

sedak

sedak fact sheet

Lamination

sedak GmbH & Co. KG
Einsteinring 1
86368 Gersthofen
Deutschland

Tel. +49 821 24 94 – 222
Fax +49 821 24 94 – 777

info@sedak.com
www.sedak.com

Stand: 07.12.2020

inhalt

1	Warum Gläser laminiert werden	3
2	Der Laminationsprozess	4
3	Determinanten für die Qualität	5
4	Laminationsverfahren: Rollenvorverbund und Vakuumvorverbund	6
5	Exkurs: Folien	7

Erst durch Lamination erhält Glas sein breites Einsatzspektrum: Folien verbinden einzelne Scheiben zu Laminaten, die dann als tragendes Bauteil, schusshemmende Panoramasscheibe oder außergewöhnlich gestaltetes Element dienen. Für perfekte Ergebnisse – statisch und optisch – ist der Laminationsprozess genau zu planen und hoch exakt auszuführen.

18 Scheiben, laminiert zu einem 30 Zentimeter dicken, hoch druckstabilen Unterwasser-Jacht-Ausblick mit einem Durchmesser von vier Metern: Was mit einer einzelnen Glasscheibe unvorstellbar ist, wird durch Lamination möglich. Das reicht von solch speziellen Lösungen wie diesem Hochsee-Einsatz bis zu Tragstrukturen für Ganzglaskonstruktionen.

Dieses Factsheet erklärt, was Lamination ist, wie sie funktioniert und welche zusätzlichen Einsatzgebiete sie Glas eröffnet.

1 Warum Gläser laminiert werden

Durch Lamination von Glasscheiben mit Folien erhält Glas zusätzliche Sicherheitseigenschaften. Aus



Bild 1: Unter Reinraumbedingungen werden bei sedak Gläser mit Folien zu einem Paket geschichtet.

zwei oder mehreren Glasscheiben entsteht im festen Verbund mit einer Folie ein Verbundsicherheitsglas (VSG), bei dem im Falle von Glasbruch die Splitter an der Folie haften bleiben. Das Risiko von Schnitt- und Stichverletzungen sinkt damit ganz erheblich. Je nach Einsatzgebiet kommt für VSG entweder teilvorgespanntes Glas (TVG) oder Einscheibensicherheitsglas (ESG) zum Einsatz. VSG aus ESG wird z.B. bei PKW Windschutzscheiben verwendet. Das Glas bricht in kleine Stückchen, die an der Folie haften bleiben und den Fahrer vor Schnittverletzungen schützen. VSG aus TVG kommt bei z.B. Überkopfverglasungen zum Einsatz. Das

Glas bricht in größere Splitter, so dass das Glas bei Bruch aufgrund der Resttragfähigkeit der Folie nicht herabstürzt.

VSG ist so bewährt wie gewöhnlich. Doch die Lamination eröffnet ein wesentlich breiteres Feld. Mit Glaslaminaten lassen sich auch anspruchsvolle optische und bauphysikalische Funktionen realisieren. Das erfolgt über die Wahl der Gläser und der Folie, abgestimmt auf die Wunsch-Eigenschaften. Insbesondere für spezifische Eigenschaften hinsichtlich Tragfähigkeit, Optik, Schall- und Wärmeschutz kommt den Folien hohe Bedeutung zu.

Laminare ermöglichen:

... Integration funktionaler Elemente

Durch die Lamination von Metallprofilen lassen sich statische Verbindungen (tragen) der Glaselemente schaffen. So können Laminare als Bauteil für Brücken, Treppen, Dächer / Böden / Horizontalverglasungen oder als Tragwerk für eine Ganzglasfassade eingesetzt werden.

... dekorative und funktionale Fassaden

Lamination eröffnet ein faszinierendes gestalterisches Spektrum – besonders durch die Verbindung mit anderen Werkstoffen. Beispiele hierfür sind Echtholz, Naturstein, Metallgewebe oder Lochblech. Vorteil: die naturgetreue Optik der witterungssensiblen Materialien bleibt erhalten und muss nicht imitiert werden (z.B. Digitaldruck). Geschützt vor Umwelteinflüssen haben sie eine lange Lebensdauer ohne Instandhaltung. Weiterer Pluspunkt: Auch die Pflege wird leichter, da sich Glas besser reinigen lässt. Kreativität darf sich frei entfalten, die bauphysikalischen Eigenschaften bleiben dabei fein justierbar (Verschattung, Wärmeschutz etc.).

... neue Wege für gebogenes Glas

Selbst die Formensprache bekommt mehr Raum: Gebogene Lamine geben Glas die dritte Dimension. Beim Prozess des sogenannten Kaltbiegens kann Glas nicht nur ein- oder zweidimensional sondern auch sphärisch gebogen werden. Hierbei werden einzelnen Scheiben eines Verbundpakets vor dem Prozess im Autoklaven verformt, um sie in dieser Geometrie zu laminieren. Nach dem Abkühlen behält die fertige Verbundscheibe diese Krümmung ohne auf eine formgebende Unterkonstruktion angewiesen zu sein. Hauptvorteil gegenüber anderen Biegeverfahren ist die extrem gute optische Qualität mit geringen Verwerfungen und Reflexionen.

Beim Laminationsbiegen beträgt der minimale Biegeradius ungefähr das 1500-fache der Glasdicke des Glases (10mm: Biegeradius 15m). Mehr zu gebogenem Glas erklärt das sedak-Factsheet „Glasbiegen“, VÖ: Winter 2021.

... schusshemmendes Glas

Folien in Laminaten können auch vor dem Durchdringen von Geschossen schützen. sedak bietet kugelsichere Gläser als Isolier- und Sicherheitsgläser bis zur höchsten Beschussklasse (BR7 NS, Prüfung nach DIN EN 1063). Dabei kann aufgrund des besonderen Glasaufbaus auf das sonst übliche Polycarbonatsystem verzichtet werden.

Sonderfolien für Zusatzfunktionen

Es muss nicht immer PVB- oder SentryGlas-Folie sein. Mit Projektions-, Heiz- oder Buntfolien erhalten Lamine spezifische Eigenschaften.(s. Exkurs).

2 Der Laminationsprozess

Für den Verbindungsprozess von Glas und Folie zu Verbundsicherheitsglas (VSG) sind spezielle Öfen notwendig, die sogenannten Autoklaven. Eine Voraussetzung für die Produktion: Absolute Sauberkeit. Der Prozess beginnt im Reinraum. Hier werden die Laminationsfolien zwischen die Gläser gelegt, also abwechselnd Glas und Folie geschichtet. Beides muss völlig staub- und fusselfrei sein, Fremdkörper können nachträglich nicht entfernt werden und stellen einen Mangel dar, im schlimmsten Fall Ausschuss.

Das Paket kommt im Sackverbund in den Autoklaven (Vakuumsackverfahren) und wird wie in einem Schnellkochtopf unter Druck auf bis zu 140 Grad erhitzt. Der Prozess dauert üblicherweise eine bis sechs Stunden. Dabei verbindet sich die opake Folie dauerhaft mit dem Glas und wird transparent. Es entsteht eine sehr hohe Adhäsion und Verbundfestigkeit.

Die Prozessparameter Dauer, Druck und Temperatur verändern sich je nach Größe, Dicke und Form des Glaspakets und sind für die Qualität der Lamine enorm wichtig. Hierbei spielt der Faktor „Mensch“ eine zentrale Rolle: Die Fachkräfte benötigen Erfahrung, um die Maschinen optimal einzu-



Bild 2: Bei dickeren Gläsern und vor allem bei Mehrfachlaminaten sorgt das Vakuumverfahren für Prozesssicherheit.

stellen. Je nach Einbausituation kommt nicht nur der Laminationsqualität im Glas, sondern auch der Kantenqualität hohe Bedeutung zu. Das ist der Fall, wenn die Glaskante sichtbar verbaut wird – z.B. bei Glasbrüstungen oder bei Ganzglastreppen. Hier erreicht sedak durch ein spezielles, selbst entwickeltes Verfahren exzellente Kantenqualität, außergewöhnlich glatt und präzise.

sedak hat das Laminieren im Laufe ihrer Unternehmensgeschichte perfektioniert. Das Kaltbiegen (Laminationsbiegen) von Glas und innovative Produkte wie sedak clear-edge und sedak isosecure sind Ent-

wicklungen von sedak, die mit viel Pionier- und Forschergeist geschaffen wurden und mit dem Wunsch, dem Werkstoff Glas immer wieder neue Einsatzfelder zu eröffnen. Nährboden hierfür waren nicht zuletzt Kunden-Anfragen, die dazu führten, Glas stets neu zu denken und zu entdecken.

3 Determinanten für die Qualität

In der sedak Fertigung in Gersthofen werden die größten Gläser der Welt in Premiumqualität gefertigt. Die Maschinen hierzu entstanden mit dem langjährigen Knowhow in der Veredelung von übergroßen Glasformaten gemeinsam mit den Maschinenherstellern. Sie sind Voraussetzung für die Veredelung hochqualitativer Gläser. Trotzdem spielt der Faktor Mensch die entscheidende Rolle bei der Glasbearbeitung, sein Gefühl für Glas und die Erfahrung im Umgang mit extrem großen und schweren Formaten und Sonderlösungen: Unter welchen Bedingungen erreicht ein Laminat die notwendige Tragfähigkeit? Wie können Laminationsfolien in einem 18fach Laminat gleichmäßig zum Schmelzen gebracht werden, so dass trotz immenser Glasdicke maximale Durchsicht möglich ist? Wie lässt sich ein organischer Stoff wie Holz in einem Autoklaven so behandeln, dass er weder verbrennt, noch schrumpft, noch im Laminat von seiner Position abweicht? Diese Produktionen erfordern tiefe Materialkenntnis und nicht zuletzt Fingerspitzengefühl. Auch Einflussfaktoren wie das Format (z.B. Freiformen), Ausfräsungen und Bohrungen im Glas sind von den Fachkräften zu berücksichtigen. Hier gilt es, Temperaturkurven im Autoklaven exakt zu fahren und gegebenenfalls auch während des „Backens“ nachzusteuern.

Toleranzen

sedak geht hier oft weit über die normativ vorgeschriebenen Toleranzen hinaus: So können je nach Projekt auch bei 20 Meter Gläsern Toleranzen von nur wenigen Millimetern erforderlich sein.

Wie exakt sedak fertigt, legt das sedak-Qualitätshandbuch fest – eine Selbstverpflichtung, die deutlich über die Normvorgaben hinausgeht.

(s. [sedak.com](https://www.sedak.com) -> downloads -> Qualitätshandbuch)

Ausblick

Lamination eröffnet dem Glasbau neue Welten – funktional und architektonisch. Die Technik zeigt, wie Glas statische Funktionen übernehmen kann – und welche gestalterischen Lösungen jenseits des keramischen Drucks realisierbar sind. Die Grenzen setzt die Phantasie – nicht die Technik.

4 Laminationsverfahren: Rollenvorverbund und Vakuumvorverbund

Für die Lamination können zwei Verfahren zum Einsatz kommen: Je nachdem, welche Eigenschaften das Endprodukt aufweisen soll, entweder der Rollenvorverbund oder der Vakuumvorverbund. Die technischen Unterschiede zeigt die Tabelle.

	Rollenvorverbund	Vakuumvorverbund
Anwendung	Standardverfahren	Spezialverfahren, Mehrfachverbunde, Laminationsbiegen
Ort der Prozessvorbereitung	Laminationsraum	Reinraum
Mehrstufige Prozessvorbereitung	1.) Schichten von Glas und Folie 2.) Aufheizen des Verbundpakets auf ca. 35 Grad Celsius: Erste Pressrolle presst Luft aus dem Schichtenaufbau 3.) Erneutes Aufheizen des Verbundpakets auf 60 bis 70 Grad Celsius: erneuter Walzprozess bis zur vollflächigen Verbindung Folie/Glas	1.) Schichten von Glas und Folie 2.) Verpacken des Glas-Folie-Sandwiches in einen Vakuumsack. Anschließend wird die Restluft bei -0,8 bis -0,9 bar evakuiert.
Hauptverbundprozess	Das Folien-Glas-Paket verbindet sich im Autoklaven bei 12 bis 14 bar und > 130 Grad Celsius zum Endverbund	

Vergleich

Die Verfahren unterscheiden sich bei Aufwand und Ergebnis. Welche Produktionsart gewählt wird, hängt in erster Linie davon ab, welche Qualität das Laminat erreichen soll bzw. ob das angestrebte

Produkt in diesem Verfahren herstellbar ist. Aufwändiger ist das Vakuumverfahren im Reinraum. Es ist aber auch das Verfahren, das mehr möglich macht.

Der Rollenvorverbund ist vor allem für Einfachlaminare mit vergleichsweise dünnen Scheiben optimal. Bei dickeren Scheiben und vor allem bei Mehrfachlaminaten sorgt das Vakuumverfahren für Prozesssicherheit. Damit sind auch Inlets (Holz, Metall, Naturstein etc.) möglich, die theoretische Grenze für die Größe setzt der Autoklav. Bohrungen, Aussparungen u.ä., die für die Produktion im Standardverfahren schwierig sind, lassen sich im Vakuumverfahren ohne Problem laminieren. Gerade für komplexere Aufbauten gilt zudem, dass nur bei der Produktion im Vakuumsack die Delamination so gut wie nicht auftritt. Zudem führt die Produktion im Reinraum auch zu optisch hochwertigeren Scheiben. Wenn es in die dritte Dimension geht – also um gebogene Laminare – ist das Vakuumverfahren alternativlos.

5 Exkurs: Folien

Die Folienart hat großen Einfluss auf die Eigenschaften des Glasverbundes – daher werden die Folien zweckgebunden gewählt.

SentryGlas Folie	Folie mit hoher Eigensteifigkeit, Resttragfähigkeit und hoher Transparenz. Dank ihrer hohen Festigkeit ist sie besonders für statische Ansprüche an das Glas geeignet. SentryGlas-Folie ist in den meisten Fällen im Einsatz, wenn Gläser als Fassadenelement, Überkopfverglasung und Sicherheitsglas mit hohen Ansprüchen an die Sicherheit entstehen oder bei Sonderkonstruktionen (Brücken, Treppen, Dächer/Böden). Sie wird zudem für das Laminationsbiegen verwendet.
PVB (Polyvinylbutral)	Elastische, reißfeste Polymerfolie; leichtes Handling; wird verwendet zur Splitterbindung und wenn Glas keinen größeren Umwelteinflüssen ausgesetzt ist
EVA	Für Gläser mit besonderen Oberflächen
XIR	Beschichtete Folien, für (zusätzlichen) Sonnen- und Wärmeschutz
Heizfolie	Zum Aufheizen von Scheiben, gegen Vereisung, verhindert Kondensat auf der Scheibe.
Schallschutzfolien	Vermindert den Geräuschpegel im Innenraum
Projektionsfolie	Für Projektionsflächen