

Case Study: ZipShape

Autoren: Christoph Schindler, Dr. sc. ETH, Dipl.-Ing. Architekt SIA,
schindlersalmerón
B.A. Jan Bieniek, Detmold

Keywords: Biegen ohne Formlehren

Vision

Die Frage nach der Herstellung von gekrümmten Formen aus ebenen Materialien hat viele Architekten, Gestalter und Ingenieure herausgefordert, insbesondere seit dem 20. Jahrhundert. Mit der Ergänzung industrieller Serienproduktion durch individuelle digitale Fertigung um die Jahrtausendwende wurde es verlockend, gekrümmte Formen sogar ohne Formlehren herzustellen.

Methodik

Die ZipShape-Methode basiert auf einer einfachen geometrischen Idee. Ein Formstück besteht aus zwei Platten, die so gezinkt werden, dass sie nur in der gewünschten Krümmung zusammenpassen. Die Krümmung ist durch die Unterschiede der Winkel an den Zinkenflanken definiert. Nach dem Fügen gibt es weder Hohlräume noch Öffnungen im Volumen des Formstücks (Abb. 1), was das Verfahren unterscheidet von Methoden mit regelmäßiger Schlitzung (wie Glunz' «Topan MDF Form»¹, Daniel Michaliks «Cortiça» Liege² oder Christian Kuhns und Serge Lunins «Dukta»³) und Konzepten, die das Biegen von Blech in eine vorbestimmte Geometrie erlauben (wie Florian Tschachers «La Chaise»⁴ oder ROKs «Flat2Form»⁵).

Mit seinen repetitiven, aber individuellen Details ist ZipShape prädestiniert für das sogenannte «Generative Modellieren». Aus jeder beliebigen Ausgangskurve kann ein parametrisches Modell die entsprechende Detaillierung ableiten. Alle Details sind parametrisch erfasst und daher jederzeit anpassbar.

Kern unserer allgemeinen Fertigungsstrategie für die ZipShape-Platten ist entweder eine 5-achsige Fräse (Sägeblatt für die Zinkenflanken, Flat-Nose Schaftfräser für den Zinkengrund) oder eine 3-achsige Fräse mit



Abb 1: Ein Zip-Shape Formstück besteht aus zwei Platten, die so gezinkt werden, dass sie nur in der gewünschten Krümmung zusammenpassen. Die «ZipChaise» besteht aus massiver stabverleimter Eiche mit einer Materialstärke von 20 mm. Schreinerei Bach Heiden mit Schilliger Holz AG Küssnacht am Rigi, Juli 2007 (Foto: Christoph Schindler)

¹ <http://www.glunz.de>

² <http://www.danielmichalik.com>, vgl. Reis, Dalcacio und Wiedemann, Julius (Hrsg.). Product Design in the Sustainable Era. Taschen, Köln 2010, S. 133–133

³ <http://www.dukta.com>, vgl. Sauer, Christiane. Flexibles Holz. in: md, 01/2010, Konradin Verlag, Leinfelden-Echterdingen 2010, S. 70–71.

⁴ Steffen, Dagmar (Hrsg.). C_Möbel : digitale Machart und gestalterische Eigenart, Anabas-Verlag, Frankfurt a. M. 2003, S. 178

⁵ <http://www.rokarch.com>, vgl. Hensel, Michael; Kraft, Sabine und Menges, Achim. Simple Systems, Complex Capacities – Die Ergebnisse des ARCH+ Wettbewerbs. in: ARCH+, 196/197, ARCH+ Verlag, Aachen 2009, S. 2–5.

Parallel Finishing rechtwinklig zur Zinkenrichtung. Trotz der Schönheit von ZipShapes konstruktiver Logik sind beide Methoden zeitintensiv. Da die Krümmung durch die Geometrie der Zinken definiert ist, kann die während dem Austrocknen des Klebstoffs üblicherweise benutzte Formlehre hier durch einen Vakuumsack ersetzt werden – der Vakuumsack wird so zu einer «flexiblen Formlehre».

Als wir über Materialisierung nachdachten, kamen wir schnell auf den Werkstoff Holz. Wir wussten, dass die Schneiden der Fräse, die wir für die Fertigung in Erwägung zogen, gut mit der leichten Spanbarkeit von Holz zurechtkamen. Es gelang uns, einige gezinkte Platten aus MDF, Sperrholz und stabverleimtem Massivholz bis zu einem Radius zu krümmen, der dem 5- bis 20-fachen der Materialstärke entspricht (wobei allerdings die engeren dieser Radien stark zum Brechen neigten). Dies ist dennoch beeindruckend, wenn man bedenkt, dass beim Kaltbiegen von Holz üblicherweise nur ein Radius vom 50-fachen der Materialstärke erreicht werden kann⁶.

Ein besonders imposanter Prototyp gelang uns mit dem «Ziprocker» während eines Kurses an der Fachschule für Holztechnik Hamburg (Abb. 2). Indem zwei Deckschichten aus Laubholzfurnier (Kirsche oder Nussbaum) auf eine Nadelholz-Mittellage aus Fichte geleimt wurden, konnten wir durch diese zusätzliche Festigkeit einen Radius vom 5-fachen der Materialstärke erreichen und dennoch die Tragfähigkeit des Schaukelstuhls gewährleisten. Damit weckten wir das öffentliche Interesse und bekamen eine Reihe von Auszeichnungen⁷, doch bei genauerer Untersuchung war die Ausführungsqualität noch unbefriedigend: Die Platten bogen sich nur zwischen den Zinken, was den Oberflächen ein polygonales Aussehen verlieh. Die engen Radien überbeanspruchten die Holzfasern an den Oberflächen. An den Außenseiten der Kurven tendierten die Furniere zu Haarrissen, während sie sich an den Innenseiten warfen. Zudem war für das Kaltbiegen der Platten der körperliche Einsatz von drei Personen notwendig.

Innovation

Nachdem wir beobachtet hatten, dass das gleiche Konstruktionsprinzip sich so unterschiedlich mit einem anderen Material verhielt, entschieden wir uns, ZipShapes universellen Status aufzugeben und betrachteten Materialentscheidungen als Teil des Prinzips.

Wir zogen den Schluss, dass der zinkenförmige Querschnitt einer ZipShape-Platte aus zwei unterschiedlichen Bereichen bestehen musste



Abb. 2: Der «Ziprocker», entwickelt mit R. Aimer, K. von Felde, O. Illner, S. Rehders, T. Schütt und H. Wolf, ist ein auskragender Schaukelstuhl mit einer Gesamtmaterialstärke von 30 mm, zusammengesetzt aus einer Fichten-Mittellage mit Nussbaumfurnier-Deckschichten. Die Form wurde von einem Autositz abgeleitet. Fachschule für Holztechnik Hamburg, Januar 2009 (Foto: Kyeni Mbiti)



Abb. 3: «Recoflex» ist ein Verbundwerkstoff aus Holz-, Kork- und Latexpartikeln. Es ist ziemlich elastisch, wird aber steif, sobald Furniere aufgeleimt werden. ETH RAPLAB, Zürich, Juli 2010 (Foto: Christoph Schindler)

⁶ Stevens, W. C. und Turner, N. Wood Bending Handbook. Ministry of Technology, Her Majesty's Stationary Office, London 1970. Taylor, Zachary. Wood Bender's Handbook, Guild of Master Craftsmen, Sterling, New York 2001.

⁷ holz 21 2007, Design Plus Material Vision 2007, iF Material Award 2008, M Technology Award 2008 SILVER, Holz bewegt 2011

– den Zinken und der dünnen Schicht, die sie zusammenhält. Die Zinken sollten elastisch und dennoch druckresistent sein, um die Geometrie definieren zu können, während die verbindenden Schichten dem Zug widerstehen und gleichzeitig biegsam sein mussten.

Für die Mittellage wählten wir ein Produkt namens «Recoflex»: ein Verbundwerkstoff aus Holz-, Kork- und Latexpartikeln, der in großen Platten verkauft wird. Recoflex ist ziemlich elastisch, wird aber steif, sobald Furniere aufgeleimt werden (Abb. 3).

Der Holz-Kork-Latex-Verbundwerkstoff mit den Deckfurnieren wurde intensiv getestet anhand der Produktion von zwei großen «ZipLiegen» (Abb. 4). Beide Objekte haben eine ZipShape-Mittellage aus Recoflex, der beidseitig mit Eschenfurnier belegt ist. So gelang es uns, den Radius auf ein Verhältnis von Materialstärke zu Radius von 1/3 zu verringern (minimaler Radius von 75 mm bei einer Materialstärke von 24 mm). Die Elastizität der Holz-Kork-Latex-Mittellage kann von den Nutzern der Liege deutlich wahrgenommen werden und trägt zum Komfort des Objekts bei. Es handelt sich um einen überraschenden Effekt, da die Deckfurniere dieses Verhalten nicht vermuten lassen.



Abb. 4: Die «ZipLiege» besteht aus einem 18 mm Recoflex-Mittellage mit aufgeleimten Eschenfurnieren. Die Form wurde von Körpermassen abgeleitet. Sie wurde 5-achsrig gesägt in der Schreinerei Schnidrig in Visp und vakuumverleimt an der BFH-AHB in Biel. Designers' Saturday 2010, Langenthal, November 2010 (Foto: Kyeni Mbiti)

Für die «ZipLiege»-Fallstudie ermittelten wir auf einer 5-Achs-Fräse eine Fertigungsgeschwindigkeit von 1.1 m pro Stunde bei einer Materialbreite von 0.6 m (was 0.7 m²/h entspricht). Nicht genug, um wirtschaftlich arbeiten zu können.

Ein Workshop an der Detmolder Schule für Architektur und Innenarchitektur im Mai 2011 gab uns die Gelegenheit, ein Fertigungskonzept zu untersuchen, das ohne Fräse auskommt. Wir verwendeten für die Mittellage gewöhnlichen extrudierten Polystyrol-Hartschaum (XPS), in den wir die Zinken mit einem großen CNC-Heißdrahtschneider einschnitten (Abb. 5). Da der Heißdraht das gesamte ZipShape-Profil in einem Arbeitsgang ohne Werkzeugwechsel schneiden kann, wurde der Prozess auf eine Fertigungszeit von 4.4 m pro Stunden verkürzt – 4-mal schneller als die 5-Achs-Fräse. Polystyrol ist schnell und einfach bearbeitbar, leicht und günstig. Jedoch ist es bezüglich der Oberflächenhaptik, Festigkeit und Nachhaltigkeit nicht mit Holz oder Holzwerkstoffen vergleichbar.

Der CNC-Heißdrahtschneider ist in der Lage, Regelflächen zu erzeugen. Daher ist der Heißdraht besonders interessant für verwundene Formen, bei denen die Zinkenflanken nicht eben sind und daher nicht gesägt werden können (Abb. 5, 8). Um die XPS-Formstücke widerstandsfähig gegen Zug zu machen, setzten wir wiederum beidseitig Furnier als Deckschichten ein. Zudem öffnete sich ein breites Experimentierfeld für Verbindungen, die nicht gesägt werden können. Hier fokussierten wir uns insbesondere auf Schnappverschlüsse, bei denen die beiden Platten ohne zusätzliche Befestigungsmittel ineinander verkeilt werden können.



Abb. 5: Der von der Step Four GmbH zur Verfügung gestellte CNC-Heißdrahtschneider ist in der Lage, jede Regelfläche zu bearbeiten. Detmolder Schule für Architektur und Innenarchitektur in Zusammenarbeit mit der University of Florida, Mai 2011 November 2010 (Foto: Ulrich Nether)

Das daraus entstandene «KlickZip»-Verfahren (Abb. 6–9) birgt einiges Potential:

- Der aufwändige und zeitintensive Verklebungsprozesses mit dem Vakuumsack entfällt.
- Der Fügeprozess kann an den Einsatzort verlagert werden, was das Transportvolumen verringert und auch den Transportschutz erheblich vereinfacht.
- Temporäre Verbindungen sind denkbar, mit denen schnell und flexibel auf verschiedene Anforderungen, Situationen und Bedürfnisse reagiert werden kann.

Allerdings wuchsen noch einmal die Materialanforderungen: Das Material muss fest sein, dass sich die Verbindung nicht wieder löst (noch dazu bei engen Radien, bei denen erhebliche Kräfte auftreten können), und gleichzeitig muss es biegsam sein.

Über Modelle im Maßstab 1:1 konnte bisher kein konkretes Ergebnis ermittelt werden. Der Bereich für die Innenwinkel, mit dem ein Ineinandergleiten der Zinken ermöglicht wird und dennoch Rückhalt gewährleistet wird, ließ sich auf 130° bis 160° eingrenzen.

2008 hatten wir als Fazit eines Papers vorgeschlagen, «allgemeine Fertigung von Regelflächen», «Reduktion des Radius» und «Versuche mit anderen Materialien als Holz und Holzwerkstoffen» zu untersuchen⁸. Diese drei Punkte sind bearbeitet worden. Es ist uns kein anderes Kaltbiege-Verfahren bekannt, das ein vergleichbares Verhältnis von Radius und Materialstärke ermöglicht. Während wir auf diese Ziele hin arbeiteten, reflektierten wir unsere Ergebnisse und zogen die folgenden Schlüsse:

Von der Geometrie zur Erfahrung — Nachdem wir ZipShape zunächst als ein abstraktes geometrisches Modell konzipiert hatten, lernten wir zum einen, Fertigungsbedingungen zu berücksichtigen und zum anderen, aktiv und bewusst mit Materialeigenschaften zu entwerfen – also Form, Material und Fertigungstechnik als untrennbares System zu betrachten. Wir waren besonders überrascht, dass die Auswirkungen von Material- und Fertigungsfaktoren sich als nicht präzise vorhersagbar herausstellten. Sobald wir Material und Fertigungstechnik berücksichtigten, mussten wir unser konsistentes geometrisches Modell hinter uns lassen.

Von der Hochschule auf den Markt, oder: Der Weg ist das Ziel — Gegenwärtig kann das Projekt mit vier eingeladenen Workshops und zahlreichen Vorträgen als akademischer Erfolg gewertet werden, ergänzt durch eine Reihe von Auszeichnungen. Seine anschauliche Art, Material- und Informationsverarbeitung miteinander zu verknüpfen, scheint eine zeitgenössische Haltung in Architektur und Produktgestaltung zu versinnbildlichen.

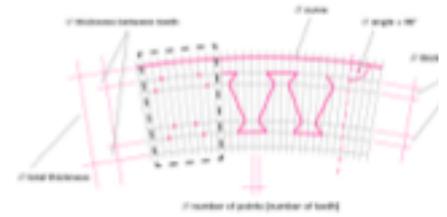


Abb. 6: Programmiervariante 1, Raster- und Punktorientiert:
nose definiert die Stärke der «Widerhaken»
total thickness beschreibt die Materialstärke des zusammen-gesetzten Produkt
number of points definiert die Feinheit des Rasters und damit auch die Anzahl der Punkte
thickness between teeth nimmt Einfluss auf die Breite der einzelnen Zinken

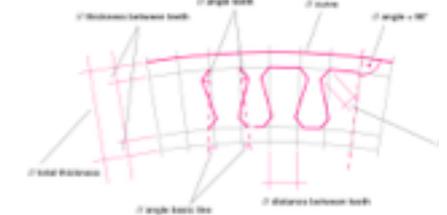


Abb. 7: Programmiervariante 2, Linienorientiert:
nose definiert die Stärke der «Widerhaken»
total thickness beschreibt die Materialstärke des zusammen-gesetzten Produkt
distance between teeth and thickness between teeth nehmen Einfluss auf die Breite der einzelnen Zinken
angle basic line definiert den Winkel der Orientierungsrichtung
angle teeth beschreibt wiederum den Spreizwinkel zu eben dieser Richtung

⁸ Schindler, Christoph. ZipShape – A Computer-Aided Fabrication Method for Bending Panels without Molds. in: Architecture 'in computro' [26th eCAADe Conference Proceedings], Antwerpen 17.–20. September 2008, S. 795–802

Die Markteinführung von ZipShape stellt sich jedoch als anspruchsvoller heraus als erwartet. Die perfekte Materialkombination ist noch nicht gefunden. Es macht den Eindruck, dass es nicht die Stärke dieses Verfahrens ist, bestehende Techniken in bestehenden Anwendungsgebieten zu verdrängen. Wir sind der Auffassung, dass ZipShapes Potential in der Suche nach neuartigen Anwendungen auf Grundlage der spezifischen Eigenschaften besteht.

schindlersalmerón ist ein privater Möbelhersteller mit beschränkten Forschungsmöglichkeiten. Ohne die Gelegenheit, an einer Reihe von Schulen Workshops zu veranstalten, hätten wir dieses Projekt nicht durchführen können. Wir sind allen dankbar, die uns dabei unterstützt haben. Für den Detmolder Workshop mit dem CNC-Heißdrahtschneider bedanken wir uns im Besonderen bei Marco Hemmerling von der Detmolder Schule für Architektur und Innenarchitektur und der Step Four GmbH.

Literatur

Der vorliegende Text ist eine stark überarbeitete Übersetzung der Erstveröffentlichung:

Schindler, Christoph und Salmerón Espinosa, Margarita. ZipShape Mouldless Bending II – A Shift from Geometry to Experience. in: Respecting Fragile Places [29th eCAADe Conference Proceedings], Ljubljana 21.–24. September 2011, S. 477–484

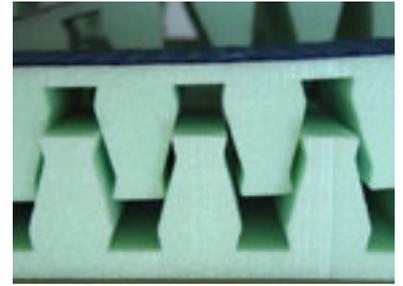


Abb. 8: Heißdrahtgeschnittenes Schnappverschluss-System «KlickZip» von J. Bieniek, F. Nienhaus, L. A. Pinkcombe and A. Wood Detmolder Schule für Architektur und Innenarchitektur in Zusammenarbeit mit der University of Florida, Mai 2011 (Foto: Christoph Schindler)



Abb. 9: «KlickZip»-Muster aus thermoplastischem ABS aus dem 3D-Drucker Detmolder Schule für Architektur und Innenarchitektur in Zusammenarbeit mit der University of Florida, Mai 2011