

Stand der Holzbiegetechnik

Mit zunehmenden Qualitäts- und Design-Anforderungen des Marktes an Möbel steigt auch die Nachfrage nach gebogenen Holzformteilen. Solche Teile können sowohl in laminiertes Ausführung aus Furnieren als auch als Vollholzteile gefertigt werden. Bei den seit vielen Jahren bekannten und bewährten Holzbiegetechniken ergaben sich in letzter Zeit einige Verfahrensverbesserungen. Der folgende Beitrag gibt einen Überblick über den Stand der Technik, wie er sich auch auf der diesjährigen Ligna präsentierte. Der Bericht befaßt sich mit dem Formverleimen von Furnieren, das in erster Linie ein Fügevorgang ist, sowie mit dem klassischen Holzbiegen (Umformung von Vollholz) und den Verfahren der direkten Hochfrequenz-Umformung. Von Prof. Dr.-Ing. Uwe Heisel und Dipl.-Ing. Otto Th. Eggert, Stuttgart¹⁾.

Formverleimen von Furnieren

Ein weit verbreitetes Verfahren zur Herstellung gebogener Holzteile ist das Formverleimen von Furnieren. Hierbei werden im Leim beschichtete Furniere in eine Formpresse eingelegt und unter Druck mit Hochfrequenzeinwirkung verleimt. In der Regel besteht eine solche Anlage aus jeweils zwei Furnierverleimpresen, in denen sich die Formen befinden, sowie einem Hochfrequenz-Generator, der beide Pressen/Formen abwechselnd versorgt (Abb. 1). Jeweils

eine Presse kann somit be- oder entladen werden, während in der zweiten Presse ein Furnierpaket geformt wird.

Bei diesem Verfahren werden Furnierstreifen einzeln mit schnell abbindendem Leim (Montagedispersionen) beschichtet und aufeinander in die Hochfrequenz-Formleimpresse eingelegt. Die Presse wird zusammengeführt, wobei das Furnierpaket in seine Form gedrückt und dabei gebogen wird. Ober- und Unterteil der Pressenform bestehen vorzugsweise aus Holz und sind mit Aluminium-Blechen überzogen. Diese Bleche dienen als Elektroden, zwischen denen das hochfrequente Wechselfeld angelegt wird. Die beiden Aluminium-Bleche werden mit Hochfre-

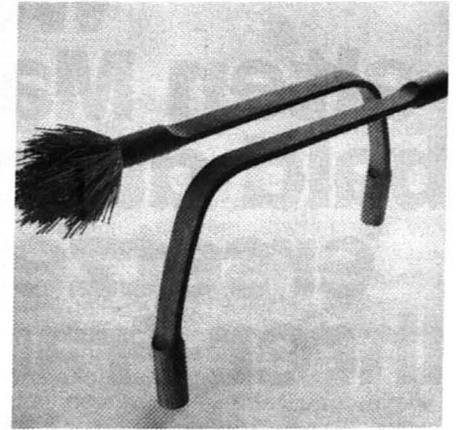


Abb. 2: Anwendungsbeispiel für „Holzdraht“ bzw. „Fadenholz“ (Buddenberg, Bad Driburg)

quenz (13,56 oder 27,12 MHz, Frequenzen postalisch vorgegeben) beaufschlagt, wodurch der Leim zwischen den einzelnen Furnierstreifen erhitzt wird und aushärtet.

Ein Vorteil der Hochfrequenzermwärmung liegt in der relativ kurzen Preßzeit. So ist beispielsweise ein Werkstück mit etwa einem m² Oberfläche und 18 mm Dicke, bestehend aus neun Furnieren und acht Leimfugen, nach einer Heizzeit von etwa 3,5 min. bei einer Generator-Ausgangsleistung von 10 kW in seine Form gebracht. Voraussetzung hierfür ist allerdings die Verwendung von schnell abbindendem Leim, der bei einer Temperatur von etwa 80° bis 95°C aushärtet. Nach der Entnahme aus der Formverleimpresse wird der Furnierblock fertig bearbeitet: Absägen der überstehenden Furnierblätter, gegebenenfalls Auftrennen des Furnierblockes, Formfräsen und -schleifen der Kanten.

Durch Verdrillen der Furnierblätter ist es möglich, auch komplexere räumliche Gebilde wie beispielsweise einteilige Stuhl Rücken herzustellen. Eine noch größere Gestaltungsfreiheit bietet sogenannter Holzdraht. Lange, im Querschnitt quadratische, sechseckige oder runde Holzstäbchen von ein bis drei mm Dicke lassen sich nach dem Beileimen über wesentlich kleinere Biege radien formen als ein Vollholzstab mit gleicher Dicke wie der Strang aus Holzdrahten [1]. Die Holzdrahtstäbchen werden in eine spezielle Form unter Zugabe von Leim eingelegt und unter Druck und Wärmeeinwirkung stabilisiert. Auf-

¹⁾ Professor Dr.-Ing. U. Heisel ist Leiter des Instituts für Werkzeugmaschinen der Universität Stuttgart mit dem Versuchsfeld für Holzbearbeitungsmaschinen, Dipl.-Ing. O. Eggert ist Wissenschaftlicher Mitarbeiter am selben Institut.

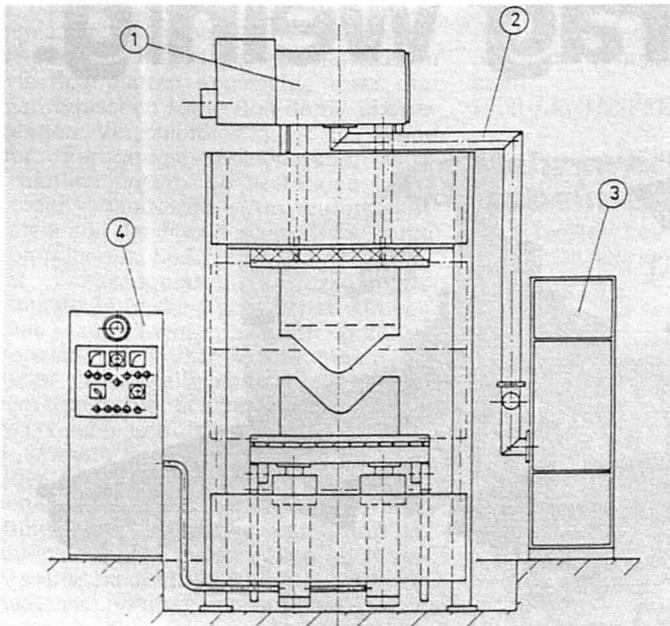


Abb. 1: Anordnung eines HF-Generators mit einer Furnierverleimpresse.
1 Elektr.-Hydr.geregeltes Anpassglied, 2 Filterleitung, 3 HF-Generator, 4 Schaltschrank mit Hydr.-Aggregat für Presse einschl. Bedienelemente für HF-Generator. (Flender-Himmel, Tübingen)

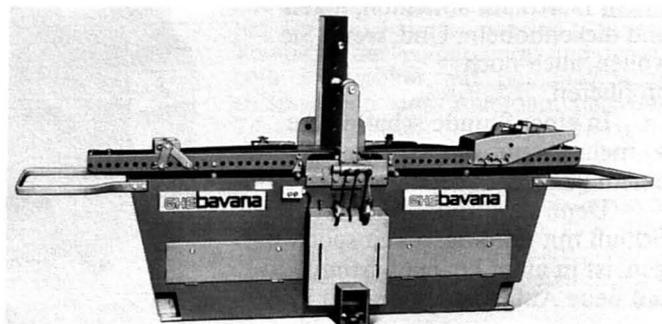


Abb. 3: Stuhlzargen-Biegemaschine für Vollholz, offene Biegungen

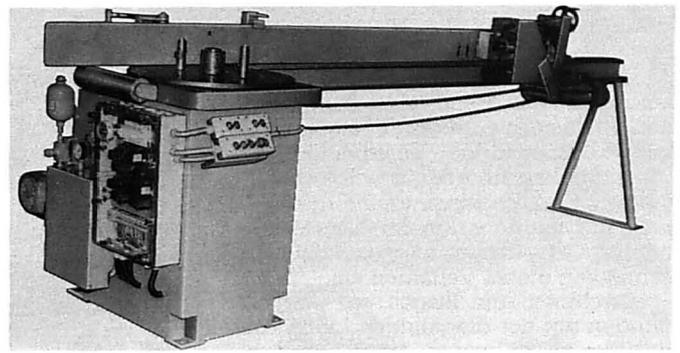
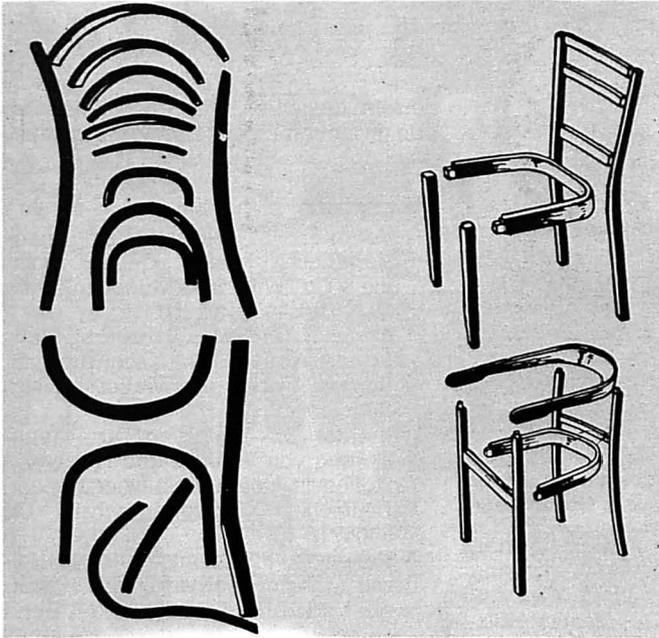


Abb. 5: Rundbiegemaschine für Vollholz, geschlossene Biegungen

◀ Abb. 4: Beispiele für gebogene Vollholzteile, offene Biegungen

grund der hohen Biogsamkeit der einzelnen Holzdrahtstäbchen ist eine dreidimensionale Formgebung und damit eine hohe Gestaltungsvielfalt für das Holzteil möglich. Nach diesem Verfahren hergestellte Holzformteile erreichen eine bisher bei Formholz nicht bekannte Stabilität (Abb. 2). Verfahrensbedingt können einzelne Holzdrähte während des Formprozesses brechen, was aber keinen Einfluß auf die Stabilität der Baureihe hat.

Auf der Ligna '89 wurden unterschiedliche Hochfrequenz-Formverleimpresen und HF-Generatoren gezeigt. Obwohl nur wenig bekannt, wurde bereits sehr viel früher mit formverleimten Lagenholzern gearbeitet. Da die Verleimtechnik seinerzeit aber noch nicht zufriedenstellend ausgereift war, zum Beispiel durch die Empfindlichkeit der Leimfugen bei Feuchtigkeitseinwirkung, ging man zur Umformung von Vollholz über [2].

Vollholz-Biegen

Sowohl in Gefälligkeit, als auch in den Festigkeitseigenschaften erfüllen gebogene Vollholzteile hohe Ansprüche. Eine Fertigungsanlage zur Herstellung von Bugholz, d. h. gebogenem Vollholz, besteht aus der Vorrichtung zum Plastifizieren des Holzes, der Biegemaschine mit Formwerkzeug, Biegeblechen und Klammern sowie der Trocknungseinheit.

Die Plastifizierung von Bugholz kann im wesentlichen auf zwei Arten erfolgen: durch Dampf (Satttdampf bei etwa 100° bis 110°C) oder durch Hochfrequenz. In beiden Fällen wird das Holz in einer Autoklave (Druckbehälter) erweicht, wobei man beim konventionellen Dämpfen mit einer Dämpfzeit von etwa ein bis zwei min. pro mm Holzdicke rechnet. Die Plastifizierung von Bugholz durch Hochfrequenz ist auf bestimmte, feinfaserige Harthölzer, z. B. Buche, beschränkt. Bei der Prozeßführung ist darauf zu achten, daß keine Austrocknung des Bugholzes durch die

Hochfrequenzenergie stattfindet, und daß das mit Hochfrequenz zu erwärmende Holz vor der Plastifizierung eine Restfeuchte von etwa 15 Prozent hat. Verschiedene Anlagen zur Plastifizierung von Bugholz durch Hochfrequenz wurden bereits realisiert, allerdings mit unterschiedlichem Erfolg. Ein Patent aus dem Jahr 1984 [3] weist in diesem Zusammenhang auf die Plastifizierung in einem speziell dafür vorgesehenen Zylinder hin. Der besondere Vorteil des Verfahrens liegt darin, daß bereits 20 Minuten nach dem Biegen eine Weiterverarbeitung möglich ist. Zusätzlich zu den genannten Verfahren ist noch das Kochen ein selten verwendete Möglichkeit zur Plastifizierung des Bugholzes. Bei allen genannten Verfahren ist auch die partielle, d. h. abschnittsweise Plastifizierung möglich.

Das biege weiche Holz wird in der Biegemaschine um eine Form gebogen. Je nach Biege Winkel und Geometrie des gebogenen Teils unterscheidet man zwei Arten von Biegemaschinen:

- Maschinen für offene Biegungen bis zur U-Form (Biege Winkel je nach Maschine bis 200°), mit spezieller Zusatzausstattung bis zur C-Form (270°), wie in Abb. 3 und 4 dargestellt.
- Rundbiegemaschinen für in sich geschlossene, runde, ovale, sowie schneckenförmige Biegungen (Biege Winkel 400° und mehr), wie in Abb. 5 und 6 zu sehen.

Die Arbeitsbreite der Biegemaschinen beträgt in der Regel 300 mm. Werden zum Beispiel Stuhl-Hinterfüße (50x50 mm²) gebogen, so können in einem Arbeitsgang sechs Teile gleichzeitig umgeformt werden. Einzige Forderung ist, daß die Holzkanteln alle exakt gleich lang sind. Sie werden in ein Biegeblech gelegt, das in die Maschine längs eingespannt wird. Der Biegebalken wird mit dem Holz von unten an die Form pneumatisch oder hydraulisch, bei älteren Konstruktionen auch mechanisch, von Hand zugestellt, ange-

preßt. Danach bewegen sich die beiden Biegebalken entsprechend der Biegeform nach oben. Sobald die Endlage erreicht ist, fixiert der Bediener das Bugholz mit einer Klammer. Es wird der Maschine entnommen und zum Auskühlen zwischengelagert. Sobald Biegeblech und Holz abgekühlt sind, entfernt man das Biegeblech und steckt das Holz in eine Haltevorrichtung, in der es zum vollständigen Trocknen verbleibt. Kleine Biegungen können auch ohne Bleche direkt in der Maschine vorgenommen werden. Erfahrene Biegereien können für so gebogene Teile Einbautoleranzen garantieren, die je nach Geometrie und Holzart bei etwa zwei mm liegen.

Der Trocknungsprozeß kann auf verschiedene Arten durchgeführt werden. Erwähnt sei an dieser Stelle die Vakuum-Trocknung und die Warmluft-Trocknung. Darüber hinaus kann in bestimmten Bereichen noch die Hochfrequenz-Trocknung zur Anwendung kommen. Hierbei werden die Werkstücke auf einer konventionellen Biegemaschine gebogen und nach Abkühlen in eine Hochfrequenz-Verleimpresse, wie oben beschrieben, eingelegt.

Da nur dort getrocknet werden muß, wo auch Feuchte vorhanden ist, bestimmen die sehr eng miteinander zusammenhängenden Bereiche Plastifizieren und Trocknen somit die Durchlaufzeit von Biegeteilen. Sie liegt bei konventionellem Dämpfen, Biegen und Trocknen in Warmluft in der Größenordnung von drei Tagen bis zwei Wochen, wobei eine starke Abhängigkeit zwischen Materialdicke und Trocknungszeit besteht. Unter Einsatz eines Vakuum-Trockners kann die Durchlaufzeit in den Bereich von einem Tag (zwölf bis 24 Stunden) gesenkt werden. Noch schneller kann mit Hochfrequenz getrocknet werden. Hier liegt die Durchlaufzeit bei etwa ein bis drei Stunden. Allerdings gilt auch dabei, daß nur ein Teil der gängigen Möbelhölzer verarbeitet werden kann. Darüber hinaus müssen noch Einschränkungen in der Werkstück-Geometrie gemacht werden, beispielsweise beträgt der maximale Biege Winkel etwa 160°.

Der Vollständigkeit halber sei an dieser Stelle noch das Biegen massiver Holzteile von Hand erwähnt. Hierbei wird das plastifizierte Holz von Hand in eine Biegeform hineingebogen und mit Klammern fixiert. Es bietet einen, verglichen mit derzeit verfügbaren Maschinen, unübertroffenen Gestaltungsspiel-

raum, da von Hand auch komplexe, dreidimensionale Formen realisierbar sind. Die niedrige Verarbeitungsgeschwindigkeit und damit lange Durchlaufzeit, Kraftanstrengung und nicht zuletzt die Verfügbarkeit von handwerklich erfahrenen Arbeitskräften schränken dieses Verfahren ein.

Maschinen zum Biegen von Vollholz wurden auf der diesjährigen Ligna von der Firma GHEbavaria, Eibelsstadt, ausgestellt. Neben einer einfachen Stuhlzargen-Biegemaschine mit einem Getriebebremsmotor, die sich für offene, symmetrische Biegungen bei Holzdicken bis 40 mm eignet, wurde auch noch eine Stuhlzargenbiegemaschine mit vollhydraulischem Antrieb und speicherprogrammierbarer Steuerung (SPS) gezeigt. Sie war mit einer Zusatzeinrichtung ausgerüstet, die Biegungen bis zur C-Form erlaubt. Es können damit asymmetrische Biegeteile und Holzdicken bis 100 mm gebogen werden. Die automatische Steuerung erlaubt einen Einsatz als Produktionsmaschine. Eine Rundbiegemaschine befindet sich ebenfalls im Programm. Vollholzbiegemaschinen für offene Biegungen werden beispielsweise auch von Rye und Italpresse hergestellt.

Direkte Umformung unter Hochfrequenz für die Serienfertigung

Eine relativ neue Art, Vollholz zu biegen, ist die direkte Umformung unter Hochfrequenz. Hierbei wird das Bugholz ohne vorherige Vorbereitung in eine Hochfrequenz-Formverleimpresse, wie eingangs beschrieben, eingelegt. Dieses Verfahren ist aber auch durch enge Einsatzfrequenzen gekennzeichnet. Die maximale Holzdicke liegt bei 30 mm und der Biegewinkel bei etwa 80°, wobei nur relativ große Biegeradien erzielbar sind. Somit eignet sich die direkte HF-Umformung gut für große Serien von Stuhl-Kopfstücken, Bügeln und Werkstücken ähnlicher Geometrie. Darüber hinaus ist es mit einer Anlage dieser Art auch möglich, MDF-Platten und ähnliche Werkstoffe zu biegen, wobei die Fläche des Ausgangswerkstücker in erster Linie nur von der Arbeitsfläche der Presse abhängt.

Eine Anlage dieser Art wurde auf der Ligna '89 von der italienischen Firma Makno, Bruino, gezeigt. Sie eignet sich gleichermaßen für die Formverleimung von Furnieren, wie auch für die Vollholz-Umformung in den oben genannten Grenzen. Die Firma Cavallo, Druento/Italien, zeigte neben ihrem hierfür geeigneten HF-Generator auch Biegeteile eines süddeutschen Unternehmens für Holzformteile, die mit diesem Verfahren gebogen wurden.

Ansprüche an Gestaltungsfreiheit, Gefälligkeit und Struktur entscheiden den Verfahrenseinsatz

Die größte Gestaltungsfreiheit bei Holz-

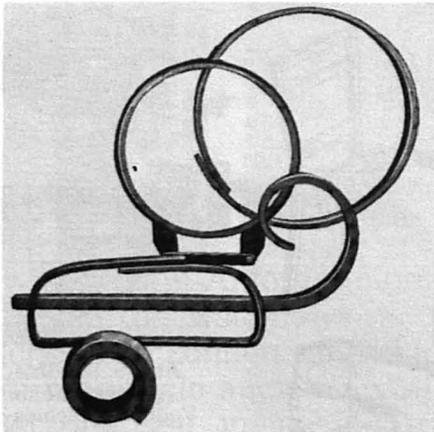


Abb. 6: Beispiele für gebogene Vollholzteile, geschlossene Biegungen (Bildnachweis: Abb. 3 bis 6: GHEbavaria)

formteilen läßt sich mit Fadenholz erreichen. Nachteile dieses Verfahrens sind optische Mängel durch den großen Anteil an Leimfugen und gebrochene Holzfasern. Somit kann das Fadenholz in Gefälligkeit und Struktur den traditionellen Vorstellungen von kunstvoll gebogenen Holzteilen nicht entsprechen. Diese sind nur durch gebogenes Massivholz zu erreichen.

Maschinell gebogenes Holz kann aber nicht mit zwei oder mehreren gegenläufigen Bögen in einem Stück erstellt werden, es sei denn, daß Zinken vorgesehen werden. Auch sind Einschränkungen bei sehr engen Radien zu beachten. Dafür ist die Herstellung von geschlossenen Kreisen, schnecken- oder spiralförmigen Teilen möglich, was wiederum durch kein anderes Verfahren möglich ist.

Formteile aus gebogenem Sperrholz können sowohl gegenläufige Bögen, als auch enge Radien enthalten; die Herstellung ganzer Sitzschalen ist ebenfalls möglich. Darüber hinaus liegt Formsperrholz in seiner Gefälligkeit nahe an massivem Holz, ohne jedoch dessen Schönheit und Struktur zu erreichen. Ein weiterer Vorteil des Formteilpressens von Lagenhölzern liegt darin, daß nur die beiden Deckblätter der Ober- und Unterseiten von hoher Qualität sein müssen. Die Zwischenlagen hingegen können aus nicht ausgesuchten Furnieren bestehen. Diesen Vorteilen steht ein erheblicher Anlagen- und Handlungsaufwand gegenüber.

Automatisierung des Holzformprozesses

Moderne Technologien zur Holz Trocknung verkürzen die Durchlaufzeit des gedämpften Bugholzes wesentlich. Bei der Optimierung des Biegevorgangs sind interessante Ansätze zu beobachten, was sowohl im Bereich Furnier-Formverleimung als auch im Bereich Vollholz-Biegen gilt, z.B. programmgesteuerte Holzbiegemaschinen. Die Verfahrensgrundlagen im Bereich Holzbiegen sind hierzu schon seit vielen Jahren vorhanden [4, 5, 6]. Ein wesentlicher Gesichtspunkt zur Senkung der Produktionskosten und damit zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit wird die Fra-

ge sein, inwieweit es möglich sein wird, den gesamten Biegevorgang zu automatisieren.

Literatur:

- [1] Vorreiter, L.: Holztechnologisches Handbuch, Verlag Georg Fromme & Co., Wien und München, Wien 1949 (Bd. 1) und 1958 (Bd. 2)
- [2] Andés, L.E.: Die Holzbiegerei, Hartleben, Wien 1903, Nachdruck in: Edition Fricke im Müller Verlag, Köln, 1986
- [3] Kreidel, M.: Verfahren zur Plastifizierung von Vollholz und Holzwerkstoffen in einem Plastifizierzylinder, Deutsche Offenlegungsschrift DE 3406715
- [4] Kollmann, F.: Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffe, Springer-Verlag, Berlin 1951 (Bd. 1) und 1955 (Bd. 2)
- [5] Fessel, F.: Probleme beim Holzbiegen. In: Holz als Roh- und Werkstoff 9 (1951), H. 2, S. 56ff
- [6] Runkel, R.: Zur Kenntnis des thermoplastischen Verhaltens von Holz. In: Holz als Roh- und Werkstoff 9 (1951), H. 2, S. 42ff

HOB-KENNZIFFER 65