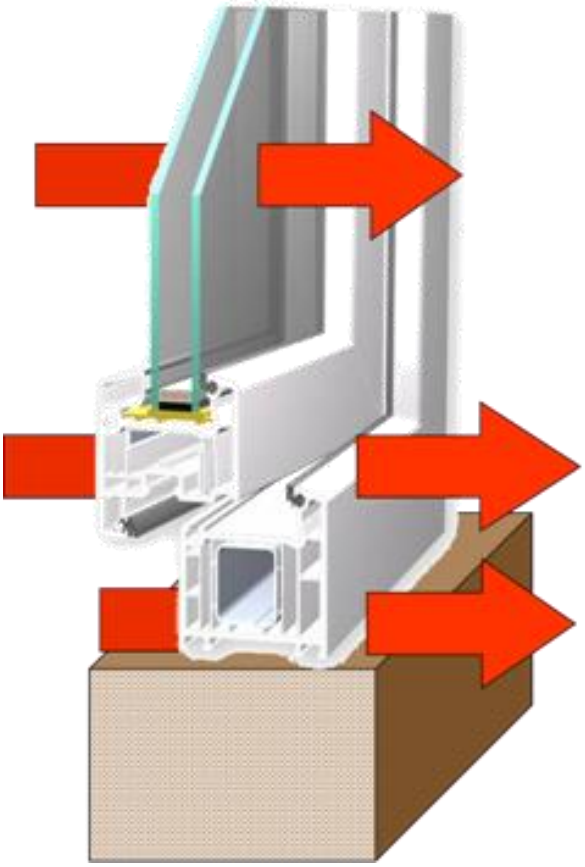
FensterCheck

Abschlussbericht



April 2013

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

EnOB
Forschung für
Energieoptimiertes Bauen

U*g*lass ***U*w*in*** **IQs**

Abschlussbericht zum Verbund FensterCheck (FeC)

Förderkennzeichen:

ZAE:	032 7654 K
Kurz + Fischer	032 7654 L
Roto:	032 7654 M
Energy Glass	032 7654 N
VEKA:	032 7654 O
Stickling	032 7654 P
Tremco illbruck:	032 7654 Q

Laufzeit: 1. April 2010 bis 31. März 2013

Redaktion: Siegfried Glaser, Glaser FMB

Projektkoordinator

Siegfried Glaser
Glaser FMB
Am Kapellenberg 53
37688 Beverungen

Tel.: 0 52 73-62 57
Fax: 0 52 73-22 42 85
s.glaser-fmb@t-online.de

Informationen: www.fenstercheck.info

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wurde mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie unter dem Förderkennzeichen 032 7654 gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren

Ansprechpartner und Adressen der Verbundpartner:

Dr. Helmut Weinläder	Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern) Am Hubland 97074 Würzburg
Prof. Dr. Andreas Beck	Im Unterauftrag: Hochschule für Technik Stuttgart (HfT) Schellingstraße 24 70174 Stuttgart
Elmar Dohmann	Energy Glas GmbH Zur Frado 1 34466 Wolfhagen
Erik Fischer	Kurz & Fischer GmbH Brückenstraße 9 71364 Winnenden
Frank Wörmann	Tremco illbruck GmbH & Co. KG Von-der-Wettern-Str.27 51149 Köln
Michael Madecki	Walter Stickling GmbH Carl- Zeiss- Str. 7 33334 Gütersloh
Thorsten Weber	VEKA AG Dieselstraße 8 48324 Sendenhorst
Thilo Graf	Roto Frank Bauelemente GmbH Wilhelm-Frank-Straße 38-40 97980 Bad Mergentheim

Ansprechpartner und Adresse des Kooperationspartners:

Alexander Frenzl	NETZSCH-Gerätebau GmbH Wittelsbacherstrasse 42 95100 Selb

Autorenliste in der Reihenfolge der Beiträge

Siegfried Glaser	Glaser FMB für Energy Glas GmbH
Dr. Cornelia Stark Sven Hippeli Dr. Matthias Wiener Dr. Helmut Weinläder	Bayerisches Zentrum für Angewandte Energieforschung e.V. (ZAE Bayern)
Micha Schneider	HfT Stuttgart
Elmar Dohmann Siegfried Glaser	Energy Glas GmbH
Erik Fischer Michael Gierga Carolin Zott	Kurz & Fischer GmbH
Frank Wörmann	Tremco illbruck GmbH & Co. KG
Michael Madecki	Walter Stickling GmbH
Hermann Schmitz Thorsten Weber	VEKA AG
Thilo Graf	Roto Frank Bauelemente GmbH

Inhaltsverzeichnis

1 Projektinformationen und Ergebnisse 6
Leistungsstarke Verbundarbeit unterstützt energetische Fenstersanierung 6
Mobiles Messgerät für den Ug-Wert..... 6
Software- Bewertungstool für die Fenstersanierung..... 6
Prozesskontrolle zur Optimierung der Isolierglasfertigung 7

2 Wissenschaftliche Begleitforschung, Sensorentwicklung und Validierung..... 8
Zusammenfassung 8
Mobiles Messgerät für den Ug-Wert..... 8
Bewertungstool für die Fenstersanierung.....13
Inline-Qualitätssicherung für die Isolierglasfertigung 13
Ausblick 16

3 Isolierglas: Die wichtigste Komponente bei der Fenster- und Fassadensanierung .17
Zusammenfassung 17
Ug- Werte messen und nicht schätzen 17
Bewertungssoftware für Bestandsfenster.....18
Inline-Qualitätssicherung bei der Isolierglasfertigung 18
Präsentationen der Ergebnisse, Praxistests und Ausblicke.....20

4 Uwin - Software zur Bewertung von Bestandsfenstern 23
Zusammenfassung 23
Ergebnisse.....23
Ausblick 32

5 Energetische Schwachstelle Anschlussfugen 33
Aufgabe im Vorhaben 33
Zusammenfassung 33
Ergebnisse.....36
Ausblick 36

6 Qualifizierte Bewertungen und Beratungen beim Fenstertausch 37
Zusammenfassung 37
Aufgabe im Vorhaben 37
Ergebnisse.....39
Ausblick 39

7 Sichtweise eines Systemgebers beim Fenstertausch.....40
Aufgabe im Vorhaben 40
Zusammenfassung der Aktivitäten 40

8 Bestandsbewertung von Wohndachfenstern 43
Zusammenfassung 43
Aufgaben, Arbeiten im Vorhaben 43
Verwertungen 45

1 Projektinformationen und Ergebnisse

Siegfried Glaser
Glaser FMB für Energy Glas GmbH

Für die nachstehenden Ausführungen wurden teilweise Auszüge aus aktuellen FensterCheck-Veröffentlichungen genutzt.

Leistungsstarke Verbundarbeit unterstützt energetische Fenstersanierung

Im deutschen Gebäudebestand gibt es immer noch mehr als 300 Millionen Fenster, die energetisch veraltet sind und daher dringend ausgetauscht werden müssten. Die aktuellen, niedrigen Sanierungsraten von 1 bis 2 Prozent pro Jahr reichen nicht aus, um das Sparpotenzial zu heben, das darin liegt. Energetische Fenstersanierung ist politisch und gesellschaftlich gewollt. FeC- Ergebnisse helfen dabei mit, die Notwendigkeit und Wirtschaftlichkeit des Fenstertauches zu bewerten. Das Verbundprojekt Fenstercheck (FeC) setzte sich zum Ziel, die energetischen Eigenschaften kompletter Bestandsfenster (inklusive Undichtigkeiten und Anbindung) zu untersuchen und zu bewerten. Bei fehlenden Verglasungsdaten wird der Ug-Wert mit einem mobilen Messgerät bestimmt. Die Bewertung erfolgt über ein Softwaretool, mit dem einfach, schnell und zuverlässig Einzelfenster bis hin zu kompletten Gebäuden erfasst werden können. Der Fertigungsprozess bei der Isolierglasherstellung, insbesondere das Gasfüllen der Scheibenzwischenräume (SZR), wurde im Rahmen des Projektes ebenfalls analysiert und Verbesserungspotentiale für eine Prozesskontrolle erarbeitet.
Insgesamt waren zwei Forschungsinstitute und sechs Unternehmen an dem mit Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) geförderten Forschungsprojekt beteiligt. Ein Kooperationspartner ergänzte die Entwicklungs- und Erprobungsarbeiten.

Mobiles Messgerät für den Ug-Wert

Während der Ug-Wert neuerer Bestandsverglasungen in der Regel durch die Herstellerangaben bekannt ist, können bei gealterten Wärmeschutz- Isoliergläsern oft nur Mutmaßungen über den Dämmwert getroffen werden. Um hier Sicherheit zu schaffen wurde im Rahmen des Projektes ein mobiles Messgerät zur Bestimmung des Ug-Wertes von Isolierverglasungen entwickelt. Dieses erlaubt die schnelle Bestimmung der Dämmeigenschaften eingebauter Verglasungen vor Ort. Der ermittelte Ug-Wert wird in das Software- Bewertungstool übernommen und bildet so die Grundlage einer fundierten energetischen Bewertung von Bestandsfenstern.

Uglass mobiles Messgerät zur Bestimmung des Ug-Wertes

Software- Bewertungstool für die Fenstersanierung

Das Programm Uwin ist eine Software zur sachgerechten Abschätzung der Energieeinsparung bei der Fenstersanierung. Es berechnet auf Basis anerkannter Rechenalgorithmen, exakter als vergleichbare Produkte, die zu erwartende energetische Verbesserung durch Fenster- oder Scheibenaustausch. Die Einsparpotenziale, die ein Fensteraustausch bietet, hängen von einer außerordentlich großen Anzahl von Randbedingungen ab. Neben Standort, Orientierung, Verschattung und Einbausituation spielen auch weitere Einflussfaktoren eine Rolle, so z.B. der Gebäudetyp, das Baualter bzw. der Modernisierungsstatus des Gebäudes und die Heizungsart. Die adaptiven Algorithmen erlauben dabei auch eine Bewertung bei Eingabe von nur minimalen Daten (Grobanalyse). Je detaillierter die Dateneingabe, desto genauer errechnet das Tool den Energieverbrauch durch die Bestandsfenster. Dies kann bis zu einer Feinanalyse erfolgen, bei der sogar solare Wärmegewinne und Lüftungswärmeverluste berücksichtigt werden.

Mit dem Programm kann auch ohne bauphysikalische Fachkenntnisse vom Anwender, in der Regel Fachberater aus den Fenster-, Fassaden- und Glasbranchen, für die Mehrzahl der vorkommenden Gebäudetypen und Nutzungsarten eine belastbare Grundlage für die Beratung von Kunden über die Vorteile des Fensteraustauschs gewonnen werden.

Bewertungstools für die Fenstersanierung

Einfach, schnell, zuverlässig: Uwin schafft Klarheit bei der Fenstersanierung

- Einzelfenster, Fassade oder komplettes Gebäude
- schnelle Eingabe zur Grobübersicht
- detaillierte Eingabe für genaue Bilanzierung

- energetischer Vergleich Bestands- zu Referenzfenster
- Einfache aber fundierte Entscheidungs-grundlage
- Solare Gewinne und Lüftungswärmeverluste (optional)

Prozesskontrolle zur Optimierung der Isolierglasfertigung

Zur Inline-Qualitätssicherung von Isoliergläsern wird ein Sensorspot in den Scheibenzwischenraum eingebracht, der die hochgenaue Bestimmung des Edelgasfüllgrades ermöglicht. Der Sensorspot wird in Sekundenschnelle von außen durch die Glasscheibe ausgelesen. Bei zusätzlicher Kenntnis des genauen Emissionsgrades der Beschichtung kann hieraus der Ug-Wert der Verglasung ermittelt werden. Eine automatisierte Einbindung der Messtechnik in die Produktionslinie ist problemlos und kostengünstig möglich und erlaubt eine lückenlose Qualitätskontrolle. Die in den Feldversuchen gemessenen Gasfüllgrade frisch hergestellter Isoliergläser weisen teilweise Werte deutlich unter dem vorgeschriebenen Referenzwert von 90 % auf und zeigen, dass eine Qualitätssicherung des Füllprozesses bei der Isolierglasfertigung notwendig ist. Ziel ist hierbei die Prüfung und Bestätigung der Wärmedämmeigenschaften (Ug-Wert) jeder gefertigten Isolierglasscheibe.

IQs Inline-Qualitätssicherung bei der Isolierglasfertigung

Danksagung

Ohne die finanzielle Förderung durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie (BMWi) hätte das Verbundprojekt sicherlich nicht den guten Entwicklungs- und Verwertungsstand erreicht. Unser Dank gilt dem Projektträger des BMWi, PtJ, Forschungszentrum Jülich und hier insbesondere Herrn Markus Kratz, Herrn Dr. Robert Drese und Herrn Dr. Eerke Bunte, für die kooperative Projektbegleitung.

Abschließend möchte ich allen Projektleitern der Teilaufgaben und den zahlreichen Mitarbeitern der beteiligten Unternehmen, Partner und Forschungsinstitute danken, mit deren engagiertem Einsatz das FeC - Projekt wesentlich zum Erfolg geführt wurde.

2 Wissenschaftliche Begleitforschung, Sensorentwicklung und Validierung

Dr. C. Stark, S. Hippeli, Dr. M. Wiener, Dr. H. Weinläder
ZAE Bayern
M. Schneider
HfT Stuttgart

Zusammenfassung

Es wurde ein mobiles Messgerät zur genauen und schnellen Bestimmung des U_g-Wertes von Bestandsverglasungen entwickelt. Bei typischen Messzeiten von 10 Minuten für Zweifach- und 20 Minuten für Dreifachverglasungen deckt das Gerät den heutzutage relevanten Bereich von U_g-Werten zwischen 0,5 W/(m^{2}K) und 4 W/(m^{2}K) vollständig ab. Die Messgenauigkeit liegt im Bereich von ± 10%.
Ein Verfahren zur Inline-Qualitätssicherung für die Isolierglasfertigung wurde entwickelt. Das optische Messverfahren erlaubt die hochgenaue Messung des Edelgasfüllgrades im Scheibenzwischenraum innerhalb weniger Sekunden. Bei zusätzlicher genauer Kenntnis des Emissionsgrades der verwendeten Schichten kann somit der U_g-Wert jeder hergestellten Verglasung ermittelt und sichergestellt werden.

Mobiles Messgerät für den Ug-Wert

Uglass Zur zuverlässigen Bestimmung des U_g-Wertes eingebauter 2-fach- und 3-fach-Verglasungen wurden am ZAE Bayern und der HfT Stuttgart entsprechende Messverfahren entwickelt und getestet. Beim Verfahren 1 wird die natürliche Temperaturdifferenz einer eingebauten Verglasung ausgenutzt. Die beiden Sensorhälften werden auf die Scheiben aufgesetzt und die Temperaturänderung der Scheibenoberflächen wird gemessen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** oben). Beim Verfahren 2 wird ein Heizimpuls auf die Verglasung aufgebracht und die Temperaturantwort auf der Gegenscheibe gemessen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** unten). Das aktive Heizen macht Messungen auch im Sommer und in der Übergangszeit möglich, wenn keine natürlichen Temperaturdifferenzen an eingebauten Verglasungen vorliegen. Die dynamische Auswertung beider Messverfahren erlaubt geringe Messzeiten im Minutenbereich.
Zum Test beider Verfahren wurde entsprechende Sensorik aufgebaut und Labormessungen unter definierten Bedingungen durchgeführt (Abb. 1). Um ein möglichst breites Einsatzgebiet des Sensors zu ermöglichen wurden unterschiedlichste Zwei- und Dreifachverglasungen mit U_g-Werten zwischen 0,5 W/(m^{2}K) und 4 W/(m^{2}K) untersucht. An der HfT Stuttgart wurde ein Konvektionsmodell für geneigte Verglasungen entwickelt, das auch die Vermessung von Dachverglasungen erlaubt. Für beide Verfahren konnten mit den Laboraufbauten Messgenauigkeiten im Bereich von ±10% bei U_g-Werten ≥1,0 W/(m^{2}K) bzw. von ±0,1 W/(m^{2}K) bei U_g-Werten <1,0 W/(m^{2}K) erreicht werden. Typische Messzeiten liegen bei 10 Minuten für Zweifachisoliergläser und 20 Minuten für Dreifachisoliergläser.

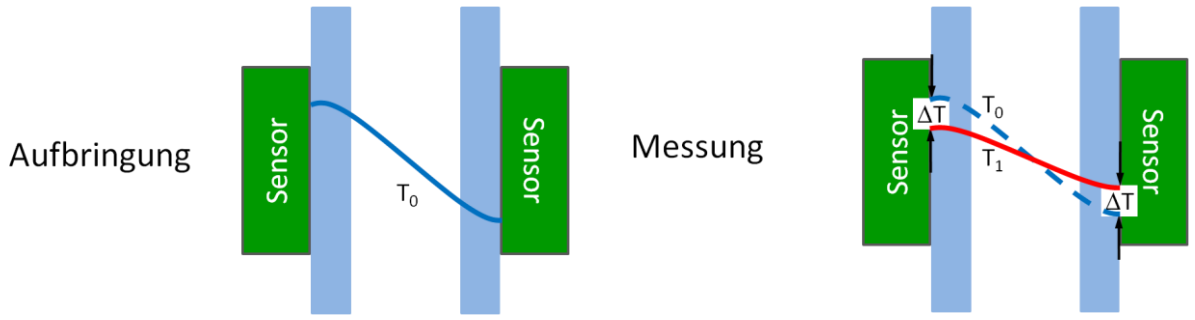


Abb. 1: Nach beidseitiger Aufbringung des Uglass-Sensors auf eine Verglasung mit ausreichender Temperaturdifferenz (links) wird der Temperaturverlauf beider Scheibenoberflächen gemessen (rechts).

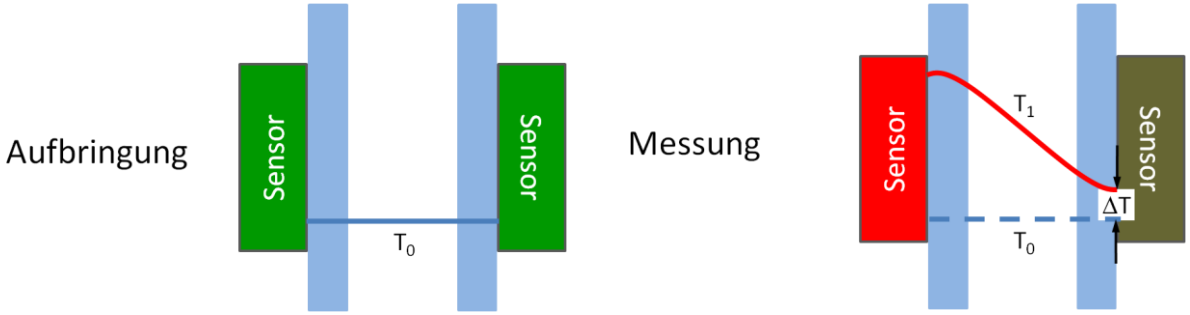


Abb. 1: Bei einer Verglasung ohne ausreichende Temperaturdifferenz (links) wird ein einseitiger Heizimpuls aufgebracht und die Temperaturantwort der Gegenscheibe erfasst und ausgewertet (rechts).

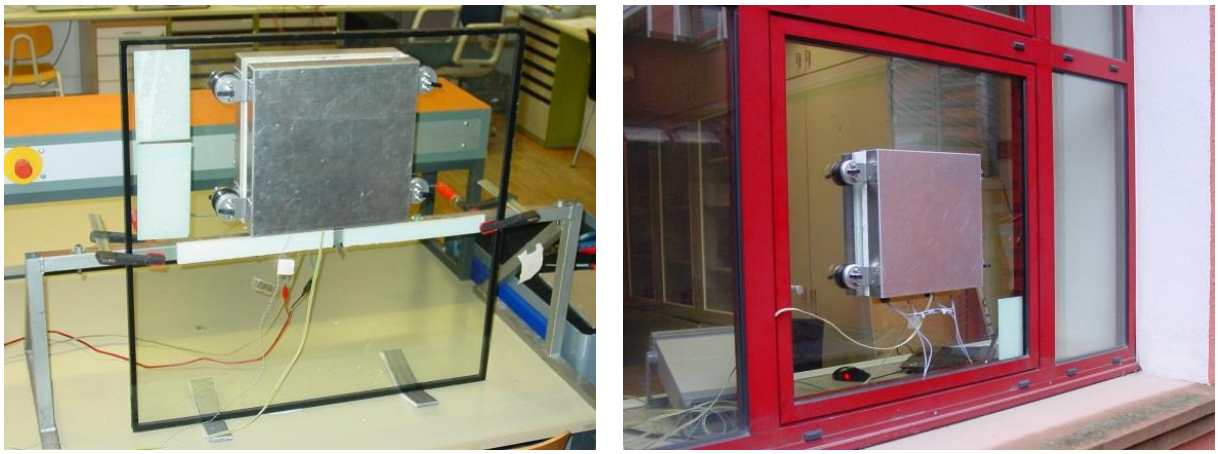


Abb. 1: Labormessungen an einer Verglasung ohne ausreichende Temperaturdifferenz (links) und an einer Bestandsverglasung mit ausreichender Temperaturdifferenz (rechts).

Zusammen mit der Firma Netzsch Gerätebau GmbH wurden die beiden Messverfahren in einem mobilen Sensor mit dem Markennamen Uglass umgesetzt und am ZAE Bayern ausgiebig getestet. Der Sensor besteht aus zwei Hälften, die jeweils auf die beiden Seiten der zu messenden Verglasung aufgesetzt werden. Mittels Saugnäpfen haften die Sensorhälften an der Scheibe. Nach Start der Messung entscheidet die integrierte Logik, welches der beiden Messverfahren verwendet wird: Liegt eine ausreichende Temperaturdifferenz der Verglasung vor wird passiv nach Verfahren 1 gemessen, bei unzureichender Temperaturdifferenz setzt das aktive Verfahren 2 ein. Die Auswerteroutine berechnet aus den gemessenen Temperaturverläufen dann den U_g-Wert der Verglasung und rechnet diesen auf Normbedingungen um.

Eine Übersicht der Messergebnisse mit dem Uglass-Prototyp an Verglasungsaufbauten mit bekanntem U_g-Wert ist in Abb. 2 dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Messgenauigkeit der Laboraufbauten auch mit dem Prototyp erreicht wird.

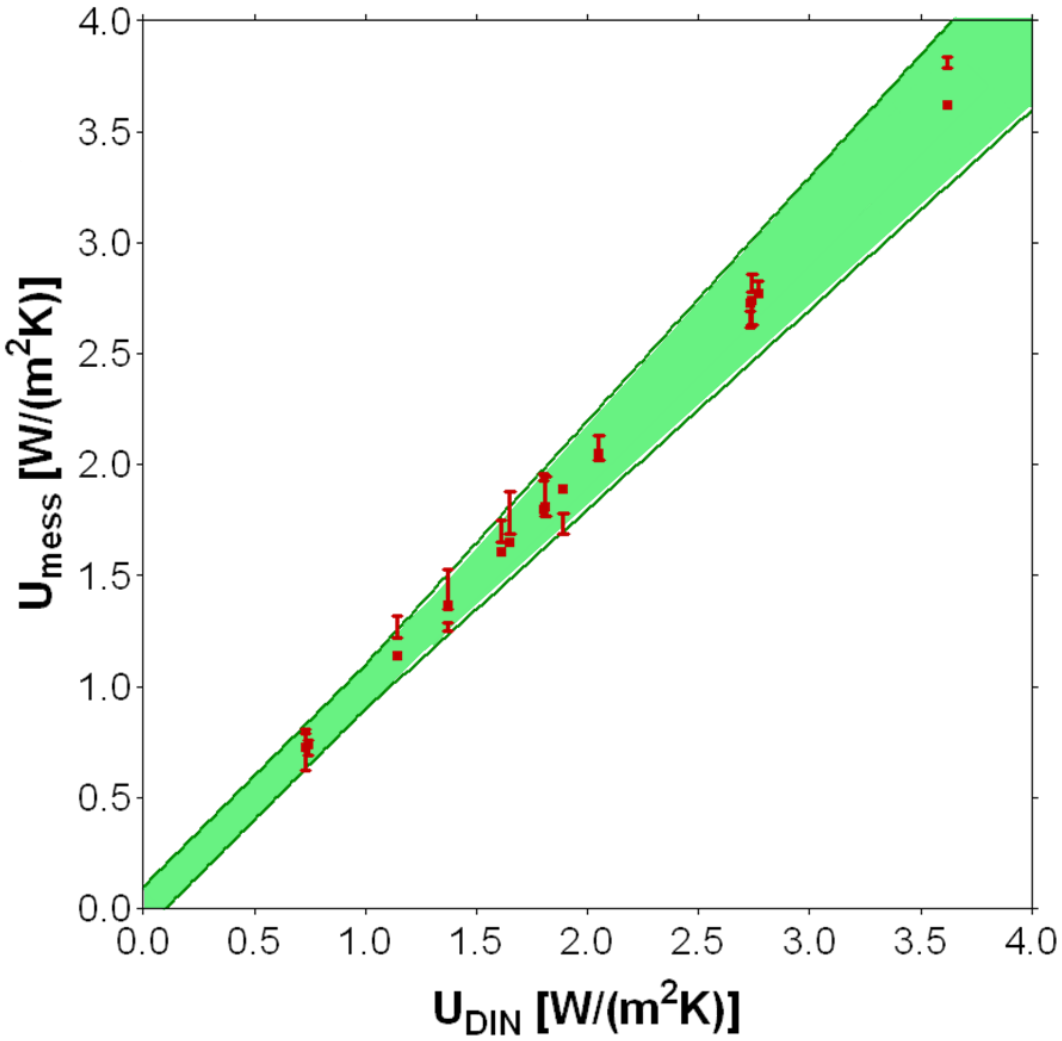


Abb. 2: Übersicht der Messwerte des U_{glass}-Prototyps im Vergleich zu Normwerten. Die Messwerte zeigen die Ergebnisse für unterschiedlichste Verglasungsaufbauten (auch Dachverglasungen).

Neben Testmessungen an Verglasungen mit bekanntem U_g-Wert wurden auch Feldtests an Bestandsgebäuden durchgeführt. Von den dort eingesetzten Verglasungen war lediglich der Aufbau und in einigen Fällen der Sollwert des U_g-Wertes zum Zeitpunkt des Einbaus (Herstellerangabe) bekannt. Die Feldtests sollten zeigen, ob der U_{glass}-Prototyp auch unter praxisnahen Bedingungen vor Ort vernünftige und reproduzierbare Messwerte liefert.
Die Aufbauten und Kenndaten der vermessenen Verglasungen sind in
Tabelle 1 zusammengefasst, die Ergebnisse der Feldtests zeigt Abb. 4

Abb. 3: Prototyp des Uglass-Sensors (links oben) und erste Feldtests in zwei Bestandsgebäuden des Projektträgers Jülich aus den Jahren 1982 und 2010 (rechts oben), einem Wohngebäude, das 2005 saniert wurde (unten links) sowie einem Wohngebäude mit neuen Fenstern aus dem Jahr 2011 (unten rechts). Bei den Feldtests wurde noch eine behelfsmäßige Absturzsicherung für die Sensorhälften verwendet.

Tabelle 1: Aufbauten und Kenndaten der bei den Feldtests untersuchten Verglasungen.

Nr.	Aufbau	Baujahr	Neigung	U_{DIN} [W/(m²K)]
1	6/10/4 (Luftfüllung)	1982	|	3,0
2	6/10/4 (Luftfüllung)	1982	|	3,0
3	4/14/*4 (Argonfüllung, low-e)	2010	|	1,1
4	4/14/*4 (Argonfüllung, low-e)	2010	|	1,1
5	*6*/14/6 (Argonfüllung, low-e)	2010	|	1,2
6	6VSG/11/*6 (Kryptonfüllung, low-e)	2005	/	1,1
7	6VSG/11/*6 (Kryptonfüllung, low-e)	2005	/	1,1
8	4*/8/4/8/*4 (Argonfüllung, low-e)	2011	/	0,8
9	4*/12/4/12/*4 (Argonfüllung, low-e)	2011	|	0,7
10	4*/12/4/12/*4 (Argonfüllung, low-e)	2011	|	0,7

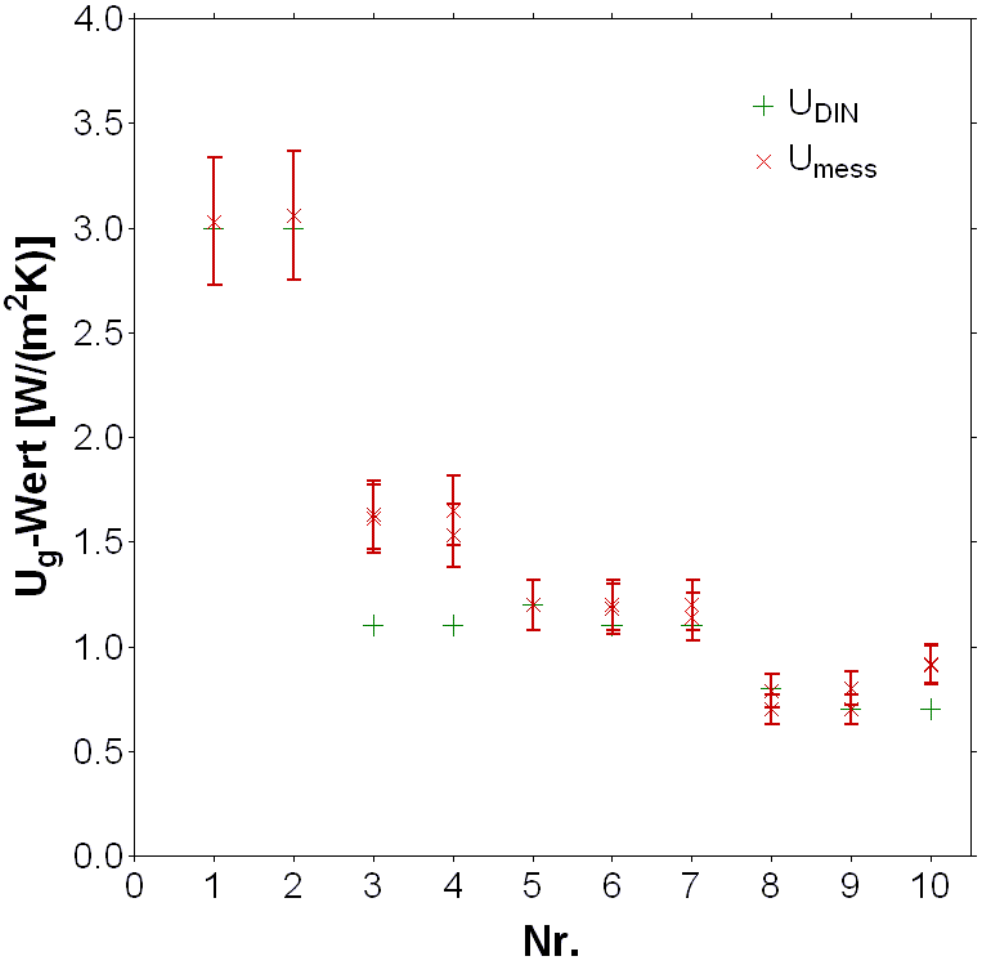


Abb. 4: Vergleich zwischen Messwerten der Feldtests mit dem Prototyp des Ugglass-Sensors und den Sollwerten der Verglasungen (nach DIN bzw. Herstellerangaben).

Die Messwerte zeigen bei den älteren Verglasungen (Luftfüllung, keine low-e-Schichten) mit U_g-Werten um die 3 W/(m^{2}K) eine sehr gute Übereinstimmung mit den Normwerten. Bei neueren Verglasungen mit Edelgasfüllung und low-e-Schichten zeigen die Messwerte ebenfalls oft eine sehr gute Übereinstimmung; es kommt aber auch vereinzelt zu Abweichungen. Die Messwerte des Ugglass-Sensors liegen dann immer höher als die Sollwerte (Verglasung Nr. 3, 4 und 10). Die Wiederholungsmessungen des Ugglass-Sensors zeigen dabei eine gute Reproduzierbarkeit, so dass hier davon ausgegangen wird, dass die tatsächlichen Dämmwerte der Verglasungen nicht mehr dem Sollzustand entsprechen.

Sowohl die Labormessungen als auch die Feldtests zeigen, dass mit dem Ugglass-Sensor ein vielversprechendes Messgerät zur genauen und schnellen Bestimmung des U_g-Wertes von Bestandsverglasungen entwickelt werden konnte. Das Gerät ist vielseitig einsetzbar (Zweifach- und Dreifachisolierglas jeweils als Fassaden- oder Dachverglasung) und deckt den heutzutage relevanten Bereich der erforderlichen U_g-Werte zwischen 0,5 W/(m^{2}K) und 4 W/(m^{2}K) vollständig ab. Die Firma Netzsch Gerätebau wird den Vertrieb des Ugglass-Sensors übernehmen. Der Vertrieb erfolgt mit Unterstützung aller Partner. Das Gerät soll bis zum Jahresende als Produkt erhältlich sein.

Auf den TEC-Tagen der VEKA AG im März 2013 wurde der Uglass-Prototyp erstmals der Öffentlichkeit (Fensterbauer, Handwerker) vorgestellt. Die Resonanz war durchweg positiv.

Abb. 5: Impressionen TEC-Tagungen

Bewertungstool für die Fenstersanierung

Das von Kurz und Fischer im Projekt entworfene Bewertungstool U_{win} wurde am ZAE Bayern mehrmals eingehend geprüft. Softwareprobleme wurden daraufhin behoben und Verbesserungsvorschläge eingearbeitet. Verschiedene Gebäude wurden erfasst und das Programm auf der glasstec 2012 der interessierten Öffentlichkeit vorgestellt. Näheres findet sich im Abschnitt 4 Kurz und Fischer.

Inline-Qualitätssicherung für die Isolierglasfertigung

Ursprünglich war angedacht, den Uglass-Sensor auch als Messverfahren zur Inline-Qualitätskontrolle bei der Isolierglasfertigung einzusetzen. Allerdings zeigte sich, dass die notwendigen Taktzeiten von bis zu 30 Sekunden nicht mit diesem thermischen Messverfahren erreichbar sind. Deshalb wurde beschlossen, die direkte Messung des U_g-Wertes durch eine indirekte Kontrolle zu ersetzen, indem der Edelgasfüllgrad jeder einzeln hergestellten Verglasung gemessen und der Emissionsgrad der Beschichtung aus der Qualitätskontrolle des Glasveredlers übernommen wird. Aus den beiden Größen Edelgasfüllgrad und Emissionsgrad der Beschichtung kann dann mit dem Verglasungsaufbau der genaue U_g-Wert berechnet und geprüft werden. Eine Prüfung des Edelgasfüllgrades erfolgt bisher bei den Herstellern – wenn überhaupt – dann nur stichprobenartig. Übliche Verfahren hierbei sind nicht-invasive Messungen (z.B. mit gasglass handheld der Firma Sparklike) die allerdings nicht durch Glasscheiben mit Beschichtung hindurch erfolgen können, so dass nahezu alle Dreifachisoliergläser damit nicht geprüft werden können, oder invasive Messungen (z.B. Gasentnahme aus dem Scheibenzwischenraum) die jedoch sehr aufwendig sind. Zur Messung des Edelgasfüllgrades im Scheibenzwischenraum (SZR) wurde deshalb ein optisches Messverfahren eruiert, das auf der Fluoreszenzlöschung basiert. Dabei wird ein Gassensor mit einer fluoreszierenden Farbschicht versehen und mittels Laser angeregt. Die Intensität des Fluoreszenzsignals hängt vom Sauerstoffanteil des Gases in Sensornähe ab, so dass mit diesem Verfahren der Sauerstoffgehalt im SZR gemessen werden kann. Aus dem Sauerstoffgehalt kann dann unter der Annahme, dass sich neben dem Edelgas nur Luft im Scheibenzwischenraum befindet, der Edelgasfüllgrad ermittelt werden. Die Vorteile dieses Verfahrens für den Einsatz bei der Isolierglasfertigung sind dabei wie folgt:

- Schnelle Messzeiten (<1 Sekunde)
- hohe Messgenauigkeit (±0,05% Sauerstoffgehalt)

- optische Anregung und Detektion möglich (Sensor kann in den SZR integriert und von außen durch die Scheiben angeregt und ausgelesen werden)
- Sensorik und Messgeräte sind kommerziell verfügbar und einfach in die Isolierglasfertigung integrierbar (Sensorkosten << 1 €, Messgerät ca. 5.000-10.000 €)

Am ZAE Bayern wurde ein System der Firma PreSens für den Einsatz im SZR von Isoliergläsern getestet. Dabei wurde zunächst die Schwankung des Messsignals bei Anregung und Detektion durch eine Glasscheibe hindurch untersucht (Abb. 6). In einer Messzelle wurde ein konstanter O_2-Gehalt von ca. 2% eingestellt und das Fluoreszenzsignal durch die Glasscheibe (4mm Floatglas) hindurch angeregt und ausgelesen. Der O_2-Gehalt wird mit einer zeitlichen Schwankung von ±0,01% erfasst (Abb. 6 rechts), was einer Messgenauigkeit des Argonfüllgrades von ±0,05% entspricht (die Anforderung der Isolierglashersteller an die Messgenauigkeit des Argonfüllgrades war ±1%).

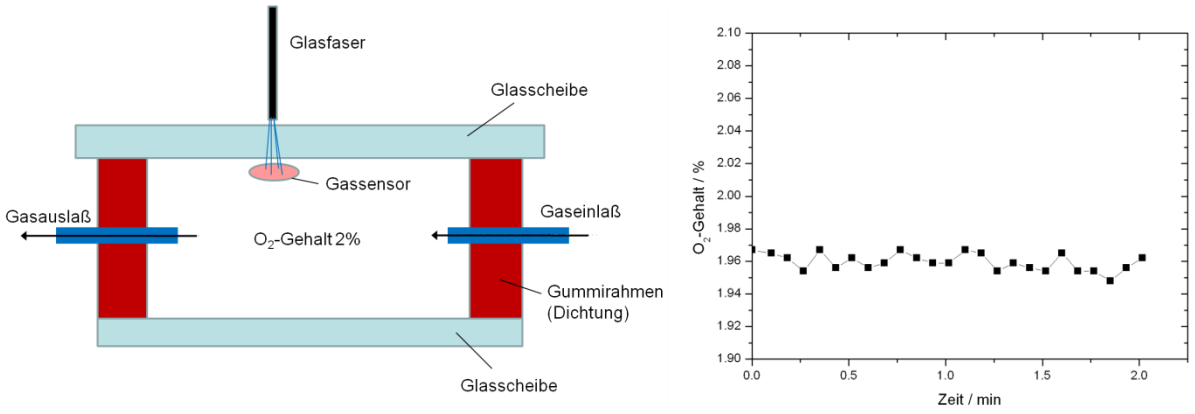


Abb. 6: Versuchsaufbau zum Test des optischen Messverfahrens zur Bestimmung des Gasfüllgrades bei der Isolierglasfertigung (links) und zeitliche Schwankung des Fluoreszenzsignals bei Messung durch eine Glasscheibe hindurch (rechts.

Anschließend wurde die Abhängigkeit des Messsignals von der Transmission der abdeckenden Glasscheibe untersucht (Abb. 7).Der Versuchsaufbau war wie in Abb. 6 links dargestellt. Auch bei Glasscheiben mit hoher Dicke und Verbundfolien oder speziellen Beschichtungen ergab sich nur ein geringer Einfluss auf das Messsignal. Die üblicherweise verwendeten Glasdicken und Beschichtungen stellen für das Messverfahren somit kein Problem dar.

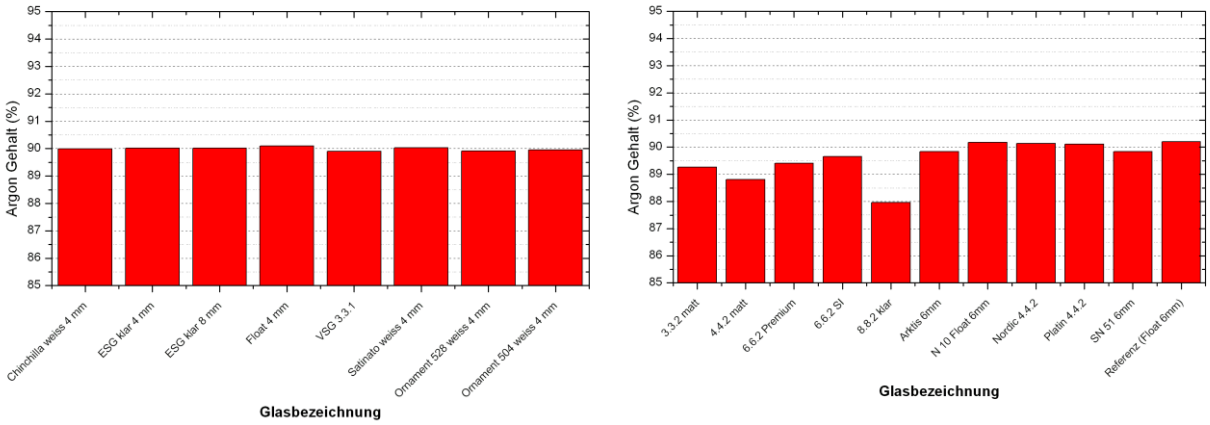


Abb. 7: Abhängigkeit des Fluoreszenzsignals von der Transmission der abdeckenden Glasscheibe. Im Bild links sind häufig verwendete Glastypen des Projektpartners Energy Glas mit hoher Transmission dargestellt. Im Bild rechts sind Glastypen mit sehr geringer Transmission (dicke VSG, spezielle Beschichtungen) dargestellt.

Bei den Projektpartnern Roto und Energy Glas wurden mit dem Messverfahren mehrere Feldtests durchgeführt. Diese hatten einerseits das Ziel, anhand real hergestellter Isoliergläser den zeitlichen und örtlichen Verlauf der Messdaten des Gasfüllgrades zu prüfen und andererseits erste Erfahrungen zur praxisnahen Integration der IQs in die Isolierglasfertigung zu sammeln.

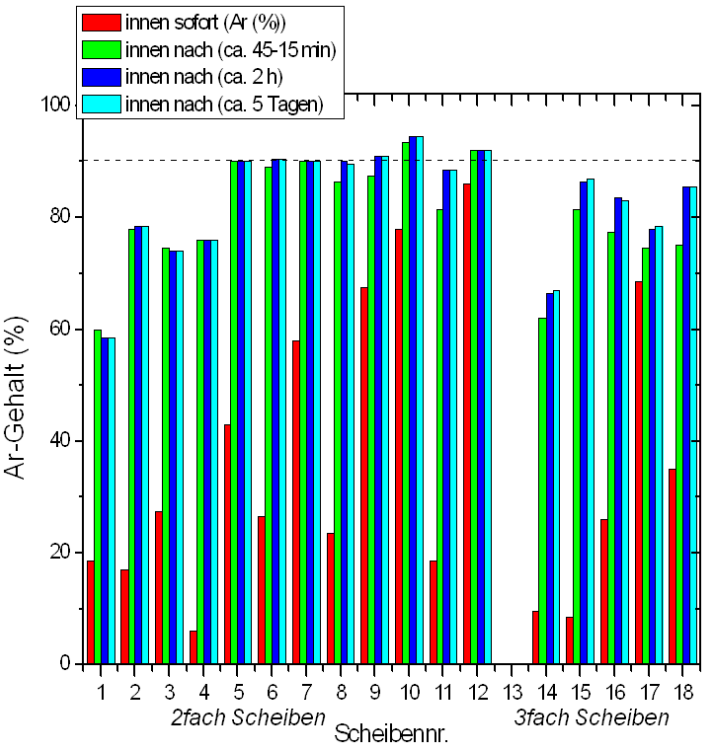


Abb. 8: Dreifachverglasung mit integriertem Fluoreszenzsensor (der zweite für den anderen SZR befindet sich nicht sichtbar hinter dem Abstandshalter) für die Testmessungen (links) und zeitlicher Verlauf des Argongehalts im SZR einiger Testverglasungen der Firma Roto (rechts).

In Abb. 8 rechts sind einige Messergebnisse des Argongehalts im zeitlichen Verlauf dargestellt. Der Fluoreszenzsensor befand sich dabei in der oberen Ecke des SZR (Abb. 8 links). Die Messwerte zeigen, dass der Argongehalt am Ort des Fluoreszenzsensors direkt nach Verlassen der Gasfüllpresse stark streut (rote Balken) und teilweise sehr geringe Argonfüllgrade anzeigt. Im weiteren Verlauf nähern sich die Messwerte dann immer mehr dem Endwert des Argongehalts (hellblaue Balken) an. Die Messungen zeigen, dass erst nach ca. 2 Stunden die Durchmischung der Gase im SZR (Argon und Restluft) nahezu vollständig abgeschlossen ist, so dass die Messwerte nach 2 Stunden (dunkelblaue Balken) die Endwerte (hellblaue Balken) sehr gut wiedergeben. Versuche, aus den Sofortwerten mittels Extrapolation den Endwert vorherzusagen, zeigten keinen Erfolg. Eine vernünftige IQs könnte somit also erst 2 Stunden nach der Produktion der Verglasungen erfolgen, sofern die Homogenisierung des Gases im SZR nicht beschleunigt wird. Anhand von Laboruntersuchungen konnte ein Verfahren gefunden werden, mit dem sich eine Homogenisierung des Gases im SZR einer Verglasung innerhalb weniger Sekunden erreichen lässt (Abb. 9). Hierfür müsste der Befüllprozess in der Gasfüllpresse modifiziert werden. Zur Umsetzung wurde Kontakt mit entsprechenden Herstellern von Gasfüllanlagen aufgenommen.

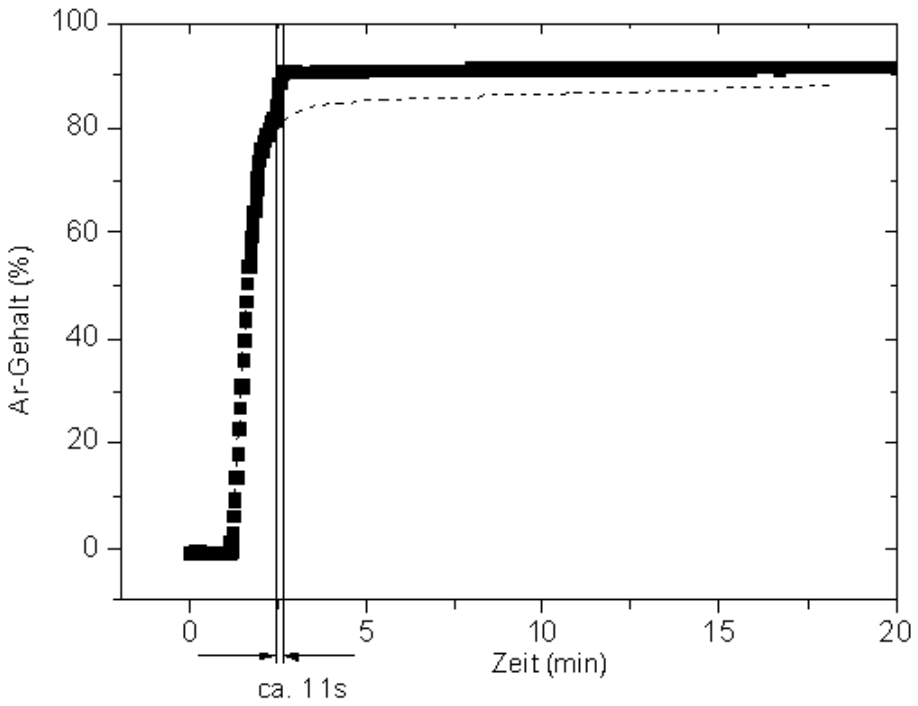


Abb. 9: Zeitlicher Verlauf des Argongehalts im SZR einer Testscheibe (Position des Fluoreszenzsensors im SZR oben rechts). Die gestrichelte Kurve zeigt qualitativ den Verlauf ohne Beschleunigung der Durchmischung, die Messkurve zeigt den tatsächlichen Verlauf einer Labormessung, bei der innerhalb von 11 Sekunden das Gasgemisch nahezu vollständig homogenisiert wurde.

Ausblick

Mit dem Prototyp des Ugglass-Sensors steht ein vielversprechendes Messgerät zur genauen und schnellen Bestimmung des U_g-Wertes von Bestandsverglasungen zur Verfügung. Weiterer Forschungsbedarf besteht hier noch in der genauen Untersuchung und Eingrenzung der klimatischen Einflussparameter (z.B. Solarstrahlung, teilverschattete Verglasungen) auf die Messgenauigkeit. Der Ugglass-Sensor wird bis zum Jahresende 2013 als Produkt erhältlich sein. Der Vertrieb erfolgt über die Firma Netzsch Gerätebau.

Das Bewertungstool U_{win} steht als praxistaugliche Version zur Verfügung. Der Vertrieb wird voraussichtlich über die Firma webfactor media GmbH erfolgen, die auch den Support des Programms übernimmt.

Ein Messverfahren IQs zur Bestimmung des Edelgasgehalts im SZR von Isoliergläsern konnte entwickelt werden. Aufgrund der geringen Messzeiten und der hohen Genauigkeit ist das Messverfahren ideal für die Inline-Qualitätssicherung bei der Isolierglasfertigung geeignet. Eine Integration in bestehende Produktionsprozesse ist problemlos und zu geringen Zusatzkosten möglich. Die in den Feldversuchen gemessenen Argonfüllgrade frisch hergestellter 3fach-Isoliergläser weisen teilweise Werte deutlich unter den vorgeschriebenen 90 % auf und zeigen, dass eine Qualitätssicherung des Füllprozesses bei der Isolierglasfertigung notwendig ist. Allerdings besteht noch Forschungsbedarf bei der Modifizierung des Gasfüllprozesses um eine nahezu sofortige homogene Durchmischung der Gase im SZR zu erreichen. Damit kann eine zuverlässige und schnelle Messung mit IQs erfolgen.

3 Isolierglas: Die wichtigste Komponente bei der Fenster- und Fassadensanierung

Elmar Dohmann, Siegfried Glaser
Energy Glas

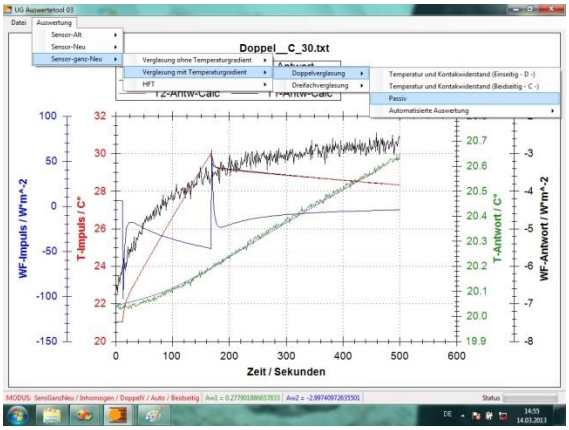
Zusammenfassung

Moderne Fenster mit 3fach-Isolierglas haben im Vergleich zu der Zeit vor 1995 eine um gut 300 Prozent verbesserte Wärmedämmung. Wer seine Fenster also austauscht, macht einen Quantensprung in Sachen Energieeffizienz, Komfort und Sicherheit. Die aktuellen, niedrigen Sanierungsraten von 1 bis 2 Prozent pro Jahr zeigen jedoch deutlich auf, dass neben politischen Maßnahmen die Notwendigkeit zur qualifizierten Analyse und Bewertung von Bestandsfenstern gegeben ist. Die Auswertung ist die Basis zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit beim Fenstertausch. Mit dem entwickelten und anwendungsgerecht umgesetzten mobilen Ug-Wert Messgerät, einer professionellen Bewertungssoftware - die vernetzte Eingaben bündelt und auswertet - und die Entwicklungen von Methoden zur Kontrolle von Leistungszusagen für Isoliergläser wurden die Ziele im Vorhaben mehr als erreicht. Über die FeC-Ergebnisse und deren Nutzenvorteile wurden die Fenster-, Fassaden- und Glasbranchen in ersten Schritten informiert und die Reaktionen getestet.

Ug- Werte messen und nicht schätzen

Isolierglas war, ist und bleibt die wichtigste energetische Komponente bei Fenster und Fassaden. Leistungseigenschaften älterer Isoliergläser sind häufig nicht eindeutig festzustellen und das Messen des Ug- Wertes - ohne Ausbau der Gläser - bietet realistische Vergleichsmöglichkeiten, die für eine Wirtschaftlichkeitsbetrachtung von Vorteil sind. Die Spezifikation der Anforderungen, die Mitarbeit bei der Findung der Konzeptlösungen, die Bewertung der Einzel- und Gesamtlösungen und die Begleitung der Tests der Sensor- Prototypen waren aktive Arbeiten von Energy Glas. Bereits die ersten Feldtests bestätigten, dass Messen oftmals deutlich von den Schätzwerten abweicht. Erfreulicherweise wurden die vorgegebenen Toleranzen bei der Messgenauigkeit mit dem Vorseriengerät nicht nur eingehalten sondern sogar unterschritten. Eine gute Basis für die Praxistauglichkeit. Uglass kann auch eine gute Lösung zur Ug-Wert Prüfung beim Isolierglashersteller sein. Bei Energy Glas wird die Qualitätsüberwachung durch die regelmäßige Messung des Ug- Wertes nach der Produktion ergänzt und man schafft damit noch mehr Sicherheit bei den Leistungszusagen von Qualitäts-Isoliergläsern.

Uglass Vorseriengerät



Screen vom Auswertetool der Entwicklungs-Software

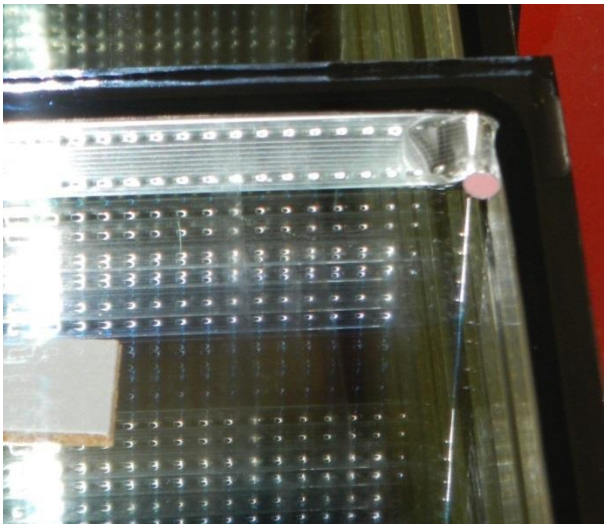
Bewertungssoftware für Bestandsfenster

Onlinetools wie Glassparrechner, Fenstersparrechner etc. sind in der Regel Herstellerprodukte aus den Glas- und Fensterbranchen und bieten keine neutralen Vergleiche. Zudem bieten sie nur grobe Abschätzungen zu alt/neu. Für genaue Bewertungen müssen professionelle Programme, z.B. Uwin, eingesetzt werden. Die Analyse der gesamten Fenster eines Objekts zeigen dann, welche Einsparpotentiale durch einen Fenstertauch bestehen und liefert damit die Basis für wirtschaftliche Bewertungen. Die Entwicklung und die Tests von Uwin wurden durch Energy Glas praxisnah unterstützt und insbesondere die Glasaspekte bei den Anforderungen und den Umsetzungen mit eingebracht. Siehe auch den 4 Beitrag Kurz und Fischer.

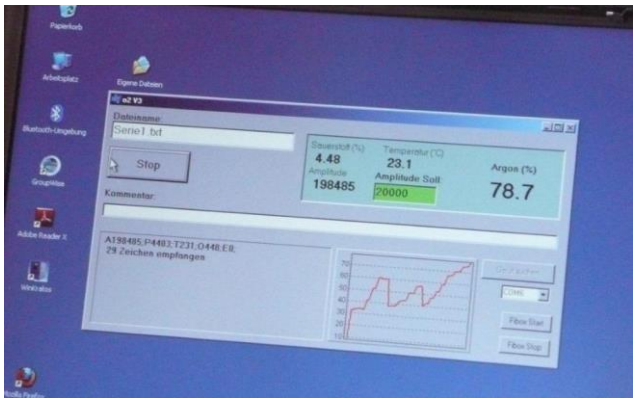
Inline-Qualitätssicherung bei der Isolierglasfertigung

Zur Qualitätskontrolle bei der Isolierglasfertigung zielte das Projekt weiterhin auf die Entwicklung eines Verfahrens zur in-situ-Bestimmung des Gasfüllgrades im Produktionsprozess. Dabei wird ein kleiner Sensorspot in den Scheibenzwischenraum eingebracht, der die Gaskonzentration sehr genau misst. Die Auslesung des Sensorspots erfolgt von außen über ein optisches Verfahren und erlaubt Messzeiten von nur wenigen Sekunden. Bei zusätzlicher Kenntnis des genauen Emissionsgrades der Beschichtung kann hieraus der Ug-Wert der Verglasung ermittelt werden. Ziel ist hierbei die Prüfung und Bestätigung der Wärmedämmeigenschaften (Ug-Wert) jeder gefertigten Isolierglaseinheit. Erste Messungen zeigten bei einem nicht geringen Anteil der Gläser deutliche Abweichungen gegenüber den vorgeschriebenen Werten. Nach Entwicklung, Prüfung und Test der Methoden zur Anordnung und Positionierung der Sensorspots in den 2fach- und 3fach-Isoliergläsern und des Auslesens der Werte wurden größere Stückzahlen unter normalen Produktionsbedingungen hergestellt. Details zu den Feldtests, der Messmethode und den Auswertungen ergeben sich aus dem ZAE- Beitrag.

Suche nach der idealen Position des Sensorspots

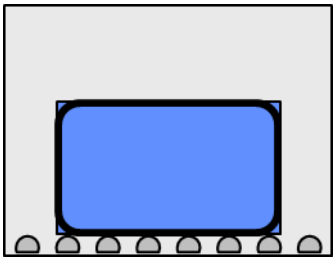


Optimale Anordnung; Nach der Verglasung durch die Glasleiste verdeckt



Auslesen und Ermitteln des Gasfüllgrades

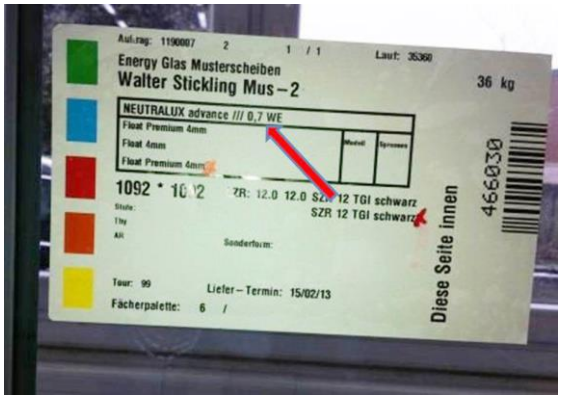
Die Abweichungen der Gasfüllgrade von den vorgeschriebenen Werten haben sich nach den umfangreichen Tests in laufender Produktion bestätigt. Gespräche mir den führenden Herstellern von Isolierglas-Produktionsanlagen, insbesondere dem Lieferanten der Anlagen bei Energy Glas, führten zu Ursachenuntersuchungen und Parallelversuchen mit ähnlichen Ergebnissen. Man hat den Handlungsbedarf erkannt und es ist davon auszugehen, dass man sich den Gasfüll- und Pressbereich kritisch vornehmen und optimieren wird.
Um eine Kontrolle der Gasfüllgrade an jeder Isolierglasscheibe und innerhalb der Taktzeiten vorzunehmen, besteht noch Forschungsbedarf bei der Modifizierung des Gasfüllprozesses, damit eine nahezu sofortige homogene Durchmischung der Gase im SZR sichergestellt ist.
Lösungsansätze konnten im Vorhaben erarbeitet und getestet werden. Die Umsetzung der schnellen Durchmischung, das Messen des Gasfüllgrades und die Übernahme der Daten zur Kontrolle der Produktüberwachung sind aktuelle Aufgaben für die Isolierglashersteller und deren Maschinenlieferanten. Nur wer zukünftig Qualität kontrolliert kann beruhigt seine Leistungszusagen machen.



Isolierglasfertigung

Prüfung

Lieferung von geprüfter Qualität



Etikett eines 3fach Isolierglases;

Der Ug-Wert ist Bestandteil der Leistungszusagen

Präsentationen der Ergebnisse, Praxistests und Ausblicke

Im Rahmen der Projektleitung durch Energy Glas erfolgten die Koordination und die direkten Beteiligungen an den Öffentlichkeitsaktivitäten. Mit Vertreten der Fenster- Fassaden und Glasbranchen wurden die FeC-Ergebnisse diskutiert, abgestimmt und die Vorteile für die energetische Fenstersanierung herausgestellt. Auf der glasstec 2012 (23.-26.10.2012) in Düsseldorf wurde Uwin erstmals der Öffentlichkeit vorgestellt und das Thema IQs andiskutiert.

glasstec 2012 in Düsseldorf;

Vorstellung von FeC- Ergebnisse

Die Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin, FB I Umwelttechnik /Regenerative Energien testete Uwin im Rahmen des Projekts „Kanalsiedlung Kleinmachnow - Wohnen im Alter im EnergiePlus-Quartier. Der denkmalgeschützte Bestand wurde mit der Software Uwin bewertet. Prof. Dr. Susanne Rexroth gab wertvolle Inputs zur Ergänzung von Uwin.

Im ZAE-Neubau wurde das Technikum mit Prototypen TT90 Fenstern aus dem HWFF-Vorhaben und 3-fach Isolierglas der Fa. Energy Glas mit Sensorspot ausgestattet. Die Spots sind so positioniert, dass man die Messungen jederzeit durchführen kann. Es soll überprüft werden, ob sich der Gasfüllgrad über einen längeren Zeitraum verändert.

ZAE- Neubau

TT90- Fenster mit Sensorspot

Beim Forschungszentrum in Jülich wurde das PtJ-Gebäude vermessen, analysiert und bewertet. Ergänzend zum Bestandsgebäude wurden auch Ug-Wert Messungen beim Neubau vorgenommen. Gegenüber den Angaben im Abstandshalter weichen die an mehreren Scheiben gemessenen Werte deutlich ab!

Neubau und Bestand

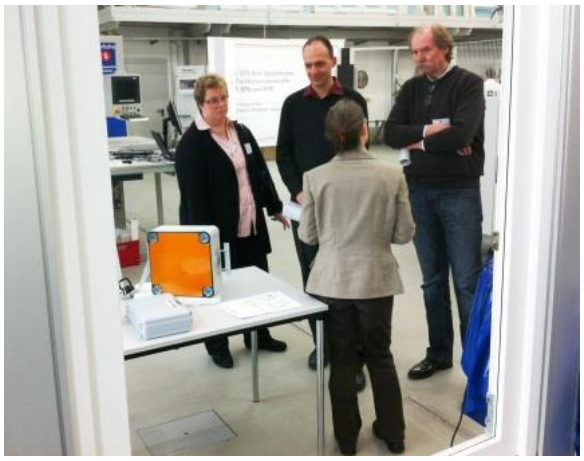
PtJ-Gebäude

Messungen im Bestand

Messungen im Neubau

Das Programm Uwin sowie das Messgerät Uglass wurden durch Kurz und Fischer beim Karlsruher Sachverständigen-Forum 2013, 06.03.2013, für Sachverständige im Bereich Bauelemente und Glas, angekündigt und mit großem Interesse aufgenommen.

Auf den VEKA TEC-Tagungen am 7. u. 8 sowie 14. u. 15. März 2013 wurden die FeC-Ergebnisse im Rahmen eines Workshops präsentiert. An den Tagungen nahmen über 700 Teilnehmer, zumeist Fensterbauer aus Deutschland, teil. Die völlig neuen Produkte Uwin und Uglass führten zu interessanten Diskussionen über die unterschiedlichen Verwendungsmöglichkeiten. Das Ug-Wert Messgerät erregte besondere Aufmerksamkeit. Die Informationen zu dem IQs-Thema wurden positiv aufgenommen. Der Fensterhersteller erwartet, dass die Leistungszusagen der Isolierglashersteller eingehalten werden und dass er die Angaben beruhigt in seine Zusagen zum Fenster aufnehmen kann. Die Einhaltung der Leistungszusagen hat eine zunehmende Bedeutung bei Niedrigenergiebauweisen, weil die knapp ausgelegten Heizquellen unplanmäßigen Mehrverbrauch nicht kompensieren können.



VEKA TEC- Tagungen

Uglass im Einsatz

Auf den 39. Aachener Bausachverständigentage, Thema: Bauen und Beurteilen im Bestand, am 15. und 16. April 2013, wird das Ug-Wert Messgerät durch das Fraunhofer Institut für Bauphysik, IBP, Stuttgart im Rahmen des Vortrags „Messtechnische Bestimmung des U-Werts vor Ort“ als FeC- Ergebnis vorgestellt.

Informationen über die weiteren Aktivitäten zu Präsentationen und Verfügbarkeiten von Uwin und Uglass erfolgen über die FensterCheck-Homepage: www.fenstercheck.info

4 Uwin - Software zur Bewertung von Bestandsfenstern

Erik Fischer, Michael Gierga, Carolin Zott
Kurz und Fischer GmbH

Zusammenfassung

Alle in der Vorhabenbeschreibung aufgeführten und der Kurz und Fischer GmbH zugeordneten Aufgaben konnten während der Projektlaufzeit, wie auch in den jeweiligen Zwischenberichten dokumentiert, mit positiven Ergebnissen ausgeführt und abgeschlossen werden.
Zum Abschluss des Projekts liegt als wesentlicher Beitrag der Kurz und Fischer GmbH eine vermarktungsfähige Software zur Bewertung von Bestandsfenstern und der mit Neufenstern erzielbaren Energieeinsparung vor, die den Anforderungen der Zielgruppe gerecht wird. Das von den Projektpartnern entwickelte Ug-Wert Messgerät wurde im Rahmen von Testläufen erprobt und die Ergebnisse wurden bewertet.

Ergebnisse

Die Kurz und Fischer GmbH hat als Grundlage für die Projektmeetings ihre Informationen aus der Berufspraxis der Beratenden Ingenieure für Bauphysik zusammengestellt. In Bezug auf das Fenster und die Verglasungen war dies insbesondere

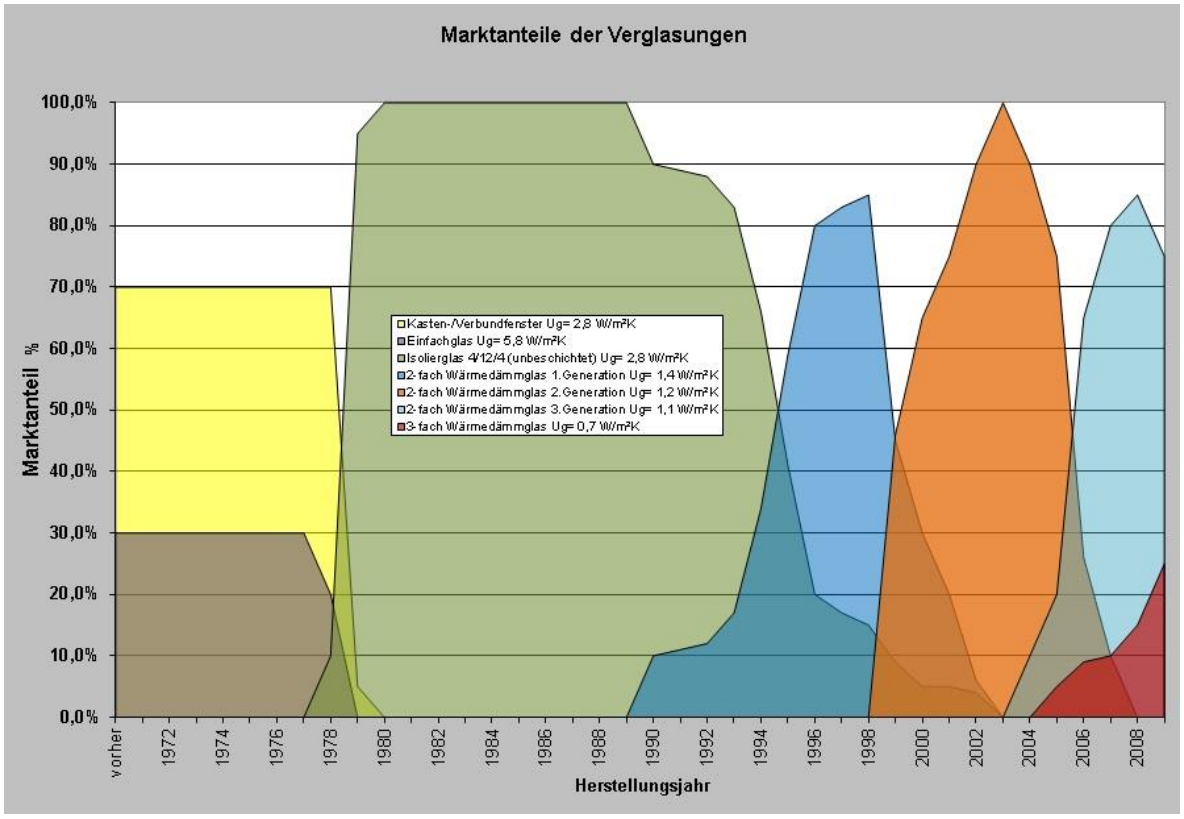
- Erkenntnisse über das Alterungsverhalten der Fenster und Verglasungen an verschiedenen typischen Objekten

- Wissen über die typischen Planungs- und Entscheidungsabläufe in Abhängigkeit von den Strukturen, z. B. bei Privatobjekten, Eigentumswohnanlagen, Bestand von Wohnungsunternehmen, kommunalen Gebäuden etc.

- Anforderungen an die Analysetools, d. h. das Messsystem und die Analyse- und Beratungssoftware.

Auf dieser Basis wurde eine Abgrenzung vorgenommen, welche Eigenschaften durch In-situ-Messung im Bestand und welche durch Augenschein und Vergleich mit zu hinterlegenden Daten zu erheben sind. Die Ergebnisse dieser Arbeit wurden in Vorgaben an die Messeinrichtung, in Vorschläge über eine Programmstruktur sowie in Grundlagen über ein Auswerte- und Bewertungsschema zusammengefasst. Bereits in einer frühen Phase des Projekts führten die Erkenntnisse zu dem Beschluss, die Entwicklung des Messgeräts auf die Verglasungen auszurichten (nicht auf ganze Fenster) und den Einfluss der übrigen Bauteile auf Grund der ausgeprägten Geometrieabhängigkeit über die zu entwickelnde Berechnungssoftware zu erfassen.

Es wurde ein Vorschlag über eine Softwarestruktur erarbeitet und dem Team zur Beratung zur Verfügung gestellt. Im Zuge des Projektverlaufs wurde diese Struktur im Dialog mit den Projektpartnern und auch externen Testern erprobt und verbessert. Die Struktur umfasst rd. 20 Eingabemasken, die je nach Aufgabe wahlweise als Auswahl, Mehrfachauswahl oder Handeingabe zu bedienen sind, wobei die Auswahltasten soweit möglich und sinnvoll mit Bildbeispielen belegt sind, so dass das Programm intuitiv bedient werden kann. Des Weiteren wurden Eingaberoutinen strukturiert, die eine schnelle, von Anfang an aussagefähige und mit weiteren Eingaben genauer werdende Rückgabe der Daten ermöglichen sollen. Zentraler Anknüpfungspunkt sind Standortdaten, weil diese an vielen Stellen im weiteren Berechnungsgang eine Rolle spielen.
Die Auswertung der Marktzahlen und Materialdaten bei Verglasungen ergab Hinweise, auf welche Weise die Daten der Bestandsfenster zu erheben sind, d. h. wann insbesondere die Messungen sinnvoll sind.

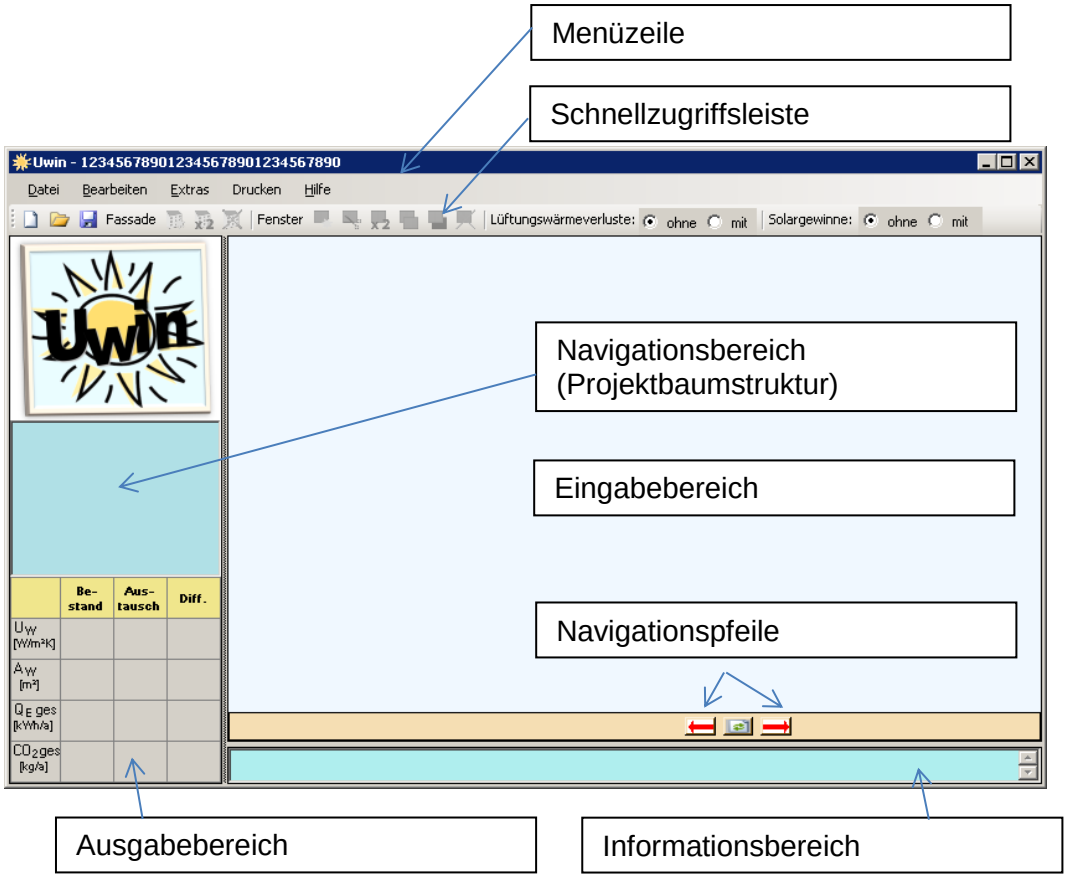


Graphische Darstellung von Verglasungsdaten: Marktanteile nach Baualter
(Daten-Quelle: BF und VFF)

Die Reportfunktion wurde so angelegt, dass bereits sehr wenige Eingaben eine erste Abschätzung des Ergebnisses ermöglichen, allerdings mit einem graphisch unterlegten Verweis auf die Belastbarkeit des Ergebnisses. Zu dem Programm wurden eine Programmbeschreibung und ein Benutzerhandbuch geschaffen. Die wesentlichen und erläuterungsbedürftigen Programmfunktionen wurden zudem mit Tool-Tip-Texten hinterlegt.
Das Programm sowie das Messgerät wurden und werden bereits bei Veranstaltungen, unter anderem beim Karlsruher Sachverständigen-Forum 2013, 06.03.2013, für Sachverständige im Bereich Bauelemente und Glas angekündigt und mit großem Interesse aufgenommen.
Im Projektverlauf wurde fristgerecht eine vermarktungsfähige Vollversion (Uwin) programmiert, unter Berücksichtigung von Optimierungsvorschlägen. Das Programm wurde von verschiedenen, auch externen Anwendern (unter anderem der Hochschule für Technik und Wirtschaft, Berlin) geprüft. Die Ergebnisse wurden kommentiert. Die Resultate daraus wurden bewertet und sind, soweit erforderlich, auch in die Endversion eingeflossen.

Eine Verwertungsstrategie liegt vor. Es soll eine kommerzielle Vermarktung des Programms, unabhängig von den entwickelten Messeinrichtungen, über die Firma webfactor media GmbH, Würzburg erfolgen.
Das von den Projektpartnern entwickelte Ug-Wert Messgerät wurde im Rahmen von Testläufen erprobt und die Ergebnisse wurden bewertet. Die Ergebnisse sind in den Berichten der Projektpartner zusammengefasst. Die Software bietet die Möglichkeit der orientierenden Berechnung der solaren Gewinne und der Lüftungswärmeverluste. Die Berechnungsgenauigkeit wird dabei nur durch die Erfassung der Gebäudeeigenschaften begrenzt, die auf eine der Aufgabenstellung angemessene Tiefe zu beschränken war. Die praktische Erprobung führte zu Programmerweiterungen bzw. Wahlmöglichkeiten bei Berücksichtigung solarer Gewinne und Lüftungswärmeverluste. Das Programm besitzt die nachfolgend beschriebenen Eigenschaften (Auszüge aus der Programmbeschreibung):
Mit Hilfe des Programms Uwin kann die Energieeinsparung im Falle eines Fensteraustausches im Rahmen der Beratung durch Unternehmen aus den Fenster-, Fassaden- und Glasbranchen prognostiziert werden. Es besitzt eine Reihe von Zusatzfunktionen.
Je nach Aufgabenstellung und Motivation muss das Programm für den Anwender entweder schnell zu Ergebnissen führen oder im Einzelfall eine genauere Berechnung ermöglichen. Das Programm geht daher zunächst von Vorgabewerten aus. Diese können Schritt für Schritt angepasst und verfeinert werden. Es liegt in der Natur der Dinge, dass bei wenig präzisen Angaben das Rechenergebnis mit einer Ungenauigkeit behaftet ist. Werden unter den verschiedenen Registerkarten die Eingaben über das Bestandsfenster präzisiert, verbessert sich auch die Qualität des Berechnungsergebnisses.

Der Anwender hat die Möglichkeit, Standardwerte für das Projekt und für Referenzfenster-Typen vorzudefinieren. Jedes neue Projekt greift auf diese konfigurierbaren Voreinstellungen zurück. Es können für die Beratung mehrere Referenz-Fenstertypen vorab hinterlegt und ausgewählt werden. Referenzfenster können importiert und verwaltet werden. Das Berechnungsergebnis (für ein einzelnes Fenster, bzw. bei mehreren Fenstern oder Fassaden das Gesamtergebnis) ist jeweils links unten in der Benutzeroberfläche abgebildet und jederzeit sichtbar. Die Benutzeroberfläche ist wie folgt aufgeteilt:



Die oberste Zeile ist die Menüzeile. Die Menüzeile umfasst die Rubriken Datei, Bearbeiten, Extras, Report und Hilfe. Häufige Funktionen aus den Menüs „Datei“ und „Bearbeiten“ sind auch über die Schnellzugriffsleiste verfügbar. Hier findet man außerdem die beiden Berechnungseinstellungen „Lüftungswärmeverluste“ und „Solargewinne“.

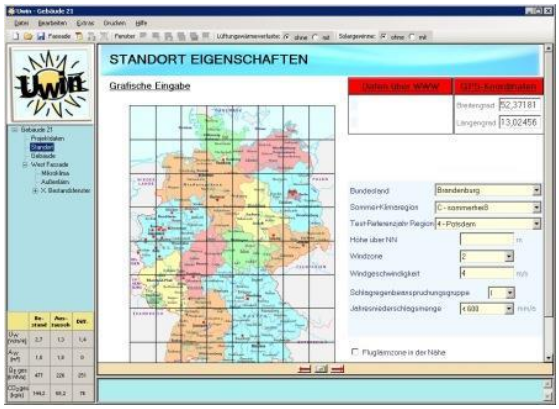
Der Navigationsbereich bildet das Projekt in hierarchischer Struktur mittels eines Projektbaums ab. Durch Anklicken der einzelnen Knotenpunkte kann direkt zur jeweiligen Dateneingabe gewechselt werden. Am Kopfpunkt des Projektbaumes steht der Dateiname. Darunter folgen die Eingabemasken für Projektdaten, Standort, Gebäude und Fassade. Die Untermenüs Projektdaten, Standort und Gebäude gibt es für jedes Projekt nur einmal.
Bei den Fassaden ist standardmäßig eine Fassade mit dem Titel Westfassade angelegt. Unter dieser Bezeichnung befinden sich Registerkarten für Mikroklima (einmal je Fassade), Außenlärm (einmal je Fassade) und Bestandsfenster. Unter dem Knotenpunkt Bestandsfenster finden sich die fensterbezogenen Eigenschaften für Rollladenkasten, Rahmeninfo, Rahmenanteil, Verglasungsinfo, Einbauinfo. Außerdem sind für jedes Fenster die Eigenschaften des Austauschfensters verknüpft. Unter dem Knotenpunkt Fassade können beliebig viele Bestandsfenster angelegt und mit Eigenschaften belegt werden.

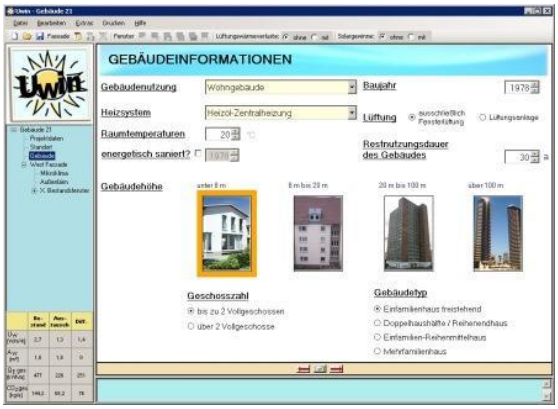
Unter dem Knotenpunkt Projekt können beliebig viele Fassaden angelegt werden. Dabei können Fassaden neu angelegt oder von bereits bestehenden Fassaden dupliziert werden.
Wird eine neue Fassade generiert, so werden die Daten der Standardeinstellung übernommen. Werden Fenster oder Fassaden dupliziert so werden die bereits vorgenommenen oder modifizierten Eingaben übernommen. Ein dupliziertes Fenster wird dabei unter derselben Fassade eingeordnet, unter der sich auch das Original befindet. Um ein Fenster einer anderen Fassade zuzuordnen, muss es über die entsprechende Funktion ausgeschnitten oder kopiert werden. Anschließend wählt der Anwender einen beliebigen Knotenpunkt der Ziel-Fassade aus. Über die nun freigegebenen Funktion Fenster einfügen erscheint das entsprechende Fenster unter der ausgewählten Fassade. Wenn das Fenster ausgeschnitten wurde, verschwindet es unter der ursprünglichen Fassade.

Bei den meisten Eingabemasken ist es auch möglich die blaue Taste „Standardwerte“ zu drücken (rechts oben in jeder Maske). Dadurch werden bereits vorgenommene Eingaben überschrieben und durch die Standardwerte ersetzt. Dabei wirkt die Taste nur auf die geöffnete Eingabemaske. Die übergeordneten Festlegungen (z. B. Standort-Daten) werden dabei nicht überschrieben. Neben der reinen Ausgabe der Energieeinsparung wird programmintern eine Reihe von Zusatzinformationen protokolliert, die das Objekt betreffen und die im Angebotsfall als wichtige Grundlage dienen können. Gleichzeitig dient das Programm der Protokollierung der Untersuchungsergebnisse. Wurden bereits mehrere Fenster eingegeben, so beziehen sich die Ergebnisse auf das Gesamtergebnis. Es wird also ein mittlerer U-Wert über die gesamte betrachtete Fensterfläche gebildet. Ebenso bezieht sich die Energieeinsparung auf die Summe aller Fenster, gegebenenfalls mit unterschiedlichen Formaten, unterschiedlicher Orientierung etc.

Die berechnete Energieeinsparung wird in kWh/m²a an Endenergie (als QE in kWh/m²a) angegeben. Je nach Einstellung in der Schnellzugriffsleiste kann das Ergebnis mit oder ohne die Berücksichtigung von Lüftungswärmeverlusten und/oder mit oder ohne die Berücksichtigung von Solargewinnen ausgegeben werden.

Die in der Registerkarte „Projektdaten“ angegebene Adresse eines zu untersuchenden Objekts (unter Objekt/Nutzer eingetragen) wird automatisch in die Registerkarte „Standorteigenschaften“ übernommen. Sofern eine Verbindung zum Internet besteht, führt das Drücken des blauen Knopfes „Daten über www“ dazu, dass sich das Programm selbstständig die fehlenden Standortdaten nämlich Bundesland, Sommerklima-Region, Testreferenzjahr Region, Höhe über NN, Windzone, Windgeschwindigkeit, Schlagregenbeanspruchungsgruppe, Jahresüberschlagsmenge aus dem Internet holt und in die Eingabemasken füllt.

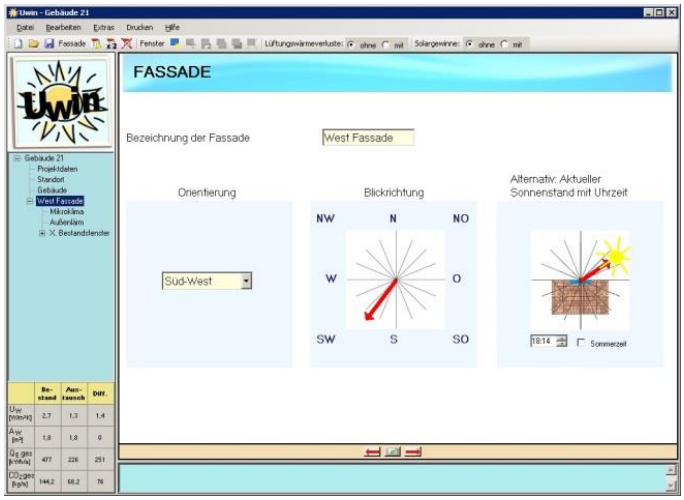




Registerkarte Standorteigenschaften

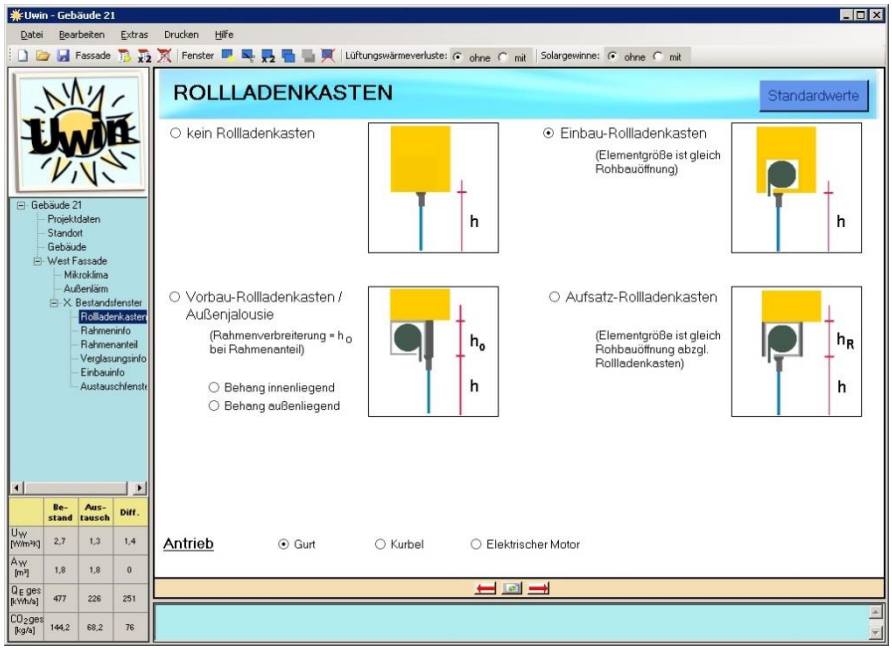
Registerkarte Gebäudeinformationen

Auch ohne Internet kann eine näherungsweise Festlegung der Eingangsgrößen erfolgen, indem man sich der Deutschlandkarte links im Bildschirm bedient. Beim Anklicken des Standortes auf der Karte mit dem Pfeil auf der Lage des Objektes werden die hinterlegten Daten direkt eingetragen. Zur Kontrolle erscheinen rechts oben als GPS-Koordinate der Breitengrad und der Längengrad. Auch hier ist eine Direkteingabe möglich z. B. wenn dem Objektberater ein GPS-Gerät zur Verfügung steht. Diese Daten können von Hand ebenfalls eingegeben werden, nachdem sie aus Karten ausgelesen wurden.
Gebäudeinformationen werden benötigt, um eine möglichst gute Annäherung der Berechnungsergebnisse an die Realität zu erzeugen. Die Gebäudeinformationen gehen sowohl in die Berechnungen für die Bestandsfenster, als auch in die Berechnungen für die Ausführungen der Austauschfenster ein. Eine nachträgliche Veränderung der Baualtersklasse verändert auch die Fenstereigenschaften, wenn diese mit dem Gebäudealter verknüpft sind. Es kann zwischen verschiedenen Gebäudearten und Heizsystemen gewählt werden. Hinterlegt sind charakteristische Jahresheizgradtagszahlen bzw. Innentemperaturen und Nutzungsintensitäten. Das Baujahr des Gebäudes wird auch für die Fenster und deren Verglasungen übernommen, kann aber jeweils individuell eingegeben werden. Die Eingabe der Gebäudehöhe ermöglicht eine Zuordnung der eingebauten Fenster in Fugendichtheitsklassen.
Für die Fenster- bzw. Fassadenorientierung bestehen drei Möglichkeiten der Angabe.
Wärmeverluste über undichte Fugen sowie der Wärmehaushalt des Fensters und die Oberflächentemperaturen am Fenster werden wesentlich durch die Windexposition und den langwelligen Strahlungsaustausch bestimmt. Da diese beiden Eigenschaften fassadenweise unterschiedlich sein können, wird das Mikroklima den einzelnen Fassaden zugeordnet.
Zur Abschätzung der Windexposition von Gebäuden sind Fotos verwendet worden, die sinnbildhaft die Windlage des Gebäudes wiedergeben sollen.



Registerkarte Fassade

Mit jedem neuen Projekt bzw. mit jeder neuen Fassade wird ein Standardfenster angelegt, das den Namen „X. Bestandsfenster“ trägt. Da baugleiche und formatgleiche Fenster mehrfach vorliegen können, kann an der obersten Stelle die Anzahl des Fensters in der Fassade vorab eingegeben werden.

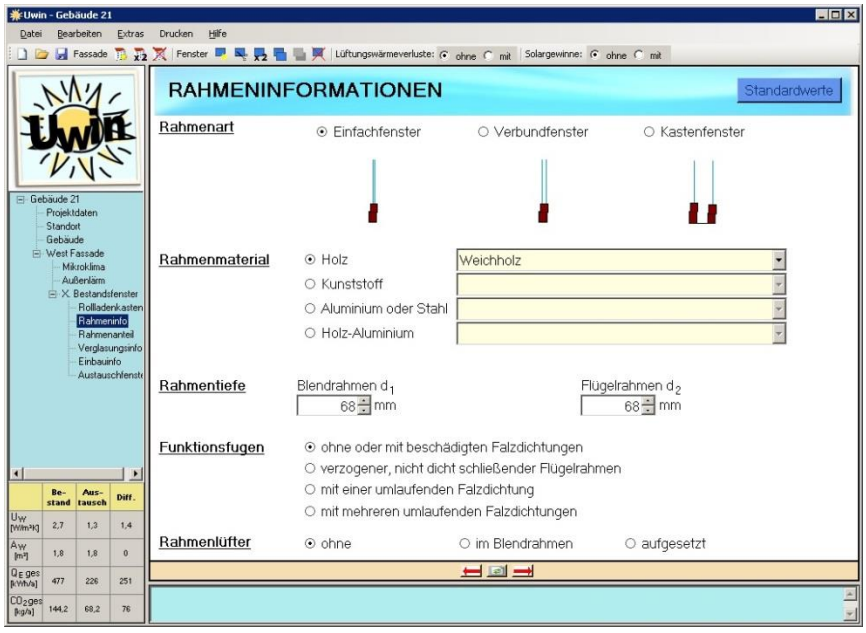


Registerkarte Rollladenkasten

Die Kenntnis der lichten Rohbauöffnung ist zur richtigen Ermittlung der Flächen und Längen für Rahmenanteil, Verglasungsanteil, Rollladenanteil, Paneelanteil, Dichtungslängen und längenbezogenen Wärmebrückenverlustkoeffizienten wichtig. Das Programm ermöglicht die Eingabe der wesentlichen Rollladen-Typen. Danach richten sich die implementierten Berechnungsmethoden.

Verschattung des Fensters

Das Programm geht in seiner Grundeinstellung davon aus, dass die Fenster durch seitliche und horizontale Verbauungen von Sonneneinstrahlen weitgehend abgeschirmt sind. Es wird auch von einer gegenüberliegenden Verbauung ausgegangen. Hierdurch ist der Beitrag der solaren Gewinne geringer als bei allen anderen Einstellungen. Durch diese Einstellungen werden die mit dem Fensteraustausch erzielbaren Energieeinsparungen etwas höher angegeben, als in der Praxis zu erwarten sein wird. Mit der Wegnahme der Verschattung werden die solaren Gewinne mit bilanziert. Diese sind bei den alten Fenstern wegen den generell höheren Gesamtenergiedurchlassgraden und den oftmals schmaleren Rahmen größer als bei den neu eingebauten Fenstern.
Das Programm errechnet die solaren Gewinne des Fensters aus dem orientierungs- und verschattungsabhängigen Strahlungsangebot. Es ist zu beachten, dass der Jahresnutzungsgrad der solaren Gewinne pauschal mit 1 angesetzt wird. In der Praxis können solare Gewinne je nach Fensterflächenanteil, Art der Nutzung, Schwere des Gebäudes und Heizungsanlage aber nur teilweise genutzt werden. Für genauere Berechnungen müssten daher die solaren Gewinnkoeffizienten jahres-, monats- oder tagesweise berechnet werden. Dazu reichen die im Programm verwendeten Eingabeparameter nicht aus. Die genauere Erfassung der solaren Gewinne wären daher Gegenstand genauerer Berechnungen (z. B. nach DIN V 18599 oder thermische Gebäudesimulation). Die Berechnung der solaren Gewinne kann im Ergebnis ebenso wie die Infiltrations-Lüftungswärmeverluste ausgeblendet werden. Hierzu befindet sich ein Button in der Menüzeile des Programms. Es werden dann nur die Transmissionswärmeverluste bilanziert.



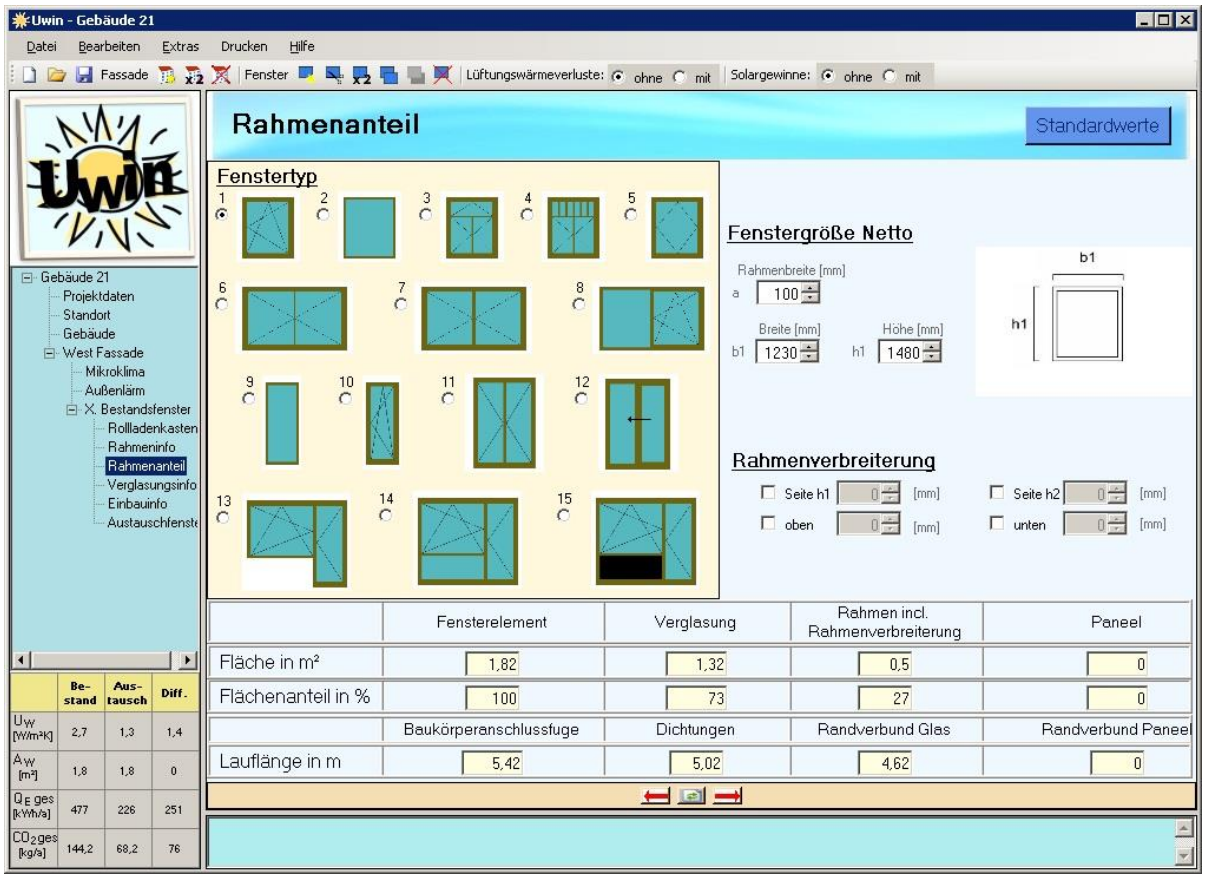
Registerkarte Rahmeninformationen

Als Grundeinstellungen sind hier ein Einfachfenster mit Holzrahmen aus Weichholz mit einer Rahmentiefe von 68 mm für Flügel- und Blendrahmen ohne Falzdichtungen und Rahmenlüfter angesetzt. Die Fensterkonstruktion muss im Rahmen der Eingabe an die tatsächlich vorhandenen Gegebenheiten angepasst werden. Es lassen sich die wesentlichen baualterstypischen Konstruktionen in Abhängigkeit vom Rahmentyp eingeben. Wegen der erheblichen Unsicherheiten bei der Bewertung von Metallfenstern wurde auf eine genauere Unterteilung der thermischen Trennung nach charakteristischen Merkmalen der Profilkernzone verzichtet.
Die Eingabe der Rahmenart bei den Holz-Aluminiumfenstern ist wesentlich für die Bewertung der Temperaturfaktoren am Glaseinstand und erfolgt hier nur informativ. Er ist für die Berechnung des U-Wertes von untergeordneter Bedeutung. Die Rahmentiefe wird bei den Holzfenstern zur Berechnung der Rahmen U-Werte nach Anhang D3 zu DIN EN ISO 10211:2010-05 verwendet.

Die Eingabe der Funktionsfugen wird bei der Bestimmung des Fugendurchlasskoeffizienten verwendet. Diese Ergebnisse haben Einfluss auf die Lüftungswärmeverluste der Bestandsfenster in Verbindung mit der Lauflänge der Fugen. Die Eingabe der Rahmentiefe ist nur bei Einfachfenstern sinnvoll, bei Verbundfenstern und Kastenfenstern ist die Eingabe inaktiv.
Die Eingabe, ob Rahmenlüfter im Blendrahmen oder aufgesetzter Form vorhanden sind, ist für die Angebotslegung wichtig und wird daher mit protokolliert.
Lüftungsanlagen in Wohnungen (dazu gehören auch Lüftungselemente, die nicht zum Fenster gehören und z. B. unter der Fensterbank angeordnet sein können) werden im Programm nicht abgebildet.

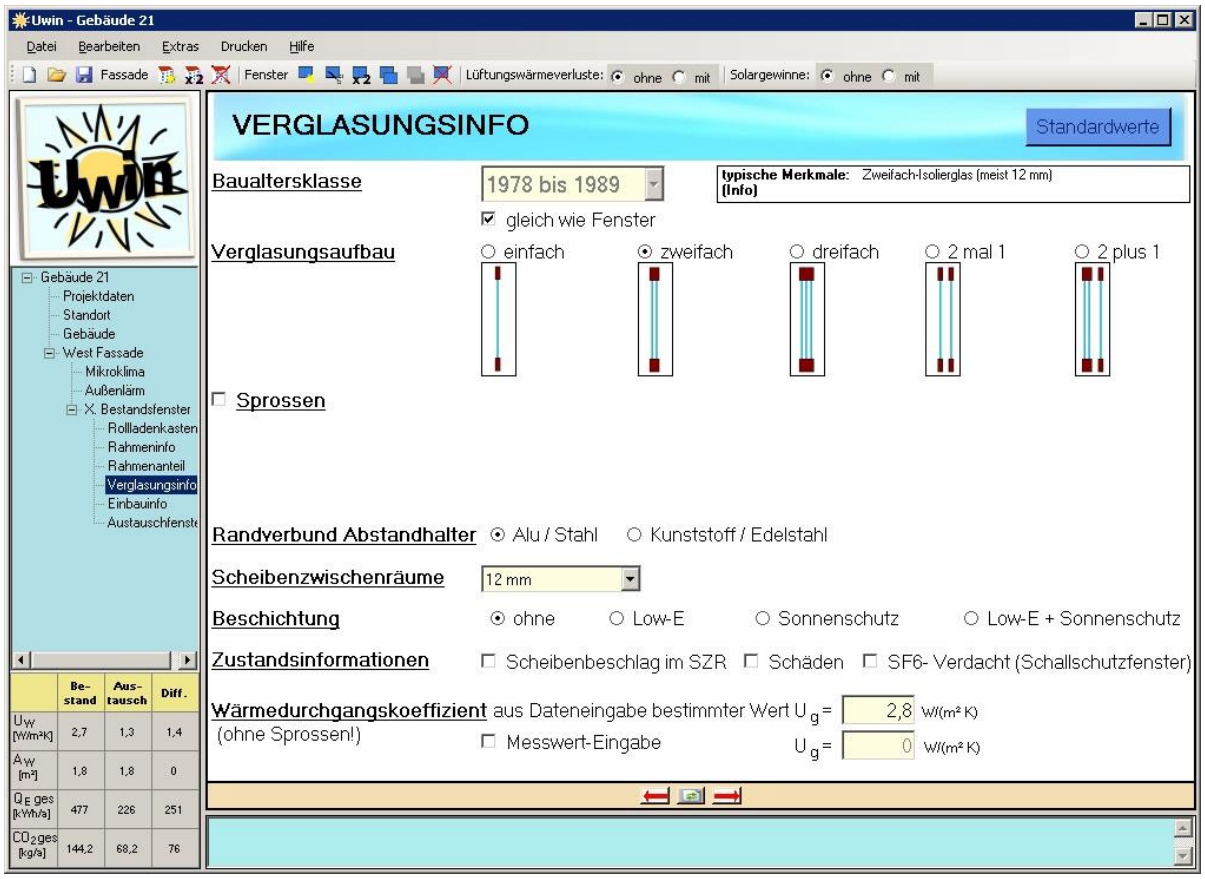
Sofern keine abweichende Eingabe erfolgt, wird grundsätzlich bei Anlegen eines neuen Projektes oder bei Betätigung des Knopfes „Standardwerte“ ein Fenster des Fenstertyps 1 mit den Maßen 1230 mm x 1480 mm generiert.

Sofern unter den Standardeinstellungen in der Registerkarte Rahmen und Verglasungen beim Fenstertyp ein anderer Fenstertyp voreingestellt wurde, so wird durch Klicken des Buttons „Standardwerte“ dieser Wert übernommen. Sollten die Einstellungen bei Rahmen und Verglasungen unter den Standardeinstellungen auf Grundeinstellungen zurückgesetzt worden sein, dann wird als Standardfenstertyp wieder der Typ 1 angenommen.



Von den sehr zahlreichen unterschiedlichen Fenstertypologien wurden im Programm 15 im Wohnungsbau überwiegend vorkommende Grundtypen implementiert. Dachflächenfenster können als Dreh- oder Schwing-flügeltyp (5) definiert werden. Bei Sonderformen, wie z. B. Rundlingen oder trapezförmigen Fenstern müssen gegebenenfalls sinnvolle Annäherungen getroffen werden. Für die Beurteilung eines Gesamtobjektes sind diese besonderen Einzelfenster meistens nicht entscheidend.
Aus den 15 anwählbaren Grundtypen und den abgefragten Geometriedaten werden die charakteristischen Daten der Fensterelemente generiert.
So ergibt sich die Gesamtfläche der Fensterelemente aus der Summe der Rahmenanteile, Verglasungsanteile und Paneelanteile als Absolutwert. Ausgegeben werden ebenso die Flächen der Verglasung und des Rahmens als Absolutwerte sowie als Prozentwerte. Beim Fenstertyp 15 wird zusätzlich die Fläche der Paneelfüllung angegeben.

Das Programm liefert als Berechnungsergebnis zusätzlich die Länge der Baukörperanschlussfugen, der Fensterdichtungen (einfach) und der Randverbunde für Glas und Paneele.
Notwendige Eingaben sind lediglich die charakteristischen Maße h1 bzw. h2 sowie b1 bzw. b2. Die Bedeutung der Maße ist in den Skizzen rechts oben in der Eingabemaske erläutert, die dem jeweiligen Fenstertyp zugeordnet sind. Die Größen h2 und b2 werden nur benötigt, wenn das Fensterelement zusammengesetzt ist und unterschiedliche Höhen und Breiten vorkommen.
Beim Fenstertyp 13 wird als Ausnahme noch die Option geboten, unterhalb des Fensters neben der Terrassentür, eine zusätzliche Rahmenverbreiterung zu definieren (typischerweise für Blumenfenster). Diese ist unabhängig von der sonst möglichen Eingabe einer Rahmenverbreiterung unten und unterscheidet sich von dieser.
Für alle Fenstertypen können Rahmenverbreiterungen seitlich und oben eingegeben werden. Die Berechnungsergebnisse der Flächen und Lauflängen werden diesen Angaben jeweils direkt angepasst.



Registerkarte Verglasungsinfo

Sofern keine Eingabe eines Baujahres abweichend vom Baualter des Fensters erfolgt wird das Baualter des Fensters übernommen. Wenn das Baualter des Fensters nicht gesondert ausgewiesen ist, wird das Baualter des Gebäudes übernommen.
Die Grundeinstellung ist eine Baualtersklasse entsprechend dem Fenster. Wird das Häkchen deaktiviert, lässt sich die Baualtersklasse mit dem Pull-down-Menü sinnvoll auswählen.
Es lassen sich unter der Rubrik Verglasungsaufbau Einfach-, Zweifach- und Dreifachverglasungen als Isolierglaseinheiten auswählen. Dazu kommt für die Doppelfenster die Konstellation 2 x 1, sowie für besondere Doppel- oder Kastenfensterkonstruktionen auch die Konstellation 2 + 1.
Die 2+1-Scheibe ist eine Bauform, die bisher nur in Sonderfällen und in aller Regel nur mit einer luftgefüllten Isolierglaseinheit ohne Low-e-Beschichtungen vorkommt. Für diesen Fall wurden die Werte eingestellt. Bei allen anderen Bauformen mit Isolierglaseinheiten und Zusatzscheibe ist der U-Wert so gut, dass man über einen Austausch ohnehin in nächster Zeit nicht nachdenken wird. Für gealterte Scheiben diesen Typs wäre wiederum die Einstellung für luftgefüllte Gläser ohne low-e-Beschichtung zutreffend.
Die berechneten *U*g-Werte der Verglasung werden neigungsabhängig mit Korrekturen versehen. Das Tool eignet sich daher auch für Verglasungen bei Dachflächenfenster und für Wintergärten.
Besitzt das Bestandsfenster Sprossen, dann erscheint ein Auswahlmenü, bei dem die Art der Sprossen entsprechend der Einteilung nach DIN 4108-4:2013-02, Tabelle 10 genauer bezeichnet werden kann.

Bei der Bewertung von Bestandsfenstern ist der Abstandhalter zu unterscheiden.

Report-Funktion (Drucken) und Datenübergabe: Die Daten werden programmintern im XML-Format abgelegt. Die U*win*-Projekt-Datei kann als .XML- oder .TXT-Datei geöffnet und von Folgeprogrammen ausgewertet werden. Alle Druckfunktionen des Programms sind unter dem Menüpunkt „Drucken“ in der Menüleiste zusammengefasst. Es können zwei Versionen gedruckt werden: umfassender Bericht und Kurzbericht. Der umfassende Bericht enthält alle eingegebenen Parameter jedes einzelnen Fensters.

Die Ergebnisse aus den Messungen mit dem U-Wert Messgerät Uglass können direkt in das Programm eingegeben werden. Dadurch wird die Berechnung mit realitätsnahen Eingabedaten ermöglicht.

Ausblick

Die Erfahrungen bei der Erprobung und ersten Messergebnisse an ausgeführten Objekten in der Praxis deuten auf ein künftiges breites Anwendungsgebiet des Messgeräts für die U-Wert Messung vor Ort und in diesem Zuge auch auf eine intensive Nutzung der Bewertungssoftware U*win* hin.

Darüber hinaus ist der Einsatz der Software auch und insbesondere auch unabhängig von dem Messgeräteeinsatz bei der Beratung von Endkunden am Objekt insbesondere durch Fachkräfte der Fensterbranche sowie durch Energieberater zu erwarten, da sich bei der Erprobung eine hohe Flexibilität des Programms im Hinblick auf unterschiedliche Aufgabenstellungen (von der Schnellprüfung am Einzelfenster bis zur Erfassung ganzer Fassaden oder Gebäude) gezeigt hat.

Die bereits erwähnten Messergebnisse an ausgeführten, auch sehr jungen Objekten mit dem Uglass Messgerät hat Hinweise ergeben, dass ein Einsatzbereich der entwickelten Werkzeuge nicht nur bei der Bewertung des Altbaubestands sondern auch in der Qualitätssicherung am Neubau, zu erwarten ist. Es werden daraus resultierend Impulse erwartet, die zu einer weiter verbesserten Qualitätssicherung in der Isolierglasproduktion führen werden. Damit werden die übergeordneten Ziele des nachhaltigen und energiesparenden Bauens gestützt. Die bisherigen Ergebnisse haben die Wichtigkeit einer möglichst breiten Anwendung bestätigt.

5 Energetische Schwachstelle Anschlussfugen

Ist-Aufnahme, Bewertung und Anwendungsanalyse von bestehenden und neuen Anschlussfugen von Fenstern in der Gebäudehülle, Einbringen der Erfahrungen eines Abdichtungsherstellers.

Frank Wörmann
Tremco illbruck

Aufgabe im Vorhaben

Im Rahmen des Verbundprojektes „FensterCheck“ beteiligte sich die Firma Tremco illbruck als Hersteller von Abdichtungssystemen an der Umsetzung der Projektziele. Das Produktsortiment der Anschlussfugenabdichtung von Tremco illbruck wird sowohl im Neubau wie auch in der Sanierung eingesetzt. Eine ständige Weiterentwicklung der Abdichtungsprodukte ist oberstes Ziel, damit Bauschäden dauerhaft verhindert und Energieverluste langfristig minimiert werden. Umfangreiche und aufwendige Analysen waren notwendig um eine genau und gesicherte Datenbasis für ein Bewertungstool zu schaffen.

- Erarbeitung der Konzepte und Spezifikationen mit Festlegung der Ziele
- Anwendungsanalyse und Verwertungsstrategie von **Ug***lass*-Messgerät und **Uwin**-Bewertungstool.
- Bewertung der Messgerätkonzepte aus Anwendersicht.
- Aufnahme der Rahmen und Einbausituation bezüglich Abdichtungssysteme
- Bereitstellung von Abdichtungssystemen unterschiedlicher Altersgruppen zur thermischen Charakterisierung.
- Klassifizierung von Anschlussfugen nach dem Zeitraum des Einbaus.
- Begleitung der Alterungsuntersuchungen und -prüfungen.
- Entwicklung von Optimierungsmaßnahmen zur Verbesserung der Langzeitdichtigkeit von Fenstern (Dichtungsmaterialien mit verbessertem Alterungsverhalten, neue Dichtungskonzepte).
- Herstellung von optimierten Dichtungsmaterialien und -systemen sowie Bereitstellung dieser für thermische Tests.
- Analyse und Bewertung des Alterungsverhaltens.
- Bereitstellung von Know-how bezüglich Alterungseffekten von Dichtungsmaterialien im Bestand.
- Bewertung des Konzeptes für das Softwaretool.
- Test und Bewertung der Demoversionen von Uwin, Erarbeitung von Optimierungsvorschlägen.
- Bereitstellung von Dichtungsmaterialien (konventionell und optimiert) zur Herstellung von Musterfenstern für die Öffentlichkeitsarbeit.

Zusammenfassung

Alle in der Vorhabenbeschreibung „FensterCheck“ aufgeführten und der Firma Tremco illbruck zugeordneten Aufgaben konnten während der Projektlaufzeit, wie auch in den jeweiligen Zwischenberichten dokumentiert, mit positiven Ergebnissen ausgeführt und abgeschlossen werden.

Da ein Softwaretool nur so gut wie seine Datenbasis ist, musste für den Teil der Analyse „Untersuchung von Anschlussfugen im Bestand“ ein großer Aufwand betrieben werden.

Untersucht wurden Fenster, Glas und Anschlüsse von den Jahren 1971 bis 2010. Dabei wurden auf Baustellen der Fugenaufbau systematisch erfasst und bewertet.

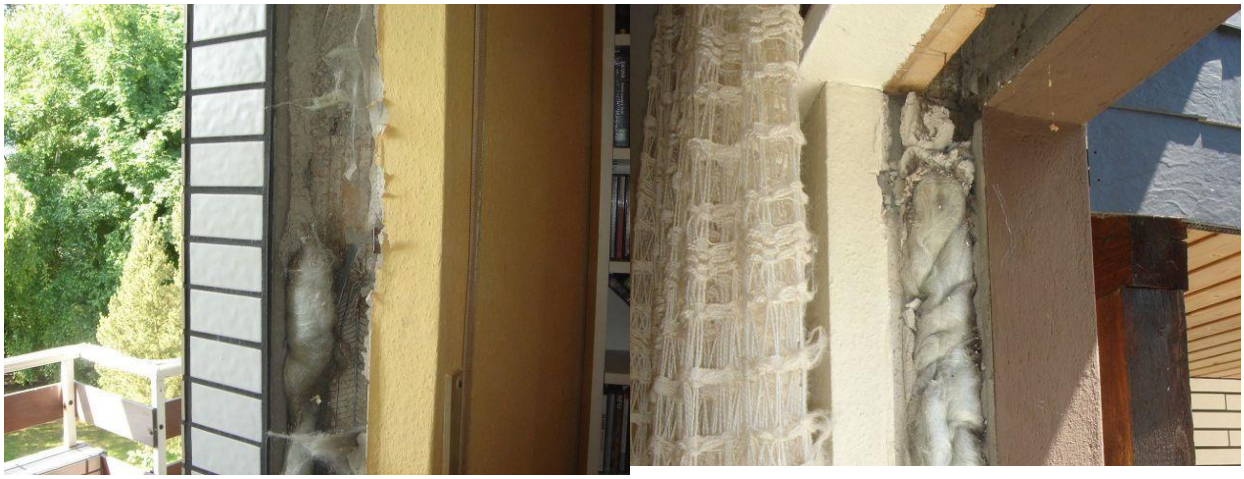


Abb. 10: Fugenanschluss in der Sanierung

Bei der Sanierung wurden optimierte Abdichtungssysteme eingesetzt.

Abb. 2: Fugenanschluss nach der Sanierung

Diese Ergebnisse ergaben eine Bewertungstabelle über die einzelnen U-Werte der verschiedenen Fenstersysteme im Bestand.

Produzierte Fenster in Deutschland		1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	
U-Werte, Stand 2003-2010											
Markt gesamt											
In Mio. Einheiten, 1 Einheit = 1,69 m2		12,3	14,4	14,8	15,6	15	14,6	15,1	15,3	17,5	
Glastypen in %											
Einfachglas	Ug= 5,8 W/m²K	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	20,0%	0,0%	
Kasten-/Verbundfenster	Ug= 2,8 W/m²K	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	5,0%	
Isolierglas 4/12/4 (unbeschichtet)	Ug= 2,8 W/m²K								10,0%	95,0%	10
2-fach Wärmedämmglas 1.Generation	Ug= 1,4 W/m²K										
2-fach Wärmedämmglas 2.Generation	Ug= 1,2 W/m²K										
2-fach Wärmedämmglas 3.Generation	Ug= 1,1 W/m²K										
3-fach Wärmedämmglas	Ug= 0,7 W/m²K										
U-Werte Rahmentypen											
Holz-Einfachfenster (Hartholz)	Uf= 1,9 W/m²K	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	95,0%	10
Holz-Einfachfenster (Weichholz)	Uf= 1,5 W/m²K	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	
Holz-Kastenfenster (Hartholz)	Uf= 1,4 W/m²K	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	5,0%	
Holz-Einfachfenster (Typ 1)	Uf= 1,1 W/m²K										
Holz-Einfachfenster (Typ 2)	Uf= 0,9 W/m²K										
	Mittl. Uf-Wert W/m²K	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60	1,90	
Kunststoff-Fenster 2-kammrig	Uf= 2,2 W/m²K	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	10
Kunststoff-Fenster 3-kammrig	Uf= 1,8 W/m²K										
Kunststoff-Fenster mehr-kammrig (Typ 1)	Uf= 1,4 W/m²K										
Kunststoff-Fenster mehr-kammrig (Typ 2)	Uf= 1,1 W/m²K										
Kunststoff-Fenster mehr-kammrig (Typ 3)	Uf= 0,9 W/m²K										
	Mittl. Uf-Wert W/m²K	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	2,2	
Alu-Fenster Rahmenmaterialgruppe 3	Uf= 7,0 W/m²K	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	90,0%	
Alu-Fenster Rahmenmaterialgruppe 2.3	Uf= 5,0 W/m²K									10,0%	10
Alu-Fenster Rahmenmaterialgruppe 2.2	Uf= 3,8 W/m²K										
Alu-Fenster Rahmenmaterialgruppe 2.1	Uf= 3,0 W/m²K										
Alu-Fenster Rahmenmaterialgruppe 1	Uf= 2,2 W/m²K										
Alu-Fenster heute (Typ 1)	Uf= 1,9 W/m²K										
Alu-Fenster heute (Typ 2)	Uf= 1,4 W/m²K										
Alu-Fenster heute (Typ 3)	Uf= 1,1 W/m²K										
Alu-Fenster heute (Typ 4)	Uf= 0,9 W/m²K										
	Mittl. Uf-Wert W/m²K	7	7	7	7	7	7	7	7	6,8	
Holz-Metall-Fenster (Typ 1)		100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	10
Holz-Metall-Fenster (Typ 2)											
Holz-Metall-Fenster (Typ 3)											
Holz-Metall-Fenster (Typ 4)											
	Mittl. Uf-Wert W/m2K	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	1,7	
Alle Fensterrahmenmaterialien	**Mittl. Uf-Wert W/m²K**	4,1	4	3,9	3,7	3,7	3,5	3,5	3,4	3,4	
Mittlerer UW-Wert aller Fenster nach T	**W/m²K**	3,8	3,8	3,8	3,7	3,7	3,6	3,7	3,4	3	
Durchschnittlicher UW-Wert 1971 - 1978		3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7	3,7		
Durchschnittlicher UW-Wert 1979 - 1994										2,8	
Durchschnittlicher UW-Wert 1995 - 2001											
Durchschnittlicher UW-Wert 2001 - 2007											
Durchschnittlicher UW-Wert 2008 - 2009											
Abdichtung	**Mittl. U-Wert W/m²K**	4,1	4	3,9	3,7	3,7	3,5	3,5	3,4	3,4	
Durchschnittlicher UW-Wert vor 1971	mit Mörtel/Luft	3,0									
Durchschnittlicher UW-Wert 1971 - 1978	mit Stopfschnur	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4		
Durchschnittlicher UW-Wert 1979 - 1994	nur Ortsschaum									1,0	
Durchschnittlicher UW-Wert 1995 - 2001	mit Ortsschaum/Bändern/Silikon										
Durchschnittlicher UW-Wert 2001 - 2007	3 Ebenen Abdichung										
Durchschnittlicher UW-Wert 2008 - 20011	Multifunktionsbänder										

Abb. 3: Ausschnitt: U-Werte Fenster/Glas/Anschluss nach Jahren von 1971 bis 1980

Diese Daten wurden dem Partner Ingenieurbüro und Softwareentwicklung Kurz und Fischer GmbH zur Verfügung gestellt. Aufgrund dieser fundierten Analysenergebnisse, konnte eine noch nie dagewesene genaue Bewertung von Fenstern im Bestand vorgenommen werden.

Ergebnisse

Im Rahmen dieses Projektes konnte ein Bewertungstool für die Fenstersanierung entwickelt werden. Durch die langjährigen Erfahrungen der Firma Tremco illbruck bei der Entwicklung, der Produktion und dem Einsatz von Abdichtungssystemen konnte dieses umfangreiche Wissen in den Aufbau der Software fließen.

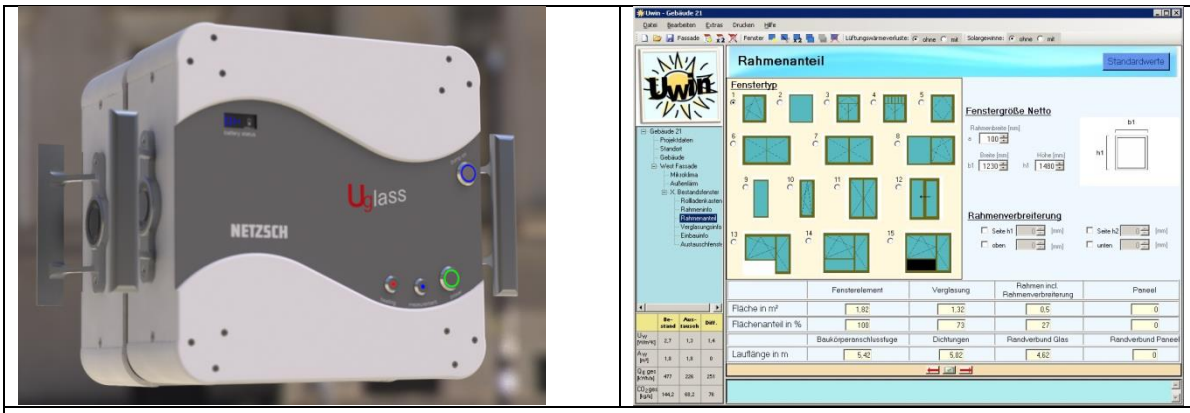


Abb. 4: Ug*lass*-Messgerätes und Uwin Software

Ziel war die Anwendung des **Ug***lass*-Messgerätes und der ***U*$_w$in** Software durch Fensterberater vor Ort an der Baustelle. Durch zahlreiche scharfe Testläufe wurde die Software optimiert und alltagstauglich gemacht. Der Einsatz erleichtert nun die Bewertung alter Fenster, liefert wissenschaftliche Ergebnisse und hilft bei den Maßnahmen zur Energieeinsparung.

Ausblick

Die erfolgreiche Umsetzung der Ziele dieses Projekts sind der Grundstein für eine aktive Bewertung von Gebäuden im Bestand. Mithilfe dieses Bewertungstools und des Glasmessgerätes ist es nun nicht mehr eine Abschätzung und Vermutung ob Fenster ausgetauscht werden müssen. Vielmehr können nun genaue Daten die Entscheidung untermauern und wissenschaftlich belegen. Oft wird im Altbau die Anschlussfuge optisch beurteilt und Zugerscheinungen werden zielgerichtet abgestellt. In vielen Fällen ist aber der U-Wert des alten Fensters schlechter als vermutet. Ein Fenstertausch wird dann herausgezögert und eine sinnvolle Energieeinsparung und CO_2-Reduktion verzögert.

Mit der neuen speziellen Software ***U*$_w$in** und dem ***Ug***lass-Messgerät kann nun sehr genau der Uw-Wert in Abhängigkeit vom Verglasungstyp, Rahmenmaterial und Anschluss im eingebauten Zustand ermittelt werden. Nun ist es Beratenden Ingenieuren, Architekten und Herstellern (Fenster und Glas) vor Ort möglich, die Situation energetisch und ökonomisch zu bewerten. Die dabei gewonnenen Daten geben Aufschluss über mögliche Energieeinsparpotenziale bei der Gebäudesanierung und bieten wichtige Hinweise für die Hersteller zur Weiterentwicklung von Verglasung, Rahmen und Abdichtungssystemen.

Die Firma Tremco illbruck wird bei Montageschulungen und Fachmessen diese beiden sinnvollen Beurteilungstools dem Fachpublikum vorstellen. Wünschenswert ist eine weiter Betrachtung der bauphysikalischen Vorgänge im Fensterprofil und der Anschlussfuge.
Durch die immer besser gedämmten Fenster steigt die Gefahr des Tauwasserausfalls und damit der Schimmelpilzbildung. Hier sollten umfangreiche Untersuchungen an bewohnten Gebäuden stattfinden um die Anbindung Fenster zum Baukörper zu optimieren und dauerhaft von Bauschäden zu schützen.

6 Qualifizierte Bewertungen und Beratungen beim Fenstertausch

Michael Madecki
Walter Stickling GmbH

Zusammenfassung

Es gab technische Arbeitstreffen zur Abstimmung und Modifizierung von Messtechniken für Fenster, Fassade und Gebäude. Die Voraussetzungen und Vorbereitungen zur Herstellung dieser Messtechniken wurden mit den beteiligten Partnern festgelegt. Bei den Konzepten und Entwicklungen der Messsysteme brachte Stickling die Erfahrung und Vorschläge mit ein. Bei den Detailfragen und Lösungen wurde besonders auf die Anwenderproblematik und eine einfache Anwendung geachtet. An der Diskussion um die Handhabung des ***Ug***lass-Messgerätes und der ***U***$_w$in-Software hat sich die Firma Walter Stickling beteiligt. Hier wurde insbesondere auf eine Gebrauchstauglichkeit und eine möglichst bequeme Handhabung Wert gelegt.
Die Bewertung der Uf-Werte (Fenster-Rahmen) und Ug-Werte (Glas) wurden über die Tabellen des Verbandes Fenster und Fassadenhersteller sowie des Bundesverband Flachglas ermittelt.

Aufgabe im Vorhaben

Mitarbeit bei der Entwicklung, Anwendungsalalyse und Verwertungsstrategie des Uglass-Messgerätes und Softwaretool ***U***$_w$in. Test und Bewertung des ***Ug***lass-Messgerätes und Softwaretool Uwin aus Anwendersicht. Bereitstellung von Verglasungen und Fenstern unterschiedlicher Altersgruppen. Herstellung und Bereitstellung von Muster- und Testfenstern.

U-Werte Fenster / Glas / Rahmen nach Jahren von 1971 – 1976 (Tabelle bis 2009 möglich)

VFF/BF – Mehr Energie sparen mit neuen Fenstern 8

Anhang 1

Produzierte Fenster in Deutschland *			1971	1972	1973	1974	1975	1976
U-Werte, Stand 03-2010								
Fenstermarkt Produktionszahlen								
Holz	In Mio. Einheiten, 1 Einheit = 1,69 m²		5,6	6,8	7,0	7,6	7,0	6,7
Kunststoff			1,0	1,3	1,7	2,0	2,5	3,0
Aluminium			5,7	6,3	6,1	6,0	5,5	4,9
Holz-Aluminium			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Markt gesamt			**12,3**	**14,4**	**14,8**	**15,6**	**15,0**	**14,6**
* Quelle: VFF (Summen gerundet)								
Glastypen in %								
Einfachglas	U_g= 5,8	W/m²K	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%
Kasten-/Verbundfenster	U_g= 2,8	W/m²K	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%
Isolierglas 4/12/4 (unbeschichtet)	U_g= 2,8	W/m²K						
2-fach Wärmedämmglas 1.Generation	U_g= 1,4	W/m²K						
2-fach Wärmedämmglas 2.Generation	U_g= 1,2	W/m²K						
2-fach Wärmedämmglas 3.Generation	U_g= 1,1	W/m²K						
3-fach Wärmedämmglas	U_g= 0,7	W/m²K						
Glastypen in Mio. m²								
Einfachglas			4,4	5,1	5,3	5,5	5,3	5,2
Kasten-/Verbundfenster			10,2	11,9	12,3	12,9	12,4	12,1
Isolierglasglas 4/12/4 (unbeschichtet)			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2-fach Wärmedämmglas 1.Generation			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2-fach Wärmedämmglas 2.Generation			0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2-fach Wärmedämmglas 3.Generation								
3-fach Wärmedämmglas								
Anteil Fenster mit „warmer Kante" (Psi-Wert von 0,06 W/K)								
	Mittl. U_f-Wert	**W/m²K**	**3,7**	**3,7**	**3,7**	**3,7**	**3,7**	**3,7**
U-Werte Rahmentypen								
Holz-Einfachfenster (Hartholz)	U_f= 1,9	W/m²K	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%	30,0%
Holz-Einfachfenster (Weichholz)	U_f= 1,5	W/m²K	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
Holz-Kastenfenster (Hartholz)	U_f= 1,4	W/m²K	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%	70,0%
Holz-Einfachfenster (Typ 1)	U_f= 1,1	W/m²K						
Holz-Einfachfenster (Typ 2)	U_f= 0,9	W/m²K						
	Mittl. U_f-Wert	**W/m²K**	**1,6**	**1,6**	**1,6**	**1,6**	**1,6**	**1,6**
Kunststoff-Fenster 2-kammrig	U_f= 2,2	W/m²K	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Kunststoff-Fenster 3-kammrig	U_f= 1,8	W/m²K						
Kunststoff-Fenster mehr-kammrig (Typ 1)	U_f= 1,4	W/m²K						
Kunststoff-Fenster mehr-kammrig (Typ 2)	U_f= 1,1	W/m²K						
Kunststoff-Fenster mehr-kammrig (Typ 3)	U_f= 0,9	W/m²K						
	Mittl. U_f-Wert	**W/m²K**	**2,2**	**2,2**	**2,2**	**2,2**	**2,2**	**2,2**
Alu-Fenster Rahmenmaterialgruppe 3	U_f= 7,0	W/m²K	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Alu-Fenster Rahmenmaterialgruppe 2.3	U_f= 5,0	W/m²K						
Alu-Fenster Rahmenmaterialgruppe 2.2	U_f= 3,8	W/m²K						
Alu-Fenster Rahmenmaterialgruppe 2.1	U_f= 3,0	W/m²K						
Alu-Fenster Rahmenmaterialgruppe 1	U_f= 2,2	W/m²K						
Alu-Fenster heute (Typ 1)	U_f= 1,9	W/m²K						
Alu-Fenster heute (Typ 2)	U_f= 1,4	W/m²K						
Alu-Fenster heute (Typ 3)	U_f= 1,1	W/m²K						
Alu-Fenster heute (Typ 4)	U_f= 0,9	W/m²K						
	Mittl. U_f-Wert	**W/m²K**	**7,0**	**7,0**	**7,0**	**7,0**	**7,0**	**7,0**
Holz-Metall-Fenster (Typ 1)	U_f= 1,7	W/m²K	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%	100,0%
Holz-Metall-Fenster (Typ 2)	U_f= 1,3	W/m²K						
Holz-Metall-Fenster (Typ 3)	U_f= 1,1	W/m²K						
Holz-Metall-Fenster (Typ 4)	U_f= 0,9	W/m²K						
	Mittl. U_f-Wert	**W/m²K**	**1,7**	**1,7**	**1,7**	**1,7**	**1,7**	**1,7**
Alle Fensterrahmenmaterialien	**Mittl. U_f-Wert**	**W/m²K**	**4,1**	**4,0**	**3,9**	**3,7**	**3,7**	**3,5**
Mittlerer U_w-Wert aller Fenster nach Tab.		**W/m²K**	**3,8**	**3,8**	**3,8**	**3,7**	**3,7**	**3,6**
Durchschnittlicher U_w-Wert 1971 - 1978						**3,7**		
Durchschnittlicher U_w-Wert 1979 - 1994								
Durchschnittlicher U_w-Wert 1995 - 2001								
Durchschnittlicher U_w-Wert 2001 - 2007								
Durchschnittlicher U_w-Wert 2008 - 2009	**(Stand der Technik)**							

Berechnung der U_w-Werte nach DIN EN ISO 10 077 Teil 1
Berechnung der Glasmengen nach DIN EN ISO 14351-1
* Zahlen bis 1990 für die BRD

Eingabekriterien für Uwin wurden mit den Partnern erarbeitet

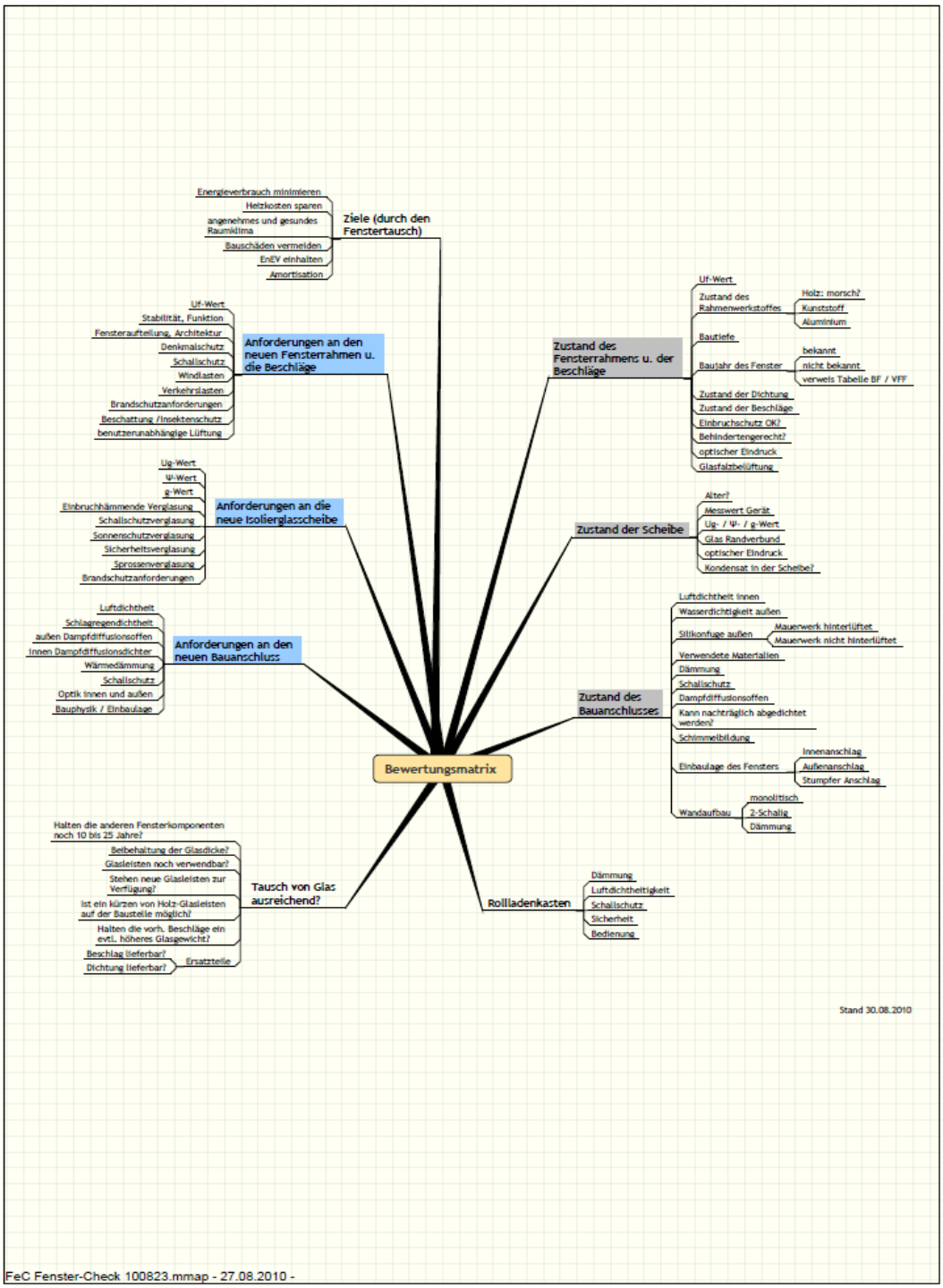
Softwaretool FeC
1. Grunddaten

Softwaretool FeC
2. Das Gebäude

Softwaretool FeC
3. Der Rahmen

Softwaretool FeC
4. Die Scheibe

Bewertungskriterien U-Win wurden festgelegt



Die Software Uwin, die von Kurz und Fischer erstellt wurde, konnte von der Firma Stickling praxisnah bei Kunden und Bauvorhaben getestet und bewertet werden.
Aktuell handelt es sich hierbei um das BV „Ehemalige Textilberufsschule Bielefeld“.

Ergebnisse

Bei den regelmäßigen Arbeitstreffen wurde von der Arbeitsgemeinschaft VEKA / Tremco illbruck / Stickling eine Bewertung von sanierungsbedürftigen Fenstern durchgeführt, die als Grundlage für die Entwicklung herangezogen wurde. Die Ergebnisse und Sachstände innerhalb der Teilaufgaben und im Gesamtprojekt wurden bearbeitet und bewertet, so dass ein Abschluss möglich ist.
Für den Neubau ZAE in Würzburg wurden von der Firma Stickling TT90 Fenster (Projekt HWFF) gefertigt und montiert incl. 3-fach Verglasung der Firma Energy-Glas in denen Kontrollsensoren IQs eingebaut wurden, mit denen in der Produktionsphase der Gasfüllgrad geprüft werden kann.

Ausblick

Mit der neuen speziellen Software Uwin und dem Uglass-Messgerät kann man sehr genau den Uw-Wert von Alt- und Neu-Fenstern ermitteln. Bei einer energetischen Beratung ist es jetzt möglich, vor Ort die Situation auch ökonomisch zu bewerten. Die dabei gewonnenen Daten bieten wichtige Hinweise zur Energieeinsparung sowie den Vertrieb von Fenster, Türen und Glas. Beide Produkte werden durch Stickling zur erweiterten Fachberatung eingesetzt. Stickling tritt damit am Markt noch kompetenter als Fensterhersteller für energetische Fragen zur Fenstersanierung auf. Im Rahmen von Montageschulungen (Kundenkreis Fachhandel), die in regelmäßigen Abständen im Hause Stickling durchgeführt werden, erfolgen Informationen und Einweisungen zur Nutzung von Uwin und Uglass.

7 Sichtweise eines Systemgebers beim Fenstertausch

Hermann Schmitz
Thorsten Weber
VEKA AG

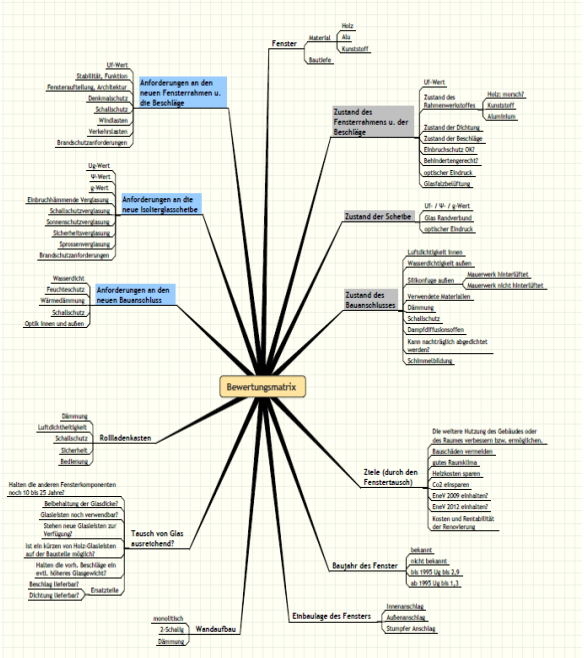
Aufgabe im Vorhaben

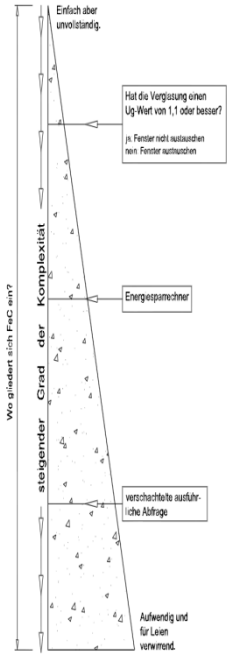
VEKA ist ein weltweit führender Hersteller von innovativen Fenster- und Türsystemen sowie von Platten aus hochwertigem Kunststoff. Nach einer mittlerweile 40-jährigen Erfolgsgeschichte ist VEKA heute eine internationale Unternehmensgruppe mit über 3.100 Mitarbeitern in 26 Tochtergesellschaften auf drei Kontinenten. Als nach wie vor familiengeführtes Unternehmen steht VEKA für hohe Werte: das kompromisslose Bekenntnis zu höchster Qualität und den nachhaltigen, partnerschaftlichen Umgang mit Kunden und Mitarbeitern.

Zu den Projektaufgaben von VEKA gehörte u.a. die Sichtweise eines Profilherstellers in das Konsortium einzubringen. Hierbei half die 40 jährige Erfahrung in der Extrusion von PVC-Fensterprofilen. So sind die Entwicklungsschritte der Branche von 58 über 70 zu 82 mm Systemen, die Entwicklung von Handeinzugsdichtungen hin zu werkseitig verarbeiteten Dichtungen ebenso bekannt wie die Entwicklung von Sondersystemen (z.B. passivhaustaugliche Fensterprofile). Diese Erfahrungen halfen bei der Entwicklung von Uwin.
Zu den Aufgaben gehörte weiterhin die Mitarbeit bei der Konzeption der Software Uwin sowie die Anwendungsversuche dieser Software in der Praxis. Dem Kunden soll eine sachliche Begründung für oder gegen den Austausch von Bestandsfenstern zur Verfügung gestellt werden. Bei dem Uglass lag der Schwerpunkt in der Handhabbarkeit des Messsystems.

Zusammenfassung der Aktivitäten

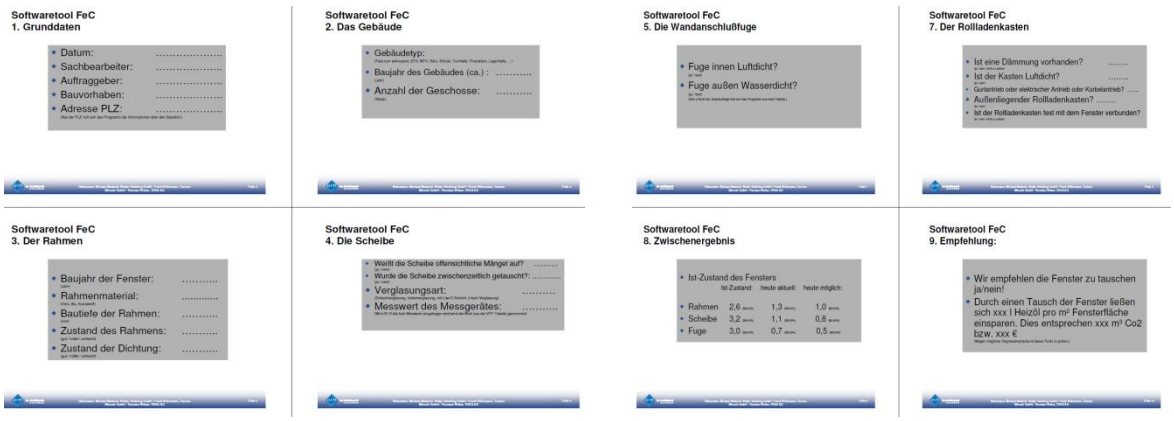
Für die Konzeptionierung der Software Uwin wurden praxisgerechte Kriterien zusammengestellt. Hierbei wurde insbesondere auf eine möglichst einfache und klare Struktur Wert gelegt. Die Informationsdichte der Software darf einer Gebrauchstauglichkeit nicht im Wege stehen, aber alle relevanten Kriterien müssen beachtet werden.





Bewertungsmatrix Uwin

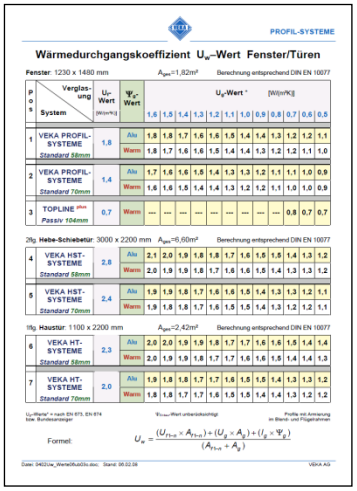
Es wurde ein eigener Entwurf einer Bedienoberfläche erstellt und im Arbeitskreis Expertenteam mit sachkundigen Partnern diskutiert.



Entwurf Eingabemaske Uwin

Ein 40 Jahre altes Holzfenster wurde ausgebaut und zu Prüfzwecken bereitgestellt. U.a. anhand dieses Fensters wurden stichprobenartig vorhandene Uw-Werte von Bestandsfenstern überprüft (Heizkastenverfahren).

Der Arbeitskreis konnte im Projektzeitraum über den aktuellen Stand von erreichbaren Uw-Werten neuer Fenster und von Bestandsfenstern informiert werden.



PROFIL-SYSTEME

Wärmedurchgangskoeffizient U_w-Wert Fenster/Türen

Fenster: 1230 x 1480 mm A_{ges}=1,82m² Berechnung entsprechend DIN EN 10077

Pos	System / Verglasung	U_f-Wert [W/(m²K)]	Ψ_g-Wert		U_g-Wert * [W/(m²K)] 1,6	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
1	VEKA PROFIL-SYSTEME *Standard 58mm*	1,8	Alu		1,8	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1
			Warm		1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0
2	VEKA PROFIL-SYSTEME *Standard 70mm*	1,4	Alu		1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0	0,9
			Warm		1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9
3	TOPLINE plus *Passiv 104mm*	0,7	Warm		---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,8	0,7	0,7

2flg **Hebe-Schiebetür**: 3000 x 2200 mm A_{ges}=6,60m² Berechnung entsprechend DIN EN 10077

4	VEKA HST-SYSTEME *Standard 58mm*	2,8	Alu		2,1	2,0	1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2
			Warm		2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2
5	VEKA HST-SYSTEME *Standard 70mm*	2,4	Alu		1,9	1,9	1,8	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,1
			Warm		1,9	1,8	1,8	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1

1flg **Haustür**: 1100 x 2200 mm A_{ges}=2,42m² Berechnung entsprechend DIN EN 10077

6	VEKA HT-SYSTEME *Standard 58mm*	2,3	Alu		2,0	2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4
			Warm		2,0	1,9	1,9	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3
7	VEKA HT-SYSTEME *Standard 70mm*	2,0	Alu		1,9	1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2
			Warm		1,8	1,8	1,7	1,7	1,6	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,2	1,2

U_g-Wert* = nach DIN 673, EN 674 bzw. Bundesanzeiger

Ψ_{Glas}-Wert unberücksichtigt

Profile mit Anmarung im Blend- und Flügelrahmen

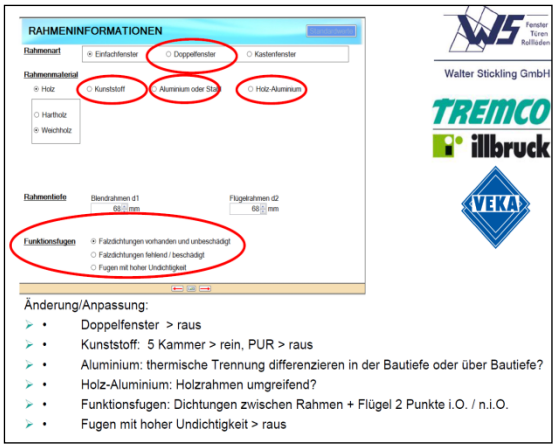
Formel:

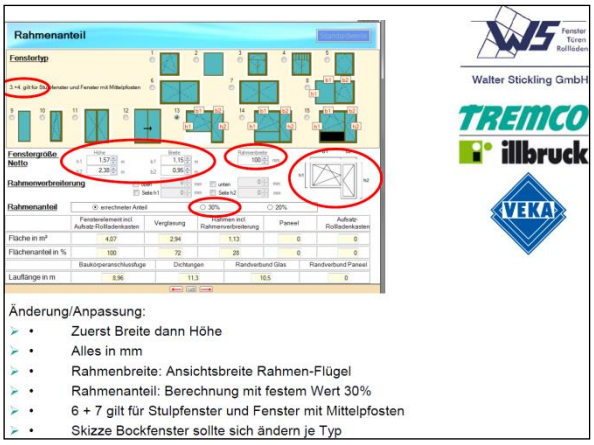
$$U_w = \frac{(U_{f,n-d} \times A_{f,n-d}) + (U_g \times A_g) + (l_g \times \Psi_g)}{(A_{f,n-d} + A_g)}$$

Datei: 0402Uw_Werte06ub03c.doc Stand: 06.02.06 VEKA AG

Uw-Werte von Fenstern mit VEKA-Profilen

Der aktuelle Entwicklungsstand der Auswertesoftware wurde anhand von Praxisbeispielen getestet und bewertet. Hierzu fand u. a. ein Arbeitstreffen in Sendenhorst statt. Die Eingabemasken wurden auf die Praxisanforderungen und Vorgehensweisen der Fensterbranche angepasst. Es wurde vorgeschlagen, für die Branche weniger relevante Eingaben, zu entfernen. Hierzu auch die beiden unteren Abbildungen.





Auswertesoftware mit Bewertung

Im Projektverlauf wurde an der Ermittlung von Uf-Werten von früheren Kunststofffenstern gearbeitet. Hierzu wurden verschiedene Quellen untersucht. Literaturwerte wurden mit früheren Aussagen verglichen. Außerdem wurden frühere Profilquerschnitte mit aktueller Simulationssoftware berechnet. Die Ergebnisse flossen mit in die Auswertesoftware ein. Diese vergleicht aktuelle Fensterprofile mit früheren um die tatsächliche Energieeinsparung zu ermitteln.

Bei der Formulierung von Anforderungen an das Ug-Wert Messgerät hat sich
VEKA beteiligt. Verschiedene messtechnische Lösungsansätze wurden geprüft und bewertet. Insbesondere wurde auf eine einfache Handhabung und Anwendung des Gerätes Wert gelegt.

8 Bestandsbewertung von Wohndachfenstern

Thilo Graf
Roto Frank Bauelemente GmbH

Zusammenfassung

Für das Projekt Fenstercheck beschäftigte sich Roto-Frank mit der Teilaufgabe, die Voraussetzungen für eine Ug- Wertmessung bei der laufenden Produktion zu eruieren. Ausschlaggebend war die Betrachtung der Gasfüllgrade im Scheibenzwischenraum als wesentlicher Faktor für die Leistungszusagen der Isoliergläser bei Wohndachfenster.

Aufgaben, Arbeiten im Vorhaben

Die Teilaufgabe von Roto Frank umfasste folgende Punkte:

- Beständigkeit der Gasfüllung (nach 24 bzw. 48 Stunden)
- Auswirkung der geometrischen Beschaffenheit der Isolierglaselemente auf den Gasfüllgrad
- Positionierung der Gasmessung
- Beschaffenheit der verwendeten Glasarten und deren Beschichtungen
- Neues Gasmessverfahren mit Sensoren der Fa. PreSens
- Weitere Tests der Beständigkeit der Gasfüllung ohne „ zerstörende Prüfung“
- Planung einer Gasmessung (mit Sensorspots) an der Produktionslinie
- Best Point für Sensorspots
- Auswirkung von „gesteckten“ und „gebogenen“ Abstandhaltern auf die Gasfüllung
- Ausblick

Vorgehensweise:

Um die Gasverlustrate nach der Produktion testen zu können, wurde eine Messreihe von 200 Isolierglaseinheiten, (2-fach Verglasung) als Versuchsreihe definiert.
Es wurden Abstandhalter in Aluminium und in Kunststoff-Edelstahl mit einem Dickenmaß von 10 mm, 12 mm, 14 mm, und 16 mm verwendet. Ebenso wurden verschiedene Abmaße von 350 mm x 650 mm bis hin zu 1200 mm x 1450 mm verwendet.

Testaufbau:

Mit einem neu kalibrierten Gasmessgerät gasglass handheld der Firma Sparklike wurde nach der Gasfüllpresse „ inline“ der Gasfüllgrad (auf der Staustrecke zwischen Gasfüllpresse und Sekundärdichtstoffversiegelung) gemessen. Die Gasfüllpresse wurde zuvor von der Herstellerfirma – Lisec - überholt, alle Dichtungen erneuert und kalibriert.
Die Gasfüllung erfolgte über die Unterkante. Es wurde Argon Gas eingefüllt. Die Gasmessung wurde an einem genau definierten und gekennzeichneten Punkt an der Isolierglasscheibe vorgenommen, so dass die Messung genau an diesem Punkt nach 24 Stunden und nach 48 Stunden wiederholt werden konnte.

Ergebnis:

Nach der Gasfüllung mit der Unterkante an der Presse, und dem Versiegeln entsteht nach 48 Stunden eine Gasverlustrate, über alle Größen und Geometrien gerechnet, von 0,9%.
Anhand dieser Messreihe wurde auch festgestellt, dass weder die Dicke des Abstandhalters noch die Geometrie der Isolierglasscheibe eine Auswirkung auf den Gasfüllgrad haben.

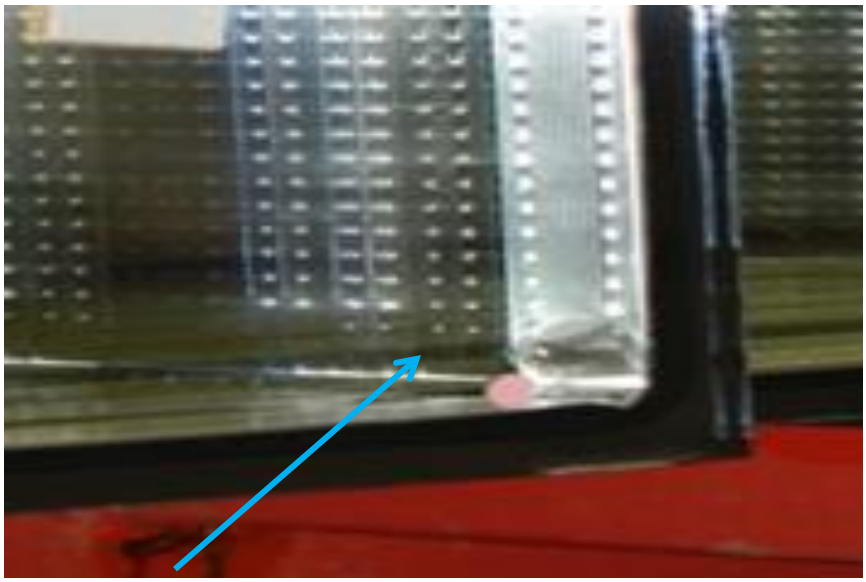
Beispiel einer Referenzmessung mit Gasglasmessgerät

Weiterhin testete Roto Frank verschiedene Gasmesspositionen innerhalb der Produktionslinie nach dem Gasfüllen, um eine genaue Gasmessung durchführen zu können. Hierbei wurde die Glasmessstation vor der Versiegelung als „Best Point“ festgelegt!
Es wurden Testscheiben gefertigt und der „Messpunkt“ bei Roto Frank ausgewertet. Roto Frank brachte alle Unterlagen zu den getesteten Glasarten und Schichten, beziehungsweise deren Kennwerte und Verarbeitungsrichtlinien mit in das Projekt ein. Auch hier wurden Testscheiben mit verschiedenen Glasarten und Beschichtungen gefertigt, welche aber, nach den Testergebnissen von Roto Frank, keinen Einfluss auf die Gasfüllung hatten.

Gassensoren:

Als komplett neues Messverfahren testete Roto Frank, zusammen mit den Mitarbeitern des ZAE Bayern, die Gasvolumenmessung (Restsauerstoffmessung) über „Sensorspots“ (Fa. PreSens). Hierzu wurden verschiedene Gassensorpositionen in 2-fach und 3-fach Isolierglaselementen zur schnellen und zerstörungsfreien Bestimmung des Gasfüllgrades angelegt (eingeklebt) und gefertigt.
In den Testscheiben wurden auch verschiedene Höhen- und Längsklebepositionen der Sensorspots getestet, um mit diesen Sensoren den „Best Point“ zu finden, an dem sich das Gas so vermischt hat, dass eine aussagefähige Gasmessung vorgenommen werden kann. Dazu wurde an den Sensoren nach mehreren definierten Zeitabständen mit dem Messgerät der Firma PreSens gemessen.

Zielführend wurde darauf hingearbeitet, den genauen und langfristigen Gasfüllgrad zerstörungsfrei und so schnell wie möglich nach der Isolierglasproduktion zu ermitteln.
Die Auswertungen fanden anschließend beim ZAE Bayern statt. Aus diesen Ergebnissen ergeben sich neue Möglichkeiten zur „inline Qualitätssicherung“ und einer 100%-Kontrolle des Gasfüllgrades durch den Hersteller ergeben.



Sensorspot zur Bestimmung des Gasfüllgrades im Scheibenzwischenraum

Abstandhalter:

Als Abschlussarbeit beschäftigte sich Roto Frank, zusammen mit Mitarbeitern des ZAE-Bayern, mit dem Verhalten von Gasfüllungen in 2-fach Isoliergläsern mit verschiedenen Ausführungen der Abstandshalter.
Es wurden Isolierglasscheiben in 2 Varianten gefertigt.
Variante 1: 4x gesteckte Ecken und 4x Längsverbinder an den Stoßstellen.
Variante 2: 4x gebogene Ecken und 1x Endlosverbinder.
Ziel war es, zu ermitteln, ob an den Stoßstellen ein Gasaustritt erfolgt, da Argon-Gas und Krypton-Gas schwerer sind als Luft. Diese 2 Varianten von Abstandshaltern wurden nach der Gasfüllung, in definierten Zeitabständen (20Sek. – 2 Min.), im automatischen Versiegler mit Sekundärdichtstoffversiegelung versiegelt und luftdicht verschlossen.
Die Testscheiben wurden dann zum ZAE- Bayern geliefert, und ausgewertet.

Verwertungen

Durch die bei Roto-Frank durchgeführten und durch das ZAE Bayern ausgewerteten Testreihen wurden die Grundlagen geschaffen, damit in Zukunft eine „Inline Qualitätskontrolle“ an den Fertigungslinien durchgeführt werden kann. Ziel ist es, dass für jedes gelieferte Fenster der tatsächliche Ug-Wert der Isoliergläser überprüft wird und die Kontrolle auf dem Etikett ersichtlich ist. Das entwickelte mobile Ug-Wert Messgerät wird durch Roto-Frank bei der Bewertung von Bestands- Dachflächenfenstern eingesetzt. Die Ergebnisse sollen weitere Erkenntnisse über das Alterungsverhalten von geneigten Isolierglasscheiben bringen.