

Dokumentation von Konrad Zuses mechanischem Computer Z1 – Entwicklung eines Workflows zur photogrammetrischen Erfassung von Bauteilen

Zielsetzung und Motivation

Ziel dieser Bachelorarbeit ist es, in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Technik Museum Berlin, Einzelbildaufnahmen der Bauteile des Zuse Z1 Rechners zu bearbeiten und zu analysieren, ob es sinnvoll ist, diese mit photogrammetrischen Verfahren zu digitalisieren bzw. in einem ausgewählten CAD-Programm zu vektorisieren. Diese Arbeit trägt dazu bei, die historische Bedeutung von Konrad Zuses Pionierarbeit auf dem Gebiet der Computertechnologie zu bewahren und gleichzeitig moderne Methoden der Digitalisierung und Bildverarbeitung anzuwenden, um dieses wertvolle Erbe für zukünftige Generationen zugänglich zu machen. Aufgrund der Vielzahl der zu erfassenden Bauteile wurde in dieser Arbeit eine kleine Auswahl von Bauteilen getroffen, die aufgrund ihrer Eigenschaften besonders relevant sind. Hierfür wurde ein entsprechender Workflow erstellt und ausgeführt.

Bearbeitung

Aufnahmeobjekte:

- Bauteile des Zuse Z1 Rechners

Kamerakalibrierung (AICON 3D Studio):

- Kalibrierung der verwendeten Kamera (NIKON D780)

Entzeichnung (EMT):

- Entzeichnung der Einzelbilder
- Gesamtkorrektur der Verzeichnungsfehler

Entzerrung (PhoX):

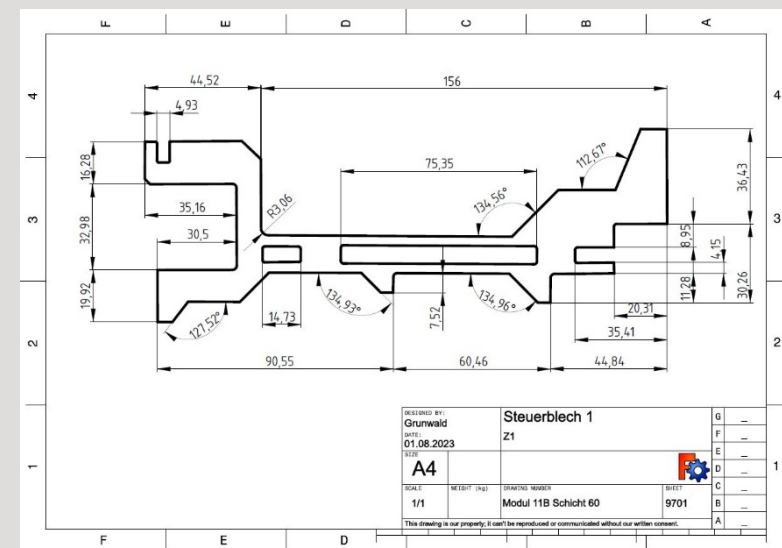
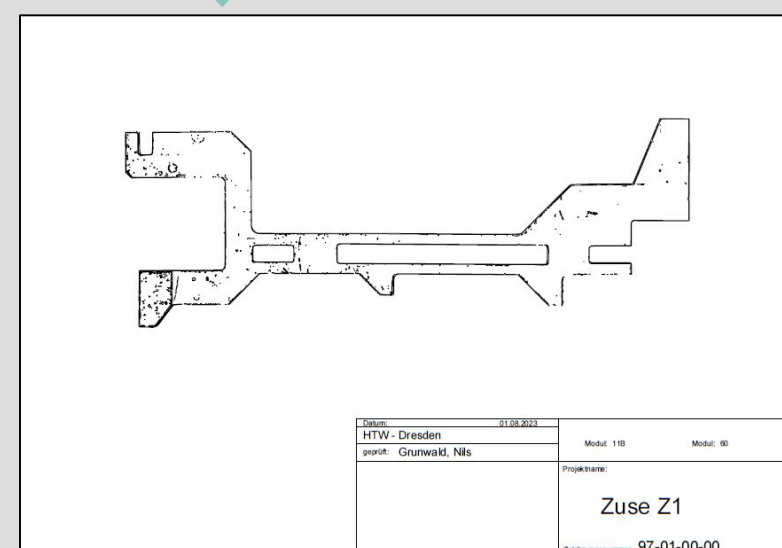
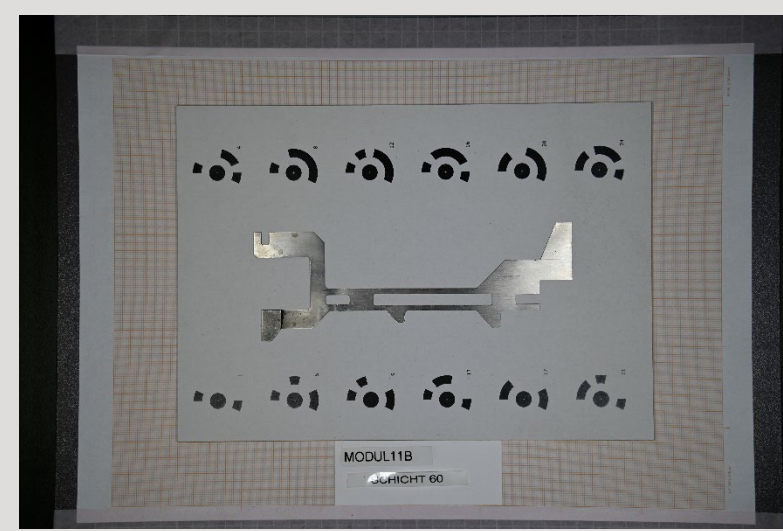
- Entzerrung zur Zentralperspektive damit ein einheitlicher Maßstab gegeben ist

Kantendetektion & Vektorisierung (Inkscape):

- Transformation in Schwarz-Weiß aufnahmen zur Differenzierung des Bauteiles und der Aufnahmefläche
- Kantendetektion mittels Canny-Edge Filter zur Generalisierung der Bauteilränder
- Vektorisierung der Aufnahme als DXF-Datei

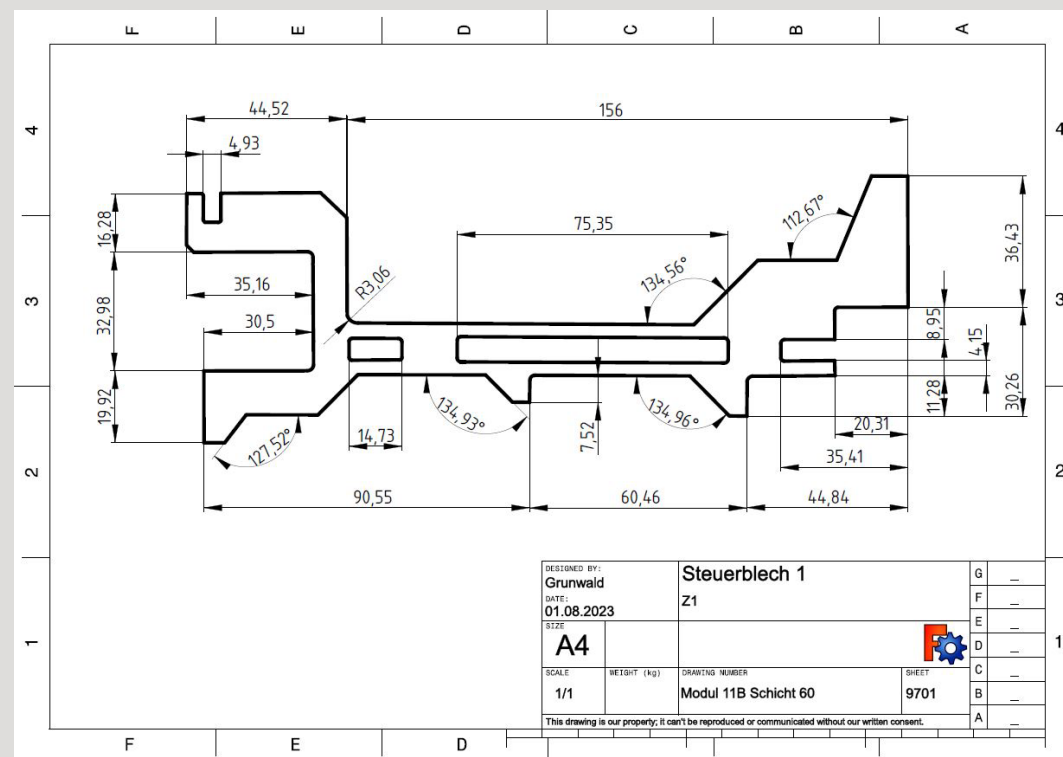
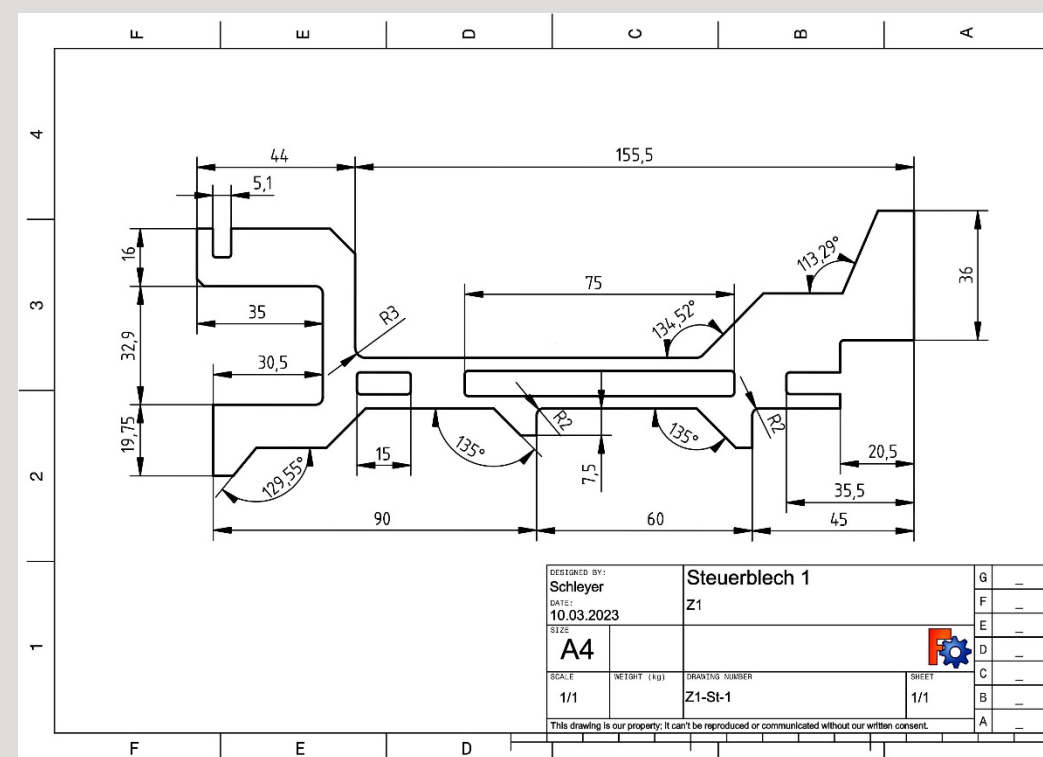
Erstellung eines Konstruktionsplanes mittels CAD:

- Einladen der DXF-Datei und der bearbeiteten Rasterdatei
- Zeichnung in AutoCAD und FreeCAD anhand des Rasters
- Vergleich der beiden Konstruktionen
- Erstellung eines Konstruktionsplanes
- Vergleich mit vorhandenen Daten des Technischen Museums Berlin



Ergebnisse

Vergleich der durch das Technische Museum (links) gegebenen und der photogrammetrisch erstellten Konstruktionszeichnungen (rechts) anhand eines Bauteils:



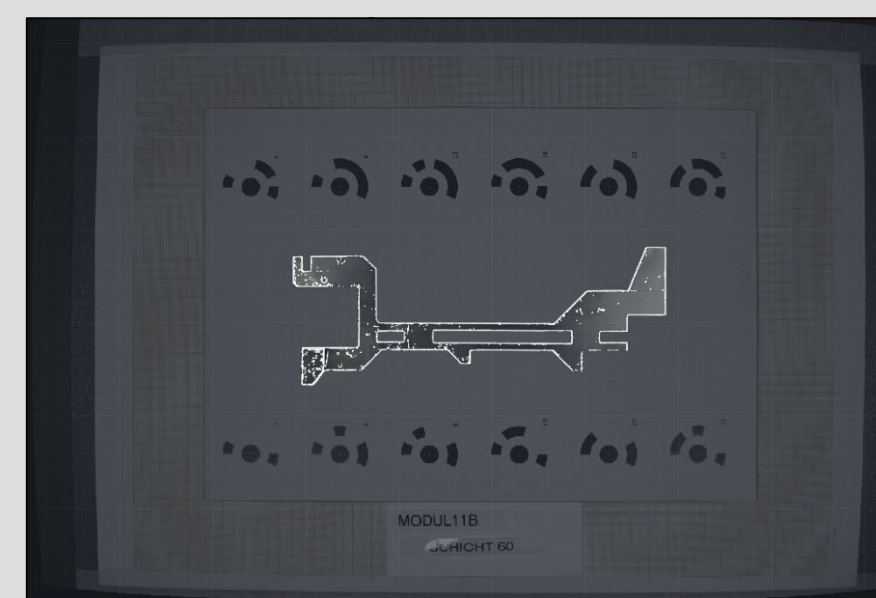
- Bildkoordinatenfehler zwischen: 0,02 - 0,05 mm
- projektive Maßstabsfehler von ca.: 1:1,0007
- allgemeine Maßstabsfehler von ca.: 1:1,0019
- Abweichungen horizontal: max. 0,55 mm
- Abweichungen vertikal: max. 0,43 mm

Maße Horizontal

| Maße Links (in mm) | Maße Rechts (in mm) | Abweichung (in mm) |
|--------------------|---------------------|--------------------|
| 44 | 44,52 | 0,52 |
| 5,1 | 4,93 | 0,17 |
| 155,5 | 156 | 0,5 |
| 35 | 35,16 | 0,16 |
| 30,5 | 30,5 | 0 |
| 75 | 75,35 | 0,35 |
| 20,5 | 20,31 | 0,19 |
| 35,5 | 35,41 | 0,09 |
| 90 | 90,55 | 0,55 |
| 60 | 60,46 | 0,46 |
| 45 | 44,48 | 0,52 |

Maße Vertikal

| Maße Links (in mm) | Maße Rechts (in mm) | Abweichung (in mm) |
|--------------------|---------------------|--------------------|
| 16 | 16,28 | 0,28 |
| 32,9 | 32,98 | 0,08 |
| 19,75 | 19,92 | 0,17 |
| 7,5 | 7,52 | 0,02 |
| 36 | 36,43 | 0,43 |



Fazit

Die Anforderungen an die Genauigkeit bei der Digitalisierung der Bauteile des Zuse Z1 sind vermutlich aufgrund der Komplexität hoch. Bei dieser Konstruktion müssen die Einzelteile und Baugruppen aufeinander abgestimmt sein. Daher ist Präzision erforderlich. Da keine genauen Maße der drei Module gegeben sind können sie nicht als Referenz verwendet werden. Es ist ebenfalls unklar, auf welche Weise die Abmessungen der Bauteile ermittelt wurden. Daher ist es möglich, dass die Maße der photogrammetrisch erstellten Zeichnungen eine bessere Genauigkeit aufweisen. Die Abweichungen, die aus den photogrammetrisch bearbeiteten Bildern abgeleitet wurden, sind gering. Insgesamt kann gesagt werden das die Einzelbildphotogrammetrie zur Erfassung der Bauteil des Zuse Z1 eine gute Alternative zur Erfassung Maße via Hand bieten kann. Wenn eine Automatisierung von der Kalibrierung bis zur Kantendetektion durchgeführt wird, könnte dies erhebliche Zeitersparnisse bringen. Es besteht definitiv die Möglichkeit, eine Automatisierung des Prozesses bis hin zum DXF-Format zu gewährleisten.

KONTAKT

HTW Dresden
Fakultät Geoinformation
Friedrich-List-Platz 1
01069 Dresden

ANSPRECHPARTNER

Prof. Dr.-Ing. Danilo Schneider
www.photogrammetrie.de
M.A. Eva Kudrass
Technisches Museum Berlin

INFO

Bearbeiter:
Nils Grunwald
1.Gutachter:
Prof. Dr.-Ing. Danilo Schneider
2.Gutachter:
M.A. Eva Kudrass

Bachelorarbeit