

Niet te kwantificeren of toch?

# Optische beeldvertekening



Optische beeldvertekening bij ruiten in een gevel is onderwerp van veel discussies. Wanneer is de vertekening onacceptabel groot? Wat zijn de oorzaken? Zijn die oorzaken te kwantificeren? In twee artikelen antwoord op de meest gangbare vragen over dit onderwerp.

### Wanneer treedt het op?

Van beeldvertekening bij ruiten is sprake indien objecten anders worden gezien wanneer je deze via het glas bekijkt. De vertekening kan optreden als je door het glas naar objecten en je naar reflecties van objecten in het glas kijkt. Met name wanneer je naar objecten kijkt die uit rechte lijnen zijn opgebouwd worden de vertekeningen als storend ervaren. Via het glas worden de lijnen dan gezien als gebogen lijnen. Omdat gebouwen, en met name hoge gebouwen, over het algemeen zijn opgebouwd uit rechte lijnen valt beeldvertekening in de architectuur daarom al snel op. De hoek waaronder je naar het glas kijkt, de afstand van de kijker tot een ruit en de afstand van de bekeken objecten tot de ruit zijn hierbij van grote invloed. En het toekennen van meerdere functies aan een ruit (sterkte, geluidwering, brandwering, etc) vergroot de kans op storende beeldvertekeningen.

### Hoe kwantificeren?

Op het eerste gezicht lijkt beeldvertekening bij ruiten moeilijk te kwantificeren. Dit komt met name doordat meerdere verschijnselen tegelijk optreden. Door de verschillende oorzaken te onderscheiden is een kwantitatieve beoordeling echter wel degelijk mogelijk. Hieronder zal ingegaan worden op de meest voorkomende oorzaken van een storende optische beeldvertekening bij ruiten. Alleen die onderwerpen zullen behandeld worden die een langdurig of permanent effect hebben. Het vervormen van een glasplaat door bijvoorbeeld opgelegde windlasten en dergelijke zal derhalve niet besproken worden. Na de opsomming van de meest voorkomende oorzaken zal een

korte uitleg van het principe van beeldvertekening bij ruiten gegeven worden. Daarnaast geven we een aanzet voor een methode voor het beoordelen van ruiten op de aanwezigheid van te veel optische vertekening.

### Wat is het rollerwave-effect?

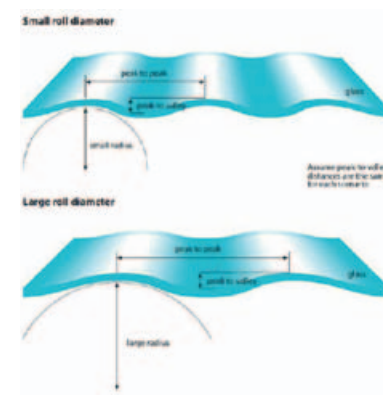
Een eerste oorzaak van optische beeldvertekeningen bij ruiten is een gebrek aan vlakheid van glasplaten. Floatglas, gemaakt door gesmolten glas over een bed van vloeibaar tin te laten vloeien, is na afkoeling nagenoeg volledig vlak en geeft doorgaans geen aanleiding tot storende optische vertekeningen. Echter, als het glas de oven verlaat wordt het glas over rollerbanen bewogen. Het glas heeft hierbij in het begin nog een hoge temperatuur. Door deze hoge temperatuur en doordat dunne glasplaten 'buigslapper' zijn dan dikke glasplaten bestaat de kans dat dunne glasplaten na productie een zogenaamd licht 'rollerwave effect' vertonen (zie de tekst hieronder). Met name als dit glas nadien wordt toegepast in gelaagde glasplaten kan dit aanleiding geven tot optische beeldvertekeningen. De 'rollerwave' aan het begin en eind van een geharde ruit wordt de 'edge-lift' genoemd en als zodanig omschreven in de EN12150 (en ook wel edge-kink genoemd).



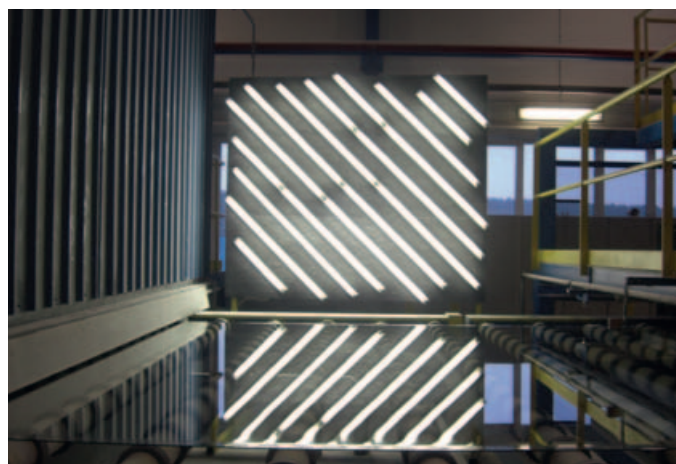
**Figuur 2: Borstweringspanelen waarbij het rollerwave effect zichtbaar is.**

Een groter gebrek aan vlakheid ontstaat als deze glasplaten vervolgens een thermische behandeling ondergaan. Het thermisch harden wordt gedaan om de opneembare buigtrekspanning van een glasplaat te verhogen of om glasplaten meer bestand te maken tegen hoge temperaturen. Tijdens dit hardingsproces worden glasplaten tot circa 620 °C verhit en in horizontale richting over een rollerbaan bewogen. De glasplaten worden hierbij plat op de rollerbaan gelegd. Tijdens het thermisch behandelen van het glas wil het glas onder invloed van de zwaartekracht tussen de rollers wegzakken. En hoe hoger de temperatuur van het glas hoe meer het glas hierbij zal willen vervormen. Dit geldt met name voor het voorste en achterste deel van de glasplaat. Daarnaast bestaat de kans dat, indien het niet genoeg of voldoende gelijkmatig op temperatuur is gebracht, het glas tijdens het hardingsproces zal breken. Het kiezen van de juiste temperatuurinstellingen is derhalve essentieel. Na afkoeling van het glas zullen de tijdens het hardingsproces opgetreden vervormingen definitief zijn. De hierboven beschreven vervorming wordt ook wel het rollerwave effect genoemd (zie figuur 1 en 2) en speelt alleen een rol bij thermisch

**Figuur 1: Schematische weergave van het rollerwave effect (vervorming is overdreven weergegeven).**







**Als het nog warme glas de floatoven verlaat wordt het over rollerbanen bewogen. Aan het eind van de lijn vindt er visuele inspectie plaats.**

geharde en thermisch versterkte glasplaten.

De golfrichting van de rollerwave kan van invloed zijn op het wel of niet optreden van een storend effect. Als de banen in verticale richting over het glas lopen en je in horizontale richting langs het glas beweegt wordt de aanwezige rollerwave namelijk vaker als storend ervaren dan wanneer men in verticale richting langs hetzelfde glas beweegt. Bij het plaatsen van dergelijke ruiten is het derhalve raadzaam rekening te houden met de golfrichting van de rollerwave.

#### Is er variatie in plaatdikte?

De variatie in dikte in een enkele glasplaat is doorgaans zeer gering en leidt voor zover bekend niet tot storende optische beeldvertekeningen bij ruiten.

#### Wat is lenswerking bij gelaagde ruiten?

Een tweede oorzaak van optische beeldvertekening betreft de aanwezigheid van dikteverschillen bij de tus-

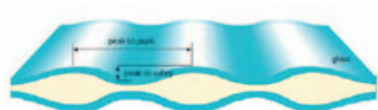
senlaag van gelaagde glasplaten. Een gelaagde ruit betreft een ruit bestaande uit twee (of meer) glasplaten met tussen de glasplaten een zachte tussenlaag (bijvoorbeeld PVB-folies of een bij brand opschuimende tussenlaag). Bij lagen van niet-vlakke glasplaten kunnen positieve en negatieve lenzen ontstaan die grote beeldvertekeningen kunnen geven als je door het glas naar objecten kijkt (zie figuur 4 en 5). Bij het lamineren vult de zachte tussenlaag de ruimte tussen de glasplaten op (figuur 2). Met name bij gelaagde glasbladen bestaande uit dun thermisch geharde glasplaten is deze kans aanwezig.

De kans op problemen is doorgaans groter bij gelaagde ruiten bestaande uit dun geharde glasplaten met daartussen een bij brand opschuimende gellaag. Tijdens het produceren van deze ruiten wordt de tussenlaag in vloeibare vorm tussen de glasplaten gegoten. Deze massa dient, voordat het zijn vloeigedrag verliest, gelijkmatig te worden verdeeld om de gewenste brandwerendheid te verkrijgen. Bij een niet ge-

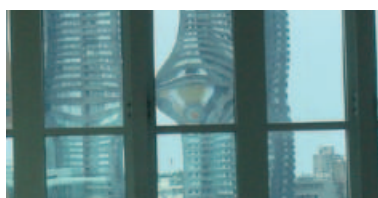
lijkmatische verdeling zullen ook positieve en negatieve lenzen ontstaan waardoor door het glas bekeken objecten anders worden gezien. In combinatie met niet voldoende vlakke geharde glasplaten kunnen dan grote beeldvertekeningen ontstaan.

#### Wat is het effect van hol en bol isolatieglas?

Naast de hiervoor genoemde oorzaken kan bij isolatieglas optische beeldvertekening ontstaan als gevolg van het hol of bol staan van het isolatieglas, ook wel 'pillow werking' genoemd. Dit effect is het gevolg van isochore druk in de spouw van het isolatieglas en ontstaat door veranderingen in klimatologische omstandigheden (luchttemperatuur en -druk). Omdat binnen- en buitencondities continu aan veranderingen onderhevig zijn, is pillow werking een onvermijdelijk verschijnsel bij isolatieglas (zie figuur 6). De te verwachten beeldvertekening door pillow werking is afhankelijk van de spouwbreedte van het isolatieglas, de afmetingen van de ruit en de dikte van de glasbladen.



**Figuur 3: Lenswerking als gevolg van het lagen van niet vlakke geharde glasplaten, schematisch weergegeven.**



**Figuur 4: Beeldvertekening door lenswerking.**



**Figuur 5: Beeldvertekening bij de rand van een isolatieruit met een brandwerend binnenblad.**



**Figuur 6: 'Pillow werking' bij isolatieglas, 'tonvormige' vertekening.**

Over het algemeen kan gesteld worden dat hoe breder de spouw en hoe dunner de glasbladen, hoe groter de kans op ongewenste beeldvertekeningen ten gevolge van isochore druk zal zijn. Door de grotere spouwbreedte bij tripleglas (t.o.v. dubbelglas) zullen storende optische beeldvertekeningen bij triple glas derhalve vaker voorkomen. Ook het toepassen van glasbladen die in dikte veel van elkaar verschillen kan tot ongewenst grote beeldvertekeningen leiden. Dit omdat het dunste (minst stijve) glasblad dan relatief veel zal doorbuigen.

Optische beeldvertekening bij isolatieglas is dus onvermijdelijk. Naast isochore druk als oorzaak kan het niet planparallel staan van de glasbladen tijdens het samenstellen van het isolatieglas aanleiding geven tot het hol en bol staan van glasbladen. De combinatie van beide kan tot ongewenst veel optische beeldvertekening leiden.

#### **Heeft foutief plaatsen gevolgen?**

Een laatste oorzaak die we willen noemen is een foutieve montagewijze. Bij een onjuiste plaatsing worden krachten op een ruit uitgeoefend waardoor de ruit te veel zal vervormen. Door het niet meer vlak zijn van de ruiten kunnen dan

ongewenste beeldvertekeningen ontstaan. Hierbij kan gedacht worden aan:

- het te strak aandraaien van de schroeven ter fixatie van een schroeflijst van een vliesgevelsysteem. Waar schroeven te strak zijn aangedraaid zal de randverbinding van het isolatieglas pakket meer worden ingedrukt dan elders, waardoor het buitenblad van het isolatieglas zal vervormen,
- het niet goed uitlijnen van het frame waarin een ruit wordt opgenomen. Doordat ruiten relatief buigzaam zijn, zullen ze deze afwijking volgen.

#### **Hoe optische fouten beoordelen?**

Voor het opsporen van optische fouten in floatglas schijft de NEN-EN 572-2 de 'zebra-test' voor. Hierbij wordt de mate van vlakheid van de glasplaat zichtbaar gemaakt door naar de reflectie van een plaat met daarop een zebra-motief te kijken. Deze methode is echter niet geschikt voor het beoordelen van ruiten die in een gevel zijn opgenomen. Een door een norm ondersteunde/voorgeschreven methode om te bepalen of een in een gevel opgenomen ruit te veel optische vertekeningen vertoont, is er derhalve niet. Dit in tegenstelling tot bijvoorbeeld visuele gebreken (krasjes, belletjes e.d.) bij ruiten. Dat wil echter niet zeggen dat ruiten met

storende optische beeldvertekeningen niet beoordeeld kunnen worden. Er bestaan immers wel normen waarin staat aangegeven binnen welke waarden de dikte van glasplaten dienen te blijven, welke dikteverschillen tussenlagen mogen hebben en welke mate van vlakheid thermisch behandelde glasplaten dienen te hebben. En zoals hierboven reeds aangegeven zijn juist deze factoren alsmede het hol en bol staan van glasbladen (isochore druk, planparalleliteit) bepalend of bij ruiten wel of geen beeldvertekening ontstaat.

Naast het weten welke gebreken bij ruiten aanleiding geven tot beeldvertekeningen is het voor het bepalen van een goede beoordelingsmethode van belang te begrijpen hoe beeldvertekeningen ontstaan. Uit studies met optische beeldvertekening bij ruiten als onderwerp is gebleken dat met name de kijkgeometrie bepalend is voor het wel of niet ontstaan van vertekeningen. Belangrijke aspecten hierbij zijn de hoek waaronder men naar het glas kijkt, de afstand van de kijker tot het glas en de afstand van de kijker tot het bekeken object. Een gegeven is dat hoe groter de afstand van de kijker tot het glas of hoe groter de afstand tussen het glas en het bekeken object, hoe meer beeldvertekening bij een ruit ervaren zal worden. En hoe groter de kijkhoek, hoe groter de visuele vertekening zal zijn. Een kleine variatie in vlakheid bij een ruit kan derhalve bij een kijkafstand van vele meters tot storende beeldvertekeningen leiden terwijl bij een kijkafstand van bijvoorbeeld 2 meter het effect nog niet storend is. <

**Dit effect wordt in de volgende uitgave van Glas in Beeld (februari 2016) geïllustreerd aan de hand van een voorbeeld.**