



INNOVATIVE TECHNISCHE GEBÄUDEAUSRÜSTUNG

ENERGETISCHER IST-ZUSTAND

DIGITALE 360°-THERMOGRAFIE ALS LÖSUNGSKONZEPT

Neues Verfahren bestimmt den energetischen Ist-Zustand von Gebäudehüllen und ermöglicht die Planung bedarfsorientierter Sanierungen – online!

Die Ausgangslage:

Am 19.07.2023 richtete der BUND (Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.), zusammen mit 15 Verbänden, einen Brandbrief an die Bundesregierung und den Bundestag. Es wird befürchtet, dass der Einbruch bei der Gebäudesanierung das Klima, Jobs und den sozialen Frieden gefährdet. Gerade der Sanierungsstau und hohe Energiekosten drohen Haushalte mit geringen Einkommen in schlecht modernisierten Häusern besonders hart zu treffen. Die Regierung wollte ab 2024 60 Milliarden Euro für Klimaschutzprojekte über Neuverschuldungen bereitstellen, was jedoch vom Bundesverfassungsgericht untersagt wurde. Ein neu entwickeltes Verfahren könnte Abhilfe schaffen; mit dem DT360-Verfahren kann der energetische Ist-Zustand von Gebäudehüllen per Knopfdruck digital aufgenommen werden. Dadurch werden bedarfsgerechte energetische Sanierungen möglich, die Zeit, Kosten und Material einsparen. Alle Planungen können Online an einem digitalen Zwilling vorgenommen werden, ein vor Ort Treffen am Sanierungsobjekt wird überflüssig.

Wie alles begann:

Würzburg 2016: Durch die EiIF (European Industrial Insulation Foundation) wurde in Kooperation mit der THWS (Technische Hochschule Würzburg-Schweinfurt – bis 2023 FHWS) ein Industrieforschungsprojekt ins Leben gerufen, das die Umwelt schützen soll und dabei noch Geld spart. Denn Umweltschutz ist leider noch oftmals ein nice-to-have und gerade in der Industrie, die sich dem permanentem Wettbewerbsdruck durch das Ausland stellen muss, nur dann attraktiv, wenn man damit auch Kosten spart. Dieses ambitionierte Ziel verfolgt die EiIF seit über einem Jahrzehnt mit großem Erfolg, indem sie ungedämmte Rohrleitungen für Prozesswärme und -kälte in der Industrie dämmt. Ihr Resümee: Es ließen sich mittels gering investiver Maßnahmen Millionen Tonnen CO₂ durch eine ordentliche technische Dämmung einsparen. In den meisten Fällen würde der Industrieanlagenbetreiber seine Investition bereits nach ein bis zwei Jahren zurück bekommen und hätte für

alle darauffolgenden Jahre eine ordentliche Energieeinsparung! Wieso das kein Selbstläufer ist? Es mangelt, wie überall, an qualifizierten Fachkräften, die solche Energieverluste identifizieren, beurteilen und geeignete Maßnahmen umsetzen können.

Da Industrieanlagen schnell die Größe von Fußballfeldern annehmen können und auch bei den Isolierfirmen die Ausbildungszahlen rückläufig sind, wurde in dem Projekt eDIan (effiziente Dämmung von Industrieanlagen) ein neues Verfahren entwickelt, mit dem man per



Abbildung 1: Das Ergebnis einer fünfjährigen Forschungsarbeit ist der piXplorer IR25, ein 360° Thermografiepanoramakopf, der geometrisch kalibrierte Thermografieaufnahmen als Kugelpanoramen mit 25 Millionen Pixeln aufnimmt. Dadurch werden erstmals sämtliche Energieverluste in einem sogenannten „übergeordneten Koordinatensystem“ lokalisiert, in geometrische und thermografische Relation zueinander gebracht und sind so einfacher identifizierbar und bewertbar.

Knopfdruck ganze Industrieanlagenkomplexe energetisch digital inventarisieren kann. Herzstück wurde ein 360°-Thermografiepanoramakopf, der Energieverluste, egal ob warm oder kalt, über Temperaturunterschiede sichtbar macht. Was sich einfach anhört war eine dreijährige Grundlagenforschung, die ein völlig neues Verfahren lieferte und dabei mit einer dreiviertel Million Euro vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wurde. Während üblicherweise 360°-Kugelpanoramen im sichtbaren Spektralbereich mittlerweile Stand der Technik sind, haben Thermografiekameras Optiken aus Germanium anstatt Glas und arbeiten im unsichtbaren Nahinfrarotbereich. Zudem sind die Auflösungen von Thermografiekameras teilweise um den Faktor 100 schlechter als die von Fotokameras. Nach weiteren zwei Jahren Projektförderung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi), wurde daraus ein serientaugliches Produkt, das jeder kommerziell erhalten kann; im Projekt „ThermoHead“ wurde der piXplorer IR 25 entwickelt.

Was ist daran neu?

Was macht dieses Projekt jetzt so einmalig und wodurch unterscheidet es sich von „gewöhnlicher Thermografie“? Bei einer gewöhnlichen Thermografieaufnahme sind die Auflösungen meist stark begrenzt, üblicherweise auf 640x480 Pixel. Um ein komplettes Gebäude zu überprüfen, muss man teilweise dutzende, wenn nicht hunderte von Einzelbildern aufnehmen, die anschließend alle unterschiedliche Objekte mit unterschiedlichen Temperaturbereichen zeigen, verschiedene Größen und Ausrichtungen zueinander haben und die kaum mehr zugeordnet werden können. Klassisch werden daraus Energie(audit)berichte angefertigt mit 50 Seiten oder mehr, in denen die identifizierten Energieverluste erläutert und bewertet werden. Wird eine Sanierungsmaßnahme beschlossen, ist es kaum vermeidbar, dass

sich alle Beteiligten vor Ort am Objekt treffen, was Zeit und Geld kostet und oftmals aufgrund von Terminkollisionen einen großen Planungsaufwand bedeutet.

Das Verfahren DT360 (Digitale Thermografie 360°) fertigt geometrisch und thermografisch kalibrierte Vollsphären-Kugelpanoramen mit einer Auflösung von 25 Millionen Pixeln (25 Megapixeln) an. Durch die geometrische Kalibrierung werden diese Thermografiepanoramen anschließend durch ebenfalls geometrisch kalibrierte Fotopanoramen mit 100 Megapixeln deckungsgleich überlagert und ermöglichen so eine einfache und exakte Identifizierung der Energieverluste. Das Objekt kann quasi virtuell betrachtet werden, als stünde man direkt davor, wodurch sich auch Personen orientieren können, die noch nie zuvor vor Ort gewesen sind. Dadurch können sämtliche weiteren Planungsschritte virtuell am PC z.B. in einem Onlinemeeting stattfinden. Ein weiterer Vorteil: die zugehörige Vogelperspektive liefert Google-Maps gratis dazu!

Alle aufgenommenen Objekte befinden sich in einem „übergeordneten Koordinatensystem“ und stehen somit in Bezug auf Größe, Position und Temperatur miteinander in Relation. Denn anstelle von vielen kleinen individuellen Bildern fertigt DT360 aus den Einzelaufnahmen ein großes Panorama und stellt für alle Objekte eine globale Abhängigkeit her. Der Betrachter kann sich ein Objekt ansehen und den energetischen Ist-Zustand bestimmen, obwohl er noch nie vor Ort gewesen ist.

Durch die geometrische Kalibrierung wird die sogenannte „Virtuelle Stereophotogrammetrie“ möglich. Diese Technologie kann mit dem räumlichen Sehen verglichen werden: Man hat zwei Augen, dem Gehirn ist der Abstand dazwischen bekannt und wenn man nun ein Objekt betrachtet, bekommt man einen Eindruck über die Geometrie und räumliche Tiefe. Wird bei DT360 ein



Abbildung 2: Links ist ein Ausschnitt des 100 Megapixel Fotopanoramas und rechts der dazu passende Ausschnitt aus dem 25 Megapixel Thermografiepanorama. Man erkennt die thermischen Schwachstellen am Dach und an den Fenstern, die Fassade ist in Ordnung.

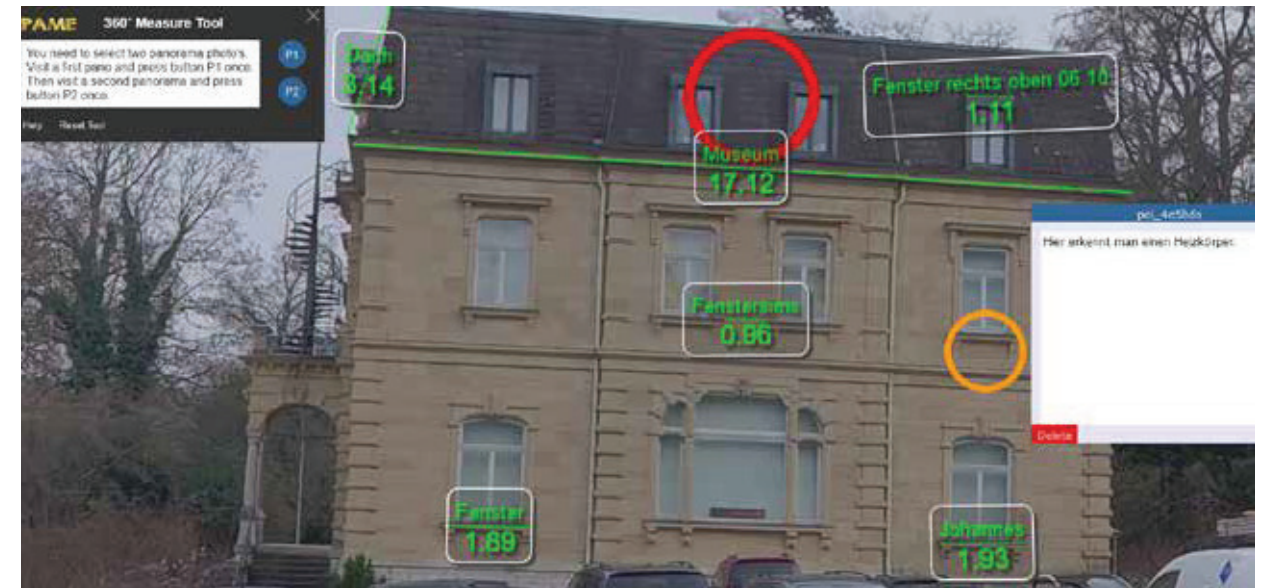


Abbildung 3: Mit PAME lassen sich Maße aus den Panoramen extrahieren und speichern. Damit ist es z.B. möglich, die Größen der Fenster, die Höhe des Gebäudes oder die Breite des Daches zu bestimmen, ohne vor Ort messen zu müssen. Mit Notes können anschließend im Panorama Notizen zur Kommunikation und Dokumentation hinterlassen und bearbeitet werden.

Objekt von mindestens zwei bekannten Standpunkten aus aufgenommen, kann die integrierte Spezialsoftware „PAME“ (Panoramic Measurement tool, Powered by Virtual Tuur) die Maße des Objekts extrahieren. Man kann daher die Dimensionen eines Gebäudes, der Fenster, des Daches etc. aus den Panoramen abmessen, ohne vor Ort sein zu müssen.

Von einem Objekt können also der Energieverlust als Temperaturunterschied und die Maße bestimmt werden, was wiederum den Gesamtenergieverlust ergibt (Temperaturdifferenz zur Umgebung mal Abstrahloberfläche). Ein Energieberater kann nun den Energieverlust beziffern und geeignete Maßnahmen empfehlen, ohne jemals selbst an dem Objekt gewesen zu sein.

Zudem ist es möglich, in den Panoramen Notizen zu hinterlassen („Notes“), z.B. Empfehlungen durch den Energieberater, Kostenvoranschläge durch den Sanierungsexperten oder bereits einen Status der Umsetzung durch die Fachfirma. Es werden im Prinzip keine E-Mails mehr benötigt, die Dokumentation wird live auf dem Server gespeichert und immer als aktuellste Version angezeigt.

Das gesamte Verfahren benötigt lediglich einen beliebigen Browser und eine stabile Internetverbindung. Sämtliche Tools und Software kann vollumfänglich genutzt werden, ohne dass ein Programm installiert werden muss. Unten im Bericht wird ein Beispiellink zur Verfügung gestellt.

Wie hilft uns das weiter?

Statt ein Gebäude von innen untersuchen zu müssen, digitalisiert DT360 den energetischen Ist-Zustand von außen. Das Gebäude kann (und soll) dabei ganz normal genutzt werden, die Aufnahmen müssen jedoch in der Heizperiode stattfinden, um einen ausreichenden Temperaturkontrast sicherzustellen. Gebäude können aus einer Entfernung bis 40 m vermessen werden, somit kann eine Aufnahme einen Bereich bis 5.000 m² abdecken. Eine Aufnahme dauert etwa 20 Minuten, es können demnach ganze Häuserblocks oder Straßenzüge in Minuten energetisch digitalisiert werden. Die Daten werden dem Auftraggeber anschließend online und passwortgeschützt zur Verfügung gestellt. Sämtliche Beteiligten können über eine Internetverbindung und einen beliebigen Browser, auch per Smartphone, darauf zugreifen. Nach der einmaligen Vermessung vor Ort sind keine weiteren Termine am Objekt mehr nötig und die Beteiligten können alle weiteren Planungen am digitalen Zwilling durchführen.

Ein kleines Beispiel aus der Praxis

Bislang wurden energetische Sanierungen gerne nach dem Gießkannenprinzip durchgeführt. Ein Haus wurde einfach komplett saniert, vom Dach über die Fassade bis zu den Fenstern. Mittlerweile ein teures Unterfangen, da neben den Handwerkerleistungen auch die Dämmstoffe merklich teurer geworden sind. Wir haben das Verfahren bereits im Winter 2022/2023 bei uns auf dem Firmengelände getestet und hierbei auch das Siebold Museum aufgenommen. Das Siebold Museum steht unter Denkmalschutz, weshalb z.B. eine Wärmedämmung der Fassade nur von innen möglich wäre und somit höhere Kosten verursacht, da z.B. das Museum

während der Sanierung geräumt werden müsste. Es zeigte sich, dass das Dach, energetisch betrachtet, in einem sehr schlechten Zustand ist: Bei einer Außentemperatur von -1°C konnten wir eine Temperatur auf dem Dach von teilweise über 10°C feststellen. Im Gegensatz zu anderen Dächern, die bei der Digitalisierung mit aufgenommen wurden, ist dieses Dach auch schneefrei. Auch die Fenster sind, obwohl deutlich besser als das Dach, nicht in einem angemessenem energetischen Zustand. Die Messung zeigt aber auch, dass die Fassade an sich völlig in Ordnung ist und kein akuter Handlungsbedarf besteht! Demnach könnte man auf den teuersten Anteil, die Dämmung der Fassade von innen, verzichten. Das Dach, das sowieso von innen gedämmt werden muss, kostet im Vergleich zu einer Fassadendämmung ein Bruchteil (z.B. Ertüchtigung der Zwischensparrendämmung von innen). Selbst die Fenster brächten bei Weitem nicht eine so große Energieeinsparung wie das Dach.

Es wurden hier zwei Aufnahmen angefertigt und online zur Verfügung gestellt (siehe Link unten). Nun kann der Datensatz allen Beteiligten zur Verfügung gestellt werden. Diese müssen nichts installieren, benötigen lediglich einen beliebigen Browser und eine Internetverbindung. Nun beginnt die Sanierung damit, dass sich ein Energieberater den Datensatz anschaut und eben die Empfehlung ausspricht, z.B. die Fassade zu belassen aber das Dach und gegebenenfalls die Fenster zu erneuern. Der Energieberater kann auf seinem Smartphone im Panorama navigieren und muss sich nicht durch einen 50-seitigen Bericht quälen. Dann könnte der Link als nächstes zu einem Zimmermann und einem Fensterbauer geschickt werden mit der Bitte, sich das Objekt online anzuschauen. Beide können sich ein Bild von dem Objekt sowie den lokalen Gegebenheiten machen; wie viel Platz habe ich für ein Gerüst? Wie hoch muss ich das bauen? Wie eng steht das Gebäude an anderen Gebäuden? Habe ich Platz für meine Lieferfahrzeuge und meinen Kran etc. Beide können jetzt durch „PAME“ am Objekt messen, einen Kostenvoranschlag machen und mit „Notes“ Fragen und Anmerkungen an den Gebäudeeigentümer hinterlassen. Schreitet die Sanierung fort, können sogar Handwerker über Smartphone und mobile Daten eine live-Dokumentation zum Arbeitsfortschritt hinterlegen.

Funktionalitäten selbst testen?

Für den Selbsttest einfach einen Browser öffnen und folgende Adresse eingeben: Einfach einen Browser öffnen und folgende Adresse eingeben: <https://dt360.wuqm.de/Kunden/Beispiele/BBraeu/>. Es öffnet sich ein Panorama, in dem man beliebig die Ansicht ändern und zoomen kann. Rechts unten befindet sich eine Menüleiste, die wie folgt aufgebaut ist (von oben nach unten): Dual-View (zwei Pfeile) für Foto plus Thermografie, Einzelpanoramas anzeigen (vier Quadrate) um die jeweiligen Panoramen zu sehen, die in dem Datensatz enthalten sind. Das gestrichelte Quadrat aktiviert den Vollbildmodus, Doppelpfeile

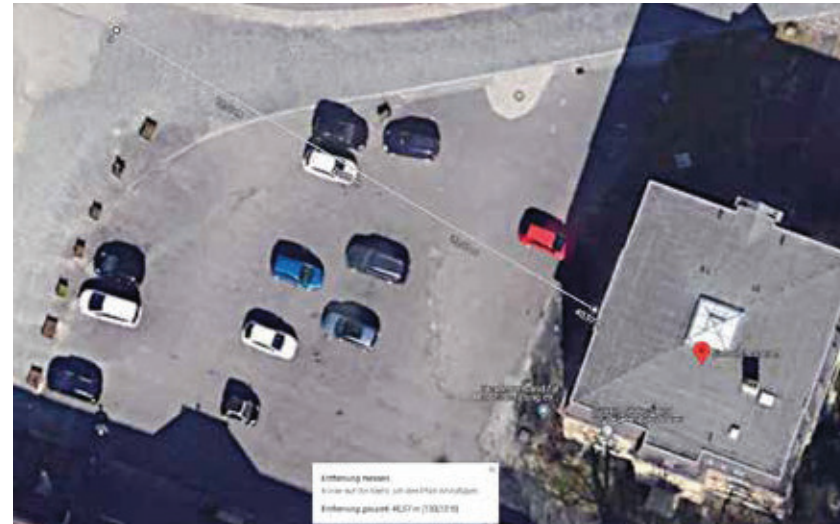


Abbildung 4: Das Siebold Museum in Würzburg wurde in einer Entfernung von über 40 m aufgenommen. Passend zu den Panoramen in DT360 können bereits vorhandene Luftbilder mitverwendet werden.

nach rechts oder links wählen das nächste Panorama aus oder gehen eins zurück und der Pfeil nach unten blendet das Menü aus. Bei mobilen Geräten bekommt man zusätzlich einen Knopf, der das Gyroskop aktiviert (falls vorhanden) und man sich so virtuell im Panorama bewegen kann. Man kann sich mit seinem Smartphone drehen und ändert so die Ansicht im Panorama. PAME wird aktiviert durch den Klick auf das PAME-Symbol rechts oben und mit einem Rechtsklick im Panorama auf „Create Point of Interest“ lässt sich über Notes eine Notiz hinterlassen. Viel Erfolg und Freude beim Ausprobieren!

Quellen:

Link DT-360-Aufnahme



Link Google-Maps Siebold Museum Würzburg



„Brandbrief von 15 Verbänden: Einbruch bei Gebäudesanierungen gefährdet Klima, Jobs und sozialen Frieden.“ – BUND



Energie- und Emissionseinsparpotenzial durch konsequente Verbesserungen von Dämmsystemen in der Industrie: Deutschland“ – EiiF



Autor

Dr. Sebastian Fiedler
WUQM Consulting GmbH
Bürgerbräu 02 Sudhaus
Frankfurter Straße 87, 97082 Würzburg
Deutschland
T: +49 (0)931 / 780970 22
sebastian.fiedler@wuqm.de

NACHHALTIGKEIT IM UNTERNEHMEN