

IEA PVPS Task 14: Hohe Durchdringung von Photovoltaik in Elektrischen Netzen

Arbeitsperiode 2014 – 2015

C. Mayr

R. Bründlinger

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

25/2017

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Downloadmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>

IEA PVPS Task 14: Hohe Durchdringung von Photovoltaik in Elektrischen Netzen

Arbeitsperiode 2014 – 2015

Christoph Mayr, Roland Bründlinger
AIT Austrian Institute of Technology

Wien, November 2015

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie

IEA FORSCHUNGS
KOOPERATION

Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorbemerkung

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Programm FORSCHUNGSKOOPERATION INTERNATIONALE ENERGIEAGENTUR. Es wurde vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie initiiert, um Österreichische Forschungsbeiträge zu den Projekten der Internationalen Energieagentur (IEA) zu finanzieren.

Seit dem Beitritt Österreichs zur IEA im Jahre 1975 beteiligt sich Österreich aktiv mit Forschungsbeiträgen zu verschiedenen Themen in den Bereichen erneuerbare Energieträger, Endverbrauchstechnologien und fossile Energieträger. Für die Österreichische Energieforschung ergeben sich durch die Beteiligung an den Forschungsaktivitäten der IEA viele Vorteile: Viele Entwicklungen können durch internationale Kooperationen effizienter bearbeitet werden, neue Arbeitsbereiche können mit internationaler Unterstützung aufgebaut sowie internationale Entwicklungen rascher und besser wahrgenommen werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements der beteiligten Forschungseinrichtungen ist Österreich erfolgreich in der IEA verankert. Durch viele IEA Projekte entstanden bereits wertvolle Inputs für europäische und nationale Energieinnovationen und auch in der Marktumsetzung konnten bereits richtungsweisende Ergebnisse erzielt werden.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse einer interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen, was durch die Publikationsreihe und die entsprechende Homepage www.nachhaltigwirtschaften.at gewährleistet wird.

Dipl. Ing. Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

1. Kurzfassungen	6
2. Einleitung	8
3. Hintergrundinformation zum Projektinhalt	11
4. Ergebnisse des Projektes	15
5. Vernetzung und Ergebnistransfer	28
6. Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen	30
7. Verzeichnisse	33

1. Kurzfassungen

a) Kurzfassung in deutscher Sprache

Der Bereich der Photovoltaik weist in den letzten Jahren kontinuierlich hohe Zuwachsraten der jährlichen Neuinstallationen auf und übernimmt eine immer wichtigere Rolle im elektrischen Energieportfolio aus erneuerbaren Ressourcen. Photovoltaik-Module sind sowohl in Klein- und Mittelanlagen, als auch in den in Österreich noch seltenen Großanlagen im Einsatz. Fragestellungen der Netzintegration und des dauerhaften, fehlerfreien Betriebs von PV-Anlagen sind daher für Energieversorger, Anlagenbetreiber und Kunden, für die die sichere Versorgung mit Elektrizität im Vordergrund steht, von immer größerer Bedeutung.

Die IEA-PVPS dient dem Vernetzen nationaler Akteure mit wesentlichen internationalen Photovoltaik-ExpertInnen. Das PVPS Implementing Agreement (IA) zählt mit 24 beteiligten Ländern und zwei Verbänden zu den größten und aktivsten IAs im Rahmen der IEA Forschungskooperation. Österreich ist seit Herbst 2001 am IEA-PVPS Programm beteiligt.

Ziel des von Österreich als Operating Agent geleiteten Task 14 ist die Untersuchung des Themenbereichs der Durchdringung von Photovoltaik-Erzeugungsanlagen in den elektrischen Netzen.

1. Es werden Szenarien erarbeitet, um Anforderungen und technische Rahmenbedingungen zur optimalen Netzintegration von Photovoltaik bei hoher Installationsdichte („High Penetration“) abzuleiten.
2. Diskussion der aktiven Rolle von Photovoltaik bei hoher Installationsdichte hinsichtlich Energiemanagement und Systembetrieb

Übergeordnetes Ziel ist die Verwendung von netzgekoppelter Photovoltaik als wichtige, erneuerbare Energiequelle zu fördern und eine hohe Durchdringungsrate durch Optimierung der Netzintegration zu ermöglichen. Die Methoden und Ansätze, die im Projekt diskutiert und weiter verfeinert wurden, erlauben den Austausch und die verbesserte Interpretation der Erkenntnisse im internationalen Kontext und können schließlich quantitative und qualitative Aussagen liefern, die die langfristige Integration von PV-Anlagen erleichtern, und damit beitragen, Ertragsschwankungen oder -ausfälle zu minimieren und die Stabilität von PV-Systemen und Netzen zu sichern.

Der Nutzen dieser internationalen Zusammenarbeit von ExpertInnen aus verschiedenen Ländern besteht in der gemeinsamen Analyse von Szenarien mit hoher Dichte von Photovoltaik in elektrischen Netzen, basierend auf individuellen praktischen und theoretischen Erfahrungen. Außerdem werden diese technischen Analysen der Industrie, Netzbetreibern, Energieplanern sowie Behörden zugänglich gemacht.

b) Kurzfassung in englischer Sprache

The Photovoltaic Power Systems Programme of the International Energy Agency (IEA-PVPS) served for networking of national stakeholders with relevant international photovoltaics experts. The PVPS Implementing Agreement (IA) with its 24 countries participating as well as two sponsors from PV associations is one of the largest and well managed activities within the IEA implementing Agreements.

The main goal of Task 14, led by Austria as Operating Agent, is to analyze the role of grid connected PV as an important source in electric power systems on a high penetration level. Additional efforts may be necessary to integrate the dispersed generators in an optimum manner. The aim of these efforts is to reduce the technical barriers to achieving high penetration levels of PV systems on the electric power system. Task 14 will focus on working with utilities, industry, and other stakeholders to develop the technologies and methods enabling the widespread deployment of distributed PV technologies into the electricity grids in an internationally coordinated manner.

The objectives of Task 14 are to

1. develop and verify mainly technical requirements for PV systems and electric power systems to allow for high penetrations of PV systems interconnected with the grid
2. develop the adequate active role of PV systems related to energy management and system control of electricity grids

Task 14 focuses on electricity grid configurations with a high penetration of RES, where PV constitutes the main RES and considers high penetration solutions for both distributed and central PV generation scenarios.

The main added value through transnational cooperation is bringing together experts from different countries to jointly analyze the scenarios of high penetration PV based on their own practical and theoretical experiences and providing access to more transparent technical analyses that allow industry, grid operators, energy planners as well as authorities in the energy business to decide on steps to be taken and strategies to be developed on a sound basis.

This activity will contribute to a common understanding and a broader consensus on how to adequately evaluate the value of PV in high penetration by

- Showing the full potential of grid integrated photovoltaics,
- Easy access to the main findings of the reports is expected to mitigate concerns of high penetration PV to the benefit of a large number of countries.

With many larger PV installations coming grid-connected, they are expected to be interconnected with distribution grids having different characteristics such as grid topology, load and generation mixes. Their penetration effects will likely need to be dealt with differently depending on various penetration levels and circuit characteristics.

2. Einleitung

- Ziele und der Inhalte des Implementing Agreement

Das IEA Photovoltaic Power Systems Programm Implementing Agreement (IA) ist eines der gemeinschaftlichen Forschungs- und Entwicklungsprojekte der Internationalen Energieagentur. Ziel ist die Beschleunigung der Entwicklung und Anwendung der Photovoltaik als maßgebliche und nachhaltige erneuerbare Energiequelle. Die Transformation des PV-Marktes vom anfänglichen Nischenmarkt zu einem globalen Markt erfordert verfügbare und belastbare Daten zur Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit von PV-Anlagen, Auslegungsrichtlinien, Planungsmethoden, Finanzierung, etc.

Das PVPS Programm stimuliert Aktivitäten,

- (i) die die Kosten von Photovoltaik Anwendungen senken;
- (ii) die Wert und Rolle der PV für Entscheidungsträger deutlicher sichtbar machen;
- (iii) die Hindernisse der breiteren Anwendung abbauen; und
- (iv) die Stärkung der Kooperation zwischen den OECD Ländern und mit anderen Ländern in technischen und nichttechnischen PV Themen.

- Inhalte, der Ziele und der angestrebten Ergebnisse des Task 14

Photovoltaiksysteme haben als dezentrale Energieerzeugungsanlagen besondere Merkmale, welche beim Anschluss an und beim Betrieb im elektrischen Netz berücksichtigt werden müssen. Eine hohe Installationsdichte von dezentralen Erzeugungsanlagen im Allgemeinen wurde bereits untersucht, nicht aber Photovoltaik mit seinen speziellen Eigenschaften.

Ziel der IEA PVPS Task 14 Aktivitäten ist die Stärkung der internationalen Zusammenarbeit zur erleichterten Netzintegration einer hohen Dichte von Photovoltaik als dezentrale Energieerzeugungsanlagen in elektrische Netze und zum Abbau technischer Barrieren um eine hohe Durchdringung von Photovoltaik im Energieversorgungssystem zu erreichen.

Zu diesem Zweck gibt es im Rahmen dieser internationalen Forschungskoooperation einen intensiven und kontinuierlichen Austausch zwischen Forschung, Industrie, Mitgliedsstaaten allen weiteren involvierten Stakeholdern.

Der hauptsächliche Nutzen und der Fortschritt über den State-of-the-Art hinaus ist der einzigartige Ansatz erprobte Methoden und Erfahrungen über erfolgreiche Netzintegration von einer großen Anzahl von installierter Photovoltaik auf internationalem Niveau zu sammeln, analysieren und zu kombinieren. Die Synergie der Forschungsergebnisse soll eine solide Basis zur Standardisierung von PV-Netzintegration bilden.

Die Arbeiten während der Projektlaufzeit waren in 5 Subtasks organisiert:

- **Cross-Cutting Subtask: Informationssammlung, Analyse und Verbreitung der Ergebnisse**

Leitung: Canmet, Kanada

Ziel ist es, internationale Beispiele für eine hohe PV-Einspeisung in elektrische Stromversorgungsnetze zu analysieren und dokumentieren und diese zusammen mit den Subtasks insoweit auszuarbeiten und zu generalisieren, dass als Ergebnis eine Reihe von überzeugenden Fallbeispielen für eine sichere und verlässliche PV-Integration im großen Maßstab präsentiert werden kann.

- **Subtask 1: Korrelation zwischen Energiebedarf und PV Erzeugung**

Leitung: PLANAIR, Schweiz

Ziel dieses Subtasks ist es zu zeigen und nachzuweisen, dass mit Hilfe verbesserter Prognosetools und mit einem optimierten, lokalen Energiemanagement der Grad an PV Durchdringung gesteigert werden kann. Anhand von Fallbeispielen wird die Machbarkeit räumlich konzentrierter, hoher PV Durchdringung im Netz demonstriert (unterschiedliche Durchdringungsszenarien werden in Fallstudien dargestellt).

- **Subtask 2: Hohe PV Durchdringung in lokalen Verteilnetzen**

Leitung: Fraunhofer IWES, Deutschland

Dieser Subtask beschäftigt sich mit der Identifizierung und Interpretation der Rolle von Photovoltaik in Verteilnetzen und umfasst eine umfassende Analyse zur Auswirkung von hoher PV Durchdringung in Verteilnetzen. Abschließend werden Empfehlungen für Netzanschlussrichtlinien, Fördersysteme und Netzregulierung diskutiert.

- **Subtask 3: Hohe PV Durchdringung in großräumigen Energieversorgungssystemen**

Leitung: University Tokyo, Japan

Subtask 3 bearbeitet die Integration von PV in die Versorgungssysteme aus der ganzheitlichen Sicht der Energieversorger, auf der Grundlage von PV Erzeugungsvorhersagen, Betrieb und Erweiterung des elektrischen Energieversorgungssystems.

- **Subtask 4: Intelligente Wechselrichtertechnologie für hohe PV Dichte im Netz**

Leitung: AIT, Österreich

Subtask 4 behandelt die technologischen Aspekte moderner PV Wechselrichter mit multifunktionalen Eigenschaften, technische Anforderungen und Standards, und Systemintegrationsaspekte für eine erfolgreiche hohe Durchdringung des Netzes mit Strom aus Photovoltaik.

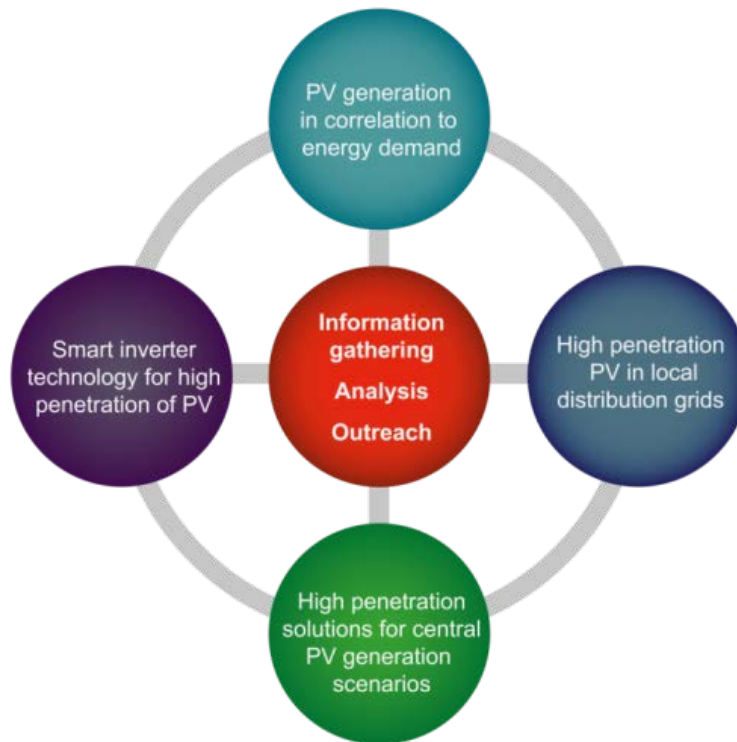


Abbildung 1: Struktur des Arbeitsplanes für Task 14

Die wesentlichen Schwerpunkte des PVPS Task 14 sind:

- Fluktuierende Erzeugungsprofile von Photovoltaik und die damit verbundene Schwierigkeit bei der Planung/Vorhersehbarkeit von Leistungsbereitstellung von PV
- Glättungseffekte bei Systembetrachtungen auf größerer Fläche
- Die Leistungselektronik und seine Möglichkeiten als Bindeglied zwischen Generator und elektrischen Netz
- Die Anschlussmöglichkeiten von PV-Einspeisern im Energienetz, welches für einen unidirektionalen Lastfluss ausgelegt ist
- Beitrag zum Netzmanagement von Leistungselektronischen Komponenten (PV Wechselrichter) hinsichtlich Spannungsregelung, Frequenzregelung, Verhalten im Fehlerfall im Netz etc.

3. Hintergrundinformation zum Projektinhalt

Darstellung des gesamten Kooperationsprojektes und der Aufgabenstellung des Österreichischen Teilprojektes im IEA-PVPS Task 14

Der Anteil von Photovoltaik am globalen Energieerzeugungsmix ist weiterhin im Steigen. Deshalb ist es immer wichtiger die technischen Herausforderungen aufgrund hoher Durchdringung von Photovoltaik im elektrischen Energiesystem zu verstehen. Photovoltaiksysteme haben als dezentrale Energieerzeugungsanlagen besondere Merkmale, welche beim Anschluss an und beim Betrieb im elektrischen Netz berücksichtigt werden müssen. Eine hohe Installationsdichte von dezentralen Erzeugungsanlagen im Allgemeinen wurde bereits untersucht, nicht aber Photovoltaik mit seinen speziellen Eigenschaften. Die Zunahme an der Installationsdichte von Photovoltaik hat Einfluss auf die Schutzmaßnahmen im Netz, Netzqualität und Versorgungssicherheit.

Die Bewältigung dieser technischen Herausforderungen ist für den Übergang von PV als kleiner Versorgungsquelle für lokale Lasten, hin zu einer Technologie, welche im gesamten Energiemix eine erhebliche Rolle spielt, entscheidend. Dafür ist es erforderlich die, dass PV Systeme vollständig in die Planungs- und Betriebsprozesse von Energiesystemen und elektrischen Netzen mit einbezogen werden. Weltweit gibt es für die Elektrizitätswirtschaft gemeinsame sowie Kontext-spezifische Problemstellungen, welche im Rahmen der internationalen Kooperation PVPS Task 14 ausgetauscht und diskutiert werden können.

Österreich ist in allen Subtasks vertreten. Außerdem hat AIT die Leitung des gesamten Projektes inne und ist damit für alle generierten Ergebnisse verantwortlich. Im speziellen kann AIT seine Expertise im Subtask 4 zu den Intelligenten PV Wechselrichter bei hoher PV Durchdringung beitragen, welche sich auch in der Leitung dieses Subtasks widerspiegelt. Österreich hat hier auch die Möglichkeit das Projekt inhaltlich zu steuern und die Ergebnisse gemeinsam mit den Projektbeteiligten zu verwerten.

Folgende Projektpartner waren im Projektzeitraum im IEA PVPS Task 14 aktiv:

Land	Partner	Art der Institution
Australien	University of NSW	Universität
Australien	CSIRO	Forschungsinstitut
Österreich	Austrian Institute of Technology	Forschungsinstitut
Belgien	3E	Agentur
Kanada	Schneider Electric Canada	Industrie
	Canadian Solar Industry Association	Verband
China	Chinese Academy of Sciences	Forschungsinstitut
Dänemark	Energimidt	Industrie
Europäische Kommission	JRC	Forschungsinstitut
EPIA	European Photovoltaic Industry Association	Verband
Deutschland	SMA Technology AG	Industrie
Deutschland	Fraunhofer IWES	Forschungsinstitut
Spanien	Universidad Carlos III de Madrid	Universität
Israel	Israel Electrical Company	Industrie
Italien	ENEA-Portici Research Centre	Forschungsinstitut
Italien	RSE	Forschungsinstitut
Italien	GSE – Gestore Servizi Energia	Agentur
Japan	NEDO	Agentur
Japan	University of Tokyo	Universität
Japan	AIST	Agentur
Malaysia	SEDA	Verband
Portugal	EDP - Energias de Portugal	Industrie
Schweden	ABB AB, Corporate Research	Industrie
Schweiz	Planair	Agentur
Schweiz	Basler Hofmann	Forschungsinstitut
Schweiz	Meteotest	Industrie
U.S.A.	National Renewable Energy Laboratory	Forschungsinstitut

Beschreibung der Projektziele

Wesentliches Ziel der österreichischen Beteiligung ist die Einbringung des Themas Integration dezentraler Energieerzeugungsressourcen und im speziellen ein hohe Anzahl von Photovoltaik, um mittels solaren Vorhersagemodellen, lokalen Netzmanagementmethoden, Zusatzdienstleistung von PV-Wechselrichtern und neuartigen Planungs- und Betriebsmethoden in die bestehende Netzinfrastruktur eine möglichst hohe Dichte an erneuerbarer dezentraler Erzeugung integrieren zu können.

Methode

Der österreichische Ansatz für die Beteiligung an IEA PVPS Task 14 konzentrierte sich auf das Aufbereiten der Erkenntnisse und Erfahrungen aus der Vielzahl von nationalen Projekten zum Thema Netzintegration dezentraler PV Anlagen mit fluktuierendem Erzeugungsprofil in elektrische Netze sowie der Forschungsergebnisse im Bereich aktiver Wechselrichter (vgl. Kapitel 2.2.5). In diesem Rahmen stand dabei insbesondere der internationale Erfahrungsaustausch zu diesem Thema, sowie die Analyse und der Erkenntnisgewinn in Bezug auf diese Inhalte im Mittelpunkt.

Konkret wurden im Rahmen des Projekts folgende Schritte gesetzt:

1. Aufbereitung der österreichischen Erfahrungen und Projekte im Bereich Photovoltaik, Netzintegration von dezentralen erneuerbaren Energiequellen, Multifunktionale Wechselrichter und Netzmanagement hinsichtlich der Anforderungen aus IEA PVPS Task 14, sowie Diskussion der Erkenntnisse und Erfahrungen mit internationalen ExpertInnen innerhalb des Tasks (Know-How-Transfer)
2. Evaluierung und Diskussion der Beiträge (insbesondere im Rahmen von Fallstudien), Ableitung von Empfehlungen und „Best Practice“ für erfolgreiche Implementierung von hohen Anschlussdichten von PV in elektrischen Netzen.
3. Einbringung der Erkenntnisse in die laufenden und geplanten Projektvorhaben in Österreich (über entsprechende nationale Veranstaltungen und Verbreitungs Kanäle). Durch die Beteiligung des AIT an einer Vielzahl der österreichischen Projekte, war in diesem Zusammenhang der direkte Know-how-Transfer gewährleistet.

Die österreichischen Mitglieder im Task 14 beteiligten sich in allen Subtasks. Zusätzlich dazu leitet Österreich seit 2010 den gesamten Task 14 und übernimmt damit u.a. auch die Aufgaben bzw. Verpflichtungen im Rahmen der Mitarbeit im IEA-PVPS Programm.

Diese Tätigkeiten umfassten dabei im Rahmen des Projekts

1. Die laufende Berichterstattung an das PVPS Executive Committee,
2. Die Teilnahme an den halbjährlichen Treffen des PVPS Executive Committee,
3. Das Erstellen von Beiträgen für den Jahresbericht des IEA-PVPS Programms,
4. Die Ausarbeitung von Beiträgen und deren Präsentation auf vom IEA-PVPS organisierten Workshops und Veranstaltungen,
5. die Verbreitung der Ergebnisse auf nationaler und internationaler Ebene sowie
6. die Leitung und Koordination des gesamten Tasks, inkl. der konkreten inhaltlichen Gestaltung und die Leitung des Subtasks 4, intelligente Wechselrichtertechnologien.

4. Ergebnisse des Projektes

Ziele der internationalen Kooperation und des nationalen Beitrags

Ziel der internationalen Zusammenarbeit im IEA-PVPS Task 14 ist es, die Verwendung von netzgekoppelter Photovoltaik als wichtiger, erneuerbarer Energiequelle zu fördern und eine hohe Durchdringungsrate durch Optimierung der Integration verteilter Erzeuger zu ermöglichen. Technische Lösungen für den Netzanschluss von PV im großen Maßstab werden im Rahmen dieses Projekts erarbeitet. Da einige Fragen erstmals bei der Integration von PV auftauchen, konzentriert sich Task 14 auf die intensive Kooperation mit Energieversorgern, Industriepartnern und anderen Stakeholdern, um Technologien und Methoden zu entwickeln, die die Integration erneuerbarer PV Technologien in die elektrischen Netze auf breiter Basis ermöglichen.

Im Rahmen von Task 14 werden schwerpunktmäßig technische Fragen bearbeitet, die Aspekte des Energiemanagements, der Netz-Interaktion und Durchdringung im lokalen Verteilnetz und zentrale PV Erzeugungsszenarien umfassen. Ein Schwerpunkt liegt auf dem Thema der multifunktionalen Wechselrichter, die als intelligente Schnittstelle zwischen dem Generator und dem elektrischen Netz fungieren. Um die erarbeiteten technischen Lösungen zu evaluieren, werden Modellierungs- und Simulationsmethoden verwendet.

Österreich leitet hier nicht nur das gesamte Projekt sondern zeichnet sich auch für den Subtask 4 „Intelligente Wechselrichtertechnologie für hohe PV Dichte im Netz“ verantwortlich. Das Ziel dabei ist die Analyse von technologischer Aspekte moderner PV Wechselrichter mit multifunktionalen Eigenschaften, die Erarbeitung technischer Anforderungen und Standards, und die Diskussion von Systemintegrationsaspekten hinsichtlich der Möglichkeiten von Leistungselektronik und Kommunikationstechnologien für eine erfolgreiche hohe Durchdringung des Netzes mit Strom aus Photovoltaik.

Beschreibung der Projektergebnisse

Der von Österreich initiierte und koordinierte Task 14 hat sich in den letzten Jahren nicht nur zu einer der zentralen Forschungsaktivitäten im Rahmen des IEA-PVPS Programm entwickelt sondern auch als weltweit anerkannte Plattform für die Zusammenarbeit von Experten im Themenbereich Netzintegration von PV und hoher Dichte etabliert. Der Erfolg der von Task 14 organisierten „High Penetration PV und Utility Workshops“, die in 10 Ländern weltweit lokale Experten mit der Task 14 Arbeitsgruppe zusammenbrachen zeigt die Notwendigkeit der Zusammenarbeit unterschiedlicher Stakeholder auf internationaler Ebene und den hohen Wert des koordinierten Austauschs von Erfahrungen und Best Practise.

Neben dieser Vernetzung mit den direkten Zielgruppen arbeitet Task 14 auch mit anderen Expertenteams im Rahmen der IEA Forschungskoooperation intensiv zusammen. Dies umfasst u.a. die Zusammenarbeit mit dem Task 46 des IEA-SHC Implementing Agreements zum Austausch von Ergebnissen zum Thema PV Leistungsvorhersage, die insbesondere für die Berechnung der zu erwartenden Netzbelastung durch PV zentral ist. Darüber hinaus erfolgt ein

intensiver Austausch mit der Arbeitsgruppe aus dem IEA-WIND Programm, die sich mit der Netzintegration von Windanlagen beschäftigt.

Die effektive Verbreitung der Ergebnisse und Erfahrungen aus dem Task 14 Expertenteam spielt dabei eine wesentliche Rolle: Durch Vorträge und Präsentationen im Rahmen von Fachkonferenzen, die wesentliche Vertreter einzelner Zielgruppen zusammenbringen unterstützen Task 14 Experten dabei die zielgruppenorientierte Verbreitung der Ergebnisse.

Konkret umfassen die im Rahmen des High-Penetration of PV Systems in Electricity Grids Projektes erarbeiteten Ergebnisse folgende Aspekte:

Subtask 1: Korrelation zwischen Energiebedarf und PV Erzeugung Leitung: PLANAIR, Schweiz

Im Rahmen von Subtask 1 wurde untersucht wie mit Hilfe verbesserter Prognosetools sowie durch optimiertes lokales Energiemanagement der Grad an PV Durchdringung gesteigert werden kann. Anhand von Fallbeispielen wird die Machbarkeit räumlich konzentrierter, hoher PV Durchdringung im Netz demonstriert (unterschiedliche Durchdringungsszenarien werden in Fallstudien dargestellt).

Die zentralen Ergebnisse beinhalten eine umfassende Studie zum Stand der Technik in Bezug auf die PV Erzeugungsvorhersage für unterschiedliche Zeithorizonte, die von wenigen Minuten bis zu mehreren Tagen reicht. Dazu stehen unterschiedliche Ressourcen zur Verfügung, wie aktuelle Messdaten von PV Systemen, Satellitendaten, Wolkenbilder bis hin zu numerischen Wettervorhersagemodellen.

Auf Basis dieser Untersuchungen wurde eine Übersicht der weltweit angewandten Systemen zur Vorhersage der räumlich verteilten PV Stromerzeugung sowie die Bewertung von Prognosewerkzeugen für die Bestimmung von Nachfrage und Angebot, lokale Speicherung und Energiemanagementsystemen erstellt (siehe). Neben einer Übersicht der am Markt verfügbaren Vorhersagetools, deren Eigenschaften und Leistungsfähigkeiten wurden auch Erfahrungen bei der Anwendung der Tools zusammengefasst und verglichen. Außerdem wurden die Herausforderungen bei der Prognose von PV Erzeugungsleistung für unterschiedliche Vorhersagezeiträume beleuchtet.

Auf Basis eines umfassenden Benchmarks wurden die unterschiedlichen Ansätze in Bezug auf Vorhersagezeitraum, Unsicherheiten sowie die Anwendbarkeit auf klein- bzw. großräumige Vorhersagen der PV Erzeugungsleistung bewertet.

Die Ergebnisse wurden in enger Zusammenarbeit zwischen Task 14 und dem IEA-SHC Task 46 ¹ erarbeitet und im Bericht "Photovoltaic and Solar Forecasting: State of the Art" Report IEA-PVPS T14-01: 2013 veröffentlicht.

¹ IEA Solar Heating and Cooling Programme, Annex 46 „Solar resource characterisation“

Tabelle 1 Übersicht der derzeit verwendeten Tools zur Vorhersage der PV Erzeugung weltweit

Source	Location of validation	Time step and forecast time	Uncertainty % of persistence	Uncertainty RMSE (relative or absolute)
DLR (DE)	Southern Spain	1 h, day 1		DNI: 50 – 64% rmse
CanmetENERGY (CAN)	Canada, USA	1 h, day 1 – 2	57%	
JWA (JP)	Japan	30 Min, 1h.		140 W/m ²
MeteoSwiss (CH)	Switzerland	-	-	-
Univ. Oldenburg / Meteocontrol (DE)	Switzerland Southern Spain Canada, Spain	1 h, day 1	65% 61% ² 57% ²	42 % rmse 21 % rmse
Univ. Jaen (ES)	Southern Spain	1 h, day 1	72% ²	
DTU IMM (DK)	Denmark		68% ²	
AIST / Waseda (JP)	Japan	1 h, day 1		100 W/m ²
Univ. GIFU (JP)	Gifu	1 h		64% rmse
UCSD (USA)	San Diego, 4 days	30 sec. 5 min.	50% 75%	
Bluesky Wetteranalyse (A)	Switzerland	1 h, day 1	65% ²	
Irsolav (ES)	Spain	1 h, day 1		18 – 35% rmse
Meteotest (CH)	Switzerland	1 h, day 1	72% ²	41 – 50% rmse
Weather Analytics (USA)	-	-	-	

Der zweite thematische Schwerpunkt der Aktivitäten im Rahmen des Subtask 2 umfasste die Analyse von Ansätzen zur Verbesserung der PV Systemintegration mittels lokalen Energiemanagement. Auf Basis einer internationalen Zusammenarbeit wurden verfügbare Technologien untersucht, die auf lokaler Ebene eingesetzt werden können, um den Eigenverbrauch von PV zu steigern und dadurch die Netze zu entlasten.

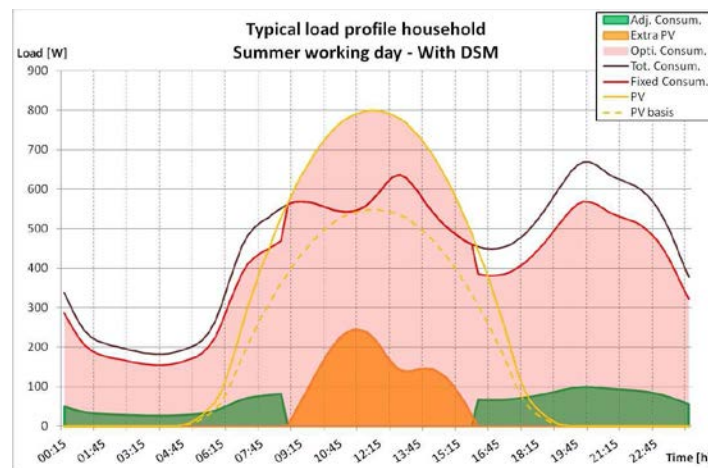


Abbildung 2 Exemplarisches Lastprofil eines Haushalts mit PV optimiertem DSM

Dazu wurden eine Reihe von Fallstudien (siehe) durchgeführt, um die unterschiedlichen Rahmenbedingungen in den Task 14 Ländern zu untersuchen. Auf dieser Basis wurden dann die Möglichkeiten analysiert wie mittels lokalem Energiemanagement sowie dem Einsatz von Speichern die Aufnahmekapazität des Stromnetzes erhöht werden kann.

Tabelle 2 Vergleich der Eigenverbrauchsanteile für unterschiedliche Länder bzw. Lastprofile beim Einsatz lokaler Energiemanagementstrategien

		Units	Switzerland	Germany	Denmark	Portugal	USA1	USA2	USA3
Basis integration (theoretical 100% PV energy)	Self consumption rate (PV energy / load energy)	[%]	38%	40%	24%	22%	35%	35%	34%
DSM (15% of consumed energy)	Self consumption rate (PV energy / load energy)	[%]	57%	59%	47%	46%	55%	54%	55%
	Increase rate compared to basis integration	%	18%	19%	23%	23%	20%	19%	21%
Storage	Self consumption rate (PV energy / load energy)	[%]	83%	79%	80%	74%	78%	74%	70%
	Increase rate compared to basis integration	%	45%	39%	56%	51%	43%	40%	36%
DSM+storage	Self consumption rate (PV energy / load energy)	[%]	92%	88%	93%	84%	88%	85%	81%
	Increase rate compared to basis integration	%	53%	48%	69%	62%	53%	50%	46%

Subtask 2: Hohe PV Durchdringung in lokalen Verteilnetzen Leitung: Fraunhofer IWES, Deutschland

Subtask 2 beschäftigt sich mit der Identifizierung und Interpretation der Rolle von Photovoltaik in Verteilnetzen. Dazu wurde eine umfassende Analyse zur Auswirkung von hoher PV Durchdringung in Verteilnetzen erstellt und technische Lösungen und Ansätze zur optimierten PV Netzintegration auf Verteilebene aufgezeigt.

Auf Basis von Best-Practise Fallstudien aus 11 Ländern weltweit wurden verschiedenste Lösungsansätze, wie z.B. Blindleistungsmanagement, Spannungsregelungskonzepte, optimierte Wirkleistungsregelung sowie weitere Strategien zur Erhöhung der Aufnahmefähigkeit der Verteilnetze für PV anhand von praktischen Beispielen untersucht.

Die umfassende Sammlung an Informationen, die im Rahmen eines Task 14 Berichts² im Oktober 2014 veröffentlicht wird, präsentiert technisch und ökonomisch effektive Konzepte und Lösungen für die zukünftige Integration von PV in den Netzbetrieb. Dabei wurden vor allem auch die unterschiedlichen Rahmenbedingungen in den einzelnen Ländern in Bezug auf technische und regulatorischen Richtlinien, PV Ausbauszenarien und weitere länderspezifische Aspekte mit einbezogen.

Auf Basis der Fallstudiensammlung und einer umfassenden technischen Bewertung von möglichen Lösungsansätzen wurde ein Entwicklungsmodell für die Netzintegration von PV bei steigender Dichte in den Verteilnetzen erarbeitet. Dieses Modell definiert in einfacher, universell anwendbarer Weise 3 Stufen, die jeweils unterschiedliche Anteile von PV in den Verteilnetzen repräsentieren und gibt Empfehlungen für Maßnahmen zur optimalen Netzintegration.

² “High Penetration of PV in Local Distribution Grids: Subtask 2: Case-Study Collection”, Report IEA PVPS T14-02:2014

The Role of PV in Electricity Grids

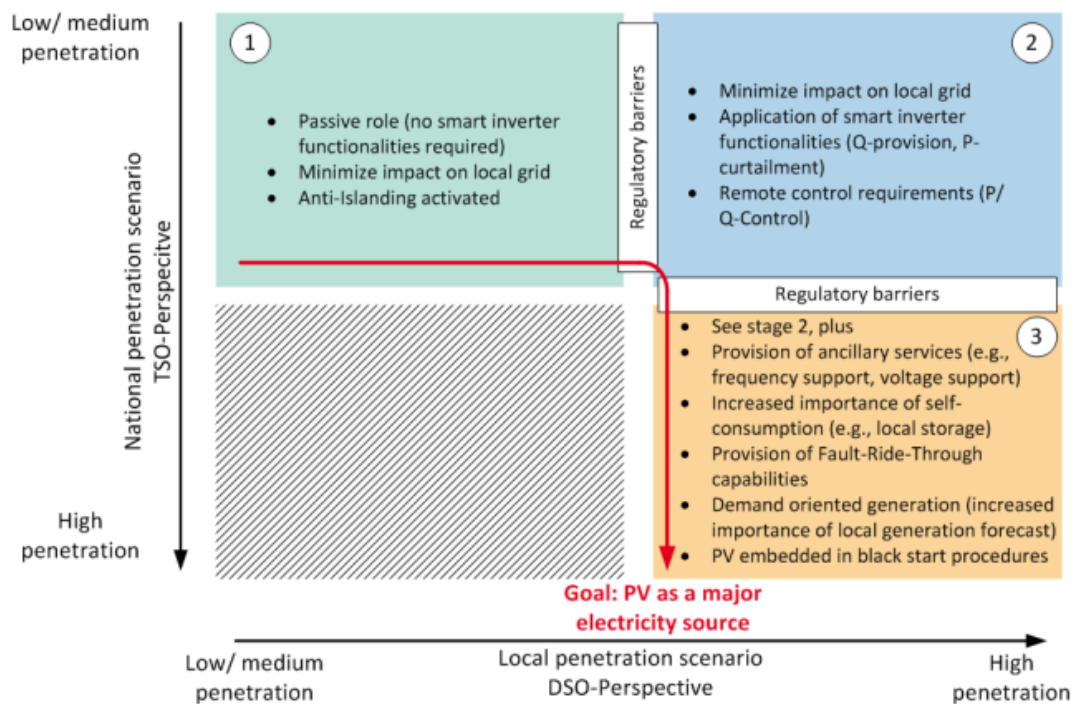


Abbildung 3 Entwicklungsmodell für die Netzintegration von PV bei steigender Dichte

Auf Basis des Modells wurden weitreichende Empfehlungen für konkrete Maßnahmen wie z.B. angepasste Netzanschlussrichtlinien, technische Anforderungen sowie weitergehende Schritte auf Anlagen- wie auch Netzbetreiberseite erarbeitet.

Das Entwicklungsmodell wie auch sämtliche Empfehlungen sind im Task 14 Bericht „Wege von unidirektionalen zu bidirektionalen Verteilnetzen – Empfehlungen auf Basis globaler Erfahrungen“³ zusammengefasst.

Subtask 3: Hohe PV Durchdringung in großräumigen Energieversorgungssystemen

Leitung: University Tokyo, Japan

Subtask 3 bearbeitet die Integration von PV in die Versorgungssysteme aus der ganzheitlichen Sicht der Energieversorger, auf der Grundlage von PV Erzeugungsvorhersagen, Betrieb und Erweiterung des elektrischen Energieversorgungssystems.

Aus Sicht des gesamten Energieversorgungssystems bestehen die wesentlichen Herausforderung bei der Integration einer hohen Dichte von PV in der Gewährleistung des Gleichgewichts zwischen Verbrauch und einer zunehmend variablen, dargebotsabhängigen Erzeugung sowie des sicheren Netzbetriebs unter diesen Rahmenbedingungen. Vor diesem Hintergrund wurden im Rahmen des Subtasks 3 umfassende Untersuchungen durchgeführt und auf dieser Basis neue Ansätze für den Netzbetrieb, die Betriebsplanung sowie die Netzerweiterung auf übergeordneter Übertragungsnetzebene erarbeitet.

³ “Transition from Uni-Directional to Bi-Directional Distribution Grids: Management Summary of IEA Task 14 Subtask 2 – Recommendations based on Global Experience”, Report IEA PVPS T14-03:2014

Ausgehend von einer Analyse weltweiter Fallstudien zum aktuellen Status, zentraler Herausforderungen und zukünftig zu erwartender Entwicklungen der PV in den nationalen Stromversorgungssystemen wurden ein Maßnahmenkatalog erstellt, der Lösungen zur verbesserten Integration von PV in das übergeordnete Übertragungssystem präsentiert.

Konkret umfassen diese Maßnahmen eine völlig neue Betrachtung der Thematik „Flexibilität“, sowohl in Bezug auf die existierenden konventionellen Kraftwerkskapazitäten wie auch die Notwendigkeit von neuen Anlagen zur Erhöhung der Flexibilität des Gesamtsystems. In Bezug auf die PV Erzeugung sind exakte Vorhersagemodelle, die eine effektive Vorhersage der aktuellen und der zu erwartenden PV Erzeugung in einer Regelzone liefern, die Basis für den sicheren Betrieb des Gesamtsystems und ermöglichen damit die Minimierung der notwendigen Regelleistung und der Backupkapazitäten.

Die Aktivierung von Lasten durch entsprechende Lastmanagementsysteme trägt ebenfalls zur Erhöhung der Flexibilität des Systems bei und hilft, Erzeugungs- und Verbrauchsspitzen besser zu koordinieren und kritische Situationen zu vermeiden.

Größere Regelzonen und ein diversifizierter Kraftwerkspark sind ein weiterer Ansatz zur besseren Integration von variabler Erzeugung aus PV in das Gesamtsystem. Durch die weitere räumliche Verteilung wird die Variabilität der PV erheblich verringert und damit nicht zuletzt die Vorhersagbarkeit der Erzeugung erheblich verbessert.

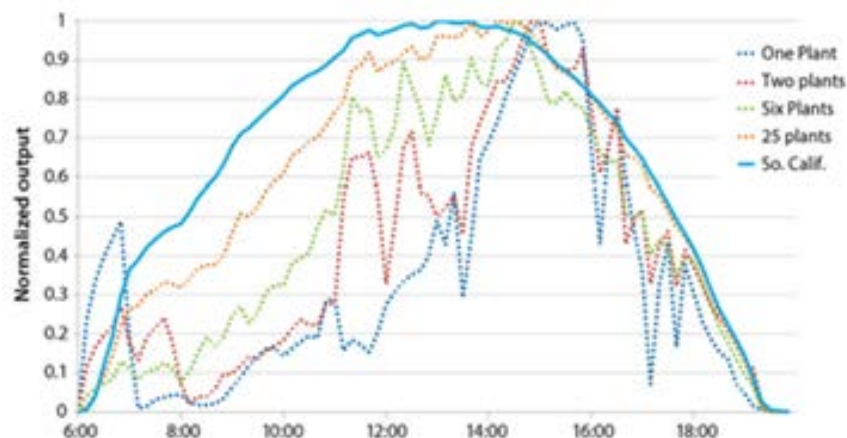


Abbildung 4 Darstellung der Glättungseffekte durch Zusammenfassung der PV Erzeugung über größere räumliche Bereiche.

Subtask 4: Intelligente Wechselrichtertechnologie für hohe PV Dichte im Netz Leitung: AIT, Österreich

Subtask 4 beschäftigt sich mit den technologischen Aspekte moderner PV Wechselrichter, deren multifunktionalen Eigenschaften, technischen Anforderungen und Standards, und Systemintegrationsaspekten, die für eine erfolgreiche hohe Durchdringung des Netzes mit Strom aus Photovoltaik notwendig sind.

Im Rahmen des Projekts wurde eine umfassende Analyse der technischen Möglichkeiten durchgeführt, wie durch den Einsatz intelligenter Wechselrichter und Kommunikation die Aufnahmekapazität der Netze für PV erhöht werden kann. Zusätzlich tragen neue

Funktionalitäten von Wechselrichter – richtig eingesetzt – zur Gewährleistung der Stabilität und Sicherheit des gesamten Stromversorgungssystems bei.

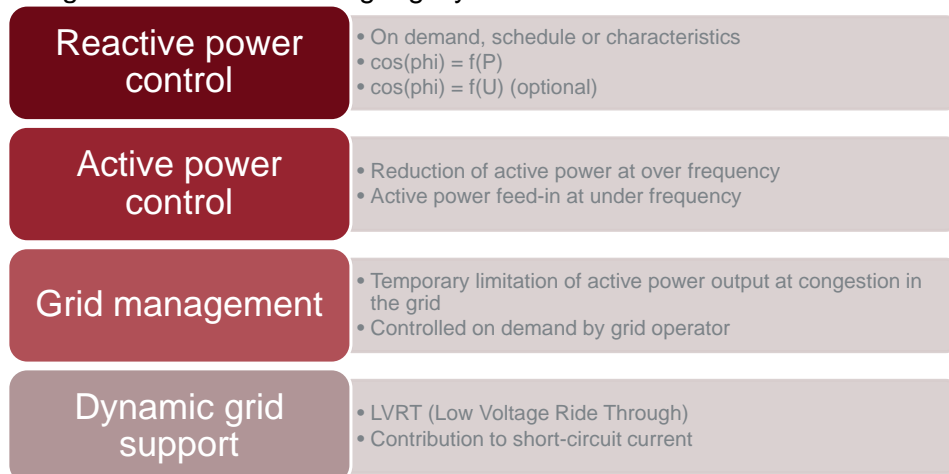


Abbildung 5 Netzstützende Zusatzfunktionen von Wechselrichtern zur Erhöhung der Aufnahmekapazität und verbesserter Netzintegration

Dazu wurden zunächst die in den verschiedenen Ländern geltenden Rahmenbedingungen und technischen Anforderungen an Wechselrichter bzw. den Netzanschluss von PV recherchiert, analysiert und verglichen. Auf Basis dieser Analyse wurde die Kompatibilität der aktuellen Anforderungen mit zukünftigen Szenarien einer hohen Dichte von PV bewertet und kritische Anforderungen identifiziert. Kritische Anforderungen betreffen dabei einerseits Vorgaben, die den Ausbau von PV grundsätzlich begrenzen sowie andererseits Festlegungen, die langfristig bei einer hohen PV Dichte zu potentiell kritischen Betriebszuständen im Stromversorgungssystem führen können.

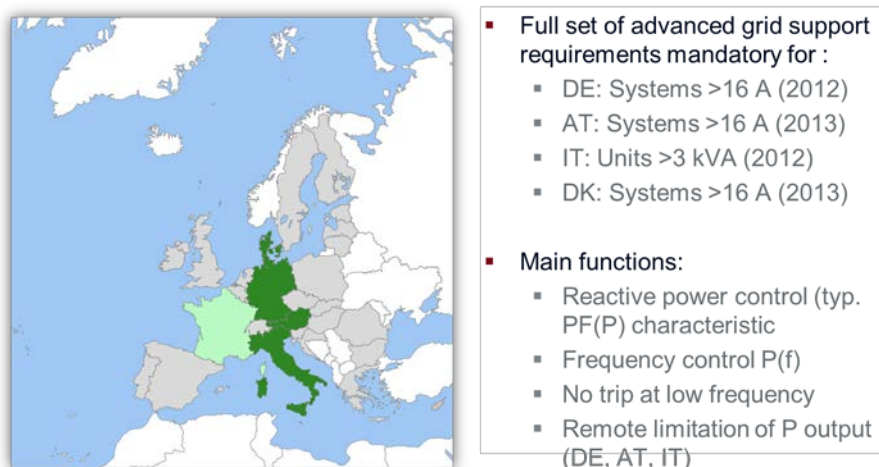


Abbildung 6 Vergleich der aktuellen Netzanschlussrichtlinien und den darin enthaltenen Anforderungen für netzstützende Funktionen von PV Wechselrichtern in Europa

Die Arbeit im Rahmen von Task 14 zeigte deutlich, dass die neuen Funktionen von Wechselrichtern eine Vielzahl neuer Möglichkeiten für die optimale Netzintegration von PV eröffnen und damit die Voraussetzung für eine hohe Dichte von PV schaffen. In einer Reihe

von Task 14 Ländern wurden diese neuen Möglichkeiten bereits in die lokalen Richtlinien und Normen für den Netzanschluss aufgenommen und werden damit effektiv genutzt.

Tabelle 3 Übersicht der Anforderungen in aktuellen Europäischen und nationalen Netzanschlussrichtlinien

Country	EN 50438:2013 (<16 A)	FprTS 50549-1 LV>16 A	FprTS 50549-2 MV	DE VDE AR N 4105: 2011	DE BDEW MV Guideline	IT CEI 0-21:2012 (LV)	AT TOR D4:2013 (LV+MV)
P at Underfrequency	Yes	Yes	Yes	Yes (all)	Yes	Yes (all)	Yes
P(f)	Yes	Yes	Yes	Yes (all)	Yes	Yes (all)	Yes
Q/cosφ	Yes	Yes	Yes	>3.68 kVA	Yes	>3 kVA	>3.68 kVA
Q/cosφ(P)	Yes	Yes	Yes	>3.68 kVA	Yes	>3 kVA	>3.68 kVA
Q(U)	Yes	Yes	Yes	No	Optional	>6 kVA	optional
Remote P	No	Yes	Yes	>100 kW	>100 kW	>3 kVA	>100 kW
Remote shut-off	No	Yes	Yes	No	Optional	Yes	No
LV/HVRT	No	Yes/Yes	Yes/Yes	No	Yes/No	>6 kVA	Yes/No (MV only)

Nichtsdestotrotz zeigte die umfassende Übersicht der Anforderungen an den Netzanschluss von PV die im Rahmen von Task 14 erarbeitet wurde, dass weiterhin in der Praxis vieler Länder ein Einsatz dieser Funktionen aufgrund inadäquater Rahmenbedingungen nicht möglich ist.

Durch den aktiven Informationsaustausch zwischen Task 14 und nationalen Fachgremien, der u.a. im Rahmen der Task 14 Utility Workshops stattfand, unterstützte Task 14 die Überarbeitung lokaler Richtlinien, die wiederum maßgeblich für die Integration von PV in die jeweiligen Stromversorgungssysteme sind.

Weitere umfassende Ergebnisse der Aktivitäten im Rahmen von Task 14 sind auch in den offiziellen IEA-PVPS Task 14 Reports veröffentlicht, die unter „Veröffentlichungen und Deliverables“ gelistet sind. Sämtliche Reports sind auf der IEA-PVPS Website frei verfügbar.

Verbreitungsaktivitäten

Im Zeitraum von 2010 bis 2015 wurden durch den von Österreich geleiteten Task 14 insgesamt 11 Workshops zum Thema 'Hohe Durchdringung von PV' organisiert.

Im Detail wurden dabei folgende Veranstaltungen organisiert:

- September 2010: Joint Task 1/14 workshop European PVSEC/ WCPEC in Valencia
- Dezember 2010: Task 14 workshop, Golden, CO, U.S.A. unterstützt vom U.S. DoE, NREL und SEPA
- Mai 2011: Task 14 utility workshop, Lissabon, Portugal, unterstützt vom EDP
- Oktober 2011: Task 14 Utility and Research workshop, Beijing, China, unterstützt vom IEE, Chinese Academy of Sciences
- Mai 2012: Task 14 High penetration PV workshop, Kassel, Germany, unterstützt vom SMA
- Oktober 2012: Task 14 High penetration PV workshop, Tokyo, Japan, unterstützt vom NEDO

Im Mai 2013 wurde ein gemeinsamer Workshop des EU Projekts ‚MetaPV‘ – mit der Task 14 von 3e in Brüssel, Belgien abgehalten. Mit Gastvortragenden von Task 14, EPIA, NREL, Laborelec, Infrac, Enel, etc. konnte der Workshop mehr als 50 ExpertInnen belgischer Netzbetreiber, Hersteller und Forschungspartner erreichen. Das Programm beinhaltete auch Vorträge des europäischen Projekts ‚MetaPV High Penetration Demonstration‘ (<http://www.metapv.eu>) und Erfahrungen aus Belgien und weiteren EU-Ländern.

- Im November 2013 veranstaltete das Task 14 Team gemeinsam mit der University of New South Wales Australia, und dem Australischen PV Institute einen internationalen Workshop zum Thema "PV und das Versorgungsnetz: Wie können die wachsenden technischen Probleme gelöst werden?", wobei zwei spezielle Themen adressiert wurden – Probleme und Chancen in der PV Integration in Australien, und die relevanten Arbeiten zur Thematik, die in anderen Erdteilen durchgeführt werden, insbesondere unter der IEA Task 14 on High Penetration PV. In den Workshop Sessions wurden australische Erfahrungen mit PV Integration und die Ergebnisse aus internationalen Projekten, wie der IEA Task 14, vorgestellt. Dazu zählten Präsentationen aus Japan, Deutschland, Österreich und Belgien. Dies erlaubte einen allgemeinen Überblick über die Aktivitäten der Task 14 Aktivitäten in den

teilnehmenden Ländern. Am Workshop nahmen mehr als 60 ExpertInnen teil, darunter australische Energieversorger, Konsulenten, Fördergeber, Regulatoren, ForschungsvertreterInnen sowie die internationalen Mitglieder des IEA Task 14 PVPS Teams. (<http://iea-pvps.org/index.php?id=262>)

- Im März 2014 veranstaltete Task 14 in Zusammenarbeit mit PLANAIR und HEPIA einen internationalen Utility Workshop in Genf, Schweiz. Mit mehr als 50 TeilnehmerInnen aus der Schweizer Elektrizitätsbranche, Geräteherstellern, Forschung sowie VertreterInnen der Regierung war der Workshop ein großer Erfolg. (<http://iea-pvps.org/index.php?id=272>)
- Im September 2014 organisierten die IEA PVPS Tasks 1 & 14 einen Workshop zum Thema “Self-consumption business models - Technical and economic challenges” als offiziellen Side Event der 29th EU PVSEC Konferenz in Amsterdam. Der Workshop wurde gemeinsam von der IEA - International Energy Agency, der EPIA sowie der EU PVSEC gehostet. (<http://iea-pvps.org/index.php?id=288>)
- Im November 2014 organisierten alle laufenden IEA PVPS Tasks einen gemeinsamen Workshop zum Thema „Challenges & Promises to Large-Scale PV Deployment“ als offizielles Side Event der WCPEC-6 Konferenz in Kyoto, Japan. Der Workshop wurde von NEDO gehostet. Task 14 konnte sich darin mit insgesamt vier Vorträgen als erfolgreiches Projekt im PVPS Programm positionieren. (<http://iea-pvps.org/index.php?id=306>)
- Im Mai 2015 wurde ein gemeinsamer Workshop unter Beteiligung des IEA-PVPS Task 14 und des IEA-ISGAN Annex 6 in Wien im Rahmen der Austrian Smart Grids Week 2015 organisiert. Neben den neuesten Ansätzen rund um das aktuelle Thema der Flexibilität im Stromnetz – sowohl auf Erzeuger als auch auf Verbraucherseite – wurde der Fokus vor allem auf Interaktion von Übertragungsnetz- und Verteilnetzbetreiber gelegt. (<http://iea-pvps.org/index.php?id=324>)

Zusätzlich zu den sehr positiv aufgenommenen “High-penetration Workshops”, organisierten Task 14 und IEA-SHC Task 46 einen gemeinsamen technischen Workshop im Rahmen der Europäischen PV-Konferenz im Oktober 2013 in Paris, Frankreich. Im Workshop “Solar resource and forecast data for high PV penetration electricity” wurden jüngste Ergebnisse laufender Arbeiten der beiden Tasks mit Fokus auf solare (Kurzfrist) Prognosen präsentiert. Dieses Event wurde mit mehr als 80 TeilnehmerInnen aus den Bereichen solare Ressourcen und PV Forschung abgehalten.

Die Task 14 Workshop Präsentationen, sowie die Dokumentation der vorhergehenden Events sind für den öffentlichen Download verfügbar in der Rubrik „Workshops“ der IEA-PVPS

Website: <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=212>

IEA INTERNATIONAL ENERGY AGENCY
PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS PROGRAMME



Task 14 – dissemination and interaction with key stakeholders

- Task 14 High Penetration Workshops
- Successful series of events since 2010 with more than 500 participants



Locations and associated organizations:

- Golden: DoE, NREL, SEPA
- Brussels: 3E, MetaPV
- Paris: Task14, SHC Task 46
- Lisbon: EdP
- Valencia: Task1, Task14
- Amsterdam: Task1, Task14
- Kassel: SMA
- Geneva: Planair, SIG, HEPIA
- Beijing: Chinese Academy of Science
- Tokyo: NEDO
- Sydney: UNSW, APVA



Veröffentlichungen und Deliverables

Im Projektzeitraum veröffentlichte Task 14 folgende Berichte:

- Report IEA–PVPS T14-1:2013 “Photovoltaic and Solar Forecasting: State of the Art”
Dieser Bericht beschreibt den aktuellen Stand der Technik für solare Vorhersagemodelle und –methoden im internationalen Kontext. Diese Methoden sind auch für Leistungsprognosen von Photovoltaik geeignet und bieten unterschiedliche zeitliche Auflösungen in der Vorhersage, von wenigen Minuten bis einigen Tagen..
http://iea-pvps.org/index.php?id=95&elD=dam_frontend_push&docID=1690
- Report IEA–PVPS T14-02:2014 “High Penetration PV in local Distribution Grids: Case-Study Collection” ISBN: 978-3-906042-23-7
Im Rahmen von Task 14 wurden Fallstudien zur Netzintegration von Photovoltaik in elektrischen Verteilnetzen erarbeitet. Daten aus 11 Ländern weltweit wurden gesammelt und für eine vergleichende Analyse aufbereitet, welche in diesem Bericht zusammengefasst ist.
http://iea-pvps.org/index.php?id=95&elD=dam_frontend_push&docID=2210
- Report IEA PVPS T14-03:2014 “Transition from Uni-Directional to Bi-Directional Distribution Grids: Management Summary of IEA Task 14 Subtask 2 – Recommendations based on Global Experience” ISBN: 978-3-906042-24-4
Um den Anteil von Photovoltaik in elektrischen Verteilnetzen weiter zu erhöhen werden in diesem Bericht technische Implementierungsmöglichkeiten erläutert. Die Herausforderungen auf unterschiedlichen Spannungsebenen im Verteilnetzbetrieb werden darin erläutert und Konzepte aufgezeigt die in einigen Ländern bereits umgesetzt wurden, um den Übergang von unidirektionalen zu bidirektionalen Verteilnetzen zu ermöglichen.
http://iea-pvps.org/index.php?id=95&elD=dam_frontend_push&docID=2211
- Report IEA PVPS T14-04:2014, Power System Operation Planning with PV Integration: Outcome of the IEA-PVPS Task 14’s Subtask 3 – High Penetration PV in Power System ISBN: 978-3-906042-26-8
Dieser Bericht beleuchtet das Last-Erzeugungsgleichgewicht im elektrischen Verbundnetz, und berücksichtigt auch den Umgang mit Überlastungen im Übertragungsnetz. Netzverstärkungsmaßnahmen und Netzerweiterung sind ebenfalls Inhalt dieser Studie, wie gängige Planungs- und Betriebsmethoden um die Einfluss einer hohen Durchdringungsrate von Photovoltaik beherrschen zu können.
http://iea-pvps.org/index.php?id=95&elD=dam_frontend_push&docID=2555

Neben den direkten Veröffentlichungen durch Task 14 lieferten die ExpertInnen im Rahmen der Task Aktivitäten auch Beiträge zu weiteren Projekten, wie z.B. der dritten Phase des Grid Integration of VRE (GIVAR III) Projektes der IEA. Diese Beiträge flossen auch in den Report

„The Power of Transformation, Wind, Sun and the Economics of Flexible Power Systems“ ([http://www.iea.org/bookshop/465-The Power of Transformation](http://www.iea.org/bookshop/465-The_Power_of_Transformation)) ein.

Task 14 lieferte im Rahmen des Projekts auch Beiträge zu den jährlich erscheinenden Berichten des IEA-PVPS Programms. In diesem PVPS Annual Report, wird für jedes Projekt der entsprechende Projektfortschritt beschrieben werden. Der Beitrag zu Task 14 wurde von den Operating Agents des AIT erstellt.

IEA PVPS Annual Reports:

- IEA-PVPS Annual Report 2012 (April 2013)
http://iea-pvps.org/index.php?id=6&elD=dam_frontend_push&docID=1535
- IEA-PVPS Annual Report 2013 (Mai 2014)
http://iea-pvps.org/index.php?id=6&elD=dam_frontend_push&docID=2040
- IEA-PVPS Annual Report 2014 (Mai 2015)
http://iea-pvps.org/index.php?id=3&elD=dam_frontend_push&docID=2557

Auf nationaler Ebene wurden umfassende Beiträge u.a. zum Newsletter „Nachhaltig Wirtschaften“ des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie (bmvit) geliefert, der die neuesten Informationen aus der Energie- und Umwelttechnologieforschung zusammenfasst. (siehe <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/iea/results.html/id8087>)

5. Vernetzung und Ergebnistransfer

Ein wesentlicher Aspekt der Mitarbeit im IEA-PVPS dient dem Vernetzen nationaler Akteure mit wesentlichen internationalen Photovoltaik-ExpertInnen.

Dies bedeutet einerseits den Einblick in die neuesten technologischen Erkenntnisse, andererseits können eigene Forschungsergebnisse international sichtbar gemacht werden. Die Einbindung der österreichischen PV-Industrie über nationale Forschungsprojekte erfolgt unmittelbar und die internationalen Erkenntnisse können in Österreich einfließen und von den Industriepartnern angewandt und verwertet werden.

AIT arbeitet bereits seit mehreren Jahren in IEA-PVPS aktiv mit, was auch durch die Evaluierungen unterstrichen wird, bei denen die österreichischen Beiträge regelmäßig als äußerst wertvoll für das Gesamtprogramm bezeichnet werden.

Auf Basis der laufenden guten Zusammenarbeit mit der Fachabteilung des bmvit wurden dauerhafte Impulse aus der internationalen F&E Szene gewährleistet und somit sichergestellt, dass die nationalen Aktivitäten im Bereich F&E der elektrischen Netze in die internationale Szene gut eingebettet sind. In einigen Themenbereichen hat Österreich die Chance europaweit bzw. international gute Positionierung weiter auszubauen (z.B. hohe Dichte von dezentralen Stromerzeugern in elektrischen Verteilnetzen).

Als wesentliche Zielgruppen können die österreichische PV-Industrie sowie die Stromwirtschaft, insbesondere Netzbetreiber, die durch das Vorhaben international vorliegenden und diskutierten Erkenntnisse über eine verbesserte PV Netzintegration in aufbereiteter und für die österreichische Situation bewerteter Weise nutzen, um die internationale Wettbewerbsfähigkeit zu stärken.

AIT hat einen Großteil der österreichischen Forschungs- und Demonstrationsprojekte im Bereich Integration von Erneuerbaren geleitet (z.B. morPV2Grid, DemoNet Smart LV Grid, etc.) oder an diesen federführend mitgewirkt. Zusätzlich wurde durch Aktivitäten in nationalen und internationalen Plattformen (EUTPPV, EERA JP PV, ÖVE TC82, TPPV Österreich etc.) sichergestellt, dass die im Rahmen von PVPS Task 14 gewonnenen Erkenntnisse direkt in die nationalen Projekte eingebracht werden und damit das internationale Know-How in die österreichische Forschungslandschaft einfließen konnte.

Durch die Mitwirkung in IEA PVPS Task 14 im Rahmen des Projekts konnte sich Österreich eines Multiplikatoreffekts bedienen: Erreichte Projektergebnisse wurden auf internationaler ExpertInnenebene diskutiert und validiert, neue Problemlösungen kennengelernt und genutzt bzw. auf die heimischen Gegebenheiten angepasst. AIT, als größte außeruniversitäre Forschungseinrichtung, stellte in diesem Zusammenhang die zentrale Schnittstelle für den Know-How-Transfer dar.

Diese internationale F&E Anbindung ergänzte in optimal synergetischer Weise die vielfachen nationalen F&E Aktivitäten im Bereich des Einbaus von erneuerbaren Stromerzeugern in die

Stromnetze (diverse Projekte aus „Energie der Zukunft“; Neue Energien 2020), sowie die bestehenden Europäischen Aktivitäten, allen voran die Beteiligung an der European Energy Research Alliance (EERA) und dem European Laboratory for Distributed Energy Resources (DERLab).

Konkret erfolgte die Vernetzung der österreichischen Stakeholder, vor allem Netzbetreiber, Komponentenherstellern Forschungseinrichtungen zu einem wesentlichen Teil im Rahmen nationaler Veranstaltungen wie der jährlichen PV Tagung, Smart Grids Week Austria, etc. Darüber hinaus kooperierte AIT in vielen nationalen und europäischen Projekten mit den österreichischen Partnern und Stakeholdern.

Dabei wurden einerseits die relevanten aktuellen Projektergebnisse diverser nationaler Forschungs- und Demonstrationsprojekte auf Task 14 Ebene mit internationalen ExpertInnen intensiv diskutiert und mit den Ergebnissen aus anderen Ländern abgeglichen. Andererseits war ein wesentlicher Aspekt bei den Verbreitungsmaßnahmen die Vernetzung nationaler Partner mit den Projektpartnern in IEA PVPS Task 14. Zusätzlich gewährleistete die aktive Teilnahme und Diskussion der Ergebnisse bei den jährlichen IEA Vernetzungsworkshops des bmvit eine regelmäßige Abstimmung der Aktivitäten.

Über den direkten Kontakt zum nationalen Vertreter im PVPS ExCo unterstützte Task 14 aktive die Mitgestaltung der PV Tagung. Über die österreichische ExCo Vertretung bestand auch direkter Kontakt zur nationalen Technologieplattform Photovoltaik und somit zur österreichischen PV Industrie.

Im Detail umfasste der Ergebnistransfer auf nationaler Ebene folgende Aktivitäten:

- Teilnahme an Informationsmeetings (IEA Vernetzungsworkshops),
- Präsentation der Ergebnisse bei den Smart Grids Weeks in Österreich,
- Präsentation der Ergebnisse bei den Nationalen PV Tagungen
- Task 14 ExpertInnen Meeting in Wien (Mai 2015)
- Task 14 Workshop in Wien (Mai 2015)
- Persönliche Gespräche mit Stakeholdern und ExpertInnen.
- nationalen Kommunikationsplattformen (Website <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/iea/>) zur Verbreitung der Ergebnisse.

6. Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

Das HighPV Projekt zeigte deutlich den großen Mehrwert einer intensiven Zusammenarbeit auf internationaler Ebene im Rahmen der IEA Forschungsk Kooperation. Die Herausforderungen der Integration einer hohen Dichte von PV in das existierende Stromversorgungssystem können durch intensiven Erfahrungsaustausch und die gemeinsame Untersuchung und Diskussion spezifischer Fragestellungen wesentlich effizienter gelöst werden, als durch isolierte Forschungsaktivitäten auf nationaler Ebene. Die im Rahmen des von Österreich koordinierten IEA-PVPS Task 14 gewonnenen Erkenntnisse fokussierten dabei insbesondere auf technische Lösungen zur verbesserten Integration von PV in das Stromversorgungssystem von der Ebene einzelner Gebäude bzw. Mikronetze über das Verteilnetz bis hin zum gesamten elektrischen Energiesystem.

Internationale Zusammenarbeit

Durch internationale Zusammenarbeit zwischen Task 14 ExpertInnen, Kooperation mit Netzbetreibern, Industrie (Herstellern) und anderen Stakeholdern konnte insbesondere die Verbreitung neuer Ansätze zur Netzintegration wesentlich gefördert werden. Die umfassenden Fallstudien, die durch Task 14 erarbeitet wurden bieten dabei eine weltweite Übersicht über Ansätze, Praktiken und Erfahrungen in unterschiedlichen Netzstrukturen, die Aspekte des Energiemanagements, der Netz-Interaktion und Durchdringung im lokalen Verteilnetz und zentrale PV Erzeugungsszenarien umfassen.

Aktiver Informationsaustausch mit lokalen Stakeholdern

Durch den aktiven Informationsaustausch mit lokalen Stakeholdern konnten durch die Präsentation erfolgreicher Best Practise Beispiele aus Task 14 Ländern kritische Vorbehalte gegenüber dem Einsatz neuer Methoden zur Netzintegration von PV abgebaut werden. Andererseits ermöglichten die Workshops den Task 14 ExpertInnen auch, die speziellen Aspekte des lokalen Stromversorgungssystems kennenzulernen, was wiederum für die weiterführenden Arbeiten einen wesentlichen Mehrwert mit sich brachte. Internationale Erfahrungen konnten damit in nationale Forschungsvorhaben eingebracht sowie Erkenntnisse aus nationalen Projekten auf internationaler ExpertInnenebene diskutiert werden.

Die positiven Rückmeldungen von VertreterInnen aus PV Industrie, Verbänden, Elektrizitätsversorgung und nicht zuletzt der Forschung bestätigen die Relevanz und den Wert einer koordinierten Zusammenarbeit im Themenbereich PV Netzintegration und insbesondere der speziellen Herausforderungen bei einer Hohen Dichte von PV. Dies wurde auch unterstrichen durch die Vielzahl an Einladungen an Vertreterinnen aus dem Task 14 ExpertInnenpool bei Fachkonferenzen über die internationalen Erfahrungen und

Lösungsansätze zur effektiven Integration einer hohen Dichte von PV in das Stromversorgungssystem zu berichten.

Ausblick und Empfehlungen – Weiterführung der Aktivitäten im Task 14

Die erfolgreiche, von AIT koordinierte Zusammenarbeit von ExpertInnen aus mehr als 14 Ländern im Rahmen von Task 14, die positive Rückmeldungen von VertreterInnen aus Industrie, Elektrizitätsversorgungsunternehmen und Forschung und nicht zuletzt die einstimmig beschlossene Fortführung des Task 14 bis 2018 unterstreichen deutlich die Sinnhaftigkeit und Notwendigkeit der Aktivitäten auf internationaler Ebene.

Dies wurde u.a. auch durch folgende Fakten untermauert:

- Seit dem Beginn wurde Task 14 nicht nur zu einer der zentralen Forschungsaktivitäten im Rahmen des IEA-PVPS Programm sondern auch zu einer weltweit anerkannten Plattform für die Zusammenarbeit von ExpertInnen im Themenbereich Netzintegration von PV und hoher Dichte.
- Die erfolgreiche Serie von „High Penetration Workshops“ mit in Summe mehr als 500 TeilnehmerInnen aus Industrie, Forschung und anderen Organisationen, zeigt die Notwendigkeit der Zusammenarbeit unterschiedlicher Stakeholder auf internationaler Ebene und den Wert des Austauschs von Erfahrungen und Best Practise.
- Neben den Ländern, die bereits von Beginn an am Task 14 beteiligt waren, haben sich in den letzten Jahren noch eine Reihe weiterer Länder (u.a. Belgien, Malaysia, Singapur, Thailand...) sowie wichtige Organisationen (Solar Power Europe, früher EPIA European Photovoltaic Industry Association) am Task 14 beteiligt bzw. stehen kurz vor der offiziellen Beteiligung und sehen Task 14 als wichtige Plattform für den Austausch von Expertise auf weltweiter Ebene.
- Der von Österreich koordinierte Task 14 ist derzeit die einzige unabhängige Initiative, die auf weltweiter Ebene sich mit der Thematik der Netzintegration von PV bei Hoher Dichte beschäftigt und damit ExpertInnen aus unterschiedlichsten Ländern zusammenbringt.

Auf Basis dieser Fakten wurde von ausgewählte ExpertInnen aus der Gruppe von Task 14 unter der Leitung von AIT ein Konzept für die Weiterführung der internationalen Zusammenarbeit entwickelt und auf dieser Basis ein umfassendes Arbeitsprogramm für den Zeitraum bis 2018 erstellt.

Wesentlich dabei war die Anpassung der Inhalte an die zukünftig zu erwartenden Entwicklungen im Bereich PV Netzintegration sowie die inhaltliche Erweiterung des Arbeitsprogramms um neue Themen wie z.B. die Einbindung von PV in Smart Grids, den Austausch von PV Netzdienstleistungen zwischen Verteil- und Übertragungsnetzebenen sowie regulatorische Rahmenbedingungen. Dieser Plan wurde im April 2014 dem IEA-PVPS Executive Committee vorgelegt und von diesem einstimmig angenommen. Mit dieser

Bestätigung durch das ExCo können nun die Arbeiten auf internationaler Ebene einerseits offiziell weitergeführt werden. Andererseits haben damit die nationalen ExpertInnen die Möglichkeit, auf Länderebene ihre Tätigkeiten fortzuführen.

Die österreichische Vertretung wurde dabei als Operating Agent einstimmig bestimmt, die Koordination fortzuführen, was nicht zuletzt ermöglicht, die führende internationale Position zu festigen.

7. Verzeichnisse

Task Website Österreich: <http://www.nachhaltigwirtschaften.at/iea/results.html/id8028>

Task Website IEA PVPS: <http://iea-pvps.org/index.php?id=58>

Workshop Website: <http://iea-pvps.org/index.php?id=153>

Folgende Publikationen und Beiträge zu Veranstaltungen sind aus den Aktivitäten im Rahmen der nationalen IEA-PVPS Task 14 Projektaktivität hervorgegangen:

- Mayr: Task 14 Posterpräsentation bei der European PVSEC/ WCPEC in Valencia, September 2010
- Mayr: Task 14 Posterpräsentation, 4th IRDER International Conference, Albuquerque, Dezember 2010
- Mayr: Task 14 Poster beim IEA PVPS Workshop im Rahmen der European PVSEC in Hamburg, September 2011
- Bründlinger/Mayr: Beitrag und Review - „Is the Grid Ready to Accept Large Scale PV Deployment? - State of the Art, Progress and Future Prospects“ Keynote plenary presentation by Task 14 expert Martin Braun, Germany at the European Photovoltaic Conference and Exhibition, Hamburg, September 2011. Eine ergänzte Fassung des Beitrags mit Beiträgen der Task 14 Experten aus Deutschland, den U.S.A., Japan, Österreich, Belgien und Italien wurde im Journal “Progress in Photovoltaics” im November 2011 veröffentlicht (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/pip.1204/abstract>).
- Mayr: Präsentation von Task 14 Operating Agent im Rahmen der 10. National Schweizer PV Konferenz, 23. März 2012: “Challenges and solutions of large-scale PV power integration”,
- Bründlinger, Vortrag beim IEA-ISGAN Workshop Smart Grids Week Bregenz 2012, 21. Mai 2012 “IEA PVPS Task 14 High penetration of PV in Electricity Grids”
- Mayr/Bründlinger: Beitrag und Review - “Technical and economical assessment of voltage control”, Journal Paper (T.Stetz, IWES), EU PVSEC Frankfurt, 27. September 2012 (Subtask 2)
- Bründlinger: Vortrag bei PV Asia Pacific Conference, Singapore, 25. Oktober 2012 “Preparing electricity grids for High-Penetration PV: An Overview of the latest developments in Europe”,
- Bründlinger, Vortrag beim IEA-PVPS Workshop Hangzhou, China, 6. November 2012 “IEA PVPS Task 14 High penetration of PV in Electricity Grids”
- Bründlinger, Vortrag: IEEE PES General Meeting 2013, Vancouver, Canada; 21.07.2013 - 25.07.2013: “*Distribution Grid Codes and the Integration of Smart PV Inverters in Europe*”
- Mayr, Vortrag im Rahmen des IRENA Workshop “PV a major electricity source”, September 2013 “Challenges and Solutions of Large-scale PV Power Integration”
- Mayr: Vortrag Österreichische PV Tagung St.Pölten, November 2013. “IEA PVPS Task 14 - Hohe Verbreitung von PV im Stromnetz”
- Bründlinger Vortrag: International Workshop on PV and the Electricity Grid, Sydney, Australien; 26.11.2013; “*Smart Inverter Technology for High PV Penetration*”
- Bründlinger/Mayr: Review und Publikation von Report IEA-PVPS T14-01: 2013, October 2013 “Photovoltaic and Solar Forecasting: State of the Art”

- Bründlinger Vortrag: PV Distribution System Modeling Workshop, Santa Clara, CA, USA (eingeladen); 06.05.2014; in: "*PV Distribution System Modeling Workshop*", (2014). "*European codes & guidelines for the application of advanced grid support functions of inverters*"
- Bründlinger Vortrag: PV Distribution System Modeling Workshop, Santa Clara, CA, USA (eingeladen); 06.05.2014; in: "*PV Distribution System Modeling Workshop*", (2014). "*The IEA PVPS Task 14 High penetration PV in Electricity Grids*"
- Bründlinger Vortrag: EPRI Webcast Series Addressing Interconnection Standards, (eingeladen); 24.06.2014; in: "*EPRI Webcast Series Addressing Interconnection Standards*", (2014). "*Update on Grid Codes in Europe*";

Insgesamt ist eine Vielzahl weiterer Publikationen aus den Arbeiten der internationalen Experten im Rahmen von IEA-PVPS Task 14 hervorgegangen. Eine auszugsweise Darstellung dieser Verbreitungsmaßnahmen ist hier abgeführt:

- „Solarstrahlungsprognosen für verbesserte PV-Integration“ Vortrag, Jan Remund, Meteotest, 9. Österreichische Photovoltaik Fachtagung, 20. - 21. Oktober 2011 Wien
- “IEA PVPS Task 14 – high penetration of PV systems in electricity grids” Vortrag, Iain MacGill, UNSW, Solar 2011 Conference, APVA Stream, Sydney, December 2011
- “The use of solar forecast for PV integration”, Paper (J.Remund, METEOTEST), EU PVSEC Frankfurt, 27. September 2012 (Subtask 1)
- “Flexibility of Japan’s Power system to accommodate PV penetration in 2030” Konferenzbeitrag (K.Ogimoto, UniTokio), PVSEC Frankfurt, 27. September 2012 (Subtask 3)
- “High penetration of PV in grids: first results from IEA PVPS task14”, Vortrag L. Perret, Planair, Swiss IEEE PES Workshop, 23. Oktober 2012
- “Competing in the Energy Sector - On the Road to Large Scale PV Grid Integration” Vortrag, M. Reking, I. T. Theologitis, G. Masson (EPIA, Belgium), P. Kreutzkamp, K. De Brabandere, M. Croufer (3E, Belgium) Solar Integration Workshop 12-13 November 2012, Lisbon
- “Local Voltage Control Strategies for PV Storage Systems in Distribution Grids”, Paper, T. STETZ, Fraunhofer IWES, 2014 IEEE PES General Meeting, Washington D.C., July 27, 2014
- “Mehr Solarstrom im Verteilnetz: Sieben Alternativen zum Netzausbau“, Vortrag, Christof Bucher, Basler & Hofmann AG, Zürich, Nationale PV Tagung Schweiz, 10.-11. April 2014, Lausanne
- “How to match DSOs needs and PV capabilities?” Vortrag: T. Stetz, Fraunhofer IWES, Sustainable Energy Week, 24 June 2014, Brussels
- „High Penetration PV in Power Systems Outcome of the IEA-PVPS Task 14’s Subtask 3“, K. Ogimoto, K. Washihara, I. MacGill, B. Mather, T. Stetz, C. Mayr, R. Bründlinger, A. Iaria, E. Gaglioti, M. Reking, K. de Brabandere, S. Tselepis, J. Remund, C. Bucher, K. Frederiksen, Y. Wang, B. Kulwaree, EU PVSEC 2014, Amsterdam, September 2014
- „High Penetration PV in Local Distribution Grids - Outcomes of the IEA PVPS Task 14 Subtask 2“, T. Stetz, M. Kraiczy, K. Diwold, M. Braun, B. Bletterie, C. Mayr, R. Bründlinger, B. Noone, A. Bruce, I. MacGill, B. Mather, K. Ogimoto, K. Washihara, Y. Ueda, A. Iaria, A. Gatti, D. Cirio, M. Reking, I.T. Theologitis, K. de Brabandere, S. Tselepis, C. Bucher, Y. Wang, Keynote Presentation at EU PVSEC 2014, Amsterdam, September 2014