

Forschungsprojekt 2008.07

Design to Production-Lösungen bei dreidimensionalen Tragwerken

Schlussbericht

Projektziel:

Ziel der vorliegenden Untersuchung war, die Teilschritte der design-to-production-Kette zu untersuchen, die EDV-Schnittstellen zwischen der Geometrie und den maschinenfähigen Daten zu verbessern bzw. eine Ausgangslage zu schaffen, die die Verbesserungsmöglichkeiten aufzeigt.

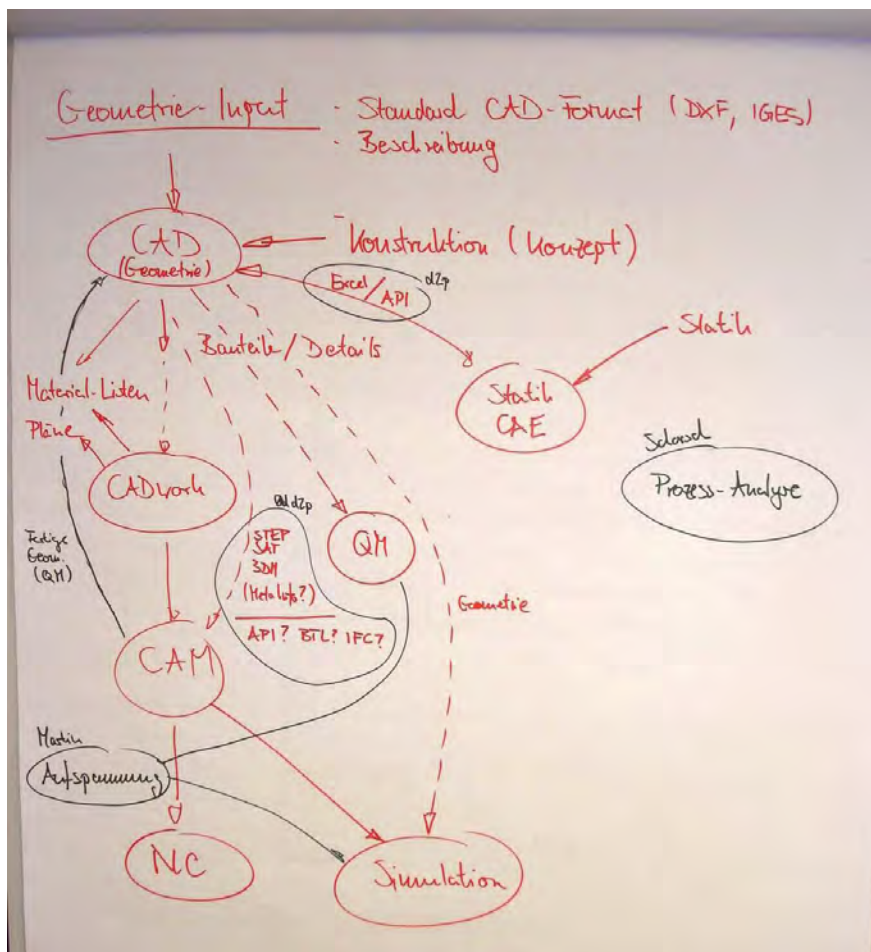


Abbildung 1: Projekt-Ausgangslage

Nach eingehender Analyse der IST-Situation wurden für diese Arbeit konkrete Arbeitsfelder und verschiedene Arbeitspakete definiert und sukzessive aufgearbeitet:

1. Schnittstelle Geometrie-Statik
2. Schnittstelle Geometrie-CAM
3. Produktionsprozess und Qualitätsmanagement – Datenerzeugung

1. Schnittstelle Geometrie-Statik

Forschungsziel: Vergleich der verschiedenen Optionen zum erstellen von Stabmodellen im CAE-System (z.B. R-Stab) aus den CAD-Geometriedaten (z.B. Rhino) – Export von Knoten und Stäben (Excel) // direkte Anbindung (RS.COM)

1.1. Zusammengefasstes Ergebnis der Projektarbeit

Eine direkte Schnittstelle zwischen CAD und CAE ist in den Arbeitsprozessen nur ganz am Anfang notwendig. Dann, wenn das Referenzmodell erstellt wird. Ab da genügt die Möglichkeit einer exakten Zuordnung der Bauteile/Einzelteile (Stäbe und Knoten) zwischen dem CAD- und dem Statikmodell. Deshalb ist es wichtig, ganz am Anfang ein feinkörniges Nummerierungssystem zu entwickeln und zu definieren und damit bereits das Geometriemodell zu entwickeln. Diese „Rohfassung“ kann dann für die Vordimensionierung übergeben werden. Anschliessend genügt der Informationsaustausch über Listen (z.B. Excel-Format)

Grundsätzlich treten bei allen Projekten mit komplexen Formen dieselben Probleme auf, unabhängig vom Material. Das beginnt bei der Entwurfsphase und zieht sich über Konstruktion und Detaillierung, Arbeitsvorbereitung und Fertigung bis zur Logistik und Montage.

1.2. Referenzfläche/Geometrie

Die mathematischen Grundlagen für die Beschreibung von gekrümmten Formen wurden ursprünglich in der Automobilindustrie entwickelt. In der Zwischenzeit sind die meisten CAD-Programme in der Lage, mit sogenannten „Splines“ (Freiformkurven) und NURBS (Non-Uniform Rational B-Spline Surfaces = Freiformflächen) zu operieren. Trotz der mathematisch exakten Definitionen und der mittlerweile sehr hohen Qualität der 3D-CAD-Kerne ist es jedoch niemals ratsam, sich als Benutzer völlig auf das CAD-System zu verlassen.

Erstens führen fast immer verschiedene Operationen zu augenscheinlich gleichen Formen, die sich auf den zweiten Blick dann doch deutlich voneinander unterscheiden. Minimale Unterschiede in der Parametrisierung einer NURBS-Fläche lassen sich mit blossen Auge kaum erkennen, führen aber schnell dazu, dass z.B. der Querschnitt eines Trägers plötzlich nicht mehr senkrecht auf der Mittelachse steht – was die statische Höhe und damit die Tragfähigkeit direkt beeinflusst. Ausserdem können durch eine bewusste Auswahl und Reihenfolge der Operationen die zwangsläufig auftretenden numerischen Probleme begrenzt werden, so dass Rundungsfehler innerhalb der zulässigen Toleranzen bleiben.

Zweitens ist es manchmal schwierig, ja mit „Bordmitteln“ der üblichen CAD-Programme fast unmöglich, die gewünschte Form in der notwendigen Qualität herzustellen – besonders wenn die Ausgangsinformationen unvollständig oder unscharf formuliert sind. Beim Centre Pompidou in Metz schon musste aus den Knotenpunkten eines 3D-DXF-Modells mit geraden Stäben eine kontinuierlich gekrümmte Referenzfläche für die Dachgeometrie generiert werden – schliesslich sollten am Ende gekrümmte Träger gefräst werden. Bei der gewünschten Form, mit ihren Öffnungen und extremen Krümmungswechseln an deren Rändern, waren die Leistungsgrenzen der üblichen CAD-Programme bald erreicht und schliesslich mussten Spezialisten aus der Automobilbranche (die Firma iCapp aus Zürich) herangezogen werden, um das Problem zu lösen.

Drittens ist für die effiziente Planung einer grossen Zahl individueller Einzelbauteile nicht das Endergebnis des 3D-Konstruktionsprozesses entscheidend, sondern die genaue Definition des Prozesses selbst. Die vielen Bauteile können niemals von Hand konstruiert werden. Nachdem das Konstruktionsprinzip definiert ist, wird ein sogenanntes „parametrisches Modell“ entwickelt: spezielle CAD-Werkzeuge, mit denen jedes der Einzelteile nach festgelegten Regeln automatisch von der Referenzgeometrie der Dachfläche abgeleitet werden können.

1.3. CAD-CAE Schnittstelle

Die statische Berechnung und der Nachweis für derartig komplex geformte Tragwerke bedingt eine Modellierung des gesamten Systems in einer entsprechenden Analyse-Software (CAE – Computer-Aided Engineering). Interessant ist hier, dass für die Tragfähigkeit von gefrästen BSH-Trägern (bei Yeouju und Metz) nicht nur die Trägerachsen und Querschnitte aus dem Geometrie-Modell übernommen werden müssen, sondern auch der Winkel, mit dem die Fasern des Rohlings angeschnitten werden. Da dieser Winkel von der Lage des Bauteils innerhalb des Rohlings abhängt, ist er einer der bestimmenden Parameter bei der optimalen Segmentierung der Träger. Um sicher zu stellen, dass er den Wert von 5° niemals überschreitet, wurde der maximale Faserschnittwinkel alle 25 cm entlang jedes Trägers berechnet – bei insgesamt 18.000 Laufmetern ergibt das im Falle von Metz gut 70.000 Einzelberechnungen. Da somit nicht nur Geometriedaten vom CAD- in das CAE-Modell übertragen werden müssen, fallen die reinen Geometrie-Austauschformate wie DXF aus. Stattdessen wurden Koordinaten- und Winkellisten aus dem Geometriemodell generiert, aus denen auf der Seite der Tragwerksplaner – wiederum mit Hilfe von speziell programmierten Tools – das CAE-Modell erzeugt wurde.

2. Schnittstelle Geometrie-CAM

Forschungsziel: Vergleich der verschiedenen Optionen zum Erstellen von CAM-Modellen (z.B. Alphacam) aus den CAD-Geometriedaten (z.B. Rhino). – Export von Geometrie (3DM, STEP, SAT, IFC) ggf. mit Zusatzinfos

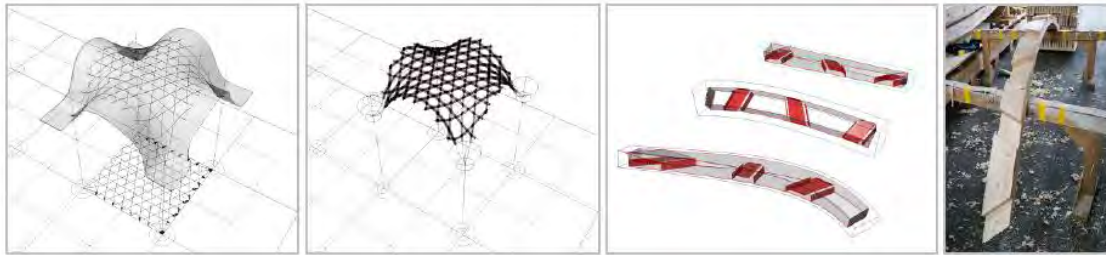
- Generieren von Bearbeitungsdaten (.BTL)
- Direkte Anbindung (COM)

2.1. Zusammengefasste Ergebnisse der Projektarbeit

Um Projekte mit Freiform-Geometrie planerisch in den Griff zu bekommen, muss zunächst die CAD-Software mit solchen Formen (Splines und NURBS) umgehen können. Das lässt sich leider noch nicht von jeder Software behaupten. Insbesondere bei Branchenlösungen für den Holzbau sind die Ausnahmen eher die Regel, und gekrümmte Flächen werden – wenn überhaupt – als polygonalisierte „Dreiecks-Meshes“ verarbeitet. Aber die meisten Hersteller haben das Problem erkannt und versprechen Abhilfe in den kommenden Versionen. Durch die hohe Anzahl individuell zu planender Einzelteile ist es ausserdem unabdingbar, dass sich Konstruktionsschritte auf einem hohen Niveau automatisieren lassen. In der Regel geschieht das mit Hilfe sog. „parametrischer Modelle“, in denen keine festen Formen definiert werden, sondern Regeln, nach denen die Form eines Objekts in Abhängigkeit von bestimmten Parametern und anderen (bestehenden) Objekten konstruiert wird. Ausgewachsene „Parametrische Modellierer“ sind bei CAD-Programmen momentan noch eher selten und eher im Automobil- und Flugzeugbau zu finden (zu entsprechenden Preisen). Aber wenn das CAD-Programm eine Programmier- oder Scripting-Schnittstelle besitzt, können für die einzelnen Konstruktionsschritte massgeschneiderte CAD-Befehle (sog. Plug-Ins) entwickelt werden, die annähernd dieselbe Funktion erfüllen.

Sowohl das Centre Pompidou Metz als auch das Yeouju-Dach wurden so mit der CAD-Software Rhinoceros von McNeel und projektspezifischen Plug-Ins konstruiert. Im Falle von Yeouju war der Ausgangspunkt eine Referenzfläche für das entsprechende Dachelement. Die Trägerachsen wurden zunächst in der Ebene generiert (mit Winkeln und Abständen als Parametern), dann auf die Referenzfläche projiziert. Ausgehend von dieser Trägerachse wurden die Trägerquerschnitte und das Trägervolumen generiert, dann die optimale Segmentierung der Träger (halbautomatisch), die

Bearbeitungsflächen der tordierten Blattverbindungen und Schifterschnitte, die Position der Elementverbinder usw.

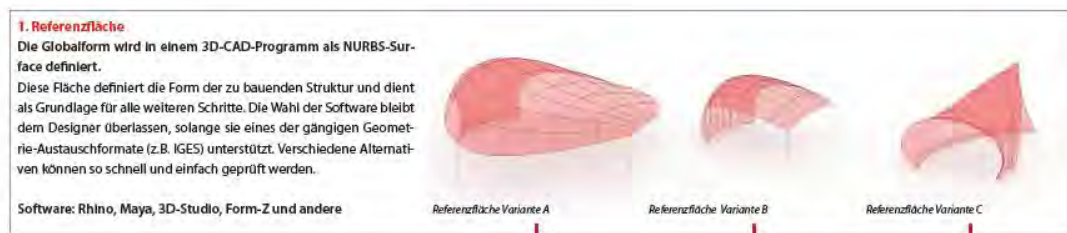


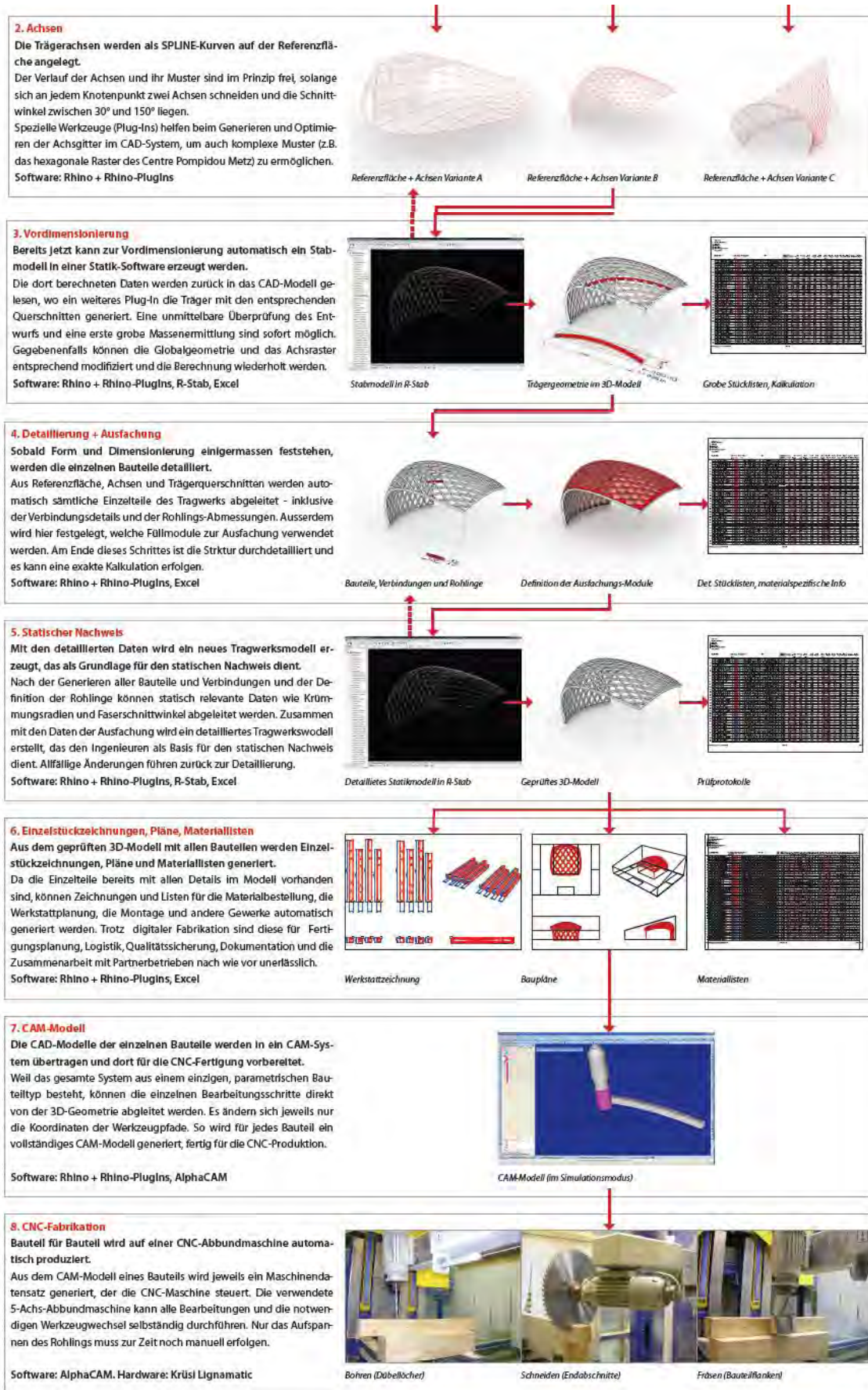
Bis die Holzbau-CAD-Programme die o.g. Anforderungen erfüllen, ist ein zweistufiges Planungsmodell sinnvoll. Die exakte 3D-Geometrie wird mit einer entsprechend leistungsfähigen CAD-Software wie Rhinoceros konstruiert bzw. automatisch generiert. Diese wird anschliessend per Standard-Schnittstelle (z.B. SAT) in die Branchensoftware (z.B. Cadwork) importiert und dort zum Erstellen von Einzelstückzeichnungen, Materiallisten etc. verwendet.

2.3. CAD-CAM Schnittstelle

Das grösste Verbesserungspotential bei der Umsetzung komplexer Formen liegt bei der Schnittstelle zwischen Geometrie und NC-Fertigung. Die branchenspezifischen Softwarelösungen decken an dieser Stelle die Standardaufgaben weitgehend ab, Sonderfälle können aber praktisch nicht bearbeitet werden. Doppelt gekrümmte Träger mit entsprechend komplexen Detailbearbeitungen müssen als Einzelstücke im CAM-System programmiert werden. Als Grundlage dienen bei beiden Beispielprojekten die detaillierten 3D-Modelle, die neben dem Bauteilvolumen auch Flächen für die Detailbearbeitungen enthielten – z.B. die drei Flächen einer Ausblattung. Dass aus den Sonderfällen irgendwann Standardfälle werden, die von einem CAM-System automatisch in NC-Bearbeitungen umgesetzt werden, ist nicht anzunehmen – allein schon deswegen, weil der Markt für diese Art von Aufgaben in keinem Verhältnis zum nötigen Aufwand steht. Fünf- und mehrachsige Bearbeitungen sind grundsätzlich mehrdeutig. Es führt – im Gegensatz zu dreiachsigen Bearbeitungen – stets mehr als ein Weg zur nächsten Position. Um alleine aus der gewünschten Geometrie eine Bearbeitungsstrategie zu entwickeln, müssen sehr viele Nebenbedingungen ausgewertet werden, die oft gar nicht verfügbar sind – z.B. das aktuelle Volumen des Bauteils während der Bearbeitung um die Anfahrtswege zu optimieren. Vielversprechender ist der Ansatz, sich auch hier die grosse Anzahl der Bauteile zunutze zu machen, die alle nach denselben Regeln gefertigt werden, und projektspezifische Erweiterungen für die jeweilige CAM-Software zu entwickeln. Welche Möglichkeiten hier bestehen, ist Gegenstand dieses Forschungsprojektes.

Zusammenfassend lassen sich die oben geschilderten Schritte etwa folgendermassen darstellen (Idealvorstellung):





3. Produktionsprozess und Qualitätsmanagement

Forschungsziel: Aufarbeitung IST-Situation der Datenerzeugung/ Lösungsansätze für Definition von Anforderungen an künftiges CAD/CAM System.

- Aufspannung, Nullpunkte etc.
- Rohling und Endergebnis
 - Einzelstückzeichnungen, Listen etc.
 - Erzeugung von Bestellungen-Daten
 - Erzeugung von Fertigungs-Daten
 - Erzeugung von Aufspannungs-Daten
 - Möglichkeiten bei Endkontrolle
- Aufarbeiten von Vergleichsprojekten (sowohl krumm als auch gerade), um quantitative Aussagen über Einsparungspotential etc. treffen zu können

3.1. Beschreibung des Entwicklungsstandes heute

Bis anhin wurden die Daten zur Bestellung aus dem Programm heraus erzeugt, in dem auch die Konstruktionsdetails verarbeitet werden. In diesem 3D-Model laufen alle Fäden zusammen. Statik-, Architektur-, und Fertigungs-Informationen werden gehalten und zu erforderlichen Aktionen abgerufen. Die Bestell-Daten werden direkt aus dieser Datei heraus erzeugt. Bei ein-, oder zweisinnigen Bauteilen ist es aber notwendig, spezielle Rohlinge zu erzeugen. Die Form dieser Rohlinge weicht unter Umständen von der Endgeometrie des fertigen Bauteils ab, z.B. um einen Rohlingstyp für mehrere verschiedene Bauteile verwenden zu können. Diese Rohlinge haben dann an den entsprechenden Stellen ein gewisses Übermaß. Es muss allerdings sichergestellt sein, dass durch die Zusammenführung der Bauteile zu einem Rohling die neu entstandenen Faseranschnittswinkel eventuell neu berechnet und geprüft werden. Oftmals werden auch für parabelförmige Bauteile ein „Radius-Gebogener Rohling“ erstellt, da die Daten hierfür in den Herstellerfirmen besser benutzt werden können. Ebenso muss zu jedem Rohling zwingend eine Einzelstückzeichnung angefertigt werden auf der die notwendigen Informationen zur Herstellung angegeben sind.

Bei Chesa Futura wurde das für jedes der ca. 1500 Teile einzeln mit den Möglichkeiten des CAD's erstellt. Bei einsinnigen Bauteilen sind die automatischen Ausgaben zur Einzelstückzeichnung jedoch nicht sehr groß und erforderten viel Handarbeit. Die Bauteile dieses Bauwerkes konnte ausschließlich aus einsinnigen Rohlingen gefertigt werden.

Bei Metz wurde ein anderer Weg beschritten. So wurden die Rohlinge für die 1800 Bauteile über eigens programmierte Makros, direkt aus dem CAD zu fertigen Zeichnungen herausgeschrieben. Alle benötigten Informationen, seien es die verschiedenen Radien, benötigte Abstände zur Pressenstellung oder auch Attribute die direkt am Bauteil hängen, können individuell angegeben werden. In diesem Schritt wurden auch weiter benötigte Dateien (pdf, dwg, sat) gleich mit erzeugt. Eine enorme Erleichterung. Bei den zweisinnigen Bauteilen hat man sich mit dem Hersteller auf die Übergabe von 3d-Daten geeinigt. Das heißt auf die 2d-Darstellungen mit Einzelstück-Zeichnungen wurde komplett verzichtet. Es wäre aber möglich gewesen, auch solche komplizierten Bauteile mit einem speziell programmierten Makro, entsprechend auszugeben.

Die Listen für Laufmeter und Massen wurden wiederum direkt aus dem CAD generiert. Für die Brauchbarkeit dieser Listen ist es aber notwendig, dass die Attribute der Bauteile wie z.B. Name, Material, oder Achsbezeichnungen sehr differenziert ausgegeben werden können.

Ermitteln der Daten zur Aufspannung: (Beispiel Chesa Futura, Metz)

Die Information zur Bauteillage auf der Maschine kommt ebenfalls aus dem 3d-Modell. Eine geschickte Erzeugung der lokalen Bauteilachsen im CAD trägt maßgeblich dazu bei wie schnell ein Bauteil im CAM-System positioniert werden kann.

Bei Metz wurden die Maße der Rohlinge auf die Maschinenabmessungen abgestimmt. So durfte der Rohling eine bestimmte Höhe, oder die Stichhöhe des Bogens einen bestimmten Wert nicht überschreiten. Auch der minimale und maximale Drehwinkel der Spindel wurde berücksichtigt, so dass eine gewisse Sicherheit vorhanden war die Bauteile generell bearbeiten zu können. Beim Generieren der Rohlinge wurde auch zusätzlich ein Volumenkörper erzeugt und mitgeführt, um später eine Kollision von Werkzeug und Maschinenteilen bei der automatischen Positionierung abzufangen. Die Lagekontrolle wurde mit einer Fräsbahn, die die maximalen Ausdehnungen des Bauteils beschreibt auf der Oberseite des Rohlings kontrolliert. Befand sich die Fräsbahn an allen Stellen auf dem Holz war gewährleistet, dass das Bauteil keine Fehlstellen haben wird. War das nicht der Fall, musste das Bauteil so lange in seiner Lage verändert werden, bis die komplette Fräsbahn in das Holz eingefräst war. Die 6-seitigen Bearbeitungen waren nicht in einer Aufspannung zu bewerkstelligen. Daher war es notwendig, das Bauteil um die Längsachse um 180 Grad zu drehen. Eine solche Drehung erfordert meistens entsprechende Negativformen oder andere Hilfsmittel um das Bauteil präzise zu positionieren. Dieser diffizile Vorgang wurde erschwert, da die Auflagefläche des Bauteils in der ersten Aufspannung schon 5-Achsig abgefräst wurde. Die Daten für die neue Position wurden bei diesem Umspannvorgang direkt über das CAM ermittelt. Auch dafür wurde ein spezielles Makro programmiert.

Ermitteln der Daten zur Fertigung: (Beispiel Chesa Futura, Metz)

Auch die Bearbeitungen der Bauteile ergeben sich direkt aus dem 3d-Modell. So wurden die Bohrungen, Abschnitte, Verdrehungen und andere Bearbeitungen ins 3d Modell eingearbeitet und am Bauteil verschnitten oder weggerechnet. Diese Geometrie Informationen werden dann bei der Ausgabe in das CAM System übernommen. Im CAM selbst werden nun die Werkzeuge definiert und der Bearbeitung zugeordnet. Letztendlich wird ein Maschinencode aus dem CAM heraus erzeugt, und das Bauteil auf der Maschine bearbeitet. Es hat sich aber gezeigt, dass nicht jede CAM-Software in der Lage ist, den erforderlichen Abtrag rein aus der Geometrie von Rohling und Fertig-Bauteil zu errechnen. Das hat zur Folge, dass sehr viele Wege in der Luft d.h. ohne Abtrag gefahren werden. Das lässt die Produktionszeit natürlich in die Höhe schnellen. Durch weitere spezielle Makros im CAM wurde beim Projekt Metz, der NC-Code von diesen „Leerwegen“ bereinigt.

Ermitteln der Daten zur Endkontrolle: (Beispiel Chesa Futura, Metz)

Die Daten zur Endkontrolle wurden bei den Projekten Metz und Chesa-Futura mit den herkömmlichen Mitteln im CAD bewerkstelligt. Für die einsinnigen Bauteile wurden Datenblättern mit den wichtigsten Maßen erstellt, die dann der Maschinist noch auf der Maschine nachmessen konnte. Für die zweisinnigen Bauteile gestaltete sich das entsprechend aufwendig, da hier die realen Längen aus dem 3d-Modell herausgemessen werden mussten. Diese Werte wurden dann auf ein Datenblatt übertragen und ebenso auf der Maschine überprüft. Aufgrund des Aufwandes wurden diese Teile aber nur sporadisch kontrolliert.

Benötigter Zeitvergleich einsinnig gebogene Bauteile zu Standardbauteilen.

Da bei Chesa Futura ausschließlich einsinnige Rohlinge und Fertigbauteile zum Einsatz kamen, war der zeitliche Aufwand zum Erstellen im CAD erheblich.

Auch waren viele Techniken der Automatisierung nicht bekannt oder konnten im eingesetzten CAD nicht angewendet werden. Der Vorgang zum Erstellen einsinniger Träger im CAD bedeutet einen 5-7mal höheren Aufwand als das Erzeugen eines Standardbauteils. Ähnlich verhält es sich mit der Einzelstückzeichnung die zum Bestellen solcher Teile unabdingbar ist. Auch hier kann mit einem Faktor 5-7 gerechnet werden. Das Ausgeben der entsprechenden Listen bleibt annähernd gleich, da hier auf dieselben Funktionen im CAD zugegriffen wird.

Zeitvergleich zweisinnig gebogene Bauteile zu Standardbauteilen.

Diese Art Rohlinge und Fertigbauteile herzustellen stellt sicher den höchsten Aufwand dar, den man im Holzbau betreiben kann. Der Vergleich zu Standard-Bauteilen lässt sich hier nicht eindeutig definieren und schwankt sicherlich mit den Möglichkeiten der Hersteller, die man auch an einer Hand abzählen kann. Die Vorgehensweise beim erstellen solch komplizierter Geometrie ist eine gänzlich andere wie im „normalen“ Ing. Holzbau. Das beginnt mit der Geometriefindung, geht über die Programmierung der verschiedenen Plugins zu Erzeugung der Bauteile in einem speziellen CAD, bis hin zur Ausgabe der Bauteile für die entsprechende Weiterverarbeitung. Ein Faktor 50-70 zu Standardbauteilen ist sicher nicht zu hoch gegriffen.

3.2. Lösungsansätze / Definition von Anforderungen

Datenerzeugung Bestellung ein- und zweisinniger Bauteile

Erforderliche Listen mit m1, m2 und m3 sowie Zeichnungen und Pressbettstellungen lassen sich direkt aus dem CAD erzeugen. Allerdings sind hier die Möglichkeiten des jeweiligen CAD's maßgeblich. Bei den Standard-Holzbauprogrammen können gebogene und verdrehte Bauteile nur mit Mehraufwand und einigen Tricks in eine Listenform ausgegeben werden. Auch die Einzelstückzeichnungen zur Bestellung müssen weitestgehend manuell erstellt werden. Pressbettstellungen lassen sich mit einigen Modulen von Holzbau-Programmen jedoch schon recht komfortabel erzeugen. Abwicklungen von 2-sinnigen Bauteilen zur Bestimmung der Lamellenstärken können aber aus solchen Programmen heraus nicht generiert werden

Ideal wäre die Ausgabe der Daten aus einem parametrischen Modell. Hier könnten alle benötigten Daten individuell ausgegeben werden. Ob Listen, Zeichnungen, Export-Dateien oder sonstige Spezialfälle wie die Angabe der Torsion um die Längsachse bezogen auf 1m Länge, können programmiert und ausgegeben werden. Das heißt aber, dass die Datenaufbereitung nur genau für dieses eine Projekt speziell programmiert wird. Eine erneute Verwendung dieser Plugins bei anderen Projekten unwahrscheinlich, jedoch lässt sich das Grundgerüst dieser Programmierung sicherlich wiederverwenden. Dazu benötigt es natürlich eine entsprechende personelle Besetzung, die Programmierer Erfahrung mitbringen muss, und sich auch mit den besonderen Eigenschaften des Holzes auskennt.

Datenerzeugung Aufspannung ein- und zweisinniger Bauteile

Die Daten zu den Aufspannungen sind sehr individuell und unterscheiden sich von Bauteil zu Bauteil. Hier kommt man ebenfalls nicht um eine Zeichnung für den Maschinenbediener herum, die die genaue Lage des Rohlings auf der Maschine beschreibt. Allerdings werden diese Daten aus dem CAM erzeugt. Es ist also abhängig davon, welche Werkzeuge im CAM existieren um eine Aufspannung zu bemaßen und zu beschreiben. Oft müssen auch spezielle Spannvorrichtungen berücksichtigt werden oder der Abstand zu bestimmten Maschinenbauteilen wird bemaßt. Hinzu kommt, dass der bestellte Rohling nicht immer die Form des gelieferten Rohlings hat. Abweichungen bis zu 30mm erschweren die Positionierung der Rohlinge. Hier sind Einrichtungen, wie Projektions-Laser eine unverzichtbare Hilfe für den Maschinisten. Durch die Projektion von Kanten des fertigen Bauteils mit einem Laser auf den Rohling, ist es möglich diesen schnell und effizient zu positionieren. Die Möglichkeiten solche Projektionen aus dem CAM heraus zu realisieren bedürfen aber immer wieder Sonderprogrammierungen seitens des CAM Herstellers. Allerdings ist diese Art der Projektion nur bei einsinnigen Teilen sinnvoll nutzbar.

Bei zweisinnigen Bauteilen gestaltet sich die Aufspannung weitaus schwieriger, da hier spezielle Negativ-Formen vorgefräst oder Auflagerteile eingestellt werden müssen, um die Rohbauteile schon in der ersten Aufspannung richtig zu positionieren. In der CAM Software ist die Datenaufbereitung solcher Hilfsmittel zur Aufspannung reine Handarbeit und nimmt sehr viel Zeit in Anspruch. Auch die maschinenseitige Ausrüstung spielt eine entscheidende Rolle. Solche Hilfsmittel sind Einzelanfertigungen und auf den entsprechenden Maschinentyp ausgelegt.

Die größte Aufgabe besteht aber darin, den Rohling so aufzulegen, dass das zu fräsende Teil auch herausgearbeitet werden kann. Ein Scannen oder Vermessen der zweisinnigen Rohlinge beim Wareneingang und das Importieren der Daten ins CAM sowie der Rohteil - Zielteil Vergleich wäre hier

der richtige Weg. Dieser ist jedoch sehr kostenintensiv. Die Technik ist aber mittlerweile verfügbar und wird im Metallbau z.B. beim Positionieren von Schiffsschrauben Rohlingen erfolgreich eingesetzt.

Für größere Projekte mit vielen Bauteilen mit Stückzahl 1 bietet sich natürlich wieder das parametrische Modell an. Hier kann ganz individuell für die entsprechenden Anforderungen programmiert werden.

Datenerzeugung Fertigung ein- und zweisinnig gebogener Bauteile

Die Ermittlung der Fertigungsdaten ist natürlich ein zentraler Teil im gesamten Fertigungsprozess. Hier wird in erster Linie auf CAM Systeme gebaut an deren Ende ein lauffähiges Programm für die Maschine herauskommt. Die Handhabung der einzelnen CAM-Software ist allerdings sehr unterschiedlich. Automaten halten nur langsam Einzug, sind auf die Erfordernisse des Metallbaues zugeschnitten und beschränken sich hauptsächlich auf das Bohren und dem Taschenfräsen. Es haben aber doch auch schon einige CAM-Software-Hersteller den Baustoff Holz entdeckt und bieten spezielle Holz-Module an. Die Bearbeitungen müssen allesamt „von Hand“ definiert werden und dauern dadurch entsprechend lange. Zwar ist es möglich für wiederkehrende Aufgaben entsprechende Makros zu schreiben zu lassen, diese decken aber unter Umständen nur ein Teil der Erfordernisse ab.

Als einziger Hersteller geht Lignocam hier einen anderen Weg. Dieses spezielle Holzbauprogramm nimmt die Vorbereiteten Daten aus einem CAD mittels der BTL-Schnittstelle entgegen. Die Bearbeitungen sind in diesem Datenformat parametrisiert und werden im CAM zu Bearbeitungswegen zusammengesetzt. Das funktioniert bei Standardbauteilen ganz gut und auch bei einsinnig gebogenen Bauteilen werden gute Resultate erzielt. Für zweisinnige Bauteile die aus einem einsinnig gebogenen Rohling herausgearbeitet werden, oder für zweisinnig gebogene Roh- und Fertigbauteile existieren zurzeit keine Bearbeitungsstrategien in Lignocam. Auch die Anforderungen im 5-Achs-Bereich sind nur unzureichend abgedeckt.

So bleibt für viele hochkomplexe Bauteile in einer Konstruktion wiederum nur die Ausgabe aus einem parametrisierten Modell. Die Möglichkeiten haben sich hier durch das Steuern der unterschiedlichsten Software „von außen“ aber drastisch erweitert. Mittlerweile ist es möglich, CAM-Software vom CAD aus durch ein sogenanntes Plugin zu steuern. Damit kann die komplette Programmierung des Bauteils in einem CAM automatisiert werden, geeignete Möglichkeiten auf CAM-Seite vorausgesetzt. Der größte Vorteil diese Methode ist jedoch, dass der produzierenden Firma die Möglichkeit gegeben wird, mit dem Hauseigenen CAM zu arbeiten und in den Fertigungsprozess eingreifen zu können. Das ist bei der direkten Ausgabe von Maschinendaten aus einem externen Plugin heraus nicht der Fall. Treten hier Fehler auf, ist die produzierende Firma auf denjenigen angewiesen, der das Plugin programmiert hat.

Datenerzeugung Endkontrolle ein- und zweisinniger Bauteile

Die Daten zu Endkontrolle befinden sich idealer Weise auf einer separaten Zeichnung die speziell für diesen Zweck angefertigt wurde. Hier sind Masse zu finden die ein direktes Nachmessen des fertigen Bauteils ermöglichen. Bei ebenen einsinnigen Bauteilen sind z.B. Sehnenmasse oder Stichhöhen der Bauteile problemlos messbar. Auch Entfernungen zwischen exponierten Punkten oder Kanten sind messbar. Allerdings ist der Aufwand für Masse die nicht in der aktuellen Betrachtenebene liegen entsprechend hoch und müssen oft mühsam aus dem 3d-Modell herausgemessen und auf das Datenblatt übertragen werden. Insbesondere bei zweisinnig gebogenen Bauteilen ist da sehr viel Handarbeit notwendig, da bei diesen Bauteilen die eigentliche Bemessungsebene fehlt.

Weitere Möglichkeiten der Endkontrolle existieren direkt auf der Maschine. So können z.B. Bauteilkanten nach der Bearbeitung mit dem Projektionslaser auf dem Bauteil dargestellt werden.

Ebenso sind Messtaster die nach erfolgter Bearbeitung gewisse Punkte auf dem fertigen Werkstück anfahren und die exakten XYZ Koordinaten des Punktes messen im Metallbau durchaus üblich, im Holzbau hat sich diese Vorgehensweise noch nicht etabliert. Auch ein kompletter Scan des fertigen Bauteils und der Abgleich mit dem 3d-Modell im Computer ist denkbar. Diese Technik ist aber durch die Bauteilgröße, die im Holzbau erreicht wird, sehr kostspielig.

Zusammenfassung

Unsere Analyse im Projektteam hat einzelne spezifische Handlungsfelder aufgezeigt, die mit den notwendigen personellen und technischen Ressourcen relativ einfach umsetzbar sind. Die entsprechenden Schritte wurden bereits eingeleitet und an verschiedenen Objekten getestet.

Unsere Untersuchungen haben jedoch auch die Grenzen der vorhandenen, holzbauspezifischen CAD- und CAM-Softwarelösungen aufgezeigt. Wenn der Holzbau das Thema „Freiform“ erschliessen und die technischen Möglichkeiten dafür verbessern möchte, sind hier grundsätzliche Schritte erforderlich. Die heutigen Lösungen genügen solchen Ansprüchen nicht und/oder müssen weiterentwickelt werden. Das Ziel wäre:

- Vereinfachungen in der gesamten Kette von der Referenzfläche bis zur CNC-Fabrikation
- Senkung des Programieraufwandes durch Parametrisierung und bessere Verfügbarkeit/Austausch von Daten.

Gossau, 7. Mai 2010/ Das Projektteam/ Katharina Lehmann