



Gemeinsamer Schlussbericht zum Projekt:

Initiative zur Marktetablierung und Verbreitung von Anlagen zur thermisch-elektrischen Energieversorgung mittels PVT-Kollektoren und Wärmepumpen im Gebäudesektor

Kurzbezeichnung: „integraTE“

Kennzeichen: 03EGB0023A/B/C

Verbundpartner: Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V.; Fraunhofer-ISE (Verbundkoordinator)

Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE), Universität Stuttgart

Institut für Solarenergieforschung GmbH (ISFH)

Laufzeit: 01.12.2019 – 30.11.2024

Autorinnen und Autoren: Korbinian Kramer, Sebastian Helmling (Fraunhofer ISE)
Claudia Scholl-Haaf, Stephan Fischer, Harald Drück (IGTE)
Bharat Chhugani, Krishna Timilsina, Federico Giovannetti, Peter Pärish (ISFH)
Bärbel Epp (Solrico)

Version: 26.06.2025

Danksagung

Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages gefördert. Die fachliche und administrative Projektbegleitung erfolgte durch den Projektträger Jülich (PtJ). Das Land Niedersachsen hat das Projekt durch Übernahme des Overheads vom ISFH unterstützt. Die Autorinnen und Autoren bedanken sich für die Unterstützung ihrer Arbeiten. Darüber hinaus unterstützen der Bundesverband Wärmepumpe (BWP), der Bundesverband der Deutschen Heizungsindustrie (BDH) und der Bundesverband Solar-wirtschaft (BSW) sowie 16 Industriepartner das Projekt. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Klimaschutz

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Kurzfassung

Der Abschlussbericht zum Projekt "integraTE" beschreibt die durchgeführten Arbeiten und die daraus resultierenden Ergebnisse der "Initiative zur Marktetablierung und Verbreitung von Anlagen zur thermisch-elektrischen Energieversorgung mittels PVT-Kollektoren und Wärmepumpen im Gebäudesektor". Ziel des Projekts war es, die Effizienz und Marktdurchdringung dieser innovativen Technologien zu fördern. Die Laufzeit des Projekts erstreckte sich von Dezember 2019 bis November 2024. Ein wichtiger Bestandteil des Projekts war die umfassende Analyse und Bewertung von am Markt verfügbaren PVT-Systemen. Diese Systeme kombinieren die Erzeugung von elektrischer und thermischer Energie, wodurch sie eine höhere Effizienz und Umweltfreundlichkeit bieten als vergleichbare, auf individuellen Technologien basierende Systeme. Um die Verbreitung von PVT-Technologien zu unterstützen, wurde eine Vielzahl von technischen, wissenschaftlichen und marketingtechnischen Zielen verfolgt. Dazu gehörten die Identifizierung und Klassifizierung der Systeme, die Entwicklung von praxistauglichen Planungs- und Auslegungstools, das Monitoring und die Bewertung von zehn Pilotanlagen sowie die Durchführung von Veranstaltungen und die Erstellung zielgruppenspezifischer Informationsmaterialien. Das Projekt erreichte im Wesentlichen alle definierten Ziele und demonstrierte, wie PVT-Systeme zur Verringerung des nicht-erneuerbaren Primärenergiebedarfs beitragen können. Die umfassende Analyse und Optimierung von Demonstrationsanlagen führte zu einer Steigerung der Systemeffizienz, und die entwickelte energetische Bewertungsmethodik für PVT-Wärmepumpensysteme dient als Basis für eine zukünftige Überarbeitung der DIN V 18599 „Energetische Bewertung von Gebäuden“. Die wirtschaftliche Analyse von PVT-Gebäudeenergieversorgungssystemen verdeutlichte das Potenzial dieser Systeme im Vergleich zu anderen Wärmeversorgungssystemen. Die Durchführung des Projekts erfolgte in enger Zusammenarbeit mit einer Vielzahl von Industrie- und Forschungspartnern sowie relevanten Verbänden. Diese integrative Herangehensweise ermöglichte es, die gesamte Branche einzubeziehen und qualitativ hochwertige Ergebnisse zu erzielen. Die nationale und internationale Präsentation der Ergebnisse erhöhte die Sichtbarkeit und Anerkennung des Projekts. Exemplarisch sei hier auf die Einbringung wichtiger Resultate des Projekts IntegraTE in die Arbeiten der Arbeitsgruppe Task 66 „SolarEnergyBuildings - Integrated solar energy supply concepts for climate-neutral buildings and communities for the "City of the Future"“ des Solar Heating and Cooling Programms (SHC) der Internationalen Energieagentur (IEA) verwiesen. Die Identifizierung noch offener Fragen und relevanter Forschungsbedarfe vor allem bei größeren PVT-Installationen führte auch zur Initiierung neuer Projekte wie "integraTE-XL": „Initiative zur Marktetablierung und Verbreitung von Anlagen zur thermisch-elektrischen Energieversorgung mittels PVT-Kollektoren und Wärmepumpen für bestehende große Mehrfamilienhäuser und Gewerbeliegenschaften“ und der IEA SHC Task 73 "PVT Heating Systems" (International Energy Agency (IEA) Solar Heating and Cooling Technology Collaboration Programme (SHC TCP). Im Bereich Marktanalyse und Bewertung wurden maßgebliche Kenndaten zur Beschreibung und Bewertung von PVT-Systemlösungen erarbeitet. Es erfolgte eine umfassende Darstellung der unterschiedlichen PVT-Systemkonzepte und ihrer Vor- und Nachteile. Leistungskennzahlen für die energetische, ökonomische und ökologische Bewertung der Anlagen wurden definiert und dokumentiert, um die Marktverbreitung zu unterstützen. Das Projekt IntegraTE hat durch umfassende Marketingmaßnahmen und gezielte Kommunikation mit relevanten Stakeholdern entscheidend zur Marktdurchdringung und Akzeptanz von PVT-Gebäudeenergieversorgungssystemen beigetragen. Die entwickelten Tools und Bewertungsmethoden sowie die Vielzahl von erfolgreichen Veranstaltungen und Veröffentlichungen haben die Sichtbarkeit und Implementierung dieser innovativen Technologien im Bereich der nachhaltigen Energieversorgung entscheidend gefördert. Insgesamt bietet der vorliegende Bericht eine detaillierte Beschreibung, Analyse und Bewertung der Projektergebnisse und damit eine wertvolle Grundlage für die weitere Entwicklung und Verbreitung von PVT-Wärmepumpensystemen. Die erfolgreiche Umsetzung des Projekts zeigt das Potenzial dieser Technologien und deren Beitrag zur nachhaltigen Energieversorgung von Gebäuden eindrucksvoll auf.

Übersicht Kapitelbenennung im Abschlussbericht

Die Benennung der Kapitel innerhalb des vorliegenden Abschlussberichts entspricht nicht direkt der Benennung der Arbeitspakete in Antrag und Aufstockungsantrag zum Projekt IntegraTE.

Aus diesem Grund wurde folgende Übersicht erstellt, die eine Zuordnung der einzelnen Arbeitspakete aus dem Projektantrag und dem Aufstockungsantrag zu den Kapiteln im Abschlussbericht ermöglicht.

Arbeitspakete Antrag	Kapitelbenennung im Abschlussbericht						Literatur
	1 Einleitung	2 Marktbetrachtung	3 Monitoring	4 Planungs- und Auslegungstools	5 Marketing und Wissenstransfer	6 Verwertung	
AP1 Technologie-Mapping und Bewertung von PVT Systemlösungen		X					
AP2 Messtechnische Untersuchung von PVT- Systemen im Feld			X				
AP3 Planungs- und Auslegungstools				X			
AP4 Marketing für Hersteller und Implementierer					X		
AP5 Marketing für Endkunden					X		
AP6 Projektmanagement	X						
Arbeitspakete Aufstockung							
AP1 Marktentwicklung und Kostenerhebung		X					
AP2 Erweiterung Messkonzept und Optimierung der Anlagen			X				
AP3 Systemsimulationen				X			
AP4 Bewertungsmethodik für DIN V 18599				X			
AP5 Marketing					X		
AP6 Projektmanagement	X						

Inhalt

Inhalt	5
Abbildungsverzeichnis.....	7
Tabellenverzeichnis.....	11
1 Einleitung.....	12
1.1 Motivation	12
1.2 Projektziele	13
1.2.1 Technische Ziele	13
1.2.2 Wissenschaftliche Ziele	13
1.2.3 Marketingziele	13
1.3 Projektmanagement.....	14
2 Marktbetrachtung.....	15
2.1 Technologie-Mapping und Bewertung von PVT-Systemlösungen.....	15
2.2 Marktentwicklung und Kostenerhebung	26
3 Monitoring.....	28
3.1 Querschnittsanalyse Ein- und Zweifamilienhäuser.....	31
3.2 Ausgewählte Einzelanlagen.....	31
3.2.1 Bürogebäude in Hannover.....	32
3.2.2 Schule in der Heimstatt Röderhof, Hildesheim.....	36
3.2.3 Einfamilienhaus in Harsefeld	38
3.2.4 Anlage in Save / Schweden.....	39
3.3 Erweiterung Messkonzept und Optimierung der Anlagen.....	40
4 Planungs- und Auslegungstools.....	44
4.1 Einfamilienhaus-Neubau.....	44
4.2 Einfamilienhaus-Bestand	46
4.2.1 Systemsimulationen mit Batteriespeicher	47
4.3 Mehrfamilienhaus-Neubau.....	47
4.4 Wärmepumpen-Vergleichstool.....	50
4.4.1 Untersuchung der Systemdienlichkeit von PVT- Gebäudeenergieversorgungssystemen.....	55
4.5 Design-Tool	56
4.6 Bewertungsmethodik für DIN V 18599	59
5 Marketing und Wissenstransfer.....	64
5.1 Marketingkonzept	64

5.2	Erstellung Marketingmaterialien	65
5.2.1	Festlegung der Design Guidelines	65
5.2.2	Definition zentraler Begriffe.....	66
5.2.3	Erstellung von Infografiken	68
5.2.4	Erstellung von Postern.....	71
5.2.5	Erstellung der Case Studies	72
5.2.6	PVT-Infolyer.....	77
5.2.7	Konzeption von PVT-Infofilmen	79
5.3	Umsetzung der Marketingmaßnahmen	82
5.3.1	Fachartikelvermarktung	82
5.3.2	Kooperationen mit Verbänden	85
5.3.3	Erstellung einer Projekt-Website.....	89
5.3.4	Social-Media-Kampagne	90
5.3.5	Veranstaltungen, Webinare und Messen	91
5.3.6	Wikipedia-Eintrag	120
5.3.7	Übersicht Ansprechpartner der Industrie.....	121
5.3.8	Standardpräsentation als Vorlage für Vorträge	122
5.3.9	Zielgruppe Handwerker und Installateure	122
5.3.10	Zielgruppe Architekten.....	129
5.3.11	IEA SHC Task 66 „Solar Energy Buildings “	130
5.3.12	IEA SHC Task 60 „Application of PVT Collectors“	132
6	Verwertung	134
	Literatur.....	135

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: System Nr. 10 Sole-Wasser-Wärmepumpe mit seriellen u. parallelen PVT-Kollektoren, Kombispeicher und Stromspeicher.....	17
Abbildung 2: Darstellung der Energieflüsse schematisch in einem WP+PVT-System und Bilanzgrenzen zur Systembewertung.....	20
Abbildung 3: Bilanzgrenze Jahresarbeitszahl	30
Abbildung 4: Jahresarbeitszahlen Ein-/Zweifamilienhäuser	31
Abbildung 5: Vereinfachtes schematisches Diagramm des Systems.....	33
Abbildung 6: Jährliche Energiebilanz und Arbeitszahlen im Heizbetrieb	34
Abbildung 7: Elektrische Energiebilanz für das System inkl. Ladestation und Batteriespeicher für das Jahr 2024.....	35
Abbildung 8: Schema des Systems in der Heimstatt Röderhof	36
Abbildung 9: Energiebilanz und Arbeitszahlen.....	37
Abbildung 10: Thermische Energie und Austrittstemperatur für PVT-Kollektoren	37
Abbildung 11: monatliche Energiemengen und Arbeitszahlen	39
Abbildung 12: monatliche Energiemengen PVT-Kollektor und Erdsonde.....	40
Abbildung 13: Monatliche energiegewichtete Vorlauftemperatur und Arbeitszahlen	41
Abbildung 14: Vergleich der Temperaturen, Wärmeleistungen und Einstrahlung	42
Abbildung 15: Systemvergleich der Jahresarbeitszahlen im Neubau-EFH.....	45
Abbildung 16: CO ₂ -Emissionen verschiedener Wärmeversorgungssysteme für ein Neubau – Einfamilienhaus	45
Abbildung 17: Systemvergleich der Jahresarbeitszahlen im Bestands-EFH	46
Abbildung 18: Autarkiegrad in Abhängigkeit von PVT-Kollektorfläche und Batteriespeicher für ein Bestands-Einfamilienhaus.....	47
Abbildung 19: Jahresarbeitszahlen (JAZ) verschiedener PVT-Flächen mit Sole-Wasser-Wärmepumpen im Vergleich zu verschiedenen PV-Flächen mit Luftwärmepumpe.....	48
Abbildung 20: Jahresarbeitszahlen (JAZ) verschiedener PVT-Flächen mit EWS-Kombinationen mit Wärmepumpen.....	49
Abbildung 21: CO ₂ -Emissionen für verschiedene PVT-Flächen mit EWS-Kombinationen für Wärmepumpensysteme für das Mehrfamilienhaus (MFH)	50
Abbildung 22: Hauptseite des Wärmepumpen-Vergleichstools.....	51
Abbildung 23: Auswahl der Systemparameter für die energetische und wirtschaftliche Berechnung.....	52
Abbildung 24: Energetische Analyse des ausgewählten Systems	53

Abbildung 25: Wirtschaftliche Analyse des gewählten Systems.....	54
Abbildung 26: Vergleich mit Referenzsystemen im Tool.....	55
Abbildung 27: Methodik für die Dimensionierung des PVT-Wärmepumpensystems.....	56
Abbildung 28: Screenshot des Tools mit dem Schema des Systems, das mit dem Tool dimensioniert wird.....	58
Abbildung 29: Dimensionierung von Wärmepumpe für das Gebäude SFH100 mit einer Heizlast von 7,6 kW und einem Warmwasserbedarf von 5,8 kWh/Tag.	58
Abbildung 30: Dimensionierung der PVT-Kollektoren für die ausgewählte Wärmepumpe für das Gebäude SFH100.....	59
Abbildung 31: Überblick über die DIN V 18599.....	60
Abbildung 32: Schematischer Ablauf für die DIN V 18599.....	62
Abbildung 33: Definierte Zielgruppen für die Marketingmaßnahmen.....	64
Abbildung 34: Ausschnitt aus den Design-Guidelines.....	66
Abbildung 35: Wahl der Indikatoren.....	67
Abbildung 36: Bewertung Systemvarianten.....	67
Abbildung 37: PVT-Kollektor.....	68
Abbildung 38: Standardgrafiken für die Marketingaktivitäten.....	69
Abbildung 39: 1. Variante „Klimaschutz durch PVT-Wärmepumpen-Systeme“.....	70
Abbildung 40: Erweiterte Variante der Infographik „CO ₂ -Emissionseinsparungen“.....	71
Abbildung 41: Auszug von im Projekt IntegraTE erstellten Infografiken.....	71
Abbildung 42: IntegraTE Poster-Beiträge auf dem Solarthermie-Symposium 2023.....	72
Abbildung 43: Übersicht einer Auswahl der integraTE-Vorzeigeprojekte.....	73
Abbildung 44: Beispiel Case Study „Einfamilienhaus-Neubau in Niedersachsen“.....	73
Abbildung 45: Prototyp Infografik „Hydraulikschema“.....	74
Abbildung 46: Steckbriefe von langzeit-vermessenen Demonstrationshäusern.....	75
Abbildung 47: Folien zur Darstellung der Monitoring-Ergebnisse.....	76
Abbildung 48: Vorder- und Rückseite Kurzprojektinfo-Flyer.....	77
Abbildung 49: Projekt-Informations-Flyer.....	78
Abbildung 50: Rückseite Projekt-Informations-Flyer.....	78
Abbildung 51: IntegraTE-Video auf YouTube.....	80
Abbildung 52: Info-Video.....	80
Abbildung 53: Klickanzahl der beiden Varianten des ersten PVT-Infofilms in Deutsch (links) und in English (rechts).....	81
Abbildung 54: Beispielprojekte aus der IntegraTE in Referenzdatenbank des BWP.....	89

Abbildung 55: Projekt-Website	90
Abbildung 56: Bärbel Epp (Solrico) und Jens Kater (Enertech Gmbh, CTC Giersch).....	103
Abbildung 57: Projektinfolyer	104
Abbildung 58: Roll-Up im Hintergrund des Projektinfostandes.....	104
Abbildung 59: Diskussion von interessiertem Fachpublikum während des Forums am integraTE-Stand	104
Abbildung 60: Claudia Scholl-Haaf (re) und Bärbel Epp (li) am integraTE-Stand.....	104
Abbildung 61: Fachforum zum Thema PVT + Wärmepumpe.....	105
Abbildung 62: C. Scholl-Haaf (IGTE), Dr. Harald Drück (IGTE), Charlotte Brauns (BSW), Katja Weinhold (BWP), Kristina Hahn (Consolar)	106
Abbildung 63: IntegraTE-Panelteilnehmende im Fachforumzelt	106
Abbildung 64: Beitrag Nummer 1 auf LinkedIn	107
Abbildung 65: Beitrag Nummer 2 auf LinkedIn	107
Abbildung 66: Zusammenstellung der für die Messeaktivitäten konzipierten Poster	109
Abbildung 67: Impressionen vom Messestand	110
Abbildung 68: IntegraTE-Vortrag von Bärbel Epp (Solrico) auf dem Energy Forum.....	111
Abbildung 69: druckfrisch: aktualisierter Projekt-Infolyer wurde auf der ISH verteilt.....	111
Abbildung 70: Eindrücke vom 4. Energiewendebauen-Kongress im Rahmen der Fachmesse Light + Building	112
Abbildung 71: Vortragender Cees Mager, Geschäftsführer von Triple Solar, ein Firmenpartner von IntegraTE.....	114
Abbildung 72: Mirko Köhler vom Firmenpartner Sunmaxx PVT	114
Abbildung 73: Denis Höltje vom Firmenpartner nD-Systems GmbH	115
Abbildung 74: Claudia Scholl-Haaf, IGTE Uni Stuttgart, Cees Mager und Frank Obernitz, beide von Triple Solar.....	115
Abbildung 75: Gerhard Müller/Consolar & Claudia Scholl-Haaf/IGTE Uni Stuttgart	117
Abbildung 76: Denis Höltje vom Firmenpartner nD-System mit Besucher	118
Abbildung 77: Denis Höltje, nD-System, als Vortragender auf dem Forum	118
Abbildung 78: Auszug Wikipedia- Eintrag „PVT-Kollektor“	120
Abbildung 79: Entwurf Systematik zu Wikipedia-Eintrag PVT-Wärmepumpensysteme.....	121
Abbildung 80: Übersicht Ansprechpartner der Industriepartner.....	122
Abbildung 81: Tätigkeitsfelder der Betriebe	123
Abbildung 82: Schematische Unterscheidung von Käufer Typen.....	124
Abbildung 83: Informationsverhalten (nach Quelle)	125

Abbildung 84: Factsheet für die Zielgruppe „Handwerker und Installateure“	127
Abbildung 85: Kostenbilanz Seniorentagesstätte Johannesberg in Bayern.....	128
Abbildung 86: Auszug aus „Factsheet für die Zielgruppe Architekten“	130
Abbildung 87: Flyer Industry-Workshop IEA SHC Task 66 Thema “PVT-Kollektoren”	131

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Relevanz der unterschiedlichen PVT-Gebäudeenergieversorgungssysteme	17
Tabelle 2: Relevanz PVT-Gebäudeenergieversorgungssysteme gem. Abfrage d. Projektteilnehmer	18
Tabelle 3: Übersicht der in Deutschland installierten PVT-Kollektoren kumuliert für 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 und 2023.....	26
Tabelle 4: Übersicht der PVT-Kollektor Anwendungen	27
Tabelle 5: Übersicht Demonstrationsanlagen	29
Tabelle 6: Monatliche Stundensummen in den einzelnen Temperaturklassen der berechneten stündlichen Kollektorausstrittstemperatur	61
Tabelle 7: Übersicht der PVT-Infofilme und deren Abrufzeiten.	81
Tabelle 8: Übersicht der Fachartikel inklusive Verwertung.....	82
Tabelle 9: Printmedien mit mindestens einem IntegraTE-Fachartikel	83
Tabelle 10: Online-Medien die zumindest einen IntegraTE-Artikel abgedruckt haben	85
Tabelle 11: Übersicht der wichtigsten Verbände der Wohnungswirtschaft.....	87
Tabelle 12: Übersicht der Veranstaltungen in Kooperation mit den Verbänden der Wohnungswirtschaft.....	87
Tabelle 13: Die beiden besten Tweets aus der Social Media Kampagne mit Grafikmaterial von IntegraTE	91
Tabelle 14: Übersicht der Veranstaltungen im Projekt IntegraTE.....	92
Tabelle 15: besuchte Messen im Rahmen des Projektverlaufs.....	108
Tabelle 16: Vortragsblock zu PVT-Kollektoren innerhalb der Speaking-Corner des 4. Energiewendebauen-Kongress im Rahmen der Light + Building	112
Tabelle 17: Übersicht Standbetreuung und Vortragende auf der Messe SHK+E Essen	113
Tabelle 18: Übersicht Standbetreuung und Vorträge auf Messe IFH Intherm in Nürnberg..	116
Tabelle 19: Verteilung der Beschäftigten auf die 16 Betriebe:.....	123
Tabelle 20: Überblick der Deliverables des IEA SHC Task 60, die aus integraTE bearbeitet wurden.	132

1 Einleitung

1.1 Motivation

Das Projekt IntegraTE verfolgte das Ziel, die Marktdurchdringung von technisch und wirtschaftlich attraktiven Anlagen zur thermischen und elektrischen Energieversorgung mittels PVT-Kollektoren und Wärmepumpen im Gebäudesektor zu erhöhen und sowohl die thermische als auch die elektrische Energieversorgung hinsichtlich Effizienz und CO₂-Einsparung von PVT-Gebäudeenergieversorgungssystemen zu maximieren. Um dies zu erreichen, wurden zentrale Kenndaten zur Bewertung dieser Technologien definiert und durch gezielte Marketingmaßnahmen an relevante Zielgruppen kommuniziert.

Das Projekt begann mit der Klassifizierung der am Markt verfügbaren Systeme und der messtechnischen Untersuchung ausgewählter Anlagen. Dabei wurden spezifische Kennzahlen für die energetische, ökonomische und ökologische Bewertung entwickelt. Die Marketingstrategien richteten sich an alle Akteure der Wertschöpfungskette, darunter Hersteller, Planer, Architekten, Installateure und Endkunden. Wichtige Maßnahmen umfassten die Erstellung von Informationsmaterialien, die Nutzung digitaler Plattformen sowie die Durchführung von Demonstrationsvorführungen.

In der zweiten Phase des Projekts sollte die bestehende Markterhebung und Analyse weiter verfeinert werden. Dies beinhaltete eine detaillierte Auswertung der laufenden Demonstrationsanlagen, eine Optimierung der Regelungsstrategien zur Effizienzsteigerung und die Erweiterung der Systemsimulationen um Mehrfamilienhäuser und Batteriespeicher. Die Schaffung eines webbasierten Entscheidungshilfetools für Endkunden und Implementierer stand ebenfalls im Fokus.

Zudem wurde eine Bewertungsmethodik für PVT-Wärmepumpensysteme erarbeitet, die in die relevanten Normen (DIN V 18599-5) aufgenommen werden sollte. Die wirtschaftliche Analyse der Systeme, inklusive der Erstellung von Infografiken, trug dazu bei, das Potenzial von PVT-Anlagen im Vergleich zu anderen Wärmeversorgungssystemen zu verdeutlichen.

Ein wichtiger Aspekt war die Anpassung des Marketings an neue politische Rahmenbedingungen, wie das Gebäude-Energie-Gesetz (GEG) und die Solarpflicht. Die Kommunikationsstrategie wurde weiter ausgebaut, um Handwerker, Installateure und Architekten gezielt anzusprechen und deren Bedenken gegenüber PVT-Wärmepumpensystemen zu adressieren.

Durch die Etablierung einer zentralen Anlaufstelle im Internet sowie die enge Zusammenarbeit mit relevanten Verbänden sollte die Sichtbarkeit und Akzeptanz von PVT-Gebäudeenergieversorgungssystemen gesteigert werden. Das Projekt IntegraTE bot somit eine umfassende Grundlage für die Förderung innovativer Technologien im Bereich der nachhaltigen Energieversorgung.

1.2 Projektziele

Im Rahmen des Projekts IntegraTE wurden alle definierten Projektziele erfolgreich erreicht. Die spezifischen technischen, wissenschaftlichen und marketing-technischen Arbeitsziele, die zur Erhöhung der Marktdurchdringung von PVT-Gebäudeenergieversorgungssystemen beitragen, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1.2.1 Technische Ziele

- Identifizierung der am Markt verfügbaren PVT-Gebäudeenergieversorgungssysteme
- Identifizierung der am Markt verfügbaren PVT-Kollektoren und PVT-Systemkomponenten
- Erhebung der Gesamtzahl, Gesamtfläche und Gesamtleistung der bisher in Deutschland installierten PVT-Kollektoren sowie der Verteilung von Systemkonfigurationen und Anwendungen sowie Verfeinerung der Markterhebung und Marktanalyse
- Erstellung praxistauglicher Planungs- und Auslegungstools
- Entwicklung eines Messkonzeptes für das Monitoring und die experimentelle Bewertung von PVT-Systemen
- Bewertung der Demonstrationsanlagen
- Erarbeitung und Umsetzung von Optimierungsmaßnahmen an den Anlagen im Feld

1.2.2 Wissenschaftliche Ziele

- Erarbeitung von Bewertungsgrößen (COP, SPF, solarelektrischer und solarthermischer Deckungsanteil, Netzdienlichkeit und Primärenergieeinsparung, Lebenszyklusanalyse)
- Erstellung eines Bewertungstools, um die PVT-Technologie mit anderen zu vergleichen (Strom- und Wärmegestehungskosten, LCA)
- Weiterführung der Auswertung und Erweiterung des Analyseumfangs der Demonstrationsanlagen
- Steigerung der Effizienz der Anlagen durch eine Optimierung von Regelungsstrategien und/oder der Anlagentopologie
- Ergänzung der bisherigen Systemsimulationen um Mehrfamilienhäuser und Batteriespeicher
- Untersuchung der Systemdienlichkeit von PVT-Gebäudeenergieversorgungssystemen
- Erarbeitung einer Bewertungsmethodik für PVT-Wärmepumpensysteme als Wärmequelle für die Aufnahme in die DIN V 18599-5
- Kostenerhebung von PVT-Gebäudeenergieversorgungssystemen und konkurrierenden Wärmeversorgungssystemen, um wirtschaftliche KPIs zu berechnen (z. B. Kosten pro eingesparter CO₂-Emission) und daraus Infografiken zu erstellen

1.2.3 Marketingziele

- Konzeption und Umsetzung von Marketingmaßnahmen für Hersteller und Implementierer
- Konzeption und Umsetzung von Marketingmaßnahmen für Endkunden
- Anpassung des Marketings an geänderte politische Rahmenbedingungen (GEG, BEG, Solarpflicht, Klimaziele)

- Intensivierung des Marketings hinsichtlich der Zielgruppen „Handwerker und Installateure“ sowie „Architekten“
- Technologiemarketing mit zusätzlichem Fokus auf die Wohnungswirtschaft (z. B. Fachartikelvermarktung innerhalb der neu identifizierten Fachzeitschriften der Wohnungswirtschaft, Vorträge)
- Entwicklung von Kommunikationsaktivitäten in Kooperation mit weiteren Verbänden, die Implementierende und Endkunden vertreten

Das Projekt hat die förderpolitischen Ziele in hervorragender Weise bedient, indem es die Marktetablierung von PVT-Systemen zur effizienten Energieversorgung zukünftiger Gebäude vorangetrieben hat. Es hat demonstriert, wie heute verfügbare Technologien zur signifikanten Verringerung des nicht-erneuerbaren Primärenergiebedarfs beitragen können und dabei auf umfangreiche Forschungsergebnisse zurückgegriffen. Zudem wurde der Schwerpunkt auf den Abbau von Hemmnissen gelegt, um ambitionierte Vorhaben für einen klimaneutralen Gebäudebestand zu realisieren, sowie die Breitenwirksamkeit der Maßnahmen betont, um die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Gebäude zu gewährleisten.

1.3 Projektmanagement

Das Projekt integraTE hat sich als inhaltlich äußerst erfolgreich erwiesen, sowohl in der Umsetzung als auch in den erzielten Ergebnissen. Durch ein effizientes Projektmanagement konnte das Vorhaben nicht nur termingetreu realisiert werden, sondern auch innerhalb des vorab definierten Kostenrahmens bleiben. Die Kosteneffizienz wurde durch sorgfältige Planung und Kontrolle der Ressourcen sichergestellt, was die Gesamtdurchführung des Projekts maßgeblich unterstützte.

Ein zentraler Aspekt des Projektmanagements war die integrative Herangehensweise, die es ermöglichte, die gesamte Branche einzubeziehen und alle relevanten Stakeholder aktiv in den Prozess einzubinden. Trotz des hohen Spezifizierungsgrades der einzelnen Arbeitspakete wurden konsistente und qualitativ hochwertige Ergebnisse erzielt. Diese Ergebnisse wurden sowohl national als auch international präsentiert, was die Sichtbarkeit und Anerkennung des Projekts erhöhte.

Die Wahrnehmung der Projektpartner für ihre Expertise im Bereich PVT-Wärmepumpensysteme wurde durch die erfolgreichen Ergebnisse des Projekts erheblich gesteigert. Dies führte dazu, dass die Partner als zentrale Anlaufstelle für Rückfragen weit über das Projekt hinaus wahrgenommen werden. Die daraus resultierenden Netzwerke und Kontakte haben nicht nur den Austausch innerhalb der Branche gefördert, sondern auch den Grundstein für zukünftige Projekte gelegt.

Ein direktes Resultat des Erfolgs von IntegraTE ist das neu initiierte Projekt „integraTE-XL“ sowie die ergänzende IEA SHC Task 73 „PVT Heating Systems“, für die die fachliche Leitung ebenfalls übernommen wurde. Diese neuen Initiativen sind ein Beweis für die nachhaltige Wirkung und den Einfluss des Projekts auf die Entwicklung im Bereich der PVT-Technologie.

Alle Meilensteine des Projekts wurden erfüllt oder, wenn notwendig, auf begründbare Argumentation hin, angepasst. Dies zeigt, dass das Projektmanagement nicht nur reaktiv, sondern auch proaktiv auf Herausforderungen reagiert hat. Durch diese fundierte und flexible Herangehensweise wurde der massive Erfolg des Projekts unterstützt und gesichert. Insgesamt hat das Projektmanagement somit entscheidend zum positiven Verlauf und zur nachhaltigen Wirkung des IntegraTE-Projekts beigetragen.

2 Marktbetrachtung

2.1 Technologie-Mapping und Bewertung von PVT-Systemlösungen

Im Gegensatz zu den Systemen zur Wärmeversorgung, die auf einer Kombination von Solarthermieanlagen und Wärmepumpen basieren und bereits seit vielen Jahren am Markt etabliert sind und auch Gegenstand diverser Forschungsprojekte wie z. B. „WPsol“ [1] waren, stellen PVT-Gebäudeenergieversorgungssysteme eine neue Anlagenklasse dar.

Im Hinblick auf das Ziel, eine gesteigerte Marktdurchdringung von PVT-Wärmepumpensystemen zu erzielen, wurden zunächst die maßgeblichen Kenndaten zur Beschreibung und Bewertung dieser Systeme erhoben und definiert. Als Basis hierfür wurden die am Markt verfügbaren Systemkonzepte klassifiziert und ausgewählte Anlagen messtechnisch untersucht. Für die energetische, ökonomische und ökologische Bewertung der Anlagen wurden im Anschluss daran entsprechende Bewertungskennzahlen definiert.

Technologie-Mapping

In einem ersten Schritt wurde eine Recherche durchgeführt, um die am Markt verfügbaren PVT-Gebäudeenergieversorgungssysteme und der verfügbaren PVT-Kollektoren und PVT-Systemkomponenten zu ermitteln. Diese wurden in eine generische Systemklassifikation eingeordnet und systematisch beschrieben inkl. ihrer speziellen Charakteristika, der Vor- und Nachteile und unter Berücksichtigung der Kommentare der Projektpartner.

Die Vorgehensweise war, die wichtigsten PVT-Systeme mittels dem in der IEA SHC Task 44 „Solar and Heat Pump Systems for Residential Buildings“ [2] entwickelten Konzept der „square views“ darzustellen.

Grundsätzlich basiert diese Art der Darstellung der Energieflüsse auf den Arbeiten von Frank et al. (2010) [3] und der IEA SHC Task 44 / HPP Annex 38.

Weiterentwickelt wurde die Visualisierung von Energieströmungen durch Square Views bzgl. PVT-Gebäudeenergieversorgungssysteme in der IEA SHC Task 60 „PVT-Systems“. [4]

In der Beschreibung der generischen PVT-Gebäudeenergieversorgungssysteme wurden fast ausschließlich Systemkonzepte vorgestellt, bei denen ein Stromspeicher ein integraler Bestandteil ist, um sowohl möglichst hohe solarthermische als auch solarelektrische Deckungsanteile zu erreichen. Grundsätzlich ist es aber auch möglich alle im Folgenden dargestellten Systemkonzepte, ohne einen Stromspeicher zu realisieren. 13 Systeme sind mit Kombispeichern dargestellt, diese sind als Synonym für Speichersysteme mit Trinkwasser- und Heizungswasser zu verstehen. Vier Systeme sind mit einem Heizstab oder einem Gaskessel als Nachheizung dargestellt.

Folgende 15 PVT-Gebäudeenergiesystem wurden erfasst und im Square View dargestellt sowie deren Vor- und Nachteile beschrieben:

1. Luft-Wasser-Wärmepumpe mit parallelen PVT-Kollektoren, elektrischem Heizstab, Kombispeicher und Stromspeicher
2. Luft-Wasser-Wärmepumpe mit parallelen und seriellen PVT-Kollektoren, Kombispeicher und Stromspeicher
3. Sole-Wasser-Wärmepumpe, erdreichgekoppelt mit parallelen PVT-Kollektoren, Kombispeicher und Stromspeicher
4. Sole-Wasser-Wärmepumpe, erdreichgekoppelt, mit seriellen PVT-Kollektoren, Kombispeicher und Stromspeicher
5. Sole-Wasser-Wärmepumpe, erdreichgekoppelt, mit seriellen und parallelen PVT-Kollektoren, Kombispeicher und Stromspeicher

6. Sole-Wasser-Wärmepumpe, erdreichgekoppelt, seriellen und parallelen PVT-Kollektoren, mit Quellspeicher, Kombispeicher und Stromspeicher
7. Sole-Wasser-Wärmepumpe mit seriellen PVT-Kollektoren, Kombi-speicher und Stromspeicher
8. Sole-Wasser-Wärmepumpe mit seriellen PVT-Kollektoren und quellenseitigem Wärmespeicher, Kombispeicher und Stromspeicher
9. Sole-Wasser-Wärmepumpe mit seriellen PVT-Kollektoren und quellenseitigem Wärmespeicher mit Bypass, Kombispeicher und Stromspeicher
10. Sole-Wasser-Wärmepumpe mit seriellen u. parallelen PVT-Kollektoren, Kombispeicher und Stromspeicher
11. Sole-Wasser-Wärmepumpe mit seriellen u. parallelen PVT-Kollektoren, quellenseitigem Wärmespeicher, Kombispeicher und Stromspeicher
12. Sole-Wasser-Wärmepumpe mit seriellen u. parallelen PVT-Kollektoren, quellenseitigem Wärmespeicher mit Bypass, Kombispeicher und Stromspeicher
13. Solarthermie-Anlage mit PVT-Kollektoren, Gaskessel, Kombispeicher und Stromspeicher
14. Luftheizungssystem mit PVT-Kollektoren, elektrischem Heizstab für die Warmwasserbereitung, Warmwasserspeicher und Stromspeicher
15. Luftheizungssystem mit PV-Anlage, PVT-Kollektoren, elektrischem Heizstab für Warmwasserbereitung und Warmwasserspeicher

Exemplarisch sei hier das System Nr. 10 Sole-Wasser-Wärmepumpe mit seriellen u. parallelen PVT-Kollektoren, Kombispeicher und Stromspeicher als Square View dargestellt:

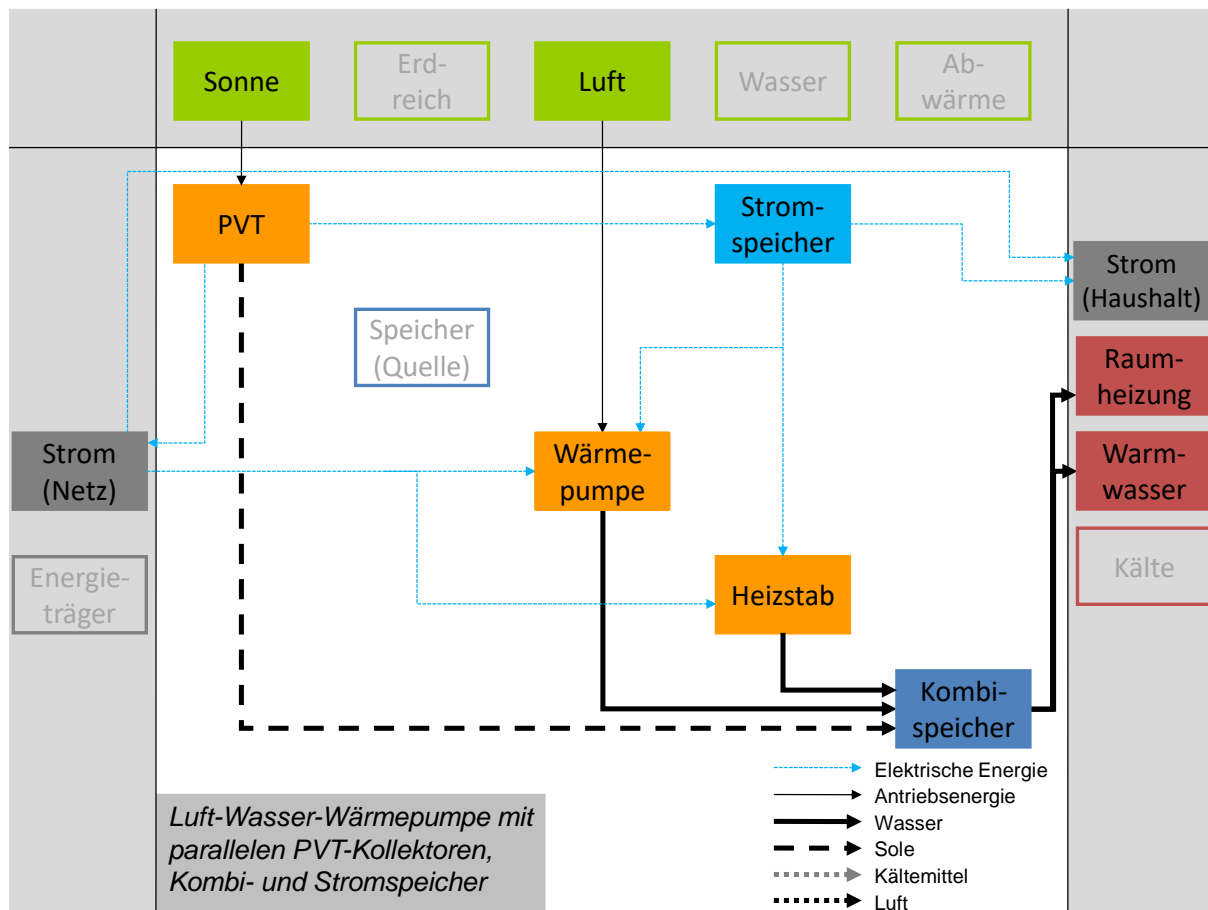


Abbildung 1: System Nr. 10 Sole-Wasser-Wärmepumpe mit seriellen u. parallelen PVT-Kollektoren, Kombispeicher und Stromspeicher

Bei diesem Anlagenkonzept nutzt der PVT-Kollektor die Solarstrahlung und die Wärme der Umgebungsluft. Somit kann er als einzige Wärmequelle für die Wärmepumpe dienen. Die von den PVT-Kollektoren gelieferte Wärme dient ausschließlich als Wärmequelle für die Wärmepumpe. Die Wärmepumpe belädt einen Kombispeicher, der gleichzeitig zur Trinkwassererwärmung und zur Raumheizung dient. Kann bei sehr niedrigen Lufttemperaturen die Wärmelast nicht mehr gedeckt werden wird der Kombispeicher von einem elektrischen Heizstab oder alternativ von einem Gaskessel beladen. Der von den PVT-Kollektoren erzeugte Strom wird zur Deckung der gesamten Stromlast im Gebäude verwendet. Ist der Strombedarf im Gebäude gedeckt, so kann die elektrische Energie in einem Stromspeicher gespeichert werden. Wenn der Stromspeicher zu 100 % geladen ist, wird der von den PVT-Kollektoren gelieferte Strom ins Stromnetz eingespeist. Hier kann zusätzlich die von den PVT-Kollektoren gelieferte Wärme direkt für die Beladung des Kombispeichers genutzt werden, sofern diese das notwendige Temperaturniveau erreichen.

Tabelle 1: Relevanz der unterschiedlichen PVT-Gebäudeenergieversorgungssysteme

Vorteile	Nachteile
PVT-Kollektor erschließt gleichzeitig Wärmequelle „Luft“ für WP, kein Geräusch, da konventionelle Außeneneinheit mit Ventilator entfällt	teurer als konventionelle Luft-Wasser-WP durch PVT-Kollektoren und quellenseitigem Wärmespeicher
Zusätzlich direktes Beladen des Kombispeichers durch die PVT-Kollektoren möglich. Dadurch kann	große Fläche für PVT-Kollektoren nötig, da diese als einzige Wärmequelle für die WP dienen

zusätzlich Strom eingespart werden und die Wärmepumpe geschont werden.	
Quellenseitiger Wärmespeicher verbessert Effizienz und reduziert Takten der WP	Gefahr hoher Stromkosten, wenn elektrischer Heizstab eingesetzt wird
gute Kühlung der PV-Module	

Die Relevanz der unterschiedlichen PVT-Gebäudeenergieversorgungssysteme wurde bei den Projektpartnern abgefragt. Das Ergebnis der Abfrage ist in Tabelle 1 zusammengefasst. Die Relevanz ist hierbei durch das Verhältnis der Stimmen für das PVT-Gebäudeenergieversorgungssysteme und der Gesamtanzahl an Stimmen angegeben.

Tabelle 2: Relevanz PVT-Gebäudeenergieversorgungssysteme gem. Abfrage d. Projektteilnehmer

PVT-Gebäudeenergieversorgungssystem	Relevanz
7 Sole-Wasser-Wärmepumpe mit seriellen PVT-Kollektoren, Kombispeicher und Stromspeicher	17%
4 Sole-Wasser-Wärmepumpe, erdreichgekoppelt, mit seriellen PVT-Kollektoren, Kombispeicher und Stromspeicher	15%
8 Sole-Wasser-Wärmepumpe mit seriellen PVT-Kollektoren und quellenseitigem Wärmespeicher, Kombispeicher und Stromspeicher	13%
5 Sole-Wasser-Wärmepumpe, erdreichgekoppelt, mit seriellen und parallelen PVT-Kollektoren, Kombispeicher und Stromspeicher	11%
3 Sole-Wasser-Wärmepumpe, erdreichgekoppelt mit parallelen PVT-Kollektoren, Kombispeicher und Stromspeicher	9%
6 Sole-Wasser-Wärmepumpe, erdreichgekoppelt, seriellen und parallelen PVT-Kollektoren, mit Quellenspeicher, Kombispeicher und Stromspeicher	9%
11 Sole-Wasser-Wärmepumpe mit seriellen u. parallelen PVT-Kollektoren, quellenseitigem Wärmespeicher, Kombispeicher und Stromspeicher	9%
Rest	17%

Bewertung von PVT-Systemlösungen

Um die Leistung einer Technologie beurteilen zu können, sind klar definierte Leistungskennzahlen (engl. Key Performance Indicators (KPI's)) erforderlich. Solche Kennzahlen werden verwendet, um verschiedene Komponenten oder Systeme quantitativ zu vergleichen oder um die Auswirkungen von Optimierungsschritten auf eine Komponente oder ein System zu quantifizieren.

Im Anschluss an die Klassifizierung der Systemkonzepte konnten so gemeinsam mit den Projektpartnern marktrelevante Leistungskennzahlen (Performancekennzahlen) für die energetische, ökonomische und ökologische Bewertung der Anlagen erarbeitet, definiert und in einem Bericht dokumentiert werden. Das Ziel des Berichts war es, genaue Definitionen nützlicher KPIs für Anlagen zur thermisch-elektrischen Energieversorgung mittels PVT-Kollektoren und Wärmepumpen im Gebäudesektor zu liefern. Wenn möglich, sollten diese Definitionen denen, die auch für solarthermische und photovoltaische Anlagen verwendet werden, entsprechen. Bei der Definition der KPIs wurden die in der IEA SH&C Task 60 „PVT-Systems“ festgelegten Definitionen [5] mitberücksichtigt.

Die im folgenden vorgestellten KPIs wurden in Abstimmung mit allen Projektbeteiligten des Projektkonsortiums des IntegraTE-Projekts definiert. Um eine erfolgreiche Verwendung der Kennzahlen innerhalb des Projekts zu gewährleisten, wurde eine Beschränkung auf ca. 10 Kennzahlen vereinbart. Die Kennzahlen unterteilen sich dabei in energiebezogene, ökonomische und ökologische KPIs.

- **Energiebezogene KPIs**

Leistungszahl und Systemarbeitszahl

Zur Charakterisierung der momentanen Effizienz von Wärmepumpen wird als Kenngröße die Leistungszahl oder auch der Coefficient of Performance (COP) herangezogen. Dieser wird nach Gl. 1 über den Quotienten der beim stationären Betrieb zu einem Zeitpunkt vorliegenden Leistungen gebildet

$$COP_{WP} = \frac{\dot{Q}_{WP,*}}{\dot{E}_{WP}} \quad \text{Gl. 1}$$

mit:

- COP_{WP} : Leistungszahl der Wärmepumpe [-]
- $\dot{Q}_{WP,*}$: abgegebene thermische Leistung der Wärmepumpe [kW]
- \dot{E}_{WP} : benötigte elektrische Leistung der Wärmepumpe (Kompressor, Pumpen, Lüfter, Regelung) [kW]

Hierbei ist $\dot{Q}_{WP,*}$ die an den Anschlüssen der Wärmepumpe abgegebene thermische Leistung und \dot{E}_{WP} die zum Betrieb der Wärmepumpe benötigte elektrische Leistung zum Betrieb des Kompressors, interne Zirkulationspumpen, Lüfter und Regelungen.

Betrachtet man die Effizienz über einen bestimmten Zeitraum, geschieht dies über die Arbeitszahl (AZ) die die entsprechenden, zeitlich aufintegrierten Mengen an bereitgestellter Wärme und verbrauchter Elektrizität ins Verhältnis setzt, vgl. Gl. 2. Sie erfordert die Definition von Bilanzgrenzen, das heißt die Festlegung, wo die Wärmemenge ermittelt wird und welche elektrischen Verbraucher berücksichtigt werden. In diesem Projekt beschränken wir uns auf die Bilanzgrenze (vor dem Speicher, engl. before storage (bSt)) beschränken, die in folgendem exemplarischen SquareView nach SHC-Task 44 und Task 60 dargestellt werden [2].

In beiden Bilanzräumen sind die elektrischen Energieverbraucher der vollständigen Quellenanlage enthalten.

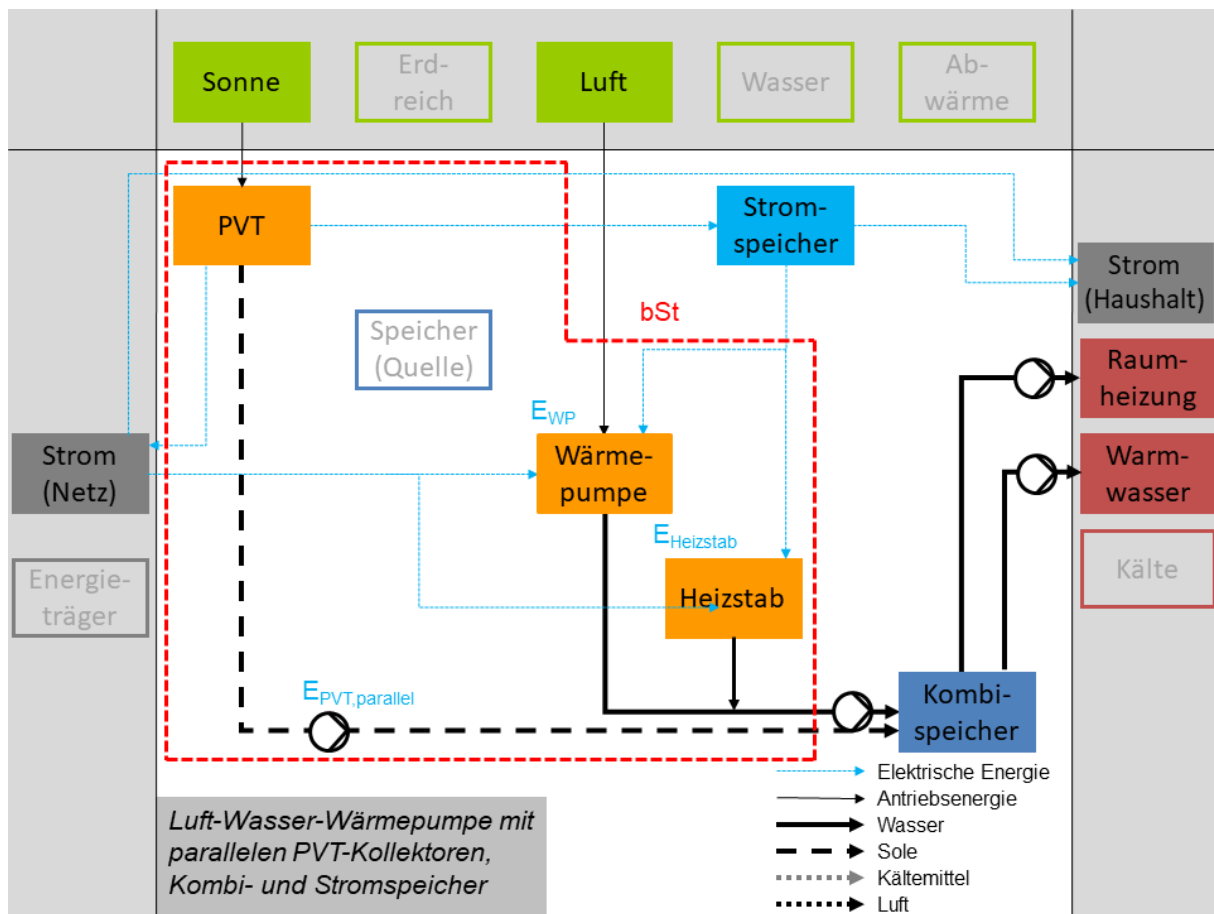


Abbildung 2: Darstellung der Energieflüsse schematisch in einem WP+PVT-System und Bilanzgrenzen zur Systembewertung

Die Arbeitszahl der Wärmepumpenanlage vor dem Speicher (bSt) wird folgendermaßen berechnet:

$$AZ_{bSt} = \frac{Q_{WP,*} + Q_{PVT,parallel} + Q_{Heizstab}}{E_{WP} + E_{PVT,parallel} + E_{Heizstab}} \quad \text{Gl. 2}$$

mit:

- AZ_{bSt} : Arbeitszahl der Wärmepumpe vor dem Speicher [-]
- $Q_{WP,*}$: Abgegebene Wärme/Kälte der Wärmepumpe [kWh]
- $Q_{PVT,parallel}$: Abgegebene Wärme/Kälte (Enteisung) des PVT-Systems an den Senkenspeicher [kWh]
- $Q_{Heizstab}$: Abgegebene Wärme des Heizstabs [kWh]
- $Q_{PVT,parallel}$: Abgegebene Wärme/Kälte (Enteisung) des PVT-Systems an den Senkenspeicher [kWh]
- E_{WP} : benötigte elektrische Energie der Wärmepumpe (Kompressor, Pumpe der Quellenanlage, Lüfter, Regelung) [kWh]
- $E_{PVT,parallel}$: benötigte elektrische Energie des PVT-Systems für die direkte (parallele) Beladung des Senkenspeichers bzw. für die Enteisungsfunktion [kWh]

$E_{Heizstab}$: benötigte elektrische Energie der Wärmepumpe (Kompressor, Pumpe der Quellanlage, Lüfter, Regelung) [kWh]

Die Arbeitszahl (AZ) ist ein Maß für die Systemeffizienz (Wärmepumpen-Effizienz, Wärmeverluste, Systemverluste) und beschreibt, wieviel kWh Nutzwärme/-kälte pro eingesetzter kWh elektrischer Energie bereitgestellt werden. Sie wird häufig auf den Zeitraum eines Jahres bezogen (=Jahresarbeitszahl JAZ), kann aber auch andere Zeiträume abdecken.

Bei der Bilanzgrenze bSt (before storage) wird die vom Kondensator und dem Heizstab gelieferte Wärmemenge gemessen und durch die elektrische Energie bis zum Speicher dividiert.

Die $AZ_{WP,PVT}$ (Gl. 3) berücksichtigt zusätzlich den im betrachteten Zeitraum selbst genutzten PV-Strom und beschreibt, wieviel kWh Nutzwärme/-kälte pro kWh mit der im betrachteten Zeitraum vom Stromnetz bezogenen elektrischen Energie bereitgestellt wurde.

$$AZ_{WP,PVT} = \frac{Q_{WP,*} + Q_{PVT,parallel} + Q_{Heizstab}}{E_{WP} + E_{PVT,parallel} + E_{Heizstab} - E_{PVT,genutzt}} \quad \text{Gl. 3}$$

mit:

$AZ_{WP,PVT}$: Arbeitszahl der Wärmepumpe mit expliziter Berücksichtigung des PV-Stroms, d. h. ausschließlich bezogen auf den eingesetzten Netzstrom [-].

$E_{PVT,genutzt}$: Selbst verbrauchten PVT-Strom im System (ohne Batteriespeicher) [kWh]

Bei einem Betrachtungszeitraum von 1 Jahr werden die Größen als JAZ_{WP} bzw. $JAZ_{WP,PVT}$ bezeichnet (System-Jahresarbeitszahl).

Eigenverbrauchsanteil

Der Eigenverbrauchsanteil (EVA_{PVT}) berechnet sich aus dem Verhältnis der im betrachteten Zeitraum selbst genutzten elektrischen Energie des PVT-Systems (Kollektoren, Wechselrichter und Batteriespeicher) und der insgesamt im betrachteten Zeitraum von dem PVT-System erzeugten elektrischen Energie, vgl. Gl. 4, und gibt an zu welchem Anteil der von dem PVT-System erzeugte Strom für den eigenen Verbrauch verwendet wird. Die Definition gilt nur so lange ein eventuell vorhandener Batteriespeicher ausschließlich von den PVT-Kollektoren beladen wird.

$$EVA_{PVT} = \frac{E_{PVT,nutz}^{AC}}{E_{PVT}^{AC}} \quad \text{Gl. 4}$$

mit:

EVA_{PVT} : Eigenverbrauchsanteil [-]

$E_{PVT,nutz}^{AC}$: selbst genutzte elektrischen Energie des PVT-Systems [kWh]

E_{PVT}^{AC} : insgesamt von dem PVT-System erzeugte elektrische Energie [kWh]

Energieautarkiegrad

Der Energieautarkiegrad (EAG_{PVT}) berechnet sich aus dem Verhältnis der im betrachteten Zeitraum zeitgleich erzeugten und selbst genutzten elektrischen Energie des PVT-Systems bezogen auf die im betrachteten Zeitraum eingesetzte Energie zur Deckung des Wärme- und Strombedarfs des Gebäudes.

$$EAG_{PVT} = \frac{E_{PVT,nutz,gl}^{AC}}{Brennstoffbedarf + E_{netz} + E_{PVT,nutz,gl}^{AC}} \quad \text{Gl. 5}$$

mit:

EAG_{PVT} :	Energieautarkiegrad [-]
$E_{PVT,nutz,gl}^{AC}$:	Zeitgleich mit der Erzeugung selbst genutzte elektrische Energie des PVT-Systems (PVT-Kollektor und Batteriespeicher) für Betriebsstrom und Haushaltsstrom [kWh]
<i>Brennstoffbedarf</i> :	Benötigter Brennstoff [kWh]
E_{Netz} :	Aus dem Netz bezogener Strom [kWh]

- **Ökonomische KPIs**

Gesamtlebenszykluskosten

Die Gesamtlebenszykluskosten (engl. Total live cycle costs (TLCC)) einer Wärme- und Stromerzeugungsanlage einschließlich PVT-Kollektoren können durch die Summe der Barwerte der Investition (I) und der Betriebs- und Wartungskosten (OM) abzüglich einer möglichen Einspeisevergütung für Strom und abzüglich des Restwertes (RV) der Anlage am Ende des Betrachtungszeitraums angegeben werden [6].

$$TLCC = I_0 + \sum_{t=1}^T (OM_t - E_{PVT,Netz,t}^{AC} \cdot P_{el. Einspeisung,t} - E_{PVT,eigen,t}^{AC} \cdot P_{el. eigen,t}) \cdot (1+r)^{-t} - \frac{RV}{(1+r)^T} \quad \text{Gl. 6}$$

mit:

$TLCC$:	Gesamtlebenszykluskosten [€]
I_0 :	Anfangsinvestition [€]
OM_t :	Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten im Jahr t [€]
r :	realer Zinssatz [-]
t :	Jahr [-]
T :	Betrachtungszeitraum in Jahren [-]
$E_{PVT,Netz,t}^{AC}$:	Im Jahr t ins Netz eingespeisten Solarstrom [kWh]
$P_{el. Einspeisung,t}$:	Einspeisevergütung im Jahr t [€/kWh]
$E_{PVT,eigen,t}^{AC}$:	Im Jahr t selbst genutzte Solarstrom [kWh]
$P_{el. eigen,t}$:	Stromkosten Haushaltsstrom im Jahr t [€/kWh]
RV :	möglicher Restwert des Systems nach dem Betrachtungszeitraum [€]

I_0 sind die Anfangsinvestitionen, die durch den Kauf der Komponenten und die Installation der Anlage bis zur Inbetriebnahme entstehen. Diese können ggf. durch eine erhaltene Förderung korrigiert werden kann.

OM_t sind die Investitions-, Betriebs- und Wartungskosten im Jahr t .

Die Investitionskosten beinhalten hier die notwendige Investition für die Erneuerung kleinerer Komponenten wie Pumpen, Ausdehnungsgefäß oder auch den Ersatz von Wärmeträgermedien. Die Betriebskosten umfassen den aus dem Netz bezogenen Strom sowie die Kosten für fossile Brennstoffe falls vorhanden. Die Wartungskosten beinhalten die durch die Wartung der Anlage entstehenden Kosten durch einen Servicetechniker. Die Investitions- und Wartungskosten gehen oft ineinander über, sodass nicht zwingend zwischen diesen beiden unterschieden werden muss. Wartungs- und Instandhaltungskosten können ggf. der VDI 2067 [7] entnommen werden.

$E_{PVT,Netz,t}^{AC} \cdot P_{el.Einspeisung,t}$ ist die Vergütung für den ins Netz eingespeisten Solarstrom im Jahr t mit der entsprechenden Einspeisevergütung $P_{el. Einspeisung,t}$.

$E_{PVT,eigen,t}^{AC} \cdot P_{el.eigen,t}$ ist der selbst genutzte Solarstrom der PVT-Kollektoren im Jahr t mit dem entsprechenden Strompreis $P_{el. eigen,t}$.

r ist der reale Zinssatz und T der Betrachtungszeitraum in Jahren. RV steht für einen möglichen Restwert der Anlage oder von Teilen der Anlage nach Ablauf des Betrachtungszeitraums. Der Restwert kann nach VDI 2067 [7] berechnet werden.

Levelised Cost of Energy

Die Levelised Cost of Energy (LCOEn) sind die Energiegestehungskosten der vom System erzeugten Energie, die gemäß Gl. 7 ausgedrückt werden können als

$$LCOEn = \frac{TLCC(t,T)}{\sum_{t=1}^T (Q_{sys,t} + C_{sys,t} + E_{sonst,t}) \cdot (1+r)^{-t}} \quad \text{Gl. 7}$$

mit:

$LCOEn$:	Energiegestehungskosten der vom System erzeugten Energie
$Q_{sys,t}$:	Nutzwärme im Jahr t [kWh]
$C_{sys,t}$:	Nutzkälte im Jahr t [kWh]
$E_{sonst,t}$:	Sonstiger Strombedarf incl. Haushaltsstrom und nicht direkt von Heizungs- und Kühlsystem benötigtem Hilfsstrom (z. B. Strombedarf einer mechanischen Wohnungslüftung) im Jahr t [kWh]

Da eine kWh Wärme, Kälte und Elektrizität im Allgemeinen nicht als gleichwertig betrachtet werden, können die Energiegestehungskosten der verschiedenen Energieformen (LCOH, LCOC und LCOE) auch getrennt definiert werden. Hierbei steht „H“ für Heat bzw. Wärme, „C“ für Cold bzw. Kälte und „E“ für Electricity bzw. Strom.

$$LCOH = \frac{\left[I_0 + \sum_{t=1}^T OM_t \cdot (1+r)^{-t} - \frac{RV}{(1+r)^T} \right]_{HS}}{\sum_{t=1}^T Q_{sys,t} \cdot (1+r)^{-t}}, \quad \text{Gl. 8}$$

$$LCOC = \frac{\left[I_0 + \sum_{t=1}^T OM_t \cdot (1+r)^{-t} - \frac{RV}{(1+r)^T} \right]_{CS}}{\sum_{t=1}^T C_{sys,t} \cdot (1+r)^{-t}}, \quad \text{Gl. 9}$$

$$LCOE = \frac{\left[I_0 + \sum_{t=1}^T (OM_t - E_{PVT,Netz,t}^{AC} \cdot P_{el. Stromhandel,t}) \cdot (1+r)^{-t} - \frac{RV}{(1+r)^T} \right]_{ES}}{\sum_{t=1}^T E_{sonst,t} \cdot (1+r)^{-t}}, \quad \text{Gl. 10}$$

Die Begriffe in eckigen Klammern enthalten dabei nur die entsprechenden Werte für das Heizsystem (HS), das Kühlsystem (CS) bzw. das Elektrizitätssystem (ES). Diese Aufteilung der gesamten Energiegestehungskosten auf die verschiedenen energetischen Beiträge bedarf weiterer Regelungen, z. B. muss eine Regelung getroffen werden, wie die Kosten des PVT-Systems zwischen dem Heizsystem und dem Elektrizitätssystem aufgeteilt werden.

- **Ökologische KPIs**

Primärenergiebedarf

Der Primärenergiebedarf PEB eines Gebäudes für Wärme, Kälte und Strom berechnet sich aus der Summe der im betrachteten Zeitraum für Wärme, Kälte und Strom benötigten Energiemengen.

$$\begin{aligned} PEB &= Q_{w\u00e4rme} \cdot f_{P,brennstoff} + Q_{K\u00e4lte} \cdot f_{P,strom} + E \cdot f_{P,strom} \\ &= \frac{Q_{bedarf,W\u00e4rme}}{\eta_{heiz}} \cdot f_{P,brennstoff} + \frac{Q_{bedarf,K\u00e4lte}}{\eta_{K\u00fch}} \cdot f_{P,strom} + E \cdot f_{P,strom} \end{aligned} \quad \text{Gl. 11}$$

mit:

PEB :	Prim\u00e4renergiebedarf [kWh]
$Q_{w\u00e4rme}$:	ben\u00f6tigte Endenergie f\u00fcr Heizung und Warmwasserbereitung des Geb\u00e4udes [kWh]
$Q_{K\u00e4lte}$:	Ben\u00f6tigte K\u00e4lteenergie f\u00fcr die K\u00fchlung des Geb\u00e4udes [kWh]
E :	Strombedarf des Geb\u00e4udes (Strom zum Betrieb des Heizungssystems incl. W\u00e4rmepumpe, Haushaltsstrom und nicht direkt f\u00fcr das Heizungssystem verwendeter Hilfsstrom (z. B. Strombedarf einer mechanischen Wohnungsl\u00fcftung) [kWh]
$f_{P,x}$:	Prim\u00e4renergiefaktoren [-]
$Q_{bedarf,W\u00e4rme}$:	ben\u00f6tigte W\u00e4rmeenergie zur Deckung des Heizungs- und Warmwasserbedarfs des Geb\u00e4udes [kWh]
$Q_{bedarf,K\u00e4lte}$:	ben\u00f6tigte K\u00e4lteenergie zur Deckung des K\u00e4ltebedarfs des Geb\u00e4udes [kWh]
η_{heiz} :	Heizungsnutzungsgrad [-]
$\eta_{K\u00fch}$:	K\u00fchlungsnutzungsgrad [-]

Die Prim\u00e4renergiefaktoren $f_{p,x}$ sind dem Geb\u00e4udeenergiegesetz (GEG) [8] zu entnehmen.

F\u00fcr rein elektrisch versorgte Geb\u00e4ude gilt.

$$PEB = E \cdot f_{P,strom} \quad \text{Gl. 12}$$

Prim\u00e4renergieeinsparung

Die Primärenergieeinsparung PEE eines elektrisch versorgten Gebäudes mit Wärmepumpe und PVT-System berechnet sich gegenüber einem Referenz-Primärenergiebedarf PEB_{ref} . Dazu wird nur die netzbezogene, elektrische Leistung über der Zeit aufintegriert und mit dem Primärenergiefaktor $f_{P,strom}$ multipliziert. Der Netzbezug ist die positive Differenz der im betrachteten Zeitraum für den Betrieb der Wärmepumpe notwendigen Stroms E_{WP} und des sonstigen Strombedarfs inkl. Haushaltsstrom und nicht direkt von Heizungs- und Kühlsystem benötigter Hilfsstrom (z. B. Strombedarf einer mechanischen Wohnungslüftung) E_{sonst} abzüglich vom PVT-System gelieferten Energie.

$$PEE = PEB_{ref} - f_{P,strom} \cdot \int_{\dot{E}_{netz} \geq 0} [(\dot{E}_{WP} + \dot{E}_{sonst}) - \dot{E}_{PVT}^{AC}] dt \quad \text{Gl. 13}$$

mit:

- PEE : Primärenergieeinsparung [kWh]
- PEB_{ref} : Referenzprimärenergiebedarf [kWh]
- $f_{P,strom}$: Primärenergiefaktor Strom [-]
- \dot{E}_{WP} : benötigte elektrische Energie der Wärmepumpe (Kompressor, Pumpen, Lüfter, Regelung) [kWh]
- \dot{E}_{sonst} : Sonstiger Strombedarf incl. Haushaltsstrom und nicht direkt von Heizungs- und Kühlsystem benötigtem Hilfsstrom (z. B. Strombedarf einer mechanischen Wohnungslüftung) Haushaltsstrombedarf [kWh]
- \dot{E}_{PVT}^{AC} : Zeitgleich vom PVT-System erzeugte elektrische Energie [kWh]

CO₂ Einsparung

Die CO₂-Einsparung eines elektrisch versorgten Hauses mit Wärmepumpe und PVT-System berechnet sich aus dem Produkt der im betrachteten Zeitraum erzielten Primärenergieeinsparung durch das PVT-System gegenüber dem elektrisch versorgten Haus mit Wärmepumpe ohne PVT-System und dem CO₂-Äquivalent x_{CO_2} .

$$CO_{2,save} = PEE \cdot x_{CO_2} \quad \text{Gl. 14}$$

mit:

- $CO_{2,save}$: CO₂-Einsparung [kg]
- PEE : Primärenergieeinsparung [kWh]
- x_{CO_2} : CO₂-Äquivalent [kg/kWh]

Die CO₂-Äquivalente x_{CO_2} sind dem Gebäudeenergiegesetz [8] zu entnehmen.

2.2 Marktentwicklung und Kostenerhebung

Marktentwicklung

Im Hinblick auf das Ziel der Darstellung der mehrjährigen Marktentwicklung, also der Erhebung der Gesamtzahl, Gesamtfläche und Gesamtleistung der bisher in Deutschland installierten PVT-Kollektoren sowie der Verteilung auf Systemkonfigurationen und Anwendungen, wurde zunächst in Anlehnung an die SHC-Task 60 „PVT-Systems“ ein Fragebogen entwickelt. Das Vorhaben, die Erhebung mittels eines eigens zu diesem Zweck entwickelten Fragebogens durchzuführen, wurde jedoch seitens des Projektkonsortiums revidiert und es wurde der Beschluss gefasst, auf die Datenerhebung des AEE INTEC - Institut für Nachhaltige Technologien in Österreich, die diese für die Publikation „Solar Heat Worldwide“ erstellen, aufzubauen.

Zu diesem Zweck wurde in Kooperation mit dem AEE INTEC die Vorgehensweise vereinbart, seitens des Projektkonsortiums die dem AEE INTEC vorliegende Kontaktliste von PVT-Herstellern zu ergänzen und insgesamt dazu beizutragen, eine hohe Rücklaufquote zu erreichen. Dieses Vorgehen wurde über mehrere Jahre praktiziert, und die erhobenen Daten analysiert und ausgewertet. In Tabelle 3 sind die erhobenen kumulierten Flächen und installierten Leistungen für die Jahre 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 und 2023 dargestellt.

Tabelle 3: Übersicht der in Deutschland installierten PVT-Kollektoren kumuliert für 2018, 2019, 2020, 2021, 2022 und 2023

	Total	Water Collectors			Air Collectors	Concentrators
		uncovered	covered	evacuated tube		
	Total	Standardkollektoren			Luftkollektoren	konzentrierende Kollektoren
		unabgedeckt	abgedeckt	Vakuurröhre		
Deutschland kum.2018						
[m ²]	109 380	107 927	1 232	0	87	135
[kWth]	53 571	52 884	567	0	42	78
[kWpeak]	18 646	18 382	234	0	14	16
Deutschland kum. 2019						
kum m ²	113 400	110 870	2 278	0	87	165
kum kWth	55 585	54 339	1 110	0	42	93
kum kWpeak	20 864	20 479	352	0	15	17
Deutschland kum. 2020						
kum m ²	119 210	115 636	3 308	0	87	180
kum kWth	58 855	57 046	1 665	0	42	101
kum kWpeak	22 574	21 992	549	0	15	19
Deutschland kum. 2021						
kum m ²	127 640	122 738	4 196	0	512	195
kum kWth	62 939	60 409	2 151	0	270	109
kum kWpeak	25 155	24 357	686	0	89	22
Deutschland kum. 2022						
kum m ²	146 729	140 605	5 414	3	512	195
kum kWth	72 834	69 743	2 717	1	263	109
kum kWpeak	27 172	26 139	923	0	87	22
Deutschland kum. 2023						
kum m ²	162 549	154 900	6 939	3	512	195
kum kWth	80 983	77 048	3 562	1	263	109
kum kWpeak	31 423	30 124	1 189	0	87	22

Ende 2023 waren knapp 163.000 m² entsprechend ca. 5500 bis 8100 Anlagen (Annahme: 20 – 30 m²/Anlage) installiert. Diese haben eine thermische Leistung von ca. 81 MW und ca. 31 MWpeak elektrische Leistung. Mit 95 % wird der deutsche Markt von unabgedeckten (WISC) PVT-Kollektoren dominiert. Von 2019 (+ 4.020 m² gegenüber dem Vorjahr) hat sich der PVT-Markt in Deutschland im Jahr 2023 fast vervierfacht +15.820 m² (gegenüber dem Vorjahr) neu installierte Fläche. Gegenüber 2022 ist jedoch eine Abnahme von ca. 4.000 m² zu verzeichnen. Dies ist im Wesentlichen auf die allgemein schwierige Marktsituation für Wärmeerzeuger zurückzuführen. Trotz der positiven Marktentwicklung handelt es sich bei PVT-Kollektoren weiterhin um ein Nischenprodukt.

Die Verteilung auf Systemkonfigurationen und Anwendungen konnte nicht direkt aus den Fragebögen abgeleitet werden, da diese meist nicht vollständig ausgefüllt waren. Hintergrund ist meist die Tatsache, dass die Hersteller von PVT-Kollektoren oft Lieferanten sind und somit nicht immer über den Einsatz ihrer Produkte informiert werden. Um dennoch eine Aussage über die Verteilung der Anwendungen treffen zu können wurde auf der Basis der für 2019, 2020, 2021 und 2022 gelieferten Daten die Verteilung der Anwendungen abgeleitet. Das Ergebnis ist in Tabelle 4 zusammengefasst, wobei hier wie in den Jahren zuvor die Anwendung im EFH für die Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung mit 82 % (2021: 85 %) dominierten. Sichtbar ist aber auch eine leichte Verschiebung hin in den Mehrfamilienhausbereich (2020: 7 %, 2021: 10 %, 2022: 13 %).

Tabelle 4: Übersicht der PVT-Kollektor Anwendungen

Anwendung	Anteil
Schwimmbad	2 %
Warmwasserbereitung EFH	2 %
Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung EFH	82 %
Warmwasserbereitung und Heizungsunterstützung MFH, Büros, Hotels, etc.	13 %
sonstige	1 %

Kostenerhebung

Hinsichtlich der Ziele, wirtschaftliche KPIs zu berechnen (z. B. Kosten pro eingesparte CO₂-Emissionen) und Infographiken für die Marketingaktivitäten zu erstellen, wurde eine Kostenerhebung von PVT- Gebäudeenergieversorgungssystemen und konkurrierenden Wärmeversorgungssystemen durchgeführt. Die Kostenerhebung von PVT- Gebäudeenergieversorgungssystemen erfolgte durch eine Befragung im Projektkonsortium und eine Marktrecherche. Die Erhebung der Kosten konkurrierender Wärmeversorgungssysteme erfolgte mit Unterstützung des BDEW (Bundesverband der Energie und Wasserwirtschaft e.V.), der dem Projekt integraTE die Zahlen des BDEW-Heizkostenvergleichs zur Verfügung stellte. In dieser Studie wurden die Gesamtkosten von 17 verschiedenen Systemen zur Heizungs- und Warmwasserbereitung verglichen und jeweils für die Bereiche Altbau und Neubau für ein Einfamilienhaus und ein Sechs-Familienhaus die Jahresgesamtkosten in Anlehnung an die VDI 2067 ermittelt und in zwei Veröffentlichungen als pdf zum Download bereitgestellt:

[BDEW Heizkostenvergleich Altbau](https://www.bdew.de/energie/bdew-heizkostenvergleich-altbau-2021/)

<https://www.bdew.de/energie/bdew-heizkostenvergleich-altbau-2021/>

[BDEW Heizkostenvergleich Neubau](https://www.bdew.de/media/documents/BDEW-HKV_Nebau.pdf)

https://www.bdew.de/media/documents/BDEW-HKV_Nebau.pdf

Dieses erfolgte unter Verwendung von verbrauchsgebundenen, kapitalgebundenen und betriebsgebundenen Kosten unter Berücksichtigung bundesweiter Fördermaßnahmen mittels der Annuitätsmethode.

3 Monitoring

Im Rahmen von Arbeitspaket 2 wurden insgesamt 9 Gebäudeenergieversorgungsanlagen mit PVT-Kollektoren und Wärmepumpen messtechnisch untersucht. Bei 6 Gebäuden handelt es sich um Ein- bzw. Zweifamilienhäuser, eine Anlage ist in einem Mehrfamilienhaus installiert. Eine Anlage versorgt ein Bürogebäude und eine letzte eine Schule. Dabei wurden 7 Anlagen vom Fraunhofer ISE und zwei vom ISFH betreut. Das jeweilige Institut war bei den zugeordneten Anlagen für die Messwerterfassung und die Datenauswertung zuständig.

Für die 7 Anlagen, die vom Fraunhofer ISE untersucht wurden, konnten folgende zentrale Beobachtungen gemacht werden. Die Jahresarbeitszahlen reichen in den Jahren 2020 bis 2024 von 2,2 bis 4,2. Nach einer anfänglichen Optimierungsphase stabilisieren sich die Arbeitszahlen auf einem für die jeweilige Anlage typischen Niveau (siehe Abbildung 4).

Die mittleren thermischen Erträge der PVT-Kollektoren liegen zwischen 200 und 600 kWh/(m²*a). Dieser Wert ist weniger durch die Qualität der Kollektoren als durch den Energiebedarf des Gebäudes determiniert. Da PVT-Kollektoren auch ohne solare Einstrahlung Energie aus der Umgebungsluft entziehen können entsteht ein thermischer Ertrag am Kollektor immer dann, wenn die Wärmepumpe läuft und der Kollektor als Quelle verwendet wird. Bei Anlagen, bei denen der PVT-Kollektor als alleinige Wärmequelle dient und die nicht über einen zweiten Wärmeerzeuger verfügen ergab sich ein Verhältnis von Energie, die ohne solare Einstrahlung gewonnen wurde zu Energie, die bei solarer Einstrahlung gewonnen wurde von 60 % zu 40 %. Werden die Anlagen mit einer weiteren Erdwärmequelle betrieben verschiebt sich dieses Verhältnis hin zu Erträgen mit solarer Einstrahlung. Hier wird entweder die Erdwärmequelle im Sommer regeneriert oder der PVT-Kollektor wird nur dann als Quelle für die WP genutzt, wenn die Temperaturen am Kollektor höher ist als die Temperatur der Erdwärmequelle. Dies ist in der Regel nur bei solarer Einstrahlung der Fall.

Die elektrischen Erträge rangierten im Beobachtungszeitraum bei den Anlagen zwischen 130 und 150 kWh/(m²*a).

10 % bis 30 % des von der Wärmepumpenheizungsanlage benötigten Stroms konnte durch die PVT-Kollektoren und bei allen Anlagen zusätzlich installierten PV-Modulen gedeckt werden. Hierbei wurde eine Gleichzeitigkeit von Erzeugung und Verbrauch vorausgesetzt und die Wärmepumpenheizungsanlage gegenüber dem Haushalt priorisiert. Anlagen, die über einen Batteriespeicher verfügen, konnten 25 % bis 40 % des von der Wärmepumpenheizungsanlage benötigten Stroms durch selbst erzeugten Strom decken.

Bezüglich der hydraulischen Installation konnten insbesondere zwei Dinge beobachtet werden, die für Wärmepumpenheizungsanlagen mit PVT-Kollektoren beachtet werden müssen. Insbesondere bei tiefen Außentemperaturen und damit verbundenem intensiven Betrieb der Wärmepumpe kühlt das Wärmeträgerfluid in den Kollektoren stark ab. Da es sich um Ethylenglykol-/Wassergemisch handelt wird dieses in diesem Betriebspunkt sehr viskos. Diesem Umstand muss durch eine geeignete Dimensionierung der Leitungen und der Wärmequellenpumpe Rechnung getragen werden. Weiterhin können sich bei solarer Einstrahlung auch Temperaturen von über 50 °C am Kollektor ergeben. Hier muss durch eine entsprechende Rücklaufbeimischung mit einem schnellen Regelverhalten und ggf. einem Speicher auf der Wärmequellenseite sichergestellt werden, dass die Wärmepumpe das zur Verfügung stehende Energieangebot auch nutzen kann. Hier eignen sich insbesondere Wärmepumpen, die aufgrund des Kältekreisdesigns bereits eine große Bandbreite bei der Wärmequelle verarbeiten können. Weiterhin haben sich Wärmepumpen mit Inverter Technologie als vorteilhaft erwiesen. Diese können sich an den Energiebedarf des Gebäudes anpassen und belasten die Wärmequelle gleichmäßiger was zu geringeren Temperaturschwankungen am Kollektor führt. Die nachfolgende Tabelle 5 gibt einen Überblick über die Demonstrationsanlagen, die dem Fraunhofer ISE zugeordnet waren.

Tabelle 5: Übersicht Demonstrationsanlagen

Nr.	Gebäudetyp	Standort	Sanierung / Neubau	Nutzwärmebedarf in kWh/(m ² *a)	weitere Wärmequelle für die Wp	Erdsondenlänge in m	zweiter Wärmeerzeuger	PVT-Kollektoren			PV		Heizleistung WP (B0/W35) in kW	Kapazität Batteriespeicher in kWh
								Kollektortyp	Kollektorbruttofläche in m ²	el. Leistung in kW _p	PV Kollektorbruttofläche in m ²	el. Leistung zusätzliche PV in kW _p		
1	EFH	Ulm	San.	80	-	-	Gaskessel	WISC	88	15,6	45,9	8,1	13	20
2	EFH	Oirschot, Niederlande	San.	100	Erdsonde	390	-	Abgedeckt	30	4,8	-	-	20	-
3	EFH	Göteborg, Schweden	San.	100	Erdsonde	170	-	WISC	29	5,4	49,1	9	11	-
4	EFH	Harsefeld	Neu.	40	-	-	-	WISC + LWÜ	18	3,6	9,0	1,8	4,7	7
5	EFH	Altenbuch	Neu	50	Erdkollektor	25	-	WISC	56	10,1	-	-	12	11
6	EFH	Nonnweiler-Kastel	San.	85	-	-	-	WISC	74	3,2	5,2	3,15	12	10
7	MFH	Frankfurt Main	San.	40	-	-	Gaskessel	WISC	122	14,4	23,7	14,35	33,8	-

Neben dem Umstand, dass es sich sowohl um Ein- bzw. Zweifamilienhäuser als auch um Mehrfamilienhäuser und ein Bürogebäude handelt, sind das Baujahr und der Sanierungsstand der Gebäude unterschiedlich. Weiterhin sind die Anlagen in ihrem Aufbau sehr heterogen. Die PVT-Kollektoren dienen zum Teil als alleinige Wärmequelle für die Wärmepumpe, teilweise ist eine zusätzliche Erdwärmequelle eingebunden. Auch existiert bei einigen Anlagen ein Gaskessel als zweiter Wärmeerzeuger.

Um dennoch eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse sicherstellen zu können wurde die Messtechnik so installiert, dass die Arbeitszahl gebildet werden kann. Die folgende Abbildung 3 zeigt die Bilanzgrenze für die Bestimmung der Jahresarbeitszahl.

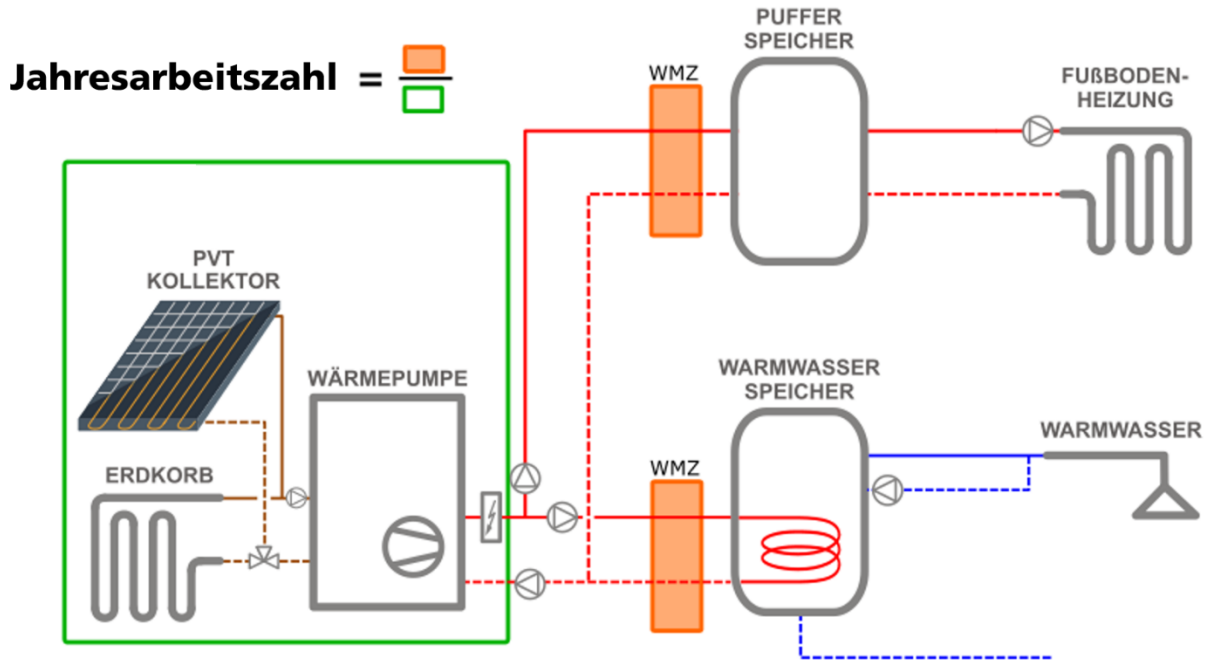


Abbildung 3: Bilanzgrenze Jahresarbeitszahl

Die Jahresarbeitszahl beschreibt den Quotienten aus der von der WP gelieferten thermischen Energie und der dafür aufgewendeten elektrischen Energie. Bei der elektrischen Energie wird der Wärmequellenantrieb, der Verdichter, die Steuerung der WP und ein eventuell vorhandener Heizstab berücksichtigt.

3.1 Querschnittsanalyse Ein- und Zweifamilienhäuser

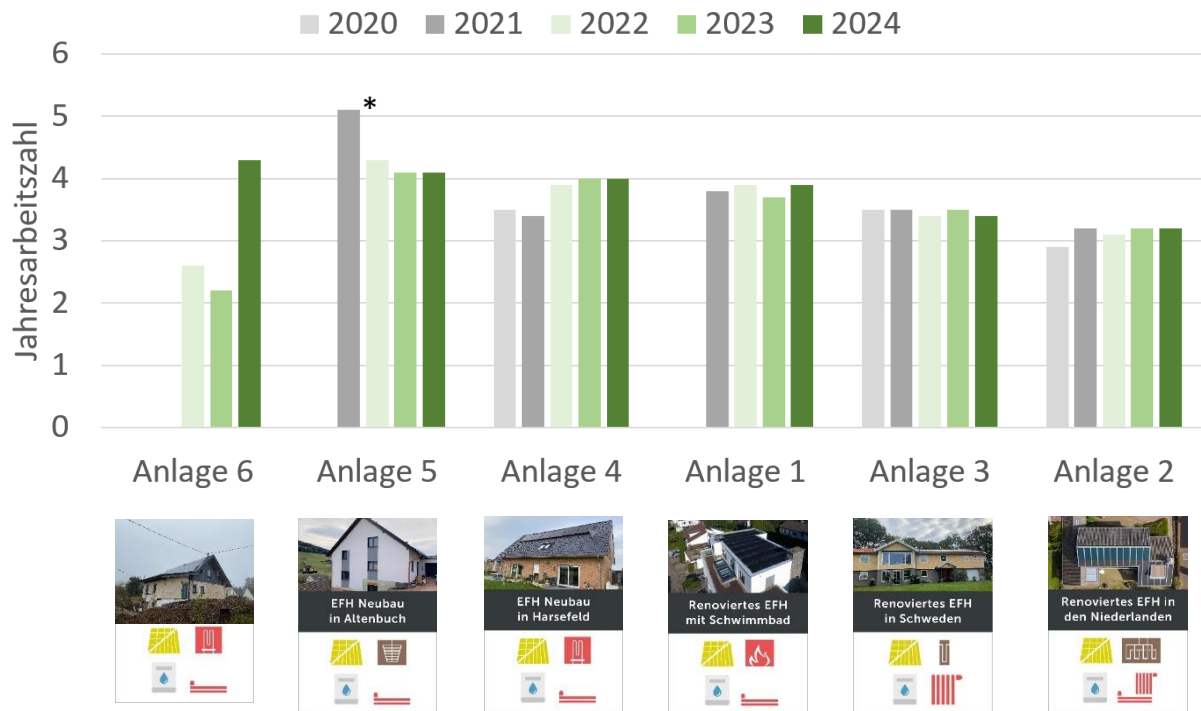


Abbildung 4: Jahresarbeitszahlen Ein-/Zweifamilienhäuser

Abbildung 4 zeigt die Jahresarbeitszahlen für die untersuchten Ein- und Zweifamilienhäuser im Beobachtungszeitraum. Diese liegen zwischen 2,2 bei und 4,2. Diese beiden Extremwerte traten bei Anlage 6 auf. Bei dieser Anlage waren die Temperaturen des Wärmequellenkreises meist zu hoch, so dass die WP nicht in Betrieb gehen konnte. Somit wurde ein Großteil des Wärmebedarfes über den Heizstab gedeckt. Eine Modifikation an der Rücklaufbeimischung und die Installation eines kleinen Speichers auf der Wärmequellenseite konnte hier Abhilfe schaffen, so dass die Anlage mit 4,2 nun eine sehr gute Arbeitszahl erreicht. Das Gebäude von Anlage 5 war im Jahr 2021 noch nicht bewohnt. Hier sorgten ein nicht vorhandener Energiebedarf für die Trinkwassererwärmung und niedrige Temperaturen im Heizkreis zu einer nicht repräsentativen Arbeitszahl in diesem Jahr. Im Normalbetrieb erreicht die Anlage eine Jahresarbeitszahl von 4,1 bzw. 4,2.

Bei Anlage 4 wurde das Regelverhalten der Wärmepumpe angepasst. So wurde die minimale Quelltemperatur etwas herabgesetzt, was zur Folge hatte, dass die WP auch bei tiefen Temperaturen länger betrieben werden konnte. Der Heizstabeinsatz hat sich somit verringert und die Arbeitszahl stieg von 3,5 auf 4,0.

Bei den Anlagen 1, 2 und 3 liegen die Jahresarbeitszahlen in jedem Jahr auf dem in etwa gleichem Niveau.

3.2 Ausgewählte Einzelanlagen

In diesem Abschnitt werden 4 Anlagen näher betrachtet. Bei diesen Anlagen konnten Beobachtungen gemacht werden, die beispielhaft für den die Planung und den Betrieb von Wärmepumpenheizungsanlagen mit PVT-Kollektoren stehen. Die Erfahrung mit größeren Anlagen für Nichtwohngebäude zeigt zudem die Komplexität dieser Systeme sowie die Notwendigkeit

weiterführender wissenschaftlich begleiteter Untersuchungen und hat auch zur Konzeption und Initiierung des Anschlussprojektes "IntegraTE-XL" geführt.

Das Bürogebäude in Hannover (Abschnitt 3.2.1) demonstriert, dass PVT-Kollektoren in einem Wärmepumpensystem effizient für die kombinierte Heizung, Kühlung und Stromerzeugung von Bürogebäuden eingesetzt werden können und darüber hinaus Erdwärmequellen nachhaltig regenerieren. Die Schule in Röderhof (Abschnitt 3.2.2) demonstriert den vorteilhaften Einsatz von PVT-Kollektoren zur Regeneration des Erdreichs in einem erdgekoppelten Wärmepumpensystem, wobei das Erdreich als saisonaler Wärmespeicher genutzt wird.

Das Einfamilienhaus in Harsefeld (Abschnitt 3.2.3) zeigt, dass PVT-Kollektoren als alleinige Wärmequelle für Wärmepumpenheizungsanlagen genutzt werden können und damit effizient betrieben werden können. Die Anlage in Save/Schweden (Abschnitt 3.2.4) zeigt wie eine bestehende Wärmepumpenheizungsanlage mit Erdsonde mit PVT-Kollektoren optimiert und weiterbetrieben werden kann.

3.2.1 Bürogebäude in Hannover

Die komplexe Demonstrationsanlage besteht aus einem Hauptgebäude (Bürogebäude) sowie drei Nebengebäuden, die als Seminarräume für Ausstellungen und für externe Veranstaltungen genutzt werden. Die Heiz- und Kühlversorgung erfolgt über eine Sole/Wasser-Wärmepumpe, die als Quelle PVT-Kollektoren, Erdwärmesonden (EWS) und Erdwärmekollektoren (EWK) verwendet. Die Wärmepumpe verfügt über eine Heizleistung von 58 kW und eine Kühlleistung von 48 kW. Die gesamte Fläche des PVT-Kollektorfeldes beträgt 225 m², wobei die Kollektoren unabgedeckt sind (WISC), keine Lamellen und keine rückseitige Wärmedämmung aufweisen. Als Erdwärmequellen dienen sechs EWS mit jeweils 100 m Tiefe sowie EWK mit einer Fläche von 360 m² (zweilagig verlegt). Das System umfasst außerdem zwei Pufferspeicher mit jeweils 3.000 Litern Volumen: einen auf der Quellenseite der Wärmepumpe (Kältespeicher) und einen auf der Senkenseite (Wärmespeicher). Der Wärmespeicher dient als Verteilerspeicher für die Wärmeversorgung, und der Kältespeicher liefert die Wärme aus den PVT-Kollektoren, den EWS und den EWK an die Wärmepumpe. Zusätzlich dient der Kältespeicher als Verteilerspeicher für die Kälteversorgung der Gebäude und des Serverraums. Während der aktiven Kühlung der Kältespeicher mit der Wärmepumpe wird die Abwärme entweder in das Erdreich (EWS und EWK) eingespeist oder tagsüber in einem Wärmespeicher gespeichert. Die PVT-Kollektoren kühlen den Wärmespeicher nachts durch nächtlichen Strahlungsaustausch mit der Umgebung. Das Verteilungssystem liefert Wärme und Kälte über einen Platten-wärmetauscher an alle oben genannten Gebäude. Außerdem hat dieses System einen Batteriespeicher mit einer Nennkapazität von 54 kWh und 4 Ladesäulen für Elektroautos (insgesamt 8 Ladepunkte) mit jeweils bis zu 22 kW Ladeleistung. Der selbst erzeugte Strom kann direkt zum Betrieb des Wärmepumpensystems oder zum Laden der Elektroautos genutzt werden. Überschüssiger Strom wird in den Batteriespeicher geladen und der Rest ins Netz eingespeist. Abbildung 5 zeigt das vereinfachte Schema des Systems.

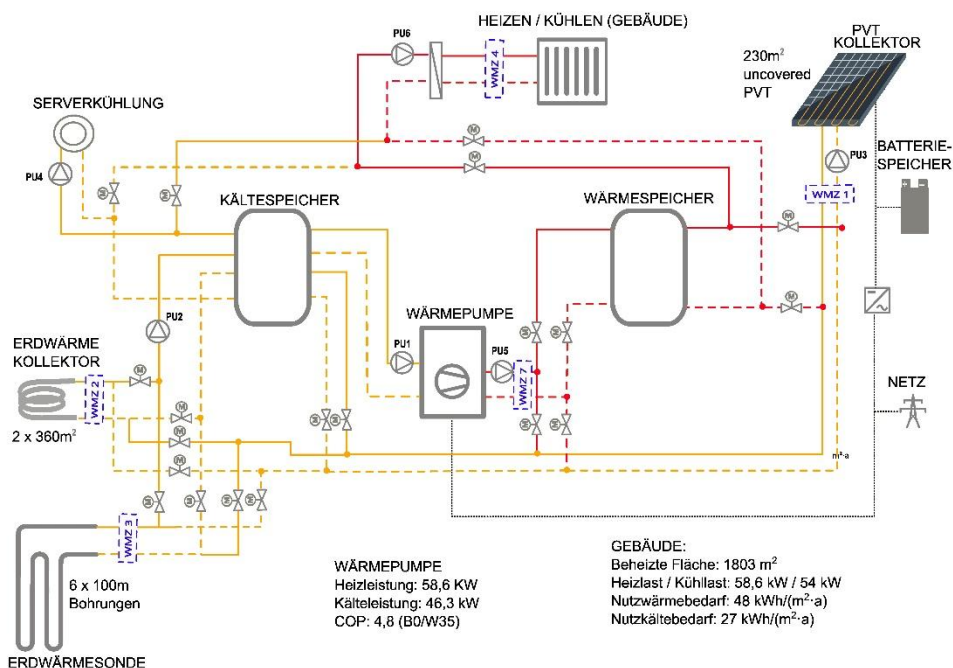


Abbildung 5: Vereinfachtes schematisches Diagramm des Systems

Das System wird seit Januar 2022 vollständig durch Monitoring ermittelt und analysiert.

Abbildung 6 zeigt die jährliche Energiebilanz und die Arbeitszahlen im Heizbetrieb. Im Durchschnitt kommen 24 % der Wärme, die der Wärmepumpe (Quellenseite) zugeführt wird, aus den PVT-Kollektoren. Die EWS liefert 65 % und die restlichen 11 % kommen aus dem EWK. Neben der momentanen Effizienz der Wärmepumpe (COP) wird die Effizienz der Wärmepumpe über längere Zeiträume mit dem Arbeitszahl der Wärmepumpe (AZ_{WP}) bewertet, wie in der folgenden Gleichung gezeigt.

$$AZ_{WP} = \frac{Q_{WP,*}}{E_{WP}} \quad \text{Gl. 15}$$

Für den Heizbetrieb lag die Arbeitszahl der Wärmepumpe (AZ_{WP}) zwischen 3,2 und 3,4. Mit den bereits umgesetzten Betrieb- und Optimierungsstrategien (siehe Abschnitt 3.3) sind die Arbeitszahlen für die Jahre 2023 und 2024 (+ 0,1 bis 0,2) im Vergleich zu 2022 leicht gestiegen. Im Laufe des Monitorings wurden weitere Räume der Gebäude mit Heizung und Kühlung ausgestattet, d. h. der Wärme- und Kühlbedarf ist aufgrund der vergrößerten beheizten/gekühlten Fläche gestiegen. Im Rahmen der Optimierung war es somit notwendig die Heizlast der Bestandsanlage zu reduzieren. Mitten im Jahr 2023 wurde deshalb eine zusätzliche Luft-Luft-Wärmepumpe mit einer Heiz- und Kühllleistung von 22,4 kW in einem Gebäude installiert. Dadurch sank der Wärmeverbrauch im Jahr 2023 um 14 %, im Jahr 2024 sogar um 17 %, jeweils im Vergleich zu 2022. Ebenso sank der Kälteverbrauch im Jahr 2023 um 12 %, im Jahr 2024 um 15 %. Die Messwerte der Luft-Luft-Wärmepumpe wurden nicht erfasst.

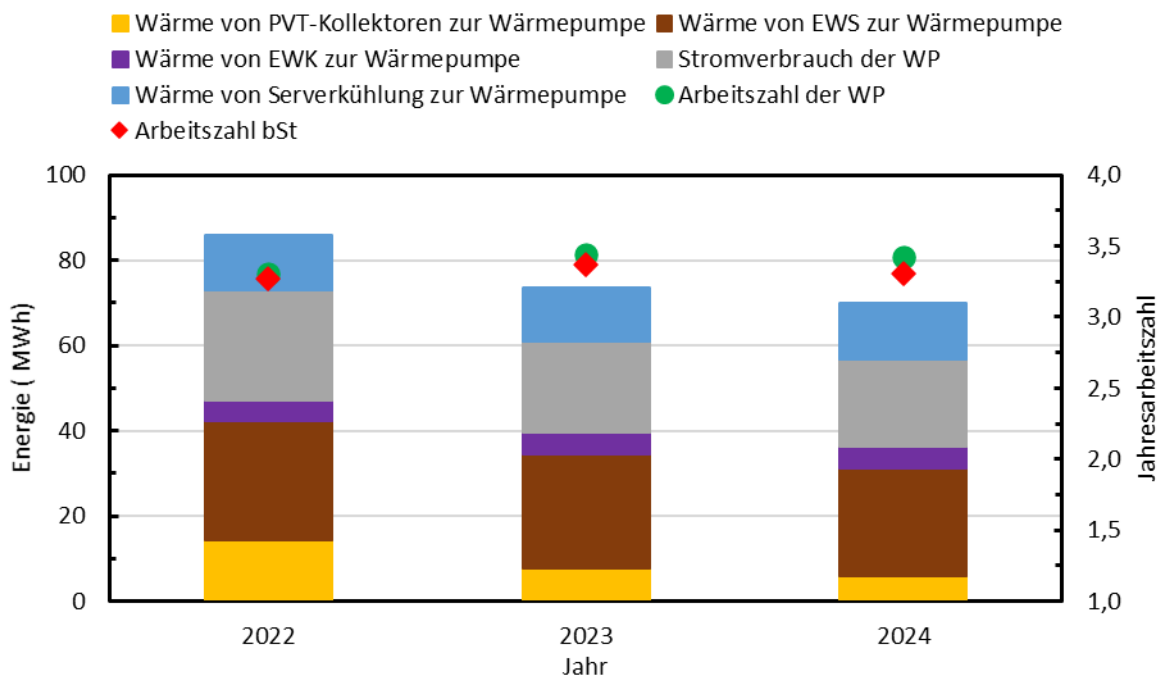


Abbildung 6: Jährliche Energiebilanz und Arbeitszahlen im Heizbetrieb

Die Nutzung von Erdwärmequellen zur Kühlung im Sommer begrenzt den zulässigen Anstieg der Erdreichstemperaturen, wodurch das Potenzial von PVT-Kollektoren zur Regeneration des Erdreichs eingeschränkt wird. Aus diesem Grund wurden die PVT-Kollektoren an warmen und sonnigen Sommertagen nicht genutzt, was den jährlichen Wärmeertrag signifikant beeinflusst hat. Der Wärmeertrag der PVT-Kollektoren reduzierte sich von 35,5 MWh (bzw. 158 kWh/(m²-a)) im Jahr 2022 auf 19,2 MWh (bzw. 85 kWh/(m²-a)) im Jahr 2024. Die Vorteile der nächtlichen Kühlleistung von unabgedeckten PVT-Kollektoren ohne rückseitige Dämmung in den Sommernächten wurden genutzt, indem die PVT-Kollektoren zur Kühlung des Pufferspeichers eingesetzt wurden. Die PVT-Kollektoren haben in drei Jahren insgesamt 20 MWh Wärme (im Durchschnitt ca. 28 kWh/m²-a) aus dem Pufferspeicher an die Umgebung abgegeben. Die PVT-Kollektoren haben dadurch ca. 30 % des Kühlbedarfs des Systems gedeckt. Die Wärmepumpe während der aktiven Kühlung mit den PVT-Kollektoren und den Erdwärmequellen arbeitet ca. 10 % effizienter als eine konventionelle Klimaanlage (JAZ~ 5). Die PVT-Kollektoren haben 39 % zur aktiven Kühlung beigetragen, EWS 58 % und EWK nur 3 %.

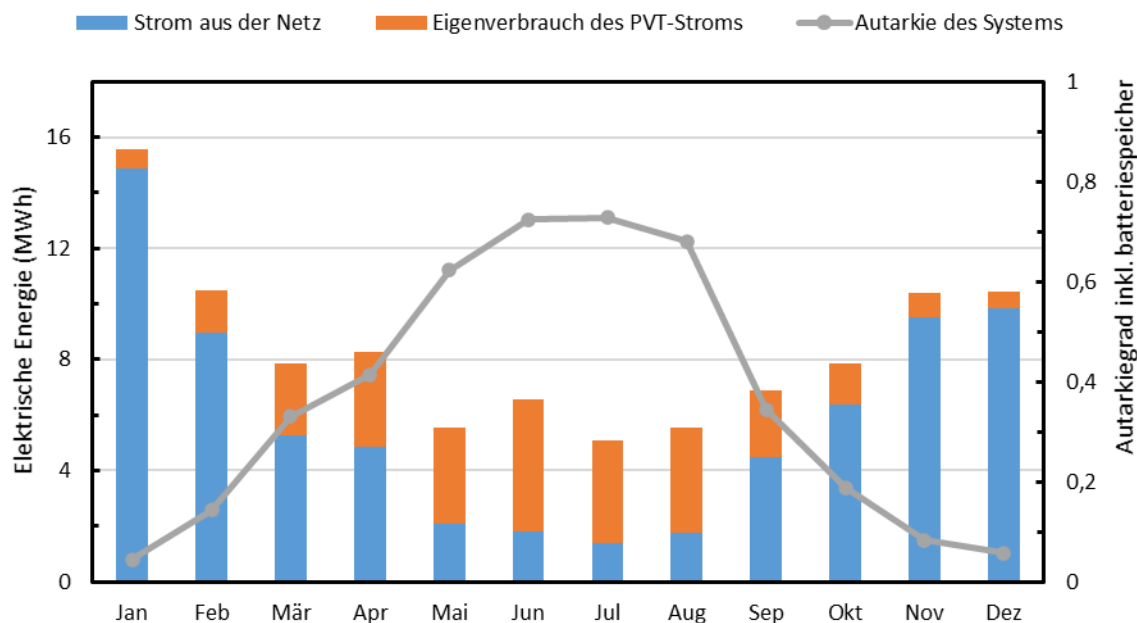


Abbildung 7: Elektrische Energiebilanz für das System inkl. Ladestation und Batteriespeicher für das Jahr 2024

Die Datenpunkte der Stromzähler für die Batterie und die Ladestation sowie für die Strombezüge aus dem Netz und die Stromeinspeisung ins Netz wurden seit Anfang 2024 erfasst. Abbildung 7 zeigt die Bilanz der elektrischen Energie, die vom gesamten System einschließlich der Ladestation für E-Autos und dem Batteriespeicher verbraucht wird. Die Systemautarkie steigt von 3 % im Januar auf 72 % im Juli. Der Eigenverbrauch des von den PVT-Kollektoren erzeugten Stroms zur Kühlung, zum Laden der Batteriespeicher und auch der Verbrauch der Ladestation hat zu einer höheren Autarkie des Systems in den Monaten April bis August geführt. Die Autarkie des Systems betrug über das gesamte Jahr 2024 ca. 30 % mit Batterie und 22 % ohne Batterie.

Diese Demonstrationsanlage zeigt, dass unabgedeckte PVT-Kollektoren ohne rückseitige Dämmung für gewerbliche Gebäude den besonderen Vorteil bieten, aus der gleichen Fläche Strom sowie Energie für Heizung und Kühlung zu liefern. PVT-Kollektoren haben auch die Erdwärmesonden regeneriert, indem sie im Durchschnitt 40 % der entzogenen Energie wieder ins Erdreich eingespeist haben. Im Durchschnitt wurden 47 % der EWS-Regeneration über die PVT-Kollektoren erzeugt, die restlichen 53 % kamen aus der Kühlung. Beim EWK wurden 82 % der Regeneration über die PVT-Kollektoren erzeugt, die restlichen 18 % über die Kühlung. Durch die Regeneration über PVT und Abwärme konnte die Anzahl der Erdwärmesonden in der Planungsphase um 40% (von 10 auf 6) reduziert und trotzdem ein nachhaltiger Betrieb ermöglicht werden. Eine detaillierte Analyse des Systems sowie weitere Informationen dazu können aus der entsprechenden Veröffentlichung entnommen werden.¹

¹ Eine Vollversion, der oben genannten Veröffentlichung, findet sich hier: Timilsina, K., et al. (2023). In-situ monitoring of a PVT-heat pump system with ground sources used for heating and cooling applications. SWC 2023 - ISES Solar World Congress 2023. 10.18086/swc.2023.04.02.

3.2.2 Schule in der Heimstatt Röderhof, Hildesheim

Das Heizsystem dieser Anlage versorgt eine Schule in der Heimstatt Röderhof in Diekholzen bei Hildesheim mit erneuerbarer Wärme. Das Heizsystem nutzt Erdwärmesonden, die als Wärmequelle für zwei Sole/Wasser-Wärmepumpen dienen. Zusätzlich wurden unabgedeckte PVT-Kollektoren mit rückseitiger Dämmung auf den Dächern der Schulgebäude installiert, um das EWS-Feld zu regenerieren. Die Solar-Pufferspeicher mit einem Gesamtvolumen von 2.000 Litern dienen zur Speicherung von Wärme aus PVT-Kollektoren, die dann zur Regeneration des Erdreichs genutzt wird, wenn die EWS nicht zum Heizen eingesetzt wird. PVT-Kollektoren können auch zur direkten Heizung verwendet werden, bei einer Vorlauftemperatur von mehr als 55 °C am Sekundärseite des Wärmetauschers im PVT-Fluidkreis. Abbildung 8 zeigt die vereinfachte schematische Darstellung des Systems. Für diese Anlage sind erst seit November 2023 vollständige Daten verfügbar.

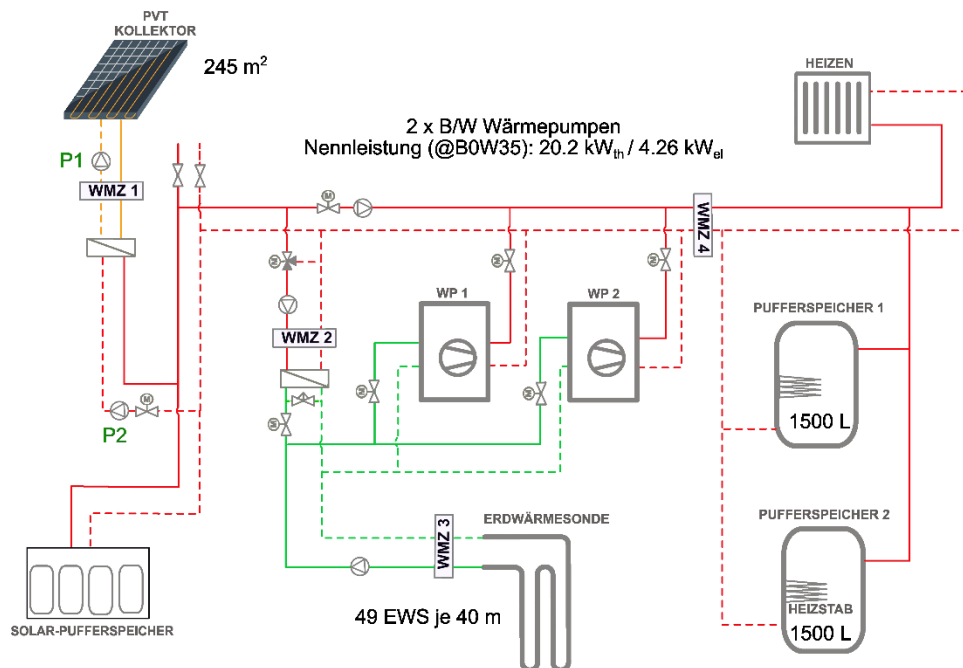


Abbildung 8: Schema des Systems in der Heimstatt Röderhof

Abbildung 9 zeigt die monatlichen Energiebilanzen sowie die Arbeitszahlen für den Zeitraum von November 2023 bis Oktober 2024. Die Arbeitszahl der Wärmepumpen für den genannten Zeitraum (ein Jahr) beträgt 2,35 und ist im Vergleich zu anderen ähnlichen Systemen sehr niedrig. In der Regel müssen Wärmepumpen nach der Installation vom Hersteller in Zusammenarbeit mit Planer und Betreiber optimal auf die Betriebsbedingungen der Anlage abgestimmt werden. Aufgrund administrativer Probleme ist die Einstellung bei dieser Demoanlage bis zum Projektende nicht durchgeführt worden, weshalb das System über die ganze Monitoringperiode ineffizient lief. Auch identifizierte Fehler bei der Regelung wurden vom Betreiber leider nicht behoben. In der Zeit vom 26.11.2023 bis zum 06.12.2023 und vom 09.02.2024 bis zum 22.02.2024 war zudem das EWS-Feld aufgrund einer Undichtigkeit nicht in Betrieb, was die entsprechend geringe Wärmeentnahme vor allem im Februar erklärt.

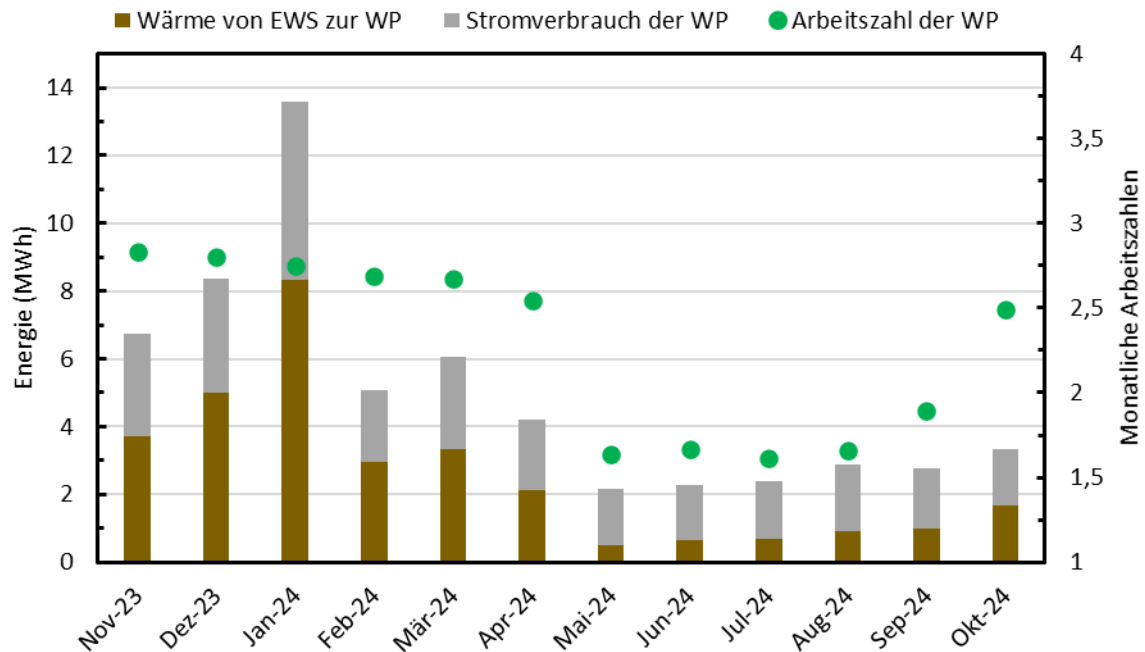


Abbildung 9: Energiebilanz und Arbeitszahlen

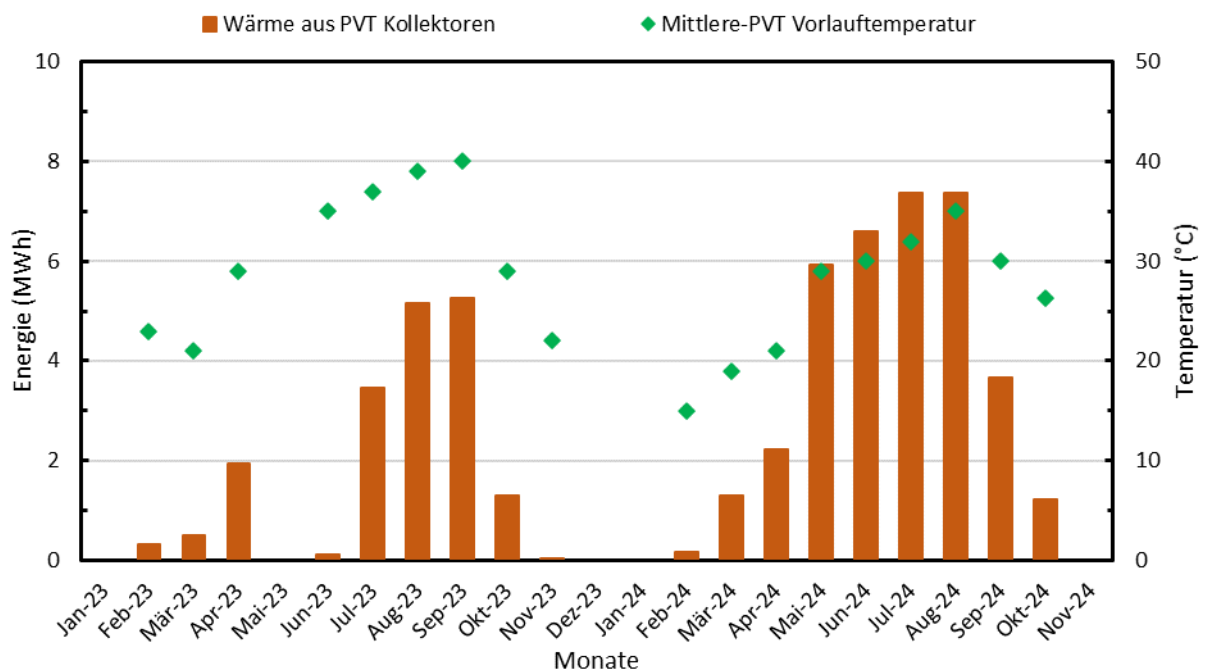


Abbildung 10: Thermische Energie und Austrittstemperatur für PVT-Kollektoren

Abbildung 10 zeigt den monatlichen thermischen Energieertrag und die durchschnittliche monatliche Austrittstemperatur für das PVT-Kollektorfeld. Auffällig neben den schon genannten kritischen Monaten im Winter 2023 sind die fehlenden oder sehr geringen Wärmeerträge zwischen April und Juli 2023, die auf eine Undichtigkeit diesmal im Fluidkreislauf des PVT-Kollektors zurückzuführen sind. Der Installateur konnte feststellen, dass das Problem durch eine fehlerhafte Verbindung zwischen den Kollektoren und nicht durch die PVT-Kollektoren selbst verursacht wurde. Das Problem ist im Sommer 2023 vollständig behoben worden. Das Diagramm zeigt, dass die PVT-Kollektoren im Jahr 2024 mehr Energie als im Jahr 2023 erzeugt haben, und bestätigt die Beseitigung der Leckage. Allerdings sind die durchschnittlichen

monatlichen Austrittstemperaturen der PVT-Kollektoren im Jahr 2024 niedriger als im Vorjahr. Der Grund dafür war, dass die Solarspeicher bei niedrigeren Temperaturen als im Jahr 2023 betrieben wurden, um dadurch die Wärmegewinne aus den PVT-Kollektoren zu steigern.

Wegen der Beschaffenheit des Erdreichs mit einem zerklüfteten Grundwasserleiter in 40 bis 45 m Tiefe musste die maximale Länge der Erdwärmesonden bei der Planung auf 40 m begrenzt werden. In diesem System konnten PVT-Kollektoren die notwendige Installation von kurzen Erdwärmesonden durch saisonale Speicherung der Solarwärme kompensieren. Die vom Planer durchgeführte Simulationsstudie über 30 Jahre hat gezeigt, dass die Änderungen der Erdreichstemperaturen auch bei Spitzenlastbetrieb den regulatorischen Grenzwert von 15 K nicht überschreiten, was den nachhaltigen Betrieb des Sondenfeldes bestätigt. Die Erfahrung aus dieser Anlage zeigt schließlich, dass in großen Systemen neben technischen auch administrativen Problemen auftreten können, die schnell gelöst werden müssen, damit der Betrieb effizient läuft.

3.2.3 Einfamilienhaus in Harsefeld

Bei dem Gebäude in Harsefeld handelt es sich um ein Einfamilienhaus Neubau mit Einliegerwohnung. Die Wohnfläche beläuft sich auf 190 m², der Energiebedarf beträgt 40 kWh/(m²*a). Das Gebäude wird mit einer Sole-Wärmepumpe mit einer thermischen Leistung von 4,7 kW (B0/W35) beheizt. Als Wärmequelle für die WP dienen 4 PVT-Kollektoren mit einer Kollektorbruttofläche von 29 m². Zusätzlich sind 4 PV-Kollektoren installiert, womit sich die installierte PV-Leistung auf 5,4 kWp aufsummiert. Die folgende Abbildung 11 zeigt die monatlichen Energiemengen, die die Wärmepumpe für Heizung (Rot) und Trinkwarmwasser (Blau) zur Verfügung gestellt hat. Die elektrischen Energiemengen, die dafür aufgewendet wurden, sind in Gelb für Verdichter, Grau für Steuerung und Pumpen und in schwarz für den Heizstab dargestellt.

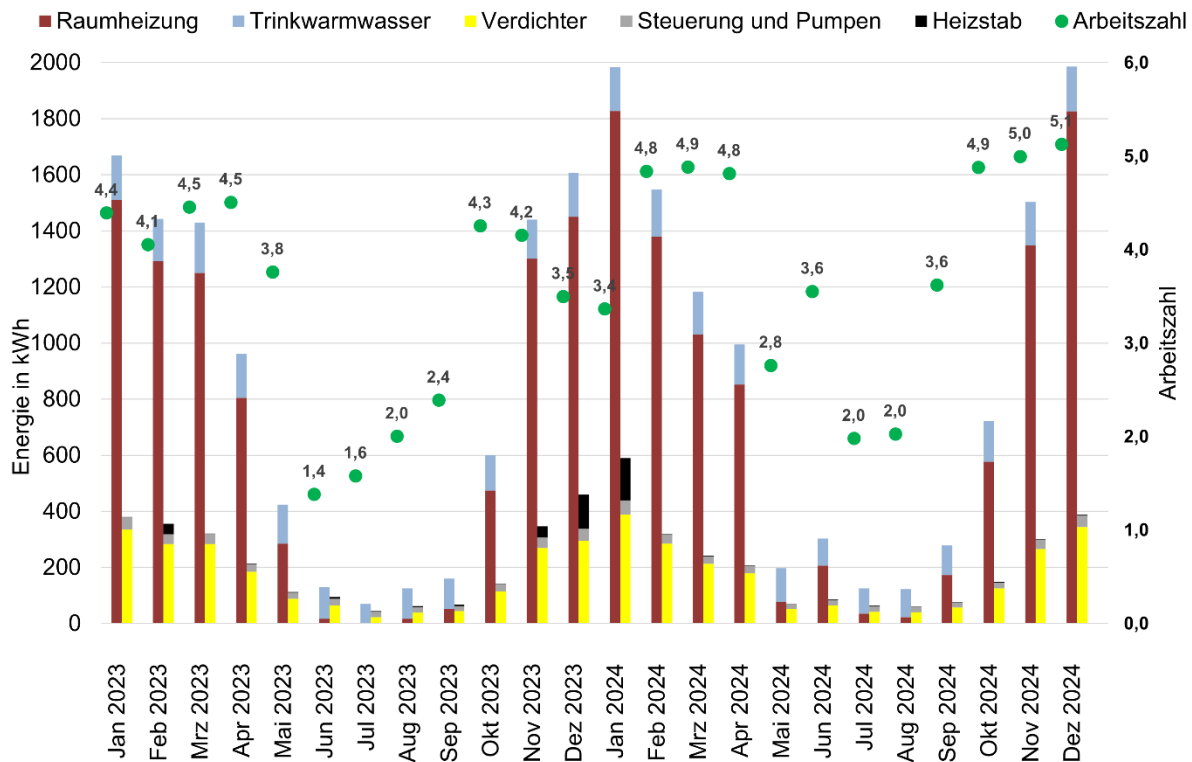


Abbildung 11: monatliche Energiemengen und Arbeitszahlen

Die monatlichen Arbeitszahlen reichen von 1,4 im Juni 2023 bis 5,1 im Dezember 2024. In den Wintermonaten sind die Arbeitszahlen höher als in den Sommermonaten. Dies liegt darin begründet, dass die Wärmepumpe für die Trinkwarmwasserbereitung einen höheren Temperaturhub leisten muss. Je höher der Anteil der Heizenergie an der gesamten von der WP bereitgestellten Energie ist, umso höher ist die Arbeitszahl. In der Kernheizperiode von Anfang November bis Ende März wird der größte Anteil an Wärmeenergie von der Wärmepumpe bereitgestellt. Hier liegen die Arbeitszahlen zwischen 3,4 im Januar 2024 und 5,1 im Dezember 2024. In der Heizperiode ist in den Monaten Februar 2023 und November 2023 bis Januar 2024 der Heizstab in Betrieb. In diesen Monaten schafft es die Wärmepumpe ohne den Heizstab nicht, die erforderliche Wärmemenge zur Verfügung zu stellen. Dies liegt darin begründet, dass die Wärmepumpe so eingestellt ist, dass bei Kollektorvorlauftemperaturen kleiner – 7 der Heizstab zur Wärmeversorgung dazu genommen wird. Diese Einstellung wurde im Februar 2024 angepasst, so dass die Wärmepumpe in der Folge die Wärmeversorgung ohne den Heizstab bewältigen kann.

3.2.4 Anlage in Save / Schweden

Eine weitere Demonstrationsanlage wurde in der schwedischen Ortschaft Save, nahe Göteborg untersucht. Bei dieser Anlage wurde eine Wärmepumpenheizungsanlage mit bereits bestehender Erdsonde mit PVT- und PV-Kollektoren erweitert. Darüber hinaus wurde eine neue Wärmepumpe verbaut.

Diese Anlage zeigt, wie mit PVT-Kollektoren zwei negativen Eigenschaften bereits bestehender Wärmepumpenheizungsanlagen mit Erdsonden begegnet werden kann. Zu einen können die Erdsonden nach vielen Betriebsjahren auskühlen. Dies ist aufgrund der geologischen Gegebenheiten besonders in Skandinavien oftmals der Fall. Zum anderen haben neuere Wärmepumpen oft höhere Kälteleistungen, so dass die ursprüngliche Erdsonde zu klein ausgelegt

ist. Die nachstehende Abbildung 12 zeigt die monatlichen Energiemengen auf der Wärmequellenseite der Anlage.

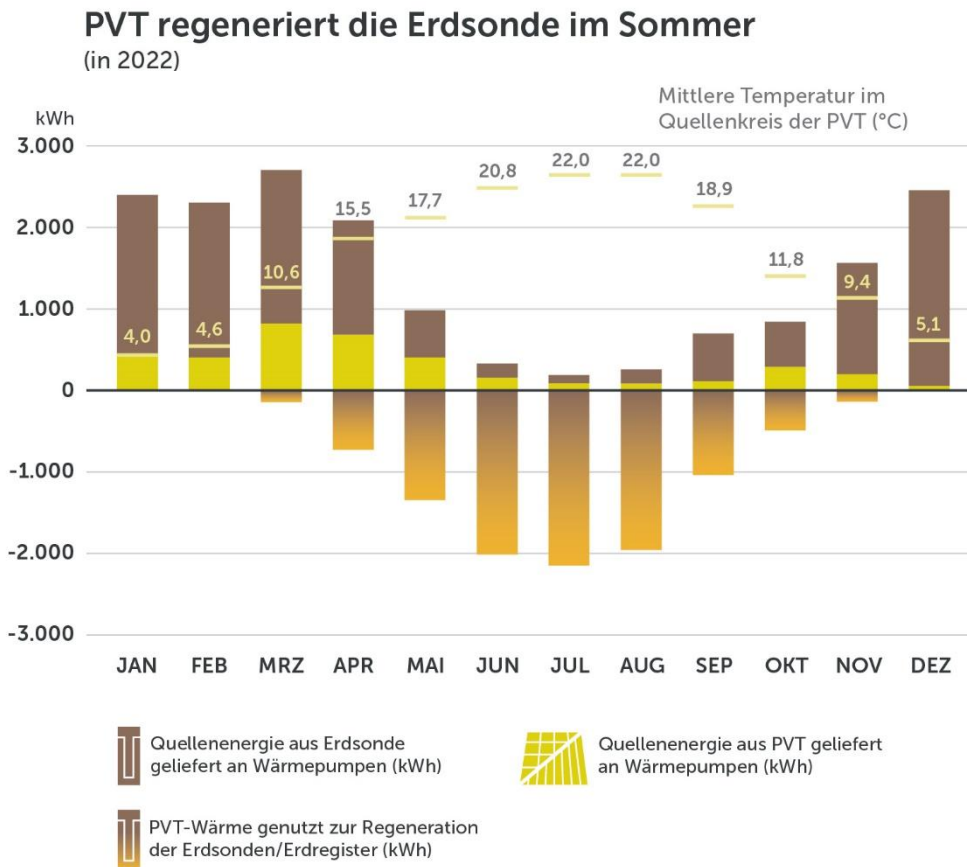


Abbildung 12: monatliche Energiemengen PVT-Kollektor und Erdsonde

In den Wintermonaten wird der Großteil der Wärmequellenenergie von der Erdsonde bereitgestellt. Die PVT-Kollektoren liefern von Januar bis März einen Deckungsbeitrag von 18 % bis 30 %. Bereits im März wird die Erdsonde teilweise regeneriert. Bilanzell beginnt die Regeneration im Mai. In diesem Monat werden 580 kWh aus der Erdsonde entnommen, wobei 1350 kWh eingespeist werden. Im Jahresverlauf liefert das PVT-Kollektorfeld 13800 kWh, wovon 3800 direkt in der WP genutzt werden (28 %), 10000 kWh werden in die Erdsonde eingespeist. Die Erdsonde liefert im betrachteten Zeitraum 13000 kWh. Diese Energiemengen konnten im Verlauf des Projektes für die Jahre 2020 bis 2024 bestätigt werden.

3.3 Erweiterung Messkonzept und Optimierung der Anlagen

Durch Monitoring und Analyse war es auch geplant, die Strategien zur Optimierung der Systeme für einen effizienten Betrieb umzusetzen. Im Folgenden werden umgesetzte Maßnahmen bei den Anlagen in Hannover, Harsefeld, Röderhof und Nonweiler-Kastel exemplarisch gezeigt.

Bürogebäude in Hannover

Eine Möglichkeit, ein Wärmepumpensystem effizienter zu betreiben besteht darin, die Vorlauf-temperatur der Wärmepumpe zu senken. In dieser Demoanlage konnte die Solltemperatur im Wärmespeicher durch den Einbau von Mischventilen für alle Heizkreise gesenkt werden. Dadurch wurde auch die Vorlauf-temperatur der Wärmepumpe reduziert. Als Ergebnis zeigt die Energiebilanz in Abschnitt 3.2.1, dass die Wärmeversorgung von der Wärmepumpe gesunken und die JAZ gestiegen ist.

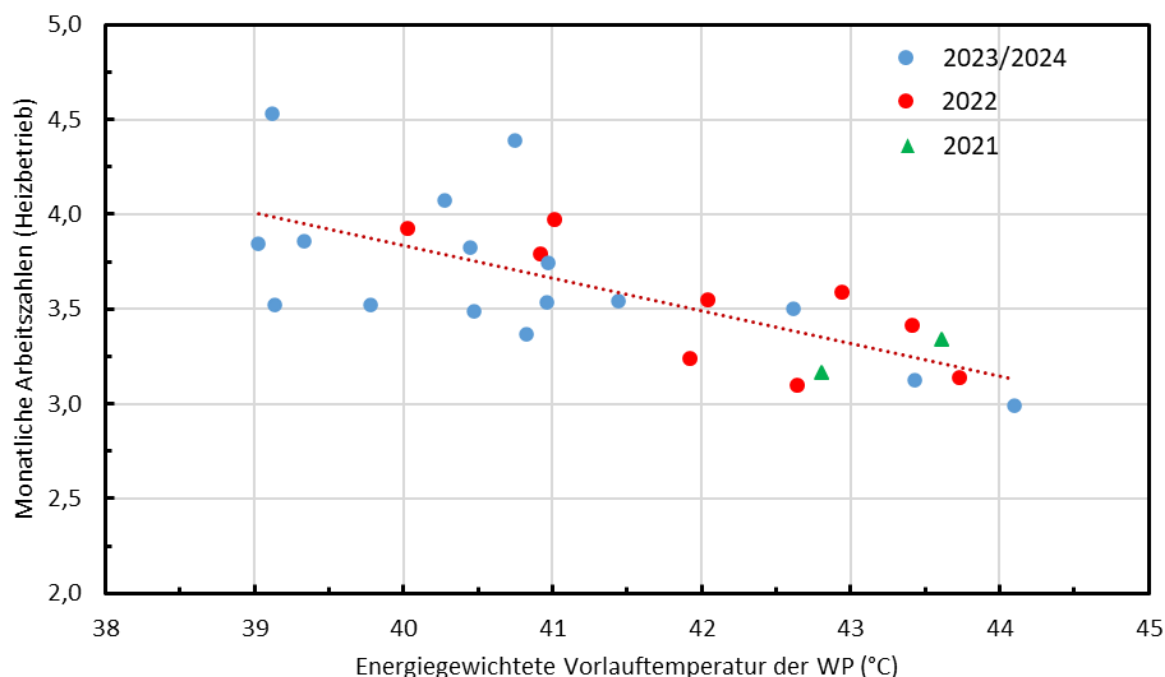


Abbildung 13: Monatliche energiegewichtete Vorlauf-temperatur und Arbeitszahlen

Die Abbildung 13 veranschaulicht die Veränderung der monatlichen Arbeitszahl der Wärmepumpe in Abhängigkeit von der energiegewichteten Vorlauf-temperatur der Wärmepumpe. Die roten und grünen Punkte im Diagramm mit einer energiegewichteten Vorlauf-temperatur der Wärmepumpe über 41,9 repräsentieren die Werte aus den Jahren 2021 und 2022, bevor die Beimischschaltung in den Heizkreisen installiert wurde. Die blauen sowie die roten Punkte auf der linken Seite mit einer Vorlauf-temperatur unter 41 °C beziehen sich auf die Monate nach dem Einbau der Beimischschaltung in die Heizkreise. Die Trendlinie demonstriert eine lineare Korrelation zwischen der energiegewichteten Vorlauf-temperatur der Wärmepumpe und der Arbeitszahl des Systems. Es konnte festgestellt werden, dass eine Absenkung der Vorlauf-temperatur um 1 K zu einer Steigerung der Arbeitszahl um 0,15 führt. Von November 2023 bis Januar 2024 waren die Vorlauf-temperaturen der Wärmepumpe wieder höher (>42,5 °C) und die Arbeitszahlen relativ niedriger, was durch die drei blauen Punkte auf der rechten Seite des Diagrammes angezeigt wird. Bei genauerer Analyse wurde festgestellt, dass die Außentemperaturen in diesen Monaten niedriger waren und daher der Wärmebedarf im Vergleich zum Vorjahr (2022) höher war.

Einfamilienhaus in Harsefeld

Wie bereits in Abschnitt 3.2.3 erläutert wurde der Wert für die minimale Soleeintrittstemperatur bei dieser Anlage abgesenkt werden. Weiterhin wurde die ordnungsgemäße Befüllung der Kollektoren mit Sole überprüft und sichergestellt. Diese beiden Maßnahmen konnten dafür sorgen, dass die Wärmepumpe auch bei niedrigeren Außentemperaturen mit den PVT-

Kollektoren als Quelle betrieben werden konnte. Der Heizstabeinsatz konnte deutlich verringert werden, was eine Verbesserung der Jahresarbeitszahl von ca. 3,5 auf 4,0 zur Folge hatte (siehe Abbildung 4).

Schule in Heimstatt Röderhof, Hildesheim

In diesem System sind zwei Solarspeicher für die Speicherung der Wärme aus PVT-Kollektoren vorhanden (siehe Abbildung 8). Laut Planer ist die minimale Solarstrahlung zum Einschalten der Solarkreispumpe P1 auf einer Beleuchtungsstärke von 1000 Lux (d.h. Solarstrahlung von ca. 8 W/m^2) eingestellt. Außerdem wird die Ladungspumpe P2 auf der Sekundärseite des Wärmetauschers eingeschaltet, wenn die Vorlauftemperatur vom PVT-Kollektor $30 \text{ }^\circ\text{C}$ erreicht, und ausgeschaltet, wenn die Temperatur unter $20 \text{ }^\circ\text{C}$ fällt.

Im Rahmen des Monitorings wurde festgestellt, dass die Solarkreispumpe P1 auch dann lief, wenn die Ladepumpe auf der Sekundärseite (P2) nicht in Betrieb war. Zusätzlich wies der Wärmezähler (WMZ 1) der PVT-Kollektoren eine negative Wärmeleistung auf. Dies bedeutet, dass bei der aktuellen Regelungsstrategie unnötiger Stromverbrauch durch die Solarkreispumpe P1 entstand, wenn die Solarspeicher noch warm vom Vortag waren. Eine detaillierte Analyse ergab zudem, dass die Wärmespeicher in einigen Fällen durch die PVT-Kollektoren gekühlt wurden. Im Juni 2024 wurde eine unbeabsichtigte Abgabe von 1073 kWh Wärmeenergie aus den Solarspeichern an die Umgebungsluft verzeichnet, was 16% des solarthermischen Ertrags der PVT-Anlage entspricht.

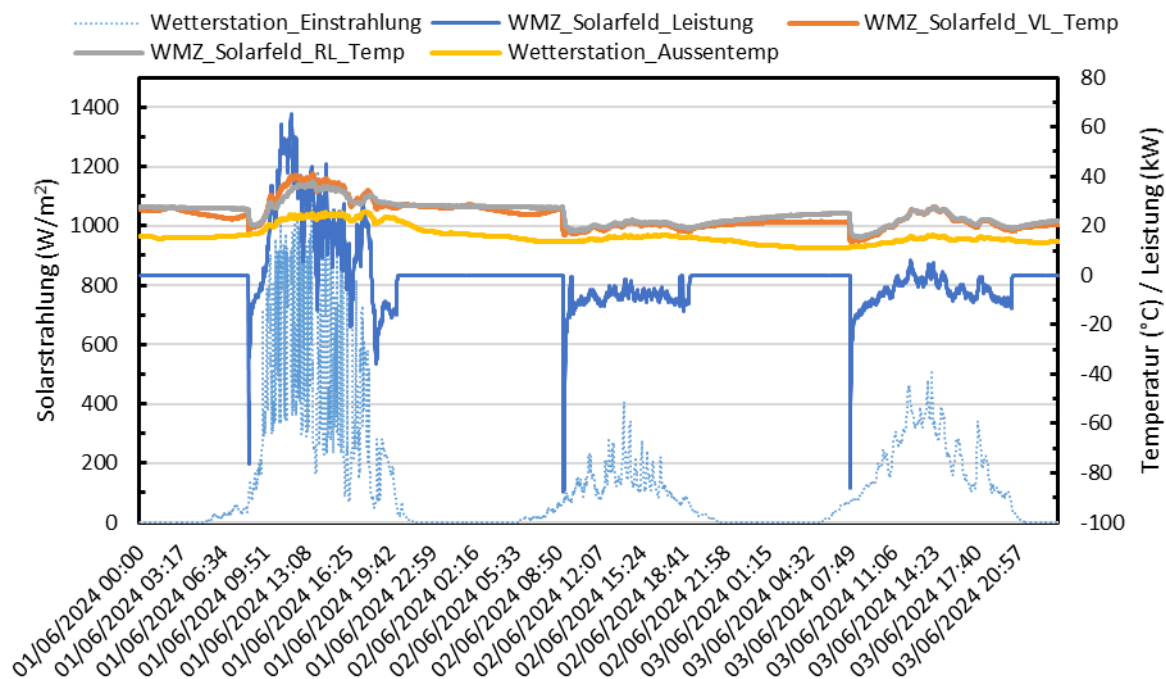


Abbildung 14: Vergleich der Temperaturen, Wärmeleistungen und Einstrahlung

Abbildung 14 zeigt den Vergleich der Temperaturen und Wärmeleistungen des PVT-Feldes und der gesamten einfallenden Einstrahlung für drei typische Tage im Juni 2024. Es ist zu erkennen, dass die entsprechende Wärmeleistung des PVT-Feldes positiv war, wenn die Bestrahlungsstärke über 300 W/m^2 lag, d. h. unterhalb dieser Einstrahlungswerte ist die Wärmeleistung null oder negativ. Daher wurde vorgeschlagen, die neue Regelungsstrategie für den Schwellenwert der Einstrahlung zur Regelung der Pumpe P1 auf 300 W/m^2 statt auf 1000 Lux festzulegen. Außerdem wird für die Regelung von P2 nun die Vorlauftemperatur der PVT-Kollektoren mit der Temperatur Solarspeicher-Unten verglichen. In dieser Anlage wurde die Optimierung im November begonnen, und die Auswirkungen der Optimierung sind bisher noch nicht sichtbar, da die Inbetriebnahme der Wärmepumpe durch den Hersteller noch nicht erfolgt

ist und die geothermische Quelle (Erdwärmesonden) im Dezember 2024 für einige Zeit ausgefallen war. Dieser Fall bestätigt die zentrale Rolle der Regelungsstrategien in derartigen komplexen Systemen mit PVT-Kollektoren.

Einfamilienhaus in Nonnweiler-Kastel

Bei dieser Anlage stellt der PVT-Kollektor die einzige Wärmequelle für die Wärmepumpe dar. Weiterhin arbeitet die Anlage mono energetisch. Als Backup dient ein Heizstab. In der ersten Betriebsphase konnte die Wärmepumpe nicht wie gewünscht betrieben werden, da die vom Kollektor gelieferten Soletemperaturen von der WP nicht verarbeitet werden konnten. Bei solarer Einstrahlung waren die Soletemperaturen zu hoch, so dass die WP nicht in Betrieb gehen konnte. Konnte die WP in Betrieb gehen, fiel die Soletemperatur zu stark ab, so dass der Energiebedarf nicht über die Wärmepumpe gedeckt werden konnte.

Zur Folge war ein massiver Heizstabeinsatz, was zu einer schlechten Jahresarbeitszahl von 2,2 im Jahr 2023 führte und dementsprechend hohe Stromkosten verursachte. Gemeinsam mit dem Hersteller und dem Heizungsbauer wurde ein Konzept entwickelt, das eine modifizierte Rücklaufbeimischung zur Temperaturanpassung und einen Speicher auf der Wärmequellenseite umfasst. Diese beiden Maßnahmen haben dazu geführt, dass die Wärmepumpe nun wie geplant einzig mit den PVT-Kollektoren als Quelle die Wärmeversorgung des Gebäudes gewährleisten kann. Der Heizstabeinsatz konnte drastisch reduziert werden, so dass die Anlage im Jahr 2024 eine Jahresarbeitszahl von 4,5 erreichen konnte.

4 Planungs- und Auslegungstools

In diesem Arbeitspaket wurden zwei frei zugängliche Online-Tools erstellt: Ein Tool, das die korrekte Abbildung von Wärmepumpensystemen mit PVT ermöglicht und damit dazu beitragen kann, die Marktdurchdringung dieser Anlagen zu beschleunigen/fordern, und ein Auslegungstool, das dem Handwerker oder auch Planer die Dimensionierung von PVT-Wärmepumpensystemen erleichtert, da es derzeit dafür keine a.a.R.d.T. gibt. Zudem wurde eine Prozedur zur Bewertung von PVT-Systemen nach der DIN 18599 erarbeitet.

Für die Erstellung der Planungs- und Auslegungswerkzeuge wurden mit der Software TRNSYS ausführliche dynamische Gebäudesimulationen für verschiedene Gebäudetypen mit unterschiedlichen Dämmstandards durchgeführt. Zur Transparenz, Vergleichbarkeit und als Referenz wurden dazu detaillierte Dokumente mit allen in den Simulationen verwendeten allgemeinen und spezifischen Randbedingungen erstellt. Ausgewählte Ergebnisse, die auch im Wärmepumpen-Vergleichstool implementiert sind, werden in Fachartikeln verwendet, als Infografiken aufbereitet und nachfolgend dargestellt. Die vollständigen Veröffentlichungen nach Kategorien sowie zentrale Erkenntnisse sind unten aufgeführt.

4.1 Einfamilienhaus-Neubau

Das erste Einfamilienhaus, das für die Simulation verwendet wird, ist ein Neubau (IEA SHC Task 44 - SFH 45). Es entspricht modernen Effizienzstandards, ist mit einer Fußbodenheizung ausgestattet und hat einen Heizwärmebedarf von ca. 50 kWh/m²-a für den Standort Würzburg. Das Gebäude ist mit einer modulierenden Wärmepumpe mit einer Wärmeleistung von 9,1 kW und einem COP von 4,13 bei B0/W35 ausgestattet.² In der Simulationsstudie werden zwei kommerziell erhältliche unabgedeckte PVT-Kollektoren für die Sensitivitätsanalyse verwendet: ein Kollektor mit rückseitigen Finnen und ein marktüblicher Standard PVT-Kollektor.

Die Analyse der Systemvarianten erfolgt auf Basis der Jahresarbeitszahl (JAZ) als zentrales Effizienzkriterium. Dabei werden zwei Varianten betrachtet. Der JAZ beschreibt das Verhältnis zwischen der Gesamtwärmemenge, die in den Pufferspeicher eingespeist wird (durch die Wärmepumpe, Zusatzheizung), und der dafür von allen Systemkomponenten, wie Wärmepumpe, Umwälzpumpen und Zusatzheizung, verbrauchten elektrischen Energie. Der erweiterte JAZ(Grid) berücksichtigt ebenfalls nur den Anteil der elektrischen Energie, der aus dem Stromnetz bezogen wird. In diesem Fall wird der gleichzeitig erzeugte PVT-Strom direkt und ohne Batteriespeicher vom Heizsystem genutzt.

PVT-Kollektoren mit Finnen können Wärme aus der Umgebungsluft einfacher gewinnen und zeigen bei der Verwendung als alleinige Wärmequelle mit einer Sole-Wärmepumpe eine vergleichbare oder höhere Effizienz als Luft-Wärmepumpen. Die Kombination von PVT-Kollektoren mit Erdwärmesondensystemen ermöglichte dagegen eine Verkürzung der Sondenlänge um ca. 35 % (von 110 m auf 70 m), wobei die JAZ(Grid) über 5,75 blieben, was kompaktere und effizientere Systemdesigns ermöglichte. Luft-Wärmepumpen in Kombination mit PV erreichten JAZ(Grid) von bis zu 4,39, während Erdsondensysteme mit 30 m² PV hohe Werte von bis zu 5,74 erreichten. PVT-basierte Systeme erzielten ebenfalls deutliche Verbesserungen: als alleinige Quelle wird eine JAZ(Grid) von bis zu 4,97 und in Kombination mit Erdsondensystemen eine JAZ(Grid) von über 5,7 erreicht.

² Eine Vollversion, der oben genannten Ergebnisse, findet sich hier: Chhugani, B., et al. (2023). Comparison of PVT - heat pump systems with reference systems for the energy supply of a single-family house. Solar Energy Advances, 3, 100031. <https://doi.org/10.1016/j.seja.2022.100031>.

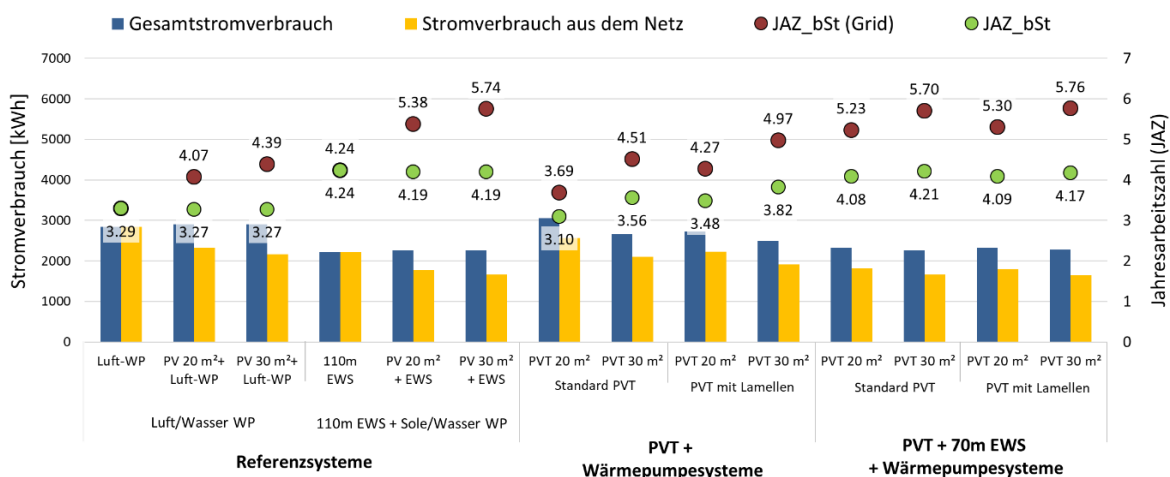


Abbildung 15: Systemvergleich der Jahresarbeitszahlen im Neubau-EFH

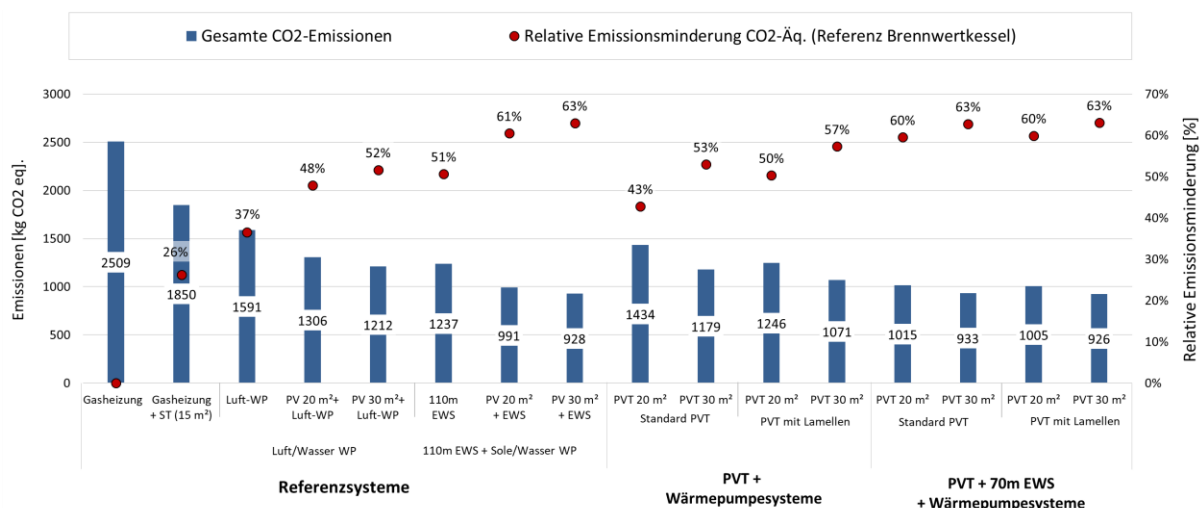


Abbildung 16: CO₂-Emissionen verschiedener Wärmeversorgungssysteme für ein Neubau – Einfamilienhaus

Für die Berechnung der CO₂-Äquivalent-Emissionen in der Analyse werden standardisierte Emissionsfaktoren aus dem Gebäudeenergiegesetz (GEG 2020) verwendet, die sich auf den Endenergieverbrauch der jeweiligen Anlage beziehen. Die verwendeten Faktoren betragen 0,24 kg CO₂/kWh für Erdgas, 0,56 kg CO₂/kWh für Netzstrom und 0,0 kg CO₂/kWh für selbst verbrauchten Strom aus PV/PVT-Anlagen, was einen konsistenten Vergleich verschiedener Versorgungskonzepte ermöglicht.

Die Analyse der CO₂-Emissionen für das Neubau-EFH untermauert die technischen Ergebnisse. Im Vergleich zu einem Gas-Brennwertkessel (Referenzemission: 2509 kg CO₂-eq) erzielten alle Wärmepumpensysteme erhebliche Emissionsminderungen. Luftwärmepumpen reduzierten die Emissionen mit PV-Integration um bis zu 52 %. PVT-Wärmepumpensysteme erzielten Einsparungen von bis zu 57%, wobei selbst Standard-PVT-Systeme Einsparungen von über 50 % erreichten.

Die höchsten CO₂-Einsparungen bis zu 63 % wurden durch Erdsondensysteme in Verbindung mit PV erreicht, unabhängig davon, ob eine Erdsonde mit üblicher Länge (110 m) oder eine verkürzte Erdsonde (70 m) mit PVT-Kollektoren verwendet wurde. Diese Ergebnisse bestätigen, dass PVT-Wärmepumpensysteme auch bei einer reduzierten Erdsreichquelle einen hohen

Effizienz- und Wirkungsgrad aufweisen und somit eine gute Lösung für Gebiete darstellen, in denen die Installation von Erdsonden nur eingeschränkt möglich ist.

4.2 Einfamilienhaus-Bestand

Weitere Simulationen wurden für das bestehende Einfamilienhaus (IEA SHC Task 44 – SFH 100) durchgeführt, wobei der Gesamtwärmebedarf dieses Gebäudes für Raumheizung und Warmwasser am Standort Würzburg ca. 123 kWh/(m²·a) beträgt. Das Gebäude ist mit Radiatoren ausgestattet und nutzt eine modulierende Wärmepumpe mit einer maximalen Heizleistung von 12 kW bei B0W35. Dieser Vergleich wurde für die PVT-Wärmepumpenanlage mit den Referenzanlagen PV + Luftwärmepumpe und Gaskessel sowie einer zusätzlichen PVT-Anlage mit Erdwärmesonde durchgeführt. Die Ergebnisse wurden in Bezug auf die CO₂-Emissionen und die Jahresarbeitszahl (JAZ) der verschiedenen Systeme verglichen.³

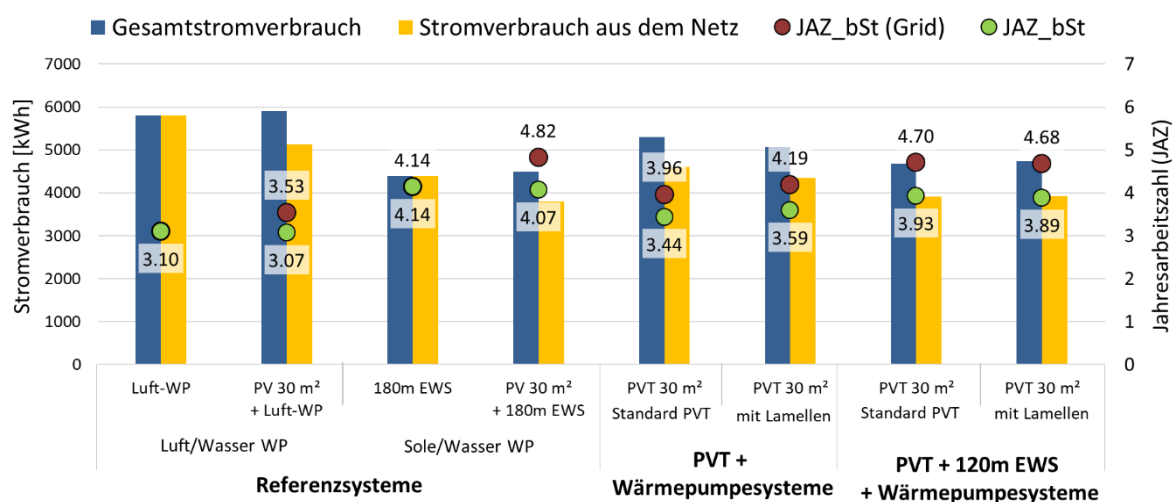


Abbildung 17: Systemvergleich der Jahresarbeitszahlen im Bestands-EFH

Ein direkter Vergleich zeigt, dass die untersuchten PVT-Wärmepumpensysteme effizienter als Luftwärmepumpen sind. Ein 30 m² großes PVT-System mit Finnen erreicht eine JAZ von 3,59 und eine netzbasierte JAZ von 4,19, verglichen mit 3,10 bzw. 3,53 für die Luftwärmepumpe. Bei einer Erdwärmepumpe mit einer 180 m langen Erdsonde wird eine JAZ(Grid) von 4,8 erreicht, wobei die Kombination einem 30 m² großen PVT-Kollektorfeld mit einer kürzeren 120 m langen Erdsonde immer noch fast die gleiche Effizienz liefert (JAZ ~3,9, JAZ(Grid) ~4,7). Dies zeigt auch hier, dass PVT-Kollektoren die BHE-Tiefe effektiv um etwa 33 % reduzieren kann, ohne die Systemleistung wesentlich zu beeinträchtigen.

Die CO₂ Analyse (Abbildung 40) zeigt, dass PVT-Wärmepumpensysteme erhebliche CO₂-Emissionsreduzierungen bieten und sowohl Luft- als auch Erdwärmepumpen übertreffen können. Bei 30 m² PVT-Kollektoren mit Lamellen werden die Emissionen um bis zu 49 % reduziert, was der Performance von Erdwärmesystemen entspricht. Dies unterstreicht den großen Umweltvorteil von PVT-WP Lösungen und macht sie zu einer effektiven und emissionsarmen Wärmeerzeugungstechnologien.

³ Eine Vollversion, der oben genannten Ergebnisse, findet sich hier: Chhugani, B., et al. (2022). *Decarbonizing heating supply systems in existing single-family houses through PVT-heat pump systems*. EuroSun 2022 - ISES and IEA SHC Conference. <https://doi.org/10.18086/eurosun.2022.07.01>

4.2.1 Systemsimulationen mit Batteriespeicher

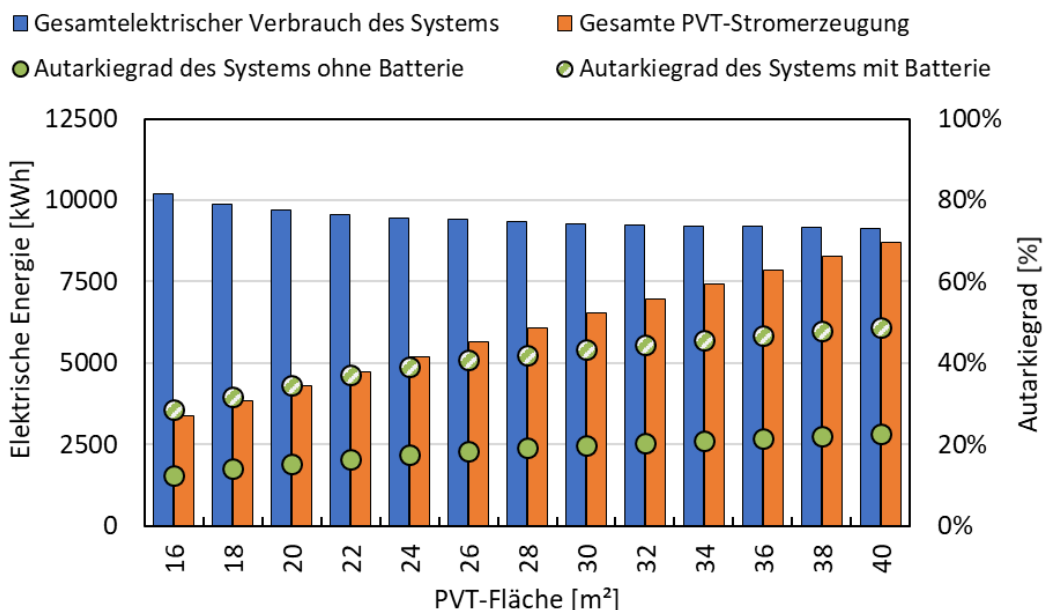


Abbildung 18: Autarkiegrad in Abhängigkeit von PVT-Kollektorfläche und Batteriespeicher für ein Bestands-Einfamilienhaus

Das Diagramm in Abbildung 18 veranschaulicht das Verhältnis zwischen PVT-Kollektorfläche, Strombedarf des Systems, PVT-Stromerzeugung und dem Autarkiegrad unter Berücksichtigung eines zusätzlichen Batteriespeichers für das bestehende Einfamilienhaus. Der Autarkiegrad (AG) beschreibt den Anteil des Stroms, der durch selbst erzeugten PVT-Strom gedeckt wird. Der Autarkiegrad berechnet sich aus dem vom System verbrauchten PVT-Strom (mit und ohne Batteriespeicher) geteilt durch den gesamten Strombedarf. Der Gesamtstromverbrauch des Systems liegt bei etwa 9.000 bis 10.000 kWh, abhängig von der PVT-Kollektorfläche und den Änderungen im Wärmepumpenverbrauch. Gleichzeitig steigt die PVT-Stromerzeugung mit der Kollektorfläche von etwa 3.300 kWh bei 16 m² auf etwa 8.700 kWh bei 40 m². Ohne Batterie erhöht sich der Autarkiegrad mit größerer PVT-Fläche von etwa 12 % bei 16 m² auf etwa 23 % bei 40 m².

Wenn eine Batterie integriert ist (hier wird eine Kapazität von 3,7 kWh angenommen, AC-gekoppeltes System), liegt der Autarkiegrad durchweg höher, beginnend bei etwa 29 % für kleine Kollektorflächen und maximal etwa 49 % bei 40 m². Dies unterstreicht die stabilisierende Rolle der Speicherung beim Ausgleich von Ungleichgewichten zwischen Erzeugung und Bedarf. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass ein System mit einer Batterie eine wirksame Maßnahme zur Steigerung des Autarkiegrades und der Gesamteffizienz ist. Eine wirtschaftliche Bewertung ist im Projekt nicht erfolgt.

4.3 Mehrfamilienhaus-Neubau

Für die Analyse des Systemverhaltens der PVT-Wärmepumpe in Mehrfamilienhäusern (MFH) wird ein Mehrfamilienhaus mit einem Heizwärmebedarf von ca. 21,1 MWh/a (spezifisch 31 kWh/(m²·a)) und einem Warmwasserbedarf von ca. 6,7 MWh/a (spezifisch 10 kWh/(m²·a)) für den Standort Würzburg simuliert. Das Gebäude ist mit einer modulierenden Wärmepumpe mit einer maximalen Heizleistung von 12 kW bei B0W35 ausgestattet. Die vollständige Studie

wurde in der entsprechenden Veröffentlichung dokumentiert.⁴ Die wichtigsten Ergebnisse sind in den folgenden Diagrammen zusammengefasst.

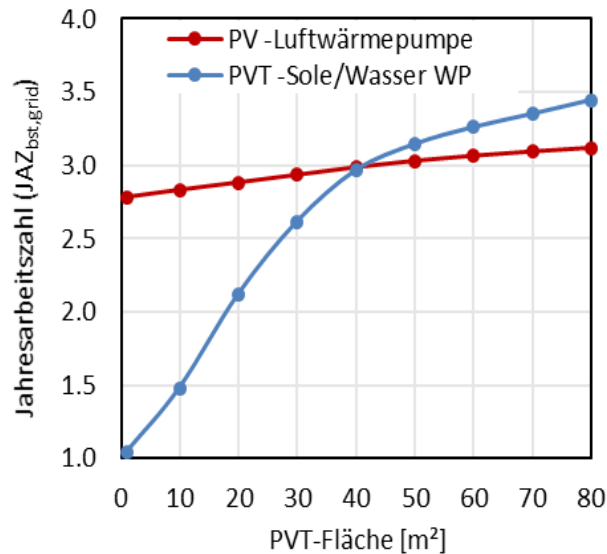


Abbildung 19: Jahresarbeitszahlen (JAZ) verschiedener PVT-Flächen mit Sole-Wasser-Wärmepumpen im Vergleich zu verschiedenen PV-Flächen mit Luftwärmepumpe

In der Simulationsstudie wurde das PVT-Wärmepumpensystem mit den Referenzsystemen PV mit Luftwärmepumpe und PVT-System mit Erdwärmesonde verglichen. Abbildung 19 zeigt die JAZ(Grid) der PV-Luft-Wärmepumpe und der PVT mit Sole-Wasser-Wärmepumpe in Abhängigkeit von den unterschiedlichen PV- bzw. PVT-Flächen. Hier nutzt die Sole-Wasser-Wärmepumpe die PVT-Kollektoren mit Finnen als alleinige Wärmequelle. Mit einer 80 m² PVT-Kollektorfläche und einer Sole-Wasser-Wärmepumpe wird eine JAZ(Grid) von 3,45 erreicht, während die maximal erreichbare JAZ(Grid) mit einer 80 m² großen PV-Fläche und einer Luftwärmepumpe 3,12 beträgt. Bei 40 m² PVT- und PV-Fläche zeigen beide Systeme eine ähnliche Effizienz, bei größeren Flächen zeigt die PVT-Wärmequelle mit Sole-Wasser-Wärmepumpensystem eine bessere Arbeitszahl als die PV mit Luftwärmepumpensystemen. Anzumerken ist, dass auf dem Dach eine Kollektorfläche (PVT/PV) von ca. 100 m² installiert werden kann.

Abbildung 20 zeigt die Jahresarbeitszahlen JAZ(Grid) der Kombinationen von verschiedenen PVT-Flächen (20 – 80 m²) mit verschiedenen Erdwärmesondentiefen (EWS: 1 – 150 m) als Wärmequelle für die Wärmepumpe. Unterschiedliche Farben in der Grafik zeigen unterschiedliche Bereiche des Rasters für verschiedene Kombinationen von PVT mit Erdsonden, d. h. eine 60 m² große PVT-Kollektorfläche mit einem BHE von 120 m erreicht ein Raster von 3,46 (Bereich zwischen 3,25 - 3,50). In ähnlicher Weise können die JAZ für weitere PVT- Erdsonden ermittelt werden. In diesem Zusammenhang ist zu sehen, dass die PVT-Kombination mit der Erdsonde die Möglichkeit eröffnet, die Länge des Erdsonde zu reduzieren, ohne die Effizienz des Systems wesentlich zu beeinträchtigen. Dieser Aspekt wird vor allem bei größeren Anlagen mit zwei oder mehr Bohrungen wirtschaftlich relevanter. Die Reduzierung der Quelle erhöht zudem die Umsetzungschancen dieser effizienten Systeme, die nicht selten aus Platzgründen nicht installiert werden können.

⁴ Eine Vollversion, der oben genannten Studie, findet sich hier: Chhugani, B., et al. (2023). *Photovoltaic-Thermal (PVT) collectors as monovalent or bivalent heat sources for heat pumps in new multi-family houses*. SWC 2023 - ISES Solar World Congress 2023. <https://doi.org/10.18086/swc.2023.04.03>

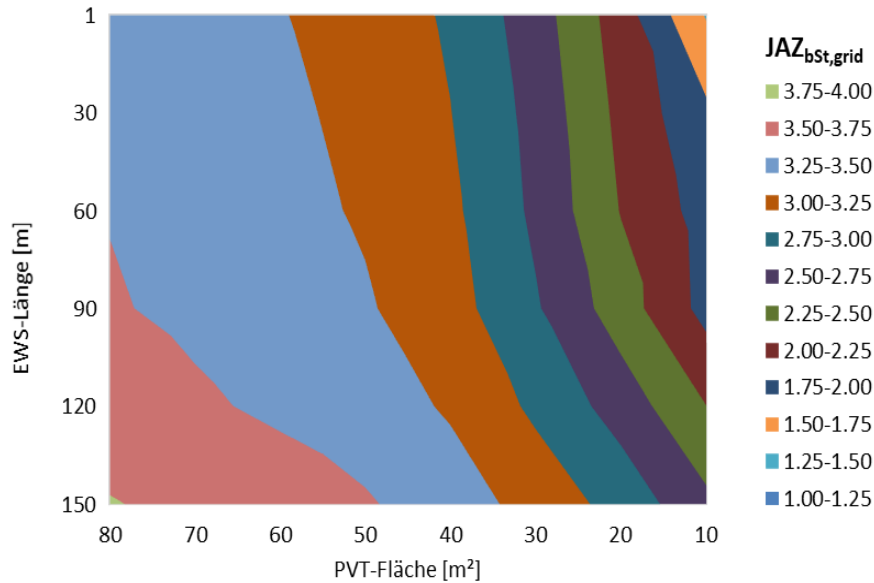


Abbildung 20: Jahresarbeitszahlen (JAZ) verschiedener PVT-Flächen mit EWS-Kombinationen mit Wärmepumpen

Abbildung 21 zeigt die CO₂-Äquivalent-Emissionen der verschiedenen Systemkombinationen von PVT-Kollektoren und Erdsonde. Die effizienteste simulierte Kombination mit den geringsten CO₂-Emissionen (4,35 Tonnen) ergibt sich bei einer PVT-Fläche von 80 m² und einem BHE mit 150 m Tiefe. Kleine PVT-Flächen von weniger als bis zu 20 m², kombiniert mit beliebigen Erdsonden-Tiefen (hier nur bis zu 150 m Tiefe), emittieren mehr CO₂-Emissionen als PV mit Luftwärmepumpen. Ab einer PVT-Fläche von 40 m² sind alle Sole-Wasser Wärmepumpensysteme (mit PVT-Kollektoren oder mit einer Kombination von PVT-Kollektoren und Erdsonden) effizienter als PV-Luftwärmepumpen.

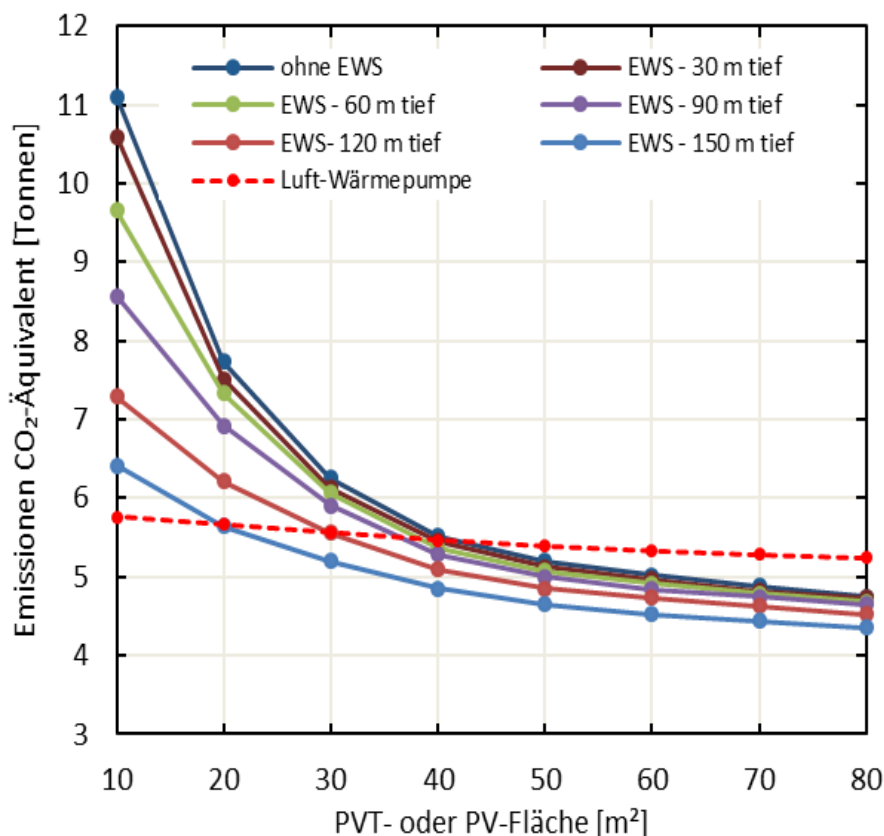


Abbildung 21: CO₂-Emissionen für verschiedene PVT-Flächen mit EWS-Kombinationen für Wärmepumpensysteme für das Mehrfamilienhaus (MFH)

4.4 Wärmepumpen-Vergleichstool

Eines der Hauptziele des Arbeitspakets war die Entwicklung eines webbasierten „Decision Support Tools“, später als „Wärmepumpen-Vergleichstool“ benannt, für die technische und wirtschaftliche Berechnung verschiedener Energieversorgungssysteme für Ein- und Mehrfamilienhäuser mit dem Schwerpunkt auf PVT-Wärmepumpensystemen.

Das Tool ist online auf der Website unter "<https://heatpumpsystems.isfh.de/>" verfügbar und wird auch auf der integraTE-Seite verlinkt. Das webbasierte Wärmepumpen-Vergleichstool wurde in mehreren Fachzeitschriften und Online-Medien ausführlich vorgestellt.^{5 6 7}

⁵ Eine Vollversion, der oben genannten Fachzeitschriften und Online-Medien, findet sich hier: Chhugani, B. (2025). *An open-source tool for techno-economic analysis of various heat pump systems for residential buildings*. Publikation und Präsentation auf dem Climaworldcongress 2025, Mailand.

⁶ Gebäudeenergieberater. (2024). Wie viel PVT bringt. *Gebäudeenergieberater*, Ausgabe 9/2024. Verfügbar unter: <https://service.gentnerverlag.de/download/pdf/geb/PVT.pdf>

⁷ Sonnenenergie. (2024). Entscheidungsgrundlage für effiziente Wärmepumpenheizsysteme im Einfamilienhaus: web-basiertes Tool vergleicht Energieeffizienz und Kosten. *Sonnenenergie*, Ausgabe 4/2024. Verfügbar unter: <https://deinenergieportal.de/?p=21582>

Auf der Startseite des Tools (Abbildung 22) können Nutzer verschiedene Energiesysteme auswählen (z.B. Wärmepumpe mit PVT-Kollektor, Wärmepumpe mit Erdwärmesonde bis hin zur Gasheizung mit Solarthermie). Die Energieversorgungssysteme werden grafisch dargestellt und ihre Funktion, Einsatzmöglichkeiten sowie Vor- und Nachteile werden in Textform erläutert. Folgende Systeme sind in das Tool integriert:

1. PVT-Kollektoren mit Sole-Wasser-Wärmepumpe
2. Sole-Wasser-Wärmepumpe mit Erdwärmesonde
3. PVT-Kollektoren mit Sole-Wasser-Wärmepumpe und Erdwärmesonde
4. PV mit Sole-Wasser-Wärmepumpe und Erdwärmesonde
5. Luft-Wärmepumpe
6. PV mit Luft-Wärmepumpe

Nach der Auswahl des Systems können Nutzer verschiedene Gebäude auswählen, in denen das Energieversorgungssystem untersucht werden soll. Zwei Referenzgebäude für Einfamilienhäuser und zwei Referenzgebäude für Mehrfamilienhäuser sind verfügbar. Benutzer können die Komponenten der Energieversorgungssysteme mittels Schieberegler variieren und so die Veränderung der technischen und wirtschaftlichen Parameter einsehen.

Abbildung 23 zeigt, dass der Benutzer verschiedene Gebäudetypen, PVT-Fläche, und die PVT-Ausrichtung auswählen kann. Die erste Ausgabe ist eine Übersicht über die Ergebnisse. Sie enthält einige grundlegende und nützliche energetische und wirtschaftliche Ergebnisse über das ausgewählte System.

Abbildung 22: Hauptseite des Wärmepumpen-Vergleichstools

Zurück zur Systemauswahl

Systemanalyse
PVT + Wärmepumpe

Variationsparameter
Übersicht
Energie
Wirtschaftlichkeit
Vergleich
Diagramme
System
Export
ⓘ

Gebäudeeinstellungen

Gebäudetyp ⓘ

2 Nr.

PVT-Kollektoreinstellungen

PVT-Kollektorfläche ⓘ

30 m²

PVT-Kollektortyp ⓘ

1 Nr.

PVT-Ausrichtung ⓘ

180 °

PVT-Neigungswinkel ⓘ

45 °

Ökologische Parameter

Energie- und Wartungspreise

Komponentenpreise

Allgemeine Wirtschaftsparemeter

Preissteigerungsraten

Wirtschaftlichkeit

Investitionskosten ⓘ
40850 €

Investitionskosten abzgl. Förderung ⓘ
31850 €

Ø jährliche Kosten ⓘ
3174 €

Energiegestehungskosten ⓘ
20.30 ct/kWh

Wärmegestehungskosten ⓘ
25.05 ct/kWh

Energetische Parameter

Gesamter Wärmeenergiebedarf ⓘ
17296 kWh/Jahr

Wärmepumpenstromverbrauch ⓘ
5189 kWh/Jahr

Heizstabstromverbrauch ⓘ
71 kWh/Jahr

Gesamte CO₂-Emissionen ⓘ
4110 kg/Jahr

Jahresarbeitszahl (JAZ) ⓘ
3.60 [-]

Impressum | Datenschutzerklärung | Haftungsausschluss
©2024 Institut für Solarenergieforschung GmbH

Abbildung 23: Auswahl der Systemparameter für die energetische und wirtschaftliche Berechnung

Nach der Übersicht kann der Benutzer eine detaillierte Analyse des Systems wählen, z. B. eine energetische Analyse, wirtschaftliche Ergebnisse oder Vergleiche mit anderen Systemen. Abbildung 24 zeigt die detaillierte energetische Analyse des Systems, welche den thermischen und elektrischen Energiebedarf, die Leistung der PVT-Kollektoren und die CO₂-Emissionen des gesamten Systems umfasst.

Zurück zur Systemauswahl

Systemanalyse
PVT + Wärmepumpe

Variationsparameter
Übersicht
Energie
Wirtschaftlichkeit
Vergleich
Diagramme
System
Export
ⓘ

Gebäudeeinstellungen

PVT-Kollektoreinstellungen

Ökologische Parameter

Energie- und Wartungspreise

Komponentenpreise

Allgemeine Wirtschaftsparemeter

Preissteigerungsraten

Thermische Energiebedarfe ⓘ

Heizwärmebedarf	15160 kWh/Jahr	Spez. Heizwärmebedarf	108 kWh/(m ² *Jahr)
Warmwasser-Energiebedarf	2136 kWh/Jahr	Warmwasserbedarf	53 m ³ /Jahr
Ges. Wärmeenergiebedarf	17296 kWh/Jahr	Jahresarbeitszahl	3.60 [-]
Jahresarbeitszahl_Netz	4.16 [-]		

Elektrische Energiebedarfe ⓘ

Wärmepumpe	5189 kWh _{el} /Jahr	Haushalt	4040 kWh _{el} /Jahr
Heizstab	71 kWh _{el} /Jahr	Netzbezug	7340 kWh _{el} /Jahr
Gesamter Stromverbrauch	9300 kWh _{el} /Jahr		

PVT-Anlage ⓘ

Stromproduktion	6725 kWh _{el} /Jahr	Eigenverbrauch	1960 kWh _{el} /Jahr
Netzeinspeisung	4765 kWh _{el} /Jahr	Eigenverbrauchsanteil	29 %
Autarkiegrad	21 %		

CO₂-Emissionen ⓘ

Emissionen PV-Strom	0 kg/Jahr	Emissionen Netzstrom	4110 kg/Jahr
Emissionen Gesamt	4110 kg/Jahr		

Komponentendimensionierung ⓘ

Wärmepumpe	12.1 kW	Warmwasserspeicher	560 L
PVT-Anlage	30 m ² (5.1 kW _{el})		

Impressum | Datenschutzerklärung | Haftungsausschluss
©2024 Institut für Solarenergieforschung GmbH

Abbildung 24: Energetische Analyse des ausgewählten Systems

Die detaillierte wirtschaftliche Analyse des Systems ist in Abbildung 25 dargestellt. Die erste Berechnung erfolgt auf Basis von Referenzkosten, die auf realen Kostenangeboten sowie marktüblichen Preisen beruhen. Diese Referenzannahmen dienen als Ausgangspunkt für die Bewertung und können bei Bedarf angepasst werden. Im Tool besteht die Möglichkeit, für alle Systemkomponenten die Kosten individuell über Schieberegler zu verändern, wodurch die wirtschaftliche Analyse automatisch neu berechnet wird. Die Analyse umfasst sämtliche Investitionskosten, laufende jährliche Kosten sowie Kapitalkosten. Die Wirtschaftlichkeitsberechnung erfolgt nach den Vorgaben der VDI 2067.



Abbildung 25: Wirtschaftliche Analyse des gewählten Systems

Abschließend besteht die Möglichkeit, die ausgewählten Systeme mit zwei Referenzsystemen zu vergleichen, entweder mit einer Luftwärmepumpe oder mit einem Gaskessel. Abbildung 26 zeigt ein Beispiel für den Vergleich von PVT-Kollektoren und Wärmepumpe mit einem Gaskessel.

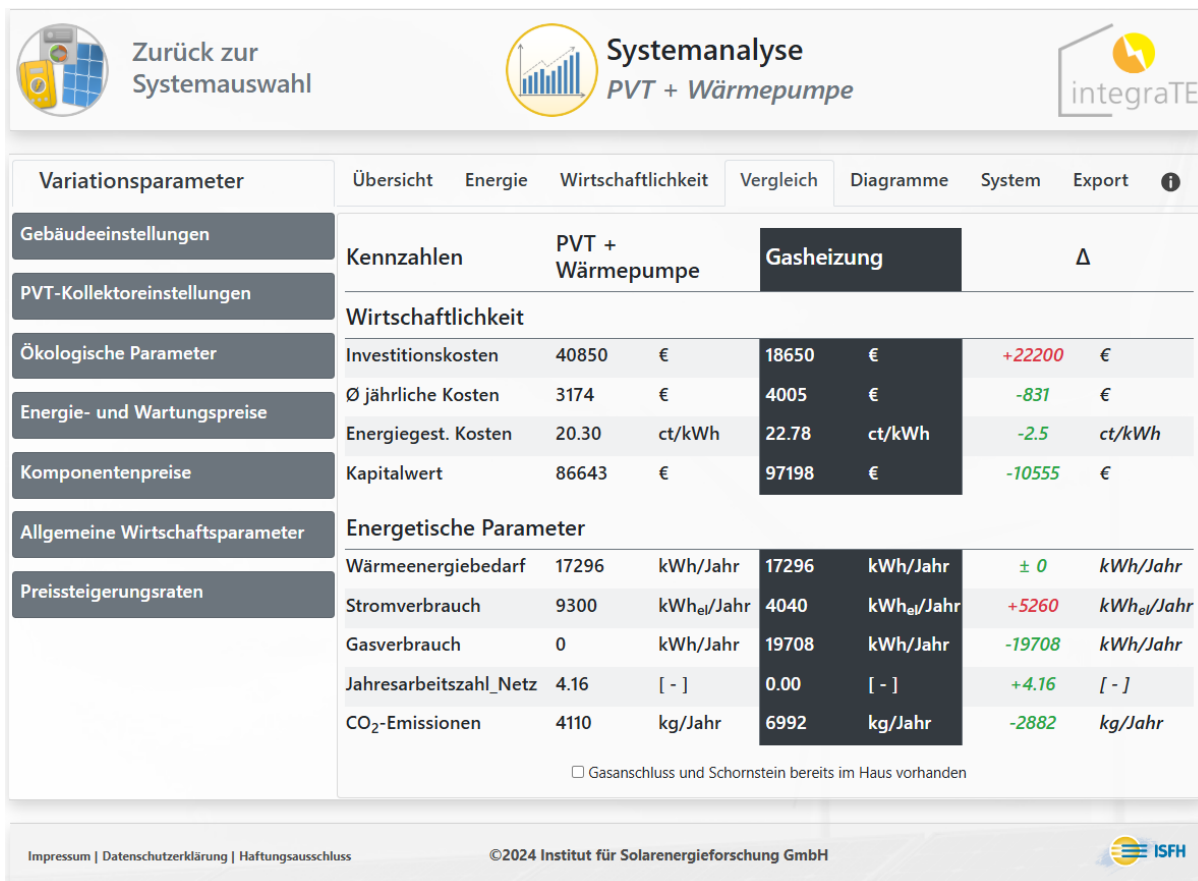


Abbildung 26: Vergleich mit Referenzsystemen im Tool

4.4.1 Untersuchung der Systemdienlichkeit von PVT-Gebäudeenergieversorgungssystemen

Das Online-Tool heatpumpsystems.isfh.de bietet eine fundierte Grundlage für die Bewertung von Gebäudeenergiesystemen mit photovoltaisch-thermischer (PVT) Technologie in Kombination mit Wärmepumpen. Im Rahmen der Untersuchungen der Systemdienlichkeit, des Beitrags solcher Systeme zur CO₂-Minderung und Eigenversorgung, ermöglicht das Tool eine praxisnahe Analyse auf Gebäudeebene.

Besonders relevant für die Systemdienlichkeit ist die Möglichkeit, Kennzahlen für Eigenverbrauch, Autarkiegrad und Stromnetzbezug zu ermitteln. Diese Kennzahlen im Tool geben Auskunft darüber, inwieweit ein System den Stromverbrauch aus dem öffentlichen Netz reduzieren und damit die Netzbelastung senken kann. So zeigt das Tool beispielsweise, wie PVT-Kollektoren und Wärmepumpen den Eigenverbrauch von PVT-Strom deutlich steigern können, was einen wichtigen Beitrag zur Netzlastverschiebung leistet. Darüber hinaus liefert das Tool Informationen zur thermisch-elektrischen Synergie in Systemen mit PVT-Kollektoren und Erdwärmesonden. Durch die Nutzung von Solarwärme zur Regeneration der Erdsonden kann die Jahresarbeitszahl (JAZ) des Systems erhöht werden. Dies verbessert die Gesamteffizienz und reduziert den Bedarf an elektrischer Energie aus dem Netz. Solche Effizienzsteigerungen werden vom Tool automatisch berechnet und in die Gesamtbewertung einbezogen.

Ein weiterer Aspekt des Tools ist die integrierte wirtschaftliche Bewertung gemäß VDI 2067. Es ermöglicht die Analyse von Investitions-, Betriebs- und Energiekosten sowie CO₂-kosten. Durch Variation von Parametern wie Stromtarif können verschiedene Zukunftsszenarien simuliert werden. Dies trägt zur Beurteilung der langfristigen Wirtschaftlichkeit und Förderfähigkeit

von PVT-Systemen bei, was ein weiterer Aspekt der Systemdienlichkeit aus ökonomischer Sicht ist.

Schließlich ermöglicht das Tool einen strukturierten Vergleich verschiedener Versorgungskonzepte. So können PVT-Systeme direkt mit unterschiedlichen Wärmepumpenlösungen (z. B. PV + Luftwärmepumpe) verglichen und ihre Systemdienlichkeit bewertet werden. Insgesamt bietet das Tool heatpumpsystems.isfh.de eine wertvolle Unterstützung bei der Analyse der Systemdienlichkeit von PVT-Gebäudeenergiesystemen

4.5 Design-Tool

PVT-Kollektoren sind eine aufstrebende Technologie, die zunehmend als Wärmequelle für Wärmepumpensysteme in Wohngebäuden eingesetzt wird. Es fehlt jedoch noch eine geeignete Methode zur Dimensionierung der PVT-Kollektoren für diese Anwendung. Deshalb wurde im Projekt eine Auslegungsmethodik, die aus einer Kombination der VDI 4645 und dem Prüfverfahren für PVT-Kollektoren nach ISO 9806 besteht, in ein webbasiertes Tool integriert, das Planer (oder Hauseigentümer) bei der Vorplanung eines Wärmepumpensystems in Ein- und Mehrfamilienhäusern unterstützen soll. Das Tool berücksichtigt auch bivalente Anlagen mit zusätzlichen Wärmeerzeugern (z. B. Gaskessel und Heizstab) und entsprechende Betriebsarten der Wärmepumpe, d. h. monovalent oder bivalent. Die bestehende deutsche Richtlinie VDI 4645 (2016) bietet einen Rahmen für die Planung und Dimensionierung von Luft-Wärmepumpen auf der Grundlage des Bedarfs für Raumheizung und Warmwasserbereitung im Auslegungspunkt und wird als Basis für die neue Methodik verwendet.

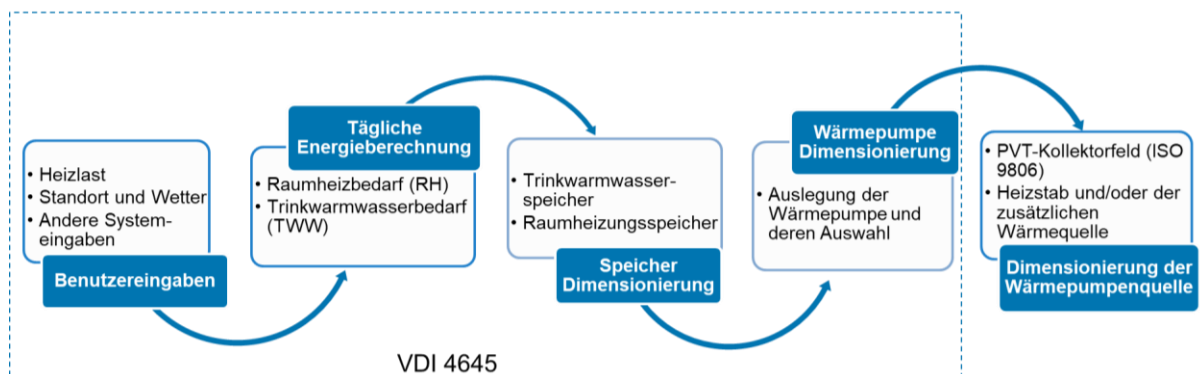


Abbildung 27: Methodik für die Dimensionierung des PVT-Wärmepumpensystems

Abbildung 27 illustriert die Struktur der Methodik, die im Tool implementiert ist. Zu den Benutzereingaben in das Tool gehören die Informationen über das Gebäude, wie z. B. die Heizlast, die Anzahl der Bewohner und die Anzahl der Wohnungen bei Mehrfamilienhäusern. Weitere Informationen über den Standort und die Auslegungswetterbedingungen, d. h. die Normaußentemperatur, die Einstrahlung, die Windgeschwindigkeit und die Heizgrenztemperatur müssen ebenfalls angegeben werden. Die gewünschten Betriebsmodi (monovalent oder bivalent), die Heizmethode (Heizkörper/Fußbodenheizung), die vom Energieversorger vorgegebenen Sperrzeiten und das Temperaturniveaus der Trinkwarmwasser- und Raumheizungsspeicher sind ebenfalls Eingaben in das Tool. Die oben genannten Eingaben werden mit Hilfe der in VDI 4645 angegebenen mathematischen Modelle und Verfahren verarbeitet, um die Speicher für die Raumheizung und die Warmwasserbereitung zu dimensionieren. Anschließend ermittelt das Tool die Leistung der Wärmepumpe, die unter Berücksichtigung der Betriebsmodi und Sperrzeiten ausreichend groß ausgewählt wird, um den Wärmebedarf zu decken. Sobald die

Wärmepumpe dimensioniert und ausgewählt ist, müssen die Informationen über die Wärmepumpe und ihre Eigenschaften unter den Auslegungsbedingungen vom Benutzer angegeben werden. Die Wetterbedingungen am Auslegungspunkt sind dabei notwendig, um die Wärmeleistung (in kW) pro m² PVT-Kollektoren auf der Grundlage des mathematischen Modells der Norm ISO 9806 und der thermischen Leistungsparameter der gewählten PVT-Kollektoren zu berechnen. Im Zusammenhang mit bivalenten Systemen wird die Größe einer Zusatzheizung auf Basis des Wärmebedarfs berechnet, den die Wärmepumpe am Auslegungspunkt nicht deckt. Diese Auslegungsmethode wurde durch die TRNSYS-Simulationen validiert. Eine detaillierte Beschreibung der Methode und der Dimensionierung eines PVT-Wärmepumpensystems für ein Standardgebäude SFH100 unter Verwendung dieser Methode wurde im Rahmen einer Fachkonferenz veröffentlicht.⁸

Abbildung 27 zeigt den Screenshot der aktuellen Version des Tools. Auf der linken Seite unter Auslegungsparameter der Wärmepumpe und PVT-Kollektoren sind die Benutzereingaben zu den Gebäuden und dem System einzugeben. Die daraus resultierenden Dimensionen der Systemkomponenten werden auf der rechten Seite den Tabs „WP-Design“ und „System Design“ angezeigt, wie in der Abbildung 29 und Abbildung dargestellt.

⁸ Eine Vollversion, der im Nachfolgenden zusammengefassten Ergebnisse, findet sich auch: Timilsina, K., et al. (2024). *Dimensioning method for PVT collectors as heat source of heat pumps for residential buildings*. Proceedings of the 3rd International Sustainable Energy Conference (ISEC 2024). <https://doi.org/10.52825/isec.v1i.1141>.

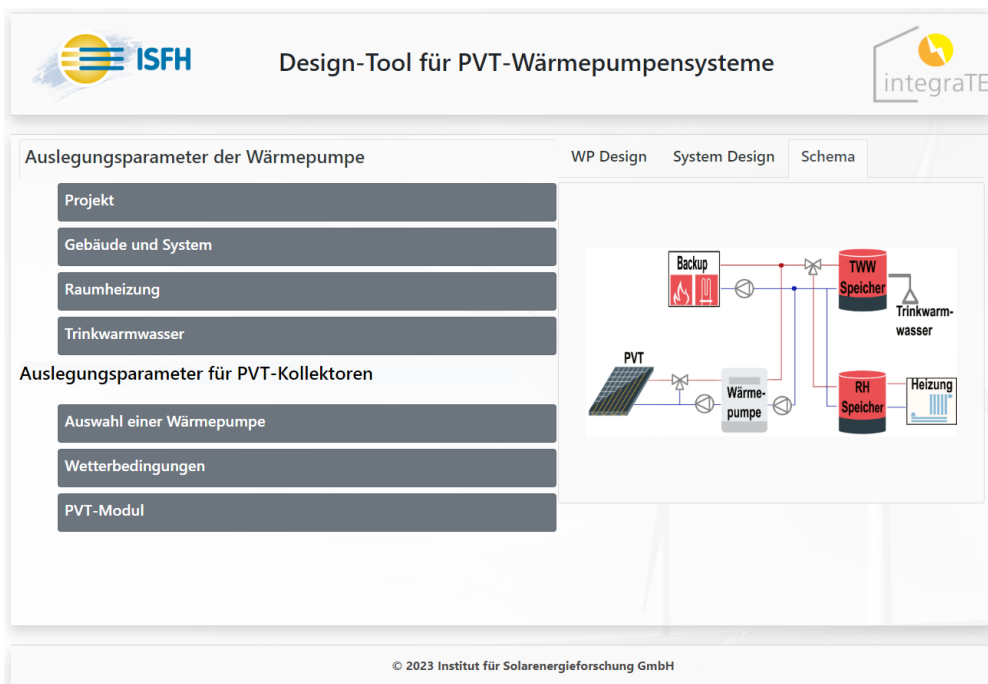


Abbildung 28: Screenshot des Tools mit dem Schema des Systems, das mit dem Tool dimensioniert wird

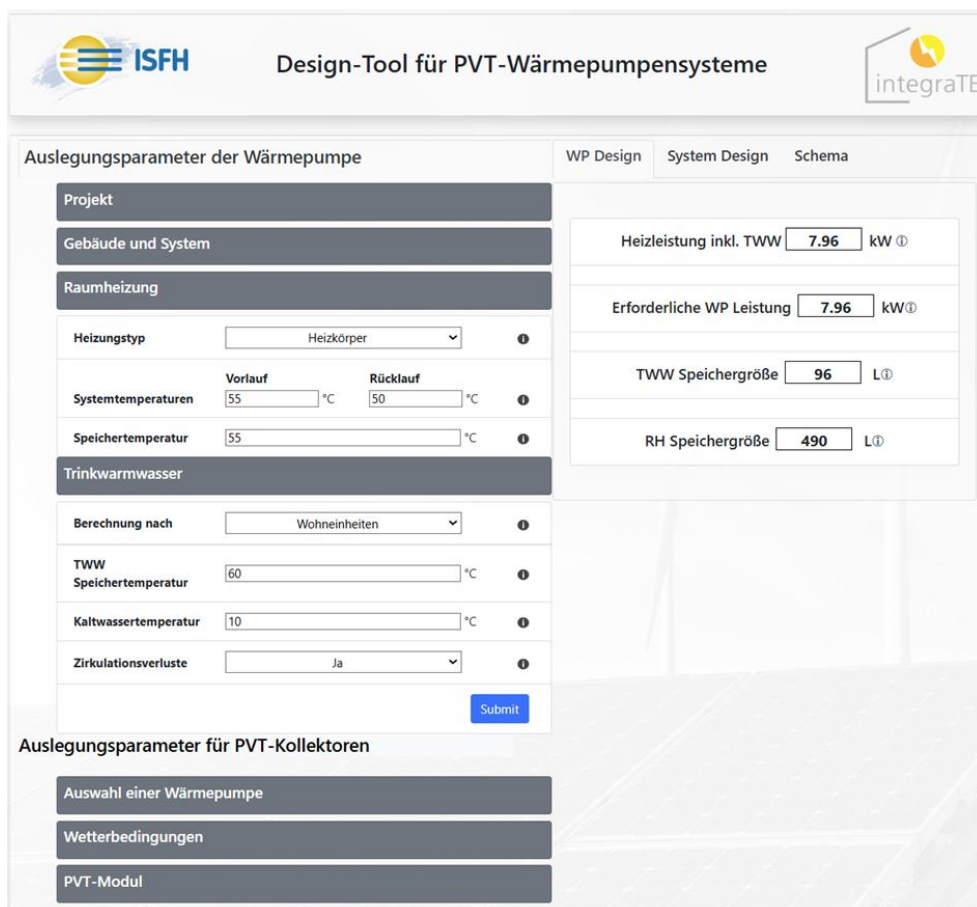


Abbildung 29: Dimensionierung von Wärmepumpe für das Gebäude SFH100 mit einer Heizlast von 7,6 kW und einem Warmwasserbedarf von 5,8 kWh/Tag.

Design-Tool für PVT-Wärmepumpensysteme

Auslegungsparameter der Wärmepumpe

Projekt
Gebäude und System
Raumheizung
Trinkwarmwasser

Auslegungsparameter für PVT-Kollektoren

Auswahl einer Wärmepumpe

Betriebsmodus: Bivalent-Parallel

Außentemperatur am Bivalenzpunkt: 0 °C

Gewählte WP: Wärmepumpe 1

Minimale Verdampfer-Eintrittstemperatur: -15 °C

B: -15 W: 60 COP: 2.19 Nennleistung: 7.7 kW

B: -5 W: 60 COP: 2.64 Nennleistung: 8.8 kW

Wetterbedingungen

Globalstrahlung: 0 W/m²

Windgeschwindigkeit: 1.3 m/s

Himmelszustand: klarer Himmel

PVT-Modul

Hersteller: Consolar

Ergebnisse:

Heizlast am Auslegungspunkt: 4.905 kW

Leistung der WP: 8.800 kW

PVT-Kollektor Leistung: 0.156 kW/m²

Erforderliche PVT Fläche: 40.43 m²

Thermische Leistung von PVT: 6.287 kW

Erforderliche Heizstab: 0.263 kW

Calculate

Abbildung 30: Dimensionierung der PVT-Kollektoren für die ausgewählte Wärmepumpe für das Gebäude SFH100

4.6 Bewertungsmethodik für DIN V 18599

Die DIN V 18599: „Energetische Bewertung von Gebäuden“ ist eine Vornormenreihe, die Verfahren zur Bewertung der Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden zur Verfügung stellt. Bislang werden in der DIN V 18599 für Wärmepumpen nur die Wärmequellen Abluft, Außenluft, Erdreich und Grundwasser berücksichtigt. Sole-Wasser-Wärmepumpen können aber auch über PVT-Kollektoren mit Wärme versorgt werden. Dieser Aspekt findet in der DIN V 18599 bislang keine Berücksichtigung, was jedoch zu Markthemmnissen für dieses System führen kann. Diese Sachlage hat auch zur Konsequenz, dass die von den Energieberatern verwendete Software sich nicht bzw. nur mit Einschränkungen auf Anlagen mit PVT-Kollektoren und Wärmepumpen anwenden lässt.

Um dieses Markthemmnis für PVT-Kollektoren zu beseitigen, wurde im Rahmen des Projekts IntegraTE eine Bewertungsmethodik für Wärmepumpen mit PVT-Kollektoren als Wärmequelle für die Aufnahme in die DIN V 18599-5 und DIN V 18599-8 entwickelt, welche neben der Umgebungstemperatur auch den solarthermischen Beitrag der PVT-Kollektoren als Wärmequelle berücksichtigt. Der im Projekt entwickelte Ansatz soll in die nächste Überarbeitung der DIN V 18599 einfließen.

In den Teilen fünf „Endenergiebedarf von Heizsystemen“ und acht „Nutz- und Endenergiebedarf von Warmwasserbereitungssystemen“ der Vornorm werden Anlagenkonzepte zur Heizwärme und Warmwasserbereitung bewertet (siehe Abbildung 31).

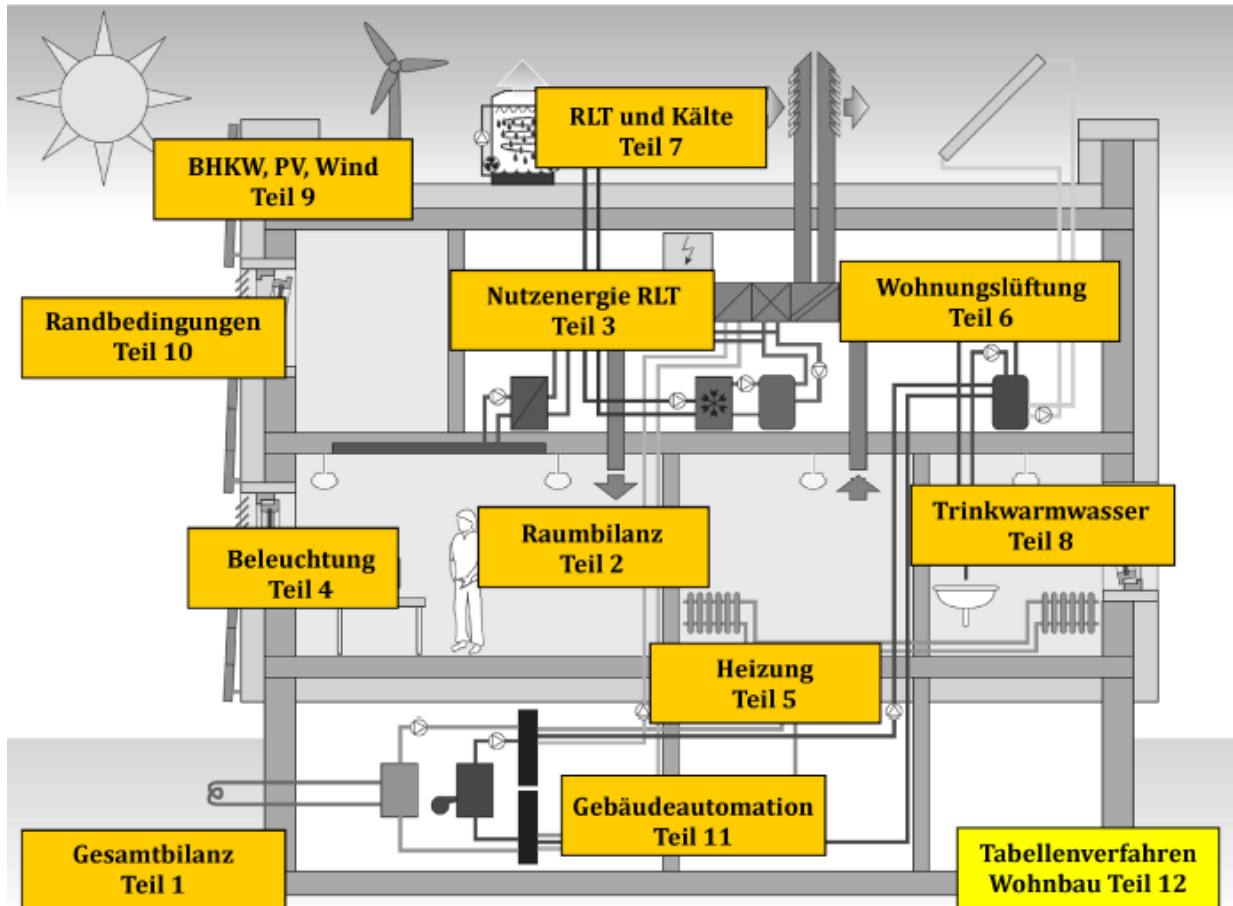


Abbildung 31: Überblick über die DIN V 18599

Die DIN V 18599 stellt die Grundlage für die meisten gängigen Energieberatungs- oder Berechnungstools dar und aufgrund der Tatsache, dass diese kontinuierlich an die Änderungen dieser Vornorm angepasst werden, kann eine neue Berechnungsmethodik auf diese Weise rasch nutzbar gemacht bzw. in Fachkreisen schnell verbreitet werden.

Die aktuelle Vorgehensweise der DIN V 18599-5 und DIN V 18599-8 zur Bewertung von Wärmepumpensystemen erfolgt in 9 Schritten:

1. Bewertung der Quelltemperatur
2. Minderung der Erzeugernutzwärmeabgabe der WP durch Betriebsweise; (nur DIN V 18599-5)
3. Zuordnung Erzeugernutzwärmeabgabe zu Temperaturklassen (nur DIN V 18599-5)
4. Korrektur der Prüfpunkte
5. Berücksichtigung Teillastverhalten (nur DIN V 18599-5) und Laufzeiten
6. Berechnung der tatsächlichen Erzeugernutzwärmeabgabe, Hilfsenergie und Gesamtenergieaufnahme
7. Berechnung der Erzeugernutzwärmeabgabe des 2. Wärmereizers
8. Bestimmung des regenerativen Energieertrages
9. Ermittlung der Arbeitszahl

Die Schritte 2. -9. sind hierbei für alle Wärmepumpen unabhängig von der Wärmequelle durchzuführen.

Um eine hohe Akzeptanz des Verfahrens zu gewährleisten, wurde bei der Entwicklung der Bewertungsmethodik auf das bereits in der DIN V 18599-5, Abschnitt 6.5.2 implementierte Verfahren zur Bewertung von Solarthermieanlagen zurückgegriffen, um die Quellentemperatur, im Fall der PVT-Luft-Sole-Kollektoren die Kollektoraustrittstemperatur, zu bestimmen. Zur Bestimmung der Luft-Sole-Kollektoraustrittstemperatur wurde ein Luft-Sole-Kollektor-PVT-Referenzsystem in TRNSYS abgebildet und für unterschiedliche Ausrichtungen des Kollektorfeldes simuliert. Aus diesen Simulationsergebnissen lassen sich mit den Kollektorkennwerten die mittleren Kollektortemperaturen ermitteln. Um die Luft-Sole-Austrittstemperatur zu erhalten, wird noch die Hälfte der typischen Temperaturerhöhung im Kollektor (1.5 K) zur mittleren Kollektortemperatur addiert. Aus den so erhaltenen Werten werden analog zur Außentemperatur für Luft-Wasser-Wärmepumpen Stundensummen je Temperaturklasse gebildet. Die so ermittelten Stundensummen sind in der folgenden Tabelle abgebildet:

Tabelle 6: Monatliche Stundensummen in den einzelnen Temperaturklassen der berechneten stündlichen Kollektoraustrittstemperatur

Temperaturklasse	w-7	w2	w7	w20	Monatssumme
Prüfpunkt	-7	2	7	20	
BIN-Temperaturgrenzen, °C	-15 bis -3	-2 bis 4	5 bis 15a	15a bis 40	
Monat	Monatliche Stundensumme in h				
Januar	369.0	313.0	62.0	0.0	744
Februar	278.0	270.0	124.0	0.0	672
März	109.0	414.0	216.5	4.5	744
April	23.0	169.0	441.5	86.5	720
Mai	0.0	21.0	371.5	351.5	744
Juni	0.0	7.0	254.5	458.5	720
Juli	0.0	0.0	194.0	550.0	744
August	0.0	0.0	170.5	573.5	744
September	0.0	6.0	412.0	302.0	720
Oktober	7.0	179.0	478.0	80.0	744
November	151.0	401.0	168.0	0.0	720
Dezember	351.0	334.0	59.0	0.0	744
Jahr	1288.0	2114.0	2951.5	2406.5	8760

Diese Tabelle kann nun für den Schritt 1 "Bewertung der Quellentemperatur" herangezogen werden.

Die entwickelte Methodik berücksichtigt also neben der Umgebungstemperatur auch den solarthermischen Beitrag der PVT-Kollektoren als Wärmequelle. Sie definiert somit die Luft-Sole-Kollektoraustrittstemperatur neben den bereits definierten Wärmequellen (Außenluft, Abluft Erdreich und Grundwasser) als fünfte Wärmequelle für Wärmepumpen. Die Bewertungsmethode greift dabei auf bereits in der DIN V 18599 etablierten Verfahren zur Ermittlung des solarthermischen Ertrags von Sonnenkollektoren zurück. Die Berechnung der Wärmepumpe bleibt mit Ausnahme der Nutzung der Luft-Sole-Kollektoraustrittstemperatur als Quellentemperatur unverändert. Abbildung 32 zeigt nun den schematischen Ablauf zur Berechnung von Wärmepumpensystemen mit Luft-Sole-Kollektoren (PVT-Luft-Sole-Kollektoren und solarthermischen Luft-Sole-Kollektoren) für die DIN V 18599.

Vorgehen zur Berechnung von Wärmepumpensystemen mit Luft-Sole-Kollektor

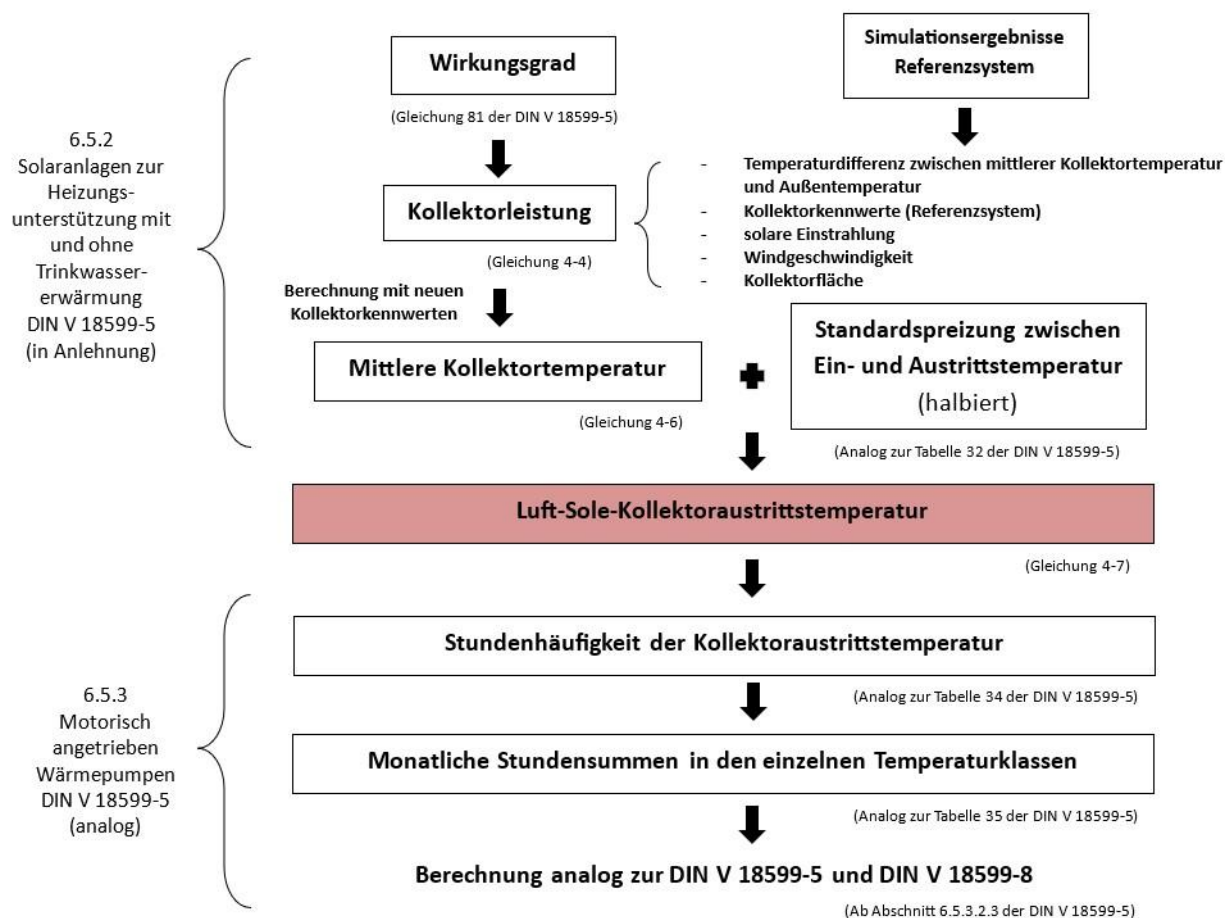


Abbildung 32: Schematischer Ablauf für die DIN V 18599

Hierfür wurde die Luft-Sole-Kollektoraustrittstemperatur als Quelltemperatur ermittelt und analog zur Außentemperatur in Stundensummen je Temperaturklasse zusammengefasst. Die Methodik konnte mit den Herstellern im Konsortium vor dem Hintergrund Ihrer Praxistauglichkeit überprüft werden, wodurch die Grundlage zur energetischen Bewertung des bisher nicht berücksichtigten Anlagentyps erschaffen werden konnte.

Die entwickelte Berechnungsmethodik zur Berechnung von Luft-Sole-Kollektoren als Wärmequelle für Wärmepumpen bildet nun die Grundlage für die energetische Bewertung dieses Anlagentyps, der bisher nicht berücksichtigt wurde. Der Vorteil dieser Methodik besteht darin, dass die Daten so bereitgestellt werden, dass die Berechnung der Wärmepumpe wie bei der Wärmequelle Außenluft durchgeführt werden kann. Somit sind keine signifikanten Änderungen an der Berechnungsmethodik der Wärmepumpe notwendig. Es bedarf lediglich der Ergänzung einer neuen Quelle. Es ist jedoch erforderlich, die Berechnungsmethodik zur Berechnung der Luft-Sole-Kollektortemperatur in die Vornorm aufzunehmen. Diese Thematik könnte problemlos im Kapitel Solaranlagen behandelt werden.

Die entwickelte Bewertungsmethodik für die DIN V 18599 sollte im Anschluss in den Gemeinschaftsarbeitsausschuss NA 005-12-01 GA (Normungskreis DIN V 18599) eingebracht werden. Aufgrund der Tatsache, dass es sich um ein DIN-Gemeinschaftsarbeitsausschuss handelt, in welchem es DIN-interne Vorgaben gibt, stellte sich eine offizielle Teilnahme/Mitarbeit als schwierig heraus. Es ist von seitens des DIN nicht gelungen, uns eine Teilnahme zu ermöglichen. Daher wird angestrebt, dass IGTE-Vertreter als Gast an den Sitzungen des DIN teilnehmen.

Ebenso sollte die entwickelte Bewertungsmethodik in den entsprechenden Normungsgremien (wie z. B. NA 041-01-56 AA „Solaranlagen“) eingebracht werden. Die Mitarbeit in dem NA 041-01-56 AA „Solaranlagen“ ist erfolgt und es wurde in den jährlichen Treffen bzgl. des Vorhabens „Implementierung Erarbeitung einer Bewertungsmethodik für Wärmepumpen mit PVT-Kollektoren als Wärmequelle für die Aufnahme in die DIN V 18599-5 berichtet. Das vorgestellte und entwickelte Verfahren stößt auf grundsätzliche Zustimmung der Teilnehmenden.

5 Marketing und Wissenstransfer

Im Hinblick auf das Ziel, eine erhöhte Marktdurchdringung von PVT- und Wärmepumpensystemen im Gebäudesektor zu erreichen, war es eine weitere wesentliche Aufgabe, die definierten und erhobenen Kenndaten durch zielgruppenspezifisch konzipierte Marketingmaßnahmen zu verbreiten. Hinsichtlich der relevanten Zielgruppen wurden anfangs zwei übergeordnete Cluster unterschieden: Die Zielgruppe „Zulieferkette, Planer und Handwerker“ (vgl. AP 4: Marketing für Hersteller und Implementierer) und die Zielgruppe „Endkunden“ (AP 5: Marketing für Endkunden). Da es in beiden Arbeitspaketen grundsätzlich um dieselben Vorgehensweisen, nämlich um die Konzeption und Umsetzung von Marketingmaßnahmen für PVT- und Wärmepumpenanlagen im Gebäudesektor ging und die Zielgruppen zwar unterschiedlich, die Konzeption und Vorbereitung der Maßnahmen aber oft identisch waren bzw. Synergien genutzt werden konnten und darüber hinaus bestimmte Marketingmaßnahmen zielgruppenübergreifend angelegt worden sind, wurden die Arbeitspakete gemeinsam bearbeitet.

Ziel der Marketing-Aktivitäten war zum einen die Kommunikation der Vorteile der PVT-Technologie und ihrer erfolgreichen Anwendungsbereiche in Deutschland gegenüber den Akteuren der Lieferkette für Heizungssysteme sowie gegenüber privaten, gewerblichen und öffentlichen Endkunden und zum anderen die Erhöhung der Marktdurchdringung bzw. die Steigerung des Bekanntheitsgrades und der Nachfrage nach PVT-Wärmepumpensystemen. Im Folgenden werden das Marketingkonzept, darauf aufbauend die Erstellung der Marketingmaterialien und schließlich die Umsetzung der Marketingmaßnahmen dargestellt.

5.1 Marketingkonzept

Für die Erstellung des Marketingkonzeptes wurden zunächst die vorab definierten Zielgruppen (siehe Abbildung 33) genauer betrachtet.

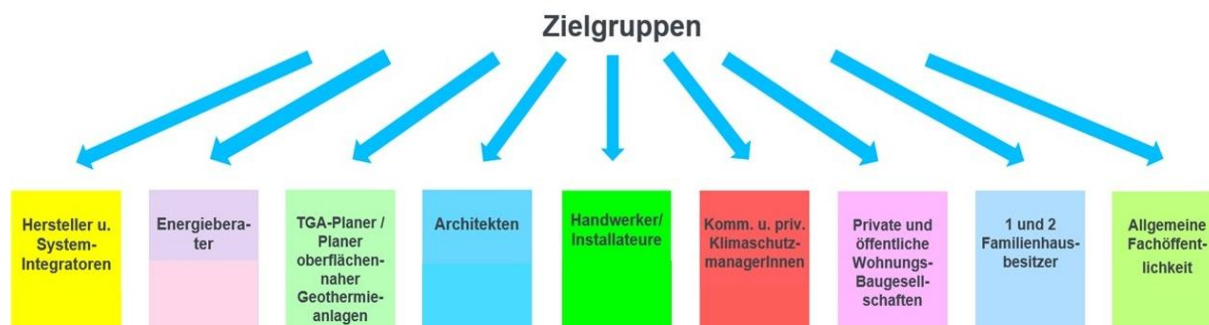


Abbildung 33: Definierte Zielgruppen für die Marketingmaßnahmen

Die Zielgruppen, an die sich die Marketingmaßnahmen richten sollten, wurden charakterisiert und deren Entscheidungskriterien und Interessen analysiert, um darauf aufbauend die betreffenden Marketingmaßnahmen ableiten zu können.

Im Anschluss wurde in Form einer Wirkungsmatrix der Bezug der Marketing-Aktivitäten auf die jeweiligen Zielgruppen dargestellt, und festgelegt mit welchen Marketingmaßnahmen welche Zielgruppen am besten erreicht werden können.

Die Umsetzung aller in der Wirkungsmatrix enthaltenen Maßnahmen wurde daraufhin in einem detaillierten Kommunikations- bzw. Aktivitäten-Plan ausgearbeitet, welcher die Aktivitäten in verschiedene thematisch zusammenhängende Bereiche untergliedert. Für die Bereiche wurden jeweils Kontroll-Indikatoren (Anzahl der Artikeln, Webinaren, Vorträgen etc.) festgelegt.

5.2 Erstellung Marketingmaterialien

5.2.1 Festlegung der Design Guidelines

Ein zentrales Element der Marketingaktivitäten war die inhaltliche und graphische Aufbereitung von sogenannten Vorzeigeprojekten, also Gebäuden, die bereits mit PVT-Wärmepumpensystemen ausgestattet waren und für die bereits verfügbare Daten wie Betriebsergebnisse und Kosten vorlagen. Bei der Auswahl dieser Gebäude wurde darauf geachtet, eine möglichst große Bandbreite der Gebäudetypen abzudecken: Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser, Wohn- und Geschäftsgebäude, öffentliche Gebäude (soziale Einrichtungen) sowie Neubauten und Bestandsgebäude.

Um die technischen Informationen aufzubereiten und daraus Informationsmaterialien zu erstellen, war es zunächst notwendig, eine visuelle Grundlage dafür zu schaffen, d. h. Richtlinien dafür zu erstellen: die Design Guidelines (Gestaltungsrichtlinien). Diese hatten das Ziel, eine optische Einheitlichkeit zu erreichen. Hierin enthalten war die Erstellung des zugehörigen Farbschemas passend zum Projektlogo. Dafür wurden in Zusammenarbeit mit einer Grafikerin unterschiedliche Layout-Vorschläge erarbeitet, die sich in Farbtönen, Schriftarten und Einbindung der Fotos etc. unterschieden und stilmäßig von einem modernen Stil, über einem verspielten bis zum klassischen "Look" variierten.

Drei dieser Layout-Vorschläge wurden dem Konsortium vorgestellt und nach erfolgter Abstimmung hatte die Variante „Grundfarbe grau“, die die moderne Stilrichtung widerspiegelt, die meisten Stimmen (siehe Ausschnitt in Abbildung 34).

ÜBERSCHRIFT BLINDTEXT

Unterüberschrift mit Text

Hier könnte ein erster Satz stehen. Et alibus ea cum sae posa pro everrum volest alitassit etum lit ex eum sant poratistrum qui doloriorum etur sitemol uptiusdandis dolorepere odit, impellabo. Cum nobit, corit di cum dis mostios erature. Hier könnte ein erster Satz stehen. Et alibus ea cum sae posa pro everrum volest alitassit etum lit ex eum sant poratistrum qui doloriorum etur sitemol uptiusdandis dolorepere odit, impellabo. Cum nobit, corit di cum dis mostios erature. Hier könnte ein erster Satz stehen. Et alibus ea cum sae posa pro everrum volest alitassit etum lit ex eum sant poratistrum qui doloriorum etur sitemol uptiusdandis dolorepere odit, impellabo. Cum nobit, corit di cum dis mostios erature.



»Hier ist Zitattext. Chaboor. Nam ipid ut es vitioree ribus, sitase magnime niscium corrum nobis doluptaero il mintion porum.«

Marianne Blindtext

Abbildung 34: Ausschnitt aus den Design-Guidelines

Das graphische und inhaltliche Grundprinzip der Darstellung der Vorzeigeprojekte wurde mit den folgenden Stichworten charakterisiert:

Stilmittel:

- Modern und klar
- Kurze Textblöcke, viele Bilder
- Slogans, Statements sowie Infographiken als Gestaltungselemente

Elemente der Vorzeigeprojekte (graphisch unabhängige Module)

- Portrait und Statement des Nutzers oder Besitzers („Testimonial“)
- Funktionsschema Kernstück der Vorzeigeprojekte waren die einheitlichen, vereinfachten Hydraulikschema, die gleichzeitig die technischen Daten sowie Auslegungsparameter beinhalteten. (einheitliches Design, wird angepasst an das jeweilige Objekt)
- Tabelle mit wichtigen Kennzahlen
- Graphische Darstellung der Jahresarbeitszeit und der Kosten
- Attraktive Fotos des Gebäudes und der Anlagentechnik

5.2.2 Definition zentraler Begriffe

Ebenso wie ein einheitliches Farb- und Designkonzept ist die Verwendung einheitlicher Begriffe im Marketing- und Kommunikationskonzept wichtig, insbesondere vor dem Hintergrund eines großen Projektkonsortiums. Ein Beispiel hierfür ist der zu verwendende Begriff für ein System aus PVT-Kollektoren zusammen mit einer Wärmepumpe. Hier gab es u.a. folgende Möglichkeiten:

- PVT-Wärmepumpensystem
- PVT-Wärmepumpenheizung
- Hybrid-Solarsystem
- Wärmepumpenheizung mit der Sonne

- Sonnenheizung

Nach Befragung der Beteiligten sprach sich die Mehrheit der Befragten für die Bezeichnung „PVT-Wärmepumpensystem“ aus.

Bezüglich der Priorisierung von Indikatoren bzw. KPIs, welche bei den Marketingaktivitäten eine wichtige Rolle spielen, wurde folgende Faustformel als am wichtigsten erachtet: „Faktor x mehr Energie von der gleichen Dachfläche verglichen mit PV“ und gleichwertig direkt dahinter folgten „Energiekosten pro kWh_{th}“ und „CO₂-Einsparung gegenüber Sollwert ENEV“, siehe folgende Abbildung 35:

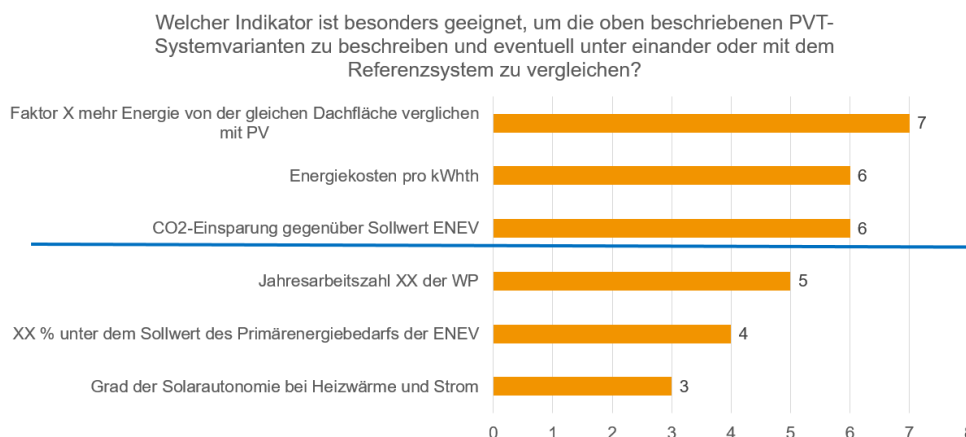


Abbildung 35: Wahl der Indikatoren

Ganz eindeutig wurde die Auswahl der Systemvarianten für die Kommunikationsaktivitäten beurteilt. Hier lag die Variante „PVT + Sole-WP + Pufferspeicher + Frischwasserstation (T als Wärmequelle für die WP)“ vorne (siehe Abbildung 36). Die Varianten mit zusätzlicher Erdsonde, Erdregister und Eisspeicher belegen in der Beliebtheitskala die nachfolgenden Plätze. Dahingegen wird sowohl das System mit Luftabsorber, als auch das System mit Erdregister und Eisspeicher als nicht sehr aussichtsreiche Variante eingeschätzt.

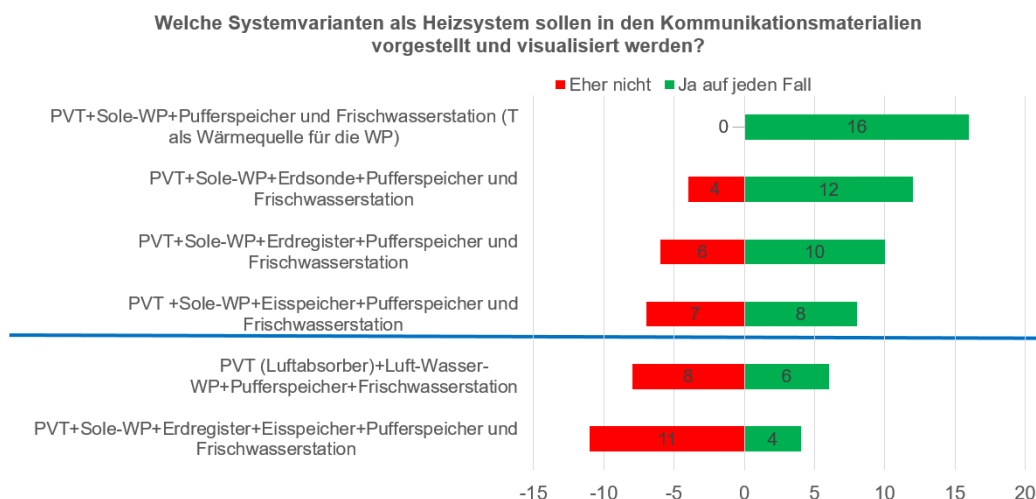


Abbildung 36: Bewertung Systemvarianten

5.2.3 Erstellung von Infografiken

Infografiken dienen der anschaulichen Vermittlung von Informationen in ästhetisch ansprechender Form. Zunächst wurden im Projekt IntegraTE Infografiken zur Beschreibung der technischen Funktionsweise von PVT-Wärmepumpensystemen, der Darstellung der Vorteile bzw. „guten Gründe“, und zur Veranschaulichung leistungsspezifischer und ökologischer Aussagen erstellt. Exemplarisch hierfür ist bspw. die Grafik „PVT-Kollektor“ in Abbildung 37.

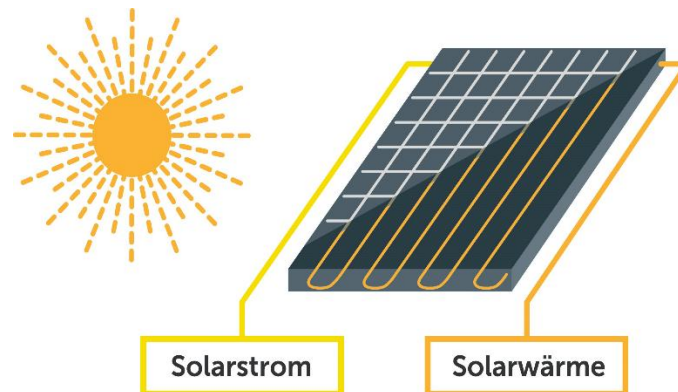


Abbildung 37: PVT-Kollektor

Ein weiterer wichtiger Aspekt der Marketingaktivitäten war die Visualisierung der Funktionsweise von PVT-Wärmepumpensystemen und deren Vorteile. Hierfür konnten Argumente zusammengestellt und Kategorien zugeordnet und ebenfalls dem Konsortium mit der Bitte um Priorisierung präsentiert werden. In der Kategorie „Ökonomische Vorteile“ priorisierte die Mehrheit der Befragten das Argument: „Kostengünstige Quelle für Sole-WP ohne behördliche Genehmigungen auch in Wasserschutzgebieten und dort einsetzbar, wo erhöhte Schallanforderungen greifen“. Bei den ökologischen Vorteilen wurde das Argument: „Größere CO₂-Einsparung als...“ als am wichtigsten angesehen. Das Argument „PVT-Kollektoren mit Sole-Wärmepumpe sind geräuschlos, anders als eine Luft-Wärmepumpe“ bekam den Vorzug bei den technischen Vorteilen.

Die folgenden drei Standardgraphiken wurden in verschiedenen Fachartikeln und Online-Veröffentlichungen sowie Präsentationen verwendet sowie im PVT-Infolyer eingesetzt.

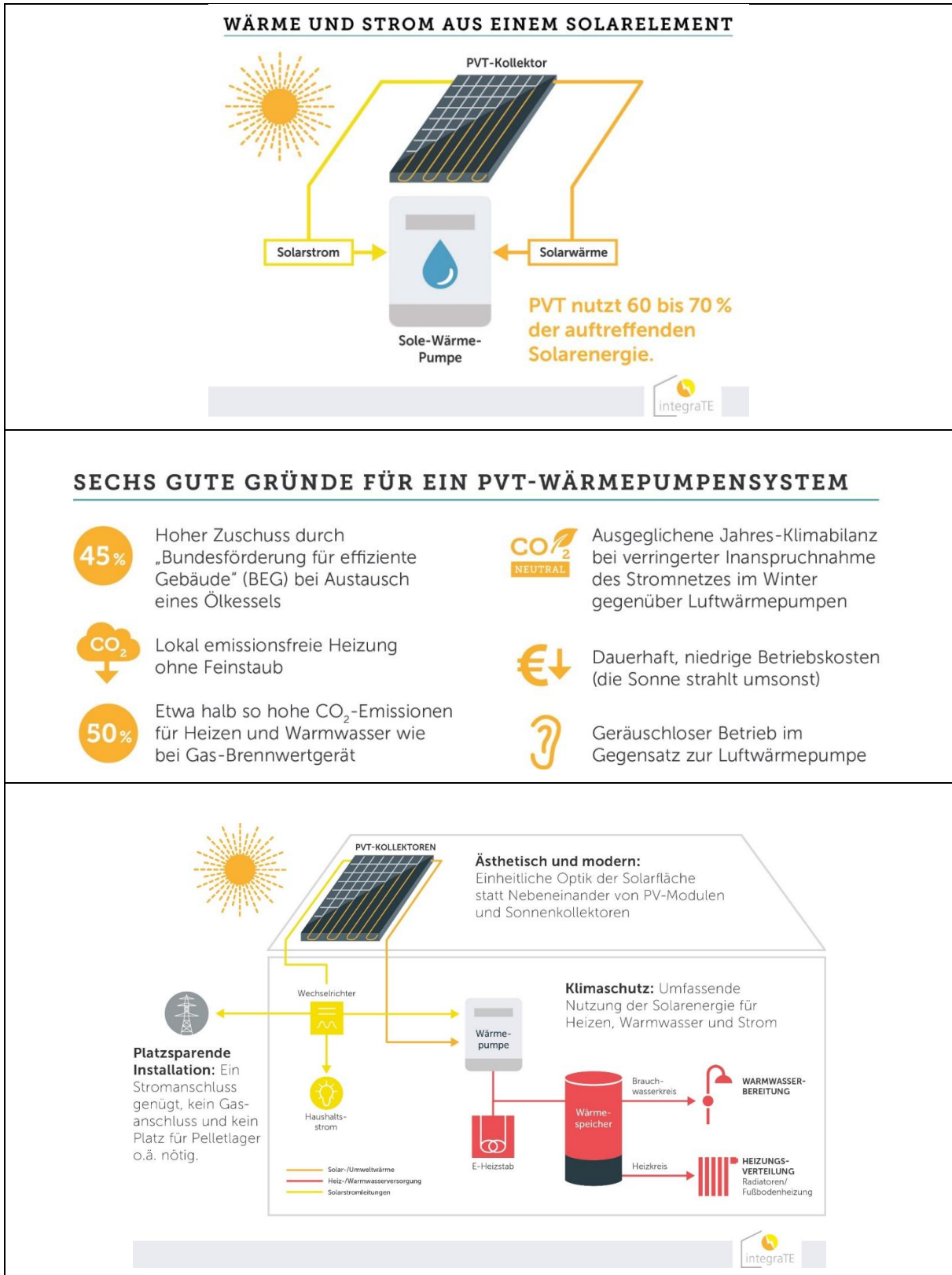


Abbildung 38: Standardgrafiken für die Marketingaktivitäten

In der Grafik „Klimaschutz durch PVT-Wärmepumpen-Systeme“ (siehe Abbildung 39) geht es um die Visualisierung des Klimaschutzpotentials von PVT-Wärmepumpensystemen. Es wurden hierbei folgende Ziele verfolgt:

- Übersichtliche und eingängige Darstellung, die auch ohne mündliche Beschreibung verständlich sind (z.B. für die Verwendung im Flyer oder auf Bannern)
- Überschrift mit Unterzeilen, die den Gebäudetyp beschreiben
- Darstellung der Heizungstechnik mit Icons
- Illustration der CO₂-Einsparungen mit Pfeilen in Prozenten gegenüber den Referenzsystemen
- Erstellung einer Legende, in der die wichtigsten Voraussetzungen für die Simulation Erwähnung finden

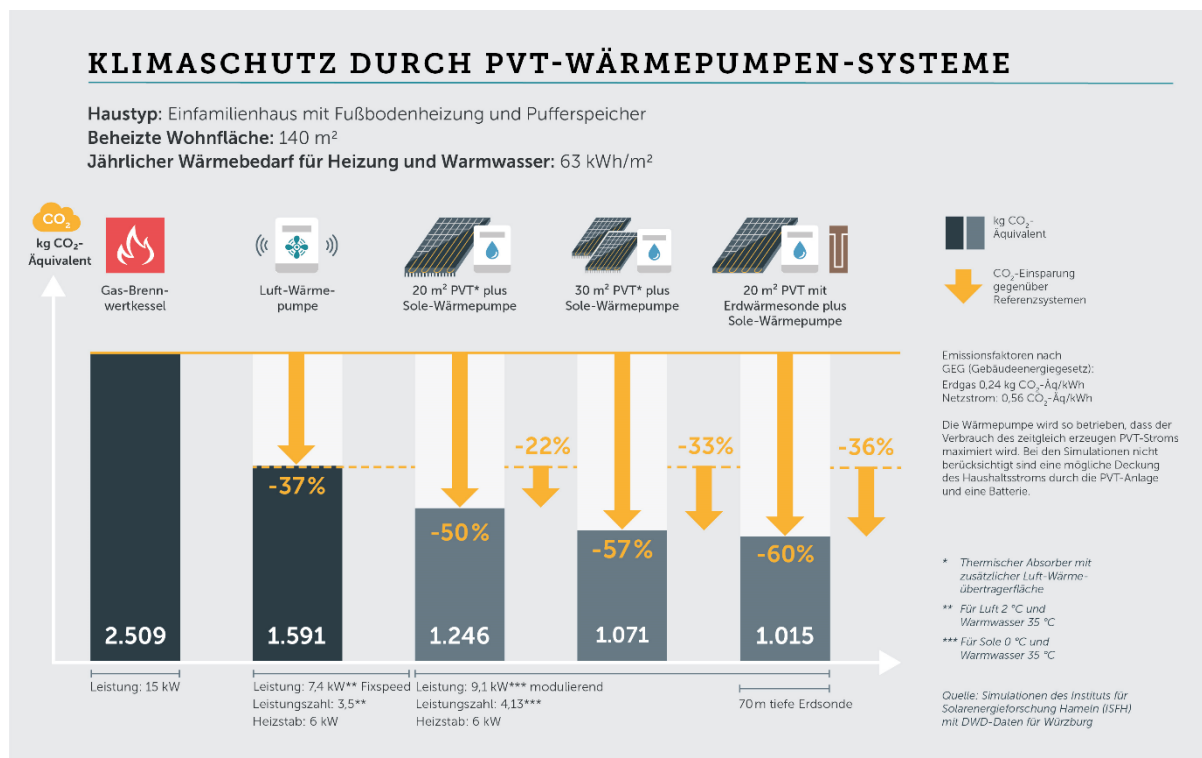


Abbildung 39: 1. Variante „Klimaschutz durch PVT-Wärmepumpen-Systeme“

Die Infografiken wurden im Projektverlauf auch weiterentwickelt. So wurde die oben gezeigte Infografik „Klimaschutz durch PVT-Wärmepumpen-Systeme“ erweitert auf ein Einfamilienhaus-Bestandsgebäude und die Anzahl der Referenzsysteme wurden von zwei auf sechs erhöht (siehe Abbildung 40).

HEIZUNGSVARIANTEN IM VERGLEICH FÜR EIN EINFAMILIENHAUS IM BESTAND
 Haustyp: Bestands-Einfamilienhaus mit Radiatorheizung und Pufferspeicher
 Beheizte Wohnfläche: 140 m²
 Jährlicher Wärmebedarf für Heizung und Warmwasser: 123 kWh/m²

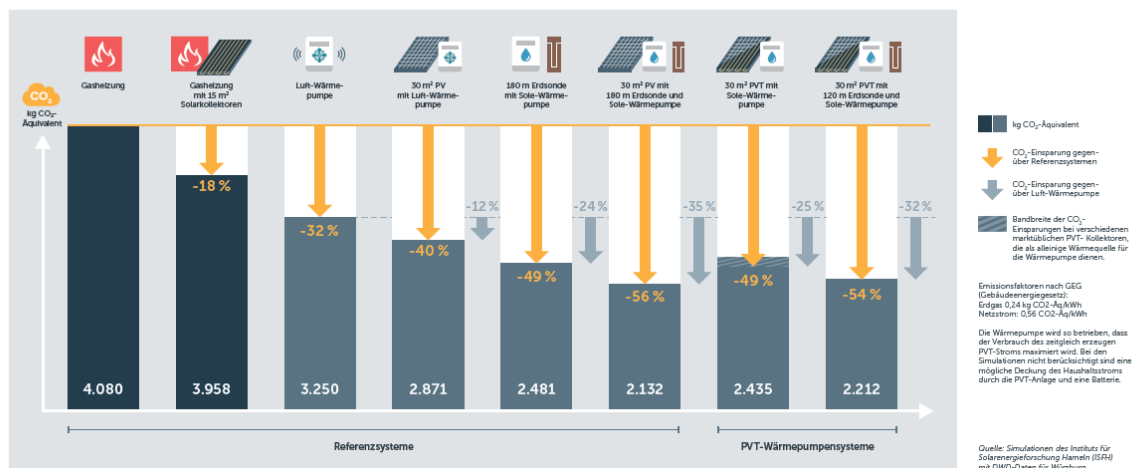


Abbildung 40: Erweiterte Variante der Infographik “CO₂-Emissionseinsparungen”

Im Rahmen des Projekts konnten zahlreiche weitere Infografiken erstellt werden. Sie dienten zum einen als Basis für den anschließend erstellten Projektinfolyer und für die Darstellung der Vorzeigeprojekte bzw. Case Studies, und zum anderen waren sie Grundlage für weitere zu erstellenden Materialien wie bspw. Poster für Messeauftritte und Informations-Videos. Die nachstehend aufgeführten Beispiele geben einen Überblick über die erstellten Infografiken (Abbildung 41).



Abbildung 41: Auszug von im Projekt IntegraTE erstellten Infografiken

5.2.4 Erstellung von Postern

Poster wurden insbesondere für die Messeauftritte konzipiert (siehe Kapitel 5.3.5 Veranstaltungen, Webinare und Messen), aber auch auf Vortragsveranstaltungen kamen Poster zum Einsatz: Exemplarisch für die Erstellung von Postern können bspw. die Beiträge:

- In-Situ-Monitoring eines Wärmepumpensystems mit PVT-Kollektoren und Erdwärmesonden für Heizung und Kühlung;

- Technologiemarketing von PVT-Gebäudeenergieversorgungssystemen im Projekt „IntegraTE“

auf dem 33. Symposium Solarthemie und innovative Wärmesysteme (09. - 11. Mai 2023) in Bad Staffelstein genannt werden (siehe Abbildung 42).

The image shows a collection of posters from the 'IntegraTE' project. The main poster on the left is titled 'In-Situ-Monitoring eines Wärmepumpensystems mit PVT-Kollektoren und Erdwärmequellen für Heizung und Kühlung'. It details the system's goals, description, operating modes, and performance. Other posters provide a detailed system description, compare PVT performance to conventional systems, and discuss the potential for optimization. A central poster titled 'Erfolgreiches Technologiemarketing am Beispiel des Projekts „IntegraTE“' outlines the marketing strategy and its success. The bottom right poster is a 'Danksgiving' (thank you) note to the project partners.

Abbildung 42: IntegraTE Poster-Beiträge auf dem Solarthemie-Symposium 2023

5.2.5 Erstellung der Case Studies

Ein zentrales Element der Marketingaktivitäten war die inhaltliche und graphische Aufbereitung von Vorzeigeprojekten (auch Demonstrationsobjekte), also Gebäuden, die bereits mit PVT-Wärmepumpensystemen versorgt werden und für die Betriebsergebnisse und Kosten vorliegen. Hier wurde zum einen ein Flyer, eine sogenannte Case Study, für jedes Gebäude individuell erstellt. Zum anderen wurden einzelne Ausschnitte dieser Case Studies in andere Marketingmaterialien, wie Präsentationen und Projektinfolyer, integriert. Bei der Auswahl der Gebäude wurde darauf geachtet, eine möglichst große Bandbreite von Gebäudetypen abzudecken: Einfamilienhäuser, Mehrfamilienhäuser, Büros und soziale Einrichtungen sowie Neubauten und Bestandsgebäude.

Die folgende Übersicht zeigt sechs der ausgewählten Vorzeigeprojekte:

Ein Kernelement in diesem Zusammenhang war die Entwicklung von einem standardisierten Hydraulikschema zur Erklärung der Funktionsweise und der Betriebszustände von PVT-Systemen, welches gleichzeitig die technischen Daten sowie Auslegungsparameter beinhaltet. In Zusammenarbeit mit einer Grafikerin wurde ein Prototyp dieser Infografik in mehreren Iterationsschleifen für die Darstellung der Vorzeigeprojekte entworfen, wobei viele Icons eigens für das Projekt integraTE kreiert worden sind. Siehe hierzu folgendes Beispiel in Abbildung 45.

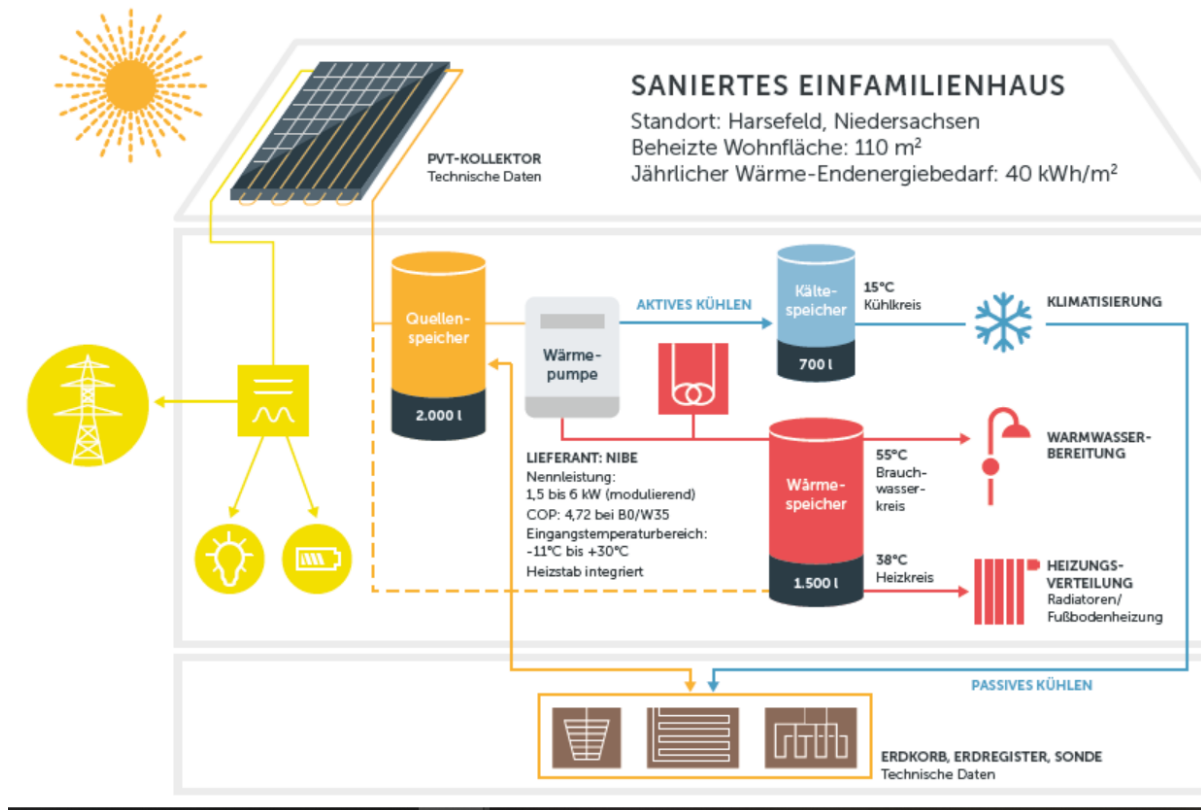


Abbildung 45: Prototyp Infografik „Hydraulikschema“

Die Vorzeigeprojekte wurden im Laufe des Projektes auf vielfältige Weise genutzt und eingesetzt bei Vorträgen und auf Messen, in Fachartikeln, Social Media oder im Projektinfolyer. Hier einige Beispiele:

- Zum Download als PDF auf der Projektwebsite: <http://pvt-energie.de/>
- Beschrieben in einem 11x veröffentlichten Fachartikel (siehe Tabelle 8)
- Übernommen in die Projektdatenbank des Bundesverbandes Wärmepumpe <https://www.waermepumpe.de/presse/referenzobjekte/bwp-datenbank/>
- Präsentiert in Vorträgen bei Verbands-Veranstaltungen (siehe Tabelle 12)
- Verwendet im PVT-Infolyer
- Benutzt für Poster zur Illustration der Messestände auf den Handwerkermessen
- Einzelne Grafische Elemente aus den Vorzeigeprojekten wurden in einer Social Media Kampagne zwischen November 2021 und April 2022 verwendet.

Die Case Studies wurden erstmals auf der Homepage des BSW Solar veröffentlicht und sind im Folgenden aufgeführt (<https://www.solarwirtschaft.de/2021/05/19/sonnenenergie-als-effiziente-waermequelle-fuer-die-waermepumpe/>):

- Einfamilienhaus-Neubau in Niedersachsen (Download)

- Bestands-Mehrfamilienhaus in Bochum (Download)
- Senientagesstätte in Bayern (Download)
- Apartment-Haus in Frankreich (Download)
- 50er-Jahre-Wohnhaus in den Niederlanden (Download)

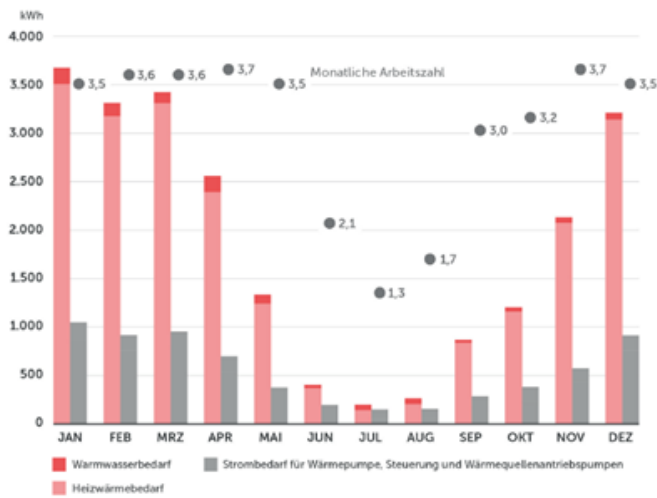
Während der Projektlaufzeit kam es immer wieder zu Anpassungen und Aktualisierungen an den Marketingmaterialien, sei es aufgrund neuer Ergebnisse oder der Rückmeldungen aus den Zielgruppen. Um die Monitoring-Ergebnisse der vermessenen Gebäude zu visualisieren, wurden bspw. Steckbriefe von sechs Demonstrationshäusern entwickelt, die inzwischen bis zu zwei Jahre vermessen wurden. Diese Steckbriefe enthalten je ein Foto des Gebäudes, eine Überschrift, sowie die wichtigsten technischen Angaben zur Haustechnik. Hierdurch kann ein Interessent auf einen Blick die Struktur und Besonderheiten der Demonstrationshäuser erfassen (siehe Abbildung 46).



Abbildung 46: Steckbriefe von langzeit-vermessenem Demonstrationshäusern

In einem zweiten Schritt wurden die Grafiken mit den Messergebnissen so umgewandelt, dass die Legenden schnell und einfach zu erfassen sind und die Farbgestaltung schon einen Hinweis auf die dargestellten Energieströme gibt: braun für Erdreich, gelb/orange für PVT-Kollektoren, blau für Kühlung und rot für Heiz-/Warmwasserenergiebedarf. Bei der Gestaltung von PowerPoint-Folien soll nun also immer eine Graphik neben einem Steckbrief stehen, damit auf einen Blick klar ist, von welchem Demonstrationsgebäude die im Diagramm dargestellten Daten stammen (zwei Beispiele folgen in Abbildung 47).

Monatliche Energiebilanz der Wärmepumpe (in 2022)



Quellenenergiebereitstellung für die Wärmepumpe in der Heizperiode (in 2022)

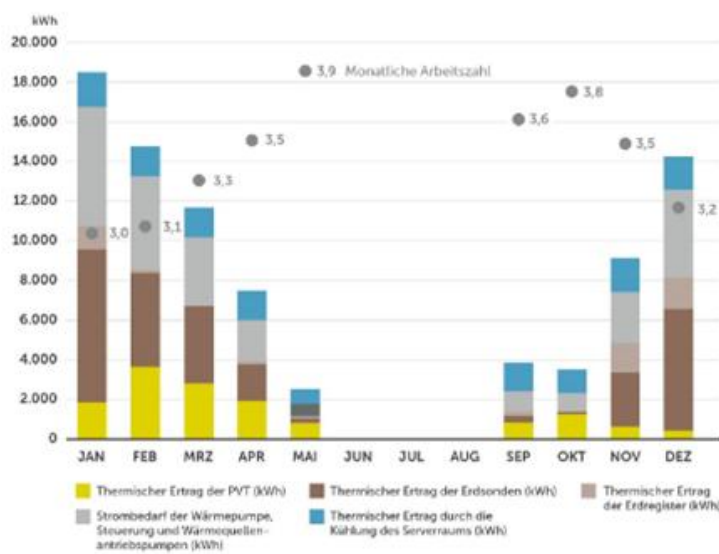


Abbildung 47: Folien zur Darstellung der Monitoring-Ergebnisse



Abbildung 49: Projekt-Informations-Flyer

Auf der Rückseite des Flyers sind die 13 Industriepartner des Projektes mit ihrem Portfolio dargestellt:

TECHNOLOGIELIEFERANTEN – PARTNER BEI INTEGRATE

			PVT-Wärme- pumpen- System- anbieter	Wärme- pumpen- Hersteller	PVT- Elemente- Hersteller	Planungs- dienst- leistungen
	Architektur- und TGA-Planungsbüro Carsten Grobe Passivhaus	www.passivhaus.de				✓
	Bosch Thermotechnik GmbH – Buderus	www.buderus.de	✓	✓		✓
	Consolar GmbH	www.consolar.de	✓		✓	✓
	Dualsun	www.dualsun.com			✓	
	eVERA GmbH	www.evera.eu			✓	✓
	EVO Deutschland GmbH	www.e-v-o.de	✓		✓	✓
	GeoClimaDesign AG	www.geoclimadesign.com	✓			
	Giersch	www.giersch.de	✓		✓	✓
	nD-System GmbH	www.nD-System.de			✓	✓
	NIBE Systemtechnik GmbH	www.nibe.de	✓	✓		✓
	PA-ID Process GmbH	www.2Power.de	✓		✓	✓
	SHES GmbH	www.shesolar.de	✓		✓	✓
	SolarTech International	www.energiesdak.nl	✓		✓	✓

Abbildung 50: Rückseite Projekt-Informations-Flyer

Diese Übersichtsgrafik kam bei Neukontakten bzw. auf Messen, beim Wärmepumpenforum und bei Erstgesprächen mit Verbänden gut an, weil hieraus hervorgeht, dass IntegraTE eine Hersteller-neutrale Initiative ist, die aber dennoch eine breite Unterstützung der Industrie hat.

Es folgt die Liste der Veranstaltungen, auf denen der PVT-Infolyer in gedruckter Form verteilt wurde:

- 19. Forum Wärmepumpen, Berlin, 23/24. November 2021
- Fachgruppentreffen vdw Niedersachsen und Bremen, Leer, 28. März 2022
- Fachaustausch Bundesverband Verbraucherzentralen, Waren, 2. September 2022
- Fachaustausch Bundesverband Verbraucherzentralen, Hamm, 16. September 2022
- Fachaustausch Bundesverband Verbraucherzentralen, Stuttgart, 14. Oktober 2022
- GET Nord Messe, Hamburg, 17. bis 19. November 2022
- Symposium Solarthermie und Innovative Wärmesysteme, Bad Staffelstein, 9. bis 11. Mai 2023
- 21. Forum Wärmepumpe, Berlin, 8./9. November 2023
- Light & Building, Gemeinschaftsstand Energiewende Bauen, 8. Bis 13. März 2024
- SHK+E Messe, Essen, 19. Bis 22. März 2024
- INF/Intherm, 23. bis 26. April 2024

5.2.7 Konzeption von PVT-Infofilmen

Innerhalb des Projektzeitraums wurden mit Unterstützung der Agentur Strohmeier Design zwei PVT-Infofilme erstellt (siehe Projektwebsite: <http://pvt-energie.de/>, jeweils auf Deutsch und auf Englisch. Die Animation eines PVT-Wärmepumpensystems für ein Mehrfamilienhaus sollte Kernelement des Films sein und folgenden Aspekte erfüllen:

- Titel: Heizen ohne Gas und Öl
- Kernaussage: PVT-Wärmepumpen-Heizsysteme sind ein hocheffizientes Heizsystem, das schon heute die Klimaschutzziele der Bundesregierung erfüllt
- Länge: 2 bis 3 Minuten, eventuell Aufteilung in zwei 45-Sekunden-Filme für Social Media
- Zielgruppe: Implementierer (Handwerker, Architekten, Planer, Energieberater) sowie privater/öffentlicher Wohnungsbau)
- Inhalte: Funktionsweise von PVT-Systemen in Mehrfamilienhäusern (3D Animation), Zusammenspiel mit der Wärmepumpe, Vorteile der Technik, bestehende PVT-Wärmepumpen-Heizsysteme auf der Basis von Fotos, Statement von Nutzern, Klimaschutzpotential
- Tonalität: Erklärend, neutral, seriös, solar, grün
- Pflichtelemente: Logo IntegraTE, Bilder von schönen PVT-WP-Projekt-Häusern, Funktionsweise als animierte Illustration 2D, IntegraTE-Firmenübersicht zum Schluss, „wo erhalten Sie weitere Informationen“
- Einsatz des Films: Bei Vorträgen, in Twitter, auf der Webseite Basiswissen Solarserver, auf der Landing page des ISE / ISFH/Solrico, YouTube

Zielgruppe des Films sind Implementierer (Handwerker, Architekten, Planer, Energieberater) sowie der private und öffentliche Wohnungsbau. In etwas mehr als drei Minuten wird die Funktionsweise der PVT-Elemente beschrieben sowie das Zusammenspiel von Wärmepumpe und

PVT-Anlage im Mehrfamilienhaus zunächst als 3D-Animation in den verschiedenen Jahreszeiten dargestellt und zum Abschluss noch drei Projektbeispiele mit Fotos und Kernzahlen der Auslegung dargestellt. Der Film ist auf der Projekt-Webseite zu sehen, siehe auch YouTube Abbildung 51:

www.pvt-energie.de



Abbildung 51: IntegraTE-Video auf YouTube

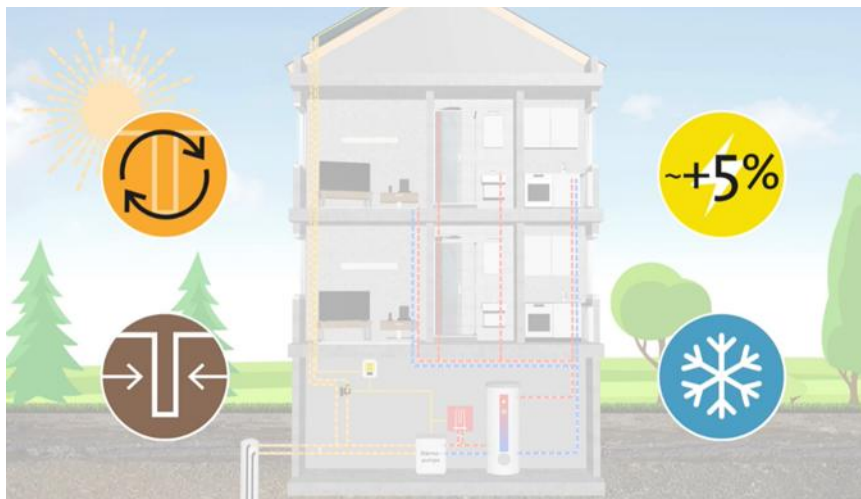


Abbildung 52: Info-Video

Der zweite PVT-Info-Film wurde zu den Kombinationsmöglichkeiten von PVT-Kollektoren mit Erdwärmquellen in Deutsch und Englisch fertiggestellt. Die 3D-Simulationen des Mehrfamilienhauses aus dem ersten PVT-Info-Film wurden hierfür nochmals genutzt. In etwas mehr als 3 Minuten wurden, zunächst die verschiedenen Betriebsweisen von Wärmepumpensystemen über das Jahr hinweg beschrieben, die mit einer Kombination aus PVT und Erdreich als Wärmquellen betrieben werden und danach die vier Vorteile dargestellt, die diese Systeme ha-

ben. Jeder Vorteil wurde mit einem Icon symbolisiert, das zum Schluss noch zweimal eingeblendet wurde. Am Ende des Films wurden drei Demo-Anlagen mit Fotos und Überschriften vorgestellt.

Die Filme wurden auf dem YouTube Kanal des Fraunhofer ISE hochgeladen und auf den jeweiligen Messeständen der SHK Essen, der IFH-Intherm in Nürnberg und ggf. auf der Light & Building in Frankfurt sowie auf Webinaren gezeigt.

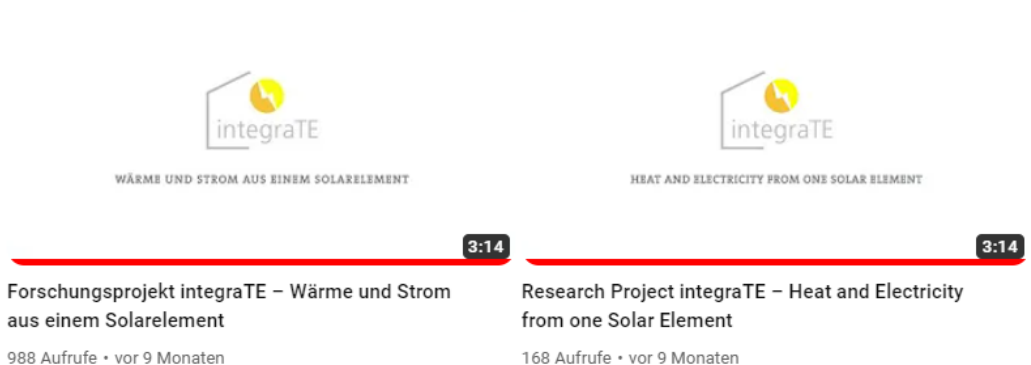


Abbildung 53: Klickanzahl der beiden Varianten des ersten PVT-Infofilms in Deutsch (links) und in English (rechts)

Ebenso wurden die Klickzahlen ermittelt, siehe Übersichten Abbildung 53 und Tabelle 7.

Tabelle 7: Übersicht der PVT-Infofilme und deren Abrufzeiten.

Filmtitel	Länge in Minuten	Datum der Veröffentlichung	Anzahl Abrufe (Status 8. Dezember 2024)	Abrufe auf YouTube
Wärme und Strom aus einem Solarelement	3:15	10. 12. 2022	1.764	https://www.youtube.com/watch?v=CKLpiwyMPyQ&t=2s
Heat and Electricity from one Solar Element	3:15	10. 12. 2022	240	https://www.youtube.com/watch?v=9LxccRJgmAs
Effizienter heizen mit Solewärmepumpen, die PVT-Kollektoren und Erdreichwärme nutzen	3:30	15.1. 2024	3.182	https://www.youtube.com/watch?v=TtX5JzITvb4
Efficient heating with brine heat pumps that use PVT collectors and geothermal heat	3:30	15.1. 2024	475	https://www.youtube.com/watch?v=OdyrF96q2TQ&t=27s

5.3 Umsetzung der Marketingmaßnahmen

5.3.1 Fachartikelvermarktung

Im Rahmen des Projektes wurden Fachartikel verfasst und verschiedenen Fachzeitschriften zum Abdruck angeboten (siehe Tabelle 8). Die durchschnittlich hohe positive Resonanz der Fachmedien auf die Fachartikel zeigt die hohe Relevanz des Themas Wärmepumpen-Heizsysteme für die Gebäude/Heizungs-Fachwelt.

Tabelle 8: Übersicht der Fachartikel inklusive Verwertung

Titel des Artikels, Datum der Fertigstellung	Inhalt	Anzahl des Abdruckes bzw. der Onlineveröffentlichungen
Doppelt Sonne für vierfachen Ertrag, Mai 2021	PVT-Kollektoren wandeln Sonnenenergie in Strom und Wärme um. Verbunden mit einer Wärmepumpe bilden sie das Herzstück hocheffizienter Heizsysteme sowohl für Ein- als auch Mehrfamilienhäuser im Neubau wie im Bestand. Die Projektinitiative IntegraTE will diese zukunftsweisende Technologie einer breiten Öffentlichkeit nahebringen und setzt dabei auf die Strahlkraft zahlreicher Leuchtturmprojekte.	8 Printmedien und 2 Online-Portale sowie zwei Kombinationen online aus Fachartikel 1 und 2
Stille Energiequelle für die Wärmepumpe, April 2022	Um Deutschland bis 2045 treibhausgasneutral zu machen, muss in den nächsten Jahren der Wärmebedarf von Millionen Immobilien so weit wie möglich reduziert werden. Vor allem für den Bestand sind Sanierungskonzepte gefordert, die auf der einen Seite die Energieeffizienz der Gebäude deutlich verbessern, auf der anderen aber auch praktikabel und bezahlbar sind. Die vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie BMWi geförderte Projektinitiative IntegraTE sondiert derzeit die Möglichkeiten und Grenzen sogenannter PVT-Wärmepumpensysteme. PVT-Kollektoren gewinnen sowohl Strom als auch Wärme aus Sonnenenergie.	5 Printmedien und 4 Onlineportale sowie zwei Kombinationen online aus Fachartikel 1 und 2
Klimaschutz und Betriebskosten unter einem Hut, Juli 2023	PVT-Kollektoren erzeugen Strom und Wärme aus Sonnenenergie. Kombiniert mit einer Wärmepumpe, entsteht ein hocheffizientes Heizsystem, das sowohl aktuellen als auch künftigen Klimaschutzvorgaben gerecht wird. Drei aktuelle Wohnungsbauprojekte zeigen, wie mit Hilfe dieser Technologie eine nachhaltige Wärmeversorgung gelingen kann.	
PVT-Wärmepumpen-Heizungen bestehen Prüfung im Realbetrieb, Oktober 2023	Die Nachfrage nach PVT-Kollektoren wächst. Ihr Absatz hat sich in den letzten vier Jahren in Deutschland fast verfünffacht. Im vergangenen Jahr hat das Handwerk 19.100 m ² installiert. Die Initiative IntegraTE begleitet die schnell wachsende Branche. Zentraler Baustein der Initiative ist die Vermessung von PVT-Wärmepumpensystemen unter Realbedingungen, um Zuverlässigkeit und Leistung der	8 Printmedien und 2-mal online auf Webportalen

	Heizsysteme zu untersuchen. Wichtig ist grundsätzlich, dass PVT-Kollektoren und Wärmepumpen ein gut aufeinander abgestimmtes Gesamtsystem bilden.	
Webbasiertes Tool vergleicht Energieeffizienz und Kosten, September 2024	Sole/Wasser-Wärmepumpen können neben dem Erdreich auch Solar- und Umweltwärme aus Photovoltaisch-thermischen (PVT) Kollektoren nutzen. Ein Wärmepumpen-Vergleichstool bietet nun die Möglichkeit, verschiedene Varianten dieser Heizsysteme mit Sonne, Erdreich und Luft als Wärmequelle zu bewerten. Dazu werden Effizienz, CO ₂ -Bilanz und Energiegestehungskosten verglichen.	8 Printmedien und 1-mal online auf einem Webportal

Der Kreis der angeschriebenen Fachzeitschriften und Onlinemedien wurde im Laufe des Projekts immer weiter erweitert. Das Ziel dabei war, möglichst vielen Fachzeitschriften Beiträge anzubieten, die die Zielgruppe des Projektes abdecken. Dazu gehörten Energieberater, TGA-Planer / Ingenieure, Architekten, Handwerker/Installateure, private und öffentliche Wohnungsgesellschaften sowie die allgemeine Fachöffentlichkeit. Die folgenden beiden Tabellen zeigen die Fachzeitschriften und Online-medien, die im Rahmen von IntegraTE mindestens einen Fachartikel veröffentlicht haben (Tabelle 9 und Tabelle 10).

Tabelle 9: Printmedien mit mindestens einem IntegraTE-Fachartikel

Printmedien	Zielgruppe	Anzahl Leser laut Mediadaten	Website
Fachmagazin SI	Fachmagazin für SHK-Unternehmer	50.430 Exemplare	https://www.si-shk.de/
Bauzentrum E-Bau	Architekturbüros, planende Bauingenieure, Beratende Ingenieure, Hochbauämter bis zum Stadtbauamt, Baubüros der Großindustrie, Banken und Versicherungen	2.500 Exemplare	https://www.bauzentrum-e-bau.com/index.php?id=5
Bundesbaublatt	Geschäftsführern und Vorständen von Wohnungsunternehmen	11.711 Exemplare	https://www.bundesbaublatt.de/
Element + Bau	Architekten und Bauingenieure, Bauunternehmer und Verarbeiter, Fachleute im kommunalen Planungsbereich	6.000 Exemplare	https://harnisch.com/element-bau/
Energie Kompakt - Verbandsorgan des GIH	Unabhängige Energieberater	7.000 Exemplare	https://www.gih.de/energie-kompakt/

Gebäude-Energieberater	Gebäude-Energieberater	9.049 Exemplare	https://www.gentner.de/unsere-marken/gebäude-energieberater
Heizungsjournal	Fachplaner und Heizungsbauer	38.522 Exemplare	https://www.heizungsjournal.de/
HLH - Organ des Fachbereichs Technische Gebäudeausrüstung	Ingenieure aus den Bereichen Planung, Ausführung und Anwendung im Bereich Technischen Gebäudeausrüstung	9.830 Exemplare	https://www.hlh.de/
IKZ Sanitär / Heizung / Klima	SHK Installateure und TGA Fachplaner	12.000 Exemplare	https://www.ikz-select.de/
Jahrbuch Solarthermie 2022	Handwerk, Planungsbüros, Energieberater, professionelle Anwender	10.000 Exemplare	https://www.solarthermie-jahrbuch.de/jahrbuch-2021/
Magazin Moderne Gebäudetechnik – Das Praxisjournal für TGA-Fachplaner	Ingenieur- und Planungsbüros der SHK-Branche und der Gebäudeautomation; Architekten, Planungsabteilungen in Wohnungsbauengesellschaften	12.956 Exemplare	https://www.tga-praxis.de/
SI Fachmagazin für SHK-Unternehmer	Fachmagazin für SHK-Unternehmer	50.430 Exemplare	https://www.si-shk.de/
Sonnenenergie	Experten und Führungskräfte aus allen Sparten der Erneuerbaren Energien	6.500 - 7.500 Exemplare	https://sonnenenergie.de/inhalte/ausgabenarchiv/
TAB - Das Fachmedium der TGA Branche	TGA Planer	12.108 Exemplare	https://www.tab.de/
TGA+E Fachplaner	Planer der technischen und elektrotechnischen Gebäudeausrüstung	10.595 Exemplare	http://www.tga-fachplaner.de/
VDIV Aktuell - das offizielle Organ des Verbands der Immobilienverwalter Deutschland e. V.	Immobilienverwalter	14.000 Exemplare	https://vdivaktuell.de/vdivaktuell/

Tabelle 10: Online-Medien die zumindest einen IntegraTE-Artikel abgedruckt haben

Online-Medium	Zielgruppe	Website
www.energie-fachberater.de	Ratgeber für Hausbesitzer und Profis	https://www.energie-fachberater.de/
Solarserver / Basiswissen	Fachleute aus dem Bereich erneuerbare Energien	https://www.solarserver.de/
energie-experten.org	Hausbesitzer	https://www.energie-experten.org/
energiezukunft	Nachrichtenportal für Klimaschutz und bürgernahe Energiewende	https://www.energiezukunft.eu/
energynet.de	Unternehmen im Bereich Energiewende	https://www.energynet.de/
Dein Energieportal	Fachleute aus dem Bereich Energie- und Gebäudetechnik	https://deinenergieportal.de/
Immobilienmanager	Topkräfte der Immobilienwirtschaft	https://www.immobilienmanager.de/

Folgende Erkenntnisse bzw. lessons learned konnten aus der Vermarktung der Fachartikel gewonnen werden:

- Generell besteht großes Interesse an dem Thema effiziente Heizsysteme und viele Redakteure decken vermehrt Themen im Bereich Klimaschutz ab.
- Mehrfaches, telefonisches Nachfassen bei allen Redaktionen war sehr wichtig, da die Artikel sonst im E-Mail-Eingangsortner oder im Themen-Archivordner vergessen werden.
- Zeitschriften der Wohnungswirtschaft wollen eher einen exklusiven Beitrag als die Zeitschriften des Handwerks / TGA.
- Die Redakteure drucken sehr gerne Infokästen und Infographiken ab und haben die Fachartikel meist in voller Länge genutzt.

5.3.2 Kooperationen mit Verbänden

Einen zentralen Stellenwert im Rahmen der Marketingaktivitäten hatte die Zusammenarbeit mit Verbänden. Außerhalb der Verbände, die bereits Partner im Projekt IntegraTE sind (BSW, BDH und BWP), waren, sollten weitere Verbände für gemeinschaftliche Kommunikationsaktivitäten identifiziert werden, welche die Zielgruppen der Implementierer sowie Endkunden aus der Wohnungswirtschaft repräsentierten. Ziel hierbei war es vor allem, gemeinsame Online-

Webinare zu organisieren, die dann von den Verbänden gegenüber ihren Mitgliedern beworben wurden. Bei einigen Verbänden war es darüber hinaus auch möglich, auf Verbands-internen Veranstaltungen Vorträge zu halten und damit direkt mit den Mitgliedsunternehmen in Kontakt zu kommen.

Mit folgenden Fachverbänden der Implementierer wurden im Rahmen des Projektes gemeinsame Veranstaltungen organisiert:

- Bundesverband Wärmepumpe
- Verbraucherzentrale Energieberatung (Fachaustausch)
- Deutsche Gesellschaft für Solarenergie (DGS) im Rahmen der Kampagne Energiewende Bauen
- Gebäudeenergieberater, Ingenieure und Handwerk - Bundesverband (GIH)
- Solarzentrum Berlin
- Aktionskreis Energie e.V. in Berlin
- Klimaschutz- und Energieberatungsagentur Heidelberg
- Gebäudeenergieberater (GEB) Redaktion
- Bauzentrum München
- Nordsolar e.V. – Verband der Solarfachfirmen
- Fachverband Gebäude-Klima e. V. (TGA-Kongress)
- Arge Solar e.V.
- Verein der Förderer der Forschung im Bereich Heizung-Lüftung-Klimatechnik Stuttgart e.V.
- Deutsches Energieberater-Netzwerk e.V.

Was die Verbände der Endverbraucher betrifft, wurde der Fokus auf Kooperationen mit den Verbänden der Wohnungswirtschaft gesetzt, da die Unternehmen der Wohnungswirtschaft wichtige Investoren für PVT-Wärmepumpensysteme sind. Es wurde im Konsortium beschlossen, Priorität bei dem Bundesverband Freier Immobilien- und Wohnungsunternehmen (BfW) für den Bereich Neubau und dem Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen (GdW) sowie dem VDIW Deutschland (Berufsverband der professionellen Immobilienverwalter) für den Bereich Bestand zu setzen (siehe Tabelle 11). Die Industrievertreter im Konsortium rieten, nur über die Landesverbände vorzugehen, weil diese Landesverbände direkt mit den Mitgliedsunternehmen Kontakt haben, während die Bundesverbände eher in Richtung Politik und Parteien kommunizieren.

Tabelle 11: Übersicht der wichtigsten Verbände der Wohnungswirtschaft

<p>BUNDESVERBAND FREIER IMMOBILIEN- UND WOHNUNGSUNTERNEHMEN E.V. BfW</p> <p>Bundesverband freier Immobilien- und Wohnungsunternehmen e.V.</p>	<p>Die Wohnungswirtschaft Deutschland GdW</p> <p>Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen e.V.</p>	<p>vdiv Die Immobilienverwalter</p> <p>Verband der Immobilienverwalter Deutschland e.V.</p>
<p>Verband der mittelständischen Immobilienwirtschaft, deren Mitglieder rund 50 % des <u>Wohnungsneubaus</u> in Deutschland realisieren und 30% der Gewerbeimmobilien errichten</p> <p>8 Länderververtretungen</p>	<p>Der Bundesverband deutscher Wohnungs- und Immobilienunternehmen vertritt über die Regionalverbände 3.000 Wohnungsgesellschaften + Genossenschaften, die 6 Millionen <u>Bestandswohnungen</u> verwalten</p> <p>11 Länderververtretungen</p>	<p>Der VDIV Deutschland ist der Berufsverband der professionellen <u>Immobilienverwalter</u>. In zehn Landesverbänden sind rund 3.400 Haus- und Immobilienverwaltungen zusammengeschlossen.</p> <p>10 Länderververtretungen</p>

Es gelang mit einigen Landesverbänden der Wohnungswirtschaft eine Kooperation aufzubauen, die es ermöglichte, bei deren Veranstaltungen Vorträge zu halten, allerdings war dafür teilweise eine bezahlte und befristete Mitgliedschaft notwendig (siehe Tabelle 12).

Tabelle 12: Übersicht der Veranstaltungen in Kooperation mit den Verbänden der Wohnungswirtschaft

Name des Verbandes	Durchgeführte gemeinsame Kommunikationsaktivitäten	Teilnehmer*innen
Landesverbandes Freie Immobilien- und Wohnungsunternehmen (BfW) (BaWü / Hessen / Rheinland-Pfalz / Saarland)	Zwei Vorträge beim Online-Tag der Innovation von Bärbel Epp und Andreas Siegemund am 30. November 2021	Wohnungswirtschaftsaus dem Bereich Neubau (rund 50 Teilnehmer*innen)
Verband der Südwestdeutschen Wohnungswirtschaft e.V. VdW Südwest	Tandemvortrag von Alireza Afshar (Nassauische Heimstätte) und Bärbel Epp (solrico) beim Fachgruppen-Online-Treffen am 8. März	Management-Ebene der kommunalen und genossenschaftlichen Wohnungswirtschaft in Hessen/Rheinland-Pfalz (rund 30 Teilnehmer*innen, Teilnehmerliste vorhanden)
Verband der Wohnungswirtschaft (VdW) Niedersachsen und Bremen	Tandemvortrag von Peter Pärish (ISFH) und Bärbel Epp (solrico) beim Fachgruppen Technik-Treffen in Leer am 27/28. März 2022	Management-Ebene der kommunalen und genossenschaftlichen Wohnungswirtschaft in Niedersachsen und Bremen (rund 50 Teilnehmer*innen)

Landesverband Freie Immobilien- und Wohnungsunternehmen (BFW) BaWü und Hessen/Rheinland-Pfalz/Saarland	2-stündiges Webinar am 24. Mai 2022 mit drei Vorträgen von Bärbel Epp (solrico), Alban Heßberger (Pa-ID) und Peter Pärisch (ISFH)	Wohnungswirtschaft aus dem Bereich Neubau in Ba-Wü, Hessen, Saarland, Rheinland-Pfalz (rund 50 Teilnehmer*innen, Teilnehmerliste vorhanden)
--------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Lessons learned aus der Verbändekommunikation

- Wachsendes Interesse bei den Verbänden für PVT-Wärmepumpensysteme. Der Fachverband der Verbraucherzentrale-Energieberater ist auf das ISFH zugekommen mit dem Vorschlag auf drei Fachkonferenzen PVT-Wärmepumpensysteme vorzustellen.
- Wenig Wissen vorhanden bei Energieberatern über PVT; Verwechslung mit Luft-Wasser-Wärmepumpen ist die Regel
- Weitere Veranstaltungen mit dem Bundesverband der Energieberater (GIH) in zukünftigen Marketingaktivitäten empfehlenswert.
- Seminare mit den Verbänden der Wohnungswirtschaft werden von Mitarbeiter*innen der obersten Führungsebene besucht. Allerdings wenig direkte Resonanz bei Online-Veranstaltungen, interessante Gespräche bei Präsenzveranstaltung.
- Erste Firmen aus dem Kreis der PVT-Spezialisten haben Partnerschaftsverträge mit dem BfW abgeschlossen (Landesverband Freie Immobilien- und Wohnungsunternehmen).

Bundesverband Wärmepumpe: Besonders intensive Zusammenarbeit

Eine besonders intensive Zusammenarbeit erfolgte mit dem Bundesverband Wärmepumpe (BWP). Mit Unterstützung der BWP-Pressesprecherin Katja Weinhold konnte in den Jahren 2021 und 2023 auf dem Forum Wärmepumpe, dem jährlich stattfindenden Event der Branche, jeweils ein Vortrag und ein Projektinformations-Stand platziert werden (siehe hierzu auch Abschnitt „Veranstaltungen“).

Darüber hinaus stellte sich Frau Weinhold als Referentin auf einer im Rahmen des Projekts IntegraTE organisierten Podiumsdiskussion auf der Woche der Umwelt im Sommer 2024 in Berlin zur Verfügung. Für die Teilnahme an der Woche der Umwelt wurde das IntegraTE-Projektteam über das IGTE von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) ausgewählt und eingeladen (siehe hierzu auch Abschnitt „Veranstaltungen“).

Der Bundesverband Wärmepumpe betreibt auf der Verbandswebsite eine Datenbank für Referenzobjekte, also Beispiele von Gebäuden mit Wärmepumpen, auf folgender Website:


<https://www.waermepumpe.de/presse/referenzobjekte/bwp-datenbank/>

In dieser Datenbank war zu IntegraTE-Projektstart noch keine PVT-Wärmepumpenanlage vertreten. Inzwischen sind sechs Gebäude aus dem Umfeld von IntegraTE in der Datenbank enthalten, bei denen auch die Überschrift schon auf die Kombination von PVT-Kollektoren und Wärmepumpe hinweist: MFH im Saarland, MFH Heitersheim, dänischer Pavillon in Hannover, Seniorentagesstätte in Bayern, EFH Viebrock in Harsefeld), MFH in Altbach bei Stuttgart, siehe folgende Abbildung 54.

PVT UND WÄRMEPUMPE IM SAARLÄNDISCHEN MEHRFAMILIENHAUS

Vier Wohnungen und ein Büro auf einer Gesamtfläche von 900 m² werden über 75 PVT-Kollektoren und zwei 17-kW-Wärmepumpen mit Heizwärme und Warmwasser versorgt.


beheizte Fläche:	900 m ²
Wärmepumpenart:	Sole-Wasser-Wärmepumpe
Heizleistung:	2x17 kW



KFW-40+-STANDARD MIT WÄRMEPUMPE UND PVT

Beim Teilrückbau und der Wiederaufstockung eines Mehrfamilienhauses in Heitersheim bei Freiburg durch die Steiger & Riesterer GmbH ging es in erster Linie darum, den KfW-40+-Standard sinnvoll umzusetzen.

beheizte Fläche:	560 m ²
Wärmepumpenart:	Sole-Wasser-Wärmepumpe
Heizleistung:	17 kW



DÄNISCHER PAVILLON DEMONSTRIERT GEBÄUDEENERGIESTANDARD DER ZUKUNFT

Herzstück des Gebäudeenergiesystems im ehemaligen Dänischen Pavillon ist eine Wärmepumpenanlage, mit PVT-Kollektoren und dualen geothermischen Wärmequellen, die den Gebäudekomplex vollständig mit Wärme und Kälte versorgt.

Baujahr:	1999
beheizte Fläche:	2000 m ²
Wärmepumpenart:	Sole-Wasser-Wärmepumpe
Heizleistung:	60 kW




Abbildung 54: Beispielprojekte aus der IntegraTE in Referenzdatenbank des BWP

5.3.3 Erstellung einer Projekt-Website

Im Rahmen der Marketingaktivitäten wurde die Erstellung einer Projekt-Website als ein weiteres zentrales Element identifiziert (siehe Abbildung 55). Zweck dieser Maßnahme war die Bereitstellung der im Projekt erarbeiteten Inhalte zur Information für die Projektpartner, die Zielgruppen und alle weiteren (neuen) Interessenten. Die Website dient somit der Sichtbarkeit und Zugänglichkeit der Projektergebnisse und soll weitergeführt werden: sie ist abrufbar unter der Domain:

www.pvt-energie.de bzw.

<https://wp-monitoring.ise.fraunhofer.de/integrate/german/index/index.html>



IntegraTE – Initiative zur Verbreitung von PVT-Kollektoren und Wärmepumpen im Gebäudesektor

Die vom BMWi geförderte Initiative zur Verbreitung von PVT-Solarkollektoren und Wärmepumpen im Gebäudesektor IntegraTE will den Bekanntheitsgrad dieser energieeffizienten Technologie steigern. Ziel der für drei Jahre angelegten Initiative ist es, den Status quo der aktuell verfügbaren und eingesetzten PVT-Wärmepumpen-Systeme (PVT-WP-Systeme) zu ermitteln, ausgewählte Systeme zu vermessen, diese in Bezug auf ihre Energieeffizienz, CO₂-Einsparung und Wärmegestehungskosten zu bewerten und Informationsmaterial für verschiedene Nutzergruppen wie Planer, Handwerker und Wohnungsbaugesellschaften etc. zu erstellen und zu verbreiten.

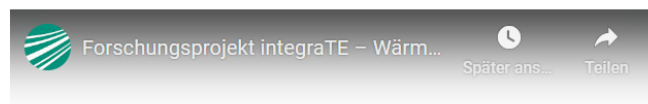


Abbildung 55: Projekt-Website

Die Website wird kontinuierlich bezüglich der Inhalte aktualisiert.

5.3.4 Social-Media-Kampagne

Neben einer Website ist heutzutage eine schnelle und spontane Kommunikation über Neuigkeiten und Projektereignisse unerlässlich. Hierfür boten sich die Möglichkeiten der Social-Media-Tools an.

Um das Infomaterial von IntegraTE (Infographiken und Case Studies) bekannter zu machen, wurden u. a. zwischen 26. Oktober 2021 und 22. Dezember 2021 insgesamt 19 Tweets über den Twitter-Kanal des Solarservers (8.274 Follower) (<https://twitter.com/solarserver>) verschickt. Dabei wurde insb. Marketingmaterial wie Fotos von Anlagen, Testimonials, Infographiken und Funktionsschema genutzt mit dem Ziel, durch gezielte Nutzung von @- und #-Zeichen andere Multiplikatoren wie Verbände und Zeitschriften anzusprechen. Die beiden besten Tweets aus der Social Media Kampagne und die statistische Auswertung ihrer Nutzung findet sich in folgender Übersicht Tabelle 13.

Tabelle 13: Die beiden besten Tweets aus der Social Media Kampagne mit Grafikmaterial von IntegraTE

<p>2678 Impressions und 34 Engagements</p>	<p>1443 Impressions und 13 Engagements</p>
--------------------------------------------	--------------------------------------------

Lessons Learned bzgl. der Social-Media-Kampagne

- Tweets, die die Funktionsweise von PVT-Wärmepumpensystemen erklärt haben, kamen besonders gut an.
- Am Anfang des sechs Wochen Zeitraums war die Resonanz deutlich höher als in den Wochen vor Weihnachten (bezogen auf Impressions und Engagements).
- Etwa ein Drittel der Institutionen reagieren auf ein gesetztes @-Zeichen und retweeten oder Liken den Tweet und das führt dann auch immer zu einer besseren Statistik.
- Die Partner im Projekt mit starken Twitter-Kanälen wie Fraunhofer ISE und @Bosch_Heizen sollten noch stärker in die Kampagne eingebunden werden, damit sie retweeten oder liken.
- Der eine Tweet ohne Foto am 18. November hat keine Engagements erreicht, Fotos sind also Pflicht

5.3.5 Veranstaltungen, Webinare und Messen

Während der Projektlaufzeit nahm das IntegraTE-Team an zahlreichen Veranstaltungen wie Konferenzen, Workshops, Webinare und Messen teil, und präsentierte die Inhalte des Projekts IntegraTE erfolgreich und vor meist großem Publikum, wie die folgende Übersicht zeigt (siehe Tabelle 14):

Tabelle 14: Übersicht der Veranstaltungen im Projekt IntegraTE

Präsentationen zu IntegraTE bei Workshops, auf Konferenzen und in Webinaren (Stand 20.06.2025)					
Veranstaltungsname	Art online, live Datum, Ort	Präsentationstitel	Zielgruppe Dauer Teilnehmer	Sprecher, Institution	Link zur Veröffentlichung
Stellschrauben für klimaneutrale Gebäude	Fachtagung hybrid 22.09.2022 Düsseldorf	PVT-Kollektoren – eine alternative Wärmequelle für die Wärmepumpe	Energieberater, Planer, Wohnungsbau Vortrag, 80 Teilnehmer	Stephan Fischer, IGTE	https://www.duesseldorf.de/saga/stellschrauben-fuer-klimaneutrale-gebäude.html
PVT Wärmepumpensysteme in der Praxis	Arbeitskreis Energie/DGS, online 06.12.2022	PVT-Technologie im Kommen: Marktentwicklung und Monitoring Ergebnisse, Best-Practice-Beispiele für PVT-Wärmepumpenanlagen in MFH PVT-Wärmepumpen-Anlagen in EFH: Betriebsergebnisse und Perspektiven	Energieberater, Architekten, Ingenieure 3 Vorträge, 111 Teilnehmer	Sebastian Helmling, ISE Alban Hesserberger, PA-ID Oliver Roddehorst, Nibe	https://aktionskreis-energie.de/events/pvt-wp-systeme/
Solar World Congress 2021	Conference, online 25.10.2021	Comparison of PVT - heat pump systems with reference systems for the energy supply of a single-family house	Wissenschaftler Studierende Industrievertreter, Vortrag, 40 Teilnehmer	Bharat Chhugani, ISFH	https://doi.org/10.1016/j.seja.2022.100031
EuroSun 2022	Conference, 26.09.2022 Kassel	Decarbonizing Heating Supply Systems in Existing Single-Family Houses through PVT - Heat Pump Systems	Wissenschaftler Studierende Industrievertreter, Vortrag, 50 Teilnehmer	Bharat Chhugani, ISFH	https://doi.org/10.18086/euro-sun.2022.07.01
Fachaus-tausch der Verbraucherzentrale Energieberatung	Fachaus-tausch 14.10.2022 Berlin	PVT- Kollektoren all-gemein	Energie-berater, Vortrag, 150 Teil-nehmer	Gunther Muntz, FHG ISE	keine Veröffent-lichung bekannt

Wärmepumpenforum 2023	Fachaus-tausch 29.- 30.06.2023 Fulda	PVT-Kollektoren: Kombination mit Wärmepumpen	Heizungsin- stallateur /Planer / Energie-be- rater / Fir- men, Vortrag, 100 Teil- neh-mer	Bharat Chhugani, ISFH	<u>KHS Haustechnik</u>
Verbraucherzentrale Bundesverband – Fachaus-tausch	Fachaus-tausch Nord-Ost,02.09.2022 Waren (Müritz)	PVT-Kollektoren: Kombination mit Wärmepumpen	Energiebe- rater, Archi- tekten, In- geni- eureVor- trag,40 Teil- nehmer	Bharat Chhugani, ISFHPeter Pärisch, ISFH	keine Veröffent- lichung bekannt
Verbraucherzentrale Bundesverband - Fachaus-tausch	Fachaus-tausch West, online, 16.09.2022	PVT-Kollektoren: Kombination mit Wärmepumpen	Energiebe- rater, Archi- tekten, In- genieure, Vorträge, 80 Teilneh- mer	Bärbel Epp, Solrico Bharat Chhugani, ISFH Peter Pä- risch, ISFH	keine Veröffent- lichung bekannt
vdW Süd-west	Fachgrup- pen-Tref- fen, online, 08.03.2022	PVT-Kollektoren: Kombination mit Wärmepumpen	Wohnungs- wirt- schaftaus dem Be- reich Neu- bau, Vortrag, 30 Teilneh- mer	Herr Afshar, Bärbel Epp, Solrico	keine Veröffent- lichung bekannt
vdw Nieder-sachsen und Bremen sowie VNW	Fachgrup- pen-Tref- fen, 28.03.2022 Leer	PVT-Kollektoren: Kombination mit Wärmepumpen	Wohnungs- wirtschaft - Genossen- schaftlich Vortrag, 50 Teilneh- mer	Peter Pä- risch, ISFH; Bärbel Epp, Solrico	keine Veröffent- lichung bekannt
Landesver-band Freie Immobilien- und Wohnungsunter-nehmen (BFW)	Fachgrup- pen-Tref- fen, 24.05.2022 online	PVT-Kollektoren: Kombination mit Wärmepumpen	Wohnungs- wirtschaft aus dem Bereich Neubau	Bärbel Epp, Solrico Alban Heß- berger, PA- ID Peter Pä- risch, ISFH	keine Veröffent- lichung bekannt

GET Nord	Fachmesse Elektro, Sanitär, Heizung, Klima, 19.10.2022 Hamburg	Solarstrom plus Solarwärme: PVT-Kollektoren als Quelle für Wärmepumpe	Installateure, Planer, Endkunden, allgemein Messebesucher, Vortrag, 40 Teilnehmer	Bärbel Epp, solrico	https://www.get-nord.de/
Symposium Solarthermie und Innovative Wärmesystemen	Fachtagung, 09.-11.05.2022 Bad Staffelstein	In-Situ-Monitoring eines Wärmepumpensystems mit PVT-Kollektoren u. Erdwärmequellen für Heizung und Kühlung	Stadtwerke, Wissenschaftler Solarthermie-industrie, Planer, Handwerker, Architekten, Poster, 250 Teiln.	Krishna Prasad, ISFH	https://www.solarthermie-symposium.de/
Symposium Solarthermie und Innovative Wärmesystemen	Fachtagung, 09.-11.05.2022 Bad Staffelstein	Technologiemarketing von PVT-Gebäudeenergieversorgungssystemen im Projekt „IntegraTE“	Stadtwerke, Wissenschaftler Solarthermieindustrie, Planer, Handwerker, Architekten, Poster, 250 TN	Claudia Scholl-Haaf, IGTE	https://www.solarthermie-symposium.de/
19. Forum Wärmepumpe	Fachtagung des Verbandes BWP, 24.-25.11.2021 hybrid, Berlin	Projektvorstellung: Hocheffizientes Heizsystem für Wohnblocksanierung in Frankfurt Fechenheim	Planer, Wärmepumpenhersteller, 20-Minuten Vortrag, 210 Teilnehmer	Bärbel Epp (solrico), Jens Kater (Giersch Enertec Group)	https://twitter.com/Solar-server/status/1468282032732188672https://www.waermpumpe.de/press/news/details/19-forum-waermpumpe-im-glanz-der-finalen-koalitions-verhandlungen/#content
Fachaus-tausch Energiebe-rater in Ell-wangen	Fortbildung in Präsenz, 16.06.2023 Ellwangen	Einführung in PVT-Wärmepumpensysteme (zweimal 2 Stunden Block)	Energieberater der Verbraucherzentralen, Vortrag, 100 Teilnehmer	Stephan Fischer, IGTE	www.vzbv.de

PVT- Wärmepumpensysteme in der Praxis	klimawende.planen e.V., 01.12.2022 online	PVT-Technologie im Kommen: Marktentwicklung und Monitoring Ergebnisse Best-Practice-Beispiele für PVT-WP-Anlagen in MFH Gebäudeintegrierte PVT-Systeme für Dach und Fassade	Energieberater, Architekten, Ingenieure, 3 Vorträge	Bärbel Epp, solrico Andreas Siegemund, Consolar Matthias Beyersdorfer, nD-Systems	https://klimawende.planen.de/unser-vortrag-im-dezember-do-01-12-2022-18-30h/
FVEE-Jahrestagung	Konferenz, 12.-13.10.2022 Berlin	<i>PVT-Kollektoren und Wärmepumpe</i>	Wissenschaftler, Politik, Ingenieure, Stadtwerke, Wohnungswirtschaft, Vortrag	Bharat Chhugani, ISFH als Co-Autor	keine Veröffentlichung bekannt
EuroSun 2022	Kongress, 27.09.2022 Kassel	Operational Analysis of 5 PVT Heat Pump Systems Based on field Measurement Data	Wissenschaft, Industrie, Vortrag, 60 Teilnehmer	Sebastian Helmling, FHG ISE	keine Veröffentlichung bekannt
Energie-wende Bauen Kongress Wuppertal	Kongress, 09.06.2022 Wuppertal	integraTE - Projektvorstellung und Ergebnisse	Planer / Energieberater / Politik / Wissenschaft, Vortrag, 50 Teilnehmer	Sebastian Helmling, FHG ISE	keine Veröffentlichung bekannt
Speakers Corner auf Messtand Energie-wende-bauen	Let´s talk Interview auf Messe Light & Building, 05.03.2022 live Frankfurt	Let´s Talk Interview: Welche Schlüsse können wir aus dem mehrjährigen Monitoring von PVT-Wärmepumpensysteme in Einfamilienhäusern ziehen?	Planer, Energieberater, Handwerkerallgemein Messebesucher, Interview, 80 Teilnehmer	Korbinian Kramer (ISE)	https://light-building.messefrankfurt.com/frankfurt/de/themen-events/events.html#/event.detail.html/pvtwp---welche-schlussee-konnen-wir-aus-dem-mehrjaehrigem-monitoring-von-pvt-waerme-pumpensystemen-in-ei_5e-DE_050324-14.html?day=2024-03-05

Speakers Corner auf Messetand Energie-wende-bauen	Let´s talk Interview auf Messe Light & Building, 05.03.2022 Frankfurt	Let´s Talk Interview: PVT-Wärmepumpensysteme in Mehrfamilienhäusern: Herstellung und Einsatz von 2Power Elementen	Planer, Energieberater, Handwerker, allgemein Messebesucher, Interview, 80 Teilnehmer	Jan Rettinger, Leiter Vertrieb (Beratung und Verkauf), PA-ID Process GmbH	siehe oben
Speakers Corner auf Messetand Energie-wende-bauen	Let´s talk Interview auf Messe Light & Building, 05.03.2022 Frankfurt	Let´s Talk Interview: Solar- und Umweltwärme effizient nutzen: Unter welchen Randbedingungen können PVT-Kollektoren die alleinige Wärmequelle für eine Sole-Wärmepumpe sein?	Planer, Energieberater, Handwerker, allgemein Messebesucher, Interview, 80 Teilnehmer	Andreas Siegemund, Geschäftsführender Gesellschafter für Marketing und Vertrieb, Consolar Solare Energiesysteme	siehe oben
Speakers Corner auf Messetand Energie-wende-bauen	Let´s talk Interview auf Messe Light & Building, 05.03.2022 Frankfurt	Let´s Talk Interview: PV-Anlagen mit thermischen Absorbern nachrüsten: Wie PVT-Elemente den Weg zur Klimaneutralität im Wohnbestand unterstützen?	Planer, Energieberater, Handwerker, allgemein Messebesucher, Interview, 80 Teilnehmer	Markus Jolly, Geschäftsführer eVERA GmbH, Saarbrücken	siehe oben
Mitgliederversammlung Verein der Förderer der Forschung im Bereich Heizung-Lüftung-Klimatechnik Stuttgart e.V.	Mitgliederversammlung, 11.10.2021 hybrid, Stuttgart	Initiative zur Marktabklärung und Verbreitung von Anlagen zur thermisch-elektrischen Energieversorgung mittels PVT-Kollektoren und Wärmepumpen im Gebäudesektor – integraTE	Mitglieder Heizung-Lüftung-Klimatechnik, Kurzvortrag, 120 Teilnehmer	Claudia Scholl-Haaf	https://vdf.hlk-stuttgart.de/fileadmin/Redaktion/HLK-Briefe/HLK-Brief_2022.pdf
KoBE- Dialog	Online- Seminar, 13.06.2024	PVT – Strom und Wärme	Energieberater, Vortrag und Diskussion, 23 Teilnehmer	Korbinian Kramer (ISE)	keine Veröffentlichungen bekannt

Solarenergie und Wärmepumpen Fokus: PVT-Kollektoren	Online Tagung, 28.10.2020 online	PVT-Projekte am Fraunhofer-institut für Solare Energiesysteme	Forschungsnetzwerk und Praktiker, Vortrag, 87 Teilnehmer	Korbinian Kramer, ISE	https://www.spf.ch/index.php?id=19498&tx_ttnews%5btnews%5d=3372&cHash=b2bbeff0995ca51e43f0a15a871298ea
Tag der Innovation des Landesverbandes Freie Immobilien- und Wohnungsunternehmen (BfW) (BaWü / Hessen /Rheinland-Pfalz / Saarland	Tagung, online, 30.11.2021	Gefördert und gefördert: Neue Lösung zur Gebäude-Energieversorgung über PVT-Kollektoren in Verbindung mit Wärmepumpen	Wohnungswirtschaft aus dem Bereich Neubau, 20-Minuten Vortrag, 50 Teilnehmer	Bärbel Epp (solrico), Andreas Siegmund (Consolar)	https://www.bfw-bw.de/aktivitaeten/veranstaltungen/36793-tag-der-innovation/
Tag der Solarenergie organisiert von Arge Solar E.V.	Online-Tagung, 30.11.2023 online	IntegraTE PVT - Hybride PVT Kollektoren	Endkunden, Energieberater, Architekten, Vortrag, 50 Teilnehmer	Korbinian Kramer, ISE	https://www.argesolar-saar.de/va/tag-der-solarenergie/
Abschlussveranstaltung „Sonnenzeit“ der Klimaschutzagentur Weserbergland	Tagung, 23.06.2022 Weserbergland	Erneuerbare Wärmeerzeugung von Mehrfamilienhäusern	Energieberater, Wohnungswirtschaft, Stadtwerke, Vortrag, 16 Teilnehmer	Peter Pärtsch, ISFH	keine Veröffentlichung bekannt
SOLAR Summer School	Seminar, 09.02.2023 Hameln	Photovoltaik-Thermie (PVT) als Energiequelle für Wärmepumpensysteme	Studierende und Doktoranden Vortrag 30 Teilnehmer	Bharat Chhugani, ISFH	https://www.solar-summer-school-luh.de/

PVT - an innovative solar technology producing renewable heat & electricity	Solar Heat Europe, 13.12.2022 online	PVT collectors - technology review	Solar Heat Europe members, stakeholders from Brussels, Vortrag	Korbinian Kramer, ISE	http://solarheat-europe.eu/tag/pvt/
32. Symposium Solarthermie und innovative Wärmesysteme	Symposium, 04.05.2022 Bad Staffelstein	Betriebsanalyse von PVT-Systemen im Feld	Planer / Energieberater / Wissenschaft Vortrag, 150 Teilnehmer	Sebastian Helmling, FHG ISE	https://www.solarthermie-symposium.de/
Solarthermie-Symposium 2020	Symposium, online, 14.05.2020	Initiative zur Marktabstimmung und Verbreitung von Anlagen zur thermisch-elektrischen Energieversorgung mittels PVT-Kollektoren und Wärmepumpen im Gebäudesektor-integraTE	Systemintegratoren / Komponentenhersteller und Solarthermieinteressierte Fachleute, Posterbeitrag 100 Teilnehmer	Sebastian Helmling, ISE	https://www.solarthermie-symposium.de/
3. Projektforum EnEff.Gebäude.2050	Tagung online Konferenz 17.06.2020	Initiative zur Marktabstimmung und Verbreitung von Anlagen zur thermisch-elektrischen Energieversorgung mittels PVT-Kollektoren und Wärmepumpen im Gebäudesektor-integraTE	Forschungsnetzwerk, Posterbeitrag und Vortrag 30 Teilnehmer	Peter Pärtsch, ISFH	https://projektinfos.energie-wende-bauen.de/forschung/begleitforschung/begleitforschung-eneffge-baeude2050/
TGA-Kongress	Tagung, 23.-24.05.2023 Berlin	Dekarbonisierung von Wärmeversorgungssystemen in BestandsEinfamilienhäusern durch PVTWärmepumpensysteme	Planer / Wissenschaft / Energieberater / Politik, Vortrag 250 Teilnehmer	Bharat Chhugani, ISFH	https://tga-kongress.de/

SHK+E Messe	Themenforum 19.03.2024 Essen	PVT- Wärmepumpensysteme in der Praxis: Marktentwicklung und Monitoring-Ergebnisse von Heizsystemen mit PVT-Kollektoren	Planer, Energieberater, Handwerker, allgemein Messebesucher Vortrag 10 Teilnehmer	Bärbel Epp, Direktor von Solrico	https://www.shke-es-sen.de/branchentreff/
SHK+E Messe	Themenforum 19.03.2024 Essen	Klimaneutrale Wärmeversorgung durch Sole-Wärmepumpen mit PVT- Modulen und Erdwärmesonden	Planer, Energieberater, Handwerker, allgemein Messebesucher Vortrag 10 Teilnehmer	Mirko Köhler, Business Development Manager, Sunmaxx PVT GmbH	https://www.shke-es-sen.de/branchentreff/
SHK+E Messe	Themenforum 19.03.2024 Essen	PVT- Kollektoren: die leise Energiequelle für die Wärmepumpe	Planer, Energieberater, Handwerker, allgemein Messebesucher Vortrag 12 Teilnehmer	Cees Mager, Geschäftsführer, Triple Solar	https://www.shke-es-sen.de/branchentreff/
SHK+E Messe	Themenforum 19.03.2024 Essen	PVT- Wärmepumpen-Systeme: Ökologischer und ökonomischer Vergleich von verschiedenen Heizsystemen mit und ohne PVT- Kollektoren	Planer, Energieberater, Handwerker, allgemein Messebesucher Vortrag 14 Teilnehmer	Bharat Chhugani, Doktorant beim Institut für Solarenergieforschung Hameln (ISFH)	https://www.shke-es-sen.de/branchentreff/
LEUPHANA Universität in Koop. mit Solarförderverein Lüneburg	Themenforum 28.05.2024 Lüneburg	Strom und Wärme gleichzeitig vom Dach: was können Hybridkollektoren (PVT) leisten?	Planer, Energieberater, Handwerker, Vortrag und Podiumsdiskussion, 60 Teilnehmer	Peter Pärtsch (ISFH) mit Christian Holst (TWL)	keine Veröffentlichung bekannt

Jahrestreffen Nordso-lar	Vortrag, 24.02.2023 Lübeck	Solarthermie und Wärmepumpe?	Planer, Energieberater, Handwerker, Vortrag, 30 Teilnehmer	Peter Pär-isch, ISFH	keine Veröffentlichung bekannt
"Photovoltaic/Thermal Technologies and Applications for the Nordics" conference	Vortrag, 23.- 24.05.2024 Lyngby, Dänemark	The future of PVT in the Nordics	Planer / Wissenschaft / Energieberater / Politik, Vortrag und Diskussion, 20 Teilnehmer	Korbinian Kramer (ISE)	keine Veröffentlichung bekannt
Energie-wende Bauen digi-tales Fokus-tref-fen Sa-nierung	Vortrags-reihe und Fachaus-tausch 04.10.2022 online	integraTE - Projekt-vorstellung und Mo-nitoring-ergebnisse	Planer / Energiebe-rater / Poli-tik / Wissen-schaft, Vortrag, 150 Teil-nehmer	Sebastian Helmling, FHG ISE	keine Veröffent-lichung bekannt
Gebäu-deenergie-beraterInge-nieure und Handwerk - Bundesver-band (GIH)	Webinar, 12.05.2022 online	integraTE - Projekt-vorstellung und Mo-nitoring-ergebnisse	Energiebe-rater, Archi-tekten, In-genieure, Vorträge, 150 Teil-nehmer	Sebastian Helmling, ISE Peter Pär-isch, ISFH Rainer Büs-ser, eVera	keine Veröffent-lichung bekannt
Bauzentrum München - Wärme-zeugung mit Solarstrom	Webinar, 26.10.2022 online	PVT - Eine alterna-tive Wärmequelle	Endkunden, Energiebe-rater, Archi-tekten, Vortrag 230 Teil-nehmer	Peter Pär-isch (ISFH)	https://down-load.bauzent-rum-muen-chen.de/in-dex.php/cate-gory/441-2022-10-26-forum-waermerversor-gung-mit-pv.html
Kombina-tion von WP&PVT: Verschie-dene An-wen-dungs-und Ergän-zungsmög-lichkeiten	Webinar, 12.01.2023 online	PVT- Wärmepumpen-Sys-teme in der Praxis – Strom und Umwelt-wärme vom Dach	Gebäu-deenergie-berater In-genieure Handwerker, Vortrag 150 Teil-nehmer	Sebastian Helmling, FHG ISE	keine Veröffent-lichung bekannt

Webinar mit dem Verband der Gebäudeenergieberater (GIH)	Webinar, 20.04.2023 online	PVT-Wärmepumpensysteme für die optimale Nutzung von Solarenergie und Umweltwärme	Energieberater und TGA Planer, 3 Vorträge, 122 Teilnehmer	Korbinian Kramer, ISE Peter Pärtsch, ISFH Markus Jolly, Evera	https://login.yours-ecurecloud.de/f/ea9ab-baed68044b5b2ca/
Fortbildungswebinar in Kooperation mit dem Planungsbüro Emutech (https://emutech.de/)	Webinar, 08.05.2023 online	PVT-Wärmepumpensysteme für Wohnkomplexe und Nichtwohngebäude	Ingenieure und Planer 3 Vorträge 18 Teilnehmer	Bärbel Epp, solrico Cees Mager, Triple Solar Carsten Grobe, TGA Planungsbüro Carsten Grobe	keine Veröffentlichung bekannt
Solarzentrum Berlin "Berlin spart Energie"	Webinar, 11.10.2023 online	PVT-Kollektoren: eine Wärmequelle für Wärmepumpen im Bestand	Endkunden, Energieberater, Architekten, Vortrag, 113 Teilnehmer	Peter Pärtsch, ISFH Gerhard Müller, Consolar Mirko Kühler, Sunmaxx	https://www.berlin-spart-energie.de/veranstaltung.html?show_event=239&cash=66355b53657042b1296ade6cffaa0d9d
Werlter Themenabend organisiert von 3-N	Webinar 09.01.2024 online	PVT-Kollektoren als Wärmequelle für Wärmepumpen	Endkunden, Energieberater, Architekten, Vortrag, 59 Teilnehmer	Peter Pärtsch, ISFH	https://www.3-n.info/werlter-themen-abende.html
Gebäudeenergieberater ('GEB) Redaktion	Webinar, 16.01.2024 online	PVT-Technologie im Kommen: Marktentwicklung und Klimaschutz-Potential PVT-Wärmepumpen-Systeme: Was wir aus dem Monitoring lernen können? PVT Anwendungen in der Praxis - auch zur Nachrüstung von bestehenden PV-Anlagen	Energieberater, Leser der Zeitschrift Gebäudeenergieberater (GEB), Vorträge, 260 Teilnehmer	Bärbel Epp (solrico) Korbinian Kramer (ISE) Markus Jolly (Evera)	https://events.getntner.de/frontend/de/#/catalog/course/1454616?key=s0785k68ydt02s04xposr4hjp8fswjq8jdg

Aktionskreis Energie e.V	Webinar, 19.03.2024 online	„PVT – Stand der Technik und Marktintegration“	PlanerInnen, EnergieberaterInnen, MitarbeiterInnen aus Handwerksbetrieben oder Gebäudeverwaltungen, Vortrag, 100 Teilnehmer	Korbinian Kramer (ISE) Andreas Siegemund (consolar)	https://aktionskreis-energie.de/events/pvt-systeme/
Klimaschutz- und Energieberatungsagentur Heidelberg	Webinar, 03.06.2024 online	Einführung in PVT-Wärmepumpensysteme und Vorstellung des Wärmepumpen-Vergleichs-Tools	Energieberater, Vortrag, 25 Teilnehmer	Bharat Chhugani (ISFH) mit Bärbel Epp (solrico)	keine Veröffentlichung bekannt
PVT- Wärmepumpensysteme in der Praxis	Webinar, 04.09.2024 online	Klimaschutz durch PVT- Wärmepumpen-Systeme, Vermessene PVT- Wärmepumpen-Systeme, PVT- Wärmepumpen-Systeme	Energieberater, Vortrag und Diskussion, 70 Teilnehmer	Peter Pärtsch (ISFH), Korbinian Kramer (ISE), Bharat Chhugani (ISFH)	keine Veröffentlichung bekannt

Hierdurch konnte die Sichtbarkeit und Marktdurchdringung von PVT-Wärmepumpensystemen sehr positiv beeinflusst werden. Unerlässlich für diesen Erfolg war der im Vorfeld intensiv erfolgte Aufbau von Verbandskooperationen.

Im Folgenden wird eine Auswahl von Veranstaltungen näher beschrieben.

- **Forum Wärmepumpe**

Das Forum Wärmepumpe wird vom Bundesverband Wärmepumpe (BWP) organisiert und ist eine jährlich in Berlin stattfindende Vortrags-Veranstaltung mit Teilnehmern aus Politik, Wissenschaft, Wirtschaft und Behörden, und einem Ausstellerforum mit einigen Ständen, an denen sich das Publikum während der Pausen informieren kann. Es werden politischen Rahmenbedingungen und Markttrends diskutiert, Innovationen vorgestellt und Netzwerke gepflegt. Neben der Präsenzveranstaltung fand auch eine online-Übertragung statt, so dass über 200 Teilnehmer erreicht wurden.

Im Rahmen der Projektlaufzeit erfolgte seitens des Marketing-Teams eine zweimalige Beteiligung am Forum Wärmepumpe. Am 19. Forum Wärmepumpe vom 24. bis 25.11.21 trugen Bärbel Epp (Solrico) und Jens Kater, Geschäftsführer Enertech GmbH, CTC Giersch, im Programmschwerpunkt „Wärmepumpe kommunal und urban“ in einem Tandemvortrag mit dem

Titel: „Hocheffizientes Heizsystem für Wohnblocksanierung in Frankfurt Fechenheim“, im Themenblock 1: „Sanierung/ Modernisierung von Quartieren mit Erdwärme oder Grundwasser, Projektvorstellungen, Diskussion“ vor, siehe Abbildung 56:



Abbildung 56: Bärbel Epp (Solrico) und Jens Kater (Enertech GmbH, CTC Giersch)

Im Rahmen des Wärmepumpenforums gab es neben der Vortragsveranstaltung des weiteren ein Ausstellerforum. Hier konnte das Projekt integraTE an einem eigenen Stand präsentiert werden. Die Projektmitarbeiterinnen Bärbel Epp (Solrico) und Claudia Scholl-Haaf (IGTE Universität Stuttgart) standen hier für Gespräche und Informationen rund um integraTE den Forumsteilnehmern zur Verfügung. Rechtzeitig für diese Veranstaltung konnte im Rahmen der Erstellung des Marketing-Materials sowohl ein Roll-Up als Aufsteller hinter dem Stand, als auch der Projektinfolyer als gedrucktes Handout für Interessenten fertiggestellt werden, siehe Abbildung 57, Abbildung 58, Abbildung 59 und Abbildung 60.



Abbildung 57: Projektinfolyer



Abbildung 59: Diskussion von interessiertem Fachpublikum während des Forums am integraTE-Stand



Abbildung 60: Claudia Scholl-Haaf (re) und Bärbel Epp (li) am integraTE-Stand



Abbildung 58: Roll-Up im Hintergrund des Projektinfostandes

Weiterhin stand den Besuchern zur Veranschaulichung ein von einem der Hersteller zur Verfügung gestelltes PVT-Kollektor-Modell zur Verfügung.

Vom 8. bis zum 9. November 2023 beteiligte sich das IntegraTE-Team ein zweites Mal am Wärmepumpenforum. Eigens für diese Veranstaltung wurden aktualisierte Projektinfolyer gedruckt. Die Resonanz bzgl. des Interesses an dem Projekt IntegraTE war sehr positiv und es konnten daneben viele Kontakte für evtl. zukünftige projektspezifische Aktivitäten gewonnen werden.

- **Woche der Umwelt**

Im Juni 2024 hat die deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) zusammen mit dem Bundespräsidenten Frank-Walter Steinmeier ins Schloss Bellevue zur Woche der Umwelt nach Berlin eingeladen. Im Vorfeld wurde mit dem IGTE der Uni Stuttgart ein IntegraTE-Partner von der DBU angefragt, sich hieran aktiv durch die Organisation eines Fachforums zu beteiligen. Daraufhin wurde am 05.06.2024 eine Podiumsdiskussion zum IntegraTE-Thema „PVT und Wärmepumpe“ mit dem Titel „Energieversorgung der Zukunft: Dream-Team PVT & Wärmepumpe - Strom, Wärme und Kälte aus Sonnenenergie“ organisiert (Abbildung 61).



Abbildung 61: Fachforum zum Thema PVT + Wärmepumpe

Als Expertinnen für dieses Thema konnten aus dem Konsortium des Projekts Charlotte Brauns vom Bundesverband Solarwirtschaft, Katja Weinhold vom Bundesverband Wärmepumpe und Kristina Hahn vom PVT-Hersteller Consolar Solare Energiesysteme als Diskussionsteilnehmerinnen gewonnen werden, genauso wie Dr. Harald Drück vom IGTE der Uni Stuttgart, der die Seite der Wissenschaft vertrat. Die Panellisten stellten sich den Fragen von Moderatorin Claudia Scholl-Haaf, ebenfalls vom IGTE der Universität Stuttgart, und standen dem Publikum Rede und Antwort.

Darüber hinaus wurde als Informationsgrundlage gemeinsam eine Präsentation erarbeitet und gezeigt.

Die Woche der Umwelt fand im Garten des Schloss Bellevue statt, wobei sich die einzelnen Fachforen jeweils in einem eigenen Zelt präsentierten (Abbildung 63).



Abbildung 62: C. Scholl-Haaf (IGTE), Dr. Harald Drück (IGTE), Charlotte Brauns (BSW), Katja Weinhold (BWP), Kristina Hahn (Consolar)



Abbildung 63: IntegraTE-Panelteilnehmende im Fachforumzelt

Im Anschluss an die Veranstaltung wurde auch in den Social-Media-Kanälen über das Event berichtet (siehe Abbildung 64 und Abbildung 65).

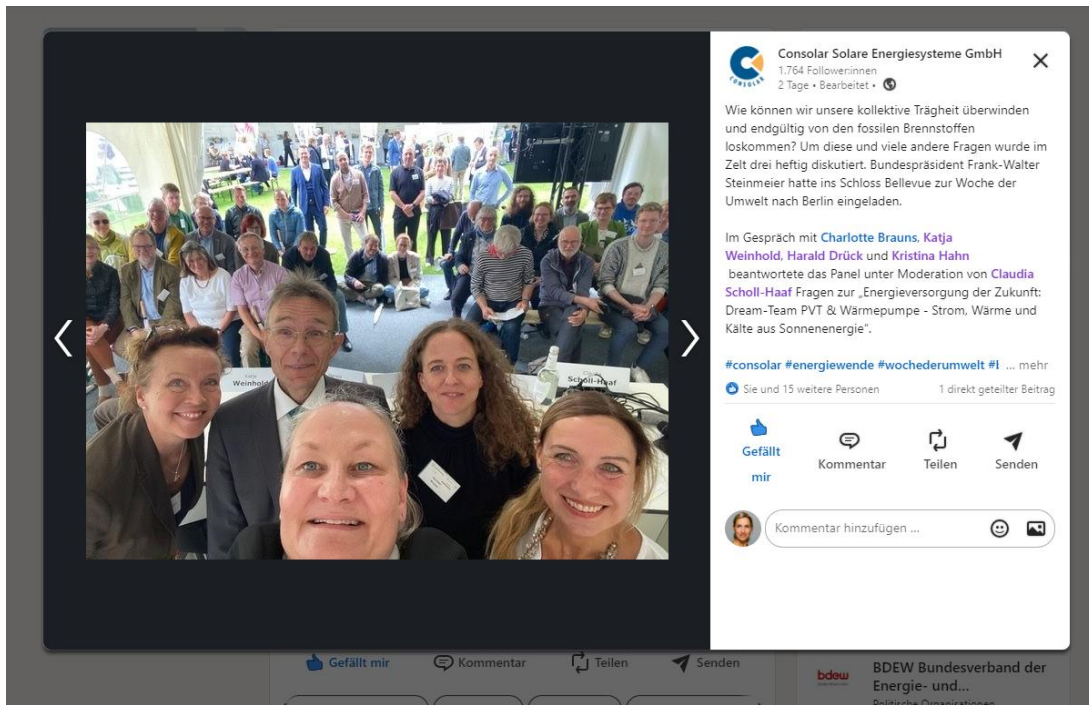


Abbildung 64: Beitrag Nummer 1 auf LinkedIn

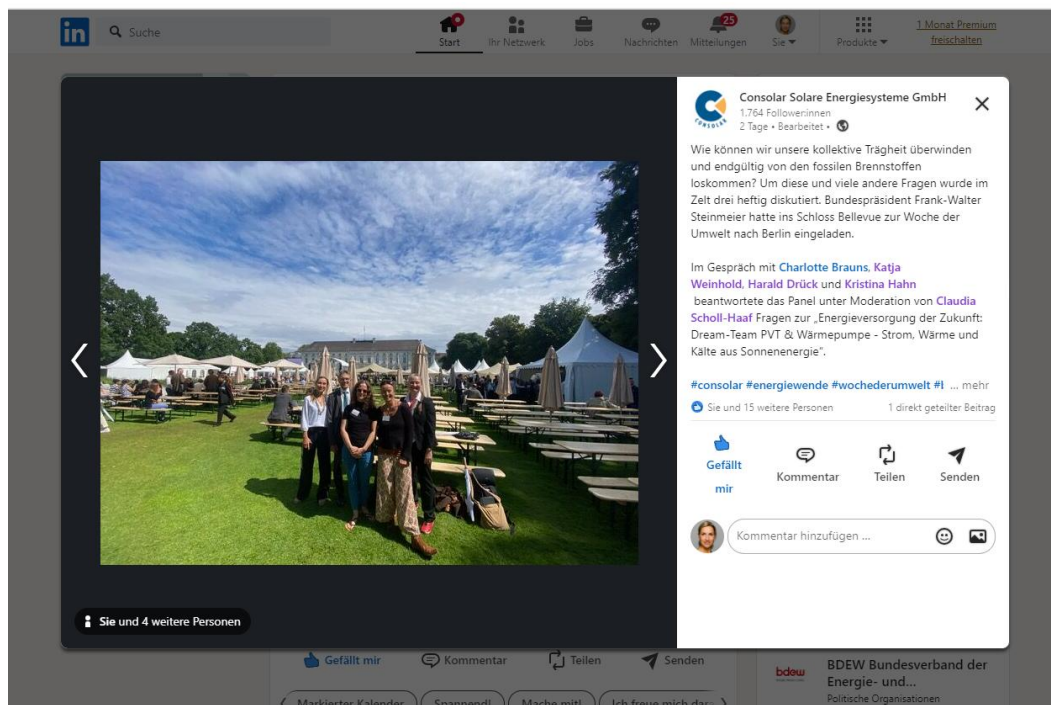


Abbildung 65: Beitrag Nummer 2 auf LinkedIn

Das Forum auf der Woche der Umwelt erfuhr eine sehr positive Resonanz mit ca. 40 Besucherinnen und Besuchern, die zu einer angeregten Diskussion beitrugen. Insgesamt haben rund 12.000 Besucher die Veranstaltung „Woche der Umwelt“ besucht, auf der auch 190 Ausstellende Praxisbeispiele aus Forschung, Technik und Wirtschaft präsentierten.

Weitere Vorträge und Webinare:

Während der Projektlaufzeit konnten zahlreiche Webinare mit Fachverbänden der Wohnungswirtschaft und mit Verbänden aus dem Bereich Energieberater realisiert werden.

Ein Intensiver Austausch entstand bspw. mit den Teilnehmern bei den drei Fachaustausch-Tagungen in Präsenz organisiert von der Verbraucherzentrale Bundesverband e.V. mit der Zielgruppe Energieberater. Bei allen drei Tagungen hatte das IntegraTE-Team jeweils 2 Stunden Zeit, die Teilnehmer über PVT-Wärmepumpensysteme zu informieren. Dabei wurden Grundlagen, Fallbeispiele sowie Simulationsergebnisse vorgestellt und oftmals intensive über die vielen Fragen diskutiert.

- **Messeaktivitäten**

Im Projektverlauf erfolgte die Präsentation von PVT-Wärmepumpensystemen auf vier Messen (siehe Tabelle 15) mit dem Ziel der Bekanntmachung dieser Systeme in der breiten Fachöffentlichkeit.

Tabelle 15: besuchte Messen im Rahmen des Projektverlaufs

Messe	GET Nord 17.-19.11.2022 in Hamburg	Light & Building 05.-07.03.2024 in Frankfurt	SHK Essen 19.-22.03.2024 in Essen	IFH-Intherm 23.-26.04.2024 in Nürnberg
IntegraTE-Aktivität	Eigener IntegraTE-Stand an allen drei Messetagen – Gegengeschäft mit Messegesellschaft	Ausstellungsfläche auf Gemeinschaftsstand Energiewendebauen, organisiert von der Deutschen Gesellschaft f. Solar-energie DGS	Eigener IntegraTE-Stand auf allen vier Messetagen – Gegengeschäft mit Messegesellschaft	Eigener IntegraTE-Stand auf allen vier Messetagen – Gegengeschäft mit Messegesellschaft

Im Rahmen der Fachmesse GET Nord wurde integraTE im November 2022 die kostenfreie Bereitstellung eines Messestands durch die Messeorganisation gewährt, sodass ausschließlich Aufwendungen für die Standausstattung entstanden. PVT-Wärmepumpensysteme wurde durch einen Rollup, den PVT-Infofilm und vier für diesen Anlass konzipierte Poster (Abbildung 66) vorgestellt. Diese für die Messe konzipierten Marketingmaterialien wurden ebenfalls für die nachfolgenden Messeauftritte genutzt.

Doppelt Sonne für vierfachen Ertrag

FACHWERK (DREI-MULTIFAM)
Ein dreigeschossiges Fachwerkhäuser mit PVT-Wärmepumpensystem und PV-Modulen auf dem Dach.

WOLKENSTRICH (DREI-MULTIFAM)
Ein dreigeschossiges Wohnhaus mit PVT-Wärmepumpensystem und PV-Modulen auf dem Dach.

HAUS IM GARTEN (DREI-MULTIFAM)
Ein dreigeschossiges Wohnhaus mit PVT-Wärmepumpensystem und PV-Modulen auf dem Dach.

BAROCKER SATTLER
Ein barockes Wohnhaus mit PVT-Wärmepumpensystem und PV-Modulen auf dem Dach.

ALTBAU (DREI-MULTIFAM)
Ein altes Wohnhaus mit PVT-Wärmepumpensystem und PV-Modulen auf dem Dach.

REINSTEIN
Ein modernisiertes Wohnhaus mit PVT-Wärmepumpensystem und PV-Modulen auf dem Dach.

KONTAKT: Claudia Storz (E-Mail: c.storz@pvt-energy.de) | www.pvt-energy.de

Poster 1: Übersicht Case Studies

Bis zu 60 % weniger CO₂-Emissionen als ein Gaskessel

KLIMASCHUTZ DURCH PVT-WÄRMEPUMPEN-SYSTEME

System	CO ₂ -Emissionen (t/a)	Einsparung (%)
Gas	2.500	-
Wärmepumpe (Referenz)	1.500	40%
PVT-Wärmepumpe	1.245	50%
Wärmepumpe (Optimiert)	1.070	58%
PVT-Wärmepumpe (Optimiert)	800	68%

SMARTES HEIZSYSTEM ERFÜLLT KLIMASCHUTZZIELE

Von 2020 bis 2030* **-43%** CO₂

Von 2020 bis 2040* **-83%** CO₂

KONTAKT: Claudia Storz (E-Mail: c.storz@pvt-energy.de) | www.pvt-energy.de

Poster 2: CO₂-Einsparung zu Referenzanlage

Stille Energiequelle für die Wärmepumpe

Seit Dezember 2020 versorgt eine PVT-Wärmepumpe im Mehrfamilienhaus die Heizung mit Strom und Wärme.

KONTAKT: Claudia Storz (E-Mail: c.storz@pvt-energy.de) | www.pvt-energy.de

Poster 3: Projekt „Mehrfamilienhaus“

Seniorentagesstätte heizt mit Solar- und Erdwärme

Die Senioren- und Tagesstätte in der Nähe von München ist die erste PVT-Wärmepumpe in einer Senioren- und Tagesstätte. Das System besteht aus PVT-Kollektoren auf dem Dach und einer Erdwärmepumpe im Keller. Die PVT-Kollektoren liefern 29.500 kWh_{th} und die Erdwärmepumpe liefert 6.000 kWh_{th} pro Jahr. Zusammen ergibt das eine Energieerzeugung von 35.500 kWh_{th} pro Jahr. Die PVT-Kollektoren verbessern die Effizienz der Wärmepumpe um 4,9 %.

KONTAKT: Claudia Storz (E-Mail: c.storz@pvt-energy.de) | www.pvt-energy.de

Poster 4: Projekt „Seniorentagesstätte“

Abbildung 66: Zusammenstellung der für die Messeaktivitäten konzipierten Poster

Darüber hinaus wurde der aktualisierte PVT-Infolyer und auch die Übersicht „Industriepartner mit Ansprechpartner in ausgedruckter Form an die Standbesucher verteilt. Von den Industriepartnern wurden Modelle ihre PVT-Elemente zur Verfügung gestellt, wobei das Publikum sich sehr interessiert an diesen Musterstücken zeigte.

Wertvolle Unterstützung erfuhr das Projektteam durch die Industriepartner, die mit Personal am Messestand unterstützen (siehe Abbildung 67):



Messestand



Standpersonal 1



Standpersonal 2



Standpersonal 3

Abbildung 67: Impressionen vom Messestand

Der PVT-Infofilm wurde als Video auf einem Bildschirm auf jedem IntegraTE-Messestand vorgeführt.

Im Rahmen der Messe GET Nord wurde auch auf dem Energy Forum ein 30-minütiger Vortrag gehalten (siehe Abbildung 68), der gut besucht war und zu einigen Nachfragen am Stand führte. Titel des Vortrages war „Solarstrom plus Solarwärme: PVT-Kollektoren als Quelle für Wärmepumpe“.



Abbildung 68: IntegraTE-Vortrag von Bärbel Epp (Solrico) auf dem Energy Forum

Am Messestand konnten folgende Zielgruppen als Repräsentanten der Besucher bzw. Gewerke und Institutionen identifiziert werden: Planer, Energieberater, Installateure und Fachhandwerker, Berufsschullehrer und -schüler, Stadtwerke, Stadtreinigung Hamburg, Energieberater, Vertreter von Handwerkskammer /Energiebauzentrum, Firmenvertreter, die nach neuen Energieversorgungskonzepten suchen und Privatleute (Ein- und Mehrfamilienhausbesitzer).

Darüber hinaus ergaben sich weitere interessante Kontakte, bspw. zu dem BKW Engineering Netzwerk (<https://www.bkw-engineering.com/de>), ein Netzwerk von 157 Ingenieurbüros in der DACH-Region.

Ein weiteres Resultat der Messepräsenz war der Vortrag: „Technik und Funktion von hybriden PVT-Modulen“ von Sebastian Helmling, Ergebnis einer Referentenanfrage für einen Workshop „Kombination von WP&PVT“ des ELBCAMPUS, eines Kompetenzzentrums der Handwerkskammer Hamburg.

Im März 2023 fand die ISH, die internationale Messe für Sanitär-, Heizungs- und Klimatechnik, in Frankfurt am Main statt. Auf der ISH wurde das Projekt IntegraTE durch folgende IntegraTE-Partner von der Herstellerseite vertreten: Bosch Thermotechnik GmbH – Buderus, Consolar Solare Energiesysteme GmbH & Co. KG, GIERSCH Enertech GmbH, NIBE Systemtechnik GmbH und Triple Solar BV. Eigens für die ISH wurde der Projektinfolyer aktualisiert und in gedruckter Form den Herstellern zur Verteilung an die Messebesucher zur Verfügung gestellt, Abb. 70:

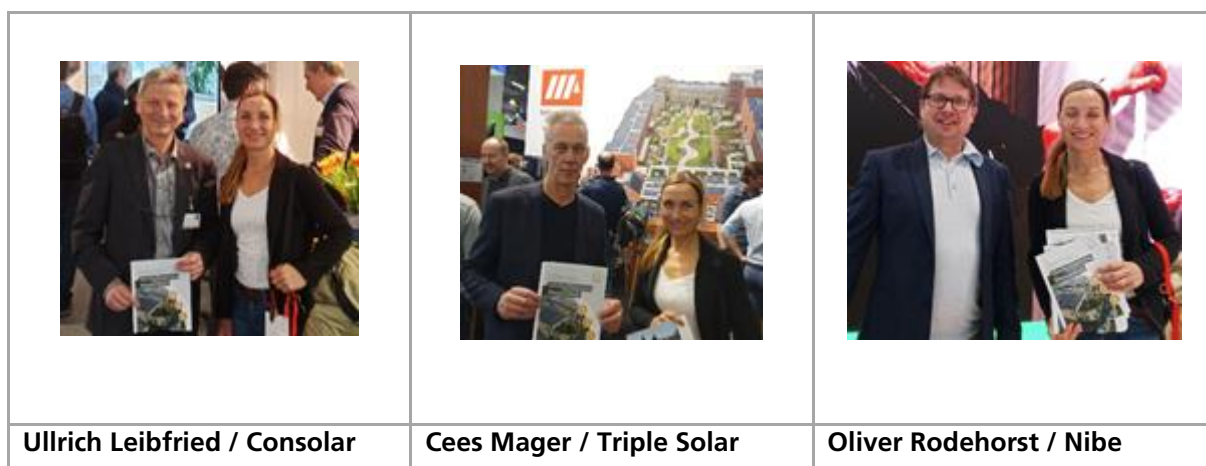
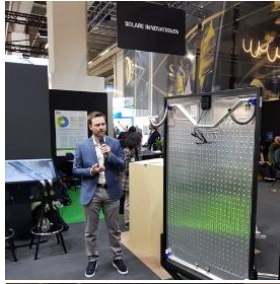


Abbildung 69: druckfrisch: aktualisierter Projekt-Infolyer wurde auf der ISH verteilt

Im Rahmen der Fachmesse Light + Building im März 2024 in Frankfurt fand auch der 4. Energiewendebauen-Kongress statt. Die Forschungsinitiative Energiewendebauen stellte einen Gemeinschaftsstand zur Verfügung, welcher von der Deutschen Gesellschaft für Solarenergie (DGS) organisiert wurde. Die Projektinitiative IntegraTE war im Bereich „Solare Innovationen“

zum Thema PVT-Kollektoren mit einem PVT-Element von dem Projektfirmenpartner PA-ID Process GmbH über die gesamte Messe auf dem Gemeinschaftsstand vertreten (siehe Abbildung 70).



Jan Rettinger von PA-ID Process GmbH repräsentierte PVT / IntegraTE und war im Bereich „Solare Innovationen“ mit einem PVT-Element von über die gesamte Messe auf dem Gemeinschaftsstand vertreten.



Kurzvortrag von Jan Rettinger von Pa-ID beim Kongress vor rund 150 Leuten



Messerundgang Mittwochnachmittag 5. März 2024 zum Thema „Solares Bauen“ mit einer PVT-Station auf dem Stand von Buderus/Conso-lar mit rund 30 Interessenten

Abbildung 70: Eindrücke vom 4. Energiewendebauen-Kongress im Rahmen der Fachmesse Light + Building

Darüber hinaus fand ein Vortragsblock zu PVT-Kollektoren innerhalb der Speaking-Corner am 05.03.2024 mit vier Interviews statt, bei denen IntegraTE Partner von Bärbel Epp (solrico) 30 Minuten lang in einer lockeren Gesprächsatmosphäre interviewt wurde (siehe Tabelle 16)

Tabelle 16: Vortragsblock zu PVT-Kollektoren innerhalb der Speaking-Corner des 4. Energiewendebauen-Kongress im Rahmen der Light + Building

Uhrzeit	Interviewpartner	Angekündigter Titel für das Let´s Talk Interview
14:00 Uhr	Dr. Korbinian Kramer, Projektleiter IntegraTE und Gruppenleiter beim Fraunhofer ISE, Freiburg	Welche Schlüsse können wir aus dem mehr-jährigen Monitoring von PVT-Wärmepumpensysteme in Einfamilienhäusern ziehen?
14:30 Uhr	Jan Rettinger, Leiter Vertrieb (Beratung und Verkauf), PA-ID Process GmbH, Kleinostheim	PVT-Wärmepumpensysteme in Mehrfamilienhäusern: Herstellung und Einsatz von 2Power Elementen

15:00 Uhr	Andreas Siegemund, Geschäftsführer und Gesellschafter für Marketing und Vertrieb, Consolar Solare Energiesysteme, Frankfurt	Solar- und Umweltwärme effizient nutzen: Unter welchen Randbedingungen können PVT-Kollektoren die alleinige Wärmequelle für eine Sole-Wärmepumpe sein?
15:30 Uhr	Markus Jolly, Geschäftsführer von eVERA GmbH, Saarbrücken	PV-Anlagen mit thermischen Absorbern nachrüsten: Wie PVT-Elemente den Weg zur Klimaneutralität im Wohnbestand unterstützen?

- **Messe SHK Essen 19. bis 22. März 2024**

Die SHK+E ESSEN ist eine Fachmesse für Sanitär, Heizung, Klima und Elektro, die seit über 50 Jahren im Westen von Deutschland aktiv ist. Sie hat sich zu einer bedeutenden Messe im Sanitär-Heizung-Klima-Sektor etabliert, auf der sich Interessengruppen aus Handwerk, Installation, Planung und Beratung aus vornehmlich aus Westdeutschland, BeNeLux sowie Frankreich treffen. Rund 30.000 Fachbesucher kamen vom 19. bis 22. März 2024 in die Messe Essen, auf der 330 Aussteller aus 16 Ländern über Neuigkeiten informierten.

Das IntegraTE-Team war auf der SHK+E in Essen mit einem eigenen Messestand vertreten. Außerdem wurden vom Team insg. vier Vorträge zum Thema PVT-Kollektoren und Wärmepumpen auf dem Themenforum gehalten (Abbildung 71, Abbildung 72, Abbildung 73, Abbildung 74).

Tabelle 17: Übersicht Standbetreuung und Vortragende auf der Messe SHK+E Essen

SHK Essen	19.03.2024	20.03.2024	21.03.2024	22.03.2024
Standbetreuung	Bärbel Epp, solrico Mirko Köhler, Sunmaxx PVT Hans Biehler, selbstständiger Berater mit Schwerpunkt PVT	Bärbel Epp, solrico Mirko Köhler, Sunmaxx PVT Denis Höltje, nD-System	Mirko Köhler, Sunmaxx PVT CEES Mager, Triple Solar	Claudia Scholl-Haaf, ITGE Cees Mager, Triple Solar Frank Obernitz; Triple Solar
Vorträge auf Infotainment-Fläche	11:30 bis 11 Uhr Uhr Bärbel Epp, solrico 14:00 bis 14:30 Uhr Uhr Mirko Köhler, Sunmaxx PVT			Längerer PVT-Themenblock für IntegraTE 10:30 Uhr Cees Mager, Triple Solar 11:30 Uhr Bharat Chhugan, ISFH

Der Vortrag von Cees Mager von Triple Solar hatte den Titel „PVT-Kollektoren: die leise Quelle für die Wärmepumpe“:



Abbildung 71: Vortragender Cees Mager, Geschäftsführer von Triple Solar, ein Firmenpartner von IntegraTE

Der Messestand war mit Übersichtspostern und einem Bildschirm ausgestattet, auf dem ein eigens für das Projekt IntegraTE erstelltes Video zur anschaulichen Erläuterung des Energieversorgungssystems PVT-Kollektoren zusammen mit Sole-Wasser-Wärmepumpen in einer Dauerschleife gezeigt wurde. Außerdem wurde der Projektinfolyer vor der Messe aktualisiert und in ausgedruckter Form ebenfalls angeboten. Darüber hinaus konnte das interessierte Publikum an Musterstücken der beteiligten Hersteller verstehen und begreifen, wie ein PVT-Kollektor in Realität aussieht und funktioniert. Der Stand war immer mit mindestens zwei Personen aus dem IntegraTE-Team besetzt, wie folgende Bilder unterstreichen:



Abbildung 72: Mirko Köhler vom Firmenpartner Sunmaxx PVT



Abbildung 73: Denis Höltje vom Firmenpartner nD-Systems GmbH



Abbildung 74: Claudia Scholl-Haaf, IGTE Uni Stuttgart, Cees Mager und Frank Obernitz, beide von Triple Solar

- **Messe IFH-Intherm 23. bis 26. April 2024 in Nürnberg**

Im April 2024 fand die Messe IFH-Intherm, Fachmesse für Sanitär, Haus- und Gebäudetechnik, im Messezentrum Nürnberg mit insg. 37.500 Besuchern und 414 Ausstellern aus 17 Ländern statt. Das Team des Projektes IntegraTE war hier sowohl mit einem Messestand als auch durch Vorträge auf dem Forum vertreten (siehe Tabelle 18)

Tabelle 18: Übersicht Standbetreuung und Vorträge auf Messe IFH Intherm in Nürnberg

IFH Nürnberg	23.04.2024	24.04.2024	25.04.2024	26.04.2024
Standbetreuung	Claudia Scholl-Haaf, ITGE Uni Stuttgart Gerhard Müller, Consolar	Claudia Scholl-Haaf, ITGE Uni Stuttgart Denis Höltje, nD-System	Bärbel Epp, Solrico Lars Heinrich, Nibe	Bärbel Epp, solrico Lars Heinrich, Nibe Gerhard Müller, Consolar
Vorträge auf dem Forum in Halle 4	-----	15 bis 15:30 Denis Höltje von nD-System	13:30 bis 14 Uhr Horst Rodehorst, Nibe	-----

Titel der Vorträge IntegraTE im Rahmen des ifh Intherm Forums:

Mittwoch, 24.04.2024:

- Denis Höltje, nD-System, Initiative IntegraTE:
Effizienzverbesserung für PV-Anlagen: Indachlösungen mit photovoltaisch-thermischen (PVT) Elementen, die Wärme und Strom für die Wärmepumpe liefern

Donnerstag, 25.04.2024:

- Oliver Rodehorst, NIBE, Initiative IntegraTE:
Wärmepumpensysteme mit photovoltaisch-thermischen (PVT) Kollektoren: Effizientes Heizsystem für Einfamilienhäuser

Impressionen vom Messestand und Forum:



Abbildung 75: Gerhard Müller/Consolar & Claudia Scholl-Haaf/IGTE Uni Stuttgart



Abbildung 76: Denis Höltje vom Firmenpartner nD-System mit Besucher



Abbildung 77: Denis Höltje, nD-System, als Vortragender auf dem Forum

Fazit zu den Messeauftritten

- Das Interesse des Messepublikums an PVT-Kollektoren war groß und der Aufklärungsbedarf ebenfalls
- Das Interesse der Industriepartner an einer Beteiligung an den Messen war groß. Einige nutzten es, um die ersten Kundenkontakte mit einer für sie noch neuen Technik einzugehen.

- Auf der SHK Essen gab es einige interessante Kontakte, wie bspw. zu Großhändlern und Berufsschullehrern, die sich weitere Infos wünschen.
- Ein Messestand mit einem Exponat in Form eines PVT-Elementes ist interessanter für das Laufpublikum als ein reiner Infostand (der Messestand an Tagen mit Exponat waren immer besser besucht als der Messestand an Tagen ohne Exponat).
- Die Kernzeit mit Publikumsverkehr auf dem Messestand ist zwischen 10 und 15 Uhr. Davor und danach war es meistens ziemlich ruhig auf dem Messetand.
- Auf der IFH Nürnberg waren neben dem IntegraTE-Stand drei Hersteller von PVT-Elementen jeweils mit einem großen Stand vertreten, also eine hohe Präsenz für eine Regionalmesse.
- Standplatz entscheidend für Besucher-Resonanz: Auf der Messe SHK-Essen war der Standort des Messestands am Rande und in Nebenhalle eher negativ. Auf der IFH Intherm in Nürnberg war der Messestand direkt am Forum und mitten zwischen den Herstellern sehr positiv platziert, was die höheren Besucherzahlen verdeutlichten.
- Auf der IFH Nürnberg waren neben dem IntegraTE Messestand drei Hersteller von PVT-Elementen mit einem großen Stand vertreten, also eine hohe Präsenz dieser neuen Heiztechnologie.
- Bedarf an Flyern je Messe ca. 150 - 200 Stück

5.3.6 Wikipedia-Eintrag

In der Projektantragsphase war ein Wikipedia-Eintrag zu PVT-Gebäudeenergieversorgungssysteme geplant, aber aufgrund der Tatsache, dass eine Vielzahl von Verbraucherinnen und Verbrauchern mit dem Terminus "PVT-Kollektor" noch nicht vertraut ist, wurde die Erstellung eines Wikipedia-Eintrags zum Thema „Photovoltaisch-thermischer Sonnenkollektor (PVT-Kollektor)“ in einer ersten Stufe priorisiert. Hierbei lag der Fokus darauf, einen möglichst prägnanten Überblick über das derzeit vorhandene Fachwissen darzustellen und den Beitrag möglichst verständlich zu verfassen.

Als Grundlage für den Wikipedia-Beitrag wurde der englische Wikipedia-Beitrag „Photovoltaik thermal hybrid solar collector“ gewählt, der im Rahmen der IEA SHC Task 60 „Application of PVT Collectors“ erstellt wurde. Dieser wurde ins Deutsche übersetzt, inhaltlich überarbeitet und aktualisiert und durch im Projekt integraTE erarbeitete Elemente wie Infografiken erweitert, siehe Website der Wissensplattform Wikipedia:

https://de.wikipedia.org/wiki/Photovoltaisch-thermischer_Sonnenkollektor

und folgende Abbildung 78:

The screenshot shows the Wikipedia article page for 'Photovoltaisch-thermischer Sonnenkollektor'. At the top, there is a search bar and the Wikipedia logo. The article title is 'Photovoltaisch-thermischer Sonnenkollektor' with a language dropdown set to '4 Sprachen'. Below the title, there are tabs for 'Artikel', 'Diskussion', 'Lesen', 'Bearbeiten', 'Quelltext bearbeiten', and 'Versionsgeschichte'. A red 'EB' icon indicates that the article is not sufficiently sourced. The main text explains that PVT collectors produce both electricity and heat from sunlight. A diagram on the right shows a solar panel with a sun icon, with arrows pointing to 'Solarstrom' and 'Solarwärme'.

Abbildung 78: Auszug Wikipedia- Eintrag „PVT-Kollektor“

Für einen eventuellen späteren Eintrag zu PVT-Gebäudeenergieversorgungssysteme bzw. PVT-Wärmepumpensysteme wurde ein Entwurf einer möglichen Systematik erarbeitet, siehe Abbildung 79:

Wikipedia-Eintrag zu:
PVT-Wärmepumpensysteme
 Systematik
 - ENTWURF -

INHALT:

1. Definition und Funktionsweise
2. Klassifizierung Wärmepumpensysteme
 - a. Luftwärmepumpen-System
 - b. Erdreich-/Grundwasser-gekoppeltes Wärmepumpensystem
 - c. PVT-Wärmepumpensystem
3. Systemvarianten von PVT- Wärmepumpensystemen –
weglassen, weil zu detailliert?
4. Vorteile – Nachteile
5. Diskussion
 - a. Strom prioritär für WP oder für HH?
 - b. Batterie: Unter welchen Bedingungen ist es sinnvoll?
 - c. verschiedene Gewerke: welcher Handwerker ist zuständig?
6. Bewertungskriterien / KPIs|
 - a. energetische
 - b. ökologische
 - c. ökonomische
7. Anwendung:
 - a. Neubau –Sanierung
 - b. Einfamilienhaus – Mehrfamilienhäuser
 - c. Öffentliche Nichtwohngebäude wie Schulen, Büros, etc.
8. Anwendungsbeispiele / Case Studies
9. Planungs- und Auslegungstools
10. Märkte
11. weitere Informationen
12. Quellen

Abbildung 79: Entwurf Systematik zu Wikipedia-Eintrag PVT-Wärmepumpensysteme

5.3.7 Übersicht Ansprechpartner der Industrie

Mittlerweile konnte durch die zahlreichen Veröffentlichungen der Fachartikel, durch Vorträge auf Veranstaltungen von Verbänden sowohl online als auch in Präsenz und auch durch die Veröffentlichungen über die eigens erstellte Website des Projekts integraTE eine große Außenwirkung und eine gute Resonanz erzielt werden. Hierdurch steigt auch die Anzahl derjenigen, die tiefere oder individuelle Fragen haben, die auf Veranstaltungen bspw. direkt beantwortet werden können, oder aber auch im Nachhinein telefonisch oder per E-Mail eintreffen. Das Ziel ist es, jede Frage beantworten zu können. Mit diesem Anspruch wurde eine Flyer-ähnliche Übersicht der Ansprechpartner der Industriepartner erstellt (siehe Abbildung 80).



Am Projekt „IntegraTE“ beteiligte Firmen



Unternehmen	Website	PVT- Wärme- pumpen System- Anbieter	Wärme- pumpen Hersteller	PVT- Kollektor- Hersteller	Planungs- dienst- leistungen	Ansprechpartner	E-Mail	Telefon
Architektur- und TGA- Planungsbüro Carsten Grobe Passivhaus	www.passivhaus.de				X	Juul Jasper Nave	j.nave@passivhaus.de	0049 (0)511 400 64940
Bosch Thermotechnik GmbH – Buderus	www.buderus.de	X	X		X	Markus Haan	markus.haan@buderus.de	0049 (0)172 6928583
Consolar Solare Energiesysteme GmbH	www.consolar.com			X	X	Konrad Herrmann	konrad.herrmann@consolar.de	0049 (0)69 740932821
DualSun	www.dualsun.com/fr/			X		customer support team	contact@dualsun.com	0033 4 1341 53 70
eVERA GmbH	www.evera-energy.eu/			X	X	Markus Jolly	m.jolly@evera.eu	0049 (0) 172 6715869
EVO Deutschland GmbH	www.teha4.de	X		X	X	Markus J. Schmidt	info@e.v.o.de	0800 250 50 50
Giersch Enertech GmbH	www.giersch.de/	X		X	X	Christian Krause	christian.krause@giersch.de	0049 (0)2372 965151
nD-System GmbH	www.nd-system.de			X	X	Matthias Beyersdorffer	m.beyersdorffer@nd-system.de	0049 511 515605 40
NIBE Systemtechnik GmbH	www.nibe.eu/de-de	X	X		X	Oliver Rodehorst	rodehorst@nibe.de	0049 (0)5141 7546 73
PA-ID Process GmbH	www.2power.de	X		X	X	Alban Heßberger	ahessberger@pa-id.de	0049 (0)6027/40728-42
SHES GmbH	www.shesolar.de/	X		X	X	Bernhard Boettcher	boettcher@shesolar.de	0049 (0) 170 937 88 27
SolarTech International	www.energiesak.nl	X		X	X	Alexander W.E. Schiebreek	awe.schiebreek@solartech-int.nl	0031 (0)40 888 2992
SOLVIS GmbH	www.solvis.de/		X	X	X	Anja Aschenbrenner	aaaschenbrenner@solvis.de	0049 (0)531 28904635
Splus2 GmbH	www.splus2.de			X		Peter Reimann	info@splus2.de	0049 (0)2166 9988643
Sunmaxx PVT GmbH	www.sunmaxx-pvt.com/			X	X	Mirko Köhler	mirko.koehler@sunmaxx-pvt.com	0049 (0)173 477 5897
Triple Solar BV	www.triplesolar.eu/en/	X	X	X		Bernd Laudahn	Bernd.Laudahn@triplesolar.eu	0031 (0)638302846

Kontakt Projekt IntegraTE: Claudia Scholl-Haaf, IGTE Uni Stuttgart, E-Mail: claudia.haaf@igte.uni-stuttgart.de

Stand 01.03.2023

Gefördert durch:

 Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz
 aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

Abbildung 80: Übersicht Ansprechpartner der Industriepartner

Hierzu wurde jeder Industriepartner einzeln angeschrieben, um konkrete Informationen zum gewünschten Ansprechpartner gebeten und um sein ausdrückliches Einverständnis der Veröffentlichung dieser persönlicheren Daten in schriftlicher Form.

5.3.8 Standardpräsentation als Vorlage für Vorträge

Parallel zur Erstellung des grafischen Materials, wurde eine Standardpräsentation als Vorlage für Vorträge über das Projekt IntegraTE erstellt, die flexibel je nach speziellem Anlass bzw. Thema individuell angepasst bzw. ergänzt werden kann. Die Präsentation ist in folgende Unterkapitel gegliedert: Einleitung, Bauformen von PVT-Kollektoren, Aktuelle Marktzahlen und Anwendungen, CO₂-Einsparungspotenziale von PVT-Wärmepumpensystemen gegenüber unterschiedlichen Referenzsystemen, Beispiele realisierter PVT-Wärmepumpensysteme/Referenzprojekte, Sonstiges (Verfügbarkeit, Installation, Herausforderungen, etc.). Sie umfasst ca. 50 Folien, die je nach Ausrichtung des aktuellen Vortrags diesen angepasst werden kann.

5.3.9 Zielgruppe Handwerker und Installateure

Im Hinblick auf die Erhöhung der Marktdurchdringung von PVT-Wärmepumpensystemen kommt der Zielgruppe „Handwerker und Installateure“ eine Schlüsselrolle zu, denn sie stellen oftmals das Bindeglied zwischen Herstellern und Endverbrauchern dar und fungieren als Berater für die Kunden. Vor diesem Hintergrund erwies es sich als essenziell, diese Akteure unter Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse zu informieren und so wurde zur Ermittlung dieser Bedürfnisse ein Meinungsbild dieser Zielgruppe durch die Methode „persönliche Interviews“ erstellt. Diese Akteursbefragung wurde aufgrund der Corona-Pandemie in Form von Telefoninterviews

durchgeführt und hatte das Ziel, die Einstellung von Handwerkern und Installateuren in Bezug auf die potenzielle Verwendung des Energieversorgungssystems PVT-Kollektoren und Wärmepumpe herauszufinden, um dann zielgruppen-spezifische Marketingmaßnahmen daraus ableiten zu können. Die Interviews erfolgten systematisch anhand eines Leitfadens, um vergleichbare Ergebnisse zu erhalten. Der Entwurf dieses Fragebogens wurde im Vorfeld an die Partner verschickt und abgestimmt.

Die Handwerker wurden durch Nachfrage bei Projektpartnern und vorhandene Kontakte ermittelt. So konnten 16 Installateurs-Betriebe unterschiedlicher deutscher Standorte (u. a. Bremen, Bielefeld, Köln, Petersberg /Thüringen, Stuttgart) mit insg. über 500 MitarbeiterInnen interviewt werden. Erwähnenswert ist die Verteilung der MitarbeiterInnen auf die Betriebe, denn gut 2/3 der Beschäftigten werden durch 3 Großbetriebe mit 50, 85 und 210 Mitarbeitern repräsentiert:

Tabelle 19: Verteilung der Beschäftigten auf die 16 Betriebe:

Anzahl Beschäftigte	unter 10	10 - 19	20 - 49	50 u. mehr
Anzahl Betriebe	5	4	4	3

Die Tätigkeitsfelder der Betriebe konzentrieren sich größtenteils auf den privaten Gebäudebestand und hier ca. gleichermaßen auf Ein- bzw. Mehrfamilienhäuser:

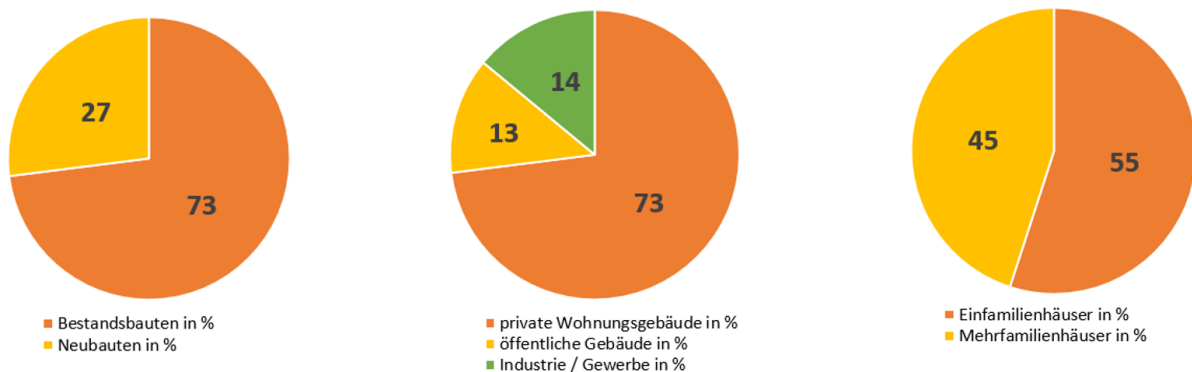


Abbildung 81: Tätigkeitsfelder der Betriebe

Im Folgenden sind die wichtigsten Ergebnisse aufgeführt:

Die befragten Heizungsbauer sehen in der Verwendung von PVT-Kollektoren folgende **Vorteile**:

- PV zusammen mit Thermie effizienter, da die Wärme der PV-Module abgeführt wird und somit eine höhere Leistung erzielt werden kann / Kühlung PV
- Höherer Ertrag pro Dachfläche erzielbar, als bei einzelner Nutzung der Technologien
- Oftmals knappe Dachfläche wird effizient genutzt zur Erzeugung von Wärme **und** Strom
- Rahmenbedingungen für staatl. Förderungen positiv
- „in Wohngebäuden wird beides benötigt, also auch beides erzeugen“
- schönere Optik und ästhetischer, da einheitliches Design
- kein Lärm

- substituiert Erdwärme

Sie äußerten folgende **Bedenken** bzgl. PVT-Kollektoren zusammen mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe:

- PVT-Kollektoren sind für Mehrfamilienhäuser im Bestand größer 6 Wohneinheiten nicht effizient, da Dachfläche relativ gesehen zu klein
- Rohrleitungen des Thermie-Teils müssen ab Dach verlegt werden --> zu aufwendig
- Problem: 3 Gewerke müssen sich abstimmen: Heizungsinstallateur – Elektriker – Klimatechniker
- Thermie-Teil: Wasser wird im Sommer zu heiß: Wohin mit der überschüssigen Wärme im Sommer? Überschüssigen Strom kann (einfach) ins Netz eingespeist werden, überschüssige Wärme nicht! („nur zusammen mit Schwimmbad sinnvoll!“)
- Thermie-Teil: Im Winter reicht die Wärme nicht aus für die WP!
- PVT-Kollektoren mit Erdsonden: Nur als Ergänzung und zur Regeneration, wenn sie bereits vorhanden sind, sinnvoll. „Bei Neuanlagen lege ich die Erdsonden so groß aus, dass keine PVT-Kollektoren gebraucht wird!“

Die Frage, ob in der Marketingkommunikation eher ökonomische oder ökologische Verkaufsargumente angebracht werden, ist wichtig bzgl. der Wertigkeit der im Projekt zu ermittelnden und darzustellenden Key Performance Indicators (KPIs). Die Abfrage diesbezüglich ergab, dass die Nachfrager grob in zwei Käufertypen eingeteilt werden können: die Gruppe, die sich aufgrund von Kostenaspekten für ein Wärme- und Stromversorgungssystem entscheiden, und diejenigen, die eher umweltorientiert handeln und ihr System aufgrund ökologischer Aspekte auswählen:

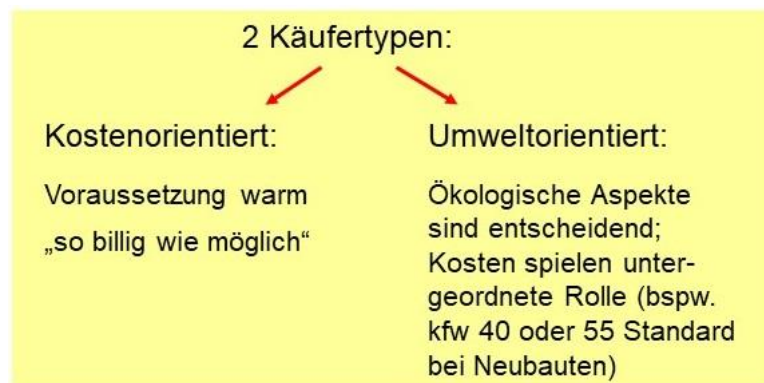


Abbildung 82: Schematische Unterscheidung von Käufer Typen

Neben dem Vergleich des CO₂-Ausstoßes der unterschiedlichen Systeme ist daher die Erstellung von Infografiken bzgl. Kosten gegenüber den Referenzsystemen, wie bspw. Gas bzw. WP + PV, besonders wichtig. Diese werden u. a. zukünftig von dem sich weiter entwickelnden CO₂-Preis entscheidend beeinflusst. Daher ist es ratsam, in zukünftigen Projekten im Rahmen von KPI-Analysen das Thema Wirtschaftlichkeit besonders in Fokus zu stellen. Hier sollte insbesondere die marketingtechnische Visualisierung derselben zur Veranschaulichung für die Zielgruppenbearbeitung erfolgen. Dazu müssten Daten bzgl. Preise erfasst werden, die ggf. durch Befragung der Hersteller als auch über Quellen wie KfW und BafA herauszufinden sind.

Des Weiteren wurde das Informationsverhalten der Handwerker abgefragt. Diese pflegen eine sehr enge Bindung zu den Herstellern, mit denen sie zusammenarbeiten, und informieren sich vornehmlich über diese bereits bekannten Kontakte, selbst, wenn es um neue Technologien geht.

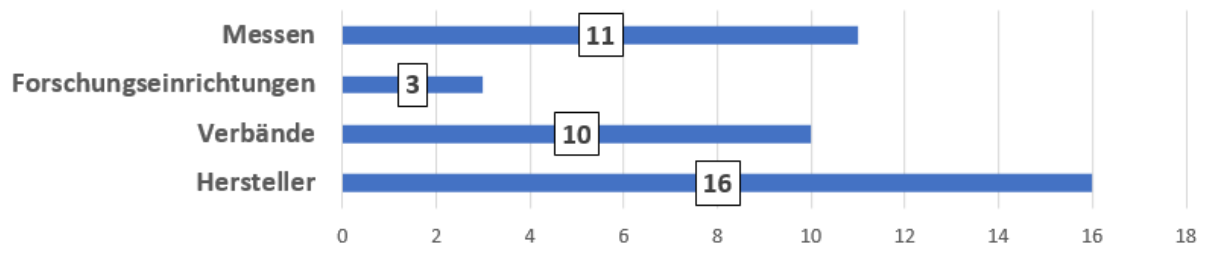


Abbildung 83: Informationsverhalten (nach Quelle)

Ebenso konnte herausgefunden werden, dass wenige große Heizungshersteller viel Einfluss besitzen wie bspw. Bosch, Vaillant, Viessmann, Stiebel Eltron.

Beides führt dazu, dass es schwierig ist, als (neuer) Hersteller Aufmerksamkeit zu erlangen und Handwerker und Installateure über Innovationen zu informieren, geschweige denn, in das Repertoire ihres Angebotes mit aufgenommen zu werden.

Aufgrund der Ergebnisse aus der erfolgten Akteursbefragung konnten folgende mögliche Konsequenzen bzw. Empfehlungen für zukünftige Marketingaktivitäten gegenüber dieser wichtigen Zielgruppe der Handwerker und Installateure abgeleitet werden:

- Intensive Zusammenarbeit mit Innungen und Interessenvertretungen des Handwerks, da diese Multiplikatoren darstellen und somit eine größere Anzahl Adressaten erreicht werden kann. Als Methode sind bspw. das Konzipieren und Anbieten von Schulungen, Vorträgen und Webinaren über diese Kanäle zu nennen, und auch das Informieren über Newsletter und Prospekte sowie das Platzieren von Fachartikeln in einschlägigen Magazinen bzw. in online-Formaten.
- Kleinere „unbekanntere“ Hersteller könnten mit den etablierten Firmen Kooperationen eingehen und ihre Produkte im Verbund anbieten.
- Präsenz auf Fachmessen für Handwerker und Installateure: Nach wie vor wichtig ist das persönliche Gespräch auf Messen, genauso wie das Verteilen von Informationsbroschüren bzw. Flyern: Neben dem Basis-Infolyer Erstellung eines speziellen Factsheets, welches auf die konkreten Bedenken und Fragen der Handwerker und Installateure eingeht;
- Immer mehr vorwiegend junge Handwerker nutzen zur Information Social-Media-Kanäle.

Sowohl in der regulären Projektlaufzeit, als auch in der anschließenden Aufstockungsphase des Projekts IntegraTE konnte eine Vielzahl dieser Empfehlungen direkt umgesetzt werden. Im Folgenden werden einige Maßnahmen diesbezüglich exemplarisch vorgestellt.

Zu Punkt 1 „Zusammenarbeit mit dem Handwerk“: In Kooperation mit der Handwerkskammer Hamburg wurde am 12.01.2023 ein Workshop mit dem Titel: „Technik und Funktion von hybriden PVT-Modulen“ durchgeführt, welcher auf sehr gute Resonanz stieß. Referent war Sebastian Helming, Wissenschaftler vom Fraunhofer Institut für Solare Energiesysteme (ISE) in Freiburg. Die Veranstaltung richtete sich an Handwerker und Installateure. Das Format ließ auch Fragen zu.

Weiterhin wurden u. a. folgende Fachartikel in speziellen Fachzeitschriften für Handwerker und Installateure veröffentlicht:

Der Artikel „Klimaschutz und Betriebskosten unter einem Hut“ wurde am Dienstag, 04.10.2022, in der Fachzeitschrift IKZ Haustechnik veröffentlicht. Die IKZ Haustechnik ist die offizielle Fachzeitschrift des Zentralverbandes ZVSHK und der Fachverbände Sanitär, Heizung, Klima und Klempnerei. Im Juni 2022 erschien der Artikel „Klimaschutz und Betriebskosten unter einem Hut“ im HeizungsJournal und hier im Sonderheft Installationstechnik. Im Oktober 2022 folgte die Veröffentlichung auf der Website der Fachzeitschrift für Fachplaner und Heizungsbauer, welche sich vorrangig an Handwerksbetriebe wendet. Die Zeitschrift informiert über neue Vorschriften und Normen, kommentiert die Branchensituation und berichtet umfassend über Marktentwicklungen, Werkstoffe, Verfahren und Produkte. Seit 2023 erscheint die Fachzeitschrift unter dem Titel ENERGY als Beilage der Deutsche Bauzeitschrift (DBZ), dem Bundesbaublatt (BBB), der tab (Fachmedium der TGA-Branche) und der IKZ-Haustechnik.

Zu Punkt 2 „Kooperationen zwischen kleineren und größeren Herstellern“: Im Projekt integraTE selber gibt es bspw. eine erfolgreiche Kooperation zwischen Bosch Buderus und EVERA und zwischen den Herstellern Consolar und Triple Solar.

Zu Punkt 3 „Präsenz auf Fachmessen für Handwerker und Installateure“: Persönliches Gespräch und individuelle Ansprache

Wie im Text oben bei Beschreibung der Messeaktivitäten erwähnt, erfolgte im Projektverlauf die Präsentation von PVT-Wärmepumpensystemen durch das IntegraTE-Team auf vier Messen mit dem Ziel der Bekanntmachung dieser Systeme in der breiten Fachöffentlichkeit. Ein besonderer Schwerpunkt von dreien dieser Messen liegt auf der Zielgruppe Handwerker und Installateure, die sich regelmäßig auf diesen Messen informieren über Neuigkeiten und Innovationen in der Branche:

GET Nord, 17.-19.11.2022, Hamburg

SHK Essen, 19.- 22.03.2024, Essen

IFH Intherm, 23.-26.04.2024, Nürnberg

Auf allen dieser drei Messen konnten sich die Handwerker und Installateure neben den speziellen Präsentationen auf den Vortragsveranstaltungen an gut platzierten Messeständen beim IntegraTE-Team, vertreten jeweils durch Wissenschaftler*innen, Vertreterinnen vom Marketing und von den PVT-Herstellern, umfassend über PVT + Wärmepumpensysteme informieren. Hierzu trugen sowohl reale Musterstücke von PVT-Kollektoren als auch die obenerwähnten Flyer und das spezielle Factsheet bei.

Eine wichtige Maßnahme, um die Zielgruppe der Handwerker und Installateure intensiv über die Energieversorgung mit PVT-Kollektoren in Kombination mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe zu informieren, bestand neben dem direkten, persönlichen Beratungsgespräch in der Erstellung eines speziellen Factsheets, welches eine Ergänzung zum bereits erstellten Basis-Flyer darstellen sollte. Das Ziel des Factsheets besteht darin, aufzuklären und möglichen Vorurteilen von Handwerkern und Installateuren entgegenzuwirken. Hierfür erfolgten jeweils Interviews mit ausgewählten Repräsentanten dieser Zielgruppen, um für diesen Personenkreis relevante Themen zu identifizieren. Dazu zählten insbesondere Unklarheiten und Bedenken gegenüber PVT-Kollektoren und dem Energieversorgungskonzept PVT-Kollektoren in Kombination mit Wärmepumpen. Das auf dieser Grundlage erstellte Factsheet für die Zielgruppe „Handwerker und Installateure“ konnte im Vorfeld der Handwerker-Messen rechtzeitig finalisiert und in ausreichendem Maße vervielfältigt werden. Hierfür wurden in intensiver Zusammenarbeit mit den Industriepartnern die von Repräsentanten der Zielgruppe am häufigsten genannten Fragen, Bedenken und Unklarheiten gegenüber des Energieversorgungskonzepts PVT-Kollektoren in Kombination mit Wärmepumpen in der Form „Frequently Asked Questions“ kurz „FAQs“, für häufig gestellte Fragen und den dazugehörigen Antworten zusammengestellt (siehe Abbildung 84).

FRAGEN & ANTWORTEN FÜR HANDWERKER UND INSTALLATEURE

- 1 Braucht man für die Installation von PVT Spezialwerkzeug?**
- Nein, es wird im allgemeinen nur das für die Installation von thermischen und photovoltaischen Anlagen übliche Werkzeug benötigt.
- 2 Wieviel schwerer sind PVT-Kollektoren als reine PV-Module?**
- Im Vergleich zu PV-Modulen sind PVT-Kollektoren ca. 3,5 bis 10 kg/m² schwerer.
- 3 Gibt es Erfahrungen über die Lebensdauer von PVT-Kollektoren?**
- Bei qualitativ hochwertigen PVT-Kollektoren kann bei ordnungsgemäßem Betrieb und regelmäßiger Wartung eine Lebensdauer von mindestens 30 Jahren erwartet werden.
- 4 Eignen sich PVT-Kollektoren in Kombination mit Wärmepumpen für die Sanierung von Bestands-Wohngebäuden mit Radiatorenh Heizungen?**
- Ja, wenn das Gebäude einen spezifischen Heizwärmeverbrauch von ca. 100 kWh/m² im Jahr oder weniger aufweist.
- 5 Haben PVT-Kollektoren im Sommer ein Überhitzungsproblem, wenn das Gebäude wenig Wärme braucht?**
- Nein, PVT-Kollektoren erreichen im Stagnationszustand i. Allg. keine sehr hohen Temperaturen, so dass hierdurch keine Probleme zu erwarten sind. Außerdem kann die Wärmepumpe im Sommer ausgeschaltet werden um ihre Lebensdauer zu verlängern. In diesem Fall wird das Trinkwarmwasser dann mit der thermischen Energie der PVT-Kollektoren erwärmt und bei Bedarf mit PV-Strom nachgeheizt.
- 6 Was passiert mit den PVT-Kollektoren, wenn Schnee auf den PV-Modulen liegt?**
- Durch eine kantenfreie Konstruktion rutscht Schnee meist relativ gut ab. Über eine sogenannte „Dachentisungsfunktion“ oder ähnliche Features können die PV-Module bei langanhaltendem Schneefall freigehalten werden.
- 7 Wie hoch ist der elektrische Mehrertrag von PVT Kollektoren im Vergleich zu reinen PV-Modulen?**
- Der elektrische Mehrertrag resultiert primär daraus, dass bei PVT-Kollektoren durch das Wärmeträgerfluid eine Kühlung der PV-Module erfolgen kann. Daher ist der Mehrertrag sehr von den thermischen Betriebsbedingungen der PVT-Kollektoren abhängig. Bei Wärmepumpenbetrieb beträgt der elektrische Mehrertrag ca. 5 %, bei hohem Warmwasserbedarf wie z.B. bei Anwendungen in den Bereichen Schwimmbad, Hotel, kann der elektrische Ertrag noch steigen. Wenn im Sommer permanent Wärme entnommen werden kann, wie bei der Erdsondenregeneration, ist der elektrische Zusatzertrag höher als bei ungekühlten PV-Modulen.

FRAGEN & ANTWORTEN FÜR HANDWERKER UND INSTALLATEURE

- 8 Wie hoch sind etwas die spezifischen Investitionskosten für eine PVT-Anlage inklusive Sole/Wasser-Wärmepumpe je kW Heizleistung?**
- Von ca. 2.500 €/kWp bis zu rund 3.200 €/kW_{th}, jeweils ohne USt.
- 9 Braucht das SHK Handwerk einen ausgebildeten Elektriker zum Anschluss von Wärmepumpen und PVT-Kollektoren?**
- Ja, dieses ist insbesondere aufgrund des Netzanschlusses der PVT-Anlage erforderlich.
- 10 Welche Vorteile hat die Kombination von PVT-Kollektoren und Erdsonden für den Betrieb einer Sole/Wasser-Wärmepumpe?**
- Aufgrund der Erdreichregeneration im Sommer mit der von den PVT-Kollektoren gelieferten Wärme kann die Erdsonde kleiner bzw. kürzer ausgeführt werden. Es sind Einsparungen an „Bohrmetern“ von bis zu 60 % möglich.
- 11 Luftwärmepumpen erreichen Jahresarbeitszahlen über 3, warum dann in deutlich teurere Sole/Wasser-Wärmepumpen mit PVT-Kollektoren investieren?**
- Weil sich bei der Kombination von PVT-Kollektoren mit Wärmepumpen Jahresarbeitszahlen von 3,8 bis 4,8 ergeben können und zusätzlich der Netzstrombezug um 30 – 40 % reduziert werden kann. Darüber hinaus erfolgt die Wärmegewinnung über PVT-Kollektoren geräuschlos. Außerdem kann ein erhöhter Stromertrag durch die Kühlung der PV-Module erzielt werden.
- 12 Wer übernimmt die Garantie und die Gewährleistung, wenn unterschiedliche Gewerke in die Installation der Anlage involviert sind?**
- Die Garantie übernimmt der Hersteller, die Gewährleistung übernimmt der jeweilige Meisterfachbetrieb (z.B. Dachdecker, Elektro-, und SHK-Meister), der die entsprechenden Arbeiten ausgeführt hat.
- 13 Gibt es bei den Herstellern im Störfall einen 24-Stunden-Service, der für die Anlage vor Ort zuständig ist?**
- Diese Frage lässt sich nicht allgemein beantworten, sondern hängt vom jeweiligen SHK-Betrieb ab. Grundsätzlich ist der Abschluss eines Service-Vertrags zu empfehlen.
- 14 Muss ich als Handwerker Exklusivverträge mit bestimmten Lieferanten und Herstellern von PVT-Kollektoren bzw. Anlagen abschließen und habe ich dann einen Gebietsschutz?**
- Es gibt die Möglichkeit Fachpartner von PVT-Herstellern zu werden und damit auch einen gewissen Gebietsschutz in Anspruch nehmen zu können.

FIRMENKONTAKTE

TECHNOLOGIELIEFERANTEN – PARTNER BEI INTEGRATE

	PVT-Wärmepumpen-Systemanbieter	Wärmepumpen-Hersteller	PVT-Bauelemente-Hersteller	Planungsdienstleistungen
Architekt- und TKG-Planungsbüro Carsten Göbel PasciPhas	www.pasciphas.de			✓
Bosch Thermo-technik GmbH – Buderus	www.buderus.de	✓	✓	✓
Conostar GmbH	www.conostar.de			✓
Duales	www.duales.com			✓
EVEA GmbH	www.evea.me			✓
EVO Deutschland GmbH	www.e-v-o.de	✓	✓	✓
Giersch	www.giersch.de	✓	✓	✓
nD-System GmbH	www.nD-System.de	✓	✓	✓
NIBE Systemtechnik GmbH	www.nibe.de	✓	✓	✓
2Power	www.2Power.de	✓	✓	✓
SHES GmbH	www.shesolar.de	✓	✓	✓
SolarTech International	www.enrgiedat.nl	✓	✓	✓
Sofis	www.sofis.de		✓	✓
Spt2 GmbH	www.spt2.de		✓	✓
Sunmaxx PVT GmbH	www.sunmaxx-pvt.com		✓	✓
Triple Solar BV	www.triplesolar.eu	✓		✓

... MIT PVT-KOLLEKTOREN BIS ZU VIERMAL MEHR ENERGIE VOM DACH!

Dieser Kollektortyp erzeugt aus Solarstrahlung sowohl Strom als auch Wärme und ist daher PVT-Kollektor oder Hybridkollektor genannt.

Übers Jahr hinweg produzieren die PVT-Kollektoren bis zu viermal mehr Gesamtenergie als Wärme und Strom, als eine Photovoltaikanlage mit der gleichen Fläche.

FORSCHUNGSPARTNER

Kontakt: Claudia Schell-Hauf
Claudia.schell-hauf@integrate.de
<http://integrate.de>

Abbildung 84: Factsheet für die Zielgruppe „Handwerker und Installateure“

Zu Punkt 4 “Nutzung Social-Media-Kanäle zur Information”: Um das erstellte Infomaterial zu PVT- und Wärmepumpensystemen im Projekt IntegraTE (Infographiken und Case Studies) bekannter zu machen, wurden auch Social-Media-Kanäle genutzt. Beispielsweise wurden zwischen 26. Oktober 2021 und 22. Dezember 2021 insgesamt 19 Tweets über den Twitter-Kanal

des Solarservers (8.274 Follower) (<https://twitter.com/solarserver>) verschickt. Dabei wurde insb. Marketingmaterial wie Fotos von Anlagen, Testimonials, Infographiken und Funktionsschema genutzt mit dem Ziel, durch gezielte Nutzung von @- und #-Zeichen andere Multiplikatoren wie Verbände und Zeitschriften anzusprechen.

Ein weiterer grundsätzlicher Aspekt in der Kommunikation mit der Zielgruppe Handwerker ist das Thema Wirtschaftlichkeit, also bspw. die Berücksichtigung der Visualisierung wirtschaftlicher KPIs, so wie die techno-ökonomische Bewertung von PVT-Wärmepumpensystemen. Hier wurde in der Projektlaufzeit zum einen das Dokument: *integraTE: Performancekennzahlen und Bewertungsgrößen für PVT-Systeme*“ erstellt. Zum anderen konnten im Rahmen von Artikeln über Demonstrationsanlagen, den sogenannten Case Studies, auch einige realisierte techno-ökonomische Bewertung von PVT-Anlagen auf sehr anschauliche Weise vorgestellt werden, wie eine Infografik der Case Study “Seniorentagesstätte Johannesberg (Bayern)”, siehe Abbildung 85, verdeutlicht:



Abbildung 85: Kostenbilanz Seniorentagesstätte Johannesberg in Bayern

Durch die Verwendung von 32 PVT-Kollektoren zusammen mit Geothermie als Quellen für die Sole-Wasser Wärmepumpe, wird der Neubau überwiegend CO₂-neutral mit Strom und Wärme versorgt. Die Wärmepumpe erreichte in den ersten neun Betriebsmonaten eine durchschnittliche Arbeitszahl von 4,9 - und dies trotz des erheblichen, zusätzlichen Lüftungsbedarfs, da zu dieser Zeit pandemiebedingt eine stündliche Fensteröffnung erforderlich war. Unter Normalbetrieb rechnen die Planer mit einer Jahresarbeitszahl von über 5. In dieser Studie konnte

gezeigt werden, dass sich die Mehrkosten von rund 30.000 EUR für das PVT-Kollektorfeld auf dem Dach und die Erdkörbe im Garten durch die Stromkostensparnis in rund 10 Jahren amortisieren. Dieses ist für die Handwerker und Installateure ein sehr überzeugendes Argument.

5.3.10 Zielgruppe Architekten

Im Rahmen der Aufstockungsphase des Projekts "IntegraTE" wurde eine weitere Zielgruppe mit besonderer Aufmerksamkeit bedacht: die Gruppe der Architekten. Für diese Zielgruppe wurde eine erste Fassung des Fachsheets für Architekten erstellt, welches sich der Darstellung der architektonischen Integration von PVT-Kollektoren in Dach und Fassade der im Projekt IntegraTE betrachteten Gebäude widmet (siehe Auszug in **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">OBJEKT 4</p>  <p>Mehrfamilienhaus-Bestandgebäude in Berlin</p> <div style="background-color: #e0e0e0; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>BESCHREIBUNG</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ geografische Lage / Standort: Berlin ▪ Art der Nutzung: Wohngebäude ▪ Beheizte Nutzfläche: 3.500 m² ▪ Bestandsgebäude: 1905 ▪ PVT-Installation: Aufdach ▪ verantwortliches TGA: aQua-thermic Ingenieurgesellschaft mbH <p>DATEN</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ PVT-Kollektor-Hersteller: Sunmaxx PVT GmbH, Modul PX-1 ▪ Peakleistung PV-Generator in kW: 26,4 kWp ▪ Größe PVT-Feld in m²: 232 ▪ Gesamtheizleistung der Wärmepumpe 245KW Kollektor ▪ in welchen Farben erhältlich: schwarz </div> <p style="text-align: right;">10</p>	<p style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg);">OBJEKT 4</p>  <p>Detailansicht Sunmaxx PVT-Aufdachanlage MFH Berlin © Hanebutt GmbH</p>  <p>Bautechnische Anschlüsse</p> <div style="background-color: #e0e0e0; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>Sunmaxx PVT GmbH www.sunmaxx-pvt.com/ Mirko Köhler mirko.koehler@sunmaxx-pvt.com</p> </div> <p style="text-align: right;">11</p>
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



Abbildung 86: Auszug aus „Factsheet für die Zielgruppe Architekten“

In der vorliegenden Darstellung werden sowohl Wohngebäude als auch gewerblich genutzte Gebäude im Bestand und im Neubau berücksichtigt. Die betreffenden Anlagen sind mit PVT-Kollektoren ausgestattet, die von Industriepartnern im Projekt bereitgestellt wurden. Die Kollektoren sind auf dem Dach und in der Fassade installiert worden, jeweils in Kombination mit einer Sole-Wasser-Wärmepumpe.

Das Dokument wurde den Industriepartnern als Basis für eine individuelle Aufbereitung als firmenbezogenes Marketingmaterial zur Verfügung gestellt.

5.3.11 IEA SHC Task 66 „Solar Energy Buildings“

Die IEA SHC Task 66 "SolarEnergyBuildings", Integrated solar energy supply concepts for climate-neutral buildings and communities for the "City of the Future", wurde mit dem Ziel gegründet, ganzheitliche solare Energieversorgungskonzepte für klimaneutrale Gebäude und Quartiere für die "Stadt der Zukunft" zu entwickeln und deren Bedeutung und Potenziale aufzuzeigen. In einem internationalen Team arbeiteten Experten und Expertinnen aus rund 50 Ländern zusammen. Die Leitung der Task 66 oblag Dr. Harald Drück, dem Mitverantwortlichen des Projekts "IntegraTE" vom Institut für Gebäudeenergetik, Thermotechnik und Energiespeicherung (IGTE) der Universität Stuttgart. Da das Projekt "IntegraTE" größtenteils parallel zur IEA SHC Task 66 durchgeführt wurde, ergab sich die Möglichkeit, die Projektergebnisse auch in diesem Rahmen zu kommunizieren und nach außen zu tragen.

So konnte beispielsweise im Rahmen der EuroSun Conference in Kassel im September 2022 ein Industry Work-shop durchgeführt werden, der sich komplett dem Thema PVT-Kollektoren widmete: Industry Workshop No 2: "Solar thermal and/or PVT combined with heat pumps as an innovative energy supply solution", siehe Abbildung 87. Hier ein Auszug aus dem Programm:

"PVT heat pump collector as innovative energy supply solution", Andreas Siegemund, Consolar Solare Energiesysteme, Germany

“VirtuPVT: evacuated-tube technology for commercial and industrial applications”, Maria Zagorulko, Naked Energy Ltd., UK

“Intelligent heat pump solutions in combination with photovoltaics”, Marcel Macke, iDM Energiesysteme GmbH, Austria

**IEA SHC Task 66
Solar Energy Buildings**

Integrated solar energy supply concepts for climate-neutral buildings and communities for the "City of the Future"

Industry Workshop No 2

“Solar thermal and/or PVT combined with heat pumps as an innovative energy supply solution”

29th September 2022, Kassel, Germany

in context with the EuroSun 2022 conference

14:00 – 17:30 h Building WISO B / Room 0109, Nora-Plattiel-Straße 5, Kassel

About IEA SHC Task 66 Solar Energy Buildings:
The objective of Task 66 is the development of economic and ecologic feasible energy supply concepts with high solar fractions. Task 66 addresses single-family buildings, multi-story residential buildings as well as building blocks and communities, with regard to new and existing buildings.

Program

14:00 – 14:10	Welcome, Introduction and Presentation of Task 66 Dr. Harald Drück, Task Manager of Task 66 Institute for Building Energetics, Thermotechnology and Energy Storage (IGTE), University of Stuttgart, Germany
14:10 – 14:30	PVT heat pump collector as innovative energy supply solution Andreas Siegemund, Managing Partner Consolar Solare Energiesysteme, Germany
14:30 – 14:50	VirtuPVT: evacuated-tube technology for commercial and industrial applications Maria Zagorulko, Development and Operations Engineer Naked Energy Ltd., UK
14:50 – 15:10	Design and optimization of CCHP for microgrids and solar energy buildings Dr. Arun Kumar Vaiyapuri, Project Manager / R&D and Renewable Energy STEAG Energy Services (India) Pvt. Ltd., India

INVOLVED COUNTRIES: ALBANIA • AUSTRALIA • AUSTRIA • CHINA • DENMARK • FRANCE • GERMANY • GREECE • INDIA
ITALY • MACEDONIA • MEXICO • POLAND • PORTUGAL • SLOVAKIA • SLOVENIA • SWITZERLAND • UNITED KINGDOM • USA

Abbildung 87: Flyer Industry-Workshop IEA SHC Task 66 Thema “PVT-Kollektoren”

Die Laufzeit der Task 66 umfasste einen Zeitraum von mehr als drei Jahren und endete im September 2024.

5.3.12 IEA SHC Task 60 „Application of PVT Collectors“

Die IEA SHC Task 60 wurde sowohl inhaltlich in allen Subtasks als auch mit der Leitung des Subtask D unterstützt. Der Task endete innerhalb der Laufzeit des Projekts, entsprechend wurden alle Deliverables erstellt und publiziert. Die Arbeiten ermöglichten eine gute wissenschaftliche Diskussion und Vorschläge zur Handhabung von zum Beispiel nicht bekannt physikalischen Eigenschaften der unterschiedlichen Produkte, um einen Vergleichsrechnung der erzielbaren Leistung zu ermöglichen. Weiterer Entwicklungen, wie zum Beispiel die Nutzung der überhöhten Wärmetauscherfläche eröffnen neuartige Betriebsituationen und diese sind vom normativen Kontext noch unzureichend erfasst. Innerhalb der Task Arbeiten wurden Fortschritte erzielt, nichtsdestotrotz blieben Teilbereiche weiterhin ungelöst. Weitere wissenschaftliche finanzierte Arbeiten und internationale Gremienarbeit ist nötig, um diese Lücken zu schließen. Die Arbeiten wurden in den nachfolgend gelisteten Publikationen veröffentlicht.

Tabelle 20: Überblick der Deliverables des IEA SHC Task 60, die aus integraTE bearbeitet wurden.

Format	Titel	
Bericht	PVT Challenges By Certification	https://task60.iea-shc.org/publications
Bericht	A1_Existing PVT systems and solutions	https://task60.iea-shc.org/publications
Bericht	B1 Status Quo Report PVT Characterization	https://task60.iea-shc.org/publications
Infoblatt	B2 Design guidelines for PVT collectors	https://task60.iea-shc.org/publications
Methode	D4 Square_View_Templates	https://task60.iea-shc.org/publications
Bericht	D4 Square_View_Report	https://task60.iea-shc.org/publications
Bericht	D6 Task60 Subsidies PVT	https://task60.iea-shc.org/publications

Der Stand der Arbeiten bzgl. der Dokumentation der Möglichkeiten innerhalb der Keymark Zertifizierung, namentlich der Ertragsberechnung mittels Scenocalc, wurde in einer reviewed journal Publikation zusammenfassend veröffentlicht [9]. Hier wird aufgezeigt, dass prinzipiell eine Verrechnung der Erträge (GTY Gross thermal Yield) auch für die niedrigen Temperaturniveaus machbar ist. Allerdings ist die Berechnung der Erträge essenziell abhängig von einer Charakterisierung mittels Parametrisierung dieser Erträge. Hier wird nachfolgend zum Projekt

integraTE weiter an der methodischen Erschließung gearbeitet. Dies ist zum Beispiel Gegenstand des AP 3 des Projektes integraTE-XL.

6 Verwertung

Die Verwertung der Projektergebnisse des IntegraTE-Projekts war äußerst erfolgreich und setzte sich weiterhin fort. Es wurde eine hohe Marktresonanz erzielt, die sich in einer bemerkenswerten Sichtbarkeit der PVT-Wärmepumpen-Systemlösungen niederschlug. Dank der Förderung durch die öffentliche Hand konnten Anschlussprojekte initiiert werden, die internationale Forschungsk Kooperationen und Antragsstellungen nach sich zogen. Der Medienspiegel und die direkte Industrieanpassung der Forschungsergebnisse unterstützten die Verbreitung und Implementierung der entwickelten Technologien. Besonders hervorzuheben ist, dass letzteres erheblich zur Stärkung des Standorts Europa und Deutschland im Bereich PVT-Wärmepumpensystemen beitrug. Insgesamt zeigte sich, dass die Bemühungen um die Marktdurchdringung und die wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse weitreichende positive Effekte hatten.

Das Projekt war in seiner Gesamtheit auf eine Stärkung der Marktdurchdringung von PVT-Wärmepumpen-Systemlösungen ausgerichtet. Damit ergab sich als zentrales Projektziel bzw. Projektergebnis eine Vergrößerung des Marktvolumens für PVT-Wärmepumpen-Systemlösungen. Die wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse erfolgte daher insbesondere im Interesse der einschlägigen Industrie bzw. der Industrieverbände. Hierzu wurden zielgruppenspezifische Informationsmaterialien wie z. B. Broschüren, Fachartikel, Internetauftritte, Videos, Social Media Campaigns und ein Eintrag in Wikipedia zum Thema PVT-Gebäudeenergieversorgungssysteme erstellt sowie die Demonstrationsgebäude öffentlichkeitswirksam vorgeführt und die Messergebnisse der untersuchten Anlagen online präsentiert.

Ergänzend wurden die im Projekt erarbeiteten Materialien sowie die aus dem Projekt resultierenden Ergebnisse im Rahmen von Workshops, Konferenzen und Messen den zentralen Akteuren der Wertschöpfungskette wie Herstellern, Planern, Architekten und dem Handwerk vermittelt. Ein wichtiger Aspekt hierbei waren die innerhalb des Vorhabens entwickelten Planungs- und Auslegungstools, die eine einfache Dimensionierung und Bewertung von PVT-Wärmepumpenanlagen ermöglichten und damit ihre Marktverbreitung signifikant unterstützten.

Die wissenschaftliche Verwertung der aus dem Projekt resultierenden Ergebnisse und Erkenntnisse erfolgte überwiegend durch die beteiligten Forschungsinstitutionen, indem diese als Basis für zukünftige Forschungs- und Entwicklungsarbeiten genutzt wurden. Zudem wurden die Ergebnisse in die universitäre Ausbildung und in digitale Weiterbildungsprogramme integriert und damit der aktuellen akademischen Ausbildung zur Verfügung gestellt. Indirekt profitierten alle im Rahmen dieses Projektes angesprochenen Akteure von den zu erwartenden wissenschaftlich/technischen Ergebnissen, auf die in den anschließenden Tabellen eingegangen wird.

Die wesentlichen wissenschaftlichen und technischen Ergebnisse aus dem Forschungsprojekt wurden der Fachöffentlichkeit im Rahmen von Beiträgen auf nationalen und internationalen Messen, Tagungen und Konferenzen vorgestellt. Zusätzlich bildeten zielgruppenspezifische Marketingmaßnahmen für Hersteller, Implementierer und Endkunden die zentralen Schwerpunkte des Vorhabens.

Literatur

- 1 Drück, H., Bonk, S., Ehrismann, B., Stark, S., Frey, P., Loose, A. Leistungsprüfung und ökologische Bewertung von kombinierten Solar-Wärmepumpenanlagen, Akronym "WPSol" : Forschungsbericht zum BMWi-Vorhaben : Laufzeit des Vorhabens: 01.09.2010 bis 31.05.2014: Förderkennzeichen BMWi 0325967A. Abschlussbericht zum Vorhaben. <https://www.tib.eu/de/suchen/id/TIBKAT:876598041/> (31 July 2025) doi: 10.2314/GBV:876598041.
- 2 Hadorn, J.-C. (2015) *Solar and heat pump systems for residential buildings*, Ernst & Sohn, Berlin doi: 10.1002/9783433604830.
- 3 Elimar Frank, Michel Haller, Sebastian Herkel, Jörn Ruschenburg (2010) Systematic Classification of Combined Solar Thermal and Heat Pump Systems doi: 10.13140/2.1.3838.6883.
- 4 Jonas, D. Visualization of energy flows in PVT systems: IEA SHC Task 60 PVT SYSTEMS. A visualization scheme for the uniform *Report D4* doi: 10.18777/ieashc-task60-2019-0001.
- 5 Zenhäusern, D. (2020) Key Performance Indicators for PVT Systems doi: 10.18777/ieashc-task60-2020-0007.
- 6 Sommerfeldt, N. and Madani, H. (2018) A Techno-Economic Comparison between PV and PVT Integrated Ground Source Heat Pumps for Multi-Family Houses.
- 7 VDI VDI 2067 Blatt 1: Wirtschaftlichkeit gebäudetechnischer Anlagen Grundlagen und Kostenberechnung.
- 8 Bundestag Gesetz zur Vereinheitlichung des Energieeinsparrechts für Gebäude und zur Änderung weiterer Gesetze. https://www.bgbl.de/xaver/bgbl/text.xav?SID=&tf=xaver.component.Text_0&toctf=&qmf=&hlf=xaver.component.Hit-list_0&bk=bgbl&start=%2F%2F%5B%40node_id%3D%271037485%27%5D&skin=pdf&tlevel=-2&nohist=1&sinst=2FB05F97 (31 July 2025).
- 9 Kramer, K., Mehnert, S., Munz, G., Helmling, S., Lämmle, M. (2023) Photovoltaic Thermal Technology Collectors, Systems, and Applications. *Energy Tech*, 11 doi: 10.1002/ente.202300378.