



KOSTENEFFIZIENT ZUM QUALITATIV
HOCHWERTIGEN UND SICHEREN
GLASLAMINAT-PRODUKT

LiSEC

INHALTSVERZEICHNIS

KAPITEL 1

- MASCHINENKONZEPT S. 4
- FOLIENLEGEN/FOLIENSCHNEIDEN S. 5
- GLAS AUSRICHTEN S. 6
- VORVERBUND S. 7
- GESCHWINDIGKEIT BEIM VERBUND S. 7

KAPITEL 3

- HEIZZONE S. 23
- VORVERBUNDPRESSE S. 25
- HYDRAULISCHE/PNEUMATISCHE PRESSKRAFTAUFBRINGUNG S. 26
- PRESSKRAFTAUFBRINGUNG DURCH SPINDELTECHNOLOGIE S. 26

KAPITEL 2

- RANDVERBUND S. 11
- PRESSKRAFT S. 12
- ZU KALT/ZU HEIß VERPRESST S. 14-15
- BLOW-IN S. 17
- AIR TRAPPED S. 17
- DELAMINATION S. 18
- OFFSET S. 19
- AUTOKLAV KÜHLPROBLEM S. 19-20
- BLASENBILDUNG S. 20
- MINERALISCHE UND ORGANISCHE VERUNREINIGUNGEN S. 20

Einleitung

Auch in der Glasindustrie werden die Sicherheitsstandards laufend angehoben. Dies ist unter anderem ein Grund dafür, dass das Laminieren stark an Bedeutung gewinnt. Dieser komplexe Prozess beinhaltet allerdings eine Reihe von Herausforderungen und Stolpersteinen, die man ganz genau kennen sollte, wenn es darum geht, qualitativ hochwertige Glaslaminat-Produkte herzustellen.

Der Vorverbund gilt dabei als das Herzstück einer Laminieranlage, da der Prozess zu einem Großteil genau hier stattfindet – dort wird die Folie aufgeheizt und mittels Rollen mit dem Glas verpresst respektive verklebt und die eingeschlossene Luft aus dem Glaspaket gepresst. Aufgrund der steigenden Anbieterdichte am Markt, der auf der anderen Seite auch immer transparenter wird, ist eine kosteneffiziente Produktion das A und O, denn nur so kann man sich einen gewissen Wettbewerbsvorteil gegenüber der Konkurrenz verschaffen. Auf den folgenden Seiten erfahren Sie, wie der Prozess des Laminierens professionell und korrekt über die Bühne gehen sollte.

KAPITEL 1

Kapitelübersicht

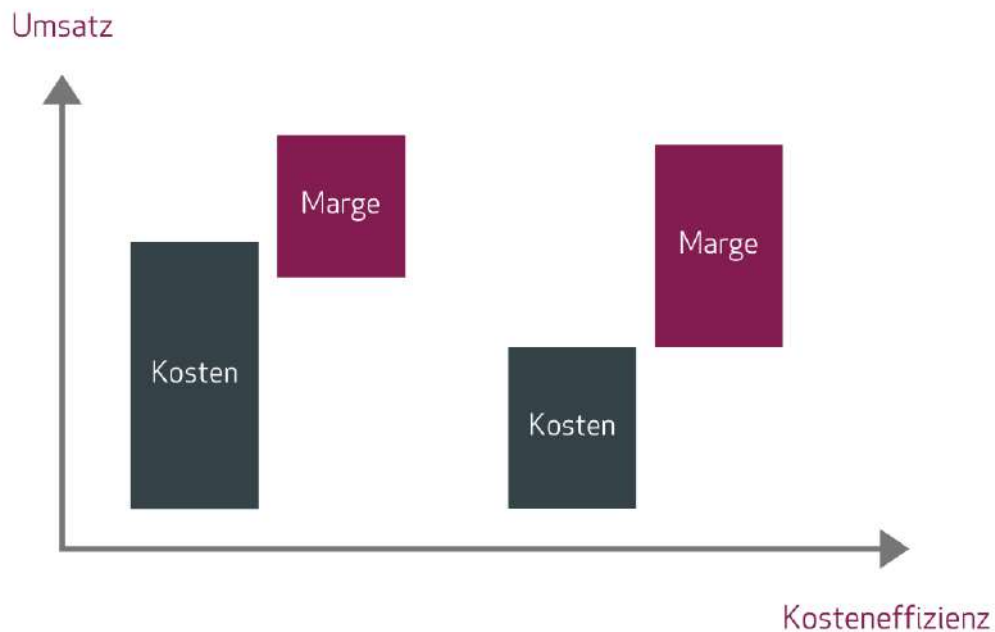
Im 1. Kapitel zeigen wir Ihnen, wie das Laminieren von Glasprodukten so kosteneffizient wie nur möglich gestaltet werden kann. Das ist vor allem bei einem stark steigenden Wettbewerb, wie er derzeit in der Glasindustrie vorherrscht, essenziell.

Die wichtigsten vier Punkte zur Steigerung der Performance sind:

1. Maschinenkonzept
2. Folienlegen, Folienschneiden
3. Glas ausrichten
4. Vorverbund

Kosteneffizienz bei Laminier Produkten – was Sie unbedingt beachten sollten!

In Zeiten, in denen die Anbieterdichte in allen Branchen – und natürlich auch in der Glasindustrie – stetig steigt und gleichzeitig der Markt immer transparenter wird, gewinnt eine kosteneffiziente Produktion für höhere Gewinn-Margen enorm an Bedeutung. Zudem können sich einzelne Vertreter der Glasindustrie so einen gewissen Wettbewerbsvorteil gegenüber der Konkurrenz verschaffen und sich entsprechend weiterentwickeln.



Aber auch in puncto Kosteneffizienz gilt es, sich die Produktionsprozesse ganzheitlich anzusehen bzw. genau zu analysieren. So sollte etwa bei Laminieranlagen keineswegs nur die Geschwindigkeit des Vorverbunds als alleiniges Mittel für mehr Kosteneffizienz bei diesem Vorgang betrachtet werden.

Nach einer genauen Analyse aller Parameter wird nämlich schnell klar, dass eine Menge von Maßnahmen die Maschinen und Steuerung betreffend einen entscheidenden Einfluss auf eine effiziente Produktion haben.

MASCHINENKONZEPT

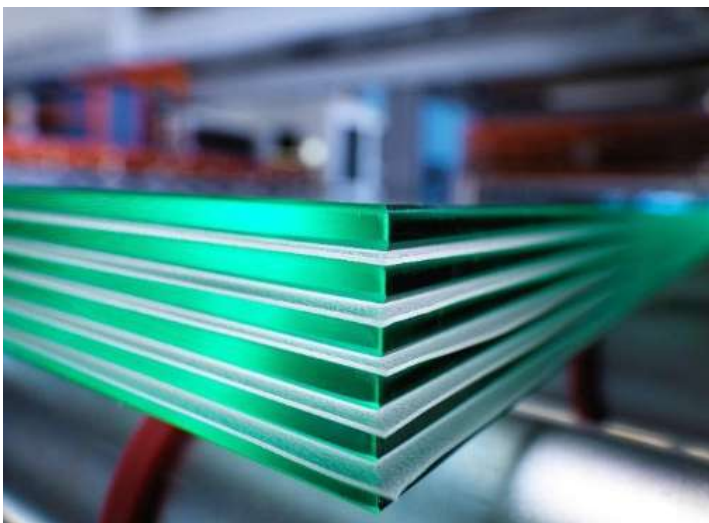
Kosteneffizienz beginnt bereits bei der Planung des eigenen Unternehmens sowie bei der Ermittlung der Entwicklungsschritte für die Zukunft.

Folgende sieben Fragen sind dabei von entscheidender Bedeutung:

1. Welche Glasprodukte will man herstellen?
2. Wie ist die geplante Auslastung?
3. Wie will man sich entwickeln?
4. Welche Marktsegmente will man ausbauen oder neu erschließen?
5. Wie groß ist der Anteil der jetzigen und zukünftigen Glasgrößen sowie Glasmengen?
6. Wie groß ist der geplante Return on Investment?
7. Wie hoch sind die Kosten der Produkte?

Insbesondere die Punkte 5 bis 7 können hier als Schlüsselfragen bezeichnet werden. Doch erst wenn all diese Fragen beantwortet sind, ergibt sich die unternehmerische Marschrichtung. Und erst dann kann auch die fundierte Entscheidung getroffen werden, welche Laminieranlagen – Breite, Performance oder Automatisierungsgrad – die richtigen für dein eigenen Betrieb sind.

Die Maschinenbreite hängt stark von der Glasgröße ab, die ein Unternehmen produzieren will und hat einen starken Einfluss auf die Höhe des Investments.



Hier ein Beispiel aus der Praxis:

Kunde XY möchte nur eine Laminieranlage in der Produktion haben. Sein Unternehmen verarbeitet im 3-Schichtbetrieb vor allem Scheiben, die eine Breite von 2,6 Metern nicht übersteigen (92%). Für Sonderproduktionen (8%) benötigt der Kunde allerdings Glasscheiben mit einer Breite von zirka 2,6- 3,0 Metern.

Nach einer genauen Analyse seines Business Plans und der zukünftigen Ausrichtung seines Unternehmens, entscheidet er sich aus Prozess- und Kostengründen für eine Laminieranlage, die schmaler als 2,6 Meter ist. Und damit liegt er in diesem Beispiel auch völlig richtig. Denn durch die breitere Anlage wären auch die Kosten für etwaige Ersatzteile, wie zum Beispiel Rollen sowie die Komplexitätsgrade hinsichtlich Folienlegen und Folienschnitt gesteigert worden.

Damit würden aber auch die Investitionskosten erhöht werden. Darüber hinaus kann sich der Folienschnitt bei breiten Anlagen erhöhen. Die größeren Scheiben für die 8% Sonderproduktion kann der Kunde zukaufen, da der Anteil in diesem Beispiel recht niedrig ist.

Große Unternehmen, die mehrere Laminieranlagen verwenden, arbeiten in vielen Fällen ebenfalls nach diesem Prinzip, um die Effizienz zu steigern und die Produktionskosten zu senken. Dieser Ansatz ist stark abhängig vom Kundensegment und den benötigten Produkten in diesem Segment. In solchen Unternehmen werden die Laminierglasprodukte schon im Vorfeld sortiert und der jeweils passenden Laminieranlage zugeordnet, um einen schnellen und effizienten Prozess zu gewährleisten.

FOLIENLEGEN/FOLIENSCHNEIDEN



Auch bei den Folien, die dazu dienen, Gläser miteinander zu verbinden, existieren je nach Zusammensetzung, Feuchtigkeitsgrad und Dicke unterschiedliche Typen. Spezielle Schallschutzfolien unterscheiden sich etwa sehr stark von jenen, die beispielsweise für schusssicheres Glas entwickelt wurden, auch wenn die grundlegende Funktion dieselbe ist. Und diese Unterschiede wirken sich auch signifikant auf den Quadratmeterpreis aus.

Aus diesem Grund hat auch die Folie selbst einen maßgeblichen Einfluss auf die gesamten Produktionskosten. Während nämlich eine Standard-PVB-Folie rund 4 Euro pro m² kostet, können Spezialfolien das 4- oder 5-fache kosten.

Im Sinne der Kosteneffizienz ist es daher auch von elementarer Bedeutung, die Folie wirtschaftlich und effizient zu legen und den Folienüberstand so klein wie möglich zu halten, damit der Foliene Ausschuss reduziert werden kann. Wenn beispielsweise ein kleines Glas von 1 m Breite auf einer Laminieranlage mit einer Folienrollenbreite von 2,6 m gefertigt wird, entstehen größere Folienabschnitte.

Hierfür ist auch eine knitterfreie Zwischenlagerung (zum Beispiel mit einem Folienshuttle) essenziell, damit die Folie zu einem späteren Zeitpunkt wiederverwendet und die Gesamtkosten respektive der Ausschuss der Folie deutlich reduziert werden.

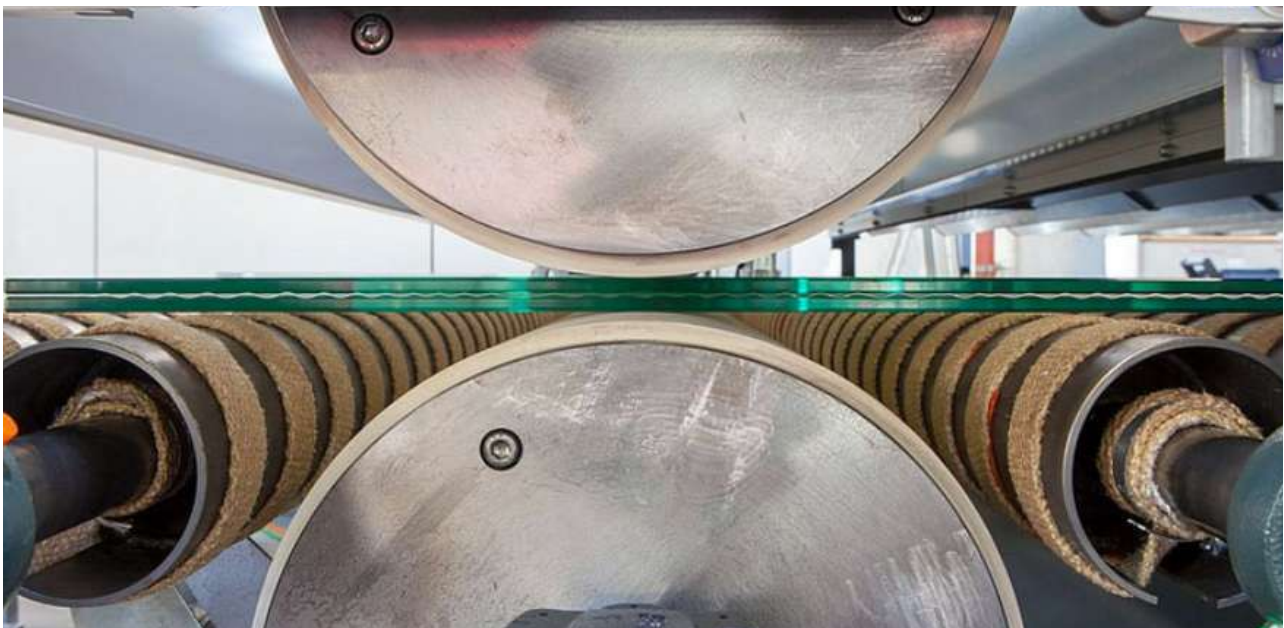
GLAS AUSRICHTEN

Das Glasausrichten ist der eigentliche „Bottleneck“ einer Laminieranlage. Dabei wird das ausgerichtete Glas vom Übersetzer auf das erste Glas und die Folie aufgelegt. Bei diesem Prozess ist vor allem die Zurverfügungstellung der Glasscheiben entscheidend, wenn es um die Herstellungsgeschwindigkeit geht. Eine Erhöhung der Taktzeit kann dabei allerdings nur durch eine optimale Kombination von Konstruktion in Bezug auf die Glas Ausricht- und Positioniergenauigkeit mit einer stabilen Automatisierung und Programmierung erreicht werden.



VORVERBUND

Ein weiteres sehr wichtiges Element in puncto Effizienz ist der Vorverbund, der das letzte Glied innerhalb der Prozesskette darstellt und oft auch als Herzstück einer Laminieranlage bezeichnet wird. Der Vorverbund hat einen maßgeblichen Einfluss auf die Qualität des fertigen Laminats. Doch neben der Vorverbundgeschwindigkeit müssen auch die vorgelagerten Prozessschritte Glas Ausrichten, Folienlegen und Schneiden der Folie bestmöglich ineinandergreifen, um so effizient wie nur möglich optimale Ergebnisse zu erzielen.



GESCHWINDIGKEIT BEIM VERBUND

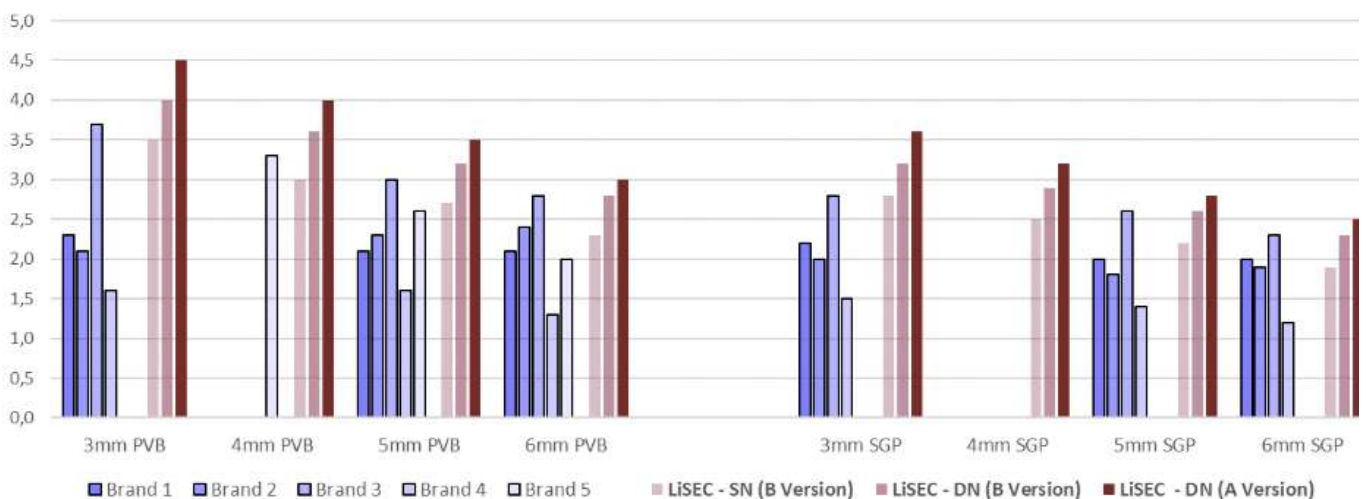
Die Geschwindigkeit hängt vor allem von der Energiezuführung, aber auch von der Reproduktion der Energie ab. Energie, die dem Vorverbund von den Laminierglaspaketen entzogen wird, muss im Sinne einer effizienten Produktion so schnell wie möglich wieder nachgeführt werden. Ansonsten reduziert sich die Taktzeit, da sich die Folie aufgrund unzureichender Umgebungsenergie nicht schnell genug aufwärmen kann.

Diesbezüglich gibt es zwei Ansätze:

- Radiation – Energiezuführung durch IR-Strahler
- Konvektion – Energiezuführung durch Luft

Die Praxis hat gezeigt, dass eine Kombination beider Ansätze am effektivsten ist. Bei Low-E Glas wird die Radiation (Erwärmungsenergie) sehr stark durch die Beschichtung reflektiert. Dadurch benötigt die Folie mehr Zeit, die richtige Temperatur zu erreichen. Diesen Effekt kann man sehr gut durch eine Konvektion kompensieren.

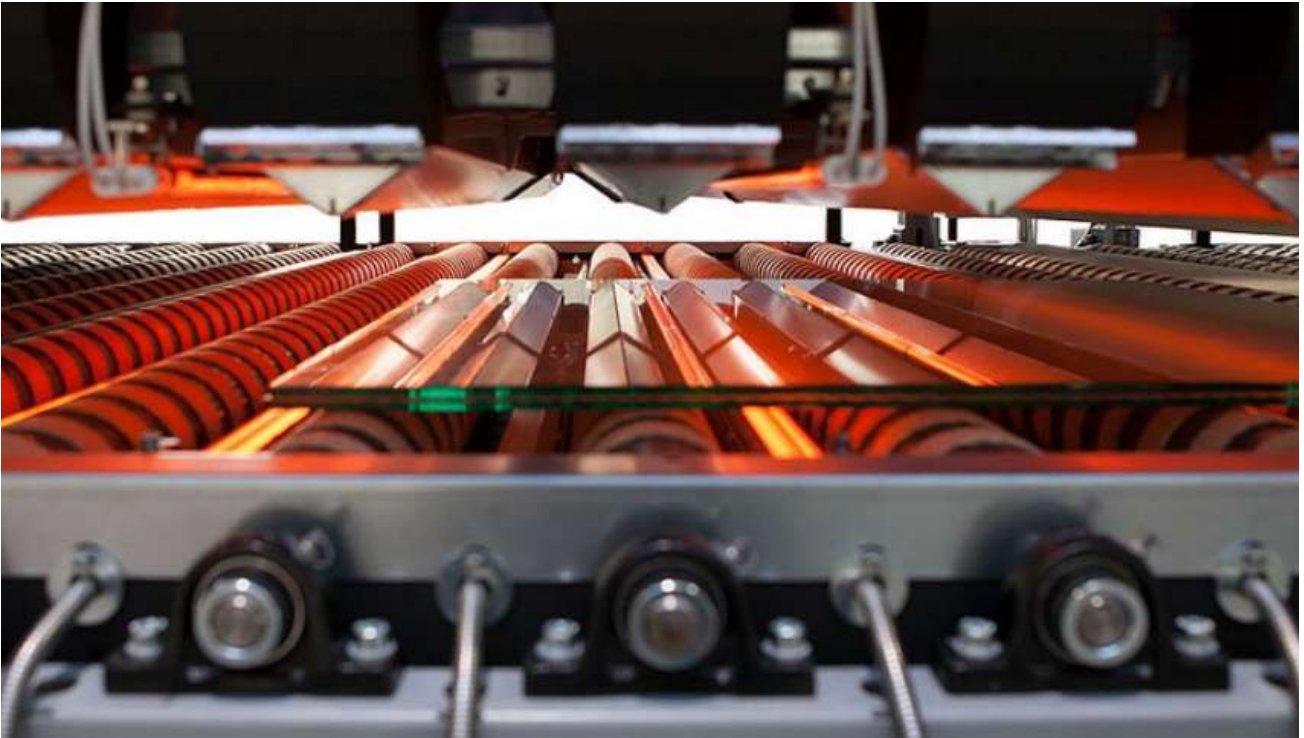
Bei Klarglas jedoch, das den größten Anteil des Laminierglases ausmacht, wird eine energieeffiziente IR-Strahlung benötigt, um die Erwärmung der Folie zu beschleunigen. Die alleinige Verwendung von Radiation oder Konvektion schwächt daher nicht nur den Energietransfer in bzw. durch das Glas, sondern auch die Bereitstellung der Energie für das nächste Laminierglaspaket.



Die Abbildung zeigt die Geschwindigkeiten von unterschiedlichen Laminieranlagen. Hier ist sehr gut ersichtlich, dass LiSEC nicht nur 3 unterschiedliche Vorverbund-Maschinen zur Auswahl hat, sondern auch hinsichtlich der Geschwindigkeit punkten kann.

Neben der Geschwindigkeit spielt auch der Ausschuss, der beim Vorverbund entstehen kann, eine signifikante Rolle, wenn es um die Steigerung der Kosteneffizienz geht. Dies gilt insbesondere bei der Verarbeitung von teuren Folien oder bei kostenintensiven Gläsern mit Aufdruck sowie bei gehärteten Gläsern.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass ein Vorverbund mit Spindeltrieb der Presswalzenstellung zu einer wesentlich höheren Stabilität und Prozesssicherheit führt und den Ausschuss, wie zum Beispiel durch nicht optimalen Randverbund, signifikant reduziert.



FAZIT:

Der Vorverbund kann als „Herzstück“ einer Laminieranlage bezeichnet werden. Doch wenn es um eine Steigerung der Effizienz geht, dann sind eine Vielzahl von Faktoren zu berücksichtigen. Erst nach einer genauen Analyse sämtlicher Parameter sollte etwa die Entscheidung getroffen werden, welche Laminieranlage die richtige für den eigenen Betrieb ist. Aber auch die Folien selbst sowie die Prozesse des Folienlegens und -schneidens bzw. des Glasausrichtens haben einen elementaren Einfluss auf die Kosteneffizienz des Laminierprozesses insgesamt.

KAPITEL 2

Kapitelübersicht

Natürlich spielt auch beim Laminieren von Glasprodukten die Qualität eine zentrale Rolle – und das nicht nur im Hinblick auf die jeweiligen Kundenwünsche, sondern auch auf die Sicherheitsstandards, die stetig erweitert und ausgebaut werden. Die Voraussetzung für eine einwandfreie Qualität der Endprodukte ist ein reibungsloser Ablauf des gesamten Laminierprozesses. Wie das genau geht, lesen Sie in diesem Kapitel.

Dabei gehen wir auf folgende wichtige Aspekte ein:

1. Der Vorverbund
2. Der Autoklaven Prozess

Daran erkennen Sie ein qualitativ hochwertiges und sicheres Glaslaminat-Produkt

In allen möglichen Bereichen, in denen Glas zum Einsatz kommt bzw. verbaut wird, steigen die Sicherheitsstandards ständig an – darum gewinnt das Laminieren auch in der Glasindustrie immer weiter an Bedeutung. Aufgrund der Komplexität dieses Prozesses ist es allerdings entscheidend, die dabei auftretenden Herausforderungen und Stolpersteine genau zu kennen, um entsprechend agieren, respektive reagieren zu können.

Nur so kann ein reibungsloser und stabiler Laminierprozess sichergestellt werden, der wiederum eine Voraussetzung für qualitativ einwandfreie und optimale Endprodukte ist.

Diese Fachkenntnisse gepaart mit einem exzellenten Vorverbund helfen aber auch, die Produktionskosten zu senken, da auf diese Weise die Prozessdauer und der Glasausschuss deutlich reduziert werden können. Dies gilt vor allem dann, wenn komplexe Folien oder etwa ein gehärtetes Glas verwendet werden. Etwaige Fehler, die beim Laminieren gemacht wurden, sind nach dem ersten Verpressen des Glases im Vorverbund oder nach dem Autoklaven-Prozess deutlich zu sehen.

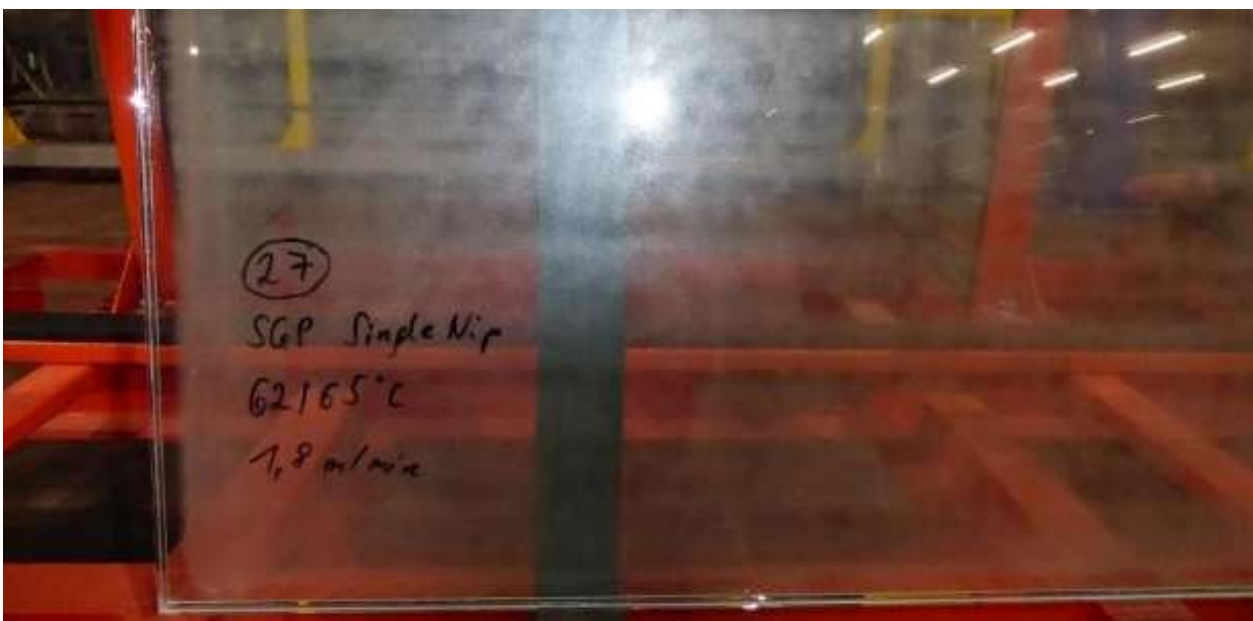
Bei vorgespanntem Glas ist die Glasebenheit eine wichtige Voraussetzung für ein hochwertiges Glaslaminat-Produkt. Aufgrund der hohen Temperatur (über 600°C) und der eingesetzten Keramiktransportrollen kommt es bei der traditionellen Härtetechnologie mit Rollenöfen zur sogenannten Roller-Wave und anderen Deformationen im Glas, die den Laminierprozess erschweren können. Daher sollte das Glas mindestens den Normen EN 12150-1 für ESG und EN 1863-1 für TVG entsprechen. Um letztendlich eine gute Qualität und einen stabilen Prozess zu erzielen ist eine noch bessere Glasqualität empfehlenswert. Je besser die Ebenheit der vorgespannten Gläser ist, umso dünnere Folien können eingesetzt werden, aber auch der Laminierprozess wird stabilisiert bzw. Delamination wird verhindert, wodurch auch die Produktions- und somit auch die Produktkosten reduziert werden können.

Nach dem Vorverbund Prozess ist auf folgende Punkte zu achten:

- Randverbund
- Presskraft
- zu kalt verpresst
- zu warm verpresst
- Glasversatz

RANDVERBUND

Einen guten Randverbund erkennt man daran, dass der Randbereich des Verbundglases auf einer Breite von rund 20 mm transparent ist. Dies ist ein klarer Hinweis dafür, dass Folie und Glas optimal aneinanderhaften.

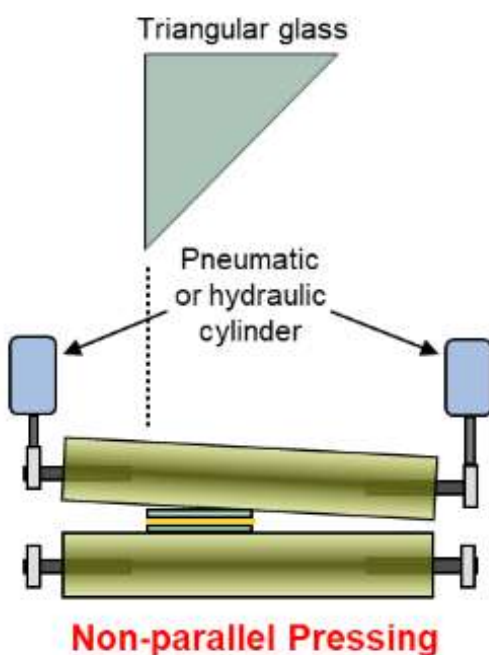


Im restlichen Laminat hingegen ist noch die Folienstruktur zu erkennen. Sie sollte über den gesamten Bereich gleichmäßig aussehen. Daran erkennt man, dass die Presskraft der Presswalzen und Erwärmung durch Konvektion- oder Strahlungsheizung während des Laminierens immer schön gleichmäßig waren.

PRESSKRAFT

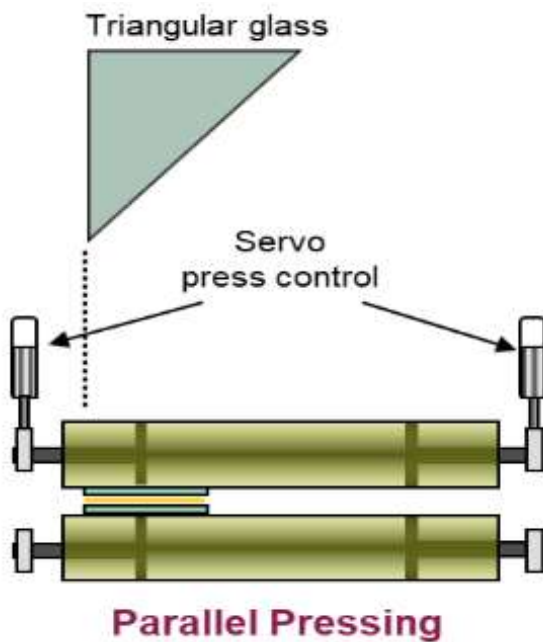
Vor allem zwei Technologien kommen im Vorverbund zum Einsatz, um Druck mit den Pressrollen auszuüben:

- die hydraulische bzw. pneumatische Presskraftaufbringung mittels Zylinder
- die Spindeltechnologie



Die hydraulische bzw. pneumatische Presskraftaufbringung mittels Zylinder ist zwar von der Bauart einfacher und somit kostengünstiger, bringt allerdings eine Vielzahl von Herausforderungen mit sich. Und wenn keine rechteckigen Glasscheiben, sondern beispielsweise Rauten oder Dreiecke verwendet werden, die insbesondere in der Architektur an Beliebtheit gewinnen, dann steigt die Komplexität mit dieser Technologie noch einmal deutlich an. Auch rasche und vom Timing her exakte Druckänderungen sind damit nur begrenzt möglich. Diese sind aber gerade bei großen Glasausschnitten im Laminat erforderlich, um einen optimalen Randverbund zu erstellen.

Zudem muss das Glasprodukt bei dieser Technologie immer in der Mitte des Vorverbunds verpresst werden, da sonst ein paralleles Pressen mittels Zylinder nicht garantiert werden kann. Die Folge können ein ungleichmäßiger Randverbund bzw. eine nicht gleichmäßige Laminatdicke sein, was den weiteren Prozessverlauf wiederum verkomplizieren und die Taktzeit reduzieren kann. Dadurch werden permanente Nachjustierungen der Presse nötig, die letzten Endes nicht nur den Glasausschuss, sondern auch die Kosten deutlich steigern können.



Die Spindeltechnologie kommt viel seltener zum Einsatz, was vermutlich daran liegt, dass sie die kostenintensivere Technologie ist. Dennoch bringt sie einige Vorteile mit sich. Das Arbeiten mit der Spindeltechnologie ist nachhaltiger und eliminiert die oben genannten Probleme.

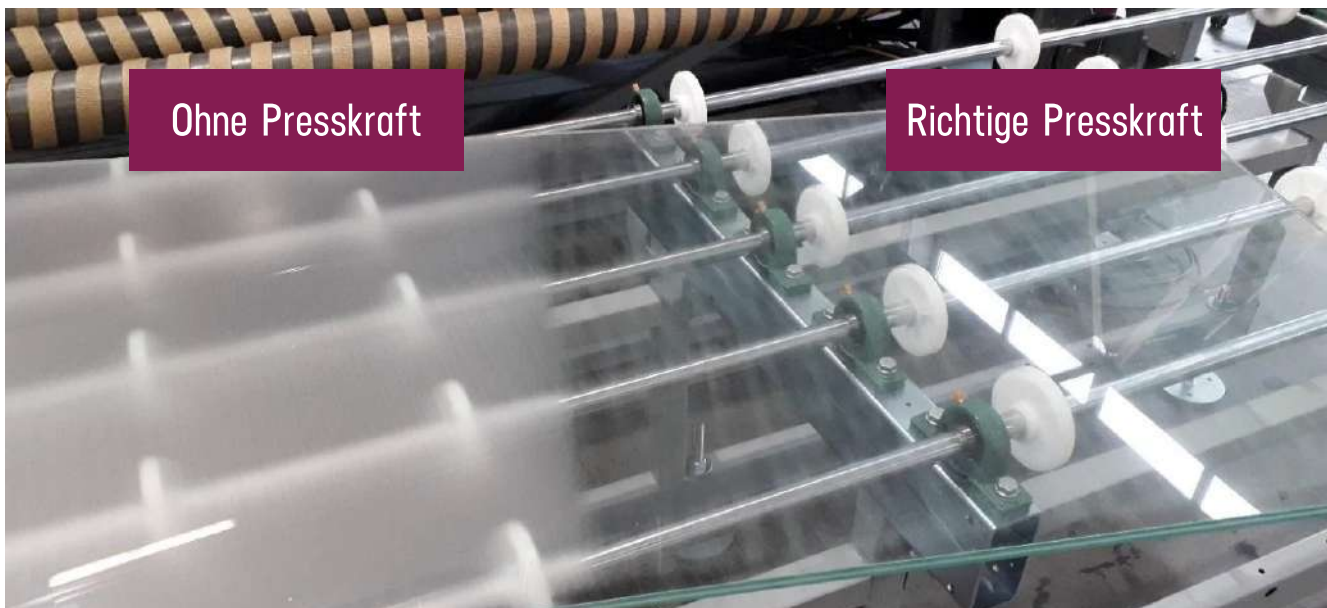
Dies gilt vor allem bei Produktionen mit Spezialgläsern im Architekturbereich – hier kann der Pressvorgang sehr effizient durchgeführt werden, das Ergebnis: höchste Qualität und daher auch geringere Produktkosten aufgrund geringeren Ausschusses.

Zudem lässt sich diese Technologie mittels Knopfdrucks justieren, und die Spindel ist in puncto Lebensdauer und Prozesssicherheit wesentlich stabiler. Darüber hinaus kann aufgrund der gleichmäßigen Druckverteilung auf einer Referenzseite produziert und laufend kontrolliert werden, was den gesamten Prozess deutlich vereinfacht.

Außerdem sind hier auch dann ein stabiler Prozess sowie eine hohe Produktqualität gewährleistet, wenn die Produktion nicht permanent exakt in der Mitte der Anlage vollzogen wird. Wenn eine Servo-Spindel zum Einsatz kommt, wird zudem einerseits eine sehr schnelle und exakte Presskraftanpassung und andererseits – durch den formschlüssigen Antrieb – ein paralleles Pressen ermöglicht.

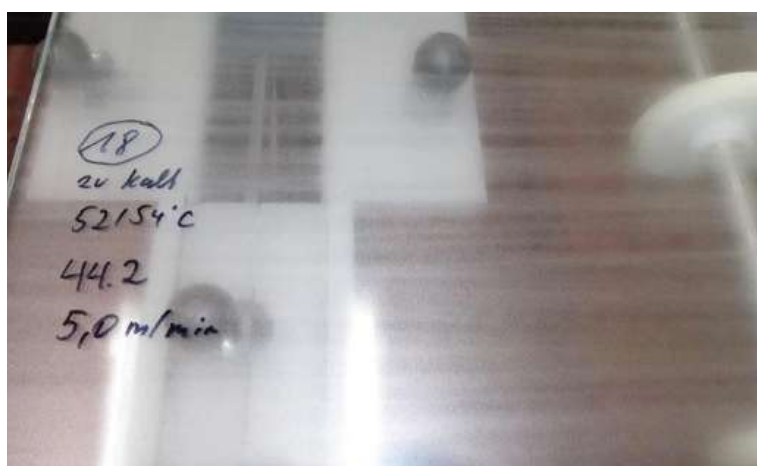
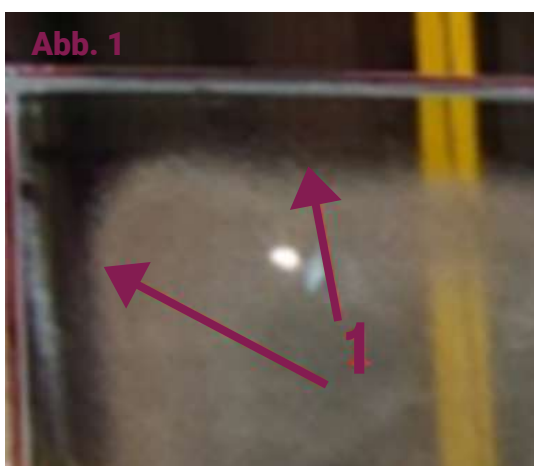
Eine nicht korrekt eingestellte Presskraft führt dazu, dass die Luftblasen, die sich zwischen Glas und Folie befinden, nicht herausgepresst werden und der Randverbund unzureichend ist. Dieses Phänomen ist bereits nach dem Prozess des Vorverbunds ersichtlich und kann im Autoklaven-Prozess im Extremfall sogar zur kompletten Delamination führen.

Beim hier abgebildeten Beispiel wurde zuerst mit der richtigen und dann nahezu ohne Presskraft verpresst. Nach dem Vorverbund kann sich das Glasprodukt wie folgt zeigen:



ZU KALT VERPRESST

Wenn vor dem Pressvorgang zu wenig Energie eingebracht, also zu kalt verpresst wird, dann verschwinden die transparenten 20 mm (siehe Abb. 1) im Randbereich des Verbundglases, die bei einem optimalen Ergebnis sichtbar sind. Und dies ist ein klares Indiz dafür, dass die Haftung zwischen Folie und Glas nicht ausreichend ist. Nach dem Autoklaven-Prozess kann dies zu einer Vielzahl von Problemen führen, wie zum Beispiel dem Phänomen des sogenannten „Blow-in“ (siehe auch Seite 16).



ZU HEIß VERPRESST

Aber auch ein zu viel an eingebrachter Energie ist nicht optimal. Dann wird das Laminat nämlich zu warm verpresst. Dadurch wird die Folie zu weich und klebrig, was man daran erkennt, dass das Glaspaket nahezu durchsichtig ist. Dabei haftet die Folie bereits vor dem Entlüften mittels Presswalze zu stark am Glas, wodurch die Restluft mitunter nicht sauber aus dem Laminat gepresst werden kann.



Im Autoklav dehnt sich diese Restluft aus bzw. wird aufgrund der fehlenden Folienhaftung am Glas sowie durch die 12 bar Überdruck noch zusätzlich Luft ins Laminat gepresst. Dadurch bilden sich viele kreisrunde Blasen und das Glaspaket erscheint nicht transparent, wie es eigentlich sein sollte.





Hier noch einmal der direkte Vergleich von zu kalt vs. zu heiß.

Nach dem Autoklaven Prozess können folgende Phänomene auftreten: Nach dem Vorverbundprozess werden die Laminierglaspakete im Autoklav mit einem definierten Druck und bei hohen Temperaturen für eine bestimmte Zeit komplett verpresst.



Folgende Qualitätsprobleme können dabei entstehen:

- Blow In
- Air trapped
- Offset
- Autoklaven Kühlprobleme
- Blasenbildung aufgrund falscher Haltezeit
- Mineralische und organische Verunreinigung

BLOW IN

Vom sogenannten Blow in spricht man, wenn das Rezept im Autoklaven nicht korrekt eingestellt wurde - also, wenn beispielsweise der Druck zu schnell gesteigert - und dadurch wieder Luft in das Laminat gedrückt wird.

Dies kann auch passieren, wenn der Randverbund (siehe Punkt 2) nicht sauber verschlossen ist.

Dieses Beispiel (Bild rechts) zeigt, wie wichtig es ist, einen guten Randverbund zu haben.

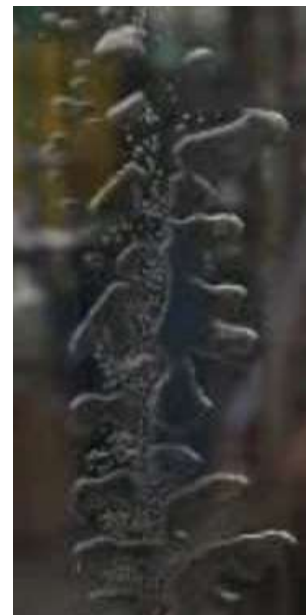


AIR TRAPPED

Air trapped bedeutet, dass nicht die ganze Luft aus einem Laminier Glaspaket gedrückt wurde.

Dieses Qualitätsproblem kann durch folgende Faktoren entstehen:

- Nicht optimales Verpressen im Vorverbund
- Zu heiß im Vorverbund (Folie zu klebrig)
- Roller-Wave bei gehärtetem Glas
- Zu hohe Luftfeuchtigkeit



Bei einer zu starken Wärmeeinbringung im Vorverbund wird die Folie klebrig und die vorhandene Luft kann nicht ordentlich aus dem Glaspaket gedrückt werden. Wenn Glas vorgespannt (gehärtet) wird, können durch die hohe Temperatur und die Keramiktransportrollen wellenartige Unebenheiten im Glas entstehen. Dies kann dazu führen, dass sich das Glas schließt, bevor die Luft aus dem Glaspaket gedrückt werden kann.

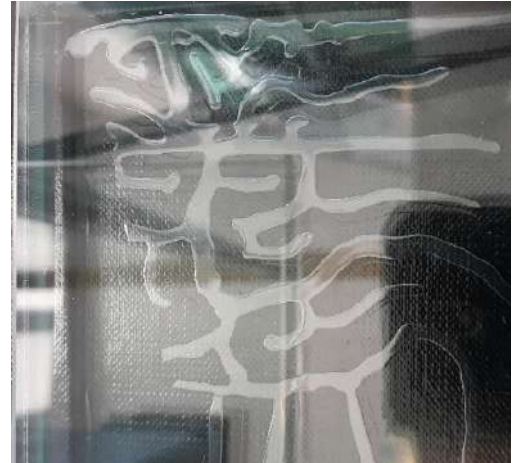
Zudem entstehen durch diese Unebenheiten im vorgespannten Glas unterschiedliche Spaltweiten zwischen den beiden Gläsern in einem Laminat, die dann von der Folie aufgefüllt werden muss. Da die Laminationsfolie jedoch nur begrenzt Unebenheiten kompensieren kann, müssen in diesem Fall dickere oder mehrere Folienlagen eingesetzt werden.

Bei zu hoher Luftfeuchtigkeit ist die Folie zu „nass“. Bei den hohen Temperaturen im Autoklaven-Prozess kann die Feuchtigkeit ausdampfen, wodurch wiederum Luftblasen entstehen. Die Verbindung zwischen Folie und Glasoberfläche, die sogenannte Adhäsion, geht auf diese Weise verloren.

DELAMINATION

Beim Delaminieren löst sich der Verbund zwischen Glas und Folie wieder auf. Dieses Phänomen tritt auf, wenn zum Beispiel die PVB-Folie, die am Seitenrand des Glases zugänglich ist, im Wasser steht oder laufend mit Wasser in Berührung kommt. Aber auch, wenn es bereits beim Laminierprozess zu Schwierigkeiten gekommen ist, kann es zur Delamination kommen.

An diesem Beispiel (siehe Bild) zeigt sich erneut, wie wichtig ein guter Randverbund ist.



Darüber hinaus kann eine nicht sachgemäße Lagerung der Folie, die dadurch einen zu hohen Feuchtigkeitsanteil hat, zur Delamination führen. Dadurch reduziert sich die Adhäsion zwischen Glas und Folie, was entweder nach dem Autoklaven zu ersten Delaminationserscheinungen führen kann – ersichtlich durch runde Blasen (Eisblumen) - oder erst nach dem Einsatz des Produktes beispielsweise in einer Fassade. Aber auch die Qualität der „Verklebung“ wird so reduziert.

Bei der Lagerung der PVB-Folien ist es wichtig, die Temperatur konstant bei rund 18-22°C und die Luftfeuchtigkeit etwa bei 25-30% relative Feuchtigkeit zu halten. Dafür benötigt man einen richtig dimensionierten Klimaraum, der in der Lage ist, diese Bedingungen zu gewährleisten.

Aber auch Materialunverträglichkeiten wie Weichmacherwanderungen sind oft Ursache von Delaminationserscheinungen, die sich erst nach mehreren Monaten oder Jahren an den verbauten Laminaten zeigen können.

OFFSET

Das Problem des Offsets kann beim Positionieren und Übereinanderlegen des Glases im Bereich des Zusammenbaus oder im Vorverbund entstehen. Wenn im Vorverbund jede Presswalze mit einem eigenen Motor angetrieben wird, müssen diese einwandfrei synchronisiert sein, da es sonst durch eine ungleiche Geschwindigkeit zu einem Versatz kommt. Aber auch durch eine unregelmäßige Abnutzung der Pressrollen kann es nach einer gewissen Zeit zu Offset-Erscheinungen kommen. Bei kleineren Laminaten bzw. dünneren Deckgläsern kann auch ein falsches Ansetzen der Pressrolle an der Laminatvorderkante Glasverschiebungen verursachen. Während des Autoklaven Prozesses sollten die Lamine immer exakt in einem Winkel von 90° von der Auflagefläche zur Rückwandabstützung am Autoklavenrack liegen, da es sonst ebenfalls zu einem Glasversatz kommen kann - dies gilt vor allem für große und schwere Gläser.



AUTOKLAV KÜHLPROBLEM

Gerade weil die Parameter Druck, Zeit und Temperatur so genau definiert sind, spielt der Autoklav eine so wichtige Rolle beim Laminieren.

Sollten zum Beispiel das Kühlregister defekt sein oder die Kühlleitungen verkalken, kann die Kühlkurve nicht eingehalten werden und die Laminierglasprodukte sind noch zu heiß, während der Druck bereits abgebaut wird. Dadurch kann es zur Blasenbildung im Kantenbereich kommen.



BLASENBILDUNG DURCH FALSCHER HALTEZEIT

Je nach Glasaufbau des Laminierprodukts muss das richtige Programm erstellt und ausgewählt werden. Eine wesentliche Rolle dabei spielt die Haltezeit, jene Zeit, in der Druck und Temperatur gleichzeitig vorhanden sind. Eine zu kurze Haltezeit führt dazu, dass die Folie nicht vollständig aufschmilzt. Dadurch entstehen Freiräume im Laminat, da die Glasunebenheit nicht schnell genug und ausreichend mit der Folie aufgefüllt wird.

MINERALISCHE UND ORGANISCHE VERUNREINIGUNGEN

Derartige Verunreinigungen entstehen meist durch die Waschmaschine und sind auf eine mangelhafte Wartung der Wasseraufbereitung zurückzuführen.

Zu den mineralischen Verunreinigungen zählen beispielsweise Kalk und Salze, zu den organischen etwa Algen. Beide können im weiteren Verlauf die Haftung oder Adhäsion negativ beeinflussen, was letztlich wieder zur Delamination führt.

Grundsätzlich kann man sagen, dass organische und mineralische Verunreinigungen vorwiegend auf die Wasseraufbereitung zurückzuführen sind. Rückstände von Schneidöl oder sonstigen Verunreinigungen an der Glasoberfläche sind zumeist auf die Qualität der Waschmaschine zurückzuführen. Daher sollte immer darauf geachtet werden, dass die Wasseraufbereitung das Wasser mit einem maximalen Leitwert von 10 μS bereitstellt. Eine Waschmaschine, die für eine Laminieranlage geeignet ist, muss Verschleppungen von Schmutzwasser verhindern und in der Trockenzone Glasoberflächen und Glaskanten absolut tropfenfrei trocknen.

FAZIT:

Der Laminiervorgang gewinnt auch in der Glasindustrie weiter an Bedeutung. Dies liegt vor allem daran, dass die Sicherheitsstandards beim Verbauen von Glasbauteilen deutlich angehoben wurden und laufend verbessert werden. Um den Herstellungsprozess stabil und reibungslos zu gestalten, ist allerdings ein fundiertes Fachwissen nötig. Nur so können eine optimale Qualität der Endprodukte und die Erfüllung der sicherheitstechnischen Anforderungen gewährleistet werden.

KAPITEL 3

KAPITELÜBERSICHT

Im 3. Kapitel beschäftigen wir uns intensiv mit dem Vorverbund, da hierbei der Großteil aller essenziellen Produktionsschritte stattfindet. Dies bedeutet auch, dass während des Vorverbunds nicht nur die Güte respektive Qualität der Endprodukte definiert wird, sondern auch Kosten eingespart werden können. Wie genau, lesen Sie auf den folgenden Seiten.

Dabei gehen wir auf folgende wichtige Prozesse ein:

1. Heizzonen

- Konvektion
- Radiation

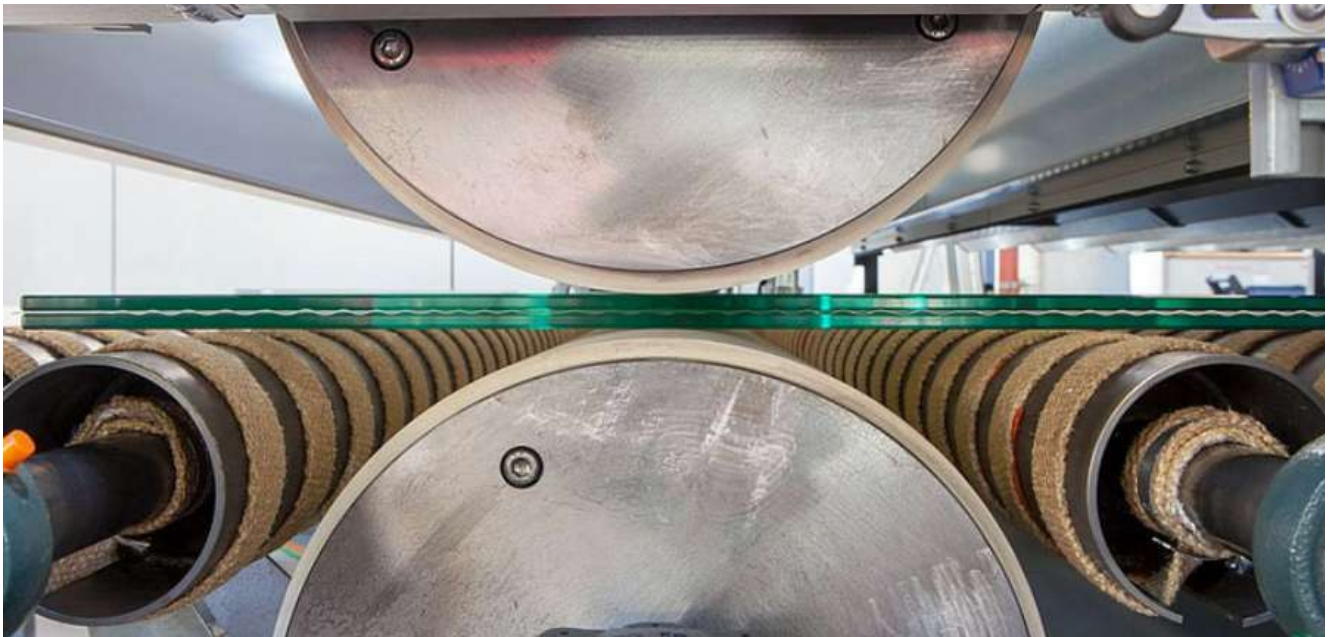
2. Vorverbundpresse

- Hydraulische bzw. pneumatische Presskraftaufbringung
- Presskraftaufbringung durch Spindeltechnologie

WARUM DER VORVERBUND DAS HERZSTÜCK DER LAMINIERANLAGE UND SOMIT ENORM WICHTIG IST?

Der Vorverbund wird in der Branche gern als das Herzstück einer Laminieranlage bezeichnet. Und das mit Recht, denn der Prozess des Laminierens findet zu einem Großteil im Vorverbund statt, wo die Folie aufgeheizt und dann mittels Rollen mit dem Glas verpresst respektive verklebt wird. Im Rahmen des Vorverbunds wird aber auch die noch eingeschlossene Luft aus dem Glaspaket gepresst. Erst danach folgt der Autoklaven-Prozess, bei dem die Folie des Laminats bei Hitze und hohem Druck aufgeschmolzen und final verklebt wird.

Der Vorverbund ist aber nicht nur für das erste Anheften der Folie am Glas verantwortlich, sondern hat auch einen wesentlichen Einfluss auf den Ausschuss der durch Haftungsprobleme, Delamination oder Blasen im Glaslaminier-Produkt entstehen kann. Da die zum Einsatz kommenden Folien und das Glas (Float Glas sowie teil- und vollvorgespanntes Glas) oft sehr teuer sind, achten die Betriebe sehr darauf, den Ausschuss beim Laminieren so gering wie möglich zu halten. Denn dieser hat natürlich auch einen direkten Einfluss auf die Herstellkosten eines Glaslaminier-Produktes und somit auch auf den operativen Gewinn des jeweiligen Unternehmens.



Der Vorverbund besteht im Wesentlichen aus 2 Prozessen:

- Heizzonen
- Vorverbundpresse

HEIZZONE

Glas und Folie werden beim Laminiervorgang in der sogenannten Heizzone aufgeheizt. Je nach Kundenwunsch kann diese mit einer Vorheizzone (ca. 120° Celsius) und einer Hauptheizzone (ca. 220° Celsius) bzw. mehreren Hauptheizzonen ausgeführt werden. Jedes Laminier-Glaspaket (mindestens ein Glas/Folie/Glas-Sandwich) durchläuft diese Heizzonen kontinuierlich mit einer bestimmten Geschwindigkeit, bis sich die Folie auf 60° Celsius aufgewärmt hat.

Grundsätzlich stehen zwei Methoden des Wärmeenergie transports zur Verfügung:

- Konvektion
- Radiation

Die allermeisten Laminieranlagen-Hersteller bieten einen Vorverbund mit beiden angeführten Methoden an, da die Kombination von Konvektion und Radiation entscheidend ist, wenn es darum geht, Glaslaminier-Produkte mit unterschiedlichen Glastypeen – hinsichtlich ihrer Beschichtungen – effizient bearbeiten zu können.



Bei Glas ohne Beschichtung ist die Radiation die bessere Methode, da hierbei die Strahlungsenergie sehr effizient durch das Glas direkt auf die Folie geleitet wird, die sich dann entsprechend aufheizt. Etwaige beschichtete Glastypeen reduzieren diesen Effekt allerdings. Glas mit einer Low-E-Beschichtung beispielsweise reflektiert die Energie der Radiation zu einem sehr hohen Anteil, sodass die Wärme nur noch bedingt oder gar nicht mehr bis zur Folie vordringen kann. In solchen Fällen ist die Konvektion die effektivste Methode des Wärmeenergie transports, da hierbei die Energie nicht reflektiert, sondern sehr gut auf das Glas übertragen und von diesem letztendlich auf die Folie weitergeleitet wird.

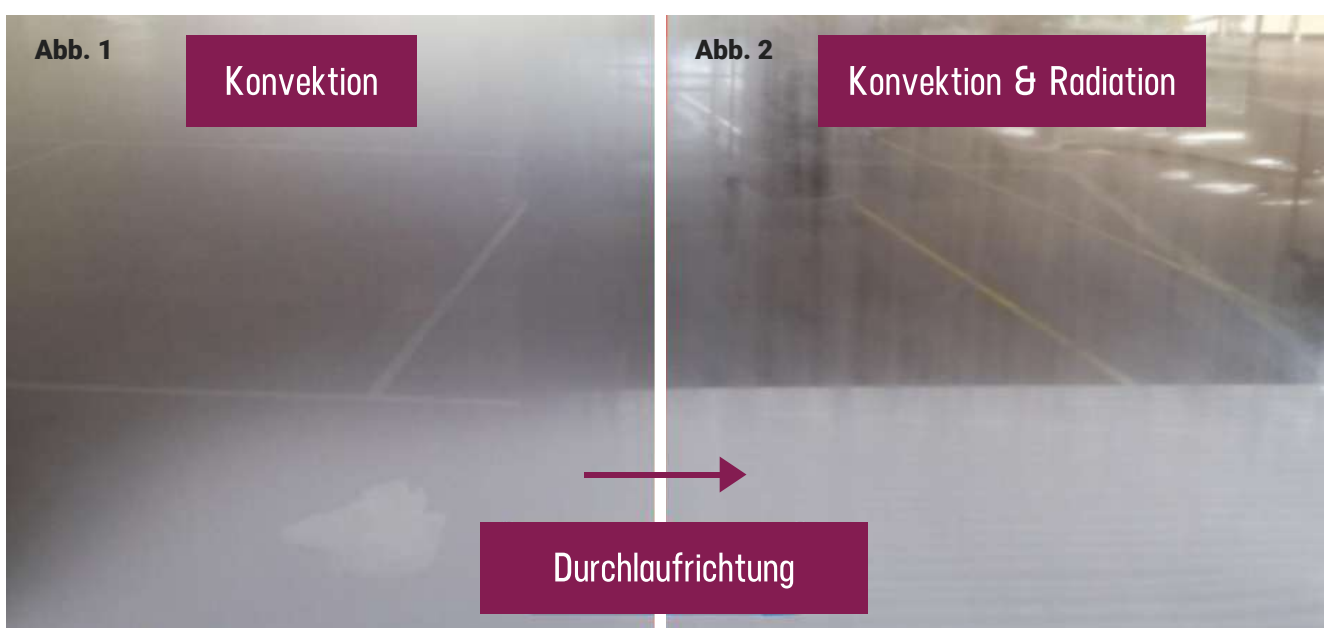
Übrigens: Die Radiation ist eine der ältesten und am meisten verwendeten Energietransportmöglichkeiten in der Glasindustrie.

Es kommen aber auch Laminieranlagen mit einem Vorverbund zum Einsatz, bei denen die Wärmeenergie ausschließlich durch Konvektion transportiert wird. Im Bereich Glas Vorspannen (Glas Härten), ist der Einsatz eines sogenannten Hochkonvektionsofens (95% Konvektion) wie es zum Beispiel mit einer Aeroflat Härteanlage möglich ist, durchaus sinnvoll.

Beim Laminieren jedoch, ist ein Vorverbund, bei dem die Energie lediglich über Konvektion transportiert wird, aber eher von Nachteil, da die Wärmeenergie über das Glas weitergeleitet wird und die Folie eher langsam erreicht. Dies macht sich vor allem bei dicken Gläsern bemerkbar, da immer zuerst die gesamte Glasmasse aufgeheizt werden muss. Das hat naturgemäß einen sehr hohen Energieverbrauch zur Folge und führt im Vergleich zur Radiation/Konvektion-Kombination außerdem zu einem Verlust in puncto Durchlaufzeit.

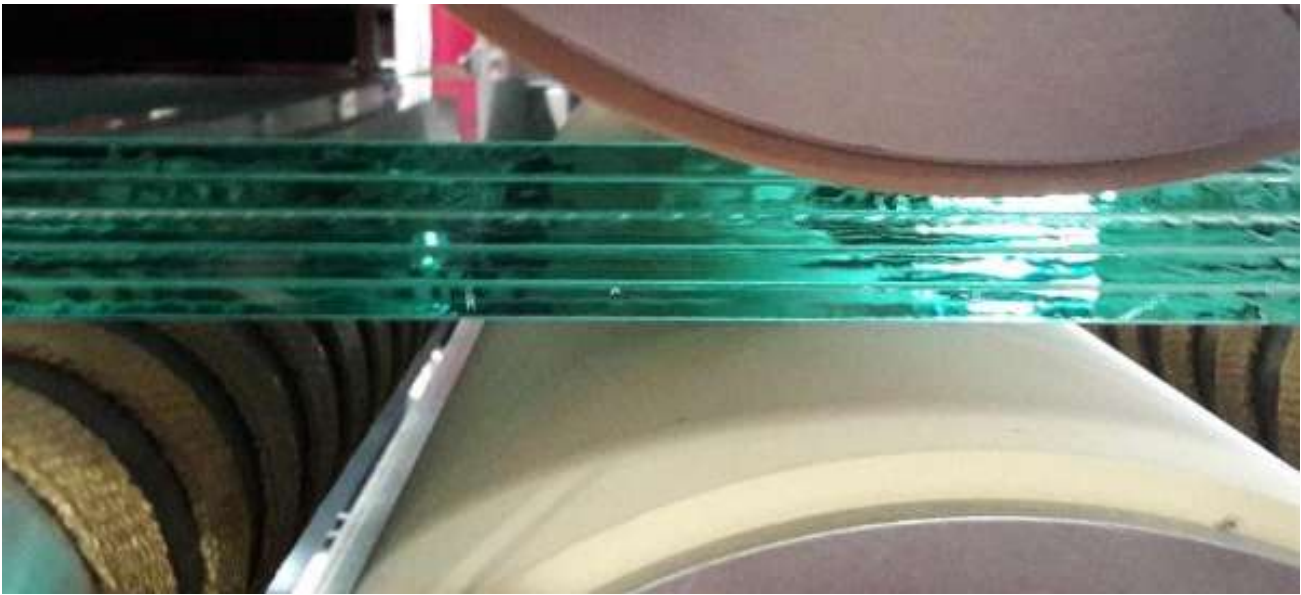
Hier ein Beispiel:

In Abbildung 1 ist ein Glas zu sehen, dass zuerst mit Konvektion und Radiation in Kombination erwärmt wurde. In der zweiten Hälfte wurde dann bei gleichbleibender Geschwindigkeit die Radiation ausgeschaltet. Das Bild zeigt sehr deutlich, dass nicht ausreichend Energie zugeführt werden konnte, um die Folie auf 60°C aufzuheizen. Die zuvor leicht durchlässige Struktur wird im Verlauf zu einer milchigen, nicht durchlässigen Struktur (roter Strich in der Bildmitte), was ein eindeutiges Indiz für ein „zu kaltes“ Verpressen ist – das heißt, die Kerntemperatur der Folie war nicht ausreichend.



VORVERBUNDPRESSE

Die Vorverbundpresse ist einer der wichtigsten Arbeitsschritte beim Laminieren und entscheidet sehr stark auch über Erfolg oder Misserfolg des gesamten Prozesses. Die Presse besteht aus zwei Rollen, die vertikal übereinander liegen. Das Glas wird in einer gewissen Geschwindigkeit zwischen diesen Walzen durchgerollt und dabei verpresst.



Über die Rollen wird der nötige Druck auf das warme Glaspaket mit der aufgeheizten Folie ausgeübt, um die erste Haftung zwischen Folie und Glas herzustellen und die Luft aus dem Verbundglas-Sandwich zu pressen.

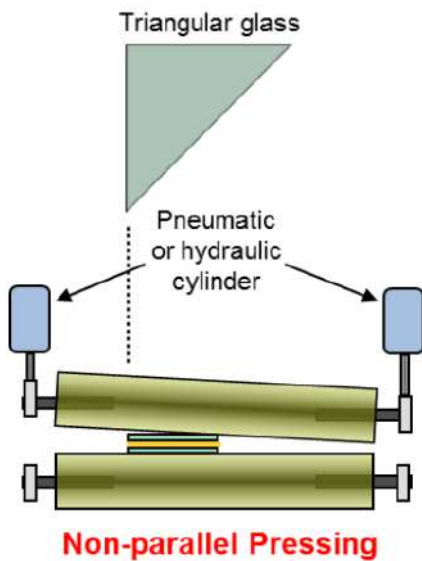
Von elementarer Bedeutung dabei ist es, einen geschlossenen und umlaufenden Randverbund zu gewährleisten. Denn ohne einen solchen kann während des Autoklaven-Prozesses mitunter Luft in das Laminierglas-Produkt eindringen. Details zu diesem Problem entnehmen Sie bitte unserem Blogbeitrag „Daran erkennen Sie ein qualitativ hochwertiges und sicheres Glaslaminat-Produkt“. Neben den Rollen, spielen aber auch der Prozess bzw. die Ansteuerung der Presskraft auf die Rollen eine enorm wichtige Rolle – man könnte sogar so weit gehen und behaupten: genau darin liegt die tatsächliche Intelligenz des Vorverbundpressens.

Hier stehen zwei unterschiedliche Technologien zur Verfügung:

- Hydraulische bzw. pneumatische Presskraftaufbringung
- Presskraftaufbringung durch Spindeltechnologie

HYDRAULISCHE BZW. PNEUMATISCHE PRESSKRAFTAUFBRINGUNG

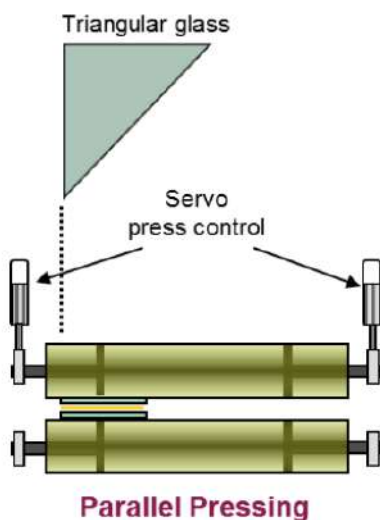
Bei der hydraulischen oder pneumatischen Druckverteilung erfolgt die Presskraftaufbringung mittels Zylinder, die entweder mit Flüssigkeit oder mit Luft (die häufigere Variante) angesteuert werden. Diese Technologie hat jedoch den Nachteil, dass es einen relativ großen Toleranzspielraum bei Pressenspalt und Presskraft gibt und zudem der Verschleiß nicht unerheblich ist.



Die hydraulische bzw. pneumatische Presse wird zwar aufgrund ihrer niedrigeren Kosten von den meisten Lieferanten eingesetzt, die Nachteile sind allerdings nicht von der Hand zu weisen. Da jede Seite mit einem Zylinder ausgestattet ist, findet die Kraftverteilung auf die Presswalzen nicht statt. Dadurch entsteht eine Vielzahl von Problemen – vor allem dann, wenn Glassonderformen verarbeitet werden sollen. Auch die Einstellung der Presse für einen optimalen Randverbund gestaltet sich bei Sonderformen mitunter äußerst schwierig, wodurch der Glasausschuss ebenfalls erhöht wird.

Aber auch die unterschiedlichen Glasformen sowie die ungleichmäßige Ansteuerung der linken und rechten Seite der Presse bzw. die Schwierigkeit, das Glaspaket genau in der Mitte der Presse zu platzieren, erschweren hierbei die Herstellung eines gleichmäßigen Randverbunds zusätzlich.

PRESSKRAFTAUFBRINGUNG DURCH SPINDELTECHNOLOGIE



Die Presskraftaufbringung mittels Spindeltechnologie ist hingegen als sehr präzise bekannt. Denn bei dieser Technologie ist der Spielraum der Toleranz im Gegensatz zur hydraulischen und pneumatischen Presskraftaufbringung sehr gering und spielt sich im Zehntelbereich ab.

Zudem ermöglicht die intelligente Steuerung in Kombination mit der Spindel je nach Kundenwunsch auch die Durchführung unterschiedlicher Pressrezepte und Sonderformen (siehe Bild Sonderform 1 und Sonderform 2).



Diese Presstechnologie kann darüber hinaus auf Knopfdruck automatisch und sekundenschnell justiert werden - bei der hydraulischen und pneumatischen Technologie ist diese sehr komplex und aufwendig.

Deshalb erlaubt diese Spindeltechnologie auch einen stabilen Prozess und eine gleichmäßige Druckverteilung - und das gilt auch für Sonderformen. Aber auch andere komplexe Produkte wie etwa Mehrfachaufbauten für schusssicheres Glas oder ultra-dünne Glasaufbauten mit 2 x 1 mm Glas können mit der Spindel problemlos hergestellt werden.

Was muss man beim Kauf eines Vorverbundes beachten:

Im Normalfall wird ein Vorverbund mit einer neuen Laminieranlage gekauft. Da jedoch der Vorverbund im Hitzebereich funktionstüchtig sein muss, ist der Verschleiß um einiges höher. Daher kann es natürlich vorkommen, dass der Vorverbund zwischendurch ausgetauscht werden muss. Grundsätzlich ist dieser Vorgang ohne Probleme möglich. Wichtig ist allerdings, dass man genau analysiert, welche Produkte man aktuell und in Zukunft fertigen möchte und die Anlage entsprechend ausrichtet.

Um Kosten zu sparen wird oft nur eine Heizzone sowie eine Presse installiert. Für Standard-PVB-Folien mag das durchaus sinnvoll sein. Wenn jedoch komplexe Folien verwendet oder komplexe Produkte hergestellt werden, dann muss auch eine erhöhte Konvektion verwendet werden - und dann sollte unbedingt die Vorheizzone sowie eine zweite Presse in Betracht gezogen werden. Dadurch läuft der Prozess stabil und der Ausschuss kann deutlich reduziert werden.

FAZIT:

Der Vorverbund wird mit Recht als das Herzstück einer Laminieranlage bezeichnet, da der Prozess des Laminierens größtenteils dort stattfindet. Dabei werden einerseits die Folien aufgeheizt und mit dem Glas verklebt, aber auch ein Großteil der Luft aus dem Laminat gepresst.

Für den Vorverbund werden folgende zwei Prozessschritte eingesetzt: Heizzonen und die Vorverbundpresse. In den Heizzonen wird die Folie auf rund 60° Celsius erwärmt, um dann optimal in der Vorverbundpresse mittels hydraulischer bzw. pneumatischer Presskraftaufbringung oder durch die sogenannte Spindeltechnologie mit dem Glas verpresst zu werden. Dabei kommt es vor allem auf einen optimalen Randverbund an, der dann auch einen reibungslosen Autoklaven-Prozess ermöglicht.

CONCLUSIO

Seit 25 Jahren arbeitet LiSEC nun schon in der industriellen Verarbeitung von Verbundglas und konnte sich daher auch im Bereich des Laminierens eine fundierte Expertise erarbeiten. Aufgrund steigender Sicherheitsstandards gewinnt der Laminiervorgang in der Glasindustrie stark an Bedeutung. Das „Herzstück“ einer Laminieranlage ist der Vorverbund. Dabei gilt es eine Vielzahl von Faktoren zu berücksichtigen, um effizient und qualitativ hochwertig produzieren zu können. In diesem Zusammenhang ist nicht nur die Wahl der richtigen Laminieranlage für den eigenen Betrieb von elementarer Bedeutung, auch die Folien sowie der Prozess des Folienlegens bzw. -schneidens und des Glasausrichtens haben einen enormen Einfluss auf Kosten und Qualität des gesamten Vorgangs. Zudem ist eine Menge Fachwissen nötig, um den Herstellungsprozess beim Laminieren stabil zu gestalten sowie die sicherheitstechnischen Anforderungen gewährleisten zu können.

Sollten Sie nach der Lektüre dieses Whitepapers noch Fragen haben, kontaktieren Sie bitte einfach unsere Experten, sie nehmen sich gerne Zeit, um für Ihre individuellen Herausforderungen eine Lösung zu finden.



VEREINBAREN SIE
AM BESTEN
GLEICH JETZT
EINEN TERMIN!

[KONTAKT](#)

LISEC Austria GmbH

Peter Lisec Straße 1A-3353 Seitenstetten

Austria

+43-7477 405-0

sales@lisec.comwww.lisec.com