



Deutsch-Polnische Nachhaltigkeitsforschung – Verbundvorhaben

"Deutsch-Polnisches Energieeffizienzprojekt (GPEE)"

Schlussbericht

Gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Laufzeit des Vorhabens: 01.03.2013 - 15.03.2016

Förderkennzeichen: 01RS1201A/B

Deutsche Partner

Hochschule für Angewandte Wissenschaften (HAW) Hamburg

Prof. Dr. (mult.) Dr. h.c. (mult.) Walter Leal
Lohbruegger Kirchstr. 65, S4 / Raum 0.38
D-21033 Hamburg
Tel.: +49-40-42875-6313
Fax: +49-40-42875-6079
e-mail: walter.leal@haw-hamburg.de

FKZ: 01RS1201A

Envidatec GmbH

Nils Heinrich
Veritaskai 2
D-21079 Hamburg
Tel.: +49-40-300857-42
Fax: +49-40-300857-70
e-mail: nils.heinrich@envidatec.com

FKZ: 01RS1201B

Polnische Partner

Technische Universität Lodz

Dr. Dariusz Heim, PhD. Civ. Eng.
Al. Politechniki 6, B7 / Raum 331
PL-90-924 Lodz
Tel.: +48-42-6313563
Fax: +48-42-6313556
e-mail: dariusz.heim@p.lodz.pl

Sto-ispo Sp. z o.o.

Dariusz Czarny
ul. Zabraniecka 15
PL-03-872 Warschau
Tel.: +48-22-5116147
Fax: +48-22-5116101
e-mail: d.czarny@sto.eu.com



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

German-Polish
Energy Efficiency Project



Inhaltsverzeichnis

Ausgangssituation.....	3
Aufgabenstellung.....	3
Voraussetzungen der Projektdurchführung.....	4
Planung und Ablauf des Projektes.....	5
Wissenschaftlicher und technischer Stand vor Projektbeginn.....	12
Zusammenarbeit mit anderen Stellen.....	15
Projektdarstellung.....	16
Darstellung der Mittelverwendung und der erzielten Ergebnisse im Einzelnen.....	16
Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	21
Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit.....	23
Verwertung der Ergebnisse.....	24
Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens während der Projektlaufzeit.....	25
Veröffentlichungen der Ergebnisse.....	26

Ausgangssituation

Im Folgenden wird die Ausgangssituation des Projektes **German-Polish Energy Efficiency Project (GPEE)** zusammenfassend dargestellt.

Aufgabenstellung

Ziel des Projekts GPEE ist die Entwicklung von Methoden und Ansätzen im Bereich Fassadentechnologie zur Steigerung der Energieeffizienz von Gebäuden in Deutschland und Polen um Energieverluste, die in alten und sehr alten Gebäuden auftreten, welche gegenwärtig die überwältigende Mehrheit der Gebäude in beiden Ländern ausmachen, zu verringern und somit Energieverschwendung und Klimaschädigungen durch unnötige CO₂-Emissionen zu reduzieren. Ziel des Projekts ist es zudem, einen Beitrag zur Erhöhung des Anteils erneuerbarer Energien an der Energieversorgung zu leisten. Daher berücksichtigen die im Projekt entwickelten Lösungen nicht nur den Aspekt der Wärmedämmung und der Isolierung der Gebäudehülle zur Steigerung der Energieeffizienz, sondern auch die Fähigkeit von Fassaden zur Energiegewinnung - durch die Nutzung und Umwandlung von Sonnenenergie - beizutragen und somit den steigenden Energiebedarf, insbesondere in Städten, zu decken. Innerhalb des Projekts werden Fassaden daher nicht als bloße Gebäudehüllen betrachtet, sondern als aktives System zur Erzeugung erneuerbarer Energie.

Abgeleitet aus den o.g. Zielen des Projekts sind die Aufgaben innerhalb des Projekts daher wie folgt definiert:

- Bestimmung aktueller und zukünftiger technischer Anforderungen für Energieeffizienz von Gebäuden.
- Bestimmung der Defizite hinsichtlich Energieeffizienz von Gebäuden in beiden Ländern.
- Entwicklung technologiebasierter, integrierter erneuerbare Energiesysteme, die mit Blick auf die Maximierung der Ausnutzung des Tageslichts und anderer Faktoren zur Klimafreundlichkeit von Gebäuden beitragen.
- Entwicklung von Kriterien für die Optimierung von Fassaden (Energie und Funktionalität), die auf Gebäudeeigenschaftssimulationen beruhen und mögliche architektonische Lösungen vorschlagen, einschließlich des Baus von optimierten Außenwandsystemen für Gebäude.
- Neben den Forschungs- und Anwendungsarbeiten ist die Verbreitung der Projektfortschritte und Ergebnisse im Rahmen von Publikationen und internationalen Fachveranstaltungen eine weitere Projektaufgabe.

Die o.g. Aufgaben werden im Projektverbund bearbeitet und Forschungsleistungen gemeinsam erzielt.

Voraussetzungen der Projektdurchführung

Eine Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung des Projekts GPEE ist das Einbeziehen unterschiedlicher Projektpartner (Hochschulen und Wirtschafts-/Industriepartner) mit jeweils unterschiedlicher Expertise. GPEE wurde mit zwei deutschen und zwei polnischen Partnern durchgeführt:

- Die **Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg (HAW Hamburg)**, der Gesamtkoordinator des Verbundprojekts, ist intensiv in der Technikforschung und der Realisierung von hochaktuellen Projekten auf den Gebieten nachhaltige Entwicklung, erneuerbare Energietechnologien und Klimawandel engagiert. Sie beteiligt sich an vielen lokalen, deutschlandweiten und internationalen Netzwerken und Kooperationsprojekten im Bereich erneuerbare Energien und Hochschule.
- Die **Envidatec GmbH (Envidatec)** verfügt über mehr als zehn Jahre Erfahrung in der Untersuchung der Energieeffizienz von Gebäuden und Anlagen wobei besonderer Wert auf die ganzheitliche Betrachtung und Messung von Optimierungspotenzial gelegt wird. Envidatec ist außerdem Spezialist für das Energiemanagement bei dem mithilfe innovativer technischer Konzepte und Lösungen der Energieverbrauch von Gebäuden dauerhaft gesenkt wird.
- Die **Technische Universität Lodz (TU Lodz)** ist eine der größten technischen Universitäten in Polen und gehört zu einer exklusiven Gruppe europäischer Institute für höhere Bildung. Als einziger polnischer Universität wurde ihr von der Europäischen Kommission das prestigeträchtige ECTS-Zertifikat verliehen, welches dazu dient, eine hohe Qualität der Lehre und internationalen Austausch sicherzustellen. Seit Jahren bemüht sich die Universität intensiv, den Wissens- und Technologietransfer in die Industrie weiterzuentwickeln. Im Rahmen von GPEE ist die Fakultät Bauingenieurwesen, Architektur und Umweltingenieurwissenschaften an der Projektumsetzung beteiligt.
- Der polnische Industriepartner **Sto-ispo sp. z o.o. (Sto)** wurde im Mai 1996 als Tochterunternehmen der international tätigen Sto AG aus Stühlingen in Deutschland gegründet. Die Firma ist Marktführer bei Dämmsystemen für Außenwände. Zum Kerngeschäft gehören außerdem qualitativ hochwertige Fassadenelemente sowie Putze, Lacke und Farben für den Innen- und Außengebrauch. Weitere Schwerpunkte sind Betoninstandsetzung, Bodenbeschichtungen, Akustiksysteme und vorgehängte Fassadensysteme.

Neben der Durchführung von Analyse und Forschungsarbeiten, insbesondere der Simulation von Gebäudeeigenschaften, ist eine weitere konkrete Voraussetzung für die erfolgreiche Umsetzung des Projekts die Verfügbarkeit von Fassaden im Gebäudebestand, um die im Projekt entwickelten Lösungen zu testen, zu evaluieren und insbesondere mit Referenzwerten aus unverändertem Gebäudebestand zu vergleichen, um somit die Verbesserung der Energieeffizienz unter Anwendung optimierter Fassadentechnologie festzustellen. Innerhalb des Projekts GPEE dienen Räume und Fassadenteilabschnitte der Gebäude der TU Lodz (West- und Ostausrichtung) und der Firma Sto (Nord- und Südausrichtung) inklusive Referenzräumen zu eben diesen Test- und Evaluationszwecken.

Planung und Ablauf des Projektes

Das Hauptaugenmerk der technischen Entwicklungen im Rahmen des Projekts ist die Entwicklung und Aufbau einer neuartigen Fassade. Dies umfasst ökologische, wirtschaftliche, soziale und technische Elemente. Alle Aktivitäten, die im Rahmen des Projekts durchgeführt wurden, zielen darauf ab, die Umweltauswirkungen des endgültigen Produkts zu verringern, von der Senkung von Emissionen während des Herstellungsprozesses bis zur Reduzierung der Auswirkungen der Produktentsorgung; den Aktivitäten liegen aber nicht nur Umweltgedanken zugrunde, sondern sie sind auch relevant für die Volkswirtschaft und die Verbesserung der Lebenssituation der Bürgerinnen und Bürger. Das Projekt verfolgt die Integration ökologischer, sozialer und geschäftlicher Ziele der Produktion und des Betriebs der Fassade, um ein Gleichgewicht zwischen ökologischen und wirtschaftlichen Notwendigkeiten zu erzielen. Das Projekt befasst sich mit drei Gebieten, die für den polnisch-deutschen Aufruf zu Nachhaltigkeitsforschung von besonderer Bedeutung sind, indem es einen Beitrag zur Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen den Partnerländern auf dem Gebiet der Nachhaltigkeitsforschung leistet, sich auf das Schlüsselthema des Aufrufs konzentriert, nämlich Klimaschutz durch Energieeffizienz, und die drei Säulen der Nachhaltigkeit umfasst:

- Ökologie, indem Umwelt und Klimafragen angemessene Beachtung finden,
- Wirtschaft, indem die Kosten und die finanziellen Implikationen von Energieeffizienzmaßnahmen berücksichtigt werden, und
- Gesellschaft, da die Daten und Ergebnisse des Projekts zu Verbesserungen der Energieeffizienz von Gebäuden und dadurch auch der Lebensqualität der Menschen in Polen und Deutschland beitragen können.

Der zentrale Schwerpunkt der Arbeit liegt auf der Entwicklung von Technologien zum Klimaschutz durch verbesserte Energieeffizienz, und zwar durch die Förderung von Energieeffizienz von Gebäuden und die Entwicklung innovativer Ansätze in der Fassadentechnik, um das Ziel der

emissionsfreien Gebäude zu erreichen. Den folgenden Aspekten wird dabei das meiste Gewicht beigemessen:

- photothermale Umwandlung von Sonnenenergie zur Deckung des Bedarfs an Heizenergie
- photovoltaische Umwandlung von Sonnenenergie zur Deckung des Bedarfs an Kühlenergie und/oder ergänzender Beleuchtungsenergie
- Einfall von Sonnenlicht durch die Fassade

Die Arbeitsplanung des Projekts unterteilt sich in sechs Arbeitspakete die ihrerseits in einzelne Teilschritte/-arbeiten unterteilt sind. Die Hauptverantwortung/Leitung der einzelnen Arbeitspakete wurde innerhalb des Konsortiums, entsprechend der Themenschwerpunkte, unter den Partner verteilt, so dass jeder Partner die Leitung von mindestens einem Arbeitspaket übernimmt.

Die Gesamtkoordination des Projektes lag bei der HAW Hamburg. Zur Koordinierung und Absprache der Arbeiten wurden regelmäßige Projektbesprechungen etabliert und mindestens ein Partner-Meeting pro Jahr ausgerichtet.

Die wesentliche Zielsetzung und Umsetzung der Arbeitspakete sind im Folgenden zusammengefasst.

Arbeitspaket 1: Identifizierung bestehenden und zukünftigen technologischen Bedarfs im Bereich Energieeffizienz in Gebäuden einschließlich Vorhersagen der zukünftigen Marktentwicklung

Im Rahmen des Arbeitspakets wurde eine detaillierte Vergleichsstudie des derzeitigen sowie zukünftigen Bedarfs für Energieeffizienz von Gebäuden in Deutschland und Polen erarbeitet. Zusätzlich wurden Modelle erstellt, die eine Vorhersage zu zukünftigen Marktentwicklungen im Bereich Energieeffizienz unter Berücksichtigung verschiedener Szenarien von Anreizen erlauben. Um die Ergebnisse entsprechend aufbereitet darstellen zu können wurde auf Basis der Open Source Software JEVIs ein Abbildungswerkzeug für Energieeffizienz, das sog. „Energy Map-Tool“ entwickelt. Die Ergebnisse sind dabei im Rahmen der Open Source Lizenzierung in das Projekt OpenJEVis¹ zurück geflossen und sind so von beliebigen Teams und Organisationen verwendbar.

Arbeitspaket 2: Untersuchung zu Energieeffizienz und Senkung der CO₂-Emissionen an ausgewählten Gebäuden in Deutschland und Polen

Um das Verbesserungspotenzial einschätzen zu können, wurde im Rahmen dieses Arbeitspakets zunächst der derzeitige Zustand repräsentativer Gebäude in Deutschland und Polen im Hinblick auf Energieaspekte ermittelt. Dabei lag der Schwerpunkt auf der Gebäudehülle (z.B. Fassaden, Fenster, Dach, Bodenplatte), sowie auf den installierten technischen Geräten (z.B. Heizung, Klimaanlage, Belüftungssysteme). Zur Bestimmung des Untersuchungsrahmens wurde hierbei

1 <http://www.openjevis.org>

zunächst geklärt welche Arten von Gebäuden in Deutschland und Polen für signifikante Mengen an Schadstoffemissionen verantwortlich sind. Anschließend wurde entschieden, wie viele Musteruntersuchungen zu den jeweiligen Gebäudearten durchgeführt werden müssen, um repräsentative Aussagen treffen zu können. Zur standardisierten Durchführung der Gebäudeuntersuchung wurde der Leitfaden „A Guidance on Energy Efficiency Evaluations in Commercial Buildings“ erstellt und veröffentlicht, welcher Gebäudebesitzern und -betreibern zur Seite steht, um Einsparpotenziale zu identifizieren und zu erschließen. Mit der Maßgabe auch Bestandsgebäude in Richtung der „Nullemissionsgebäude“ (Nullenergiehaus) zu entwickeln, wurden dem Leitfaden, unter Berücksichtigung der Wirtschaftlichkeit, eine Liste empfohlener Maßnahmen zur Optimierung des Energiebedarfs hinzugefügt.

Arbeitspaket 3: Multikriterielle Optimierung integrierter erneuerbarer Energiesysteme (RES) und Ausnutzung von Tageslicht

Die Suche nach einer optimalen Lösung für ein energieeffizientes belüftetes Fassadensystem unter deutschen bzw. polnischen klimatischen Bedingungen wurde im Arbeitspaket 3 durch theoretische Analyse und numerische Analyse u.a. mithilfe von Gebäudemodellen in ESP-r,² sowie durch eine Analyse der Ökobilanz von Gebäudekomponenten vollzogen. Die Optimierung wurde dabei als Aufgabenstellung mit einem Doppelkriterium formuliert: Energieeffizienz und Umweltauswirkungen. Basierend auf Praxiserfahrungen und den Ergebnissen der durchgeführten Analysen wurden eine Reihe von Lösungsprototypen entwickelt und untersucht. Die durch die Untersuchung der Prototypen gewonnenen Daten wurden dabei in enger Absprache mit der Produktion von Sto dahingehend überprüft, wie sich diese als Weiterentwicklung der Bestandsprodukte umsetzen lassen. Die gewonnenen Ergebnisse wurden für die Wahl der technischen Lösung in Arbeitspaket 4 herangezogen.

Arbeitspaket 4: Technologie, technische Lösung und Aufbau eines optimierten Außenwandsystems

Im Arbeitspaket 4 wurde das Ziel verfolgt eine leicht nachrüstbare, flexible, technische Lösung zur Optimierung von Fassadensystemen für typische Gebäude in Deutschland und Polen zu realisieren. Die durchgeführten Untersuchungen umfassten statische Analysen, hygrothermale Eigenschaften (einschließlich Wärmebrücken) und die Konzeption des idealen Montagesystems. Neben der Nachrüstbarkeit und der Flexibilität, stand die Langlebigkeit welche sich im Wesentlichen durch eine beständige und sichere Bauweise definiert im Fokus der Entwicklung des neuartigen Fassadensystems. Um dem Anspruch der Flexibilität gerecht zu werden, wurde ein modulares System geschaffen, welches die Kombination unterschiedlicher passiver und aktiver Fassadenelemente, welche auf eine an der Gebäudewand befestigte Trägerkonstruktion montiert werden, erlaubt. Einzelkomponenten wurden auf Grundlage eines geometrischen Rasters

2 <http://www.esru.strath.ac.uk/Programs/ESP-r.htm>

entworfen, das auf der im Bauwesen üblichen Einheit von 300 mm basiert. Modularität der Komponenten ermöglicht die Anpassung für jedes beliebige Gebäude und den einfachen Zusammenbau der Module zu größeren Elementen mittlerer und großer Größe. Die gewählte Fassadenmodularität stellt auch die günstigste Lösung dar, was die Kriterien Massenproduktion, Lagerung, Transport und Montage des fertigen Produkts in der Fabrik oder vor Ort angeht. Die einzelnen Module lassen sich wie folgt unterteilen.

- Elemente der Hülle (lichtdurchlässig und -undurchlässig)
- Elemente, die Tageslicht und Sonneneinstrahlung in Fassade und Innenraum steuern
- Isolierungs- und Speichersystemelemente
- Elemente die für die Thermo- und Photoumwandlung von Solarenergie ausgestattet sind

Im Rahmen der Untersuchung wurden zudem konventionelle Materialien, wie auch fortgeschrittene Materialien (z.B. Phase Change Materials) unter dem Gesichtspunkt von Energie und Wirtschaftlichkeit betrachtet. Ein wesentlicher Teil der Untersuchungen wurde dabei an Modellen im Maßstab 1:1, d.h. 600 mm x 300 mm (passive Elemente) bzw. 600 mm x 600 mm (aktive Elemente) durchgeführt.

Arbeitspaket 5: Praktische Anwendung und Testen der Langlebigkeit

Im Rahmen des Arbeitspakets 5 wurden vier prototypische Fassadensysteme entwickelt und an zwei Demonstrationsgebäuden in Polen installiert. Die Konstruktion wurde von der Firma Sto entsprechend dem endgültigen Entwurf und dem Energiebedarf der ausgewählten Gebäude hergestellt. Zusätzlich wurden alle Fassaden mit Messeinrichtungen ausgestattet. Für die Aufzeichnung der Messwerte wurde, basierend auf einem Open Hard-/Software System, ein Datenlogger-System entwickelt, welches die erfassten Daten in das Monitoring-System auf dem Hauptserver einspielt. Zusätzlich werden die Auswirkungen von Luftverschmutzung, Sonnenstrahlung, thermischer Belastung und biologischer Zersetzung auf die Energieeffizienz der Fassade überwacht und übermittelt. Zur Sicherstellung der Langlebigkeit des Fassadensystems wurden die Wartungsabläufe und Richtlinien für zukünftige Erhaltung festgelegt. Die langfristige Untersuchung der Fassadenprototypen wird auch nach Abschluss des Projekts weiter fortgeführt.

Arbeitspaket 6: Projektmanagement, Information, Kommunikation und Veröffentlichung

Arbeitspaket 6 umfasst alle Vorgänge, die mit Projektmanagement, Verwaltung und Berichterstattung zu tun haben. Außerdem umfasst es die Dokumentation der im Rahmen des Projekts geleisteten Arbeit, die Kommunikation unter den Projektpartnern und öffentlichkeitswirksame Maßnahmen, wie z.B. die Konzeption und Durchführung internationaler Fachveranstaltungen, dem Aufzeigen des Projektfortschritts und die Publikation der Projektergebnisse zur Bekanntmachung des Projekts sowie der Information der Öffentlichkeit zum

Zweck der Bekanntmachung des Deutsch-Polnischen Nachhaltigkeitsprogramms. Im Rahmen des Arbeitspakets 6 wurden 7 Fachveranstaltungen organisiert, Beiträge zu 22 internationalen Fachveranstaltungen beigesteuert, 3 Studien veröffentlicht, sowie die Sonderausgabe „Innovative Approaches to Energy Efficiency“ des internationalen Journals „Management of Environmental Quality: An international Journal“ (Volume 27, Issue 6) (<http://www.emeraldinsight.com/toc/meq/27/6>) initiiert und umgesetzt.

Abbildung 1 bietet zusätzlich einen detaillierten Überblick auf die Teilschritte/-arbeiten, sowie die Hauptverantwortung des jeweiligen Arbeitspakets.

Arbeitspaket 1: Identifizierung bestehenden und zukünftigen technologischen Bedarfs im Bereich Energieeffizienz in Gebäuden einschließlich Vorhersagen der zukünftigen Marktentwicklung	
Leitung: HAW Hamburg	
1.1	Beurteilung der derzeitigen Situation und des derzeitigen Bedarfs in Polen und Deutschland
1.2	Analyse der zukünftigen Trends im Bereich Energieeffizienz nach dem Jahr 2020
1.3	Erstellung von Modellen und Vorhersagen der Entwicklungen im Bereich Energieeffizienz
1.4	Abbildungswerkzeug für Energieeffizienz
1.5	Empfehlungen angesichts der zukünftigen Marktentwicklung
Arbeitspaket 2: Untersuchung zu Energieeffizienz und Senkung der CO2-Emissionen an ausgewählten Gebäuden in Deutschland und Polen	
Leitung: Envidatec	
2.1	Untersuchung ausgewählter Gebäude zur Ermittlung der Bereiche, in denen Bedarf für Energieeffizienz besteht
2.2	Durchführung von Kosten-Nutzen-Analysen und Schätzungen für Maßnahmen zur Steigerung der Energieeffizienz
2.3	Erarbeitung von Empfehlungen zu den technischen Erfordernissen für emissionsfreie Gebäude
Arbeitspaket 3: Multikriterielle Optimierung integrierter erneuerbarer Energiesysteme (RES) und Ausnutzung von Tageslicht	
Leitung: TU Lodz	
3.1	Theoretische Analyse möglicher architektonischer Lösungen
3.2	Potenzial von Fassaden für die Integration erneuerbarer Energiesysteme (RES), Formulierung von Optimierungsaufgaben
3.3	Analyse der Energiesysteme auf Grundlage fortgeschrittener numerischer Techniken
3.4	Ökobilanzanalyse (LCA) der Fassadenkomponenten und des Verhaltens der Fassade
3.5	Definition der optimalen Lösung
Arbeitspaket 4: Technologie, technische Lösung und Aufbau eines optimierten Außenwandsystems	
Leitung: TU Lodz	
4.1	Statik und Stärke des Fassadensystems für verschiedene Bautechniken
4.2	Theoretische Analyse der hygrothermalen Eigenschaften der Gebäudeteile
4.3	Befestigungstechniken
4.4	Mögliche Anwendung neuer Lösungen hinsichtlich des Dämmmaterials
Arbeitspaket 5: Praktische Anwendung und Testen der Langlebigkeit	
Leitung: Sto	
5.1	Herstellung der Fassaden-Prototypen
5.2	Umsetzung von Pilotprojekten in Polen
5.3	Messsystem zur Überwachung von Energieeffizienz und Wetterbedingungen
5.4	Testen der Langlebigkeit angesichts verschiedener Umweltbedingungen
5.5	Wartung und Erhaltung
Arbeitspaket 6: Projektmanagement, Information, Kommunikation und Veröffentlichung	
Leitung: HAW Hamburg	
6.1	Projektmanagement und Verwaltung einschließlich Verträgen und Berichten
6.2	Projektkommunikation und -veröffentlichung
6.3	Projekt-Newsletter zur weiten Verbreitung in Polen und Deutschland
6.4	Präsentation der Ergebnisse des Projekts bei Veranstaltungen in Polen und Deutschland
6.5	Veröffentlichungen und Vorstellung der Ergebnisse bei Fachveranstaltungen und -tagungen
6.6	Projektmanagement-Meetings
6.7	Projekt-Abschlussbericht

Abbildung 1: Überblick auf die Arbeitspakete

Abbildung 2 zeigt die Gegenüberstellung des Projektplans zur Projektrealisierung. Die Projektlaufzeit wurde um einen halben Monat verlängert, da die GPEE-Abschlusskonferenz so im Rahmen der Sustainable Built Environment (SBE 16) integriert und ein großes internationales Publikum adressiert werden konnte.

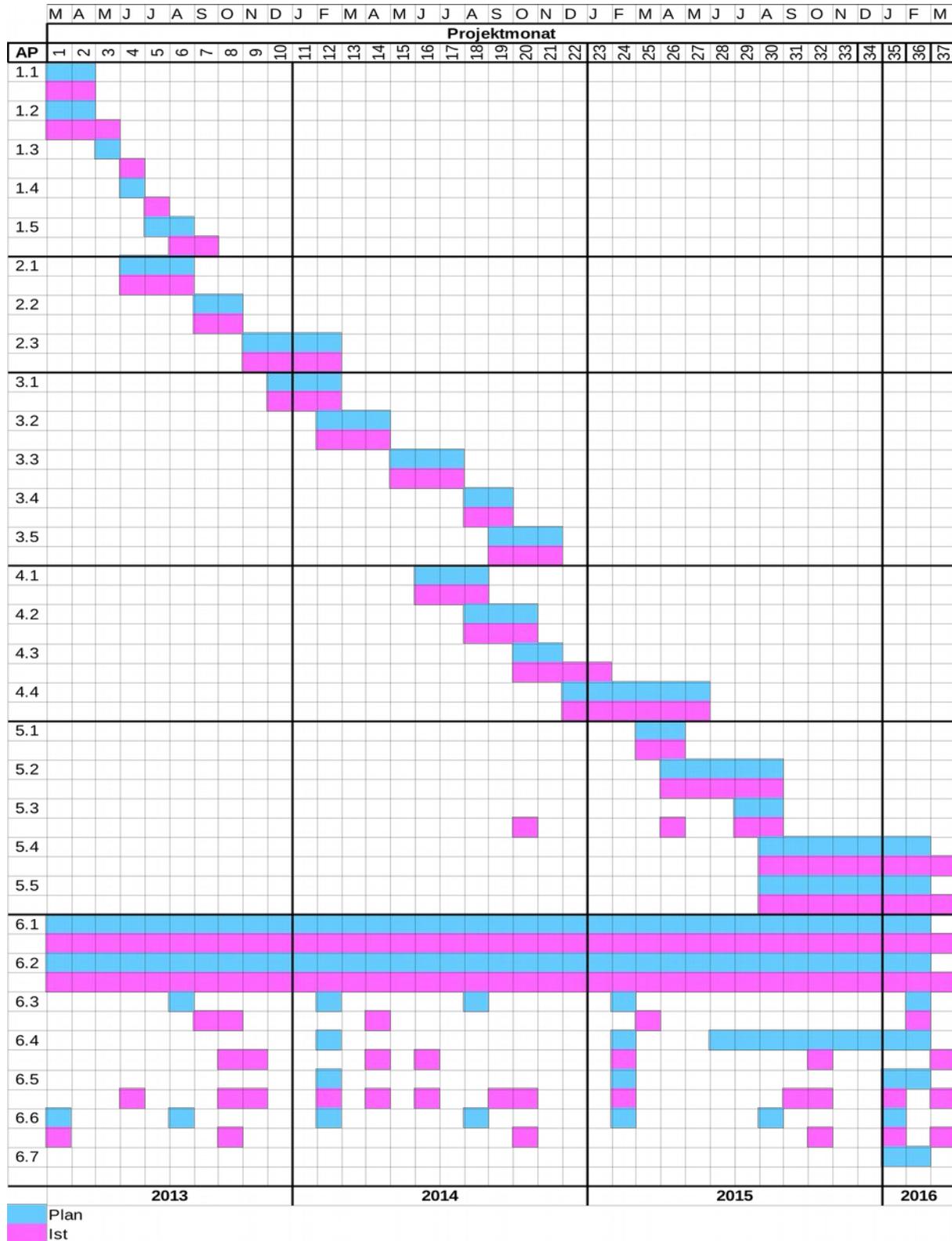


Abbildung 2: Gegenüberstellung des Projektplans zur Realisierung

Wissenschaftlicher und technischer Stand vor Projektbeginn

Das Konzept der Energieeffizienz hat in der jüngeren Vergangenheit stark an Bedeutung und Verbreitung gewonnen. Die Begrenztheit der Vorräte an fossilen Brennstoffen lässt Strategien zur Energieeffizienz und zur Verwendung erneuerbarer Energien umso wichtiger werden. Eine der größten Herausforderungen an die nachhaltige Entwicklung in Deutschland, Polen und anderen Ländern der Europäischen Union ist die Klärung der Frage, wie Energieeffizienz - z.B. im Gebäudebestand - so gefördert werden kann, dass es diesen Ländern möglich ist, ihre klimabezogenen Selbstverpflichtungen einzuhalten und gleichzeitig ihr wirtschaftliches Potenzial im Baubereich zu maximieren. Eine Methode, mit der diese Herausforderung angegangen werden kann, ist die Förderung der Energieeffizienz von Gebäuden auf der einen Seite und die Entwicklung von innovativen Ansätzen im Bereich der Fassadentechnologie auf der anderen Seite - Beides trägt dazu bei, das Ziel der „Nullenergiehäuser“ zu erreichen. Gemäß den Vorgaben von Direktive 2006/32/EC hat die polnische Regierung den Nationalen Energieeffizienz-Aktionsplan (NEEAP) erarbeitet, der vorsieht, als endgültiges Ziel Energieeinsparungen von 9% bis 2016 (4,5 Mtoe) zu erreichen - als Zwischenziel 2% bis 2010. Die deutsche Regierung verfolgt aktiv das EU-Ziel einer Verringerung des Energieverbrauchs um 20 % bis zum Jahr 2020. In beiden Ländern wird stark auf Energieeffizienz in Gebäuden geachtet, indem man innovative Ansätze und Methoden anwendet, um architektonische und ingenieurwissenschaftliche Herangehensweisen mit den Prinzipien der nachhaltigen Entwicklung in Einklang zu bringen. In Anbetracht des schleppenden Fortschritts der Energieverbrauchssenkung im Baubereich und des Fehlens verlässlicher technologischer und technischer Lösungen verabschiedete das Europaparlament am 19. Mai 2010 die „Richtlinie 2010/31/EU über die Gesamtenergieeffizienz von Gebäuden“. Ihr Hauptziel ist die Verbesserung der Energieeigenschaften neuer und bestehender Gebäude. Die Richtlinie legt die Mindestanforderungen fest, die von den einzelnen EU-Ländern übernommen und an ihre jeweiligen Erfordernisse angepasst werden müssen. Entscheidend ist, dass keine genauen Vorgaben im Hinblick auf Gebäude und ihre Komponenten in Form physikalischer Größen eingeführt werden. Die Richtlinie bestimmt, dass ab 2020 (öffentliche Gebäude ab 2018) alle neu errichteten oder maßgeblich renovierten Gebäude fast „nullenergetisch“ bzw. emissionsfrei sein sollen.

Energieeffizienz hat starke Auswirkungen auf den Immobilienmarkt, und die oben aufgeführten Anforderungen, die im Laufe der nächsten Jahre erfüllt werden sollen, geben dauerhaft die Richtung der Entwicklung und der Forschung vor. Trotz dieses Hintergrunds und des Bedarfs für Projekte, die sich in Deutschland und Polen dem Thema Energieeffizienz widmen, herrscht ein Mangel an zukunftsweisenden Projekten, in denen Aspekte von Anpassung an den Klimawandel, Energieeffizienz und Nachhaltigkeit kombiniert betrachtet werden.

Aus Perspektive der Hersteller, Entwickler und Bauunternehmer muss ein entscheidender und

schneller technologischer Sprung im Bereich der Gebäudehülle erfolgen. Dazu bedarf es der Entwicklung neuer Technologien und neuer Ansätze im Hinblick auf die Bauweise von Außenwänden, bei denen diese nicht als bloße Gebäudehülle betrachtet werden, sondern als aktives System zur Erzeugung erneuerbarer Energie. In Erwartung eines wachsenden Energiebedarfs hört eine Wand auf, ein Element zu sein, durch welches Energie nur unwiederbringlich verloren geht: Wände werden ein wertvoller Bereich, der zur Energiegewinnung, zum Beispiel aus Sonnenlicht, verwendet werden kann. Das spielt eine besonders wichtige Rolle in dicht bebauten städtischen Gebieten, wo es oft unmöglich und meist wirtschaftlich nicht vertretbar ist, Einzelinstallationen zur Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen zu errichten. Geldgeber erwarten wirtschaftlich effektive Lösungen und haben in erster Linie die Kosten einer Wand im Blick. Wenn sie schon Geld kostet, sollte eine Wand nicht nur den Innenraum begrenzen, sondern ihre Oberfläche sollte effizient genutzt werden, im Hinblick sowohl auf Wirtschaftlichkeit als auch auf Energie. Die Anforderungen, die für Gebäude im Hinblick auf Energieerzeugung aus erneuerbaren Quellen festgelegt wurden, erfordern die Integration ausgewählter erneuerbarer Energiesysteme (renewable energy systems, RES) in die Gebäudehülle. Gleichzeitig müssen Wärmeverluste minimiert werden, damit der Außenbereich eines Gebäudes auf das Jahr gesehen eine positive Energiebilanz erreicht. Außerdem muss die Fähigkeit berücksichtigt werden, überschüssige Energie in eine Form umzuwandeln, die die Nutzung vor Ort, z.B. eine effektive Speicherung in Form moderner Baumaterialien in der Gebäudewand, oder den direkten Verkauf ermöglicht. Vor dem Hintergrund dieser technischen Herausforderung liegt das Hauptaugenmerk des GPEE-Projekts auf der Analyse einer optimalen Lösung für ein energieeffizientes Fassadensystem, welches alle o.g. Aspekte bedient. Dabei sind nicht nur die technischen Aspekte der Energieeffizienz zu berücksichtigen, sondern auch die untrennbar damit verbundenen wirtschaftlichen Aspekte, sowie die nachhaltige Entwicklung mit Blick auf die Ökobilanz (life cycle assessment, LCA).

Bei dem im GPEE-Projekt vorgesehenen Systemtyp handelt es sich um eine moderne mehrschichtige belüftete Fassade. Die Voreingrenzung auf diesen Systemtyp begründet sich durch seine Vielseitigkeit, einfache Installation und hohe Lebensdauer. Die bestehende Fassadenlösung „StoVentec ARTline“ des Partners Sto erfüllt aktuelle Kriterien/Spezifikationen hinsichtlich Wärmedämmung und Energieeinsparung. Trotzdem besteht für Sto, wie in der gesamten Baubranche, der Bedarf für die Weiterentwicklung dieser, oder davon abgeleiteter Technologien, um die neuen Energieeffizienzanforderungen und die o.g. Anforderungen zu erfüllen. Derzeit sind die meisten Gebäudetechnologien für neu entworfene Gebäude ausgelegt, die die Anforderungen an die Wärmedämmung der Außenbereiche entsprechend der nationalen Vorgaben erfüllen müssen. Für neue Gebäude in Deutschland und Polen gelten seit dem Jahr 2012 folgende Werte für die einzelnen Gebäudekomponenten.

Dächer	$U = 0,17 - 0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$
Wände	$U = 0,24 - 0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$
Bodenplatte	$U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$
Fenster	$U = 0,9 \text{ W/m}^2\text{K}$

Es gibt einige abweichende U-Werte für andere Komponenten, die nur eine untergeordnete Rolle spielen. Daher kann man sagen: Die aktuellen U-Werte für die üblichen Gebäudekomponenten, abgesehen von den Fenstern, reichen derzeit von $U = 0,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ bis $U = 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$. In weniger als zehn Jahren wird es notwendig sein, für Wärmedämmung auf dem Niveau $U < 0,05$ bis $0,10 \text{ W/m}^2\text{K}$ zu sorgen. Die Einhaltung zukünftiger Anforderungen macht die Erforschung neuer Techniken auf der Grundlage herkömmlicher Isolationsmaterialien, die Erforschung neuer Materiallösungen, sowie die Kombination aus beidem notwendig. Gut verfügbare Techniken im Bereich der Dämmmaterialien zeichnen sich durch einen Wärmeübergangskoeffizienten von $0,03$ bis $0,04 \text{ W/(m}^2\text{K)}$ aus. Um zukünftige Anforderungen an Wärmedämmung zu erfüllen, würde die Dämmhülle bei herkömmlicher Isolierung eine Dicke von etwa 30 bis 40 cm benötigen, was zu dem Problem führt, dass diese Größen mit den derzeitigen Isolationssystemen nicht zu erreichen sind. Vor diesem Hintergrund ergibt sich die Notwendigkeit, neue Isolationssysteme zu entwickeln.

Basierend auf dem verfügbaren Produkt „StoVentec ARTline“ soll dieses um neu entwickelte Komponenten ergänzt werden, um die Energieeffizienz des gesamten Gebäudes verbessern.

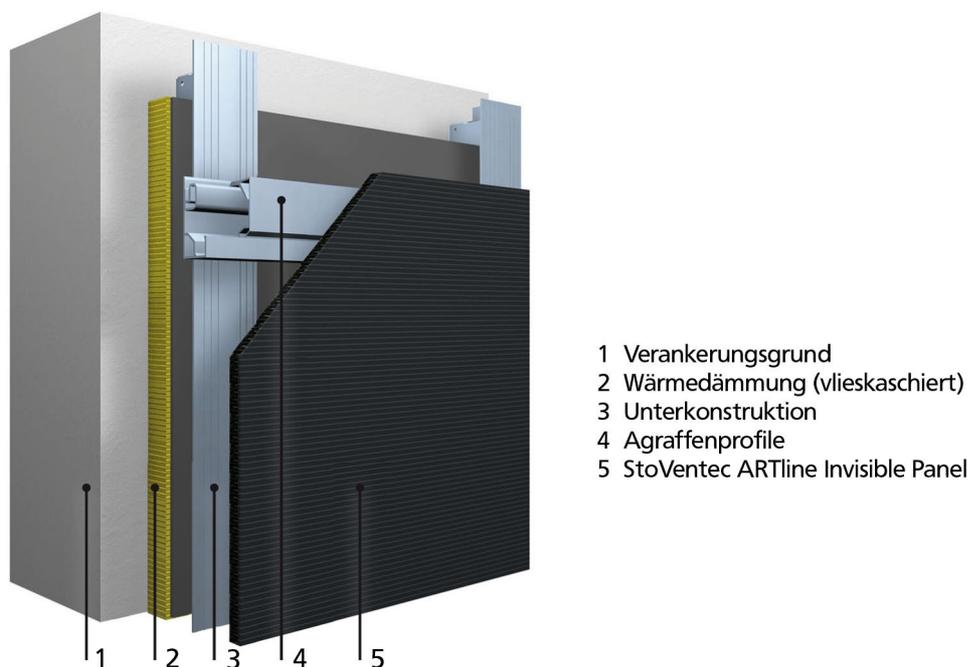


Abbildung 3: Darstellung des Aufbaus des StoVentec ARTline Fassadensystems

Der Einsatz dickerer Wärmeisolierungen und der Einsatz neuer Materialien und Komponenten bedeuten auch, dass die statischen Eigenschaften im Hinblick auf die Bauweise berücksichtigt werden müssen. Vorgehängte Fassadensysteme sind sehr vielseitig und können einen integralen Bestandteil der äußeren Hülle und eine völlig eigenständige, selbsttragende Konstruktion darstellen. Diese Merkmale lassen sich auf beliebigen Strukturen verwirklichen beginnend bei neuen Gebäuden bis hin zu stark beschädigten Bauten, die einer Thermomodernisierung unterzogen werden. Dank seiner leicht anpassbaren Substruktur ermöglichen derartige Systeme beliebige Abstände zwischen der Wand und der Abdeckplatte. Viele Fassadenbaumaßnahmen, einschließlich der Thermomodernisierung, erfordern gründliche Analysen hinsichtlich der quantitativen und qualitativen Auswahl der Materialien unter statischen Gesichtspunkten sowie der Bauphysik. Um das spätere Fassadenverhalten bzgl. Temperatur- und Feuchtigkeitsentwicklung zu analysieren stellen Simulationen den neuesten Stand der Technik dar.

Zur Überprüfung neuer Ergebnisse Dritter wurden im Wesentlichen bei den Informationseinrichtungen der Facheinrichtung Karlsruhe sowie des Fraunhofer-Informationszentrums fortlaufend recherchiert. Darüber hinaus wurden spezielle Branchen-Fachzeitschriften, z.B. TGA Planer und GebäudeDigital, im Bereich Energie, Bau und Gebäudeoptimierung verfolgt und entsprechende Fachmessen, z.B. Hamburger Energietage, Light&Building und Hannovermesse besucht..

Zusammenarbeit mit anderen Stellen

Im Rahmen von GPEE wurde mit unterschiedlichen anderen Stellen und Einrichtungen zusammengearbeitet. Im Wesentlichen wurde seitens der HAW Hamburg mit folgenden Stellen externen Stellen außerhalb der Projektpartnerschaft zusammengearbeitet:

- **Ausbildungszentrum Bau in Hamburg GmbH (AZB)**, einem überbetrieblichen Berufsbildungszentrum für Berufe des Bauhauptgewerbes. Im AZB wurde u.a. das 1. GPEE Specialist Seminar zum Thema „Neue Trends in energieeffizienter Fassadentechnologie“ durchgeführt.
- **ZEBAU - Zentrum für Energie, Bauen, Architektur und Umwelt GmbH (ZEBAU)**, eine unabhängige Netzwerkstelle in Norddeutschland für gebündeltes Wissen rund um Energieeffizienz und erneuerbare Energien im Bereich Bauen. Die ZEBAU war an der Erstellung der Studie zum Thema „Technologische Anforderungen für Energieeffizienz in Gebäuden“ beteiligt und Organisator der „Sustainable Built Environment (SBE 16)“ in deren Rahmen das GPEE Projekt präsentiert und insbesondere die GPEE-Abschlusskonferenz durchgeführt wurde.

Seitens der Envidatec wurde mit folgenden Stellen externen Stellen außerhalb der Projektpartnerschaft zusammengearbeitet:

- **National Energy Conservation Agency (NAPE)**, die polnische nationale Energieschutzbehörde. Die Hauptaktivitäten der NAPE sind u.a. Energieaudits von Gebäuden und rechtliche Fragen in Bezug auf die Umsetzung von EU-Richtlinien zur Energieeffizienz in Zusammenhang mit Gebäuden. Envidatec hat mit NAPE im Rahmen der Untersuchungen zu den Studien „Technological Requirements in Energy Efficient Buildings (including forecasts for future market development)“ und „A Guidance on Energy Efficiency Evaluations in Commercial Buildings“ einen regen Informationsaustausch gepflegt.
- **Technische Universität Zwickau**, welche langjährige Erfahrungen in kooperativen Projekten mit polnischen Partner hat, hat im Rahmen einer gemeinsam betreuten Studienarbeit und dem damit verbundenen Austausch mit Envidatec zusammengearbeitet.
- **OpenJEVis Community**, die Gemeinschaft von Hochschulen, privaten Forschungsunternehmen, Industriepartnern und Privatpersonen die gemeinsam im Rahmen des OpenJEVis Projekts an der Open-Source-Software JEVIS arbeiten. Die von Envidatec entwickelte Software basiert auf den vorhandenen Software-Teilen, so dass auch ein reger Austausch zu dem Design der neuen Module stattfand. Die Ergebnisse der Envidatec sind in die Gemeinschaft zurückgeflossen.

Projektdarstellung

Darstellung der Mittelverwendung und Ergebnisse im Einzelnen

HAW Hamburg: Neben dem übergeordneten Projektmanagement und der Erstellung der Studie zum Thema „Technologische Anforderungen für Energieeffizienz in Gebäuden“ ist die Verbreitung der Projektfortschritte und Ergebnisse durch Öffentlichkeitsarbeit, internationale Fachveranstaltungen und wissenschaftliche Publikationen Kernaufgabe der HAW Hamburg, die so unmittelbar zu den in Teil I / Punkt 1 genannten Projektzielen beiträgt und die im Verwertungsplan genannten Arten der Verwertung der Ergebnisse:

- Erstellung und Veröffentlichung von Studien zum Thema Gebäudeeffizienz,
- wissenschaftliche Publikationen für die Veröffentlichung der Ergebnisse und
- Fachveranstaltungen und Netzwerktreffen mit den relevanten Akteuren in Deutschland/Polen

umsetzt.

Studie „Technological requirements in Energy Efficient Buildings (including forecasts for future market development)“: Die o.g. Studie stellt die aktuelle Gebäudesituation, den Stand der Technik und den aktuellen Bedarf an Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz in Gebäuden in Deutschland und Polen gegenüber. Basierend auf mehreren Best-Practice-Beispielen werden moderne Technologien wie hocheffiziente Fassadenkomponenten und Energieeffizienzsteigerung durch automatische Gebäudesysteme im Rahmen der Studie bewertet. Darüber hinaus werden zukünftige Trends in Polen und Deutschland über 2020 hinaus analysiert, und Empfehlungen im Einklang mit künftigen Marktentwicklung gegeben.

Öffentlichkeitsarbeit, internationale Fachveranstaltungen und Publikationen: Um die Sichtbarkeit des Projekts zu garantieren, Hintergrundinformationen, Ziele und wesentliche Aktivitäten des Projekts aufzuzeigen und insbesondere, um den Projektfortschritt und die Projektergebnisse zu dokumentieren wurde eine multilinguale (englisch, deutsch, polnisch) Projektwebsite (www.gpee.net) erstellt, die regelmäßig aktualisiert wurde. Zudem wurden im Laufe des Projekts ein Projektinformationsflyer sowie 4 Newsletter (englisch / polnisch) zur Information und Dokumentation des Projektfortschritts erstellt. Sämtliche Newsletter sind auf der Website verfügbar. Flyer und Newsletter wurden zudem im Rahmen nationaler und internationaler Fachveranstaltungen verteilt.

Organisation und Durchführung von nationalen und internationalen Fachveranstaltungen zum Thema Energieeffizienz von Gebäuden: Im Rahmen des Projekts GPEE wurden von der HAW Hamburg mehrere wissenschaftliche Fachveranstaltungen organisiert, um a) Forschungsansätze, -methoden und -ergebnisse des GPEE Projekts einem Fachpublikum vorzustellen und zu diskutieren und b) den Austausch zwischen Wissenschaftlern und Praktikern zu erhöhen.

Folgende Fachveranstaltungen wurden organisiert:

- 1. GPEE Specialist Seminar „New Trends in Energy Efficient Facade Technology“ (12.02.2014 / AZB Hamburg) – einem Basisseminar zur Vorstellung geplanter Forschungsaktivitäten und zur Gegenüberstellung unterschiedlicher Ansätze und Vorgaben zum Thema Energieeffizienz im Bereich Fassadentechnologie in Deutschland und Polen
- “Planung energieeffizienter Städte – Beispiele aus internationalen Forschungsprojekten” im Rahmen der EU Woche für nachhaltige Energie am 18. Juni 2014 in Hamburg. Ziel der Veranstaltung war es, aktuelle Ansätze zur Steigerung der Energieeffizienz sowohl auf Gebäudeebene als auch auf Stadtebene zu diskutieren.
- Baltic University Programme Summer Course on Energy Efficiency (16.-20.09.2014 / Görlitz) Im Rahmen dieses Summer Courses wurden erste Forschungsergebnisse des GPEE Projekts vom Projektpartner TUL vorgestellt.

- 2. GPEE Specialist Seminar "Energy efficiency, facade technology and the environmental footprint" (23. Februar 2015 (inkl. Exkursion) / HafenCity Hamburg). Im Rahmen dieses Seminars wurden Projektfortschritte und erste Ergebnisse präsentiert und insbesondere Best-practice Beispiele aus unterschiedlichen Ländern des Ostseeraums vorgestellt und diskutiert.
- Baltic University Programme Summer Course "Implementing Sustainable Development in European Cities and Regions" (08.-12.09.15 / HAW Hamburg). Der Kurs 2015 sollte Studenten und Teilnehmer aus verschiedenen Ländern mit Themen der Energieeffizienz im Baltikum vertraut machen sowie internationales und multikulturelles Lernen fördern.
- Nachhaltigkeitsmesse "4th European Fair on Education for Sustainable Development – Implementing Sustainable Development in European Cities and Regions" (09.-11.09.2015 / HAW Hamburg). Das GPEE Projekt hat als Partner der Messe fungiert.
- GPEE Abschlusskonferenz "Development of an energy efficient facade: Current technologies and measurement installation" im Rahmen der „Sustainable Built Environment SBE16“ (09. März 2016 / HafenCity Universität Hamburg). Die GPEE Abschlusskonferenz diente insbesondere der Vorstellung der Projektergebnisse.

Darüber hinaus haben die Projektpartner das Projekt GPEE und die im Projekt durchgeführten Forschungsaktivitäten auf folgenden nationalen und internationalen Fachveranstaltungen präsentiert oder es wurde Projektinformationsmaterial (Flyer, Newsletter) im Rahmen der Veranstaltungen zur Verfügung gestellt:

- Ankündigung des GPEE Projekts am Messestand des BMBF während der POLEKO 2012 (20.-23. November 2012 / Posen)
- Präsentation des GPEE Projekts am Messestand des BMBF während der POLEKO 2013 (07.-10. Oktober 2013 / Posen) und beim BMBF-Statusseminar (09. Oktober 2013)
- 1. Hamburger Energietage (28.03.2014 / Hamburg)
- Hannovermesse 2014 (10.04.2014 7 Hannover)
- IE ECB'14 - 8th International Conference "Improving Energy Efficiency in Commercial Buildings". Vorstellung des gemeinsamen Papers: Simulations-Assistent und Daten Analyse für die Leistungs-Evaluation von Gebäuden (03.04.2014 / Frankfurt a.M.).
- BSO14 - Building Simulation and Optimization (23.-24.06.2014)
- Fachtagung "Klimaschutz in der Metropole - Hamburg kann mehr!" (19.-20.06.2014 / Hamburg)

- Lodz Energy Fair (27.-28.06.2014 / Lodz)
- Heat transfer 14 - 13th International Conference on simulation and Experiments in Heat Transfer and its Applications (02.-04.07.2014 / Coruna - Spanien)
- Leuphana Energieforum (17.09.2014 / Lüneburg)
- Hamburger Fachforum: Energieeffiziente Stadt - vom Gebäude zum Quartier (23.09.2014 / Hamburg)
- World Sustainable Building 2014 "Sustainable Building Results... Are We Moving as Quickly as We should? It's up to us!" (28.-30.10.2014 / Barcelona) . Präsentation des wissenschaftlichen im Rahmen des GPEE Projekts entwickelten Posters: Life Cycle Assessment von emissionsfreien Fassadenkonstruktionen.
- XII Symposium on Ecological Building – SBE (09.-14.01.2015 / Szklarska Poreba - Polen)
- Anwenderforum: Die Fassade (ZEBAU) (28.01.2015 / Hamburg)
- II International ETICS Conference (07.-08.05.2015 / Ozarow Mazowiecki - Polen)
- Life Sciences Forschungskolloquium 2015: „Forschung für Nachhaltigkeit an deutschen Hochschulen“ (11.06.2015 / HAW Hamburg)
- 6th International Building Physics Conference (14.-17.06.2015 / Turin - Italien)
- XIV Polish Technical-Scientific Conference Building Physics in Theory and Practice (18.-20.06.2015 / Lodz-Slok – Polen)
- Impulsvortrag zum Thema Energieeffizienz in Funktionsgebäuden auf der ComForEn 2015 (07.-08.09.2015 / Wien – Österreich)
- 61th Scientific Conference KILiW PAN and KN PZITB Bydgoszcz-Krynica 2015 (20.-25.09.2015 / Krynica - Polen)
- II International Conference of Building InBuild (03.-05.11.2015 / Krakau - Polen)
- 14th Building Simulation Conference (BS 2015) (07.-09.12.2015 / Hyderabad - Indien)

Neben der o.g. seitens der HAW Hamburg durchgeführten und veröffentlichten Studie hat die HAW Hamburg die Veröffentlichung der im GPEE erzielten Ergebnisse durch die Herausgabe der Studien:

- „A Guidance on Energy Efficiency Evaluations in Commercial Buildings“
- „Double Criterion Optimisation of Integrated Renewable Energy Systems (RES) and Daylight Utilization / Technology, Technical Solution and Construction of Optimized,

External Wall System“ initiiert und umgesetzt.

Alle drei Studien sind über die GPEE website frei verfügbar (<http://gpee.net/ergebnisse/publikationen.html>) und wurden als Druckexemplare im Rahmen der GPEE Abschlusskonferenz und während der SBE 16 an Fachpublikum verteilt.

Darüber hinaus hat die HAW Hamburg im Rahmen des Projekts eine Sonderausgabe des internationalen Journals

- „Management of Environmental Quality: An international Journal“ (Vol. 27 / issue 6) ()
<http://www.emeraldinsight.com/toc/meq/27/6> initiiert und umgesetzt.

Die Veröffentlichung erfolgte im Juli 2016. Die Sonderausgabe umfasst insgesamt 9 wissenschaftliche Beiträge zur Steigerung der Energieeffizienz in Städten. Projektpartner von GPEE sind mit 3 wissenschaftlichen Beiträgen zu den im Rahmen des Projekts durchgeführten Forschungen in der Sonderausgabe vertreten.

Envidatec GmbH:

Im Rahmen der Studie „**Technological requirements in Energy Efficient Buildings (including forecasts for future market development)**“ wurde seitens der Envidatec speziell die aktuelle Gebäudesituation, der Stand der Technik und der aktuelle Bedarf an Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz in Gebäuden in Deutschland und Polen untersucht und gegenübergestellt, sowie das Potenzial automatischer Datenerfassungssysteme beschrieben. Darüber hinaus war Envidatec an der Entwicklung eines Simulations-Konzepts zur Erzeugung von Referenzszenarien/Forecasts bzgl. möglicher Effekte durch die Förderung von Energieeffizienzmaßnahmen in Funktionsgebäuden bzw. die Nachrüstung erneuerbarer Energiequellen maßgeblich beteiligt.

„Auf Basis der Open Source Lösung „JEVis“ wurde das **GPEE Energy Efficiency Map Tool** entwickelt und dahingehend erweitert, Einlesungen von Simulationsergebnissen aus ESP-r und die Kombination mit messtechnisch erfassten Größen (reale Verbrauchsdaten, Umweltdaten) zu ermöglichen. Zusätzlich wurden Anpassungen und Erweiterungen der bestehenden Reporting-Funktionen der Software „JEVis“ zur automatischen Erstellung standardisierter Energiereports für Referenzgebäude durchgeführt. Die Ergebnisse wurden neben einem Impulsvortrag zum Thema Energieeffizienz in Funktionsgebäuden auf der ComForEn 2015 in Wien in einem Vortrag zum Thema „**OpenSource Monitoring for Energy Efficiency**“ im Rahmen der GPEE Abschlusskonferenz im Rahmen der „SBE16 – International Conference on Sustainable Built Environment“ vorgestellt.

Die Projektergebnisse im Bereich der **simulationsgestützten Gebäude-Energie-Effizienz-Untersuchungen** wurden im Rahmen eines Vortrags und eines Proceedings Paper auf 8th

International Conference Improving Energy Efficiency in Commercial Buildings (IEECB'14) in Frankfurt a.M. (Titel: „Simulation Assistance and Data Analysis for the Performance Evaluation of Buildings“), sowie auf dem dem GPEE Specialist Seminar „Energy efficiency, facade technology and the environmental footprint“ vorgestellt.

Zur **Untersuchung ausgewählter Gebäude hinsichtlich ihrer Energieeffizienz und Ausweisung der wesentlichen Bereiche für Energieeinsparungen**, wurde ein standardisierter Erfassungsbogen entwickelt, welche mit Hilfe der Gebäudeverantwortlichen exemplarischer Gebäude in Polen und Deutschland bearbeitet wurden. Hierzu wurden vorab die Referenzgebäude vor dem Hintergrund ihrer Bauepochen und Vergleichbarkeit in der Nutzung bestimmt.

Zur **Detailuntersuchung der Demonstrationsgebäude mit Fassadenumrüstung** in Polen wurden Messstellenkonzepte zur automatischen Energiedatenerfassung entwickelt. Der Messaufbau wurde in Zusammenarbeit mit Sto und der TU Lodz installiert und in Betrieb genommen. Neben der Datenaufnahme der Energie-Hauptzähler für Strom und Wasser wurden die Detailmessungen der Demonstrations- und Referenzräume mit aufgenommen. Im Rahmen der offiziellen Eröffnungszeremonie der GPEE Untersuchungsräume in Lodz (19.10.2015) wurde der messtechnische Aufbau, sowie die Inbetriebnahme der Fassadenelemente mit den Teilnehmern diskutiert und die Technik vermittelt

Basierend auf den im Projekt entwickelten Untersuchungen von Gebäuden und den daraus resultierenden Praxiserfahrungen wurde der Leitfaden zur energetischen Untersuchung und vergleichbaren Bewertung von Funktionsgebäuden konform der DIN EN 16247 und ISO 50002 entwickelt und unter dem Titel „**A Guidance on Energy Efficiency Evaluation in Commercial Buildings**“ veröffentlicht. Neben der schrittweisen Beschreibung der Durchführung eines Audits stellt der Leitfaden entsprechende Dokumentenvorlagen für die einzelnen Schritte bereit. Zusätzlich wurden entsprechende Excel-Werkzeuge zur Auditierung, Erfassung und Ergebniszusammenstellung bei der Untersuchung und Bewertung von Funktionsgebäuden entwickelt. Der Leitfaden enthält darüber hinaus Maßnahmenbeschreibungen, die es Gebäudeverantwortlichen ermöglicht, die Energieeffizienz in Richtung emissionsfreie Gebäude zu erhöhen.

Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises sind im Folgenden erläutert.

HAW Hamburg:

Die Projektkosten der HAW Hamburg unterteilen sich in Personalkosten, Vergabe von Aufträge an Dritte und Kosten für Dienstreisen. Die prozentuale Aufteilung ist in Abbildung 3 dargestellt.

Projektkostenverteilung (HAW Hamburg)

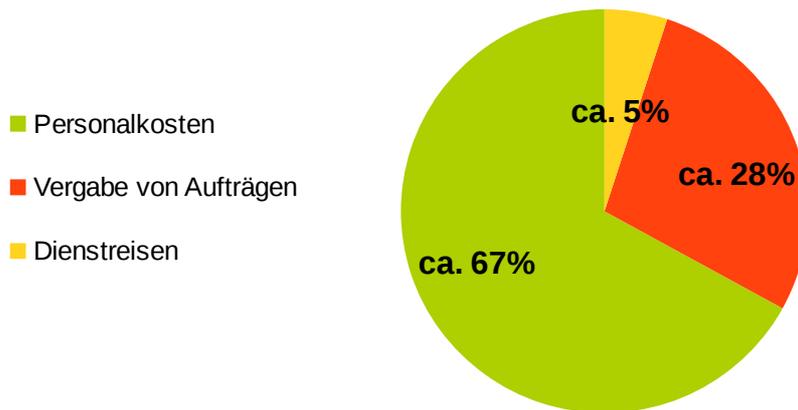


Abbildung 4: Darstellung der Projektkostenverteilung (HAW Hamburg)

Die Personalkosten über die gesamte Projektlaufzeit durch Durchführung der o.g. Projektarbeiten belaufen sich auf ca. 67%. Der Anteil der Kosten für die Vergabe von Aufträgen machen ca. 28% der Projektkosten aus. Wesentliche Kosten für die Vergabe von Aufträge sind entstanden durch:

- Erstellung des Corporate Designs des Projekts sowie durch Layout/Satz/ Druck der Newsletter und des Flyers
- Übersetzungsleistungen ins Polnische (Website / Newsletter)
- Erstellung und administrative Betreuung der Website
- Durchführung der GPEE Fachveranstaltungen (s. Punkt 1) (insbesondere Miete der Veranstaltungsorte/Catering)
- Rechercharbeiten inkl. Aufbereitung im Rahmen der GPEE Studie „Technological requirements in Energy Efficient Buildings (including forecasts for future market development)“
- Lektorat/Satz/Druck der drei veröffentlichten Studien

Die Kosten für Dienstreisen i.H.v. 5% ergeben sich aus den Reisen der Projektmitarbeiter zu einigen der o.g. Fachveranstaltungen, sowie den Reisen der Projektmitarbeiter zu jährlichen Projekttreffen mit den polnischen Partnern.

Entgegen der Planung wurden die Kosten für die Vergabe von Aufträgen, sowie die Kosten für Dienstreisen leicht überschritten. Diese Mehrausgaben wirken sich aber neutral auf die geplanten Projektkosten aus, da entgegen der Planung geringer Ausgaben im Bereich Personal anfielen.

Envidatec:

Die Projektkosten der Envidatec unterteilen sich in Personalkosten und Kosten für Dienstreisen. Die prozentuale Aufteilung ist in Abbildung 4 dargestellt.

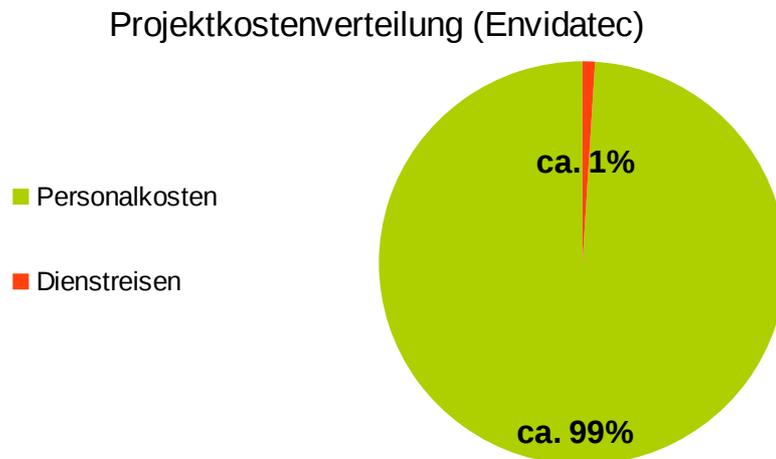


Abbildung 5: Darstellung der Projektkostenverteilung (Envidatec)

Die Personalkosten über die gesamte Projektlaufzeit zur Durchführung der o.g. Projektarbeiten belaufen sich auf ca. 99% und machen damit den wesentlichen Anteil der Projektkosten der Envidatec aus. Die Kosten für Dienstreisen i.H.v. 1% ergeben sich aus den Reisen der Projektmitarbeiter zu einigen der o.g. Fachveranstaltungen, sowie den Reisen der Projektmitarbeiter zu jährlichen Projekttreffen mit den polnischen Partnern.

Entgegen der Planung wurden für Dienstreisen nur ca. 40% der ursprünglich veranschlagten Kosten benötigt, wohingegen die Personalkosten entgegen der Planung ca. 5% höher ausfielen. Die hierdurch entstandenen Mehrkosten gegenüber dem geplanten Projektbudgets wurden aus Eigenmitteln der Envidatec finanziert.

Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

HAW Hamburg:

Die von der HAW geleisteten Arbeiten waren notwendig und angemessen, um eine erfolgreiche Umsetzung des Projekts zu gewährleisten. Gemäß Projektbeschreibung und Verwertungsplan lagen die Hauptaufgaben der HAW Hamburg zum einen in der Konzeption, Durchführung und der Erstellung der Studie „Technological requirements in Energy Efficient Buildings (including forecasts for future market development)“, welche in Zusammenarbeit mit ZEBAU und Envidatec GmbH entstanden ist. Die Studie liefert eine Bestandaufnahme, einen Überblick sowohl über derzeitige Technologien im Bereich energieeffizienter Gebäude in Deutschland und Polen, als auch über Situation und Bedarf in puncto Energieeffizienz in beiden Ländern. Ferner werden zukünftige Trends zum Thema Energieeffizienz in Gebäuden nach 2020 analysiert und Empfehlungen für

zukünftige Entwicklungen gegeben.

Wesentliche Aufgabe der HAW Hamburg war die Übernahme der Gesamtprojektkoordination des Projekts und insbesondere die – in Zusammenarbeit mit den GPEE Projektpartnern - Durchführung der Öffentlichkeitsarbeit inklusive Konzeption und Organisation der wissenschaftlichen GPEE Fachveranstaltungen sowie der Erstellung der oben beschriebenen GPEE Publikationen und Studien. Die HAW Hamburg hat durch ihre Tätigkeit im Rahmen des Projekts wesentlich zu dessen erfolgreicher Durchführung und insbesondere zu dessen Sichtbarkeit in der Fachöffentlichkeit und zur Verbreitung der Projektergebnisse beigetragen.

Envidatec GmbH:

Die von der Envidatec geleisteten Arbeiten waren notwendig und angemessen, um eine erfolgreiche Umsetzung des Projekts zu gewährleisten. Gemäß Projektbeschreibung und Verwertungsplan lagen die Hauptaufgaben in der energetischen Untersuchung durch messtechnische Systeme und Audits, sowie in der Entwicklung von Software Tools, dem Energy Efficiency Map Tool, sowie Excel-Tools und Audit-begleiteten Formblättern. Die Durchführung von Audits wurde im Rahmen des Leitfadens „A Guidance on Energy Efficiency Evaluation in Commercial Buildings“ standardisiert beschrieben. Dieses Ergebnis stellt ein freies Werk für Energieverantwortliche dar, welches alle Inhalte, wie z.B. Maßnahmenbeschreibungen inkl. Kosten-Nutzen-Rechnungen bedient, die für das systematische Analysieren und Optimieren eines Funktionsgebäudes notwendig sind. Durch dieses Ergebnis profitiert nicht nur die Envidatec maßgeblich von der Optimierung der Aufwände und Ergebnisse einzelner Audits, sondern auch die breite Öffentlichkeit. Hiermit wurde eine wichtige Unterstützung mit Blick auf die 2020 Ziele der EU geleistet. Im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit hat die Envidatec diese Ergebnisse auf zahlreichen Fachveranstaltungen präsentiert.

Verwertung der Ergebnisse

HAW Hamburg:

Der Verwertungsplan sieht für die HAW Hamburg folgende Arten der Verwertung der Ergebnisse vor:

- Erstellung und Veröffentlichung von Studien zum Thema Gebäudeeffizienz
- Wissenschaftliche Publikationen für die Veröffentlichung der Ergebnisse
- Fachveranstaltungen und Netzwerktreffen mit den relevanten Akteuren in Deutschland/Polen

Wie beschrieben, sind sämtliche Aktivitäten, die zu einer Verwertung der Ergebnisse führen, von der HAW Hamburg erfüllt. Die HAW Hamburg hat, wie vorgesehen, eine Veröffentlichung der

Projektergebnisse vorgenommen und zudem wissenschaftliche Studien zum Thema Energieeffizienz erstellt bzw. herausgegeben. Zudem wurden wie beschrieben mehrere nationale und internationale Fachveranstaltungen konzipiert, an denen jeweils ca. 40-50 Personen aus dem akademischen Umfeld, aus Verwaltung und Wirtschaft teilgenommen haben. Die Forschungsinhalte des Projekts sowie die entsprechenden Ergebnisse wurden somit einer breiten Fachöffentlichkeit zugänglich gemacht. Gleichzeitig wurden Austausch und Diskussionen zu den Projekthinhalten angeregt und eine Vernetzung der Teilnehmer untereinander – insbesondere um weitere forschungsrelevante Fragestellungen zu diskutieren - ermöglicht und unterstützt.

Envidatec GmbH:

Der Verwertungsplan sieht für die Envidatec folgende Arten der Verwertung der Ergebnisse vor:

- Erweiterung des Produkt-Portfolios im Bereich der Energieeffizienz-Dienstleistungen
- Erweiterung der Anwendbarkeit bestehender Software-Komponenten für Monitoring Systeme zur Bestimmung der Gebäudeenergieeffizienz
- Entwicklung gemeinsamer Vertriebsstrategien, Crossmarketing durch standardisierte Produktkombinationen

Wie vorangehend beschrieben konnte die Envidatec durch die Standardisierung von Audits, sowie deren Einbettung in Software-Tools, das bestehende Produkt-Portfolio im Bereich der Energieeffizienz-Dienstleistungen deutlich erweitern und damit gleichzeitig den Arbeitsaufwand je durchgeführten Audit signifikant reduzieren. Speziell vor dem Hintergrund des in 2015 in Deutschland verabschiedeten Energiedienstleistungsgesetzes (EDL-G) können die Ergebnisse bei der Durchführung gesetzeskonformer Audits heute bereits verwertet werden.

Im Rahmen des Projekts wurde die Open Source Software JEVIs, auf deren Basis die Envidatec „Software as a Service“ (SaaS) Dienstleistungen, z.B. als Hosting-Lösung im Internet, anbietet im Zuge des Energy Efficiency Map Tool funktional signifikant erweitert. Die Ergebnisse werden daher, neben der freien Verwertung in der Open Source Community, von der Envidatec in Energie-Monitoring Projekten verwertet.

Durch das gemeinsame Projekt konnte ein intensiver Kontakt zum Industriepartner hergestellt werden. Die technische Möglichkeit die neuartigen Fassadensysteme mit Energie-Monitoring Angeboten der Envidatec zu verbinden wurde prototypisch realisiert. Dieses wird nach Projektende weiter Richtung Produktreife vorangetrieben. Parallel wurden bereits erste Ansätze für eine gemeinsame Vertriebsstrategie und Produktkombinationen diskutiert. Eine breite Markt-Einführung ist für Ende 2017 geplant.

Fortschritte auf dem Gebiet des Vorhabens während der Projektlaufzeit

Bzgl. der bereits abgeschlossenen, vergleichenden Untersuchung der Gebäudesituation in Polen und Deutschland sind in der Zwischenzeit Veröffentlichungen erschienen, die einen vergleichbaren Untersuchungsrahmen in Deutschland und europaweit beschreiben und deren Ergebnisse sich größtenteils mit den Ergebnissen des GPEE Projekts decken. Es ist daher festzustellen, dass es sich bei den zentralen Fragestellungen des GPEE um bedeutende Fragestellungen im Rahmen der europäischen Energiestrategie handelt, die auch von anderen Stellen intensiv verfolgt werden. Im Jahr 2015 wurden daher Gespräche zu anderen Forschungsteams gesucht, sowie in gemeinsamen Gesprächen mit Energieversorgern (speziell die Viola in Polen) Projektskizzen für die weitere wissenschaftlich-technische Verwertung nach Abschluss des GPEE Projekts vorangetrieben. Als wesentlicher Fortschritt auf dem Gebiet der gesetzlichen Ebene ist die in 2014 verabschiedete Energieeinsparverordnung (EnEV) 2013, sowie die EnEV 2016 zu nennen.

Veröffentlichungen der Ergebnisse

s. Kapitel „Darstellung der Mittelverwendung und Ergebnisse im Einzelnen“