

Projekträger Jülich GmbH
Postfach 610247

10923 Berlin

Schlussbericht

FKZ: 03IPT603E , Thiele Glas Werk GmbH ,
Steffenhagen

Laufzeit des Vorhabens: 01.02.2013 - 31.01.2016

Berichtszeitraum: 01.10.2013 – 31.01.2016

Vorhaben

InnoProfile-Transfer - Verbundprojekt: Adhäsive Verbindungen für punktuelle Befestigungssysteme in Fassaden und Glastragwerken - GLASKONNEX-Transfer; Teilvorhaben 4: Verglasung und Klebertechnologie

Inhalt

I Kurzdarstellung

- I.1 Aufgabenstellung
- I.2 Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde
- I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens
- I.4 Wissenschaftlich-technische Ausgangssituation
- I.5 Zusammenarbeit mit den Projektpartnern

II Detaildarstellung

- II.1 Verwendung der Zuwendung und Darstellung des erzielten Ergebnisses
- II.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises
- II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit
- II.4 Voraussichtliche Nutzung und Verwertbarkeit des Ergebnisses
- II.5 Fortschritte bei anderen Stellen
- II.6 Veröffentlichungen

I Kurzdarstellung

I.1 Aufgabenstellung

Ziel des beantragten Forschungsvorhabens bildete die Entwicklung von prinzipiellen Lösungen und Verfahren zur Anwendung der Klebtechnik für Glasfassaden und Glastragwerke. Dabei sollte der Schwerpunkt der theoretischen und experimentellen Untersuchungen auf punktuellen Klebungen von Glas und metallischen Befestigungsmitteln liegen. Durch die Bündelung der wirtschaftlichen und wissenschaftlichen Kompetenz auf dem Gebiet des Glas- und Fassadenbaus in der Region, sollten ein Wettbewerbsvorteil für die beteiligten Unternehmen generiert und die wesentlichen strukturbildenden Maßnahmen aus dem vorangegangenen InnoProfile-Vorhaben GLASKONNEX nachhaltig weitergeführt werden.

Geklebte Punkthalterssysteme und Beschläge stellen eine vorteilhafte Alternative zu bisher üblichen Lochleibungsverbindungen dar. Der Wegfall von Bohrungen führt neben einer Kostenersparnis beim Glas vor allem zu konstruktiven Erleichterungen. Generell entstehen bei geklebten Punkthaltern homogenere Spannungsverteilungen im Lasteinleitungsbereich. Weitere Vorteile geklebter punktueller Befestigungselemente bilden die Reduzierung von Verbindungselementen, die damit verbundene höherwertige Ästhetik und die Zunahme an gestalterischer Freiheit bei der Fassadenkonstruktion.

Mit dem InnoProfile-Vorhaben GLASKONNEX konnte anwendungsorientiertes Wissen zur Klebtechnik generiert und die Zukunftstechnologie des adhäsiven Verbindens im Konstruktiver Glasbau, in der Fassadentechnik und in der Photovoltaik-Gebäudeintegration ein entscheidendes Stück weiter etabliert werden. Am Institut für Baukonstruktion der Technischen Universität Dresden wurde mit dem Projekt eine in der Region und sogar weit darüber hinaus einzigartige Forschungsinfrastruktur geschaffen, von der die Unternehmen der Region, wie wir als Thiele Glas sichtbar profitierten und profitieren. So konnten bereits während der Projektlaufzeit mehrere Bauvorhaben mit Pilotcharakter initiiert werden, die bis dato in Deutschland aufgrund von bauaufsichtlichen Hürden und fehlenden Grundlagenkenntnissen im Bauwesen nicht umsetzbar waren.

Dennoch lag ein wesentlicher Teil der gewonnenen Erkenntnisse und technologischen Erfahrungen insbesondere zu hochfesten Klebverbindungen lediglich im Labormaßstab vor. Aufgabe des abgeschlossenen Forschungsprojektes war es daher, durch weitere intensive Forschungs- und Entwicklungstätigkeit die Resultate in tatsächliche Produkt- und Prozessinnovationen umzusetzen. Zusätzlich sollte mit Hilfe des Transferprojekts die Lücke zwischen anwendungsorientierter Grundlagenforschung und ingenieurtechnischer Entwicklung vermindert werden. Dazu sollten Einflüsse und Anforderungen aus wirklichkeitsnahen Klebfugengeometrien und realer mechanischer Beanspruchung sowie einer maschinellen Herstellung der Verbindung stärker berücksichtigt werden.

Mit dem Projekt sollte zudem die enge Vernetzung von regionalen Unternehmen, die sich in Zukunft entscheidend an der praktischen Umsetzung solcher geklebten Verbindungen beteiligen, erzielt werden. Für das Verbundprojekt hatten sich Industriepartner aus dem InnoProfile-Vorhaben GLASKONNEX zusammengefunden, die entsprechende Teildisziplinen im Glas- und Fassadenbau passgenau abdeckten. Daraus resultierten entsprechend der relevanten Forschungsfragen und der Kompetenzen des jeweiligen Partners fünf Teilprojekte, wobei die Thiele Glas Werk GmbH das Teilprojekt 4 „Verglasung und Klebtechnologie“ bearbeitete. Innerhalb dieses Verbundes unterstützte die Thiele Glas Werk GmbH die konkreten Fragestellungen der Integration einer bis zu diesem Zeitpunkt vollständig händischen Herstellung des geklebten Bauteils zu einer maschinellen und automatisierten Fertigung in einen bestehenden Fertigungsprozess.

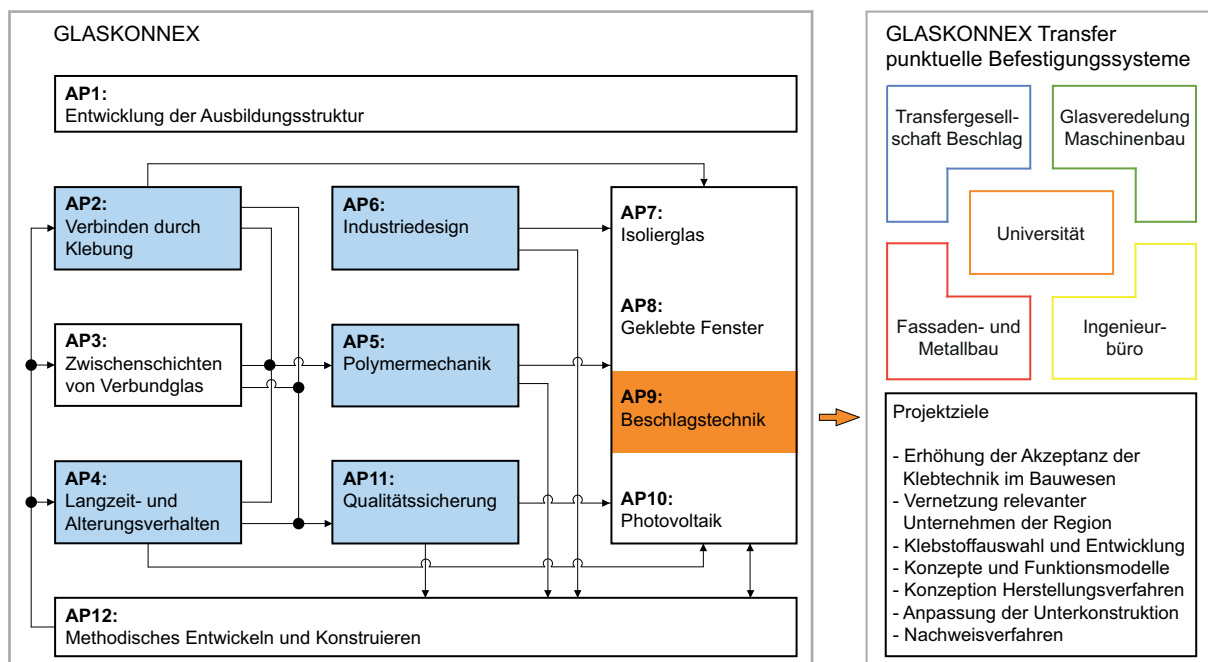
Die wissenschaftlichen und technischen Ziele des Teilvorhabens umfassten dabei die Steigerung der Fertigungsqualität geklebter Verbindungen. Dazu zählen insbesondere eine blasen- und lunkerfreie Klebfuge sowie eine reproduzierbare Oberflächenqualität beim Glas. Betrachtet man die Gruppe der transparenten Klebstoffe, die vorzugsweise in klebfugensichtigen Verbindungen wie Glas-Glas-Klebungen und Glas-Metall-Klebungen zur Anwendung kommen sollen, so zeigt sich das Luft- und Fremdkörpereinschlüsse besonders problematisch sind. Diese Fehlstellen wirken sich nicht zwangsläufig negativ auf die Tragfähigkeit aus. Sie vermindern aber mit Blick auf ästhetische Kriterien das Marktpotential für Fassaden und Glasanwendungen.

I.2 Voraussetzungen unter denen das Vorhaben durchgeführt wurde

Die Firma Thiele Glas Werk GmbH mit Sitz Wernsdorf ist heute spezialisiert auf die Veredelung von Flachglas und die Herstellung von multifunktionellen Isolier- und Sicherheitsgläsern. Die verschiedenen Flachglasprodukte können exakt auf den individuellen Anwendungsfall abgestimmt werden. Der Fokus liegt dabei auf thermisch vorgespannten Gläsern, Verbund-Sicherheitsglas, Isolierglas und beschichtete Gläser. Die Mitarbeiter des Unternehmens verarbeiten auch eine ganze Reihe von Sonderprodukten, zum Beispiel Sicherheitsgläser bis zu einer Länge von 9.000 mm, einer Verbunddicke von bis zu 80 mm oder einem Gesamtgewicht von 2,2 t pro Scheibe. Zu den Referenzobjekten von Thiele Glas zählen Verglasungen wie beispielsweise am und im Hauptbahnhof in Dresden, Teile am Kreuzfahrtschiff "Aida Bella", die Schaufensterfassade des Gucci-Flagship-Store in New York sowie das Green-Point-Stadion in Kapstadt in Südafrika.

Hochwertige und innovative Glasprodukte bedürfen der stetigen Weiterentwicklung, um wettbewerbsfähig zu bleiben. Kontinuierliche FuE ist daher für die positive Entwicklung des Unternehmens unerlässlich. Die Thiele Glas Werk GmbH hat sich daher in verschiedenen Forschungsvorhaben als Industriepartner eingebracht und bereits ein erstes Netzwerk an Kooperationspartnern mit dem Schwerpunkt in der Region aufgebaut.

Als assoziierter Unternehmenspartner der Region um Dresden brachte sich die Thiele Glas Werk GmbH in das InnoProfile Vorhaben GLASKONNEX ein. Gemeinsam wurde der Fragestellung einer geklebten Ganzglas-Isolierglasecke nachgegangen. Weiterhin wurde die Nachwuchsforschungsgruppe bei der Untersuchung zur Gebrauchstauglichkeit des Isolierglasrandverbundes unterstützt. Weiteren erfolgsversprechenden Forschungsansätzen zu geklebten punktuellen Befestigungssystemen sollte nun im Transferprojekt nachgegangen und mit einer deutlicheren Anwendungs- und Marktorientierung hinterlegt werden.

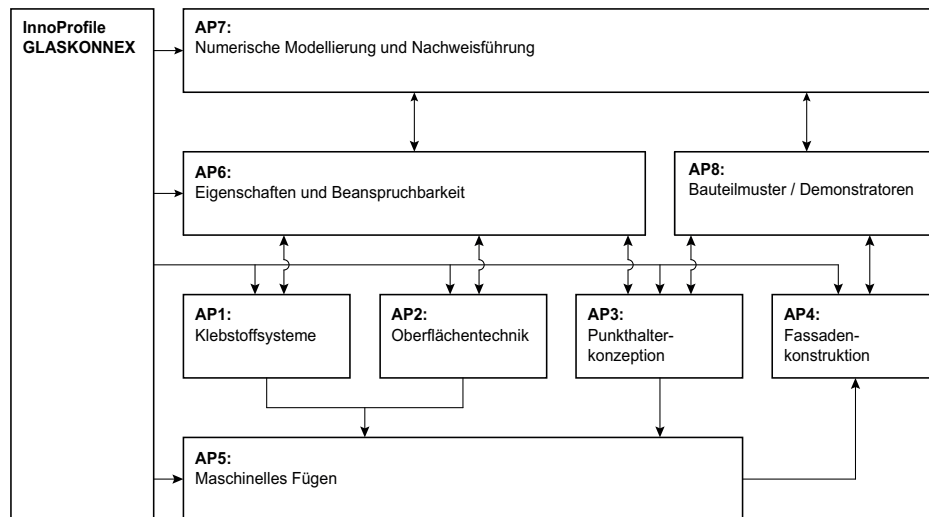


Aus dem Arbeitspaket zur Beschlagstechnik, AP 9 des InnoProfile-Vorhabens GLASKONNEX erwuchs ein besonders hohes Potential für den Transfer der Forschungs- und Entwicklungsleistungen hin zu einem marktfähigen Produkt beziehungsweise hin zu einem marktfähigen Verfahren (Bild 1). Die bereits im vorangegangenen InnoProfile-Vorhaben eingegangenen Kooperationen zwischen Unternehmen der Region und der TU Dresden, die die komplette Wertschöpfungskette abbilden, konnte durch die nun mögliche direkte KMU-Beteiligung im Rahmen dieses Verbundprojekts intensiviert werden.

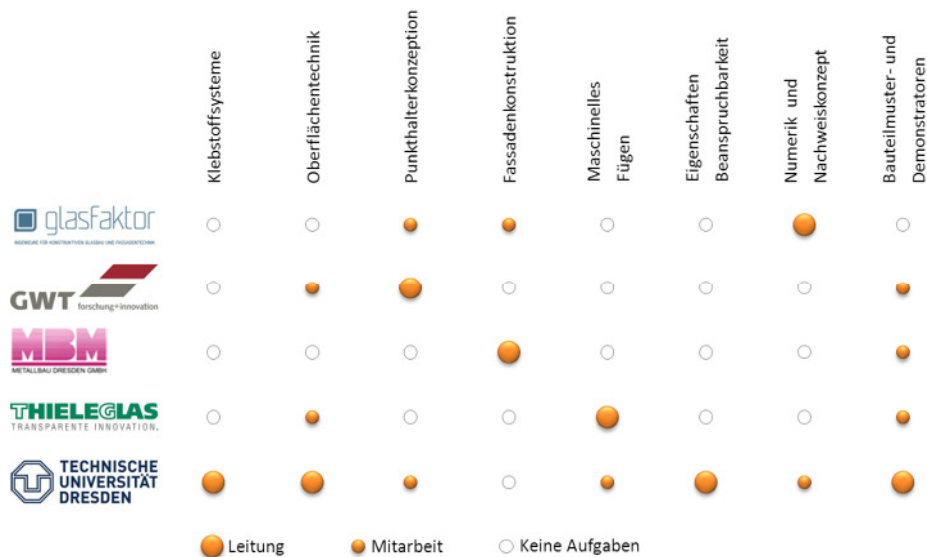
I.3 Planung und Ablauf des Vorhabens

Die Laufzeit der IP-Initiative GLASKONNEX betrug 36 Monate. Die Arbeiten wurden im Zeitraum vom 01.02.2013 bis 31.01.2016 realisiert. Die wissenschaftlich-technische Zielstellung sowie die detaillierte Arbeitsplanung wurden mit den Unternehmen der Region im Rahmen der zweistufigen Antragstellung intensiv abgestimmt und resultierten in der Gesamt- und den fünf einzelnen Teilvorhabensbeschreibungen. Die wissenschaftlich-technischen Arbeiten wurden in insgesamt acht Arbeitspakete folgendermaßen untergliedert.

- AP 1: Klebstoffsysteme
- AP 2: Oberflächentechnik
- AP 3: Punkthalterkonzeption
- AP 4: Fassadenkonstruktion
- AP 5: Maschinelles Fügen
- AP 6: Eigenschaften und Beanspruchbarkeit
- AP 7: Numerische Modellierung und Nachweisführung
- AP 8: Bauteilmuster / Demonstratoren



Die die Verknüpfung der einzelnen Arbeitspakete innerhalb dieses Forschungsvorhabens ist im obenstehenden Bild zu sehen. Dabei wurden nicht alle Arbeitspakete zu gleichen Teilen von allen beteiligten Projektpartnern bearbeitet. Für jedes Arbeitspaket gab es Verantwortlichkeiten hinsichtlich der Leitung und der Mitarbeit, um die Kompetenzen der eingebundenen Unternehmen optimal nutzen zu können. Die Thiele Glas Werk GmbH war für das Arbeitspaket 5 hauptverantwortlich und unterstützte die Projektpartner beim Erreichen der Ziele in den Arbeitspaketen 2 und 8.



Durch einen über den gesamten Projektzeitraum stattfindenden Austausch unter allen Projektpartnern konnten anwendungsspezifische Planungsempfehlungen ausgesprochen werden und der Wissenstransfer von Wissenschaft und Wirtschaft gefördert und intensiviert werden.

I.4 Wissenschaftlich-technische Ausgangssituation

Im Bauwesen werden im Konstruktiven Glasbau sowie im Beton-, Stahl-, Holz-, Kunststoff- und Gleisbau lastabtragende Klebverbindungen teilweise erfolgreich eingesetzt. Hierbei weisen vor allem Epoxidharzklebstoffe eine große Anwendungsbreite auf, da deren besondere Vorteile in einer hohen mechanischen Festigkeit und einer geringen Schrumpfung während der Aushärtung liegen. Daneben eignen sich auch Polyurethanklebstoffe aufgrund ihres Eigenschaftsspektrums für strukturelle Klebungen. So umfassen die mechanischen Eigenschaften der Polyurethanklebstoffe einen Bereich von sehr flexibel bis zäh elastisch, so dass Belastungen durch Stoß oder Temperaturschwankungen durch die Klebung sehr gut aufgenommen werden können.

Stand der Technik für geklebte Glasanwendungen sind momentan Structural-Sealant-Glazing (SSG) Systeme, wobei sich im Sinne der europäischen Leitlinie ETAG Nr. 002 die Auswahl möglicher Klebstoffe auf Silikone beschränkt. Diese weisen eine sehr gute Haftung auf der Glasoberfläche und eine hohe Beständigkeit gegenüber Umwelteinflüssen auf. Daher wurden diese Klebstoffe auch auf ihre Eignung für geklebte Punkthalter hin überprüft. Die geringe Steifigkeit, die niedrige Bruchfestigkeit sowie die schwarze Färbung des Klebstoffes wirkten sich jedoch nachteilig auf diese aus. Die übertragbaren Kräfte sind baupraktisch zu gering beziehungsweise es werden sehr große Tellerflächen erforderlich, die aus gestalterischen Gründen nicht akzeptabel sind. Damit rückten höherfestere Klebstoffformulierungen auf Basis von Epoxidharzen, Polyurethanen oder Acrylaten in den Fokus aktueller Forschung im Fassaden- und Glasbau.

Verglasungen können auf vielfältige Art und Weise miteinander oder mit einer tragenden Unterkonstruktion verbunden werden. Gebohrte oder geklemmte Punkthalter zählen zum Stand der Befestigungstechnik im Glas- und Fassadenbau. Als mechanisches Verbindungsmittel sind Tellerhalter am Markt weit verbreitet. Diese bestehen aus zwei Tellern und einem Verbindungsbolzen aus Metall, der durch ein Bohrloch in der Glasscheibe geführt wird. Die Kraftübertragung zwischen Glas und Halter kann sowohl über die Klemmwirkung der Teller als auch über den Bolzen und die Lochleibung erreicht werden. Zum jetzigen Zeitpunkt gibt es kein geklebtes, am Markt verfügbares Beschlagsystem für die biegemomentenfreie Lagerung von Fassaden- und Dachelementen im Außenbereich, das alle Anforderungen hinsichtlich Lastabtrag, Toleranzausgleich und Witterungsschutz der Klebfuge erfüllt. Nur vereinzelt wurden bisher Glaskonstruktionen und Fassaden mit geklebten Punkthaltern ausgeführt. Es handelt es sich dabei um Einzelanfertigungen der Punkthalter, die die Möglichkeiten dieser Konstruktionsvariante nicht ausschöpfen.

Gerade die Anwendung adhäsiver Verbindungen im Konstruktiver Glasbau und in der Fassadentechnik ist fast ausschließlich über eine bauaufsichtliche Genehmigung mittels einer Zustimmung im Einzelfall (ZiE) möglich und führt daher zu erheblichem administrativem Aufwand sowie üblicherweise zu umfangreichen experimentellen Untersuchungen. Auch aus diesen Gründen ist die Technologie des adhäsiven Verbindens mittels geklebter Punkthaltern nach wie vor wenig verbreitet. Dies bezieht sich insbesondere auf den Stand der Technik hinsichtlich anwendungs- und prozesstechnischer Gesichtspunkte. Dahingegen existieren zwar umfängliche Erkenntnisse zum adhäsiven Verbinden in den Bereichen Maschinenwesen, Luft- und Raumfahrt sowie Materialwissenschaften. Allerdings beschäftigten sich diese nur selten mit dem Fügen des Werkstoffes Glas und berücksichtigten in keinem Fall die Besonderheiten des Bauwesens. Dies betrifft insbesondere die lange Nutzungsdauer der Bauteile, die Witterungseinflüsse und die Belastungssituation.

I.5 Zusammenarbeit mit den Projektpartnern

Die Ausführung der geplanten Forschungs- und Entwicklungsarbeiten erfolgte in Kooperation mit klein- und mittelständischen Unternehmen der Region Dresden, sowie der Technischen Universität Dresden, Institut für Baukonstruktion als Forschungspartner. Während der Projektlaufzeit wurde intensiv mit den folgenden Partnern:

- glaskfaktor Ingenieure GmbH
- GWT-TUD GmbH
- MBM Metallbau Dresden GmbH
- Technische Universität Dresden, Institut für Baukonstruktion

II Detaildarstellung

II.1 Verwendung der Zuwendung und Darstellung des erzielten Ergebnisses

II.1.1 Arbeitspaket 2 – Oberflächentechnik

Ziel

Mit Hilfe von Oberflächenreinigungs- und Oberflächenvorbehandlungsverfahren können die Oberflächen verschiedener Fügepartner optimal für den Klebprozess vorbereitet werden. Der konkrete Einfluss der Verfahren auf die chemisch-physikalischen Oberflächeneigenschaften wurde über Benetzbarkeitsanalysen und Haftfestigkeitsuntersuchungen ermittelt. Weiterhin sollen Analysen zur Wirksamkeit der Oberflächenvorbehandlungen nach zeitweisen Offenliegen, wie es im Lager- bzw. Transportfall auftritt, durchgeführt werden.

Ergebnisse

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurden seitens der TU Dresden eine Vielzahl an Oberflächenreinigungs- und –vorbehandlungsverfahren untersucht und durch ausgiebige Studien geeignete Parameterkombinationen für unterschiedlichen Fügepartnerelementen ermittelt. Dadurch soll erreicht werden, dass die verschiedenen Fügepartner optimal für den Klebprozess vorbereitet sind. Unter Berücksichtigung der Integrierbarkeit der verschiedenen Verfahren in einen industriellen Fertigungsprozess wurde unter den Projektpartnern potentiell geeignete Oberflächenreinigungs- und –vorbehandlungsverfahren ausgewählt.

Dabei zeigte sich für den Werkstoff Glas, dass neben einer wässrigen Reinigung bzw. einer Reinigung mit Lösemitteln die Aktivierung der Oberfläche durch eine Flammenpyrolyse direkt vor dem Klebprozess zu den besten Ergebnissen hinsichtlich der erreichbaren Festigkeiten und Dauerhaftigkeiten führte. Diese Methoden lassen sich gleichzeitig ohne größeren Aufwand in den Produktionsprozess der Thiele Glas Werk GmbH als Glasveredler integrieren. Detaillierte Ergebnisse zu diesen Versuchen können dem Schlussbericht des Projektpartners TU Dresden entnommen werden.

II.1.2 Arbeitspaket 5 – Maschinelle Fertigung

Ziel

Die Herstellung der Klebung punktueller Befestigungssysteme in Fassaden und Glagragwerken soll schrittweise aus einer rein händischen Fertigung in einen, zumindest in Teilschritten automatisierten, industriellen Prozess überführt werden. Dazu sollen in der ersten Phase die notwendigen einzelnen Prozessschritte zur Herstellung der geklebten Verbindung analysiert werden, Prozessablaufpläne erstellt und die Produktionsabläufe simuliert werden. Daneben erfolgen die Entwicklung und der Aufbau einer Versuchsanlage im Technikumsmaßstab für ausgewählte Prozessschritte, wie der Klebstoffdosierung und -aushärtung und der Füge-technologie. Die so ausgearbeiteten Fertigungsunterlagen können anschließend von Thiele Glas für die eigene industrielle Fertigung übernommen und an betriebsinterne Abläufe angepasst werden. Durch ein geeignetes Monitoring zur Fehlerdetektion soll eine hohe Prozesssicherheit erlangt werden.

Ergebnisse

Um die Klebung eines punktuellen Befestigungssystems in Fassaden und Glagragwerken zu realisieren, sind eine Vielzahl von einzelnen Prozessschritten notwendig. Neben dem Reinigen und Vorbehandeln der Fügepartner und Fügepartneroberflächen, sind das Positionieren und Fixieren der Beschläge, das Befüllen der Klebfuge mit Klebstoff, sowie die Aushärtung des Klebstoffs und die Endreinigung des Bauteils zu nennen. All diese Prozesse müssen, um ökonomisch sinnvoll arbeiten zu können, in eine automatisierte oder aber zumindest teilautomatisierte Fertigung integriert werden.

Aufbauend auf Versuchen der TU Dresden und damit verbunden der händischen Fertigung von geklebten Bauteilmustern wurde seitens der Thiele Glas Werk GmbH die einzelnen Fertigungsschritte priorisiert und hinsichtlich der Überführbarkeit in einen industriellen Fertigungsprozess untersucht. Dabei wurde auf die umfangreichen Ergebnisse aus den Arbeitspaketen 1 (Klebstoffsysteme) und 2 (Oberflächentechnik) zurückgegriffen. Der gewählte Klebstoff, ein kommerziell erhältliches 2-Kompo-

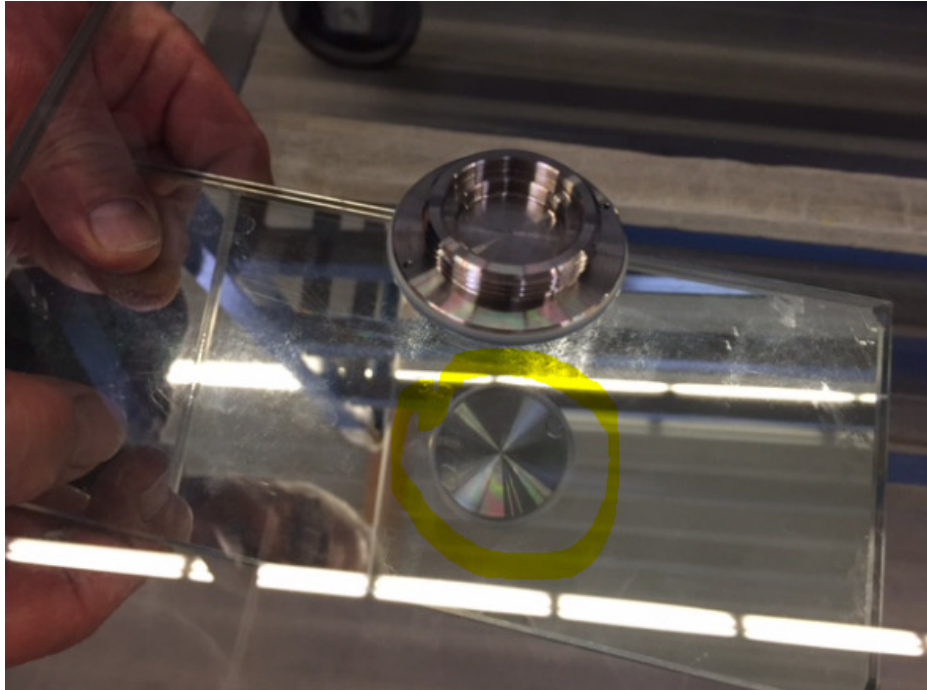
nenten-Epoxidharzsystem, zeigte sich hinsichtlich der erreichbaren Festigkeiten und der Alterungsbeständigkeit als gut geeignet. Für eine großtechnische Umsetzung, d.h. eine Serienfertigung geklebter Fassadenbauteile, erscheinen der Thiele Glas Werk GmbH aber die Verarbeitungsparameter im Vergleich zu UV- und lichthärtenden Klebstoffsystemen als wenig geeignet, um hohe Stückzahlen und niedrige Taktraten realisieren zu können. Die mit der Nutzung der UV- und lichthärtenden Systeme verbundenen Probleme und Herausforderungen bedürfen aber noch weitergehender Untersuchungen.

Um nun unter den gegebenen Bedingungen trotzdem einen optimalen Prozessablauf und eine hohe Sicherheit und Reproduzierbarkeit gewährleisten zu können, wurden verschiedene Anstrengungen unternommen. So wurden im ersten Schritt für die Positionierung und Fixierung der Beschläge passende Vorrichtungen gebaut, um mehrere Klebungen und mehrere Bauteile gleichzeitig herstellen zu können. Durch diese Vorrichtungen (siehe Bild) war sichergestellt, dass die Position der Beschläge ausgehend von der Glasecke immer im tolerierbaren Bereich liegt, um später auch keine Probleme mit dem Einbau der Bauteile an die Unterkonstruktion zu erhalten.



Als Vorbehandlungsmethode erwies sich die Flammenpyrolyse als die Methode, die sich am besten in den Klebprozess integrieren und direkt vor der Verklebung durchführen lässt. Das Gerät ist kompakt, einfach zu bedienen und sowohl in der Anschaffung als auch hinsichtlich der Verbrauchsmaterialien preisgünstig.

Die Befüllung der Klebfuge mit dem gewählten 2-Komponenten-Epoxidharzsystem erfolgte teilautomatisiert über ein handelsübliches Dosiersystem. Dadurch konnte sichergestellt werden, dass immer die ausreichende Menge Klebstoff in die Klebfuge appliziert wird. Dem mit der Aushärtung einhergehenden Schrumpfung des Klebstoffs (nachfolgendes Bild) konnte durch den Einsatz und dem Belassen der Dosiernadeln begegnet werden. So bestand die Möglichkeit, dass Klebstoff in die Klebfuge nachfließen konnte und somit die Bildung von Luftblasen verhindert bzw. minimiert wird. Versuche, die Befüllung durch ein Schrägstellen der Scheiben zu begünstigen und eingeschlossene Luft in der Klebfuge besser auszutreiben, haben nicht die erwünschte Verbesserung gebracht, wodurch zur horizontalen Arbeitsweise zurückgekehrt wurde.



Ein limitierender Faktor für eine Umsetzung ist die anschließende Aushärtung des Klebstoffs. Das verwendete 2-Komponenten-Epoxidharzsystem härtet bei Raumtemperatur, wobei die erzielbaren Festigkeiten durch erhöhte Temperatur verbessert und die Aushärtezeit verringert werden kann. Trotz allem ist es notwendig, die geklebten Bauteile nach dem Applizieren des Klebstoffs für längere Zeit sicher zu lagern, um die Aushärtung gewährleisten und ein Verrutschen der Beschläge verhindern zu können. Erst nach einer erfolgten „Anhärtung“ des Klebstoffs konnte eine Restaushärtung im Trockenofen erfolgen.



Insgesamt gesehen, konnte schlussendlich die Qualität der Klebungen mit den Anforderungen standhalten. Bis zu einer ökonomischen Prozesskette sind aber weitere Restarbeiten notwendig. Diese umfassen besonders das verwendete Klebstoffsystem und die damit verbundene Aushärtemethode, um schneller und günstiger produzieren zu können.

II.1.3 Arbeitspaket 8 – Bauteilmuster und Demonstratoren

Ziel

Durch Bauteilmuster und den Bau von Demonstratoren sollen die Ergebnisse der kleinteiligen Probekörper auf den realen Bauteilmaßstab übertragen werden. Dadurch ist es erforderlich, passende Rahmenkonstruktionen als Ersatz für den bauseitigen Anschluss von Dach- oder Fassadenausschnitten als auch für Brüstungskonstruktionen zu entwerfen. Dabei sind die Rahmenkonstruktionen so zu bemessen, dass ungünstigste Einwirkungen und Einwirkungskombinationen, als auch weitere Lastkonzentrationen Berücksichtigung finden. Über die großformatigen Dach- und Fassadenausschnitte können das globale Tragverhalten als auch einzelne Teilfunktionen erprobt werden.

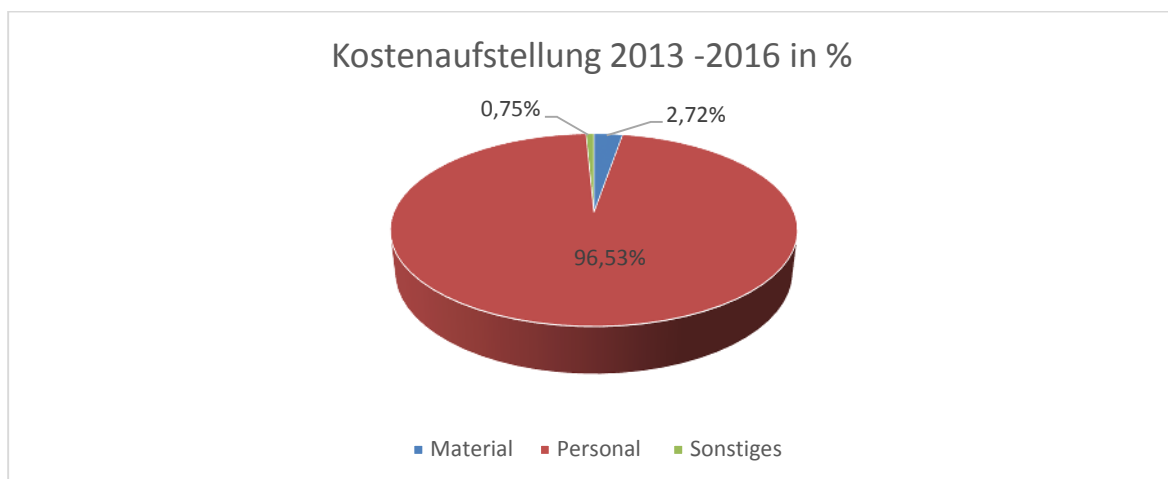
Über Langzeitversuche zur Gebrauchstauglichkeit der Konstruktionen und der eingesetzten Materialien können Rückschlüsse auf geänderte Beanspruchungen infolge realitätsnaher Dauerbelastung und Umweltbedingungen gezogen werden. Der Nachweis wird als kumulierte Betrachtung für unterschiedliche Nutzungszeiträume erbracht. Ziel der kumulierten Betrachtung ist die Vorhersage der Gebrauchstauglichkeit über die Nutzungsdauer ähnlich der Lebensdaueranalyse im Maschinenwesen.

Ergebnisse

Die Thiele Glas Werk GmbH hat im Arbeitspaket 8 mit der Herstellung der Verklebungen die Voraussetzungen geschaffen, Bauteilmuster für Belastungs- und Dauerhaftigkeitsuntersuchungen an der TU Dresden aufbauen zu können und die Überführung der Ergebnisse von kleinteiligen Prüfkörpern auf großformatige Bauteile zu begleiten. Daneben wurde der Bau von Demonstratoren einer geklebten Brüstungskonstruktion sowie von Fassadenausschnitten unterstützt. Damit war es möglich, die erzielten Ergebnisse auf der Messe glastec 2014 in Düsseldorf sowie den Inhouseveranstaltungen der TU Dresden (glasbau 2015 und 2016) einem breiten und interessiertem Fachpublikum zu präsentieren.

II.2 Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises

Die Einzelpositionen des zahlenmäßigen Verwendungsnachweises entsprechen den im Projektantrag getroffenen Angaben. Eine Übersicht über die Verteilung der Ausgaben zeigt das nachfolgende Bild. Die fachliche Beschreibung der durchgeführten Arbeiten zum Erreichen des beantragten Forschungsziels erfolgt in Kapitel II.1.



II.3 Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit

Im Forschungsantrag wurde eine detaillierte Planung zu den notwendigen Arbeiten und zu erwartenden Personal- und Sachkosten eingereicht. Diese Planungen bildeten die Grundlage der im Forschungsprojekt erfolgreich durchgeführten Arbeiten. Dabei folgten die Projektdurchführung und die Bearbeitung der gesteckten Arbeits-, Zeit- und Meilensteinplanung. Die verwendeten und eingesetzten Ressourcen waren für die Durchführung des Forschungsprojekts notwendig und der geleisteten Arbeit

angemessen. Der angesetzte Kostenrahmen wurde eingehalten. Mit den zur Verfügung stehenden Mitteln wurde sparsam und zielgerichtet gearbeitet.

II.4 Voraussichtliche Nutzung und Verwertbarkeit des Ergebnisses

Bereits in der Antragstellung wurde beschrieben, dass sich die Projektpartner und auch die Thiele Glas Werk GmbH einen Mehrwert für den Kunden und einen deutlichen Wissens- und Innovationsvorsprung auf diesem Gebiet vor dem Wettbewerb erhoffen. Auch nach Abschluss des Forschungsprojekts gehen wir weiterhin von einem hohen Marktpotential aus. Dazu sind aber noch weiterführende Arbeiten notwendig, um die Prozesskette zu vereinfachen, die Taktzeiten zu verkürzen und die Prozesssicherheit zu erhöhen.

Anschließend versucht die Thiele Glas Werk GmbH durch gezielte Publikationen und Präsentationen des Produkts auf entsprechenden Messen ein neues Geschäftsfeld zu erschließen. Dies ist mit einem hohen Wachstumspotential verbunden. Die Nachfrage nach vollständig transparenten Konstruktionen, die an uns durch zahlreiche Architektentermine unserer Architektenberatung und durch Inhouseveranstaltungen (Architekten- und Planertage) herangetragen werden, ist gegeben und wird auch in Zukunft noch weiter zunehmen. Vorbehalte gegenüber der aktuellen Konstruktion treten vor allem durch die eingesetzte Klebung auf. Fragen zu Dauerhaftigkeit, Verträglichkeit und des Klebstoffs müssen abschließend geklärt und durch ein allgemein im Bau zugelassenes Produkt untermauert werden. Ein Zulassungsinhaber wäre dann in der Lage ohne weiteren Zulassungsbedarf unterschiedliche Projekte zu bündeln und somit Synergien zu nutzen.

II.5 Fortschritte bei anderen Stellen

Innerhalb der Projektlaufzeit sind uns auf dem Gebiet Klebtechnologie und der Integration von klebtechnischen Prozessen in einen allgemeinen industriellen Herstellungsprozess eines Glasveredlers keine nennenswerten Fortschritte anderer Stellen bekannt geworden, die einer nachfolgenden Verwertung der Forschungsergebnisse entgegenstehen.

II.6 Veröffentlichungen

*** keine ***