

# IEA PVPS Task 14: Hohe Dichte von Photovoltaik in elektrischen Netzen

Arbeitsperiode 2016 - 2018

C. Mayr

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

**35/2019**

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

### **Impressum**

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

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

Auszugsweise Abdruck ist nur mit Quellenangabe gestattet. Es wird darauf verwiesen, dass alle Angaben in dieser Publikation trotz sorgfältiger Bearbeitung ohne Gewähr erfolgen und eine Haftung der Republik Österreich und der Autorin/des Autors ausgeschlossen ist. Nutzungsbestimmungen:  
<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/impressum/>

# IEA PVPS Task 14: Hohe Dichte von Photovoltaik in elektrischen Netzen

Arbeitsperiode 2016 - 2018

Christoph Mayr, Roland Bründlinger, Benoit Bletterie,  
Antony Zegers, Thomas Strasser, Irmgard Herold  
AIT Austrian Institute of Technology GmbH

Wien, Jänner 2019

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



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](http://www.nachhaltigwirtschaften.at) gewährleistet wird.

DI Michael Paula

Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien

Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie



# Inhaltsverzeichnis

|                                                                                                                                                 |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Kurzfassung .....                                                                                                                               | 4  |
| Abstract .....                                                                                                                                  | 5  |
| 1 Einleitung.....                                                                                                                               | 6  |
| 2 Hintergrundinformation zum Projektinhalt .....                                                                                                | 8  |
| 2.1 Einbettung des Task 14 im IEA-PVPS TCP .....                                                                                                | 8  |
| 2.2 Ziele .....                                                                                                                                 | 10 |
| 2.3 Methodik .....                                                                                                                              | 11 |
| 3 Ergebnisse des Projektes .....                                                                                                                | 14 |
| 3.1 Erfolgreiche Leitung der internationalen Kooperation im Rahmen der Rolle Österreichs als<br>Operating Agent .....                           | 14 |
| 3.2 Verbesserung der Netzintegration von Photovoltaik bei hoher Dichte auf den<br>unterschiedlichen Ebenen des elektrischen Energiesystems..... | 16 |
| 3.3 Optimierte Rahmenbedingungen und Nutzung intelligenter Leistungsumrichter für HD-PV<br>19                                                   |    |
| 3.4 Integration der Photovoltaik in Smart Grid Konzepte.....                                                                                    | 22 |
| 4 Vernetzung und Ergebnistransfer .....                                                                                                         | 25 |
| 5 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen.....                                                                                            | 27 |
| 6 Verzeichnisse .....                                                                                                                           | 29 |
| 6.1 Literaturverzeichnis .....                                                                                                                  | 29 |
| 6.1.1 Websites .....                                                                                                                            | 29 |
| 6.1.2 Task 14 Berichte im Projektzeitraum (Arbeitsperiode 2014 bis 2018) .....                                                                  | 29 |
| 6.1.3 Vorträge, Präsentationen, Publikationen (Arbeitsperiode 2014 bis 2018) .....                                                              | 30 |
| 6.2 Abbildungsverzeichnis .....                                                                                                                 | 34 |
| 6.3 Tabellenverzeichnis .....                                                                                                                   | 34 |
| 6.4 Abkürzungsverzeichnis .....                                                                                                                 | 35 |
| 7 Anhang.....                                                                                                                                   | 36 |
| 7.1 Task 14 Flyer .....                                                                                                                         | 36 |
| 7.2 Task 14 Poster .....                                                                                                                        | 37 |

## Kurzfassung

Der von Österreich als Operating Agent geleitete IEA PVPS Task 14 „Hohe Dichte von Photovoltaik (PV) in elektrischen Netzen“ (High Penetration PV in Electricity Grids) analysiert die Durchdringung von Photovoltaik-Erzeugungsanlagen in den elektrischen Netzen und erarbeitet Szenarien, um Anforderungen und technische Rahmenbedingungen zur optimalen Netzintegration abzuleiten. Zentrales Ziel der internationalen Zusammenarbeit ist es, die Verwendung von netzgekoppelter Photovoltaik als wichtige, erneuerbare Energiequelle zu fördern und eine hohe Durchdringungsrate durch Optimierung der Integration verteilter Erzeuger in das Stromversorgungssystem zu ermöglichen.

IEA-PVPS Task 14 wurde 2010 unter federführender Beteiligung Österreichs gestartet, wobei ExpertInnen des AIT Austrian Institute of Technology von Beginn als Operating Agents (OA) die leitende Rolle übernahmen. Unter der Verantwortung Österreichs konnte sich der IEA-PVPS Task 14, unterstützt durch das Projekt HD-PV als globales Forum für den Austausch von Erfahrungen zur nachhaltigen Integration der Photovoltaik in das Stromversorgungssystem etablieren. Diese Rolle wird unter anderem durch folgende Ziele, die im Rahmen der Koordination Österreichs erreicht wurden untermauert:

- Umfassende Berichte über aktuelle Erfahrungen mit hoher Dichte an PV in elektrischen Verteilnetzen in unterschiedlichen Regionen sowie die Analyse von Auswirkungen von PV Stromerzeugung im Gesamtstromnetz.
- Gemeinsame Fachpublikationen, Keynote Vorträge und eigene IEA-PVPS Task 14 Sessions auf internationalen Konferenzen und in wissenschaftlichen Journals. Technische Studien zur Netzintegration einer hohen Dichte von Photovoltaik und speziellen Aspekten, wie z.B. Prognosemodellen und dem Zusammenspiel mit anderen erneuerbaren Energien, insbesondere Wind.
- Erfolgreiche Organisation und Durchführung von mehr als 15 „High Penetration PV Workshops“ mit internationalen ExpertInnen, Netzbetreibern und Komponentenherstellern an zentralen Orten weltweit.

Entsprechend der inhaltlichen Schwerpunkte der nationalen Zielvorgaben konnten damit umfassende Vorteile für die nationale Forschung und Entwicklungstätigkeiten geschaffen werden:

- Ausbau der Positionierung der österreichischen Forschungskompetenz und Generierung von Erkenntnissen im Bereich Photovoltaik-Netzintegration.
- Direkter Zugang zu aktuellen Ergebnissen und Erfahrungen führender internationaler Forschungseinrichtungen
- Know-how-Transfer nach Österreich und Einbringen der Erkenntnisse in die laufenden und geplanten Projektvorhaben in Österreich bzw. in die zukünftige strategische Entwicklung des Themas.

Durch die leitende Rolle als Operating Agent konnte sich Österreich nicht nur als zentraler Kompetenzträger in einem internationalen Netzwerk von ExpertInnen aus unterschiedlichen Institutionen positionieren, sondern durch die in diesem Rahmen gewonnenen Erkenntnisse in die laufenden Forschungsvorhaben integrieren und seinen Technologievorsprung auf dem Gebiet der Integration von Erneuerbaren Energien sichern und nachhaltig ausbauen.

## Abstract

The IEA PVPS Task 14 (High Penetration PV in Electricity Grids), led by Austria as Operating Agent, analyses the penetration of photovoltaic generation plants in electric grids and develops scenarios to derive requirements and technical framework conditions for optimal grid integration. The central goal of the international cooperation is to promote the use of grid-connected photovoltaics as an important, renewable energy source and to enable a high penetration rate by optimizing the integration of distributed generators into the power supply system.

IEA-PVPS Task 14 was launched in 2010 with Austria in the lead, with experts from the AIT Austrian Institute of Technology taking the lead role as Operating Agents (OA) from the outset. Under the responsibility of Austria, the IEA-PVPS Task 14, supported by the HD-PV project, was able to establish itself as a global forum for the exchange of experiences on the sustainable integration of photovoltaics into the power supply system. This role is underpinned by the following objectives, among others, which were achieved within the framework of the Austrian coordination:

- Comprehensive reports on current experiences with high density PV in electrical distribution grids in different regions as well as the analysis of impacts of PV power generation in the overall power grid.
- Joint publications, keynote speeches and own IEA-PVPS Task 14 sessions at international conferences and in scientific journals. Technical studies on grid integration of a high density of photovoltaics and special aspects, such as forecasting models and the interaction with other renewable energies, especially wind.
- Successful organization and execution of more than 15 "High Penetration PV Workshops" with international experts, grid operators and component manufacturers at central locations worldwide.

According to the focus of the national targets, comprehensive advantages for the national research and development activities could be created:

- Expansion of the positioning of Austrian research competence and generation of knowledge in the field of photovoltaic grid integration.
- Direct access to current results and experiences of leading international research institutions
- Transfer of know-how to Austria and integration of the findings into current and planned project projects in Austria or into the future strategic development of the topic.

Through its leading role as an operating agent, Austria has not only been able to position itself as a leading competence center in an international network of experts from various institutions but has also been able to secure and sustainably expand its technological lead in the field of the integration of renewable energies through the direct integration of the findings gained within the framework of current research projects.

# 1 Einleitung

Durch den stetig wachsenden Anteil von Photovoltaik (PV) in den Stromnetzen wird das Verständnis für die wesentlichen technischen Herausforderungen der hohen Netzdurchdringung mit PV von immer größerer Bedeutung für die reibungslose Einführung der PV. Zu den Kernfragen zählt der fluktuierende Charakter der Stromerzeugung aus PV, ihre Anbindung ans Netz und ihre Anpassung an Netze, die nicht für die Einspeisung verteilter Erzeugungsanlagen konzipiert wurden. Die Integrität des Versorgungsnetzes, die Energieversorgungsqualität und -verlässlichkeit sowie Sicherheitsaspekte sind hier wichtige Themen.

Photovoltaiksysteme haben als dezentrale Energieerzeugungsanlagen besondere Merkmale, welche beim Anschluss an und beim Betrieb im elektrischen Netz berücksichtigt werden müssen.

Ziel der IEA PVPS Task 14 Aktivitäten ist die Stärkung der internationalen Zusammenarbeit um die Netzintegration einer großen Anzahl an Photovoltaikanlagen in elektrische Netze zu integrieren. Weiters soll der Abbau technischer Barrieren um eine hohe Durchdringung von Photovoltaik im Energieversorgungssystem erreicht werden.

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

Der von Österreich als Operating Agent geleitete IEA PVPS Task 14 „High Penetration PV in Electricity Grids“ analysiert im speziellen die Durchdringung von Photovoltaik-Erzeugungsanlagen in den elektrischen Netzen und erarbeitet Szenarien, um Anforderungen und technische Rahmenbedingungen zur optimalen Netzintegration abzuleiten. Ziel ist es, die Verwendung von netzgekoppelter Photovoltaik als wichtige, erneuerbare Energiequelle zu fördern und eine hohe Durchdringungsrate durch Optimierung der Integration verteilter Erzeuger zu ermöglichen.

Durch die Mitwirkung in der IEA-Forschungskooperation und den IEA-PVPS TCP ist Österreich in die internationalen Entwicklungen involviert und erfährt früh von neuen Trends und Entwicklungen. Neue Forschungsbereiche bzw. -themen können so früh erkannt und entwickelt werden.

Die österreichische Leitung des IEA-PVPS Task 14 ermöglicht darüber hinaus die maßgebliche Mitgestaltung der nationalen Forschungsaktivitäten durch verstärktes Initiieren und Umsetzen von innovativen Projekten unter österreichischer Leitung entsprechend der Schwerpunkte des BMVIT sowie die Überleitung von IEA Energieforschungsergebnissen in die nationale Normung und Standardisierung.

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 ExpertInnen im Themenbereich Netzintegration von PV und hoher Dichte etabliert. Der Erfolg der von Task 14 organisierten „High Penetration PV und Utility Workshops“, die in einer Vielzahl von Ländern weltweit lokale ExpertInnen mit der Task 14 Arbeitsgruppe zusammenbrachten zeigt die Notwendigkeit der Zusammenarbeit unterschiedlicher Stakeholder auf internationaler Ebene und den hohen Wert des koordinierten Austauschs von Erfahrungen und Best Practise.

Das HD-PV Projekt stellt eine Fortführung der Aktivitäten der Projekte HiPe-PV<sup>1</sup> und High-PV<sup>2</sup> dar, im Rahmen derer die Beteiligung Österreichs im IEA-PVPS Task 14 in der Arbeitsperiode 2010-2014 unterstützt wurde.

Der hauptsächliche Nutzen der Zusammenarbeit im Rahmen des IEA-PVPS Task 14 und der Fortschritt über den Stand der Technik hinaus ist der einzigartige Ansatz, erprobte Methoden und Erfahrungen über erfolgreiche Netzintegration von Photovoltaik auf internationalem Niveau zu sammeln, analysieren und zu kombinieren. Die Synergie der Forschungsergebnisse soll eine solide Basis zur Standardisierung von PV-Netzintegration bilden.

Entsprechend der strategischen Positionierung und der Forschungsschwerpunkte in Österreich lag und liegt der nationale Fokus auf neuen Ansätzen für die Planung und den Betrieb von elektrischen Verteilnetzen mit einem hohen Anteil von Photovoltaik. Mit diesem Schwerpunkt konnte sich Österreich in den letzten Jahren auf europäischer (z.B. SET Plan Aktivitäten, EERA - European Energy Research Alliance, etc.), wie auch auf internationaler Ebene (IEA-ISGAN und IEA-PVPS) ausgezeichnet positionieren.

Der vorliegende Bericht gliedert sich wie folgt:

- Kapitel 2 präsentiert die Struktur und die Inhalte des IEA Photovoltaik Programms im Allgemeinen und von Task 14 im Speziellen. Dabei werden unter anderem die konkreten Ziele des Vorhabens und die methodische Vorgehensweise im Projekt erläutert.
- Kapitel 3 stellt die wesentlichen Ergebnisse vor und fasst die Tätigkeiten im Rahmen der Operating Agent Rolle Österreichs zusammen.
- Einen weiteren zentralen Teil der Ergebnisse, die internationale und nationale Vernetzung sowie Verbreitungsaktivitäten, präsentiert Kapitel 4.
- Schlussfolgerungen zum Projekt sind im Kapitel 5 zu finden.
- Informationen zu weiterführenden Berichten und Publikationen sind in Kapitel 6 aufgelistet.

---

<sup>1</sup> High-Penetration of PV Systems in Electricity Grids

European Contribution to the New Task in the Photovoltaic Power Systems Programme of the International Energy Agency, FFG Nr. 827762

<sup>2</sup> HIGH PV – IEA PVPS Task 14: Hohe Photovoltaik-Durchdringung in Elektrischen Netzen, FFG Projekt 839572

## 2 Hintergrundinformation zum Projektinhalt

### 2.1 Einbettung des Task 14 im IEA-PVPS TCP

Das IEA Photovoltaic Power Systems (IEA-PVPS) 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 sich schnell entwickelnden Markt erfordert verfügbare und belastbare Daten zur Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit von PV-Anlagen, Auslegungsrichtlinien, Planungsmethoden, Finanzierung, etc.<sup>3</sup>

Das PVPS Programm fördert Aktivitäten,

- die die Kosten von Photovoltaik Anwendungen senken;
- den Wert und die Rolle der PV für Entscheidungsträger deutlicher sichtbar machen;
- die Hindernisse für die weiterreichende Anwendung abbauen; und
- zur Stärkung der Kooperation zwischen OECD Ländern und anderen Ländern in technischen und nichttechnischen PV Themen.

Photovoltaiksysteme haben als dezentrale Energieerzeugungsanlagen besondere Merkmale, welche beim Anschluss an und beim Betrieb im elektrischen Netz berücksichtigt werden müssen. Dies betrifft insbesondere die typischen Eigenschaften von Photovoltaikanlagen, wie z.B. die hohe Anzahl der Anlagen mit kleiner Leistung, die Installation in Verbindung mit Kunden- bzw. Verbrauchsanlagen sowie die dezentrale Installationsdichte.

Die von Österreich initiierten und seit Beginn koordinierten IEA PVPS Task 14<sup>4</sup> Aktivitäten umfassten dabei den Aufbau einer Plattform für die internationale Zusammenarbeit zur erleichterten Integration 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.

Im Rahmen dieser internationalen Forschungskooperation ermöglicht der IEA-PVPS Task 14 einen intensiven und kontinuierlichen Austausch zwischen Forschung, Industrie, Mitgliedsstaaten allen weiteren involvierten Stakeholdern.

Der wesentliche Nutzen dieser Aktivität ist der einzigartige Ansatz erprobte Methoden und Erfahrungen über erfolgreiche Netzintegration von einer großen Anzahl von installierter Photovoltaik

---

<sup>3</sup> The IEA Photovoltaic Power Systems Programme (PVPS) is one of the collaborative R&D Agreements established within the IEA and, since its establishment in 1993, the PVPS participants have been conducting a variety of joint projects in the application of photovoltaic conversion of solar energy into electricity. The 32 PVPS members are: Australia, Austria, Belgium, Canada, Chile, China, Denmark, SolarPower Europe, European Union, Finland, France, Germany, International Copper Association, Israel, Italy, Japan, Korea, Malaysia, Mexico, Morocco, the Netherlands, Norway, Portugal, the Solar Energy Industries Association (SEIA), the Smart Electric Power Alliance (SEPA), South Africa, Spain, Sweden, Switzerland, Thailand, Turkey, United States.

<sup>4</sup> High Penetration PV in Electricity Grids „Hohe Dichte von PV in Stromversorgungsnetzen“

auf internationalem Niveau zu sammeln, analysieren und zu kombinieren. Die Synergie der Forschungsergebnisse bildet damit eine solide Basis zur Standardisierung von PV-Netzintegration.

Österreich hat sich von Beginn an federführend und erfolgreich als Schlüsselpartner im IEA-PVPS Programm positioniert und leitet seit 2010 als Operating Agent den Task 14.

Zum Stand Herbst 2018 waren folgende Länder bzw. Vertreter der Labors offiziell am IEA-PVPS Task 14 beteiligt:

**Tabelle 1 Am IEA-PVPS Task 14 teilnehmende Länder und Institutionen im Projektzeitraum**

| Land                       | Partner                              | Art der Institution |
|----------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| <b>Australia</b>           | University of NSW                    | Universität         |
| <b>Australia</b>           | CSIRO                                | Forschungsinstitut  |
| <b>Austria</b>             | Austrian Institute of Technology     | Forschungsinstitut  |
| <b>Belgium</b>             | KU Leuven                            | Universität         |
| <b>Canada</b>              | Canadian Solar Industry Association  | Verband             |
| <b>China</b>               | Chinese Academy of Sciences          | Forschungsinstitut  |
| <b>Denmark</b>             | Kenergy                              | Industrie           |
| <b>European Commission</b> | JRC                                  | Forschungsinstitut  |
| <b>SolarPowerEurope</b>    | SolarPowerEurope                     | Verband             |
| <b>Germany</b>             | Fraunhofer IWES                      | Forschungsinstitut  |
| <b>Germany</b>             | Hochschule Ulm                       | Universität         |
| <b>Italy</b>               | ENEA-Portici Research Centre         | Forschungsinstitut  |
| <b>Italy</b>               | RSE                                  | Forschungsinstitut  |
| <b>Japan</b>               | NEDO                                 | Agentur             |
| <b>Japan</b>               | University of Tokyo                  | Universität         |
| <b>Japan</b>               | AIST                                 | Agentur             |
| <b>Malaysia</b>            | SEDA                                 | Verband             |
| <b>Portugal</b>            | EDP - Energias de Portugal           | Industrie           |
| <b>Singapur</b>            | SERIS                                | Forschungsinstitut  |
| <b>Spain</b>               | Universidad La Laguna                | Universität         |
| <b>Switzerland</b>         | Planair                              | Agentur             |
| <b>Switzerland</b>         | Basler Hofmann                       | Forschungsinstitut  |
| <b>U.S.A.</b>              | National Renewable Energy Laboratory | Forschungsinstitut  |
| <b>U.S.A.</b>              | EPRI                                 | Forschungsinstitut  |

Zusätzlich haben noch folgende weitere Länder Interesse bekundet, sich am Task 14 zu beteiligen:

- Singapur SERIS
- Korea KERI
- Thailand

Zentrale Aufgaben Österreichs als Operating Agent waren nicht nur das Management und die inhaltliche Koordination der internationalen Zusammenarbeit. Auch die offizielle Vertretung des ExpertInnenteams gegenüber dem IEA-PVPS Exekutivkomitee (ExCo Entscheidungsgremium), die Teilnahme an den halbjährlichen Treffen sowie die Koordination der Verbreitungsaktivitäten waren essentieller Bestandteil der Tätigkeiten Österreichs, die im Rahmen des Projekts unterstützt wurden.

## 2.2 Ziele

Mission von 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.

AIT als österreichischer Vertreter koordiniert hier das gesamte Projekt und zeichnet sich auch für das Thema „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.

Wesentliches Ziel der österreichischen Beteiligung am IEA-PVPS Task 14 ist die Diskussion des Themas Integration dezentraler Energieerzeugungsressourcen und im speziellen einer hohen Anzahl von Photovoltaikanlagen, um mittels solarer Vorhersagemodelle, lokaler Netzmanagementmethoden, Automatisierungs- und Kommunikationsmethoden, Zusatzdienstleistungen von PV-Wechselrichtern und neuartigen Planungs- und Betriebsmethoden eine möglichst hohe Dichte an erneuerbarer dezentraler Erzeugung in die bestehende Netzinfrastruktur integrieren zu können.

Das österreichische Teilvorhaben adressierte diese Themen entsprechend der inhaltlichen Schwerpunkte der nationalen Zielvorgaben.

## 2.3 Methodik

Inhaltlich waren die Arbeiten im IEA-PVPS Task 14 in der offiziellen Phase 2 (Arbeitsperiode 2014-2018), die sich auch mit der Laufzeit des vorliegenden Projekts deckt, in folgenden technischen Subtasks organisiert:

- **Subtask 1: Energiemanagement mit hoher Dichte von PV („Energy management with high PV penetration“)**

Leitung: PLANAIR, Schweiz

Ziel dieses Subtasks ist es zu zeigen und nachzuweisen, dass mit Hilfe eines optimierten, lokalen Energiemanagements 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).

- Identifikation von technischen Lösungen zur Optimierung des Energiemanagements mit einer hohen Dichte von PV in Wohngebäuden, Industrieumgebungen und im Rahmen von virtuellen Kraftwerken.
- Optimierte Nutzung von flexiblen Ressourcen für den Netzbetrieb mit variabler Erzeugung aus PV und anderen Erneuerbaren

- **Subtask 2: Hohe Dichte von PV in lokalen Verteilnetzen („High penetration PV in local distribution grids“)**

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.

- Untersuchung von innovativen Ansätzen zur Klassifizierung von Verteilnetzen in Bezug auf ihre Aufnahmefähigkeit für eine hohe Dichte von PV
- Entwicklung neuer Ansätze für die Netzplanung und den Netzbetrieb mit einer hohen Dichte von PV
- Diskussion zukunftsweisender Konzepte für die verbesserte Zusammenarbeit zwischen Verteil- und Übertragungsnetz

- **Subtask 3: Lösungen für hohen PV Anteil auf Gesamtsystemebene („High penetration solutions for central PV generation scenarios“)**

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 Leistungsumrichter für PV („Smart Power Converters for high-penetration PV and Smart Grids“)**

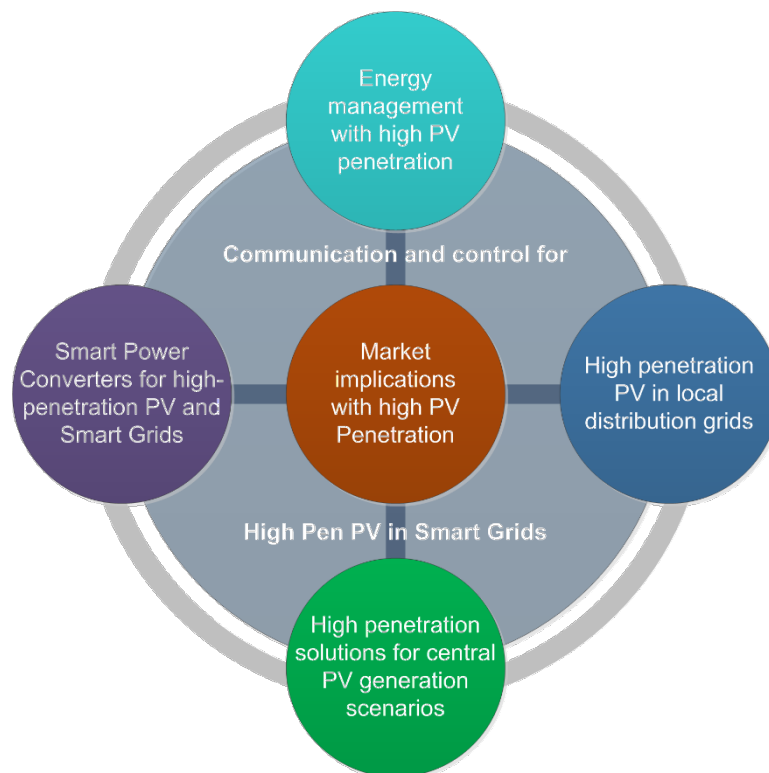
Leitung: AIT, Österreich

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. Besondere Anwendung finden dazu Simulationsmodelle zur optimalen Berücksichtigung und Nutzung der Möglichkeiten intelligenter Leistungsumrichter.

- **Subtask 5: Automatisierungs- und kommunikationstechnische Integration von PV Systemen in Smart Grids („Communication and control for High Pen PV“)**

Leitung: HS Ulm, Deutschland

Analyse und Bewertung der Automatisierungs- und Kommunikationstechnischen Integration von PV Systemen in Smart Grids, die damit verbundenen Anforderungen sowie der dazu notwendigen Methoden und technischen Möglichkeiten



**Abbildung 1: Struktur des Arbeitsplanes und Organisation des IEA-PVPS Task 14**

Zur verwendeten Methodik zählen einerseits Workshops, Arbeitsmeetings zu spezifischen Problemstellungen, technische Fallstudien, Zusammenstellungen von Berichten und ExpertInnengremien. Entwickelt werden u.a. solare Vorhersagemodelle, lokale

Netzmanagementmethoden, Zusatzdienstleistungen von PV-Wechselrichtern und neuartige Planungs- und Betriebsmethoden, auf Basis bestehender Netz-Infrastruktur, um eine möglichst hohe Dichte an erneuerbarer dezentraler Erzeugung zu erreichen.

Für die Verbreitung der Ergebnisse auf nationaler Ebene und die Einbindung der Erkenntnisse und Erfahrungen aus dem internationalen Erfahrungsaustausch wurde für den IEA-PVPS Task 14 folgender Ansatz gewählt:

- Aufbereitung der österreichischen Erfahrungen und Projekte im Bereich Photovoltaik, Netzintegration von dezentralen erneuerbaren Energiequellen, multifunktionale Wechselrichter und Smart Grid Netzmanagement hinsichtlich der Anforderungen aus IEA PVPS Task 14, sowie Diskussion der Erkenntnisse und Erfahrungen mit internationalen ExpertInnen innerhalb des Tasks (Know-how-Transfer)
- Evaluierung und Diskussion der Beiträge der ExpertInnen aus den teilnehmenden Ländern (Fallstudien), Ableitung von Empfehlungen und „Best Practices“ für erfolgreiche Implementierung von hohen Anschlussdichten von PV in elektrischen Netzen.
- Einbringen der Erkenntnisse in die laufenden und geplanten Projektvorhaben in Österreich (über entsprechende nationale Veranstaltungen wie z.B. IEA Netzwerktreffen) bzw. durch die Beteiligung des AIT an einer Vielzahl österreichischer Forschungs- und Demonstrationsprojekte
- Direkter bilateraler Austausch mit österreichischen Netzbetreibern, Verbänden (insbesondere PV Austria), der österreichischen Technologieplattform Photovoltaik (TPPV), Industrie, Komponentenherstellern, Standardisierungsgremien um internationale Trends und Entwicklungen zeitnah zu kommunizieren.

### 3 Ergebnisse des Projektes

Die Darstellung der Ergebnisse erfolgt entlang der zentralen Ziele des nationalen Teilvorhabens sowie der Ziele und Aufgabenstellung des Arbeitsprogramms auf internationaler Ebene wie folgt:

1. Erfolgreiche Leitung der internationalen Kooperation im Rahmen der Rolle Österreichs als Operating Agent
2. Verbesserung der Netzintegration von Photovoltaik bei hoher Dichte auf den unterschiedlichen Ebenen des elektrischen Energiesystems
3. Optimierte Rahmenbedingungen und Nutzung intelligenter Leistungsumrichter für HD-PV
4. Integration der Photovoltaik in Smart Grid Konzepte

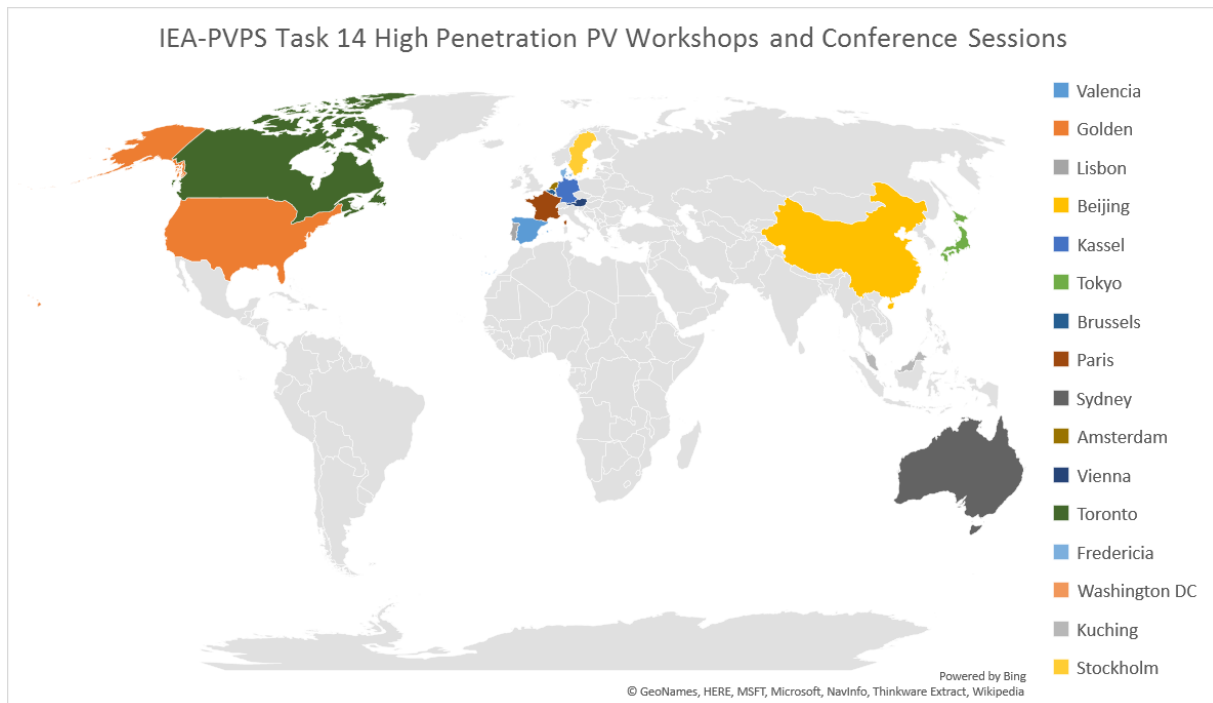
Die Beiträge des österreichischen Teilvorhabens umfassten dabei die Lieferung von Beiträgen zu den im Rahmen der Kooperation erstellten Berichten, die Aufbereitung der Ergebnisse nationaler Forschungsprojekte für die Task 14 Untersuchungen. Dabei wurden insbesondere die Themen Netzintegration von Photovoltaik auf lokaler Verteilnetzebene, Möglichkeiten zur Erhöhung der Aufnahmekapazität, Netzdienstleistungen vom Verteilernetzbetreibern für Übertragungsnetzbetreiber sowie die Veränderungen der Rolle der Photovoltaik von der passiven Quelle zum Anbieter von Nebendienstleistungen, die auch in nationalen Projekten schwerpunktmäßig behandelt werden, adressiert.

#### 3.1 Erfolgreiche Leitung der internationalen Kooperation im Rahmen der Rolle Österreichs als Operating Agent

Im Projektzeitraum konnte sich der IEA-PVPS Task 14 nicht nur als zentrale Forschungsaktivität im Rahmen des IEA-PVPS Programms, sondern auch als anerkannte Plattform für die Zusammenarbeit von ExpertInnen rund um die Integration von PV in das Stromversorgungssystem etablieren.

Als Indikator für die erfolgreiche Koordination des internationalen Teams von ExpertInnen kann dabei die erfolgreiche Umsetzung des geplanten Arbeitsprogramms sowie das nachhaltige Engagement der Gruppe von ExpertInnen im Task angesehen werden. Mit bis dato 11 veröffentlichten Reports und einer Vielzahl gemeinsamer Publikationen zählt der Task 14 im PVPS Programm zu den umfangreichsten und produktivsten Aktivitäten.

In Bezug auf die internationale Sichtbarkeit und Verbreitung der Ergebnisse zeigt sich der Erfolg auch in den vom Operating Agent in Zusammenarbeit mit lokalen ExpertInnen und Stakeholdern organisierten „High Penetration PV und Utility Workshops“ und Konferenzsessions. Diese von Task 14 initiierte Serie, die bereits 2010 gestartet wurde, brachte bis 2018 in 16 Workshops und Konferenzsessions in 12 Ländern weltweit annähernd 1000 Teilnehmer mit den ExpertInnen der Task 14 Arbeitsgruppe zusammen und ermöglichte den direkten Austausch von Erfahrungen und aktuellen Erkenntnissen.



**Abbildung 2 Übersicht über die im Rahmen des IEA-PVPS Task 14 organisierten Workshops und Konferenzsessions**

Das große Interesse der TeilnehmerInnen und die Vielzahl der Aktivitäten zeigt die Notwendigkeit der Zusammenarbeit unterschiedlicher Stakeholder auf internationaler Ebene und den Stellenwert des koordinierten Austauschs von Erfahrungen und Best Practises.

Neben dieser Vernetzung mit den direkten Zielgruppen auf lokaler Ebene arbeitet Task 14 auch intensiv mit ExpertInnen und Teams im Rahmen der IEA Forschungsk Kooperation zusammen. Im Rahmen des Projekts umfasste dies insbesondere die Zusammenarbeit mit dem Task 46 des IEA-SHC Implementing Agreements zum Thema Solare Ressourcen, die für die Vorhersage von Photovoltaik-Leistungsprofilen und die zu erwartenden Netzbelastung durch PV zentral ist. Seit 2016 erfolgt auch ein intensiver Austausch mit dem Task 25 („Design and Operation of Power Systems with Large Amounts of Wind Power“) des IEA-WIND Programms, der sich mit der Netzintegration von Windanlagen beschäftigt. Im Rahmen dieser Zusammenarbeit wurde 2017-2018 auch ein gemeinsamer Bericht zu Praxisempfehlungen für die Durchführung von Wind und Photovoltaik-Netzintegrationsstudien erstellt, der als Kooperation des IEA-WIND mit dem IEA-PVPS Programm im Februar 2019 veröffentlicht wird.

Als Operating Agent zeichnete sich Österreich im Rahmen des Projekts dabei für die Gesamtkoordination und die effektive Verbreitung der Ergebnisse und Erfahrungen aus dem Task 14 ExpertInnenteam verantwortlich.

### **3.2 Verbesserung der Netzintegration von Photovoltaik bei hoher Dichte auf den unterschiedlichen Ebenen des elektrischen Energiesystems**

Der massive Anstieg der PV-Erzeugung in den unterschiedlichen Ebenen des Stromversorgungssystems bringt fundamentale und vielschichtige Herausforderungen für den Betrieb von Übertragungs- und Verteilungssystemen mit sich.

Die ExpertInnen im IEA-PVPS Task 14 adressierten im Rahmen des vorliegenden Projekts im Speziellen folgende Aspekte der Netzintegration von Photovoltaik:

- Netzdienliches Energiemanagement mit einer hohen Dichte von PV in unterschiedlichen Umgebungen (Wohngebäuden, Gewerbe, Industrie)
- Entwicklung neuer Ansätze für die Netzplanung und den Netzbetrieb mit einer hohen PV-Dichte in den Verteilnetzen
- Diskussion zukunftsweisender Konzepte für die verbesserte Zusammenarbeit zwischen Verteil- und Übertragungsnetz
- Optimierte Nutzung von vorhandenen flexiblen Ressourcen im Energiesystem für den Netz- und Systembetrieb mit variabler Erzeugung aus PV und anderen Erneuerbaren Energien.

Im Folgenden werden die im Rahmen der Task 14 Zusammenarbeit gewonnenen Ergebnisse und Schlussfolgerungen dargestellt.

- **Netzdienliches Energiemanagement mit einer hohen Dichte von PV in unterschiedlichen Umgebungen**

Die Einbindung dezentraler Erzeugung aus Photovoltaik führt zu grundlegende Veränderungen im gesamten Stromversorgungssystem. Während traditionelle Großkraftwerke und Übertragungssysteme nach wie vor die Haupttreiber für die Bilanzierung von Produktion und Verbrauch sind, entstehen gleichzeitig neue Strom- und Speichersysteme auf den unteren Netzebenen. Dies eröffnet neue Chancen und Herausforderungen für die Erreichung eines Last-Erzeugungsgleichgewichts. Im Rahmen des Task 14 wurde unter dem Titel "Netzdienliches Energiemanagement" (Network driven demand-side-management) ein kooperativer Ansatz für das Energiemanagement unter Einbeziehung dezentraler Erzeugung aus Photovoltaik, Lasten, Speichersystemen und dem Netz entwickelt [6].

Dieser Ansatz bezieht viele Akteure ein, wirkt sich potenziell auf viele bestehende Mechanismen aus und erlaubt eine weitergehende Entwicklung und verbesserte Nutzung der PV Energie in Gebäuden. Netzdienliches Energiemanagement steht in engem Zusammenhang mit vielen anderen Trends wie Smart Metering, Nachfrageverhalten, Energieeffizienz, Ausbau der Kommunikation innerhalb des Stromnetzes, Speicherung, etc. Die Ergebnisse der Studien zeigen, dass 5% bis 12% des Jahresverbrauchs eines Haushalts ohne Rückspeisung durch PV gedeckt werden können. Diese Mengen erhöhen sich von 10% auf 20% bei Einbindung der Photovoltaik in ein Demand Side Management (DSM) und bis zu 40% bei DSM und einem lokalen Speicher.

- **Entwicklung neuer Ansätze für die Netzplanung und den Netzbetrieb mit einer hohen PV-Dichte in den Verteilnetzen**

Aufbauend auf den Ergebnissen in der ersten Task 14 Arbeitsperiode wurde ein umfassender Bericht mit einem Überblick über Forschungsergebnisse und praktische Erfahrungen zum Thema lokale Spannungsstützung durch dezentrale Erzeugungsanlagen erarbeitet [7].

Im Mittelpunkt dieses Berichts stehen Stromversorgungssysteme in verschiedenen Ländern mit einer bereits heute hohen Dichte dezentraler Photovoltaik. Fallstudienresultate aus Ländern wie Deutschland, Belgien, Österreich und den USA zeigen die Ansätze zur lokalen Spannungsunterstützung durch Photovoltaikanlagen.

Eine große Herausforderung bei der Photovoltaikintegration ist die Spannungsregelung in Verteilnetzen mit einer hohen Dichte dezentraler Erzeugungsanlagen. Erweiterte PV-Wechselrichterfunktionen, wie Blindleistungsregelung oder Wirkleistungsreduzierung, können dazu beitragen, die Auswirkungen der Einspeisung auf die lokale Spannungsgröße zu reduzieren.

Als Kenngröße für die Effektivität der Funktionen wurde dabei die „PV-Aufnahmekapazität“ gewählt. Diese definiert die maximale PV-Erzeugungsleistung, die unter Einhaltung der technischen Anforderungen der technischen Richtlinien an einen jeweiligen Netzabschnitt angeschlossen werden kann. Eine Fallstudie von 17 Niederspannungsnetzen zeigt exemplarisch, dass die Blindleistungsregelung die PV-Aufnahmekapazität im Median um 70 % bis 90 % gegenüber dem Fall ohne PV-Blindleistungsregelung erhöht werden kann. Die Kosten-Nutzen-Analyse ergab ein signifikantes Kosteneinsparpotenzial für die PV-Blindleistungsregelung im Vergleich zur traditionellen Netzverstärkung. Dennoch kann der weit verbreitete Einsatz der lokalen Blindleistungsregelung durch PV-Systeme einen erheblichen Einfluss auf den Blindleistungsbedarf von Verteilnetzen haben, was zu zusätzlichen Netzverlusten oder einem zusätzlichen Bedarf an Blindleistungskompensatoren führen kann. Darüber hinaus wird der Einfluss der PV-Blindleistungsregelung auf bestehende Spannungsregelungsschemen durch den Verteilernetzbetreiber oder auf die Spannungsstabilität im Verteilnetz analysiert und in diesem Bericht diskutiert.

Kombinierte Blindleistungsregelung und Wirkleistungsreduzierung können die PV-Hosting-Kapazität weiter erhöhen und können eine kostengünstige Maßnahme zur Integration eines hohen Anteils der PV-Erzeugung sein. Die damit verbundenen zusätzlichen PV-Einspeiseverluste sind aber auch abhängig von der angewandten Wirkleistungsregelungsstrategie.

Zusammenfassend gibt der Bericht einen Überblick über die Vor- und Nachteile der verschiedenen Blindleistungs- und Wirkleistungsregelungsstrategien, die zur grundlegenden Entscheidungsfindung für die Anwendung der lokalen Spannungsunterstützung durch die DG herangezogen werden können.

- **Diskussion zukunftsweisender Konzepte für die verbesserte Zusammenarbeit zwischen Verteil- und Übertragungsnetz**

In einem Stromversorgungssystem mit einem zunehmenden Anteil an der dezentralen Erzeugung besteht ein wachsender Bedarf an Erzeugern und steuerbaren Lasten auf Verteilungsebene, um den Betrieb des Gesamtsystems durch Netzdienstleistungen und Marktflexibilität zu unterstützen. In vielen Ländern sind PV-Anlagen hauptsächlich an die Verteilungsebene angeschlossen, so dass ein

koordinierter Betrieb und eine abgestimmte Planung der Übertragungs- und Verteilungsebene von hoher Relevanz für Stromnetze mit hohen Durchdringungsszenarien für Photovoltaik sind.

Im Rahmen der Zusammenarbeit im Task 14 wurde dazu eine umfassende Studie auf Basis der Sammlung internationaler F&E-Projekte, mit Schwerpunkt auf fortgeschrittenen Verfahren der Zusammenarbeit zwischen TSO und DSO erstellt. Dazu wurden 19 internationale F&E-Projekte aus den Vereinigten Staaten, Europa und Japan identifiziert und ihre Ziele, Schlüsselergebnisse und Empfehlungen gesammelt und zusammengefasst. Die Informationen zu den Projekten wurden direkt von den jeweiligen ExpertInnen im Task 14 bereitgestellt und durch eine detaillierte Literaturrecherche ergänzt. Aus der Vielzahl an Projekten wurden dann 5 F&E Projekte und Konzepte ausgewählt und für diese eine detaillierte Analyse der Ergebnisse durchgeführt.

Die Schlussfolgerungen zeigen anschaulich die Komplexität einer erweiterten Kooperation zwischen Verteiler- und Übertragungsnetzen. Die Herausforderungen sind multilateral und umfassen Aspekte des Netzbetriebs, Aspekte der Netzplanung sowie den organisatorischen und regulatorischen Rahmen. Im Einzelnen hängen der Stand und die Entwicklung der Zusammenarbeit zwischen Übertragungs- und Verteilernetzbetreibern von vielen Einflussfaktoren ab, z.B. von den Herausforderungen des Netzbetriebs, den angewandten Kommunikationstechnologien und -standards, den Spannungsebenen und Art der vorhandenen dezentralen Erzeugungsanlagen. Ein Großteil der identifizierten F&E-Projekte ist aktuell im Gange und zeigt deutlich den weiteren Forschungs- und Entwicklungsbedarf für eine fortgeschrittene Zusammenarbeit zwischen Übertragungs- und Verteilernetzbetreibern.

- **Optimierte Nutzung von vorhandenen flexiblen Ressourcen im Energiesystem für den Netz- und Systembetrieb mit variabler Erzeugung aus PV und anderen Erneuerbaren Energien.**

Unter Flexibilität versteht man die Fähigkeit des Stromversorgungssystems, seine Ressourcen so einzusetzen, dass sie mit Veränderungen der Last einschließlich variabler Erzeugung übereinstimmen und damit einen stabilen und sicheren Betrieb gewährleisten. Eine hohe PV Dichte beeinflusst das tägliche Profil der Netzbelastung erheblich: Eine geringere Last während der Tagesmitte birgt das Risiko eines Erzeugungsüberschusses, da für die Betriebssicherheit ein Minimum an traditioneller Erzeugung (Ausgleichsreserve) erforderlich ist. Am Abend verschärft die sinkende Erzeugungsleistung aus PV zusammen mit der abendlichen Steigerung des Verbrauchs, die Leistungsrampen. Damit gewinnen neue, leistungsstarke Flexibilitätsressourcen immer mehr an Bedeutung.

Im Rahmen der Zusammenarbeit im Task 14 wurde dazu ein umfassender Überblick über aktuelle und erwartete Szenarien zur Flexibilität im Systembetrieb erarbeitet und als Task 14 Bericht veröffentlicht [8]. Bestehende und innovative Flexibilitätsressourcen, wie z.B. Steuerung des Verbrauchs und dem PV-Leistungsmanagement für den Systembetrieb wurden analysiert um die Entwicklung von Szenarien für zukünftigen PV-Integrationsstudien zu unterstützen.

Die wichtigsten Schlussfolgerungen der Arbeit zeigen, dass auch mit einem hohen Anteil von Photovoltaikerzeugung verbunden mit der erreichbaren Zuverlässigkeit in der Prognose der Leistung die notwendige Flexibilität im Stundenbereich kurzfristig erreicht werden kann. Derzeit können allerdings nicht alle vorhandenen Flexibilitätsressourcen in diesen kurzen Zeitbereichen aktiviert werden, was den Bedarf an schnelleren Flexibilitätsressourcen (z.B. Batteriespeichersysteme) deutlich macht.

In Bezug auf die Bewertung der erforderlichen Flexibilität zeigt sich, dass die große Anzahl und dezentrale Natur erneuerbarer Energiequellen probabilistische Ansätze für die Bewertung des Reservebedarfs erfordert, um die Unsicherheit der Prognosen zu kompensieren. Diese Verfahren sind heute noch nicht breit umgesetzt.

### **3.3 Optimierte Rahmenbedingungen und Nutzung intelligenter Leistungsumrichter für HD-PV**

Multifunktionale, intelligente Leistungsumrichter (Wechselrichter) spielen eine Schlüsselrolle bei der effizienten und nachhaltigen Integration von Photovoltaik in die Stromnetze, sowohl auf lokaler Verteilnetzebene wie auch im übergeordneten Übertragungssystem. Intelligente Leistungsumrichter bieten eine Vielzahl von Funktionen und unterstützen das Netz durch autonome Regelfunktionen und die Möglichkeit der Fernsteuerung, z.B. im Rahmen eines Smart Grids. Bereits heute gehen ihre Fähigkeiten weit über das hinaus, was Netzanschlussrichtlinien aktuell verlangen.

Als leistungselektronische Geräte können Leistungsumrichter ihre elektrischen Eigenschaften durch Softwarefunktionen und entsprechende Parametereinstellungen auf Basis lokaler Messungen, beispielsweise am jeweiligen Netzanschlusspunkt ändern. Damit können sie autonom auf den lokalen Netzzustand, externe Signale oder auch Fahrpläne reagieren. Technisch gesehen wird die Steuerbarkeit nur durch die grundlegenden Fähigkeiten des Gerätes und die Verfügbarkeit der Photovoltaikleistung bzw. eines gekoppelten Batteriespeichersystems eingeschränkt.

Um die Netzintegration von Photovoltaikanlagen und anderen dezentralen Erzeugungseinheiten zu ermöglichen, fordern aktuelle Netzkodizes und Anschlussrichtlinien erweiterte Steuerungsmöglichkeiten und insbesondere eine definierte Reaktion bei kritischen Netzbedingungen. Intelligente Leistungsumrichter, die über eine Vielzahl fortschrittlicher Funktionen verfügen, eine Schlüsseltechnologie zur Erhöhung der Hosting-Kapazität und der Gewährleistung eines stabilen und zuverlässigen Betriebs des gesamten Stromnetzes auch bei einem massiven Anteil von Photovoltaik und dezentraler Erzeugung dar.

Im Task 14 wurden intelligente Leistungsumrichter als Schlüsseltechnologie im Speziellen in Bezug auf die Anforderungen und Rahmenbedingungen für die Nutzung der neuen Funktionalitäten untersucht, die für eine nachhaltige Integration einer hohen Dichte von Photovoltaik im Gesamtsystem notwendig sind.

Die Task 14 ExpertInnen untersuchten, welche neuen Möglichkeiten durch den Einsatz intelligenter Wechselrichter in Photovoltaikanlagen bestehen und wie diese zur verbesserten Netzintegration eingesetzt werden können. Dabei spielen die lokalen Anforderungen an den Netzanschluss, die Funktionen und deren Parametrierung sowie das Verhalten bei unterschiedlichen Netzbedingungen eine entscheidende Rolle. Diese Anforderungen sind in den nationalen Regelwerken, Normen, Netzanschlussrichtlinien sowie spezifischen Dokumenten der jeweiligen Netzbetreiber festgelegt.

Dazu wurde kontinuierlich die Entwicklung der in den verschiedenen Ländern geltenden Rahmenbedingungen und technischen Anforderungen an den Netzanschluss bzw. die Bereitstellung von netzstützenden Funktionen recherchiert. Auf Basis einer einheitlichen Definition der Funktionen (siehe Tabelle unten) wurden die Anforderungen analysiert und verglichen.

**Tabelle 2 Task 14 Definition der Zusatzfunktionen von Wechselrichtern zur Netzstützung und Netzintegration und Vergleich mit der IEC Definition**

| Requirement/ Function               | Description                                                               | IEC TR 61850-90-7 |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| <b>Operational frequency range</b>  | Defined frequency range, where the generator has to operate normally.     | N/A               |
| <b>P(f) at over frequency</b>       | Reduction or limitation of the active power at over-frequency in the grid | FW21/FW22         |
| <b>Q/cos<math>\phi</math> range</b> | Defined reactive power or cos $\phi$ to be provided by the generator      | N/A               |
| <b>Cos<math>\phi</math>(P)</b>      | Reactive power control mode:<br>Cos $\phi$ as function of active power    | WP41/42           |
| <b>Q(U)</b>                         | Reactive power control mode:<br>Q as function of grid voltage U           | VV11/12/13        |
| <b>P(U)</b>                         | Reduction or limitation of the active power at over-voltage in the grid   | VW51/52           |
| <b>External control of P</b>        | Set point or limitation of the active power through an external signal    | INV2/4            |
| <b>External control of Q</b>        | Set point or limitation of the reactive power through an external signal  | INV3              |
| <b>External trip/disconnect</b>     | Disconnection of the generator from the grid through an external signal   | INV1              |
| <b>LVRT</b>                         | Low voltage ride through                                                  | (TV31)            |
| <b>HVRT</b>                         | High voltage ride through                                                 | N/A               |

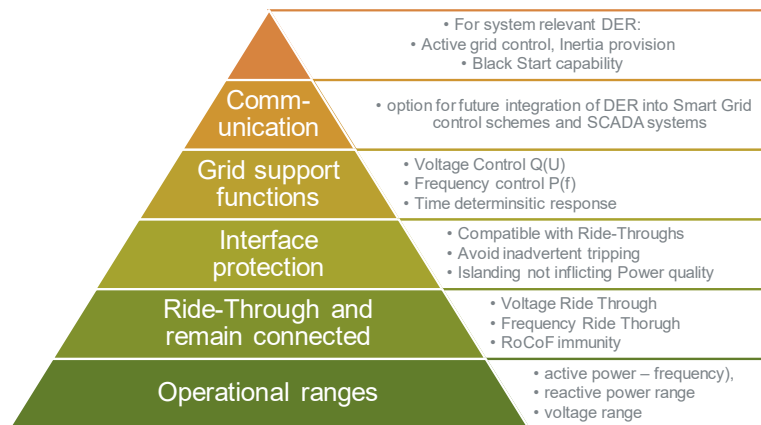
In Europa wurden im Zeitraum 2014 bis 2018 mit der schrittweisen Umsetzung des 2016 veröffentlichten Europäischen „Netzkodex mit Netzanschlussbestimmungen für Stromerzeuger“ (EU 2016/631) die Anforderungen in allen Ländern grundlegend überarbeitet und insbesondere die für die Stabilität des europäischen Stromversorgungssystems relevanten Anforderungen ausgebaut und harmonisiert. In einer Reihe von Task 14 Ländern (siehe Tabelle 3) wurden diese neuen Möglichkeiten bereits in die lokalen Richtlinien und Normen für den Netzanschluss aufgenommen und werden damit effektiv genutzt. Im Detail zeigt die Entwicklung der Anforderungen an den Netzanschluss von PV (siehe Tabellen unten) die im Rahmen von Task 14 kontinuierlich untersucht wurde, aber auch dass weiterhin in der Praxis vieler Länder ein Einsatz dieser Funktionen aufgrund inadäquater Rahmenbedingungen oder mangelnder Definition nur schwierig umzusetzen ist.

| Country<br>Update 04/2018    | NC RfG *                                                                              | Europe<br>(≤16 A)    | Europe<br>(Type A)                 | Germany                              | Italy                                    | Austria                   | France                                                                    | Spain                                            |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| Function                     | 2016                                                                                  | 2013                 | 2018                               | 2011/17                              | 2016                                     | 2016/2018                 | 2013/2016                                                                 | 2011/14                                          |
| Operational frequency range  | Yes (Type A)                                                                          | Yes                  | Yes                                | Yes (all)                            | Yes (all)                                | Yes                       | >100 kVA                                                                  | No                                               |
| P(f) at over freq.           | Yes (Type A)                                                                          | Yes                  | Yes                                | Yes (all)                            | Yes (all)                                | Yes                       | Yes*                                                                      | No                                               |
| P(f) at under freq.          | No (Type A)                                                                           | No                   | Yes                                | Yes*                                 | Yes                                      | No                        | No                                                                        | No                                               |
| Q/cosφ range                 | No (Type A)                                                                           | Yes                  | Yes                                | >3.68kVA                             | Yes (all)                                | >0.8 kW                   | No                                                                        | No                                               |
| Cosφ(P)                      | No (Type A)                                                                           | Yes                  | Yes                                | >3.68kVA                             | Yes (all)                                | >0.8 kW                   | No                                                                        | No                                               |
| Q(U)                         | No (Type A)                                                                           | Yes                  | Yes                                | Yes*                                 | >11.08 kW *                              | >0.8 kW                   | No                                                                        | No                                               |
| P(U)                         | No (Type A)                                                                           | No                   | Optional                           | Optional *                           | Optional                                 | >0.8 kW                   | No                                                                        | No                                               |
| Direct (remote) control of P | No                                                                                    | No                   | Yes                                | >100kW                               | Yes (all)                                | >100kVA                   | No                                                                        | No                                               |
| Direct (remote) control of Q | No                                                                                    | No                   | Optional                           | No                                   | >11.08 kW                                | >100kVA                   | No                                                                        | No                                               |
| Remote trip/disconnect       | Yes (Type A)                                                                          | No                   | Yes                                | No                                   | Yes (all)                                | Yes                       | No                                                                        | No                                               |
| LVRT (UVRT)                  | No (Type A)                                                                           | No                   | Yes                                | Yes*                                 | >11.08 kW                                | Yes                       | No                                                                        | No                                               |
| HVRT (OVRT)                  | No (Type A)                                                                           | No                   | Yes                                | Yes*                                 | No                                       | No                        | No                                                                        | No                                               |
| Reference                    | (EU) 2016/631<br>(NC RfG) [2]                                                         | EN 50438<br>2013 [7] | Draft prEN<br>50549-<br>1:2018 [8] | VDE AR N<br>4105: 2011<br>[13]       | CEI 0-21:2016<br>[17]                    | TOR D4: V2.3<br>2016 [16] | Arrêté du 23<br>avril 2008 [19]<br>* Enedis-NOI-<br>RES_13E<br>11/07/2016 | RD 1699/2011<br>[22]<br>206007-1<br>IN:2013 [23] |
| Remarks                      | * non exhaustive<br>requirements<br>subject to<br>implementation<br>in national codes |                      | * Subject to<br>approval by<br>NCs | * draft VDE<br>AR N 4105:<br>2017:07 | * Additional<br>lock-in/-out<br>function | *Draft TOR<br>D4: 2018-04 |                                                                           |                                                  |

| Country<br>Update 04/2018    | NC RfG                                                                                | Europe<br>(Type B)             | Germany                                                          | Italy                     | Austria                   | France                                                                          | Spain                                                                                        |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Function                     | 2016                                                                                  | 2018                           | 2008/2017                                                        | 2016                      | 2016/2018                 | 2013                                                                            | 2010/2014                                                                                    |
| Operational frequency range  | Yes (B)                                                                               | Yes                            | Yes                                                              | Yes                       | Yes                       | Yes                                                                             | No                                                                                           |
| P(f) at over freq.           | Yes (B)                                                                               | Yes                            | Yes                                                              | Yes                       | Yes                       | No                                                                              | >2/10MW                                                                                      |
| P(f) at under freq.          | Yes (I)                                                                               | No                             | Yes*                                                             | Yes                       | No                        | No                                                                              | No                                                                                           |
| Q/cosφ range                 | Yes (B)                                                                               | Yes                            | Yes                                                              | Yes                       | Yes                       | Yes                                                                             | >2/10MW                                                                                      |
| Cosφ(P)                      | *                                                                                     | Yes                            | Yes                                                              | Yes                       | Yes                       | No                                                                              | No                                                                                           |
| Q(U)                         | *                                                                                     | Yes                            | Yes                                                              | Yes                       | Yes                       | No                                                                              | No                                                                                           |
| P(U)                         | *                                                                                     | Yes                            | No                                                               | Yes                       | Yes                       | No                                                                              | No                                                                                           |
| Direct (remote) control of P | *                                                                                     | Yes                            | >100kW                                                           | Yes                       | >100kW                    | No                                                                              | >2/10MW                                                                                      |
| Direct (remote) control of Q | *                                                                                     | Optional                       | Optional*                                                        | Yes                       | Yes                       | No                                                                              | No                                                                                           |
| Remote trip/disconnect       | Yes (B)                                                                               | Yes                            | Yes                                                              | Yes                       | No                        | No                                                                              | No                                                                                           |
| LVRT (UVRT)                  | Yes (B)                                                                               | Yes                            | Yes                                                              | Yes                       | Yes                       | >5MW                                                                            | >2MW                                                                                         |
| HVRT (OVRT)                  | No                                                                                    | Yes                            | Yes*                                                             | Yes                       | No                        | No                                                                              | No                                                                                           |
| Reference                    | (EU) 2016/631<br>(NC RfG) [2]                                                         | CLC/TS<br>50549-<br>2:2018 [9] | BDEW MV<br>Guideline<br>(2008) [14]<br>Amendment 4,<br>2013 [15] | CEI 0-<br>16:2016<br>[18] | TOR D4: V2.3<br>2016 [16] | Arrêté du 23<br>avril 2008 [19]                                                 | P.O.12.3:2006 [21];<br>P.O.12.2:2005 [24]<br>RD1565:2010[25];<br>UNE 206007-2<br>IN:2014[22] |
| Remarks                      | * non exhaustive<br>requirements<br>subject to<br>implementation in<br>national codes |                                | *Draft E VDE-<br>AR-N<br>4110:2017-03                            |                           | *Draft TOR<br>D4: 2018-04 | Specific<br>requirements<br>for island<br>networks<br>(Corsica and<br>DOM-TOM). |                                                                                              |

**Tabelle 3 Übersicht der Anforderungen an intelligente Leistungsumrichter in aktuellen Europäischen und nationalen Netzanschlussrichtlinien für unterschiedliche Anlagengrößen und Netzebenen (oben: Niederspannungs-, unten: Mittelspannungsnetze) Quelle: IEA-PVPS Task 14**

Auf Basis dieser Analyse wurde die Kompatibilität der aktuellen Rahmenbedingungen mit zukünftigen Szenarien einer hohen Dichte von PV bewertet und Anforderungen an die Gestaltung von Anforderungen an dezentrale Erzeugungsanlagen und Leistungsumrichter für Photovoltaik erarbeitet (siehe Abbildung 3).



**Abbildung 3 Task 14 Empfehlung für den Aufbau der Anforderungen an dezentrale Erzeugungsanlagen und Leistungsumrichter für Photovoltaik Quelle: IEA-PVPS Task 14**

Durch den aktiven Informationsaustausch zwischen Task 14 und nationalen Fachgremien, der u.a. im Rahmen der Task 14 Workshops stattfand, unterstützte Task 14 die Überarbeitung lokaler Richtlinien, die wiederum maßgeblich für die Integration von PV in die jeweiligen Stromversorgungssysteme sind. Darüber hinaus sind Task 14 ExpertInnen auch aktiv in den jeweiligen nationalen Normungsgremien und Arbeitsgruppen tätig, und konnten damit die Erfahrungen direkt in deren Arbeit einbringen.

In Österreich wurde die Einbringung der Erkenntnisse durch die Mitarbeit in den entsprechenden nationalen Gremien (u.a. ÖVE TSK E03 Photovoltaik, Kommentierung und Diskussion der Konsultationsentwürfe der TOR D4 im Rahmen der Überarbeitung 2016) sowie direkten Kontakt zu den ExpertInnen der Verteilernetzbetreiber sichergestellt.

### 3.4 Integration der Photovoltaik in Smart Grid Konzepte

Die aktuellen Forschungsfragen rund um die Integration dezentraler Photovoltaik in das Stromversorgungssystem sind stark mit der Entwicklung von (zukünftigen) Smart Grids vernetzt. Netzbetreiber betrachten die PV-Netzintegration als eine der zentralen Herausforderungen, die mit den Interessen der Marktteilnehmer und technischen Lösungen für eine Vielzahl von neuen und zukünftigen Technologien in Einklang zu bringen ist. Dazu gehören die Integration unterschiedlicher erneuerbarer Energien im Zusammenspiel mit den Nutzern und Einführung neuer Technologien wie Smart Metering, Demand Side Management, Virtuelle Kraftwerke etc. Um die Ausrichtung der PV-Netzintegrationslösungen auf solche umfassenden Anforderungen zu gewährleisten, adressierten die Task ExpertInnen die Herausforderungen und Lösungen für die PV-Netzintegration auch aus der Sicht des Smart Grids im Detail. Ziel dabei war universell umsetzbare zukunftsfähige Lösungen vorzuschlagen, die Auswirkungen auf die Zuverlässigkeit des Systembetriebs diskutieren und Empfehlungen für verschiedene Arten von Netzinfrastrukturen zu entwickeln.

Obwohl die flächendeckende Umsetzung von Smart Grid Konzepten in Stromnetzen weltweit noch in den Anfängen steht, stehen Individuelle Technologien für Smart Grid-Lösungen bereits kommerziell zur Verfügung. Damit kann bereits heute das Management der Stromnetze unterstützt und insbesondere der Ausgleich von Last und Nachfrage durch ein zunehmend dezentrales Angebot und

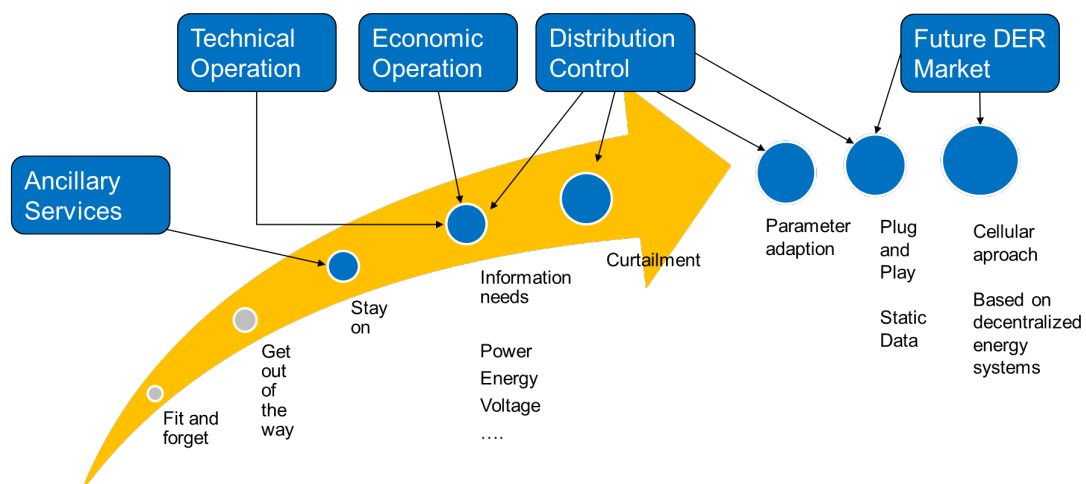
den Anschluss neuer Komponenten verbessert werden. Nun gilt es, diese Technologien stärker in die Verteilnetze zu integrieren, systematisch zu vernetzen und zu optimieren.

Im Rahmen der internationalen Kooperation im Task 14 wurde im Projektzeitraum zunächst eine Übersicht über aktuelle Demonstrationsprojekte von Kommunikations- und Steuerungskonzepten mit einem Schwerpunkt der IKT bezogener Aspekte der Smart-Grid-Integration von Photovoltaik erstellt. Nach der umfangreichen Studie, für die Beiträge aus den Task 14 Mitgliedsländern gesammelt wurden, wurde ein umfassender Bericht über Demonstrationsprojekte von Kommunikations- und Steuerungskonzepten erstellt.

Von österreichischer Seite wurden eine Reihe von aktuellen Projekten zu diesem Thema analysiert und insbesondere die Ansätze, die in den Vorzeige- bzw. Demonstrationsregionen und Städten gewählt wurden zusammengefasst. Dabei wurden unter anderem folgende Projekte analysiert:

- ERIGRID (11 Europäische Länder involviert) Smart Grid Kommunikation mit PV Anlagen, Umrichtern, Lasten und die Integration in konventionelle Netzleittechnik
- PV GRID (Europa Vienna) Analyse regulatorischer und normativer Barrieren, die die Umsetzung technischer Lösungen für eine bessere PV-Netzintegration erschweren.
- EEGI Core Project (2010) Modell Region Salzburg für Smart Grid Anwendungen
- IPEN (Salzburg) IP-basierte Kommunikationsinfrastruktur für Smart Grid Systeme (incl. PV Anlagen)
- OpenNES (Wien) Offene Architektur für die Steuerung dezentraler Erzeugungsanlagen
- DG-DemoNet Smart LV Grid (Wien) Spannungsregelung in den Niederspannungs-verteilnetzen unter Einbindung und aktiver Regelung dezentraler PV Anlagen

Auf Basis der Erfahrungen wurde ein universeller Entwicklungspfad skizziert, der die mögliche Einbindung der Photovoltaik in einem zukünftigen Smart Grid und den Übergang von einer rein passiven Rolle hin zu einer aktiven Integration in die Netzregelung und die Energiemärkte beschreibt.



**Abbildung 4 Entwicklungspfad der Photovoltaik im zukünftigen Smart Grid Quelle: IEA-PVPS Task 14**

Für die Photovoltaik kann ein zukünftiges Smart Grid eine Vielzahl von zusätzlichen Dienstleistungen ermöglichen, Flexibilität bieten, die lokale Versorgung sowie die Erbringung von Zusatzleistungen ermöglichen. Es gibt jedoch zahlreiche Fragen zu beantworten, um eine nachhaltige Rolle der PV in diesem sich verändernden Umfeld zu gewährleisten.

Die Erfahrungen aus der Analyse der Demonstrationsprojekte zeigen deutlich, dass es bei der Transformation des elektrischen Energiesystems in ein Smart Grid wichtig ist, eine IKT- und Automatisierungsarchitektur zu verwenden, die die Einbindung von Hard- und Software unterschiedlicher Hersteller erlaubt. Eine Hauptanforderung ist es daher, soweit wie möglich standardisierte Ansätze zu verwenden um ein Höchstmaß an Interoperabilität zu ermöglichen. Dieser Task behandelt diesen Aspekt aus Sicht der PV System Integration. Eine Analyse relevanter IKT-Ansätze und zugehöriger Standards steht im Fokus der Weiterführung dieser Aktivität 2019.

## 4 Vernetzung und Ergebnistransfer

Im Rahmen des Projektes erfolgten die Vernetzung und der Ergebnistransfer auf nationaler wie auch auf internationaler Ebene unter Einbeziehung der relevanten Stakeholder, Netzbetreiber, Komponentenhersteller, Normungsgremien und nicht zuletzt der Forschung.

Im Sinne der internationalen Vernetzung war der wesentliche Teil der Tätigkeiten neben der Rolle als Operating Agent die Organisation und Leitung der offiziellen Task 14 ExpertInnentreffen, sowie die Organisation und aktive Unterstützung von Aktivitäten durch Präsentationen und österreichische Beiträge zu Workshops. Durch Vorträge und Präsentationen im Rahmen von Fachkonferenzen, die wesentliche Vertreter einzelner Zielgruppen zusammenbringen unterstützten Task 14 ExpertInnen dabei die zielgruppenorientierte Verbreitung der Ergebnisse.

Aus österreichischer Sicht stand dabei insbesondere die erfolgreiche Positionierung als führender Forschungspartner im Bereich Photovoltaik Netzintegration im Mittelpunkt.

Neben der internationalen Vernetzung stand auch die nationale Vernetzung und der Know-how Transfer nach Österreich im Mittelpunkt der österreichischen Teilnahme am IEA-PVPS Task 14.

Konkret erfolgte dies durch

- die direkte Einbringung der Erkenntnisse in laufende und geplante nationale Projekte zu dieser Thematik mit Beteiligung des Austrian Institute of Technology,
- die laufende Abstimmung der Aktivitäten und Diskussion der Ergebnisse mit der nationalen Photovoltaik Technologieplattform,
- Präsentationen auf der jährlichen Photovoltaik Tagung
- Mitarbeit und Koordination von Projekten im Rahmen der nationalen Standardisierung (ÖVE) sowie nicht zuletzt
- der Diskussion der Ergebnisse im Rahmen der jährlichen IEA Vernetzungsworkshops des bmvit.

Wesentliche Vernetzungsaktivitäten zwischen nationaler und internationaler Community stellten dabei das im Mai 2015 von AIT organisierte Task 14 Meeting in Wien sowie die Organisation einer Task 14 Session im Rahmen des „Solar Integration Workshops“ im November 2016 in Wien dar.

Zur Vernetzung der österreichischen und internationalen Vertreter im Task 14 mit den ExpertInnen aus dem IEA-ISGAN Annex 6 (Elektrizitätsübertragungs- und Verteilnetze) wurde im Mai 2015 mit Unterstützung des bmvit ein gemeinsamer Workshop in Wien zum Thema „Nutzung variabler Erneuerbarer zur Bereitstellung von Flexibilität und Interaktion zwischen Verteiler- und Übertragungsnetzen“ („The use of variable renewables as flexible resources to support grid operation and Power Transmission and Distribution Interaction“) organisiert.

Auf Einladung von AIT kamen dazu Vertreter aus dem IEA-PVPS Task 14 sowie dem IEA-ISGAN Annex 6 Partner aus Europa, Nordamerika sowie Japan nach Wien. Im Rahmen des Workshops im AIT SmartEST Labor wurden aktuelle Ergebnisse aus den präsentiert und gemeinsame Ansätze und Erfahrungen diskutiert.

Nicht zuletzt flossen die im Rahmen der Aktivitäten im Rahmen von SIFRN gewonnenen Erkenntnisse auch in nationale Projekte mit Beteiligung des AIT ein, insbesondere in Bezug auf die Themen der Photovoltaik Netzintegration, Photovoltaik und Smart Grid sowie Wechselrichter und Technologieentwicklung. Durch die Unterstützung der internationalen Aktivitäten im Rahmen des Projekts konnten die nationalen Projekte und deren Ergebnisse auch international erfolgreich positioniert werden.

Für die nationale Forschung und Entwicklungslandschaft konnten damit folgende Vorteile erreicht werden:

- Direkter Zugang zu aktuellen Ergebnissen und Erfahrungen führender internationaler Forschungseinrichtungen, wodurch u.a. die nationalen Ziele bei der Integration von Photovoltaik in die Elektrizitätsnetze effizienter erreicht werden.
- Entwicklung gemeinsamer, innovativer Konzepte und Verfahren für die Netzintegration von Photovoltaik.
- Know-how-Transfer nach Österreich und Einbringen der Erkenntnisse in die laufenden und geplanten Projektvorhaben in Österreich bzw. in die zukünftige strategische Entwicklung des Themas.
- Gewährleistung der horizontalen Integration der nationalen und internationalen Erkenntnisse und Erfahrungen bei der Umsetzung von relevanten Forschungs- und Demonstrationsprojekten

Im Rahmen der Zusammenarbeit im IEA-PVPS in der Arbeitsperiode 2014 bis 2018 entstanden eine Reihe von Veröffentlichungen gemeinsam mit renommierten internationalen Partnern. Diese trugen wesentlich zur erfolgreichen internationalen Positionierung von AIT und der österreichischen Forschung im Bereich Photovoltaik Netzintegration bei. Damit wurde die Zusammenarbeit mit Partnern auch außerhalb des PVPS Programms unterstützt und die Vernetzung Österreichs in der internationalen Forschungscommunity vorangetrieben.

Die Beteiligung am IEA-PVPS und die österreichische Leitung des Task 14 sicherte damit die Sichtbarkeit und die internationale Vernetzung der nationalen Forschung rund um das Thema Netzintegration von Photovoltaik und ermöglichte Österreich auf nationaler Ebene, die Forschung, Entwicklung und Implementierung von innovativen Technologien effizienter umzusetzen.

Mit der globalen Relevanz des Themas und den unterschiedlichen Erfahrungen und Ansätzen, die global verfolgt werden, war der internationale Erfahrungsaustausch im Rahmen des IEA-PVPS Task 14 eine einzigartige Möglichkeit, von Ländern außerhalb Europas zu lernen und in Österreich Erfahrungen zu exportieren.

## 5 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

### **Ausbau der internationalen Positionierung Österreichs als führender Forschungs- und Entwicklungspartner**

Unter der Leitung Österreichs als Operating Agent des IEA-PVPS Task 14 konnte die Positionierung der österreichischen Forschung und ExpertInnen auf internationaler Ebene ausgebaut werden und ein wichtiger Zugang zu einem weltweiten Netzwerk führender ExpertInnen und Institutionen und Labors im Themenbereich Photovoltaik Netzintegration geschaffen werden.

Die im Rahmen der Zusammenarbeit im IEA-PVPS gewonnenen Erkenntnisse flossen dabei einerseits direkt in die laufenden und geplanten österreichischen Forschungs- und Entwicklungsprojekte ein, wodurch sich eine nachhaltige Steigerung der Effizienz der österreichischen Energieforschung ergab. Darüber hinaus schaffte die internationale Vernetzung im IEA-PVPS Programm die Möglichkeit nationale Erfahrungen und Erkenntnisse unmittelbar einem internationalen Diskurs zu stellen und nicht zuletzt aktuelle internationale Erfahrungen und Entwicklungen direkt nach Österreich zu transferieren.

Durch die leitende Rolle als Operating Agent innerhalb des IEA-PVPS Task 14 nutzte Österreich und speziell AIT die Chance sich international als führender Forschungs- und Entwicklungspartner im Bereich der Netzintegration von Photovoltaik zu positionieren und damit der heimischen Forschung einen klaren Wettbewerbsvorteil zu schaffen. Da das Thema der Integration der Photovoltaik weltweite Relevanz hat und es unterschiedliche Voraussetzungen, Bestrebungen und Erkenntnisse in den Regionen gibt, ist der internationale Erfahrungsaustausch im Rahmen globaler Netzwerke wie dem IEA-PVPS Programm eine einzigartige Möglichkeit, von Ländern außerhalb Europas zu lernen und in Österreich entwickelte Technologien zu exportieren.

IEA-PVPS Task 14 wurde 2010 unter österreichischer Beteiligung gestartet, wobei ExpertInnen des AIT Austrian Institute of Technology von Beginn als Operating Agents (OA) die leitende Rolle übernahmen. Unter der Verantwortung Österreichs konnte sich der IEA-PVPS Task 14 als globales Forum für den Austausch von Erfahrungen zur nachhaltigen Integration der Photovoltaik in das Stromversorgungssystem etablieren.

### **Schaffung der technischen Basis für eine 100% auf erneuerbaren Energien basierende Stromversorgung mit Photovoltaik als zentraler Säule – Task 14 2018+**

Zur Fortführung der Tätigkeiten nach dem Ende der Phase 2 des Task 14 Arbeitsplans wurde unter der Leitung Österreichs als Operating Agent ein umfassendes Arbeitsprogramm für die Phase 3 ausgearbeitet. Unter dem Titel „Solar PV in the 100% Renewable Energy based Power System“ hat sich der Task 14 für die kommende Periode zum Ziel gesetzt, die technische Basis für eine *100% auf erneuerbaren Energien basierende Stromversorgung mit Photovoltaik als zentraler Säule* zu schaffen. Dies soll unter anderem durch die Optimierung der Netzintegration von Photovoltaik durch effizientes Zusammenspiel mit anderen Erneuerbaren (wie z.B. Wind) und verteilter Erzeugung in einem zukünftigen Smart Grid erreicht werden.

Dabei strebt das Team des IEA-PVPS Task 14 die Fortführung und Ausbau der intensiven Kooperation mit Stromversorgern, Industriepartnern und anderen Stakeholdern an, um Technologien und Methoden für die Integration erneuerbarer PV Technologien in die elektrischen Netze auf breiter Basis zu ermöglichen.

Die kontinuierliche Weiterführung dieses Tasks durch Österreich bzw. AIT als Operating Agent wurde von sämtlichen am IEA-PVPS Task 14 beteiligten Ländern als essentiell erachtet. Der Arbeitsplan für die 3. Phase (01.11.2018 – 31.10.2022) wurde im April 2018 dem Executive Committee (ExCo) präsentiert und von diesem einstimmig empfohlen.

### **Sicherung der führenden Rolle Österreichs bei Forschung, Entwicklung und Implementierung von Photovoltaik Technologien**

Österreich, hat mit der Fortführung der Teilnahme in der Phase 3 die Chance auch weiterhin von den gewonnenen Erkenntnissen zu profitieren und durch Einbindung in die laufenden Forschungsvorhaben den Technologievorsprung auf dem Gebiet der Netzintegration dezentraler erneuerbarer Energien nachhaltig auszubauen und somit Forschung, Entwicklung und Implementierung von Photovoltaik Technologien effizienter umzusetzen.

Die Funktion Österreichs als Operating Agent des IEA-PVPS Task 14 sichert darüber hinaus die führende Rolle und internationale Sichtbarkeit der österreichischen Forschungs- und Technologieunternehmen im Bereich Photovoltaik.

## 6 Verzeichnisse

### 6.1 Literaturverzeichnis

#### 6.1.1 Websites

1. IEA PVPS Website: <http://www.iea-pvps.org>
2. IEA PVPS Task 14 Website: <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=58#c92>
3. IEA PVPS Task 14 Projektseite und Referenzen auf Research Gate:  
<https://www.researchgate.net/project/IEA-PVPS-Task-14-High-Penetration-PV-in-Electricity-Grids>
4. BMVIT Programmwebsite:  
<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/technologieprogramme/pvps/>,  
<https://nachhaltigwirtschaften.at/de/iea/technologieprogramme/pvps/iea-pvps-task-14-arbeitsperiode-2014-2018.php>

#### 6.1.2 Task 14 Berichte im Projektzeitraum (Arbeitsperiode 2014 bis 2018)

5. Report IEA-PVPS T14-06:2016 (How an energy supply system with a high PV share handled a solar eclipse A retrospective view on early evaluations of the effects of the solar eclipse on March 20th, 2015 on the German energy supply system), ISBN 978-3-906042-43-5, <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=415>
6. Report IEA-PVPS T14-07:2017 (Network Driven Demand Side Management); ISBN 978-3-906042-44-2, <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=425>
7. Report IEA-PVPS T14-08:2017 (Do It Locally: Local Voltage Support by Distributed Generation – A Management Summary Management Summary of IEA Task 14 Subtask 2 – Recommendations Based on Research and Field Experience) <http://iea-pvps.org/index.php?id=424>
8. Report IEA-PVPS T14-09:2017, Flexible resources for flexible transmission system operation, ISBN 978-3-906042-66-4 <http://iea-pvps.org/index.php?id=455>
9. Report IEA-PVPS T14-11:2018, (International R&D Project Collection – Advanced Cooperation between Distribution and Transmission Network Operation), ISBN 978-3-906042-75-6, <http://www.iea-pvps.org/index.php?id=502>
10. Report IEA-PVPS T14-10:2018, (Recommended Practises for Wind and PV Integration Studies IEA-Wind and IEA-PVPS Expert Group Report 16.2), ISBN 978-0-9905075-9-8, <https://community.ieawind.org/task25/viewdocument/recommended-practice-16-windpv-in-3?CommunityKey=4aa82210-1b2e-43c5-b37b-1cdf11020dc8>

### **6.1.3 Vorträge, Präsentationen, Publikationen (Arbeitsperiode 2014 bis 2018)**

#### **2014**

11. November 2014 Solar Integration Workshop Berlin, "High Penetration PV in Local Distribution Grids - Outcomes of the IEA PVPS Task 14 Subtask 2" T. Stetz (et.al.), Fraunhofer IWES, Kassel
12. November 2014 International Conference on Integration of Renewable and Distributed Energy Resources (IRED) "Grid Codes in Europe for Low Voltage", R. Bründlinger, AIT Austrian Institute of Technology

#### **2015**

13. March 2015 EPRI Webcast Series (invited); "Update on IEA-PVPS Task 14 High Penetration PV in Electricity Grids"; OAs C. Mayr and R. Bründlinger, AIT Austrian Institute of Technology
14. May 2015, Smart Grids Week Austria (invited): „IEA Photovoltaic Program Task 14 and results from the cooperation with IEA ISGAN Annex 6“. OAs C. Mayr and R. Bründlinger, AIT Austrian Institute of Technology
15. September 2015, EU PVSEC Hamburg (Keynote presentation): "Quantification, challenges and outlook of PV integration in the power system: a review by the European PV Technology Platform", P-J. Alet (CSEM), C. Mayr et.al.
16. Oktober 2015, Österreichische PV Tagung Schwaz (invited und Session chair): "High penetration of PV in electricity grids: international context", C.Mayr.
17. Oktober 2015, IEA Vernetzungstreffen des BMVIT: "Grid codes and standards for high PV penetration", R. Bründlinger
18. October 2015 ISGC Conference (invited keynote presentation); "Distribution Grid Integration of Renewables in Germany – Interconnection Requirements and Best Practice Examples"; T. Stetz, Department of Smart Grids and Energy Storage University of Applied Sciences Gießen, Germany, [http://www.isgc2015.org/main/pr\\_keynote.htm](http://www.isgc2015.org/main/pr_keynote.htm)
19. Oktober 2015 ISGC Konferenz, Korea: (invited keynote presentation); "European Grid Codes for DG and ESS Recent developments and future trends", R. Bründlinger, [http://www.isgc2015.org/main/pr\\_keynote.htm](http://www.isgc2015.org/main/pr_keynote.htm)
20. November 8, 2015 ISES Solar World Congress 2015 (invited keynote presentation): "High penetration of PV in electricity grids: international context"; OA Christoph Mayr, AIT Austrian Institute of Technology,
21. [http://www.swc2015.org/Upload/Speaker/1446018612\\_phpvoDil\\_-2.pdf](http://www.swc2015.org/Upload/Speaker/1446018612_phpvoDil_-2.pdf)
22. Dezember 2015 Solar Canada, Toronto: Task 14 as breakout stream, "IEA PVPS Task 14- High PV Penetration in electricity grids", OAs C. Mayr and R. Bründlinger, AIT Austrian Institute of Technology
23. Dezember 2015 Solar Canada Konferenz, Toronto: "Advanced smart inverter and DER functions Requirements in latest European Grid Codes and future trends", R. Bründlinger

## 2016

- 24. März 2016: Photovoltaische Solarenergie Bad Staffelstein: Wie groß sind die Schwankungen des Solarstroms im Netz?, (J. Remund, Meteotest)
- 25. Oktober 2016: Singapore Intern. Energy Week (SIEW), Asia PVSEC: Building Integration of PV and high penetration of PV in electricity grids Task 14 @ PVPS Workshop (C. Mayr, OA)
- 26. Oktober 2016: Singapore Intern. Energy Week (SIEW), Asia PVSEC: The role of grid codes in the sustainable grid integration of PV - Latest developments in Europe and Worldwide (R. Bründlinger, Subtask 4)
- 27. Oktober 2016: 7th International Conference on Integration of Renewable and Distributed Energy Resources (IRED), Niagara Falls, Canada: Panel Diskussion mit Task 14 Experten "Challenges and Solutions to the Future RE/DER-based Grid" (K. Ogimoto, Subtask 3)

November 14, 2016: Solar Integration Workshop, Vienna: IEA PVPS Task 14 Session

- 28. Survey and Case Study of Innovative Transmission System Operation of Transmission Level with Generation Forecast and Innovative Flexibility Resources, K. Ogimoto et.al. (Subtask 3)
- 29. A Comprehensive Study on the Actual Potential of Grid Support Functions to Enhance the Hosting Capacity of Distribution Networks with a High PV Penetration, B. Bletterie, et.al. (Subtask 2)
- 30. Review and Assessment of Latest Grid Code Developments in Europe and Selected International Markets with Respect to High Penetration PV, R. Bründlinger (Subtask 4)
- 31. Automated Grid Planning for Distribution Grids with Increasing PV Penetration, A. Scheidler et.al. (Subtask 2)
- 32. Progress and Future of Japan's PV Deployment, K. Ogimoto, (CC Sub-task)
- 33. Managing Integration of Distributed PV in North America, T. Key (Sub-task 2)
- 34. November 16, 2016. Wind Integration Workshop, Vienna: Contribution to IEA Wind Task 25 session: Survey and Case Studies of Transmission Level PV Integration Assessments Utilizing Generation Forecasts and Innovative Flexibility Resources, K. Ogimoto et.al. (Subtask 3)

## 2017

June 2017, joint area session as a part of the IEEE PVSC44 (<http://www.ieee-pvsc.org/PVSC44/>), held in Washington DC, USA.

- 35. Introduction to IEA PVPS Task 14 – High-Penetration of PV in Electricity Grids, Christoph Mayr (AIT)
- 36. Transmission Level Integration of Renewables: Best Practices and Latest Status in Japan, Kazuhiko Ogimoto (University of Tokyo)
- 37. High-Penetration PV Integration on the Distribution System: Best Practices in Modeling, Operation, and Interconnection, Barry Mather (NREL)

- 38. Integration of Smart Inverters into a Secure Energy Information System, Gerd Heilscher (DEU)
- 39. Developments on Grid Codes: Coordination and Gaps, Roland Brundlinger (AUT)
- 40. September 2017: Large scale Grid integration of renewable Energy in India, Conference, 6-8. Sept. 2017, New Dehli, India <http://regridintegrationindia.org/>
- 41. Variable Renewable Energy Sources in Distribution Networks, M. Braun (DEU)
- 42. Reactive Power Coordination Strategies with Distributed Generators in Distribution Networks, H. Wang, M. Kraiczy, S. Wende – von Berg, E. Kämpf, B. Ernst, S. Schmidt, F. Wirtz, M. Braun (DEU)
- 43. September 2017: ISGAN Public Workshop “Building the flexible power systems. From analog to digital, from lorry to EV, from customers to prosumers” PVPS presentation by R. Bründlinger (OA) <http://www.energyville.be/en/evenement/isgan-workshop-building-flexible-power-systems>

Solar Integration Workshop, 24-25. Oct., Berlin: <http://solarintegrationworkshop.org/>

- 44. Remuneration of controllable reactive power inside so far free of charge ranges: Cost-Benefit Analysis, Erika Kaempf, Martin Braun, Haonan Wang, Bernhard Ernst (DEU)

In October 2017, Task 14 contributed presentations to the 2017 Wind Integration Workshop (WIW2017), Berlin, October 25, 2017 <http://windintegrationworkshop.org/>

- 45. SESSION 2B – IEA TASK 14 AND TASK 25: RECOMMENDED PRACTICES FOR WIND /PV INTEGRATION STUDIES
- 46. “Getting Wind and Solar onto the Grid – An IEA Manual for Policy Makers”, S. Mueller, P. Vithayasrichareon (International Energy Agency, France)
- 47. “Recommendations for Wind and Solar Integration Studies”, H. Holttinen, J. Kiviluoma (VTT, Finland), T. K. Vrana (SINTEF, Norway), E. Neau (EdF, France), D. Flynn, J. Dillon (UCD, Ireland), L. Söder (KTH Royal Institute of Technology, Sweden), N. Cutululis (DTU, Denmark), B. Mather, B.-M. Hodge (National Renewable Energy Laboratory – NREL, USA), K. Ogimoto (University of Tokyo, Japan), J. C. Smith (UVIG, USA) -> Joint paper between IEA PVPS Task 14 and IEA Wind Task 25
- 48. “IEA PVPS Recommended Practices for Wind/PV Integration Studies – Focus on PV Integration” presented by K. Ogimoto (University of Tokyo, Japan)
- 49. Transmission Grid and System Dynamics: Recommended Practices for Wind/PV Integration Studies”, D. Flynn (University College Dublin, Ireland), H. Holttinen (VTT, Finland)

## 2018

April 2018: 4th International Sustainable Energy Summit (ISES) 2018, Kuching, Malaysia, 10.-11. April 2018- Deep Dive Workshop 1: Integrating Large Scale Distributed Solar PV Systems to the Grid (<http://www.ises.gov.my/>)

50. Grid Codes as the basis for the sustainable large-scale integration of Solar PV, R. Bründlinger

Juni 2018: 7th World conference on Photovoltaic Energy Conversion, Hawaii, USA (WCPEC-7), 10-15 June, 2018, <http://www.wcpec7.org/WCPEC-7/index.php>

51. Self-consumption of electricity produced from PV systems in apartment Buildings - Comparison of the situation in Australia, Austria, Denmark, Germany, Greece, Italy, Spain, Switzerland and the USA, A.J. Waldau, C. Mayr, et.al.

September 2018: SWISS OUTREACH EVENT Presentation of the IEA PVPS, 7. Sept. 2018

52. IEA PVPS Task 14, From High Penetration in Electricity Grids to Solar PV as major source in the 100% RES Power System, R. Bründlinger (OA)

Oktober 2018: internationale Konferenz "2018 Wind Integration Workshop" in Stockholm (<http://windintegrationworkshop.org/>). SESSION 2A – Joint session of IEA Wind Task 25 & PV integration Task 14: highlights and trends from international collaboration on solar and wind integration

53. Introduction: Summary of Wind and Solar Integration Study Results –IEA WIND Task 25 and IEA PVPS Task 14 Collaboration

54. Country Highlights and Trends on Solar and Wind Integration – Country experts from - USA (B.-M. Hodge, NREL), Japan (Y. Ueda, Tokyo University of Science), Denmark (A. Orths/P. Borre Eriksen – Energinet dk, Denmark),- Portugal (A. Estanqueiro – LNEG, Portugal)

55. Coordination between Distribution Network and Transmission Network Operation – Relevance for Solar and Wind Integration, IEA-PVPS Task 14

Oktober 2018: internationale Konferenz "2018 Solar Integration Workshop" in Stockholm (<http://solarintegrationworkshop.org/>)

56. Implementation of the European Network Code on Requirements for Generators on the European national level - Current Status - Trends and Challenges, R. Bründlinger, G. Arnold, N. Schäfer, T. Schaupp, G. Graditi, G. Adinolfi

## 6.2 Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Abbildung 1: Struktur des Arbeitsplanes und Organisation des IEA-PVPS Task 14</b> .....                                                                             | 12 |
| Abbildung 2 Übersicht über die im Rahmen des IEA-PVPS Task 14 organisierten Workshops und Konferenzsessions .....                                                      | 15 |
| Abbildung 3 Task 14 Empfehlung für den Aufbau der Anforderungen an dezentrale Erzeugungsanlagen und Leistungsumrichter für Photovoltaik Quelle: IEA-PVPS Task 14 ..... | 22 |
| Abbildung 5 Entwicklungspfad der Photovoltaik im zukünftigen Smart Grid Quelle: IEA-PVPS Task 14 .....                                                                 | 23 |

## 6.3 Tabellenverzeichnis

|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1 Am IEA-PVPS Task 14 teilnehmende Länder und Institutionen im Projektzeitraum.....                                                                                                                                                                                       | 9  |
| Tabelle 2 Task 14 Definition der Zusatzfunktionen von Wechselrichtern zur Netzstützung und Netzintegration und Vergleich mit der IEC Definition.....                                                                                                                              | 20 |
| Tabelle 3 Übersicht der Anforderungen an intelligente Leistungsumrichter in aktuellen Europäischen und nationalen Netzanschlussrichtlinien für unterschiedliche Anlagengrößen und Netzebenen (oben: Niederspannungs-, unten: Mittelspannungsnetze) Quelle: IEA-PVPS Task 14 ..... | 21 |

## 6.4 Abkürzungsverzeichnis

|          |                                                             |
|----------|-------------------------------------------------------------|
| AIT      | Austrian Institute of Technology                            |
| BMVIT    | Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie   |
| CEER     | Council of European Energy Regulators                       |
| DG       | Distributed Generation                                      |
| DSO      | Distribution System Operator                                |
| EERA     | European Energy Research Alliance                           |
| ExCo     | Executive Committee                                         |
| ICT      | Information and Communication Technology                    |
| IEA      | Internationale Energieagentur                               |
| PVPS     | Photovoltaic Power Systems (Photovoltaische Energiesysteme) |
| SET Plan | Strategic Energy Technology Plan                            |
| TCP      | Technology Collaboration Programme                          |
| TPPV     | Technologieplattform Photovoltaik Österreich                |
| TSO      | Transmission System Operator                                |
| ÜNB      | Übertragungsnetzbetreiber                                   |
| VNB      | Verteilnetzbetreiber                                        |

## 7 Anhang

### 7.1 Task 14 Flyer

IEA INTERNATIONAL ENERGY AGENCY  
 PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS PROGRAMME

**Participants (October 2015):**

|             |                                                                                                                                              |
|-------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Austria     | • AIT Austrian Institute of Technology GmbH (Operating Agents)                                                                               |
| Australia   | • University of New South Wales UNSW, CSIRO, Sydney                                                                                          |
| Belgium     | • 3E nv/sa, Brussels (3E))<br>• KTI Leuven<br>• SolarPowerEurope                                                                             |
| Canada      | • CanSIA<br>• Schneider Electric                                                                                                             |
| China       | • Institute of Electrical Engineering (IEE)<br>Chinese Academy of Sciences (CAS)                                                             |
| Denmark     | • Kenergy                                                                                                                                    |
| Germany     | • Fraunhofer IWES<br>• SMA                                                                                                                   |
| Israel      | • Israel Electric Power<br>Substation Planning Division                                                                                      |
| Italy       | • ENEA - Portici Research Centre<br>• JRC-Joint Research Centre<br>• GSE, Gestore del Sistema Energetico<br>• RSE, Ricerca Sistema Elettrico |
| Japan       | • The University of Tokyo, NEDO                                                                                                              |
| Malaysia    | • SEDA Sustainable Energy Development Authority of Malaysia                                                                                  |
| Portugal    | • EDP Inovação, S.A.                                                                                                                         |
| Spain       | • Universidad Carlos III de Madrid                                                                                                           |
| Sweden      | • ABB Corporate Research                                                                                                                     |
| Switzerland | • PLANAIR SA<br>• MeteoSwiss<br>• Sphulink<br>• Basler & Hofmann                                                                             |
| USA         | • NREL National Renewable Energy Laboratory                                                                                                  |








**For more information on IEA PVPS Task 14 please contact:**

**Christoph Mayr**  
 AIT Austrian Institute of Technology GmbH  
 Giefinggasse 2  
 A-1210 Vienna, Austria  
 Tel: +43 50550-6633  
[christoph.mayr@ait.ac.at](mailto:christoph.mayr@ait.ac.at)

**Roland Bründlinger**  
 AIT Austrian Institute of Technology GmbH  
 Giefinggasse 2  
 A-1210 Vienna, Austria  
 Tel: +43 50550-6351  
[roland.brundlinger@ait.ac.at](mailto:roland.brundlinger@ait.ac.at)

[www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org)

**International Energy Agency**  
 Photovoltaic Power Systems Programme

**Task 14: High Penetration PV in Electricity Grids**

 IEA INTERNATIONAL ENERGY AGENCY  
 PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS PROGRAMME
 

**Targets and Mission of Task 14**

Task 14 targets to enhance the international collaborative efforts which facilitate the role of photovoltaic solar energy as a cornerstone in the transition to sustainable energy systems.

Due to the massively growing penetration levels and the increasing PV grid-integration all around the world Task 14 addresses, during its second phase, new approaches for an optimized grid planning supported by ICT based control concepts. The main goal is to promote the use of grid connected PV as an important source in electric power systems on a high penetration level, striving to integrate the dispersed generators in an optimum manner.

Solutions for technical barriers are developed, considering gaps or inadequacies in the regulatory and organisational framework, and electricity market aspects. In an intensive co-operation with suppliers, industrial partners and other stakeholders, existing rules-of-thumb and practices are checked with respect to their validity with high-penetration PV. In addition, options to integrate PV systems into energy management and system control of electricity grids are investigated.

Thus, the role of PV in a future Smart Grid is discussed and opportunities are provided to integrate PV for local as well as system-wide use.

Task 14 addresses both interconnected electricity systems consisting of local distribution grids and wide-scale transmission grids.

**Task 14 Subtasks**

1. Cross-Cutting Subtask: Market implications with high PV Penetration
2. Subtask 1: Energy management with high PV penetration
3. Subtask 2: High penetration PV in local distribution grids
4. Subtask 3: High penetration solutions for central PV generation scenarios
5. Subtask 4: Smart power converters for high penetration PV and Smart Grids
6. Subtask 5: Communication and control for high penetration of PV

**Task 14 Reports and Results**

- PV and Solar Forecasting State of the Art (2013)
- High Penetration of PV in Local Distribution Grids (2014)
- Transition from Uni-Directional to Bi-Directional Distribution Grids (2014)
- Power System Operation and Augmentation Planning with PV Integration (2014)
- Characterization of the Spatio-temporal Variations and Ramp Rates of Solar Radiation and PV (2015)
- Task 14 Utility Workshops (since 2011)

**All Downloads are available at:**  
[www.iea-pvps.org](http://www.iea-pvps.org)

**Task 14 Benefit for National Stakeholders**

IEA-PVPS is a networking initiative which allows national stakeholders an insight into important international expert activities. They are allowed to access the most recent technological findings, and, on the other hand, to make outstanding national research results visible on an international scale. The integration of national PV industries, grid operators and other important players allows to exploit the international findings for the benefit of the national markets.

**Task 14 - Synergies with other PVPS tasks**

Interaction with other tasks focus on Task 1 "Exchange and dissemination of information on PV power systems" regarding the development and implementation of policies focused on grid connected PV. The impact of high penetration on transmission grids is related to Task 8 "Study on very large photovoltaic power generation systems". A joint workshop was organised in May 2015 in Vienna together with the IEA ISGAN Annex 5 Smart Grids International Research Facility Network (SIRFN) group on 'Integration of Renewables and the Power Transmission and Distribution Interaction'.

**Task 14 provides you with**

- Access to a unique international network of experts
- Participation in international workshops
- Access to reports and latest findings of high relevance

## 7.2 Task 14 Poster

IEA INTERNATIONAL ENERGY AGENCY

PHOTOVOLTAIC POWER SYSTEMS PROGRAMME



### Bringing Together International Research On High Penetration PV In Electricity Grids – The Task 14 Of The IEA-PVPS Programme

#### TASK 14 Work and Approach

As PV continues to expand its share of the global electricity generation mix, it becomes increasingly important to understand the key technical challenges facing high penetrations of PV within power systems. Key issues include the variable and somewhat unpredictable nature of PV generation, the power electronics interconnection between PV and the grid and its location within areas of the electricity network typically designed only for supplying loads. Power system protection, quality of supply, reliability and security may all be impacted as penetrations increase.

Overcoming these technical challenges will be critical to facilitating major PV deployment that extends from serving local loads to becoming a significant part of the overall generation mix. Such deployment will require that PV be fully integrated into power system operations and planning processes. The challenge has many shared as well as context specific aspects across the electricity industries of the world. Much can be learned from international cooperation and information sharing, hence this new IEA task.



Integration of PV in electricity grids



2 MW PV system at U.S. Army Fort Carson, NREL Photographic Information exchange

Task 14 investigates on issues relating to the role of PV in the future electricity supply system by international collaboration, particular facing future high-penetration scenarios, which are now becoming reality in a number of locations around the globe. The work program is organized into five main subtasks and one cross-cutting activity.



IEA PVPS Task 14 Planned work

#### Market implications with High PV Penetration:

The scope is to discuss aspects related to market design with High PV Penetration as a cross cutting activity among all subtask.

#### Energy management with high PV penetration: Planair (CHE)

This subtask will show and determine how with optimized local energy management, PV penetration level can be improved in grid connected commercial and industry customers.

#### High penetration PV in local distribution grids: IWES (DEU)

This subtask addresses the identification and interpretation of the role of PV in distribution grids and includes analyses of the future capabilities of distribution grid to transmission system for high PV-penetration scenarios.

#### High penetration solutions for central PV generation scenarios: Univ. Tokyo (JPN)

PV integration into power systems from the total power system view point, based on identification of future flexibility resources for flexible transmission system operation.

#### Smart power converters for high penetration PV and Smart Grids: AIT (AUT)

Addressing the inverter technology, technical requirements and standards, and system integration aspects for successful smart integration of a high penetration of PV.

#### Communication and control for High Pen PV: HS ULM (DEU), SERIS (SGP)

Analysis of appropriate control strategies and communication technologies to integrate a high number of distributed PV in smart electricity networks.

PVPS

#### JOIN US!

- Join one or more of our Subtask activities
- Attend Task 14 meetings (organized twice a year)
- Check out our web-site  
[www.iea-pvps.org/tasks/task14.htm](http://www.iea-pvps.org/tasks/task14.htm)

#### CONTACT THE OPERATING AGENTS

- Christoph Mayr [christoph.mayr@ait.ac.at](mailto:christoph.mayr@ait.ac.at)
- Roland Bründlinger [roland.brundlinger@ait.ac.at](mailto:roland.brundlinger@ait.ac.at)

Operating agents are supported by



IEA PVPS Task 14 Experts

