

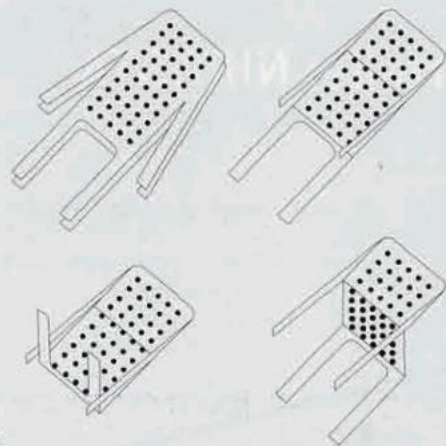
Stabilität durch Flexibilität – Eine materialgerechte Methode in der Blechbearbeitung

Stability through Flexibility – A new Way of Processing Sheet Metal

Oskar Zieta,
Philipp Dohmen

Blech wird seit seiner Markteinführung stets unter Druck gesetzt, mit gewaltiger Kraft in Matrizen gepresst oder von Stempeln geprägt. Als industrielles Material wird es auf Hochleistung getrimmt und hat trotz seiner Leichtigkeit maximale Stabilität, Präzision und formale Freizügigkeit zu erbringen. Eine grundsätzliche Diskussion etwa um haptische Qualitäten von Blech wird in der Architekturszene jedoch derzeit nicht geführt. Und das, obwohl Blech auch ganz andere Verarbeitungsmethoden zulässt, sich inzwischen sogar »aufblasen« lässt.

Die Professur für Computer-Aided Architectural Design (CAAD) von Prof. Dr. Ludger Hovestadt an der ETH Zürich untersucht seit mehreren Jahren systematisch innovative industrielle Produktionsmethoden, um informationstechnologische Verfahren für die Architektur zugänglich zu machen. Ziel der Forschungsarbeiten ist die Entwicklung computerunterstützter Entwurfs- und Bauprozesse sowie die Digitalisierung der zugehörigen Schnittstellen. Der Computer ist in



1

der Lage, eine Vielzahl von Parametern von Produktions- und Konstruktionsprozessen zu bearbeiten, ohne die Kontrolle zu verlieren. Die daraus resultierende »digitale Kette« beschreibt einen unterbrechungsfreien digitalen Prozess vom Entwurf über die Konstruktion bis hin zur Produktion. Durch die digitale Kette wird eine entwerferische Freiheit erreicht, die aber nur dann tatsächlich umsetzbar ist, wenn Produkte »informiert«, also mit computergesteuerten Maschinen »in Form« gebracht werden.

Informierte Produktionsformen im Blech ermöglichen einerseits komplexere Konstruktionen und andererseits deutlich kleinere Serien – bis hin zur so genannten »One-of-a-kind«-Produktion. Insbesondere diese Entwicklung ist für die Architektur interessant, bietet sie doch die Möglichkeit einer industriellen und preiswerten Herstellung von Bauelementen. Bereits heute profitiert die Architektur von CNC-Verbindungs- und Konstruktionslösungen aus dem Bereich des Maschinenbaus, indem diese in einen



2

architektonischen Maßstab übertragen und neu interpretiert werden. Dabei fließen die neuen technischen Möglichkeiten auch in die derzeitige architektonische Entwicklung freier Formen ein.

Blech ist ein wichtiger traditioneller Baustoff, der sich im 20. Jahrhundert aufgrund industrieller Bearbeitungsverfahren in der Architektur besonders als Verkleidungsmaterial etabliert hat. Als gewalztes Halbzeug aus Metall mit einer relativ geringen Stärke ist Blech ein weit verbreiteter Werkstoff, der auf einem hohen technologischen Niveau in präzise Produkte umgesetzt wird. Als Innovationsmotor für Forschung und Entwicklung gelten die Industriezweige des Maschinenbaus, insbesondere der Automobilindustrie. In diesen Branchen hat die Entwicklung computergesteuerter Bearbeitungsverfahren innerhalb der letzten zwanzig Jahre einen regelrechten Innovationsschub ausgelöst.

Experimentelle Blechdeformation

Den materiellen Eigenarten von Blech kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Durch Umformungsprozesse, wie z. B. Knicken und Beulen, kann Blech in eine äußerst widerstandsfähige Form gebracht werden. Traditionell erfolgt dies durch Biegemaschinen. Universale Biegewerkzeuge ermöglichen allerdings nur lineare Deformationen. Zudem sind geschlossene Profile nur schwer herstellbar. Und während es für Stahlprofile standardisierte Bautabellen gibt, braucht man für statische Voraussagen über die Tragfähigkeit komplexer Blechkonstruktionen so genannte »Finite-Elemente-Methoden«. Die Verwendung von digitalen Ketten, in die diese statischen Analyseprogramme implementiert werden können, erleichtert die Handhabung von Blech erheblich.

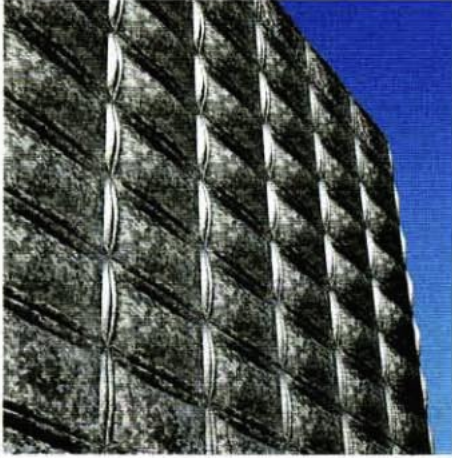
Ganz ähnlichen Problemen bei der Untersuchung von Blechqualitäten sah sich bereits Jean Prouvé (1901–1984) ausgesetzt, eine der Galionsfiguren der industriellen Fertigung sowohl in der Architektur als auch im Möbeldesign des 20. Jahrhunderts. Wesentliche Grundlage seiner Arbeiten waren die Metallverarbeitung und Stahlkonstruktion unterschiedlichster Maßstäbe. Prouvé selbst



3



4



- 1 Falzprinzip eines Stuhls
- 2 Blechkonturen nach dem Laserschweißen bei Fa. Trumpf
- 3 Stuhlrohling nach der Innendruckumformung
- 4 fertig gefalteter Stuhl
- 5 Prototyp einer Fassade aus aufgeblasenen Blechelementen
- 6–8 Formgebung durch Wasserdruck

- 1 *Folding principle for a chair*
- 2 *Sheet-metal contours after laser welding by Trumpf*
- 3 *Chair blank after hydroforming with internal pressure*
- 4 *Finished folded chair*
- 5 *Prototype for a facade of inflated sheet-metal components*
- 6–8 *Forming using hydropressure*

hatte diese Arbeiten als Experimente angesehen, als temporäre Kristallisationen in seinem Schaffens- und Entwicklungsprozess. Seine Experimentier- und Entwicklungsfreude bezog sich immer auf drei Ebenen: das Material, die Konstruktion und die Herstellungstechnik. Sein Ziel war es, Praktiken zu entwickeln, durch die konstruktive und funktionale Prozesse der Blechbearbeitung auf das Wesentliche minimiert werden konnten. Im Sinne einer Fortführung von Prouvé's experimentell-technologischer Auseinandersetzung mit dem Material Blech hat die Professur für CAAD begonnen, systematisch komplexe Deformationsprozesse zu untersuchen. Ein solcher Prozess der Deformation ist die so genannte »Innenhochdruck-Umformung« (IHU). Bei der ursprünglich in der Automobilindustrie entwickelten Methode werden Bleche unter hohem Druck in eine Form gepresst. Die bei dieser Fertigung anfallenden hohen Werkzeugkosten amortisieren sich dabei über die Stückzahl. Allerdings ist die Größe der zu produzierenden Teile wesentlich auch von den Werkzeugabmessungen abhängig.

»Freie-Innen-Druck-Umformung«

Die an der Professur für CAAD weiterentwickelte IHU-Methode, die so genannte »Freie-Innen-Druck-Umformung« (FIDU), hingegen bietet den Vorteil, bei der Blechbearbeitung ganz ohne Werkzeuge auszukommen. Die Formgebung wird dabei mittels der Geometrie des Zuschnitts (Kontur) und des verwendeten Innendrucks gesteuert. Dabei hat sich herausgestellt, dass der Einsatz des Lasers als universelles Trenn- und Verbindungsverfahren den idealen Produktionsschritt zur optimalen Vorbereitung der FIDU darstellt.

Zuerst werden die Konturen der Bleche mit dem Laser ausgeschnitten. Dabei muss ein 3–5 mm breiter Überlappungsrand für das anschließende Schweißen berücksichtigt werden. Dann werden die Konturen zwischen zwei Lehren gelegt und auf dem Schweißbisch befestigt. Für jede Form wird eine gegenüber der Kontur vergrößerte Lehre aus 4 mm starkem Blech ausgeschnitten.

Schließlich werden die beiden eng aufeinanderliegenden Bleche mit dem Laser verschweißt. Beim Zusammenschweißen wird das Material unter große thermische Spannungen gesetzt, wodurch lineare und punktuelle Verformungen entstehen, die jedoch von den Lehren aufgefangen werden. Wichtig ist eine regelmäßige Positionierung der Montagelöcher, damit thermische Umformungskräfte gleichmäßig aufgenommen werden können. Die Bewegungsabläufe des Schweißroboters werden dabei direkt über den Computer gesteuert oder manuell abgetastet.

Das anschließende »Aufblasen« der zusammengeschweißten Konturen erfolgt über das Einleiten von Wasser in den Zwischenraum. Der Wasserdruck zwischen 6 und 50 Bar bestimmt, wie weit sich die Bleche deformieren. Die zur Deformation benötigte Höhe des Wasserdrucks ist abhängig von der Geometrie und Materialdicke der Objekte. Die einmal erreichte Form bleibt nach Ablassen des Wassers stabil. Bei gleich bleibendem Materialaufwand sind die auf diese Weise erzeugten Formen um ein Vielfaches stabiler als vergleichbare Formen aus gekanteten Blechen. Bei Belastungstests wurden alle statischen Voraussagen weit übertroffen. Somit erhält man eine Bearbeitungsmethode, die die Freiheiten und das Potenzial des Laserschweißens und -schneidens konsequent auch in den Umformungsprozess fortführt – ermöglicht die FIDU-Methode doch auch nichtlineare und komplexe Deformationen. Die auf die Eigenarten des Werkstoffs Blech abgestimmten Verformungen des Materials führen zu einer bislang nicht mit Blechen in Verbindung gebrachten Formensprache und eröffnen der Architektur damit eine völlig neue Perspektive für diesen Werkstoff. Die FIDU-Methode macht aber auch deutlich, dass das Material Blech nicht so homogen ist, wie allgemein angenommen wird. So hat z. B. die Walzrichtung von Blechen einen entscheidenden Einfluss auf deren Verformungsverhalten. Das langfristige Ziel der Professur CAAD im Bereich der Blechbearbeitung ist es, präzise, mit dem Laser geschnittene und ge-

schweißte Bleche in leichte, hochwertige und stabile architektonische Konstruktionen umzuformen. Durch verschiedene Experimente wurden sowohl das Spektrum an Technologien als auch die physikalischen Eigenschaften des Materials untersucht. In einem nächsten Schritt sollen nun die Regeln der Umformung detailliert erforscht werden, um diese anschließend in den Entwurfsprozess integrieren zu können. Entscheidend dabei wird sein, die Parameter der Materialbearbeitung beim Ausschneiden und Aufblasen des Materials so zu wählen, dass die endgültige Form exakt der Entwurfsidee entspricht.

Mögliche Anwendungen in der Architektur

Die Stabilität, die durch diese Fertigungsmethode erreicht wird, lässt für die Architektur weitere konstruktive Anwendungsmöglichkeiten erahnen. So wäre es etwa denkbar, Bauelemente auf der Baustelle zunächst in die richtige Position und erst dann in die richtige Form zu bringen. Vor allem leichte und temporäre Bauten könnten so vom schnellen Aufbau und einfachen Transport profitieren. Zwar wird derzeit noch mit Designobjekten im kleineren Maßstab experimentiert, doch schon jetzt wird ein Effekt deutlich: Beschichtet und lackiert ähneln aufgeblasene Blechobjekte auf den ersten Blick dem Erscheinungsbild von Kunststoffen. Erst der Klang beim Klopfen verrät, dass es sich um ein Objekt aus Metall handelt. Noch ist die Verwunderung über aufgeblasene Blechformen groß. Doch die Aussicht, durch diese Methoden der Blechbearbeitung freie Formen besser konstruieren, produzieren und nicht zuletzt auch besser kontrollieren zu können, macht ein breites Interesse am Material Blech und eine größere Bedeutung innerhalb der Architektur wahrscheinlich.

Oskar Zieta ist Prozessdesigner, Dipl.-Ing. Architekt SIA und wissenschaftlicher Mitarbeiter der Professur für CAAD, Prof. Dr. Ludger Hovestadt, ETH Zürich www.blech.arch.ethz.ch

Philipp Dohmen ist Dipl.-Ing. Architekt und wissenschaftlicher Mitarbeiter der Professur für CAAD, Prof. Dr. Ludger Hovestadt, ETH Zürich