



Task 15 Rahmenbedingungen für die Entwicklung von gebäudeintegrierter Photovoltaik

S
P
V
P

FAKTENBLATT

Multi-Dimensionale Bewertung von BIPV-Installationen

JUNI 2024

Autoren: Eder, G. C., Wilson, H. R., Frontini, F., Bonomo, P., Babin, M., Thorsteinsson, S., Adami, J., Maturi, L., Jing Yang, R., Weerasinghe, N., Martin-Chivelet, N., Boddaert, S., Frischknecht, R.

Task 15 Manager:
Helen Rose Wilson, Fraunhofer ISE, Germany
Francesco Frontini, SUPSI, Switzerland



Multidimensionale Bewertung von BIPV- Installationen

Die gebäudeintegrierte Photovoltaik (BIPV- Building Integrated Photovoltaics) ist eine Schlüsseltechnologie im nachhaltigen Gebäudedesign, bei der Solarpaneele nahtlos **in die Struktur des Gebäudes integriert werden.**



Die multidimensionale Bewertungsmethodik für BIPV-Installationen zielt darauf ab, Querschnittsvergleiche zu erleichtern und den Einsatz von BIPV zu steigern.

Entwicklung des multidimensionalen Bewertungstools

Die Festlegung klarer Forschungsziele und die Definition von Variablen und Parametern erfolgen über vier Hauptkategorien von Leistungsindikatoren:

Energiebezogene Leistungsindikatoren	Wirtschaftliche Leistungsindikatoren	Umweltbezogene Leistungsindikatoren	Visuelle Leistungsindikatoren
Ertrag von Gleichstrom (DC) aus BIPV-Anlagen	Kosten der BIPV-Gebäudeelemente (gesamte BIPV-Anlage)	Kumulativer Energiebedarf aus nicht erneuerbaren Ressourcen	Erkennbarkeit
Endgültiger System-AC-Ertrag	Standardisierter Niveau-Preis der Elektrizität	Klimawandel	Farbe (Einheitlichkeit)
Flächenspezifischer AC-Endsystemertrag	Erweiterter Niveau-Preis der Elektrizität	Ressourcenverbrauch, Mineralien und Metalle	Blendung (Risiko)
Jährlicher Leistungsfaktor	Materialaustauschwert	Feinstaub	PV-Modul im BIPV-System
Selbstversorgungsindex	Erweiterter Kapitalwert / Kosten	Versauerung	BIPV-System im Gebäude
	Erweiterte abgezinste Amortisationsdauer	Wasserverbrauch	BIPV-Gebäude in städtischer Umgebung



Entwicklung eines numerischen Bewertungssystems für jeden Leistungsindikator (PI), um eine vergleichende quantitative und qualitative Analyse verschiedener BIPV-Installationen gemäß mehrerer Indikatoren pro Kategorie zu ermöglichen. Bei den visuellen PIs wird hingegen ein halbquantitativer Ansatz verwendet.

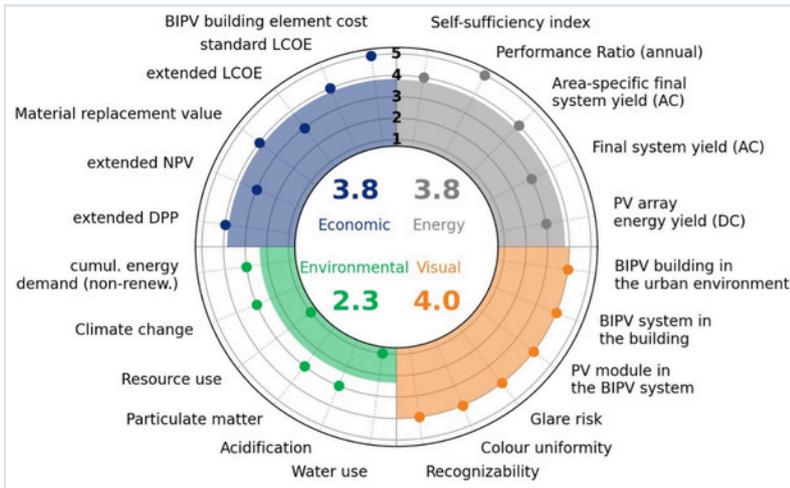
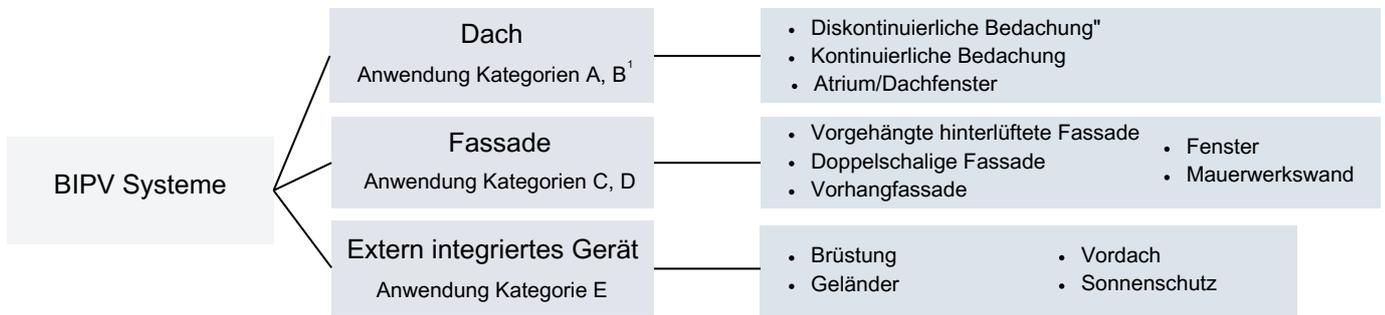


Fig. 1: Visualisierte Leistungsbewertung in den 4 Kategorien mit den numerischen Werten der bewerteten PIs

*Das Ziel der vergleichenden Bewertung der multidimensionalen Leistung ist es, aus bestehenden BIPV-Projekten **Erkenntnisse zu gewinnen** und Architekten, Systementwickler sowie andere Stakeholder bei der **Planung neuer BIPV-Projekte zu unterstützen.***

Entwicklung eines harmonisierten Klassifikationsschemas für BIPV-Installationsarten. Dieses Schema bietet einen optimierten Ansatz und dient als Referenz für die Klassifizierung von BIPV-Gebäudehüllentechnologien.



¹ Die Anwendungskategorien A, B, C, D und E entsprechen den BIPV-Standards EN 50583 und IEC 63092.

Anwendung des multidimensionalen Bewertungstools



Auswahl verschiedener BIPV-Installationen, die verschiedene Gebäudetypologien repräsentieren (z. B. Fassaden, Dächer, externe Geräte). Jede Installation dient als Fallstudie für eine vergleichende Analyse. Die Bewertung kann erfolgen:

- Für geplante Projekte auf Basis von Datenblättern, tabellarischen Umweltdaten, Simulationen und Visualisierungen.
- Für bestehende BIPV-Installationen auf Basis von gemessenen Leistungsdaten, realen Kosten, bekannten Umweltdaten sowie einer Vor-Ort-Bewertung der visuellen und optischen Leistung.



Anwendung der multidimensionalen Methodologie zur Quantifizierung und Bewertung der Leistung jeder Installation anhand definierter Leistungsindikatoren (PIs). Dies beinhaltet die Datensammlung, Analyse und Interpretation unter Verwendung standardisierter Evaluierungsmethoden. Die Ergebnisse werden strukturiert präsentiert, um eine detaillierte Vergleichs- und Bewertungsanalyse zu ermöglichen.



Case Studies

1 Nachrüstung eines Apartmentgebäudes mit farbigen BIPV-Modulen (Schweiz)



Foto: © Vividén + Partner AG

- Retrofit eines Apartmentgebäudes mit farbigen Photovoltaikmodulen an den Fassaden, was zu einem Leistungsverlust von etwa 35 % führt. Die komplexe Gebäudegestaltung verursacht starke Verschattungsbedingungen.
- Es wurden insgesamt 18 verschiedene Modulgrößen verwendet, wovon nur vier Typen als Dummies (nicht aktive Panels) dienen. Theoretisch sind etwa 98 % der verglasten Fassade aktiv.
- Ein erheblicher Anteil der Leistungsoptimierer (mehr als 7 %) musste innerhalb der ersten Jahre ersetzt werden, was zu Verlusten bei der Stromerzeugung sowie einem erhöhten Ressourcenverbrauch und Energiebedarf führte.

2 Bürogebäude mit integrierten BIPV-Fassaden und -Dächern (Uppsala, Schweden)



Foto: © Nils Lindstrand/ Nordiske Medier

- LEED-Platinum-zertifiziertes Bürogebäude mit integrierter BIPV an Fassaden und Dächern in Uppsala, Schweden. Dies erforderte die Implementierung hochwirksamer Energiesysteme und innovativer Lösungen.
- Das Gebäude wurde mit einem vollständigen Holzrahmen errichtet und für eine hohe energierelevante Leistung konzipiert, um den Klimaeinfluss sowohl von Baumaterialien als auch vom Energieverbrauch zu minimieren.
- Die PV-Module sind sowohl in das Dach als auch in die Fassade integriert, mattiert oder satiniert, um sich harmonisch in die Fassade einzufügen, ohne die Zellen zu verbergen.

3 Reihenhäuser mit standardisierten BIPV-Dächern (Delft, Niederlande)



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

- Exasun verwendet vorgefertigte, standardisierte Produkte, um traditionelle Dachziegel zu ersetzen.
- Das X-Roof-System integriert sich nahtlos mit Gaubenfenstern, Dachfenstern und Dachunebenheiten und besteht aus PV-Modulen für maximale Energieerzeugung.

4 Nachrüstung eines Apartmentgebäudes mit BIPV-Balkongeländern (Norditalien)



Foto: © Eurac Research

- BIPV-Brüstungen wurden als Teil der Nachrüstung installiert, unter Verwendung einer vielseitigen Click-&-Go-Unterkonstruktion, die im Rahmen des EnergyMatching R&D-Projekts (Horizon 2020) entwickelt wurde.
- BIPV-Fenstergeländer wurden im Rahmen eines "Solar Window Block" Systems entwickelt, das vorgefertigt und multifunktional ist. Es integriert ein BIPV-System mit einer Batterie zur Stromversorgung eines Ventilators innerhalb des Fensters.
- Die Dimensionierung und Platzierung des BIPV-Systems wurde optimiert, um die Übereinstimmung zwischen stündlicher Stromproduktion und -verbrauch zu verbessern und dadurch die Gesamteffizienz des Systems zu maximieren.



Herausforderungen und Überlegungen

Das Bewertungstool steht vor mehreren Herausforderungen:

- **Datenverfügbarkeit:** Begrenzte Zugänglichkeit und Genehmigung zur Datennutzung können umfassende Bewertungen behindern.
- **Standardisierungsprobleme:** Der Mangel an standardisierten Definitionen zur Bestimmung jedes Leistungsindikators kann zu erheblichen Problemen führen, insbesondere bei der Vergleichbarkeit der Leistung verschiedener BIPV-Anwendungen. Dies ist besonders bei wirtschaftlichen Bewertungen relevant, wo unterschiedliche Studien verschiedene Kosten- und Nutzenelemente verwenden können.
- **Variabilität der Umweltdaten:** Unterschiedliche Methoden zur Generierung von Umweltdaten können die Berechnung von Umwelt-PIs erschweren.
- **Subjektive ästhetische Bewertung:** Die Bewertung der visuellen Leistung ist inhärent subjektiv und erfordert einen halbquantitativen Ansatz zur Standardisierung der Bewertungen.

Ausblick

Das Tool wurde ursprünglich für einen **Querschnittsvergleich** verschiedener BIPV-Installationen entwickelt. Es kann jedoch auch für andere Arten von Bewertungen genutzt werden:

- **Bewertung konkurrierender Optionen für ein spezifisches Projekt in der Planungsphase:** Externe Rahmenbedingungen wie Standort und Bauweise sind festgelegt, während wirtschaftliche Faktoren wie Zinssätze und Kapitalbereitstellung über verschiedene BIPV-Varianten hinweg konsistent sein können. Vordefinierte Bewertungsmethoden für Leistungsindikatoren (PIs) gewährleisten Konsistenz.
- **Separate Bewertung jedes Leistungsindikators:** Dies ist besonders nützlich für potenzielle BIPV-Kunden, die relevante Indikatoren je nach ihrem spezifischen Fall priorisieren können.
- **Analyse wegweisender Installationen (wie Fallstudie 1):** Diese Analyse trägt zur Identifizierung von Erfolgen, Verbesserungsbereichen und zur Förderung der Marktentwicklung bei.
- **Eine Längsschnittanalyse** einer BIPV-Installation über ihre Lebensdauer ist für Phase 3 von Task 15 geplant.



Aktuelle Forschung wird die langfristigen Leistungsauswirkungen und evolutionären Trends von BIPV-Installationen untersuchen, um eine nachhaltige Integration von PV-Technologie in Gebäudestrukturen zu fördern.



Diese Methodik stellt einen bedeutenden Fortschritt bei der Bewertung von BIPV-Systemen dar und unterstützt die effektive sowie nachhaltige Integration von Photovoltaik in unterschiedlichen architektonischen Kontexten.



IEA PVPS Task 15

Task 15 zielt darauf ab, einen Rahmen zur Beschleunigung der globalen Akzeptanz von BIPV-Produkten in den Sektoren erneuerbare Energien und Bauwesen zu etablieren. Dabei soll sichergestellt werden, dass fairer Wettbewerb mit BAPV (Building Attached Photovoltaics) und traditionellen Bauteilen herrscht. Die Integration von BIPV in elektrische und Bau-Technologien steht im Fokus, wobei besonderer Wert auf die ästhetische Gestaltung von Gebäuden, die Energieleistung und die Multifunktionalität gelegt wird. Die Aufgabe umfasst sowohl neue als auch bestehende Gebäude, verschiedene PV-Technologien sowie diverse Anwendungen und Skalierungen von Wohnhäusern bis hin zu groß angelegten BIPV-Installationen in gewerblichen und industriellen Gebäuden.

Dieses Faktenblatt basiert auf einem Artikel von Experten der IEA PVPS Task 15, der in der Zeitschrift "Energy and Buildings" veröffentlicht wurde. Eine detaillierte Beschreibung der Methode finden Sie im Artikel.

[Wilson, H. R., Frontini, F., Bonomo, P., Eder, G. C., Babin, M., Thorsteinsson, S., Adami, J., Maturi, L., Yang, R. J., Weerasinghe, N., Martin-Chivelet, N., Boddaert, S., & Frischknecht, R. \(2024\). Multi-dimensional evaluation of BIPV installations: Development of a tool to assess the performance as building component and electricity generator. Energy and Buildings, 312.](#)