

Genauere Berechnungen bringen Konstruktionsvorteile

Die Statik gebogenen Glases

In der Praxis wird gebogenes Glas oft unnötigerweise überdimensioniert, weil das vom planem Glas abweichende Bauteilverhalten nicht berücksichtigt wird. Josef Scheideler, als selbständiger Ingenieur mit derartigen Problemstellungen befaßt, verdeutlicht durch den Vergleich der für die Bauteilbemessung relevanten Eigenschaften „Hauptzugspannung“ und „Durchbiegung von gebogenem und planem Glas“ den Einfluß der Schalentragswirkung für unterschiedliche Anwendungen.

Anhand von „Finite-Element“-Vergleichsrechnungen werden gebogene Gläser in der Anwendung „Vierseitige Lagerung unter Flächenlast“ als Brüstungsverglasung unter Holmlast und als Isolierglas mit den entsprechenden planem Glasscheiben verglichen.

Dipl.-Ing. Josef Scheideler ist Inhaber eines eigenständigen Ingenieurbüros für glastechnische Beratung und Statik in Nattheim

Zuerst wird kurz die Situation des gebogenen Glases als bauaufsichtlich geregeltes bzw. nicht geregeltes Bauprodukt dargestellt.

Gebogenes Glas, geregeltes Bauprodukt?

Auch wenn gebogene Verglasungen an zwei gegenüberliegenden Seiten durchlaufend linienförmig gelagert werden, sind nicht alle derartigen Anwendungsfälle durch die „Technischen Regeln für die Verwendung von linienförmig gelagerten Verglasungen

(TRLV)“ – Fassung September 1998 – erfaßt. Zustimmungen im Einzelfall (ZIE) durch die obersten Baubehörden der Länder sind generell für gebogene Überkopfverglasungen erforderlich, dabei ist es unerheblich, ob es sich um Einfach- oder Isolierverglasungen handelt. Aufgrund der schon häufigen Verwendung von gebogenen Gläsern in Vertikalfassaden und den daraus resultierenden Erfahrungen kann bei der Beachtung der sonstigen Forderungen aus den TRLV auf eine Zustimmung im Einzelfall verzichtet werden. Sind diese gebogenen Verglasungen neben dem Schutz vor der Witterung noch mit der Zusatzanforderung „Absturzsicherung“ beaufschlagt, wie es beim Blickfang „raumhohe Vertikalverglasung“ oftmals der Fall ist, kommt man generell (auch bei planem Glas) nicht um eine ZIE

herum. Bei der Verwendung von Verbundsicherheitsglas (VSG) aus teilvorgespanntem Glas (TVG) in Überkopfverglasungen ist wegen der fehlenden Produktnorm für TVG immer eine ZIE erforderlich. D. h., durch die Verwendung von gebogenen Glastafeln im Überkopfbereich ändert sich am Prozedere zur Genehmigung nur wenig.

Schalentragswirkung des gebogenen Einfachglases

Bei der Festlegung der notwendigen Glasdicke kann die versteifende Wirkung der Schalenform eine erhebliche Verringerung der Glasdicke bewirken. Deutlich wird dieses an dem beispielhaft durchgeführten Vergleich in Diagramm 1. In dieser Gegenüberstellung ist eine vierseitig gelagerte VSG-Scheibe – mit unterschiedlichen Bie-

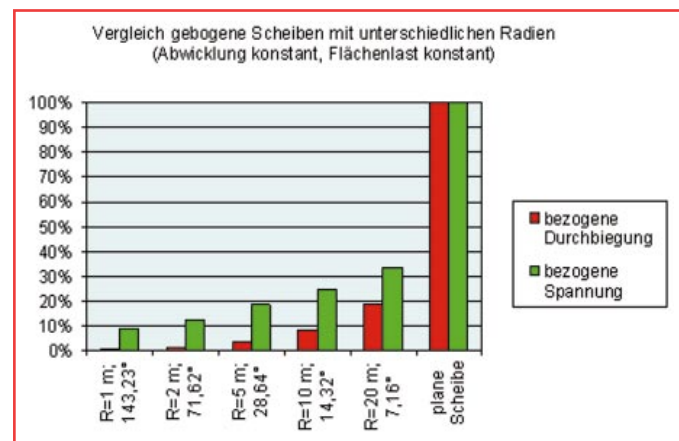


Diagramm 1: Vergleich der Hauptzugspannungen und Durchbiegungen bei unterschiedlichen Biege radien einer vierseitig gelagerten VSG-Scheibe

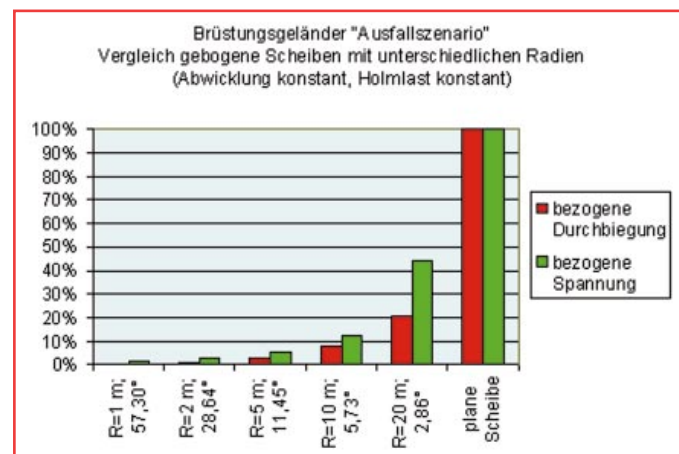
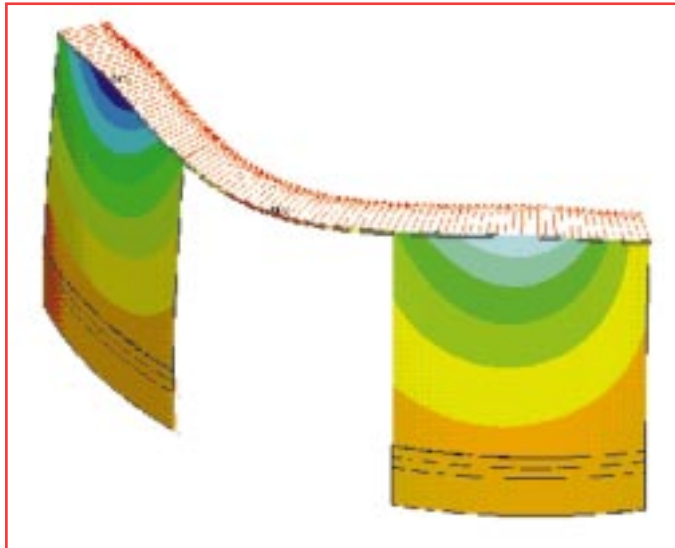


Diagramm 2: Vergleich der Hauptzugspannungen und Durchbiegungen bei unterschiedlichen Biege radien einer Brüstungsverglasung „Ausfallszenario“

Bild 1: FE-Modell der gebogenen Brüstungsverglasung „Ausfallszenario“



geradien – einer konstanten Windlast ausgesetzt worden. Die daraus resultierenden Biegezugspannungen und Durchbiegungen sind als bezogene Größen auf eine gleich große, plane Scheibe dargestellt. Die Schalentragswirkung ist deutlich zu erkennen. Bei einem Biegeradius von z. B. 2 m beträgt die Durchbiegung nur noch 1 % im Vergleich zu einer gleich großen planen Scheibe, die Hauptzugspannung beträgt nur noch 12 %.

Wird gebogenes Glas als Brüstungselement eingesetzt, so kann ebenfalls die versteifende Wirkung der dreidimensionalen Form nutzbringend eingesetzt werden. Dieses soll anhand des folgenden Vergleiches verdeutlicht werden: Drei gebogene, einseitig eingespannte VSG-Tafeln, die über einen tragfähigen Handlauf miteinander verbunden sind, bilden die Ausgangssituation. Betrachtet wird hier das Ausfallszenario „Versagen der mittleren Scheibe“ mit einer auf den Handlauf wirkenden Holmlast (Bild 1). Die dann entstehenden Hauptzugspannungen und Durchbiegungen im Glas sind wiederum auf eine gleich große, plane Scheibe bezogen. Auch hier nehmen die Biegezugspannungen und Durchbiegungen des Glases mit zunehmender Scheibenkrümmung / abnehmendem Biegeradius ab (siehe Diagramm 2).

Klimalasten bei gebogenen Isoliergläsern

So positiv die versteifende Wirkung bei gebogenen Einfachgläsern ist, darf nicht unerwähnt bleiben, daß hierdurch in der Isolierglasanwendung relativ hohe innere Kräfte aufgrund von

gen im gebogenen Isolierglas wird der Vorteil der versteifenden Wirkung der gebogenen Einzel-Scheibe teilweise aufgebraucht. Generell sind die Vorteile durch die Schalentragswirkung der gebogenen Einzelgläser im Einsatzfeld „Isolierglas“ nicht so groß wie in der Anwendung als Einfachglas.

Negative Auswirkungen haben hohe klimatisch induzierte innere Belastungen auf die voraussichtliche Lebensdauer/Kondensationsfreiheit des Isolierglases. Dabei ist es unerheblich, ob es sich um zwei-, drei- oder vierseitig gelagerte Isolierglasscheiben handelt.

Und für den Anwender . . .

Die hier durchgeführten beispielhaften Vergleichsrechnungen unter Anwendung von Finiten Elementen für unterschiedlich stark gebogene Glastafeln zeigen deutlich den ausgeprägten Einfluß der Biegeradien auf die resultierenden Hauptzugspannungen und Durchbiegungen im Glas. Bei rechtzeitiger Berücksichtigung dieser besonderen Tragwirkung (Gewölbewirkung)

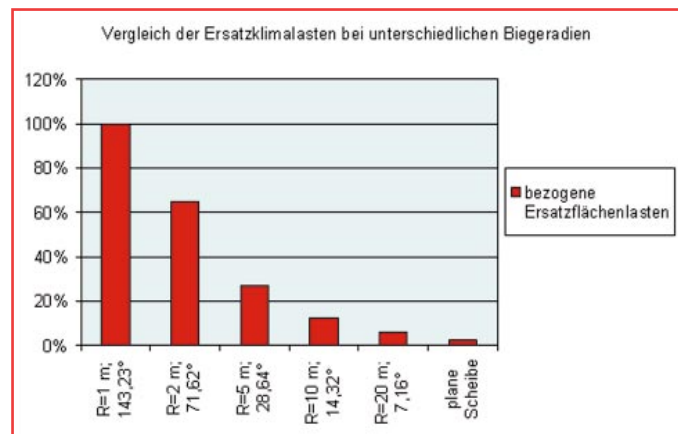


Diagramm 3: Ersatzklimalasten bei unterschiedlichen Biegeradien einer Isolierglastafel
Bilder: Scheideler

Klimaänderungen entstehen. Im Diagramm 3 sind die Ersatzflächenlasten für unterschiedlich gebogene Isoliergläser mit gleicher Abwicklung dargestellt. Die Ersatzflächenlasten sind bezogen auf das Isolierglaselement mit dem Biegeradius von 1 m. Bei gleichen Klimarandbedingungen wirken auf eine plane Einzelscheibe nur 2 % der Ersatzflächenlast der Scheibe gleicher Abwicklung mit einem Biegeradius von 1 m. Durch die höheren klimatisch induzierten inneren Belastun-

können mit relativ dünnen Glasscheiben große Spannweiten/Glasabmessungen bei gleichen Verkehrslasten/ Belastungen realisiert werden.

Josef Scheideler