

Lackierung von Holzelementen mit Robotertechnik

Entwicklung einer Fluteinheit für die robotergestützte Lackierung von Holzelementen

Von Guido Hora*, Sandra Hofmeister**, Braunschweig und Frank Reiter***, Winnenden

In einem kürzlich abgeschlossenen Forschungs- und Entwicklungsvorhaben haben die Projektpartner Reiter Oberflächentechnik und das Fraunhofer WKI ein bisher wenig beachtetes Anwendungsgebiet erschlossen, das dem roboterunterstützten Beschichten von Fenstern und anderen Holzbauteilen dient. In diesem forschungsintensiven Technologieprojekt wurde eine vollautomatische Beschichtungsanlage entwickelt, die auch für kleine und mittelständische Betriebe geeignet ist, die nur 25 bis 50 Fenster pro Tag herstellen.

Gerade bei der Fertigung von Fenstern und anderen Holzbauteilen, die ein erhebliches Marktsegment in der Holzverarbeitung darstellen, existieren bislang wenige Ansätze, um eine ressourceneffiziente und wirtschaftliche Lackierung zu realisieren. Die Beschichtungen verursachen für die Unternehmen erhebliche Kosten, die bis zu 25 % der Herstellkosten eines Fensters betragen können. Diese setzen sich u. a. aus den Kosten für das Lackmaterial, den Lackverlust, die Reinigung und den Bearbeitungsprozessschritten zusammen.

Das gebräuchlichste Lackierverfahren für Holz ist bislang noch die Spritzapplikation. Ein wesentlicher Nachteil bei der manuell ausgeführten Spritzapplikation ist der geringe Auftragswirkungsgrad. Das Verhältnis zwischen aufgetragener und verspritzter Menge liegt je nach gewählten Verfahren und abhängig von der jeweiligen Bauteilgeometrie bei lediglich zwischen 30 und 75 %. Die restlichen Mengen werden nicht auf dem Bauteil abgeschieden und gehen als Overspray verloren. Diese Verluste verteuern den gesamten Lackierprozess und sorgen, da die Lackreste aufwendig entsorgt werden müs-

sen, für einen negativen ökologischen Effekt.

Ein anderes gebräuchliches Verfahren ist die Fluttechnologie. Dieses Verfahren mit einem Wirkungsgrad von 85 bis 99 % ist außerordentlich wirtschaftlich und eignet sich derzeit hauptsächlich für die Imprägnierung, Grundierung und abhängig vom Beschichtungssystem auch für die Zwischenbeschichtung. Da die Deckbeschichtung vorwiegend im Spritzverfahren aufgebracht wird, war das Projektziel die Entwicklung einer kombinierten robotergestützten Flut- und Spritzanlage.

In diversen einzelnen Arbeitsschritten sollte die Aufgabe gelöst werden, Holzbauteile, wie Fensterelemente, mittels einer Flutdüse in hoher Qualität mit Lackmaterial zu beschichten. Dafür musste eine Vielzahl an Flutdüsen und Applikationsparameter getestet und die Ergebnisse analysiert werden. Vorversuche wurden aus wirtschaftlichen Gründen vielfach mit dem Medium „Wasser“ durchgeführt und die Versuchsführung in ausgewählten Fällen auf die Beschichtungsmaterialien adaptiert.

Zum Fluten der Holzelemente mit lediglich einer Flutdüse musste eine Flut-

düse identifiziert werden, die eine vollflächige Beschichtung mit optimalem Auftragswirkungsgrad gewährleistet. Bei der Vielzahl an handelsüblichen Flutdüsen haben sich bei den Experimenten die Axial-Vollkegeldüsen für die roboterunterstützte Technologie als die am besten geeigneten herausgestellt. Axial-Vollkegeldüsen gewähren eine gleichmäßige Flüssigkeitsverteilung und zerstäuben das Lackmaterial großflächig sehr fein. Wird der Strahlwinkel optimal zur Schenkelbreite des Bauteils ausgewählt, wird zudem weniger Material am Bauteil vorbeigeführt. Ein weiterer Vorteil dieses Flutdüsentyps ist, dass durch den kegelförmigen Sprühstrahl die automatische Programmführung vereinfacht wird. Bei Flachstrahl Düsen, die grundsätzlich auch geeignet sind, ist dahingegen stets auf die exakte Ausrichtung des Sprühstrahls auf das Holzelement zu achten. In der nachstehenden Abbildung (vgl. Abbildung 1) sind die Entwicklungsschritte grob illustriert.

Am Fraunhofer WKI wurde eine Robotereinheit (sechs-achsiger Knickarmroboter mit der Applikationssoftware „Paint Tool“) mit der neuen Fluttechnologie ausgestattet und die Anlage so erweitert, dass überschüssiges Lackmaterial aufgefangen und in den Kreislauf zurückgeführt werden kann. Zur Materialförderung stehen zwei unterschiedliche Pumpentypen zur Verfügung. Dadurch können mit der Hoch- und Niederdrucktechnik eine Vielzahl an Lackmaterialien, auch mit niedrigen Materialdrücken, verarbeitet werden. Beide Pumpen sind mit einem 5-l-Zulaufbehälter ausgestattet, die für einen Laborbetrieb ausreichend sind, um das Lackmaterial im Kreislauf zu führen.

In einem weiteren Entwicklungsschritt war es notwendig zu ermitteln, welche Einflüsse die Lackiergeschwindigkeit und der Abstand zum Bauteil auf den Beschichtungsprozess haben. In der Praxis werden Holzelemente oft schräg hängend in die Beschichtungsanlagen befördert, wobei das Bauteil nicht in übermäßige Schwingungen geraten darf. Neben stabilen Lastaufnahmemitteln (z. B. Haken) und einer vollautomatischen Transportfördertechnik hat der Abstand des Applikationskopfes mit Flutdüse zum Bauteil einen wichtigen Einfluss auf die Beschichtungsqualität. Die Versuche haben jedoch ergeben, dass es lediglich kleine Unterschiede zwischen den Auftragswirkungsgraden sowie dem Abstand und der Lackiergeschwindigkeit gibt. Generell ist abzuleiten, dass bei niedrigen Geschwindigkeiten und mit Axial-Vollkegeldüse die höchsten Auftragswirkungsgrade erzielt werden konnten (siehe Abbildung 5).

Um zu verhindern, dass das Bauteil zusätzlich durch den Materialdruck des Beschichtungssystems in Schwingungen gerät, ist es notwendig, den Materialdruck stets so gering wie möglich zu halten. Ein niedriger Materialdruck hat zusätzlich den Vorteil, dass das überschüssige Material nicht an der Flutwanne zurückprallen kann und so das Bauteil von der Rückseite unkontrolliert benetzt. Zudem wirken nur sehr geringe Scherkräfte auf das Lackmaterial.

Die vorstehend dargestellten Ergebnisse sind in einen ersten Praxistest eingeflossen. Für die Messe „Fensterbau/ Frontale 2010“ in Nürnberg wurden Fensterflügel aus Meranti-, Kiefer- und Fichtenholz mit einem Vierschichtauf-

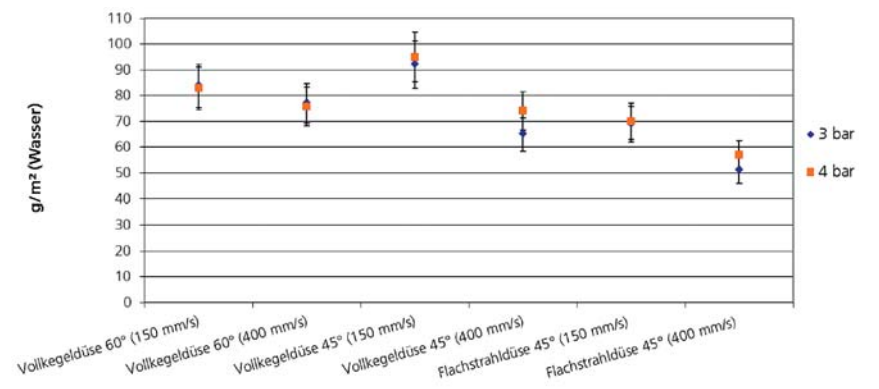


Abbildung 4 Einfluss des Flutdüsentyps und der Lackiergeschwindigkeit auf die aufgetragene Materialmenge mit zwei unterschiedlichen Pumpendrücken (Materialauftrag auf einer Holzprobe mit unterschiedlichen Flutdüsen)

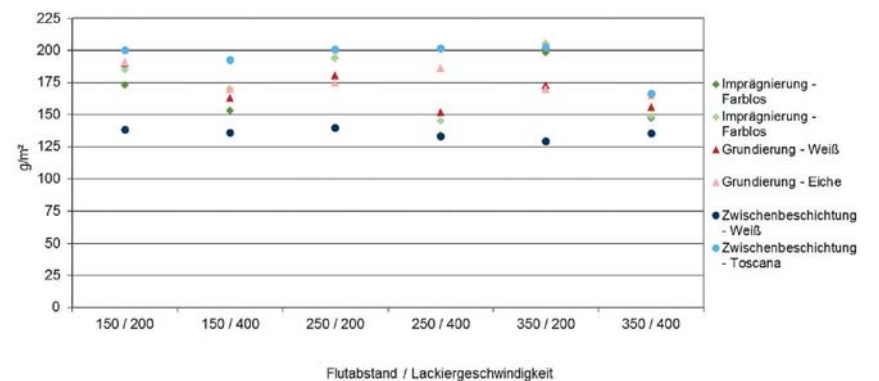


Abbildung 5 Erzielbare Lackauftragsmengen auf Buchenspertholz in Abhängigkeit vom Abstand zum Holzbauteil und der Lackiergeschwindigkeit (Lackauftrag in Abhängigkeit des Flutabstandes und der Lackiergeschwindigkeit)

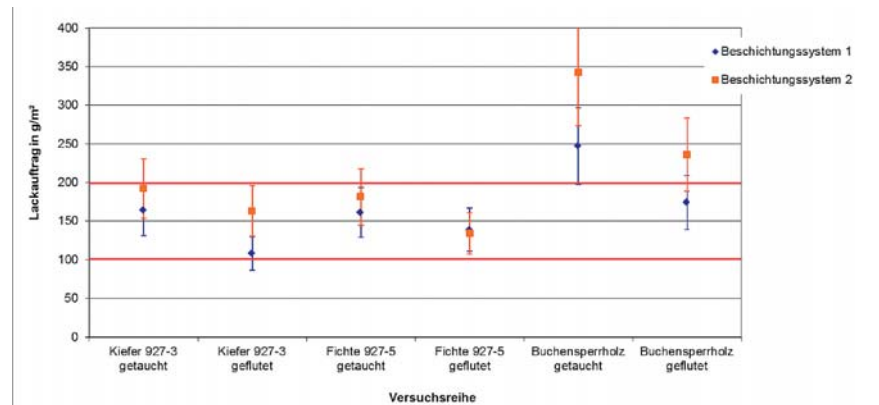


Abbildung 6 Einhaltung der vom Hersteller vorgegebenen Lackauftragsmengen im Vergleich der Beschichtungsarten Tauchen und Fluten (Lackauftragsmengen von zwei Beschichtungssystemen Flutabstand 150 mm/Geschwindigkeit 100 mm/sec)

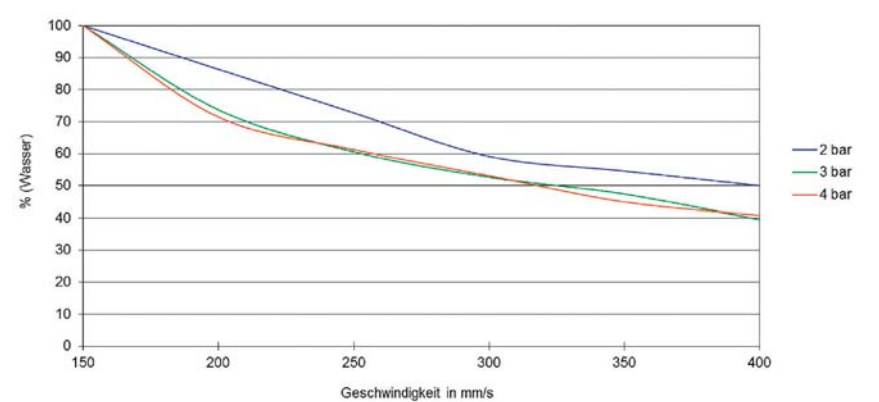


Abbildung 7 Grafische Darstellung des Materialdurchsatzes am Beispiel des Mediums Wasser in Abhängigkeit zur Lackiergeschwindigkeit (Prozentuale Abnahme des Materialdurchsatzes im Verhältnis zur Geschwindigkeit [Vollkegeldüsen-Strahlwinkel 60°])

*Dr. Guido Hora ist Diplom-Physiker und seit 2002 Fachbereichsleiter für Oberflächentechnologie am Fraunhofer Institut für Holzforschung WKI in Braunschweig
 ** Sandra Hofmeister ist Holzmechanikerin und arbeitet seit 2002 als Technische Projektsassistentin im Fachbereich Oberflächentechnologie des WKI.
 *** Frank Reiter ist studierter Wirtschaftsingenieur und seit 1997 Geschäftsführer der Reiter GmbH und Co. KG Oberflächentechnik in Winnenden.

Danksagung

Die Autoren bedanken sich bei der Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen (AiF) für die Förderung des Projektes (Förderkennzeichen: KF2022901VT8). Den Firmen Rhenocoll, Adler Werke, Gori/Dyrup/Teknos, Rütgers Organics sei für die Bereitstellung des Beschichtungsmaterials gedankt. Der Firma Pado Elementbau in Braunschweig gilt unser besonderer Dank für die Einzelfertigung der Musterholzfenserelemente für die „Fensterbau Frontale 2010“.

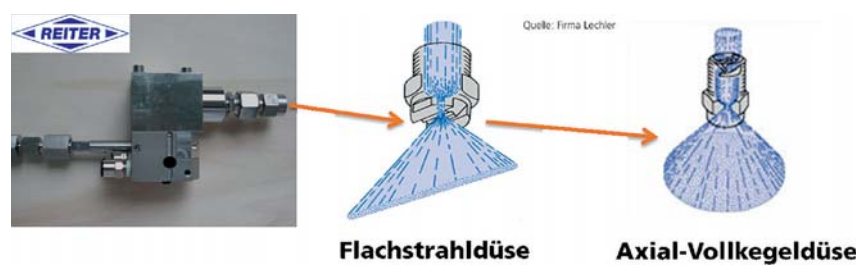


Abbildung 1 Weiterentwicklung eines Graco-Spritzkopfes zu einem Flutkopf mit Axial-Vollkegeldüse



Abbildung 2 Fensterecke aus Fichtenholz, mit einer Flachstrahl Düse (Quelle: Firma Lechler) geflutet

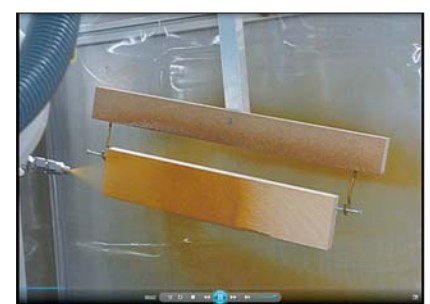


Abbildung 3 DIN EN 927-6 Probe mit einer Axialvollkegeldüse geflutet
 Quelle: Firma Lechler

bau bestehend aus Imprägnierung, Grundierung, Zwischen- und Decklack mit den ermittelten Applikationsparametern geflutet. Die kompletten Musterholzfenster wurden mittels Einzelteilfertigung so beschichtet, dass an jedem Objekt die einzelnen Arbeitsschritte im Beschichtungsprozess optisch nachvollzogen werden konnten. Die jeweilige Applikation erfolgte jeweils zweimal mit einer Geschwindigkeit von 150 mm/s und einem Abstand zum Bauteil von 150 mm. Am ersten Schenkel wurde nur die Imprägnierung, am zweiten Imprägnierung und Grundierung, am dritten Imprägnierung, Grundierung und Zwischenschicht und am vierten Imprägnierung, Grundierung, Zwischen- und Deckschicht geflutet. Bei einer vier-schichtigen helltransparenten Flutbeschichtung konnte auf den Sichtflächen eine Trocken-

schichtdicke von durchschnittlich 60 µm gemessen werden. Damit wäre dieses ganzheitliche Flutsystem für die Beschichtung eines Holz-Alu-Fensters geeignet. Die Schichtbildung zeigte einen sehr guten Verlauf und eine ansprechende Optik.

Industrielle Umsetzung der Forschungsergebnisse

Die Firma Reiter Oberflächentechnik entwickelte eine vollautomatische Anlage speziell für die Lackierung von Holzbauteilen wie Fenster, Türen und Bauelemente. Mit dem Erkennungs- und Programmiersystem werden Konturen des Bauteils selbstständig erfasst und ein Lackierprogramm generiert. Dies ermöglicht sowohl die effiziente

Lackierung von Holzelementen mit Robotertechnik

Fortsetzung von Seite 523

Beschichtung von Standardbauteilen als auch die Beschichtung ausgefallener Fensterformen z. B. Dreiecks-, Schräg- und Rundbogenfenster.

Scannen

Mithilfe eines vollautomatischen Erfassungssystems werden Bauteile mit einem 3D-Scanner, welcher mit einem Laserstrahl das Bauteil abtastet, in einer vorgelagerten „Dunkelkammer“ automatisch vermessen und sowohl die Größe als auch die Kontur präzise erfasst. Eine spezielle Kamera erkennt die Laserreflektion auf dem Bauteil und generiert so mittels Dreiecksinterpolation automatisch ein komplettes 3D-CAD-Modell des Bauteils.

Steuerung

Das CAD-Modell wird durch die Reiter-Software analysiert und ein Bewegungsprogramm automatisch generiert. Als Basis für die Programmerstellung dienen Grundeinstellungen zur Spritz-

geometrie und Lackiergeschwindigkeit. Dabei erfasst eine Online-Prüfung die fehlerfreie Lackierung vor dem tatsächlichen Lackiervorgang. Das Programm-Modul wird auf die tatsächliche Gegebenheit angepasst.

Zusammenfassung und Ausblick

Legislative Anforderungen machen es im zunehmenden Maß erforderlich, Lackierprozesse durch umweltfreundliche Lösungen ressourcen- und abfallsparend auszulegen. Durch Umstellung auf eine ganzheitliche roboterunterstützte „Flowcoat“-Technologie bietet sich ein erhebliches Kostensenkungspotential im Beschichtungsprozess. Aufgrund der Minderung von Personalkosten und der Minimierung des Oversprays können die Beschichtungskosten dabei um bis zu 40 % gesenkt werden.

Die Düsengeometrie, Lackiergeschwindigkeit und das Lackmaterial be-

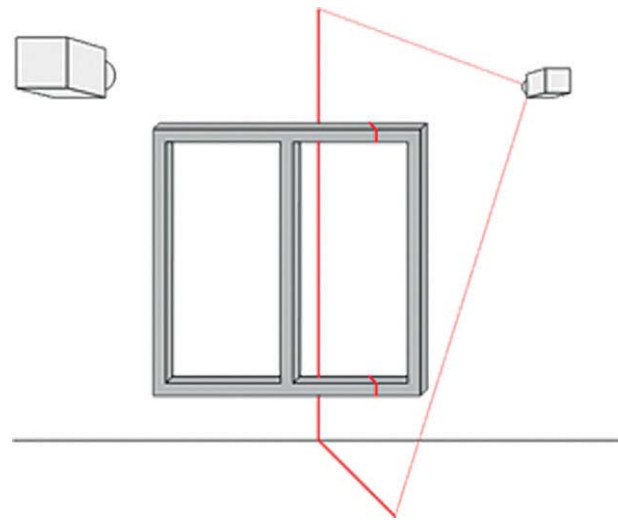


Abbildung 9 Erfassung der Fenster mit einem 3D-Scanner

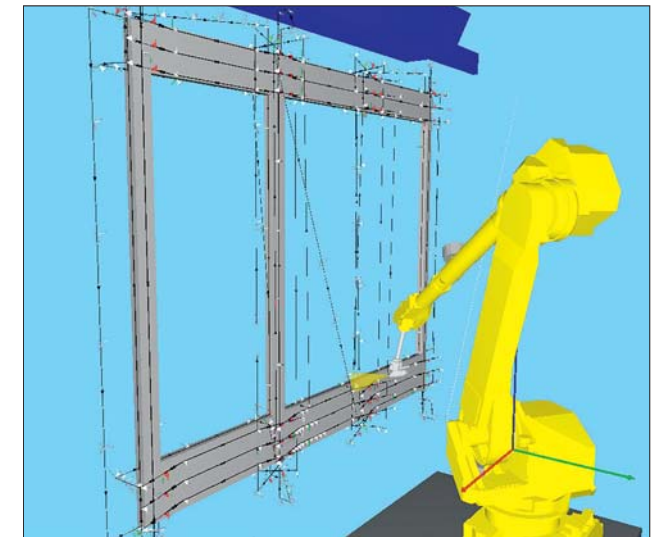


Abbildung 10 Automatische Programmgenerierung

stimmen maßgeblich den Erfolg und die Qualität einer Flutbeschichtung für Holzbauteile. Durch die erfolgreiche Entwicklung einer neuartigen Flutdüse zum Aufsatz auf den Industrielackierroboter bietet sich nunmehr eine wirtschaftliche Alternative zur herkömmlichen Spritzlackierung, insbesondere für die Imprägnierung, die Grundierung und die Zwischenbeschichtung.

Für bedingt und nicht maßhaltige Holzbauteile, wie u. a. Holzbänke, Holzzäune, Holzverschalungen ist bereits eine ganzheitliche roboterunterstützte Flutbeschichtung mit einem sehr hohen Qualitätsmaßstab möglich, die auch den Decklack umfasst.

Der Firma Reiter Oberflächentechnik und dem Fraunhofer WKI ist es gelungen, die Flut- und Spritzapplikation in einer roboterunterstützten Applikationseinheit zu verwirklichen. Mit der entwickelten Software zur Erkennung der Fenstergeometrien, dem Simulationsprogramm zur Nassschichtdickenverteilung und der Parametermatrix von Beschichtungen, kann der Roboter optimal programmiert und bedient werden.

Die herkömmliche Spritztechnik mit-



Abbildung 11 Vereinfachte schematische Darstellung einer in der Praxis verwendeten Testeinheit

tels Airless wurde dahingehend erweitert, dass mit ein und demselben Robotersystem Holzelemente durch die wesentlich materialeffizientere Fluttechnik beschichtet werden können. Die Anfertigung einer Kombinationseinheit, welche aus einem Flut- und Spritzkopf besteht, stand hierbei im Vordergrund der Entwicklungsarbeiten. In der grundsätzlichen Herangehensweise an diese Aufgabenstellung wurde hierfür ein neuer Prozess für das Fluten identifiziert.

Dies ist darin begründet, dass die Flutdüse mit Hilfe des Roboters entlang der durch einen 3D-Scanner vermesse-

nen Kontur des Fensterrahmens geführt wird und nicht wie bislang dem Stand der Technik entsprechend das Fluten durch mehrere stationäre Düsen erfolgt. Der Prozess wurde somit ähnlich dem Spritzen ausgeführt, mit dem Unterschied, dass eine Spritzdüse durch eine Flutdüse im System ersetzt wird. Diese neue flexible Flut-, Spritzkopfeinheit ist applikationstechnisch derart angepasst, dass flutfähige Beschichtungssysteme eine sehr gute Oberfläche auf den jeweiligen Holzelementen liefern. Die Deckbeschichtung kann trotzdem wie gewohnt in der gleichen Anlage gespritzt werden.

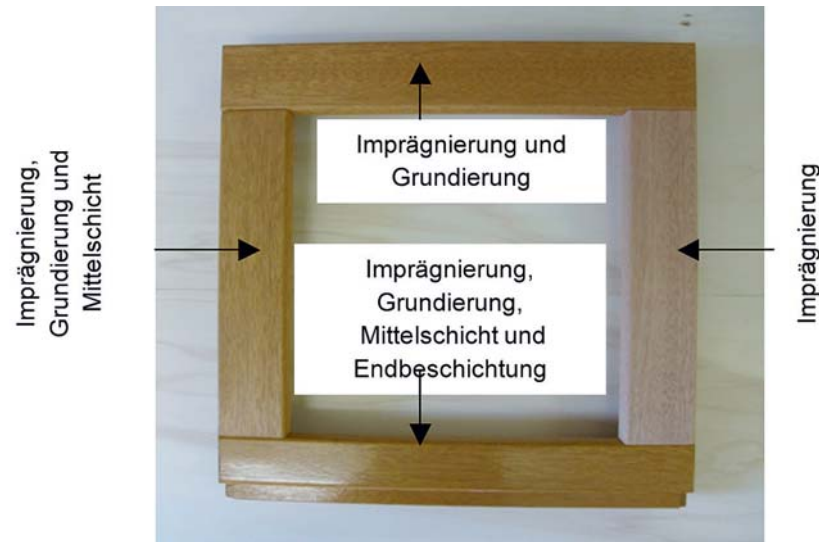


Abbildung 8 Zusammengebautes Meranti-Musterfenster nach Flutung am Einzelteil