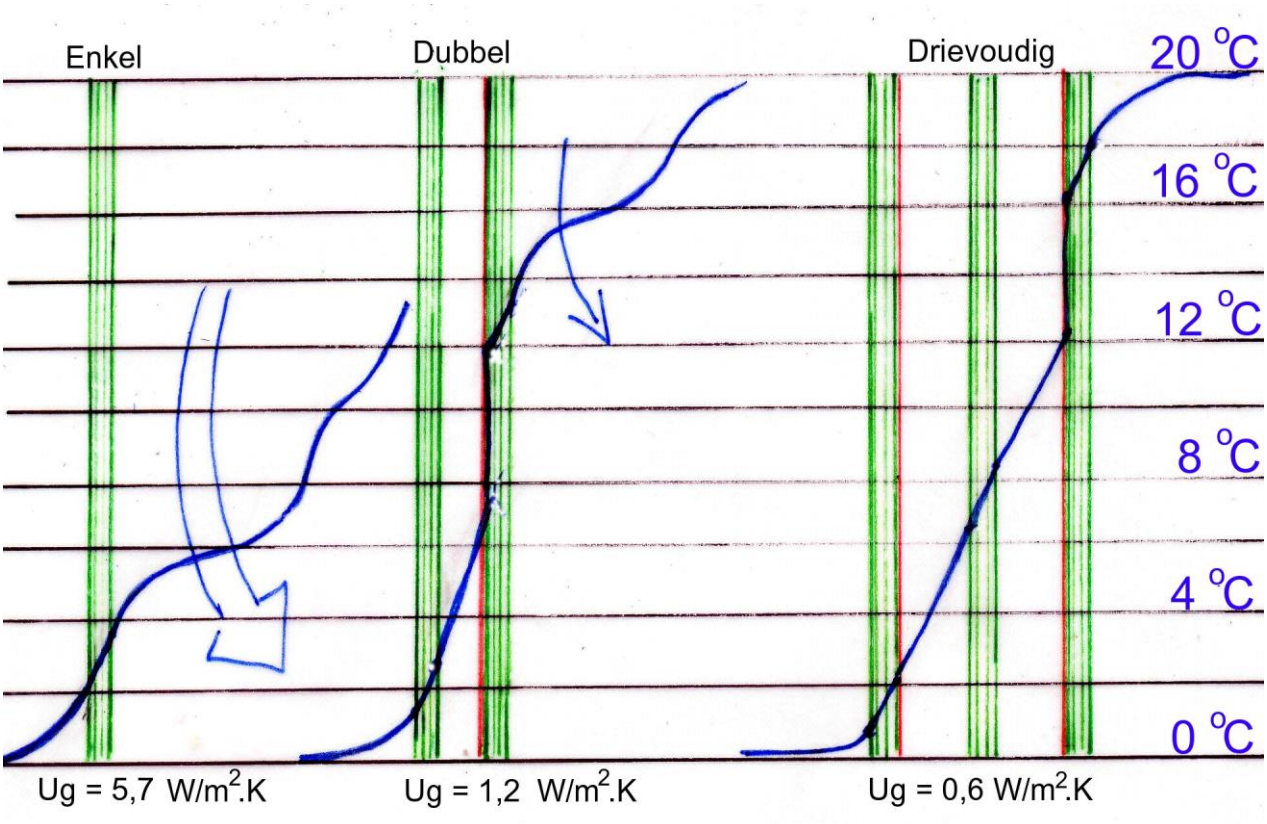
101 Soorten Glas met U_g- en R_g-waarden, isolatieverbetering, opties en kostenindicaties



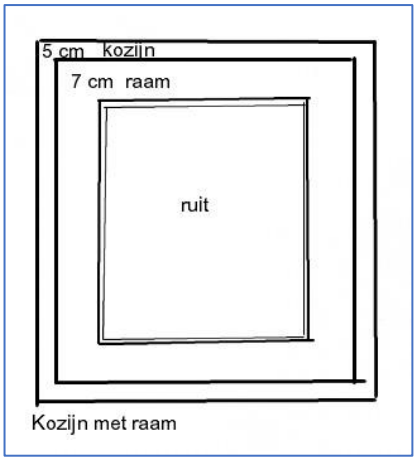
Door: Sjoerd Nienhuys, woonenergie adviseur
Energie coach HilverZon.
Datum: september 2026.
Website: www.nienhuys.info →→

Abstract: Een overzicht van de Ug- en Rg-waarden van enkel, dubbel, triple en gelamineerd isolatieglas. Uitgebreide tabellen in Ug- en Rg- waarden met isolatieverschillen van ruiten met verschillende gasvullingen (lucht, Argon, Krypton), afstanden tussen de ruiten en coatings. Glasroeden en spacers. Waarop te letten bij prijsvergelijkingen en offertes? Monumentenglas. Vacuümglas. Zonwerende glasfolies. Glazen bouwblokken. Hoogbouw. Gehard glas. Thermische breuk. Gebogen ruiten.

Inhoud

1. Verklaringen, woordenlijst 3
2. Minimum nieuwbouw isolatiewaarden 6
3. U_{glas}-waarde en R_{glas}-waarde van glas 7
3.1. Verbindingsprofiel. *Spacer* 7
3.2. Warmtereflectie zichtbaar 9
3.3. Tabel: U_g-waarden en R_g-waarden en lijst van kostenaspecten (indicaties jaar 2026) 10
3.4. Isolatieruiten in stalen stoeltjesprofiel kozijnen 13
3.5. Glasverwarming 14
4. Andere glassoorten 14
4.1. Monumentenglas 14
4.2. Dunne isolatieruiten monumenten 15
4.3. Vacuümglas 16
4.4. Zonwerende coating of glasfolie 17
4.5. Geluidwerend glas 18
4.6. Hol of bol gebogen ruiten, isochore druk 18
4.7. Thermische breuk 19
4.8. Glasroeden 20
4.9. Ventilatie, ademend raam 20
4.10. Normen en ISO 21
4.11. Seismisch sterk glaspaneel 21
5. **Twee tabellen met Ug- en Rg-waarden van ruiten** 22
6. Bijzondere glassoorten. 25
6.1. Anticondens glasfolie 25
6.2. Vogelwerende UV-coating 26
6.3. Anticondens coating of antifog 26
6.4. Privacy-folie 26
6.5. Doorvalveiligheid en gehard glas 27
6.6. Hoogbouw gehard of gelamineerd glas 27
6.7. Gebogen ruiten 29
6.8. Glazen bouwblokken 29
6.9. Meer informatie over glas, stalen ramen, vensters isoleren en folies. 30

1. Verklaringen, woordenlijst



Kozijn met raam

De volgende termen worden gebruikt in dit document:

Ruit. Van glas (meestal doorzichtig, ook van Acrylaat of Polycarbonaat) dat in een raamwerk zit.

Raam. Ruit inclusief de omlijsting. Het raam maakt het mogelijk om het inclusief de ruit open te zetten voor ventilatie. Het raamwerk zit meestal in een kozijn. Het raamwerk is vaak permanent in het kozijn dicht/vastgezet.

Kozijn. Het framewerk dat in de bouwmuren zit. Hierin kan direct een vaste ruit worden geplaatst of een raamwerk met een ruit.

Overgangswaarde Rsi voor binnen (interieur) en buiten (Rse, exterieur[1]). Tussen een materiaal (glas) en de lucht bestaat een weerstand voor de warmteoverdracht. Voor ruiten is het gemiddelde bepaald door de Internationale Standaard Organisatie (ISO). Voor Nederland is de gemiddelde (over het jaar)[2] buiten-overgangswaarde Rse voor glas 0,04 m^2.K/W. De binnenzijdige overgangswaarde Rsiheeft minder windkoeling en is voor glas 0,13 m^2.K/W. Samen is dit voor enkel glas 0,17 m^2.K/W. De isolatiewaarde van het glas zelf is erg laag. Dit betekent dat de rekenwaarde voor enkel glas ≈ 0,17 m^2.K/W. Afgerond op 0,2 m^2.K/W. De isolatiewaarde Rg voor enkel glas word genomen op 0,2 m^2.K/W.

Isolatiewaarde van alleen glas = **Rg** in m^2.K/W. (vierkante meter x graden Kelvin) / Watt. Rg = 1/Ug
Isolatiewaarde van een constructie = **Rc in** m^2.K/W
Warmtedoorgangswaarde of Warmteverlieswaarde (uitgang) van glas = Ug in W/m^2.K. Watt / (vierkante meter x graden Kelvin). Deze waarde wordt hoofdzakelijk door glasbedrijven gebruikt en is gelijk aan 1/Rg.

In dit document wordt over het algemeen de Rg-waarde of de Rc-waarde gebruikt (constructies) om het vergelijkbaar te maken met andere isolatiewaarden van bouwmaterialen of constructies.

Achterzetruit. Dit is een extra ruit of Acrylplaat die aan de binnenzijde achter de bestaande ruit wordt geplaatst zodat er een beter isolerende dubbele ruitconstructie ontstaat. De isolatiewaarde van de enkele ruit (Rg ≈ 0,2) wordt daarmee met Rc ≈ 0,2 verdubbeld tot Rc ≈ 0,4. Ook vaak voorzetruit genoemd. Veel bedrijven noemen de extra binnen-geplaatste ruit voorzetruit.

Voorzetruit. Dit is een extra ruit of Acrylplaat die aan de buitenzijde voor de bestaande ruit wordt geplaatst zodat er een beter isolerende dubbele ruitconstructie ontstaat. De isolatiewaarde van de enkele ruit (Rg ≈ 0,2) wordt daarmee met een extra Rc ≈ 0,2 verdubbeld tot Rc ≈ 0,4.

---

[1] Rse is het jaargemiddelde. Het jaargemiddelde voor de kamerkant (met lichte luchtstroming, Resistentie surface interieur) is Rsi ≈ 0,13 terwijl het jaargemiddelde voor de buitenkant Rse ≈ 0,04 (Resistentie surface exterieur).
De isolatiewaarde van 3 mm dik glas met λ = 0,8 W/m.K zelf is 0,003m x 1/0,8 = Rg = 0,0375 = erg laag.
Totale aangenomen isolatiewaarde is dan 0,13 + 0,04 + 0,00375 = Rg 0,17375 m^2.K/W afgerond Rg = 0,2.
Wanneer het buiten dus windstil is, is de isolatie wat beter, maar als het hard waait wat lager. Een binnenruit van een tochtdeur (gang) heeft dan een isolatiewaarde van Rg 0,13 + 0,13 + 0,00375 = 0,26375 afgerond 0,265 of Rg ≈ 0,3.

[2] De lucht kleeft als het ware aan het glas. Als de lucht stil staat en het niet waait, is de overgangswaarde hoger, maar als het waait en nat is, is de overgangswaarde lager. De opgeven waarde is het jaargemiddelde in Nederland. Als er binnen veel luchtverplaatsing is vanwege ventilatoren wordt deze overgangswaarde lager. Wanneer de luchtspouw dun is (18 mm tot 20 mm is de overgangswaarde ongeveer Rc ≈ 0,2.

Dubbelglas. Samengestelde ruit met een spacer die de ruiten met een spouw aan elkaar plakt. Er zit droge lucht tussen. Na 1972 (eerste energiecrisis) komen deze op de Nederlandse markt. Rg = 0,5 (of Ug 2,0). Bij de vlam-reflectietest zijn alle reflectiekleuren hetzelfde.

HR glas. Periode 1985-1995. Een betere soort dubbel glas met een lichte IR-straling-reflecterende coating aan de spouwkant van de binnenste ruit. De isolatiewaarde is **Rg 0,6** (of Ug 1,7) tot **Rg 0,5**. (of Ug 2,0).

HR^{+} glas. Periode 1995-2015. Op de binnenkant van de binnenste ruit (in de spouw) zit een verbeterde IR-straling-reflecterende coating. Soms een gasvulling. De isolatiewaarde met gas is Rg 0,75 (of Ug 1,3) tot Rg 0,6 (of Ug 1,6) zonder gas.

HR^{++} glas. Nieuwbouw 2021 minimumnorm met een Rg 0,83 (of Ug 1,2) tot maximaal Rg 1,0 (of Ug 1,0). Deze ruiten hebben een IR-coating en Argon gasvulling. Wanneer een woningeigenaar geen isolatie-specificatie geeft aan de glashandel, krijgt die woningeigenaar de minimum isolatiewaarde van Ug 1,2.

HR^{+++} glas. Dit is geen vastgestelde waarde, dat kan dus van alles betekenen. Sommige bedrijven of instellingen gebruiken HR^{+++} als aanduiding voor Tripleglas; dat is verwarrend want dat kan ook een iets betere HR^{++} ruit betekenen.

HR^{++++} glas. Dit is ook geen vastgestelde waarde. Alleen met de opgave van de Ug-waarde van het glas wordt duidelijk welke kwaliteit het is. Zelf omrekenen naar de Rg-waarde om de isolatiewaarde te kennen.

Tripleglas. Drie ruiten met gas gevuld en in de spouw van de binnenste én de buitenste ruit een IR-straling reflecterende coating. Minimum Rg = 1,4 (of Ug 0,7) met een dunne luchtspouwen 12 mm. Maximum Rg 2,0 (of Ug 0,5) wanneer de spouwen 18 mm elk zijn. Hier is het dus belangrijk dat de isolatiewaarde juist wordt aangegeven. Dat heeft invloed op de dikte van deze samengestelde ruit.

Driedubbel glas. Zes ruiten? Foute benaming. Sommige bedrijven geven deze naam aan Tripleglas. Driedubbel zijn feitelijk 6 ruiten. Driedubbel Tripleglas is dan helemaal een fantasienaam voor Tripleglas.

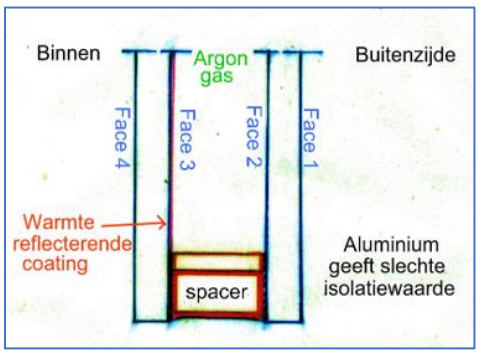
Vacuümglas. Twee glasplaten waartussen een vacuüm is getrokken met een Rg 1,4 (of Ug 0,7) tot Rg 2,5 (of Ug 0,4) afhankelijk van het fabricaat. Op elke ≈15 cm zitten er micro-afstandshouders tussen de ruiten, anders worden de twee ruiten door de luchtdruk samengedrukt. Het glas loopt rond aan de zijkanten.

Gelaagd glas. Met Bouwbesluit 2012 is **doorvalveilig** glas verplicht in woningen en openbare gebouwen als het glas begint onder de 85 centimeter, gerekend van de vloer. In kinderdagverblijven is dit zelfs verplicht tot een hoogte van 120 centimeter. Aanduiding 3.3.1 is 2x3mm ruit + PVB-folie ertussen (Polyvinylbutyral).

Gelaagd isolerend glas. Normaal gelaagd of gelamineerd glas is verbonden met een PVB-folie. De kamerzijde ruit kan tussen de ruit en de PVB folie én een Low-E coating op het glas hebben, waardoor de isolatiewaarde van het glas met ongeveer 30% toeneemt. Deze oplossing kan geschikt zijn voor dunne stalen raamprofielen, wanneer de stoeltjesprofielen niet vervangen kunnen/mogen worden.

Face van het glas. De '*faces*' van het glas worden van buitenaf geteld. Elke glasplaat heeft twee faces.

Spacer of afstandshouder. De verbindingsstrook die de ruiten bij isolatieglas gasdicht bij elkaar houdt. Vroeger in glanzend aluminium met het kenmerk en de productiedatum van de ruit op die spacer geprint. De moderne zwarte spacers (*warm edge*, TGI, kunststof) hebben een betere isolatiewaarde.



Zonwerende glasfolie. Een zonlicht blokkerende folie die aan de buitenkant op het glas wordt toegepast ter vermindering van zoninstraling. Sommige bedrijven noemen dit raamfolie, dat is verwarrend want raamfolie wordt op het raamhout/plastic geplakt om een isolerende luchtspouw te vormen.

Isolerende glasfolie. Deze wordt aan de warme kant op de ruit geplakt. Dit verbetert de isolatiewaarde van die ruit met ≈ Rc 0,3. Sommige bedrijven noemen dit raamfolie; dat is onjuist. Hoe beter de isolatiewaarde van bestaande ruit is, hoe kleiner het percentage van de toegevoegde isolatiewaarde van de folie is.

Raam of kozijnfolie. Dit is een soort van dunne krimpfolie en wordt op het raamhout of het kozijn geplakt (2-zijdig plakband) waardoor er een isolerende luchtlaag ontstaat. Bij een spouwdikte van 18 tot 20 mm heeft dit het beste rendement met ≈ Rc 0,2. Hoe beter isolerend de bestaande ruit is hoe kleiner het percentage van de toegevoegde isolatiewaarde is. Niet over de ventilatieopening plakken.

Interferentie, irrisatie of anisotropie. Het is sterk afhankelijk van de gezichtshoek en het invallende licht. Dit is een lichteffect dat kan optreden bij gehard glas (t.g.v. spanning na het afkoelen) of Tripleglas (bij gelijke ruitdiktes). Interferentie kan bij een bepaalde invalshoek regenboogkleuren veroorzaken en kan bij gehard glas zichtbaar zijn met een gepolariseerde bril, in de vorm van olievlekken of cirkels.

ZTA-waarde. De mate van lichtdoorlating of ZonToelatingsAspekt van een ruit. Bij zonwerende folies vermindert deze waarde tot met 80%. Bij een dikker glaspakket (Tripleglas) en bij extra coatings op het glas vermindert de ZTA ook, maar is van binnenuit niet waar te nemen als alle ruiten in dezelfde ruimte dezelfde diktes en coatings hebben.

Isochore druk. De ruiten worden volledig gasdicht op de spacer aan elkaar verbonden. Bij een lage buitentemperatuur zal het gas tussen de ruiten afkoelen en zal de buitenste ruit door de luchtdruk iets naar binnen gedrukt worden (Isochore druk) en gaan ze hol staan. Bij warme dagen worden de ruiten naar buiten gedrukt en gaan ze een klein beetje bol staan. Wanneer de isochore druk erg hoog kan worden dan worden geharde ruiten toegepast of gelaagde ruiten.

Stoeltjesprofielen. Stalen raamkozijnen (toegepast tot omstreeks 1970) die een profieldoorsnede hebben van een stoeltje. Deze smalle ramen en kozijnen hebben geen thermische onderbreking en hebben daardoor een erg slechte thermische isolatie. Bij enkel glas is de isolatiewaarde < Rc 0,17.

In dit document wordt niet ingegaan op de details van het plaatsen van het glas, glaslatten of de verschillende soorten kozijnen en het stellen of monteren van kozijnen. Zie hiervoor aparte documenten op mijn website www.nienhuys.info

- Tweedubbel glas.
- Stoeltjesprofielen en Raadhuistest.
- Serre daklichten isoleren.
- Bovenlicht en trapraam.
- Terugverdientijden vergelijken van ruiten.
- Ramen, kozijnen en deuren
- Terrasdeuren verbeteren
- Acryl achterzetruiten
- Tochtdeur maken
- Buitendeur isoleren
- Tochtportaal en voordeur isoleren
- Vouwgordijnen of zonwering

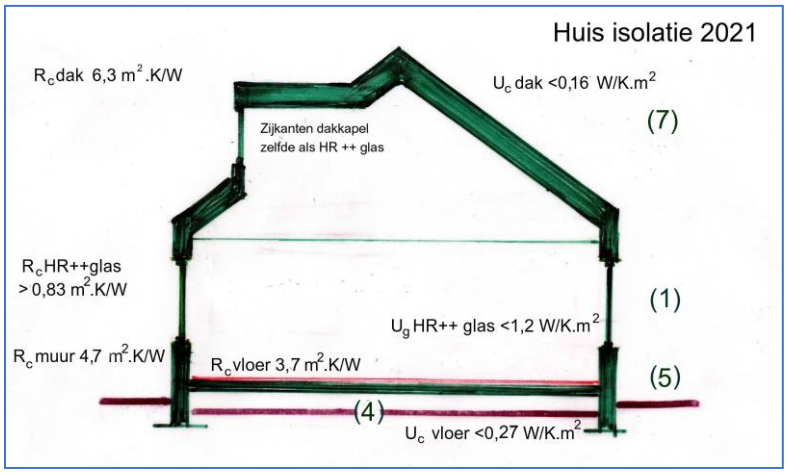
2. Minimum nieuwbouw isolatiewaarden

Warmteverlies uit de woning gebeurt hoofdzakelijk door 4 mechanismen.

1. Straling is verantwoordelijk voor het merendeel met **60% – 70%.** Warmtestraling wordt bij isolatieruiten gedeeltelijk tegengehouden door een IR-reflecterende of Low-E coating ertussen.
2. Contact tussen bouwmaterialen vooral bij funderingen (ook contact met lucht).
3. Convectie (luchtstroming, tocht, ventilatie), 2 en 3 samen voor ≈ 30% - 35%.
4. Bij mechanische ventilatie zonder WTW is er constant warmteverlies in de winter. 5% - 15%

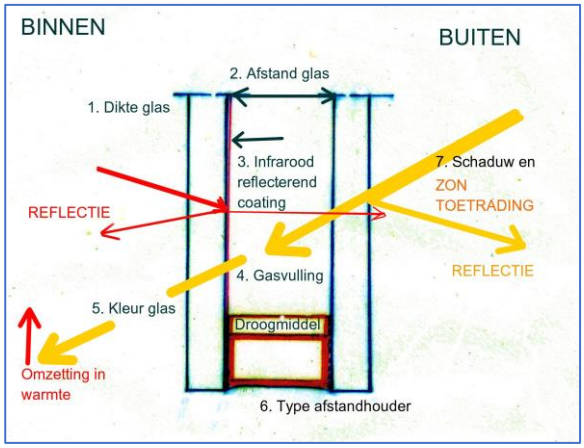
Een on-geïsoleerde spouwmuur of steensmuur **Rc ≈ 0,5,** na-geïsoleerd met 5 cm EPS-parels **Rc ≈ 1,7.**
Minimum nieuwbouwwaarde gevel Rc = 4,7 dus 3x zo goed als een na-geïsoleerde spouwmuur.
Een gewone enkele ruit heeft een **Rc = 0,2 m².K/W** dat is vaak de laagste isolatiewaarde in de woning.
Een pre-1995 dubbel glas heeft een **Rg ≈ 0,6 m².K/W;** nauwelijks beter dan een ongeïsoleerde muur.
Tripleglas en ook Vacuümglas Rg = 1,7 tot Rg ≈ 2,5.

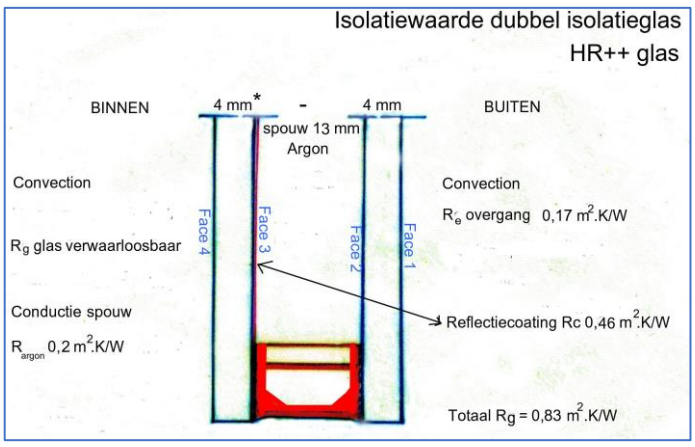
Figuur 1.
***Minimum nieuwbouwnormen** 2021 met Rc waarden (isolatiewaarden).*
Begane grond vloer. ***Rc = 3,7 m².K/W***
Buitenmuren ***Rc = 4,7 m².K/W***
Dakconstructie ***Rc = 6,3 m².K/W***
Ruiten, ramen, deuren, panelen, dakkapel/-glas, kozijnen ***Rg > 0,83 m².K/W.*** *(Ug = < 1,2 W/m².K)*



Hoe werkt een ruit als isolatie?

De isolatiewaarde van enkel glas is ongeveer Rg 0,2. De IR-warmtestraling gaat zonder reflecterende coating dwars door het glas naar buiten en maakt het grootste deel uit van het warmteverlies (65% tot 75%).
De toegevoegde isolatiewaarde van de luchtspouw bij dubbel glas ten opzichte van enkel glas is minimaal Rc = 0,2 m².K/W. Deze toegevoegde Rc-waarde geldt voor elk voorzetruit, achterzetruit, Acrylplaat of isolerende raam/kozijnfolie, mits de luchtspouw tussen de 18mm en 20mm is.

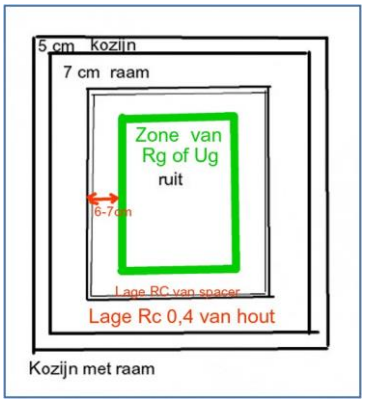




Figuren 2. De reflecterende IR of Low-E coating tussen de ruiten (Face 3) verhoogt de isolatiewaarde aanzienlijk.
Rechts: Bij een Argon gasvulling, Low-E coating en een spouw van ≥ 13 mm wordt het Rg = 0,83 m².K/W oftewel HR⁺⁺.

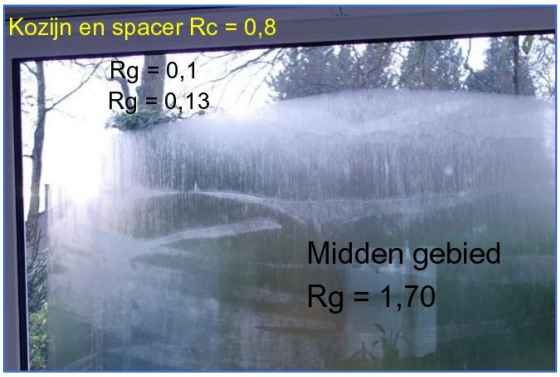
3. U_{glas}-waarde en R_{glas}-waarde van glas

Het raam/kozijn heeft een eigen Rc-waarde. 4 cm hout heeft een isolatie-waarde van ongeveer Rc 0,3. Daardoor zal op dat hout vaak condens optreden. De aluminium spacer van oude ruiten heeft ook een lage isolatiewaarde. Hoe kleiner de ruiten zijn, hoe groter de invloed van de lage Rc-waarde van de aluminium afstandshouder (spacer) en het raamhout/kunststof/metaal zijn. De door het glasbedrijf opgegeven waarden van het glas betreffen dus het centrale gedeelte van de ruit en niet de randen.



Figuur 3. De eerste 6 tot 7 cm van een isolatieruit heeft een lagere isolatiewaarde dan het centrale gedeelte. Hierdoor ontstaat er vaak condens langs de randen en kan dat een oorzaak zijn van plaatselijke schimmel.

Figuur 4. Dakraam met een oudere HR ruit met een isolatiewaarde van Rg 0,6 en een gewone aluminium spacer met isolatiewaarde Rc 0,2. Langs de randen ontstaat daardoor condensatie op de binnenzijde van de ruit. De Rg isolatiewaarde van de ruit geldt dus alleen voor het middengebied.
Hoe kleiner de ruit hoe meer invloed de spacer heeft. Condensatie op het hout kan bij slecht verfwerk in het hout dringen en schimmel en houtrot veroorzaken.



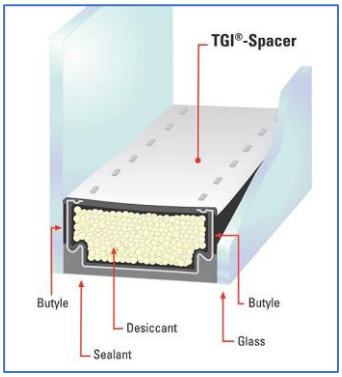
Figuren 5. <u>Links.</u> Tripleglas ruit met isolatiewaarde Rg = 1,7 tot Rg 2,0.
De isolerende zwarte afstandshouder (spacer) heeft een isolatiewaarde van Rc ≈ 0,8 waardoor isolatiewaarde langs de rand van de ruit terugloopt en de buiten-condensatie verdwijnt.
<u>Rechts</u>. Zwarte (Warm edge) spacer in Tripleglas ruit.
Een zilverkleurige aluminium spacer geeft meer warmteverlies.

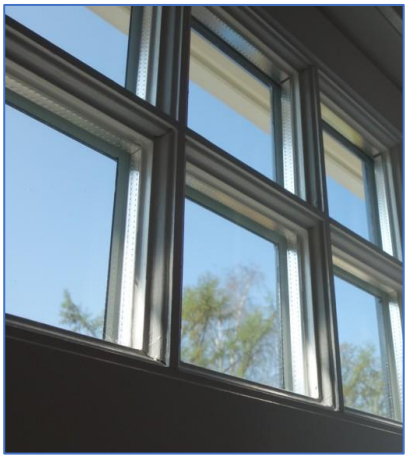
Vanwege de goede isolatie van deze Tripleglas ruit zal bij vochtig en koud weer condensatie buiten op het glas komen. Dat gebeurt ook buiten op een autoruit. Omdat het kozijn en de spacer minder isolerend zijn, verdwijnt daar de condensatie het eerste.

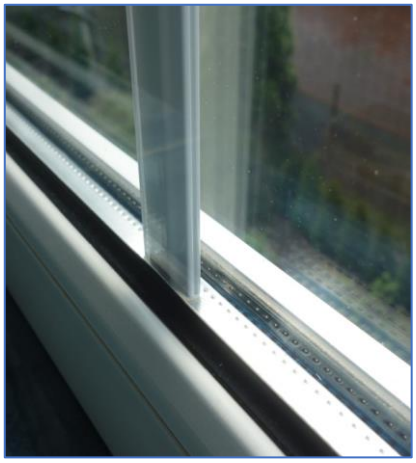
3.1. **Verbindingsprofiel. *Spacer***

Bij veel kleine ruitjes zijn de vervangingskosten voor al die aparte ruitjes veel hoger dan bij een enkele en grotere doorlopende ruit. Bovendien zal de nieuwe isolatiewaarde bij veel kleine ruitjes lager zijn dan van een enkele doorlopende ruit. Veel kleine ruiten met spacers achter de kruisroeden hebben daardoor een veel lagere isolatiewaarde dan de opgegeven isolatiewaarde van de ruit.

Figuren 6. Op de aluminium spacer staat soms het type en de datum van productie van het isolatieglas vermeld.
Hier: Thermobel 05-96 52 superlite HR glas 4-44.
Langs de rand van de spacer tussen de ruiten is vaak ook een koperkleurig lijntje te zien.







Figuren 7. <u>Links:</u> veel kleine ruiten met afstandshouders. <u>Midden</u>: Doorlopende ruit. <u>Rechts:</u> nep-roede tussen het glas. Bij condensatie op de ruit is te zien dat de neproede tussen het glas ook een minder-isolerende invloed heeft.

Het verschil van isolatiewaarde tussen een aluminium spacer en een TGI of Warm-edge spacer is te zien op een koele herfstdag, aan de noordzijde van de woning. Deze twee ruiten hebben allebei een Rg-waarde van 2,0. De binnen temperatuur is 21°C en de buiten temperatuur is 13° met hoge luchtvochtigheid. De bredere rand waar geen buitenzijdige condensatie zit heeft de aluminium spacer.

Figuren 8. <u>Links.</u> Warm edge spacer douwvrij is bijna 45 mm.
<u>Rechts</u>. Aluminium spacer douwvrij is bijna 70 mm.

Hoe kleiner de ruit is, hou meer dit verschil uitmaakt in de gemiddelde isolatiewaarde van de hele ruit.

Bij het bestellen va de ruiten is het belangrijk dat het type spacer wordt aangegeven. In de meeste gevallen zal het in de kostprijs niets uitmaken.

3.2. **Warmtereflectie zichtbaar**

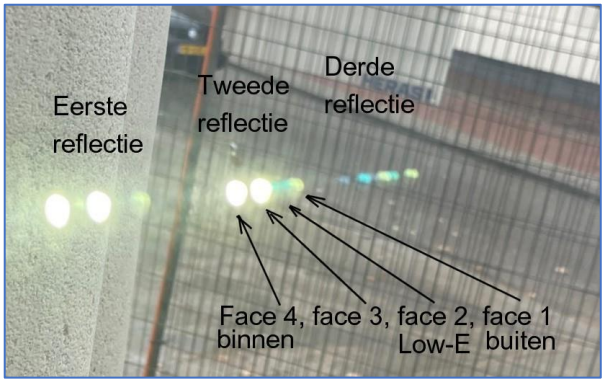
Om te zien of een bepaalde isolatie ruit al dan niet een Low-E Coating of warmte-reflecterende coating op de spouwzijde van de warmste (kamerzijde) glasruit heeft kan men een geel vlammetje (kaars, aansteker) of met een wit lichtje (ledlamp telefoon) de lichtreflectie worden waargenomen.

Afhankelijk hoe je naar de reflectie kijkt is het teruggekaatste licht van de Low-E coating anders van kleur dan de reflecties van on-gecoat glas. Achter een kaars of aanstekervlam kijkt heeft de warmte-reflecterende coating een intensere rode kleur. Wanneer je schuin (ongeveer 45 graden) naar de reflecties kijkt dan hebben ze juist een minder rode kleur vanwege de verstrooiing van het licht. Het licht dat het beste wordt verstrooid is blauw; dit is met een Led lampje te zien.

Figuren 9.
<u>Links.</u> Op face 3, de tweede reflectie is een andere kleur.
<u>Rechts:</u>
Op face 2, de derde reflectie is donkerder. De ruit is hier verkeerdom in het kozijn gezet.

De reflecterende coating moet in de spouw op de binnenste ruit zitten, dus op face 3 van buitenaf geteld.

Met een Led lampje.
Links en rechts: face 2 of 3 is blauw bij HR++



Bij de Tripleglas ruit is de (telefoon) LED-reflectie blauw op positie #2 en #5 (van buitenaf geteld). Er zijn hier 2 coatings. Voor de plaatsing van de ruiten maakt het bij Tripleglas niet veel uit of de Low-E coatings aan de binnenkant van de binnenruit zitten of op de binnenkant van de buitenruit.

Met een aansteker geeft de reflectie een donkerder vlam en het duidelijkste beeld.

Op basis van deze techniek kan snel beoordeel worden of een ruit voldoet aan de <u>minimum</u> nieuwbouw HR++ norm van Rg = 0,83. Wanneer dat niet het geval is dan moet beoordeeld worden of het zin heeft om de ruit te vervangen voor een veel beter isolerende ruit, of om er een voorzetruit (buiten) of achterzetruit (binnen) bij te plaatsen. Zie: Ventileren van oudere woningen op www.nienhuys.info

Over het algemeen wordt bij oud dubbel glas (van vóór 1995, zonder coating) aanbevolen om dat te vervangen voor HR^{++} op de etages en Tripleglas voor de meest verwarmde (woon)kamers. Omdat ruiten vervangen relatief duur is, wordt door de glazenier soms aanbevolen om voor de meer verwarmde woonkamers ook HR^{++} te nemen omdat dat de standaard nieuwbouw norm is, maar het is wel de minimumnorm.

Het plaatsen van een goede kwaliteit isolatieglas (met isolerende kozijnen) geeft meer comfort, is een duurzame maatregel en een meerwaarde voor de woning. Voor het vervangen van glas moet er goed gekeken worden naar de ventilatiemogelijkheden.[3] Er kan een ventilatiestrook op het glas gezet worden of op een nieuw kozijn.

3.3. Tabel: U_g-waarden en R_g-waarden en lijst van kostenaspecten (indicaties jaar 2026)

Bij plaatsen of vervangen van ruiten wordt alleen de blauwe of groene kleur aanbevolen. Wanneer u géén specificatie van de isolatiewaarde aan de glazenier opgeeft, krijgt u meestal slechts de minimumnieuwbouwwaarde van HR^{++} glas. De kosten van de ruiten lopen sterk uiteen, afhankelijk van de leverancier en de plaatsing. In de voorlaatste kolom wordt de netto glasprijs vanaf de fabriek aangegeven (zelf ophalen en plaatsen).

U_g-waarden en R_g-waarden met glasdiktes van 4 mm De prijzen zijn voor een ruit van ongeveer 1 m^2			Kosten excl. arbeid €/m^2	Kosten + montage
Type glas	**U_g waarde = W/m^2.K**	**R_g = m^2.K/W**	**Incl. BTW**	**Incl. BTW 9%**
Glas in Lood	6,7 tot 6,5 W/m^2.K	0,2		
Enkel glas, monumentenglas	5,8 W/m^2.K	0,2	30-60	
Low-E folie op de binnenkant enkel glas (geen isolatieglas)	Verlaagd 5,8 tot 3,2	0,2 + 0,13 = 0,3	30	75
Glazen bouwblok, luchtgevuld	5,0 W/m^2.K	0,2		
Glazen bouwblok Argonvulling	4,0 W/m^2.K	0,25		
Raam of kozijnfolie bij enkel glas, spouw 18 mm	Verlaagd van 5,8 tot 2,7	0,2 + 0,2 extra	5	Zelf doen
Voorzet of achterzetraam of Acrylplaat bij enkel glas	≈ 2,7	0,2 + 0,2 extra	30-50	Zelf doen
Low-E folie op de binnenkant dubbel glas (geen isolatieglas)	Verlaagd van 2,7 tot 2,0	0,4 + 0,15 ≈ 0,55	25	Zelf doen of 100
Dubbel glas van vóór 1990	≈ 2,0 tot 1,7	0,5 tot 0,55		
HR glas (van vóór 1990-1995)	Tussen de 2,0 en 1,6	0,55 - 0,6		
Enkel glas + voorzet (buiten) én achterzetraam (binnen)*	1,8 droge lucht	0,2 + 0,3 = 0,5	Hout of aluminium met rubber sluitingsprofiel	
Dubbel glas met Glas-in-Lood (GiL) er tussenin, droge lucht	1,7	0,6	GiL leveren aan fabriek	
Dubbel glas met GiL en op de binnenruit een Low-E coating	1,25 Moet specifiek gevraagd worden, anders zonder coating	0,75	GiL leveren aan fabriek	
Dubbel glas (pre-1995) met voorzetraam of achterzetraam	1,4	≈ 0,5 + 0,2 = 0,7		
HR$^+$ glas ≈1995 - 2010	Tussen de 1,6 en 1,2	0,7 - 0,75		
HR^{++} glas sinds 2015	Minder dan 1,2	> 0,833	80	150
HR^{++} glas, betere kwaliteit	Minder dan 1,1	> 0,9	100	200
HR^{++} glas extra garantie 15 jr.	Minder dan 1,0	> 1,0	120	240
HR^{++} beste kwaliteit	0,9	1,1	140	280

[3] Zie document “Ventileren van oudere Woningen” op www.nienhuys.info

3-voudig glas + Argon 3-voudig glas + Argon Vacuümglas 2019 6,5 mm	0,9 spouwen <15 mm < 0,7 spouwen >16 mm 0,7 spouw 0,1 mm	1,10 < 1,43 1,40	280-300 300 -330 500 - 600	380-400 400-425
HR/HR^{+}/HR^{++} en extra HR^{++} (2-dubbel) spouw 18 – 20 mm	Afhankelijk van kwaliteit van de reeds bestaande HR of HR^{+} of HR^{++}	1,5 tot 1,9	Prijzen HR^{++} en raamwerk	
Vacuüm glas 8,6 mm dik	0,45 spouw 0,1 mm	2,2	500	Fineo
3-voudig + Argon dik 48 mm	4:-18-4-18-:4mm 0,5	2,0	350	450
Vacuüm glas	0,7 -0,4 dik 6,2 tot 8,3 mm	1,43 - 2,5	500	
Quadro glas dik > 48 mm	0,3 W/m^2.K	3,33		

* Fabrikanten Belned en Grona leveren kant en klaar voorzet- en achterzetruiten in een frame.
** begane grond montage zonder extra's. Afhankelijk van de fabrikant, gewicht en reisafstand.
Gelamineerd heeft geen luchtspouw en kan ook gehard (veiligheids-)glas zijn.
Quadro glas: https://ahkkozijnen.nl/ahk-kozijn-bv/isolatie-met-kozijnen/glas-isolatie/
Montagekosten tussen de € 50/uur en € 50/uur (begane grond en handelbare maat).
De totaalprijzen inclusief uithalen, montage, afvoer oud glas, maar zonder houtwerk aanpassen, hijskranen, steigers of afschilderen (een paar weken later) etc. Materiaalprijs is ongeveer 45%, arbeid ongeveer 50%, voorrijkosten 5%. Het zelf plaatsen van bij de fabriek afgehaalde ruiten en afschilderen is erg voordelig.

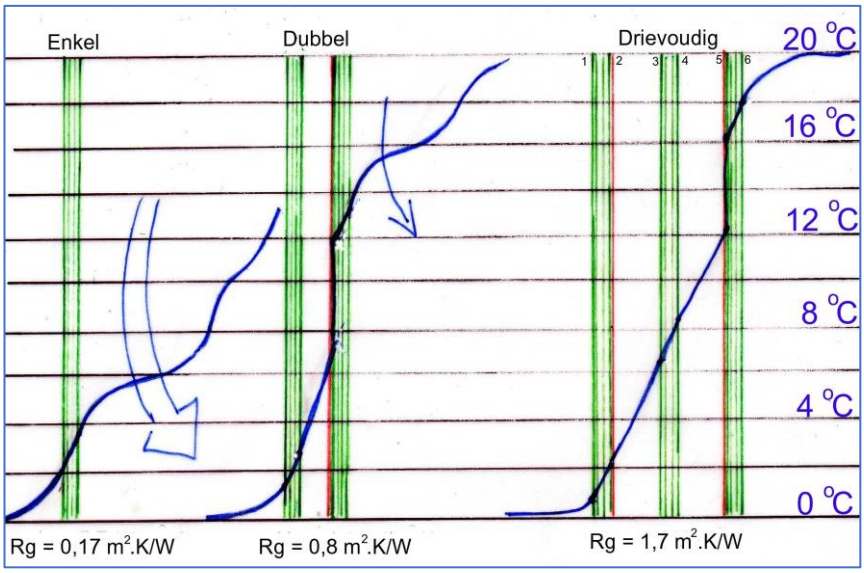
Glasbedrijven geven eerst een prijsindicatie op de geschatte ruitafmetingen, 5-6 mm kleiner dan de sponningmaat. Daarna meten ze het zelf op voor een definitieve offerte.

Voor zonwerend HR^{++} extra € 30/m^2. Voor gehard/veiligheidsglas/gelamineerd HR^{++} extra € 100/m^2.
Prijzen HR^{++} beglazingen gelden voor een maximale productiemaatvoering van ongeveer 2400 x 1400 mm (4 mm dik) en 1800 x 2400 mm (5 mm dik) en 2250 x 3500 mm (6 mm dik); afhankelijk van de leverancier.
Bij gelaagd glas met BVP folie (ruiten lager dan 85 cm boven de vloer) verbetert de isolatiewaarde.

De glasprijs wijkt in de volgende gevallen af door bijvoorbeeld een formaattoeslag:

- Voor grotere afmetingen dan 4 mm dikte geldt een toeslag van 10% (voor 5 mm);
- Voor grotere afmetingen dan 5 mm dikte geldt een toeslag van 20% (voor 6 mm);
- Voor overschrijdingen van de maximale breedte als de hoogte geldt een toeslag van 30%;
- Kleine ruitjes zetten is extra duur/m^2, bijvoorbeeld enkel glas in deuren; geslepen glasranden of alle ruitjes met afstandshouders (spacers). Veel afstandshouders verlagen de isolatiewaarde.
- Warm edge spacers leveren vaak geen hogere kosten op.
- Ingebouwd GiL, glasroeden of jaloezieën zijn ook duurder dan gewoon dubbel isolatieglas.
- Bij ondeskundig afschilderen of beschadiging tijdens het afschilderen vervalt de garantie van de glazenier. De verf moet 2 mm op het glas doorgeschilderd worden om de kit af te bekken.
- Bij aanvragen van offertes moet gespecificeerd worden: type glassoort en spouwen (zie tabel), type spacer, coating/zonwering, gelamineerd (dakramen), glas verwijderen, het oude glas meenemen, hang- en sluitwerk aanpassen, sponning (breder frezen, houtrot verwijderen), schilderwerk binnen en buiten, BTW inclusief of niet (materialen/arbeid), garantieperiode, subsidies.
- Bij minimaal 3 m^2 vervangend glas als isolatiemaatregel is er subsidie van het RVO. Bij het toepassen van passief (isolerende kozijnen verhoogt de subsidie). Wanneer binnen twee jaar een andere isolatiemaatregel wordt uitgevoerd, verdubbelt de RVO subsidie.
- De toegankelijkheid van de ramen zowel van binnen- als van buitenaf. Steigers nodig of een hoogwerker? Hoeveel dagdelen werk? Bij meerdere ramen gaan de kosten/m^2 omlaag. Is er een KIWA of KOMO-keur aanwezig?

Offertes moeten op bovenstaande punten worden aangevraagd, anders kan er niet vergeleken worden.



Figuur 10. De temperatuur van het oppervlak bij de verschillende typen beglazing bij 20°C binnen.
De Rg-waarde is afhankelijk van spouwbreedte, type gasvulling en warmte-reflecterende coating.

Bij 0°C is bij enkel glas de temperatuur aan de binnenzijde van het raam +4°C. Bij een kamer-temperatuur van +20°C zullen er dan sterke koude luchtstromen (tocht) ontstaan en condens op de ruit.

Bij Triple of 3-voudig glas is dan de temperatuur aan de binnenzijde van het raam +18°C. Hier zullen koude luchtstromen nagenoeg ontbreken.

Het is vaak economisch om HR^{++} of Tripleglas achterzetruiten (binnen) toe te passen *(Figuren 11. 1ste links)* of voorzetramen (buiten) als het geen monument betreft *(Figuren 11 bij het gele raam rechts).*[4]
Bij monumenten zijn binnen achterzetruiten of glas of acryl/polycarbonaat bijna altijd toegestaan, maar niet altijd voorzetramen aan de buitenkant, want dat verandert het aanzicht.

Figuren 11. Foto's met Glas-in lood en kleine ruitjes.
<u>Links.</u> Met isolerend achterzetraam. Zowel van buiten als van binnen is het GiL goed zichtbaar. Terwijl de combinatie met een HR^{++} achterzetraam een goede isolatie geeft. Tussen de ruiten hoeft niet geventileerd worden.
<u>Tweede van links.</u> Schuifraam en vast raam. Achter het vaste raam kan een extra HR^{++} ruit geplaatst. Het schuifraam zelf wordt zwaar met een extra ruit. Wel kan er aan de binnenzijde een draaibaar raam met HR^{++} geplaatst.
<u>Derde van links.</u> Serre met vaste ramen. Hier is het aan de binnenzijde plaatsen van draaibare ramen met HR^{++} glas een goede optie. Op deze manier wordt goede isolatie verkregen en kan tussen de ruiten schoongemaakt worden.
<u>Rechts.</u> Met voorzetraam buiten. In dit geval is nog duidelijk de structuur van de kleine ruitjes te zien. Echter bij GiL zal het beeld een vlakke reflectie geven. Dit is bij monumenten vaak niet toegestaan.

[4] De Nederlandse instellingen van Welstand en Monumentenzorg stellen verschillende eisen aan het beeld van gebouwen. Hierbij wordt de afstand tot aan de openbare weg, of de zichtbaarheid van de constructie vaak niet in de beoordeling meegenomen. Soms gelden de eisen alleen aan de straatzijde. Ook zijn de gemeentelijke regelgevingen meestal nog niet aangepast aan een beter energiebeleid. Zie documentje over tweedubbel glas voor omstandigheden.

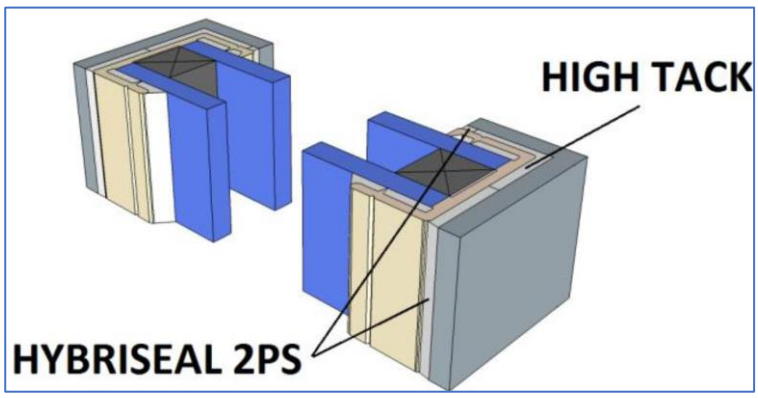
Figuren 12.
Erker met stalen stoeltjes profiel kozijnen. De 6 mm glas dikte (2 x 3mm met PVB-folie ertussen (Polyvinylbutyral) is niet verstorend voor het beeld. De low-e coating zit op face 3. In dit geval zouden nieuwe houten, metalen of kunststof kozijnen het vrije zicht naar buiten sterk veranderen.

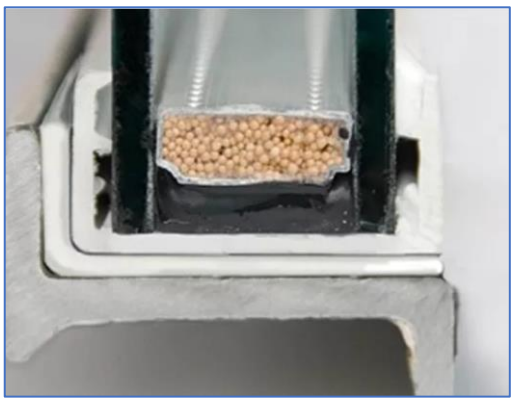
Van buitenaf, en onder een bepaalde hoek en lichtreflectie kan een iets onregelmatig patroon gezien worden die door de PVB-folie wordt veroorzaakt (3de foto). Dit is echter niet zichtbaar van binnenuit.

3.4. **Isolatieruiten in stalen stoeltjesprofiel kozijnen**

Ouderwetse stalen kozijnen van smalle stoeltjesprofielen zijn **zeer slecht isolerend.** Vooral bij als monumenten[5] aangewezen gebouwen is het vaak moeilijk om aan de minimum HR^{++} eis te voldoen. In sommige situaties wordt er een 15 mm glaspakket ingezet (3mm - Krypton 9mm – :3mm) met Rg = 1,0. Het stalen stoeltjesprofiel heeft echter zelf een erg lage isolatiewaarde Rc 0,2, wat de gemiddelde isolatiewaarde van het kozijn met raam sterk verlaagd, vooral met kleine ruitjes.

Vacuümglas (Rg = 2,0) kan een oplossing zijn, maar ruiten < 30 cm zijn extra duur. Ze worden geplaatst in een speciale kit (polysiloxanen) die hetzelfde visuele aspect heeft als stopverf, maar deze kit gaat met verloop van tijd niet *craqueleren* (indrogen, barsten en hard worden). Er worden in deze situaties dus geen glaslatten gebruikt om de oude en smalle uitstraling van de stoeltjesprofiel ramen te behouden.[6]



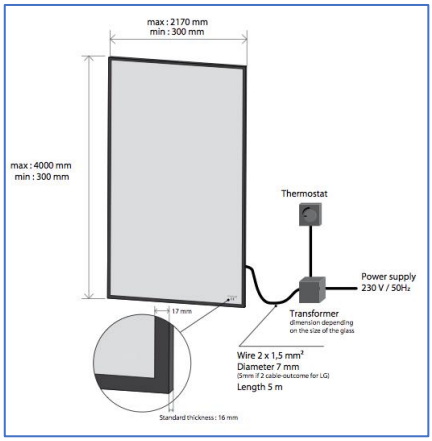


Figuren 13. Het Grona HR^{++} isolatieglas kan in een bestaand stoeltjesprofiel kozijnen geplakt.
https://www.grona.nl/conforglace of https://www.belned.nl/producten/voorzetramen/
Het Belned achterzetraam kan zonder scharnieren ook in een stalen kozijn geplakt of geschroefd worden.
Bij oude stalen ramen in monumenten dient er zorg voor gedragen worden dat deze niet kunnen roesten. Voordat er duur isolatieglas in wordt geplaatst kan het noodzakelijk zijn om de kozijnen eerst een duurzame roestwerende behandeling te geven. Hiervoor moeten de kozijnen naar een werkplaats gebracht worden.

[5] Bijvoorbeeld van architecten uit de jaren 1920 tot 1960 zoals Peutz, Jan Duiker, Rietveld en Dudok (Hilversum).
[6] Voor renovatie van grote, oude stalen ramen kunnen moderne aluminium profielen worden toegepast, bijvoorbeeld Reynaards CS 77 met drievoudig glas. De slanke uitstraling van de architectuur blijft dan behouden. Zie ook: “Glastest ruiten in stoeltjesprofielen en Raadhuis” op www.nienhuys.info

3.5. Glasverwarming

In Scandinavische landen[7] worden ramen toegepast die ook als verwarming functioneren (binnen glasblad). De toepassing van deze ramen is zinvol wanneer men 3-voudig of Tripleglas heeft. De hele dunne verwarmingsdraden zitten in de PVB- folie (gelamineerd glas). Deze ruiten hebben een aanzienlijk stroomverbruik, tussen de 100 à 350 W/m^2. De kostprijs is bij grote oppervlakken 500 euro/m^2 en bij kleine oppervlakken tot 1.200 euro/m^2.



Figuur 14 glasverwarming bij Triple glas

4. Andere glassoorten

Draadglas, glazen bouwblokken, glazen trappen of vloeren, gehard glas voor doorvalbeveiliging bij openbare gebouwen, brandwerend glas en kogel-bestendig of pantserglas zijn enkele voorbeelden[8].

Voor lichtkoepels wordt meestal het taaie en sterke **polycarbonaat** gebruikt. Moderne lichtkoepels zijn altijd minimaal dubbelwandig (Rc 0,4), maar kunnen ook meerwandig (beter isolerend) worden uitgevoerd.[9]

4.1. Monumentenglas

Monumentenglas[8] heeft een iets onregelmatige structuur met soms strepen en belletjes dat lijkt op oude glasruiten[10]. Het effect wordt bereikt door een productieproces waarbij de ruit wordt getrokken. Vanwege dit proces is het aanzienlijk duurder dan *floatglas*.

Dit monumentenglas wordt gebruikt ter vervanging van oude/antieke ruiten, of om een authentieke indruk te wekken. Er zijn versies die een lichte kleurafwijking hebben van het moderne transparante vensterglas. Monumentenglas kan ook gelamineerd worden uitgevoerd met een PVB folie en een Low-E coating tussen de ruiten. De dikte kan dan variëren van 6 – 10 mm. Met de Low-E coating heeft het een isolatiewaarde vergelijkbaar met HR glas. Met een dunne spouw kan het de waarde hebben van HR$^+$ glas.

Het dunne isolatieglas van monumentenglas (8-14 mm) kan ook toegepast worden in stalen raamkozijnen die een smalle sponning hebben. Aan de zonzijde kunnen bij stalen ramen grote spanningen tussen glas en raam/kozijn optreden. De garantie op deze ruiten kan daarom vervallen of kan beperkt zijn. Een veel betere optie is dan de optie van *Figuur 13 van Grona.*

Figuur 15. Bij deze vooroorlogse woning waren in het kader van de verduurzaming de ramen van de benedenetage voorzien van 8 mm vacuümglas (Rg 2,0), maar dat was niet mogelijk bij de terrasdeuren die een gebogen bovenkant van de glassponning hebben.
De gemeentelijke dienst verplichtte toen het 12 mm isolatie monumentenglas dat wel in die vorm gebogen vorm gemaakt kon worden (Rg 0,5). Dat is dus vooral duur en het verschil van buiten niet te zien. De deur zelf is niet isolerend hout (Rg 0,3). De ruiten van de benedenetage zijn dus wel bij-geïsoleerd, met uitzondering van de deur met monumentenglas die dan alle condens aantrekt.

[7] HeatVision®-glas verhoogt de temperatuur tot voorbij het dauwpunt om condensatie te voorkomen.
[8] Zie op het einde van dit document verschillende referenties met nog meer informatie over glas en monumenten.
[9] Voor lichtkoepels zie document 'Serre daklichten' op www.nienhuys.info
[10] Zie bijvoorbeeld https://monumentenglas.nl/ en http://haarlemseglascentrale.nl/van-ruysdael-glas/

Er zijn in deze situatie vier beter isolerende oplossingen mogelijk.

1. Aan de binnenzijde aparte isolerende deuren afhangen met HR^{++} glas. Samen dan Rg 0,2 enkel +Rc 0,2 spouw + Rg 1,0 HR^{++} = Rc 1,4. Daarvoor is wel binnen (loop)ruimte nodig.
2. Achter de bestaande ruit een HR^{++} (Rg 1,0) ruit monteren in een frame en dat op de binnenzijde van de deur monteren. De deur wordt dan zwaarder en moet extra scharnieren hebben.
3. De onderkant van de bovenplank van onderen recht afzagen, dan een rechthoekig vacuümglas (Rg 1,8) erin zetten en op de buitenkant van de ruit een strook watervast multiplex lijmen in de oude vorm.
4. De onderkant van de bovenplank van de deur recht afzagen en er een HR^{++} ruit met Krypton (Rg 1,7) in zetten en op de buitenkant van de ruit een strook watervast multiplex lijmen in de oude vorm.

Figuur 16. Ook beschermd stadsgezicht. Bij deze deur is achter op een HR^{++} ruit geplaats in een isolerend kader dat de hele achterkant van de deur bedekt. Hierdoor verhoogde de isolatiewaarde van de deur van Rc 0,3 (gemiddeld) naar Rc 1,5 gemiddeld. Achter de hele deur werd een Polycarbonaat binnendeur geplaatst die nog een Rc 0,4 toevoegt.
Dit was hier mogelijk omdat de binnendeur opendraaide naar een muur, zodat deze in de zomer niet in de weg zit.[11]

Historic glas is ambachtelijk gemaakt, heeft kleine vertekeningen en is ongeveer euro 50/m^2 duurder dan *floatglas*. **Classic** glas heeft een lichte vertekening en wordt voor monumenten uit de periode van 1920 tot 1960 toegepast en is goedkoper dan *Historic* glas, maar wel duurder dan *floatglas*. Bij monumenten isolatieglas HR^{++} is alleen de buitenste ruit bijzonder glas om de kosten laag te houden.[12]

4.2. **Dunne isolatieruiten monumenten**

Bij het na-isoleren van monumenten met oorspronkelijk enkel glas (Rg = 0,2), wordt vaak door de monumentencommissie de eis gesteld dat de nieuwe glasruiten in de bestaande glassponningen passen[13].
Er zijn tenminste zes opties voor het verbeteren van de isolatiewaarde van het enkel glas naar dun isolatieglas met dunne spouw (Rg 0,5 Argon). Met dezelfde configuraties en Krypton[14] vulling wordt dit Rg 0,7.
Voor monumenten wordt meestal restauratieglas of monumentenglas gebruikt in de buitenste (1ste) positie.

De onderstaande combinaties hebben een zwarte isolerende *spacer* en een R_c van 0,4.
Het teken : staat voor de Low-E coating in de spouw (3de positie vanaf buiten).
De 3 mm ruiten zijn slechts voor ruiten met zijden < 50 cm. Tot 1 m = 4 mm glas, groter is 5 mm dikte.

- Monumentaal glas 3 mm-spouw 4mm Argon-: 3 mm floatglas. Totale dikte 10 mm.
- Restover™ op extra klaar 3 mm-spouw 4mm Argon-: 3 mm floatglas. Totale dikte 10 mm.
- Noble™ op extra klaar 3 mm-spouw 4mm Argon-: 3 mm floatglas. Totale dikte 10 mm.
- Restover™ plus op extra klaar 3 mm-spouw 4mm Argon-: 3 mm floatglas. Totale dikte 10 mm.
- Castle™ 3 mm-spouw 4mm Argon-: 3 mm floatglas. Totale dikte 10 mm.
- Goethe™ 5 mm-spouw 4mm Argon-: 3 mm floatglas. Totale dikte 12 mm.

Goetheglas™, Restauro™, Inlustro™, zijn ook mond-geblazen glassoorten met soms een belletje. De verschillende kleuren plaatglas worden over het algemeen geduid met "Goetheglas of Inlustro". Het blanke glas wordt vaak Restauro genoemd en is leverbaar in "classic" en in "extra". Restover™, ambachtelijk glas of

[11] Voor gedetailleerde informatie zie document 'Buitendeur isoleren' op www.nienhuys.info
[12] Wanneer de bestaande antieke ruiten gaaf zijn kunnen ze bij vervanging door ander glas soms door het glasbedrijf ingenomen worden, als dat bedrijf soms oude ruiten van monumenten moet vervangen.

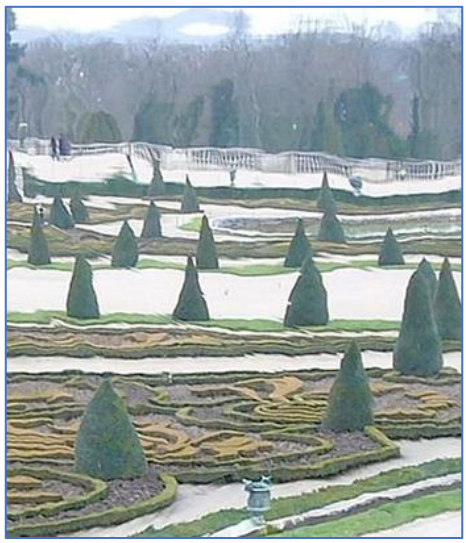
[13] Zie ook: www.evmglass.com en www.nissinkglas.com en www.addix.nl voor de verschillende soorten glas.
[14] Krypton kost euro ≈ 25/m^2 extra, maar de betere isolatie met Krypton gasvulling verdwijnt bij een spouwdikte van 12 mm en groter. Bij spouwen van 13 mm en groter kan dus gewoon Argon gas gebruikt worden.

restauratieglas heeft eveneens een niet-glad oppervlak, maar kan bij grotere oppervlaktes een kunstmatige indruk geven.

Het is met deze speciale monumenten-glassoorten belangrijk dat de klant een voorbeeld van het glastype ziet en goedkeurt voordat de ruiten worden besteld. Voor dezelfde glas typen hebben fabrikanten of leveranciers verschillende benamingen of trademarks. Kleurverschillen kunnen blijven bestaan.

Figuur 17. Monumentaal glas heeft een licht gegolfd oppervlak dat geen vlakke reflectie veroorzaakt. Er zijn variaties met strepen en kleine belletjes in het glas.

Zoals aangegeven op de vorige pagina, zal slechts in een beperkt aantal situaties het verschil met gewoon floatglas aan de buitenkant te zien zijn.



Figuur 18. Koloniaal™, Castle™ of Classico glas (foto) wordt geproduceerd volgens oude handgeblazen methodes en heeft zowel golven als luchtbelletjes. Door toevoeging van mineralen kan ook extra helder koloniaal glas geproduceerd worden. Het kan ook als gelaagd glas worden geproduceerd. Bij gelaagd glas is ook een Low-E coating tussen de glasplaten mogelijk voor verhoogde isolatiewaarde.

4.3. Vacuümglas

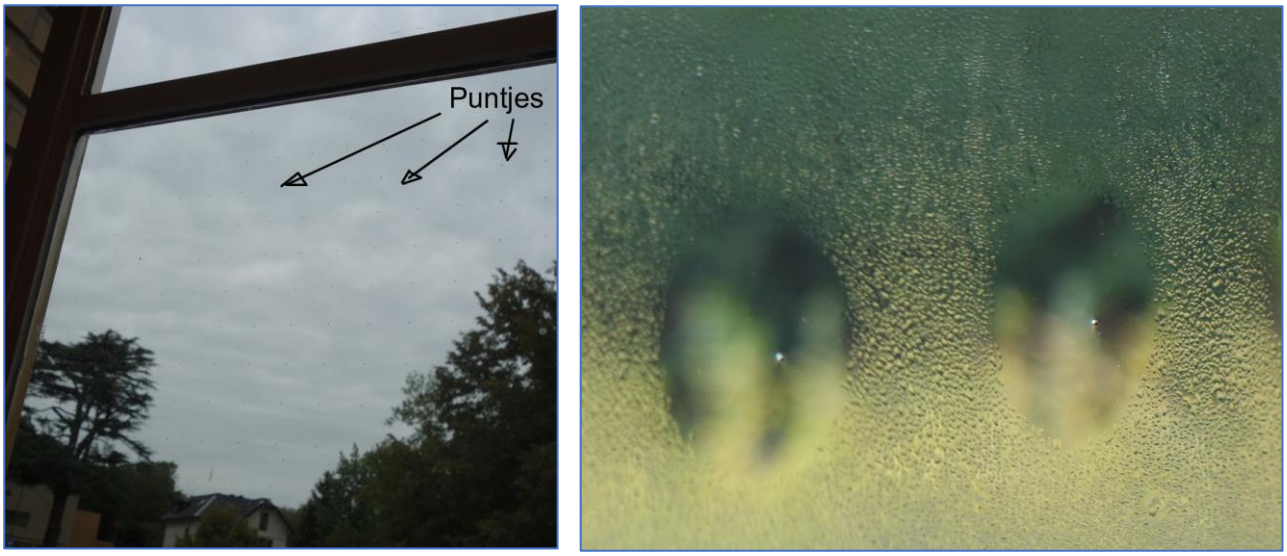
Vacuümglas[15] is dat het relatief dun (6,5 mm) of (8,3 mm = 3-Vacuum2-:3), en kan daarom in dun raamhout geplaatst kan worden. Een nadeel is dat het vacuümglas in stalen raamkozijnen aan de zonzijde van een gebouw soms niet gegarandeerd is vanwege de mogelijk optredende spanningen tussen het staal en grote ruiten[16]. Tussen de twee glasruiten is een vacuüm dat samen met de coating de hoge isolatiewaarde levert.

Beng Vacuümglas heeft een Ug-waarde van 0,4 (Rg 2,5) wat de hoogste isolatiewaarde oplevert. Dit glas heeft 15 jaar garantie, maar moet door het gespecialiseerde glasbedrijf geleverd en geplaatst worden. De in 2019 geïntroduceerde Fineo vacuümbeglazing van AGC Glass Europe[17] heeft een U_g-waarde van 0,7 (Rg 1,4) gelijk aan een basis Tripleglas, en dankzij een vacuümspouw van 0,1 mm kan de totale dikte ruim onder de een centimeter blijven. Andere vacuümglas leveranciers betrekken het glas uit China, wat een levertijd van ongeveer een maand vereist. Dit glas heeft een Rg 1,7 (Ug 0,7).

[15] Zie bijvoorbeeld websites zoals https://www.van-ruysdael.nl/glas/kenmerken/de-beste-prestaties/item469 en https://www.agcnederland.nl/fineo-vacuumglas/ Prijzen alleen via de glashandel.

[16] Het is in deze situatie belangrijk dat de ruiten met een paar mm ruimte aan alle kanten in de sponning wordt gezet en dat de kit/glaslat waarmee ze zijn vastgezet flexibel blijft zodat de ruit kan uitzetten met de hitte.

[17] Zie https://www.agc-yourglass.com/nl/nl?gclid=EAIaIQobChMI796si8KM5gIVAed3Ch08mQBfEAAYASAAEgL1YPD_BwE



Figuren 19. Vacuümglas. Om te zorgen dat de atmosferische druk de twee ruiten niet samenperst, zitten er kleine puntjes als afstandshouders in de souw van de ruiten. Deze zijn nauwelijks storend te noemen en zijn vanaf 1 m afstand al niet meer zichtbaar. Rechts detailfoto.
De randen van het vacuümglas lopen door van binnen naar buiten en zijn daarom niet isolerend. Hoe kleiner de ruit is hoe groter de isolatie verminderende invloed van de randen is.
Rechts. Vanwege de goede isolerende werking zal bij koel vochtig weer (herfst/voorjaar) er in de ochtend condens op de buitenkant van de ruiten optreden, net zoals bij Tripleglas. Hier is dat te zien bij Vacuümglas.[18] Dit betekent dus ook dat die contactpuntjes kleine warmtebruggen zijn waardoor de buitencondens verdampt. De hoge isolatiewaarde is voor het centrumgebied van de ruit, dus exclusief de randen.

4.4. **Zonwerende coating of glasfolie**

Zonwerend glas (met coating) wordt vaak toegepast bij kantoren met **grote glasgevels** om de warmte inbreng van de zon te verminderen. Grote glasgevels (oost en west) met zon-instraling kunnen gebouwen sterk oververhitten, waardoor er koeling noodzakelijk is.
Het is mogelijk om bij bestaande ruiten buitenop een zonwerende folie te plakken. De coating of glasfolie zal dan ook in de winter de zoninstraling verminderen. Wanneer zoninstraling in de winter gewenst is zal een doek/luik/jaloezie zonwering aan de buitenzijde van de ramen een betere oplossing zijn[19].

De mate van licht of ZonToelatingsAspekt wordt aangegeven door de ZTA-waarde. De volgende tabel geeft een indruk van het warmteverlies of de warmtewinst in kWh/m^2, gemeten over het hele jaar (2020), en per type beglazing. Op deze ruiten is geen zonwerende coating aangebracht. Deze tabel is een schatting volgens het te verwachten graaddagen en zonuren (lager dan 2026).

Aantal kWh per jaar warmteverlies of winst per m^2 glasoppervlakte (zonder invloed van het kozijn).

[18] Van de glasfabrikanten is gevraag wat voor invloed de minder isolerende rand en de contactpuntjes hebben op de gemiddelde isolatiewaarde van de ruit. Daar kwam geen antwoord op. In ieder geval geeft de rondom doorlopende glasrand (gasdicht) van de ruit een verlaagde isolatiewaarde voor ongeveer 5 cm breedte. Hoe kleiner de ruiten zijn hoe groter daardoor de verlaging van de gemiddelde isolatiewaarde is.
[19] Zie ook document 'Te warme zolder'op www.nienhuys.info Zonwering mag nooit aan de bonnenzijde van de ruiten worden toegepast. Wanneer het licht van de zon binnen is wordt het omgezet in warmte; die positie helpt dus weinig tegen opwarming. Bij isolerende beglazing en zonwering dicht tegen het glas aan kunnen dan grote spanningen ontstaan en thermische glasbreuk.

Oriëntatie	Enkel glas	Dubbel glas	HR^{++} glas	Tripleglas
Zonder schaduw	Zta = 0,87	Zta = 0,77	Zta = 0,6	Zta = 0,55
Noord (geen zon)	-325	-125	- 15	+25
Oost (ochtendzon)	-290	-95	+15	+60
Zuid	-225	-40	+60	+100
West (avondzon)	-275	-90	+20	+70

Door toepassing van een zonwerende (spiegelende) folie zal de opwarming van de zon overdag aanzienlijk minder zijn. Vanwege het spiegelende/glanzende oppervlak van deze folie zal ook de warmte-instraling van deze ruiten in de winter verminderd zijn ten opzichte van normaal glas.

4.5. Geluidwerend glas

Elke dicht glasraam is geluidwerend, maar combinaties van ramen zonder ventilatieroosters[20] op de ruiten of op een kozijn zal de geluidwering aanzienlijk verbeteren.

(1) Hoe breder de luchtspouw tussen de ruiten, hoe beter de geluidswering is.
(2) Bij een spouw tussen de ruiten groter dan 2,5 cm verhoogd de luchtcirculatie tussen de ruiten waardoor de isolatiewaarde iets verminderd. De isolerende werking van een droge luchtspouw is het beste bij 18 mm tot 20 mm spouw.
(3) Bij verschillende glasdikten tussen binnen- en buitenruit kan geen resonantie ontstaan. Bij twee verschillende glasdiktes van een isolatieruit is de geluidsisolatie ook beter dan bij gelijke diktes.
(4) Een akoestische folie (PVB-A) in een gelamineerde ruit geeft een goede geluidsisolatie.
(5) Tripleglas met twee gelijke spouwen en gelijke glasdiktes heeft nauwelijks betere geluidsisolatie dan dubbel glas; er kan zelfs resonantie ontstaan. Veel betere geluidsisolatie is wel het geval wanneer de glasdiktes en spouwbreedten verschillend zijn. De buitenste ruit is bij Tripleglas meestal 1 mm dikker dan de tussen- of binnenruit.

Geluidsbronnen hebben verschillende frequenties, en vaak een dominante frequentie (verkeer). De correctie voor hoogfrequentie geluid zoals dichtbij vliegverkeer, stemmen van kinderen, snelweg, etc. is C(dB).
De correctie voor laagfrequent geluid zoals stadsverkeer en basmuziek is Ctr(dB). De akoestische isolatie wordt dan aangegeven in Rw (C; Ctr).

Bij de toepassing van geluiddemping moeten ook de ventilatieroosters boven het glas of boven op het kozijn extra diep zijn en sterke geluiddempende eigenschappen hebben (anders werkt het nauwelijks). Bij de installatie van lucht-warmtepompen bij het gebouw of in de directe omgeving is geluiddemping een steeds belangrijkere factor.

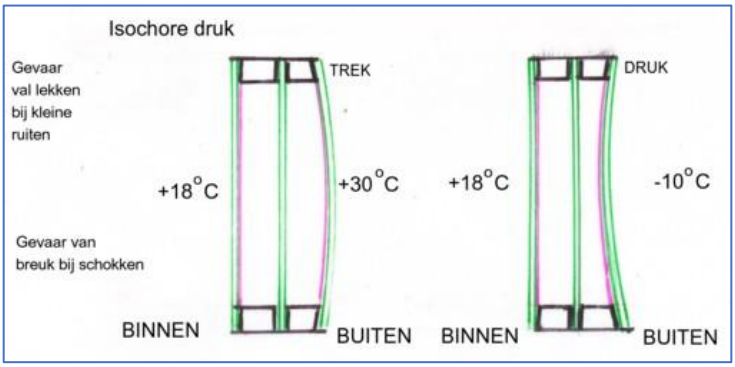
Figuur 20. Langs autowegen is het verstandig om een geluiddempende ventilatiebox te plaatsen. Deze zijn veel meer effectief dan geluiddempende raamroosters. Het fijnstoffilter in de ventilatiebox kan vervangen worden.

4.6. Hol of bol gebogen ruiten, isochore druk

Bij de spiegeling van grote ruiten kan soms worden waargenomen dat de ruiten ietsje hol of bol staan. Dit komt omdat de assemblage en productie van dubbele en Tripleglas ruiten plaats vindt bij een standaard temperatuur van 18°C tot 20°C. De ruiten worden volledig gasdicht op de spacer aan elkaar verbonden. Bij een lage buitentemperatuur zal het gas tussen de ruiten afkoelen en zullen de dunste ruiten door de

[20] Elk gaatje of opening naar buiten zal een groot geluidslek zijn. Een klein gaatje werkt als een zeer plaatselijke luidspreken dat de luchttrillingen doorgeeft. Geluid wordt ook gestopt door luchtdichte massa.

luchtdruk iets naar binnen gedrukt worden (Isochore druk). Bij warme dagen worden de ruiten naar buiten gedrukt (die spouw is het warmste). Zie ook de paragraaf over gehard glas in de hoogbouw.

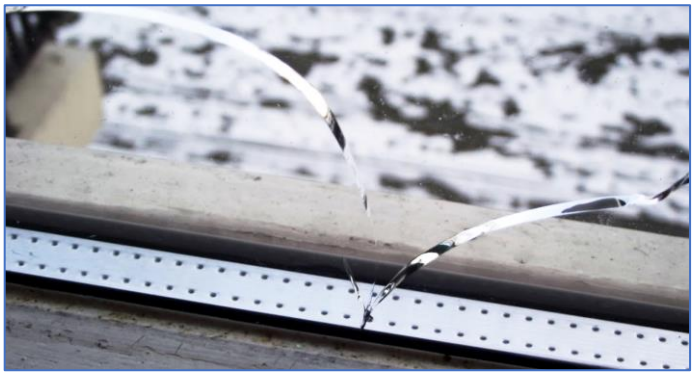


Figuur 21. Het effect van drukverschillen tussen de ruiten die veroorzaakt worden door temperatuurverschillen.
Dit treedt ook op bij dubbel glas ruiten, maar dan buigen beide ruiten naar binnen of naar buiten. Ruiten van verschillende dikte zullen verschillend buigen.

4.7. Thermische breuk

Bij deuren, schuifpuien en wanneer er sterk afgebakende **slagschaduwen** op Tripleglas ruiten vallen (van een balkon/luifel), en het temperatuurverschil in een ruit oploopt tot meer dan 30°C, én de ruit is te strak in de sponning geplaatst, kan soms thermische breuk ontstaan. Dit is afhankelijk van de glassoort en afmeting en of de randen zijn afgeslepen, of de ruit gehard is.

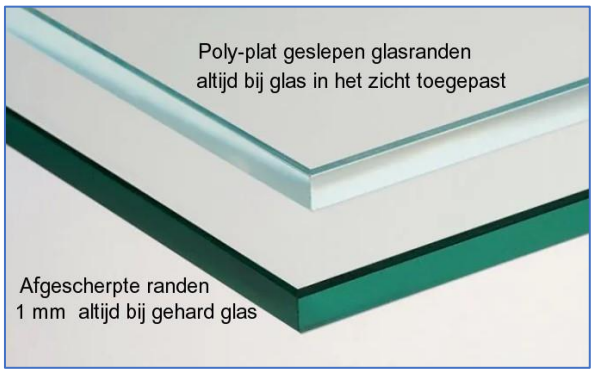
De glashandel die de ruiten levert zal hier advies over uitbrengen afhankelijk van de locatie waar de ruit geplaats wordt en de garantie leveren. Oriëntatie vanaf het noordwesten over noord tot het oosten zal geen thermische breuk opleveren.



Figuur 22. Thermische breuk. Deze ontstaat meestal wanneer er al een oneffenheid aan de rand van het glas zit voor het plaatsen. Dit valt alleen te constateren voordat de ruit geplaats wordt.
*Foto van GlasCompleet bv. Lelystad, Dronten, Almere, Zeewolde, **Hilversum** en 't Gooi.*

Vaak ontstaat thermische breuk wanneer er langs de buitenrand al een kleine beschadiging is (bij het op maat snijden/afbreken, transport of het inzetten), van waaruit de ruit barst. Dit is dan achteraf niet meer te constateren. De combinatie van verhitting (plaatselijk >30°C, soms ook met donkere goed sluitende plissé jaloezieën) en een schok (schuifdeuren) kan dan de thermische breuk veroorzaken.

Bij gehard glas wordt bij de fabricage altijd de randen schuin afgeslepen waardoor micro-scheurtjes verdwijnen. De randen worden dan 1 mm afgescherpt, afgesnoerd of ge-arriseerd. Een betere afschuining is 1-2 mm met plat-poly (pp) bewerking.



Figuur 23. Twee bewerkingen ter voorkoming van thermische breuk. Verschillende bedrijven leveren dit.

Nauwsluitende (in een geleider) dubbele plissé gordijnen aan de zonzijde van het gebouw en met HR^{++} ruiten kunnen thermische breuk opleveren, omdat de temperatuur tussen het isolerende gordijn en de HR^{++} ruit hoog oploopt. Een glasbedrijf dat een grote isolerende ruit komt plaatsen zou de positie van die ruit moeten evalueren en de omgeving beoordelen. Als de zon eenmaal binnen is en een oppervlakte raakt wordt het

licht omgezet in warmte. De HR^{++} ruit voorkomt dat die warmte weer naar buiten gaat. De binnenste ruit wordt dan extra warm.

4.8. **Glasroeden**

In oudere woningen werden veelvuldig houten kozijnen met enkel glas en glasroeden geplaatst, waardoor de destijds goedkopere kleine ruitjes toegepast konden worden.[21] Met de intrede van kuststof kozijnen en isolatieglas halverwege de 20ste eeuw was het mogelijk om tussen de twee ruiten een kruisstrip toe te passen die van een grote afstand de enigszins nostalgische indruk gaf dat er originele glasroeden in het raam zaten. Echter, van dichtbij is het duidelijk dat dit niet het geval is.[22]

Figuren 24. Links: Zwitsers kruis tussen het glas. Gebrek aan schaduwlijn en spiegeling van het glas geven dit aan. Het voordeel is dat de ruit goed schoon te houden is en daardoor ook laag in onderhoudskosten m.b.t. schilderen. Zie ook Figuur 6. Midden: Wiener sprossen. Hier loopt het glas door, wat veel gunstiger is voor de gemiddelde isolatiewaarde van de hele ruit dan bij onderbreking van een spacer. Rechts. Monument met kleine ruitjes in houten raamwerk.

Door kunststof kruisroeden op de binnen- en buitenzijden van de isolatieruit met tweezijdig PE-tape vast te plakken wordt een klassiek buitenaanzicht verkregen. *Wienersprossen* (Weense roeden). In de bouwmarkt zijn plakroeden te koop. De bewassing van deze ramen is meer arbeidsintensief dan de vlakke ruit

4.9. Ventilatie, ademend raam

Om zorg te dragen voor voldoende ventilatie in de woning kan direct op de isolatieruit en in het raamwerk of in het kozijn een afsluitbaar ventilatierooster worden geplaatst. De ruitdikte van dubbel of Tripleglas moet dan bekend zijn. Bij plaatsing van nieuwe (Tripleglas) kozijnen kan de ventilatiestrook ook boven óp het kozijn worden geplaatst. Bij een grotere diepte van het rooster óp het kozijn kan een geluiddempend rooster worden toegepast. Bij alle ventilatiestroken is de roosterlengte even breed als het glas of de kozijnsponning[23].

[21] Slecht na de eerste helft van de 20ste eeuw was men in staat om grotere ruiten te produceren die economisch concurrerend waren. De hoeveelheid verfwerk en de kosten daarvan zijn andere factoren die bepalend waren. Tegenwoordig zijn schoonhoud- en onderhoudskosten belangrijke factoren.

[22] In sommige gemeenten worden er ook bij 'beschermd stadsgezicht' eisen gesteld aan de roeden.

[23] www.duco.eu of www.renson.eu zijn bekende merken in Nederland die deze ventilatieroosters leveren. Sommige ventilatie roosters hebben een automatische windregeling die afsluit bij te veel wind.

Figuren 25. Links: Duco rooster op de isolatieruit.
Boven, vorige pagina: Duco rooster óp het kozijn.

In gebieden waar veel verkeerslawaai of ander lawaai is (eigen warmtepomp) kan op het kozijn een geluiddempend ventilatierooster geplaatst worden (de suskasten moeten diep zijn). Deze bestaan ook met een automatische CO_2- regeling die de ventilatiesleuven open of dichtzet.

Boven op de kozijnen of verticaal aan de zijkant kunnen vraag-gestuurde warmtewisselaars (lucht-WTW) geplaatst worden die de binnenstromende koude lucht voorverwarmen met de uitstromende warme lucht. Deze hebben kleine ventilatoren die de luchtstroom regelen[24]. Deze kozijn lucht-WTW hebben een iets lager rendement dan balansventilatoren met grotere, moderne centrale lucht-WTW (>90%) of het Climarad.

4.10. Normen en ISO

- In Nederland moet beglazing, isolatieglas en glasonderhoud gerealiseerd worden volgens de norm NEN 3576 en de Nederlandse Praktijk Richtlijn NPR 3577. Zie ook NEN 1068. [25]
- Optisch zichtbare toelaatbare en niet-toelaatbare afwijkingen in *floatglas* staan in de NEN 3264.
- De norm NEN-EN 1096 geeft aan welke productiefouten al dan niet zijn toegestaan in ruiten.
- Voor de toepassing van gelamineerd glas staan de toelaatbare afwijkingen in EN ISO 12543/1-6.
- Kwaliteitseisen voor randafdichting van isolatieglas staan in Europese Norm CE1279 deel 1-6.

De normen geven details aan voor het plakken van celband, plaatsen van steunblokjes en stelblokjes, het aanbrengen van glaslatten, en het aanbrengen van top- en hiel-afdichtingen; NEN-ISO 11600.

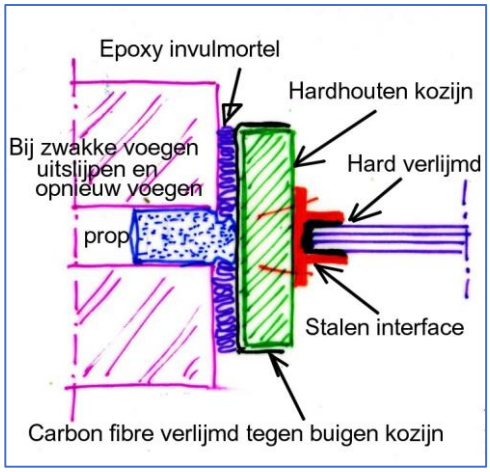
De glasmaat is altijd iets kleiner (5-6 mm) dan de sponning in het raam of kozijn, terwijl voorkomen moet worden dat het glas in aanraking komt met metalen onderdelen van het raam of kozijn.

4.11. Seismisch sterk glaspaneel

De ruimte tussen het glas en het kozijn is niet van toepassing wanneer het glaspaneel de sterkte aan de geven moet geven. Dit is zo bij seismische constructies waarbij de sterke (dikke, gelaagde, geharde) glaspanelen zorgdragen voor de sterkte van de gevel. Hierbij zijn de glaspanelen (met de randen afgeslepen) vastgelijmd in metalen profielen die op hun beurt sterk verbonden met houten kozijnen. DE houten kozijnen zitten strak in de gevel gelijmd met drukvaste componentenlijm. Hierdoor loopt de sterkte in het vlak van de gevel door en worden woningen met grote ramen seismisch resistent te gen lichte aardbevingen , zoals in Groningen voorkomen en voorkwamen.

[24] Endura Twist met meerdere ingebouwde ventilatoren kunnen tot 80% warmte rendement leveren.
Fresh-R® is Passief huis gecertificeerd met 87% WTW. En: www.skaala.co.uk is in het kozijn ingebouwd.

[25] Zie document “Ventileren van oudere woningen” op www.nienhuys.info en voor de verschillende criteria voor de beoordeling: file:///H:/glas/gbo_beoordelingsrichtlijnen_isolatieglas.pdf



Figuur 26. Voorstel voor de toepassing van seismisch sterke glaspanelen die dragende steun verlenen aan seismisch zwakke gevels van woningen met grote raampartijen (doorzonwoningen). Door het sterke glaspaneel wordt de sterkte in het vlak van de gevel niet onderbroken en zal de totale weerstand van woningen tegen seismisce schokken aanzienlijk verbeterd worden. Deze oplossing werd voorgesteld voor bakstenen woningen in Groningen die in theorie onvoldoende sterk waren om zonder veel schade de lichte aardbevingen te doorstaan.
Aanvullend kan er aanvullend een thermisch isolerend openzetbaar raam moeten worden toegepast.

5. Twee tabellen met Ug- en Rg-waarden van ruiten

De minimum Ug-waarde eis van 1,65 (Rg = 0,6) voor ramen, deuren en panelen is per 1 januari 2015 ongewijzigd gebleven. Panelen van het gebouw zitten vaak in gevels (grote puien) en ook aan de zijkanten van dakkapellen. Normaal gesproken voldoen nieuwe ramen met HR^{++} beglazing en een standaard houten of kunststof kozijn aan de gestelde minimumeis.

Figuren 27. Gevelpanelen. Links. Doorlopend tissen de etages. Rechts. Onder in een groter raamkozijn. Bij sommige bouw loopt het kozijn over twee etages door.
Deze gevelpanelen hebben vanwege de normgeving vaak slechte isolatie. Wanneer het glas wordt verbeterd verdient dat paneel ook de aandacht.

= Moderne aluminium kozijnen zijn thermisch onderbroken.
= Kunststof of houten kozijnen komen met twee of meer aanslagen voor de beweegbare delen, waardoor de thermische isolatie verbeterd.
= Kunststof kozijnen hebben veel interne kamers waardoor de isolatie verbeterd.
= Passieve kozijnen hebben ook een vulling van isolatieschuim.
= In oude kunststof (maximumsponningdiepte 36 mm) of aluminium kozijnen is het meestal niet mogelijk om Tripleglas te plaatsen want dat glas heeft een constructie dikte van 48 tot 52 mm.

De twee tabellen geven slechts de Ug- en Rg-waarden aan van de ruiten en niet die van de kozijnen.
Wanneer de spacers en de ramen of kozijnen een lagere Rc-waarde hebben dan het glas, zal het geheel ook gemiddeld een lagere Rc-waarde krijgen. Bij kleine ruiten is daarom de gemiddelde Rg lager vanwege de mindere randisolatie. Bij het aanvragen van offertes voor complete ramen/kozijnen inclusief het glas is het dus van belang om de isolatiewaarde van de spacer, het raam en het kozijn op te geven of te verlangen.
Het isolerende effect van Krypton wordt minimaal wanneer de spouw breder is dan 12 mm. In dat geval is het economischer om Argon gasvulling toe te passen.

Ug-waarden tabel: Isolatieglas = W/m^2.K Waarden zijn afgerond

Maat aanduiding is van buiten naar binnen

: = reflecterende coating in spouw

Bij een spouwdikte van 12 mm is

Krypton ≈ € 25/m^2 duurder dan Argon

Bij twee spouwdiktes van 12 mm is

Krypton ≈ € 50/m^2 duurder dan Argon

	Standaard ISO	Isolatieglas met 1.1 coating Hogere LTA dan 1.0 coating Zontoetredingsfactor 70%			Isolatieglas met 1.0 coating Minder LTA dan 1.1 coating Zontoetredingsfactor ZTA ≈ 60%			Drievoudig glas met 1.1 coating Hogere LTA dan 1.0 coating Zontoetredingsfactor ZTA ≈ 70%			Drievoudig glas met 1.0 coating Minder LTA dan 1.1 coating Zontoetredingsfactor ZTA ≈ 60%		
	5mm -spouw - 4mm	4mm-spouw-: 4mm Buitenlicht reflectie 11% Binnen lichtreflectie 11%			4mm-spouw-: 4mm Buitenlicht reflectie 21% Binnen lichtreflectie 22%			4mm :-spouw-4mm-spouw-: 4mm Buitenlicht reflectie 14% Binnen lichtreflectie 14%			4mm :-spouw-4mm-spouw-: 4mm Buitenlicht reflectie 30% Binnen lichtreflectie 30%		
spouw	Droge lucht	D-Lucht	Argon	Krypton	D-lucht	Argon	Krypton	D-lucht	Argon	Krypton	D-lucht	Argon	Krypton
6mm	3,3	2,5	2,0	1,4	2,4	2,0	1,4	1,6	1,2	0,8	1,6	1,2	0,8
8mm	3,1	2,1	1,7	1,2	2,0	1,6	1,1	1,3	1,0	0,7	1,3	1,0	0,6
9mm	3,0	1,9	1,6	1,1	1,8	1,5	**1,0**	1,2	0,9	0,6	1,2	0,9	0,6
10mm	2,9	1,8	1,4	**1,0**	1,8	1,4	1,0	1,1	0,8	0,6	1,1	0,8	0,5
12mm	2,8	1,6	1,3	1,1	1,6	1,2	1,0	0,9	0,7	**0,5**	0,9	0,7	**0,4**
13mm	2,8	1,5	1,2	1,1	1,5	1,1	1,0	0,9	0,7	0,5	0,9	0,7	0,4
14mm	2,8	1,5	1,2	1,1	1,4	1,1	1,0	0,8	0,6	0,5	0,8	0,6	0,4
15mm	**2,7**	**1,4**	**1,1**	1,1	**1,3**	**1,0**	1,0	0,8	0,6	0,5	0,8	0,6	0,4
16mm	2,7	1,4	1,1	1,1	1,3	1,0	1,0	0,8	0,6	0,5	0,8	**0,5**	0,4
18mm	2,7	1,4	1,1	1,1	1,3	1,1	1,0	0,7	**0,5**	0,5	0,7	0,5	0,4
20mm	2,7	1,4	1,1	1,1	1,3	1,1	1,0	**0,6**	0,5	0,5	0,6	0,5	0,4
24mm	2,7	1,4	1,2	1,1	1,3	1,1	1,1	0,7	0,5	0,5	0,7	0,5	0,4

		Bijvoorbeeld voorzetramen
	BOLD	Voordelige combinatie
Bredere spouw geeft meer geluidsdemping	0,45	Vacuüm glas 8,3 mm (4-v-:4)
	HR glas	HR^{+} HR^{++} HR^{+++}

> 4mm glas heeft meer warmteopslag

Extra zonwerend glas houdt een extra 40 % van het zonlicht tegen.

Glas afstandshouders van kunststof (zwart) zijn meer isolerend dan aluminium;

Belangrijk bij kleinere glasoppervlakken, want dat heeft daar een grotere invloed.

@ Bij verschillende soorten kan dit 50% zijn met behoud van lichttoetreding 95%.

Waarden zijn gemiddeld voor de sector en afgerond op 0,1.

Rg-waarden tabel: Isolatieglas = $m^2.K/W$ Waarden zijn afgerond

Maat aanduiding is van buiten naar binnen

: = reflecterende coating in spouw

Bij een spouwdikte van 12 mm is

Krypton ≈ € 25/m^2 duurder dan Argon

Bij twee spouwdiktes van 12 mm is

Krypton ≈ € 50/m^2 duurder dan Argon

	Standaard ISO	Isolatieglas met 1.1 coating Hogere LTA dan 1.0 coating Zontoetredingsfactor 70%			Isolatieglas met 1.0 coating Minder LTA dan 1.1 coating Zontoetredingsfactor ZTA ≈ 60%			Drievoudig glas met 1.1 coating Hogere LTA dan 1.0 coating Zontoetredingsfactor ZTA ≈ 70%			Drievoudig glas met 1.0 coating Minder LTA dan 1.1 coating Zontoetredingsfactor ZTA ≈ 60%		
	5mm -spouw - 4mm	4mm-spouw-: 4mm Buitenlicht reflectie 11% Binnen lichtreflectie 11%			4mm-spouw-: 4mm Buitenlicht reflectie 21% Binnen lichtreflectie 22%			4mm :-spouw-4mm-spouw-: 4mm Buitenlicht reflectie 14% Binnen lichtreflectie 14%			4mm :-spouw-4mm-spouw-: 4mm Buitenlicht reflectie 30% Binnen lichtreflectie 30%		
spouw	Droge lucht	D-Lucht	Argon	Krypton	lucht	Argon	Krypton	D-lucht	Argon	Krypton	D-lucht	Argon	Krypton
6mm	0,30	0,40	0,50	0,71	0,42	0,50	0,71	0,63	0,83	1,25	0,63	0,83	1,25
8mm	0,32	0,48	0,59	0,83	0,50	0,63	0,91	0,77	1,0	1,43	0,77	1,0	1,43
9mm	0,33	0,53	0,63	0,91	0,56	0,67	**1,0**	0,83	1,11	1,67	0,83	1,11	1,43
10mm	0,34	0,56	0,71	**1,0**	0,56	0,71	1,0	0,91	1,25	1,67	0,91	1,25	2,00
12mm	0,36	0,63	0,77	0,91	0,63	0,83	1,0	1,11	1,43	**2,00**	1,11	1,43	**2,50**
13mm	0,36	0,67	0,83	0,91	0,67	0,91	1,0	1,11	1,43	2,00	1,11	1,43	2,50
14mm	0,36	0,67	0,83	0,91	0,71	0,91	1,0	1,25	1,67	2,00	1,25	1,67	2,50
15mm	**0,37**	**0,71**	**0,91**	0,91	**0,77**	**1,0**	1,0	1,25	1,67	2,00	1,25	1,67	2,50
16mm	0,37	0,71	0,91	0,91	0,77	1,0	1,0	1,25	1,67	2,00	1,25	**2,00**	2,50
18mm	0,37	0,71	0,91	0,91	0,77	0,91	1,0	1,43	**2,00**	2,00	1,43	2,00	2,50
20mm	0,37	0,71	0,91	0,91	0,77	0,91	1,0	**1,67**	2,00	2,00	**1,67**	2,00	2,50
24mm	0,37	0,71	0,83	0,91	0,77	0,91	0,91	1,43	2,00	2,00	1,43	2,00	2,50

Bijvoorbeeld voorzetramen

BOLD Voordelige combinatie

2,22 Vacuüm glas 8,3 mm (4-v-:4)

Bredere spouw geeft meer geluidsdemping

HR glas	HR^+	HR^{++}	HR^{+++}

> 4mm glas heeft meer warmteopslag

Extra zonwerend glas houdt een extra 40 % van het zonlicht tegen.

Glas afstandshouders van kunststof (zwart) zijn meer isolerend dan aluminium;

Belangrijk bij kleinere glasoppervlakken, want dat heeft daar een grotere invloed.

@ Bij verschillende soorten kan dit 50% zijn met behoud van lichttoetreding 95%.

Waarden zijn gemiddeld voor de sector en afgerond op 0,1.

De tabellen geven slechts de Ug- en Rg-waarden aan van de ruiten en niet die van de ramen/kozijnen. De donkerblauwe vakjes vallen in de R_g minimumnorm HR^{++} categorie. De dikke cijfers zijn de gunstigste combinaties per ruit. De groene vakjes zijn qua thermische isolatie de betere keuzes.

Bij offertes wordt slechts de Ug-waarde van de ruit (het glas) aangegeven (het centrumgebied); bij brede deur/raam constructies geeft dat onduidelijke informatie over de Rc-waarde van het kozijn, raam en glas.

Er zijn meer opties. Op de website RVP staan alle types hoog-rendementsglas met de specificaties.
https://www.rvo.nl/sites/default/files/2023-08/07-08-2023-ISDE-Meldcodelijst-Hoogrendementsglas.pdf

Voor de vergelijking met de isolatiewaarden van andere bouwonderdelen (Reconstructie) is de tweede tabel omgezet naar de isolatiewaarden van Rg in m^2.K/W. De norm is dan de minimumwaarde (hoe hoger hoe beter isolerend).[26] Opgelet, dit is dus het omgekeerde van de U-waarde. Rg = 1/Ug.

Wanneer de klant niets aangeeft over de isolatiewaarde van de ruiten zal de glazenier meestal slechts HR^{++} leveren omdat dit de minimum nieuwbouw standaard is en een niet te hoge prijs. Bij het bestellen van ruiten is het niet meer voldoende om 'isolatieglas' of 'Tripleglas' te bestellen zonder de Ug-specificatie[27]. Voor ongeveer dezelfde prijs kan de spouw tussen de ruiten iets dikker zijn, waarmee de isolatiewaarde oploopt en het economische rendement verbetert. Dat moet dan wel in de raam- of kozijnsponning passen of de sponning moet dieper gemaakt worden door het kozijn dikker te maken.

6. Bijzondere glassoorten.

6.1. Anticondens glasfolie

Anticondens glasfolie is een sterke polyester film die vaak wordt toegepast op koelvitrines, maar kan ook op ruiten waar op andere wijze condens optreedt[28]. Bij Tripleglas of een goede kwaliteit HR^{++} glas (Rg ≈ 1,0) komt condensvorming aan de buitenkant alleen voor bij bepaalde weersomstandigheden (warm en vochtig buiten, bij een nog koud gebouw); dat betekent dat het goed isolerend is 😊.

Bij koude en hoge luchtvochtigheid, buiten in de nacht zal condens optreden op alle koudere en dichte oppervlaktes zoals glas (auto's), metaal, natuursteen en bladeren. Bij baksteen muren trekt het vocht erin. Het extra vocht in de baksteen muren zal de isolatiewaarde van die muur iets verlagen. Bij verdamping van dat vocht zal deze verdamping uit de poreuze muur nog eens extra warmte uit de muur onttrekken. Bij een na-geïsoleerde spouwmuur zal het in isolatiewaarde weinig schelen.

Figuren 29.
Anticondens folie op terrarium voor, gebruik binnen.

Rechts: condens op enkel glas. Hier zal de ruit vervangen moeten worden door isolatieglas.

[26] De bovenstaande tabellen zijn samengesteld met openbare informatie uit de vakhandel. De tabellen geven aan dat er aanzienlijke verschillen zitten tussen de verschillende soorten van isolatieglas en coatings en spouwen.

[27] Elke isolatieglassoort heeft in Nederland een meldcode die te vinden is op de website van de www.rvo.nl . Die meldcode moet opgegeven worden voor de subsidie van het RVO. Die meldcode geeft de diktes, spouwen en coating.

[28] Zie bijvoorbeeld: https://suncontrol.nl/producten/anti-condens-glasfolie/ en https://www.sunblock.nl/anti-condens-folie/

Koelvitrines (binnenshuis) hebben soms verwarmingselementen om condensvorming op de ruit te voorkomen, deze kunnen na het aanbrengen van de folie worden uitgezet; daarmee worden de energiekosten verlaagd. De werkbreedte is slechts 120 cm met een dikte van 0,4 mm. De anti-condens glasfolie is uitgebreid getest volgens de “Klasse B” NEN 3569 doorvalbeveiliging en kan ook worden toegepast in het kader van de HaCCP, BRC en IFS. Het verkleurt niet en verminderd UV-instraling.

6.2. Vogelwerende UV-coating

Bij grote ruiten in een omgeving met bomen/tuinen kunnen vogels vaak hard tegen de ruiten aan vliegen wanneer die ruiten de bomen weerspiegelen. Om dit te voorkomen kan op de buitenkant van de ruit een folie met UV-tekening/patroon geplakt worden die de vogels wel kunnen waarnemen, maar mensen niet. Het UV-patroon is dan een zichtbare blokkade voor de vogels. De tekening of het raster mag dan geen openingen openlaten die groter zijn dan 10 cm. Tekeningen kunnen ook met een UV-pen worden aangebracht. https://www.vogelbeschermingshop.nl/birdpen

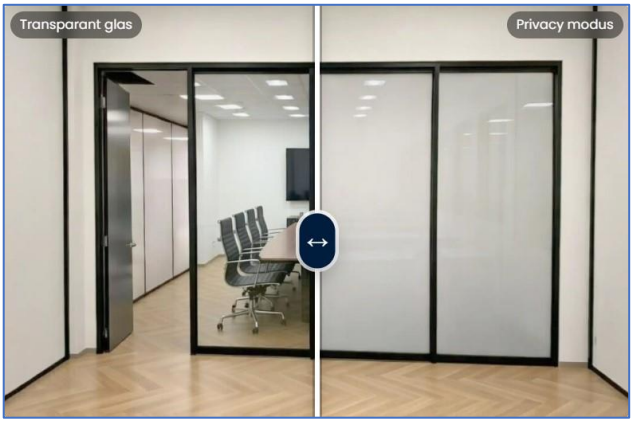
6.3. Anticondens coating of antifog

Op de buitenkant van ruiten kan ook een anti-fog coating zitten. Zie RVO meldcodelijst.
KA18692 AGC Glass Europe - Thermobel Advanced 0.8, Antifog -gas mix- [4/10/4] met Ug-waarde 0,8
De isolatiewaarde is Rg 1,25 m^2.K/W dus ongeveer 2X zo goed als oude dubbel glas (jaren 1990-1995).
De dikte van deze ruiten is 18 mm. Wanneer met een oud dubbel glas (dikte 23 of 24 mm) uit een PVC kunststof kozijn wil vervangen, zal er binnen een invullat of strook gebruikt moeten worden. Een optie is om prefab laminaatvloer afwerkranden te gebruiken die een dikte hebben van 5 mm en een plakrand.[29]
Bij gelaagd glas binnen en buiten is de ruit dikker.

6.4. Privacy-folie

Door op de glasruit een Privacy-folie of Magic-folie te plakken kan de ruit met een elektrische schakeling direct ondoorzichtig gemaakt worden. De folie is een glasfolie, op het glas geplakt) op basis van PDLC-technologie (Polymer Dispersed Liquid Crystal) die onder invloed van een stroomspanning bestaande glasvlakken veranderlijk maakt. Die verandering bestaat uit het ondoorzichtig maken. Dit kan ook met een kleur. https://eismc2.nl/magicfolie/

Door het inschakelen van de stroom worden de vloeibare polymeer kristallen in de folie verstrooit, waardoor het licht door de folie gebroken wordt. De toepassing is bijvoorbeeld voor vergaderruimtes, zorginstellingen en ook voor douchecabines van glas.



Figuur 30. Linkerkant. Normaal glas met de kristallen in de folie uitgelijnd zodat ze de folie doorzichtig is. Bij de rechterkant is met de spanning ingeschakeld waardoor de folie ondoorzichtig wordt.

[29] Dit is een praktische oplossing die netjes moet gebeuren. Voor verwijderen glas lat uit PVC-raam Zie bijvoorbeeld: https://www.youtube.com/watch?v=cBPtMmtZnZ8

6.5. Doorvalveiligheid en gehard glas

Volgens de NEN 3569:2011 moeten gevelelementen van publiekelijke gebouwen[30] met een borstwering lager dan 850 mm worden voorzien van veiligheidsglas (gehard of gelaagd), en wanneer het hoogteverschil met de achterliggende ruimte meer dan 1 meter is. Dit echter geen Norm[31] (verplicht) voor particulieren[32], maar wel voor openbare gebouwen. Winkelruiten zijn ook meestal van gelaagd of gehard glas (inbraak-werend).

Figuur 31. Bij deze jaren-1900 woningen lopen de ruiten in de torentjes door tot vlak boven de etagevloer. In deze situatie moet een glasbedrijf adviseren om de binnenste ruit gelaagd te maken als doorvalbeveiliging.

Echter: Er is een verschil tussen nieuwbouw en bestaande bouw**.**
Bouwbesluit 2012 – nieuwbouweisen = 850 mm hoogte ter plaatse van een al dan niet te openen raam.
Bouwbesluit 2012 – bestaande bouweisen = 600 mm hoogte ter plaatse van een al dan niet te openen raam. Voor bestaande bouw, dus ook voor het vervangen van een ruit, geldt sowieso het rechtens verkregen niveau.

Is voor een particuliere woning in 1992 een bouwvergunning afgegeven dan is het rechtens verkregen niveau 850 mm. Als de ruit lager zit dan moet er dus gelamineerd glas worden toegepast.
Is voor een particuliere woning in of voor 1991 een bouwvergunning afgegeven dan geldt Bouwbesluit bestaande bouw – niveau 600 mm. Als de ruit lager zit dan moet er dus gelamineerd glas worden toegepast. De meeste vensterbanken zijn ongeveer 70 cm hoog.
Het Bouwbesluit 2012 geeft verder aan dat het over nieuwbouw of renovatie gaat. Renovatie is niet het vervangen van een paar ruiten, maar een meer ingrijpende bouwactiviteit waarbij meestal ook de gevels worden aangepakt met een betere isolatie. In dat geval is de 850 mm van toepassing.

6.6. Hoogbouw gehard of gelamineerd glas

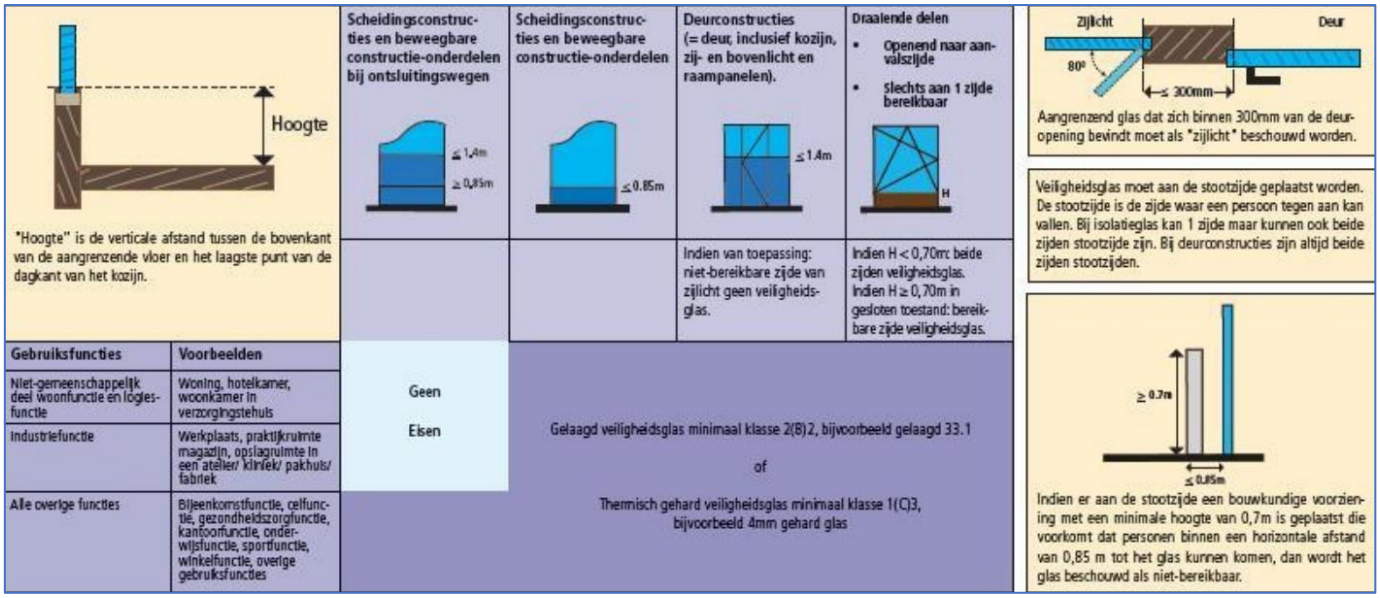
Bij gebouwen die direct aan de openbare weg staan (weg, trottoir, stoep, parkeerplaats) wordt voor **alle etages** veiligheidsglas geëist. Dit kan gehard glas zijn (5 x zo sterk als enkel floatglas) of gelamineerd glas met een PVB folie (polyvinylbutyral) tussen de ruiten. Bij laagbouw kan half-gehard glas worden toegepast (3 x zo sterk als enkel floatglas. Bij hoogbouw (gebruik van lift en vanaf 5 etages) en bij glasvliesgevels, moet altijd gehard glas toegepast.
In 1996 en na 2005 zijn bij enkele hoge gebouwen de gehard glazen ruiten gebarsten en gevallen.[33] Deze ruiten kwamen in verbrokkelde stukjes naar beneden, maar ook in gegranuleerde schollen. Het vervangen van alle ruiten in het gebouw met *heatsoak* geharde ruiten was goedkoper dan om ze te beplakken met een beschermende anti-breuk folie. Het betrof hier on-getest, on-gelamineerd gehard glas.

---

[30] Dit zijn openbare en semiopenbare gebouwen, inclusief scholen, gemeenschappelijke trappenhuizen, clubhuizen, verzorgingstehuizen, bejaardencentra en andere soorten gebouwen waar verschillende categorieën toegang hebben. Zie ook: https://www.glas.nl/storage/files/NEN3569_2011.pdf

[31] Normen voor glasberekeningen voor onder andere windbelasting en betrouwbaarheid van glasconstructies zijn gratis te downloaden bij kenniscentrum glas. Zie downloads: http://www.pilkington.com/resources/technischoverzichtveiligheidsglasvolgensnieuwenen4.pdf . Die informatie is gemaakt door Kenniscentrum Glas samen met b.v. vakgroep GBO, VMRG (gevelbranche), en te zoeken onder “glas”.

[32] Zie ook: http://www.pilkington.com/resources/technischoverzichtveiligheidsglasvolgensnieuwenen4.pdf
[33] Zie rapport VROM met zoekterm: VROM+inspectie+rapportgevels+glas+2007+11



Figuur 32. Detail over de verplichte doorvalbeveiliging in de NEN 3569. Verdere toelichting over doorvalbeveiliging https://www.kenniscentrumglas.nl/wp-content/uploads/Veiligheidsglas-en-het-Bouwbesluit-artikel-KCG.pdf

Nikkelsulfide is een verontreiniging in floatglas. Wordt dit glas gehard door opwarmen en snel afkoelen, dan kan die verontreiniging groeien. Bij sterke opwarming door de zon, kunnen deze sulfides een andere kristalvorm aannemen en expanderen (4%). Het omringende glas kan dan breken en in kleine brokjes versplinteren. Er kan worden geconcludeerd dat glas zonder *heatsoak* test niet aantoonbaar voldoet aan NEN 6700 en het gebruik hiervan strijdig is met het Bouwbesluit. Richting de NEN-normcommissie wordt voorgesteld om in NEN 2608 het gebruik van gehard glas met *heatsoak* test voor te schrijven.

Door elke geharde glasruit een *heatsoak* te laten ondergaan zullen ruiten met nikkelsulfide insluitingen kapotgaan. Op advies van de Onderzoekszaak wordt daarom voor hoogbouw alleen gehard glas gebruikt dat deze *heatsoak* test heeft doorstaan. Thermisch geharde ruiten zonder dat deze een *heatsoak* test hebben ondergaan kunnen nikkel-sulfide insluitingen hebben, waardoor ze niet voldoen aan het Bouwbesluit.

Figuren 33. <u>Links:</u> VROM- gebouw in Den Haag.
<u>Rechts:</u> Mercure hotel in Den Haag.
Beiden hebben glasbreuk gehad t.g.v. nikkel-sulfide insluitingen.

Onderzoek wees uit dat het gebrek aan de *heatsoak* test de belangrijkste oorzaak was. Alle geharde glasruiten zijn van tevoren langs de randen afgescherpt, dus breuk door randschade komt van fabriekswege niet voor. Latere beschadigingen aan de randen van het glas kan echter ook een oorzaak zijn. Deze kunnen ontstaan tijdens transport, montage en de verkeerde montage van metalen bevestigingsmiddelen.
In een enkel geval kunnen ruiten door exceptionele windbelasting (NEN 6702) breken of uit hun sponning worden gezogen. Bij vrijstaande gebouwen is die kans minimaal, maar bij tunnelwerking en hoge winddruk kan dit langs hoge gebouwen voorkomen, ook op lage niveaus.

6.7. Gebogen ruiten

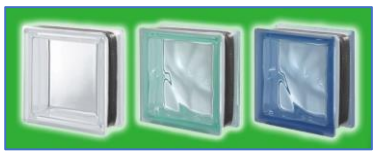
Verschillende bedrijven kunnen gebogen glas maken. In een speciale mal wordt het glas verhit en gekoeld (buigoven). Kozijnen waar het glas in moet komen dient op de juiste maat gemaakt te worden. Met 3D scans kan de opening tot op de mm precies worden opgemeten. Enkele bedrijven kunnen ook isolatieglas HR^{++} maken. Gelamineerd glas of HR^{++} wordt gemaakt door twee of meer ruiten op elkaar te leggen en gelijktijdig in de oven te buigen. Het glas buigt door de zwaartekracht en neemt de vorm van de mal aan. Ook zonwerende en getinte ruiten zijn in gebogen vorm mogelijk. Toepassingen van gebogen glas, vaak in combinatie met laminatie, zijn balustrades, trappenhuizen, dakbeglazing in lichtkoepels, winkelgalerijen en doucheschermen. Koud gebogen (gelamineerd) glas is goedkoper dan warm gebogen glas; de fabricage, kwaliteit en het transport spelen daarbij een rol.

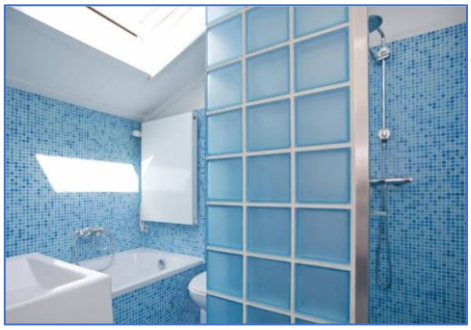
Figuren 34. Enkele voorbeelden van gebogen glas en gebogen HR^{++} glas.

https://www.solver-solutions.com/producten/gebogen-glas
https://nissinkglass.com/glas-buigen/
https://www.mosaglas.com/nl/glasproducten/productgroepen-types/gebogen-glas-voorgevormde-beglazing
https://www.buysglas.nl/gebogen-glas.html
https://www.agcnederland.nl/isolatieglas/ *(in 2022 geen HR^{++})*
https://bodarglas.nl/

6.8. Glazen bouwblokken

Deze worden zowel interieur als exterieur toegepast. Interieur als decoratieve afscherming en exterieur als onderdeel van de gevel. Ze laten licht door, komen in verschillende kleuren en oppervlaktestructuren en zijn matig doorzichtig. De isolatiewaarde is erg beperkt want massief glas is een goede geleider. Ook de voeg tussen de blokken is meestal ook weinig isolerend. Een bedrijf claimt dat de isolatiewaarde van hun Thermo blokken Rg 1,2 is (Ug 0,8), omdat ze met Krypton zijn gevuld, maar dat is de metselvoeg dan niet (Beamix). De gemiddelde isolatiewaarde van de gevel zal dan lager zijn.





Figuren 35. Glazen bouwblokken in vele texturen en kleuren met buiten en binnen toepassing.

https://kennis.cultureelerfgoed.nl/index.php/Glas_in_gebouwen_-_soorten_glazen_bouwelementen

6.9. Meer informatie over glas, stalen ramen, vensters isoleren en folies.

De voorgaande tekst gaat hoofdzakelijk over de isolatiewaarde van glazen ruiten en welke invloeden daarop van toepassing zijn. De volgende vijf documenten erg informatief:

A. Info-blad over Restauratie en Beheer van de Rijksdienst voor Monumentenzorg, publicatie no 43. VENSTERGLAS en de /gids-techniek-43-vensterglas-2005.pdf met website: https://www.cultureelerfgoed.nl/publicaties/publicaties/2005/01/01/vensterglas

B. Info-blad over Restauratie en Beheer van de Rijksdienst voor Monumentenzorg, publicatie no 46 BOUWGLAS. /gids-techniek-46-bouwglas-2006.pdf met website: https://www.cultureelerfgoed.nl/publicaties/publicaties/2006/01/01/bouwglas

C. Info-blad over Restauratie en Beheer van de Rijksdienst voor Monumentenzorg, publicatie Brochure Techniek no 48 stalen RAMEN en DEUREN, 2008 met website: https://www.cultureelerfgoed.nl/publicaties/publicaties/2008/01/01/stalen-ramen-en-deuren

D. Info-blad Rijksdienst voor cultureel erfgoed. Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap gids cultuurhistorie 21, 2012. HISTORISCHE VENSTERS ISOLEREN, website: https://www.cultureelerfgoed.nl/publicaties/publicaties/2012/01/01/historische-vensters-isoleren Inclusief een foutieve alinea over dubbel glas, isolatie en kostenbesparing.

E. En via zelfde website-infoblad gids cultuurhistorie GIDS CULTUURHISTORIE 26 | 2013, website: https://www.cultureelerfgoed.nl/publicaties/publicaties/2013/01/01/glasfolies-voor-historische-interieurs

****