

IEA Photovoltaik (PVPS) Task 15: Bauwerkintegrierte Photovoltaik

Arbeitsperiode 2019 - 2023

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

22/2025

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:

Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur,
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:

Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien

Leitung: DI (FH) Volker Schaffler, MA, AKKM

Kontakt zu „IEA Forschungskooperation“: Mag.^a Sabine Mitter

Autorinnen und Autoren:

FH-Prof. Ing. Momir Tabakovic PhD. MSc, University of Applied Sciences Technikum Wien

DI Dr. Gabriele Eder, OFI Österreichisches Forschungsinstitut für Chemie und Technik

DI Dr. Karl A. Berger, AIT Austrian Institute of Technology GmbH

FH-Prof. Arch. Dipl.-Ing. Dr. Michael Grobbauer, DI Maximilian Lugmair, BSc,
Fachhochschule Salzburg GmbH

DI Lukas Gaisberger, FH OÖ Forschungs & Entwicklungs GmbH

Ing. Daniel Gutleiderer, MBA, Ing. Christian Ullrich, Ertex solartechnik GmbH

Ein Projektbericht gefördert im Rahmen von



Wien, April 2023

Rückmeldungen: Ihre Überlegungen zu vorliegender Publikation übermitteln Sie bitte an
iii3@bmimi.gv.at.

Disclaimer:

Dieser Ergebnisbericht wurde von der Fördernehmer:in erstellt. Für die Richtigkeit, Vollständigkeit, Aktualität sowie die barrierefreie Gestaltung der Inhalte übernimmt das Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) keine Haftung.

Mit der Übermittlung der Projektbeschreibung bestätigt die Fördernehmer:in ausdrücklich, über sämtliche für die Nutzung erforderlichen Rechte – insbesondere Urheberrechte, Leistungsschutzrechte sowie etwaige Persönlichkeitsrechte abgebildeter Personen – am bereitgestellten Bildmaterial zu verfügen.

Die Fördernehmer:in räumt dem BMIMI ein unentgeltliches, nicht ausschließliches, zeitlich und örtlich unbeschränktes sowie unwiderrufliches Nutzungsrecht ein, das übermittelte Bildmaterial in allen derzeit bekannten sowie künftig bekannt werdenden Nutzungsarten für Zwecke der Berichterstattung, Dokumentation und Öffentlichkeitsarbeit im Zusammenhang mit der geförderten Maßnahme zu verwenden, insbesondere zur Veröffentlichung in Printmedien, digitalen Medien, Präsentationen und sozialen Netzwerken.

Für den Fall, dass Dritte Ansprüche wegen einer Verletzung von Rechten am übermittelten Bildmaterial gegen das BMIMI geltend machen, verpflichtet sich die Fördernehmer:in, das BMIMI vollständig schad- und klaglos zu halten. Dies umfasst insbesondere auch die Kosten einer angemessenen rechtlichen Vertretung sowie etwaige gerichtliche und außergerichtliche Aufwendungen.

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts im Rahmen der IEA Forschungsk Kooperation. Es wurde vom Bundesministerium für Innovation, Mobilität und Infrastruktur (BMIMI) initiiert, um österreichische Forschungsbeiträge zu den Kooperationsprojekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu unterstützen.

Die IEA Forschungsk Kooperationen umfassen eine breite Palette an Energiethemen mit dem Ziel Energiesysteme, Städte, Mobilitäts- und Industriesysteme fit für eine nachhaltige Zukunft bis 2050 zu machen. Auch Themen wie Gendergerechtigkeit oder Ressourcen- und Kreislaufwirtschaftsaspekte werden berücksichtigt.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen und Unternehmen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch die vielen IEA-Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und neue internationale Standards. Auch in der Marktumsetzung konnten richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Daher werden alle Berichte nach dem Open Access Prinzip in der Schriftenreihe des BMIMI über die Plattform nachhaltigwirtschaften.at veröffentlicht.

Inhalt

Vorbemerkung	5
1 Kurzfassung	8
2 Abstract	10
3 Ausgangslage.....	12
3.1 IEA Photovoltaic Power Systems Programme IEA-PVPS TCP	12
3.2 Aktive Tasks im IEA-PVPS TCP, österr. Beteiligung am Task 15	13
3.3 Subtask A: TIS-Analyse (Technical Innovation System) für BIPV.....	14
3.4 Subtask B: Querschnittsanalyse ausgeführter BIPV-Installationen	15
3.5 Subtask C: Leitfaden zur BIPV Planung, Errichtung & Betrieb	16
3.6 Subtask D: Digitalisierung in der BIPV-Wertschöpfungskette.....	16
3.7 Subtask E: Pre-normative Internationale BIPV Charakterisierungsmethoden	16
4 Projektinhalt	18
4.1 Internationale Zusammenarbeit zur Erreichung der Ergebnisse in den Subtasks	18
4.2 Subtask A: TIS-Analyse (Technical Innovation System) für BIPV.....	19
4.3 Subtask B: Querschnittsanalyse ausgeführter BIPV Installationen.....	19
4.3.1 Definition und Bewertung von Leistungsindikatoren	19
4.3.2 Entwicklung eines numerischen Bewertungssystems.....	20
4.3.3 Multi-Dimensional Evaluation Tool	21
4.4 Subtask C: Leitfaden zur BIPV-Planung, Errichtung & Betrieb	21
4.5 Subtask D: Digitalisierung in der BIPV-Wertschöpfungskette.....	22
4.6 Subtask E: Pre-normative Internationale BIPV-Charakterisierungsmethoden	23
5 Ergebnisse	24
5.1 Subtask A: TIS-Analyse (Technical Innovation System) für BIPV.....	24
5.2 Subtask B: Querschnittsanalyse von BIPV-Installationen	25
5.2.1 Multifunktionale Bewertung von BIPV-Projekten.....	25
5.2.2 Diskussion.....	29
5.3 Subtask C: Leitfaden zur BIPV Planung, Errichtung & Betrieb	29
5.4 Subtask D: Digitalisierung in der BIPV Wertschöpfungskette	32
5.5 Subtask E: Pre-normative Internationale BIPV Charakterisierungsmethoden	32
6 Schlussfolgerungen.....	35
7 Ausblick und Empfehlungen	38
Tabellenverzeichnis	42
Abbildungsverzeichnis	43
Literaturverzeichnis	44
Abkürzungen.....	45

1 Kurzfassung

Der IEA PVPS Task 15 fokussiert sich auf die bauwerksintegrierte Photovoltaik (BIPV). Ziel ist es, technische und nicht-technische Hindernisse zu überwinden und damit den Einsatz von BIPV in der gebauten Umwelt zu fördern. Da der Gebäudesektor einen erheblichen Anteil des weltweiten Energieverbrauchs und der CO₂-Emissionen ausmacht, wird die Rolle von Photovoltaikanlagen bei der Reduzierung der Umweltauswirkungen von Gebäuden immer wichtiger. Trotz sinkender Preise für PV-Komponenten und dem großen technischen und wirtschaftlichen Potenzial von BIPV bleibt ein Großteil dieses Potenzials ungenutzt. Hürden wie wirtschaftliche, rechtliche und normative Aspekte, mangelnder Wissenstransfer, fehlende Geschäftsmodelle und ungleiche Wettbewerbsbedingungen behindern die Marktdurchdringung von BIPV. Task 15.2 zielt darauf ab, diese Probleme zu adressieren, indem er Forschung, Wissen und Erfahrungen austauscht und dadurch die Lücken zwischen BIPV-Akteuren schließt. Dies schafft günstige Rahmenbedingungen, um die Implementierung von BIPV zu beschleunigen.

Im Subtask A wurde ein Leitfaden für die Analyse von technologischen Innovationssystemen (TIS) für gebäudeintegrierte Photovoltaik entwickelt. Diese Analyse wurde in mehreren Ländern durchgeführt und daraus eine Synthese erstellt. Dabei wurden Erfahrungen ausgetauscht, aktuelle Entwicklungen geprüft und Schlussfolgerungen für den internationalen und nationalen Kontext gezogen. Es ist essenziell, gebäudeintegrierte Photovoltaik (BIPV) frühzeitig in den Bauplanungsprozess einzubeziehen. Erfolgreiche Projekte sollten bekannt gemacht werden, um das Wissen über BIPV zu erhöhen. Es besteht Bedarf an Harmonisierung von PV-Normen und Bauvorschriften, und der Einsatz von integrierter PV sollte in Bauvorschriften verankert werden. Es wird empfohlen, ein Gesetz zu erlassen, das eine Doppelnutzung jeder versiegelten Fläche mit (BI)PV prüft. Trotz der Möglichkeiten zeigt die BIPV-Marktentwicklung in Österreich noch Verbesserungspotenzial, insbesondere im Hinblick auf fehlende technische Standards, wie Brandschutzvorschriften, und das Fehlen gesetzlicher Verpflichtungen für erneuerbare Energien in den örtlichen Bauvorschriften.

BIPV-Installationen erfüllen neben einer konstruktiven auch eine ästhetische Funktion im Gebäude und zusätzlich die energetische Funktion der Stromerzeugung. Um eine Vergleichbarkeit der multifunktionalen Performance von BIPV-Projekten zu erreichen, wurden in Subtask B Leistungsparameter definiert, die einerseits die bauliche, andererseits aber auch die elektrische Funktion gut abbilden. Zusätzlich wurden auch Indikatoren für die ökonomische Seite des umgesetzten Projekts in Anschaffung und Betrieb sowie die Umweltbewertung definiert. Es wurde eine Systematik für die Darstellung dieser Indikatoren in einer umfassenden Bewertungsmatrix entwickelt. Eine Validierung der Methode wurde unter Einbeziehung der Expert:innen von Task 15 und darüber hinaus anhand von vier beispielhaften Projekten durchgeführt.

Ein Hindernis für die Verwendung von BIPV-Technologien in der Bauindustrie ist das Fehlen praxisorientierten Know-hows und verfügbarer Normen/Richtlinien für die Planung und Umsetzung von BIPV-Systemen. In Subtask C wurde ein BIPV-Leitfaden erarbeitet, welcher die Implementierung erfolgreicher BIPV-Praktiken erleichtern und den Entscheidungsprozess fördern soll, um effektive

BIPV-Designs zu erreichen, die sowohl architektonisch ansprechend als auch technisch robust sind. Dieser Leitfaden zielt darauf ab, das vorhandene Wissen von verschiedenen Interessengruppen zu sammeln und für Architekt:innen, Ingenieur:innen und Berater:innen in der Baubranche leicht zugänglich zu machen. Das Ziel ist es, praxisnahe und interdisziplinäre Informationen bereitzustellen, um die Implementierung von BIPV-Technologien in der gebauten Umwelt voranzutreiben. Der Leitfaden deckt den gesamten Prozess vom BIPV-Entwurf über die Installation, den Betrieb, die Wartung bis hin zur Sicherheit ab.

In Subtask D wurden digitale Modelle von BIPV-Elementen untersucht und BIPV-Designrichtlinien sowie Tools entwickelt. Ein Workshop zur PV-Digitalisierung wurde organisiert und ein Austausch mit internationalen Standardisierungsoperationen durchgeführt. Das Hauptziel war die Vernetzung mit nationalen und internationalen Stakeholdern. Nur wenn BIPV auch Teil des generellen digitalen Bau-Planungsprozesses wird, kann die BIPV bereits kosteneffizient in frühen Planungsprozessen berücksichtigt werden. Dafür wurde ein Task 15 Bericht über die aktuell angewandten Prozesse „BIPV Digitalization: Design Workflows and Methods – A Global Survey“ [1] publiziert. Aktuell wird die Integration von BIPV nur im Gebäudekontext betrachtet, Methoden und Arbeitsabläufe zur Identifizierung der Auswirkungen von BIPV auf die städtische Umwelt könnte den Planer:innen und Endnutzer:innen ein umfassendes Wissen über die Machbarkeit von BIPV-Anwendungen im städtischen Umfeld bieten.

Subtask E konzentrierte sich auf prä-normative Aktivitäten und die Themen Test- und Berechnungsverfahren für semitransparente BIPV-Elemente, Outdoor-Tests von BIPV-Elementen, Feuersicherheit von BIPV-Elementen und Installationen, BIPV-Sicherheit und Zuverlässigkeit sowie standardisierte Verfahren zur Jahresertragsermittlung von BIPV-Installationen. Zu diesen Themen wurden mehrere Berichte und Publikationen veröffentlicht, bzw. stehen unmittelbar davor. Die österreichischen Partner haben Beiträge zu den Berichten geleistet, die bisher veröffentlicht wurden. Dazu gehören Beiträge zu Publikationen bei der EU-PVSEC, zum Bericht zur Feuersicherheit und zum Entwurf des Berichts "Advancing BIPV Standardization: Overcoming Regulatory Gaps, Performance Challenges, and Testing Procedures".

Darüber hinaus sind die österreichischen Partner in der internationalen Normungsarbeit aktiv. Sie sind in der gemeinsamen Arbeitsgruppe (JWG 11) vertreten, die zur Harmonisierung der Standards für BIPV zwischen der elektrotechnischen und der Baunormung beiträgt. Sie haben auch Vorschläge und Kommentare zu internationalen und europäischen BIPV-Normen eingebracht.

2 Abstract

The IEA PVPS Task 15 focuses on Building-Integrated Photovoltaics (BIPV), aiming to overcome technical and non-technical barriers to promote BIPV usage in the built environment. As buildings account for a significant portion of global energy consumption and CO₂ emissions, the role of photovoltaics in reducing building environmental impacts is increasingly important. Despite decreasing prices for PV components and the substantial technical and economic potential of BIPV, much of this potential remains untapped. Barriers such as economic, legal, and normative aspects, lack of knowledge transfer, missing business models, and uneven competition conditions hinder BIPV market penetration. Task 15.2 aims to address these issues by exchanging research, knowledge, and experience, thereby bridging gaps between BIPV actors and creating favorable conditions to accelerate BIPV implementation.

In Subtask A, a guide was developed for analyzing technological innovation systems (TIS) for building-integrated photovoltaics. This analysis was conducted in several countries and synthesized. Experiences were exchanged, current developments checked, and conclusions drawn for the international and national context. It is essential to include building-integrated photovoltaics (BIPV) in the construction planning process at an early stage. Successful projects should be made known to increase knowledge about BIPV. There is a need for harmonization of PV standards and building regulations, and the use of integrated PV should be anchored in building regulations. It is recommended to enact a law that checks a dual use of each sealed area with (BI)PV. Despite the possibilities, BIPV market development in Austria still shows potential for improvement, especially with regard to missing technical standards, such as fire protection regulations, and the absence of legal obligations for renewable energies in local building regulations.

BIPV installations fulfill both a constructive and an aesthetic function in the building and the additional energy function of electricity generation. To achieve comparability of the multifunctional performance of BIPV projects, performance parameters were defined in Subtask B that adequately represent both the constructional and the electrical function. In addition, indicators for the economic side of the implemented project in acquisition and operation as well as the environmental assessment were defined. A systematics for the representation of these indicators in a comprehensive evaluation matrix was developed. A validation of the method was carried out involving the experts from Task 15 and beyond using four exemplary projects.

One obstacle to the use of BIPV technologies in the construction industry is the lack of practical knowledge and available standards/guidelines for the planning and implementation of BIPV systems. In Subtask C, a BIPV guide was developed to facilitate the implementation of successful BIPV practices and promote the decision-making process to achieve effective BIPV designs that are both architecturally appealing and technically robust. This guide aims to collect existing knowledge from various interest groups and make it easily accessible to architects, engineers, and consultants in the construction industry. The goal is to provide practical and interdisciplinary information to drive

the implementation of BIPV technologies in the built environment. The guide covers the entire process from BIPV design to installation, operation, maintenance, and safety.

In Subtask D, digital models of BIPV elements were examined, and BIPV design guidelines and tools were developed. A workshop on PV digitization was organized, and an exchange with international standardization cooperations was carried out. The main goal was to network with national and international stakeholders. Only if BIPV also becomes part of the general digital construction planning process can BIPV be taken into account in a cost-efficient manner in early planning processes. For this purpose, a Task 15 report on the currently applied processes "BIPV Digitalization: Design Workflows and Methods - A Global Survey" [1] was published. Currently, the integration of BIPV is only considered in the building context, methods, and workflows for identifying the effects of BIPV on the urban environment could provide planners and end-users with comprehensive knowledge about the feasibility of BIPV applications in the urban environment.

Subtask E, which focuses on pre-normative activities, covers topics such as test and calculation procedures for semi-transparent BIPV elements, outdoor tests of BIPV elements, fire safety of BIPV elements and installations, BIPV safety and reliability, and standardized procedures for the annual yield determination of BIPV installations. Several reports and publications have been published or are about to be published on these topics. However, the Austrian partners have contributed to the reports that have been published so far. These include contributions to publications at the EU-PVSEC, to the fire safety report, and to the draft of the report "Advancing BIPV Standardization: Overcoming Regulatory, Gaps Performance Challenges, and Testing Procedures".

In addition, Austrian partners are actively involved in international standardization work. They are represented in the Joint Working Group (JWG 11), which contributes to the harmonization of BIPV standards between electrical and building standardization. They have also submitted proposals and comments on international and European BIPV standards.

3 Ausgangslage

3.1 IEA Photovoltaic Power Systems Programme IEA-PVPS TCP

Die Internationale Energieagentur (IEA, s. www.iea.org), wurde von 16 Industrienationen als Kooperationsplattform zu Energietechnologien im Zuge der Ölkrise gegründet, und ist seit 1974 eine autonome Einheit der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung OECD. Seit 1993 gibt es das IEA Photovoltaic Power Systems Programme Implementing Agreement (IA) - heute IEA Technology Cooperation Programme (TCP), s. www.iea.org/tcp, als eines der gemeinschaftlichen Forschungs- und Entwicklungsprojekte der Internationalen Energieagentur. Ziel des IEA PVPS TCP ist die Beschleunigung der Entwicklung und Anwendung der Photovoltaik (PV) als maßgebliche und nachhaltige erneuerbare Energiequelle, siehe <https://iea-pvps.org/>.



Abbildung 1: Mitglieder des IEA PVPS TCP

Das IEA PVPS TCP hat derzeit 31 Mitglieder: Australien, Chile, China, Dänemark, Deutschland, Finnland, Frankreich, Israel, Italien, Japan, Kanada, Korea, Malaysia, Marokko, die Niederlande, Norwegen, Österreich, Portugal, Schweden, Schweiz, Spanien, Südafrika, Thailand, Türkei, die Vereinigten Staaten von Amerika, sowie die EU und Solar Power Europe, Smart electric Power Alliance, Solar Energy Industry Association und das Solar Energy Research Institute of Singapore (der nationalen Universität Singapore NUS, das mitmacht, obwohl das Land selbst nicht dabei ist). Nachdem der Schweizer Stefan Nowak das PVPS TCP Jahrzehnte geleitet hatte, wurde Daniel Mugnier (Frankreich, auch Stellvertretender Task Manager des Solar Heating and Cooling TCPs, SHC, <https://www.iea-shc.org>) sein Nachfolger. Hubert Fechner, der auch der österreichische PVPS-ExCo ist, ist weiter stellvertretender Leiter des PVPS TCPs.

Die aktiven Tasks des IEA PVPS, sind in Tabelle 1 zusammengestellt, siehe auch [2]. Der Task 15 existiert bereits seit dem Jahr 2015. Die internationale Arbeitsperiode, die dieser Endbericht abdeckt, ist die zweite Hälfte des Task 15.2 von 2019 und 2023.

3.2 Aktive Tasks im IEA-PVPS TCP, österr. Beteiligung am Task 15

Generelles Ziel der internationalen Zusammenarbeit im IEA PVPS Task 15 ist das Schaffen der Rahmenbedingungen, welche die Realisierung von BIPV-Projekten beschleunigen. Die Ergebnisse werden in unterschiedlicher Weise disseminiert: Durch Task 15 Reports, die auf der internationalen IEA-PVPS Webseite veröffentlicht werden, bei Workshops, Webinaren und Konferenzen. Je nach Fragestellung gibt es auch immer wieder engere Kooperationen zwischen den Expert:innen der unterschiedlichen IEA-PVPS Task, die in Tabelle 1 aufgelistet sind.

Tabelle 1: Im Photovoltaic Power Systems Technologie-Kooperationsprogramm der Internationalen Energieagentur (IEA-PVPS TCP) aktive Tasks (Stand 2022).

IEA PVPS Task	Task Name	Task Bezeichnung
Task 1	Strategic PV Analysis and Outreach	Strategische Photovoltaik-Analyse & Übersicht
Task 12	PV Sustainability	Nachhaltigkeit, Umweltaspekte der Photovoltaik
Task 13	Performance, Operation and Reliability of PV Systems	Leistungsfähigkeit, Betrieb und Zuverlässigkeit von Photovoltaiksystemen
Task 14	Solar PV in the 100% RES Power System	Photovoltaik im 100% erneuerbaren elektrischen Energiesystemen
Task 15	Enabling Framework for the Development of BIPV	Rahmenbedingungen für Förderung und Entwicklung bauwerkintegrierter Photovoltaik
Task 16	Solare Resource for High Penetration and Large Scale Applications	Solare Ressource für Anwendungen mit hoher Durchdringung und Großkraftwerken
Task 17	PV & Transport	Photovoltaik und Transport
Task 18	Off-Grid and Edge-of-Grid Photovoltaic Systems	Photovoltaik in Systemen mit schwacher Netzanbindung und Inselsystemen

In allen (fett) hervorgehobenen Tasks sind österreichische Partner beteiligt.

Der IEA PVPS Task 15 konzentriert sich auf bauwerksintegrierte Photovoltaik (BIPV) und zielt darauf ab, Interessengruppen aus dem Gebäudesektor, dem Energiesektor, der Öffentlichkeit, der Regierung und dem Finanzsektor dabei zu helfen, technische und nicht-technische Hindernisse bei der Umsetzung von BIPV in der gebauten Umwelt durch die Entwicklung von Prozessen, Methoden und Werkzeugen zu überwinden.

Der Gebäudesektor ist für 36 % des weltweiten Endenergieverbrauchs und fast 40 % der gesamten direkten und indirekten CO₂-Emissionen verantwortlich. Weltweit wurden Zielsetzungen und spezifische Richtwerte festgelegt, um die Umweltauswirkungen der gebauten Umwelt zu reduzieren.

Politische Stellungnahmen und Richtlinien bewegen sich weiter in Richtung Nullenergiegebäude, -Quartiere, -Gemeinden und -Städte. PV-Anlagen spielen bei dieser Entwicklung eine bedeutende Rolle. Seit dem Start der ersten Phase von Task 15 im Jahr 2015 wurden die Preise für PV-Komponenten und fertig installierte konventionelle PV-Systeme drastisch gesenkt, wodurch es einfacher wird, PV-Komponenten in andere Produkte wie Gebäudekomponenten zu integrieren. Mehrere Studien betonten den hohen Anteil von PV in zukünftigen erneuerbaren Energiesystemen und konnten das große technische und wirtschaftliche Potenzial von Gebäudehüllen für die photovoltaische Energiewandlung aufzeigen.

Zusammenfassend schaffen all diese Randbedingungen einen sehr vielversprechenden Hintergrund für die verstärkte Marktdurchdringung von BIPV. Ein Großteil des Potenzials bleibt jedoch ungenutzt. Bei den PV-Neuinstallationen in Österreich 2022 war der Anteil von fassadenintegrierter Photovoltaik 0,4%, von dachintegrierter PV 0,6 %, während 75 % aller Installationen (BAPV) Aufdach-Montageanlagen waren [3]. Das Vorhandensein (1) bewährter Technologie, (2) zahlreicher erfolgreicher Beispiele, (3) neuer innovativer BIPV-Produkte mit größerem Gestaltungsspielraum für Architekt:innen und (4) ein steigender Bedarf an Energieumwandlung auf Gebäudeebene, sind noch immer nicht ausreichend, um einen großen und sich selbst tragenden BIPV-Markt zu schaffen. Sowohl auf nationaler als auch auf internationaler Ebene bestehen nach wie vor Hürden für eine großflächige Marktdurchdringung wie z.B. wirtschaftliche, rechtliche und normative Aspekte. Hinderlich sind nach wie vor ein schleppender Wissenstransfer zwischen den BIPV-Akteuren, fehlende Geschäftsmodelle, ungleiche Wettbewerbsbedingungen in Bezug auf Regulierungsfragen und Umweltbewertungen sowie eine langsame Umsetzung von innovativen Produkten in Anwendungen. Task 15.2 wird diese Probleme durch den Austausch von Forschung, Wissen und Erfahrung angehen und die Möglichkeit bieten, Lücken zwischen allen BIPV-Akteuren zu schließen, wodurch gute Rahmenbedingungen geschaffen werden, um die Umsetzung von BIPV zu beschleunigen.

Die Tätigkeiten von Task 15 wurden in mehrere Subtasks eingeteilt. Im vorliegenden Bericht werden die Inhalte und Ergebnisse ebenfalls auf Subtask-Level aufbereitet, um eine bessere Übersicht zu gewährleisten. Im Folgenden werden die Subtasks und Ziele der vom österreichischen Konsortium bearbeiteten Subtasks in Task 15.2 (Arbeitsperiode 2019 bis 2023) kurz dargestellt.

3.3 Subtask A: TIS-Analyse (Technical Innovation System) für BIPV

Die Analyse des technischen Innovationssystems (TIS) für BIPV ermöglicht die Identifizierung von Stärken und Schwächen der nationalen Innovationssysteme und der spezifischen Wertschöpfungsketten. Daraus werden politische und strategische Implikationen abgeleitet. Die TIS-Analyse identifiziert, welche Aktivitäten/Systeme/Abläufe verbessert werden können. Basierend auf den Ergebnissen der TIS-Analyse eines Landes wird eine nationale Aktionsliste erstellt, die aufzeigt, wo Maßnahmen zur Beschleunigung des BIPV-Marktes zu konzentrieren sind. Solche Maßnahmen können sowohl das Innovationssystem einzelner Länder als auch den gesamteuropäischen oder sogar globalen Kontext unterstützen.

Ziel dieses Arbeitspaketes ist es, strukturiert und prägnant Schwachstellen in der BIPV-Umsetzung zu identifizieren, um erforderliche Gegen-Maßnahmen einleiten zu können. Ergebnisse dieses Subtasks sind folgende: (i) Maßnahmen für politische Entscheidungsträger:innen, (ii) Maßnahmen für den Bausektor/ BIPV-Industrie/ Architekt:innen/ Installateur:innen/ Forschung etc. in jedem Land, (iii) Maßnahmen zur Behebung von Wissensdefiziten, Reduzierung von Fehleinschätzung des Risikos.

3.4 Subtask B: Querschnittsanalyse ausgeführter BIPV-Installationen

BIPV-Installationen erfüllen neben einer konstruktiven auch eine ästhetische Funktion im Gebäude und zusätzlich die energetische Funktion der Stromerzeugung. Um eine Vergleichbarkeit der multifunktionalen Performance von BIPV-Projekten zu erreichen, sollen Leistungsparameter definiert werden, die einerseits die bauliche, andererseits aber auch die elektrische Funktion gut abbilden. Zusätzlich ist auch die ökonomische Seite des umgesetzten Projekts in Anschaffung und Betrieb sowie eine Umweltbewertung in eine umfassende Bewertungsmatrix einzubeziehen.

Diese interdisziplinäre Aktivität zielt darauf ab, messbare Variablen und Parameter zu identifizieren, welche die Leistung eines BIPV-Systems in Bezug auf seine Funktion als (i) Gebäudekomponente (z. B. konstruktive und architektonische/ästhetische Aspekte) und (ii) Stromgenerator am besten beschreiben. Darüber hinaus werden auch wirtschaftliche, energierelevante und ökologische Aspekte berücksichtigt. Die Parameterermittlung sowie die Analyse und Bewertung der multifunktionalen Leistungsfähigkeit ausgewählter BIPV-Anlagen (=Querschnittsanalyse) wurden unter Anwendung der in Subtask B neu entwickelten mehrdimensionalen Bewertungsmethodik durchgeführt. Eine solche mehrdimensionale Bewertung ermöglicht auch den Vergleich verschiedener potenzieller BIPV-Projekte für ein bestimmtes Gebäude (z. B. in einer Projektausschreibung). Die Qualität der Bauwerksintegration und die Energieeffizienz bestehender und zukünftiger BIPV-Systeme werden anhand von Leistungsindikatoren (PIs) ermittelt und bewertet, die in vier Kategorien unterteilt sind:

1. Wirtschaftlich
2. Energie-relevant
3. Umwelt-relevant (ökologisch)
4. Optisch/visuell

Diese Kategorien wurden auf der Grundlage des IEA PVPS Task 15-Berichts mit dem Titel „Compilation and Analysis of User Needs for BIPV and its Functions“ [4] und internen Diskussionen ausgewählt. Das wichtige Thema des langfristigen BIPV-Betriebs einschließlich Zuverlässigkeits-, Haltbarkeits- und Wartungsaspekten wurde in dieser Arbeit, die als Querschnittsanalyse definiert wurde, nicht berücksichtigt. Diese Themen werden in der Arbeit der kommenden Phase 3 von IEA-PVPS Task 15 (2024-2027) behandelt.

3.5 Subtask C: Leitfaden zur BIPV-Planung, -Errichtung & -Betrieb

Das Fehlen von praxisorientiertem Know-How und verfügbaren Normen/Richtlinien zum Planen/Umsetzen von BIPV-Systemen ist eines der Hindernisse für den Einsatz von BIPV-Technologien in der Bauindustrie. Die Entwicklung eines BIPV-Leitfadens soll die Umsetzung von guten und erfolgreichen BIPV-Praktiken unterstützen und den Entscheidungsprozess vorantreiben, der zu einem effektiven BIPV-Design, belastbaren und robusten BIPV-Installation unter Beibehaltung einer guten Architektur führen.

Ziel dieses Subtasks ist es, vorhandenes BIPV-Wissen von unterschiedlichen Stakeholdern zu sammeln und zu einem technischen Leitfaden für die Baubranche (Architekt:innen, Ingenieur:innen und Berater:innen) zusammenzufassen. Der gesamten Baubranche soll leicht zugängliches, praxisnahes und interdisziplinäres Wissen zur Verfügung gestellt werden, um die Implementierung von BIPV-Technologien in der gebauten Umgebung zu entwickeln, anzuwenden und voranzutreiben. Der Leitfaden umfasst den vollständigen Weg vom BIPV-Entwurf zur Installation, zum Betrieb, zur Wartung und zur Sicherheit.

3.6 Subtask D: Digitalisierung in der BIPV-Wertschöpfungskette

Die PV-Bauwerksintegration erfordert komplexe Interaktion zwischen unterschiedlichen Akteuren entlang der Wertschöpfungskette und in den Bauphasen vom Vorentwurf bis zum Betrieb. Integrale, digitalisierte Werkzeuge und Prozesse (Building Information Modelling BIM, oder allgemein Digital Information Modelling DIM) können unterstützend wirken, um die Anwendung von Photovoltaik in der Gebäudehülle zu erleichtern. Parameter in digitalen Modellen (wie eine digital declaration of performance dDOP) erlauben:

- eine schnelle Überprüfung, ob ein bestimmtes Bauprodukt lokalen Anforderungen entspricht
- digitale Betriebsmodelle
- die Einbindung von BIPV-Systemen in die Planung der Gebäudehülle
- die Einbindung von BIPV-Systemen in die Gebäudeenergieplanung.

3.7 Subtask E: Pre-normative Internationale BIPV Charakterisierungsmethoden

Bereits im Rahmen von Task 15.1. Subtask C wurden Beiträge für die erste IEC-Norm für BIPV erarbeitet. Ziel war es, die relevantesten bestehenden Normen aus der elektrotechnischen und baulichen „Welt“ in einer einzigen Norm zugänglich zu machen. Allerdings war es in der Anfangsphase nicht möglich, Redundanzen durch Harmonisierung ähnlicher, aber nicht identischer Tests zu reduzieren oder neue Testmethoden zu entwickeln, die explizit die Multifunktionalität von BIPV-

Elementen berücksichtigen. Diese Aufgaben stehen im Mittelpunkt von Subtask E /Task 15.2. Das österreichische Konsortium trug hier primär in der Aktivität E.4: Safety and Reliability of BIPV (new testing procedures and accelerated aging) bei und arbeitete an der Identifizierung relevanter bestehender Methoden /in Normen und technischen Spezifikationen wie EN 50583, ISO TS 18178 und IEC 63092-1 bis -3) und der Erstellung eines Reports und Papers mit.

Wesentlich in der internationalen Zusammenarbeit im Subtask E ist die kürzlich gestartete internationalen Standardisierungskooperation im Rahmen der JWG 11 [5] (IEC TC82 Photovoltaic - ISO TC160 SC1 Glass in Building), sowie dem IEC TC82 Photovoltaic PT 63092 [6] BIPV. Ein wesentlicher Parameter von Verglasungen im Gebäude ist der Licht- und Wärmedurchgang ins Gebäude. Die bestehende Messmethodik ist nicht direkt auf PV-Elemente anwendbar, die z.T. transparente und opake Bereiche enthalten und somit räumlich inhomogene Eigenschaften aufweisen. Es wird daher an einer Erweiterung der Methodik durch Tests an "repräsentativen Mustern" von BIPV-Elementen und Parameterextraktion für digitale Modelle gearbeitet.

Weitere wesentliche Elemente für eine verbesserte Standardisierung im Bereich BIPV wären gemeinsame Richtlinien zum Retesting, wenn sich Abmessungen und/oder Materialeigenschaften von BIPV-Modulen ändern, denn die derzeitigen Richtlinien aus der IEC TC82 und ISO TC160 sind zum Teil widersprüchlich, was im Subtask E4 Report aufgezeigt wird.

4 Projekinhalt

4.1 Internationale Zusammenarbeit zur Erreichung der Ergebnisse in den Subtasks

Die internationale Zusammenarbeit hat maßgeblich dazu beigetragen, die Ergebnisse in den verschiedenen Subtasks zu erzielen. Die Koordination und Kommunikation zwischen den Teammitgliedern wurden durch verschiedene Kanäle und Methoden sichergestellt:

- Internationale Taskmeetings: Zweimal jährlich fanden internationale Taskmeetings statt, die eine wichtige Plattform für Diskussionen und den Austausch von Ideen boten. Diese Meetings ermöglichten es den Mitgliedern, ihre Fortschritte zu präsentieren, Feedback zu erhalten und gemeinsame Herausforderungen zu identifizieren und zu adressieren.
- Arbeitsmeetings Online: Zusätzlich zu den physischen Meetings wurden auch zweimonatliche Arbeitsmeetings online durchgeführt. Diese virtuellen Treffen sorgten für eine kontinuierliche Kommunikation und Zusammenarbeit, unabhängig von der geografischen Lage der Mitglieder.
- Abstimmung per E-Mail: Zwischen den Meetings wurden die Kommunikation und Koordination hauptsächlich per E-Mail durchgeführt. Dies gewährleistete einen ständigen Informationsaustausch und hielt alle Mitglieder auf dem neuesten Stand.
- Gemeinsame Online-Dokumente: Um die Zusammenarbeit zu erleichtern, wurden gemeinsame Online-Dokumente genutzt. Diese ermöglichten eine Echtzeit-Zusammenarbeit und stellten sicher, dass alle Mitglieder Zugang zu den neuesten Informationen und Updates hatten.

Herausforderungen

Trotz der Vorteile dieser Arbeitsmethoden gab es auch einige Herausforderungen:

- Zeitzonen: Eine der größten Herausforderungen war die Koordination über verschiedene Zeitzonen hinweg. Dies machte die Planung von Meetings und die Synchronisation der Arbeitszeiten kompliziert.
- Aktive und passive Mitglieder: Ein weiteres Problem war die Unterscheidung zwischen aktiven und passiven Mitgliedern. Während aktive Mitglieder regelmäßig an Meetings teilnahmen und zur Diskussion beitrugen, waren passive Mitglieder weniger beteiligt. Dies führte zu Ungleichgewichten in der Arbeitsbelastung und konnte die Zusammenarbeit erschweren. Es erforderte zusätzliche Anstrengungen, um sicherzustellen, dass alle Mitglieder gleichermaßen beteiligt waren und einen Beitrag zur Arbeit leisteten.

4.2 Subtask A: TIS-Analyse (Technical Innovation System) für BIPV

In Subtask A wurde ein gemeinsamer Leitfaden zur Technical Innovation System Analyse „Guide for Technological Innovation System Analysis for Building-Integrated Photovoltaics 2023“ [7] entwickelt, um eine strukturierte und analoge Vorgangsweise in jedem Land zu garantieren. Die TIS-Analyse wurde bisher in Schweden, Österreich, Australien, Italien, Spanien und den Niederlanden durchgeführt. Anschließend wurde eine Synthese erarbeitet. Im Austausch mit internationalen Entwicklungen werden Erfahrungen erhoben, aktuelle Entwicklungen auf Ihre Eignung getestet, und Schlussfolgerungen für den internationalen und nationalen Kontext formuliert (z.B. Einbindung der Akteure, der politischen/ förderrechtlichen Rahmenbedingungen und der grundlegenden Konzipierung von Geschäftsmodellen).

4.3 Subtask B: Querschnittsanalyse ausgeführter BIPV Installationen

4.3.1 Definition und Bewertung von Leistungsindikatoren

Um die Qualität und Effizienz von BIPV-Systemen zu bewerten, wurde eine Reihe von Leistungsindikatoren (PIs) erstellt und in vier Kategorien detailliert: Wirtschaftlich, energierelevant, ökologisch und optisch/visuelles Erscheinungsbild. Dafür konnte teilweise auf die Erfahrungen aus dem zuvor erstellten Bericht zur Kategorisierung von BIPV Anwendungen [8] zurückgegriffen werden. Die Übersicht über die verschiedenen PI, die in den vier verschiedenen Kategorien vorgeschlagen werden, ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Übersicht über die erarbeiteten Performance-Indikatoren (PI) in den vier Kategorien (Quellen: [9] und [10])

Energy-relevant PIs	Economic PIs	Environmental PIs	Visual appearance PIs
PV array energy yield (DC)	BIPV building element costs (whole BIPV System)	Cumulative energy demand non-renewable	Recognizability
Final system yield (AC)	Material replacement value	Climate change	Colour (uniformity)
Area-specific AC final system yield (relative to total BIPV system area)	Effective levelized cost of electricity (eLCOE)	Resource use, minerals and metals	Glare (risk)
Performance Ratio (annual)	Standard LCOE	Particulate matter	BIPV building in the urban environment
Self-sufficiency index	Effective net present value (eNPV)/costs	Acidification	BIPV system in the building
	Effective discounted payback period (eDPP)	Water use	PV module in the BIPV system

4.3.2 Entwicklung eines numerischen Bewertungssystems

Anschließend wurde für jeden Leistungsindikator ein numerisches Bewertungssystem von 1 bis 5 erstellt. Der Prozess umfasste die Definition möglicher Bereiche auf der Grundlage realer Installationen und die Festlegung einer Skala für jeden PI. Anschließend wird der mittlere Bewertungswert für jede Kategorie berechnet und die Ergebnisse in Abbildung 2 grafisch dargestellt. Dieser Schritt gewährleistet eine quantifizierbare und vergleichende Analyse verschiedener BIPV-Installationen nach mehreren relevanten Kriterien pro PI. Bei den visuellen PIs, die nicht auf wohldefinierten Zahlenwerten basieren, wird stattdessen ein semiquantitativer Ansatz verwendet.

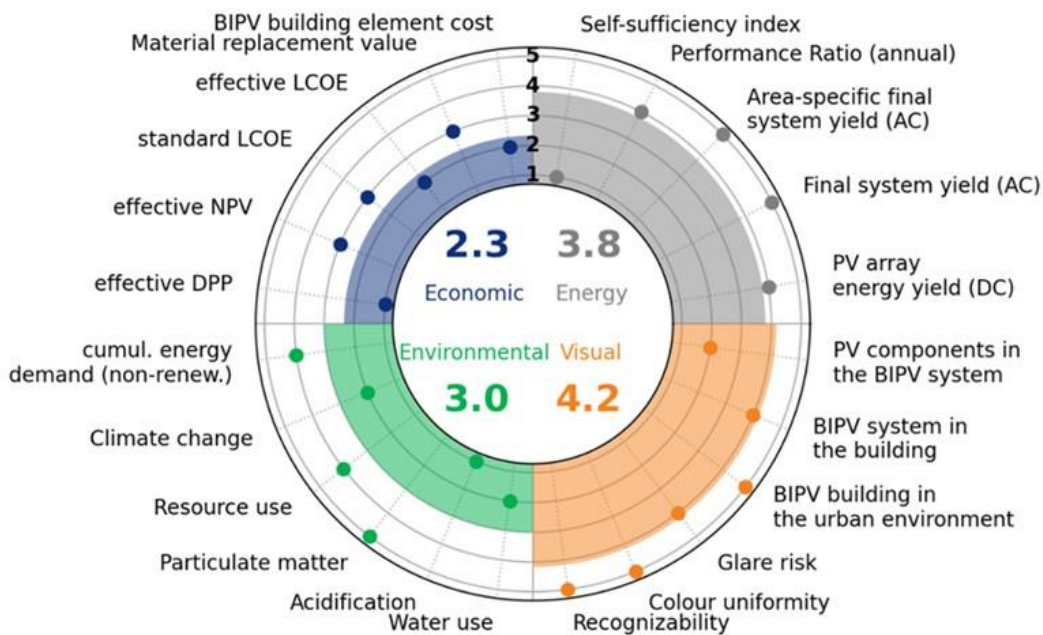


Abbildung 2: Visualisierung der Ergebnisse der Leistungsbeurteilung in 4 Kategorien (willkürliches Beispiel) mit Angabe der Werte aller bewerteten PIs [10], [11].

4.3.3 Multi-Dimensional Evaluation Tool

Das Herzstück der Methodik liegt im mehrdimensionalen Bewertungstool. Dieses Tool erfordert spezifische Daten zu Installationsorten (geografisch, klimatisch, Ausrichtung, Neigung, Verschattung), PV-Modulen (Datenblatt), BIPV-Installationen (Anwendungs- und Systemkategorie, Subsystem, Gebäudetyp, gesamte installierte Fläche und gesamte Nennleistung der BIPV-Gebäudehülle, Fotos) und bewertete Leistungsindikatoren. Durch die Kombination allgemeiner Informationen und Leistungsindikatoren können Stakeholder die multifunktionale Leistung einer BIPV-Anlage im Hinblick auf Energie, Wirtschaftlichkeit, Umwelt und optisches Erscheinungsbild beurteilen.

4.4 Subtask C: Leitfaden zur BIPV-Planung, Errichtung & Betrieb

Im Zuge der Erstellung des Leitfadens wurde eine Interdisziplinäre, Kriterien-basierte Analyse von Best-Practice-Beispielen durchgeführt. Außerdem wurde die fachspezifische und interdisziplinäre Normierung auf nationaler Ebene beleuchtet. Vor allem die Komplexität und Widersprüchlichkeit vorliegender Normierung sowie die inhomogenen gesetzlichen Regelungen und divergierende Praxis des behördlichen Genehmigungsverfahrens in den Bundesländern stellen wesentliche Herausforderungen dar.

Durch die nationalen Tätigkeiten sowie die kontinuierliche Teilnahme an internationalen Meetings und aktive Unterstützung gemäß den Vorgaben der internationalen Subtask-Leitung konnten

bedeutende Fortschritte erzielt werden. In der finalen Projektperiode wurde der STC-Leitfaden zur BIPV-Planung, Errichtung und Betrieb erfolgreich erarbeitet, somit wird die Fertigstellung des „BIPV-Guidebooks“ bzw. dessen Veröffentlichung in Q1 2024 erfolgen. Das BIPV Guidebook wird unter folgendem Link zum Download bereitgestellt: <https://iea-pvps.org/research-tasks/enabling-framework-for-the-development-of-bipv/>. Die Erstellung optimierter Planungsabläufe für BIPV-Lösungen wird damit erfolgreich abgeschlossen. Basierend auf "Best-Practice-Beispielen" und den relevanten Normen, in enger Abstimmung mit dem internationalen Konsortium, wurden alle Aufgaben zeitgerecht und antragskonform im Jahr 2023 abgeschlossen. Diese Erfolge wären jedoch ohne die nahtlose Zusammenarbeit mit den ausführenden und planenden Firmen nicht möglich gewesen. Die enge Koordination und Kommunikation mit diesen Partnern erwiesen sich als essenzieller Bestandteil für die reibungslose Abwicklung des Projekts. Von der Konzeption bis zur Umsetzung wurden Ideen ausgetauscht und Lösungen entwickelt, die den Anforderungen und Zielen des Projekts entsprachen. Die Kompetenz und das Engagement der beteiligten Unternehmen trugen maßgeblich dazu bei, dass das Projekt termingerecht und gemäß den vorgesehenen Richtlinien erfolgreich abgeschlossen werden konnte.

4.5 Subtask D: Digitalisierung in der BIPV-Wertschöpfungskette

Die österreichischen Partner brachten sich in die Diskussionen im Rahmen des internationalen Subtask D ein. Digitale Modelle von BIPV-Elementen der Fa. ertex wurden untersucht, am AIT entwickelte BIPV-Designrichtlinien und Tools, wie etwa das VITALITY-tool [12] wurden eingebracht. Im Rahmen der österreichischen Technologieplattform Photovoltaik (TPPV; www.tppv.at) wurde ein Workshop zur PV-Digitalisierung organisiert. Ein Austausch fand auch mit Subtask E und der kürzlich gestarteten internationalen Standardisierungskooperation im Rahmen der JWG 11 [5] (IEC TC82 Photovoltaic - ISO TC160 SC1 Glass in Building), sowie dem IEC TC82 Photovoltaic PT 63092 BIPV [6] statt.

Das Hauptziel war die Vernetzung mit den nationalen und internationalen Stakeholdern. Zum Entwurf der 2. Edition der europäischen BIPV-Norm prEN 50583-1 Photovoltaics in buildings - Part 1: BIPV modules wurde angemerkt, dass die Vernetzung mit den wesentlichen Akteuren zur digitalen Bauwerksdokumentation (buildingSMART, CEN/TC 442, ISO/TC 59/SC 13) anzustreben ist. Nur wenn BIPV auch Teil des generellen digitalen Bau-Planungsprozesses wird, kann die BIPV bereits kosteneffizient in frühen Planungsprozessen berücksichtigt werden. Dafür wurde ein Task 15 Bericht über die aktuell angewandten Prozesse „BIPV Digitalization: Design Workflows and Methods – A Global Survey“ [1] publiziert.

4.6 Subtask E: Pre-normative Internationale BIPV-Charakterisierungsmethoden

Im internationalen Subtask E sind die pre-normativen Aktivitäten gebündelt. Hindernisse bei der breiteren Anwendung von BIPV sind unterschiedliche normative Anforderungen von elektrischer PV-Seite und den Anforderungen an ein Bauprodukt.

Die Aktivitäten im Subtask sind

- E1: Neue Test- und Berechnungsverfahren zum solaren Wärme- und Lichteintrag (SHGC - Solar Heat Gain Coefficient) für semitransparente BIPV-Elemente
- E2: Outdoor-Test von BIPV-Elementen
- E3: Feuer-Sicherheit von BIPV-Elementen & Installationen
- E4: BIPV Sicherheit & Zuverlässigkeit (neue beschleunigte Testverfahren)
- E5: Standardisierte Prozeduren für die Jahresertragsermittlung von BIPV-Installationen

5 Ergebnisse

5.1 Subtask A: TIS-Analyse (Technical Innovation System) für BIPV

Neben dem „Guide for Technological Innovation System Analysis for Building-Integrated Photovoltaics 2023“ [7] wurde ein nationaler Bericht zur TIS-Analyse erstellt und befindet sich im Review-Prozess der IEA PVPS. Parallel dazu wurde bei der EU-PVSEC 2023 über die TIS Analyse eingereicht [13] (Momir Tabakovic ist mit Autor und hat die Ergebnisse präsentiert). Für die EU-PVSEC 2024 wurde ebenfalls ein Abstract eingereicht.

Die TIS bewertet den BIPV-Markt anhand von acht Funktionsbereichen und lieferte für den österreichischen Markt die folgenden Ergebnisse:

Die Analyse der Wissensentwicklung ergab, dass diese als mäßig eingestuft werden kann. Einerseits gibt es nicht genügend Aus- und Weiterbildungsmöglichkeiten im Bereich BIPV, andererseits treiben die PV-Hersteller und Forschungseinrichtungen die Entwicklung von Wissen im Bereich BIPV voran.

Die Wissensverbreitung ist international innerhalb der Forschungsgemeinschaft weit fortgeschritten, auf der praktischen, nationalen Ebene jedoch unzureichend, insbesondere zwischen der PV-Industrie und dem Bausektor. Die Architekt:innen fordern mehr Informationen von den PV-Herstellern und -Lieferanten, die ihre Informationen nur unregelmäßig mit der Architektenschaft teilen. Wir müssen also zusammenfassen, dass die Wissensverbreitung unzureichend/schwach ist.

Die unternehmerische Bereitschaft zum Experimentieren kann als mäßig eingestuft werden. Insgesamt lässt sich sagen, dass es auf dem österreichischen BIPV-Markt zwei große Akteure und eine beträchtliche Anzahl von Newcomern und kleinen innovativen Akteuren gibt, die die Rolle von Innovationstreibern übernehmen könnten. Für hochspezialisierte kleine Unternehmen gibt es jedoch zu wenig Möglichkeiten.

Die Ressourcenmobilisierung ist finanziell und in Bezug auf die Netzdienstleistungen gut aufgestellt. Allerdings, und das ist für einen starken Ausbau des BIPV-Marktes unabdingbar, fehlt es an qualifiziertem Personal (Human Resources) für den Ausbau, weshalb diese Funktion nur als mäßig bewertet wird.

Die Bewertung des Sozialkapitals ist schwach. Die Verbindung, bei der es an Kommunikation mangelt, besteht zwischen (BI)PV-Planer:innen und Architekt:innen. Bei den meisten Projekten wird der/die (BI)PV-Planer:in nicht in die frühen Phasen des Bauplanungsprozesses einbezogen. Hinzu kommt, dass herkömmliche PV-Planer:innen keine Erfahrung mit der Planung von BIPV-Anlagen haben oder diese scheuen.

Die Legitimation ist mäßig, aber da die Akzeptanz der PV von Jahr zu Jahr steigt, erhöht sich auch die Chance auf eine bessere Akzeptanz der bauwerksintegrierten PV, d.h. der BIPV. Allerdings gibt

es immer noch Vorbehalte und Widerstände gegen einzelne, spezifische BIPV-Projekte. Diese Widerstände könnten durch mehr Wissen über die multifunktionalen Möglichkeiten von BIPV bei den Entscheidungsträger:innen und Kund:innen abgebaut werden.

Für BIPV gibt es keine spezifischen politischen Ziele, für PV aber schon. Die Regierung und die zuständigen Behörden sind jedoch bestrebt, die Entwicklung sauberer Energien voranzutreiben und entsprechende politische Maßnahmen und Vorschriften anzuwenden. Es gibt eine Subvention für innovative PV-Lösungen, zu denen auch BIPV gehört.

Es kann festgestellt werden, dass die Marktbildung von BIPV in Österreich noch Raum für Verbesserungen bietet. Wenn es um staatliche Anreize und Unterstützung für die Entwicklung des BIPV-Marktes geht, sind die fehlenden technischen Standards (z.B. Brandschutzvorschriften) und das Fehlen gesetzlicher Verpflichtungen für erneuerbare Energien in den örtlichen Bauvorschriften die größten Schwachpunkte.

Die **Empfehlungen** lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- i) Es ist wichtig, die (BI)PV bereits in der frühen Phase des Bauplanungsprozesses einzubeziehen.
- ii) Erfolgreiche Umsetzungsprojekte müssen über verschiedene Kanäle bekannt gemacht werden, um das Wissen über die BIPV-Technologie und ihre Möglichkeiten zu erhöhen (z.B. Leuchtturmprojekte in öffentlichen Gebäuden).
- iii) PV-Normen und Bauvorschriften müssen harmonisiert werden.
- iv) Die österreichische Regierung sollte den Einsatz von integrierter PV in den verpflichtenden Bauvorschriften festschreiben.
- v) Eine weitere Empfehlung wäre, ein Gesetz zu erlassen, dass jede versiegelte Fläche auf eine Doppelnutzung mit (BI)PV überprüft.

5.2 Subtask B: Querschnittsanalyse von BIPV-Installationen

5.2.1 Multifunktionale Bewertung von BIPV-Projekten

Um das in Subtask B und in Kapitel 4 entwickelte Tool zu demonstrieren und zu validieren, wurden reale BIPV-Installationen identifiziert, die verschiedene Gebäudetypologien repräsentieren. Die Expert:innen im Task15 führten dann eine Analyse repräsentativer Gebäudetypologien durch, um die Methodik zu testen und zu validieren. Die Bewertung umfasste BIPV-Fassaden, Dächer und externe Bauteile. Es wurden vier Beispiele ausgewählt und in Abbildung 3 fotografisch dargestellt.



Foto: © Viridén + Partner AG



Foto: © Nils Lindstrand/ Nordiske Medier



Foto: Exasun © Jan-Jaap van Os; <https://exasun.com/>



Foto: © Eurac Research;

Abbildung 3: Fotos von 4 Beispielen für BIPV-Installationen, die für die Validierung des Bewertungstools ausgewählt wurden (Demo 1 - Wohnhaus, Demo 2 - Bürogebäude, Demo 3 - Reihenhäuser und Demo 4 - Mehrfamilienhäuser)

Die Beschreibungen der Projekte:

DEMO-1: Ein ursprünglich 1982 erbautes Mehrfamilienhaus wurde umfassend saniert. Charakteristisch für die Fassadensanierung ist neben der Integration der Wärmedämmung die optische Veränderung durch den Einsatz von farbigen Photovoltaikmodulen, die der Fassade ein homogenes Erscheinungsbild verleihen, da die „aktiven“ Teile nicht sofort erkennbar sind. Dieses Projekt war ein Leuchtturmprojekt, das 2015–2016 vom Bundesamt für Energie unterstützt wurde, um erste Familien dieser Art von farbigen Modulen zu demonstrieren, die bisher noch nicht in großen Mengen eingesetzt wurden. Wie das Bild zeigt, bringen die komplexen Formen und das Gebäudedesign darüber hinaus mehrere Einschränkungen und Herausforderungen mit sich, wie z. B. die starke Verschattung und die Nutzung aller Fassaden (einschließlich des großen Teils der Nordfassade und der Innenseite des Balkons), die sich auf den Endenergieertrag auswirken. Architekt: Viridén + Partner AG und EcoRenova AG.

DEMO-2: Das Bürogebäude mit BIPV-Elementen in der Fassade und auf dem Dach von White arkitekter war ein Demonstrationsgebäude im Rahmen des europäischen Projekts Besmart. Das siebenstöckige Gebäude wurde zur Unterbringung von Büroräumen im Zentrum von Uppsala neben dem Hauptbahnhof errichtet (LEED-Platin-zertifiziert). Es wurde in Vollholzrahmenbauweise und mit hoher Energieeffizienz gebaut, da ein Ziel darin bestand, die Klimaauswirkungen durch

Baumaterial und Energieeinsatz so gering wie möglich zu halten. PV-Module werden sowohl auf dem Dach als auch an der Fassade angebracht. Fassadenpaneele sind so konzipiert, dass sie mit dem Rest der Fassade verschmelzen, die Zellen jedoch nicht verdecken. So ist das Frontglas matiert oder satiniert, aber um die Leistungsfähigkeit der Zellen zu erhalten, wurde keine Farbe hinzugefügt. Die Absicht war gewesen, „ehrlich“ zu sein, z.B. Holzplatten sehen aus wie Holz, Schieferverkleidungen haben ihre natürliche Struktur und Sonnenkollektoren wirken wie Sonnenkollektoren. Zellen sind sichtbar, erhalten aber nicht mehr Aufmerksamkeit als die anderen Materialien.

DEMO-3: BIPV-Dächer von Reihenhäusern geplant und realisiert von Exasun + Wohnungsbaugenossenschaften. Es handelt sich um ein typisches Neubauprojekt mit 92 Häusern in Delft, Niederlande. Exasun verwendet vorgefertigte, standardisierte Produkte. Das X-Roof-System bietet komplette Dächer für Häuser, ohne den Einsatz von Dachziegeln, kann aber nahtlos in Dachgauben, Fenster und andere Unregelmäßigkeiten im Dach integriert werden. Dadurch entsteht ein Dach, das vollständig aus PV-Modulen besteht und somit einen maximalen Ertrag liefert. Ein Rollout auf mehrere Wohnsiedlungen ist im Gange. Mit solch optimierten Systemen können größere Marktsegmente adressiert werden (kann von den nationalen Bedingungen abhängen).

DEMO-4: Mehrfamilienhaus mit BIPV-Brüstungen und BIPV-Fensterbalustraden; das Gebäude wurde 1984 erbaut und 2021 modernisiert; Beide BIPV-Systeme integrieren eine vielseitige Click-&-Go-Unterkonstruktion, die im Rahmen des Forschungs- und Entwicklungsprojekts EnergyMatching (Horizon 2020) entwickelt wurde und für eine schnelle, ästhetische und einfache Montage konzipiert ist. Die BIPV-Fensterbalustrade wird in einem „Solar Window Block“ entwickelt, einem vorgefertigten, autonomen und multifunktionalen Fenstersystem, bei dem das BIPV-System (einschließlich einer Batterie) die integrierte Lüftungsmaschine mit Strom versorgt. Das EnergyMatching-Tool erleichterte das BIPV-Design durch die Optimierung der Größe und Platzierung des BIPV-Systems. Ziel dieser Optimierung war es, die Abstimmung zwischen stündlicher Stromproduktion und -verbrauch zu verbessern und so die Gesamteffizienz des Systems zu maximieren.

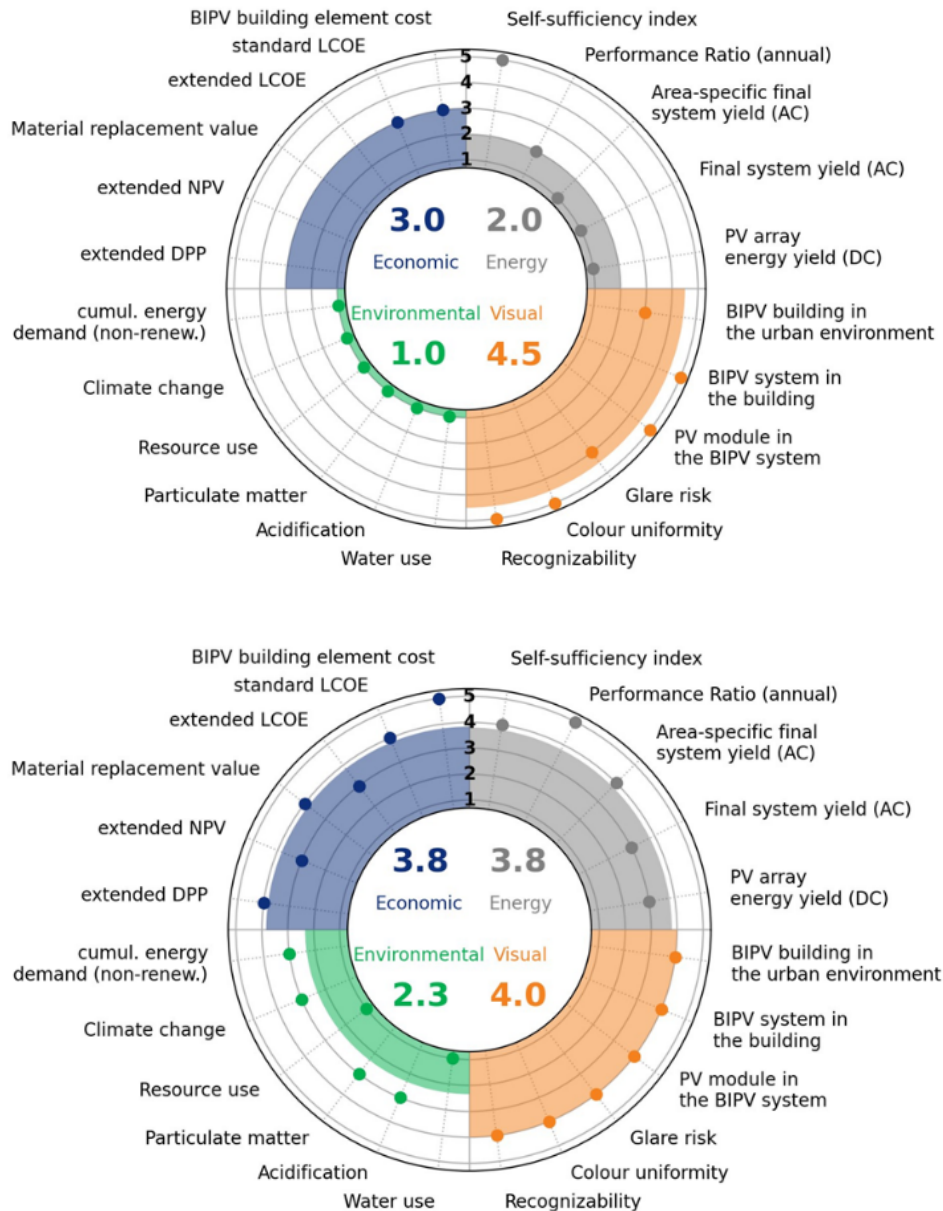


Abbildung 4: oben: Visualisierte Bewertungsergebnisse der individuell gefärbten BIPV-Fassade eines Leuchtturmprojekts DEMO-1; unten: Visualisierte Bewertungsergebnisse der standardisierten BIPV-Dächer von Reihenhäusern DEMO-3

Die Abbildungen zeigen die Unterschiede zwischen einem Leuchtturmprojekt mit innovativen, farbigen BIPV-Modulen und einem stärker standardisierten, massenspezifischen Produkt, das in größerem Maßstab eingesetzt wird: Aufgrund der Verwendung farbiger Module mit erheblichen optischen Verlusten sowie der Abdeckung nicht optimaler Gebäudeoberflächen zeigt DEMO-1 mittelmäßige Leistungen bei den energierelevanten, ökonomischen und ökologischen PIs. Da jedoch großer Wert auf das Erscheinungsbild und die architektonische Gestaltung gelegt wurde, erreichte es in dieser Kategorie fast die Höchstpunktzahl. DEMO-3 kann durch die Verwendung eines standardisierten Modulaufbaus ohne Farbverluste in allen Kategorien höhere Werte erzielen und dominiert insbesondere bei den wirtschaftlichen PIs.

5.2.2 Diskussion

Die Ergebnisse zeigen die Wirksamkeit des Tools bei der Bereitstellung eines umfassenden Verständnisses von BIPV-Installationen, einschließlich der visuellen Leistung. Der Weg zu einer umfassenden BIPV-Bewertungsmethodik verlief jedoch nicht ohne Herausforderungen. Die Forschungsstudie steht vor verschiedenen Herausforderungen und Einschränkungen, insbesondere im Zusammenhang mit Pionier- und Pilotprojekten für bauwerksintegrierte Photovoltaik (BIPV), bei denen zum Zeitpunkt ihrer Errichtung häufig neu entwickelte, unausgereifte oder sich im Frühstadium befindende Technologien zum Einsatz kamen. Ein entscheidender Aspekt der Untersuchung dreht sich um die Auseinandersetzung mit den Feinheiten, die mit der Bewertung unterschiedlicher Leistungen verbunden sind, unter Berücksichtigung der Unterschiede sowohl in der Größe als auch in den Spezifikationen, einschließlich Farbe und Verkabelung, zwischen Leuchtturmprojekten.

5.3 Subtask C: Leitfaden zur BIPV-Planung, -Errichtung & -Betrieb

In der ersten Phase des Projekts wurde aktiv an der internationalen Kooperation im STC teilgenommen, indem regelmäßig an Telekonferenzen teilgenommen und die Expertise aus österreichischen Projekten eingebracht wurde. Dabei wurde maßgeblich zur Erstellung internationaler Berichte beigetragen. Ein wichtiger Schwerpunkt lag auf der Zusammenstellung von Best-Practice-Beispielen, die detaillierte Einblicke in die Planungsphase, Bewilligungsprozesse, Errichtung und den Betrieb von BIPV-Anlagen bieten.

Des Weiteren wurden nationale Vorgaben bezüglich Bewilligung, Sicherheit und Betrieb erfasst, sowohl auf bautechnischer als auch elektrischer Ebene, einschließlich der Wartung. Durch die Entwicklung optimierter Planungsabläufe für die Verwendung verschiedenster BIPV-Produkte und -Baugruppen wurde einen wichtigen Beitrag zur Effizienzsteigerung geleistet.

Auf internationaler Ebene wurde aktiv an der Gestaltung der Broschüre für des Leitfadens mitgewirkt. Dieser ermöglicht einen Vergleich der nationalen und internationalen Best-Practice-Beispiele und beinhaltet Anlagendetails sowie technische Daten. Zudem wurden drei Best-Practice-Beispiele aus Österreich in das internationale Konsortium eingereicht.

Aktuell wurde intensiv an einer tiefergehenden technischen Informationsanalyse im Rahmen des Chapter 3 (STC) gearbeitet. Gleichzeitig wurde auf nationaler Ebene weitere Best-Practice-Beispiele und Normen für die zukünftige Entwicklung im Subtask D (AP5) untersucht.

Diese Ergebnisse verdeutlichen die erfolgreiche Zusammenarbeit auf internationaler und nationaler Ebene sowie die gründliche Vorbereitung für die nächsten Phasen des Projekts.

Im zweiten Projektabschnitt lag der Fokus auf der Umsetzung des Leitfadens zur Planung, Errichtung und Betreuung von BIPV-Anlagen. Die Inhalte des BIPV-Leitfadens wurden im Rahmen der österreichischen Fachtagung für Photovoltaik und Stromspeicherung 11.2023/Graz präsentiert und die Veröffentlichung angekündigt.

Das Ergebnis des Arbeitspaketes ist die erfolgreiche Entwicklung des technischen Leitfadens im Rahmen von Task 15 BIPV. Der Leitfaden wurde konzipiert, um das bestehende Wissen in der BIPV-Branche zu konsolidieren, die Umsetzung optimaler BIPV-Praktiken sowohl für neue als auch nachgerüstete Gebäude zu unterstützen und den Entscheidungsprozess voranzutreiben. Ziel war es, zu einem effektiven BIPV-Design und einer robusten BIPV-Installation beizutragen.

Die untersuchten Kapitel bieten einen tiefgreifenden Einblick in die Welt der bauwerksintegrierten photovoltaischen Systeme (BIPV), beginnend mit einer detaillierten Analyse ihrer energetischen Eigenschaften und Anforderungen. Kapitel 2 betont die Bedeutung der Effizienz von BIPV-Modulen und hebt hervor, wie Designmerkmale wie Farbe und Transparenz die Leistung beeinflussen können. Ebenso werden die Bauanforderungen von BIPV-Systemen untersucht, von der thermischen Leistung über die solare Wärmeaufnahme bis hin zur ästhetischen Gestaltung. Dabei spielen Aspekte der Haltbarkeit, Zuverlässigkeit und Sicherheit eine zentrale Rolle.

In Kapitel 3 werden die verschiedenen Komponenten von BIPV-Produkten sowie ihre Integration in die Gebäudehülle ausführlich behandelt. Die Vielfalt der BIPV-Modultechnologien und deren Anpassungsfähigkeit an unterschiedliche architektonische Anforderungen werden beleuchtet. Besonders Augenmerk liegt hier auf den Designmöglichkeiten und den Herausforderungen bei der Integration von BIPV in Dächer, Fassaden und Schattenvorrichtungen.

Kapitel 4 konzentriert sich auf den Entscheidungsprozess bei der Planung von BIPV-Systemen, wobei Faktoren wie Standort, Klima und örtliche Vorschriften berücksichtigt werden. Die Kombination von BIPV-Lösungen mit Energieeinsparungsmaßnahmen und die Optimierung des direkten Eigenverbrauchs stehen im Mittelpunkt dieses Kapitels. Die Berücksichtigung lokaler Vorschriften und Geschäftsmodelle beeinflusst maßgeblich die endgültige Gestaltung der BIPV-Systeme.

Ein Merkmal des Leitfadens ist die umfangreiche Sammlung von 24 herausragenden BIPV-Fallstudien in Kapitel 5. Dieses bietet praktische technische Details und Fallstudien zur Entwicklung konstruktiver BIPV-Lösungen. Durch technische Notizen, Zeichnungen und Fallstudien werden Architekten und Ingenieure bei der Umsetzung von BIPV-Projekten unterstützt. Die präsentierten Fallstudien dienen als Inspirationsquelle und verdeutlichen die vielfältigen Anwendungsmöglichkeiten von BIPV in verschiedenen Bauprojekten. Für alle Fallstudien wurden, wie in Abbildung 5 zu sehen, eine Übersicht mit allen relevanten Fakten erstellt.



Abbildung 5: Beispiel für die Aufbereitung der Fallstudien

Kapitel 6 widmete sich der effizienten Betriebs- und Wartungsplanung von BIPV-Systemen. Die Sicherheit, Datenüberwachung und Leistungsmetriken werden ebenso behandelt wie die Wartungsanforderungen für die verschiedenen Komponenten der BIPV-Systeme. Besondere Berücksichtigung finden dabei auch die Aspekte der Energiespeicherung.

Insgesamt verdeutlichen der Leitfaden die Komplexität und Vielseitigkeit von BIPV-Systemen sowie die verschiedenen Aspekte, die bei ihrer Planung, Implementierung und Wartung berücksichtigt werden müssen. Eine erfolgreiche Umsetzung von BIPV-Projekten erfordert daher eine ganzheitliche Herangehensweise und eine enge Zusammenarbeit zwischen allen beteiligten Akteuren, einschließlich ausführender und planender Firmen.

Der Leitfaden enthält darüber hinaus technische Zeichnungen und Bilder als integralen Bestandteil der Informationsmittel, die dem Leser zur Verfügung gestellt werden. Diese visuellen Elemente dienen dazu, die präsentierten Konzepte und Empfehlungen weiter zu veranschaulichen und einen praxisnahen Einblick in die Welt der BIPV-Technologie zu gewähren.

5.4 Subtask D: Digitalisierung in der BIPV-Wertschöpfungskette

Die Vernetzung und Diskussion mit nationalen und internationalen Stakeholdern zu Digitalisierung in der BIPV wurde im Rahmen des internationalen IEA Task 15 Meeting am 10.05.23 in Wien durchgeführt. Dabei wurden nationale Projekte (BIPV Award Gewinner) in die internationale Diskussion eingebracht.

5.5 Subtask E: Pre-normative Internationale BIPV Charakterisierungsmethoden

Im internationalen Subtask E sind die pre-normativen Aktivitäten gebündelt. Hindernisse bei der breiteren Anwendung von BIPV sind unterschiedliche normative Anforderungen von elektrischer PV-Seite und den Anforderungen an ein Bauprodukt. Elektrische Normung (IEC 1906) wurde weltweit früher standardisiert als andere normative Bereiche (ISO 1921). Unterschiedliche lokale Anforderungen und Bautraditionen führten zu unterschiedlichen lokalen Bauvorschriften, während viele elektrotechnische Produkte global gehandelt werden. In Europa unterliegen PV-Module als elektrotechnische Produkte der Niederspannungsrichtlinie (LVD 2014/35), Bauprodukte der Bauproduktenrichtlinie (CPR 05/2011).

Die **Aktivitäten im Subtask E** sind

- E1: Neue Test- und Berechnungsverfahren zum solaren Wärme- und Lichteintrag (SHGC - Solar Heat Gain Coefficient) für semitransparente BIPV-Elemente
- E2: Outdoor-Test von BIPV-Elementen
- E3: Feuer-Sicherheit von BIPV-Elementen & Installationen
- E4: BIPV-Sicherheit & Zuverlässigkeit (neue beschleunigte Testverfahren)
- E5: Standardisierte Prozeduren für die Jahresertragsermittlung von BIPV-Installationen

Die österreichischen Partner haben sich im Rahmen ihrer Möglichkeiten engagiert, und ihren Beitrag zur Erreichung der Ziele beigetragen. Der österreichische Teil ist somit abgeschlossen. Allerdings sind noch nicht alle internationalen, vom Task 15 für die 2. Arbeitsperiode (bis 2024) geplanten Reports bereits publiziert worden:

E1: Die österr. Partner verfügen nicht über die Testinfrastruktur für diese Tests. Ihr Beitrag ist daher nur in Form von Kommentaren zu den Aktivitäten möglich. Der Report ist etwas verzögert, denn es sollen zu den Ergebnissen der Round-Robin Tests zuvor zwei Journal-Papers eingereicht werden (Status: Nahezu vollständig, werden in den nächsten Wochen eingereicht) und der IEA-PVPS T15 Report fasst die Inhalte der Papers und der Standardisierungsaktivitäten zusammen.

E2: Die für E2 geplanten Aktivitäten wurden zum Teil in Form von Publikationen bei der EU-PVSEC (2023, 2021) veröffentlicht:

- [14] Sheremet, Tabakovic, Valkenburg: *Validation of three BIPV temperature models*. DOI: [10.4229/EUPVSEC2023/4BO.5.2](https://doi.org/10.4229/EUPVSEC2023/4BO.5.2)
- [15] Valckenborg, Berger, Eder, Gaisberger, Tabakovic, et.al: *IEC 61853-1 Matrix Evaluations Based on In- and Outdoor Measurement Data from PVPS Task 15 BIPV Round-Robin*. DOI: [10.4229/EUPVSEC20212021-6DO.6.4](https://doi.org/10.4229/EUPVSEC20212021-6DO.6.4)

Roland Valckenborg (TNO, NL) und die TNO ist aber nicht mehr im Task 15 vertreten. Weitere E2-Aktivitäten wurden in E4 integriert

E3: Der Report zur Feuersicherheit, Report IEA-PVPS T15-15: 2023 *Fire Safety of BIPV: International Mapping of Accredited and R&D Facilities in the Context of Codes and Standards* wurde 2023 veröffentlicht. Daten zu den in Österreich tätigen Prüfstellen zur Feuersicherheit von Fassadenbauteilen wurden eingebracht.

E4: Der Entwurf zum T15-Report *Advancing BIPV Standardization: Overcoming Regulatory Gaps, Performance Challenges, and Testing Procedures* (58 Seiten) wurde mit Input der österreichischen Partner erstellt. Er wird noch allen T15 Partnern zu einem internen Review vorgelegt, soll im April an den IEA-EXCO zum finalen Review und zur Veröffentlichung übermittelt werden.

E5: Die österreichischen Partner sind an dieser Aktivität, dem Vergleich von Monitoring-Daten von BIPV-Anlagen (110 kWp dachintegriert, Varenne Library, Canada; 5.3kWp fassadenintegriert, Fraunhofer Institutsgebäude, Deutschland; 27kWp fassadenintegriert, CIEMAT Building, Spanien; 30kWp fassadenintegriert, ASAN Youth Library, Südkorea, 10kWp fensterintegriert, Hunan Univ, China, 5kWp Container-Vorhangfassade, DTU, Dänemark) nicht beteiligt. Ein Report-Entwurf liegt vor, Umfang derzeit ca. 40 Seiten. Die Realen Monitoringdaten werden mit Ertragsberechnungen mit NRELs System Advisor Model, <https://sam.nrel.gov/>, verglichen.

BIPV im Task 15 und Normungsaktivitäten:

Im komplexen Aufgabenbereich der internationalen Normung ist die Arbeit niemals wirklich abgeschlossen: einerseits durchläuft ein Normentwurf einen längeren Stage-Gate Prozess vom 1. Entwurf (NP - New work item Proposal) über mindestens 2 Committee Drafts (CD, CDV) um nationale Kommentare einzuholen. Das nationale Spiegelkomitee zum IEC TC82 Photovoltaic ist OVE TSK E03 Photovoltaic, zu ISO TC160 Glass in Building ist kein entsprechendes Spiegelkomitee bei Austrian Standards besetzt. Diese nationalen Kommentare (verantwortlicher benannter Experte für Österreich K. Berger, AIT) sind in die Entwürfe bis hin zu einem finalen Entwurf (FDIS - Final Draft International Standard) einzuarbeiten, der nach positivem Voting veröffentlicht wird.

Zur Harmonisierung der Standards für BIPV im Spannungsfeld zwischen elektrotechnischer und Baunormung soll eine gemeinsame Arbeitsgruppe (JWG 11 - Joint Working Group 11) mit Teilnehmenden aus ISO TC160 und IEC TC82 beitragen, in der mehrere Personen aus dem Task 15, darunter Helen Rose Wilson (Fh ISE, DE), die Leiterin des internationalen ST E im Task15, und Karl Berger (AIT, AT) vertreten sind. Die Meetings sind üblicherweise hybrid, mit Teilnehmenden vor Ort und weiteren, die online teilnehmen.

Vorschläge aus dem Task 15, z.B. aus der Aktivität E1 für Teil 3 der internationalen BIPV-Normung (IEC 63092-3), Kommentare zur 2. Edition der europäischen BIPV-Norm EN50583-1 eingebracht, Diskussionen zur Blendung durch bzw. Blendreduktion bei PV-Modulen an Gebäuden, wozu derzeit eine OVE-Richtlinie (R11-3) überarbeitet wird, wird Gegenstand in der nächsten Arbeitsperiode T15.3 (2024-2027) sein (G. Eder, OFI, AT; M. Babin, DTU, DK).

6 Schlussfolgerungen

Subtask A: TIS-Analyse (Technical Innovation System) für BIPV

Es kann festgestellt werden, dass die Marktbildung von BIPV in Österreich noch Raum für Verbesserungen bietet. Wenn es um staatliche Anreize und Unterstützung für die Entwicklung des BIPV-Marktes geht, sind die fehlenden technischen Standards (z.B. Brandschutzvorschriften) und das Fehlen gesetzlicher Verpflichtungen für erneuerbare Energien in den örtlichen Bauvorschriften die größten Schwachpunkte.

Subtask B: Querschnittsanalyse ausgeführter BIPV Installationen

Die mehrdimensionale Bewertungsmethodik von IEA-PVPS Task 15 für BIPV-Systeme stellt einen bedeutenden Fortschritt dar. Durch kontinuierliche Lernzyklen und Tests in der Praxis wurden die Herausforderungen durch Datenverfügbarkeit, visuelle Beurteilungen und Projektevaluierung angegangen. Die anhand realer BIPV-Installationen demonstrierte Methodik dient als wertvolle Ressource für Architekten, Entwickler und Interessengruppen, die am Designprozess von BIPV-Projekten beteiligt sind. Da sich die BIPV-Landschaft ständig weiterentwickelt, ebnet dieser innovative Bewertungsansatz den Weg für eine effektivere und nachhaltigere Integration von Photovoltaik in Gebäudestrukturen.

Neue Untersuchungen zu langfristigen Verhaltensauswirkungen auf BIPV-Komponenten werden in der nächsten Phase von Aufgabe 15 auf der Grundlage des aktuellen Tools durchgeführt. Dabei wird der gleiche methodische Ansatz angewendet, der Schwerpunkt liegt jedoch auf dem dynamischen Fortschritt von Pls im Laufe der Zeit.

Subtask C: Leitfaden zur BIPV Planung, Errichtung & Betrieb

Das Arbeitspaket zur Sammlung und Zusammenfassung von vorhandenem Building Integrated Photovoltaics (BIPV)-Wissen von verschiedenen Stakeholdern wurde erfolgreich abgeschlossen. Das Hauptziel, einen technischen Leitfaden für die Baubranche zu erstellen, insbesondere für Architekten, Ingenieure und Berater, wurde vollständig erreicht. Sämtliche Meilensteine wurden gemäß dem Zeitplan erreicht, und es gab keinerlei Abweichungen.

Durch die Beteiligung und aktive Teilnahme des österreichischen Konsortiums konnten bei mehreren Best-Practice-Beispielen identifiziert werden, was zu einer reichen Vielfalt an Erkenntnissen und Erfahrungen beigetragen hat (M4.1).

Wir möchten besonders darauf hinweisen, dass das österreichische Konsortium einen engen Kontakt zur internationalen Subtask-Leitung, bestehend aus Costa Kapsis von der Waterloo University und Nuria Martin Chivelet vom CIEMAT, aufrechterhalten hat. Diese enge Zusammenarbeit hat zu einer effizienten Kommunikation und einem reibungslosen Ablauf des Projekts beigetragen.

Subtask D: Digitalisierung in der BIPV Wertschöpfungskette

Gegenwärtig umfasst der BIPV-Entwurfsprozess verschiedene Methoden, Ansätze und Arbeitsabläufe, die von Fachleuten sowohl in der Architektur-, Ingenieur- und Bauindustrie als auch in der BIPV-Branche angewendet werden. Ziel der internationalen Studie [1] ist es, die BIPV-Simulations- und Modellierungsmethoden, Ansätze und Arbeitsabläufe zu untersuchen, die bei der BIPV-Konstruktion und -Analyse weltweit eingesetzt werden. Die Studie basiert auf einer Fragebogenerhebung, die sich an 10 Berufsgruppen richtete, darunter Fachleute, die sowohl mit der Planung von Gebäudehüllen als auch mit der Planung und dem Management von BIPV-Prozessen in Europa, Asien, Ozeanien, Nord- und Südamerika befasst sind. Zu den Berufsgruppen gehörten: Architekten, Fassadeningenieure, Elektroingenieure, Maschinenbau-/Struktur-Ingenieure, Brandschutz-Ingenieure, Berater für umweltverträgliche Gestaltung (ESD), Akademiker, Forscher und Entwickler, PV-Berater, Installateure von BIPV-Systemen, Bauträger und Immobilienverwalter. Die Studie wertete die Ergebnisse von achtzig AEC- und BIPV-Fachleuten in Europa, Asien, Ozeanien, Nord- und Südamerika aus. Die Ergebnisse der Umfrage zeigen Methoden, Ansätze und Arbeitsabläufe bei der Planung und Analyse von BIPV-Systemen in vier Schlüsselbereichen auf: 1. Sonneneinstrahlung; 2. BIPV-Leistung; 3. Gebäudeleistung; und 4. finanzielle und gestalterische Ergebnisse.

Folgende Ergebnisse sind hierbei besonders hervorzuheben:

Bevorzugte Arbeitsabläufe und Methoden: In allen fünf Regionen wurden ähnliche Präferenzen für die im BIPV-Entwurfsprozess verwendeten Arbeitsabläufe und Methoden festgestellt. Darüber hinaus mangelt es den Befragten an Kenntnissen über die Methoden und Modelle, die zur Schätzung von POA, Leistungsabgabe, grauen Emissionen, Wärmeinselauswirkungen, thermischen, Tageslicht-, Struktur- und Brandschutzanforderungen von BIPV-Projekten verwendet werden. Daher sind Forschung und Entwicklung für die oben genannten Methoden für das BIPV-Design und die Analyse erforderlich.

Anforderung an BIPV-spezifische Komponenten in digitalen Designplattformen: Spezielle BIPV-Software oder ein Designprozess können die Planung und die Analyse von BIPV erleichtern und so die Umsetzung von effizienten und kostengünstigen BIPV-Projekten verbessern. Daher sollten eine BIPV-Produktdatenbank, BIPV-Systemdesign-Dokumentation, Verschattung bei BIPV-Projekten, graue Energie in BIPV, Kundenanforderungen und Entscheidungsunterstützungsmodelle in zukünftige BIPV-spezifische Software/Designprozesse einbezogen werden.

BIPV im städtischen Kontext: Die aktuellen BIPV-Designmethoden und -Arbeitsabläufe können im Gebäudekontext angewendet werden. Allerdings kann die Auswirkung von BIPV auch im städtischen Maßstab betrachtet werden. Eine weitere Untersuchung der Methoden und Arbeitsabläufe zur Identifizierung der Auswirkungen von BIPV auf die städtische Umwelt könnte den Planern und Endnutzern ein umfassendes Wissen über die Machbarkeit von BIPV-Anwendungen im städtischen Umfeld bieten.

Subtask E: Pre-normative Internationale BIPV Charakterisierungsmethoden

Zur Harmonisierung der Standards soll eine gemeinsame Arbeitsgruppe (JWG 11 - Joint Working Group 11) mit Teilnehmenden aus ISO TC160 und IEC TC82 beitragen, in der mehrere Personen

aus dem Task 15, darunter Helen Rose Wilson (Fh ISE, DE), die Leiterin des internationalen ST E im Task15, und Karl Berger (AIT, AT) vertreten sind. Diese Kooperation wird als wesentlich angesehen, allerdings ist derzeit der Zugang zu den Dokumenten der ISO TC160 erschwert: Diese sind zwar den nationalen ISO-Spiegelkomitees zugänglich, allerdings ist derzeit über Austrian Standards kein einziger österreichischer Experte in der ISO TC160 Glass in Building aktiv, weshalb die Dokumente derzeit nur über die JWG11 eingesehen werden könnten. Allerdings ist das bislang – obwohl Teil der Vereinbarung – noch nicht möglich. Dies wurde wiederholt von George Kelly (Sekretär IEC TC82 und der JWG11), Helen Rose Wilson (Fh ISE, DE, aktiv im Deutschen TKE, der JWG11 und Task Managerin des Task 15), Simon Boddaert (Task 15, JWG11, CSTB-Labor, F), K.A. Berger (Task 15, benannter Experte im OVE TSK E03 für IEC TC82 und JWG11) eingefordert. Ziel muss es sein, dass bei den für die BIPV relevanten Normen sowohl auf IEC und ISO Seite Kommentare abgegeben werden können, um am ende ein gemeinsames Dokument unter dem Label ISO IEC veröffentlichen zu können, was das Gewicht dieser Normen und der gemeinsamen Kooperation betont.

Jedenfalls werden die Bemühungen um eine verbesserte Kooperation auch in der nun neu gestarteten 3. Arbeitsperiode des Task 15 (2024-2027) fortgesetzt werden.

7 Ausblick und Empfehlungen

Ausblick Task 15 Phase 3

Es wurde bereits Ende 2023 beschlossen, den Task 15 in einer dritten Phase weiterzuführen, da es nach wie vor großes Forschungs- und Entwicklungsbedarf im Bereich der Bauwerksintegrierten Photovoltaik gibt.

Die dritte Phase von Task 15 soll in 5 Subtasks strukturiert sein, welche folgenden Fragestellungen behandeln:

- A: Herausforderungen und Chancen von BIPV in einer dekarbonisierten und zirkulären Wirtschaft
- B: BIPV-Charakterisierung & Leistung: vor-normative internationale Forschung
- C: BIPV in der digitalen Umgebung
- D: BIPV-Produkte, Projekte und Demos: Innovation und langfristiges Verhalten
- E: BIPV-Schulung, Verbreitung und Zusammenarbeit mit Stakeholdern

Während andere Subtasks klar organisiert sind und ein oder zwei Subtask-Leiter identifiziert wurden, muss Subtask A noch verfeinert werden und ein Subtask-Leiter muss noch identifiziert werden. Die Diskussion, die in Adelaide während des gemeinsamen Task-Meetings und insbesondere während des Treffens mit PVPS Task 1 und Task 12 stattfand, unterstrich die Bedeutung des für Subtask A identifizierten Themas und Ziels, jedoch ist weitere Koordination und Diskussion notwendig, um die Aktivitäten richtig zu organisieren und die relevanten Experten an Bord zu holen.

Die österreichischen Forschungspartner FHTW, OFI und AIT werden planmäßig auch in Phase 3 des PVPS Task 15 mitwirken und weiterhin die große, und äußerst aktive österreichische PV-Forschungsgemeinschaft international vertreten.

Im Folgenden wird für jeden Task aus Phase 2 ein kurzer Ausblick gegeben:

Ausblick STA:

In der nächsten Phase wird es einen neuen Subtask mit dem Titel "Challenges and opportunities of BIPV in a de-carbonised and circular economy" geben. Dieser wird einige der Inhalte aus dem abgeschlossenen STA/Phase 2 aufgreifen und weiterverfolgen. Darüber hinaus bietet das nationale Technological Innovation System for BIPV in Austria eine sehr gute Übersicht und Grundlage der BIPV-Landschaft und weitere notwendigen Schritte, um von einem Nischenmarkt zu einem Wachstumsmarkt zu kommen. Die internationale Synthese beinhaltet internationale Empfehlungen und potenzielle Entwicklungen der BIPV global.

Ausblick STB:

Das wichtige Thema des Langzeitverhaltens von BIPV-Installationen einschließlich Zuverlässigkeits-, Haltbarkeits- und Wartungsaspekten wurde in Phase 2 des Task 15 (2020-2023), die als

mehrdimensionale Bewertung definiert wurde, nicht explizit behandelt. Diese Themen werden in den Rahmen von Phase 3 der IEA-PVPS Task 15 (2024-2027) im Fokus stehen.

Ausblick STC:

Das Guidebook wird im Q1 2024 erscheinen und öffentlich zugänglich sein. Damit ist die Aktivität abgeschlossen. Eine direkte Weiterführung des Subtasks ist nicht geplant, jedoch werden die Ergebnisse vor allem in Phase 3 - Subtask E weitere Verwertung finden.

Ausblick STD:

Auch in Phase 3 wird es wieder eine Aktivität zum Thema BIPV in a digital Environment geben.

Ausblick STE:

Weiterführung der pre-normative international research (BIPV characterization, Performance and reliability) auch in der nächsten 4-Jahres Phase. Hauptthema: Feuersicherheit, Blendverhalten, Teilverschattung und Farbe in der BIPV

Fachliche Schlussfolgerungen

Entscheidungen im Energiesektor haben generell eine lange Vorlaufzeit und bestehende Lösungen sind üblicherweise auch nicht abrupt zu ändern. Wie dargestellt, ist die Photovoltaik dabei den Sektor der erneuerbaren Energie, und die globale Energiebereitstellung durch rasche Innovationszyklen zu revolutionieren. Während Aufdach- und Freiflächen-PV den Markt bereits erobert haben, stellt die Bauwerksintegration nach wie vor ein riesiges, jedoch unzureichend genütztes Potential dar, welches für eine sinnvolle und nachhaltige Energiewende gehoben werden muss. Die intensive Kooperation im Task 15 analysiert und beseitigt die Hürden der BIPV und verbreitet die Machbarkeit und das Potential durch die Bereitstellung frei zugänglicher Informationen.

Folgende Empfehlungen konnten aus der in STA durchgeführten TIS-Analyse abgeleitet werden; diese werden hier im originalen Wortlaut übernommen:

This chapter presents actionable recommendations for both the industry and policymakers, based on the analyses conducted. The initial recommendation pertains to the industry, while the subsequent one targets policymakers. Moreover, for universities or educational and training institutions, a broad recommendation emerges: the necessity for an expansion of educational offerings in BIPV. Individuals engaged in BIPV require specialized knowledge encompassing photovoltaics, energy technology, building technology, and system integration. Particularly crucial is a comprehensive understanding of the interconnections, necessitating dedicated courses or continuing education programs.

Recommendations for the industry

In order to advance BIPV to the next stage of development, the industry must focus on several key areas. Firstly, it is crucial to integrate (BI)PV into the early stages of the building planning process. By involving (BI)PV in architectural considerations from project inception, it becomes simpler to aesthetically and technically integrate it into designs. Moreover, fostering trust

between architects and (BI)PV planners is paramount. Organizing workshops and training courses aimed at both parties could enhance mutual trust and collaboration.

In terms of acceptance and knowledge of BIPV, the industry must work on increasing the visibility of BIPV projects. BIPV technology holds the potential to enhance overall acceptance of PV due to its appealing aesthetic appearance. Implementing advertising programs to raise awareness of BIPV among the public could be effective, given the limited existing knowledge about the technology.

Given that BIPV remains relatively unfamiliar to society, there remains a high demand for demonstration projects. While the technological components may be sufficiently developed, there is still a lack of recognition for BIPV. Therefore, it is imperative to showcase demonstration projects through various channels to enhance understanding of BIPV technology and its capabilities.

In terms of production, the industry should prioritize the development of easier-to-install BIPV systems. Architects, planners, and customers predominantly seek "Plug&Play" BIPV systems. Offering a diverse range of such systems could propel the BIPV market into its next phase. Additionally, there is a growing demand for BIPV modules in various colors, particularly from architects. However, not all architects prioritize color, as some customers prefer to showcase their BIPV systems in their original form. Addressing standardization issues is also crucial. The industry should engage more in standardization efforts to ensure consistency and reliability across BIPV systems.

Currently, BIPV modules are tested using the same methods as conventional PV modules. However, due to their different functions and installations, these testing methods may not be entirely suitable. To ensure robust testing of BIPV modules, there needs to be differentiation in testing methods between BIPV and PV modules. This would necessitate harmonizing PV standards and construction standards to achieve a comprehensive approach.

Recommendations for policymakers

Policy makers play a crucial role in shaping the trajectory of technological advancements. In the context of BIPV technology in Austria, several recommendations for policy makers emerge.

Foremost, the Austrian government should prioritize addressing BIPV within national laws. While the new EAG marks a positive step, its goal to increase photovoltaic electricity production by 11 TWh may fall short without a comprehensive PV expansion strategy. Integrating BIPV into such a plan could significantly enhance market expansion. Revision of national building codes, taking cues from initiatives like the Viennese building code's PV commitment for new buildings, could serve as a useful framework, fostering a conducive environment for BIPV. Additionally, implementing legislation requiring evaluation of (BI)PV compatibility for every sealed area could further propel BIPV adoption, although the focus should remain on promoting renewable energy sources due to the challenges of legislating specific technologies.

The absence of definitive BIPV standards presents a barrier to entry for new stakeholders. Therefore, establishing and enforcing standards for BIPV modules/systems is imperative to ensure consensus among executing companies and local authorities regarding BIPV system construction.

While the new EAG increases investment subsidies for BIPV systems, research indicates the need for further augmentation in these subsidies. Insufficient financing is also evident in product research and development, as well as university research efforts. Unlike the rapidly advancing PV technology, BIPV still requires substantial research and development support. This underscores the importance of addressing BIPV within Austrian political agendas.

Addressing these issues necessitates the implementation of more pilot projects to showcase BIPV applications and available opportunities. These projects serve as exemplars of best practices, demonstrating how BIPV can be effectively utilized and stimulating further adoption.

Empfehlungen für die österreichische FTI Politik

In der Evaluierung der IEA-Forschungsk Kooperation für 2011 bis 2021 [16] wurde folgendes festgehalten:

*Wir empfehlen entschlossen, das Programm in Zukunft fortzuführen, zu erweitern und das Budget zu erhöhen: Wir empfehlen auf jeden Fall, die IEA Forschungsk Kooperation in Zukunft fortzuführen und den hohen Stellenwert, den dieses Programm in Österreich genießt, zu bewahren. In der Kombination der positiven Evaluierungsergebnisse und der Tatsache, dass sich das Programm inhaltlich mit der Energiewende (und damit mit einer der Schlüsselfragen unserer Zeit) befasst, kann auch eine **Erweiterung der Aktivitäten** empfohlen werden – **eine globale Herausforderung wie die Klimakrise benötigt auch globale Vernetzung** und Kooperation. Die IEA Forschungsk Kooperation (über Ihre Anknüpfung an die IEA im OECD Framework) ist eine wichtige Plattform für den transnationalen Diskurs zwischen den Akteuren der Energieforschung. [16]*

Obwohl das Budget im Jahr 2023 bei ca. 3.3 Mio. € lag [17] und damit gegenüber 2021 gesteigert wurde, trägt diese Erhöhung kaum zur Erhöhung des Realbudgets bei. Dieser Umstand der Budgetverknappung wirkt sich auch konkret in Task 15 Phase 3 aus, in welcher nur noch 3 der 5 österreichischen Forschungspartner aus Phase 2 teilnehmen werden.

Wir appellieren daher dringend die Empfehlungen aus [16] auf politischer Ebene umzusetzen und damit den internationalen, wissenschaftlichen Austausch weiterhin zu ermöglichen.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Im Photovoltaic Power Systems Technologie-Kooperationsprogramm der Internationalen Energieagentur (IEA-PVPS TCP) aktive Tasks (Stand 2022).	13
Tabelle 2: Übersicht über die erarbeiteten Performance-Indikatoren (PI) in den vier Kategorien (Quellen: [9] und [10]).....	20

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Mitglieder des IEA PVPS TCP	12
Abbildung 2: Visualisierung der Ergebnisse der Leistungsbeurteilung in 4 Kategorien (willkürliches Beispiel) mit Angabe der Werte aller bewerteten Pls [10], [11].....	21
Abbildung 3: Fotos von 4 Beispielen für BIPV-Installationen, die für die Validierung des Bewertungstools ausgewählt wurden (Demo 1 - Wohnhaus, Demo 2 - Bürogebäude, Demo 3 - Reihenhäuser und Demo 4 - Mehrfamilienhäuser).....	26
Abbildung 4: oben: Visualisierte Bewertungsergebnisse der individuell gefärbten BIPV-Fassade eines Leuchtturmprojekts DEMO-1; unten: Visualisierte Bewertungsergebnisse der standardisierten BIPV-Dächer von Reihenhäusern DEMO-3	28
Abbildung 5: Beispiel für die Aufbereitung der Fallstudien	31

Literaturverzeichnis

- [1] J. Yang u. a., „BIPV Digitalization: Design Workflows and Methods – A Global Survey“, International Energy Agency, USA, 2022.
- [2] „Research tasks“, IEA-PVPS. Zugriffen: 29. Dezember 2023. [Online]. Verfügbar unter: <https://iea-pvps.org/research-tasks/>
- [3] P. Biermayr, S. Aigenbauer, C. Dißauer, und M. Eberl, „Innovative Energietechnologien in Österreich Marktentwicklung 2022. Berichte aus Energie- und Umweltforschung 36a/2023. 320p.“ BMK Hrsg. Zugriffen: 12. März 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://nachhaltig-wirtschaften.at/de/publikationen/schriftenreihe-2023-36-marktentwicklung-energietechnologien.php>
- [4] S. Boddaert u. a., „Compilation and Analysis of User Needs for BIPV and its Functions“, IEA, 2019.
- [5] „IEC JWG 11“. Zugriffen: 19. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:14:633683597411815:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:27503,25
- [6] „IEC PT 63092“. Zugriffen: 19. Februar 2024. [Online]. Verfügbar unter: https://www.iec.ch/dyn/www/f?p=103:14:633683597411815:::FSP_ORG_ID,FSP_LANG_ID:21213,25
- [7] M. van Noord, P. Kovacs, K. Karltorp, und T. Vroon, „Guide for Technological Innovation System Analysis for Building-Integrated Photovoltaics 2023“, Utrecht University, Netherlands, 2023.
- [8] P. Bonomo u. a., *Categorization of BIPV applications 2021 Task 15 Enabling Framework for the Development of BIPV*. IEA, 2021.
- [9] „IEA-PVPS releases cross-sectional evaluation tool for BIPV“, pv magazine International. Zugriffen: 2. April 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.pv-magazine.com/2024/01/09/iea-pvps-releases-cross-sectional-evaluation-tool-for-bipv/>
- [10] H. R. Wilson u. a., „MULTI-DIMENSIONAL EVALUATION OF BIPV INSTALLATIONS: Assessing performance as building components and electricity generators (in Begutachtung)“, *Energy and Buildings*.
- [11] F. Frontini u. a., „CROSS-SECTIONAL ANALYSIS OF BIPV INSTALLATIONS: performance evaluation as building component and energy generator“, gehalten auf der EU PVSEC 2023 Lisboa, Sep. 2023.
- [12] T. Selke u. a., „Energieoptimierte Design-Regeln und Planungsschnittstellen für bauwerkintegrierte Photovoltaik im urbanen Raum“.
- [13] M. van Noord u. a., „Comparison of BIPV Innovation System Structures in Multiple Countries“, gehalten auf der EU PVSEC 2023,

- [14] T. Sheremet, M. Tabakovic, und R. M. E. Valckenborg, „Validation of Three Module Temperature Models (Faiman, Sandia and Ross) Using Measurement Data from Multiple Outdoor Research Facilities“, S. 1013 kB, 7 pages, doi: 10.4229/EUPVSEC2023/4BO.5.2.
- [15] R. M. E. Valckenborg u. a., „Comparison of IEC 61853-1 Matrix Evaluations Based on Indoor and Outdoor Measurement Data from PVPS Task 15 BIPV Round-Robin“, *38th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition; 1381-1387*, S. 7 pages, 10613 kb, 2021, doi: 10.4229/EUPVSEC20212021-6DO.6.4.
- [16] R. Krismer, K. Warta, D. Heckenberg, S. Skok, und S. Zingerle, „Evaluierung der IEA Forschungskooperation 2011-2021“, BMK, Sep. 2022.
- [17] „Forschungskooperation Internationale Energieagentur (IEA) – Ausschreibung 2023 | FFG“. Zugegriffen: 9. April 2024. [Online]. Verfügbar unter: <https://www.ffg.at/iea/AS2023>

Abkürzungen

Abk.	Abkürzung
BGBL.	Bundesgesetzblatt
Art.	Artikel
usw.	und so weiter

