

IEA Solares Heizen und Kühlen (SHC) Photovoltaik-Thermie (PVT) Task 60: Anwendungen von Solar/Hybrid- Kollektoren und neue Anwendungsfelder

T. Ramschak, A. Resch

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

8/2022

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

Impressum

Medieninhaber, Verleger und Herausgeber:
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Interimistischer Leiter: DI Theodor Zillner

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 Solares Heizen und Kühlen (SHC) Photovoltaik-Thermie (PVT) Task 60: Anwendungen von Solar/Hybrid- Kollektoren und neue Anwendungsfelder

DI Thomas Ramschak
AEE – Institut für Nachhaltige Technologien

Alois Resch MSc
FH Oberösterreich

Gleisdorf, Juli 2021

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



des Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Vorbemerkung

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

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

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

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

DI Theodor Zillner

Interimistischer Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Inhaltsverzeichnis

1	Kurzfassung	6
2	Abstract	7
3	Ausgangslage	8
4	Projekthalt	11
	4.1. Darstellung des gesamten Kooperationsprojektes	11
	4.2. Ziele der nationalen Kooperation	14
5	Ergebnisse	15
	5.1. Marktanalyse	15
	5.2. PVT-Systeme	21
	5.2.1. Case Study - ECOMESH 1	23
	5.3. Key Performance Indikatoren für PVT-Kollektoren	26
	5.4. Numerische Simulationswerkzeuge für PVT-Kollektoren und Systeme	27
	5.5. Förderungen für PVT-Kollektoren.....	28
	5.6. Weiterführende Informationen	29
	IEA SHC Task 60 – Technology Position Paper	29
6	Vernetzung und Ergebnistransfer	30
	6.1. Zielgruppe für die Verbreitung der Projektergebnisse	30
	6.2. Einbindung relevanter Stakeholder in das Projekt	30
	6.3. Relevanz und Nutzen der Projektergebnisse	31
7	Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen	32
8	Verzeichnisse	34
	8.1. Abbildungsverzeichnis	34
	8.2. Tabellenverzeichnis.....	34
	8.3. Literaturverzeichnis	35

1 Kurzfassung

Fortschritt in energierelevanten Technologien ist von großer Bedeutung zur Erreichung kollektiver Ziele der Energiesicherheit, Umweltschutz und ökonomischer und sozialer Entwicklungen. Die Beteiligung am Implementing Agreement IEA-SHC Task 60 – PVT Systems erlaubt es österreichischen Stakeholder:innen auf internationalem Niveau Kooperationen zu knüpfen, Projekte durchzuführen und F&E Leistungen im Bereich solarer Umwandlungstechnologien und Systeme anzubieten. Die Teilnahme erlaubt den Zugang zu wertvollem Knowhow sowie eine erhöhte Sichtbarkeit im internationalen Umfeld.

Ziele und Methoden

Hauptziel für das nationale Konsortium war die Einbindung österreichischer Forschungseinrichtungen in das internationale Netzwerk sowie die Partizipation an der Bewertung bestehender Systemlösungen und die Entwicklung neuer Systemlösungsprinzipien, bei denen die PVT-Technologie Vorteile gegenüber klassischen "Side by Side-Installationen" von solarthermischen Kollektoren und PV-Modulen bietet. Die österreichische Beteiligung umfasst die Erfassung bisheriger PVT-Systeme am Markt, optimales Design, Monitoring und Dokumentation von PVT Systemen, die Mitwirkung bei der Definition von Key Performance Indikatoren und Bewertungsmethoden für PVT-Systeme sowie die Analyse von Förderumgebungen von PVT-Kollektoren/-Systemen.

Auf internationaler Ebene wurde eine Verbesserung der Zusammenarbeit angestrebt, um den bestmöglichen Aufbau von technologischem und wirtschaftlichem Knowhow zu ermöglichen. Durch enge Kooperationen von österreichischen Forschungsinstitutionen, Unternehmen und Branchenverbänden soll ein optimaler Transfer und die ideale Nutzbarmachung der Ergebnisse erreicht werden.

Ergebnisse und Erkenntnisse:

Durch die Sammlung und Aufbereitung von Beiträgen von den teilnehmenden Nationen konnte eine breite Wissensbasis über verfügbare PVT-Technologien und den aktuellen Stand der Technik aufgebaut werden. Ebenso wurde einerseits eine Vielzahl von bereits umgesetzten PVT-Systemen mit detaillierten technischen sowie wirtschaftlichen Beschreibungen erhoben und andererseits die globale Entwicklung anhand von jährlichen Marktstudien aufgezeigt. Durch deren Analysen konnte nicht nur der Markt charakterisiert, sondern auch Hauptanwendungen für PVT-Kollektoren identifiziert werden. Auch im Bereich der Zertifizierung, Modellierung und Bewertung wurden auf Basis von nationalen Beiträgen sowohl Hürden aber auch Chancen und Empfehlungen für die Technologieanbieter:innen, wissenschaftliche Community, interessierte Öffentlichkeit abgeleitet.

Das gewonnene Knowhow wurde auf nationaler Ebene durch Industrieworkshops, Vorträge/Webinare und Publikationen verbreitet. Auf internationaler Ebene konnte die Sichtbarkeit des Forschungsstandorts Österreich durch die enge Zusammenarbeit und den Wissenstransfer gestärkt werden.

2 Abstract

Progress in energy-relevant technologies is of great importance for achieving the collective goals of energy security, environmental protection and economic and social development. Participation in the Implementing Agreement IEA-SHC task 60 – PVT Systems allows Austrian stakeholders to establish cooperation at an international level, to carry out projects and to offer R&D services in the field of photovoltaic thermal technologies and systems. Participation allows access to valuable know-how as well as increased visibility in the international environment.

Goals and methods

The main objective for the national consortium was the integration of Austrian research institutions into the international network and the participation in the assessment of existing system solutions and the development of new system solutions principles in which the PVT technology offers advantages over classical “side by side installations” of solar thermal collectors and PV modules. The Austrian participation includes the survey of existing PVT systems on the market, optimal design, monitoring of PVT systems, the establishment of key performance indicators, the development and improvement of test procedures for PVT collectors, the cooperation on evaluation methods for PVT systems and the analysis of subsidy possibilities for PVT systems for a selection of different countries all over the world.

At the international level, the aim was to improve cooperation to increase knowledge about the technical and economic potential. Close cooperation between Austrian research institutions, companies and industry associations is intended to achieve optimum transfer and ideal utilization of the results.

Results and findings

Through the collection and preparation of contributions from the participating nations, a broad knowledge base has been built on available PVT technologies and the current state of the art. Also, a large number of already implemented PVT systems with detailed technical as well as economic descriptions were collected on the one hand, and on the other hand, the global development has been highlighted on the basis of yearly market studies. Through data gathering not only the market has been characterized, but also the main applications for PVT collectors have been identified. Also, in the field of certification, modeling, and evaluation, based on national contributions, hurdles but also opportunities and recommendations for the technology providers, scientific community and the interested public were derived.

The know-how gained was disseminated at national level through industry workshops, lectures/webinars and publications. At the international level, the visibility of Austria as a research location was strengthened by close cooperation and knowledge transfer.

3 Ausgangslage

Derzeit etablierte Strukturen in der weltweiten Energieinfrastruktur sind nicht nachhaltig – aus ökonomischer, ökologischer und sozialer Perspektive. Ohne rasches Handeln werden sich die Kohlenstoffemissionen bis zum Jahr 2050 verdoppeln, mit negativen Folgen für das Klima und die Abhängigkeit von erdölfördernder Politik. Internationale Bestrebungen visieren eine Energie-Revolution an, in welcher Erneuerbare Energien eine zentrale Rolle einnehmen. Dabei steht die erneuerbare Energieversorgung mit Wärme und mit Strom gleichermaßen im Fokus.

Die Kombination von Photovoltaik und Solarthermie in Kollektoren oder Systemen, die gleichzeitig Strom und Wärme produzieren können, werden als PVT-Kollektoren bzw. PVT-Systeme bezeichnet. Bei PVT-Kollektoren und PVT-Systemen werden Photovoltaik und Solarthermie zu einer Komponente verschmolzen bzw. zu einem Gesamtsystem integriert. Die PVT-Technologie ist daher überall dort interessant, wo gleichzeitig Wärme und Strom benötigt werden und eine integrierte Sichtweise Vorteile gegenüber Einzellösungen bringt. Das große Potential von PVT ergibt sich aus dem anhaltenden und wirkungsvollen Trend, von Einzelkomponenten und -systemen zu integrierten Komponenten und Gesamtsystemen überzugehen und Erzeugung, Speicherung und Verbrauch von Strom und Wärme gleichzeitig zu optimieren.¹ Dadurch tun sich überall neue Anwendungsfelder für die PVT-Technologie auf, wie die Kombination mit Wärmepumpen oder gebäude- und fassadenintegrierte PVT.

PVT-Kollektoren

PV-Module können je nach Betriebszustand etwa 5 bis 20% der eintreffenden Sonnenstrahlung in Elektrizität umsetzen. Der nicht reflektierte Teil der Sonnenstrahlung wird in Wärme umgesetzt, was zu Temperaturen der Module von bis zu 50 Kelvin über der Umgebungstemperatur führen kann. Dies hat einen Wirkungsgradverlust bei den PV-Zellen zur Folge (ca. 0,4% pro Kelvin für monokristalline Siliziumzellen) und kann zusätzlich die Lebensdauer der Module verringern². Durch aktive oder passive Kühlung kann der PV-Ertrag entscheidend gesteigert werden. Bei PVT-Kollektoren werden die PV-Module gekühlt und die dadurch gewonnene Wärme durch einen Wärmeträger abgeführt, wodurch die elektrische Effizienz gesteigert und gleichzeitig Wärme bereitgestellt wird.

Die ersten PVT-Kollektoren waren flüssigkeitsgeführte, unabgedeckte, nichtkonzentrierende Kollektoren, welche heute nach wie vor die vorherrschende Technologie darstellen. Zusätzlich sind abgedeckte PVT-Flachkollektoren mit Solarflüssigkeit oder Luft als Wärmeträger sowie doppelt-abgedeckte PVT-Flachkollektoren mit zusätzlicher Wärmedämmung am Markt. Konzentrierende Kollektoren (C-PVT – Concentrated PVT) – zur Senkung der Kosten für die Solarzellen und zur Minimierung der Wärmeverluste – genießen in den letzten Jahren verstärkte Aufmerksamkeit. Für die PV-Module wird monokristallines, polykristallines oder amorphes Silizium eingesetzt.³

¹ Daniel Zenhäusern, Evelyn Bamberger, und Aleksis Baggenstos (2017): "PVT Wrap-Up. Energiesysteme mit Photovoltaisch-Thermischen Sonnenkollektoren. Schlussbericht, 31. März 2017", Bern: Energie Schweiz, Bundesamt für Energie BFE

² T.T. Chow (2010): "A Review on Photovoltaic/Thermal Hybrid Solar Technology", Applied Energy 87 (2), 365–79

³ Corry de Keizer, Jeffrey Bottes, Minne de Jong (2017): PVT inSHaPe benchmark 2017

Vorteile der PVT-Technologie, Anwendungsgebiete und Verbreitung von PVT-Systemen

Neben der höheren elektrischen Effizienz und der gleichzeitigen Wärmebereitstellung liegen die Vorteile der PVT-Technologie gegenüber einer getrennten Bereitstellung von Strom und Wärme in einer besseren Flächeneffizienz, d.h. einem höheren Strom- bzw. Wärmeertrag pro Quadratmeter im Vergleich zur Zwei-System-Lösung, in der Senkung der Installationskosten durch die Bündelung eines thermischen und elektrischen Kollektors in einer Komponente, einer einheitlichen Ästhetik (vor allem bei der Gebäude- und Fassadenintegration) und Möglichkeiten zur Kosteneinsparung im Gesamtsystem. Die PVT-Technologie kann bei entsprechendem Systemdesign neben der Heizung auch zur Kühlung eingesetzt werden.⁴

Die Wärmebereitstellung von PVT erfolgt auf niedrigem Temperaturniveau, um eine gute elektrische Effizienz zu gewährleisten. Typische Anwendungsfälle für PVT-Systeme sind daher die Verwendung der Wärme als Quelle für die Wärmepumpe (bei gleichzeitiger Verwendung des Stroms zum Antrieb der Wärmepumpe), die Regeneration von Erdwärmesonden und Eisspeichern, Betonkernaktivierung (zum Heizen und Kühlen), Warmwasser-Vorwärmung, Niedertemperaturheizungen sowie Schwimmbaderwärmung. Anwendungen gibt es auch in industriellen Prozessen, beispielsweise zur Direkt-Trocknung von Hackgut oder für Gewächshäuser. PVT-Kollektoren kommen zudem bei Niedertemperaturnetzen (Anergienetze bzw. „kalte Fernwärme“) zum Einsatz. Neben Anlagen für die Wärmebereitstellung wird die Anwendung des solaren Kühlens immer wichtiger. Interessante neue Anwendungsfälle sind gebäude- oder fassadenintegrierte PVT (BiPV – Building integrated Photovoltaic und FiPV – Fassade integrated PV). Der Großteil der Anwendungen war bisher im Einfamilienhausbereich. Zunehmend gibt es auch Anwendungen im Geschoßwohnbau oder für gewerbliche Nutzungen (Hotels, Spitäler). Auch erste PVT-Großanlagen werden realisiert.⁵

Trotz dem großen Potential ist die Verbreitung von PVT-Systemen bisher gering. In Österreich wurden PVT-Kollektoren im Jahr 2016 erstmals in der Solarthermie-Statistik erfasst. Im Jahr 2020 wurden 1.309 m² PVT Kollektoren mit einer thermischen Leistung von 730 kW_{th} und einer elektrischen Leistung von 238 kW_{peak} in Österreich produziert. 72% der Produktion wurden exportiert (vornehmlich in die Schweiz, Deutschland und nach Italien). 370 m² PVT-Kollektoren mit einer thermischen Leistung von 199 kW_{th} und einer elektrischen Leistung von 61 kW_{peak} wurden in Österreich installiert.⁶

Neben spezifischen Produktentwicklungen liegt heute der Fokus der Forschungsaktivitäten vor allem auf Systemlösungen und der Systemintegration sowie einer Produktstandardisierung. Systemlösungen und Systemintegration sind derzeit erst ungenügend erforscht und weisen oft eine einseitige Fokussierung auf die Strom- oder Wärmeseite auf, sodass die PVT Technologie ihr Potential nicht voll ausspielen kann. Derzeit gibt es keine einheitlichen Testverfahren für PVT Produkte und keine einheitlichen Bewertungsschemata und Monitoring-Methoden für PVT Systeme. Dies führt dazu, dass PVT Produkte und Systeme nicht aussagekräftig vergleichbar sind und harmonisierte, systematische Monitoring-Ergebnisse von PVT Systemen bisher nicht vorhanden sind. Auf PVT Systeme zugeschnittene Simulationsprogramme sind bisher nur in ungenügendem Maße vorhanden. Zudem gibt es derzeit nur vereinzelte spezifische Förderinstrumente für PVT-Systeme. Bei diesen

⁴ Manuel Lämmle (2018), „Thermal Management of PVT Collectors“ Dissertation Universität Freiburg

⁵ JC Hadorn (2020), „IEA SHC Task 60 – Technology Position Paper“; IEA-Solar Heating & Cooling Programme

⁶ P. Biermayr et.al (2021): „Innovative Energietechnologien in Österreich – Marktentwicklung 2020“ Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Kernthemen setzt der neue IEA SHC Task an, um damit entscheidende Schritte zur Realisierung des Marktpotentials der PVT-Technologie zu setzen.

4 Projektinhalt

4.1. Darstellung des gesamten Kooperationsprojektes

Vor diesem Hintergrund wurde mit dem IEA SHC Task 60 (Application of PVT Collectors) eine internationale Forschungsk Kooperation initiiert, mit dem Ziel, existierende Anwendungen zu identifizieren, zu bewerten und potentielle Systemlösungen aufzuzeigen, wo die PVT Technologie klare Vorteile gegenüber der getrennten Installation von PV-Modulen und Solarthermie-Kollektoren hat. In Analogie sollen ihre Vorteile und die derzeitigen Hindernisse für eine breite Marktakzeptanz aufgezeigt werden.

Zwei aktuelle Entwicklungen, die in diese Richtung Einfluss haben, seien hier erwähnt:

1. Starkes und zunehmendes Interesse an gebäudeintegrierter PV (BIPV) und fassadenintegrierter PV nicht nur in Bürogebäuden, sondern auch in Wohngebäuden, wo Strom und Wärme benötigt werden.
2. Die positive Entwicklung von Wärmepumpen eröffnet viele weitere Möglichkeiten, welche die niedrige Exergie-Wärmequelle der ungedeckten PVT-Kollektoren zu nutzen vermag und die Energiekosten für Nutzer:innen senkt.

Die spezifischen Ziele der internationalen Kooperation waren:

- Erarbeitung eines Überblicks über den aktuellen (2018-2020) Stand der PVT-Technologie weltweit
- Sammlung von Ergebnissen und Betriebserfahrungen, die mit umgesetzten Systemen gemacht wurden, in denen PVT-Kollektoren integriert sind
- Verbesserung der Prüfung, Modellierung und angemessene technische Charakterisierung von PVT-Kollektoren, um die korrekte Einbeziehung der PVT-Technologie in Simulationsprogramme und Planungswerkzeuge zu verbessern bzw. zu vereinfachen
- Alle Arten von PVT-Kollektoren ansprechen, da die aktuellen Märkte keine klare Auswahl getroffen haben
- Identifizierung weitere typischer PVT-Anwendungen neben den beiden bekannten Anwendungen, d. h. Regeneration von Erdspeichern und Vorwärmung von Warmwasser für Mehrfamilienhäuser
- Erhöhen des Bewusstseins für PVT und Unterstützung des "Re-starts" der PVT-Industrie

Die internationale Task-Organisation ist in der folgenden Abbildung dargestellt und beinhaltet und adressiert dabei folgenden Subtasks:⁷

- Subtask A: PVT Systems in Operation
 - A1: Bestandsaufnahme und Informationsdatenblatt zu bestehenden PVT-Systemen und Lösungen auf dem Markt. Bei dieser Aktivität wurden alle verfügbaren Projekte innerhalb sowie außerhalb des Tasks erfasst und mit dem gleichen Format auf einem Datenblatt beschrieben.
 - A2: Vergleich der Systeme im Hinblick auf technische und wirtschaftliche Überlegungen (mit Subtask D). In dieser Aktivität wurden Lösungen für jedes Segment und jede Größe mit den Kriterien verglichen, die von den Task-Teilnehmer:innen oder Autor:innen eingebracht wurden.
 - A3: Umfassende Empfehlungen für Verbesserungen zukünftiger PVT-Systeme. Diese Aktivität zeigte Best Practices und Empfehlungen für zukünftige Anlagen mit PVT-Kollektoren, damit die Leistungen (bzgl. Energie und Wirtschaftlichkeit) für Neueinsteiger:innen in die Technologie verbessert werden können.
- Subtask B: PVT performance Characterization
 - B1: Beschreiben einer standardisierten Methode zur Prüfung aller Arten von PVT-Kollektoren (Wasser, Luft, konzentriert, ...) und Darstellung der Kollektor-Kennlinien, basierend auf bestehenden oder neuen Normen.
 - B2: Berücksichtigen von Gleichungen und Methoden zur Prüfung des Tages- und Nachtbetriebs von PVT-Kollektoren. Tag- und Nachtbetrieb sind unterschiedlich, besonders wenn PVT mit einer Wärmepumpe verwendet werden. Der Tagesbetrieb wird durch die Sonneneinstrahlung beeinflusst und der Nachtbetrieb durch mögliche Taupunktunterschreitungen. Die Methoden zur Prüfung von PVT-Kollektoren sollten analysiert und Lücken für den Marktbedarf identifiziert werden.
 - B3: Entwicklung von Definitionen für den Wirkungsgrad von PVT-Anlagen. PVT erzeugt Wärme und Strom. Definitionen sind klar zu formulieren, welche Aspekte in welcher Form unter "Wirkungsgrad einer Komponente" und "Wirkungsgrad einer PVT-Anlage" zu berücksichtigen sind, damit Vergleiche möglich und die Berichterstattung über Standorte und Jahre hinweg konsistent wird.
 - B4: Konstruktionsrichtlinien. Die Richtlinien zur besseren Auslegung eines PVT-Kollektors bzw. eines Systems mit PVT Kollektoren werden von der Industrie begrüßt, um Fehler zu vermeiden und um zuverlässigere und kostengünstigere Produkte anzubieten.
- Subtask C: PVT Modeling
 - C1: Numerische Simulationswerkzeuge für die Simulation von PVT-Kollektoren: Bei den vorherrschenden PVT-Kollektormodellen bestehen Lücken, die neue Modelle bzw. Modellverbesserungen benötigen.
 - C2: Numerische Simulationstools für die Simulation von PVT-Systemen. Zur Analyse von PVT Systemen benötigt es Werkzeuge und Möglichkeiten, die Ergebnisse in einer konsistenten und vergleichenden Weise ermöglichen.
 - C3: Simulation bestehender PVT-Systeme und Validierung der Simulationswerkzeuge.

⁷ Jean-Christophe Hadorn (2018), Switzerland: PVT Systems – Applications of PVT collectors and new solutions in HVAC systems; Workplan, www.task60.iea-shc.org, abgerufen 10.02.2022

- C4: Durchführung von Sensitivitätsanalysen an simulierten Systemen, um optimale Lösungen, Anwendungen und Kontrollstrategien zu identifizieren.
- Subtask D: System Design Examples / Dissemination and market support
 - D1: Definition und Methodik zur Leistungsbewertung von PVT-Systemen anhand von KPIs. In dieser Aktivität müssen Kriterien zum Vergleich und zur Bewertung verschiedener Ausführungen aufgestellt werden. Sie müssen relevant für die Marktbedürfnisse und quantifizierbar sein.
 - D2: Anwendung der Methodik zur Bewertung von PVT-Systemen aus Subtask A.
 - D3: Analyse von Steuerungsstrategien für PVT-Systeme und Ableiten von Empfehlungen an die Industrie.
 - D4: Vorbereiten und Leiten von Industrie-Workshops. Einbindung von lokalen Industrien und Planer:innen, um Erfahrungen und Wissen auszutauschen.
 - D5: Vorbereitung der Dokumentation für Industrie und Markt und Verbreitung der Dokumentation und der Task-Ergebnisse im Verlauf des Tasks.

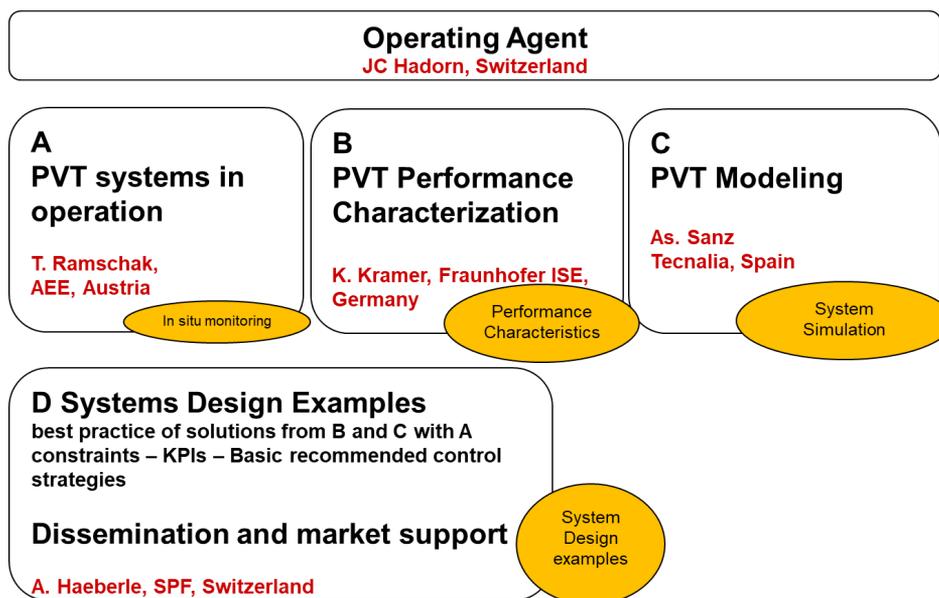


Abbildung 1: Organisation Task

Die Task-Manager waren Thomas Ramschak (AEE INTEC-AT Subtask A); Korbinian Kramer (Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE – DE Subtask B); Asier Sanz Martinez (TECNALIA – ES Subtask C) und Andreas Häberle (Institute for Solar Technologies SPF – CH Subtask D). Geleitet wurde der Task durch Jean Christoph Hadorn (Solar Energies & Strategies – CH Operating Agent).

Das internationale Projektkonsortium setzte sich aus Teilnehmer:innen aus EU-Staaten, Australien, Kanada und England zusammen:

Österreich: AEE - Institut für Nachhaltige Technologien (AEE INTEC), FH OÖ Forschungs & Entwicklungs GmbH

Australien: Sunovate

Kanada: Trigo Energies Inc., Matrix Energy Inc.

Dänemark: DTU BYG

Frankreich: CESP Univ. Perpignan, DualSun

Deutschland: Fraunhofer ISE, HTW Berlin, Inst. Solarenergieforschung GmbH, Univ. Saarbrücken, easy-Int, SunOyster, ZAE Bayern e.V., HTW Saarland

Italien: Università di Catania, Univ. Bologna

Niederlande: SEAC-TNO, BDR Thermea BV, Eindhoven Univ. of Tech., Solarus Sunpower

Spanien: Abora Solar, University of Zaragoza, EndeF Engineering

Schweden: Univ. Gävle

Schweiz: Solar Energies & Strategies, ZHAW, SPF

United Kongdom: Solar Speedflex co Ltd, Naked energy

Das nationale Konsortium bestand aus zwei Partnern, der AEE – Institut für nachhaltige Technologien (AEE INTEC, Konsortialleiter) und der FH OÖ Forschungs & Entwicklungs GmbH. Das aktive Einbringen nationaler Forschungsergebnisse und Expertise sowie die umfangreichen internationalen Forschungsaktivitäten der Partner trugen wesentlich dazu bei, Schwerpunkte und Ziele der österreichischen FTI-Politik in die internationale Forschungsk Kooperation einzubringen und zu unterstützen.

4.2. Ziele der nationalen Kooperation

Die Projektziele aus österreichischer Sicht können folgendermaßen zusammengefasst werden:

- Verstärkte Einbindung österreichischer Forschungseinrichtungen in das internationale Forschungsnetzwerk
- Leitung und Koordination von Subtask A
- Partizipation an Task-Meetings und Industrieworkshops für den Informationsaustausch und Knowhow-Transfer
- Initiierung internationaler Projekte im Bereich PVT-Entwicklungen
- Entwicklung neuer Kooperationen und Partnerschaften in Industrie und Forschung
- Wissenstransfer und die Weiter-/ Entwicklung technologischer Kompetenzen
- Anbieten von existierendem Knowhow und Wissensausbau

Zudem wurden durch das Einbringen vieler nationaler und internationaler Vorprojekte sowie die Kooperation mit weiteren IEA Aktivitäten die Sichtbarkeit des Forschungsstandorts Österreich in Bezug auf Energieeffizienz und Nutzung von erneuerbarer Energie erhöht.

5 Ergebnisse

5.1. Marktanalyse

Um aufzuzeigen, welchen Beitrag PVT-Systeme bereits heute zur Erreichung erneuerbarer Energieziele leisten, wurde innerhalb des Subtask A unter der Leitung von AEE INTEC und im Rahmen der jährlichen statistischen Erhebung des Solar Heat World Wide Reports (<https://www.iea-shc.org/solar-heat-worldwide>) der IEA eine umfassende Studie zu PVT-Systemen durchgeführt. Marktdaten von herstellenden Unternehmen der PVT-Kollektoren wurden analysiert. Die Befragung der herstellenden Unternehmen umfasste die produzierte Kapazität, Art der Kollektortechnologie sowie die Anzahl der umgesetzten Systeme und Anwendungen. Die Sammlung detaillierter Informationen auf globaler Ebene gibt einen ersten Überblick über den Weltmarkt für PVT-Systeme. Dabei wurden Informationen von rund 50% der am Markt befindlichen herstellenden Unternehmen analysiert und um zusätzliche Auskünfte nationaler Interessenvertreter ergänzt.

Erstmals fand die Befragung im Jahr 2019 statt. Diese zeigte, dass bereits Ende 2018 mehr als eine Million Quadratmeter PVT-Kollektoren in über 25 Länder mit unterschiedlichen klimatischen Anforderungen installiert waren.⁸ In der aktuellen Erhebung wurden die Ergebnisse für das Jahr 2020 analysiert und die Marktentwicklung auf Basis der verfügbaren Daten von 36 herstellenden Unternehmen bestimmt.⁹

Marktübersicht

Mit Ende 2020 betrug die installierte Kollektorfläche insgesamt 1.275.431 m² in 41 Ländern, was einer Leistung von 712 MW_{th} und 232 MW_{peak} entspricht. Mehr als die Hälfte der produzierten Kollektorfläche (732.955 m² - 57%) wurde in Europa installiert. 40 % wurden in den asiatischen Ländern Südkorea, Indien, Malediven und Pakistan (306.098 m²), China (141.966 m²) und den MENA (Middle East and North Africa)-Regionen Ägypten und Israel (58.309 m²) installiert. Die restlichen 3 % des Marktes teilen sich Sub-Sahara Afrika (22.783 m²), USA (7.248 m²), Australien (1.639 m²) sowie Lateinamerika (537 m²).¹⁰

⁸ Werner Weiss, Monika Spörk-Dür (2020): „Solar Heat Worldwide – Global Market Development and Trends in 2019“, SHC Heating and Cooling Programme

⁹ Werner Weiss, Monika Spörk-Dür (2021): „Solar Heat Worldwide – Global Market Development and Trends in 2020“, SHC Heating and Cooling Programme

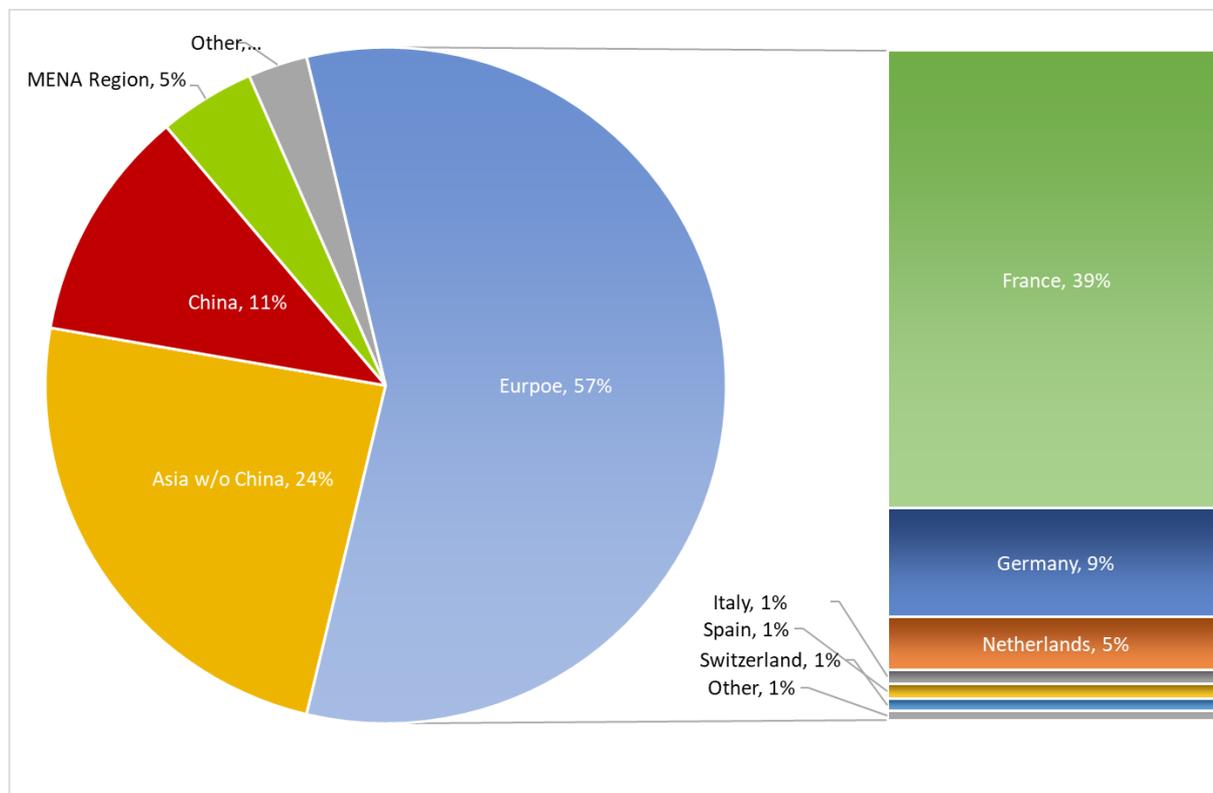


Abbildung 2: Aufteilung der gesamten kumulierten Kollektorfläche anhand von Regionen mit Ende 2020 (Quelle AEE INTEC)

In Europa führt Frankreich mit einer gesamt installierten Kollektorfläche von 500.992 m² den Markt an, gefolgt von Deutschland mit insgesamt 119.210 m² und den Niederlanden mit 57.420 m². In Italien, Spanien und der Schweiz liegen die installierten Kollektorflächen mit Ende 2020 jeweils in einer Bandbreite von 12.600 m² bis 16.600 m².

In Österreich wurden bis 2020 zwar nur rund 1.950 m² installiert, jedoch ist in den letzten Jahren eine steigende Dynamik zu erkennen. Drei österreichische herstellende Unternehmen beschäftigten sich mit der Produktion und Vertrieb von PVT-Kollektoren. Nach deren Angaben wurde im Jahr 2020 insgesamt 1.309 m² PVT-Kollektoren mit einer thermischen Leistung von 730 kW_{th} und einer elektrischen Leistung von 238 kW_{peak} in Österreich produziert. Rund ¾ der Produktion wurde vornehmlich nach Deutschland und die Schweiz exportiert. Unter Berücksichtigung der Importe nach Österreich wurden insgesamt im Jahr 2020 370 m² PVT-Kollektoren mit einer thermischen Leistung von 199 kW_{th} und einer elektrischen Leistung von 61 kW_{peak} neu installiert. Die Ergebnisse flossen in den Bericht „Innovative Energietechnologien in Österreich – Marktentwicklung 2020“¹¹ des BMK ein.

¹¹ P. Biermayr et.al (2021): „Innovative Energietechnologien in Österreich – Marktentwicklung 2020“ Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)

Tabelle 1: Gesamte kumulierte PVT-Kollektorfläche Weltweit (Quelle: AEE INTEC)

Country	uncovered	covered	evacuated tube	Air Collectors [m ²]	Concentrators [m ²]	TOTAL [m ²]
Australia	1.540	0	0	99	0	1.639
Austria	659	1.292	0	0	0	1.951
Belgium	880	0	32	290	15	1.217
Brazil	26	0	0	0	0	26
Chile	213	101	0	0	10	325
China	141.721	74	0	0	171	141.966
Croatia	775	0	0	0	0	775
Denmark	109	0	0	0	0	109
Dubai	23	7	0	0	0	30
Ecuador	0	66	0	0	0	67
Egypt	0	0	0	0	21	21
France	28.481	611	0	471.900	0	500.992
Germany	115.636	3.308	0	87	180	119.210
Ghana	22.000	0	0	0	0	22.000
Greece	0	4	0	0	0	4
Guadeloupe	0	4	0	0	0	4
Hungary	525	53	0	0	0	578
India	0	601	0	0	255	856
Israel	58.288	0	0	0	0	58.288
Italy	13.358	2.270	0	0	0	15.628
Korea, South	280.814	0	0	0	0	280.814
Luxembourg	635	0	0	145	0	780
Macedonia	443	131	0	0	0	574
Maldives	0	0	0	0	21	21
Martinique	0	63	0	0	0	63
Netherlands	55.585	62	0	0	1.773	57.420
Norway	646	0	0	0	0	646
Pakistan	0	7	0	0	0	7
Paraguay	0	0	0	0	51	51
Poland	114	36	0	0	0	150
Portugal	335	118	0	0	0	452
Singapur	371	0	0	0	0	371
Slovenia	30	10	0	0	0	40
South Africa	0	0	32	0	751	783
Spain	1.552	15.094	0	0	0	16.646
Sweden	1.200	20	0	0	31	1.251
Switzerland	9.024	64	0	3.530	0	12.617
Tibet	24.000	0	0	0	0	24.000
United Kingdom	891	426	252	348	0	1.916
United States	7.248	0	0	0	0	7.248
Uruguay	0	2	0	0	0	2
Other	629	3.250	16	0	0	3.895
Total	767.749	27.672	332	476.399	3.278	1.275.431

Im Vergleich zum Wirtschaftsjahr 2017 umfasst die globale Steigerungsrate im Durchschnitt für 2018, 2019 und 2020 rund +9 %. Dieser Trend ist auch am europäischen Markt erkennbar, mit einem etwas geringeren Marktwachstum von 8%, was einer jährlichen neu installierten Leistung von rund 31,7 MW_{th} und 11,7 MW_{peak} entspricht.

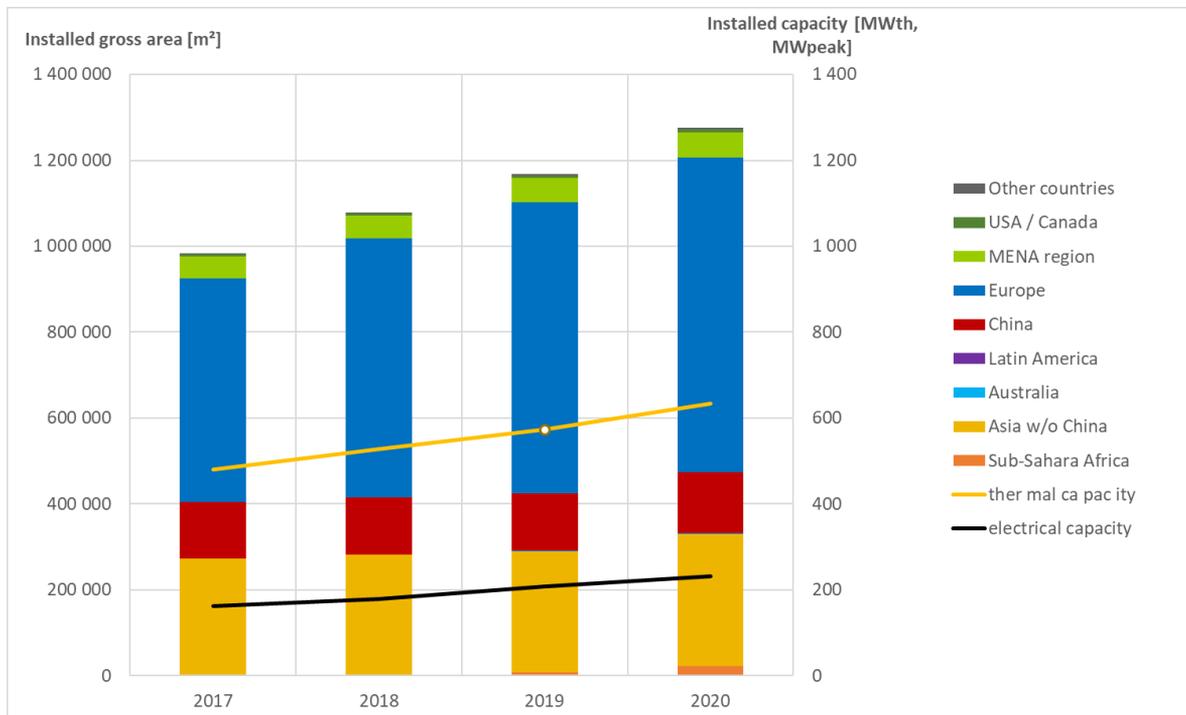


Abbildung 3: Marktentwicklung von PVT-Kollektoren von 2017-2020 (Quelle: AEE INTEC)

Mit einem globalen Anteil von 61 % dominieren die wassergeführten unabgedeckten PVT-Kollektoren den Markt, gefolgt von PVT-Luftkollektoren mit 37 %, abgedeckten PVT-Kollektoren mit 2 % und Vakuumröhren sowie konzentrierenden PVT-Kollektoren von unter 1 %. Das Ranking der Kollektortechnologien unterscheidet sich in Europa jedoch von jenem weltweit. Mit einem Anteil von rund 97 % des französischen Markts nimmt die Technologie der PVT-Luftkollektoren mit 65 % an installierter Leistung den ersten Rang in Europa ein, gefolgt von unabgedeckten PVT-Kollektoren (31 %) die quer über ganz Europa verteilt sind und den abgedeckten Kollektoren (3 %), die speziell in Spanien, Italien und Österreich sowie in den Niederlanden eingesetzt werden. Dies spiegelt sich auch in den Anwendungen sowie in den installierten PVT-Systemen wider.

Tabelle 2: Gesamte installierte thermische und elektrische Kapazität in 2020 (Quelle: AEE INTEC)

Country							Air Collectors		Concentrators		TOTAL	
	uncovered		covered		evaluated							
	[kWth]	[kWpeak]	[kWth]	[kWpeak]	[kWth]	[kWpeak]	[kWth]	[kWpeak]	[kWth]	[kWpeak]	[kWth]	[kWpeak]
Australia	813	294	0	0	0	0	54	0	0	0	866	294
Austria	324	125	642	214	0	0	0	0	0	0	966	340
Belgium	446	167	0	0	16	5	141	49	9	2	612	223
Brazil	13	5	0	0	0	0	0	0	0	0	13	5
Chile	105	41	47	17	0	0	0	0	6	1	157	58
China	70.067	26.953	36	12	0	0	0	0	98	18	70.201	26.983
Croatia	440	147	0	0	0	0	0	0	0	0	440	147
Dubai	56	21	0	0	0	0	0	0	0	0	56	21
Denmark	13	4	4	1	0	0	0	0	0	0	17	6
Ecuador	0	0	35	11	0	0	0	0	0	0	36	11
Egypt	0	0	0	0	0	0	0	0	12	2	12	2
France	15.229	5.417	329	101	0	0	232.095	80.223	0	0	247.653	85.741
Germany	57.046	21.992	1.665	549	0	0	42	15	101	19	58.855	22.574
Ghana	11.958	4.184	0	0	0	0	0	0	0	0	11.958	4.184
Greece	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	2	1
Guadeloupe	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	2	1
Hungary	257	100	24	9	0	0	0	0	0	0	282	109
India	0	0	324	100	0	0	0	0	146	27	470	126
Israel	28.667	11.085	0	0	0	0	0	0	0	0	28.667	11.085
Italy	6.594	2.540	1.053	377	0	0	0	0	0	0	7.646	2.917
Korea, South	137.599	53.406	0	0	0	0	0	0	0	0	137.599	53.406
Luxembourg	311	121	0	0	0	0	71	25	0	0	382	145
Macedonia	234	84	65	22	0	0	0	0	0	0	299	106
Maldives	0	0	0	0	0	0	0	0	12	2	12	2
Martinique	0	0	34	10	0	0	0	0	0	0	34	10
Netherlands	29.390	10.571	34	10	0	0	0	0	1.022	186	30.446	10.767
Norway	349	123	0	0	0	0	0	0	0	0	349	123
Pakistan	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	3	1
Paraguay	0	0	0	0	0	0	0	0	30	5	30	5
Poland	65	22	19	6	0	0	0	0	0	0	84	28
Portugal	168	64	63	20	0	0	0	0	0	0	231	83
Singapur	210	70	0	0	0	0	0	0	0	0	210	70
Slovenia	17	6	5	2	0	0	0	0	0	0	22	7
South Africa	0	0	0	0	16	5	0	0	433	79	448	84
Spain	775	295	7.494	2.505	0	0	0	0	0	0	8.269	2.800
Sweden	682	228	11	3	0	0	0	0	18	3	710	235
Switzerland	4.521	1.716	34	11	0	0	1.806	600	0	0	6.361	2.327
Tibet	13.632	4.564	0	0	0	0	0	0	0	0	13.632	4.564
United Kingdom	440	169	205	71	109	42	170	59	0	0	924	341
United States	3.702	1.378	0	0	0	0	0	0	0	0	3.702	1.378
Uruguay	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Total	384.443	146.012	13.626	4.592	147	55	234.379	80.988	1.887	343	634.481	231.990

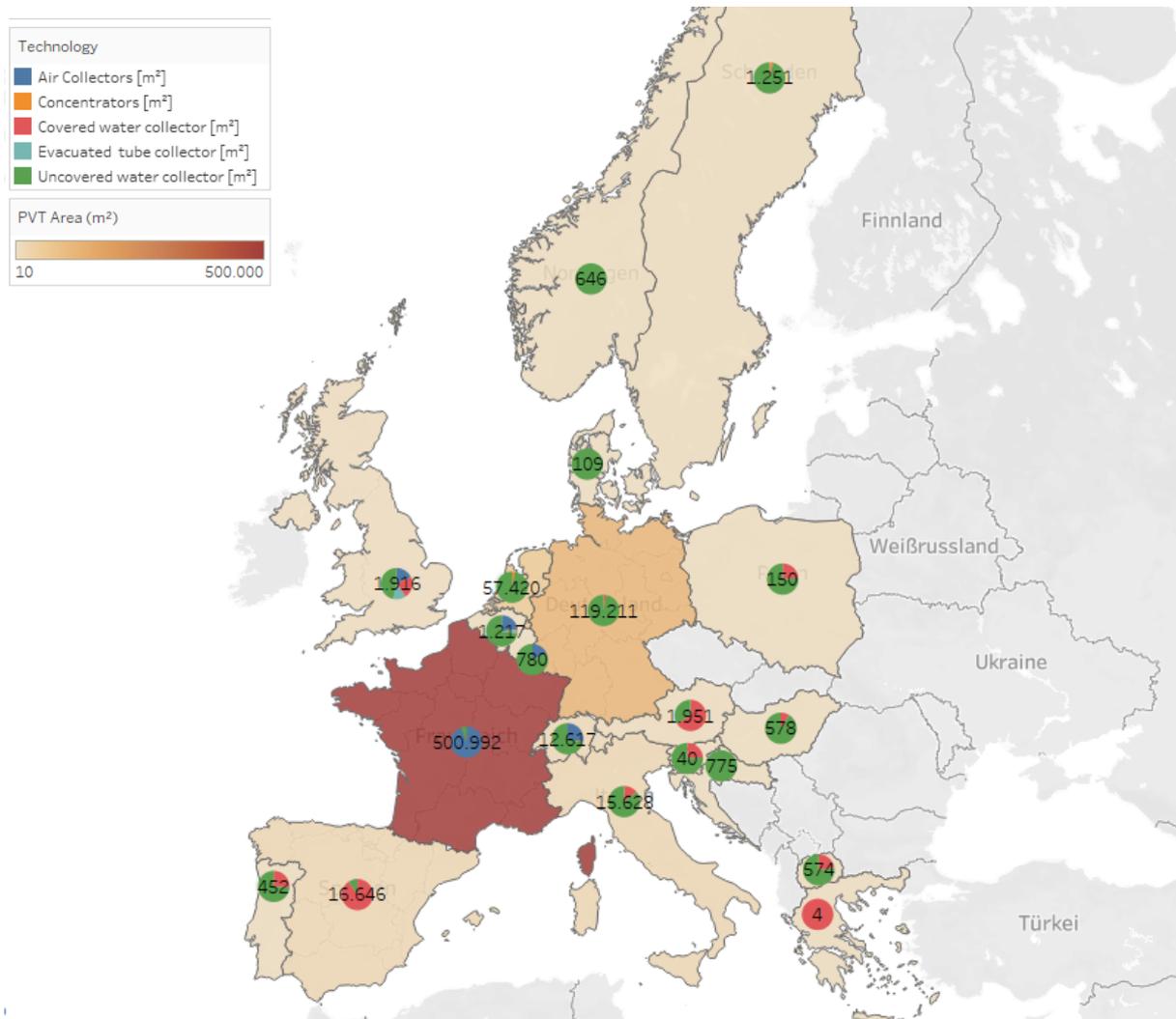


Abbildung 4: Gesamt installierte Kollektorfläche sowie Unterscheidung der PVT-Technologie für Europa mit Ende 2020 (Quelle: AEE INTEC)

Anwendungsbereiche

In den letzten Jahren wurde eine Reihe von Projekten, von kleinen Anlagen bis hin zu sehr großen PVT-Systemen, realisiert. Mit Ende 2020 konnten mit Hilfe der Daten der herstellenden Unternehmen 27.920 Systeme dokumentiert werden. Der Großteil der Systeme sind Luftsysteme, vor allem in Frankreich, die für Gebäudebeheizung bzw. Luft(vor)-erwärmung zum Einsatz kommen. Wassergeführte PVT-Kollektoren findet man in den bekannten Einsatzbereichen der Solarthermie wie Brauchwarmwassererwärmung und Brauchwarmwassererwärmung mit Heizungsunterstützung. Dabei werden die flüssiggekühlten PVT-Kollektoren speziell auch in Kombination mit Wärmepumpen eingesetzt und deren Niedertemperaturwärme vorwiegend auf der Quellenseite der Wärmepumpe genutzt.

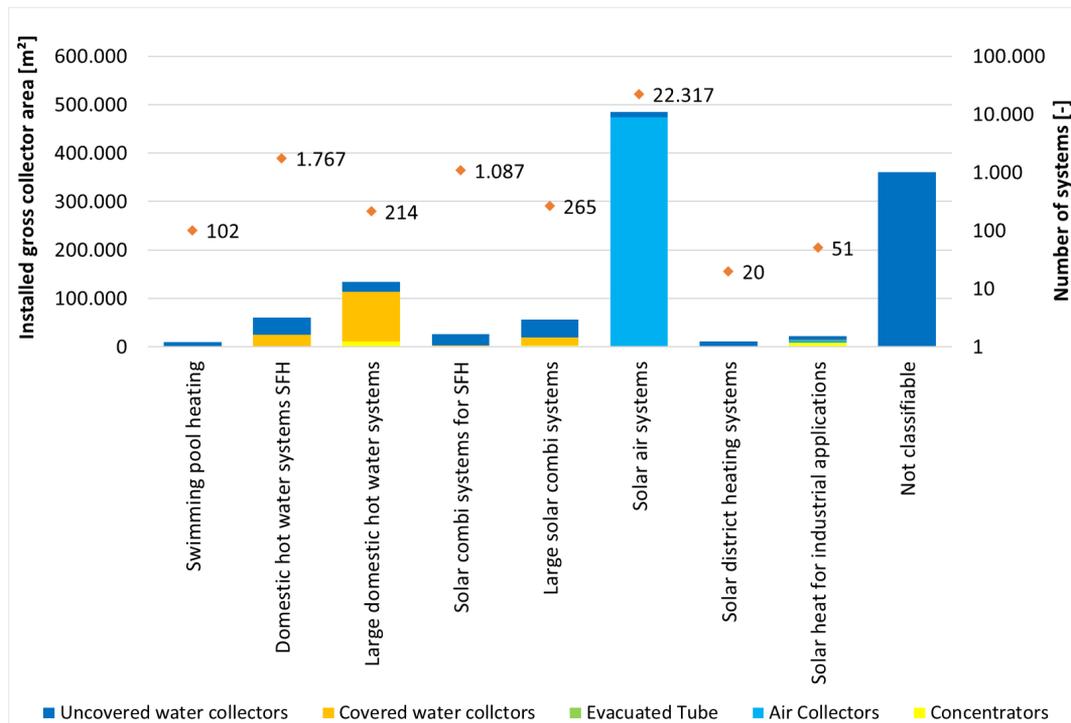


Abbildung 5: Anzahl weltweit in Betrieb befindlicher PVT-Systeme sowie installierter PVT-Technologie nach Anwendung mit Ende 2019 (Quelle: AEE INTEC)

Der steigende Bekanntheitsgrad von PVT-Systemen ist an der zunehmenden Anzahl der herstellenden Unternehmen sowie kontinuierlicher Steigerungsraten an installierten Anwendungen erkennbar. Das breite Anwendungsfeld von PVT-Systemen reicht von kleinen Anlagen in Haushalten bis hin zu Großanlagen und Industrieanwendungen. PVT-Systeme können durch die dynamischen Einsatzmöglichkeiten und den Vorteil der Kombination von Solarwärme und Solarstrom einen wesentlichen Beitrag zur Dekarbonisierung leisten.

5.2. PVT-Systeme

In den folgenden Kapiteln wird eine Auswahl von PVT-Systemprojekten aus der globalen Statistik vorgestellt, welche die Anwendungen Schwimmbadheizung, Solarkombisysteme für Einfamilienhäuser (SFH), Brauchwassererwärmung für Einfamilienhäuser, Brauchwassererwärmung für Mehrfamilienhäuser und Solarwärme für industrielle Prozesse umfassen. Diese Fallstudien enthalten eine allgemeine Beschreibung der PVT-Anlage, des Gesamtkonzepts der Wärmeversorgung und des Integrationschemas sowie weitere relevante Informationen, um ein tieferes Verständnis solcher Projekte zu vermitteln. Durch dieses Wissen können solche Projekte in anderen Regionen repliziert werden, um die Zukunft von PVT-Systemen schnell voranzutreiben und den Verbrauch fossiler Brennstoffe und Kohlenstoffemissionen zu reduzieren.

Insgesamt wurden 30 PVT-Systeme im Detail erhoben und anhand einer einheitlichen Vorgangsweise beschrieben. Tabelle 3 zeigt einen Überblick über die Case Studies. Nachfolgend wird beispielhaft eine Case Studie beschrieben. Weiterführende Informationen zu den weiteren Anlagen sind dem Deliverable „Existing PVT-Systems and solutions“ auf der IEA SHC TASK 60 Homepage (<https://task60.iea-shc.org/publications>) zu entnehmen.

Tabelle 3: Überblick Case Studies

Project name	PVT-manufacturer	Type of PVT-collector	Collector area	Application
ECOMESH 1	EndeF	Covered water collector	30 m ²	DHW for MFH
ECOMESH 2	EndeF	Covered water collector	10 m ²	Solar combi system for SFH
ECOMESH 3	EndeF	Covered water collector	148 m ²	DHW for hotel
ECOMESH 4	EndeF	Covered water collector	46 m ²	DHW and water pool supply for Civil firefighters building
SYTA Truck Washing	Abora Solar	Covered water collector	264 m ²	Heat water for process
Hotel Resort Iberostar Baganvilles	Abora Solar	Covered water collector	200 m ²	DHW & swimming pool for Hotel
Sant Cugat's Sports Center	Abora Solar	Covered water collector	264 m ²	DHW & swimming pool for Sports Center
Mult Dwelling Azud	Abora Solar	Covered water collector	55m ²	DHW for MFH
Ambérieu-en-Bugey	DualSun	Uncovered water collector	6.4 m ²	DHW for SFH
Saint-Genis-les-Ollières	DualSun	Uncovered water collector	9.6 m ²	DHW for SFH
Sète	DualSun	Uncovered water collector	300 m ²	DHW and pool preheating
Perpignan	DualSun	Uncovered water collector	300 m ²	DHW and pool preheating
NVZ-Freiburg	Solvis	Covered water collector	48 m ²	DHW for administrative center
Lintharea	Meyer Burger	Uncovered water collector	292 m ²	Preheating of groundwater before used in heat pump
FVE - ATLAS O.C. s.r.o.	Fototherm	Uncovered water collector	188 m ²	DHW, regeneration of boreholes, source for heat pump
SINGLE-FAMILY HOUSE IN SUELLO (LECCO)	Solink	Uncovered water collector	26 m ²	Combi System (DHW, space heating, cooling) for SFH
P&D plant "Oberfeld"	Meyer Burger	Uncovered water collector	1320 m ²	Combi System for MFH
Multi-Family house SOTCHA	Caotec	Uncovered water collector	130 m ²	Combi System for MFH
Multi-Family house SENTMATT	Solator	Uncovered water collector	423 m ²	Combi System for MFH
SINGLE-FAMILY HOUSE IN WETTSWIL AM ALBIS	Meyer Burger	Uncovered water collector	46 m ²	Borehole regeneration and pool heating
FOOTBALL CLUB HOUSE IN STENLOESE	RACELL	Uncovered water collector	165m ²	Combi System in a sports club
Consolar SOLINK heating system	Solink	Uncovered water collector	40 m ²	Solar combi system for SFH
GSE AIR'SYSTEM	GSE	Air collector	24 m ²	Space heating system for SFH
Domestic Pilot and Demonstration (P&D)	Sunovate	Air collector	8 m ²	Combi System for SFH
Active Office	Naked Energy	Vacuum tube collector	27 m ²	Combi System for office building
Henri Willig cheese factory	Solarus	Concentrator	226 m ²	Cheese production process
SOcool Office	SunOyster	Concentrator	34.2 m ²	Heating and cooling of an office building
Pilot PVT plant - University of Catania	Dualsun	Uncovered water collector	3.3 m ²	DHW for SFH (simulated)
Pilot PVT plant- University of Denmark	Racell Technologies	Uncovered water collector	3.1 m ²	DHW preparation and source for heat pump
Pilot PVT plant – UCEEB CTU	UCEEB CTU	Covered water collector	3,12 m ²	DHW preparation

5.2.1. Case Study - ECOMESH 1

Introduction and description

EndeF completed the installation and set into service of a hybrid solar system that supplies sanitary hot water individually for multi-family house and electricity for the common consumptions of the building including a charging system for electric vehicles. The project was within the framework of EU projects (LIFE) "NEW HOUSING SOLUTIONS 4OLD (LIFE10 ENV / ES / 439)," Innovative Technologies for an Efficient Use of Energy Resources and Housing Rehabilitation, promoted by the municipal association Zaragoza Vivienda.



Abbildung 6: View of the roof-mounting PVT installation in the urban centre of Zaragoza (Source: EndeF).

Solar installations

A total of 18 covered PVT collectors were installed in the roof of the building. The PVT model installed was the ECOMESH model, developed and manufactured by EndeF, covering a total solar surface of 29.7 m² and 4.14 kWp electrical output. Solar field was oriented to south (0°) and an inclination of 25°, corresponding to the roof tilt.

Heat supply concept and integration of PVT collectors

The heat supply system is graphically explained in Abbildung 6. Solar field is proposed to cover the energy needs derived from DHW dwellings and electricity for general uses, including a charging system for electric vehicles located on the same building.

PVT panels were connected in parallel to provide hot water to the storage tank located in the lower plant of the building. Since the DHW supply in Spain is set in 60°C, an external device is located to guarantee the water temperature, consisting of a gas boiler located on the same room. Electrical circuit were installed following the requirements depicted in the local normative (RD 900/2015 or current at that time) and under self-consumption regime, which means that it counted with the grid as a back-up system for the moments of no PVT electrical production.

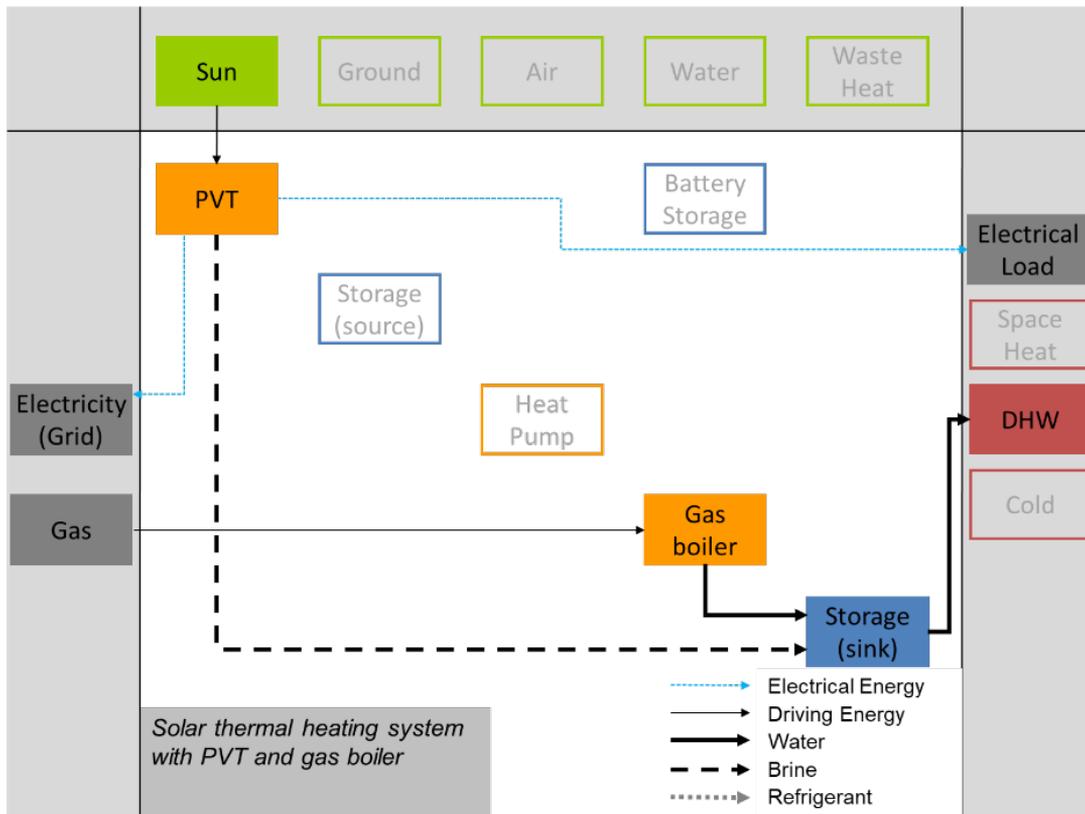


Abbildung 7: Visualisation of the PVT field for multi-family DHW.

Tabelle 4: Fact sheet Case Study

General Information		
Project name	[-]	ECOMESH
Country	[-]	Spain
City	[-]	Zaragoza
Year of operation start	[mm/yyyy]	05/2015
PVT system owner(s) (%)	[-]	ENDEF ENGINEERING SL (100%)
PVT system operators(s)	[-]	ENDEF ENGINEERING SL
PVT system developer	[-]	ENDEF ENGINEERING SL
Application	[-]	DHW

PLANT CONFIGURATION		
Panel model	[-]	ECOMESH PVT-2
PVT-Collector provider	[-]	ENDEF ENGINEERING SL
Category	[-]	PVT liquid collector
Type	[-]	Covered
Working Fluid	[-]	Water/Glycol Mixture
Kind of installation	[-]	on-roof mounted
Tracking	[-]	No
System Orientation [E = +90°; S = 0°; W = -90°]	[°]	0
Tilt angle [hor. = 0°; vert. = 90°]	[°]	25

# of modules		18
Installed collector area (gross)	[m ²]	29,7
Installed collector area (aperture)	[m ²]	28,08
Total energy output PVT-collector (Etotal)	[kW]	23164
Seasonal Performance Factor (System) SPFsys	[-]	

<i>Thermal Parameters</i>		
Solar thermal energy used for	[-]	DHW for multi-family house
Heat demand	[kWh/a]	25610
Temperature range (application)	[°C]	60°C
Back-up system	[-]	gas boiler
Solar thermal energy storage type	[-]	Water - Short term
Storage Volume	[L]	2000
Solar thermal energy to system (Qsol)	[kWh/a]	18004
Heat generator energy (Qaux)	[kWh/a]	7606
Solar fraction(Qsol/(Qsol+Qaux))	[%]	70.3%

<i>Electrical Parameters</i>		
Module type	[-]	Polycrystalline
Module efficiency at STC (25°C; 1000W/m ²)	[%]	17%
Annual Yield Photovoltaics DC side (E _{pv})	[kWh/a]	5160
Type of inverter	[-]	Solivia
AC capacity per inverter	[kW]	5
# of inverter	[-]	1
Inverter provider	[-]	Delta Energy Systems
Electrical storage type	[-]	None
Storage integrated in AC/DC side	[-]	
Storage capacity (electrical storage)	[kWh]	
Storage provider	[-]	
Grid connected	[-]	Yes
Degree of self-sufficiency	[%]	
Self-Consumption fraction	[%]	

<i>Economic Parameters</i>		
Total investment cost (excl. VAT)	[€]	32985
PVT-collector loop (excl. VAT)	[€]	16583
Solar thermal energy storage (excl. VAT)	[€]	5038
Inverter (excl. VAT)	[€]	1860
Electrical storage (excl. VAT)	[€]	
others (excl. VAT)	[€]	
Specific investment cost	[€/m ²]	
Calculated solar thermal system life time	[a]	20
Subsidy, € or % of total investment costs	[€/ %]	
Fuel replaced	[-]	Gas
Cost for fuel replaced	[€/MWh _{fuel}]	30.11
Local feed-in tariff	[€/MWh _{electricity}]	117.8

<i>Sources</i>		
Author	[-]	ENDEF ENGINEERING SL
Company of Author	[-]	ENDEF ENGINEERING SL
E-mail	[-]	info@endef.com
Phone	[-]	34976365811
Homepage	[-]	http://endef.com/

5.3. Key Performance Indikatoren für PVT-Kollektoren

Um die Leistung einer Technologie zu beurteilen, wurden im Zuge des IEA TASK 60 Key Performance Indikatoren (KPIs) definiert. Solche Indikatoren werden z. B. verwendet, um verschiedene Komponenten oder Systeme quantitativ zu vergleichen, oder um die Auswirkungen von Optimierungsschritten auf eine Komponente oder ein System zu quantifizieren. Das Ziel war es, präzise Definitionen nützlicher KPI's für PVT-Systeme bereitzustellen. Soweit möglich, entsprechen diese Definitionen jenen, die in den Technologiebereichen Solarthermie und Photovoltaik verwendet werden. Insbesondere die KPI's für die thermische Leistung von PVT-Systemen basieren zu einem erheblichen Teil auf den in IEA SHC Task 44 - Solar and Heat Pump Systems (<https://task44.iea-shc.org/publications>) verabschiedeten Definitionen. Die Festlegung und Verwendung von standardisierten KPI's und Notationen ist für die Vergleichbarkeit unterschiedlicher Forschungsergebnisse wesentlich.

Die im Report D1 der IEA TASK 60 vorgestellten KPI's sind hauptsächlich für die Bewertung der Leistung von PVT-Systemen im Feldbetrieb oder simulierten Systemen, z. B. in der Systemdesignphase, vorgesehen. Einige der KPI's bewerten eine bestimmte Komponente des Systems und andere das gesamte System. Insbesondere werden die KPI's für ein bestimmtes Projekt oder einen bestimmten Standort nützlich sein, um Systemlösungen, die auf PVT basieren, mit Lösungen zu vergleichen, die auf anderen Technologien basieren.

Energiebezogene KPIs auf Komponentenebene (PVT-Kollektorfeld)

- Momentaner thermischer und elektrischer Wirkungsgrad
- Thermischer und elektrischer Nutzungsgrad (über einen bestimmten Zeitraum)
- Thermischer und elektrischer Ertrag
- Charakteristische Kollektorfeldtemperatur

Energiebezogene KPIs auf Systemebene

- Solarer Deckungsgrad (thermisch und elektrisch)
- Solar elektrischer Eigennutzungsgrad
- Solar elektrischer Autarkiegrad
- Regenerativer Anteil Erneuerbarer
- Performance Faktoren für Wärmepumpen Systemkombinationen

Im Deliverable „Key Performance Indicators for PVT Systems“

(<https://task60.iea-shc.org/publications>) sind zwei Anwendungsbeispiele für die KPI's dargestellt. Im

ersten Beispiel wird ein Vergleich von Messdaten dreier gleichwertiger Gebäude gezeigt, die mit drei verschiedenen Solarenergiesystemen ausgestattet sind. Im zweiten Beispiel werden die KPIs auf Simulationsergebnisse angewendet, um die Leistung der Kombinationen PV & abgedeckte PVT und PV & thermische Kollektoren für den Fall eines Mehrfamilienhauses zu vergleichen.

Ein detaillierter Vergleich anhand einer Auswahl der definierten KPIs für die Use Cases aus Subtask A ist in einem separaten Bericht „Performance Assessment of Example PVT-Systems“ (<https://task60.iea-shc.org/publications>) enthalten.

Schlussfolgerungen aus den KPI-Untersuchungen

Die Ergebnisse sind aufgrund der Vielfalt der Systeme sehr unterschiedlich; von der reinen Brauchwassererwärmung in warmen Ländern bis hin zur Unterstützung von Wärmepumpensystemen in eher kalten Regionen. Die Anzahl der Systeme war zu gering, um angemessene statistische Analysen durchzuführen. Ein direkter Vergleich hat aufgrund der Vielfalt der Systeme nur eine begrenzte Aussagekraft. Dennoch zeigen die KPI-Analysen, dass PVT-Systeme sehr gute Leistungskennwerte erreichen können. Systeme zur direkten Brauchwassererwärmung mit abgedeckten PVT-Kollektoren können unter warmen Klimabedingungen einen direkten solarthermischen Anteil von bis zu 70 % erreichen. Wärmepumpensysteme mit unbedeckten PVT-Kollektoren als Hauptwärmequelle können in der Schweiz eine jährliche Systemarbeitszahl von etwa 3 erreichen. Gut dimensionierte Systeme können Gestehungskosten von etwa 0,2 EUR/kWh für Strom und 0,1 EUR/kWh für Wärme erreichen. Damit erreichen diese Systeme Gestehungskosten für Strom vergleichbar mit Literaturwerten von PV-Anlagen und Kosten für Wärme vergleichbar mit Literaturwerten von solarthermischen Anlagen. Für abgedeckte PVT-Kollektoren weist die elektrische Performance Ratio mit 0,66 einen etwas niedrigeren Durchschnittswert auf als der Durchschnitt von PV-Anlagen in anderen Regionen. Unbedeckte PVT-Kollektoren haben aufgrund ihrer niedrigeren Betriebstemperaturen eine höhere elektrische Performance Ratio; der Mittelwert der betrachteten PVT-Beispielfälle liegt bei 0,75. Mit ca. 700 kWh/m² für abgedeckte und ca. 400 kWh/m² für nicht abgedeckte PVT-Kollektoren liegt der jährliche flächenspezifische thermische Ertrag einiger der PVT-Beispielanlagen im Bereich des Ertrags von reinen solarthermischen Anlagen. Die Analysen der Kennzahlen der PVT-Beispielfälle zeigen, dass eine gut dimensionierte PVT-Anlage sowohl gute Energieerträge als auch wirtschaftlich vertretbare Kosten für die Energieerzeugung erreichen kann.

5.4. Numerische Simulationswerkzeuge für PVT-Kollektoren und Systeme

Im IEA TASK 60 wurden numerische Simulationswerkzeuge analysiert, die in der Community für die Modellierung von PVT-Kollektoren und Systemen verwendet werden. Zwei Simulationsumgebungen haben sich herauskristallisiert (TRNSYS und Polysun), die speziell für die Bestimmung der Energieerträge auf jährlicher Basis auf Systemebene entwickelt wurden. Weiters werden Umgebungen wie TRANSOL, COMSOL, ANSYS Fluent, STAR-CCM+, EES, Matlab, etc. aber eigens entwickelte Simulationsumgebungen für spezielle Aspekte verwendet. Die Umgebungen TRNSYS und Polysun sind eher generisch und nicht unbedingt für die instationäre Analyse von Energielösungen ausgelegt, bieten aber interessante Funktionen für die Analyse von Komponenten (Kollektoren, Regelungsstrategien, etc.) oder Teilsystemen. Zusätzlich wurden die Erfahrungen der Community mit diesen Tools anhand von Fallstudien dargestellt. Im Deliverable „Numerical simulation tools for PVT

collectors and systems“ wurden 24 verschiedene Modellierungsbeispiele beschrieben, 13 für die Modul- und 11 für die Systemebene. Die Leistung und die Eigenschaften der aktuellen Werkzeuge stellen einen Unterschied zwischen den Erwartungen der Benutzer und den realen Erfahrungen dar. Modellierungs- und Simulationslücken wurden identifiziert und analysiert. Diese beinhalten die Parametrisierung der Komponenten, den Abgleich zu Realmessungen, die begrenzte Komponentenbibliothek sowie der Betrieb der Kollektoren außerhalb der typischen Bereiche. Wie auch bei anderen Energiesystemen wurden Lastprofile, meteorologische Daten aber auch ökologische und wirtschaftliche Leistungsindikatoren als Einflussparameter identifiziert. Abschließend wurde ein nützlicher Leitfaden für die Parametrierung von PVT-Kollektormodellen als Bindeglied zwischen normativen Koeffizienten und numerischen Werkzeugen vorgestellt.

5.5. Förderungen für PVT-Kollektoren

PVT-Kollektoren können immer noch als junge Technologie betrachtet werden, jedoch mit einer signifikanten Wachstumstendenz in Bezug auf die Marktentwicklung und die Anzahl der herstellenden Unternehmen weltweit. Dennoch befindet sich die PVT definitiv in einem frühen Stadium ihres Produktlebenszyklus, in dem die wirtschaftliche Wettbewerbsfähigkeit unter anderen erneuerbaren Technologien zur Bereitstellung von Wärme und Strom eine Herausforderung darstellt. Die Unterstützung der Marktdurchdringung junger Technologien und neuer Produkte durch die Gewährung öffentlicher Subventionen ist in vielen Volkswirtschaften der Welt ein bewährtes Instrument. Auch die PVT-Technologie ist in der Lage, grundsätzlich durch öffentliche Fördermittel subventionswürdig zu sein, wenngleich die Verfügbarkeit und die Dimensionen der Subventionen für PVT stark länderspezifisch sind.

Innerhalb des Tasks wurde ein Überblick über die im Jahr 2020 erreichbaren PVT-Förderungen in ausgewählten Mitgliedsländern der Task 60 gegeben. Insbesondere wurden die Länder Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Italien, die Niederlande, Österreich und die Schweiz für diese Analyse berücksichtigt. Die Datengrundlage dieser Förderübersicht wurde aus einer Umfrage gewonnen, in der nach verfügbaren Förderprogrammen für die drei Solartechnologien "Photovoltaik", "Solarthermie" und "PVT-Anlagen" gefragt wurde. Die Auswertung dieser Umfrage zeigt auf, wie PVT-Anlagen in den ausgewählten Ländern durch öffentliche Mittel gefördert werden und gibt Empfehlungen für mögliche Verbesserungen dieser Fördersituation. Zentrale Ergebnisse aus der Studie (Deliverable „2020 Subsidies for PVT collectors in selected countries“) waren, dass PV-Förderprogramme PVT-Systeme mit einem Satz von 100 % in fünf von sechs Ländern umfassen. Die Situation in Österreich ist in diesem Fall nicht ganz klar, und aus Großbritannien waren keine Informationen über PV-Förderungen verfügbar. ST-Fördersysteme zeigen eher niedrige Prozentsätze in Bezug auf die Akzeptanz von PVT-Systemen. In vier von sieben Ländern gibt es kein Förderprogramm für PVT mit gleicher Unterstützung wie für ST. Österreich, Italien und das Vereinigte Königreich haben mindestens eine ST-Förderung, die PVT vollständig einschließt. Deutschland ist das einzige Land, das im Jahr 2020 ein spezifisches PVT-Förderprogramm angeboten hat. Der gesamte Bericht ist auf der IEA TASK 60 Homepage (<https://task60.iea-shc.org/publications>) verfügbar.

5.6. Weiterführende Informationen

Die Arbeiten, die im Zuge des IEA TASK 60 publiziert wurden, sind auf der Task-Homepage <https://task60.iea-shc.org/publications> zu finden.

Tabelle 5: Publikationsliste

Titel	Synopsis (deutsch)
IEA SHC Task 60 – Technology Position Paper	<i>Das Positionspapier zu PVT-Systemen wurde von führenden Expert:innen im gegenständigen Fachgebiet verfasst und bietet Entscheidungsträger:innen und Marktakteur:innen einen Einblick in notwendige Unterstützungsmaßnahmen zur Weiterentwicklung.</i>
Numerical simulation tools for PVT collectors and systems	<i>Die Studie gibt einen Überblick über aktuelle Simulationsmodelle zu PVT-Kollektoren und Systeme und zeigt Lücken auf.</i>
Performance Assessment of Example PVT-Systems	<i>In der Studie wurden 26 PVT-Systeme analysiert und verglichen. Die Anwendungen reichen von der direkten Warmwasserbereitung und der Beheizung von öffentlichen Schwimmbädern bis hin zu Wärmepumpensystemen mit PVT als Hauptwärmequelle der Wärmepumpe. Die für die verschiedenen PVT-Lösungen ermittelten Key Performance Indicators (KPIs) geben die Möglichkeit, die Systeme trotz ihrer Vielfalt zu vergleichen.</i>
Key Performance Indicators for PVT Systems	<i>Um die Leistung von PVT Technologien zu beurteilen, werden Key Performance Indikatoren (KPIs) benötigt. Solche Indikatoren werden z. B. verwendet, um verschiedene Komponenten oder Systeme quantitativ zu vergleichen, oder um die Auswirkungen von Optimierungsschritten auf eine Komponente oder ein System zu quantifizieren. KPIs können sowohl auf Messdaten als auch auf Daten angewendet werden, die durch mathematische Simulationen in der Phase des Komponenten- oder Systementwurfs erzeugt werden.</i>
Basic concepts of PVT collector technologies, applications and markets	<i>Das Ziel dieses Berichts ist es, einen Überblick über den aktuellen Stand der PVT-Kollektortechnologien, -Anwendungen und -Märkte zu geben.</i>
Existing PVT systems and solutions	<i>Die Studie gibt einen Überblick über die PVT Systeme und Anwendungen</i>
Design Guidelines for PVT Collectors	<i>Anhand von visuellen Darstellungen hybrider Kollektoren werden die Funktion, die Anforderungen, sowie mögliche Materialien typischer Komponenten eines PVT Kollektors beschrieben.</i>
2020 Subsidies for PVT collectors in selected countries	<i>Die Studie gibt einen Überblick über Fördermöglichkeiten von PVT-Kollektoren für ausgewählte Länder.</i>
Status Quo of PVT Characterization	<i>Der Bericht gibt einen Überblick über den Status Quo der PVT Charakterisierung.</i>
2019 Highlights Task 60 – PVT Systems	<i>Die Schwerpunktthemen des Newsletters sind die Darstellung der Themen sowie die strategische Ausrichtung der IEA TASK 60</i>
Hybride Solartechnologien	<i>Eine Schwerpunktausgabe der Zeitschrift „nachhaltigen technologie“ der AEE INTEC setzte einen Schwerpunkt auf hybride Solartechnologien. Ausgewählte F&E-Projekte führender Forschungsinstitute und herstellenden Unternehmen sowie der Task 60 zu PVT Systemen wurde dargestellt.</i>

6 Vernetzung und Ergebnistransfer

6.1. Zielgruppe für die Verbreitung der Projektergebnisse

Die Ergebnisse, die im Zuge des IEA Task 60 erarbeitet wurden, sind für die nationale Forschung im Bereich der solaren Umwandlungstechnologien sowie für die nachhaltige erneuerbare Energieversorgung für den Gebäudebereich aber auch für die Industrie relevant. Die Sammlung von technologischen Neuerungen im Bereich PVT-Kollektoren, Zertifizierung und Umsetzung von PVT-Systemen ist für Anlagenplaner:innen, Technologieunternehmen und Energiedienstleister:innen interessant. Zudem sollen vor allem Bereiche mit hohem Energiebedarf bei begrenzter Flächenverfügbarkeit für erneuerbare Umwandlungstechnologien von den Inhalten des Task profitieren und Anreize für nachhaltige erneuerbare Projekte geschaffen werden.

6.2. Einbindung relevanter Stakeholder in das Projekt

Effizienter Energieeinsatz im Allgemeinen und nachhaltige Energieversorgung von Gebäuden und Industriebetrieben im Besonderen, sind angesichts der Erfüllung nationaler Klima- & energiepolitischer Ziele, aber auch hinsichtlich zukünftiger Rahmenbedingungen für die Klimaneutralität unabdingbar. Die durchgeführten Maßnahmen zum Vernetzungs- und Knowhow-Transfer sind in Tabelle 6 dargestellt.

Tabelle 6: Maßnahmen zum Vernetzungs- und Knowhow-Transfer

Maßnahme	Adressaten
Durchführung internationaler Industrie-Workshops mit österreichischer Beteiligung der PVT-Industrie	Anlagenplaner:innen, Technologieentwickler:innen, nationale sowie internationale Forschungseinrichtungen
Beitrag zum Nutzerwerktreffen der Energieagentur Steiermark	Energieberater:innen
Webinar zu IEA SHC Solar Academy #10 – Solar Heating and Cooling Market and Industry Trends 2018	Technologie-Anbieter:innen, wissenschaftliche Community, Forschungseinrichtungen, etc.
Beiträge in Newslettern (IEA Forschungskooperation, AEE Intec und FH OÖ Homepage Newsletter Zeitschrift „nachhaltige technologien“, solarthermalworld.org)	Technologie-Anbieter:innen, wissenschaftliche Community, Forschungseinrichtungen
Präsentation auf Websites (IEA Forschungskooperation)	Interessierte Öffentlichkeit
Präsentation der Arbeit im Task 60 auf div. Veranstaltungen (Stakeholder Workshop, ...)	Forschung, Industrie, politische Entscheidungsträger:innen
Aktualisierte Skripte für Lehrtätigkeiten an Ausbildungsstätten	Student:innen

Die **Einbindung der ExCO-Vertreter** erfolgte durch regelmäßige Information (2x pro Jahr) über den Lauf der Arbeiten sowie durch Einladung zu den Projektmeetings. Das **BMK** wurde über Disseminationsmaßnahmen im Projekt zeitgerecht informiert. Die Ergebnisse wurden zudem für Publikation auf der IEA Website des BMK entsprechend aufbereitet.

Wesentliche Ergebnisse wurden in Form von Ausbildungsskripten aufbereitet. Alle Mitglieder des Projektkonsortiums sind direkt an der Lehre (FH Wels, FH Pinkafeld, FH Joanneum) beteiligt. Beispielsweise werden die wissenschaftlichen Erkenntnisse in die Lehre in den Studiengängen „Angewandte Energietechnik“ und „Sustainable Energy Systems“ integriert.

6.3. Relevanz und Nutzen der Projektergebnisse

Es wurden drei Industrie-Workshops zum Thema PVT-Systeme mit österreichischer Beteiligung abgehalten. Dabei wurden nationale Ansätze präsentiert und so der Wissensaustausch im internationalen Konsortium vorangetrieben. Dabei wurde beim ersten Workshop konkret die Notwendigkeit einer globalen Erhebung von PVT-Systemen als zentraler Punkt erkannt. Darauf aufbauend wurde die Einbindung der Solar Heat Worldwide auch als Disseminierungskanal forciert und mit dem dahinterstehenden Netzwerk die Basis für eine weitreichende Umfrage gelegt. Eine globale Erhebung von PVT-Systemen war zu diesem Zeitpunkt einzigartig. Die Erhebung wurde innerhalb der Tasklaufzeit jährlich wiederholt und auch nach Abschluss des IEA Tasks durch AEE INTEC weitergeführt. Sie hat sich als zentraler Baustein in der Weltmarktstatistik etabliert. Auf nationaler Ebene wurden die österreichspezifischen Ergebnisse in die vom BMK beauftragte jährliche Studie „Innovative Energietechnologien in Österreich“ implementiert.

Für das österreichische Konsortium relevante Ergebnisse sind unter anderem die PVT-System Factsheets, die einen tieferen Blick in umgesetzte PVT-Systeme innerhalb des internationalen Projektverbandes erlauben und für weiterführende Forschungstätigkeiten eine hilfreiche Datenbasis darstellen. Ebenso zählt der Wissensaustausch zur praktischen Erhebung klar zum Mehrwert, der aus dem Task Projekt hervorgegangen ist. Es hat sich gezeigt, dass die Anzahl der umgesetzten Systeme und die Anwendungen sehr vielseitig sind und dass viele Anlagen bestehen, die unter energetischen sowie ökonomischen Gesichtspunkten sehr gute Kennzahlen erreichen.

Neben dem fachlichen Wissenszuwachs wurde durch die Teilnahme am Task die Möglichkeit gegeben, neue Kooperationen zu starten und gemeinsam EU-Projekte zu entwickeln.

Durch die aktive Teilnahme an der IEA Kooperation konnte insbesondere die Sichtbarkeit des Forschungsstandortes Österreich gestärkt werden und auch innerhalb Österreichs das Thema der hybriden Energieversorgung verstärkt platziert werden.

7 Schlussfolgerungen, Ausblick und Empfehlungen

Im Zuge des Projektes hat sich gezeigt, dass in den Teilnehmerländern ähnliche Hindernisse bei der Umsetzung von Projekten mit PVT-Kollektoren bestehen wie in Österreich. Die Potentiale sind den umsetzenden / anbietenden Firmen oft kaum oder zumindest nicht in vollem Umfang bewusst. Generell ist aber der Markt für PVT-Systeme vorhanden. Schätzungsweise wurden in den letzten Jahren mehr als 2 Mio. m² installiert (dies entspricht nach konventionellen Umrechnungsfaktoren etwa 270 MW PV und 1.400 MW Thermal).

In vielen Fällen, in denen ein Wärmebedarf in den sonnigen Monaten besteht, ist die PVT attraktiver als die PV, da sie dasselbe leistet und zusätzlich Wärme bereitstellt. Die Solarstromproduktion kann sogar etwas höher sein im Vergleich zu PV-Modulen, wenn der Kollektor bei Temperaturen unterhalb der eines reinen PV-Moduls betrieben wird.

PVT-Kollektoren können unbedeckt, verglast oder konzentrierend ausgeführt werden wodurch je nach Typ Wärme bei Temperaturen von etwa -20° bis +150°C erzeugt und ein breites Spektrum von Anwendungen abgedeckt werden kann.

In gut ausgelegten Hybridkollektoren kann die thermische Produktion nahezu so hoch sein, wie die eines Solarthermischen Kollektors.

Die thermische Energie der PVT-Kollektoren, die entweder aus der Sonneneinstrahlung oder der Umgebungswärme umgewandelt wird, kann als Wärmequelle für eine Wärmepumpe verwendet werden. In einigen Fällen, z. B. bei einer Warmwasser-Wärmepumpe im Sommer, kann die PV-Anlage die Wärmepumpe vollständig mit Strom versorgen, was zu einer 100%igen Solarlösung führt.

Weiters kann die erzeugte thermische Energie auf viele Arten gespeichert werden, z. B. in Speichern vor Ort, in Aquiferen oder in Erdschichten. Die derzeitigen Speichermöglichkeiten sind wesentlich kostengünstiger als die Speicherung von Strom. Dies gilt insbesondere dann, wenn die PVT in Kombination mit einer Wärmepumpe eingesetzt wird, um die gespeicherte Energie sinnvoll zu nutzen. Die Wärmepumpe ermöglicht höhere Ausgangstemperaturen, wodurch kompaktere Speicherlösungen realisiert werden können. Dies ist wichtig, wenn der Platz knapp ist.

Der Bedarf an Kühlung steigt und die PVT hat das Potenzial, diesen Bedarf auf verschiedene Weise zu decken: mit direkten Lösungen, welche die Wärme in Absorptionsmaschinen nutzen oder indirekten Lösungen (Nachtkühlung), wenn der unverglaste PVT-Kollektor bei klarem Himmel den nächtlichen Strahlungsphänomenen ausgesetzt ist. Dieser Effekt kühlt das Arbeitsmittel unter die Umgebungstemperatur ab und kann direkt genutzt und gespeichert werden.

PVT-Kollektoren haben eine geringe soziale Auswirkung; sie erzeugen keinen merklichen Lärm und haben keine nachteiligen visuellen Auswirkungen, wenn sie in ein Dach oder eine Fassade integriert werden.

Die Lebensdauer eines gut ausgelegten PVT-Kollektors wird voraussichtlich zwischen 20 und 40 Jahren betragen. Fallstudien von kürzlich entwickelten PVT-Kollektoren fehlen jedoch noch.

Generell muss das Bewusstsein der Installateure für PVT noch gestärkt werden - der Trend zu Franchise-Installateuren ist zu beobachten. Es wurden aber auch weitere Herausforderungen für die PVT-Industrie identifiziert. Diese sind nachfolgend zusammengefasst:

- Die Entscheidung über die richtige Materialauswahl für einen PVT-Kollektor kann aufgrund der thermischen Einschränkungen, die das PV-Modul tragen muss, eine Herausforderung sein.
- Die Modellierung von thermischen Systemen und die Ertragsvorhersage sind komplizierter als bei rein elektrischen Systemen.
- Die begrenzte Anzahl von validierten Systemmodellierungsfällen erschwert es dem Anbieter, die Vorteile von PVT zu quantifizieren.
- Die begrenzte Macht der PVT-Industrie erschwert die Beeinflussung von Normen und Richtlinien zugunsten der PVT.
- Das allgemeine Bewusstsein für PVT ist bei allen Arten von Interessensvertreter:innen, Hausbesitzer:innen, Planer:innen, politischen Entscheidungsträger:innen, Versorgungsunternehmen und Investor:innen noch sehr begrenzt.
- Der Verkauf eines kompletten Systems, um die Vorteile aus der Kombination von beiden Solartechnologien (PV und Solarthermie) zu erzielen, erfordert mehr Aufwand als der Verkauf eines PVT-Kollektors und mehr Fähigkeiten von den Verkäufern.

Die Chancen für die PVT-Industrie sind:

- Mit dem New Green Deal in der EU werden sich spannende Möglichkeiten für politische Entscheidungen ergeben. Die PVT-Branche muss darauf vorbereitet sein, sicherzustellen, dass die Argumente für PVT gehört und unterstützt und nicht versehentlich ausgeschlossen werden.
- Die Europäische Kommission hat im Oktober 2020 ihre Renovierungswellenstrategie zur Verbesserung der Energieeffizienz von Gebäuden veröffentlicht. Tiefgreifende Renovierungen können die Energieeffizienz um 60 % verbessern. Auch hier bietet sich die Gelegenheit, die PVT in den Mittelpunkt dieser Initiative zu stellen, indem sie sich als Organ in diesem Prozess engagiert.
- Es gibt einige aufregende neue Möglichkeiten in der Entwicklung des 4GDH-Programms (4th Generation District Heating), in dem Temperaturen unter 100°C getestet und als zukünftige Wahl für die Ausweitung der Fernwärmeversorgung gefördert werden. Dies ermöglicht es PVT in Verbindung mit Wärmepumpen, eine Rolle in dezentralen und zentralen Lösungen zu spielen.
- Saisonale Speichermöglichkeiten bieten PVT-Systemen die Möglichkeit, mehr von der erzeugten Wärme zu monetarisieren, die andernfalls aufgrund von Produktionseinschränkungen verloren gehen könnte. Zum Beispiel, wenn die sommerliche PVT-Produktion des Kunden den Wärmebedarf übersteigt.
- Solare Kühlung ist ein weiterer Bereich von großem Interesse. PVT kann zu diesen kohlenstoffarmen Lösungen mit ihren Heizfunktionen während des Tages und der Kühlung während der Nacht beitragen.

8 Verzeichnisse

8.1. Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Organisation Task.....	13
Abbildung 2: Aufteilung der gesamten kumulierten Kollektorfläche anhand von Regionen mit Ende 2020 (Quelle AEE INTEC)	16
Abbildung 3: Marktentwicklung von PVT-Kollektoren von 2017-2020 (Quelle: AEE INTEC)	18
Abbildung 4: Gesamt installierte Kollektorfläche sowie Unterscheidung der PVT-Technologie für Europa mit Ende 2020 (Quelle: AEE INTEC)	20
Abbildung 5: Anzahl weltweit in Betrieb befindlicher PVT-Systeme sowie installierter PVT-Technologie nach Anwendung mit Ende 2019 (Quelle: AEE INTEC).....	21
Abbildung 6: View of the roof-mounting PVT installation in the urban centre of Zaragoza (Source: EndeF).....	23
Abbildung 7: Visualisation of the PVT field for multi-family DHW.....	24

8.2. Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Gesamte kumulierte PVT-Kollektorfläche Weltweit (Quelle: AEE INTEC)	17
Tabelle 2: Gesamte installierte thermische und elektrische Kapazität in 2020 (Quelle: AEE INTEC) ...	19
Tabelle 3: Überblick Case Studies.....	22
Tabelle 4: Fact sheet.....	24
Tabelle 5: Publikationsliste.....	29
Tabelle 6: Maßnahmen zum Vernetzungs- und Knowhow-Transfer	30

8.3. Literaturverzeichnis

- Daniel Zenhäusern, Evelyn Bamberger, Aleksis Baggenstos (2017): "PVT Wrap-Up. Energiesysteme mit Photovoltaisch-Thermischen Sonnenkollektoren. Schlussbericht, 31. März 2017", Bern: Energie Schweiz, Bundesamt für Energie BFE
- Corry de Keizer, Jeffrey Bottes, Minne de Jong (2017): PVT inSHaPe benchmark 2017
- Manuel Lämmle (2018), "Thermal Management of PVT Collectors" Dissertation Universität Freiburg
- Jean-Christophe Hadorn (2018), Switzerland: PVT Systems – Applications of PVT collectors and new solutions in HVAC systems; Workplan; <https://task60.iea-shc.org/> (abgerufen am 10. Februar 2022; 14:35)
- Jean-Christophe Hadorn (2020), "IEA SHC Task 60 – Technology Position Paper"; IEA-Solar Heating & Cooling Programme
- P. Biermayr, C. Dißauer, M. Eberl, M. Enigl, H. Fechner, B. Fürnsinn, M. Jaksch-Fliegenschnee, K. Leonhartsberger, S. Moidl, E. Prem, C. Schmidl, C. Strasser, W. Weiss, M. Wittmann, P. Wonisch, E. Wopienka (2021): „Innovative Energietechnologien in Österreich – Marktentwicklung 2020“ Bundesministeriums für Klimaschutz, Umwelt, Energie, Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)
- T.T. Chow (2010): "A Review on Photovoltaic/Thermal Hybrid Solar Technology", Applied Energy 87(2), 365–79
- Werner Weiss, Monika Spörk-Dür (2020): „Solar Heat Worldwide – Global Market Development and Trends in 2019“, SHC Heating and Cooling Programme
- Werner Weiss, Monika Spörk-Dür (2021): „Solar Heat Worldwide – Global Market Development and Trends in 2020“, SHC Heating and Cooling Programme

**Bundesministerium für Klimaschutz, Umwelt, Energie,
Mobilität, Innovation und Technologie (BMK)**

Radetzkystraße 2, 1030 Wien

[bmk.gv.at](https://www.bmk.gv.at)