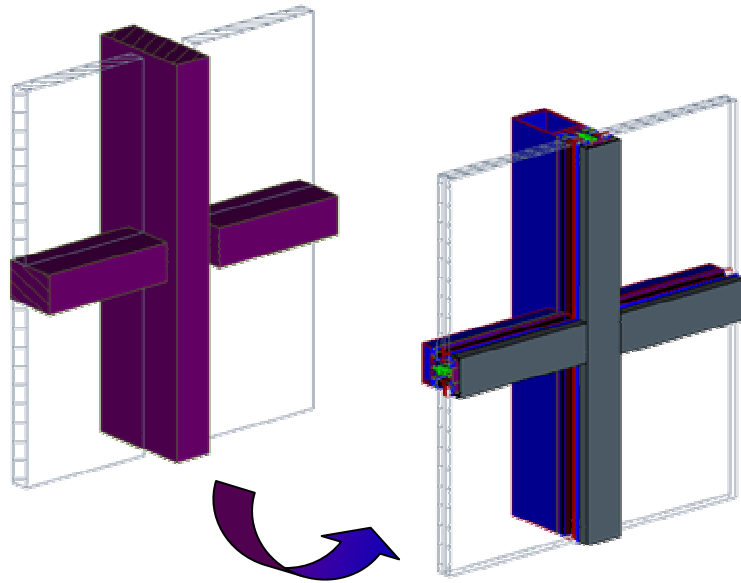


Lehr- und Forschungsgebiet für  
Theoretische Methoden und Angewandte Informatik

Fachbereich D, Abteilung Bauingenieurwesen

Bergische Universität Wuppertal



## **CAD - Methoden des Konstruktionsprozesses im Glasbau**

- Wissensakquisition, Forschung und Entwicklung -

Krisztián Hegedűs

Wuppertal, Juni 2004



CAD - Methoden  
des Konstruktionsprozesses im Glasbau

- Wissensakquisition, Forschung und Entwicklung -

Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades

DOKTOR-INGENIEUR

des Fachbereichs D, Abteilung Bauingenieurwesen

der Bergischen Universität Wuppertal

von  
Krisztián Hegedűs

Wuppertal, Juni 2004

# Dissertation

Dissertationsschrift eingereicht: 26. Januar 2004

Mündliche Prüfung und Disputation: 29. Juni 2004

Gutachter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Georg Pegels  
apl. Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. (SK) Dietrich Hoeborn

Vorsitzender: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Reinhard Harte

## Vorwort

Mein besonderer Dank gilt Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Georg Pegels für die Unterstützung dieser Arbeit und für die vielfältigen Anregungen, die er mir während dieser Jahre gab.

Herrn Univ.-Prof. Dr.-Ing. Dietrich Hoeborn danke ich für das Interesse an meiner Arbeit und die Übernahme des Koreferats.

Herrn Dr.-Ing. Heinz-Dieter Koch danke ich für die „ersten Schritte“ und die immer gründlichen Erklärungen.

Herrn Dipl.-Ing Hans Bischof möchte ich für seine unermüdliche und gut gelaunte Hilfestellung danken, die ermöglichte, das scheinbar Unlösbare zu realisieren.

Herrn Dipl.-Ing Tamás Vadas danke ich für die langjährigen Zusammenarbeit, die immer wieder zu neuen Ideen führte.

Weiterhin danke ich allen meinen Kolleginnen, Kollegen und den vielen Menschen, unter anderem Alexander, Christian, Ingo, Mathias, Peter, Torsten und Wibke, die durch ihre Zusammenarbeit, Hilfeleistung und Diskussionsbereitschaft ganz wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Nicht zuletzt danke ich Angela und meinen Eltern für die tatkräftige Unterstützung, die zur Erstellung dieser Arbeit erforderlich war.

Juli 2004

Krisztián Hegedűs



# **Zusammenfassung**

## **CAD - Methoden des Konstruktionsprozesses im Glasbau**

Das Ziel dieser Arbeit besteht darin, durch die tiefgreifende Untersuchung allgemeiner Glasfassaden eine komplette und hochautomatisierte, theoretisch fundierte und auch praktische Lösung für Konstruktionsprozesse im Glasbau anzubieten.

Im Hinblick auf ein integriertes CAD-System wurde die Aufgabe von der Konstruktion bis zu den Fertigungsunterlagen schlüssig behandelt.

Basierend auf einer Machbarkeitsstudie in einer realen CAD-Umgebung wurden die hier vorgestellten Konzepte erarbeitet und schließlich Lösungsmöglichkeiten für die festgestellten offenen Probleme des Glasbaus dargestellt.

Die innovativen Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind auch auf andere Gewerke der Ingenieurwissenschaft übertragbar. Sie vereinfachen und beschleunigen den Konstruktionsprozess und machen ihn systematisch fehlerfrei.





## **Abstract**

### **Application of CAD methods in the design process of glazing systems**

The goal of this thesis is to propose a complete and highly automated, theoretically sound and practical solution for design processes of glazing systems through a detailed analysis of general glass cladding.

The challenge was to manage the complete process from construction to manufacturing in an integrated CAD-system.

The concepts presented here were developed and tested in a feasibility study in a real CAD-environment and finally the proposed methods were reviewed in the light of most commonly occurring problems in the glazing industry.

The innovative results of this work, which could be applied as well to other areas of engineering, provide simplification and acceleration of the design process and bring in systematic accuracy.



# Összefoglalás

## CAD módszerek függőnyszerkezetek tervezési folyamatához

Ezen munka célkitűzése az általános üvegfal szerkezetek mélyre ható tanulmányozását követően, a függőnyszerkezetek tervezéséhez elméleti tudáson alapuló, ugyanakkor a gyakorlati szempontokat is figyelembe vevő, teljes értékű és nagy hatáskkal automatizált CAD tervezési megoldás nyújtása.

A szóban forgó elgondolások a szerkezettervezéstől a gyártmányozásig, egy integrált CAD-rendszer igényeit figyelembe véve kerültek kidolgozásra.

Első sorban egy valós CAD környezetben készített megvalósíthatósági tanulmányon alapuló rendszer kifejlesztésére, végül pedig a munka során felmerülő még nyitott kérdésekre adott megoldási lehetőségek ismertetésére került sor.

Jelen munka innováció jellegű eredményei, melyek a mérnöktudományok más területeire is szabadon átruházhatóak, a tervezési folyamat hibamentes környezetben történő egyszerűsítését valamint meggyorsítását eredményezik.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1.</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
<b>1.1.</b>	<b>KLASSIFIZIERUNG VON GLASBAUTEN</b>	<b>2</b>
<b>2.</b>	<b>SYSTEMATIK ALLGEMEINER GLASFASSADEN</b>	<b>3</b>
<b>2.1.</b>	<b>FASSADEN</b>	<b>4</b>
2.1.1.	Randbedingungen von Fassaden-Systemen	5
2.1.2.	Formuntersuchung	5
2.1.3.	Wesentliche Fassadenformen der Praxis	7
<b>2.2.</b>	<b>PROFILFORMEN UND MATERIALIEN</b>	<b>11</b>
2.2.1.	Glasscheiben	11
2.2.2.	Befestigungsprofile	12
2.2.3.	Zusatzteile	14
<b>2.3.</b>	<b>PFOSTEN-RIEGEL-ANSCHLÜSSE</b>	<b>15</b>
<b>2.4.</b>	<b>TECHNISCHE UNTERLAGEN</b>	<b>17</b>
2.4.1.	Zeichnungen	17
2.4.2.	Stücklisten	21
<b>2.5.</b>	<b>SONDERFÄLLE</b>	<b>26</b>
2.5.1.	Ganzglasfassaden	26
2.5.2.	Windfanganlagen	28
2.5.3.	Belüftung, Entwässerungsebenen	28

<b>3.</b>	<b>MACHBARKEITSSTUDIE ZUR KONSTRUKTION VON GLASFASSADEN MIT CAD PROGRAMMEN</b>	<b>31</b>
<b>3.1.</b>	<b>3D-CAD-TECHNIK</b>	<b>31</b>
3.1.1.	Dimensionen	34
3.1.1.1.	2-dimensionale Systeme	35
3.1.1.2.	2,5-dimensionale Systeme	36
3.1.1.3.	3-dimensionale Systeme	37
3.1.2.	Grundlagen zu Theoretischen Methoden des Konstruktionsprozesses	37
3.1.2.1.	Drahtmodelle	40
3.1.2.2.	Flächenmodelle	40
3.1.2.3.	Volumenmodelle	41
3.1.2.4.	Produktmodell	45
3.1.3.	Visibilitätsalgorithmen	46
3.1.4.	Datenübertragung	47
<b>3.2.</b>	<b>CAD LEISTUNGEN</b>	<b>49</b>
3.2.1.	Werkzeuge und Strategie für objektorientiertes Design und Codierung	49
3.2.1.1.	AutoLISP (AutoCAD)	50
3.2.1.2.	C++	50
3.2.1.3.	FFEIN7 (Bocad-3D)	50
3.2.1.4.	Java	50
3.2.1.5.	Visual Basic	51
3.2.2.	Konzeption und Implementierung von Glasfassaden- Methoden in einem realen CAD-System	51
3.2.2.1.	Der Systemaufbau	53
3.2.2.2.	Das rechnerinterne Produktmodell	53
3.2.2.3.	Der Wissensverarbeitungsprozess	54
3.2.2.4.	Die Wissensbasis	55
3.2.3.	Grundlagen und Werkzeuge von Konstruktionsmethoden	56
3.2.3.1.	Makroanweisung	56

3.2.3.2.	Puffer	57
3.2.3.3.	Variablenverwaltung	57
3.2.3.4.	Kontrollanweisungen	58
3.2.3.5.	Standardanweisungen	58
3.2.3.6.	Zuweisungsfolgen	58
<b>3.3.</b>	<b><i>FASSADENFORMEN</i></b>	<b>61</b>
3.3.1.	Komplexe Fassadenformen	61
3.3.2.	Modularer Aufbau	63
<b>3.4.</b>	<b><i>FASSADENELEMENTE UND GRUPPEN</i></b>	<b>63</b>
3.4.1.	Profilgruppen	63
3.4.2.	Vereinfachung des rechnerinternen 3D-Modells	64
3.4.3.	Automatische Lageerkennung	67
<b>3.5.</b>	<b><i>CODIERUNG VON KONSTRUKTIONSMETHODEN FÜR ANSCHLÜSSE</i></b>	<b>67</b>
3.5.1.	Konstruktionslogik erkennen und systematisieren	68
3.5.2.	Aufbau der Anschlussmethode	68
<b>3.6.</b>	<b><i>ABGELEITETE TECHNISCHE UNTERLAGEN</i></b>	<b>70</b>
<b>3.7.</b>	<b><i>SONDERFÄLLE</i></b>	<b>70</b>
3.7.1.	Kontakteigenschaften	70
3.7.2.	Übereinstimmung der Profile	71
<b>3.8.</b>	<b><i>MEHRSPRACHIGE NUTZUNGSOBERFLÄCHE</i></b>	<b>71</b>
<b>4.</b>	<b>CAD-METHODEN FÜR EBENE GLASSASSADEN</b>	<b>73</b>
<b>4.1.</b>	<b><i>KONZEPTION DES LÖSUNGSPRINZIPS</i></b>	<b>73</b>
4.1.1.	Integriertes CAD-System vom Entwurf bis zur Fertigung	73

4.1.2.	Glasbau mit Wiederhol- und Variantenkonstruktion _____	74
4.1.3.	Mehrstufiger Ablauf des Konstruktionsprozesses _____	77
<b>4.2.</b>	<b><i>VERWIRKLICHUNG DES LÖSUNGSPRINZIPS</i></b> _____	<b>83</b>
4.2.1.	Anwendungshinweis _____	83
4.2.2.	Wahl der Fassadenform _____	83
<b>4.3.</b>	<b><i>EINGABE DER PARAMETERWERTE EINER KONSTRUKTIONSFAMILIE</i></b> _____	<b>85</b>
4.3.1.	Grundsätzliche Eingabealternativen _____	86
4.3.1.1.	Aufteilung der Pfosten und Riegelabstände _____	88
4.3.1.2.	Gleichgroße Glasscheiben _____	89
4.3.2.	Eingabekonzeption für versuchsweise Alternativentwürfe _____	90
<b>4.4.</b>	<b><i>PLATZIERUNG UND AUSRICHTUNG VON BAUTEILEN</i></b> _____	<b>92</b>
<b>4.5.</b>	<b><i>KONZEPTION ZUR WAHL GEEIGNETER PROFILSYSTEME</i></b> _____	<b>93</b>
4.5.1.	Gruppeneigenschaften _____	93
4.5.2.	Platzieren von Stäben aus Profilgruppen im 3D-Modell _____	95
4.5.3.	Selbstaufruf _____	96
<b>4.6.</b>	<b><i>CODIERUNG VON KONSTRUKTIONSMETHODEN: ANSCHLÜSSE IM GLASBAU</i></b> _____	<b>96</b>
4.6.1.	Konstruktionsmethoden, Pfosten-Riegel-Verbindung _____	97
4.6.1.1.	Ablaufdiagramm der Konstruktionslogik von Pfosten-Riegel-Anschlüssen _____	99
4.6.1.2.	Parameter von Pfosten-Riegel-Anschlüssen _____	101
4.6.1.3.	Automatische Profil- und Lageerkennung _____	105
4.6.2.	Konstruktionsmethoden, Konsole-Pfosten-Anschluss _____	107
4.6.2.1.	Ablaufdiagramm der Konstruktionslogik _____	108
4.6.2.2.	Parameter von Konsolanschlüssen _____	109



<b>4.7.</b>	<b>VERGLASUNG</b>	<b>113</b>
<b>4.8.</b>	<b>SENSIBLE PROFILE UND PUNKTE</b>	<b>115</b>
<b>4.9.</b>	<b>KONSTRUKTIONSMETHODEN FÜR ERGÄNZENDE KOMPONENTEN</b>	<b>116</b>
<b>4.10.</b>	<b>BEMÄßUNG</b>	<b>117</b>
<b>4.11.</b>	<b>REFERENZEbenen FÜR STÄBE</b>	<b>118</b>
4.11.1.	Platzierung über einen Referenzpunkt	119
4.11.2.	Platzierung über zwei Referenzpunkte	119
<b>4.12.</b>	<b>MEHRSPRACHIGKEIT</b>	<b>119</b>
<b>4.13.</b>	<b>INDIVIDUELLE, NACHTRÄGLICHE BEARBEITUNG UND AUTOMATISCHE ERZEUGUNG DER FERTIGUNGSUNTERLAGEN</b>	<b>120</b>
4.13.1.	Automatisches Ausführen der Detaillierung „Wandeln“	120
4.13.2.	Technische Unterlagen	122
<b>5.</b>	<b>KONZIPIERTE ERWEITERUNGEN</b>	<b>125</b>
<b>5.1.</b>	<b>KOMPLEXERE, GEBOGENE FASSADENFORMEN</b>	<b>125</b>
<b>5.2.</b>	<b>DATENFLUSS ZWISCHEN CAD- UND STATIKPROGRAMMEN</b>	<b>128</b>
<b>5.3.</b>	<b>OPTIMIERUNG DER VISIBILITÄTSALGORITHMEN DURCH DYNAMISCHE PROGRAMMIERUNG</b>	<b>130</b>
<b>6.</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>133</b>
<b>ANHANG 1 – FRAGEBOGEN</b>		<b>137</b>
<b>ANHANG 2 – VERWENDETE SOFTWAREPRODUKTE</b>		<b>141</b>

<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>145</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS</b>	<b>149</b>
<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>151</b>
<b>VERZEICHNIS VON DOKUMENTATIONEN UND NORMEN</b>	<b>157</b>
<b>VERZEICHNIS VERWENDETER INTERNETSEITEN</b>	<b>159</b>
<b>LEBENS LAUF</b>	<b>161</b>