Die geringere Performance von Modul M17_02288 kann dabei auf eine häufigere Verschattung des Moduls zurückgeführt werden. Abbildung 29 zeigt den spezifischen Ertrag dieses Moduls in den Temperatur- und Einstrahlungsbereichen der Energy Rating Norm im Zeitraum Mai-Dezember 2018. Wie zu erwarten werden die größten Energiemengen bei mittlerer Einstrahlung und Temperatur generiert. Abschließend zeigt Abbildung 30 noch die berechneten Parameter gemäß Loss-Factor-Model. Die einzelnen Messwerte sollten dabei scharf übereinanderliegen. Vor allem der Power Factor sowie der Kurzschlussstrom-Parameter zeigen hier deutliche Streuungen, was ebenfalls auf eine teilweise Verschattung des Moduls hindeutet.

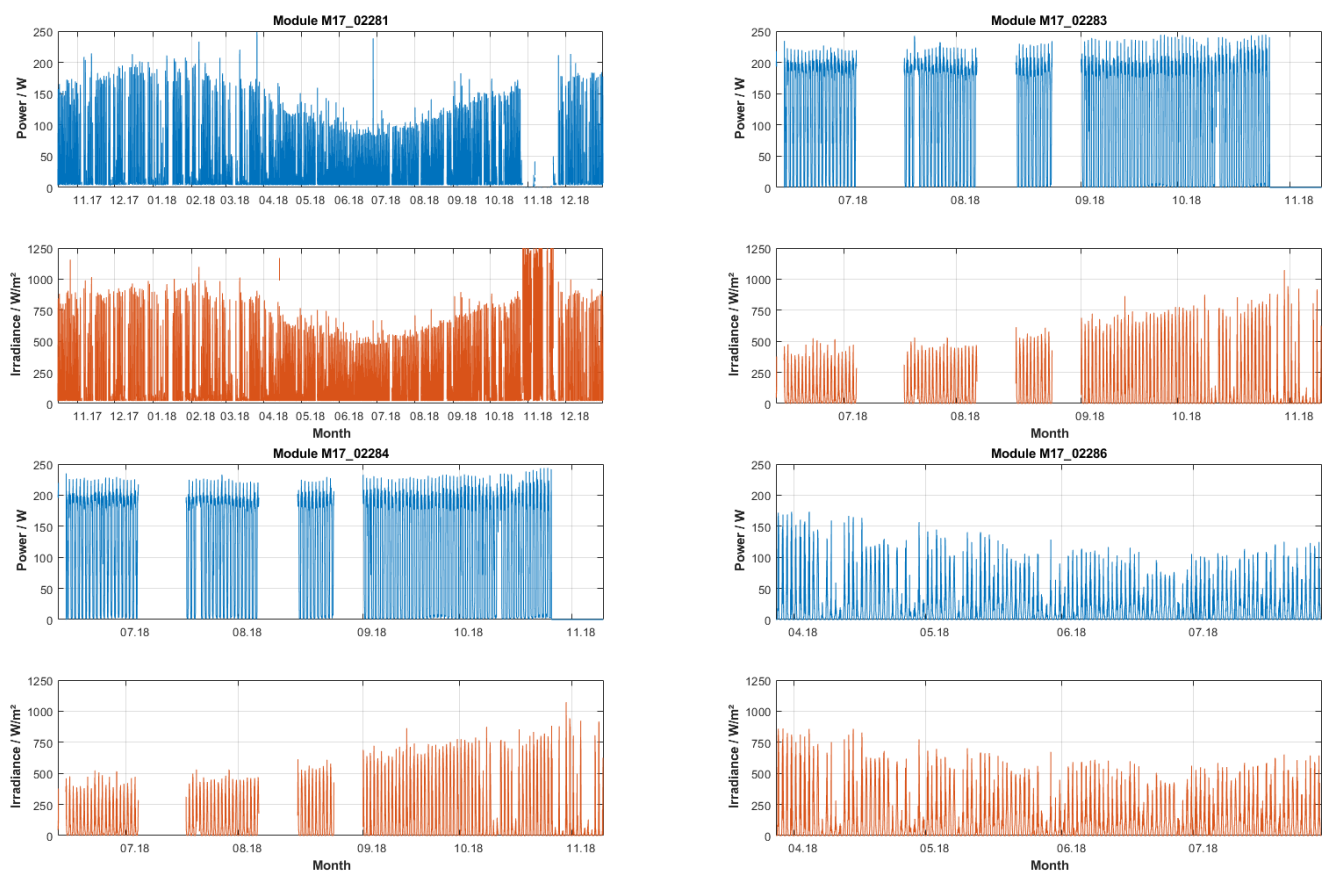


Abbildung 25: Leistungs- und Strahlungswerte von vier Modulen im Feldtest.

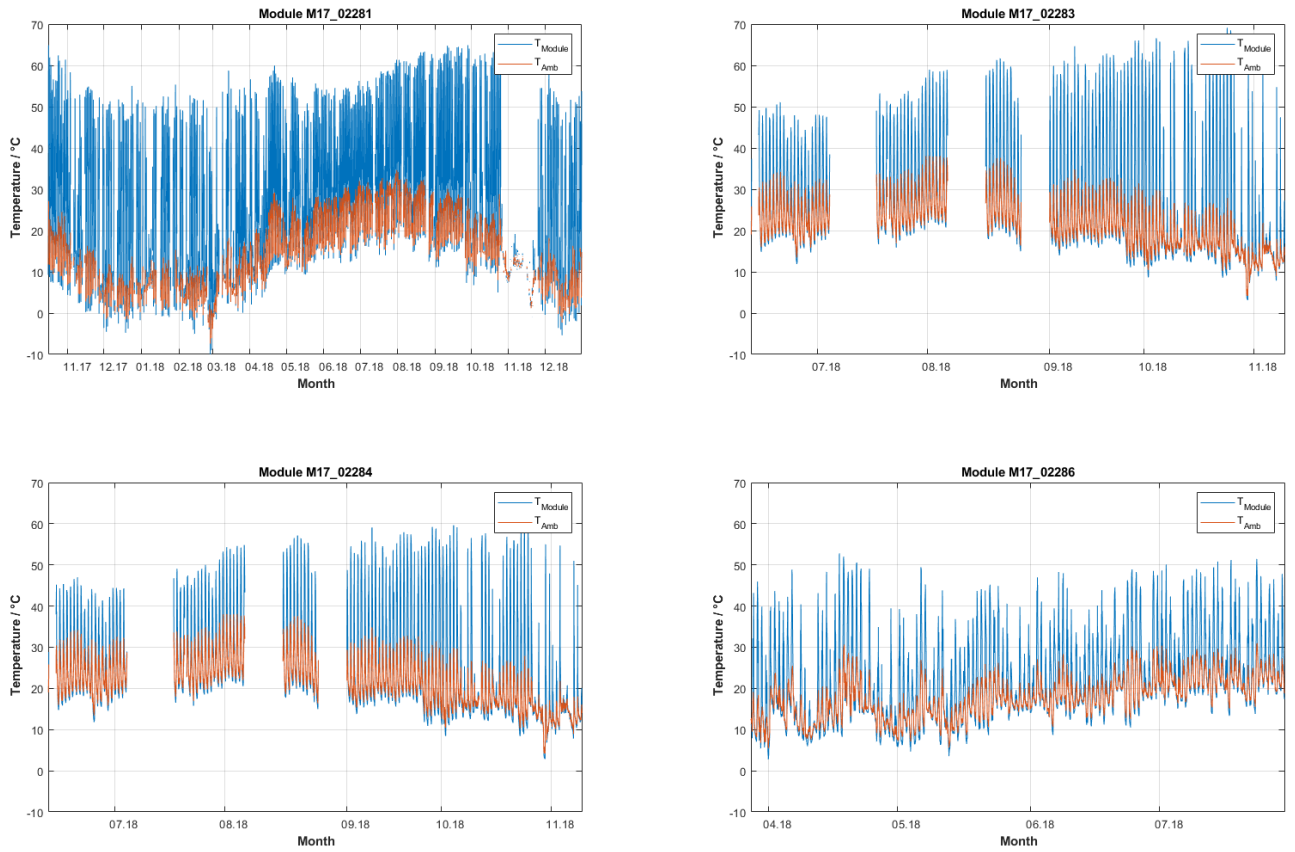


Abbildung 26: Temperaturwerte von vier Modulen im Feldtest.

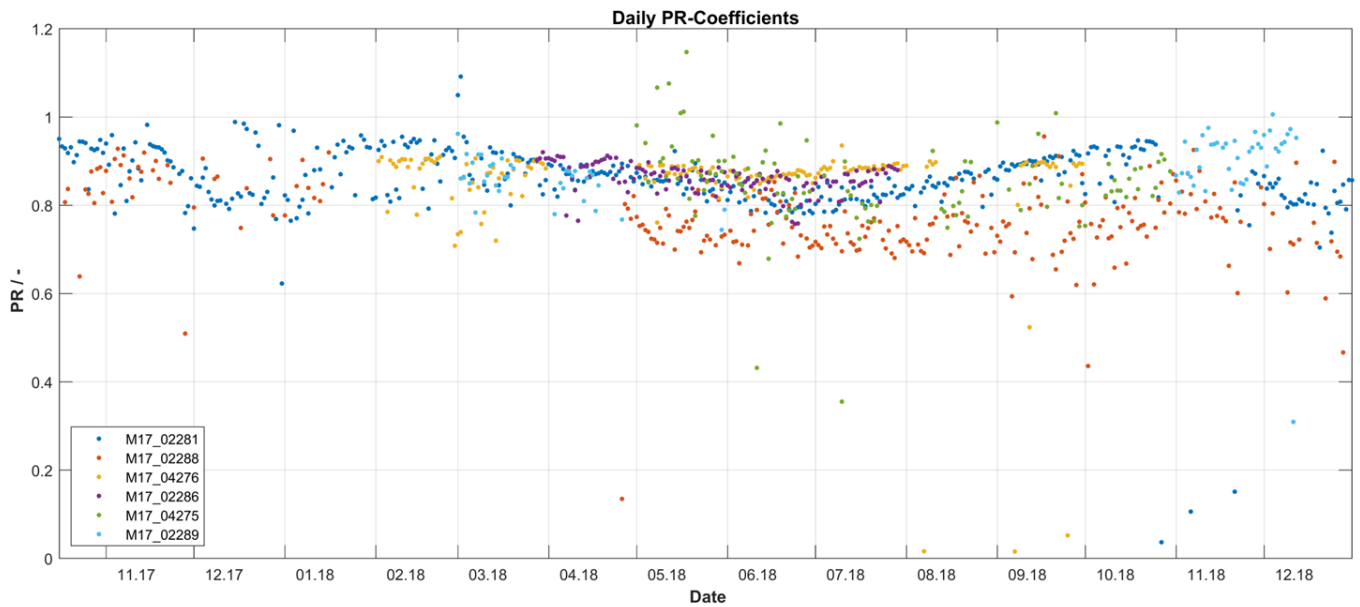


Abbildung 27: Tägliche Performance Ratio (PR) von Testmodulen aus 6 Teststellen in verschiedenen Ländern.

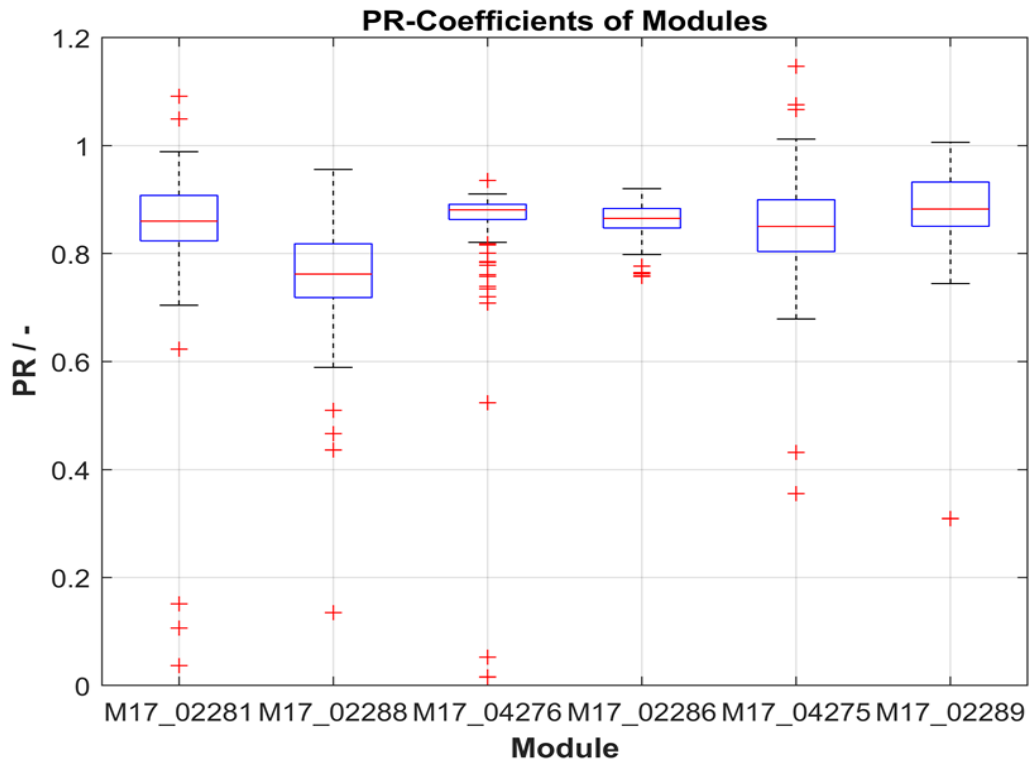


Abbildung 28: Statistische Analyse der PR basierend auf Tageswerten.

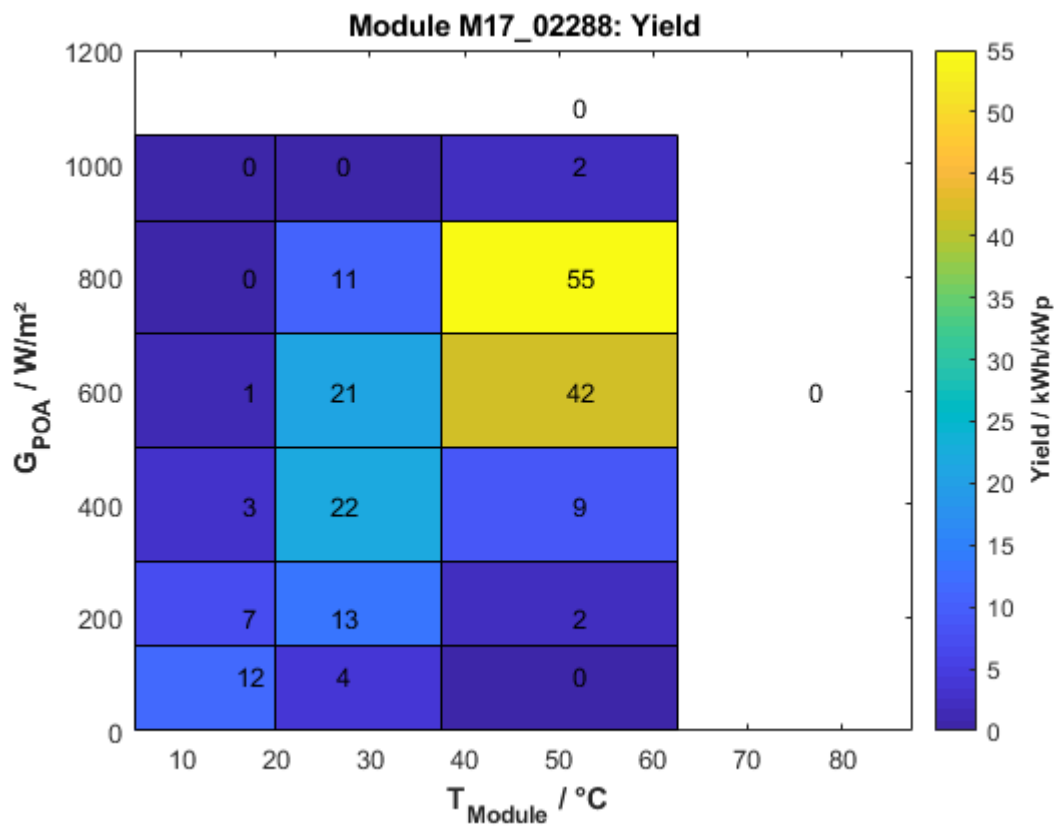


Abbildung 29: Ertrag eines Moduls anhand der Einteilung gemäß IEC 61853.

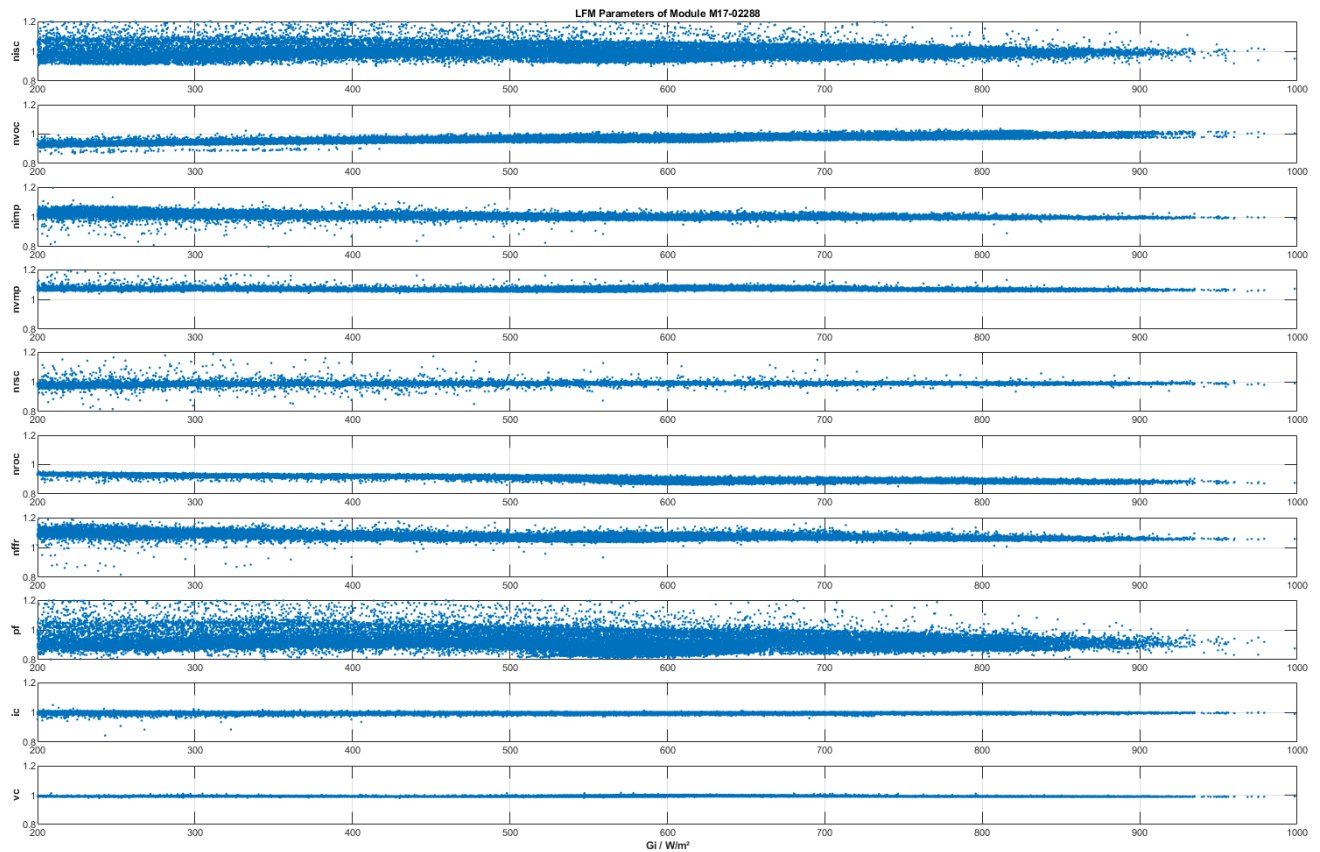


Abbildung 30: Parameter des Loss Factor Modells basierend auf einer Analyse der IV-Kurven.

Referenzgebäude - Realeinsatz von BIPV am Power Tower der Energie AG in Linz:

Die PV-Anlage am Power Tower in Linz ist seit der Neu-Errichtung des Firmensitzes der Energie AG im Jahr 2008 im Einsatz. Die PV-Module sind dabei in der Süd-West Fassade des Gebäudes über 19 Stockwerke integriert und formen den Witterungsschutz der hinterlüfteten Wärmedämmfassade. Beim Power Tower selbst handelt es sich um einen 2-geschoßigen Flachbau mit aufgesetztem 19-geschoßigem Hochhaus in Passivhausbauweise und bietet auf rund 22 000 m² Nutzfläche Platz für mehr als 550 Mitarbeiter. Das Gesamtkonzept wurde auf niedrigsten Energieverbrauch und lokale Bereitstellung der notwendigen Restenergie hin optimiert. Die Wärme- und Kälteversorgung erfolgt dabei großteils über Wärmepumpen mit Tiefenbohrung. Die Photovoltaik-Anlage liefert die hierfür notwendige elektrische Energie, wobei durch die Fassadenintegration vor allem in den Wintermonaten ein entsprechender Anteil bereitgestellt werden kann.

Die PV-Anlage selbst besteht aus 84 Modulen mit einer Gesamtfläche von 638 m² und einer Spitzenleistung von rund 66 kW. Jährlich werden damit rund 42 000 kWh Strom produziert. Die geschosshohen Module in Glas-Glas Bauweise bestehen aus Verbundsicherheitsglas, polykristallinen Silizium-Zellen und PVB-Folie. Die Module sind über fünf Wechselrichter in das elektrische Netz und das entsprechende Gebäudeleitsystem eingebunden. Bei zwei Vor-Ort-Besuchen wurden die Kennlinien aller Einzelstrings aufgenommen, ein defektes Modul⁴⁴ für weitere Analysen ins Labor

⁴⁴ Die Fassade wurde mit einem vom Dach herabgelassenen Wartungskorb gereinigt, wobei durch eine heftige Windbö der Korb mit einem Fassadenmodul kollidierte.

gebracht⁴⁵ sowie der Allgemeinzustand mittels Thermografie bewertet. Abbildung 31 zeigt eine beispielhafte String-Kennlinie. Im Vergleich mit den angegebenen Datenblattwerten konnten diese im Wesentlichen auch nach rund 10-jährigem Betrieb bestätigt werden. In Abbildung 32 ist eine Thermografie der Anlage dargestellt, die Module befinden sich dabei jeweils links, rechts bzw. zwischen den schwarz erscheinenden Elementen.

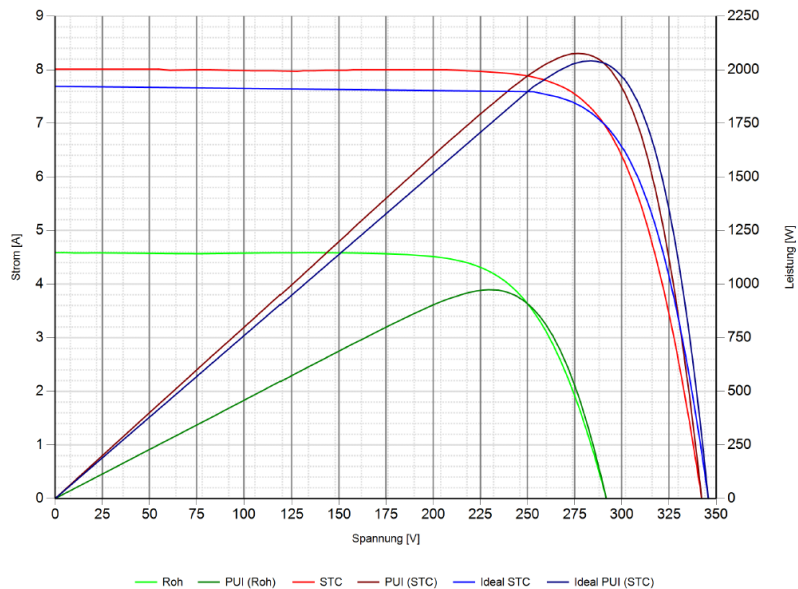


Abbildung 31: String-Kennlinie Power Tower

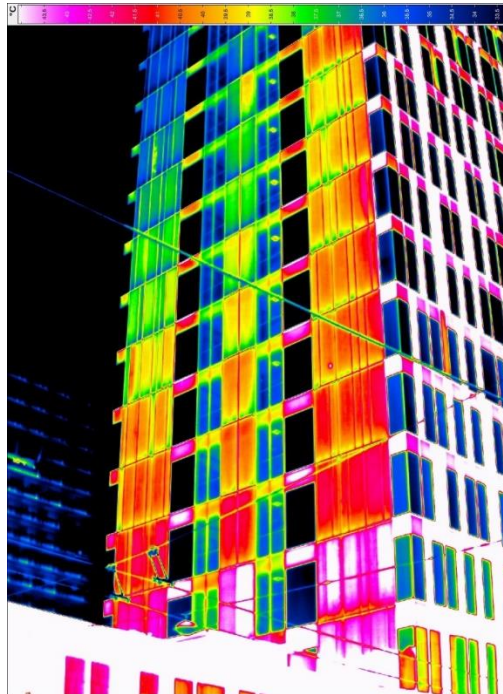


Abbildung 32: Thermografie (B. Kubicek, AIT).

⁴⁵ Um das über drei Meter hohe Modul trotz gebrochenem Frontglas sicher demontieren zu können, war es frontseitig vollflächig mit einer Aluminiumplatte beklebt worden. Da daher ohnehin keine Leistungsvermessung möglich ist, wurde nur ein Stück des Moduls abgetrennt, um die Materialien am OFI untersuchen zu können.

Da an der Anlage keine Strahlungsmessung installiert ist, welche jedoch zur meteorologischen Korrektur des Ertrags notwendig ist, wurde zum einen auf nahe Wetterstationen (die allerdings die Einstrahlung auf die horizontale Ebene erfassen) zurückgegriffen, zum anderen eine Strahlungsmessung am Dach installiert. Letztere ist aktuell noch in Betrieb wobei eine Auswertung nach rund einem Betriebsjahr geplant ist.

Abbildung 33 zeigt dabei eine Auswertung der Erträge der ersten Betriebsjahre ohne Einstrahlungskorrektur. Es sind unterschiedliche Monatserträge in unterschiedlichen Jahren zu erkennen, jedoch kein eindeutiger Trend zu sinkenden Erträgen, die eine Degradation der Module vermuten ließen, eine Detailauswertung folgt.

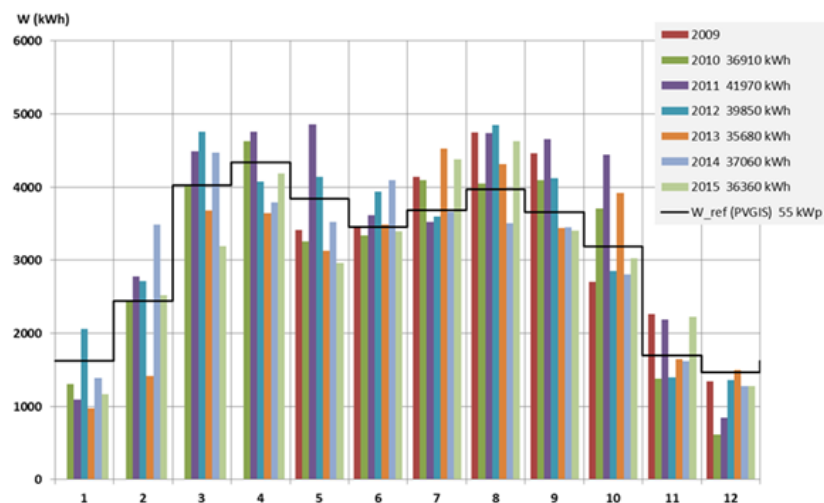


Abbildung 33: Ertragsauswertung Power Tower (K. Berger, AIT).

Ebenfalls konnten durch den Versuchsaufbau sowie der Einbindung des Referenzgebäudes (Power Tower in Linz) Schlüsse hinsichtlich der **Montage-, Installations- und Wartungsoptionen an realen Objekten** erfasst und Optimierungspotential ermittelt werden⁴⁶. Erste Testergebnisse, sowie eine genaue Beschreibung des aufwendig gestalteten Versuchsaufbaues konnten international bei der EU PVSEC 2018 in Brüssel disseminiert werden. Es ist geplant, eine weitere Publikation mit detaillierteren Ergebnissen hinsichtlich klimaspezifischem Verhalten, Installations- und Wartungsoptionen, sowie der Zuverlässigkeit der installierten BIPV-Module für die EU PVSEC 2019 auszuarbeiten.

In Kooperation mit dem Projekt *PV@Fassade* konnten erste gefärbte BIPV Mustermodule unter Realbedingungen an der FHTW getestet werden. Der Einfluss der Bedruckungsebene des Abdeckglases auf die erzielbare Leistung wurde ermittelt. Die Bedruckung hatte einen Leistungsverlust von ~30% zur Folge, die Bedruckungsebene hatte nur geringen Einfluss (3%) auf den Ertrag.

⁴⁶ Im Bereich des Zugangs auf die Dachfläche des vorgelagerten Gebäudeteils wurden Zubauten vorgenommen, die eine Teilverschattung der Fassadenanlage verursachen. Um mechanische Beschädigung bei Reinigungsarbeiten zu verhindern, sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, siehe dazu auch Fußnote 44.

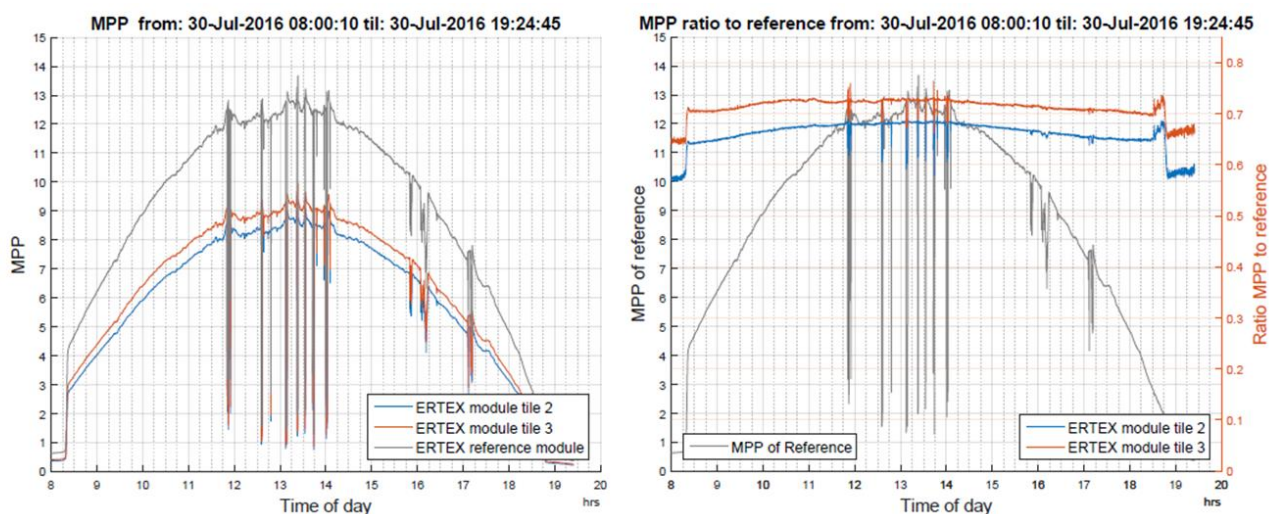


Abbildung 34 mit Zieglmuster bedruckte BIPV-Mustermodule von Ertex Solar, Testaufbau in „Dacheinbausituation“ und Messkurven des Leistungsverlaufs über den Tag für das Referenzmodul (graue Kurve) und die bedruckten Module (rote und blaue Kurve)

Nach österreichischer Anregung wurde im ST E auch ein Schwerpunkt „Coloured BIPV“ gebildet, für den im Frühjahr 2017 ein Arbeitsprogramm verfasst wurde. Ergänzend zur Marktübersicht wurden durch theoretische Arbeiten des JR zum Einfluss der Farbgebung auf die Leistung der BIPV-Elemente untersucht (Peharz et al. 2018). Unter österreichischer Leitung wurde auch ein IEA Bericht zur Thematik „Coloured BIPV“ konzipiert, im Rahmen des internationalen Task 15 Meetings in Wien, Juni 2018 wurde der bestehende Entwurf überarbeitet und mit Dezember 2018 fertiggestellt. Der Bericht befindet sich derzeit im Review und soll Anfang 2019 publiziert werden. Dies ist ein wesentlicher Beitrag für das finale Deliverable im internationalen Arbeitspaket E.4.

Am JR wurden dazu theoretische Arbeiten zum Einfluss einer Vielzahl an Farben (definiert durch die in der Architektur oft verwendete RAL-Farbskala) auf die elektrische Leistung von PV-Modulen durchgeführt. Diese Studie zeigt vor allem die theoretischen Limits der betrachteten Farben und wurde an die wissenschaftliche Fachzeitschrift „Renewable Energy“ publiziert (siehe Abbildung 35) (Gerhard Peharz, Andreas Ulm, “Quantifying the influence of colors on the performance of c-Si photovoltaic devices”, Renewable Energy (2018) 129, 299-308; doi: 10.1016/j.renene.2018.05.068).

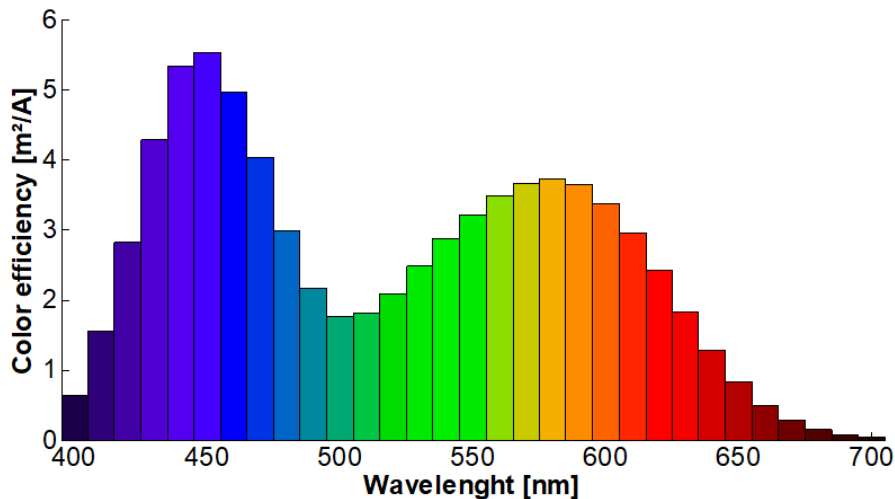


Abbildung 35: Farbeffizienz⁴⁷ für monochromatische Farben nach dem Modell der Pill-box Reflectance Spektren (Weite der Pill-boxes = 40 nm und Höhe 100%).

5.6. Subtask F – Dissemination

Dieser Subtask konzentrierte sich auf die Verbreitung und Dissemination der gewonnenen Ergebnisse aus den vorangehenden Subtasks. Neben der Dissemination waren international noch weitere, spezifische Maßnahmen zur Verbreitung des generierten Wissens im Rahmen dieses Tasks geplant, die im Folgenden gelistet sind.

- Erstellung eines Fachbuchs zu den Case Studies aus dem Subtask A
- Youtube Videos zum Thema BIPV
- Online Kurse zum Thema BIPV (MOOCs)
- Austausch von Studenten, Wissenschaftlern, Professoren und Professionisten zwischen den PartnerInnenländern
- Aufbau einer Task Homepage

Die österreichische Beteiligung im Subtask F wurde von der FH Technikum Wien in enger Zusammenarbeit mit ERTEX geleitet. Als Bildungseinrichtung und Koordinator des Konsortiums widmete sich die FH Technikum Wien vor allem der Verbreitung des gewonnenen Wissens aus den einzelnen Subtasks und der Stärkung der internationalen Zusammenarbeit. Ebenfalls beteiligte sich ERTEX in der Erstellung von sogenannten MOOCs (Massive Open Online Courses) an der Verbreitung von national und international generiertem Wissen, in Form der Bereitstellung von Online-Lehrmaterial (e-genius). Das Österreichische Konsortium beteiligte sich nur informativ an den weiteren international vorgeschlagenen Disseminations-Maßnahmen wie Youtube-Videos und dem Aufbau einer Task Homepage, da hierzu keine entsprechende Expertise innerhalb der Bietergemeinschaft ausgewiesen werden konnte. Weitere international unabhängige Ziele im Rahmen des Subtask F

⁴⁷ Um einen bestimmten Farbeindruck zu erzielen, muss ein Teil des einfallenden Lichtspektrums reflektiert werden. Durch die Reduktion der Einstrahlung, die durch die Photovoltaik zum Teil in elektrische Leistung umgewandelt werden kann sinkt deren Wirkungsgrad. Dabei ist dieser Verlust auch von der spektralen Empfindlichkeit der verwendeten Zelltechnologie (hier: kristallines Silizium) abhängig.

waren:

- Durchführung eines internationalen Task Meetings in Österreich
- Teilnahme an Task Meetings und Dissemination der Meeting-Ergebnisse über die TPPV Homepage
- Beteiligung an internationalen wie nationalen Konferenzen, Publikationen und Präsentationen im Rahmen von Fachtagungen
- Weitergabe des Wissens in der Lehre an Studenten via Online-Lehrmaterial und im Rahmen von Lehrveranstaltungen
- Weitergabe des Wissens im Zuge der Veranstaltung von Vertiefungs-Workshops im Rahmen der TPPV

Hinsichtlich der international unabhängigen Ziele wurden folgende Aspekte bearbeitet:

- Ein internationales Task Meeting in Österreich wurde im Juni 2018 erfolgreich durchgeführt; dabei gab es einen intensiven Austausch mit nationalen Stakeholdern im BIPV Bereich. Ebenfalls ist wurden Mitglieder der TPPV sowie weitere Forschungsprojekt-Konsortien (smart(D)ER, DEM4BIPV) in das Meeting mit einbezogen, in Form eines BIPV-Workshops zum Thema „BIPV as Architectural Tool“.
- Im Zuge der Projektlaufzeit wurde auch ein Online Lehrmaterial zum Thema BIPV gestaltet⁴⁸. Dieses wurde aktiv in die Lehre an der FH Technikum Wien eingebunden und ist frei zugänglich.
- Des Weiteren sei an dieser Stelle erneut die Veröffentlichung der Buchpublikation aus STA, mit maßgeblicher Beteiligung des österr. Konsortiums, sowie die Beteiligung an Arbeiten zur Veröffentlichung einer Online-Datenbank erwähnt (ebenfalls Subtask A).
- In der laufenden Projektphase nahmen österreichische ProjektpartnerInnen an folgenden internationalen Task Meetings teil:
 - Frankreich - Sophia Antipolis (Februar 2016)
 - Marokko – IRESEN (November 2016)
 - Madrid – CIEMAT (März 2017)
 - Uppsala – Solkompaniet (September 2017)
 - Tokyo – PVTec (Februar 2018)
 - Wien – FH Technikum Wien (Juni 2018)
 - Kopenhagen – KADK (November 2018)

Folgende Highlights und Publikationen sowie Weitergabe des Wissens konnten in der Projektlaufzeit umgesetzt werden:

⁴⁸ Link zu Online-Lehrmaterial: https://www.e-genius.at/fileadmin/user_upload/photovoltaik_integration/index.html

Highlights 2015 – 2016

- Posterpräsentation – österr. PV Tagung 2015 (vor Projektbeginn)
- Vortrag - OTTI Forum BIPV - 31.3.2016 - Kloster Banz Deutschland
- Posterpräsentation - Abschlussevent Solarrok EU Projekt – 09.2016 - Brüssel
- Präsentation des Task 15 - Victor Kaplan Lectures – Herbst 2016 - Österreichs Energie
- Präsentation des Task 15 - TPPV Meeting 10.10.2016
- Präsentation des Task 15 - IEA Vernetzungstreffen 2016
- Internationaler COP 22 Side Event in Marrakech/Marokko - Präsentation des Task 15 durch Leiter Michiel Ritzen
- Präsentation des Task 15 – österr. PV Tagung 2016
- Poster von Ergebnissen des Task 15 in Kooperation mit dem nationalen Projekt PV@Fassade – PV Tagung 2016
- Interview mit Projektleiter in der Tageszeitung „der Standard – Rubrik Geistesblitze“ zu BIPV und zum Projekt IEA PVPS Task 15 – der Standard 12.2016⁴⁹

Highlights 2017

- Poster von Ergebnissen des Task 15 in Kooperation mit dem nationalen Projekt PV@Fassade – PVSEC 09.2017
- Vortrag mit Ergebnissen von Task 15 in Kooperation mit dem nationalen Projekt PV@Fassade – ABS 10.2017
- Vortrag mit Ergebnissen von Task 15 in Kooperation mit dem nationalen Projekt PV@Fassade – ABS 10.2017
- Beteiligung des Projektkonsortiums an der Konzeptionierung und Neugestaltung der Dauerausstellung „Energie – Fachbereich Photovoltaik“ im Technischen Museum Wien in Kooperation mit der Technologieplattform Photovoltaik Österreich – Technisches Museum Wien 2017 – siehe Abbildung 4.
- Videopräsentation des Task 15 Projektes – PV Tagung 2017
- Präsentation Ergebnisse des Einflusses von Farben auf die Leistung von Photovoltaik – PV Tagung 2017

Highlights 2018

- Präsentation bei und Organisation von Joint Workshop „Sustainable Photovoltaics“ mit IEA PVPS Task 12, Task 13, Task 15 – PV Kongress – März 2018
- Posterpräsentation – PV Symposium Bad Staffelstein – April 2018
- Posterpräsentation – SESWA, Wien – Mai 2018
- Organisation des internationalen Task 15 Meetings in Wien – Juni 2018
- Organisation des internationalen Workshops „BIPV as Architectural Tool“ – Juni 2018
- Publikation von Poster und Paper über den internationalen Ringversuch im Rahmen der

⁴⁹ Link zu Standard-Beitrag: <https://derstandard.at/2000049901874/Die-Architektur-der-Sonnenenergie>

EUPVSEC 2018 in Brüssel – September 2018

- Präsentation der FHTW von Highlights und Ergebnissen aus Task 15 – IEA Vernetzungstreffen 2018
- Präsentation von ST-E Ringversuch bei COST Action PEARL PV – BIPV Training School in Nicosia, Zypern – Oktober 2018
- Präsentation von ertex Solartechnik GmbH bei COST Action PEARL PV – BIPV Training School in Nicosia, Zypern – Oktober 2018
- Präsentation von ertex Solartechnik GmbH bei internationalem BIPV und Architektur Workshop in Kopenhagen – November 2018
- Poster bei 16. Österr. PV-Tagung in Krems – November 2018

Der Task wurde auch laufend im Rahmen von Meetings der Österreichischen Technologieplattform Photovoltaik (TPPV) vorgestellt und die laufenden Ergebnisse disseminiert. Ebenfalls wurden internationale Ergebnisse aus dem Task 15 im Rahmen der Vorlesungsreihe „Energy Talks“ an MasterstudentInnen des Studiengangs „Erneuerbare Urbane Energiesysteme“ weitergegeben. Des Weiteren hat das Unternehmen ERTEX einen Youtube-Channel eröffnet, in dem Wissen zu Bauwerkintegrierter Photovoltaik in Form von kurzen Videos an ein interessiertes Publikum weitergegeben wurde⁵⁰.

6. Vernetzung und Ergebnistransfer

Als weiteres Highlight kann die direkte **Überführung von Forschungsergebnissen in die Weiterbildung und Lehre** an der FH Technikum Wien und FH Oberösterreich genannt werden. In diesem Zusammenhang wurde beispielsweise ein Vorlesungsblock zu aktuellen Fragestellungen im Bereich BIPV und Themen aus Task 15 organisiert, und – zusammen mit Hubert Fechner (Studiengangsleiter „Erneuerbare Urbane Energiesysteme“) – eine Vorlesung und Diskussion mit StudentInnen abgehalten. Im Rahmen der Vorlesungsreihe „Energy Talks“ konnte an MasterstudentInnen des Studiengangs „Erneuerbare Urbane Energiesysteme“ an der FHTW erarbeitetes Wissen aus dem Task 15 direkt an Studierende weitergegeben werden. Ebenfalls wurde für die Messung von BIPV Mustermodulen unter Realbedingungen an der FHTW ein dezentrales Monitoring-System entwickelt das auf handelsüblichen Einplatinencomputern des Typs „Raspberry Pi 3“ basiert. Dieses dezentrale Messkonzept wurde in eine Spezialisierungsübung an der FHTW eingebunden und durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Übungen werden direkt in das internationale Arbeitspaket Subtask F Dissemination überführt. Dieses Messkonzept wurde ebenfalls im Rahmen einer Masterthesis „Messtechnische Analyse eines Fassadenelements mit Integriertem VSG Photovoltaikmodul und Grünpflanzen“ in Kooperation mit der Universität für Bodenkultur (BOKU Wien) angewendet sowie erweitert und hat sich somit als sehr Praxistauglich im wissenschaftlichen Kontext erwiesen.

⁵⁰ Link zum Youtube-Channel von ERTEX: <https://www.youtube.com/channel/UCeeOtVZwVEt9WbNb6GCQFmw>

Auch an der FH OÖ werden die Ergebnisse des Tasks direkt in der Lehre genutzt und disseminiert. Es erfolgt eine aktive Thematisierung in den Vorlesungen und Übungen der Studiengänge Öko-Energietechnik und Sustainable Energy Systems, sowie eine weiterführende Dissemination in Vorträgen und Präsentationen außerhalb des Unterrichts. StudentInnen werden mittels Praxisbeispielen und –Aufgabenstellungen direkt in die Tätigkeiten des Tasks (bspw. Datenauswertung) eingebunden.

Auch in laufenden F&E-Forschungsprojekte konnten Inhalte aus Task 15 disseminiert werden. Beispielsweise in den laufenden Innovationslehrgang „Smart(D)ER“, der von FHTW, AIT und OFI organisiert wird, flossen stetig Inhalte aus dem internationalen Task 15 BIPV ein und ermöglichten damit eine Dissemination zu österreichischen Firmenpartnern. Auch im Rahmen des Qualifizierungsnetzes „HdZ2Market“, unter der Leitung der FHTW, wurden Themenblöcke über BIPV abgehalten, wofür Inhalte aus Aktivitäten von Task 15 disseminiert werden konnten.

Die Fortschritte im Task werden auch in **regelmäßigen Treffen den Mitgliedern der Technologieplattform Photovoltaik (TPPV)** präsentiert. Hierbei ist auch auf die Zusammenarbeit der TPPV bei den Vorbereitungen und der Organisation des **1. Österreichischen BIPV Awards** hinzuweisen, wofür teilweise auf Projekthinhalte, -ergebnisse und Beispielprojekte aus IEA PVPS Task 15 eingegangen wurde. Ein Highlight stellte die Organisation und Abwicklung eines internationalen **Joint-Workshops zwischen IEA PVPS Task 12, Task 13 und Task 15 im Rahmen des PV Kongresses**, in Kooperation mit dem Bundesverband PV Austria dar. In diesem Workshop konnten wesentliche Inhalte für das Projekt erarbeitet und diskutiert werden (siehe Kapitel 1). Ein Highlight im Projekt stellt die erstmalige systematische elektrooptische **Untersuchung des Einflusses von Farben auf die Leistung** von Siliziumphotovoltaik dar. Konkret lässt sich nun auf Basis fundamentaler physikalischer Zusammenhänge quantifizieren wie groß der (minimale) Einfluss unterschiedlicher Farben auf die Leistung von Standardphotovoltaik ist. Als weiteres Highlight kann die **Beteiligung des Projektkonsortiums an der Konzeptionierung und Neugestaltung der Dauerausstellung „Energie – Fachbereich Photovoltaik“ im Technischen Museum Wien** in Kooperation mit der Technologieplattform Photovoltaik (TPPV) genannt werden, wie auch in der nachfolgenden Abbildung veranschaulicht ist.



Abbildung 36: Dauerausstellung im Technischen Museum Wien zum Thema Energie – Fachbereich Photovoltaik.

Die Beteiligung an Task 15 in dem bestehenden Projekt ermöglichte, einen Großteil der nationalen F&E-Institute sowie österreichische und international namhafte Unternehmen aus dem BIPV Bereich international zu vernetzen und entsprechend zu positionieren. Das österreichische Know-How und die Expertise aus nationalen und internationalen F&E-Projekten konnte somit gut disseminiert werden (siehe Auflistung der Projekthighlights und Dissemination). Ebenfalls erlaubten die Vernetzung und Zusammenarbeit mit internationalen ExpertInnen aus Task 15 einen wertvollen Know-How- und Ergebnistransfer zu österreichischen F&E-Einrichtungen und Unternehmen. Vor allem die Überleitung von IEA Energieforschungsergebnissen in EU und weltweite Normung, Standardisierung und Klassifizierung wurde durch Aktivitäten des Projektes mit unterstützt. Durch die ausgewogene Zusammensetzung des Konsortiums und projektrelevanter Erfahrung bzw. Vorprojekten wurde ein erfolgreiches Einbringen österreichischer Expertise und Erkenntnisse aus nationalen und EU- F&E-Projekten in die IEA Forschungsk Kooperationen ermöglicht sowie ein verstärktes Initiieren und Umsetzen von innovativen Projekten im Bereich und Umfeld von BIPV unter österreichischer Leitung und Vorreiterrolle zu bmvit Schwerpunkten ermöglicht.

Bezugnehmend auf Österreichs Technologiepolitik bedeutet das energiepolitische Ziel 100% erneuerbare Stromerzeugung in Österreich bis 2030, dass die Photovoltaik - und damit auch BIPV – wesentliche Anteile der Stromversorgung übernehmen muss, eine Ausweitung von aktuell 1,25 GW auf etwa 15 GW ist dafür zumindest erforderlich. Die Integration der Photovoltaik muss dabei umfassend gedacht werden; ästhetisch verträglich in die verbaute Umwelt (BIPV) und optimal systemisch integriert in ein innovatives Energiesystem. Die mit der österreichischen Beteiligung an Task 15 erzielten Projektergebnisse konnten hierzu maßgeblich zur Identifikation weiterer notwendiger Forschungsaktivitäten im Bereich BIPV beitragen.

Des Weiteren sind besonders folgende Vewertungs- und Weiterverbreitungsaktivitäten, welche im Rahmen der Projektlaufzeit durchgeführt wurden, hervorzuheben:

- Enge Zusammenarbeit mit der österreichischen Technologieplattform Photovoltaik (TPPV) sowie dem Bundesverband für Photovoltaik Austria (PV Austria) bei Fragen mit Bezug zu BIPV.
- Unterstützung der Gestaltung und inhaltlichen Organisation des 1. Österreichischen BIPV Awards (vor allem hinsichtlich der Bewertung der BIPV-Beispielprojekte).
- Dissemination innerhalb der internationalen COST Action PEARL-PV während der BIPV-Training School in Nicosia, Zypern.
- Verwertung von F&E-Ergebnissen innerhalb der Lehre an der FH Technikum Wien und FH OÖ sowie innerhalb des smart(D)ER Innovationslehrganges unter Leitung der FH Technikum Wien.
- Wissenstransfer der Forschungsergebnisse in österreichische Unternehmen (Vorträge, Workshops) zur weiteren Verbreitung der Technologie und Anwendungsmöglichkeiten von BIPV.

Die österreichischen Aktivitäten im Kontext der Task 15 Mitarbeit während der Projektlaufzeit mehrmals beifolgenden themenspezifischen nationalen und internationalen Veranstaltungen vorgestellt:

- Österreichische PV-Tagung der TPPV
- Smart Energy Systems Week Austria, SESWA
- PV Kongress der PV Austria
- PV / BIPV Symposium in Bad Staffelstein
- EUPVSEC internationale Konferenz
- Advanced Building Skinds internationale Konferenz
- BIPV Training School, COST Action PEARL PV
- Vertiefungsworkshops der TPPV
- BIPV Workshops im Rahmen von internationalen Task Meetings (Wien, Kopenhagen)

Darüber hinaus sind im Rahmen der Task 15 Mitarbeit und der damit verbundenen nationalen Aktivitäten mehrere Projekteinreichungen im Themenfeld der Bauwerkintegrierten Photovoltaik entstanden. Folgend eine Auflistung der Projektanträge, die im Rahmen der Initiierung der Aktivitäten mit Bezug zu BIPV eingereicht wurden:

- Projekte PV4Residents
- Projekt PV@Fassade
- EU Projektantrag EXCESS (Energy fleXible user-CEntric poSitive houseS)
- PV-go-Smart – Datennutzung in PV-Netzwerken
- BE-Smart - innovative Building Envelope for Sustainable, Modular, Aesthetic, Reliable and efficient construction
- CoverPower - Flexible and innovative design in terms of colour and surface texture
- ParaSol - Multifunktionale solaraktive Platz- und Straßenüberdachung
- PVRe² - Sustainable Photovoltaics
- PV4BI(M) - Gestaltungselemente und Planungstools für innovative Integration von PV in Bauwerke
- DIM4Energy - Digitale Informationsmodelle für die Planung und Optimierung von Gebäuden und urbaner Energieinfrastruktur
- COMPILE - Integrating Community Power in Energy Islands

7. Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

Um energiepolitische Ziele wie z.B. 100% erneuerbare Stromerzeugung bis 2030 in Österreich erreichen zu können, muss Photovoltaik, und damit auch BIPV, wesentliche Anteile der Stromversorgung übernehmen. Die **Integration der Photovoltaik** muss dabei umfassend gedacht werden; ästhetisch verträglich in die verbaute Umwelt (BIPV) und optimal systemisch integriert in ein innovatives Energiesystem. Gebäudeaußenflächen müssen somit mittelfristig standardmäßig die Zusatzfunktion der Stromerzeugung anbieten können. Forschung und Entwicklung, aber auch die Marktförderung soll darauf Bezug nehmen.

Die **Beteiligung an Task 15** in dem bestehenden Projekt ermöglichte es, einem Großteil der nationalen F&E-Institute sowie österreichischen und internationalen namhaften Unternehmen aus dem BIPV Bereich sich international zu vernetzen und entsprechend zu positionieren. Das österreichische Know-How und die Expertise aus nationalen und internationalen F&E-Projekten konnten somit gut disseminiert und erweitert werden.

Weiterführend zu den Tätigkeiten der österreichischen Beteiligung an Task 15 arbeitet das österreichische Konsortium aktuell auch maßgeblich an der Ausarbeitung eines neuen, internationalen Workplans für eine Fortsetzung des Tasks nach Ablauf der internationalen Projektlaufzeit (Ende 2019) mit. Hierbei wird aus dem Österreichischen Konsortium auch eine leitende Rolle (z.B. auf Subtask-Ebene) diskutiert. Ein vorläufiger Entwurf des neuen Arbeits- und Zeitplans wurde mit den letzten internationalen Task-Meetings in Wien (Juni 2018) und Kopenhagen (November 2018), mit maßgeblicher österreichischer Beteiligung, erstellt.

Des Weiteren ist geplant, Projektergebnisse weiterhin über **Wissenstransfer an der FH Technikum Wien und der FH Oberösterreich** an Studierende zu vermitteln. Ebenfalls sollen durch **Workshops, Seminare, Lehrgänge und Weiterbildungsmaßnahmen** (z.B. Innovationslehrgänge, Qualifizierungsseminare, Qualifizierungsnetze, etc.) in Zusammenarbeit mit relevanten Stakeholdern sowie der **Österreichischen Technologieplattform Photovoltaik TPPV** Forschungsergebnisse und weiterer Forschungsbedarf im Bereich BIPV verbreitet und weiterbearbeitet sowie disseminiert werden und somit die weitere Verbreitung der Technologie und Anwendungsmöglichkeiten von BIPV ermöglichen. In diesem Zusammenhang – der weiterführenden Vernetzung mit nationalen sowie internationalen ExpertInnen und Stakeholdern im Bereich BIPV – sollen österreichische Stakeholder im Bereich BIPV an internationale F&E-Aktivitäten optimal angebunden werden. Eine Plattform für diese Aktivitäten soll auch weiterhin u.a. durch die jährlich stattfindende, **Österreichische Photovoltaik Fachtagung der TPPV** geboten werden.

8. Verzeichnisse

Weiterführende Literatur

Benson, J. (Editor), D. Frieden, B. Stridh, S. Woess-Gallasch, K. Frederiksen, P. Macé, D. Larsson, E. Román, J, van Oorschot, P. Hendrick (in Vorbereitung): Development of BIPV business cases, IEA PVPS Task 15, Subtask B – Transition towards sound BIPV business models

Berger K., Rose H., et al: International definitions of “BIPV”. IEA-PVPS Task 15, International Energy Agency.

BMNT, Bundesministerium für Nachhaltigkeit und Tourismus (2018): Vortrag an den Ministerrat, GZ: BMNT-555.300/0079-VI/3/2018. Wien, 5.12.2018.

https://www.bundeskanzleramt.gov.at/documents/131008/1111440/38_17_mrv.pdf/f8fb7455-79b7-4939-b6f2-a9cd8f70b6da

Buchner Maria, Geringer Dominik, Schnedl Gerhard, Stöger Karl: Solarenergie im urbanen Raum: ein Werkstattbericht. In: Umwelt & Technik, Beilage zur Zeitschrift Recht der Umwelt (RdU-U&T), Verlag Manz, Wien, 2016, 109-119.

Eder G., Illich P., Maul L., Folkerts W., et al: BIPV research teams & BIPV R&D facilities - An international mapping. IEA-PVPS Task 15, International Energy Agency.

Eder G., Illich P., Maul L., Folkerts W., et al: BIPV research teams & BIPV R&D facilities - An international mapping – Second Version. Draft Report December 2018 IEA-PVPS Task 15, International Energy Agency.

Fraunhofer ISE (2018): Stromgestehungskosten Erneuerbare Energien. März 2018.

https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/de/documents/publications/studies/DE2018_ISE_Studie_Stromgestehungskosten_Erneuerbare_Energien.pdf

Frischknecht R., Heath G., Raugei M., Sinha P. and de Wild-Scholten M. (2015) Methodology Guidelines on Life Cycle Assessment of Photovoltaic Electricity, 3rd edition, IEA-PVPS T12-03:2015. International Energy Agency, IEA, Paris.

Giselbrecht, Karin, Franz Tragner, Hubert Fechner, Erik Sehnal, Katharina Huber-Medek, Leonard Müller, Ralf Fuckerrieder, Bertram Weiss (2011): Marktmodelle für GIPV-Mehrparteien-Immobilien im intelligenten, dezentralen Energiesystem. Neue Energien 2020 Endbericht.

Illich P., Eder G., Berger K., Rechberger P., et al: Comparative performance measurements of identical BIPV-elements in different climatic environments – a round robin action within the IEA PVPS Task 15 collaboration. EUPVSEC 2018, Brussels. IEA-PVPS Task 15, International Energy Agency.

Macé P., Larsson D., Benson J. and co-authors Woess-Gallasch S., Frieden D. et al: Inventory on Existing Business Models. Opportunities and Issues for BIPV. IEA PVPS Task 15 Subtask B – Transition towards sound BIPV Business Models. Report IEA-PVPS T15-03: 2018, International Energy Agency, April 2018. <http://iea-pvps.org/index.php?id=491>

Masson G., Briano J.I. and Baez M.J.: Review and Analysis of PV Self-Consumption Policies. IEA-PVPS T1-28: 2016, International Energy Agency, April 2016. <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=382>.

Payet J., Grange F., Maul L., et al: LCA for Building Integrated Photovoltaic (BIPV) Applications: Overview of Existing PEFCR and Guidelines. Draft Report December 2018 IEA-PVPS Task 15, International Energy Agency (not published yet).

Peharz G., Ulm A.: Quantifying the influence of colors on the performance of c-Si photovoltaic devices. Joanneum Research – Materials. Renewable Energy. ISSN: 0960-1481. 2018.

A. Posch, T. Brudermann, M. Buchner, E. Fleiß, D. Geringer, P. Hart, S. Hatzl, T. Kallsperger, G. Lang, T. Mayrold, E. Meißner, C. Reischl, G. Schnedl, S. Seebauer, K. Stöger, A. Würz-Stalder (2018): Optimierung der SOLARenergienutzung in URbanen Energiesystemen (URSOLAR). Berichte aus Energie- und Umweltforschung 7/2018, Hrsg. BMVIT.

https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2018-7.pdf

Raugei M., Frischknecht R., Olson C., Sinha P. and Heath G. (2015) Methodology Guidelines on Net Energy Analysis of Photovoltaic Electricity. Subtask 20 "LCA", IEA PVPS Task 12, retrieved from: <http://www.iea-pvps-task12.org/>.

Woess-Gallasch S., Frieden D., Aichinger A., Rest-Hinterseer H., Haslinger R., Korpitsch G., Auer M. et al. (2017): Innovatives Finanzierungs- und Geschäftsmodell für PV Gemeinschaftsanlagen auf Mehrparteienhäusern zur Vor-Ort Nutzung. Nachhaltig wirtschaften, Berichte aus Energie- und Umweltforschung, 33/2017, Hrsg. BMVIT.

https://nachhaltigwirtschaften.at/resources/sdz_pdf/schriftenreihe-2017-33-pv4residents.pdf

Zanetti I., Bonomo P., Frontini F. Saretta E., Verberne G., Vossen F. M., Folkerts W., et al.: Building Integrated Photovoltaics: Product overview for solar building skins, SUPSI-SEAC, 2017. URL:

https://www.seac.cc/wp-content/uploads/2017/11/171102_SUPSI_BIPV.pdf

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Multifunktionalität von BIPV (rechts) und Status BIPV (links)	7
Abbildung 2: Prozentuelle Darstellungen der BIPV - Installationskapazitäten im Jahr 2020.....	8
Abbildung 3: Share of total EU energy consumption	11
Abbildung 4: Energy demand in households.....	12
Abbildung 5: Development of annual BIPV capacity installed in France and Italy.....	12
Abbildung 6: Global BIPV market perspective (2018 – 2026); Aus: Integrated thinking for photovoltaics in buildings, Ballif et al., Nature Energy, 3, 438–442 (2018)	14
Abbildung 7: (Links) Ergebnisse der Marktuntersuchung in Bezug auf das Auftreten von Produktgruppen; Vertrieb von BIPV-Produkten nach verschiedenen Kategorien. (Rechts) Kreisdiagramme der im Dach verwendeten Technologie (oben) und Fassade (unten) BIPV-Anwendungsbereiche (aus: P. Bonomo et al., 2017) Die Zahlen passen nicht zur Größe der Segmente im unteren Kreisdiagramm.....	15
Abbildung 8: Beispiel der Darstellung im Buch anhand der ENERGYbase.	21
Abbildung 9 Formel LCOE, Kapitalwertmodell ISE (2018)	25
Abbildung 10: BIPV Anlage Mehrfamilienhaus Innsbruck – Stromgestehungskosten (eigene Berechnungen JR).....	25
Abbildung 11: BIPV Anlage Mehrfamilienhaus Innsbruck –Wirtschaftlichkeit (eigene Berechnungen JR)	26

Abbildung 12: Geschäftsmodell mit Materialsubstitution und Stromerlös	27
Abbildung 13: Geschäftsmodell mit Eigentum durch Dritte und Dachmiete.....	27
Abbildung 14: Geschäftsmodell mit Leasing-Vereinbarung	28
Abbildung 15: Geschäftsmodell mit „Grüner Identität“	28
Abbildung 16: Geschäftsmodell „On-Bill Financing“	29
Abbildung 17: Geschäftsmodell Produkt-Service System/Energie-Contracting	30
Abbildung 18: Geschäftsmodell Canvas UX Berlin	31
Abbildung 19 Darstellung der Geschichte der BIPV-Standardisierung (Report C.2, IEA PVPS Task 15 Phase 1)	39
Abbildung 20 Joint-Workshop zu Sustainable Photovoltaics in Wien, März 2018	43
Abbildung 21: Elektrolumineszenzbilder der Module für die BIPV-Teststände, 8 A forward bias (AIT).	48
Abbildung 22: Referenzspektrum AM 1.5 (IEC 60904-3) in orange; Spektrale Empfindlichkeit SR (Messung AIT) blau ... VSG-L „Standardmodul“, grau ... VSG-L mit grauer Bedruckung.	49
Abbildung 23: VSG-L „Standardmodul“ (links) und VSG-L mit grauer Bedruckung.	50
Abbildung 24: Strom-Spannungs-Kennlinien bei STC; VSG-L „Standard“ (Is blau) und „Grau“ (Ig grau). Messung nach Anlieferung (Initial), nach Test auf Lichtalterung (LID), nach 1000 Stunden DH 85/85, und 2000 (bzw. 1500) Stunden DH 85/85. (AIT)	50
Abbildung 25: Leistungs- und Strahlungswerte von vier Modulen im Feldtest.	52
Abbildung 26: Temperaturwerte von vier Modulen im Feldtest.	53
Abbildung 27: Tägliche Performance Ratio (PR) von Testmodulen aus 6 Teststellen in verschiedenen Ländern.....	53
Abbildung 28: Statistische Analyse der PR basierend auf Tageswerten.	54
Abbildung 29: Ertrag eines Moduls anhand der Einteilung gemäß IEC 61853.....	54
Abbildung 30: Parameter des Loss Factor Models basierend auf einer Analyse der IV-Kurven.....	55
Abbildung 31: String-Kennlinie Power Tower	56
Abbildung 32: Thermografie (B. Kubicek, AIT).	56
Abbildung 33: Ertragsauswertung Power Tower (K. Berger, AIT).	57
Abbildung 34 mit Ziegelmuster bedruckte BIPV-Mustermodule von Ertex Solar, Testaufbau in „Dacheinbausituation“ und Messkurven des Leistungsverlaufs über den Tag für das Referenzmodul (graue Kurve) und die bedruckten Module (rote und blaue Kurve)	58
Abbildung 35: Farbeffizienz für monochromatische Farben nach dem Modell der Pill-box Reflectance Spektren (Weite der Pill-boxes = 40 nm und Höhe 100%).	59
Abbildung 36: Dauerausstellung im Technischen Museum Wien zum Thema Energie – Fachbereich Photovoltaik.	63

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Teilnehmende Partnerländer in Task 15 (Phase 1).....	18
Tabelle 2 Überblick ausgewählte BIPV-Beispielprojekte in Österreich nach Anwendungsfällen	19
Tabelle 3: Einstrahlungs-Temperaturmatrix nach IEC 61853-1. Siehe auch Fußnote 39.....	49
Tabelle 4: Leistungs-Messwerte eines VSG-L-Moduls bei Temperaturmatrix nach IEC 61853-1.	49

9. Kontaktdaten

Peter Illich, MSc.

Researcher / Lecturer – Renewable Energy Systems

Fachhochschule Technikum Wien GmbH

T: +43(0)1 333 4077- 3756

E: illich@technikum-wien.at

I: www.technikum-wien.at

Projekt- bzw. KooperationspartnerInnen

Lukas Maul, Susanne Schidler (Fachhochschule Technikum Wien GmbH)

Karl Berger, Astrid Schneider (AIT – Austrian Institute of Technology)

Gabriele Eder (OFI - Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik)

Philipp Rechberger (Fachhochschule Oberösterreich)

Dieter Moor (Ertex Solartechnik GmbH)

Dorian Frieden, Susanne Woess-Gallasch, Gerhard Peharz, Roman Trattinig (JOANNEUM RESEARCH Forschungs- GmbH)