ABSCHLUSSBERICHT

Entwicklung und modellhafte Anwendung eines neuwertigen Sensorsystems zur Überwachung der nachhaltigen Wirksamkeit von Schutzverglasungen für durch anthropogene Umwelteinflüsse gefährdete Glasmalereien am Beispiel der Wiesenkirche in Soest

Entwicklung und modellhafte Anwendung eines neuwertigen Sensorsystems zur Überwachung der nachhaltigen Wirksamkeit von Schutzverglasungen für durch anthropogene Umwelteinflüsse gefährdete Glasmalereien am Beispiel der Wiesenkirche in Soest

DBU-Aktenzeichen Az.

30751 / 45

Autor: Christoph Sander

Firma: Glasmalerei Peters GmbH

Am Hilligenbusch 25

33098 Paderborn

Laufzeit: 1.10.2014 – 31.1.2017

Dauer: 28 Monate

Ort: Paderborn

INHALTSVERZEICHNIS

Abbildungsverzeichnis (Seite 4)

Kurzfassung des Berichtes (Seite 5)

Anlass und Zielsetzung des Berichtes (Seite 6)

Darstellung und Arbeitsschritte und der angewandten Methoden

Ergebnisse

- Darstellung der tatsächlich erzielten Ergebnisse (Seite 7-16)

Diskussion

- Inwieweit wurden die verfolgten Ziele erreicht? (Seite 17)
- Woraus ergeben sich die Abweichungen der erhaltenen Ergebnisse? (Seite 17)
- Wie gestaltet sich die Arbeit mit den unterschiedlichen Kooperationspartnern? (Seite 17)

Öffentlichkeitsarbeit

- Wie werden die Ergebnisse veröffentlicht? (Seite 18)
- Wer partizipiert an den Ergebnissen? (Seite 18)
- Wird das Vorhaben über die Projektlaufzeit hinaus weitergeführt? (Seite 19)

Fazit

- Hat sich die Vorgehensweise bewährt? (Seite 20)
- Werden Änderungen der Zielsetzung notwendig? (Seite 20)

ABBILDUNGSVERZEICHNIS:

- Abbildung 1 – Einbausituation des neuen Sensorsystems, linkes Bild Hauptmodul im Innenraum, rechtes Bild Luftspaltmodul im Luftspalt
- Abbildung 2 – Sensor-Hauptmodul (Vorderseite)
- Abbildung 3 – Sensor-Hauptmodul (Rückseite)
- Abbildung 4 – Sensor-Luftspaltmodul (Vorderseite)
- Abbildung 5 – Sensor-Luftspaltmodul (Rückseite)
- Abbildung 6 – Überwachung der Taupunktunterschreitung in der Wiesenkirche Soest
- Abbildung 7 – Berührungslose Messung der Temperaturen an den Glasoberflächen in der Wiesenkirche Soest
- Abbildung 8 – Lufttemperaturen in der Wiesenkirche Soest
- Abbildung 9 – relative Luftfeuchtigkeiten in der Wiesenkirche Soest
- Abbildung 10 – Vergleich Messdaten Luftfeuchtigkeit Innenraum
- Abbildung 11 – Vergleich Messdaten Temperatur Kunstglas Luftspalt
- Abbildung 12 – Vergleich Messdaten Temperatur Innenraum
- Abbildung 13 - Vergleich Messdaten Temperatur Kunstglas Innenraum

KURZFASSUNG DES ABSCHLUSSBERICHTES

Der nachfolgende Abschlussbericht enthält die Beschreibung der Entwicklungsphasen des Schutzverglasungssensors, einen Bericht über die ersten Praxistests, sowie eine ausführliche Beschreibung zur den Funktionen des fertig entwickelten Schutzverglasungssensors. Einen Bericht über eine Vergleichsstudie mit einer vergleichsbaren Klimamessung am Kölner Dom, einen Bericht über Abweichungen vom ursprünglich geplanten Forschungsergebnis, sowie eine Bewertung der Zusammenarbeit zwischen den einzelnen Projektpartnern.

In dem Kapitel „Öffentlichkeitsarbeit“ wird das absolvierte Kolloquium beschrieben, die an mehreren Stellen gehaltenen Vorträge und enthaltene Briefinformationen.

Der Bericht endet mit einem positiven Schlussfazit.

ANLASS UND ZIELSETZUNG DES PROJEKTES

Ziel war es, ein Sensorsystem zu entwickeln, welches in dem Zwischenraum von Schutz- und Bleiverglasung klimarelevante Daten erfasst, die zur Kontrolle der Funktionstüchtigkeit einer Schutzverglasung erforderlich sind. Diese Daten sollten dem Nutzer mittels einer Webplattform zur Verfügung gestellt werden.

Der Sensor sollte auf einfachstem Wege die Kontrolle der Funktionstüchtigkeit von Außenschutzverglasungen für wertvolle historische Glasmalereien möglich machen, unkompliziert in der Handhabung sein, ausreichende Werte zur Überprüfung der Funktionstüchtigkeit übermitteln, gleichzeitig kostengünstig sein, damit er als Auftragsbestandteil mit in die Restaurierungsmaßnahme eines historischen Fensters eingebunden werden kann.

Das Sensorsystem soll dem Kunden Überprüfungsmöglichkeiten geben, dass die eingebaute Außenschutzverglasung für seine wertvolle, historische Glasmalerei funktionstüchtig ist und dem Erhalt des Fensters auch wirklich nützt.

Beispielhaft wurde das neue Sensorsystem in der Kirche St. Maria zur Wiese erprobt, deren reiche historische Bestände an Glasmalereien aus dem 14. Jahrhundert, davon etwa ein Viertel Originalbestand sowie Ergänzungen aus dem 15. und 16. Jahrhundert, aber auch moderne Verglasungen bereits durch unterschiedliche Restaurierungsmaßnahmen und Schutzverglasungen bearbeitet worden sind und daher im Sinne des Projektziels optimale Vorbedingungen vorhanden sind.

ERGEBNISSE

Im Projekt Zeitraum entstand ein Sensorsystem mit folgenden Eigenschaften:

- Sensorsystem zur berührungsfreien Überwachung von Glaskunst und Wandmalerei
- Automatische Berechnung und Überwachung aller Taupunktgrenzwerte
- Direkte Visualisierung aller Messdaten im Internetbrowser
- Berührungsfreie Messung der Glasoberflächentemperaturen
    - Schutzverglasung
    - Kunstglas im Luftspalt
    - Kunstglas im Innenraum
- Berührungsfreie Messung der Wandtemperatur
- Emissionsgrade der zumessenden Oberflächen frei einstellbar
- Messung von rel. Luftfeuchte und Temperatur im Luftspalt und Innenraum
- Messbereich: -20°C bis 85°C, Messtoleranz < 0,5%
- Messdatenerfassung im 15-Minuten-Intervall
- Tägliches Senden der Messdaten zum gesicherten Webserver
- Download aller Messdaten als CSV-Datei möglich
- Energieautark für mindestens ein Jahr
- Einfachste Installation
- Serienmäßig einsetzbar in ganz Europa

Vergleicht man die Ergebnisse mit der Zielsetzung ist deutlich zusehen, dass alle verfolgten technischen Ziele erreicht wurden. Insbesondere die berühungsfreie Messung der Temperaturen von Glasoberflächen, die einfache Bedienung des Sensors und die Visualisierung der Messdaten sind zu besonderen Eigenschaften des Systems geworden, wie uns in Gesprächen mit Gutachtern und Restauratoren immer wieder bestätigt wurde.

Ein wichtiger Entwicklungsschritt der letzten Monate war noch einmal die Verlegung der Sensortechnik vom Zwischenraum in den Innenraum der Kirche. So sitzt die gesamte Elektronik wesentlich geschützter im Innenraum. Die Schutzverglasung und Bleiverglasung ist auch in Wartungssituationen besser erreichbar. Mit diesem Schritt konnte auch der Fühler im Zwischenraum verkleinert werden.

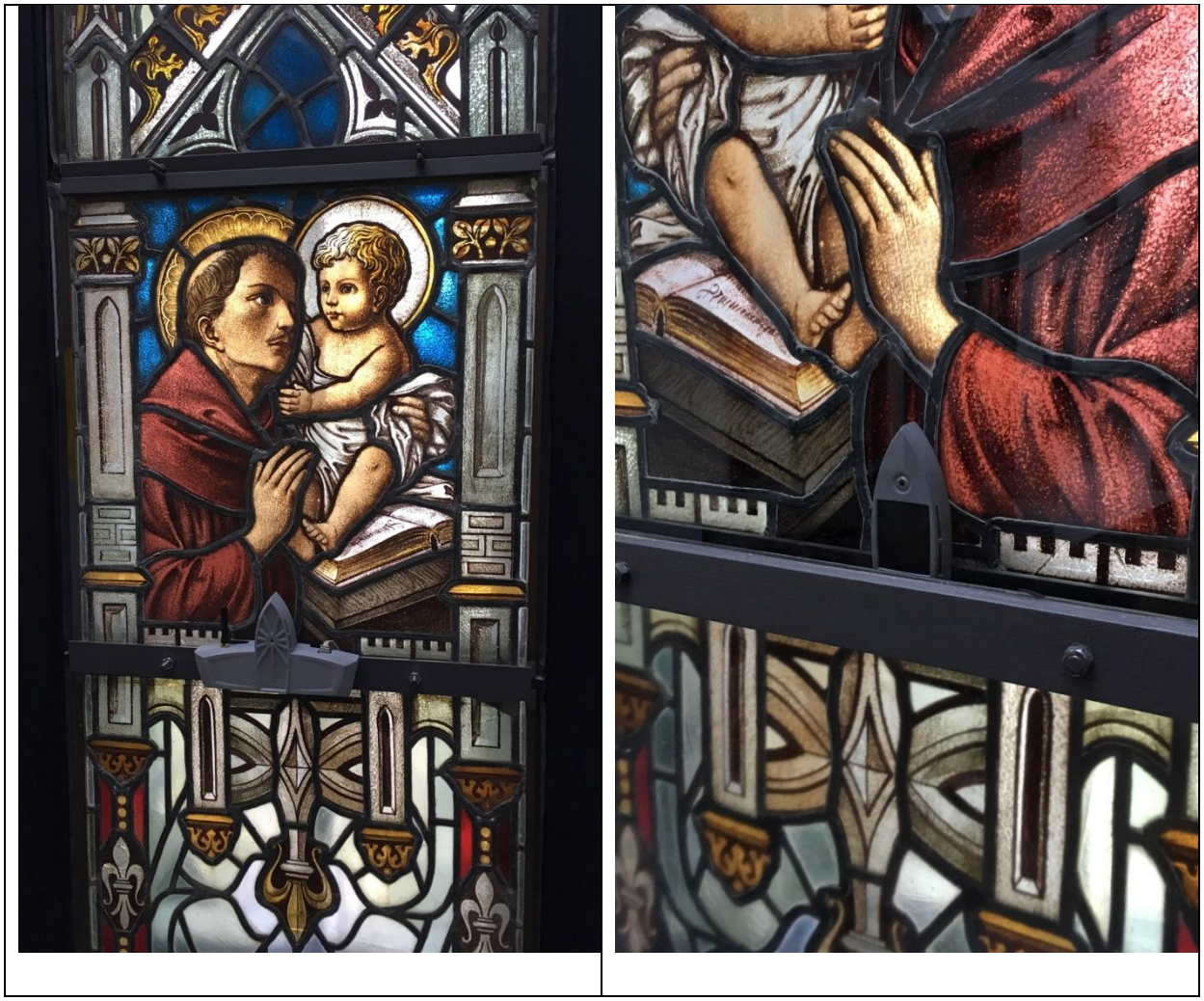

Abbildung 1 Einbausituation des neuen Sensorsystems –
linkes Bild Haupt-Modul im Innenraum, rechtes Bild Luftspalt-Modul im Luftspalt

Zusätzlich wurde ein Produktdesigner eingeschaltet, der der Hülle des Sensors eine ganz neue Form und Farbigkeit gab, die stromlinienförmig ausgearbeitet ist und ein ganz eigenes unauffälliges Design entwickelt. Die folgenden Abbildungen (Abbildung 2**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** bis Abbildung 5) zeigen das finale Design des Sensors.

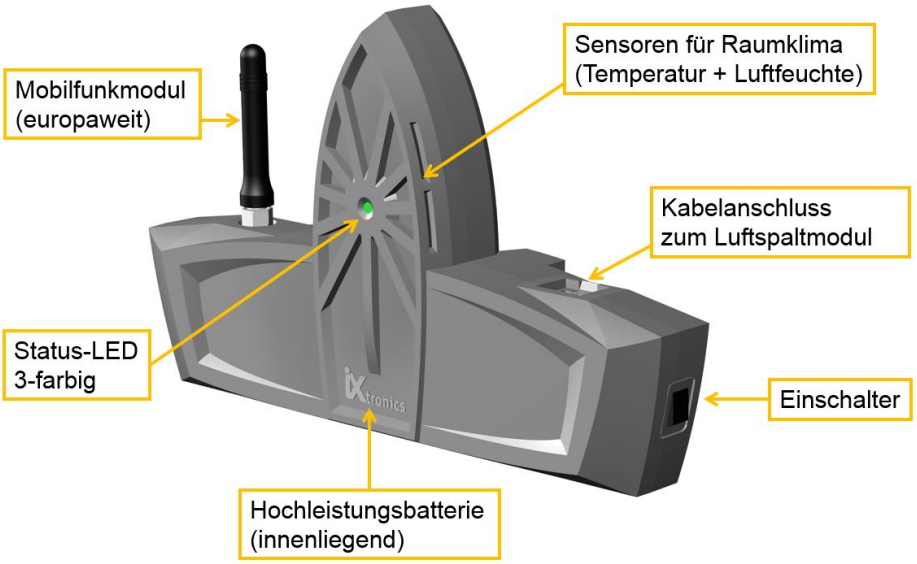

Abbildung 2 Sensor-Hauptmodul (Vorderseite)

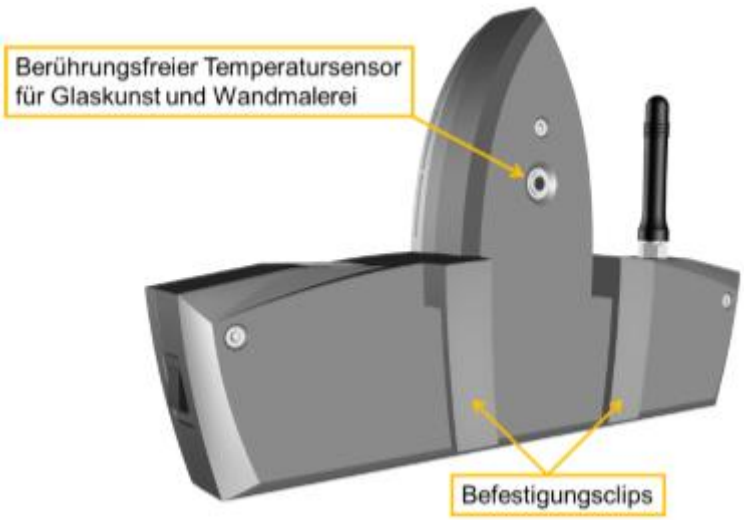

Abbildung 3 Sensor-Hauptmodul (Rückseite)

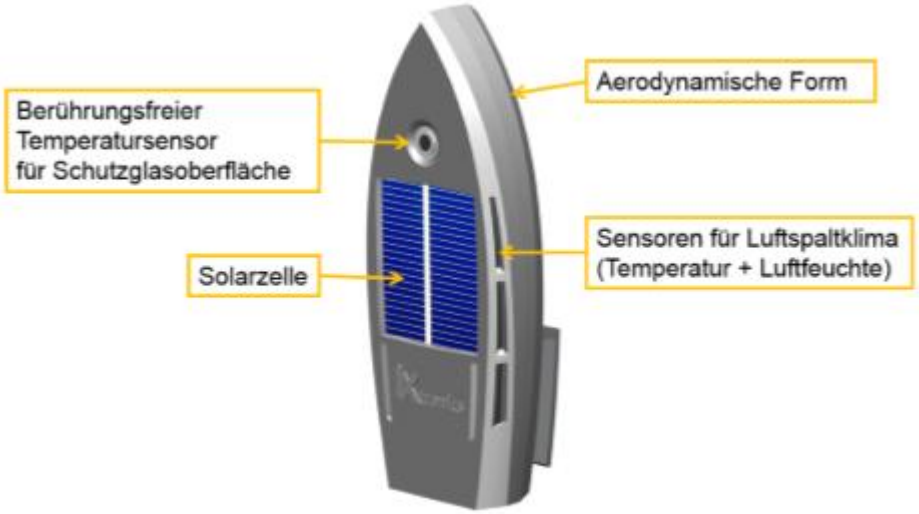

Abbildung 4 Sensor-Luftspaltmodul (Vorderseite)

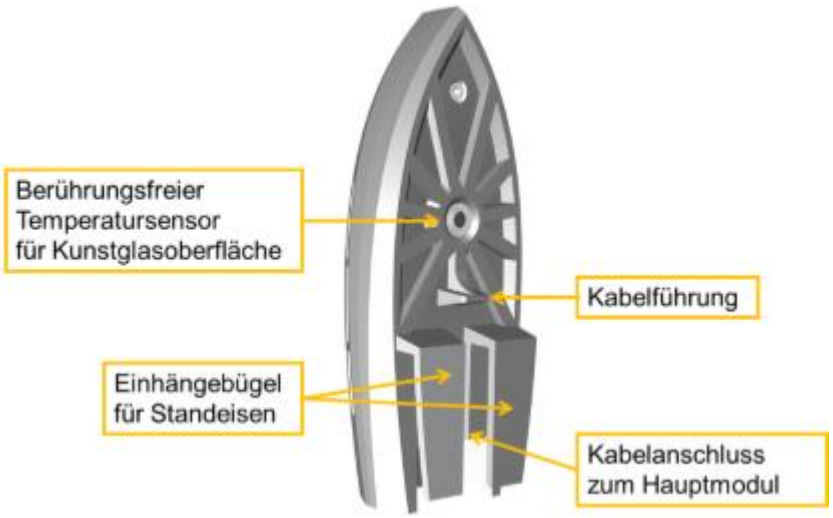

Abbildung 5 Sensor-Luftspaltmodul (Rückseite)

Die erfolgreiche Erprobung des Systems erfolgt in drei Schritten, die im folgenden beschrieben werden.

Nach Fertigstellung der ersten Prototypen wurden umfangreiche Tests zunächst im Erprobungsfenster bei der Glasmalerei Peters erfolgreich durchgeführt. Im Anschluss daran wurde das Sensorsystem wie im Antrag beschrieben zur Erprobung in den Fenstern der Wiesenkirche installiert. Die

folgenden Abbildungen zeigen einen Ausschnitt aus den Messdatenreihen in der Wiesenkirche.

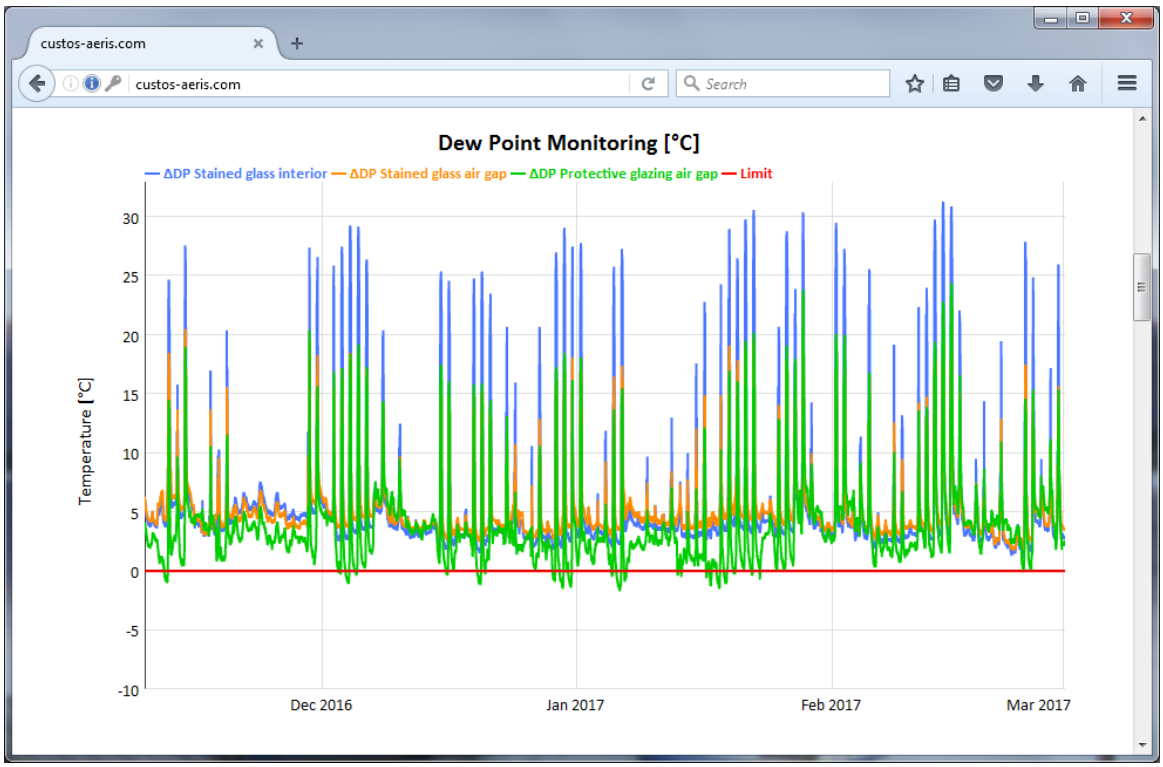

Abbildung 6 Überwachung der Taupunktunterschreitung in der Wiesenkirche

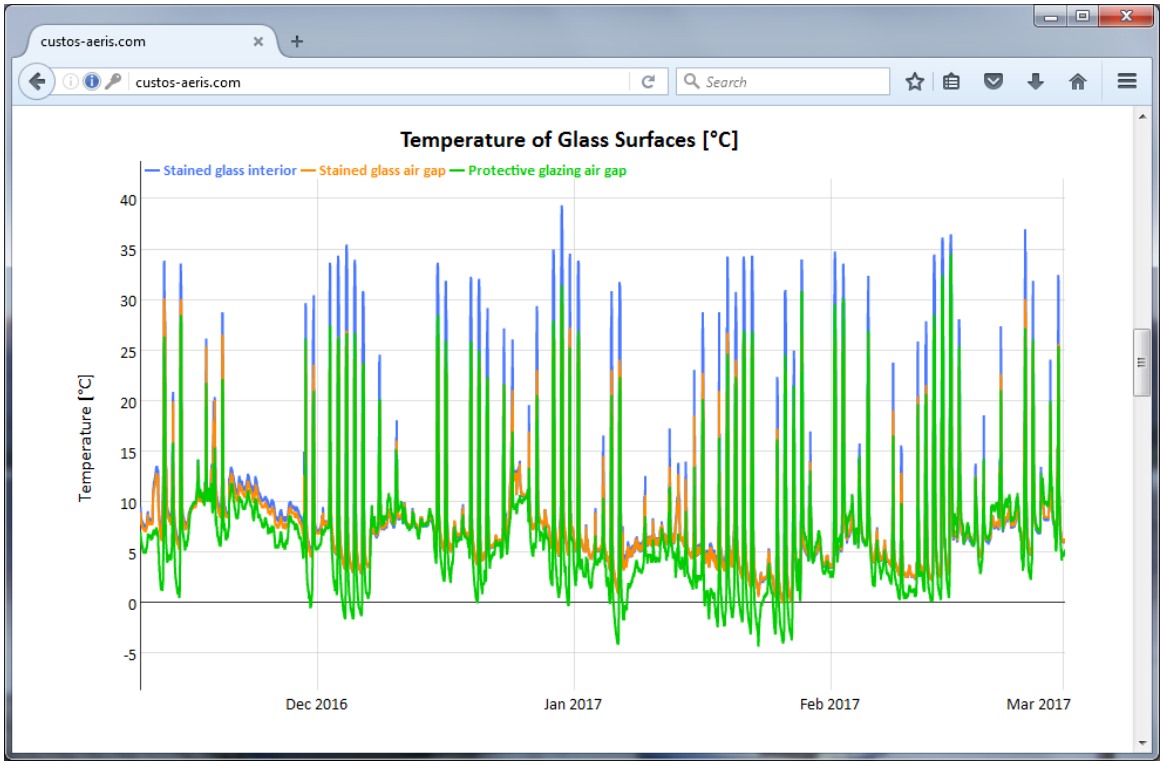

Abbildung 7 Berührungslose Messung der Temperaturen an den Glasoberflächen in der Wiesenkirche

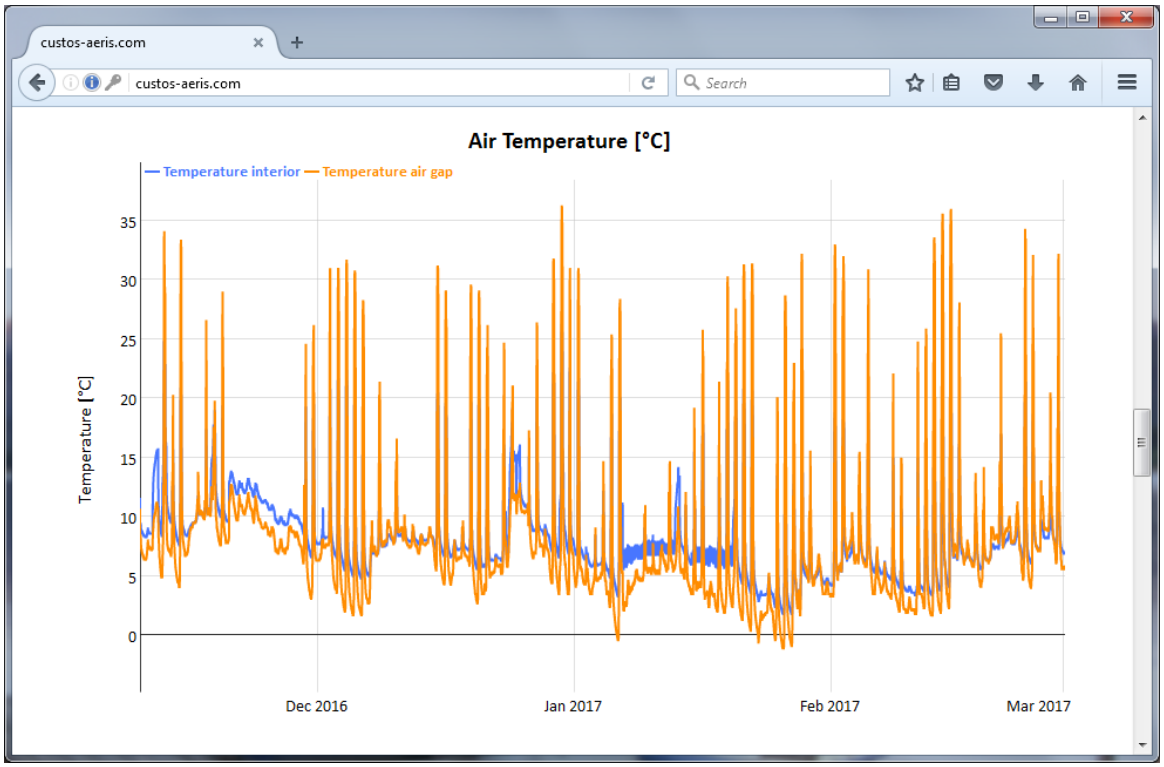

Abbildung 8 Lufttemperaturen in der Wiesenkirche

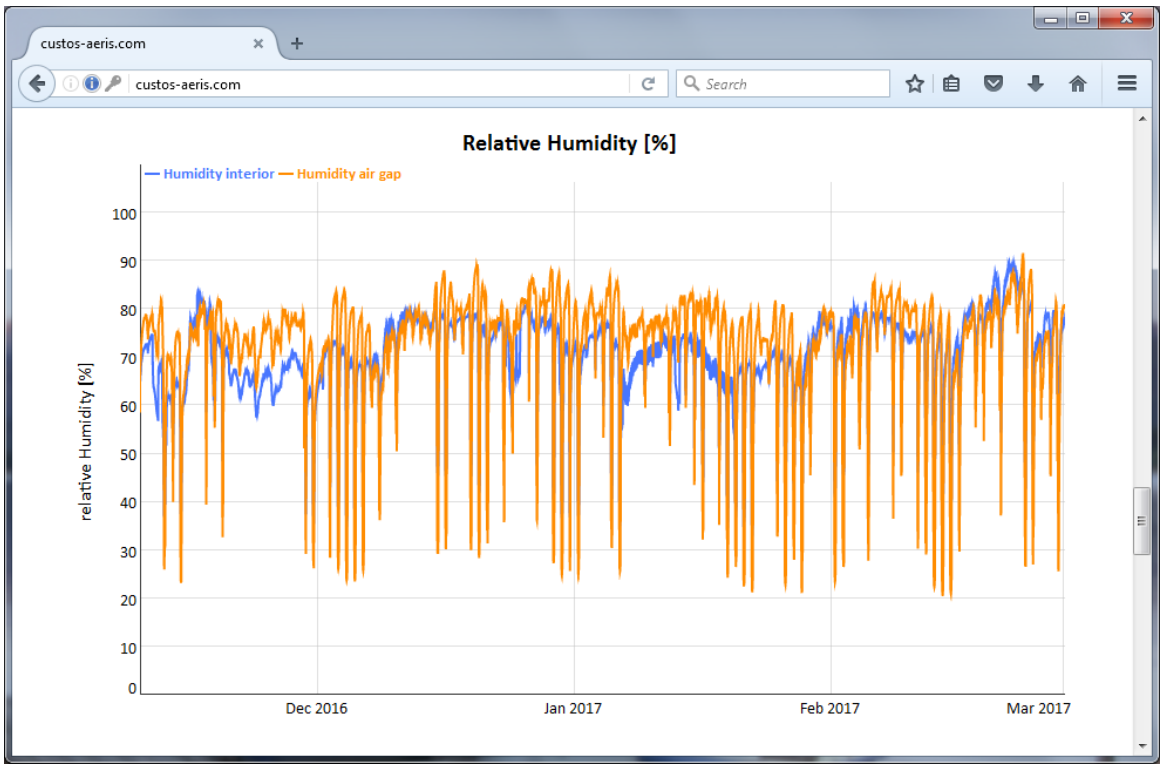

Abbildung 9 relativen Luftfeuchtigkeiten in der Wiesenkirche

Die Versuchsreihe in den Fenstern der Wiesenkirche in Soest konnte nach Gesprächen mit der Kölner Dombauhütte, vertreten durch Frau Dr. Brinkmann, auch in einem Chorobergardenfenster Kölner Dom erweitert werden. Hier bestand die Möglichkeit, parallel zu den Messungen des Messinstitutes Hahn aus Weimar (im folgenden IBW genannt) zu messen.

Im Fenster S VIII werden in den Feldern 3b und 12b seit dem 20. Oktober 2016 mit zwei neu entwickelten Sensorsystemen Luftfeuchtigkeits- und Temperaturmessungen ebenfalls an der Außenschutzverglasung, der Bleiverglasung Außenseite die Temperatur des Glases zum Spalt hin, Bleiverglasung Innenseite zum Raum hin, Temperatur der Glasoberfläche gemessen. Ebenfalls werden die Luftfeuchtigkeit im Spalt und im Kirchraum und die Temperatur im Spalt und im Kirchraum gemessen.

Die beiden neuen Sensorsysteme konnten wir zur parallel stattfindenden Messung des IBW anordnen, so dass wir gemeinsam mit der Dombauhütte in Köln in der Lage waren, die ermittelten Daten zu vergleichen. Die Sensoren des IBW sind ebenfalls im Fenster S VIII angebracht, jedoch in den Feldern 3a und 12a der Lanzette a.

Für einen ersten Vergleich wurden die in dem Zeitraum vom 27.10.2016 bis 24.11.2016 ermittelten Daten der neuen Sensorsysteme mit den Messungen des IBW vergleichen. Der Vergleich der Messdaten zeigt eine sehr gute Übereinstimmung. Die Abweichungen in den Diagrammen liegen im Bereich der Messtoleranzen. Einzelne Abweichungen im Tagesverlauf sind durch die die unterschiedlichen Positionen der Sensoren in den Lanzetten a und b zu erklären. Hier kommt es im Tagesverlauf zu unterschiedlichen Sonneneinstahlungen in den Feldern bzw. Lanzetten was zu unterschiedlichen Messwerten bei direkter Sonneneinstrahlung führt.

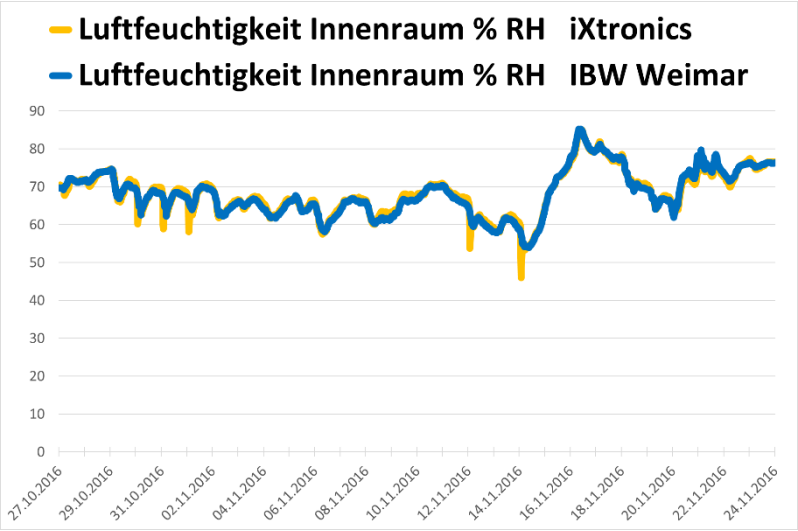

Abbildung 10 Vergleich Messdaten Luftfeuchtigkeit Innenraum

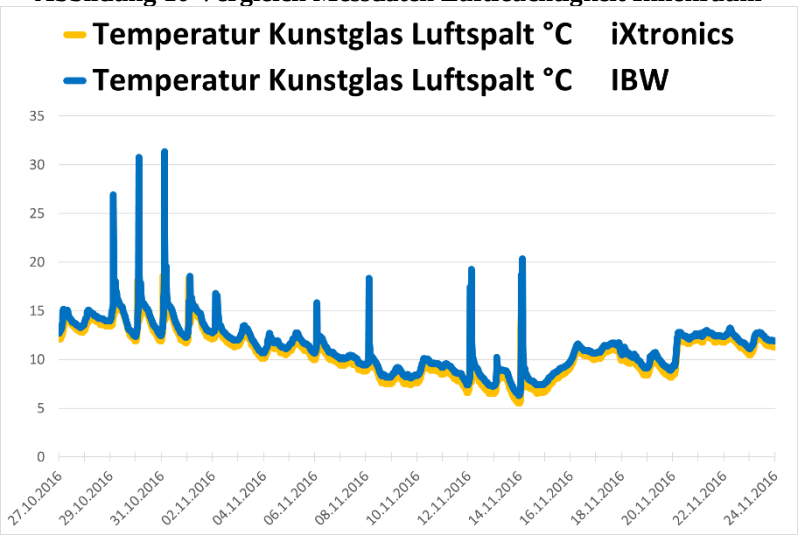

Abbildung 11 Vergleich Messdaten Temperatur Kunstglas Luftspalt

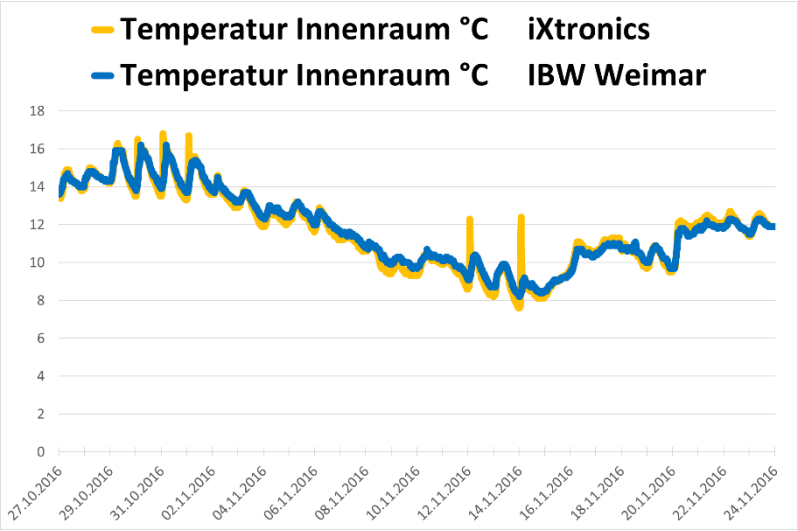

Abbildung 12 Vergleich Messdaten Temperatur Innenraum

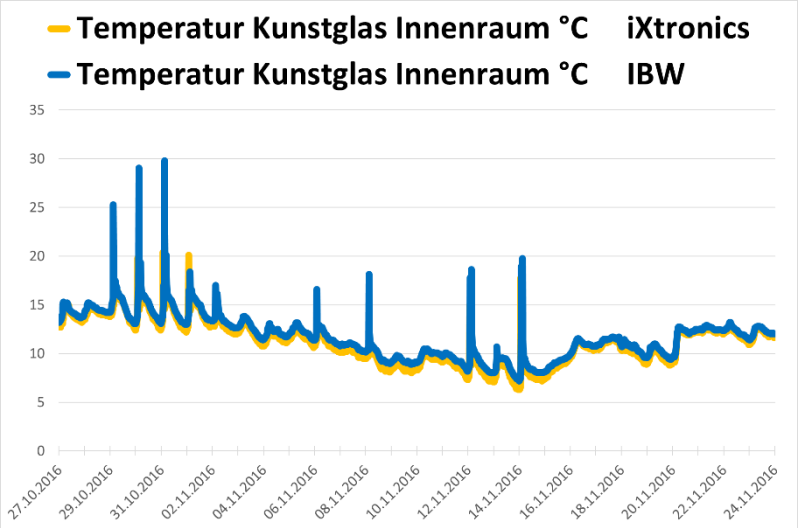

Abbildung 13 Vergleich Messdaten Temperatur Kunstglas Innenraum

Die vor wenigen Wochen in Betrieb genommene Messanlage im Kölner Dom vom Institut für Klimamessungen aus Weimar installiert, war mit großem Aufwand in das Fenster installiert worden, dies machte noch einmal deutlich, welche Vereinfachung die Entwicklung des Sensors bedeutet. Stichwortartig sind im Unterschied folgende Punkte zu nennen:

- Die einzelnen Messfühler sind verkabelt und werden in Kontakt mit den Oberflächen der Gläser gebracht.

- Die Daten werden über eigens installierte Sender weggefunkt.

- Die Übermittlung der gesammelten Messwerte erfolgt mittels langer Kabel zur zentralen Auswerteelektronik.

- Das Auswertungsprogramm ist speziell für die Situation geschrieben worden.

- Es ist komplex in der Handhabung.

In der Dombauhütte beschäftigt sich Günther Hettinger mit dem Vergleich der beiden Systeme. Er kam zu dem Ergebnis, dass das von uns entwickelte Sensormessgerät einfach und unkompliziert zu handhaben ist und gab die Anregung, die Messdaten der zwei in Köln eingebrachten Sensoren doch nebeneinander zu stellen, um die ermittelten Werte besser vergleichen zu können.

Die Kölner Dombauhütte kam ebenfalls zu dem Schluss, dass die in der Bildschirmansicht präsentierten Daten gut ablesbar und gut auswertbar seien, dass die Handhabung dieser Internetpräsentation einfach und unkompliziert ist.

DISKUSSION

Vergleicht man die Ergebnisse mit der Zielsetzung, ist deutlich zusehen, dass alle verfolgten technischen Ziele erreicht wurden. Abweichung zu den verfolgten Zielen haben sich nicht ergeben. Alle aufgetretenen Probleme, Veränderungen bezüglich Strategie oder angewandter Methoden konnten im Projekt erfolgreich gelöst werden.

Die Arbeit zwischen den beiden Kooperationspartnern, Glasmalerei Peters und Firma iXtronics, gestaltete sich reibungslos. Dazu beigetragen hat auf beiden Seiten der feste Wille, ein funktionstüchtiges Produkt zu entwickeln, die pragmatische Entscheidungsfreudigkeit, der besonders ausgeprägte Wille auf der Seite der Firma iXtronics die Wünsche der Fachexperten in jedem Falle nachzukommen, ein Produkt zu entwickeln, das mit seinen Fähigkeiten und charakteristischen Eigenschaften die Nutzer begeistert und zu einem verstärkten Einsatz des Produktes führt.

Die direkte Kommunikationsebene der handelnden Projektmitarbeiter erleichterte einen schnellen und effektiven Kommunikationsfluss, der in einem zielorientierten Handeln mündete.

Die Zusammenarbeit der einzelnen Projektpartner lässt sich als hervorragend beurteilen.

ÖFFENTLICHKEITSARBEIT

- Bereits während der Projektphase begann die Öffentlichkeitsarbeit. In einem Schreiben an sämtliche katholischen und evangelischen Bauämter Deutschlands und Österreichs, Oberitalien und den Niederlanden, dass sowohl an Denkmalämter, als auch im Sakralbau tätige Architekten gerichtet war, wurden gebündelt Informationen über den produzierten Schutzverglasungssensor versandt. In den Unterlagen wurde auf die Entwicklung des Sensors hingewiesen und über dessen Möglichkeiten berichtet. Diese Postsendung enthielt eine Einladung zu einem Abschlusskolloquium in Soest.
- Zur Präsentation des Sensors in der Öffentlichkeit wurde am 08.12.2016 eine Abschlusstagung in der Dombauhütte in Soest abgehalten mit Gastreferenten und Beiprogramm (siehe dazu Einladung in der Anlage). Die Tagung wurde von einer großen Teilnehmerzahl besucht.
- Einladung durch den Landeskirchenbaudirektor Herrn Miermeister von der EKvW zum Vortrag auf der Bausachbearbeitertagung in der Tagungsstäte Haus Villigst, Schwerte am 27. 01.2017. Titel des Vortags war „Schutzglassensortechnik zur Klimamessung".
- Auf Empfehlung von Dr. Ivo Rauch wurden wir eingeladen unser Sensorsystem im Rahmen einer Spring Master Class Veranstaltung an der Universität von York zu präsentieren. Die vom Stained Glass Conservation and Heritage Management Fachbereich der Universität York organisierte Master Class fand am 04.03.2017 statt und wurde von ca. 60 Personen Fachpublikum besucht. Laut der Universität war es die größte Veranstaltung seit es die Master Class gibt. Das Sensorsystem wurde in der Vortragsreihe "New Materials and Equipment" unter den Titel „New monitoring equipment for stained glass conservators" in einer Präsentation vorgestellt.

- Für das Sensorsystem wurde eine eigene Webseite entworfen. Dies ist zu erreichen via. https://custos-aeris.ixtronics.com
- Es wurden Flyer sowohl in deutscher als auch englischer Sprache entworfen.
- In einer weiteren Veröffentlichung wird nun das fertiggestellte Produktprospekt, sowie ein weiteres Informationsschreiben an 1560 Adressaten versandt.
- Fortführung: Die mit den Sensoren gesammelten Ergebnisse stehen den einzelnen Nutzern zur Verfügung und werden maßgeblich zur Bewertung von Außenschutzverglasungen und deren Schutzmechanismus gegenüber historischen Glasmalereien beitragen. Wir hoffen, dass der Schutzglassensor, von der von der Firma iXtronics nun produziert werden kann, von zahlreichen Auftraggebern genutzt wird, so dass dieses Produkt auch zukünftig weiter produziert wird.

FAZIT

Die in dem Forschungsprojekt vorgestellte Vorgehensweise einer Kooperation einer Glasmalerei mit einem Technologiebetrieb hat sich für dieses Projektes sehr bewährt. Die zurate gezogenen Fachreferenten aus dem Bereich Glasmalerei konnten maßgebliche Beiträge zur Entwicklung des Sensors leisten. So ist ein effektives, einfach zu bedienendes, funktionstüchtiges Produkt in kurzer Zeit entwickelt worden.

Da das Projektziel erreicht worden ist, werden Änderungen der Zielsetzung notwendig.