

Hrsg. + Redaktion: Clemens Greiner
Sascha Herrmann
Marian Luft
Hochschule für Grafik
und Buchkunst Leipzig
Wächterstraße 11, 04107 Leipzig
© Februar 2012

Photographie: Clemens Greiner
Sascha Herrmann

Gestaltung: René Patzwaldt

Lithographie: Druckerei Friedrich Pöge e. K.
Handwerkerhof 15, 04316 Leipzig

Verarbeitung: Buchbinderei Mönch OHG
Lützner Straße 91, 04177 Leipzig

Auflage: 300 Exemplare

Material: Claro Gloss 90 g/m²

Bildverzeichnis:	S. 01	Abb.	CNC-Fräsen
	S. 04	Abb. a)	GPY 138/248 (5-achsige CNC-Fräse)
	S. 06	Abb. a)	GPY 138/248 (5-achsige CNC-Fräse)
		Abb. b)	HMC Bedienterminal
		Abb. c)	Bandsäge
		Abb. d)	COMET 5 4M Steuerungsterminal
		Abb. e)	COMET 5 4M 3D-Digitalisiersystem
	S. 08	Abb. a)	HEEKS CAD (Python)
		Abb. b)	IsyCam 3.2 CAM Simulation
		Abb. c)	Blender Ansicht einer waveflat-Datei
	S. 10	Abb. a)	Bandsäge
		Abb. b)	Polyurethanblock ebaboard S
		Abb. c)	Materiallager
		Abb. d)	Polystyrol (Styropor)
		Abb. e)	Mitteldichte Holzfaserplatte (MDF)
		Abb. f)	Polyurethanblock ebaboard L
	S. 12	Abb. a)	COMET 5 4M Steuerungsterminal
	S. 14	Abb. a)	imes-icore Werkzeugwechsler
		Abb. b)	HMC Bedienterminal
		Abb. c)	HMC Bedienterminal
		Abb. d)	COMET 5 4M 3D-Digitalisiersystem

Fräsen

Fräsen bezeichnet das spanabhebende Bearbeiten von Metallen, Holz, Erde oder Kunststoffen mittels eines Fräswerkzeuges. Es erfolgt auf speziellen Werkzeugmaschinen. Im Gegensatz zum Drehen wird die zur Spanabhebung notwendige Schnittbewegung durch Rotation des Schneidwerkzeuges gegenüber dem fest im Maschinentisch eingespannten Werkstück erzeugt. Die hingegen zur Formgebung notwendige Vorschubbewegung wird je nach Bauart entweder durch Verschiebung des Maschinentisches oder durch Bewegung des Fräskopfes um das Werkstück herum erreicht. Vorschubbewegungen können je nach Bauweise – auch kombiniert – in der X, Y und der Z-Achse oder entlang von Rotationsachsen erfolgen.

In den 1970er Jahren werden die ersten CNC-Maschinen (Computerized Numerical Control) entwickelt. CNC-Maschinen sind durch den Einsatz moderner Steuerungstechnik in der Lage, Werkstücke mit hoher Wiederholgenauigkeit auch für komplexe Formen automatisch herzustellen. Sie übertreffen handgeführte Maschinen deutlich in Präzision und Geschwindigkeit.

Quelle: <http://www.dj-nimda.de/jugend-forscht/2007-cnc-frase>

Beim CNC-Fräsen können bis zu 5-achsige Maschinen über eine Maschinensteuerung programmiert werden. Die Achsen werden einzeln oder gleichzeitig mit Vorschüben geregelt. Die Verfahrenswege werden durch Glasmessleisten gemessen. Man unterscheidet inkrementelle und absolute Wegmesssysteme. CNC-Fräsmaschinen laufen mit teilweise extremen Vorschüben von 60 m/min und Drehzahlen von 100.000/min, jedoch liegen die Werte üblicherweise deutlich darunter. Die Werkzeuge werden in einem Werkzeug-Wechselmagazin gelagert, automatisch im Bedarfsfall aufgerufen und durch einen Werkzeugwechsler eingewechselt. Die CNC-Technik ermöglicht das 3D-Fräsen, mit dem kompliziertere 3D-Konturen

erzeugt werden können. Häufig wird das Werkstück in vielen kleinen nebeneinanderliegenden Zeilen abgefahren. Beim 5-Achsen-Fräsen kann die Maschine den Fräser unter jedem Winkel am Werkstück positionieren und verfahren, wodurch die Fertigung von extrem komplexen 3D-Konturen ermöglicht wird. Kenndaten einer Fräsmaschine sind die Arbeitsraum-Koordinaten, das heißt welche Verfahrenswege in den Koordinaten X, Y und Z möglich sind, welche Antriebsleistung und welche Drehzahlbereiche verfügbar sind.

Quelle: wikipedia

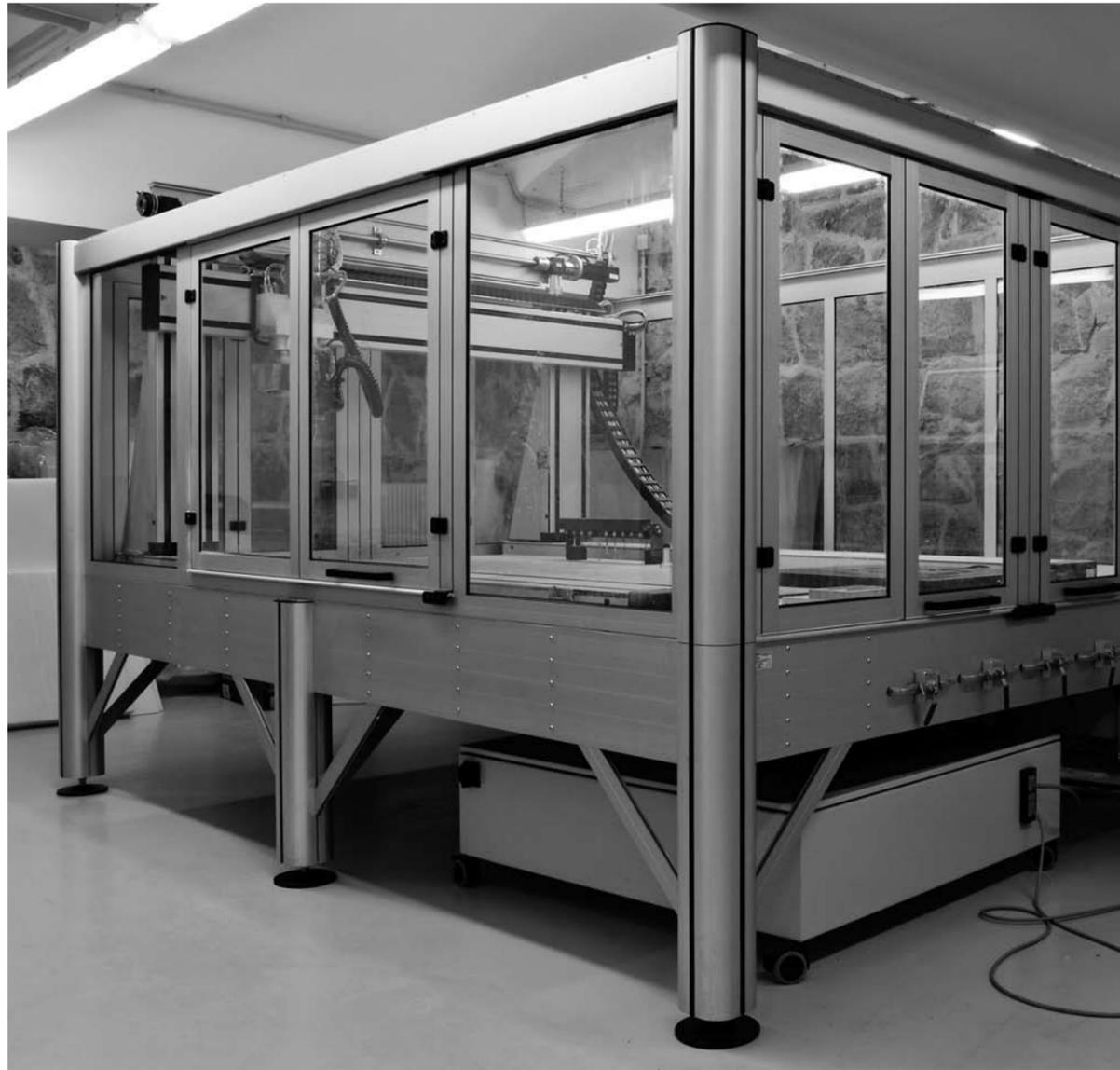
Hersteller

Die imes-icore GmbH ist Teil der isel Germany AG, das 1972 in Eiterfeld (Hessen) unter der Firmierung isert-Elektronik gegründete Kernunternehmen der isel-Unternehmensgruppe. Gegenstand sind Entwicklung, Produktion, Vertrieb und Service von Komponenten und Systemen für die Automatisierung. Die isel Germany AG ist an den Standorten Eichenzell (Hessen), Eiterfeld (Hessen) und Dermbach (Thüringen) mit insgesamt 33.000 m² Produktions-, Lager- und Bürofläche vertreten. Die modulare Ausrichtung der isel-Komponenten für die Bereiche Mechanik, Elektronik, Software und Systeme spielen dabei eine wichtige Rolle. Offene Schnittstellen der eingesetzten CNC-Steuerungen nebst Software ermöglichen Flexibilität für kundenorientierte Anpassungen.

Quelle: Firma isel-germany

Die Firma Steinbichler Optotechnik GmbH ist ein weltweit führender Anbieter optischer Mess- und Sensortechnik. Seit der Gründung 1980 (Labor Dr. Steinbichler) bzw. 1987 (Steinbichler Optotechnik GmbH) entwickelt und vertreibt das Unternehmen (nach der Fusion beider Firmen in 2005 als Steinbichler Optotechnik GmbH agierend) hochpräzise Systeme und entsprechende Softwarelösungen für eine breite Palette von Applikationen.

Quelle: Firma Steinbichler



Ankauf

"Sehr elegantes Arbeiten; neue Werkstätten in der Hochschule für Grafik und Buchkunst. Am Freitag präsentierten Steffen Bachmann und Mirko Lehmann, die ausgebauten Räumlichkeiten im Keller der renommierten Leipziger Kunsthochschule erstmals der Öffentlichkeit. Blickfang dabei: eine raumgreifende Industriefräse, die künftig digitale 3D-Bilder in die greifbare Realität umsetzt."

Quelle: LVZ-Online, 18.02.2011

2007

Einreichung des Rektoratsantrags BV 45/2007 von Herr Prof. Blank, Herr Keller, Herr Bachmann, Herr Dr. Ohme zur Anschaffung einer computer-gesteuerten 5-Achsfräse sowie eines 3D-Scan-Systems.

Die Ausstattungserweiterung der Werkstatt Plastisches Gestalten zu einem 3D-Labor soll die traditionellen Techniken wie Modellieren, Abformen und Gießen durch Modellieren mit Maschinen (dem Computer und der Fräse) ergänzen. Es soll eine Möglichkeit geschaffen werden, digitale Daten nicht nur als zweidimensionale Bilder auszugeben, sondern dreidimensionale Objekte mit der Fräse für den physischen Raum herzustellen.

Durch die Anschaffung eines Eingabegeräts (3D-Scanner) und Ausgabegeräts (Fräse) ist es möglich Objekte einzuscannen, um eine dreidimensionale digitale Repräsentation zu erhalten.

Ein solches virtuelles dreidimensionales Modell kann dann mit Hilfe von 3D-Software bearbeitet werden und durch die Fräse in zu wählenden Materialien als physischer Körper wieder ausgegeben werden.

Die Idee der Ansiedlung einer solchen Anlage an der HGB war es, Differenzen und Verbindungen von handwerklicher Arbeit und computergesteuerten Verfahren im Kontext der freien Künste sichtbar und vor allem erfahrbar zu machen. Damit soll das 3D-Labor an der Schnittstelle zu anderen Werkstätten positioniert werden. Da dem Scannen und Fräsen analoge Arbeiten vorausgehen und

auch folgen, soll die Anlage immer vor dem Hintergrund der späteren Weiterverarbeitung benutzt werden. Die Anforderungen an diese Arbeiten erfüllt die Werkstatt für Plastisches Gestalten.

Kunststudenten lernen am besten, wenn sie unter Anleitung experimentieren dürfen. Die Ausstattung der Anlage berücksichtigt Anwendungsmöglichkeiten für alle Studieneinrichtungen der HGB. Überall dort, wo räumliche Erfahrung und Objekte im Raum eine Rolle spielen, oder Übergänge zwischen Bild und Objekt, wie z. B. Reliefs, thematisiert werden, kann die Anlage eingesetzt werden. Für das Arbeiten mit der Anlage müssen Kenntnisse aus unterschiedlichen Wissensbereichen (3D-Software, Grundlagen bildhauerischen Arbeitens etc.) vermittelt werden.

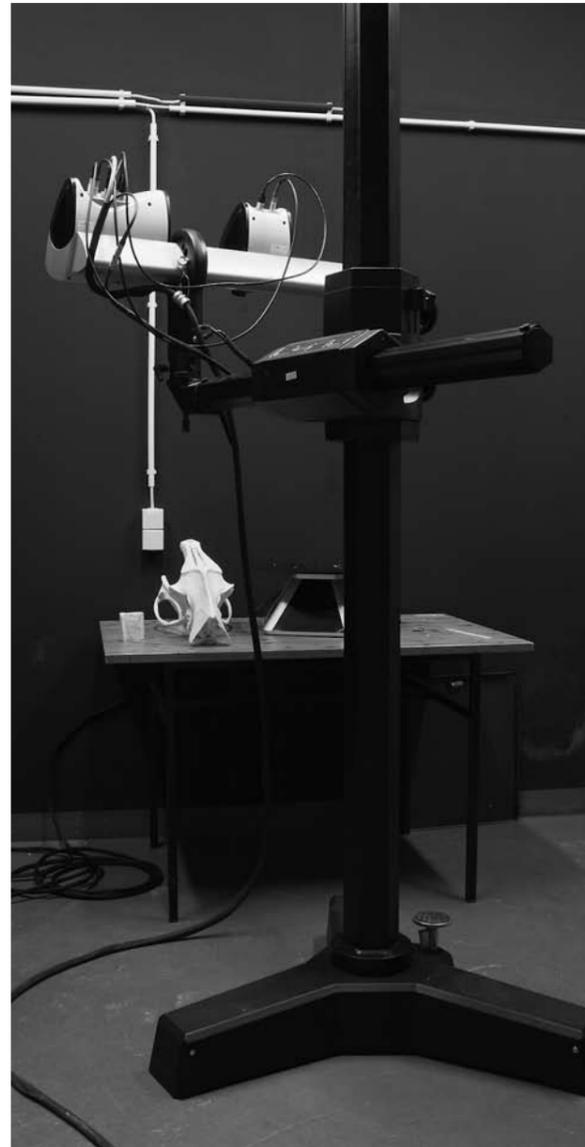
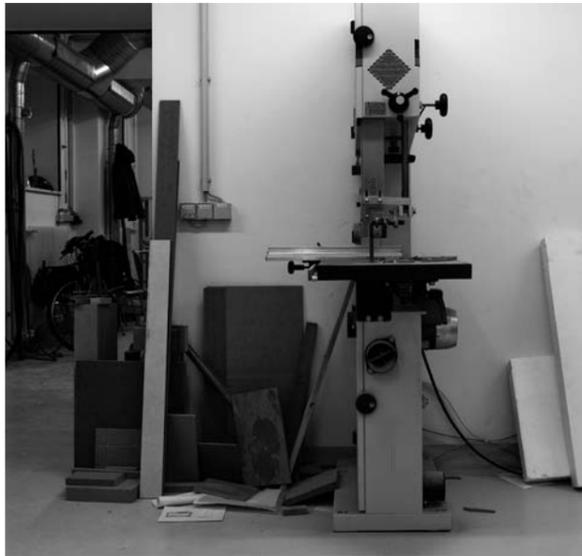
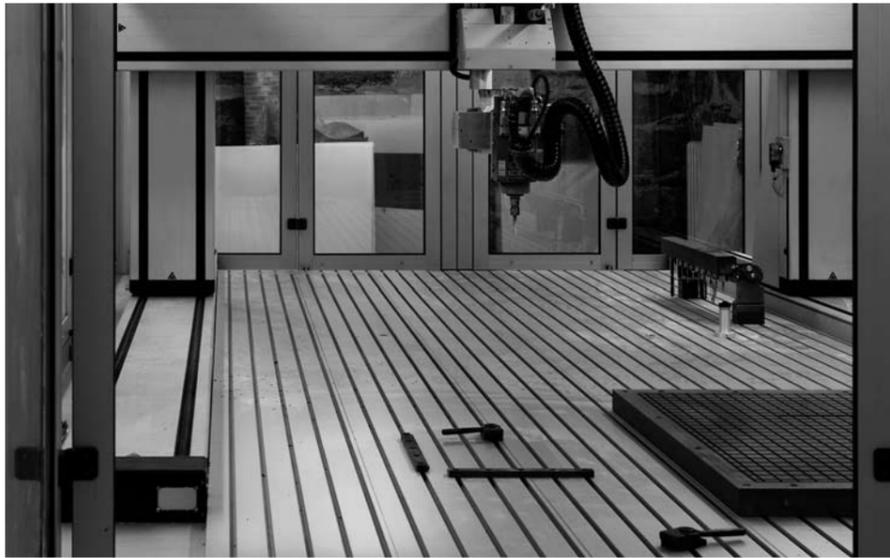
Die Arbeit im 3D-Labor soll stark experimentellen Charakter haben. Das heißt, dass auf Basis des künstlerischen Selbstverständnisses der HGB die gesamte Anlage im Sinne der freien, künstlerischen Forschung durchaus auch zweckentfremdet mit ergebnisoffenem Ausgang unter Anleitung eingesetzt werden kann. Dies ist bei Echtzeitanwendungen der Fall, bei der neben statischen Objekten auch Bewegung eine Rolle spielt.

Die Installation der Anlage in vorgeschlagener Form wäre die einzige Arbeitseinheit von Eingabe und Ausgabe dreidimensionaler, digitaler Daten im Bereich bildende Kunst in Sachsen und würde damit ein zusätzliches Alleinstellungsmerkmal der HGB darstellen.

Zustimmung zum Rektoratsantrag BV 45/2007

Die Finanzierung erfolgt zum einen aus der zugewiesenen Bewirtschaftungsbefugnis in Höhe von 200.000 Euro und zum zweiten aus der Umwidmung von freien Personalmitteln in Höhe von 50.000 Euro.

Bekanntmachung der Ausschreibung über das Sächsische Staatsministerium für Kultus und Sport. Auftragserteilung an die Firmen imes-icore und Steinbichler. Paketbestellung mit folgenden Komponenten.



Von der Firma imes-icore:

5 Achs-Fräsmaschine GPY 138/248 in Portalbauweise, transportabel bis 1,5 Tonnen in modularer Bauweise, inkl. Software Lizenz CAD/CAM Software 3 D isyCAM 3.0+ Update mit 5 Achspostprozessor (3+2 Achsen), Drehschwenkeinheit (GPY) mit Harmonic Drive Getriebe, Schaltschrank für AC-Servo, HMC Bedienterminal (97.790, 96 Euro)

Technische Daten:

GPY 138/248

- Verfahrbereich mindestens X/Y/Z
1380 x 2480 x 580 mm
(ohne Dreh-/Schwenkeinheit)
- Portaldurchlass mindestens 800 mm
(ohne Drehschwenkeinheit)
- Dreh-/Schwenkeinheit (B und C-Achse)
ebenfalls mit AC Servomotoren ($\pm 180^\circ/90^\circ$)
- AC-Servomotoren in allen Achsen
- Kugelgewindespindeln in X/Y und Z Achse
- 10 fach Werkzeugwechsler
- Längenmesstaster zum Vermessen
der Werkzeuge
- Rastervakuumtisch über den gesamten
Verfahrbereich ca. 1400 x 1300 mm.
Bestehend aus 4 einzelnen Tischen,
komplett verschlaucht mit Kugelhähnen
um einzelne Tischbereiche zu- und
wieder abzuschalten
- Vakuumpumpe, 3,0 kW
- komplett mit 5 Achsen-Windowssteuerung,
Bedienterminal (Monitor, Tastatur, Maus,
deutsches Betriebssystem)
- komplett mit Steuersoftware und
Simulationsmodul

Von der Firma Steinbichler:

COMET 5 4M 3D-Digitalisiersystem mit Messfelder 100 und 400 inkl. Dreibeinstativ mit Rollen, inkl. Software COMETplus Reference und 3 Tage Schulung (109.500,00 Euro), COMET rotary, Rotationstisch zur Objektpositionierung (2.952,00 Euro), 800er Messfeld (4.500 Euro)

Technische Daten:

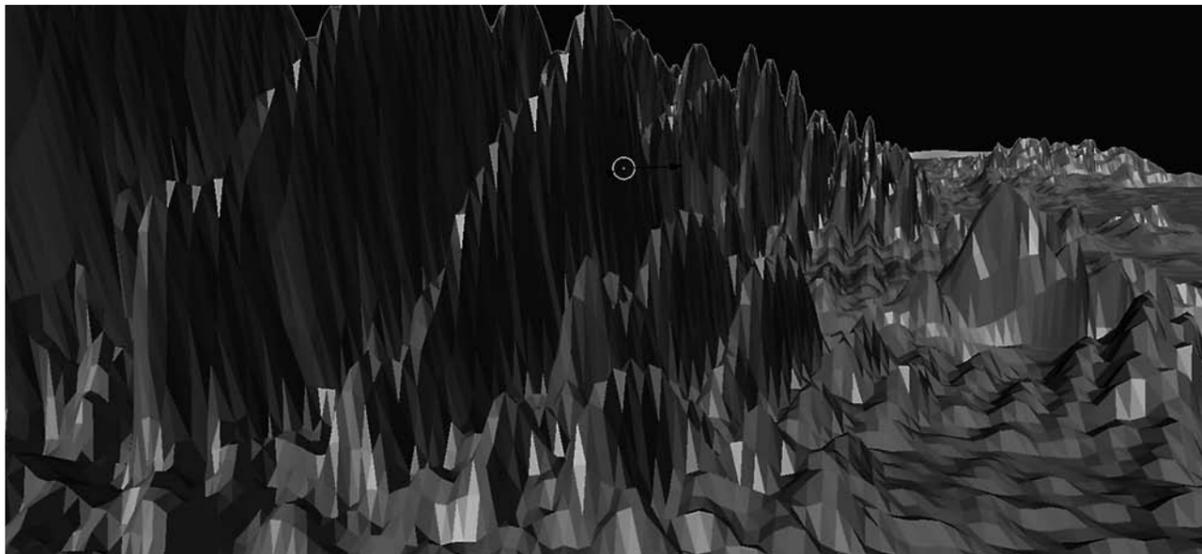
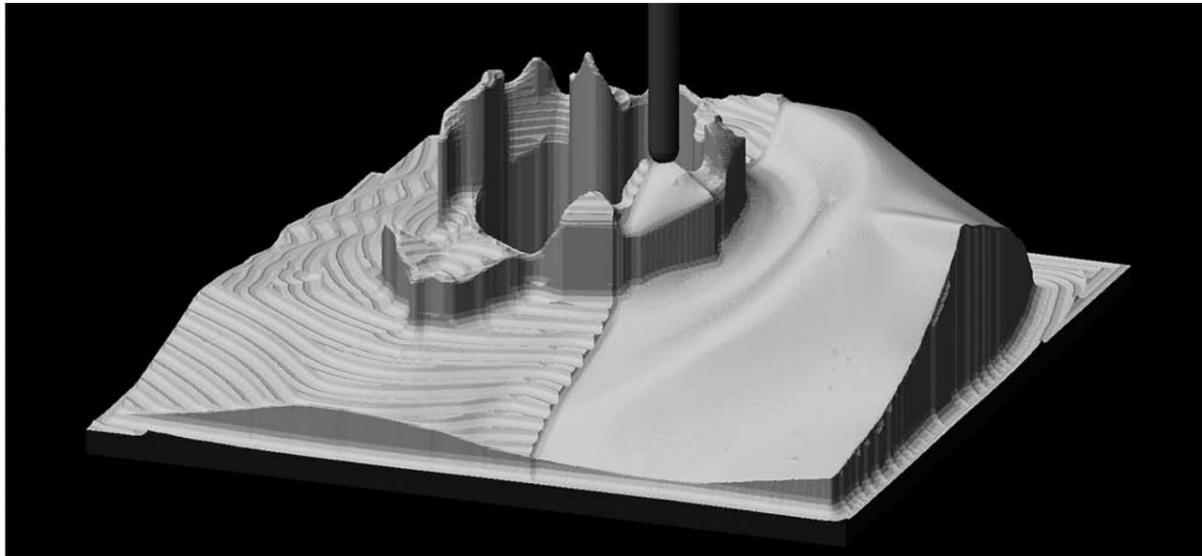
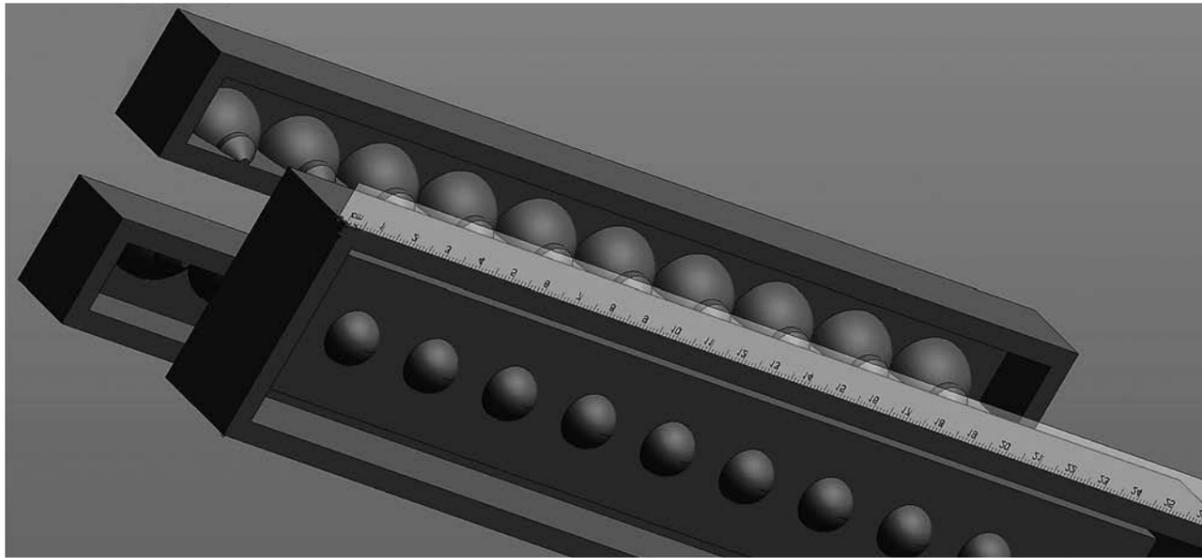
- Messfeld (mm)
80 x 80 – 800 x 800
- Mittlerer Punktabstand (mm)
 $\geq 0,04$
- Arbeitsabstand (mm)
420 – 1700
- Auflösung in z (mm)
 $\geq 0,001$
- Messpunkte pro Aufnahme
1600 x 1200 / 2000 x 2000 / ...
- Abmessung Kameramodul (mm)
160 x 235 x 155
- Abmessung Projektormodul (mm)
280 x 255 x 155
- Länge Trägerbalken (mm)
600 – 900
- Abstand PC-Sensor (Kabellänge) (m)
 ≤ 80

2008

Lieferung und Aufbau in Raum 0.40 an der HGB. 3-tägiger Einführungslehrgang, Basisseminar isy CAM in Eiterfeld; Teilnahme Herr Bachmann und Herr Dr. Ohme.

2010

Kellerumbau mit Mitteln aus der Konjunkturförderung. Einrichtung der Werkstätten Plastisches Gestalten 3D-Labor in den Räumen 0.01, 0.02, 0.03, 0.05, 0.07, 0.09 in der Wächterstraße 11. Fundamentabsenkung um 2 cm im Fräsraum 0.07. Versetzen tragender Wände zur Unterteilung der Arbeitsräume.



Software

isy-Cam 3.0:

Mit dieser Software lassen sich 2D/3D-Konstruktions- und Designaufgaben lösen, indem der Anwender wahlweise in der Ebene oder im Raum arbeiten kann. Je nach Bedarf sind so auf einer einheitlichen Datenbasis schnell und zügig vollständige Zeichnungen oder komplexe dreidimensionale Projekte möglich. Die Einsatzgebiete sind komplexe Konstruktionen in Bereichen wie Maschinen-, Werkzeug- und Formenbau, Elektrotechnik und Bauingenieurwesen ebenso wie im künstlerischen Design. Von den ersten Anfängen einer Idee an kann das Programm benutzt werden, um Bauteile zu skizzieren und interaktiv zu verändern. Ein integriertes Worksheet mit unzähligen mathematischen Funktionen ermöglicht umfassende Berechnungen und professionelle Zahlen- und Textaufbereitung. Gegenüber der Vorgängerversion wurde isy-CAM 3.0 um einen Volumenmodeller (ACIS) mit Freiformintegration erweitert, so dass jetzt sowohl flächen- als auch volumenbasierende Manipulationsmöglichkeiten umfangreich zur Verfügung stehen. Die Software ist abwärtskompatibel, das heißt auch mit isy-CAM 2.0 erstellte Daten können bearbeitet und vorhandenen Flächen zu Volumenkörpern vervollständigt werden.

Quelle: Firma imes-icore

Blender 2.61

Blender ist eine freie (mit der GPL lizenzierte) 3D-Grafiksoftware. Sie enthält Funktionen, um dreidimensionale Körper zu modellieren, sie zu texturieren, zu animieren und zu rendern. Blender 2.61 besitzt einen eingebauten Videoschnitteditor. Die sehr aktive Entwicklung hat zu einem großen und sich ständig erweiternden Funktionsumfang geführt, der z. B. die Simulation von Flüssigkeiten oder die Mischung von 3D-Sequenzen einschließt. Als Skriptsprache wird Python benutzt.

Quelle: Blender

Dateiformate

.stl

Das STL-Format (SurfaceTesselationLanguage (Beschreibung der Oberfläche durch Dreiecke) beinhaltet die Beschreibung der Oberfläche von 3D-Körpern mit Hilfe von Dreiecksfacetten (englisch tessellation = „Parkettierung“). Jede Dreiecksfacette wird durch die drei Eckpunkte und die zugehörige Flächennormale des Dreieckes charakterisiert. Diese gesamten geometrischen Werte werden in definierter Form für die weitere Datenaufbereitung (zum Beispiel Positionieren, Slicen) für den Bauprozess benötigt.

.iges

Initial Graphics Exchange Specification (IGES) definiert ein neutrales, herstellerunabhängiges Datenformat, welches dem digitalen Austausch von Informationen zwischen computer-aided design-Programmen (CAD) dient. Die Anwendung reicht von traditionellen, zweidimensionalen Zeichnungen bis hin zu dreidimensionalen Modellen für Simulationen oder Fertigung.

.obj

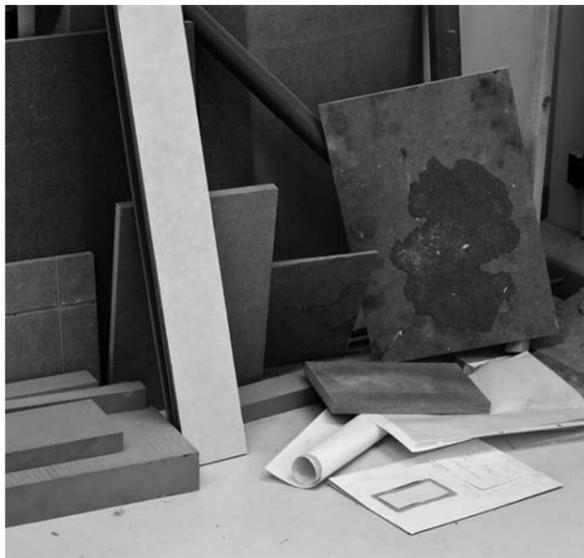
Das OBJ-Dateiformat unterstützt Linien, Polygone, Freiform-Kurven und Oberflächen. Linien und Polygone werden mit Hilfe ihrer Punkte beschrieben, während Kurven und andere Oberflächen durch Kontrollpunkte und andere vom Typ der entsprechenden Kurve abhängigen Informationen beschrieben werden.

Quelle: Wikipedia

Hardware

HMC

Die Beschleunigung der Achsen ist abhängig von der Steifigkeit der Maschine und der Leistung der Motoren. Bei zu hoher Beschleunigung kann die



Mechanik der Maschine Schaden nehmen. Bei zu kleiner Leistung der Motoren tritt leichter ein Schleppfehler bei den Start- und Stopprampen auf. Die Beschleunigung der Achsen darf nicht zu klein eingestellt werden! Wird die Beschleunigung der Achsen zu klein eingestellt, kann der Bremsweg wesentlich verlängert werden, und die Maschine fährt über die Endschalter hinaus, wobei dann die Maschinenumhausung und Achsen zerstört werden können.

Kollisionsgefahr. Es ist zu beachten, dass sich im Verfahrweg keine Hindernisse befinden (Werkstück, Vorrichtung oder ähnliches).

Die Interpretation des NC-Programms ist an die Industriennorm DIN/ISO 66025 angelehnt.

Quelle: Bedienungsanleitung HMC-Steuerung

TCP

In Echtzeit wird eine permanente ToolCenter-Point-Verrechnung direkt in der Steuerung durchgeführt, anhand der in der Steuerung hinterlegten, und beeinflussbaren Maschinenkinematik und Parametern.

Hierbei werden die Achskorrekturparameter aller 5 Achsen kompensiert wie:

- Durchhang der Achsen
- Linearabweichung der Achsführungen
- Spindelsteigungskompensation
- Winkligkeit der Achsen zueinander
- Spindellage und Orientierung am 4./5. Achsenkopf
- Korrekturparameter und Kinematik des 4./5. Achsenkopfes
- Werkzeuglängenkorrektur der unterschiedlichen Werkzeuge vom Werkzeugwechsler werden für alle 5 Achsen korrigiert (also nicht nur in Z-Achse wie in der HMC)

Quelle: Dr. Michael Ohme

Werkstoffe

Gefräst werden können Materialien mit gleichmäßiger Struktur wie Aluminium, Kunststoffe, Fräskunststoffe (CibaTool, Ureol), Holz, Schaumstoff, Styropor, ABS, Gips, ungesinterte Keramik.

Quelle: Firma imes-icore

Polyurethanblöcke

Material und Verarbeitungstemperatur sollte zwischen 18 und 25 Grad liegen. Die Oberfläche ist allseitig bearbeitet. Die ebaboard Ware ist ein synthetisches und getempertes Plattenmaterial auf Polyurethanbasis mit gleichmäßigem Gefüge und planparallel bearbeiteten Oberflächen.

Produkt ebaboard S

- Dichte bei 20 Grad $0,70 \pm 0,02$ (g/cm³)
- Farbe Rotbraun
- Biegefestigkeit 25 ± 3 (MPa)
- Druckfestigkeit 24 ± 3 (MPa)
- Wärmeformbeständigkeit n. Martens 50 ± 2 (°C)
- Shore Härte 65 ± 3 (Shore D)
- Längenausdehnungskoeffizient ca. 55 (10^{-6} K⁻¹)

Produkt ebaboard L

- Dichte bei 20 Grad $0,45 \pm 0,02$ (g/cm³)
- Farbe Ocker
- Biegefestigkeit 10 ± 2 (MPa)
- Druckfestigkeit 10 ± 2 (MPa)
- Wärmeformbeständigkeit n. Martens 65 ± 5 (°C)
- Shore Härte 45 ± 2 (Shore D)
- Längenausdehnungskoeffizient $40-60$ (10^{-6} K⁻¹)

Eigenschaften (ebaboard S und L)

dichte Oberfläche, feines Gefüge, sehr gute Kantenstabilität, gute Druckfestigkeit, sehr gut bearbeitbar, enthält keine abrasiven Füllstoffe, spannungsarm, geringe Staubentwicklung

Quelle: ebalta Kunststoff GmbH



Steffen Bachmann

- 1979 – 81 Lehre als Tischler
- 1988 – 93 Studium als Bildhauer an der Hochschule für Bildende Künste Dresden
- 1993 – 95 Meisterschülerstudium bei Prof. Ursula Sax an der Hochschule für Bildende Künste in Dresden
- seit 2000 Lehrauftrag für Aktzeichnen an der TU Dresden, Philosophische Fakultät
- seit 2002 Lehrauftrag an der Westsächsischen Hochschule Zwickau (FH) im Fachbereich für Angewandte Kunst Schneeberg; Fotografie, Plastik und Skulptur
- seit 2004 Mitarbeiter für besondere Aufgaben (Assistent) an der Westsächsischen Hochschule Zwickau (FH) im Fachbereich für Angewandte Kunst Schneeberg; Studiengang Holzbildhauer-Kunst
- seit 2006 Lehrkraft für besondere Aufgaben (2 / 3 Stelle, 27 h) Plastisches Gestalten an der HGB Leipzig

Quelle: www.hgb-leipzig.de

Dr. Michael Ohme

- 1986 – 91 Studium der Mathematik (Spezialisierung Informatik) Universität Leipzig
- 1991 – 95 Forschungsstudium Neuroinformatik an der Universität Leipzig
- 1996 Promotion
- 1995 – 97 wissenschaftlicher Mitarbeiter im DFG-Projekt "Dendritische Verarbeitung visueller Information im Tectum von Schleuderzungensalamandern; Neurobiologische Grundlagen und Modellierung"
- seit 1998 wissenschaftlicher Mitarbeiter der Fachrichtung Medienkunst der Hochschule für Grafik und Buchkunst Leipzig

Quelle: www.hgb-leipzig.de

Finanzielle Mittel

Die Werkstatt für Plastisches Gestalten ist keinem Fachbereich untergeordnet, sodass ihre Mittel in der Haushaltskommission eigenständig beantragt werden. Aus den Honorarmitteln können neben einem Tutor z. B. auch Gastvorträge bezahlt werden.

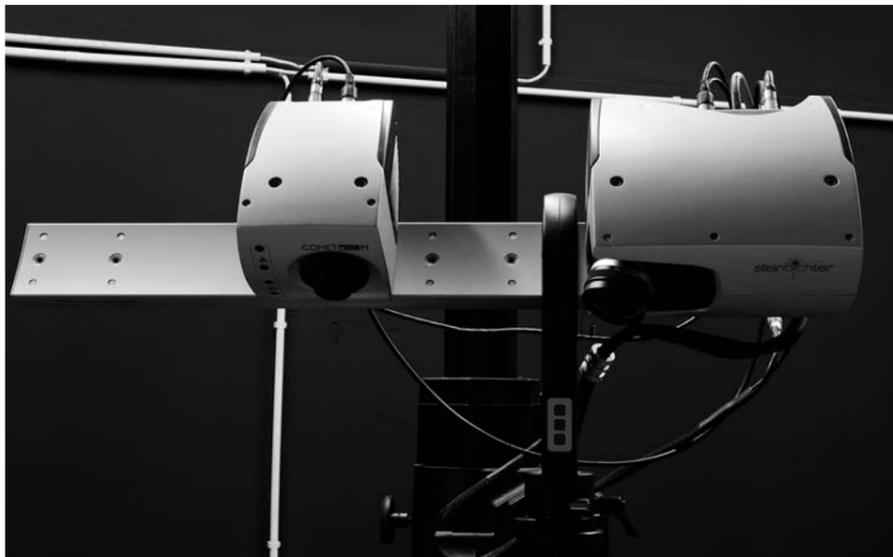
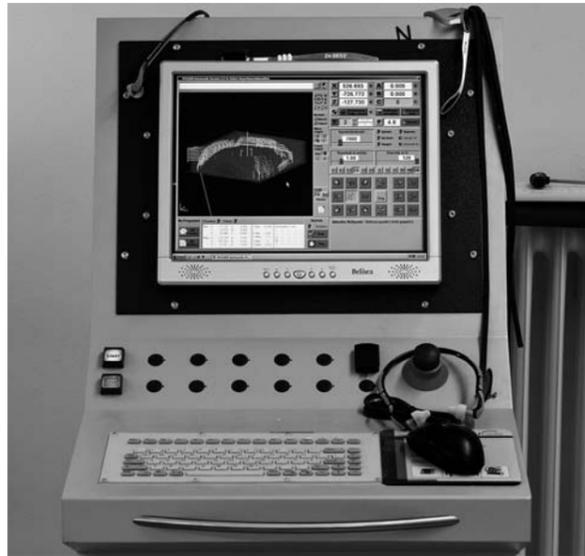
investierte Honorarmittel

2007	7.195,91 EUR
2008	4.012,80 EUR
2009	5.806,40 EUR
2010	3.593,00 EUR
2011	2.045,90 EUR

investierte Werkstattmittel

2006	4.000,00 EUR
2007	0,00 EUR
2008	25.221,32 EUR
2009	11.857,87 EUR
2010	48.996,22 EUR
2011	6.983,03 EUR

Quelle: Haushaltsbücher der Hochschule für Grafik und Buchkunst Leipzig



Anforderungen

Am Anfang jeder Fräsarbeit steht das Referenzieren des Systems. Das bedeutet, dass alle Achsen zuerst ihren Nullpunkt suchen müssen. Der Nullpunkt geht nach dem Ausschalten der Maschine verloren und kann nur mit einer Abweichung von bis zu 0,3 mm neu justiert werden, d.h. die Maschine muss, um einen Fräsvorgang korrekt durchzuführen, durchgehend in Betrieb sein.

Eine zu hohe Auflösung der Datei oder zu hohe Komplexität der Form kann zu extremen Berechnungs- und Fräszeiten führen, sogar zum Abbruch der Berechnungen.

Es können Messfehler durch Verstaubung der Sensoren auftreten, die im schlimmsten Fall dazu führen können, dass der Bohrkopf durch Verlust des Referenzpunktes die Maschine selbst fräst.

Die Form unterliegt starken Beschränkungen, da die Fräser (je nach Länge und Dicke) nur begrenzt in das Werkstück eintauchen können.

Innerhalb der Werkstatt Plastisches Gestalten ist die CNC-Fräse eines der verschiedenen Werkzeuge, die entsprechend den Erfordernissen eines Projektes bzw. einer künstlerischen Arbeit genutzt werden können.

Die Erstellung von 3-D Objekten setzt die Beschäftigung mit einer entsprechenden Software voraus.

Die Konvertierung eines virtuell hergestellten Objekts in den für die Fräse umsetzbaren Maschinen-code ist u. U. sehr aufwendig, teilweise sogar nur mit einer fehlerhaften Umsetzung möglich.

Eine unmittelbare Arbeit des Studenten mit der Maschine, z. B. mittels analoger Steuerung, ist nicht möglich.

Aufgrund der software- und steuerungstechnischen Voraussetzungen ist nur eine 3+2 Achs-Bearbeitung möglich, daher gibt es nicht die Möglichkeit

einer Hinterschneidung. Aus einem Stück sind nur Relieffräsungen möglich, für einen vollen Körper müssen mindestens zwei Teile einzeln gefräst und später zusammengefügt werden.

Je nach Objekt und Datei und mit jedem Arbeitsvorgang werden die Möglichkeiten und Grenzen der maschinellen Herstellung neu ausgelotet.

Perspektiven

Anschaffung einer digitalen Steuerung mit Preprozessor, sodass die volle 5-Achs-Simultanbearbeitung möglich wird. Dabei sinkt zwar die Genauigkeit, aber speziellere und komplexere Formen sind möglich.

Anschaffung eines 3D-Scansystems mit einem großflächigen Scanradius von bis zu 300 Metern. Dieser stellt eine gute Ergänzung zum beantragten System dar, da er etwa Gebäude und kleine Landschaftsausschnitte in dafür sinnvoller grober Auflösung einscannen kann.

