

ULTRALIGHT

Weiterentwicklung eines ultraschlanken, energieeffizienten Fassaden- und Fenstersystems mit faserverstärkten Kunststoffprofilen (FVK) in Kombination mit Vakuumisolierglas (VIG) für optimalen Wärmeschutz

KURZBERICHT

Fachhochschule Dortmund
University of Applied Sciences and Arts
Fachbereich Architektur
Emil-Figge-Str. 40
44227 Dortmund

Projektleitung:

Prof. Dipl.-Ing. Armin D. Rogall

Projektbearbeitung:

V-Prof. Dipl.-Ing. Luis Ocanto M.Eng.

Dr. Dipl.-Chem. Christian Lüken

Dipl.-Ing. Sebastian Seidelmann

Dipl.-Ing. Daniel Horn M.Sc.

Der Forschungsbericht wurde mit Mitteln der Forschungsinitiative Zukunft Bau des Bundesinstitutes für Bau-, Stadt- und Raumforschung gefördert (Aktenzeichen: II 3-F20-13-1-002 / SWD -10.08.18.7-13.37). Die Verantwortung für den Inhalt des Berichtes liegt beim Autor.

ULTRALIGHT

Weiterentwicklung eines ultraschlanken, energieeffizienten Fassaden- und Fenstersystems mit faserverstärkten Kunststoffprofilen (FVK) in Kombination mit Vakuumglas (VIG) für optimalen Wärmeschutz

Anlass / Ausgangslage

Gegenstand des Forschungsvorhabens war die Optimierung des im Projekt ULTRASLIM (II 3-F20-10-1-062 / SF - 10.08.18.7-11.35) entwickelten Fenstersystems mit Profilen aus glasfaserverstärktem Kunststoff. Hierzu erfolgten weitergehende Untersuchungen zu Wärmedurchgang und Windlastverhalten sowie weiteren Öffnungsarten und Optimierungen des Wärmeschutzes. Zusätzlich wurde die energetische Sanierung von Fenstern im Bestand mit Vakuumglas untersucht.

Gegenstand des Forschungsvorhabens

Die im Projekt „Ultraslim“ entwickelte Profilgeometrie (3.2.10) für ein Fenstersystem mit Vakuumglas wurde in der ersten Phase des Forschungsvorhabens ULTRALIGHT einer tiefergehenden Analyse unterworfen. Eine detaillierte Untersuchung des thermischen Bauteilverhaltens war notwendig, da sich Vakuumverglasungen hinsichtlich des Wärmedurchgangs prinzipiell von konventionellen - also edelgasgefüllten - Mehrfach-Wärmeschutzverglasungen unterscheiden. Während Vakuumgläser in der Scheibenmitte extrem niedrige U_g -Werte aufweisen, stellt der sehr dünne, in Glaslot ausgeführte Scheibenrandverbund eine Wärmebrücke dar, die mit Metallabstandshaltern früherer Isolierverglasungen vergleichbar ist. Durch das ULTRALIGHT-Fensterprofil aus GFK mit geringer Wärmeleitfähigkeit musste diese Wärmebrücke konstruktiv kompensiert werden. Weiterhin sollte eine Untersuchung des Bauteilverhaltens unter Windlast erfolgen.

Eine FEM-Analyse des Wärmedurchgangs sowie auch Differenzklimaversuche an Prototypen des Fensters zeigten, dass bei niedrigen Außentemperaturen raumseitig mit einer Taupunktunterschreitung im Bereich des Scheibenrandverbunds zu rechnen ist ($\theta_{si,min} = 6,1 \text{ °C}$ bei $\theta_e = -5 \text{ °C}$). Ein Verfüllen der Profilhohlräume mit Dämmstoff (WLG 030) zeigte nur geringe Auswirkungen. Unter diesen Einschränkungen ist es jedoch möglich, mit dieser sehr einfachen Profilgeometrie extrem schlanke Fenster mit U_w -Werten um $0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$ zu realisieren. Extern (IB Kramer) durchgeführte FEM-Berechnungen zum Verhalten des Fensters unter Windlast zeigten weiterhin, dass die Verformung der

Scheibe im Windsogfall eine stärkere Verdrehung des Flügelrahmens bewirkt, was bei starken Windlasten zu einer Öffnung der Dichtebene führen könnte.

Da sowohl das simulierte Bauteilverhalten unter Windlast als auch der Wärmeschutz eine Vergrößerung des Profilquerschnitts nahelegten, wurde dieser Ansatz weiterverfolgt und so über Zwischenstufen eine verbesserte Profilgeometrie (3.2.12.1) entwickelt. Das neue, in der Höhe von 26 mm auf 40 mm vergrößerte Profil zeigte in FEM-Berechnungen zum Verhalten unter Windlast deutlich geringere Verformungen, die insgesamt als unkritisch zu bezeichnen waren. Auch das thermische Bauteilverhalten konnte signifikant verbessert werden ($\theta_{si,min} = 10,2 \text{ °C}$ bei $\theta_e = -5 \text{ °C}$). Ein Verfüllen der Profilhohlräume mit Dämmstoff (WLG 030) wurde ebenfalls untersucht: Während ein Dämmen des Blendrahmens kaum Auswirkungen zeigte, führte ein Dämmen des Flügelrahmens zwar zu besseren U_w -Werten (ca. $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$), gleichzeitig jedoch zu niedrigeren raumseitigen Oberflächentemperaturen.

Durch die neue Profilgeometrie wurde es auch möglich, Beschläge mit größerem Platzbedarf einzusetzen und so weitere Öffnungsarten zu realisieren. Genauer untersucht wurden daraufhin die Varianten Senk-Klapp-Wende- und Dreh-Kippfenster. Mit der Öffnungsart Dreh-Kipp konnte die in Deutschland verbreitetste Fensterart umgesetzt werden. Hierzu wurde ein Hybridfenster (3.2.12.2) konzipiert, das die lasttragenden GFK-Profile um Holzteile ergänzt und ebenfalls einen guten Wärmeschutz aufweist (U_w ca. $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\theta_{si,min} = 10,5 \text{ °C}$ bei $\theta_e = -5 \text{ °C}$).

Im Zuge weiterer Optimierungen wurde untersucht, wie sich kurz- bis mittelfristig zu erwartende technische Verbesserungen von Vakuumverglasungen auf das ULTRALIGHT-System auswirken. Es konnte gezeigt werden, dass eine Reduzierung der Höhe des Scheibenrandverbundes - nach Rücksprache mit dem Hersteller Synergy schon jetzt technisch möglich - stark positive Auswirkungen auf erzielbare U_w -Werte und raumseitige Oberflächentemperaturen hat. Es wurde weiterhin gezeigt, dass eine außenseitig aufgebrachte Wärmedämmung im Bereich des Scheibenrandverbundes das thermische Bauteilverhalten signifikant verbessert ($\theta_{si,min} = 12,1 \text{ °C}$ statt $10,2 \text{ °C}$ bei $\theta_e = -5 \text{ °C}$ für Dämmschale 5 mm WLG 030).

Ergänzend zur Profilloptimierung für den Neubau wurde untersucht, ob Vakuumverglasungen sinnvoll in der energetischen Altbausanierung eingesetzt werden können. Hierzu wurde beispielhaft ein Holz-Verbundfenster durch Austausch einer Scheibe Floatglas durch Vakuumglas ($U_g = 0,58 \text{ W/m}^2\text{K}$) und Einbau weiterer Dichtebenen saniert. Durch diese Maßnahmen konnte der U_w -Wert des Fensters von $2,2$ auf $1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ verbessert werden, ohne das äußere Erscheinungsbild des Fensters zu beeinträchtigen.

Fazit

Nachdem die Eigenschaften und auch Limitierungen der ULTRALIGHT-Ausgangsgeometrie sowohl rechnerisch als auch experimentell aufgezeigt wurden, konnte die Profilgeometrie gezielt deutlich optimiert werden und weist nun ein deutlich verbessertes thermisches Bauteilverhalten wie auch Windlastverhalten auf. Das neu entwickelte Fenstersystem erlaubt zudem auch die Umsetzung alternativer Öffnungsarten.

Es konnte überdies gezeigt werden, dass Vakuumglas zur energetischen Sanierung von Altbaufenstern unter Erhalt der optischen Erscheinung eingesetzt werden kann. Hierbei ist die Effektivität der Maßnahme in Einzelfall zu prüfen und mit anderen Sanierungsmaßnahmen abzustimmen.

Eckdaten

Kurztitel: ULTRALIGHT (ehem. ULTRASLIM PLUS)

Forscher/Projektleitung: Prof. Armin D. Rogall

Grundprojekt:

Gesamtkosten: 123.243,10 €

Anteil Bundeszuschuss: 86.043,10 €

Projektlaufzeit: 12 Monate
02.09.2013 - 02.09.2014

Ausstockung und Verlängerung:

zus. Gesamtkosten: 73.650,00 €

zus. Anteil Bundeszuschuss: 50.850,00 €

zus. Projektlaufzeit: 12 Monate
02.09.2014 – 02.09.2015
(verlängert bis 15.10.2016)

Bilder / Abbildungen

Bild 1: Ultralight_01.jpg

Randverbund einer Dreifachverglasung (oben) und einer Vakuumverglasung (unten)
Lichtmikroskop, beide 20x vergrößert

Bild 2: Ultralight_02.jpg

Ultralight Profil 3.2.10, Parallel-Ausstellfenster
Darstellung des simulierten Wärmedurchgangs bei $\theta_i = 20 \text{ °C}$ und $\theta_e = -5 \text{ °C}$ (THERM 7.4)

Bild 3: Ultralight_03.jpg

Ultralight Profil 3.2.12.1, Parallel-Ausstellfenster
Darstellung des simulierten Wärmedurchgangs bei $\theta_i = 20 \text{ °C}$ und $\theta_e = -5 \text{ °C}$ (THERM 7.4)

Bild 4: Ultralight_04.jpg

Ultralight Profil 3.2.12.2, Dreh-Kippfenster
Darstellung des simulierten Wärmedurchgangs bei $\theta_i = 20 \text{ °C}$ und $\theta_e = -5 \text{ °C}$ (THERM 7.4)

Bild 5: Ultralight_05.jpg

Diagramm: Abhängigkeit der minimalen raumseitigen Oberflächentemperatur $\theta_{si,min}$
von der Höhe des Glasrandverbundes h_{rv}
 $\theta_i = 20 \text{ °C}$ und $\theta_e = -5 \text{ °C}$ bzw. 0 °C , FEM-Simulation (THERM 7.4)

Bild 6: Ultralight_06.jpg

Diagramm: Abhängigkeit des U_w -Wertes (Fenster 1230 x 1480 mm, $U_g = 0,42 \text{ W/m}^2\text{K}$)
von der Stärke d_{ds} einer außenseitig vorgesetzten Dämmschale (WLG 020 - 040)
 $\theta_i = 20 \text{ °C}$ und $\theta_e = -5 \text{ °C}$, FEM-Simulation (THERM 7.4)

Objektiv Z20:X20



Objektiv Z20:X20

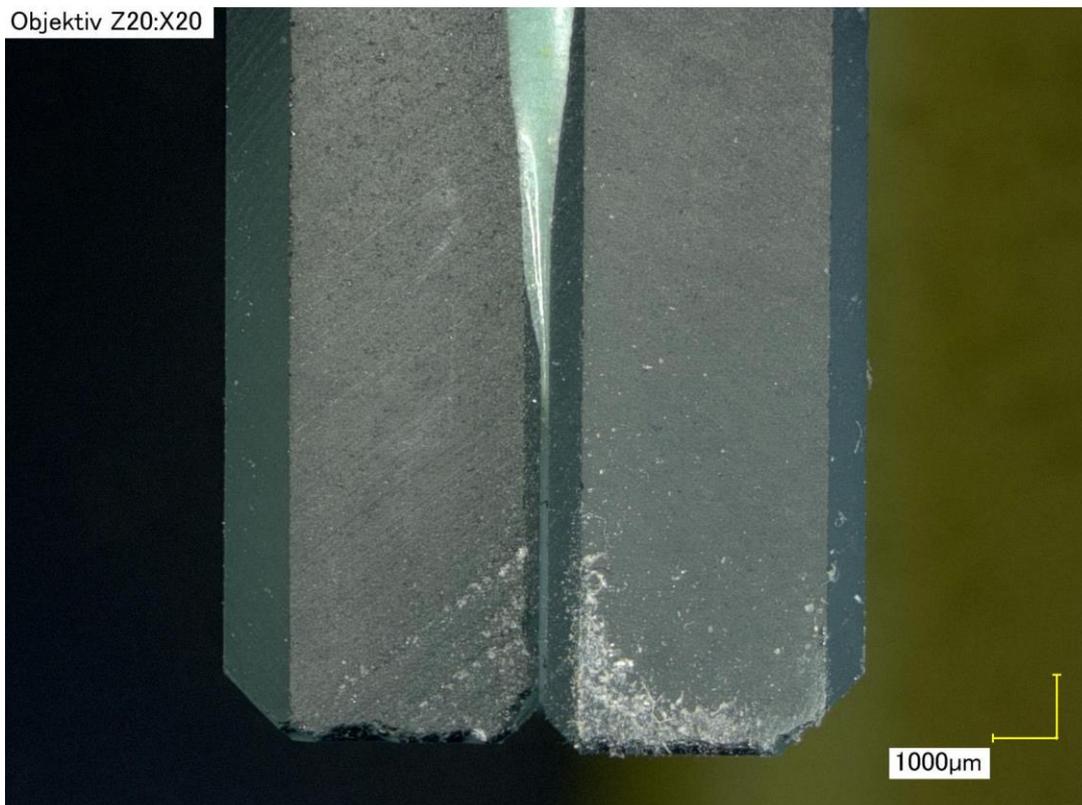


Bild 1: Ultralight_01.jpg

Randverbund einer Dreifachverglasung (oben) und einer Vakuumverglasung (unten)
Lichtmikroskop, beide 20x vergrößert

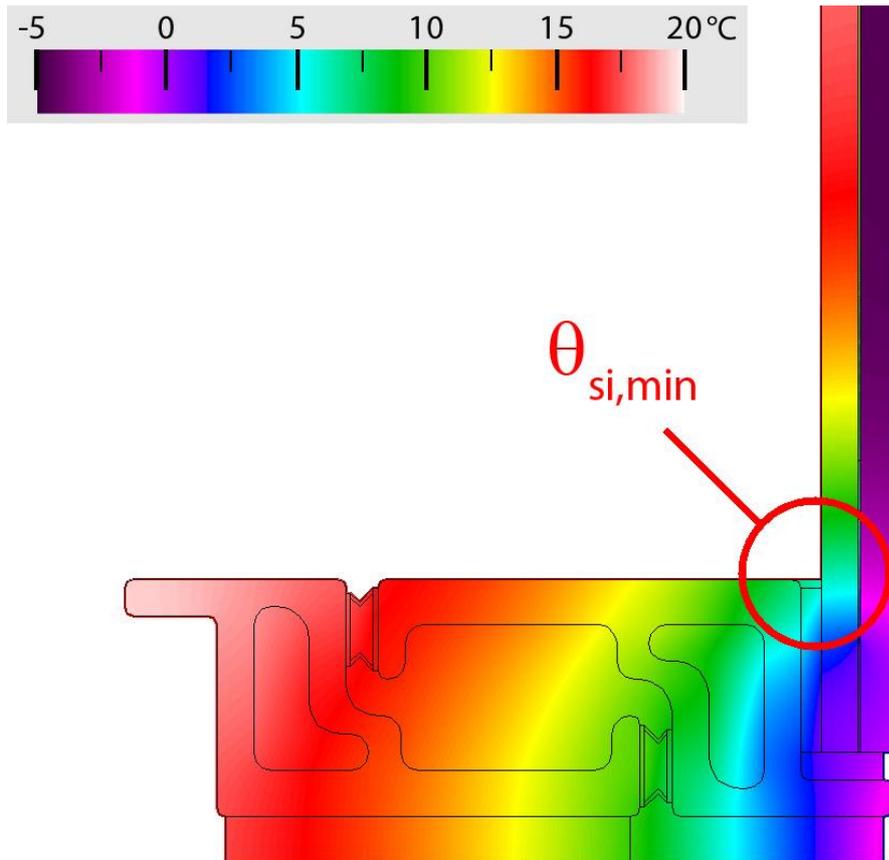


Bild 2: Ultralight_02.jpg

Ultralight Profil 3.2.10, Parallel-Ausstellfenster

Darstellung des simulierten Wärmedurchgangs bei $\theta_i = 20\text{ °C}$ und $\theta_e = -5\text{ °C}$ (THERM 7.4)

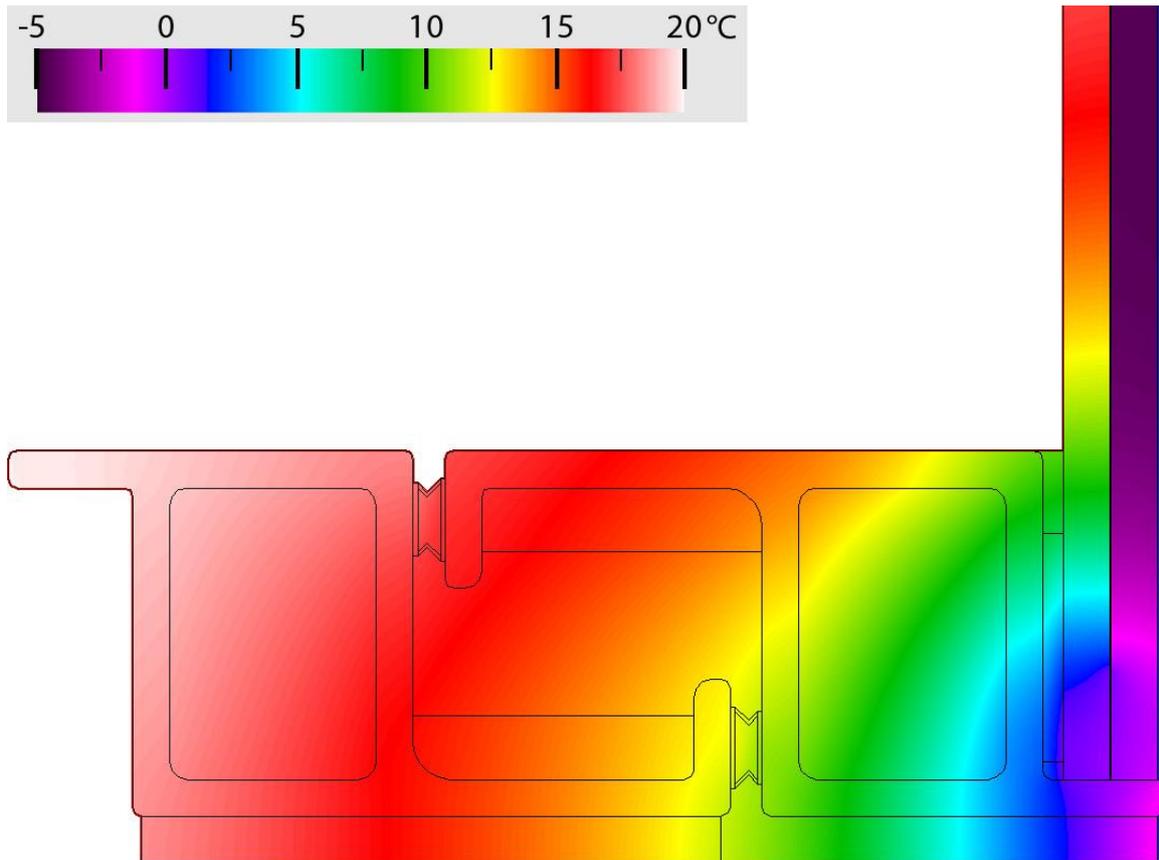


Bild 3: Ultralight_03.jpg

Ultralight Profil 3.2.12.1, Parallel-Ausstellfenster

Darstellung des simulierten Wärmedurchgangs bei $\theta_i = 20\text{ °C}$ und $\theta_e = -5\text{ °C}$ (THERM 7.4)

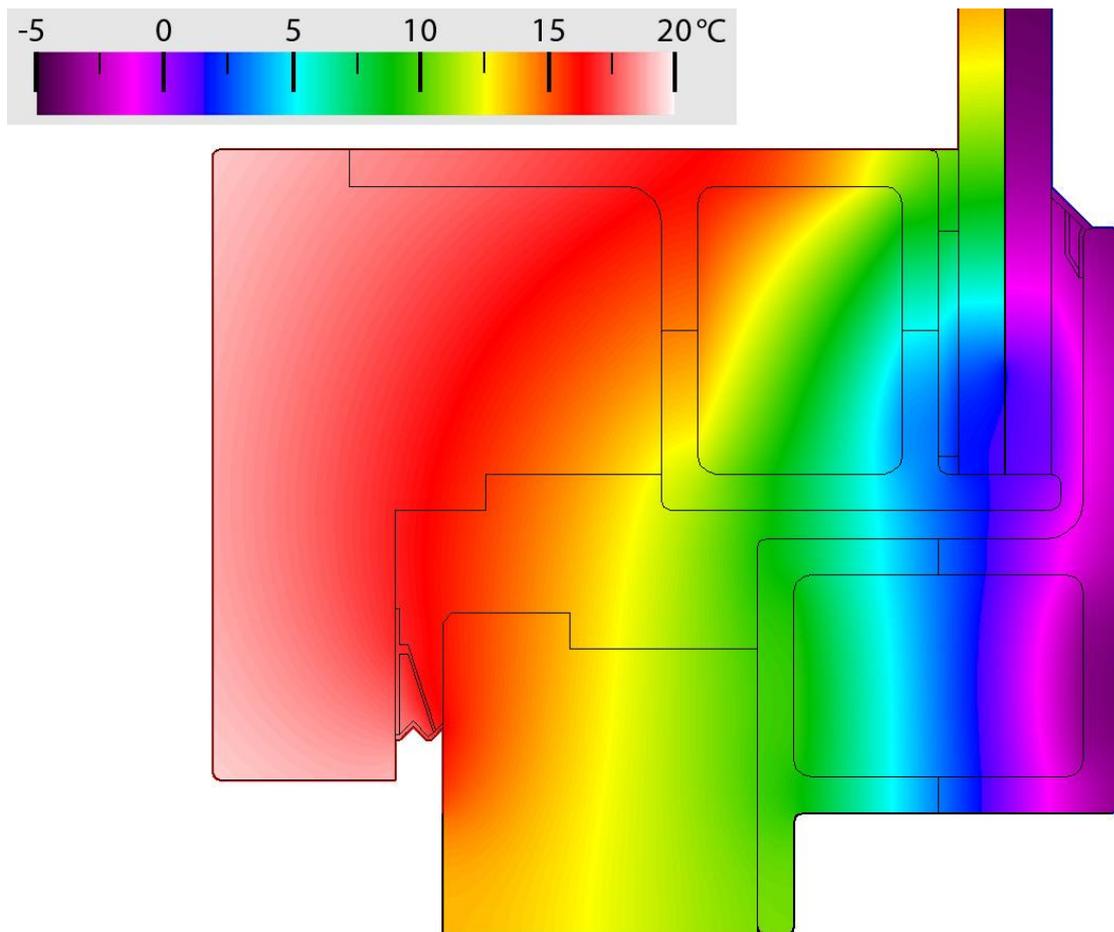


Bild 4: Ultralight_04.jpg

Ultralight Profil 3.2.12.2, Dreh-Kippfenster

Darstellung des simulierten Wärmedurchgangs bei $\theta_i = 20\text{ °C}$ und $\theta_e = -5\text{ °C}$ (THERM 7.4)

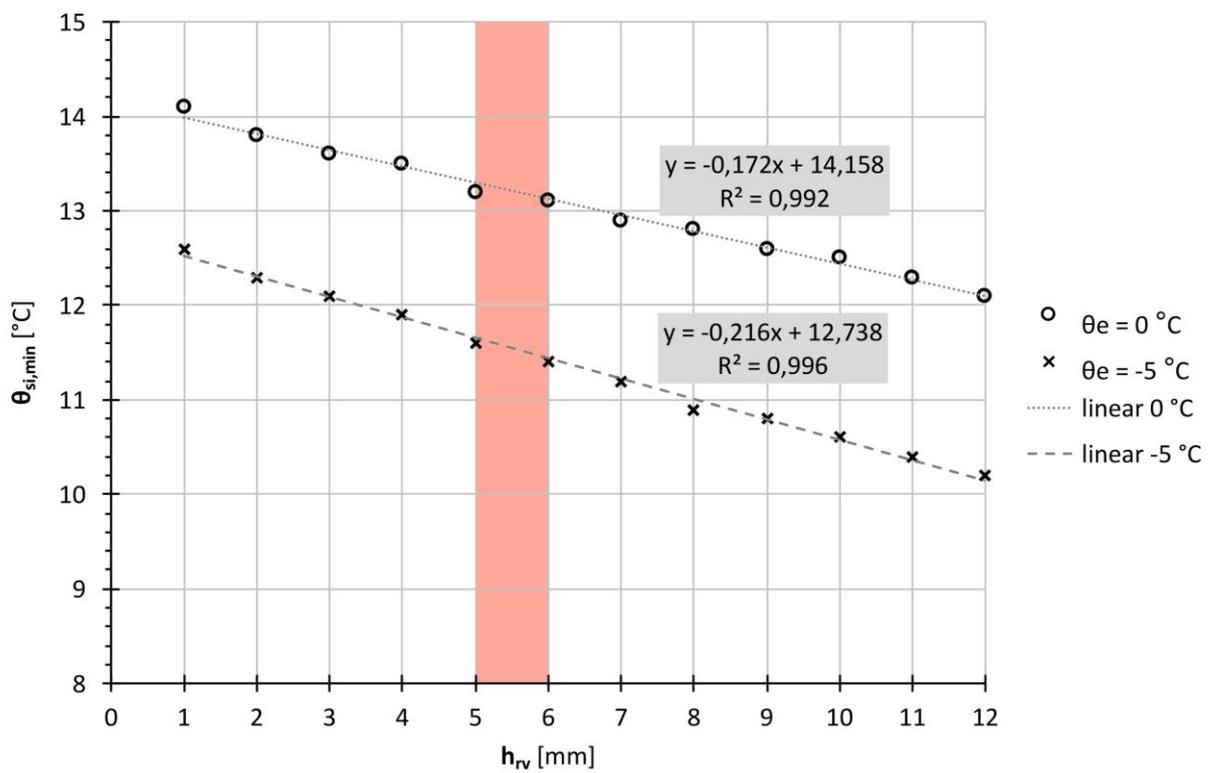


Bild 5: Ultralight_05.jpg

Diagramm: Abhängigkeit der minimalen raumseitigen Oberflächentemperatur $\theta_{si,min}$ von der Höhe des Glasrandverbundes h_{rv}

$\theta_i = 20$ °C und $\theta_e = -5$ °C bzw. 0 °C, FEM-Simulation (THERM 7.4)

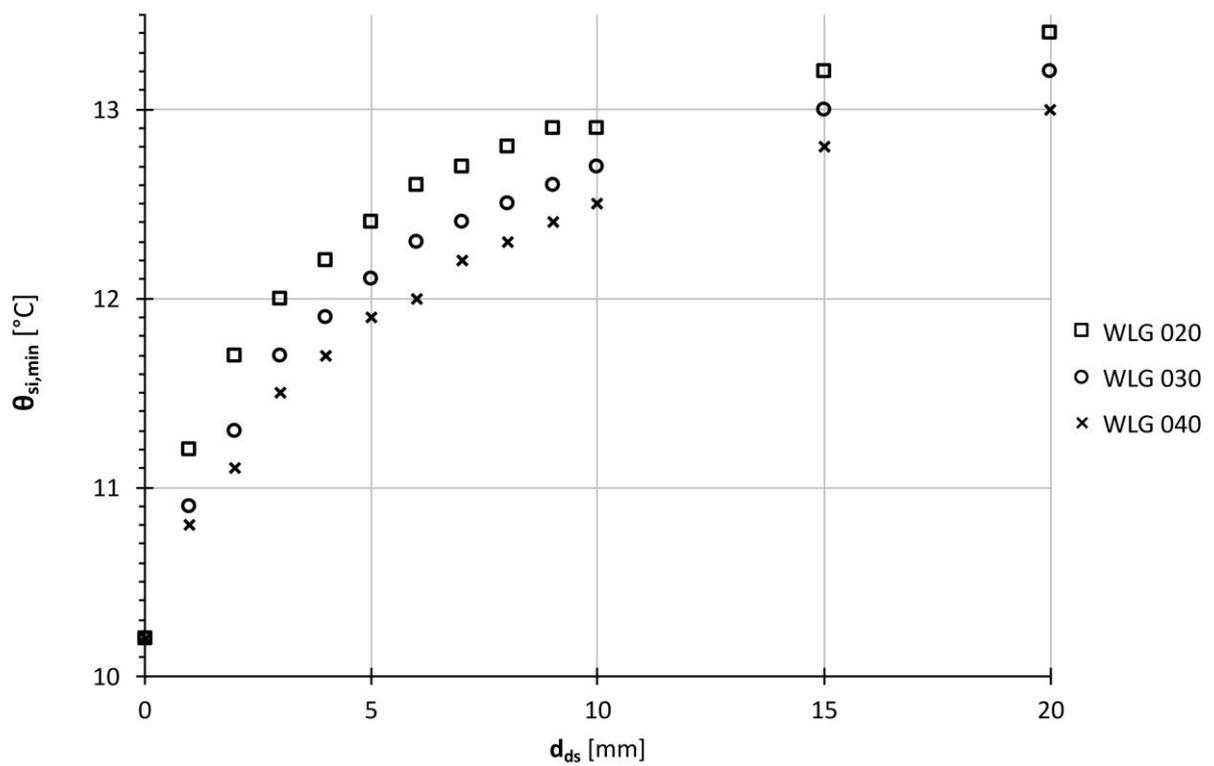


Bild 6: Ultralight_06.jpg

Diagramm: Abhängigkeit des U_w -Wertes (Fenster 1230 x 1480 mm, $U_g = 0,42 \text{ W/m}^2\text{K}$)

von der Stärke d_{ds} einer außenseitig vorgesetzten Dämmschale (WLG 020 - 040)

$\theta_i = 20 \text{ °C}$ und $\theta_e = -5 \text{ °C}$, FEM-Simulation (THERM 7.4)