
Thermocollect Aktive Energiefassade

Aktive Energiefassade
zur direkten Nutzung
der Sonnenstrahlung
zur Raumheizung

R. Schwarzmayr

Berichte aus Energie und Umweltforschung

39/2013

Impressum:

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

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

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

Thermocollect

Aktive Energiefassade

Aktive Energiefassade zur direkten Nutzung
der Sonnenstrahlung zur Raumheizung

DI Rudolf Schwarzmayr
Thermocollect

Ried, April 2013

Ein Projektbericht im Rahmen des Programms



im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus dem Forschungs- und Technologieprogramm *Haus der Zukunft* des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie.

Die Intention des Programms ist, die technologischen Voraussetzungen für zukünftige Gebäude zu schaffen. Zukünftige Gebäude sollen höchste Energieeffizienz aufweisen und kostengünstig zu einem Mehr an Lebensqualität beitragen. Manche werden es schaffen, in Summe mehr Energie zu erzeugen als sie verbrauchen („Haus der Zukunft Plus“). Innovationen im Bereich der zukunftsorientierten Bauweise werden eingeleitet und ihre Markteinführung und -verbreitung forciert. Die Ergebnisse werden in Form von Pilot- oder Demonstrationsprojekten umgesetzt, um die Sichtbarkeit von neuen Technologien und Konzepten zu gewährleisten.

Das Programm *Haus der Zukunft Plus* verfolgt nicht nur den Anspruch, besonders innovative und richtungsweisende Projekte zu initiieren und zu finanzieren, sondern auch die Ergebnisse offensiv zu verbreiten. Daher werden sie in der Schriftenreihe publiziert und elektronisch über das Internet unter der Webadresse www.HAUSderZukunft.at Interessierten öffentlich zugänglich gemacht.

DI Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	8
Abstract	10
1 Einleitung.....	12
1.1 Energetische Grundbetrachtungen	12
2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt	14
2.1 Stand der Technik	16
2.1.1 Bauliche Voraussetzungen und Probleme.....	16
2.1.2 Vergleich zu aktuell bestehenden Systemen.....	16
2.2 Vorarbeiten zum Thema	19
2.3 Innovationsgehalt	20
2.3.1 Beschreibung der Neuerungen und ihrer Vorteile.....	20
2.3.2 Anforderungen	21
2.3.3 Funktion	23
2.4 Verwendete Methoden	24
3 Ergebnisse des Projektes.....	26
3.1 Systembestandteile	26
3.1.1 Technik:	26
3.2 Messungen an Echtwänden und Testboxen	29
3.2.1 Messboxen.....	29
3.2.2 Systemaufbau und Installation.....	31
3.3 Erkenntnisse.....	32
3.3.1 Wärmeverlauf in der Wand	32
3.3.2 Ermittlung des effektiven U-Werts	38
3.3.3 Standortunterschiede.....	39
4 Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms	41
4.1 Einpassung in das Programm	41
4.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms	41
4.3 Einbeziehung der Zielgruppen und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse.....	42
4.3.1 Anwendungsfelder	42
4.4 Beschreibung der Umsetzungs-Potenziale	44
5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen	50
6 Ausblick und Empfehlungen	51
7 Abbildungsverzeichnis.....	52
8 Tabellenverzeichnis.....	53

Kurzfassung

Ausgangssituation/Motivation

Bisherige Dämmösungen gehen davon aus, Energieströme in der Gebäudehülle möglichst zu unterbinden, so dass in einem ideal gedämmten Gebäude bereits geringste Energiemengen zur Temperierung ausreichen. Dazu werden hohe Dämmstärken empfohlen, das Gebäude soll luftdicht ausgeführt werden und die Lüftung gezielt und temperiert erfolgen. Solare Energie wird nur durch Fenster oder Kollektoren genutzt. Die Sonne strahlt, speziell in der kühlen Jahreszeit, nutzlos auf dick isolierte Oberflächen.

Thermocollect versucht einen anderen Ansatz. Wir entwickeln ein adaptives, aktives Fassadensystem, das in der Lage ist, Energie aus der Umwelt zu gewinnen und aktiv die Energieströme in der Gebäudehülle zu steuern.

Inhalte und Zielsetzungen

Das Ziel von Thermocollect ist die konsequente Nutzung der an senkrechten Hauswänden verfügbaren solaren Energie. Insbesondere an Gebäuden mit massiven Wänden mit deren höheren Wärmeleitfähigkeit und Speicherkapazität. Die solar-aktive Energiefassade nutzt die jeweils vorhandene und benötigte solare Energie direkt in der Wand. Die dicht schließenden, hochdämmenden Paneele öffnen sich bei solarem Energieangebot und richten sich automatisch ideal aus. Dadurch erreicht das System neben ausgezeichneten Dämmwerten einen hohen Wirkungsgrad beim Energieeintrag in die Wand. Dies bewirkt das negative effektive U-Werte erreicht werden können. Energie wird somit gewonnen.

Inhalt und Ziel dieses Forschungsprojekts sind die Weiterentwicklung, Analyse, Herstellung und Installation eines Echtsystems, um die Funktionalität zu zeigen und die Wirkung „erlebbar“ zu machen.

Methodische Vorgehensweise

Nach dem erfolgreichen Betrieb von Messboxen, mit denen die aus vorangegangenen Simulationen erwartete Wirksamkeit des Systems bewiesen werden, wird durch die Echtinstallation an einer Hauswand die Wirkung des Systems „erlebbar“ und somit verifiziert. Messreihen dokumentieren die erlebbaren Wirkungen des Systems.

Durch den seriennahen Prototypenbau werden wichtige Erkenntnisse für die spätere Serienfertigung gewonnen.

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Entwicklung / architektonische Einbettung / Vorbereitung / Aufbau / Montage / Messungen:

- Auswahl eines passenden Gebäudes für die Erstinstallation.
- ein Gebäudekonzept und Prototypenausplanung wurden erstellt,
- Komponenten wurden gefertigt,

- ein erstes Echtssystem wurde aufgebaut
- Messreihen am Gebäude wurden aufgenommen
- Parallel dazu wurden die Berechnungsmethoden verfeinert.

Systemoptimierung:

- Entwicklung und Fertigung neuer Paneele (kein zukaufbares Produkt erfüllte die erweiterten Anforderungen)
- Umbauten am System
- Aufnahme neuer Messreihen
- Befragung der Nutzer
- Aufbau und Installation eines technisch verbesserten Echtsystems mit abermals optimierten Fertigungsständen.
- Prozessentwicklung für die Paneelfertigung V3: Durch einen eigens entwickelten Fertigungsprozess mit entsprechenden Vorrichtungen, ist nun die technische Machbarkeit der Paneele mit den geforderten Eigenschaften (Optik, Steifigkeit, Gewicht, Haltbarkeit,...) bestätigt.
- Verbesserungen am Antriebs- und Montagesystem

Marketing / Vertrieb / Organisation / Controlling:

- Teilnahme an 3 Ausschreibungen,
- Gewinn des 1. Platzes „Energieeffizienz“ bei IE:KU Award, Umwelttechnik Cluster OÖ,
- Nominiert zum Österreichischen Baupreis
- Leistung Platz 41 im Ranking der besten Jungunternehmen 2012 Zeitschrift Gewinn
- Platz 2 in der Kategorie Umwelt (Gewinn)
- Diverse Vorgespräche mit Lieferanten, Interessenten, Vertriebspartner
- Fertigung von diversen Funktionsmustern in verschiedenen Designs, anhand derer einige der vielen unterschiedliche Gestaltungsmöglichkeiten aufgezeigt werden können.

Ausblick

Das Funktionsprinzip ist zwar simpel und leicht verständlich, die technische Umsetzung gestaltet sich aber äußerst komplex. Nicht nur, weil es sich um ein aktives System handelt, das mit ausgefeilter Logik die Umgebungsbedingungen ideal zu nutzen hat. Auch aus technischer Sicht werden Anforderungen gestellt die vorhergehend nicht erfüllt wurden.

Auf technischer Seite wurden alle Systemkomponenten entwickelt, von der Steuerung, über die Mechanik bis hin zu den Paneelkörpern. Mit den gewonnenen Erkenntnissen und den erfolgten Entwicklungen ist jetzt die Basis gelegt, um neben Erkenntnissen über die Umsetzbarkeit den Markteintritt und die Serienproduktion in Angriff nehmen zu können.

Abstract

Starting point/Motivation

Assuming that they prevent energy flow in building envelopes almost completely, existing insulation systems of ideally insulated buildings ought to demand only very little energy for heating. High insulation diameters are recommended, the building should be air tight and installed with a venting system for precise and well-controlled air-supply. Solar energy is only used through windows or collectors. Solar energy is radiated -even in cold winter conditions- useless onto the thick insulated surface.

Thermocollect attempts another approach. We develop an adaptive, active façade system to gain environmental energy and to actively control the energy flow in the building envelope.

Contents and Objectives

Our goal for Thermocollect is to make consequent use of the available solar energy in vertical walls, particularly in buildings with massive walls and high thermal conductivity and retention capacity. Our solar-collecting system makes use of the existing and required solar energy directly on the wall. The highly insulating and also tightly closing panels of the thermocollect system will automatically adjust to the ideal solar radiation angle where there is adequate solar supply on demand.

The content and goal of this scientific project is to develop, analyse, produce and install a „real-life-system“, to get an idea of functionality and to experience the result in a real building.

Methods

Having successfully run various measuring boxes and already proven the expected effectiveness of the system in former simulations, the „real-life-system“ gives a „look-and-feel“ verification. The test series documents the actually experienced results.

With the close-to-production prototype construction, further insight is gained for serial production in the future.

Results

Development/architect/preparation and setup/assembly/data-recording

- A detailed plan for the building-concept and prototype has been created
- Components have been build up
- The prototype has been assembled
- Data have been recorded
- The calculating model has been refined in parallel

System optimization

- Development and production of new panels (no available product in the market meets specifications)
- Modification of system
- New data recording
- User census
- Production and installation of improved authentic system of latest production modifications
- Process development for a 3rd version for panel production: New process with appropriate rigs and fixtures for technical feasibility of required qualities (visual appearance, stiffness, weight, durability) is approved.
- Improvement to actuating- and mounting-system

Marketing /sales /organisation /controlling

- Participation in three different announcements
- Winning 1st price in IE:KU award from Umwelttechnik Cluster OÖ
- Nominated for “Austrian Baupreis”
- Ranked 41 of the best young entrepreneurs 2012 in Austrian magazine “Gewinn”
- Ranked 2nd in category Environment (“Gewinn”)
- Various discussions with suppliers, prospective customers and resellers have been held
- Production of samples with different styling to be used for presentation of different design opportunities

Prospects / Suggestions for future research

Although the functional principle is pretty simple, the technical implementation is very complex.

Not only is the system actuated using certain logic to adapt to environmental conditions, but also the panels feature some characteristics that haven't been reached before.

All technical components have been developed, from controllers to mechanism and panels.

With the gained insight and know-how on functionality and the feasibility of production, a basis has been created to prepare for the serial production process and market entry.

1 Einleitung

1.1 Energetische Grundbetrachtungen

Der Eindruck, den die meisten Menschen von unserem Klima und der Kraft der Sonne haben, hängt sehr stark vom subjektiven Temperaturempfinden ab. Dabei spielen die Lufttemperatur, Windgeschwindigkeit, die solare Einstrahlung sowie die Art der Bekleidung und die körperliche Tätigkeit eine große Rolle.

Die Sonneneinstrahlung wird üblicherweise als Globalstrahlung (auf eine waagrechte Ebene) angegeben. In der nachfolgenden Abbildung ist der Jahresverlauf der Globalstrahlung zu sehen – dabei ist wie erwartet zu erkennen, dass es zu hohen Energiemengen im Sommer und zu geringeren im Winter kommt.

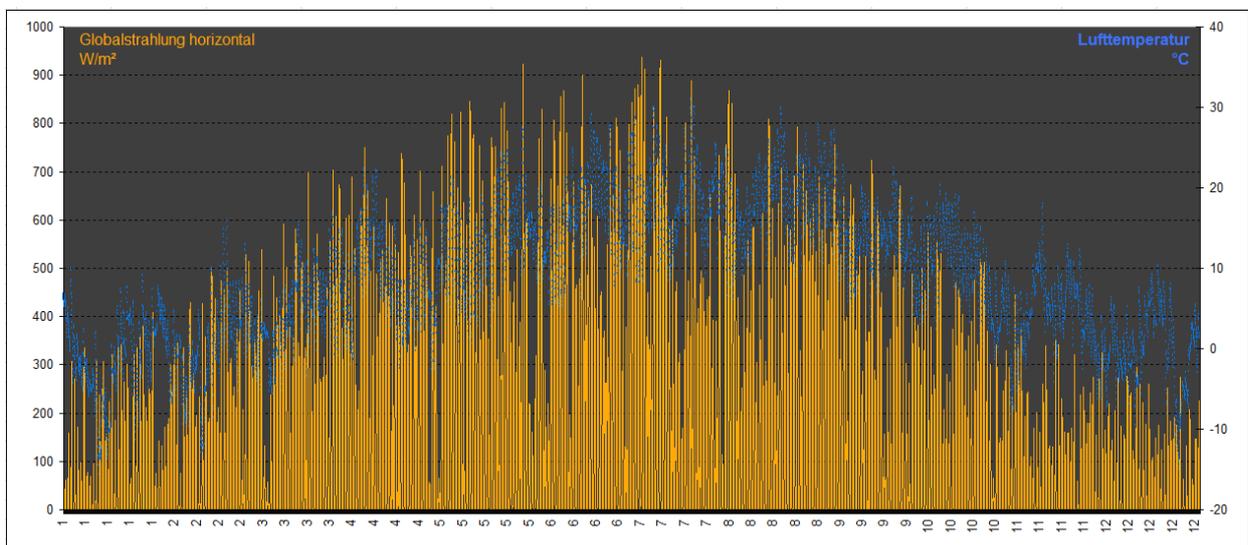


Abb.1: Globalstrahlung im Jahresverlauf

Standort: Salzburg; linke Achse, orange: Einstrahlleistung; rechte Achse, blau: Lufttemperatur; Messperiode: 1Jahr

An einer senkrechten Wand wird das gleiche Jahr aber deutlich anders wahrgenommen. Die vertikale Ausrichtung einer Wand bewirkt im Winter einen wesentlich günstigeren Einstrahlungswinkel der Sonne. Obwohl die absolute Kraft der Strahlung durch den längeren Weg durch die Atmosphäre geringer ist, wird dies durch die günstige Ausrichtung mehr als überkompensiert. Die Sonnenkraft steht also grundsätzlich an den Wänden im Winter besonders gut zu Heizzwecken zur Verfügung, sie muss nur durch ein entsprechendes System richtig nutzbar gemacht werden.

Nachstehend wird der Jahresverlauf der eingestrahelten Leistung an der Südwand dargestellt:

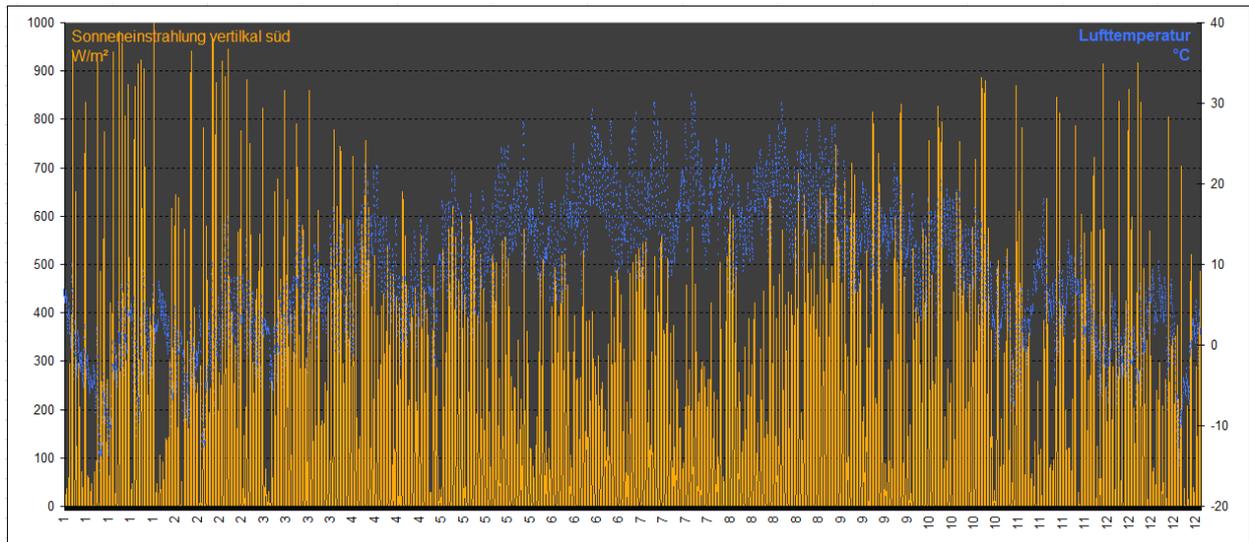


Abb.2: Eingestrahlte Leistung auf einer senkrechten Wand im Jahresverlauf
 Standort: Salzburg; linke Achse, orange: Einstrahlleistung; rechte Achse, blau: Lufttemperatur; Messperiode: 1Jahr

Beide Messkurven zeigen den gleichen Standort und die gleiche Messperiode. Deutlich erkennbar ist, dass die angebotene Energie besonders in der kalten Jahreszeit hohe Werte erreicht. Es ist weiters zu erkennen, dass oft die kältesten Tage klare Tage mit hoher Sonneneinstrahlung sind. Trübe Perioden sind meist wärmer. Für Systeme die die Wandeinstrahlung nutzen sind dies sehr gute Voraussetzungen.

Die wesentliche Energiequelle im Winter ist die Strahlungswärme der Sonne. Die Farbgebung der Wand beeinflusst die Absorption und spielt somit eine wichtige Rolle. Dunkle Farben absorbieren besser und erreichen einen höheren Wirkungsgrad.

In unseren Messungen konnten wir feststellen, dass der Temperatur- und Windeinfluss deutlich geringer ist als angenommen. Die Oberfläche bildet einen warmen Luftschleier aus, der weniger abgelüftet wird als beispielsweise am Menschen. Auch der Einfluss der induzierten Strömung ist geringer. Da ungünstige Strömungen durch das Fassadensystem zusätzlich behindert werden, ‚erlebt‘ die Wand die Umgebung deutlich wärmer als wir.

2 Hintergrundinformationen zum Projektinhalt

Motivation:

Bisherige Dämm Lösungen gehen davon aus, dass in einem ideal gedämmten Gebäude bereits geringste Energiemengen zur Temperierung ausreichen. Dazu werden hohe Dämmstärken empfohlen, das Gebäude soll luftdicht ausgeführt und die Lüftung gezielt und temperiert erfolgen.

Am meisten verbreitet sind Wärmedämmverbundsysteme, die eine dicke Styropordämmung der Gebäude darstellen. Bei unprofessionell angebrachter Dämmung besteht die Gefahr von Kondensationszonen und der Schädigung der Bausubstanz.

Die Energiepotentiale außerhalb der Mauer bleiben meist ungenutzt.

Wir versuchten einen anderen Ansatz zur Problemlösung:

Betrachtet man alle Energieformen, so ist auch im Winter oft an der Gebäudeaußenseite das höhere Energieniveau. Ist die Gebäudeoberfläche günstig gestaltet, sodass die Energie bei Bedarf gesammelt und am Entweichen gehindert wird, so erreicht man auch mit einem schlanken System "dicke" Werte. Die ohnehin vorhandenen Mauern sind kostenlose Speicher.

Die effizienteste Methode, die wir gefunden haben, ist gleichzeitig eine recht einfache:

Ein robustes, mechanisches System aus beweglichen, intelligent gesteuerten Dämmelementen nutzt freie Umgebungsenergie direkt an der Gebäudewand, mit geringem technischem Aufwand, ohne Einsatz von Leitungssystemen etc.

Die Energieströme der Wand werden aktiv im Sinne des Nutzers geregelt. So wird eine intelligent gesteuerte, solare Bauteilaktivierung umgesetzt. Im Winter werden Energiegewinne, im Sommer Kühlwirkung erreicht. In Kombination mit der Speicherwirkung der Mauer wird eine aktive, effiziente Wirkeinheit erschlossen.

Die Ansteuerung erfolgt durch ein automatisches, mechanisches System mit extrem geringem Energieverbrauch.

Im geschlossenen Zustand wird die hohe Dämmwirkung der Paneele durch die Dämmwirkung des ruhenden Luftspalts noch verstärkt und durch entsprechende Gestaltung der Grenzflächen ein exzellenter Dämmwert erreicht. Geöffnet wird der Energieaustausch mit der Umwelt gefördert. (Im Wesentlichen werden dabei die Einstrahlung der Sonne und, nicht zu unterschätzen, die täglichen Temperaturschwankungen genutzt).

Durch die solare Erwärmung der Wände empfindet der Bewohner einen angenehmen "Kachelofeneffekt", die Lufttemperatur kann gesenkt werden.

Die Wohnqualität von Gebäuden entscheiden nicht allein die Raumlufttemperatur und die Luftfeuchte. Vielmehr ist auch die Wärmestrahlung des Wohnraumes im Zusammenspiel ein entscheidender Faktor. Dies lässt sich auch mit einer sanften „Kachelofenwärme“ beschreiben, die üblicher Weise als die angenehmste Wärme beschrieben wird, da sie vom Menschen direkt über die Hautoberfläche aufgenommen wird. Dabei kann die Lufttemperatur des Raumes für die gleiche Temperaturempfindung niedriger sein als bei einem überwiegend mit Warmluft (z.B. typische Konvektions-Radiatoren) geheizten Raum.

Jeder kennt auch das Bild der sich nur knapp bekleidet sonnenden Skifahrer an einem sonnigen Bergtag: Die Lufttemperatur um die 0°C oder darunter ist sicherlich nicht für das Wohlfühl der Sonnenanbeter verantwortlich, sondern vielmehr die Wärmestrahlung der Sonne und die trockene Luft.

Für die Temperierung von Räumen ist die Erhöhung der Oberflächentemperaturen der umgebenden Wände daher das anzustrebende Ziel. Dabei sollte dieses Ziel am allerbesten so erreicht werden, dass neben der uns immer umgebenden Umweltenergie möglichst wenig (oder am besten gar keine) zusätzliche Heizenergie aufgewendet werden muss. Hohe Oberflächentemperaturen der Wandflächen sorgen auch für eine geringere Feuchtigkeitsaufnahme aus der Luftfeuchtigkeit in die Wand. Wohnklima und Bauphysik verbessern sich.



Abb.3: Volksschule. (Rendering)

Die täglichen Temperaturschwankungen und die nächtliche Abstrahlung lassen sich auch im Sommer nutzen und durch eine entsprechende Anpassung der Steuerung eine Abkühlung erzielen.

Neue Gebäude lassen sich durch optimierten Wandaufbau besonders effizient "mit kostenloser Energie aus der Umwelt befüllen".

Alte Gebäude besitzen meist massive Wände mit hohem Leitwert und gutem Speicherpotential. Was bisher als ungünstig betrachtet wurde, gewinnt nun neue Stärke.

2.1 Stand der Technik

2.1.1 Bauliche Voraussetzungen und Probleme

Während ein Teil der modernen Neubauten bereits einen Wandaufbau mit hochdämmenden Wänden aufweist (hochporöse Baustoffe, Holzriegel-Bauweisen, um nur zwei typische und weit verbreitete Varianten zu nennen) , besteht die Mehrheit der Gebäude -im Neubau wie im Altbestand- aus massiven Baustoffen. Nun haben diese massiven Baustoffe neben vielen weiteren Vorteilen (wie z.B. guten Schallschutz, Tragfähigkeit, Wertbeständigkeit usw.) auch die Eigenschaften einer guten Wärmespeicherfähigkeit, aber eben auch die einer ‚relativ guten‘ Wärmeleitfähigkeit.

Nun führt jedoch genau diese Wärmeleitfähigkeit dazu, dass nicht nur Wärme oder Kälte von außen in die Wände eindringen kann, sondern vor allem Wärme von innen nach außen durch die massiven Außenwände abfließen kann, die zu einem Verlust der innen eingebrachten Heizwärme führt. Aus diesem Grund hat die aktuelle Bauweise nicht zuletzt durch die gestiegenen Umweltauforderungen und Energiepreise dazu geführt, dass mit verschiedenen Maßnahmen in erster Linie versucht wird, eben diesen Wärmeverlust durch Dämmung der Gebäudeaußenseite zu verhindern.

Dabei werden jedoch zwei Dinge stark vernachlässigt: Durch die äußere Dämmung wird jede Aufnahme von Umgebungsenergie durch die Wände verhindert und es kommt zu Veränderungen der Dampfdruckverhältnisse in den Wänden, was wiederum zu bauphysikalischen Nachteilen führt. Ebenso werden heute die Gebäudehüllen so stark abgedichtet, dass Feuchtigkeit (außer durch Lüftung per Fenster oder durch Lüftungsanlagen) nicht mehr –oder nur sehr eingeschränkt- durch die Wände nach außen diffundieren kann.

Ein weiterer Problempunkt sind die Wärmebrücken, also Stellen an der Gebäudehülle, die durch eine unzureichende, lückenhafte oder falsche Dämmung Wärme vom Innenraum nach außen dringen lassen. Dies führt zu hohen Wärmeverlusten, bedeutet aber auch, dass die Gefahr zur Kondensation an den kalten Bereichen der Wandoberflächen im Innenraum besteht und eine Schimmelbildung daraus resultieren kann.

2.1.2 Vergleich zu aktuell bestehenden Systemen

Wir beleuchten neben dem Marktführer im folgenden Abschnitt nur diejenigen Systeme, die eine Nutzung der Umweltenergie an der Fassade zu Raumheizungszwecken bewirken (sollen) oder zumindest den Energieverlust des Gebäudes zu reduzieren versprechen. Ansonsten sei auf die einschlägige Literatur verwiesen.

Tabelle 1: Dämmsysteme im Vergleich

System	Wirkung	Kommentar
Klassische Dämmung (WDV-Systeme)	Nur Dämmung	Günstig, keine Energiegewinne, dicke Dämmschichten, Kondensationsgefahren, hohes Marktvolumen
Transparente Wärmedämmung	Dämmung und aktive Energiegewinnung	Überhitzungsproblem im Sommer (Beschattung notwendig), teuer
Schaltbare Dämmung (Vakuumpaneele)	variable Dämmung, teilw. auch Energiegewinne	Energiegewinne gering, für Denkmalschutz und bei geringem Platzangebot geeignet, teuer, empfindlich
Bewegliche Paneele	Beschattung und Strahlungslenkung	Beschattung im Sommer, keine Dämmwirkung
Thermocollect	Dämmung und Energieeintrag, gesteuerte Wärmeströme	Bedarfsgeregt, sehr gute Dämmwerte, optimale Bauphysik, hohe Energieaufnahme, Kühlung im Sommer, schnelle Montage, solare Bauteil-aktivierung,

2.1.2.1 Dämmung (WDVS)

Aufgrund der geringen Anschaffungskosten haben sich die Wärmedämmverbundsysteme bisher im Markt am meisten verbreitet. Wirkprinzip ist, dass der Energieverbrauch dadurch sinkt, dass der Wärmeverlust durch die Hauswand verringert wird.

Die klassische Dämmung in Form von WDV-Systemen ist

- + weit verbreitet und bekannt, je dicker desto besser....
- + preislich relativ günstig in der Anschaffung
- ergibt keine Energiegewinne (es werden nur Verluste reduziert)
- dicke Dämmschichten (Probleme an Leibungen, Grundrissen, Fensterposition wegen Wärmebrücken)
- bauphysikalische Gefahren

2.1.2.2 transparente Wärmedämmung / Waben-Glassysteme

Horizontale Wabenstrukturen hinter Glas lassen je nach Tiefe der Waben und Einstrahlwinkel die Sonnenstrahlung an die dahinter liegende Wand und sorgen so für eine Erwärmung. Diese Systeme sind statisch und nicht regelbar, sie nutzen den unterschiedlichen Einfallswinkel der Sonnenstrahlung im Sommer und Winter. Materialien Holz, Glas, Alu

- + Geringe Erhaltungskosten
- teuer verglichen zu WDV-Systemen

- Hohes Fassadengewicht
- Nicht regelbar, starres System nur über Lichteinfallswinkel und Wabentiefe einstellbar
- Überhitzung im Sommer, Insbesondere in den nicht südlichen Ausrichtungen. Abschattung ist aufwändig

2.1.2.3 Schaltbare Wärmedämmung

In Vakuumpaneelen ist ein elektrisch beheizbarer Metallhydridgetter eingebaut. Durch Erhitzen oder Abkühlen des Metallhydrids wird Wasserstoff freigesetzt oder adsorbiert. Wird der Wasserstoff vom Metallhydrid freigesetzt, wird das Paneel wärmeleitend, wird der Wasserstoff adsorbiert, verbessert sich der Dämmwert.

- + guter theoretischer Ansatz.
- + Gute Dämmwerte
- Paneel muss dauerhaft 100% dicht sein, sonst Funktionsausfall
- zur Beheizung muss elektrischer Strom eingebracht werden, einige Watt/m²
- träger Schaltvorgang

2.1.2.4 Thermocollect Paneele

Klappbare hochdämmende Paneele, die in geschlossenem Zustand mit ca. 3-4cm Luftspalt zur Wand montiert sind, lassen die Sonne direkt auf die dunkel absorbierend gestrichene Wand einstrahlen. Ist die Wand erwärmt, schließen die Paneele und isolieren die Wand gegen Wärmeverlust nach außen mit, innen wärmereflektierenden Paneelen und einem ruhenden Luftspalt.

- + Dämmung und Energieeintrag, bedarfsgeregelt,
- + Volle Ablüftung und Trocknung der Wand
- + günstige Bauphysik,
- + hohe Energieaufnahme, – solare Bauteilaktivierung
- + im Sommer auch Kühlwirkung,
- + schnelle Montage,
- + anpassungsfähiges Design,
- + kann auch vor Fenstern verlegt werden (individuelle Ansteuerung)
- ein mechanisch bewegtes System stellt höhere Ansprüche an die Qualität als unbewegliche, statische Systeme
- etwas Bewegungsraum für die Paneele ist vor der Fassade erforderlich

2.2 Vorarbeiten zum Thema

Im Rahmen von Vorprojekten wurden bereits verschiedene Ermittlungen durchgeführt. Anhand von Berechnungen und Wirksamkeitstests durch Prinzipversuche an Versuchswänden wurde im Vorfeld bereits die Wirksamkeit des Systems festgestellt. Es wurde erkannt, dass ein adaptives Fassadensystem ein deutlich über den ersten Erwartungen liegendes Potential für die solare Erwärmung von Gebäudewänden hat.

Mit dem Einsatz von Testaufbauten (Kalorimeter-Testboxen) wurden Messwerte erzielt, die selbst unter ungünstigen klimatischen Bedingungen unerwartet gute Resultate zeigten. Hierzu wurden mehrere Messboxen an verschiedenen Standorten platziert, um unterschiedliche Faktoren wie klimatische Voraussetzung, unterschiedliche Wandaufbauten und Materialien zu testen.

Es wurden Funktionsmuster von Komponenten für Antriebe, Steuerung und Paneele erstellt, die im Rahmen dieses Projekt weiter entwickelt wurden. Auf Basis dieser Funktionsmuster und Messboxen ist ein funktionierendes Gesamtsystem entwickelt und erstmalig im Forschungseinsatz installiert worden.

2.3 Innovationsgehalt

2.3.1 Beschreibung der Neuerungen und ihrer Vorteile

Lamellen- und Paneelsysteme unterschiedlicher Bauart sind zwar am Markt bekannt, werden aber überwiegend zur Beschattung eingesetzt oder bieten durch fehlende Dämmung einen schlechten Wirkungsgrad.

Bei dem System Thermocollect handelt es sich um ein völlig neues System mit neuer Funktion. Da die Lamellen von Thermocollect hoch dämmend ausgeführt sind und die Hüllfläche nach der Erwärmung völlig abdichten, bleiben die solaren Gewinne in der Wand gespeichert = „Solare Bauteilaktivierung“.

Im Sommer bietet das System tagsüber eine völlige Verschattung und Dämmung der Wandfläche (u.U. auch der Fensterflächen), die Wand nimmt keine Sonnenenergie auf. Durch Öffnung in den kalten Nachtstunden kann die Wand abkühlen und ablüften.

Der Antrieb erfolgt rein elektromechanisch, die Speisung kann autark über eine kleine Photozelle und wartungsfreie Akkus erfolgen, da die Antriebskräfte äußerst gering sind. Das Wirkprinzip ist höchst einfach, nachvollziehbar und gut vorausberechenbar.



Abb.4: Testwand ‚Design Lärche‘
und Designbeispiel Farbe

Die Optik wird je nach dem jeweiligen Bauherrenwunsch gestaltet. Die Oberflächen kann in beinahe jeder optischen Ausführung erstellt werden: von schlichter Farbgebung bis zu modernen Designdrucken, von bis hin zu klassischer Putz- oder Holzoptik.

- Einfache Parametrierung und Adaptierung
- Formbeständigkeit der Paneele, kein Verzug, saubere Oberflächen und Kanten, Festigkeit, Steifigkeit und Torsionssteifigkeit
- Geringe Wärmedehnung, keine Verkrümmung und Verformung bei einseitiger Erwärmung, Dauerhaltbarkeit. UV-Beständigkeit und Witterungsfestigkeit der Materialien muss zuverlässig gewährleistet werden können.
- Sehr hohe Dämmleistung dauerhaft gewährleisten
- Verlustminimierend gestaltete Geometrie (minimierte Eigenverschattung)
- Möglichkeit variabler Geometrien
- Individuelle, unterschiedliche Gestaltbarkeit der Außenfläche zur Gewährung der Anpassbarkeit an unterschiedliche Kundenwünsche und architektonische Anforderungen. Viele Designmöglichkeiten.

Da das adaptive Fassadensystem Thermocollect viele Fachbereiche übergreift, ist für die Entwicklung ein komplexes, umfangreiches Fachwissen erforderlich. Aus Ausbildung und vorheriger Berufserfahrung, aus F&E Tätigkeiten und aus dem Fachwissen aller unserer Partner steht uns ein großer Wissens- und Erfahrungsschatz, der ständig erweitert wird zur Verfügung. Die Vielzahl der Anforderungen hat die Entwicklungstätigkeit nicht immer leicht gemacht. Das Fassadensystem entspricht allen gestellten Anforderungen.

2.3.3 Funktion

Im Wesentlichen besteht die Lösung aus beweglichen, automatisch gesteuerten, wenige cm dicken Dämmpaneelen in Kombination mit einer absorptionsfördernd gestalteten Oberfläche der "Kernwand". Diese Konstruktion hat im geschlossenen Zustand einen hohen Dämmwert. Ein wenige cm breiter Spalt ruhender Luft und die ausgeklügelte Oberflächengestaltung erhöhen den Dämmeffekt zusätzlich.

Im Winter öffnen die Paneele bei Sonnenschein automatisch, richten sich nach der Sonne aus, und lassen diese an die absorptionsfördernd beschichtete „Kernwand“. Die Wärme kann ungehindert durch das geöffnete Fassadensystem tief in die Mauer eindringen. Auch jene kleine Wärmemenge, die später noch durch das geschlossene System entweicht, wurde vorher gratis eingestrahlt. Damit erreicht die wenige cm dicke Fassade effektive Isolierwerte dickster Dämmstoffe. Da fast immer mehr Wärme eingestrahlt wird als entweicht, kann diese im Winter als eine kostenlose Zusatzheizung genutzt werden. Die Wände speichern die Wärme und leiten sie zeitlich versetzt nach innen. = konstante angenehme Strahlungswärme durch solare Bauteilaktivierung.

Die höchste Wirksamkeit erreicht das System in Ausrichtungen von Ost bis West. Es wird üblicherweise an diesen drei Gebäudeseiten angebracht. Schon wenige Sonnenstunden verschieben die Energiebilanz der Wand in den Gewinnbereich.

Im Sommer bewirkt die automatische Änderung der Ansteuerung einen angenehmen Kühleffekt. Die täglichen Temperaturschwankungen und die nächtliche Abstrahlung lassen sich nutzen um so eine Abkühlung zu erzielen.

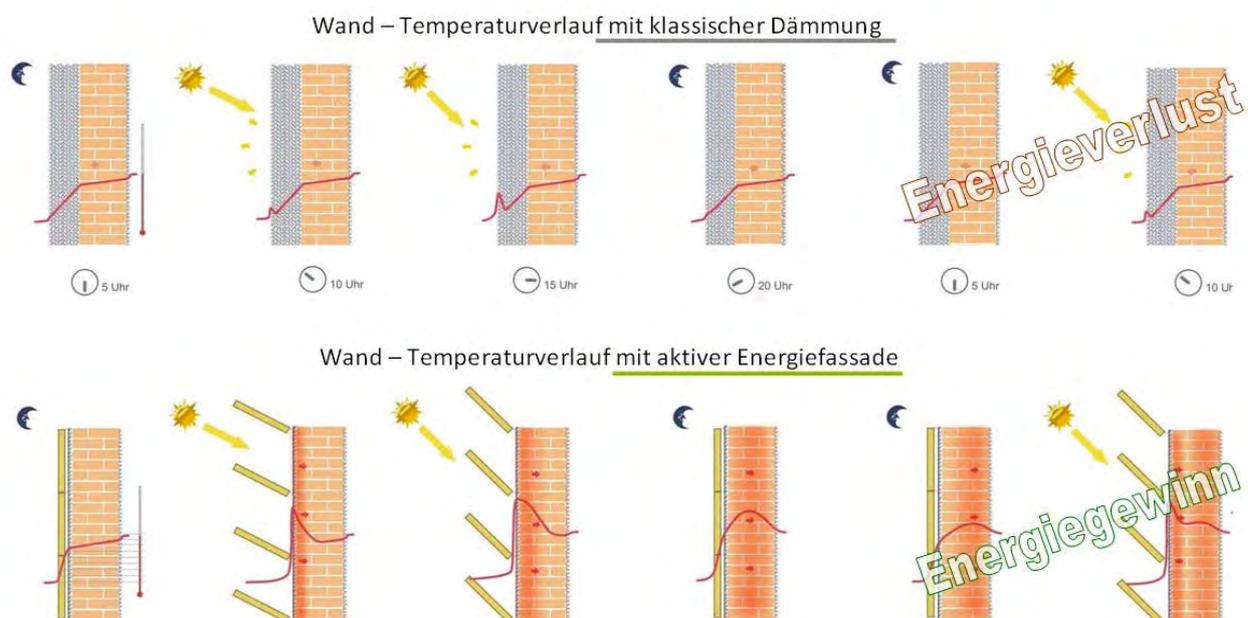


Abb.6: Beschreibung des Temperaturverlaufes einer aktiven Energiefassade

Die Ausgestaltung ist in vielen unterschiedlichen Designs möglich um den individuellen Ansprüchen von Architektur und Bauherren gerecht zu werden. Das System realisiert mit nur 7 bis 9cm Gesamtstärke einen schlanken Aufbau.

2.4 Verwendete Methoden

Simulation / Prinzipversuche / Messaufbauten

- Detaillierte Auslegung und Planung der Komponenten und Details.
- Verschiedene Messboxen wurden erstellt, mit entsprechender Messtechnik ausgerüstet, an verschiedenen Orten unter verschiedenen klimatischen Bedingungen platziert und Messreihen aufgenommen.
- Messtechnische Ausrüstung der Versuchsobjekte und laufende Datenaufzeichnungen
- Im Laufe der Messreihen wurden diverse technische und inhaltliche Veränderungen vorgenommen, die aus den verbesserten Entwicklungs- und Fertigungsständen einfließen.
- umfangreiche Simulationen, Abgleiche,

Konstruktion: Fehlermöglichkeits- und Einfluss- Analyse (FMEA), Problemlösungstechniken, Missbrauchs-betrachtungen, Haltbarkeitsbetrachtungen

Neben der Erstellung der Messboxen für den Nachweis der Wirkung des Konzepts, mussten die verschiedenen Komponenten entwickelt werden:

- Befestigungssystem
- Trag- und Haltestruktur
- Antrieb / Führung / Kraftübertragung / Umlenkung
- Paneele und Dichtungen
- Panelsteuerung, Hard- und Software
- Klima-Messtechnik / Sensorik

Dazu war es letztlich nötig, die Komponenten von Grund auf neu zu konstruieren, da für diesen spezifischen Einsatzfall im Markt erhältliche Komponenten nicht zu verwenden waren.

Im Rahmen der Konstruktionstätigkeiten wurde darauf geachtet, das gesetzte Kostenziel schon bei der Auslegung der einzelnen Komponenten im Auge zu behalten. Zu verschiedensten Themen wurden Konstruktions-FMEA's durchgeführt, um potentielle Schwachstellen im Vorfeld bereits aufzudecken und das kostenmäßige Optimum zu finden.

Durch die Flut der zu lösenden Probleme wurden je nach Phase des jeweiligen Problemlösungsprozesses unterschiedliche Problemlösungstechniken und Methoden (Ursache-Wirkungsdiagramm, 5-W, Pareto) eingesetzt, um nach der klaren Problemanalyse (Brainstorming, Baumdiagramm), die Lösungsmöglichkeiten zu ermitteln und nach einer Bewertung der Lösungsansätze (Punkte-/Nutzwertbewertung, Matrixdiagramm) rasch zur Umsetzung zu gelangen.

Ein Fassadensystem muss alle möglichen und unmöglichen Belastungen ohne Versagen ertragen und dabei dauerhaft funktionssicher bleiben. Es wurden daher in allen Entwicklungsphasen und mit allen Bauteilen Missbrauchsversuche durchgeführt und Möglichkeiten für äußere Funktionsstörungen erwägt, wie z.B. Beeinflussung des Systems durch Vögel, Katzen oder Insekten, aber auch Belastungen durch Kinder oder unachtsame Personen. Dabei wurden die Systemkomponenten so robust ausgeführt, dass bis auf vorsätzliche Beschädigung (Vandalismus) keine der aufgeführten Belastungen zu einem Funktionsausfall des Systems führen kann. Sollte ein Paneel im Betrieb tatsächlich einmal versagen, kann jedes Bauteil auch sehr einfach ausgetauscht werden.

Neben den Missbrauchsüberlegungen ist auch die Dauer-Haltbarkeit durch die Freibewitterung und durch natürliche Belastung (Wind, Hagel, Eigengewicht, Hitze, Kälte,...) ein entscheidendes Kriterium für ein Fassadensystem. Die Auswahl der Materialien, die Reduktion von Komplexität, die Verarbeitungsprozesse und die Grundauslegung der Bauteile wurden den Möglichkeiten der Prototypenphase entsprechend bestmöglich gewählt.

Messung / Steuerung / Parametrierung:

Klimabetrachtungen, Extremsituationen, Strahlungsanalysen: Um die Energieaufnahme und den Wirkungsgrad durch das System Thermocollect optimal auszureizen, ist es notwendig, die Steuerung der Paneele nach den momentanen klimatischen Bedingungen exakt zu steuern. Der Regelalgorithmus für die Steuerung ist für einen maximalen Wirkungsgrad wesentlich. Dabei sind die verschiedenen Bedingungen wie Sonneneinstrahlung, Wind, Temperatur, Niederschlag, sowie optional die Prognose für die kurzfristige Witterungsentwicklung, in die Berechnung mit einzubeziehen. Ein eigener Programmschritt muss zusätzlich Extremsituationen erkennen und das Fassadensystem im Zweifel zum Selbstschutz rasch schließen können.

Echtfassade (Prototypen)

An einem Wohngebäude wurde ein erstes Echtsystem als Prototyp installiert, das Erkenntnisse über die Veränderung der Wohnqualität für den Nutzer und ebenso Erkenntnisse für das Systemverhalten im Echtbetrieb lieferte. Die Ausführung der installierten Komponenten erfüllt die beabsichtigte Funktion der Anlage vollumfänglich und liefert bessere Erkenntnisse über deren Verhalten in einer realistischen Dimension.

3 Ergebnisse des Projektes

3.1 Systembestandteile

Es wurde der Ansatz verfolgt, dass das System möglichst einfach sein muss. Durch die Aufteilung in funktionell wiederkehrende Module wird einerseits erreicht, dass durch die große Zahl wiederkehrender Komponenten günstige Herstellungsverfahren genutzt werden können, andererseits, dass sich die Wand individuell an räumliche Gegebenheiten anpassen kann (z.B. bei teilweiser Beschattung). Jedes dieser Module verfügt über ein eigenes Bewegungssystem und kann sich eigenständig ausrichten.

Durch die hohe Vorfertigung ist die Montage auf der Baustelle schnell und einfach durchzuführen. Nach der absorbierenden Beschichtung der Wand werden die Montageschienen, die bereits die gesamte Mechanik und Steuerung enthalten, angeschraubt. Die Paneele werden an vorgesehenen Haltern eingehängt und verriegelt. Randabschlüsse an Kanten und Fenstern werden angebracht. Mit der Parametrisierung der Steuerung ist das System sogleich aktiv.

3.1.1 Technik:

Das System lässt sich im Wesentlichen in drei Bereiche aufteilen:

- Halte-, Bewegungs- und Montagesystem
- individuell gestaltbare Dämmpaneele
- Steuerung und Versorgung

○ Montagesystem:

Das Grundgerüst für das Paneelsystem bildet ein System aus Befestigungsschienen, die an der Wand angeschraubt werden. Diese „Montageschienen“ beinhalten bereits alle erforderlichen Komponenten.

Sie sind für eine einfache Montage an der Wand vorbereitet. Außerdem enthalten sie das gesamte Bewegungssystem und die Antriebe sowie eine kleine autarke Steuerungseinheit. Dadurch wird einerseits erreicht, dass das System sehr schnell und einfach auf der Baustelle montiert werden kann, andererseits stellt es auch die Funktion zuverlässig sicher. Selbst in dem unwahrscheinlichen Fall, dass die Verbindung zur Steuerung unterbrochen würde, sind die Wandelemente in der Lage, sich selbstständig zu schließen.

Das gesamte Halte- und Bewegungssystem ist in der fertigen Fassade unsichtbar. Alle Halterungen erfolgen von hinten. Es gibt an der geschlossenen Fassade keine sichtbaren Stützen etc.

Um mit minimalen Antriebsleistungen auszukommen, ist das System kraftkompensiert. So sind z.B. die Gewichtskräfte, die auf die Paneele wirken, durch Federkräfte kompensiert. Ein kleiner sparsamer Antrieb kann das ganze System bewegen. Der Stromverbrauch des Systems beläuft sich auf wenige kWh im Jahr. Eine Anschlussleistung von $< 10\text{W}$ ist für ein ganzes Gebäude ausreichend.

Das Bewegungssystem erkennt Hindernisse selbständig und ist in der Lage, darauf zu reagieren. So ist einerseits ein Einklemmen ausgeschlossen (kein Verletzungsrisiko), andererseits werden Teile, die in das geöffnete Paneelsystem gelangen könnten, automatisch ausgeworfen.

- Paneele:

Die Paneele bestehen aus hoch dämmenden Funktionskernen (Standard nicht brennbar und mit $\lambda < 0,021\text{W/mK}$) die von einer sehr stabilen Schale hermetisch umschlossen sind. Die hohe Dämmleistung der Paneele ist insbesondere für die Überbrückung langer, sonnenarmer Perioden bedeutsam. In der Regel ist die Innenseite der Paneele sehr hell und/oder reflektierend ausgeführt. Insbesondere auf langwellige Reflexion (Wärmestrahlung) wird hier Wert gelegt. Die Außenseite ist individuell gestaltbar. Hier ist fast alles möglich. Einzig sehr schwere Designoberflächen müssen ausgeschlossen werden. Am preisgünstigen ist eine einfache Farbgebung. Aber auch Designoberflächen wie Holzleisten, Strukturelementen oder dünnen Steintafeln bis zur Ausbildung von Bossen sind keine Grenzen gesetzt.

Die Paneele werden vorgefertigt an die Baustelle geliefert und dort in die Halteaufnehmungen des Schienensystems eingesetzt und verriegelt. Nach der Montage der Paneele sind in der Regel noch die Randabschlüsse zu Fenstern, Türen etc. anzubringen.



Abb.7: Paneel autark mit PV-Kanten, Design: „Anthrazit“

- Steuerung und Versorgung:

Zur Montage werden die aktiven Montageschienen wie vorbereitet verbunden. An einer der Schienen ist bereits die Mastersteuerung enthalten. Die Steuerung ist redundant aufgebaut, so dass das System aus der Korrelation der Eingangsparameter ständig die Plausibilität aller Werte überprüfen kann. Sollte ein Fehler auftreten, bemerkt das System diesen vorzeitig und reagiert entsprechend. Das Bewegungssystem erkennt Hindernisse selbständig und ist in der Lage, darauf zu reagieren. So ist einerseits ein Einklemmen ausgeschlossen (kein

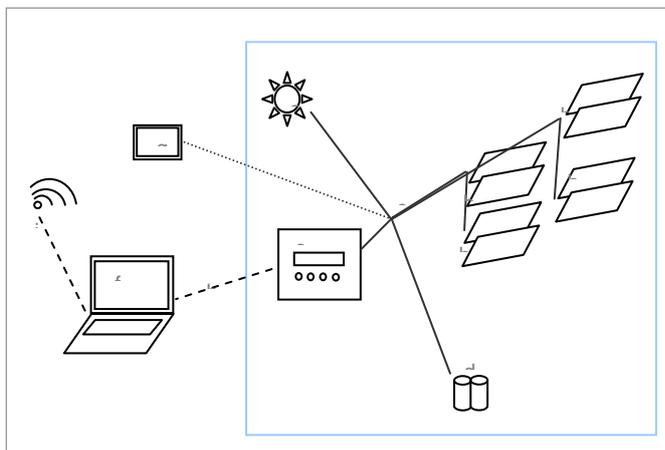
Verletzungsrisiko), andererseits werden Teile, die in das geöffnete Paneelsystem gelangen könnten, automatisch ausgeworfen.

Über ein zusätzliches Wettermodul, das in die Wand integriert oder auch extra angebracht werden kann, erhält das System die zur optimalen Funktion erforderliche Wetterinformationen.

Nach der mechanischen Fertigstellung werden die Systemparameter überprüft und das System gestartet. Thermocollect ist nun aktiv.

Die Energieversorgung ist vollständig integriert. Auch bei Stromausfall bleibt die Fassade aktiv. Der Stromverbrauch des Systems beläuft sich auf wenige kWh im Jahr. Eine Anschlussleistung von < 10W ist für ein ganzes Gebäude ausreichend. Es bietet sich an, die Versorgung über ein kleines PV Element zu bewerkstelligen, dann ist das System absolut energieautark.

Systemskizze:



- a) Klimamodul: Misst wichtige Steuergrößen wie Intensität der Einstrahlung, Temperaturen, Wind, Niederschlag etc.
- b) Motorsteuermodule: Fahren selbständig auf geforderten Zielwinkel. Dabei automatische Hinderniskontrolle. Möglichkeit zusätzlicher Messdatenerfassung.
- c) Zentralmodul: Messdatenspeicherung, Analyse und Generierung der Steuerbefehle. Es arbeitet selbständig und kann nur temporär übersteuert werden. Über eine geeignete Schnittstelle ist es in der Lage mit einem PC zu kommunizieren.

d) Versorgungsmodul zur störungsfreien und ausfallsicheren Versorgung des gesamten Systems.

e) Optionaler Rechner zur Programmierung, Datenauslesen und Fernkommunikation über Funkmodem j) (optional / temporär)

f) Innendisplay und Bedieneinheit (optional)

3.2 Messungen an Echtwänden und Testboxen

Um sowohl Erfahrungswerte in Installation und Betrieb zu gewinnen, als auch für Messdaten für vergleichende Simulationen, wurde das System an Testwänden und auf Messboxen aufgebaut.

3.2.1 Messboxen

Die Messboxen dienen für die Generierung von genauen Messdaten. Dazu wurde ein Mauerelement in einem mobilen Rahmen montiert und von sehr massiver Dämmung eingefasst. Der Aufbau ist mit einer Vielzahl von Messstellen für Klimaparameter, Bauteiltemperaturen, Wärmeströme, etc. versehen. Zusätzlich ist an der „Rauminnenseite“ ein beheiz- und kühlbarer Kalorimeter angebracht, sodass einerseits sowohl die eingebrachte Energiemenge genau gemessen werden kann, aber auch unterschiedliche Szenarien gezielt angefahren werden können.



Abb.9: Kalorimeter-Messmodul 2 im Einsatz – teilgeöffnet – Design Holz



Abb.10: Kalorimeter-Messmodul 3– geschlossen – Design Feinputz

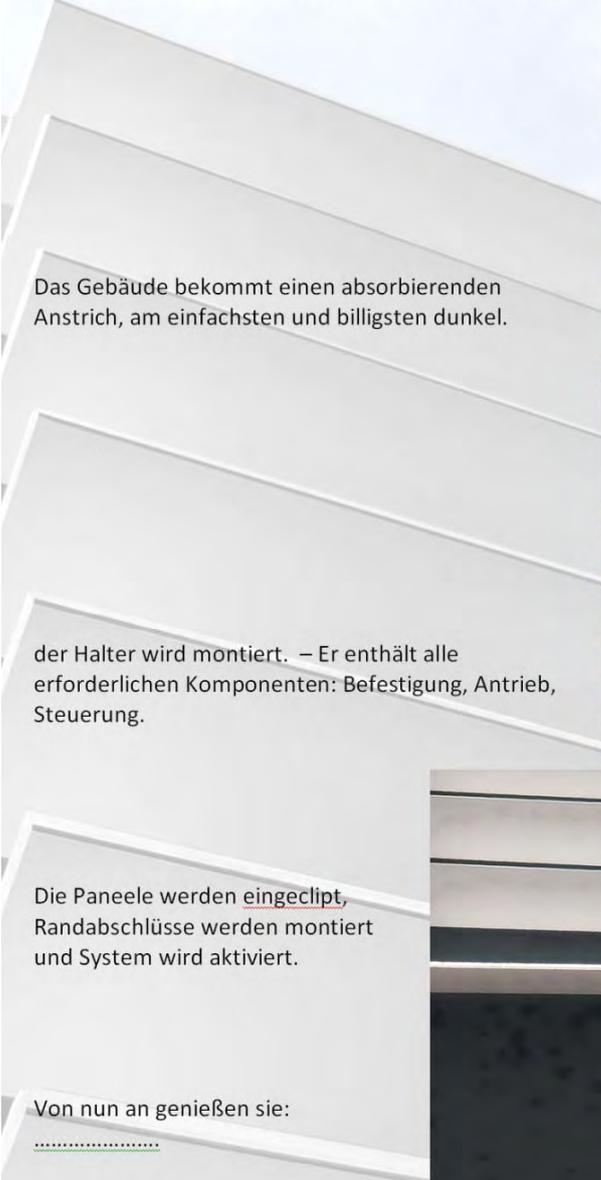
An der Vorderseite kann das gewünschte Fassadenelement angebracht werden. Die Messboxen sind mobil, somit in der Lage an jedem gewünschten Standort und in jeder gewünschten Ausrichtung das System zu testen. Parallel zu den Messungen wurden Berechnungsverfahren entwickelt und mit den Messdaten abgeglichen.

Da der Gesamtwirkungsgrad des Systems von den verwendeten Wandbildnern und den Standortklimaten beeinflusst ist, ist es uns so möglich, verschiedene Szenarien an unterschied-

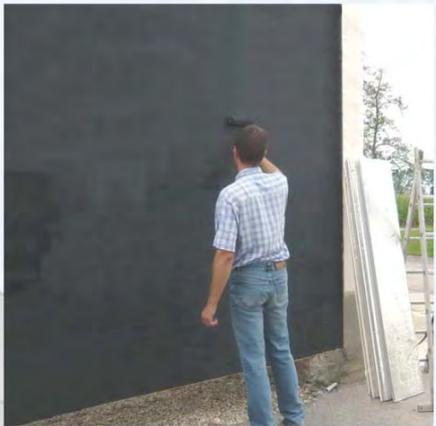
lichen Standorten anhand von Klimadatenfiles vorzuberechnen und eine Vorhersage über die erzielbaren Leistungen zu treffen.

Die 4 Schritte zum Energiesparen:

Wie wird die Aktive Energiefassade montiert



Das Gebäude bekommt einen absorbierenden Anstrich, am einfachsten und billigsten dunkel.



der Halter wird montiert. – Er enthält alle erforderlichen Komponenten: Befestigung, Antrieb, Steuerung.



Die Paneele werden eingeclickt, Randabschlüsse werden montiert und System wird aktiviert.



Von nun an genießen sie:
.....

warme Wände
gutes Raumklima
massive Heizkostenreduktion (oder gar keine mehr)
Nebeneffekt: Wände ausgetrocknet

Abb.11: Montagebeschreibung von Thermocollect

3.2.2 Systemaufbau und Installation

Das System wurde in Betrieb genommen und verschiedene Messungen durchgeführt. Dabei flossen laufend Optimierungen ein.

Das Montagekonzept konnte nach verschiedenen Versuchen weiter vereinfacht werden.

Die Dichtungen zwischen den einzelnen Paneelelementen konnten durch den entwickelten Fertigungsprozess in Kanälen direkt in die Paneele eingeführt werden. Durch die entwickelte Schnittkontur gibt es eine saubere und dichte Fuge, welche die Funktion hinsichtlich Schließkräften, Wasserabweisung, Winddruck/sog usw. erfüllt und somit wesentliche Eigenschaften für die Leistungsfähigkeit des Systems sicherstellt.

Die Paneele erfüllen mit dem Stand des 1. Stadiums der Echtinstallation funktional und optisch bereits ihren Zweck. Die Präzision und Haltbarkeit wurde durch die Weiterentwicklung des Herstellungsverfahrens noch massiv verbessert.



Abb.12: erste Testversion 2010 - System geschlossen



Abb.13: erste Testversion 2010 - System geöffnet

3.3 Erkenntnisse

3.3.1 Wärmeverlauf in der Wand

Aus der Visualisierung der Ergebnisse ist die Funktion des adaptiven Fassadensystems klar zu erkennen. In den nachfolgenden Diagrammen ist eine Auswahl von relevanten Klima- und Wanddaten dargestellt:

Im nachfolgenden Diagramm ist ein Zeitraum von Anfang Jänner bis Anfang März dargestellt. Daraus ist ersichtlich, dass bis auf Ausnahme weniger Tage Energiegewinne auftreten, und die Wand solar erwärmt wird. Die Mauer dämpft die Temperaturamplituden und speichert die Wärme auch über einige Tage ohne Sonneneinstrahlung. Einige bewölkte Tage werden problemlos ausgeglichen.

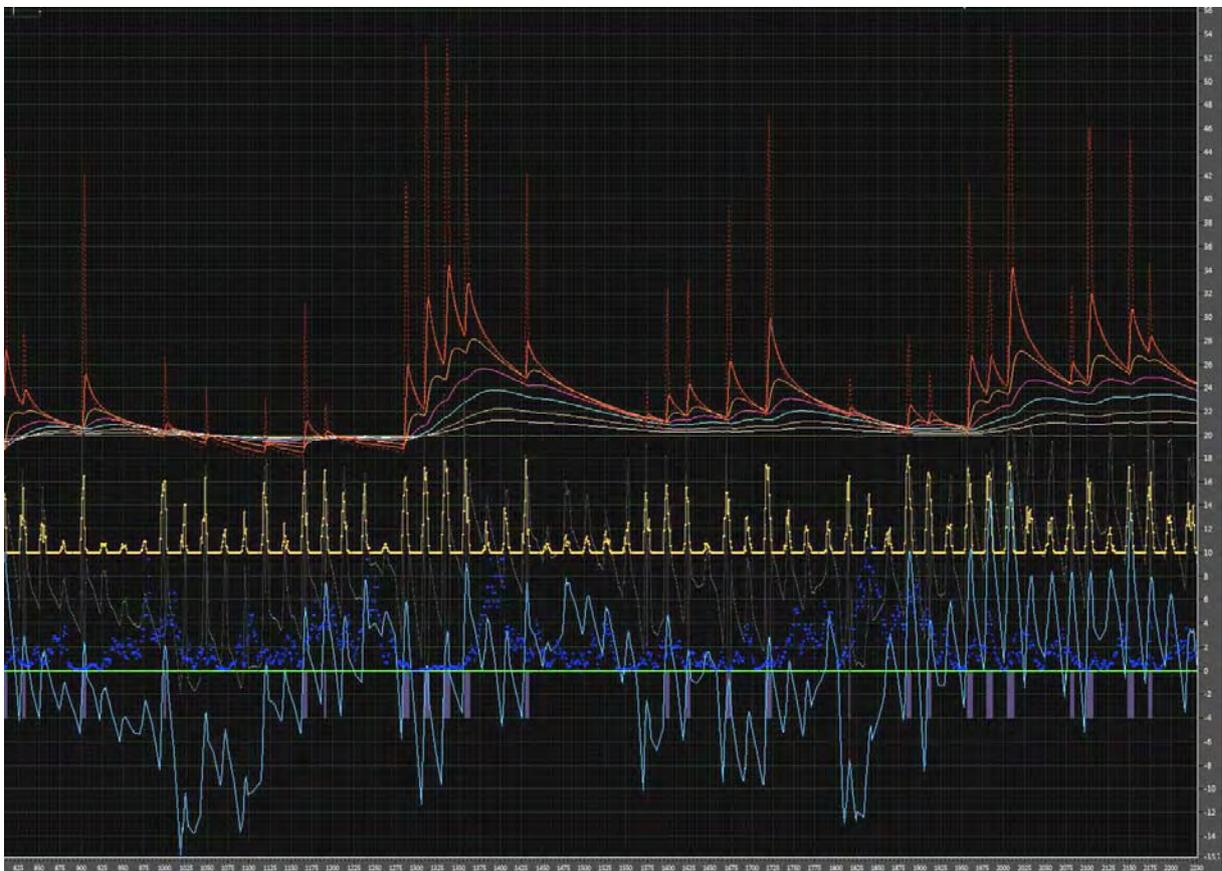


Abb.14: Auswertung Messdaten Altbau smz - Ausschnitt 3.1. bis 3.3.

- hellblau: Lufttemperatur [°C]
- dunkelblau gepunktet: Wind [m/s]
- gelb, mit versetzter Achse und verkleinerter Maßstab: Sonneneinstrahlung [W/m²] x10; (versetzt ab Achse 10 aufgetragen)
- darüber mehrfarbig: Messpunkte der Wand [°C]
die rot gepunktete Linie stellt die Temperatur an der Außenseite des Wandbildners dar.
weitere Linien aus Messpunkten in zunehmender Tiefe der Mauer
weiße Linie: Temperatur auf der Wandinnenseite.

Aus den Messdaten ist auch ersichtlich, dass die Steuerung bei dieser Messung sehr vorsichtig eingestellt und noch nicht optimiert war, was dazu führte, dass Sonnenstunden nicht genutzt wurden. Dadurch wurden etwa 20% des möglichen Potentials noch nicht genutzt

Wichtig für die Auslegung des Gesamtsystems, für eine eventuelle Zusatzheizung etc., ist unter Anderem abschätzen zu können, mit welchen Werten im schlechtesten Fall zu rechnen ist. Dazu nachfolgende Darstellung:



Abb.15: Messdaten "worst-case" - die schlechteste Periode aus zwei Jahren und 5 Standorten

Beschreibung: Die aus energetischer Sicht schlechteste Periode im gesamten untersuchten Messzeitraum (2 Jahre) war der Zeitraum vom 20.12. – 20.1.2012 am Standort Altheim. Zwar waren die Temperaturen sehr moderat, im Schnitt sogar ein paar Grad im Plus (Weihnachtstauwetter), aber die häufige Bewölkung und Nebel und dadurch sehr geringe Sonneneinstrahlung ergaben nur geringe Gewinne. Der ermittelte effektive U-Wert dieser ungünstigsten Messperiode war mit $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ aber keineswegs katastrophal.

Der schlechteste Wärmestromwert zeigt nach einer Periode von 21 grauen Tagen, die nur an 3 Tagen von wenigen Sonnenstunden unterbrochen waren, einen maximalen Verlust von knapp 2 W/m^2 .

Selbst in dieser sehr ungünstigen Periode, an einem klimatisch wenig günstigen Standort, sieht man, dass die schlechtesten erzielten Werte noch immer in Topklasse alternativer Systeme liegen, und sich durch sonnige Abschnitte sofort rapide verbessern.

Obige Darstellung bezieht sich auf Messdaten eines Versuchsobjekts in einer klimatisch nicht optimalen Lage die durch viele Herbstnebel und die Nordstaulage der Alpen geprägt ist. Dadurch ergeben sich hier deutlich geringere Werte als sie beispielsweise in den höheren und sonnigeren Regionen erzielt werden könnten. Allerdings sind diese Daten für einen Großteil Österreichs repräsentativer.

Aus den Messungen ist klar ersichtlich, dass der gute Dämmwert der Fassadenpaneele durch die in der Wand gespeicherte Wärme deutlich aufgewertet wird. Der Aufbau der Wand wirkt dabei deutlich auf die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems ein.

Nachdem vorhergehend der „Worst-Case“ beleuchtet wurde, zeigt nachfolgendes Beispiel Leistungspotentiale unter günstigeren klimatischen Gegebenheiten:

Nachfolgend zwei weitere typische Perioden:

Das folgende Diagramm zeigt den Zeitraum von 18.Jänner bis zum 2.April 2012. Die ersten Februarwochen waren durch tiefe Temperaturen von -19° bis -8°C geprägt und es war auch windig. Allerdings war diese kalte Periode, wie sehr oft, auch eine sonnige Periode. In dieser Zeit konnten durchgehend gute Gewinne erzielt werden.

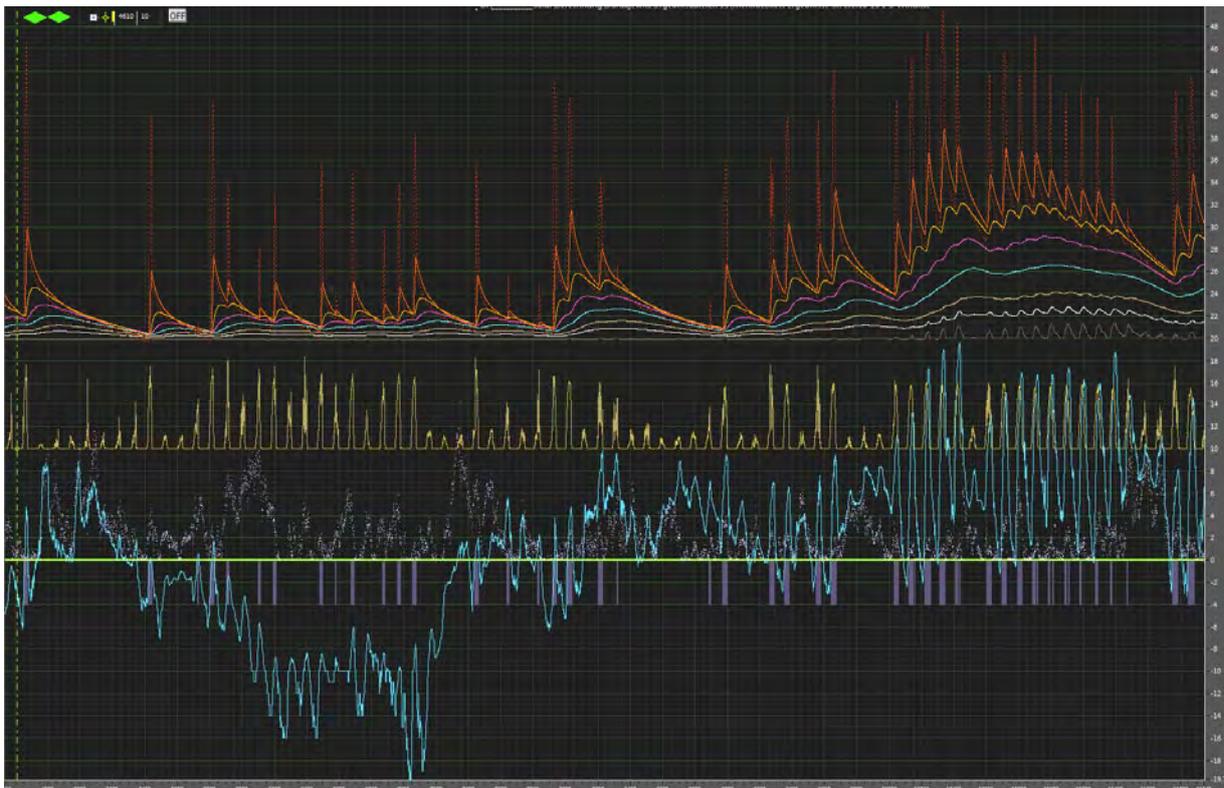


Abb.17: Messdaten – kalte Periode 18.1. bis 02.4. durchwegs Gewinne - Standort Altheim, Altbau

Ende Februar und die ersten Märzwochen waren von wechselhaftem Wetter geprägt. Ab Mitte März stiegen die Temperaturen erstmals in den zweistelligen Bereich. Die solaren Gewinne sind nun bereits so hoch, dass gelegentlich vorzeitig geschlossen werden muss um keine Überhitzung zu erreichen. Nun geht das System automatisch in den Sommermodus über.

Mauervergleiche:

Als Gegenüberstellung nachfolgend die Daten des ersten Quartals an einer neuen Ziegelwand und einer Betonwand. Die beiden Mauern unterscheiden sich in Speicherfähigkeit und Leitwert.

Beispiel Messdaten Ziegelwand:



Abb.19: Messdaten - Ausschnitt 02.1. bis 04.4. - Neubau Ziegel, Salzburg

Die Messung zeigt den Einfluss der geringeren Speichermasse. Durch den geringeren Leitwert ist der Temperaturgradient in der Mauer steiler. Die Außenwand erwärmt sich schneller und erreicht auch höhere Wandtemperaturen, die gespeicherte Energie ist aber, verglichen mit dem massiven Aufbau vorangehender Altbauwand auch wieder schneller aufgebraucht. Der Wärmeverlauf wird unruhiger.

Man kann erkennen, dass durch die geringere Speicherfähigkeit weniger Tage mit Gewinnen überbrückt werden können. Allerdings unterstützt der deutlich bessere Dämmwert und der Umstand, dass die Mauer gut ausgetrocknet ist. Aber auch hier werden selbst in den schlechten Phasen noch exzellente Dämmwerte erreicht. (In dieser Messung waren noch keine Steueroptimierungen vorgenommen. Man erkennt dies daran, dass einige ertragreiche Tage nicht gut genutzt wurden.)

Ein weiteres, extremes Beispiel zeigt die Verläufe an einer dünnen Betonwand. Durch die gute Leitfähigkeit wird die Sonnenenergie gut in die Wand aufgenommen. Die absolut erzielbaren Energiegewinne sind deutlich höher als bei den Vergleichsmauern. Der Temperaturgradient in

der Mauer ist flacher. Es werden auch deutlich höhere, zum Teil zu hohe Innenwandtemperaturen erreicht. Bei diesem Wandaufbau sind Zusatzmaßnahmen angezeigt um das Potential voll nutzen zu können! Hier wirkt sich auch die Präzision der Steuerung am stärksten aus.

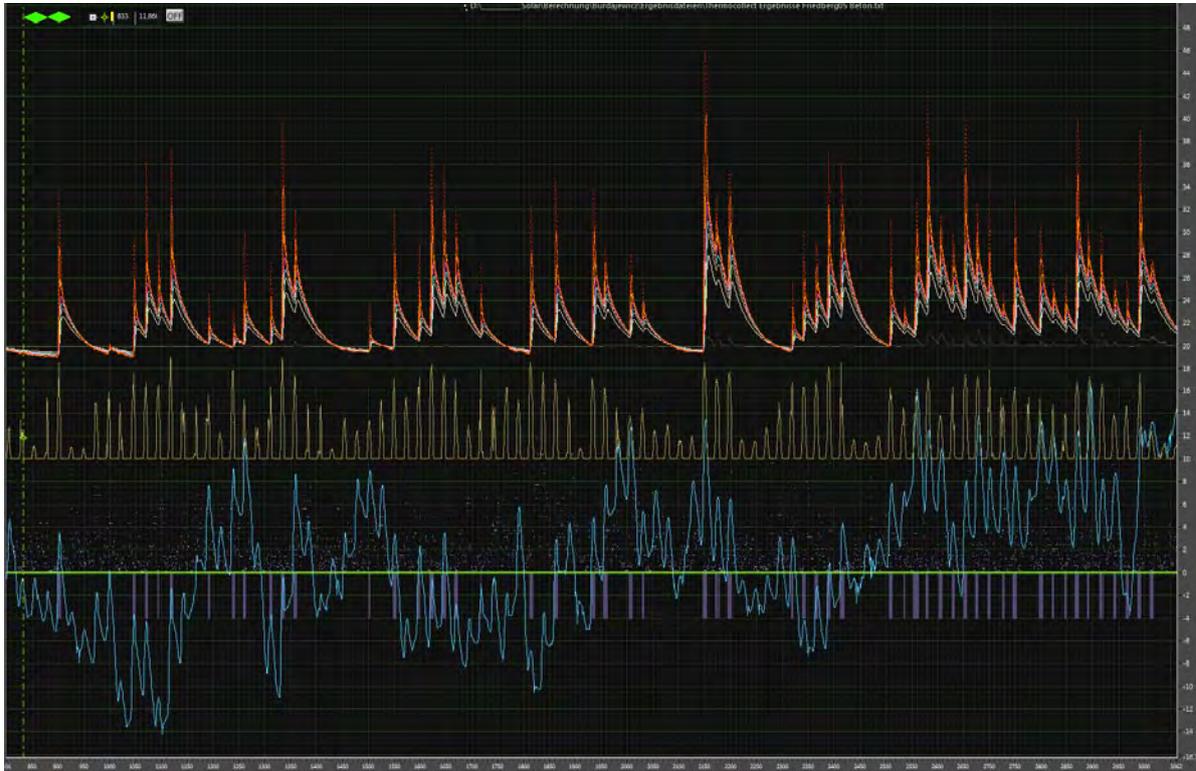


Abb.20: Messdaten - Ausschnitt 01.1. bis 02.4. - Betonwand - Standort Friedberg

Durch weitere Maßnahmen (Einfluss Innenputz, Maueraufbau, Anpassungen Thermocollect) kann die Leistung noch weiter erhöht werden. Hier ist noch viel Potential und Bedarf an Messungen und Untersuchungen.

Aus den Messungen und aus Simulationen wird, wie zu erwarten, klar, dass eine exakte Steuerung besonders in den Zeiten geringer Einstrahlung große Bedeutung hat.

Durch weitere Maßnahmen (Einfluss Innenputz, Maueraufbau, Anpassungen Thermocollect) kann die Leistung noch weiter erhöht werden. Hierzu werden noch weiterführende Untersuchungen durchgeführt.

Steuerungsoptimierungen:

Da es eine fast unendliche Vielzahl von Kombinationen unterschiedlicher Wandaufbauten mit unterschiedlichen Klimaten gibt, ist eine intelligente, adaptive, dynamische Anpassung der Steuerung erforderlich. Durch teils unbekannte Parameter (Wandaufbau) und z.T. komplizierte geometrische Verhältnisse sind hier der Simulation Grenzen gesetzt.

In den Steuerungen der neuesten Generation wurde das Thema Redundanz und automatische Optimierung weiter verfolgt. In der ersten Zeit der Installation wird man gelegentlich kurzes „Fehlverhalten“ der Steuerung feststellen. Dies ist aber gewollt. Dabei wird für wenige Minuten gezielt eine „falsche“ Stellung angefahren und die Auswirkung auf die Wärmeströme und Temperaturverläufe gemessen. Würde zum Beispiel in so einem kurzen Testzyklus die Oberflächentemperatur unerwartet ansteigen, erkennt die Steuerung, dass noch ungenutzte Potentiale vorliegen und der Algorithmus wird schrittweise anpasst. Die Steuerung optimiert sich dabei also automatisch.

3.3.1.1 Temperaturverläufe

Darstellung: Temperaturverlauf in der Wand mit Thermocollect im Detail, offen und geschlossen



Abb.21: Darstellung der Temperaturverläufe im Detail

3.3.2 Ermittlung des effektiven U-Werts

Um eine Vergleichbarkeit mit konventionellen Dämmstoffen herzustellen wurde ein effektiver U-Wert ermittelt.

Es ist uns bewusst, dass ein Kennwert wie der U-Wert, der sich auf die Temperaturdifferenz bezieht, ein Ereignis nicht physikalisch korrekt wiedergeben kann, auf das auch Strahlungs- und Speichergrößen signifikanten Einfluss haben. Im konkreten Bezug auf ein untersuchtes Szenario ist diese Vereinfachung aber zulässig und erleichtert die Darstellung.

Die nachfolgende Darstellung zeigt die erzielten effektiven U-Werte von fünf unterschiedlichen Wandaufbauten im Jahresverlauf.

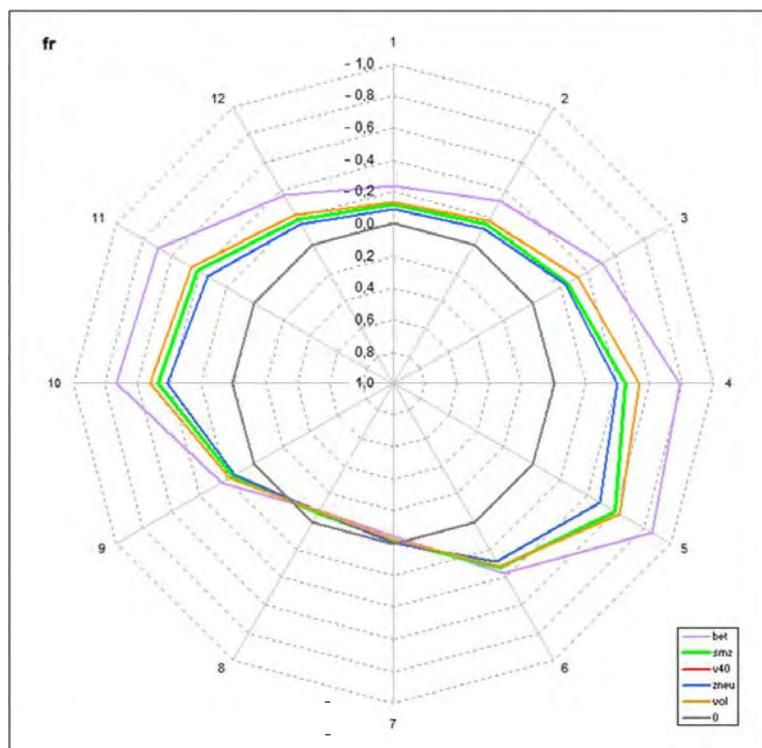


Abb.22: mittlerer effektiver U-Wert von unterschiedlichen Mauerwerken
- Standort Freistadt, Süd

Die Zahlen 1-12 geben die Kalendermonate an. Winter ist somit oben, Frühling rechts, Sommer unten etc. Der graue Kreis gibt den U-Wert von 0 W/m²K an. Hier tritt kein Wärmetransport in der Wand auf. Läuft die Kurve nach außen bedeutet dies einen Wärmestrom entgegen dem Temperaturgefälle, üblicher Weise nach innen, läuft die Kurve innerhalb des grauen Kreises ist der Wärmestrom nach außen gerichtet.

Die Strahlungsgewinne der Sonne führen in den Wintermonaten zu einem Wärmestrom in das Gebäude. Hier ist das Strahlungsangebot des jeweiligen Standorts der begrenzende Faktor.

Durch die höhere Strahlungsintensität in Frühling und Herbst verringert sich der effektive U-Wert weiter.

Mit zunehmender Temperatur beginnt nun das System automatisch die Energiezufuhr zu begrenzen.

In den Sommermonaten ändert sich das Ansteuerungsverhalten der Fassade, sodass sich die Wärmeströme umdrehen und Energie aus dem Raum abgeführt wird.¹

¹ Hinweis: Zu beachten ist in dieser Darstellung, dass die Werte den effektiven U-Wert darstellen, also einer Zahl die Bezug auf die Temperaturdifferenz nimmt. Die Wärmeströme sind daher im Winter größer als das Diagramm auf den ersten Blick suggeriert.

3.3.3 Standortunterschiede

In den nachfolgenden Diagrammen werden die Ergebnisse unterschiedlicher Standorte dargestellt.

Links: nahe Altheim, ~430mNN. Warme Sommer, im Herbst und Winter häufig Nebel, rel. hohe Jahresdurchschnittstemp.

Größtenteils Energiegewinne. In den Wintermonaten ist eine kurze Periode in denen die Energiegewinne nahe 0 gehen. In den warmen Sommertagen wird Wärme nach außen abgegeben.

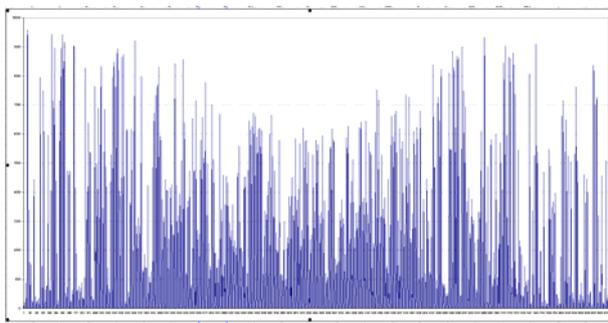


Abb.23: Sonnenscheindiagramm Alheim

Rechts: nahe Greifenberg, ~1050mNN. Aufgrund der Höhenlage kühlere Sommer. klare, meist sonnige Winter.

Aufgrund der größeren Anzahl an Sonnenstunden im Winter und der kühleren Lufttemperaturen im Sommer werden an diesem Standort das ganze Jahr Energiegewinne erzielt.

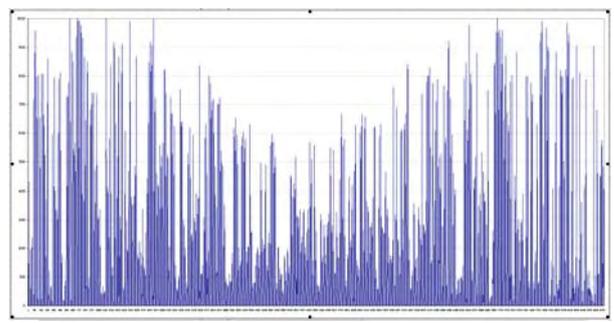


Abb.25: Sonnenscheindiagramm Greifenberg

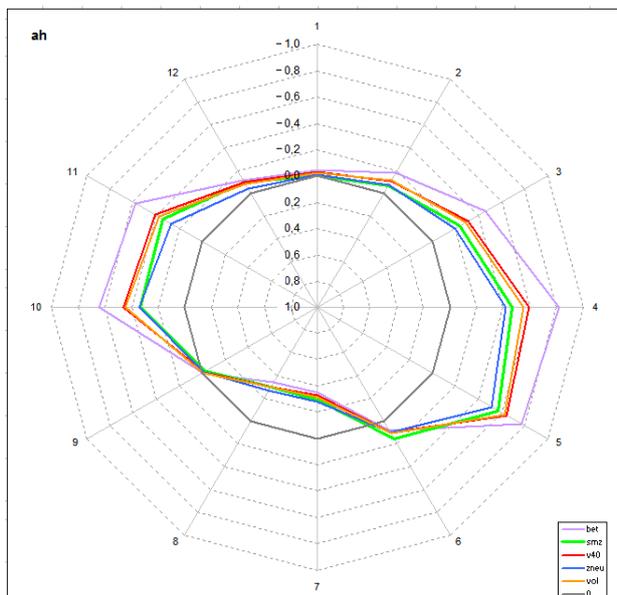


Abb.24: \varnothing effektiver U-Wert am Standort Alheim

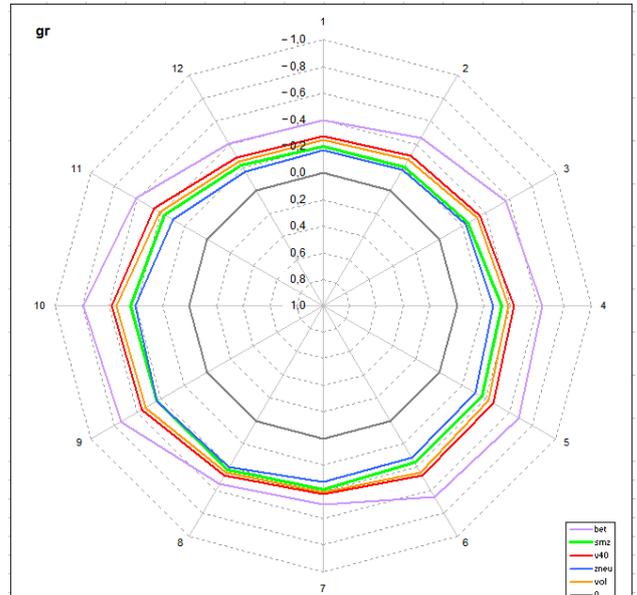


Abb.26: \varnothing effektiver U-Wert am Standort Greifenberg

Weitere Standortdaten:

Links: nahe Friedberg, ~280mNN,

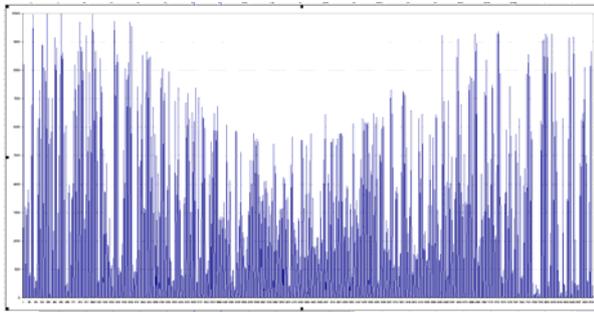


Abb.27: Sonnenscheindiagramm Friedberg

Rechts: nahe Salzburg ~440mNN,

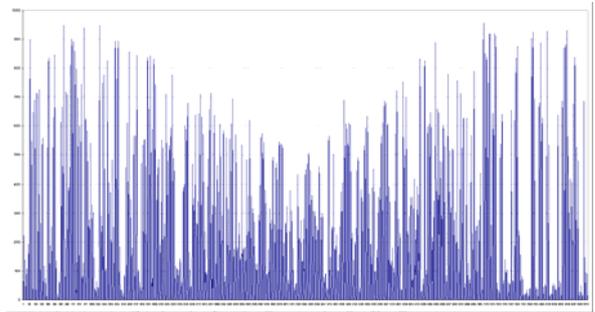


Abb.29: Sonnenscheindiagramm nahe Salzburg

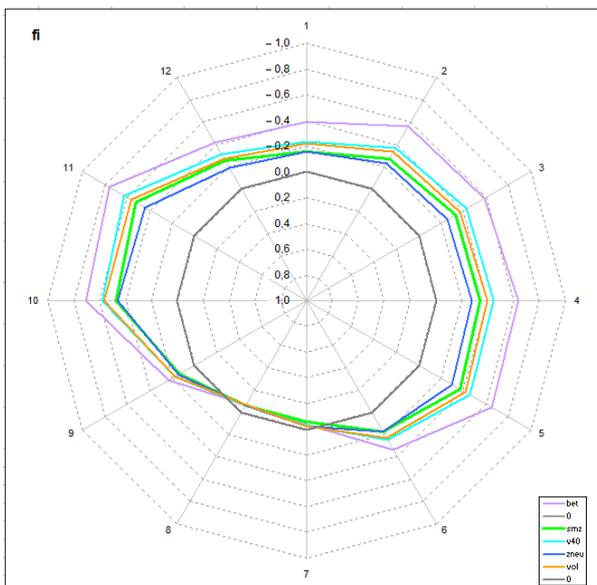


Abb.28: effektiver U-Wert am Standort
Friedberg

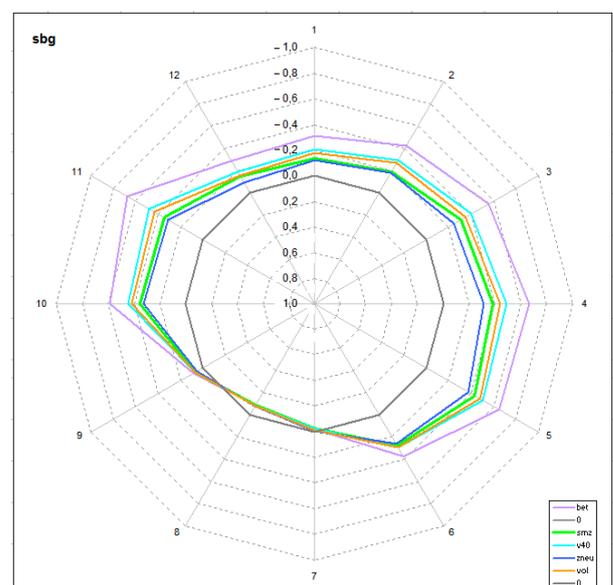


Abb.30: effektiver U-Wert am Standort nahe
Salzburg

Häufig sind die Abweichungen zwischen den einzelnen Jahren und zwischen den unterschiedlichen Wandaufbauten größer als die der typischen Standortklimate. Aus unserer bisherigen Erfahrung kann es eine zulässige Vereinfachung sein, Österreich in eine Anzahl typischer Standortklimate einzuteilen und diese als Referenzwerte zu benutzen.

4 Detailangaben in Bezug auf die Ziele des Programms

4.1 Einpassung in das Programm

Im Rahmen der Projektform einer experimentellen Entwicklung auf der Aktionslinie der „industriellen Umsetzung innovativer Technologien“ fügt sich das Projekt strategisch perfekt in das Programm ein.

Das Projekt verfolgt die technologische Auswertung und Umsetzung eines sehr einfachen Wirkprinzips, das konsequent zu Ende gedacht einen deutlichen Zugewinn an Lebensqualität für die ausgestatteten Häuser bewirkt. Dabei kann besonders im Betrieb durch die clevere Nutzung von Umweltenergie auf die Emission von Treibhausgasen für die Heizung oder Kühlung des Gebäudes verzichtet werden.

Ohne ein Gebäude mit komplexer Technik ausstatten zu müssen, kann ein optimaler Nutzen (high benefit) erzielt werden. Das System lässt sich vergleichsweise kostengünstig und flexibel installieren und zeigt sich im Betrieb höchst energieeffizient (Energie plus).

4.2 Beitrag zum Gesamtziel des Programms

Die Ziele des Programms lesen sich fast gleich wie die Auflistung der Stärken des Systems Thermocollect, das mit diesem Projekt so weiterentwickelt worden ist, das mit einem funktionsfähigen Prototypen die Umsetzbarkeit und Wirkung dieser innovativen Technologie nachgewiesen werden konnte:

- Nachhaltiger Beitrag zur Klimaentlastung
- Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit für ein innovatives, österreichisches Produkt mit erheblichem Technologievorsprung (Patent, Fertigungs Know-How)

Darüber hinaus liefert das Projekt einen besonderen Beitrag, da neben Neubauten auch besonders alte Häuser kostengünstig auf einen zukünftigen Energiestandard gehoben werden können, und sich die alte Bausubstanz von den Eigenschaften deutlich verbessert.

Im Gegensatz zu manchen anderen Fassadensystemen gibt es hinsichtlich der äußeren optischen Gestaltung des Systems wenige Einschränkungen. Daher kann grundsätzlich jedes Gebäude, das einen massiven Baukörper besitzt und mit einem Fassadensystem verkleidet werden kann durch den Einsatz des Systems thermisch höchst effizient aufgerüstet werden und dennoch nahezu alle individuellen Gestaltungswünsche erfüllen. (Ausnahme sind z.B. historische Neubauten, Denkmalschutz....),

4.3 Einbeziehung der Zielgruppen und Berücksichtigung ihrer Bedürfnisse

Zu den Zielgruppen gehören:

- Renovierungen alter Häuser
- Problemhausbesitzer (Bauphysik, Wärmebrücken, Feuchtigkeit, Schimmel,....)
- Neubau-Herr(inn)en auf der Suche nach synergetischen Vorteilen bei Dämmung/Heizung/Invest/laufende Kosten (Gesamtkostenmix) bei gleichzeitig höchster Wohnqualität und Wertbeständigkeit
- Neubau-Herr(inn)en mit besonderen Ansprüchen an die Fassadengestaltung, die neben den energetischen auch repräsentativen Ansprüchen genügt
- Objekte in jeder Größe und Nutzung bei der eine ökologisch einwandfreie Temperierung gewünscht wird.

Das System ist für die Renovierung gut geeignet, da nicht nur die Fassade kostengünstig modernisiert werden kann, sondern bisherige bauphysikalische Nachteile (hohe Wärmeleitung und Wärmespeichervermögen) in Stärken verwandelt werden. Wärmebrücken können eliminiert werden, feuchte Wände trocknen durch die Erwärmung in kurzer Zeit vollständig aus, Schimmelbildung wird verhindert und die Wohnqualität verbessert sich deutlich.

Im Neubau kann bereits im Konzept der Wandaufbau optimal dimensioniert und kalkuliert werden, was nicht nur zu Einsparungen beim Investment, sondern auch bei den laufenden Kosten führt.

Die Integration dieses Fassadenkonzepts in den Entwurf neuer Gebäude bedarf jedoch eines planerischen Umdenkens. Nicht mehr Kernwände mit maximaler Dämmung sind erforderlich, sondern solche mit einem guten Wärmeleit- und Wärmespeicherverhältnis. Riesige Fensterflächen sind nicht günstig, durch einen ausgewogenen Fensteranteil erreicht man eine deutlich bessere Klimatisierung. Trotz eines radikal anderen Zugangs gibt es aber beachtliche Synergiepotentiale mit anderen energetisch sinnvollen Haustechniksystemen. Durch günstige Kombination ist das „Energie-Plus-Haus“ recht einfach darstellbar.

4.3.1 Anwendungsfelder

Die Thermocollect Fassade ist grundsätzlich auf jeder Wand -mit zumindest mittleren Eigenschaften für Wärmeleitung und Wärmespeicherung- installierbar.

Die höchste Wirksamkeit erreicht das System in Ausrichtungen von Ost bis West. Es wird üblicherweise an 3 Gebäudeseiten angebracht.

Bei Anwendungen mit niedrigeren Zieltemperaturen (Wirtschaftsräume, Werkstätten, Lager Räume, Ställe) erweitert sich der effiziente Einsatzbereich auf alle Ausrichtungen.

Das System eignet sich gleichermaßen für Wohn-, Büro- und Wirtschaftsbauten

- Altbau / Sanierung

→ Viel Potential durch alte Mauern, die besonders gut auf Thermocollect reagieren.

Da die Speicherfähigkeit der Bausubstanz ein bedeutender Faktor für eine gute Funktion des Systems darstellt, sind alle Objekte, die darüber verfügen, besonders gut geeignet. So auch die meisten alten, sanierungsbedürftigen Gebäude.

Alte schwere Mauern, die bisher als ungünstig angesehen wurden, haben nun besondere Vorteile. Nachteile wandeln sich zu Vorzügen.

- Neubau

→ Hohe Potentiale durch optimale Abstimmung des gesamten Wandaufbaus.

Im Neubau, in Kombination mit entsprechenden Wandbildnern ergibt das Aktive-Energie-Fassadensystem bisher unerreichte Werte.

Durch die optimale Abstimmung der Eigenschaften der Komponenten des Wandaufbaus ergibt sich noch ein weiteres Optimierungspotential. Günstigere Basismaterialien können verwendet werden, was die Rentabilität weiters erhöht.

Vielfalt in den Gestaltungsmöglichkeiten.

Das Thermocollect Energie-Fassadensystem übernimmt nicht nur die Klimatisierung, sondern auch die Außengestaltung des Gebäudes. Diese kann individuell den Wünschen der Bauherren angepasst werden.

Grundsätzlich ist eine Vielzahl von Designmöglichkeiten gegeben, vom Erscheinungsbild einer klassischen Mauer, über Holz- oder Metallverkleidungen, bis hin zu Stuckfassaden wurde bereits eine Vielzahl von Designs getestet.

Ca. 80% der Zeit ist das Paneelsystem geschlossen und so kaum von herkömmlichen Fassadenlösungen zu unterscheiden. Im geöffneten Zustand richtet es sich nach der Sonne aus und erscheint als modern ansprechende Solararchitektur.

4.4 Beschreibung der Umsetzungs-Potenziale

Ökonomisches Potential und Verwertung

Einsatzmöglichkeiten und Nutzung

- In der Untersuchung konnte das System bestätigt werden. Das dargestellte neue Aktiv-Energie-Fassaden-Konzept ist vielfältig anwendbar: Im privaten Hausbau ebenso wie in der modernen Errichtung von Büro- und Betriebsgebäuden.
- Vom Gebäudeverbund, Industriehallen, bis zur ‚Insellösung‘ für abgeschiedene Gebäude.
- In Kombination mit Fenstern können zusätzliche Vorteile durch Beschattung, Lichtlenkung, und verbesserter Dämmung in ‚Nichtnutzungszeiten‘ (Nacht, Wochenende) erzielt werden. Diese Anwendungsfälle sollten noch weiter untersucht werden.
- Für die Altgebäudesanierung bietet es großes Potential. Besonders bei bisher sehr ungünstiger schwerer, oder/und feuchter Bausubstanz zeigt es besondere Stärken.
- Im Neubau bestehen durch die Möglichkeit der ganzheitlichen Optimierung, einer idealen Kombination mit dem Wandbildner noch bisher ungehobene Potentiale. (insbes. Massivbau)
- Das System ist zum Einsatz zur schnellen effizienten Gebäudetrocknung denkbar.

Alleinstellungsmerkmale

Thermocollect ist das erste Fassadensystem, dass sowohl im Winter als auch im Sommer negative effektive U-Werte erreicht.

Energie wird also ‚gewonnen‘. Im Gebäude wird das Wohngefühl aufgrund der höheren Wandtemperaturen und der damit einhergehenden angenehmen Strahlungswärme positiv beeinflusst.

Einfaches Wirkprinzip. Beste Dämmung und hoher Energieeintrag von außen war bisher nicht erreichbar.

Wer sind die KundInnen und welche Vorteile ergeben sich:

Als neue(r) Kund(e)in ist hier nicht der Technikfreak als Vordenker erforderlich (leicht verständliches Wirkprinzip), sondern jedermann kann hier mitmachen, der auf deutlich erhöhten Wohnkomfort umstellen und sein Haus auch optisch aufwerten möchte.

Da die Anbringung einfach, ohne nennenswerten Installationsaufwand, erfolgen kann und nur sehr begrenzt in die bestehende Bausubstanz eingegriffen wird, kann auch diesbezüglich eine hohe Akzeptanz erwartet werden.

Durch die verstärkte solare Energienutzung werden bestehende zukaufpflichtige Energieträger (Öl, Gas) weniger nachgefragt. Dadurch wird aus volkswirtschaftlicher Sicht die

Abhängigkeit von Energieimporten reduziert, ebenso die Ausgaben der entsprechenden Haushalte, worüber sich die Investition amortisieren wird.

Der konkret erlebbare Kundennutzen dabei:

- „Geschenke“ Wärme, kostenlose Klimatisierung von Gebäuden
- Selbst in schattigen Gegenden und langen Zeiten mit geringer Sonnenstrahlung ist eine deutliche Einsparung gegeben.
- Positive Beeinflussung des Raumklimas für ein behagliches Wohnen
- Kühlwirkung im Sommer
- Unabhängigkeit der einzelnen Haushalte von Energiepreisen und Versorgungsengpässen
- Trockene Mauern, bessere Bauphysik
- Neue Potentiale in der Architektur
- Gutes ökologisches Gewissen, Sonne pur!

Beschreibung der Eigenschaften im Detail:

Grundfunktion: intelligente aktive Beeinflussung der Wärmeströme:

Dämmung und solare Wärmegewinne im Winter

Die Grundfunktion des aktiven Fassadensystems besteht in der automatischen Steuerung der Wärmeströme in einer Gebäudewand, einer sehr guten Dämmung, und der Nutzung der Sonnenenergie zur Temperierung der Wand. Die Leistung des Systems kann mit derzeit gängigen Dämmsystemen am besten durch die Errechnung eines effektiven U-Werts verglichen werden. Hier erreicht Thermocollect als einzige negative U-Werte = Energiegewinne.

Kühlung im Sommer

Im Sommer bewirkt die automatische Anpassung der Ansteuerung die Minimierung der Tageserwärmung und eine nächtliche Wärmeabgabe, somit in Summe einen Kühleffekt.

Dabei sind je nach Bedarf Variationsmöglichkeiten gegeben:

a) Ansteuerungsvariationen: An warmen Sommertagen wird die Dämmung üblicherweise am Tag geschlossen bleiben um so die Dämmwirkung zu nutzen. An besonders heißen Tagen, wird zusätzlich die Reflexionsfähigkeit der Innenseite der Paneele genutzt, um die Sonnenstrahlung zurückzustrahlen und so den Energieeintrag massiv zu minimieren.

b) Aufbauvariationen: In Lagen mit extremen Klimaten kann die Wirkung durch Variationen im Paneelaufbau weiter optimiert werden.

Zusatznutzen:

Komfortgewinn Strahlungswärme

Der Mensch empfindet Strahlungswärme als die angenehmste Form der Wärme.

In konventionell gedämmten Gebäuden ist je nach Außentemperatur und Dämmeigenschaft die Wand immer kälter als das Raummittel. Um trotzdem einen angenehmen Temperatureindruck zu erhalten, muss die Lufttemperatur erhöht werden. Raumheizungen die über Erwärmung der Luft funktionieren (Heizkörper, Radiatoren) führen zu einer höheren Luftbewegung und erhöhen dadurch auch den Staubgehalt der Luft.

Eine höhere Wandtemperatur führt zu einem verbesserten Wohlbefinden (Winter). Bei Erhöhung der Wandtemperatur um 1° kann die Lufttemperatur bei gleichem Wärmeempfinden um ~1° gesenkt werden. Dadurch verringern sich auch die Lüftungsverluste.

Bauteiltrocknung

Als ein Nebeneffekt wird der Feuchtegehalt der Mauer positiv beeinflusst. Der Effekt der Strahlungserwärmung der Mauer ist die effizienteste Methode der Bautrocknung, die bisher aber fast ausschließlich mit elektrischen Heizstrahlern erfolgte.

Durch die solare Einstrahlung wird dieser Effekt im normalen Betrieb ständig erreicht. Bei geöffneten Paneelen kann die Feuchtigkeit gut ablüften. Bei Schlechtwetter schließen die Paneele automatisch und verhindern so eine Befeuchtung.

Trockene Mauern haben eine wesentlich bessere Dämmwirkung als feuchte. Der Effekt von Thermocollect wird auf physikalische Weise also zusätzlich verstärkt.

Kein Schimmel

Die häufigste Ursache für Schimmelbildung an Innenwänden liegt an den geringeren Oberflächentemperaturen der betroffenen Stellen. Wenn auch in Raummitte die relative Luftfeuchtigkeit im Komfortbereich liegt, wird an den kühleren Randzonen an einer Mauer die relative Luftfeuchte deutlich höher sein. Die Mauer „erlebt“ also in der gleichen Situation eine viel feuchtere Luft, von der auch Feuchtigkeit in die Mauer aufgenommen werden kann. Eine ideale Voraussetzung für Schimmel.

Durch erhöhte Wandtemperaturen durch die solaren Wärmegewinne kann die innere Oberflächentemperatur erhöht werden – dadurch wird die relative Feuchte an der Innenwand reduziert und Schimmelbildung wird wirksam vorgebeugt.

„Kältebrücken“ werden zu Wärmebrücken

Bei konventionellen Dämm Lösungen geht der Wärmestrom immer von innen nach außen. Dadurch sind Bereiche mit höherer Wärmeleitfähigkeit sehr ungünstig.

Beim aktiven Energiefassadensystem kommt die Wärme meist von außen wodurch diese Bereiche zu Bereichen verbesserter Energieeinleitung und meist erhöhter Energiespeicherkapazität werden. Eine Sanierung, wie sie konventionell sehr angeraten ist, ist meist nicht mehr erforderlich.

Geringere Fenstertiefe: kein „Schießscharteneffekt“

Wird ein Gebäude saniert, so werden zur Erreichung des gewünschten Dämmwerts oft dicke Schichten erforderlich. Verfügt das Gebäude nicht ohnehin über große Fensterflächen, wird durch die Verdickung der Mauern das Fenster optisch verengt. Sowohl der mögliche Ausblickswinkel wird eingeeengt, als auch die mögliche Einstrahlung der Sonne bzw. der Lichteinfall werden deutlich reduziert.

Fenstervariante

Neben der üblichen Anwendung vor Mauern ist die Verwendung des aktiven Fassadensystems vor Fenstern, als Beschattungs-, Lichtlenkungs- und Energiesparelement, mit nur geringen Adaptionen möglich.



Abb.31: Animation einer Thermocollect-Fassade am Beispiel Bürogebäude

Bei der „Fenstervariante“ wird die Thermocollect Fassade auch über die Fenster und Glasflächen ausgeführt. Der Teil vor den Fensterflächen wird dabei getrennt und raumnutzungsabhängig angesteuert. In Zeiten, in denen der Raum unbenutzt ist, werden die Paneele energieoptimiert gesteuert, bei benutztem Raum komfortoptimiert, also zur Aussicht geöffnet, und zur Beschattung und Lichtlenkung eingesetzt.

Thermocollect ersetzt hier bisherige Beschattungselemente wie Jalousien, Markisen oder Beschattungsvorbauten.

Außerdem erhöht Thermocollect den effektiven Dämmwert der Fensterflächen enorm wodurch oftmals auf günstigere Verglasungen zurückgegriffen werden kann.

Durch den relativ großen Abstand der Paneelelemente ist die Aussicht durch die geöffneten Paneele gut gegeben und man fühlt sich nicht eingeschränkt oder eingesperrt. Die Innenseite der Paneele, die nun eine Sichtseite ist, kann nach den Wünschen des Bauherrn gestaltet werden.

Das Marktpotential der Fensterlösungen sehen wir in erster Linie bei Bürobauten und öffentlichen Gebäuden, wobei es als Beschattungs-, Lichtlenkungs- und Dämmelement fungiert.

Beschattung

Thermocollect kann je nach Winkelstellung auch als bewegliches Beschattungspaneel eingesetzt werden. Diese Anwendung ist über und vor Fenstern zielführend. Das System fungiert nun als variables Beschattungselement mit zusätzlich hoher Dämmfunktion.

Lichtlenkung

Da die Innenseiten der Paneele in der Regel sehr hell oder reflektierend ausgebildet sind, kann diese auch zur gezielten Lichtlenkung verwendet werden. Dabei wird die Sonnenstrahlung gezielt an die Zimmerdecke reflektiert und damit eine gute, kostenlose und tiefe Ausleuchtung des Raumes erreicht

Geräuschdämmung

Das Fassadensystem bildet eine der Mauer vorgesetzte zweite Schale, die nicht nur thermisch dämmt, sondern auch akustisch schalldämmend wirkt. Sowohl durch die steife Paneelstruktur als auch durch die dämpfenden Dichtstrukturen erfolgt eine Schalldämmung.

Weitere Effekte:

* Südseitige Sonnennutzung auch ohne große Glasflächen: Vorteil der weiteren Gestaltungsfreiheit und der zeitlich phasenverschobenen Energieabgabe in den Innenraum.

* Kein Dachüberbau erforderlich: Nicht bewertet. Kosteneinsparung.

* etc. ---

Die Auslegung und das Zusammenspiel mit dem Wandbildner ermöglicht nicht nur ein modernes Plus-Energie-Gebäude, Thermocollect ist auch so konzipiert, dass es autark funktioniert. Ein energieautarkes Haus, das die Energie ausschließlich aus Sonnenenergie gewinnt und hocheffektiv und sparsam verwendet, ist zweifelsfrei erstrebenswert.

Wir empfinden das aktive Fassadensystem als gelebte Umwelttechnik:

Ökologie und Ökonomie sollen vereint sein. Nur was der Umwelt gut tut, tut langfristig auch den Menschen gut. Ein Leben auf Kosten der nächsten Generationen ist nicht akzeptabel.

Für die Umwelt bedeutet dies:

- * Das adaptive Fassadensystem lebt und arbeitet im Einklang mit der Natur, und nutzt rückstands- und abfallfrei von der Natur kostenlos angebotene Potentiale,
- * Thermocollect reduziert massiv den Verbrauch an Energie für Heizung und Kühlung von Gebäuden, mehr als jedes andere Fassadensystem zuvor.
- * Ein ausgewogenes System. (Völlig autark in der „Inselvariante“, bei der der minimale Strombedarf über eine kleine Solarzelle gedeckt wird). Kein Primärenergieverbrauch
- * massive Energieeinsparungen.
- * kein CO₂-Ausstoß.
- * Im gesamten Produktlebenszyklus wird darauf geachtet, keine giftigen oder umweltschädigenden Substanzen zu verwenden. Es wird laufend daran gearbeitet die Verwendung ökologisch nachhaltiger Materialien zu erweitern.
- * Am Ende der Nutzungsdauer sind die verwendeten Materialien leicht trennbar und wieder verwertbar.



Abb.32: Auszeichnung 1. Platz -
Kategorie Energieeffizienz -
Umwelttechnik-Cluster

Als Anerkennung der Leistungen und des Leistungspotentials des Fassadensystems wurde der erste Preis des Umwelttechnik-Clusters in der Kategorie Energieeffizienz verliehen.

5 Schlussfolgerungen zu den Projektergebnissen

Mit Hilfe des Förderprogramms Haus der Zukunft konnten umfangreiche Erkenntnisse zur Wirksamkeit, Effizienz und Machbarkeit eines adaptiven Fassadensystems gewonnen werden.

Die Grundidee und die Basisberechnungen zu Projektbeginn haben sich bestätigt. Wenn man berücksichtigt, dass die Fertigungsstände und die Qualität dieser ersten Bauteile noch Spielraum im Wirkungsgrad nach oben lassen, werden die Erwartungen teilweise sogar schon in diesem „Prototypenstadium“ übertroffen.

Die Wirksamkeit des Systems eröffnet eine völlig neue Qualität in der wärmetechnischen Ausrüstung von Gebäuden. Speziell im Bereich der Sanierung werden gegenüber den heute üblichen WDV-Systemen meist deutliche Vorteile erzielt. Im Neubau ermöglicht die ideale Abstimmung der einzelnen Komponenten ungeahnte Möglichkeiten.

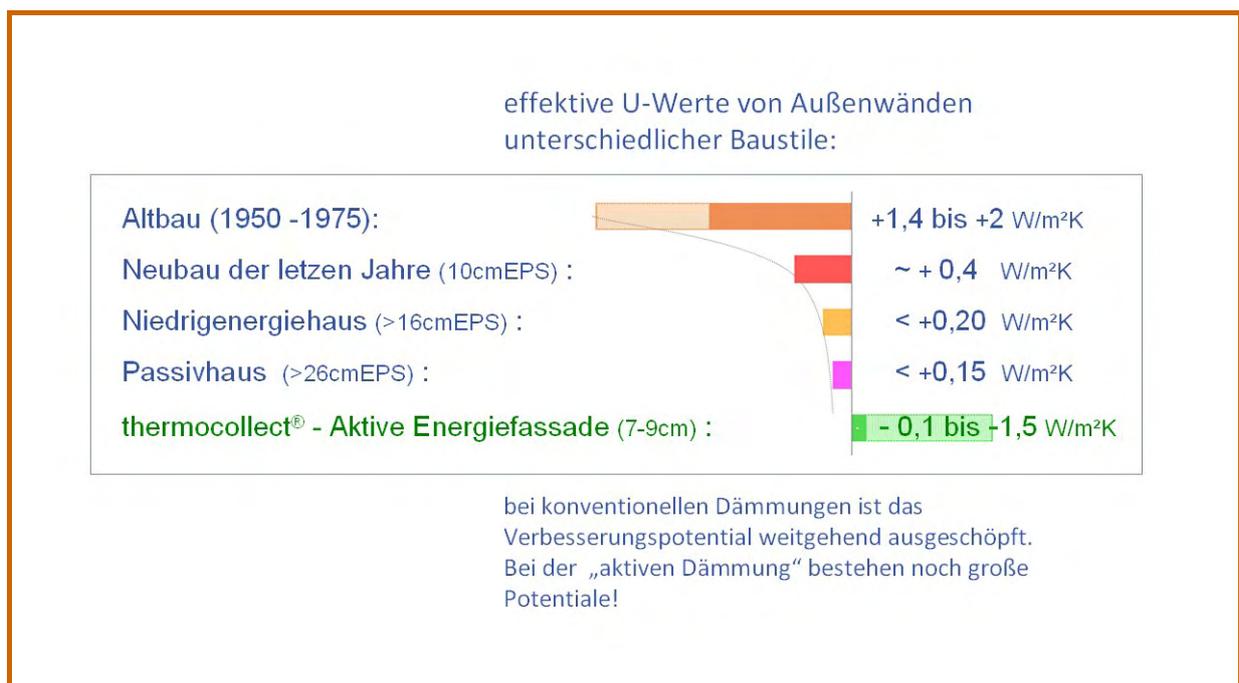


Abb.34: Darstellung: U-Werte von unterschiedlichen Bauweisen

6 Ausblick und Empfehlungen

Adaptive Fassadensysteme bieten ein hohes Potential zur thermischen Versorgung von Gebäuden.

Der Schwerpunkt der zukünftigen Aufgaben wird aus technischer Sicht neben dem der Integration weiterer Optimierungen in der Serienüberführung liegen.

Neben der Bekanntmachung wird eine weitere Aufgabe darin bestehen, geeignete, anerkannte Berechnungsmodelle zu erarbeiten, damit derartige aktive, adaptive Systeme sowie deren Interaktion mit den Wandbildnern und den Klimaten in der Energieausweisberechnung einfach abgebildet werden können.

Darüber hinaus ist es wichtig, durch Vorzeigeobjekte dieses neue System erlebbar und „begreifbar“ zu machen. Mit vernünftigen Demonstrationsprojekten steigt die Wahrnehmung für dieses System. Durch eigene Erfahrung und Wahrnehmung kann so der Interessent die Zuverlässigkeit und Wirksamkeit dieses neuen Systems erfahren. Schließlich muss man bei der ersten Begegnung mit diesem System ja erst einmal die bisherige Denkweise hinter sich lassen, da dieses Wirkprinzip zwar simpel, aber neu ist!

In Kooperation mit innovativen Partnern soll die Umsetzung von Gebäuden mit hoher Signal- und Vorzeigewirkung realisiert werden. Durch prämierte Vorzeigeobjekte soll die Bekanntheit weiter gesteigert werden.

7 Abbildungsverzeichnis

Abb.1: Globalstrahlung im Jahresverlauf	12
Abb.2: Eingestrahlte Leistung auf einer senkrechten Wand im Jahresverlauf	13
Abb.3: Testwand ‚Design Lärche‘ und Designbeispiel Farbe	20
Abb.4: Handskizze Systembeschreibung	21
Abb.5: Handskizze	21
Abb.6: Beschreibung des Temperaturverlaufes einer aktiven Energiefassade.....	23
Abb.8: Paneel autark mit PV-Kanten, Design: „Anthrazit“	27
Abb.7: Paneel autark mit PV-Kanten, Design: „Anthrazit“	27
Abb.9: Kalorimeter-Messmodul 2 im Einsatz – teilgeöffnet – Design Holz	29
Abb.10: Kalorimeter-Messmodul 3– geschlossen – Design Feinputz	29
Abb.11: Montagebeschreibung von Thermocollect	30
Abb.12: erste Testversion 2010 - System geschlossen	31
Abb.13: erste Testversion 2010 - System geöffnet	31
Abb.14: Auswertung Messdaten Altbau smz - Ausschnitt 3.1. bis 3.3.	32
Abb.16: Messdaten "worst-case"	33
Abb.15: Messdaten "worst-case" - die schlechteste Periode aus zwei Jahren und 5 Standorten.....	33
Abb.18: Messdaten –Gewinne – bei kaltem Wetter	34
Abb.17: Messdaten – kalte Periode 18.1. bis 02.4. durchwegs Gewinne - Standort Altheim, Altbau	34
Abb.19: Messdaten - Ausschnitt 02.1. bis 04.4. - Neubau Ziegel, Salzburg	35
Abb.20: Messdaten - Ausschnitt 01.1. bis 02.4. - Betonwand - Standort Friedberg.....	36
Abb.21: Darstellung der Temperaturverläufe im Detail	37
Abb.22: mittlerer effektiver U-Wert von unterschiedlichen Mauerwerken - Standort Freistadt, Süd	38
Abb.23: Sonnenscheindiagramm Altheim	39
Abb.24: Ø effektiver U-Wert am Standort Altheim	39
Abb.25: Sonnenscheindiagramm Greifenberg	39
Abb.26: Ø effektiver U-Wert am Standort Greifenberg	39
Abb.27: Sonnenscheindiagramm Friedberg.....	40
Abb.28: effektiver U-Wert am Standort Friedberg	40
Abb.29: Sonnenscheindiagramm nahe Salzburg	40
Abb.30: effektiver U-Wert am Standort nahe Salzburg	40
Abb.31: Animation einer Thermocollect-Fassade am Beispiel Bürogebäude	47
Abb.33: Auszeichnung 1. Platz - Kategorie Energieeffizienz - Umwelttechnik-Cluster	49
Abb.32: Auszeichnung 1. Platz - Kategorie Energieeffizienz - Umwelttechnik-Cluster	49
Abb.34: Darstellung: U-Werte von unterschiedlichen Bauweisen	50

8 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Dämmsysteme im Vergleich.....	17
------------------------------------------	----