

Glasrohr als konstruktives Element im Bauwesen (II):

Glas-Skelettbau ist möglich

Joachim Achenbach

Durch den Einsatz von Glas als konstruktivem Baustoff sind in den letzten Jahren neue, innovative Bauten entstanden. Die Tragwerke aller bislang realisierten Projekte bestehen jedoch meist aus VSG mit vorgespannten bzw. teilvorgespannten Flachgläsern. Während bei anderen Materialien, wie z. B. Holz oder Stahl, nicht nur flächige, sondern auch stabförmige Bauteile hergestellt werden können, ist der konstruktive Glasbau bisher dem „Bauen mit Scheiben und Wänden“, genauer dem transparenten Massivbau verhaftet. Verbundglasrohre (VGR) erweitern daher das architektonische Repertoire, denn mit Ihnen sind echte Glas-Skelettbauten realisierbar.

Verbundglasrohre verfügen z. B. in ihrer runden, axialsymmetrischen Form über optimale statische Eigenschaften. Damit eröffnen sie vielfältige gestalterische Möglichkeiten im Umgang mit Licht, Farbe, Konstruktion und Raum.

Borosilikatglas, wie es beim Ziehen von Glasprofilen in der Regel zum Einsatz kommt (DURAN), verfügt über hervorragende Eigenschaften: hohe Reinheit, Transparenz, Farbneutralität, chemische Resistenz, Temperaturwechselbeständigkeit und eine für mechanische Beanspruchungen unerlässliche, hohe Homogenität. Hinzu kommt, daß Glasrohrprofile in bezug auf Querschnittform (z. B. Rundheit), Wandungsdicke, Längskrümmung, etc. mit relativ geringen Toleranzen hergestellt werden können [4]. Aber für die Weiterverarbeitung zu konstruktiv einsetzbaren Bauteilen und für kontrollierte Lasteinleitung ist höchste Präzision die Voraussetzung.

Herstellung von Glasrohren

Die Herstellung von Glasrohren scheint denkbar einfach. Flüssiges Glas fließt der Schwerkraft folgend über eine sich drehende Pfeife, die von innen mit Blasluft beschickt wird. Der so entstehende Glas Schlauch wird von einer Ziehmaschine erfaßt, in die Länge gezogen und auf einem Förderband kontrolliert abgekühlt. Für Durchmesser von 50 bis 100 mm erfolgt das Ziehen in horizontaler Richtung (Vellozugverfahren). Für geringe Durchmesser sind theoretisch beliebig lange Glasrohre herstellbar [3]. Für Durchmesser über 100

bis 150 mm ist eine Umlenkung in die Horizontale nicht mehr möglich. Das Glasziehen findet deshalb senkrecht in einer Ziehgrube statt (Abwärtszugverfahren). Die maximale Herstellungslänge solcher Glasrohre liegt derzeit bei ca. 4100 mm.

Für Rohrdurchmesser zwischen 155 und 270 mm ist die Herstellungslänge aufgrund des zunehmenden Eigengewichts und der erschwerten Handhabung der noch nicht voll erstarrten, glühend heißen Glasmasse auf maximal 2500 mm begrenzt. Bei Durchmessern bis 450 mm beträgt die Länge maximal 2000 mm. Die Wandungsstärken können bei Rohrdurchmessern von 50 bis 270 mm von 1,8 bis 9,0 mm betragen. Darüber hinaus sind auch Wandungsstärken bis 10 mm möglich.

Herstellung von Verbundglasröhren

Die Herstellung von VGR wird erst durch die Längsteilung des äußeren Glasrohres in Halbschalen möglich. Bei über 1500 mm langen Verbundglasrohren ist auch eine

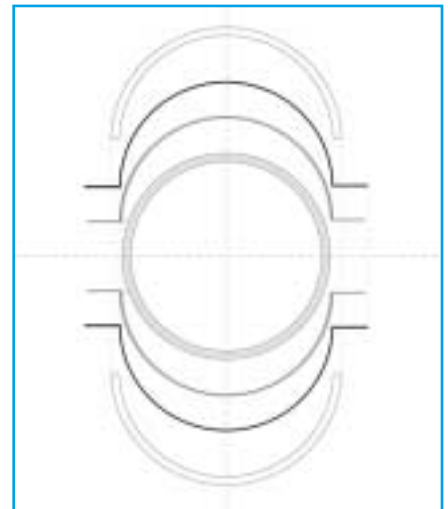


Bild 1: Schemadarstellung des Aufbaus eines Verbundglasrohrs: Inneres Tragrohr (Borosilikatglas 3.3), Polyvinylbuteralharz- und/oder Polyurethanfolie(n), äußeres Schutzrohr aus Halbschalen

Querteilung der Halbschalen erforderlich. Diese optisch kaum wahrnehmbaren „Herstellungsfugen“ dienen zugleich der Ableitung von Zwängungskräften innerhalb des mehrschichtigen Gefüges bei Temperaturlastwechseln. Nur so lassen sich für die Anforderungen im Bauwesen hinreichend beständige Konstruktionselemente aus Verbundglasrohren herstellen.

Aus den theoretisch möglichen Lösungswegen zum Verbundglasrohr hat sich letztlich eine neuartige Modifikation des Autoklav-Verfahrens als das sicherste erwiesen. Nach dem Vorverbund der Einzelteile werden unter Verwendung von zäh-elastischen, transparenten Polymer-Folien (Polyvinylbuteralharz oder Polyurethan) das Glasrohr und die koaxial geführten Halbschalen unter Hitze und Druck praktisch unlösbar miteinander verbunden. Beim Verbund beider Glasrohre, leitet das innere Rohr die Kräfte ab, während das äußere dem (mechanischen) Schutz dient (Bild 1). Die beiden Rohre zusammen im Verbund sind aber um ein vielfaches leistungsfähiger als die Einzelkomponenten. Im Bruchfall wirkt der Glasverbund Splitterbindend und Formstabilisierend, was einer von mehreren Faktoren des besonderen Sicherheitscharakters von VGR ist.

Verbundglasrohre – sicher und stark:

- Bei sachgemäßem Aufbau können Verbundglasrohre vergleichbare Kräfte wie Stahlrohre übertragen.
- Selbst bei massiver Beschädigung bleiben die gläsernen Verbundrohre äußerst leistungsfähig und weisen eine sehr hohe Reststand-sicherheit auf.



Dieses Verfahren stellt sicher, daß die positiven Materialeigenschaften von Glasrohren beim Verbund weitestgehend erhalten bleiben. So können die an konstruktive Elemente aus Glasrohren im Bauwesen zu stellenden Anforderungen erfüllt werden.

Kraftübertragung durch Endbauteil

Die hohe Leistungsfähigkeit eines VGR wird jedoch nicht allein von der Verbundwirkung im Normalquerschnitt des Profils bestimmt. Erst in Kombination mit einem speziell entwickelten und mit spezifischen Merkmalen ausgestatteten Glasrohr-Endbauteil kann die enorme Leistungsfähigkeit der VGR als Systembauteil voll entfaltet werden (Bild 2). Endbauteile für konstruktiv eingesetzte Glasrohre bestehen prinzipiell aus drei Hauptbaugruppen:



Bild 2: Schema Basisplatte/Endbauteil

Einer Basisplatte, einem die Kräfte bündelnden Zentrierstück und einem (vorzugsweise) gelenkig ausgebildeten Schnittstellenbolzen für den Anschluß an das Bauwerk oder andere Bauteile. Wesentlich für die Funktionstüchtigkeit sind Materialbeschaffenheit und Formausbildung der Basisplatte, die spezielle Bearbeitungstechnik des Glasrohrendes und die direkte – somit von den Lehrsätzen der Flachglaslagerung abweichende – Lagerung des Glasrohrendes auf der Basisplatte. Sind diese Voraussetzungen alle erfüllt, können VGR vergleichbare Kräfte wie Stahlrohre übertragen.

Sicherheit ist gewährleistet

Tragfähigkeits- und Sicherheitsversuche an der Fachhochschule München und der staatlichen Materialprüfanstalt der Universität Stuttgart haben bestätigt, daß Verbundglasrohre selbst bei massiver Beschädigung äußerst leistungsfähig bleiben und eine alle Erwartungen übertreffende Reststandsicherheit aufweisen. So können z. B. Verbundglasrohre, die mit Stahlstäben mehrfach durchbohrt (Beschuß-Simulation), oder beim Pendelschlagversuch mit einer 10 kg schweren Stahlkugel (Fallhöhe: 1 m) öfter als ein Dutzend mal getroffen wurden, immer noch mit voller Bemessungslast

beaufschlagt werden. Die Reststandsicherheit bleibt dennoch gewährleistet.

Kompatibilität mit bestehenden Systemen

Ein wichtiger Aspekt für die Anwendungs- und Gestaltungsmöglichkeiten von VGR ist die Kompatibilität mit anderen, bereits im Bauwesen eingeführten Konstruktionskomponenten. Dazu zählen z. B. End-, Verbindungs- und Knotenbauteile der Fabrikate von Mero oder Rodan-Dorma. Je nach Aufgabenstellung können solche Bauteile eine geeignete Alternative zur projektspezifischen Serienfertigung sein. Die Integration weiterer technischer Systeme und Funktionen bietet sich durch die Transparenz des Baumaterials geradezu an und eröffnet neue Entwicklungsmöglichkeiten. Hierzu zählen z. B. im Endbauteil integrierte Leuchtmittel, in der Verbundschicht eingearbeitete Funktionsträger wie LED-Lichtquellen, Bedruckungen oder Beschichtungen, etwa mit lichtstreuenden Eigenschaften um nur einige zu nennen.

Anwendungsmöglichkeiten

VGR sind gegenwärtig mit kreisrundem Querschnitt in verschiedenen Außendurchmessern (z. B. 100 mm, 165 mm, 183 mm) mit einer Länge bis zu 4100 mm erhältlich, wodurch sich mitsamt den Endbauteilen Systemlängen von maximal 4500 mm ergeben können. Endbauteile können gestalterisch durchaus vielfältig ausgeformt sein,

so z. B. monolithisch oder skelettiert, zylindrisch, konisch, pyramidal. Entscheidend für die Tragfunktion sind die praktisch verformungsfreie Dimensionierung der Basisplatte des Endbauteils, die hohe Festigkeit und Fertigungsqualität und Präzision sowie die systematische Abstimmung sämtlicher Einzelteile und Fertigungsabläufe aufeinander. Die weltweit erste Anwendung konstruktiver Elemente aus Glasrohrprofilen im Hochbau ist die Atriumsfassade des Bürogebäudes Tower Place, London, des Architekten Norman Foster (*glaswelt* 6/2003, Seite 54 ff.). Hierüber wurde im letzten Heft bereits berichtet. Das bekannteste historische Beispiel von Glasrohren in der Architektur sind die „Glasröhrenfenster“ Johnson Wax-Gebäude (1936–1939) von Frank Lloyd Wright. Die Bauteile waren mit Glasrohren als Ornament gestaltet und tageslichtstreuend. Die Glasrohre hatten aber keine statische Funktion. Nicht zuletzt wegen unzureichend gekläarter Sicherheitsaspekte gerieten andere frühe Beispiele von Glasrohrprofilen in der Architektur wieder in Vergessenheit. Mit der jüngsten Entwicklung von VGR entstehen neue Einsatzmöglichkeiten für den Baustoff Glas: Die Vorzüge des Skelettbaus lassen sich nun auch im konstruktiven Glasbau voll ausschöpfen. Zwischenzeitlich sind verschiedene Konstruktionsstudien mit Glasrohrprofilen entstanden, die vielfältige Gestaltungs- und Anwendungsmöglichkeiten mit VGR in Tragsystemen, in der Architektur und in der Produktgestaltung aufzeigen. Einige dieser



Bild 3: Glasrohrbrücke



Bild 4: Knotendetail der Glasrohrbrücke



Bilder: Joachim Achenbach

Bild 5: „Glass-Tube-House“. Projekt: Achenbach Architekten & Designer, Stuttgart

Konstruktionsstudien wurden auf der glasstec 2002 der Öffentlichkeit vorgestellt, so z. B. eine Glas-Skelett-Brücke (Bild 3 und Bild 4), deren Konstruktionsprinzip in abgewandelter Form ebenso als Dachverglasung eines Atriums geeignet wäre. Weitere Projekte, bei denen VGR als Tragwerkselemente eingesetzt werden sollen, sind in verschiedenen Architektur- und Ingenieurbüros derzeit in Planung. Eines davon ist das „Tube-Cube-Projekt“, bei dem Stützen aus VGR, aussteifende Wände aus Verbundglasscheiben und Deckenplatten

aus transluzenten Glas-Sandwich-Elementen zum Einsatz kommen sollen (Bild 5). Dieses gläserne Raum-Bau-System eröffnet neuartige Raumwirkungen mit fließenden, reflektierenden, und filternden Grenzen. Dieses Konzept nimmt mögliche Entwicklungslinien vorweg, die durch ein erweitertes Sortiment an stabförmigen und flächigen Glasbauteilen künftig an Bedeutung gewinnen könnten.

Der Autor:

Dipl.-Ing. Joachim Achenbach ist als freier Architekt tätig und war maßgeblich an der Entwicklung der vorgestellten Verbundglasrohre beteiligt. Er steht dem Architekturbüro „Achenbach Architekten + Designer“ vor, das sich mit innovativen Glaskonstruktionen beschäftigt.
Achenbach Architekten + Designer
70180 Stuttgart
Tel. (07 11) 60 73 23
joachim.achenbach@t-online.de

Verbundglasrohre erweitern den Bereich der konstruktiven Bauelemente und tragen dazu bei, bislang nicht realisierbare, gläserne Architektur-Phantasien zu verwirklichen. ■

Literatur:

- [0]: Achenbach, Joachim: „Glas-Skelettbau mit VGR“. In: Detail Praxis, Transluzente Materialien. Frank Kaltenbach (Hrsg.), Edition Detail 2003, Seite 27-29, Institut für Internationale Architekturdokumentation, München.
- [1] Achenbach, Joachim; Behling Stefan; Doenitz, Fritz-Dieter; Jung, Herbert: „Konstruktive Elemente aus Glasrohrprofilen“. In: Glas Architektur und Technik, Heft 5/2002, Seite 5–10, Stuttgart: DVA
- [2] Achenbach, Joachim; Jung, Herbert: „Konstruktive Elemente aus Glasrohrprofilen in Tragstrukturen – Systementwicklung, Herstellung und Anwendung“ und „Leistungsvermögen von VGR“. In: GlasKon 2003 S. 29–34. Messe München GmbH
- [3] Doenitz, Fritz-Dieter; Achenbach, Joachim: „Glasrohre und Profile“ und „Möglichkeiten der Anwendung in der Architektur“. In: GlasKon '99. Messe München GmbH
- [4] Schott Rohrglas GmbH (Hrsg.): Glasrohrprofile aus Borosilicatglas 3.3. DURAN nach DIN ISO 3585 u. ASTM E 438 Typ 1, Klasse A. Firmenprospekt