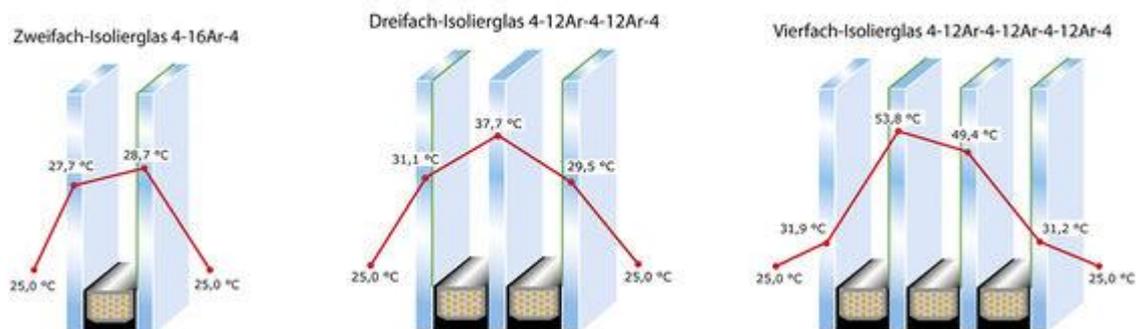


4-fach-Isolierglas – Irrweg oder Innovation?

Gerade ist die 3-fach-Verglasung im Bauwesen etabliert, tüfteln Industrie und Forschung bereits daran, wie sich eine 4-fach-Verglasung umsetzen lässt. Man ist geneigt zu fragen: Brauchen unsere Fenster wirklich eine Scheibe mehr? Der Sachverhalt ist komplex, denn es gibt gute Gründe Pro und Contra einer 4-fach-Isolierglaseinheit. Der Beitrag versucht, die Argumente zusammenzufassen. Klaus Siegele

Darf es eine Scheibe mehr sein? Was beim Metzger mit einem Lächeln oder Schulterzucken beantwortet wird, führt in der Baubranche zu ausgiebigen Diskussionen – denn die Frage, ob mit der 3-fach-Verglasung der energetisch und wirtschaftlich sinnvolle Punkt der technologischen Entwicklung beim Fenster nun erreicht ist oder ob es vier, fünf oder sechs Scheiben sein müssen, um das Potenzial der Hightech-Verglasung auszuschöpfen, löst mit dem Aufkommen der ersten 4-fach-Verglasungen einen interessanten Schlagabtausch der Argumente aus. Schließlich bedeutet der Schritt von drei zu vier Gläsern nicht, wie beim Metzger, einfach eine weitere Scheibe draufzulegen, sondern verändert die Bauart der Isolierverglasung grundsätzlich und bietet die Chance, zusätzliche Funktionen in die Isolierglaseinheit zu integrieren.



1 – 3 Je mehr Scheiben und je größer der Scheibenzwischenraum, umso höher wird die thermische Belastung der Scheiben in einer Isolierglaseinheit.

Man könnte es sich einfach machen und sagen: 3-fach-Verglasungen sind bereits schwer genug, belasten Rahmen und Beschläge ohnehin zur Genüge, und was soll eine weitere Scheibe an U_g -Werten schon nennenswert verbessern? Würde es tatsächlich darum gehen, „nur“ eine weitere Scheibe inklusive Beschichtung hinzuzufügen, könnte man dieser Argumentation durchaus was abgewinnen – denn das wäre kein wirklicher Technologiesprung. Hinter der Entwicklung der 4-fach-Verglasung steckt allerdings weit mehr als nur eine vierte Scheibe: Ihr Aufbau besteht nicht aus vier aneinander addierten und beschichteten Floatgläsern, sondern aus vorgespannten und leichten Dünngläsern – bei Scheibenzwischenräumen von jeweils 20 mm (3 x 20) addiert sich die Isolierglaseinheit auf insgesamt rund 71 mm gegenüber 24 mm bei der 2-fach-Verglasung und 36 mm bei 3-fach-Isoliergläsern. Das hat verschiedene Konsequenzen und bringt für Herstellung, Einbau und Nutzer sowohl Vorteile als auch Nachteile mit sich.

Energieeinsparung und solare Gewinne

Getreu den Gesetzen der Physik verbessert ein weiterer Scheibenzwischenraum (SZR) grundsätzlich den Wärmedurchgangskoeffizient U_g . Wie gut eine Isolierglaseinheit dämmt, hängt von dem Wärmeaustausch durch Strahlung und Konvektion im SZR ab. Vergleicht man Mehrscheiben-Isoliergläser mit Low-E-Beschichtung und 90 %ige Gasfüllung, kommt man zu dem Ergebnis, dass die ideale Breite des SZR umso größer wird, je mehr Scheiben in der Isolierglaseinheit vorhanden sind. Um eine optimale Wärmedämmung in 4-fach-Gläsern zu erzielen, braucht es also ein entsprechend dickes Gesamtpaket. Gleichzeitig verringern sich Gesamtenergiedurchlassgrad und Lichttransmissionsgrad – die energetischen Vorteile einer 4-fach-Verglasung sind also die Bilanz aus verbesserter Wärmedämmung und minimierten solaren Wärmegegewinnen. Abgesehen von dem reduzierten Tageslichteinfall und der eingeschränkt verzerrungsfreien Durchsicht [1].

In Zahlen gesprochen zeigen sich die U_g -Verbesserungen folgendermaßen: Während sich der U_g -Wert von 2-ISO auf 3-ISO um rund $0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ verbessert (Abb. 4), gelingt bei 3-ISO auf 4-ISO bei Standardgrößen mit 30 % Rahmenanteil und warmer Kante nur ein Sprung um $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

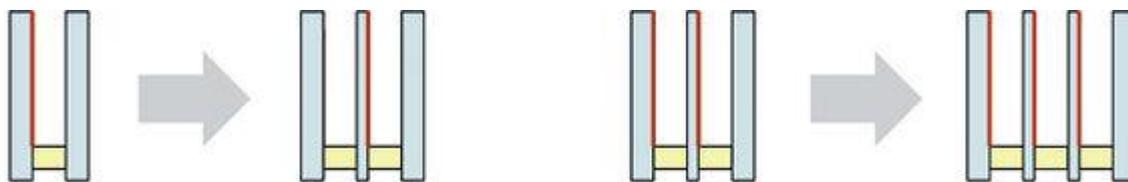
Auch Ulrich Neumann von der Uni Kassel sieht den Zusatznutzen einer 4-fach-Verglasung gegenüber einer 3-fach-Einheit naturgemäß geringer als zwischen 3-fach- zu 2-fach-ISO [2]. Allerdings ist er auch der Meinung, dass der höhere energetische Standard den Anforderungen zukunftsweisender Gebäude eher gerecht wird. Er sieht beim Nutzer Vorteile durch den nochmals gesteigerten thermischen Komfort, der künftig bedeutender sein wird als eine rein energetische Betrachtung. Nach Auffassung von Ulrich Neumann erinnert die Diskussion, die heute um 4-fach-ISO geführt wird, in vielen Punkten an die Einführung des 3-fach-Isolierglases.

Nachhaltigkeit und Multifunktionalität

Die Glasindustrie bewertet die Zusammenhänge zwischen Energieeinsparung und Energieeffizienz noch einmal ganz anders. Rolf Vornholt von Saint-Gobain Glass Deutschland kritisiert, dass sich vordergründig bei sehr hellen 4-fach-Isoliergläsern nach DIN EN ISO 1077 zwar durchaus ein Nettogewinn errechnen lässt – der sich allerdings nur unter optimalen Bedingungen einstellt. Ein Gebäude, das sehr viel Solareinstrahlung über den Tag generiert, kommt zu ganz anderen Ergebnissen, als dies bei einem Haus in Tallage mit beschränkten Sonnenstunden der Fall ist. Gleiches gilt für den sommerlichen Wärmeschutz, der eine vorbildliche theoretische Energiebilanz durch Klimatisierung und Kühlung schnell zunichtemachen kann [3].

Vornholt weist zudem darauf hin, dass die Herstellung von 4-fach-Isolierglas rund 172 % mehr Energie und mehr als doppelt so viel Wasser benötigt, als dies bei 3-fach-Isolierglas der Fall ist. Die zusätzlichen Gewichtsbelastungen beim Transport nicht eingerechnet. Vornholt bezweifelt insofern die Nachhaltigkeit von 4-fach-Isolierglas sowohl unter wirtschaftlichen, energetischen als auch ökologischen Gesichtspunkten.

Doch es gibt aus der Branche dazu auch ganz andere Stimmen – der Isolierglashersteller Energy Glas ist einer ersten, die in Deutschland ISO aus vorgespannten Dünngläsern fertigen. In einem Interview in der Glaswelt [4] betonten die beiden Geschäftsführer Franke und Dohmann, dass 4-fach-Isoliergläser nicht nur Energie sparen, sondern auch Energie liefern, indem man den Energieeintrag und die Sonneneinstrahlung stufenlos steuert – wenn die Sonne denn scheint. Ihrer Ansicht nach bietet 4-fach-ISO die Chance, vielfältige Funktionen wie zum Beispiel Beschattung und Schallreduktion in das „Fenster der Zukunft“ modular zu integrieren. So können beispielsweise an der Außenscheibe OPV (Solarzellen) ein laminiert werden, um Energie für den autarken Fensterantrieb oder Mikrospiegel zu gewinnen, was eine externe Stromversorgung der Fenster überflüssig macht. In die Innenscheiben lassen sich wiederum OLED-Lichter ein laminieren, um damit den Innenraum zu beleuchten. Weiterhin soll die 70 mm dicke Isolierglaseinheit in der Lage sein, beim Fenster als öffentlicher und somit rahmenloser Flügel zu fungieren, indem man die Beschläge des Öffnungsflügels im ISO-Randverbund verankert.



Gegenüberstellung 2-fach zu 3-fach

**Verbesserung U_g -Wert von
1,1 auf 0,6 = $\Delta -0,5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$**

Ausblick 3-fach zu 4-fach

**Verbesserung U_g -Wert von 0,6 auf
0,3 = $\Delta -0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$**

4 Der U_g -Wert einer 4-fach-Verglasung verbessert sich gegenüber der 3-fach-Verglasung – allerdings nicht mehr so stark, wie beim Umstieg von 2-fach- auf 3-fach-Verglasung.

Die erwähnten Mikrospiegel im SZR können zur Lichtlenkung und Verschattung herangezogen werden. Was so ein Hightech-Fenster dann am Ende kostet, ist noch offen. Auch bei Energy Glas sieht man den Aufwand für die Produktionsumstellung – es ändert sich der Materialfluss, die Transportsysteme und die Anlagensteuerung. Erfahrungen mit der Produktion von 4-fach-ISO macht das Unternehmen seit 2013 – man weiß also, wovon man redet.

Temperaturbelastung und Gebrauchstauglichkeit

Was nützt die beste Isolierverglasung, wenn die Scheiben nicht lange halten oder bestimmte Anforderungen nicht erfüllen? Bei 4-fach-Gläsern kann das deutlich höhere Gewicht zu Problemen bei Brand- und Schallschutz führen – bereits bei 3-fach-Isoliergläsern kommen Profilsysteme und Beschläge diesbezüglich an ihre Grenzen.

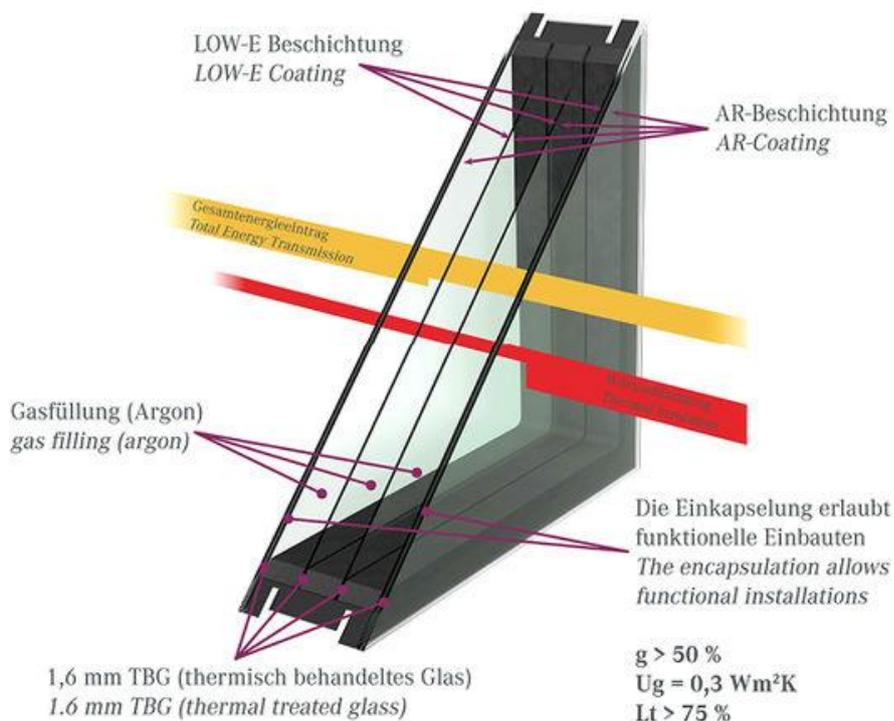
Ein weiteres Problem ist die thermische Beanspruchung – erreicht die Temperatur der Mittelscheibe bei 3-fach-Isolierglasseiben schon 40°C , kann diese bei 4-fach-Einheiten auf bis zu 50°C ansteigen (Abb. 1–3). Bei Low-E-Beschichtungen sind sogar 80°C keine Seltenheit. In so einem Fall können die Mittelscheiben nicht mehr aus Floatglas ausgeführt werden, sondern es ist ein hochwertiges und teures Sicherheitsglas wie z. B. ESG/TVG nötig.

Durch die vergrößerten SZR vergrößert sich bei 4-fach-ISO auch die mechanische Randlast auf den Randverbund [1]. Bei ungünstigem Glasformat, beispielsweise einer Türfüllung mit $250 \times 1500 \text{ mm}^2$, steigt die Randlast gegenüber einer 2-fach-Verglasung um etwa 55 % an.

Die erhöhten Klimalasten belasten nicht nur den Randverbund, sondern auch die mechanische Beanspruchung der inneren und äußeren Scheiben. Die maximale Ausnutzung der Glasspannung liegt bei 4-fach-Einheiten über 100 % – das heißt, auch für die äußeren Scheiben ist ESG/TVG unabdingbar. Die Dünnglastechnologie in Kombination mit druckentspanntem Isolierglas dürfte dieses Probleme wohl lösen – die Fertigung eines leichten 3-fach-Isolierglases mit dem Gewicht herkömmlicher 2-fach-Gläser zeigt das mögliche Potenzial auch für 4-fach-Gläser auf. Die Lebensdauer von 4-fach-Einheiten ist nach Ansicht von Ralf Vornholt aufgrund der erhöhten Belastung des Randverbundes jedenfalls nicht sicher kalkulierbar – inwieweit vorgespanntes Dünnglas das Gewichtsproblem aufhebt, bleibt abzuwarten.

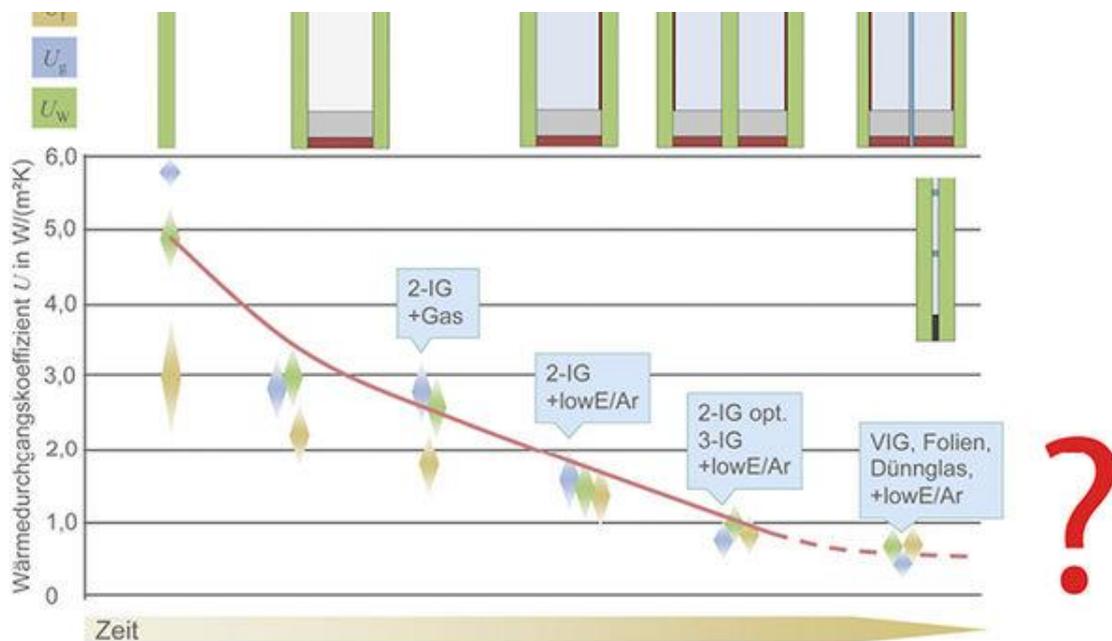
Der Hersteller Energy Glas produziert beispielsweise mit dem Lisec Vorspannofen mit Luftkissenteknik – damit lassen sich 2 mm dünne Gläser auf ESG oder TVGPlus vorspannen. Selbst Glasdicken von 0,9 mm sind auf diese Weise thermisch vorspannbar, was die Biegezugfestigkeit und Temperaturwechselbeständigkeit deutlich erhöht. Durch das Luftkissen wird die Glasoberfläche beim Herstellprozess nicht berührt, was zudem ermöglicht, beidseitig beschichtete Gläser vorzuspannen [4]. Auch die optische Qualität fällt deutlich besser aus – es gibt keine Roller Waves (optische Verzerrungen).

4-fach-Isolierglas – ja, aber ...



5 Die Zielvorstellung des MEM4WIN-Forschungsprojektes ist eine multifunktionale 4-fach-Verglasung mit vorgespannten und leichten Dünngläsern. Industrie und Forschung arbeiten seit geraumer Zeit an einer gemeinsamen Lösung.

Wägt man die Argumente Pro und Contra 4-fach-Isolierglas ab, wird deutlich: es geht nicht allein darum, der 3-fach-Verglasung eine vierte Floatglasscheibe hinzuzufügen. Mit der 4-fach-Verglasung verändert sich sowohl der Herstellprozess der Isolierglaseinheiten als auch die Funktionalität der Verglasung. Durch die vorgespannten Dünngläser mutieren die traditionellen Floatglas-Scheiben zu Membranen, die einerseits das Gewicht reduzieren, andererseits die thermischen und mechanischen Belastungen besser aufnehmen können. Die breiteren SZR übernehmen zusätzliche Funktionen, neben LOW-E und AR-Beschichtungen auch die witterungsgeschützte Verschattung. Mit U_g -Werten von $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ nähern sich die 4-fach-Verglasungen dem Wärmeschutz einer opaken Außenwand, was Ganzglasfassaden wieder ins Spiel der architektonischen Gestaltung bringt. Zumal rahmenlose Flügel von den Architekten immer gerne favorisiert werden, was bei 4-fach-Gläsern durchaus eine Option ist. Allerdings hat die Frage der Nachhaltigkeit für Planer, Bauherren und Investoren inzwischen eine weitaus größere Relevanz als vor ein paar Jahren – hierzu stehen verlässliche Antworten zu 4-fach-ISO noch aus.



6 Die Fensterverglasung hat in den letzten 60 Jahren eine beachtenswerte technische Entwicklung vollzogen – mit Vakuum- und 4-fach-Verglasungen steht aktuell ein weiterer Wandel bevor, dessen Vorteile in der Branche noch umstritten sind.

Wie sich diese grundlegenden Veränderungen in der Herstellung, der Montage und den Funktionen in den Kosten niederschlagen, bleibt ebenso abzuwarten wie die Erfahrungen zur Dauerhaftigkeit und Gebrauchstauglichkeit. Die Meinungen der Experten zu 4-fach-Isoliergläsern gehen heute noch weit auseinander – die Entwicklung bleibt indes nicht stehen.

Insofern haben es maßgeblich die Hersteller und Forschungsinstitute in der Hand, 4-fach-Isoliergläser am Markt zu vertretbaren Kosten zu etablieren. Und natürlich deren Nutzen glaubwürdig zu untermauern – niemand möchte eine Scheibe mehr, wenn er sie teuer bezahlen muss, aber gar nicht braucht. Egal ob beim Metzger oder an der Fassade.

Literatur und Quellen

[1] Demel, Manuel, „4-fach-ISO: Irrweg oder Innovation?“, in: Glaswelt 1-2016, Alfons W. Gentner Verlag, Stuttgart, 2016

[2] Neumann, Ulrich, „4-fach-ISO amortisiert sich“, in: Glaswelt 12-2015, Alfons W. Gentner Verlag, Stuttgart, 2015

[3] Vornholt, Ralf, „Darf es eine Scheibe mehr sein?“, Pressemeldung vom Oktober 2015, Saint-Gobain Glass Deutschland GmbH, Stolberg, 2015

[4] Franke, Mirco, Elmar Dohmann, „4-fach-Isolierglas hat Zukunft“, in: Glaswelt 12-2015, Alfons W. Gentner Verlag, Stuttgart, 2015

Quelle: GEB Gebäude Energieberater 03 2016