

# Reibschweissen von Holz

**Die Anwendung des Reibschweissverfahrens zur Herstellung von kraftschlüssigen Verbindungen zwischen Holzteilen wird seit dem Jahr 2000<sup>1</sup> am Lehrstuhl für Holzkonstruktionen (IBOIS) der EPF Lausanne wissenschaftlich untersucht.**

Reibschweissverfahren werden seit mehreren Jahrzehnten industriell z. B. in der Werkzeug- und Automobilbranche eingesetzt. Das Reibschweissen von Werkstücken beruht auf der Erzeugung von Reibwärme, die zum Anschmelzen der aneinander geriebenen Oberflächen führt. Diese fließen während des Reibprozesses ineinander über, und bei Erkalten der Schmelze stellt sich eine Verbindung ein, die in der Regel ähnliche Festigkeitseigenschaften aufweist wie das Grundmaterial. Unterschiede der angewandten Reibschweissverfahren bestehen im Wesentlichen in der Art der aufgebrachtten Schwingung. Diese kann z. B. linear, zirkular oder rotierend sein.

Bisherige Versuchsreihen wurden auf einer für thermoplastische Kunststoffe entwickelten Anlage verschweisst. Schnell stellte sich heraus, dass sich mittels Reibschweissen auch Holz-Holz-Verbindungen herstellen lassen. Dies geschieht allein durch den Einfluss der Reibwärme und die dadurch herbeigeführte thermische Umwandlung der Holzmasse im Bereich der Reibflächen. Die Verbindungen kommen ohne zusätzliches Schweissgut aus. Der hergestellte Verbundwerkstoff besteht lediglich aus Holz und thermisch veränderten Holzbestandteilen (Bild 1). Die Dauer von Schweiss- und Kühlvorgang liegt deutlich unter einer Minute.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die viskose Masse, die aus den Holzkomponenten (Lignin, Zellulose, Hemizellulose) gebildet wird, in der Lage ist, wie eine Klebeschicht zu fungieren.<sup>2</sup> Die Adhäsion erfolgt durch Verhakungen der Kontaktschicht in den Poren und Hohlräumen der angrenzenden Holzstruktur, wie mikrostrukturelle Analysen gezeigt haben (Bild 2). Es wird angenommen, dass der Verbund durch die Ausbildung von physikalischen Mechanismen wie Van-der-Waals-Kräften und Wasserstoffbrücken unterstützt

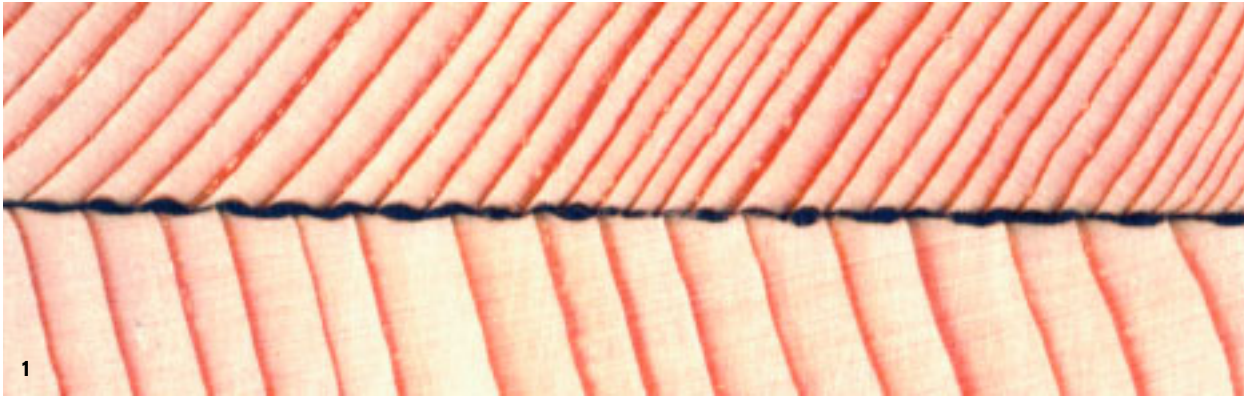
wird. Durch die Struktur der polymeren Holzbestandteile mit grossem Anteil an Hydroxyl-Gruppen, die hohen Temperaturen über 400 °C und die anliegenden Drücke ist die Formation solcher Bindungen sehr wahrscheinlich.

Die erreichten Festigkeiten stehen in engem Zusammenhang mit der Anatomie der jeweiligen Holzart. So lassen sich z. B. mit Hölzern höherer Dichte normalerweise bessere Festigkeitsergebnisse erzielen als mit leichteren Holzarten.<sup>2</sup> Die Untersuchungen wurden mit einer Zirkularreibschweissmaschine durchgeführt. Diese Art der Vibration führt jedoch, wie sich herausgestellt hat<sup>3</sup>, in Abhängigkeit der Jahrringlage zu einer Behinderung der Reibbewegung. Untersuchungen mit linearer Vibration<sup>4</sup> führten zu besseren Festigkeitswerten.

## Schweissanlage

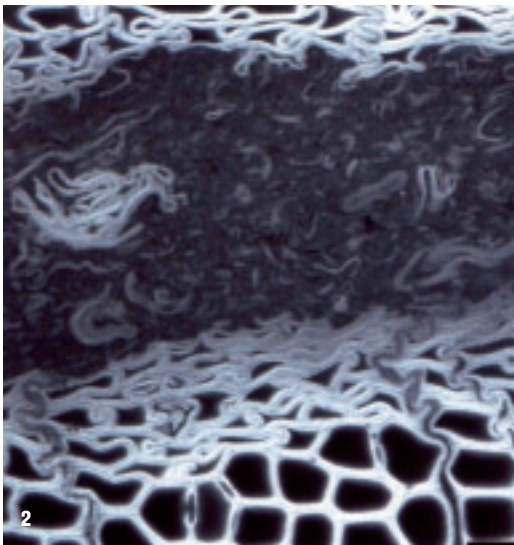
Die Neuentwicklung einer eigens für den Werkstoff Holz konzipierten Reibschweissmaschine (Bild 3) soll das untersuchte Verfahren nun der industriellen Anwendung ein Stück näher bringen. Diese Schweissanlage kann deutlich grössere Flächen verschweissen. Waren die bisherigen Untersuchungen auf Flächen von 25 cm<sup>2</sup> bis maximal 50 cm<sup>2</sup> Grösse beschränkt, so können nun Flächen von über 500 cm<sup>2</sup> Grösse verschweisst werden. Die Maschine ist darauf ausgelegt, im kontinuierlichen Schweissbetrieb vielschichtige Elemente herstellen zu können (Bild 4). Dabei musste verhindert werden, dass die Schwingung beim Verschweissen einer neuen Lage in die schon bestehenden Fugen übertragen wird, was durch Festhalten des zuletzt verschweissten Brettes geschieht.

Die Anlage ist in modularer Bauweise gedacht. Mehrere Module können parallel geschaltet werden. So ist die Länge der zu verschweisenden Elemente



**1**  
**Geschweisste Verbindung zwischen zwei Fichtenbrettern.**  
 Durch die Jahrringstruktur bildet sich eine ungleichmässige Fuge aus. Diese ist infolge des thermischen Einflusses dunkel gefärbt (Bilder: EPFL/IBOIS)

**2**  
**Mikroskopische Aufnahme des Fugenbereichs; die Kontaktschicht ist als dunkles Band mit Einschlüssen von Zellfragmenten zu erkennen. Die Zellwände am Übergang zur Holzstruktur werden von der Kontaktschicht eingebettet, was zur Adhäsion führt**



**3**  
**Reibschweissanlage für Holz**

**4**  
**Verschweisster mehrschichtiger Körper aus Fichten- (innen) bzw. Eichenholz (ausen) mit Kontaktflächen von 10×49 cm; die Verschweissung erfolgte kontinuierlich mit Schweisszeiten unter 30 s pro Lage**



variabel – und unbegrenzt erweiterbar. Bei der neuen Schweissmaschine handelt es sich um einen Prototyp, der neben dem angestrebten industriellen Einsatz auch speziell für die Forschung ausgelegt ist. So ist die Form der Reibbewegung nicht auf einen speziellen Typ festgelegt. Die Art der Schwingung kann zwischen Linear- und Zirkularbewegung verändert werden. Wichtige Anlagenparameter wie die Reibfrequenz, der Druck während der Reibphase sowie der Kühldruck und die Amplitude der Schwingung (zirkular oder linear) sind in einem gewissen Bereich stufenlos variabel. So können bei gleichen Bedingungen die Vor- und Nachteile von linearer und zirkularer Schwingung im direkten Vergleich untersucht werden.

Bei den ersten Versuchen mit der neuen Anlage wurden mit beiden Schwingungsvarianten Holzteile verschweisst. Weich- (Fichte) und Hartholz (Buche, Eiche) lässt sich gleichermassen in wenigen Sekunden kraftschlüssig verbinden. Die verschweissten Flächen sind 500 cm<sup>2</sup> gross. Sie können jedoch je nach Grösse der Auflagefläche noch erweitert werden.

Anwendungsgebiete dieser Verbindungstechnik könnten zum Beispiel die Herstellung von grossformatigen soliden Holzelementen für Decken- und Wandtafeln sowie in der Parkettherstellung sein. Wesentlicher Vorteil des Verfahrens ist die schnelle Verbindungsherstellung, die innerhalb einiger Sekunden erfolgt. Die traditionellen Klebeverbindungen benötigen im Vergleich dazu teilweise Stunden unter Druck zum Aushärten. Die mit der neuen Technik gefertigten Elemente bestehen lediglich aus Holz und thermisch verändertem Holz, was in Bezug auf die Verarbeitbarkeit, die Einsparung von Leim und Lösungsmitteln und die Recyclingmöglichkeiten der Elemente erhebliche Vorteile bringt.

Nachteile sind in der Feuchtebeständigkeit der Verbindung zu sehen. Infolge der Sprödigkeit des Fugenmaterials tritt ein Versagen als Resultat der materialbedingten Schwind- und Quellverformungen des Holzes unter Feuchteinfluss ein. Deswegen wird der Einsatz geschweisster Holzverbindungen wohl primär im Innenbereich und in klimatisch ausgeglichenem Ambiente zu sehen sein.

Im Vergleich zum heutigen Stand der Technik liegen die erreichbaren Festigkeiten deutlich unterhalb der Festigkeiten moderner Hochleistungsklebstoffe. Kleinproben, die mit einer für Kunststoffe konzipierten Kleinschweissmaschine geschweisst wurden, erreichten

Scherfestigkeiten, die bei etwa einem Drittel der Bruchfestigkeit soliden Holzes lagen. Dies führt dazu, dass das Verfahren auf bestimmte Anwendungen mit geringerer Scherbelastung im Fugenbereich beschränkt ist. Es wird erwartet, dass mit der nun an den Werkstoff Holz angepassten Schweissttechnologie eine Steigerung der Festigkeiten erzielt werden kann. Eine Konkurrenz zum Leim wird z. B. in der Herstellung von Parkett, Brettsperholz und in Form von Brettstapelelementen zu verschweissten Bauteilen gesehen. Die Scherfestigkeiten flächiger genagelter und geschraubter Verbindungen werden von der Schweissttechnologie überboten. Eine Konkurrenz zum Leim auf dem Sektor konstruktiver Klebeverbindungen, z. B. bei der Brettschichtholzherstellung für konstruktive Einsätze, wird jedoch nicht erwartet.

---

Dr. Bernhard Stamm  
bernhard.stamm@epfl.ch  
Prof. Dr. Yves Weinand  
yves.weinand@epfl.ch  
Lehrstuhl für Holzkonstruktionen EPF Lausanne

#### Literatur

- 1 Gliniorz, K.-U.; Natterer, J.: Holzschweissen – Innovative Verbindungstechnologien im Holzbau. Tagungsunterlagen, Symposium der Lignaplus / Weltmesse für die Forst- und Holzwirtschaft in Hannover (D). 21.–25. Mai 2000, S. 79–83.
- 2 Stamm, B.; Natterer, J.; Navi, P.: Joining wood by friction welding. Holz als Roh- und Werkstoff. 2005, S. 313–320.
- 3 Stamm, B.: Development of friction welding of wood – physical, mechanical and chemical studies. Thesis EPFL, ENAC-IS-IBOIS, 12/2005.
- 4 Gfeller, B.; Pizzi, A.; Zanetti, M.; Properzi, M.; Pichelin, F.; Lehmann, M.; Delmotte, L.: Solid wood joints by in situ welding of structural wood constituents. Holzforschung, 58/2004, S. 45–52.