Vorläufige Arbeitskopie!

Übersetzen von Schrittmotorbefehlen

Entwurf eines Hardwareübersetzers

Praxisbericht

im Fachgebiet Mess- und Sensortechnik

vorgelegt von:	Johannes Dielmann
Geburtsdatum:	10. Januar 1984
Geburtsort:	Kirchen
Matrikelnummer:	515956
Erstgutachter:	Prof. Dr. Carstens-Behrens

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Codeverzeichnis

1. Einleitung

Ein 3D-Laserscanner bietet vielfältige Möglichkeiten und Einsatzgebiete. Die Haupteinsatzgebiete finden sich in der Bauteileprüfung, der Erstellung von Finite-Elemente-Daten in Verbindung mit Bauteilanalyse, der Erstellung von 3D-Daten, der Kontrolle von Zubehörteilen und dem Reverse-Engineering.
Im Besitz der Fachhochschule Koblenz befindet sich ein komplettes 3D-Lasererfassungssystem. Dazu gehören eine Erfassungssoftware, ein 3D-Laserscanner und ein Drehtisch. Bisher müssen für eine Aufnahme, alle Komponenten zueinander passen. Der Drehtisch in diesem System ist jedoch ein Eigenbau der Fachhochschule Koblenz und die darin verbaute Drehtischsteuerung nicht kompatibel zu denen, von der Erfassungssoftware unterstützten, Drehtischsteuerungen.
Mittels eines Mikrocontrollers soll der vorhandene Aufbau so erweitert werden, dass der Drehtisch von der Software angesteuert werden kann und so der volle Umfang des Systems nutzbar gemacht werden. Dabei sind folgende Aufgaben zu realisieren. Die Höhenverstellung des Drehtisches soll genutzt werden können und die verbauten Endschalter ihre vorhergesehene Funktion erfüllen. Der Mikrocontroller soll sich mit mehreren Tastern bedienen lassen und über ein LC-Display verfügen, welches den aktuellen Status anzeigt. Mit einer Schritt-für-Schritt-Anleitung soll es auch für Studenten und Mitarbeiter der Fachhochschule möglich sein, schnell und einfach eine Aufnahme durchzuführen. Die Daten dieser Aufnahme sollen exportiert und in z.B. CAD-Anwendungen nutzbar sein.
Der Aufbau der Arbeit gliedert sich im Wesentlichen in die Vorstellung der vorhandenen Hard- und Software, dem chronologischen Arbeitsablauf während des Projektes, ein Kapitel das Probleme und deren Lösungen aufzeigt, in ein Fazit und mögliche zukünftige Verbesserungen. Im Anhang befindet sich eine Schritt-für-Schritt-Anleitung die es Laien ermöglicht 3D-Modelle aufzunehmen und zu exportieren.

2. Vorstellung der vorhandenen Hardware

Die Hardware besteht im Wesentlichen aus den Komponenten in Abbildung 2.1. **(TODO: Nummern oder Farben in Bild!)**

Abbildung 2.1.: Blick auf den Arbeitsaufbau

1	2.1 Computer
2	2.2 3D-Laserscanner VI-900
3	2.3 Ansteuerung für den Drehtisch
4	2.4 Mikrocontroller

Tabelle 2.1.: Aufbau

2.1. Computer

Zur Verfügung steht ein IBM kompatibler x86 Standard PC mit einer SCSI- und einer RS-232-Schnittstelle. Auf diesem ist die Erfassungssoftware *RapidForm2004* installiert. Die SCSI Schnittstelle wird zur Kommunikation mit dem 3D-Laserscanner und die RS-232-Schnittstelle zur Kommunikation mit einer Schrittmotorsteuerung genutzt.

2.2. 3D-Laserscanner VI-900

Der 3D-Laserscanner *VI-900* der Firma *Konica Minolta*[1] besteht, wie auf Abbildung 2.2 zu sehen, aus einer Kamera und einem Lasertriangulator. Das System lässt sich über eine SCSI-Schnittstelle ansprechen und konfigurieren. Zur mobilen Nutzung kann das Gerät auch auf der Rückseite bedient werden. Aufgenommene Daten können auf einer CF-Karte gespeichert werden. Im Projekt wurde jedoch lediglich die direkte Ansteuerung via SCSI genutzt.
Der VI-900 digitalisiert Objekte durch ein Laser-Lichtschnittverfahren. Das vom Objekt reflektierte Licht wird von einer CCD-Flächenkamera erfasst, nach Ermittlung der Distanzwerte (Z-Achse) mittels Laser-Triangulation werden die 3D-Daten erstellt. Der Laserstrahl wird mit Hilfe eines hochpräzisen galvanischen Spiegels über das Objekt projiziert, pro Scan werden 640 x 480 Einzelpunkte erfasst.Minolta [2012]
Die Technischen Daten befinden sich im Anhang in Tabelle A.3

Abbildung 2.2.: VI-900 - Kamera oben, Lasertriangulator unten

[1] Konica Minolta Sensing Europe, B.V. http://www.konicaminolta.eu/

2.2.1. Lasertriangulator Prinzip

Ein Lasertriangulator besteht, wie in Abbildung 2.3 zu sehen, aus einem Laser, einem Linsensystem und im einfachsten Fall, aus einer Pixeldetektorzeile. Der Laser strahlt auf ein Objekt und je nach Entfernung des Objektes wird das Streulicht unter einem anderen Winkel zurückgestrahlt. Das Streulicht wird durch die Linsen auf den Pixeldetektor abgebildet. Über die Position des Laserspots auf dem Pixeldetektor lässt sich auf die Entfernung des Objektes schließen.

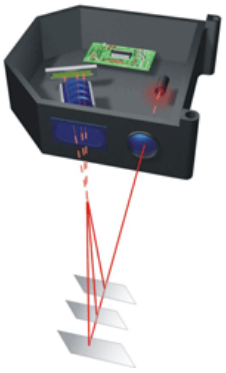


Abbildung 2.3.: Prinzip: Laser-Triangulation

2.3. Drehtisch und Ansteuerung

2.3.1. Drehtisch

Der Tisch in dem der Drehtisch verbaut ist, ist eine Eigenkonstruktion der Werkstatt des RheinAhrCampus Remagen. Er besteht aus einer massiven Edelstahl-Arbeitsplatte, welche auf 4 Füßen ruht. Aus dieser ist ein Rechteck mit aufgesetztem Halbkreis ausgeschnitten. In diesem Ausschnitt befindet sich der Drehtisch(siehe Abbildung 2.4). Er ist auf einem Schienensystem gelagert. Mit dem Schienensystem kann der Drehtisch in der Vertikalen positioniert werden. Mit einem Schrittmotor lässt sich der Drehtisch zusätzlich in der Höhe verstellen. Die Höhenverstellung wird mit einem Schneckengetriebe realisiert. Ein weiterer Schrittmotor ist für die Drehung des Tisches zuständig. Der Tisch ist über ein Harmonic-Drive-Getriebe mit dem Schrittmotor verbunden. Das Übersetzungsverhältnis des Getriebes beträgt 1:50.

2.3.2. Spannungsversorgung

Die Schrittmotorkarten werden von einem PC-Netzteil gespeist. Die Logikbausteine werden mit 5V gespeist, zusätzlich werden die Schrittmotorkarten mit 12V für die Schrittmotoren gespeist. Die Kabel sind direkt an die Verbindungsleisten gelötet.

Abbildung 2.4.: Drehtisch

Dies verhindert das einfache Ausbauen der Spannungsversorgung und die einfache Erweiterung um neue Einschubkarten.

2.3.3. Schrittmotoren

Für die Rotation kommt der Schrittmotor 440-458 der Firma R+S zum Einsatz. Dieser hat einen Schrittwinkel von 1,8°, eine Haltedrehmoment von 500mNm, wird mit 8-Drahtleitung verschaltet und mit 12V Gleichspannung versorgt. Aus dem Schrittwinkel ergeben sich 200 Schritte pro Umdrehung. Diese werden mit einem Harmonic-Drive-Getriebe, mit einer Übersetzung von 500:1, auf 100.000 Schritte pro Umdrehung erhöht.
Für die Höhenverstellung wird der Schrittmotor 440-420, ebenfalls von der Firma R+S, verwendet. Dieser hat auch einen Schrittwinkel von 1,8°, hat jedoch ein Haltemoment von 70mNm, wird in 6-Drahtleitung verschaltet und mit 5V Gleichspannung gespeist. Dieser ist mit einer Übersetzung von 5:1 und einem Schneckengetriebe mit dem Drehtisch verbunden. **(TODO: Überarbeiten?)**

2.3.4. Schrittmotorkarten

Die Ansteuerung für die Schrittmotoren sind als 19”-Einschübe realisiert, siehe Abbildung 2.5. Für jeden Schrittmotor wird ein Einschub benötigt. Die Einschübe sind Produkte der Firma R+S. Mittels RS-232 Schnittstelle lassen sich die Karten konfigurieren und ansteuern. Die Konfiguration und Ansteuerung erfolgt über einen vorgegeben ASCII [2] Befehlssatz. Der Befehlssatz befindet sich im Kapitel A.2. Es können zwei oder mehr Karten als Daisy-Chain [3] in Reihe geschaltet werden. **(TODO: Hinweis zuerst nur eine Karte vorhanden.)**

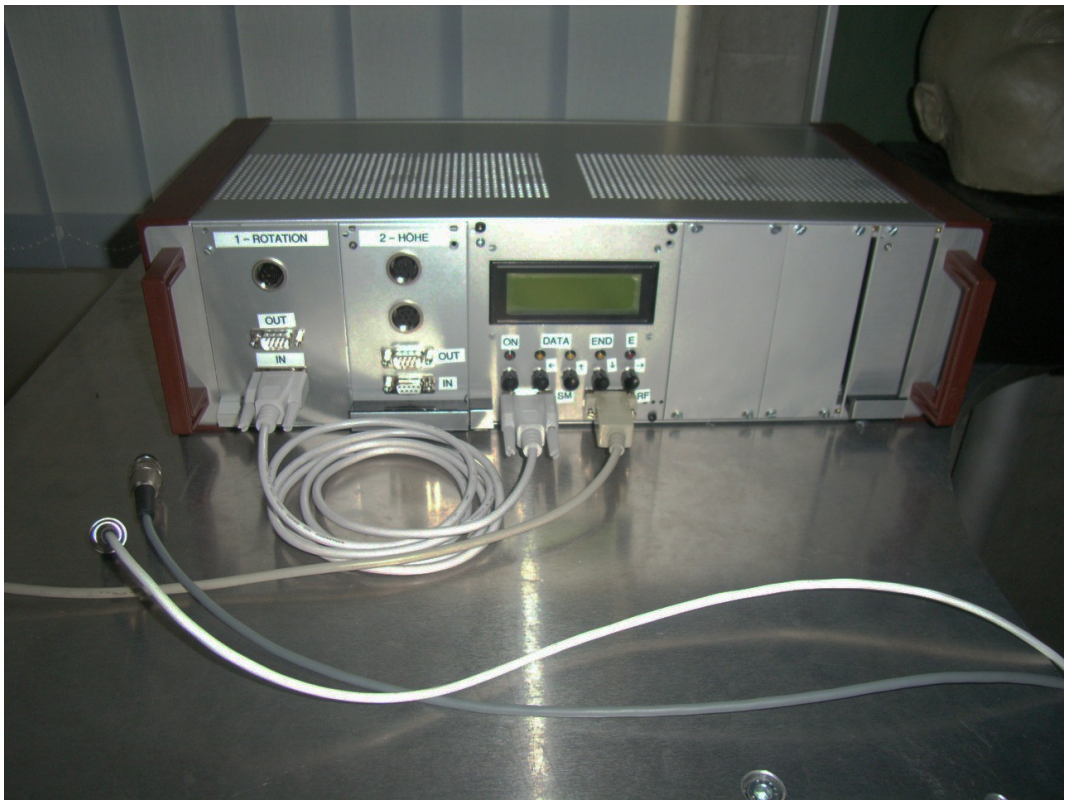


Abbildung 2.5.: Ansteuerung im 19”-Rack

2.3.5. Motorverkabelung

Die Schrittmotoren benötigen ein mindestens 4-adriges Kabel. Das Kabel für den Schrittmotor, der für die Rotation zuständig ist, war bereits gefertigt. Ein Kabel

[2] Der American Standard Code for Information Interchange (ASCII, alternativ US-ASCII, oft [æski] ausgesprochen) ist eine 7-Bit-ZeichenkodierungWikipedia [2012a]

[3] Als Daisy Chain (englisch, wörtlich „Gänseblümchenkette“) bezeichnet man eine Anzahl von Hardware-Komponenten, welche in Serie miteinander verbunden sind (meist in sogenannten Bussystemen in der Automatisierungstechnik).Wikipedia [2012b]

zwischen Schrittmotor und Schrittmotorkarte zur Höhenverstellung und für die Endschalter ist nicht vorhanden.

2.3.6. Endschalter

Die Schrittmotorkarten unterstützen das Abschalten der Motoren wenn ein sogenannter Endschalter ausgelöst wird. Dies sind im allgemeinen mechanische Schalter die ausgelöst werden wenn der Tisch sich dem Ende des Arbeitsbereiches nähert. Dies verhindert eine Beschädigung des Aufbaus.
Im Aufbau sind bereits induktive Endschalter der Firma *Pepperl+Fuchs* verbaut. Diese werden durch einen Metallstutzen ausgelöst. Dieser ist jedoch schlecht positioniert oder ungenügend lang. Würde der Drehtisch über seine Grenzen hinaus in der Höhe verstellt werden, würden die Endschalter nicht rechtzeitig ausgelöst werden und der Aufbau würde beschädigt werden.

2.4. Mikrocontroller

Ein Mikrocontroller besteht, wie in Abbildung 2.6 zu sehen, aus CPU, Flash-Speicher, EEPROM, Registern, Ports und mehreren Peripherie-Funktionen wie z.B. Timern, ADC, DAC und seriellen Schnittstellen. Für unterschiedliche Aufgaben können unterschiedliche Mikrocontroller verwendet werden, welche sich in ihrem Funktionsumfang unterscheiden.
Besonders Wichtig im Mikrocontroller sind die sogenannten Register. Dieses sind spezielle, meist 8-Bit breite, Abschnitte im Speicher. Sie repräsentieren Werte und Einstellungen im Mikrocontroller. Diese können beschrieben und ausgelesen oder nur ausgelesen werden. Durch das Auslesen oder Beschreiben der Register kann der Mikrocontroller mit internen und externen Komponenten interagieren. Die Register die zur externen Kommunikation dienen werden als Ports bezeichnet.
Es stand ein ATmega8515 Corporation [2012] im DIL-Gehäuse zur Verfügung. Dieser hatte 8 Kbyte Flash, drei externe Interrupts, eine serielle Schnittstelle und konnte mit bis zu 16 MHz betrieben werden. Dieser war geeignet um sich mit den speziellen Eigenheiten der Mikrocontroller Programmierung vertraut zu machen.

2.4.1. Entwicklerboard STK500

Um den Mikrocontroller zu programmieren und die Programmierung zu überprüfen, wird das Entwicklerboard *STK500*[A.5], wie auf Abbildung 2.7 zu sehen, verwendet. Das Board enthält mehrere Mikrocontroller-Steckplätze, 2 serielle Schnittstellen, 8 Taster, 8 LEDs, 2 Erweiterungsports, eine ISP [4] Programmierschnittstelle und meh-

[4] In System Programmer

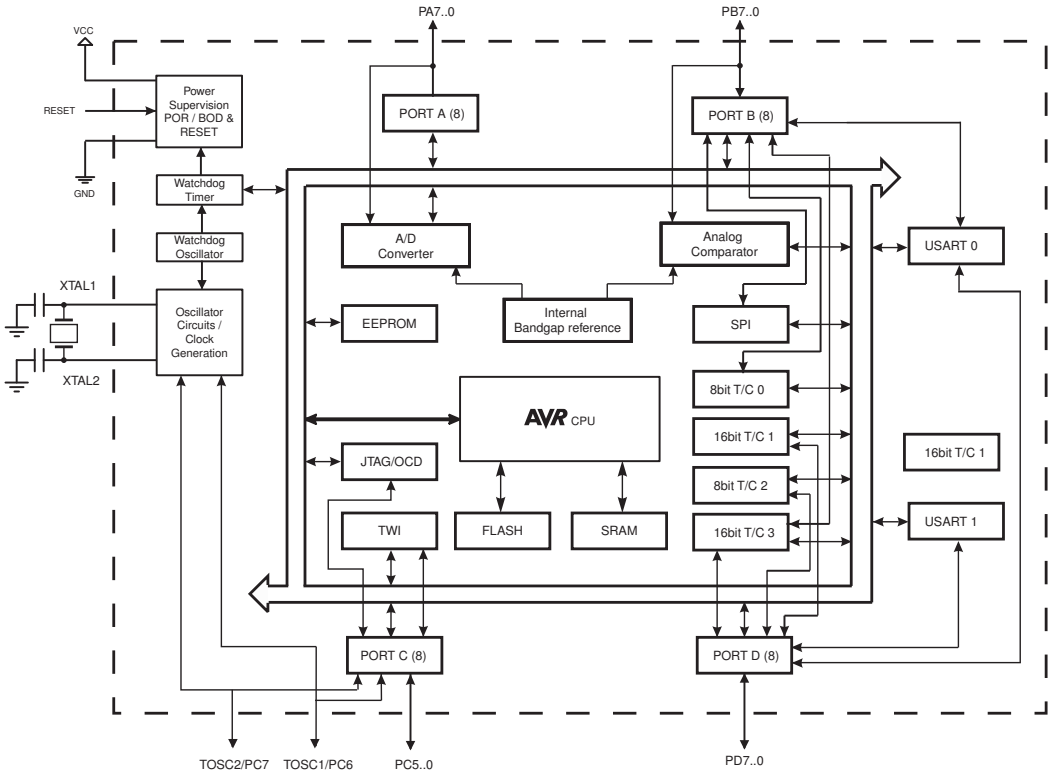


Abbildung 2.6.: Block Diagramm: Mikrocontroller ATmega324A
Atm [2011]

rere Jumper zum Konfigurieren des Boards.
Von den beiden seriellen Schnittstellen kann die Eine zur Programmierung des Mikrocontrollers verwendet werden. Die Andere kann zur Kommunikation mit dem Mikrocontroller genutzt werden.
Auf dem Board stehen fünf 10 polige Stiftleisten zur Verfügung. Diese sind direkt mit den Ein- und Ausgabe Pins, den sogenannten *Ports*, des Mikrocontroller verbunden und können über Flachbandkabel mit Hardwarekomponenten wie z.B. Taster, LED, LC-Displays oder seriellen Schnittstellen verbunden werden.

2.4.2. AVRISP mkII

Der *AVRISP mkII*[A.5] ist ein USB-basierter In-System-Programmer. Dieser kann anstelle des RS-232 basierten Programmiersystem des STK500 verwendet werden.
Die Übertragungsgeschwindigkeit des AVRISP mkII ist wesentlich höher als die der seriellen Schnittstelle. Der AVRISP mkII lässt sich einfach an den Programmierport, eine 6-Polige Stiftleiste, des STK500 anschließen.

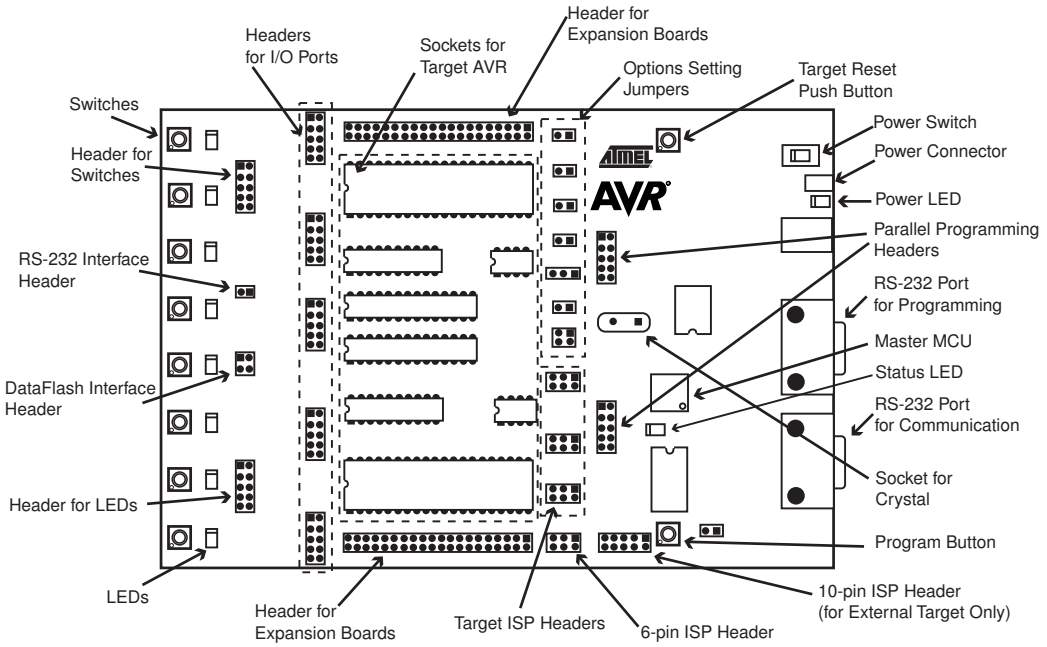


Abbildung 2.7.: Schemazeichnung eines STK500
[Atm 2003]

2.4.3. MAX232

Um die serielle Schnittstelle am Mikrocontroller nutzen zu können, müssen die Spannungspegel auf die des RS-232 Standards gewandelt werden. Dazu befindet sich auf dem STK500 der Pegelwandler MAX232. Dieser wandelt die Spannungspegel des Mikrocontrollers (typ. 0 V – 5 V TTL[5]) auf die Spannungspegel des RS-232 Standards (typ. -12 V – +12 V).

3. Vorstellung der vorhandenen Software

3.1. RapidForm2004

Zur Erfassung von 3D-Modellen am PC steht die Software *RapidForm2004* [A.6] zur Verfügung. Diese ist zur Erfassung und Bearbeitung von 3D-Modellen gedacht. Sie bietet umfangreiche Möglichkeiten die aufgenommenen Modelle zu verbessern, zu verändern, zu vermessen und in verschiedene Formate zu exportieren.
Mittels eines Add-In kann der VI-900 angesteuert und aufgenommenen Daten ausgelesen werden. Weiterhin kann das Add-In über eine RS-232-Schnittstelle verschiedene Drehtische ansteuern.

3.2. Entwicklungsumgebung

Die von Atmel bereitgestellte Entwicklungsumgebung *AVR Studio 5* [A.6] besteht aus einem Editor, einem Compiler und einer Programmiersoftware. Der Editor bietet Komfortfunktionen wie Syntaxhighlighting, Autovervollständigung und Projektmanagement. Der Compiler übersetzt den Quelltext in einen maschinenlesbaren Code und die Programmiersoftware kann diesen auf einen Mikrocontroller spielen.

3.3. Terminalprogramme

Zur Kommunikation über die RS-232-Schnittstelle steht das Programm *Hyperminal* [A.6] zur Verfügung.
(TODO: Putty)

4. Zeitlicher Arbeitsablauf

Dieses Kapitel spiegelt den chronologischen Ablauf des Projektes wieder und zeigt die Schritte auf, die notwendig waren um den Mikrocontroller so zu programmieren, dass dieser die Kommunikation zwischen RapidForm2004 und der vorhandenen Schrittmotorkarte ermöglicht. So das er sozusagen als Übersetzer für die unterschiedlichen Befehlssätze von RapidForm2004 und dem der Schrittmotorkarte fungiert.

Hinweis

Die Codelistings in diesem Kapitel sind thematisch zusammen gefasst und gekürzt um die Lesbarkeit und das Verständnis zu gewährleisten. Ein komplettes Codelisting des Hauptprogramms befindet sich im Anhang A.7. Der komplette Code, mit allen Bibliotheken, liegt dem Praxisbericht als CD oder Archiv bei.

Kapitel 4.1 beschreibt die Programmierung des Mikrocontrollers welche die notwendigen Grundvoraussetzungen für dieses Projekt schafft. Das Ziel dieser Programmierung besteht darin die geforderten Komponenten, LEDs, LC-Display, Taster und serielle Schnittstellen im Mikrocontroller nutzbar zu machen.
Kapitel 4.2 beschreibt die Erarbeitung der Befehlssätze die die Software RapidForm2004 enthält um mit den von ihr unterstützten Schrittmotorkarten zu kommunizieren. Auch der Befehlssatz zur Kommunikation zwischen dem Mikrocontroller und der Schrittmotorkarte wird beschrieben.
Kapitel 4.3 beschreibt wie der Mikrocontroller diesen Befehlssatz für die Kommunikation mit der vorhandenen Schrittmotorkarte nutzt.
Kapitel 4.4 gibt die Schritte zur Entwicklung und Verbesserung der Hardware, um diese so zu erweitern, dass sie den Vorgaben entspricht, wieder.
Kapitel 4.5 erläutert die Kommunikation zwischen dem Mikrocontroller und RapidForm2004.
Kapitel 4.6 beschreibt, wie die vorherigen Kapitel zusammenspielen, sodass eine reibungslose Kommunikation zwischen RapidForm2004 und der vorhandenen Schrittmotorkarte möglich ist.
Kapitel 4.7 beschreibt dann das Erstellen des Platinenlayouts und das Fertigen des Einschubs.

4.1. Bereitstellen grundlegender Funktionalitäten

Im ersten Schritt ging es darum, den Mikrocontroller so zu programmieren, dass dieser die für dieses Projekt grundlegenden Funktionalitäten bereitstellen kann.
Der Mikrocontroller befand sich vorerst auf dem STK500 (siehe Kapitel 2.4.1). Um dessen Komponenten im Mikrocontroller nutzen zu können, müssen dafür Register initialisiert werden oder Funktionalitäten wie z.B. Bibliotheken für das LC-Display bereit gestellt werden.
Die folgenden Kapitel beschreiben den Programmcode, der notwendig ist um diese Funktionalitäten bereitzustellen.

4.1.1. Taster

Um die Taster des STK500 im Mikrocontroller nutzen zu können müssen diese mit dem Mikrocontroller verbunden und entprellt[6] werden.
Dazu muss die Stiftleiste von *PortA* mit der Stiftleiste für die Taster verbunden werden. Das Entprellen der Taster wird softwareseitig realisiert. Dies bietet sich bei einem Mikrocontroler an. Dazu gibt es vorgefertigte Bibliotheken die genutzt werden können. Im Projekt wurde die Bibliothek `Debounce.h` Dannegger [2012] von Peter Dannegger genutzt. Sie ist sehr komfortabl und funktionsreich und basiert auf Timer-Interrupts. Um sie zu nutzen wird die Datei `Debounce.h` in das Projektverzeichnis kopiert und mit Zeile 1 des Codelisting 4.1 in das Programm eingebunden. Die Zeilen 2-10 spiegeln die Funktion zum Initialisieren der Bibliothek wieder. Diese Zeilen müssen auf den jeweils verwendeten Mikrocontroller angepasst werden.
Durch die Verwendung der Bibliothek ist es möglich Funktionen wie z.B. `get_key_press()` zu nutzen um den Status der Taster prellfrei auszulesen und diese Information für Entscheidungen im Programmablauf zu verwenden.

Listing 4.1: Taster

```
1  #include "Debounce.h"                          // Taster entprellen
2  void    debounce_init          (void) {        // Taster entprellen
3          KEY_DDR &= ~ALL_KEYS;                  // configure key port for input
4          KEY_PORT |= ALL_KEYS;                  // and turn on pull up resistors
5          TCCR0B = (1 << CS02) | (1 << CS00);    // divide by 1024
6          // preload for 10ms
7          TCNT0 = (uint8_t) (int16_t) -(F_CPU / 1024 * 10 * 10e-3 + 0.5);
8          TIMSK0 |= 1 << TOIE0;                  // enable timer interrupt
9          sei();                                 // global enable Interrupts
10 }
11 if (get_key_press(1 << KEY4))
12         menu_select(&menu_context);            // Aktuellen Menuepunkt auswaehlen
```

[6] Als Prellen bezeichnet man das ungewollte mehrfache Schalten eines mechanischen Schalters bei einem einzelnen Schaltvorgang.

4.1.2. LEDs

LEDs sollen im Programmablauf genutzt werden können, um z.B. Fehler zu signalisieren.
Dazu muss zuerst die Stiftleiste von *PortB* mit der LED Stiftleiste des STK500 verbunden werden. Um LEDs an *PortB* betreiben zu können müssen die entsprechenden Pins im Register `DDRB` als Ausgänge definiert werden. Dies geschieht in Zeile 1 des Codelisting 4.2. Die Bibliothek zum Entprellen der Taster nutzt die Variablen `LED_DDR` und `LED_PORT`. Diese Variablen werden auch hier genutzt um auf die Register zuzugreifen. Dies gewährleistet eine bessere Übersicht. Die Werte im 8-Bit Register `LED_PORT` spiegeln die Spannungen an den Pins des *PortB* am Mikrocontroller wieder. Da die LEDs auf dem STK500 mit active-low-Logik betrieben werden, muss das jeweilige Bit gelöscht, also auf "0", gesetzt werden damit die LED leuchtet. Um alle Bits in einem Register zu verändern kann das Register mit einem 2-stelligen Hex-Wert (8-Bit) oder einem 8 stelligen binären Bitmuster beschrieben werden. In Zeile 2 werden alle Bits mit dem Hex-Wert `0xFF` auf "1" gesetzt und somit alle LEDs ausgeschaltet. Um ein einzelnes Bit zu verändern, können die Anweisungen in den Zeilen 3 und 4 verwendet werden. Dabei steht das "X" in *PBX* für die x-te Stelle im Register die gesetzt oder gelöscht werden soll.
Es ist damit möglich im Programmablauf einzelne LEDs anzusteuern.

Listing 4.2: LEDs

```
1 LED_DDR = 0xFF;                  // LED Port Richtung definieren (Ausgang)
2 LED_PORT = 0xFF;                 // LEDs ausschalten
3 LED_PORT &= ~((1 << PBX));       // loescht  Bit an PortB - LED an
4 LED_PORT |= ((1 << PBX));        // setzt   Bit an PortB - LED aus
```

4.1.3. Ansteuerung des LC-Display

Um den aktuellen Status des Motor komfortabel in Textform anzeigen zu können und die Schrittmotorkarte *menübasiert* ansteuern zu können wird ein LC-Display verwendet. Das verwendete Display ist alpha numerisch und kann 4x20 Zeichen anzeigen.
Die meisten LC-Displays werden auf die gleiche Weise angesteuert. Hier gibt es fertige Bibliotheken die frei genutzt werden können. Im Projekt wurde die Bibliothek von Peter Fleury Fleury [2012] verwendet. Die Bibliothek wird heruntergeladen und die Dateien `lcd.c` und `lcd.h` in das Projektverzeichnis entpackt. Die Bibliothek wird mit `#include ''lcd.h''` eingebunden. In der `lcd.h` müssen dann noch die Daten des Displays eingegeben werden (siehe Codelisting 4.3 Zeilen 2–10).
Danach kann das Display im Programm mit den Befehlen aus Zeile 12–21 angesteuert werden.

Listing 4.3: lcd.h (Auszug)

```
1  /**< Use 0 for HD44780 controller, 1 for KS0073 controller */
2  #define LCD_CONTROLLER_KS0073 0
3  #define LCD_LINES        4          /**< number of visible lines of the display */
4  #define LCD_DISP_LENGTH 19          /**< visibles characters per line of the display */
5  #define LCD_LINE_LENGTH 0x40        /**< internal line length of the display    */
6  #define LCD_START_LINE1 0x00        /**< DDRAM address of first char of line 1 */
7  #define LCD_START_LINE2 0x40        /**< DDRAM address of first char of line 2 */
8  #define LCD_START_LINE3 0x14        /**< DDRAM address of first char of line 3 */
9  #define LCD_START_LINE4 0x54        /**< DDRAM address of first char of line 4 */
10 #define LCD_WRAP_LINES 1            /**< 0: no wrap, 1: wrap at end of visibile line */
11 // Funktionen zum Ansteuern des Displays:
12 extern void lcd_init(uint8_t dispAttr);
13 extern void lcd_clrscr(void);
14 extern void lcd_home(void);
15 extern void lcd_gotoxy(uint8_t x, uint8_t y);
16 extern void lcd_putc(char c);
17 extern void lcd_puts(const char *s);
18 extern void lcd_puts_p(const char *progmem_s);
19 extern void lcd_command(uint8_t cmd);
20 extern void lcd_data(uint8_t data);
21 #define lcd_puts_P(__s) lcd_puts_p(PSTR(__s))
```

4.1.4. RS-232-Schnittstelle

RS-232 ist der Name der am häufigsten verwendeten seriellen Schnittstelle um Daten zwischen zwei elektronischen Geräten hin und her zu senden. Mikrocontroller.ner [2012]

Auf dem STK500 ist bereits eine serielle Schnittstelle vorbereitet. Um diese nutzen zu können, müssen die Pins 3 und 4 des *PortC* (erster UART) des Mikrocontrollers mit der Stiftleiste *Rx/Tx* auf dem STK500 verbunden werden. Eine weitere Schnittstelle wurde auf einem Steckbrett aufgebaut. Diese wurde mit den Pins 1 und 2 des *PortC* (zweiter UART) des Mikrocontrollers verbunden. Um die Schnittstellen im Mikrocontroller nutzen zu können müssen diese noch durch setzen von Bits in den entsprechenden Registern des Mikrocontrollers aktiviert werden.

Das Codelisting 4.4 teilt sich in 4 wesentliche Bereiche:

- Zeilen 1 – 2: Setzen der Baudrate und einbinden der benötigten Bibliotheken.
- Zeilen 3 – 17: Initialisieren der Schnittstellen durch setzen der richtigen Bits in den entsprechenden Registern.
- Zeilen 18 – 35: Funktionen zum Senden von Daten

- Zeilen 36 – 65: Funktionen zum Empfangen von Daten

Listing 4.4: RS-232

```
1  #define BAUD 9600                // BAUD Rate definieren
2  #include <util/setbaud.h>        // UART Funktionen
3  // UART Initialisieren
4  void     uart_init               () {
5           // UART 0 - IN (Rapidform Software/Terminal)
6           UBRR0H = UBRRH_VALUE;
7           UBRR0L = UBRRL_VALUE;
8           UCSR0C = (3 << UCSZ00);
9           UCSR0B |= (1 << TXEN0);    //Transmitter Enabled
10          UCSR0B |= (1 << RXEN0);    // UART RX einschalten
11          // UART 1 - OUT (Stepper Karte/Drehtisch)
12          UBRR1H = UBRRH_VALUE;
13          UBRR1L = UBRRL_VALUE;
14          UCSR1C = (3 << UCSZ00);
15          UCSR1B |= (1 << TXEN1);    //Transmitter Enabled
16          UCSR1B |= (1 << RXEN1);    // UART RX einschalten
17 }
18 // UART Zeichen senden
19 void     uart_put_charater       (unsigned char c, int dir) {
20          if (dir == D_RapidForm) {    // To Rapidform
21                  while (!(UCSR0A & (1 << UDRE0))) {}//warten bis Senden moeglich
22                  UDR0 = c;            // sende Zeichen
23          }
24          else {                       // To Stepper
25                  while (!(UCSR1A & (1 << UDRE1))) {}//warten bis Senden moeglich
26                  UDR1 = c;            // sende Zeichen
27          }
28 }
29 // UART String senden
30 void     uart_put_string         (char *s, int dir) {
31          while (*s){ // so lange *s != '\0' Terminierungszeichen
32                  uart_put_charater(*s, dir); // Zeichenweise senden
33                  s++;
34          }
35 }
36 // UART Zeichen empfangen
37 int      uart_get_character      (int dir) {
38          if (dir == D_RapidForm) {    // Aus RapidForm Register auslesen
39                  while (!(UCSR0A & (1 << RXC0))) ; // warten bis Zeichen verfuegbar
40                  return UDR0; // Zeichen aus UDR an Aufrufer zurueckgeben
41          }
42          if (dir == D_Stepper) {      // Aus Schrittmotor Register auslesen
43                  while (!(UCSR1A & (1 << RXC1))) ; // warten bis Zeichen verfuegbar
44                  return UDR1; // Zeichen aus UDR an Aufrufer zurueckgeben
45          }
```

```
46          return -1;      // Wenn nichts ausgelesen wurde -1 zurueckgeben
47  }
48  // UART String empfangen
49  void    uart_get_string         (char * string_in, int dir) {
50          char c;         // Einzelnes Zeichen
51          int i = 0;      // Zaehlvariable
52          do {
53                  c = uart_get_character(dir);    // Einzelnes Zeichen holen
54                  if (c != '\r') {                // Wenn keinn \r
55                          *string_in = c;         // Zeichen in Empfangsstring schreiben
56                          string_in += 1;         // Adresse des Empfangsstring um 1 ink
57                          i++;                    // Zaehlvariable um 1 erhoehen
58                  }
59          } while (i < 100 && c != '\r' && c != '\n'); // So lange bis \r \n o. >100 Zeichen
60          *string_in = '\0';                      // 0 Terminieren
61          if (dir == D_Stepper)
62                  LED_PORT |= ( 1 << LED3 ); // "Daten Vorhanden" LED ausschalten
63          else
64                  LED_PORT |= ( 1 << LED2 ); // "Daten Vorhanden" LED ausschalten
65  }
```

Damit stehen die essentiellen Funktionen `uart_put_string(dir)` und `uart_get_string(dir)` zur Verfügung. Mit diesen kann der Mikrocontroller über die serielle Schnittstelle Strings senden und empfangen. Der Parameter `dir` gibt dabei die Schnittstelle an über die gesendet oder empfangen werden soll.

4.2. Befehlssätze

Das zu erreichende Ziel bestand darin, dass RapidForm2004 mit dem Mikrocontroller und dieser mit der Schrittmotorkarte kommunizieren können sollte. Die Kommunikation läuft dabei über Befehle ab, die über die serielle Schnittstelle gesendet werden. Jede Schrittmotorkarte verwendet eigenen Befehle. Alle Befehle für eine Schrittmotorkarte werden im Folgenden als Befehlssatz bezeichnet. Die Software RapidForm2004 kennt mehrere Befehlssätze um verschiedene Schrittmotorkarten anzusteuern. Der Befehlssatz der vorhandenen Schrittmotorkarten zum Ansteuern der Motoren des Drehtisches ist jedoch nicht in RapidForm2004 vorhanden.
Nun soll der Mikrocontroller sowohl mit RapidForm2004 als auch mit der ersten der vorhandenen Schrittmotorkarten kommunizieren. Befehle an die zweite Schrittmotorkarte werden über die Erste gesendet. Um mit beiden Seiten kommunizieren zu können muss der Mikrocontroller den Befehlssatz der vorhanden Schrittmotorkarten und zumindest einen der Befehlssätze aus RapidForm2004 kennen. Außerdem muss er wissen welche Antwort RapidForm2004 auf einen gesendeten Befehl erwartet.
In der ersten Phase wurde die Software *Free Serial Port Monitor* verwendet um

die Kommunikation zwischen RapidForm2004 und dem Mikrocontroller abzuhören. Dies hatte jedoch den Nachteil, das RapidForm2004 erst dann den nächsten Befehl sendete, wenn der Erste mit der erwarteten Antwort quittiert wurde. Die Befehle die RapidForm erwartete, konnten zwar teilweise aus den Betriebsanleitungen der Schrittmotorsteuerungen entnommen werden, dieses Vorgehen war jedoch sehr mühsam. Eine besseres Vorgehen, war das sogenannte Reverse-Engineering. Dadurch konnten alle Befehe und die darauf erwarteten Antworten aus einer ausführbaren Datei von RapidForm2004 ausgelesen werden.
Das Codelisting 4.5 zeigt einen Auszug für den Befehlssatz eines Isel Schrittmotors. Im Anhang A.3 befinden sich die Befehlssätze aller Schrittmotorkarten. Somit stehen die Befehlssätze aller Schrittmotorsteuerungen zur Verfügung. Diese wurden in einer Textdatei gespeichert und werden später im Programm verwendet. Dadurch sind alle Befehle und die Antworten die RapidForm2004 auf einen daraus ausgesendeten Befehl erwartet bekannt.

Hinweis

In Codelistings und im Quelltext wird teilweise noch die Bezeichnung *Protokolle* statt *Befehlssätze* verwendet. Diese sind gleichbedeutend.

Listing 4.5: Befehlssatz aus Rapidform: Isel

```
1  model    " isel (RF-1)"
2  port     "9600"                    "n81h"
3   init    "@01\r"                   "0"
4   finish  "@0M0\054+600\r"          "0"
5  arot     "@0M%d\054+600\r"         "0"
6  stop     ""                        "0"
7  home     "@0M0\054+600\r"          "0"
8  step     "-0.0173076" "-8000000" "8000000"
9  timeout "60"
10  firsttimeout  "10"
```

4.3. Kommunikation mit der vorhandenen Schrittmotorsteuerung

4.3.1. Befehle senden

Im nächsten Schritt geht es darum, Befehle an die Schrittmotorkarte zu versenden. Da es nicht möglich ist, für jeden Befehl eine eigene Taste zu verwenden, wird eine menübasierte Steuerung mittels des LC-Displays verwendet. Im Menü lässt sich mit

den Tasten *Hoch*, *Runter*, *Ok*, und *Zurück*, navigieren.
Analog wie beim LC-Display und bei den Tastern wird hier eine vorhandene Bibliothek genutzt. Um die Bibliothek verwenden zu können musste die Menüstruktur den Bedürfnissen des Projekts angepasst werden und die Funktionen zum Ausgeben von Text auf dem LC-Display und zum Versenden von Befehlen über die RS-232-Schnittstelle, aus den vorangegangen Kapiteln, bekannt gemacht werden. Dies geschieht in der Datei `tinymenu/tinymenu.h`.
Die Zeilen 1–6 des Codelisting 4.6 dienen zum Einbinden der benötigten Bibliotheken. Die Zeilen 8–20 zeigen eine vereinfachte Struktur des Hauptprogramms. Wird ein Taster gedrückt, wird dies durch die `get_key_press()`-Funktion, bekannt aus Kapitel 4.1.1, erkannt und die entsprechende Menü Funktion aufgerufen.

Listing 4.6: Menü

```
1  #define MCU_CLK F_CPU
2  #include "tinymenu/spin_delay.h"
3  #define CONFIG_TINYMENU_USE_CLEAR
4  #include "tinymenu/tinymenu.h"
5  #include "tinymenu/tinymenu_hw.h"
6  #include "mymenu.h"
7  // Gekuerzte Main-Funktion
8  int main(void) {
9          while (1) {      // In Endlosschleife wechseln
10                 wdt_reset();     // Watchdog zuruecksetzen
11                 if (get_key_press(1 << KEY1)) // 1 - Zurueck
12                         menu_exit(&menu_context);
13                 if( get_key_press(1 << KEY2)) // 2 - Hoch
14                         menu_prev_entry(&menu_context);
15                 if (get_key_press(1 << KEY3)) // 3 - Runter
16                         menu_next_entry(&menu_context);
17                 if (get_key_press(1 << KEY4)) // 4 - Ok
18                         menu_select(&menu_context);
19         }
20 }
21 // Funktion zum senden der Menuepunkte ueber die serielle Schnittstelle
22 void     menu_puts               (void *arg, char *name) { // Menu/Sende Funktion
23         uart_put_string(arg, D_Stepper);       // Uebergebenen String an Stepper senden
24         // Befehl auf Display ausgeben
25         lcd_clrscr();
26         lcd_puts("Sent: ");
27         lcd_puts(arg);
28         lcd_puts("\n");
29         ms_spin(100);
30         //if ((UCSR1A & (1 << RXC1)))
31         uart_rx(D_Stepper);    // Antwort des Stepper empfangen
32         ms_spin(1000);          // Antwort noch eine weile Anzeigen
33 }
```

Folgende Menüpunkte wurden realisiert:

Listing 4.7: Menü Baum

```
1  Main Menu
2    Bewegen - Rotation
3      +90
4      -90
5      +10.000 Schritte
6      -10.000 Schritte
7      Gehe zum Uhrsprung
8    Bewegen - Hoehe
9      +500000
10     -500000
11     +1000000
12     -1000000
13     Gehe zum Ursprung
14   Konfigurieren
15     Motorstatus
16     Setze Ursprung
17     Write to EEPROM
18     Newline 1
19     Parameter Auslesen
```

Wird einer der Menüpunkte aufgerufen, wird die im Menüpunkt hinterlegte Funktion mit dem hinterlegten Parameter aufgerufen. Wird beispielsweise der Befehl *+90* ausgewählt, wird die hinterlegte Funktion `menu_puts(arg, name)` (Codelisting 4.6 Zeile 18-28) mit dem hinterlegten Wert aufgerufen. Diese sendet dann mit der aus Kapitel 4.1.4 bekannten Funktion `uart_puts(arg, dir)` einen Befehl an die Schrittmotorsteuerung.
Es ist somit nun möglich mit Tastern vordefinierte Befehle aus dem Menü auszuwählen und an die Schrittmotorsteuerung zu senden.

4.3.2. Antworten empfangen und speichern

Die Schrittmotorsteuerung antwortet auf Befehle mit einem String. In diesem Arbeitsschritt wird die Funktionalität zum Empfangen von Antworten der Schrittmotorsteuerung auf Befehle des Mikrocontrollers hergestellt. Diese Antworten sollen in einem String gespeichert und im nächsten Schritt an eine *Auswerte-Funktion* weiter gegeben werden.
Dazu wird in der Hauptschleife des Programms ständig das Eingangsregister der ersten seriellen Schnittstelle abgefragt (siehe Codelisting 4.8 Zeile 10–13). Dieses Vorgehen bezeichnet man als Polling. Sind Daten im Register vorhanden, wird `LED3` eingeschaltet und die Funktion `uart_rx(int dir)` mit dem Parameter `D_Stepper`

aufgerufen. Der übergebene Parameter gibt an, dass der Befehl von der für die Schrittmotorkarte zuständigen Schnittstelle empfangen wurde. Dadurch wird sichergestellt, dass der empfangene String aus dem richtigen Datenempfangsregister ausgelesen wird und festgelegt wie er weiterverarbeitet wird. Die Funktion `uart_rx(dir)` liest dann das Empfangsregister mit der aus Kapitel 4.1.4 bekannten Funktion `uart_get_string(str_rx, dir)` aus und schreibt den empfangenen String in die Variable `str_rx` (Codelisting 4.8, Zeile 7). In einer if-Abfrage wird entschieden von welcher Schnittstelle der empfangene Befehl kam. Da `D_Stepper` übergeben wurde, wird der if-Teil der Abfrage ausgeführt. In dieser wird der empfangene String an die *Auswerte-Funktion* für die Schrittmotorkarte (Codelisting 4.8, Zeile 15-45) übergeben. Durch diesen Teil des Programms ist es nun möglich Antworten der Schrittmotorkarte zu empfangen, in dem String `str_rx` zu speichern und an die Auswerte-Funktion `switch_Stepper(str_rx)` zu übergeben.

Listing 4.8: RS-232 Empfang

```
1  if ((UCSR1A & (1 << RXC1))){        // Stepper Polling
2          LED_PORT &= ( 1 << LED3 );        // LED einschalten
3          uart_rx(D_Stepper);               // Register auslesen
4  }
5  // UART Empfangsregister auslesen
6  void     uart_rx                          (int dir) {
7          uart_get_string(str_rx, dir);     // String aus Empfangsregister auslesen
8          if (dir == D_Stepper)             // Empfangsregister Stepper
9                  switch_Stepper(str_rx); // Uebersetzungsfunktion fuer Stepper aufrufen
10         else{                             // Empfangsregister RapidForm
11                 // Wird spaeter erklaert
12         }
13 }
```

4.3.3. Antworten auswerten

Die Funktion zum Auswerten empfangener Strings spielt eine zentrale Rolle im Projekt. Diese Funktion ermöglicht es, ankommende Strings im Mikrocontroller gegen die bekannten Antworten zu prüfen und eine entsprechende Reaktion auszuführen. In der Auswerte-Funktion wird der übergebene String mittels der Funktion `FindStringInArray(str_rx, pOptions, length)` (Codelisting 4.9) gegen ein Array (Codelisting 4.10, Zeile 3) mit bekannten Befehlen geprüft. Ist der String in diesem Array vorhanden, wird die Position des Strings im Array zurückgegeben, ansonsten wird ”99” zurückgegeben. In einer anschließenden switch/case-Struktur wird dann der Position im Array ein bestimmtes Verhalten des Mikrocontrollers zugeordnet. Wird beispielsweise der String `#` empfangen, wird Position `0` zurück gegeben und auf dem LC-Display wird *Erfolgreich* ausgegeben.

Durch diese Funktion kann nun auf Strings reagiert werden und eine entsprechende Reaktion seitens des Mikrocontrollers erfolgen.

Listing 4.9: FindStringInArray()

```
int     FindStringInArray      (const char* pInput, const char* pOptions[], int cmp_length) {
        int n = -1;
        while (pOptions[++n]) { //Array durchlaufen bis 0 terminiert
                //Wenn pInput == pOptions dann gib Array Position zurueck
                if (!strncmp(pInput, pOptions[n], cmp_length)) return n;
        }
        return 99; // Wenn keine uebereinstimmung, gib 99 zurueck
}
```

Listing 4.10: switchStepper()

```
// Uebersetzung Schrittmotorkarte
void    switch_Stepper         (char * str_rx) {
        const char* pOptions[] = {      // Array mit bekannten Befehlen
                        "#",    // 0 - Stepper Karte hat Befehl erkannt
                        "E",    // 1 - Stepper Karte meldet Error
                        "!CLS", // 2 - Clear Screen (Debugging)
                        "Test", // 3 - Test (Debugging)
                        0 };
        switch (FindStringInArray(str_rx, pOptions, 1)) { // String gegen bekannte Antworten
            pruefen
        case 0:                 // 0 - Stepper Karte hat Befehl erkannt
                lcd_puts("Erfolgreich\n");
                break;
        case 1:                 // 1 - Stepper Karte meldet Error
                lcd_puts("Error\n");
                uart_put_string("1\r\n", D_RapidForm);
                break;
        case 2:                 // 2 - Clear Screen (Debugging)
                lcd_clrscr();
                break;
        case 3:                 // 3 - Test (Debugging)
                lcd_puts("Test bestanden\n");
                break;
        default:
                ms_spin(10);
        }
}
```

4.4. Verbesserungen an der vorhandenen Hardware

4.4.1. Netzteil

Ziel dieses Arbeitsschrittes war es, die festen Lötverbindungen zwischen dem PC-Netzteil und den einzelnen Karteneinschüben im 19"-Rack durch Steckverbindungen zu ersetzen und dadurch leicht erweiterbar zu machen.
Die festen Lötverbindungen am Einschub für die Schrittmotorkarte wurden durch Standard PC-Netzteil Stecker ersetzt. Die Logikbausteine der Schrittmotorkarte werden mit $5V$ gespeist. Die Schrittmotorkarte wird zusätzlich mit $12V$ für den Schrittmotor gespeist. Der Stecker lässt sich nun einfach mit einer Buchse des Standard PC-Netzteils verbinden und es ist nicht mehr Notwendig zu löten wenn das Netzteil ausgebaut wird. Mittels eines Y-Kabels(siehe Abbildung 4.1) können nun leicht weitere Buchsen hinzugefügt werden.
Dadurch kann das Netzteil nun einfach ein- und ausgebaut werden, bzw. das System leicht um neue Einschubkarten erweitert werden. (**TODO:** http://www.kosatec.

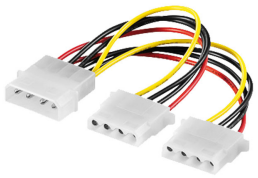


Abbildung 4.1.: Stromverbinder - Y-Kabel**?**

de/prod_images/kc/640x480/100539.jpg)

4.4.2. Zweite Schrittmotorkarte

Zu Anfang war nur eine Schrittmotorkarte für die Rotation des Drehtisches vorbereitet. Mit einem zweiten Schrittmotor konnte der Tisch in der Höhe verstellt werden. Für diesen fehlte jedoch noch eine zweite Schrittmotorkarte. Diese musste noch vorbereitet und mit der Ersten verbunden werden.
Dazu wurde, wie in Kapitel 4.4.1 beschrieben, ein weiterer Einschubplatz für die Schrittmotorkarte vorbereitet. Die Karte wurde mit einer Frontblende versehen und auf dieser eine Buchse für die Motorverkabelung und je eine Buchse und einen Stecker für die seriellen Schnittstellen verbaut. Diese wurden mit den entsprechenden Anschlüssen auf der Schrittmotorkarte verlötet. Die Karte wird in den Einschubplatz geschoben und mit einem seriellen Kabel als Daisy-Chain mit der ersten Schrittmotorkarte verbunden. Dadurch kann die zweite Schrittmotorkarte über die Erste angesteuert werden.
Somit steht eine baugleiche Schrittmotorkarte zur Verfügung. Diese kann nun den

Schrittmotor für die Höhenverstellung ansteuern. Befehle an diese Schrittmotorkarte werden an die erste Karte geschickt, jedoch mit dem Prefix *2*. Dieser weist die erste Karte an, den Befehl an die zweite Karte weiter zu senden. So kann das System um weitere Karten erweitert werden.

4.4.3. Motor- und Endschalterverkabelung

Zwischen der zweiten Schrittmotorkarte und dem zugehörigen Schrittmotor, der für die Höhenverstellung zuständig ist, war noch kein Kabel vorhanden. Dieses musste noch gefertigt und um 3 Leitungen für die Endschalter erweitert werden.
Dafür wurde in der Werkstatt des RheinAhrCampus Remagen ein 7 adriges Kabel (siehe Abbildung 4.3) besorgt und die passenden Endstecker bestellt. Die Belegung wurde gleich zum Kabel für den ersten Schrittmotor gewählt, jedoch um die 3 Adern für die beiden Endschalter erweitert. Tabelle 4.1 gibt die Belegung des Kabels wieder. Somit stand ein Kabel zur Verfügung mit dem sowohl der Schrittmotor gesteuert, als auch der Status der Endschalter an die Schrittmotorkarte übermittelt werden konnte. **(TODO: Belegung überprüfen!)**

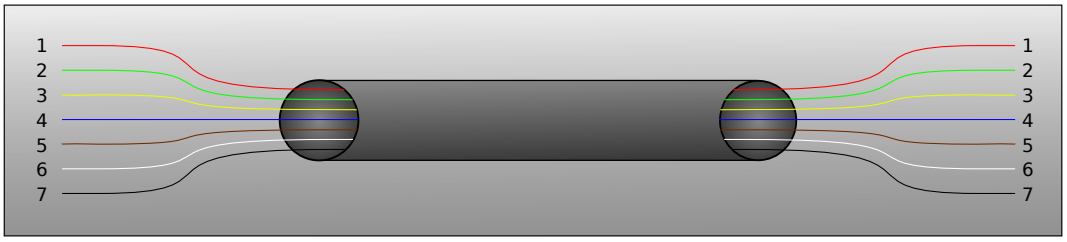


Abbildung 4.2.: Motor- und Endschalterverkabelung

Tabelle 4.1.: Motor- und Endschalterverkabelung

1	Phase A
2	Phase B
3	Phase C
4	Phase D
5	Endschalter oben
6	Endschalter unten
7	Endschalter Masse

4.4.4. Endschalter

Nun geht es darum, die vorgegeben induktiven Endschalter mit der Schrittmotorkarte und dem Mikrocontroller zu verbinden. Dadurch soll gewährleistet werden, dass

der Drehtisch nicht über den Arbeitsbereich hinaus bewegt werden kann. Zusätzlich soll das Erreichen der Endpositionen auf dem LC-Display angezeigt werden.
Da die Schrittmotorkarte nur mechanische Endschalter unterstützt, ließen sich die induktiven Endschalter nicht ohne weiteres nutzen. Um die induktiven Endschalter nutzen zu können, musste die Spannung über einen Spannungsteiler heruntergesetzt werden und die standardmäßigen Eingänge für die mechanischen Endschalter umgangen werden. Die induktiven Endschalter werden direkt an den Optokoppler angeschlossen, welcher für die mechanischen Endschalter zuständig ist. Dadurch wurden die Signale der Endschalter für die Schrittmotorkarte nutzbar. Ein weiteres Problem

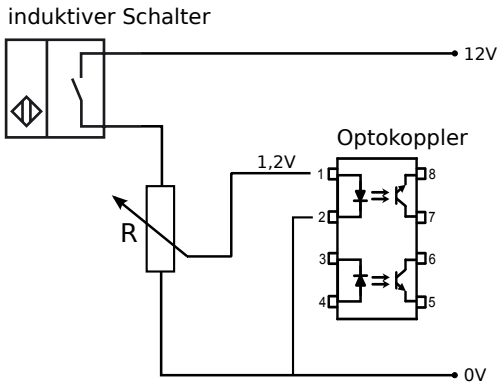


Abbildung 4.3.: Motor- und Endschalterverkabelung

bestand darin, dass, wenn der Tisch sich bereits in der Endposition befand, die Endschalter noch nicht aktiviert wurden. Dies lag daran, dass der Metallstutzen, der die Endschalter auslösen sollte, sich nicht im Schaltbereich der induktiven Schalter befand. Zur Abhilfe wurde ein längerer Metallstutzen von der Werkstatt des RheinAhrCampus angefertigt.
Wenn der Tisch sich in der Endposition befindet, soll dies auch auf dem LC-Display angezeigt werden. Die Signale der Endschalter liegen auf der Rückseite der Schrittmotorkarte am Verbindungsstecker an. Um die Signale dem Mikrocontroller zugänglich zu machen wurde eine Brücke zwischen den Verbindungssteckern der Schrittmotorkarte und der Mikrocontroller-Platine gelötet. Auf der Mikrocontroller-Platine sind diese beiden Pins mit je einem Pin des Mikrocontrollers verbunden. Diese beiden Pins werden im Mikrocontroller als Interrupts definiert. Die Interrupt-Service-Routine zum Anzeigen der Nachricht auf dem LC-Display wird in Kapitel 5.2.1 beschrieben. Da die Signale der Endschalter nun an der Schrittmotorkarte anliegen, stoppt diese den Motor wenn eine der Endschalterpositionen erreicht wird. Zusätzlich liegen die Signale am Mikrocontroller an. Dieser gibt dadurch auf dem Display die Meldung *Endschalterposition erreicht!* aus.

4.4.5. Zweite serielle Schnittstelle

Das STK500 bietet nur eine serielle Schnittstelle. Um zusätzlich zur Schrittmotorkarte auch mit RapidForm2004 kommunizieren zu können, wird eine zweite RS-232-Schnittstelle benötigt.
Dafür wurde vorerst auf einem Steckbrett eine zweite serielle Schnittstelle nach dem Schaltplan in Abbildung 4.4 aufgebaut. Später wird diese Schnittstelle direkt auf der Mikrocontroller-Platine realisiert. Dadurch ist es möglich mit dem Mikrocontroller über zwei RS-232-Schnittstellen gleichzeitig zu kommunizieren.

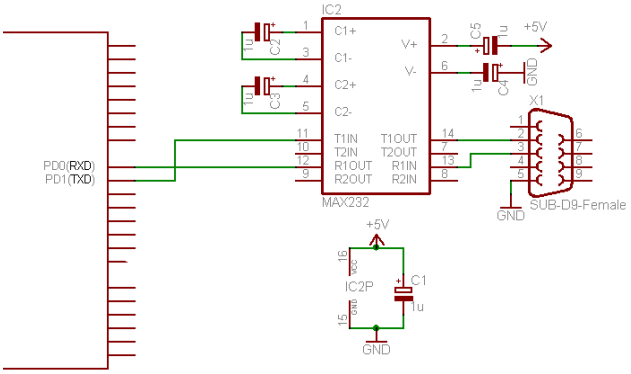


Abbildung 4.4.: Schema: MAX232
[Mikrocontroller.ner 2012]

4.5. Kommunikation mit RapidForm2004

RapidForm2004 sendet Befehle die für die Drehtischsteuerung bestimmt sind an den Mikrocontroller. Diese sollen dort empfangen, ausgewertet und in verständlicher Form an die Drehtischsteuerung weiter gegeben werden. RapidForm2004 verwendet dabei verschiedene Befehlssätze für verschiedene Schrittmotorsteuerungen. Für jeden dieser Befehlssätze wird eine eigene Auswerte-Funktion geschrieben. Im folgenden Kapitel wird nun das Empfangen der Befehle beschrieben und eine erste Auswertung, die den empfangenden Befehl dem Befehlssatz einer Schrittmotorsteuerung zuordnet.
Nachdem ein Befehl in der richtigen Auswerte-Funktion erkannt wurde, soll ein entsprechender Befehl an die Drehtischsteuerung gesendet und die Antwort der Drehtischsteuerung ausgewertet werden. Abschließend soll eine entsprechende Antwort an RapidForm2004 zurück gesendet werden.
Die Kommunikation mit RapidForm2004 ist ähnlich zu der mit der Schrittmotorsteuerung. Diese wurde bereits in Kapitel 4.3 ausführlich beschrieben. Daher wird

die Kommunikation hier etwas oberflächlicher behandelt. **(TODO: tolle Zeichnung!)**

4.5.1. Befehle empfangen

Zuerst sollen nun die Befehle von RapidForm2004 an den Mikrocontroller, gespeichert werden. Anschließend wird die automatische Auswahl des Befehlssatzes beschrieben. Um anstehende Befehle zu empfangen wird, ähnlich wie in Kapitel 4.3.2, eine Funktion die ständig das Eingangsregister der ersten seriellen Schnittstelle abfragt verwendet (siehe Codelisting 4.11). Auch hier wird die Funktion `uart_rx(dir)` aufgerufen, jedoch mit dem Parameter `D_RapidForm`. Der empfangenen String wird auch hier in die Variable `str_rx` gespeichert. Somit können nun auch Strings von RapidForm2004 empfangen und in der Variablen `str_rx` gespeichert werden.

Listing 4.11: RS-232 Empfang - RapidForm2004

```
1 if ((UCSR0A & (1 << RXC0))){
2         LED_PORT &= ( 1 << LED2 );
3         uart_rx(D_RapidForm);
4 }
```

4.5.1.1. Automatische Auswahl eines Befehlssatzes

Nun geht es darum, dass der Mikrocontroller anhand eines ersten Befehls der empfangen wird, festlegt, mit welchem Befehlssatz fortan kommuniziert werden soll. Die Kennung für den Befehlssatz wird in einer globalen Variable gespeichert und alle weiteren Befehle werden an die entsprechende Auswerte-Funktion für diesen Befehlssatz übergeben.
In der Funktion `uart_rx(dir)` (Codelisting 4.12) wird nun in der ersten *if-Abfrage* entschieden, von welcher Schnittstelle der empfangene Befehl kam. Diese verzweigt nun, da `D_RapidForm` übergeben wurde, in den else-Teil. In diesem wird mit mehreren *if-Abfragen* überprüft, ob bereits der Befehlssatz für einen bestimmten Motor ausgewählt wurde. Ist dies nicht der Fall, wird der empfangende String an die Funktion `switch_Motor(str_rx)` (Codelisting 4.13) übergeben. Diese prüfte mit der aus Kapitel 4.3.3 bekannten Funktion `FindStringInArray(str_rx, pOptions, 3)`, den angekommenen String gegen die Initialisierungsbefehle der einzelnen Befehlssätze. Die Initialisierungsbefehle sind die ersten Befehle die RapidForm2004 an eine Schrittmotorsteuerung sendet um zu prüfen ob diese vorhanden ist. In diesem ersten Schritt wird der String nur zur Identifizierung des von RapidForm2004 verwendeten Befehlssatzes verwendet. Das Antworten auf einen String wird erst in den nachfolgenden Kapiteln beschrieben. Die Funktion `switch_Motor(str_rx)` gibt einen numerischen

Wert zurück. Jede Zahl entspricht dabei dem Befehlssatz für eine Schrittmotorsteuerung. Die Zahlenwerte werden dabei mittels Makro-Definitionen (Codelisting 4.13 Zeile 1-6) durch lesbare Text-Variablen ersetzt. Dies erhöhte die Lesbarkeit und das Verständnis. War dieser Schritt erfolgreich, wird in den folgenden if-Abfragen die richtige Auswerte-Funktion aufgerufen. Konnte die Funktion `switch_Motor(str_rx)` den empfangen Befehl nicht zuordnen, gibt sie `M_UNK` zurück und es wird auf dem Display *Unbekannter Motor!* ausgegeben.
Somit ist es möglich Befehle von RapidForm2004 zu empfangen und an die richtige Auswerte-Funktionen zu übergeben. Zusätzlich wird die Programmierung dadurch wesentlich robuster, da unbekannte Befehle ignoriert werden.
Der Nachteil dieses Vorgehens besteht darin, dass für ein wechseln des Befehlssatzes der Mikrocontroller neu gestartet werden muss. Ein Beheben dieses Nachteils wäre nicht ohne weiteres möglich gewesen.

Listing 4.12: Funktion: uart rx()

```
1  // UART Empfangsregister auslesen
2  void    uart_rx                         (int dir) {
3          uart_get_string(str_rx, dir);   // String aus Empfangsregister auslesen
4          if (dir == D_Stepper)           // Empfangsregister Stepper
5                  switch_Stepper(str_rx);         // Uebersung Stepper
6          else{                           // Empfangsregsiter RapidForm
7                  // Uebersetzungsfunktion auswaehlen
8                  if( Initialized == M_UNK){  // Unbekannter Initialisierungsbefehl
9                          lcd_puts("Unbekannter Motor!\n");
10                         Initialized = M_NOTI; // Variable Initialized zuruecksetzen
11                 }
12                 if( Initialized == M_NOTI){ // Befehlssatz bestimmen
13                         Initialized = switch_Motor(str_rx); //Automatische Befehlssatzwahl
14                 }
15                 if( Initialized == M_ISEL)    // Uebersetzung ISEL
16                         switch_Isel(str_rx);
17                 if( Initialized == M_CSG)     // Uebersetzung CSG
18                         switch_csg(str_rx);
19                 if( Initialized == M_ZETA)    // Uebersetzung Zeta
20                         switch_Zeta(str_rx);
21                 if( Initialized == M_TERMINAL) // Uebersetzung Terminal
22                         switch_Terminal(str_rx);
23         }
24 }
```

Listing 4.13: Funktion: switch Motor()

```
1  #define M_UNK      -2
2  #define M_NOTI     -1
3  #define M_ISEL      0
4  #define M_CSG       1
```

```
5  #define M_ZETA        2
6  #define M_TERMINAL 3
7  int       Initialized  = M_NOTI;
8  // Automatische Befehlssatzwahl
9  int       switch_Motor            (char * str_rx) {
10         const char* pOptions[] = {       // Array mit  Initialisierungsbefehlen
11                         "@01",           // 0 - Isel
12                         "Q:",            // 1 - CSG
13                         "ECHO0",         // 2 - Zeta
14                         "!Terminal",     // 3 - Terminal ansteuerung!
15                         0 };
16         // Ankommenden String gegen Array pruefen
17         switch (FindStringInArray(str_rx, pOptions, 3)) {
18         case 0:                  // 0 - ISEL
19                 return M_ISEL;
20                 break;
21         case 1:                  // 1 - CSG
22                 return M_CSG;
23                 break;
24         case 2:                  // 2 - Zeta
25                 return M_ZETA;
26                 break;
27         case 3:                  // 3 - Terminal ansteuerung
28                 return M_TERMINAL;
29                 break;
30         default:
31                 return M_UNK;
32         }
33 }
```

4.6. Auswerte-Funktionen

Die Auswerte-Funktionen sind das Herzstück des Programms. Es geht darum für jedes Protokoll eine eigene Auswerte-Funktion zu schreiben. Diese sollen die von RapidForm2004 kommenden Strings verstehen können und in einen, für die vorhandene Schrittmotorkarte, verständlichen Befehl übersetzen können. Die Funktionen sollen weiterhin prüfen, ob der Befehl von der Schrittmotorkarte erkannt wurde und den Status der Schrittmotorkarte zurück an RapidForm2004 melden.
Alle bisherigen Arbeitsschritte hatten zum Ziel, die Kommunikation zwischen RapidForm2004 und der ersten Schrittmotorkarte zu ermöglichen. Nun fehlte nur noch der Teil des Programms der die ankommenden Befehle auswertet und in verständlicher Form an die Schrittmotorkarte weitergibt.
Im folgenden Kapitel wird dieser Ablauf nun exemplarisch für den Befehlssatz eines Isel-Motors erklärt.

4.6.1. Auswerte-Funktion für Isel-Motoren

Nun soll die Kommunikation zwischen RapidForm2004 und der Schrittmotorkarte beschrieben werden.
Wurde wie in Kapitel 4.5.1.1 beschrieben, der Befehlssatz für einen Isel-Motor erkannt, wird der empfangene String, an die Auswerte-Funktion `switch_Isel(str_rx)` übergeben. Der Ablauf dieser Funktion ist ähnlich aufgebaut wie bei der Kommunikation mit der Schrittmotorkarte (Kapitel 4.3) und bei der automatischen Auswahl des Befehlssatzes (Kapitel 4.5.1.1. In der Funktion `switch_Isel(str_rx)` sind in dem Array `pOptions` alle benötigten Befehle des Isel-Befehlssatzes hinterlegt. Mit der aus Kapitel 4.3.3 bekannten Funktion `FindStringInArray(str_rx, pOptions)` wird `str_rx` gegen diese Befehle geprüft. Wird der Befehl im Array gefunden gibt die Funktion `FindStringInArray()` die Position des Strings im Array zurück. Mittels der *switch-case-Struktur* lässt sich nun so für jeden Befehl eine entsprechender Ablauf ausführen.

4.6.1.1. Initialisierung

4.6.1.2. Statusabfrage

Kommt z.B. der String *@0R* an, wird der Codeblock von *case 4* ausgeführt. Dies ist der Codeblock für eine Statusabfrage. Auf dem LC-Display wird *Satusabfrage:* ausgegeben. Danach wird der entsprechende Befehl für eine Statusabfrage an die Schrittmotorkarte gesendet. Nach einer kurzen Pause von 50ms, um die Verarbeitung auf der Schrittmotorkarte zu gewährleisten, wird mit einer if-Anweisung geprüft ob sich Daten im Schrittmotorkarten seitigen Empfangsregister befinden. Sprich, die Schrittmotorkarte reagiert hat. Ist dies der Fall, wird der Ablauf, bekannt aus Kapitel 4.3, durchlaufen. Während diesem Ablauf wird die entsprechende Antwort der Schrittmotorkarte auf dem LC-Display ausgegeben. In einer weiteren if-Anweisung wird überprüft ob der angekommene String erfolgreich war. Wenn ja, wird dies an RapidForm2004 gemeldet. Andernfalls zeigt das Display *Fehlgeschlagen* an und sendet eine 1 an RapidForm2004.

4.6.1.3. Bewegung

Listing 4.14: Übersetzungs Logik: Isel

```
1 void    switch_Isel                    (char * str_rx) {
2         const char* pOptions[] = {
3                         "XXXXXXX",  // 0 - Reserve
4                         "!CLS",     // 1 - LC-Display loeschen
5                         "Test",     // 2 - Test
```

```
6                       "@01",          // 3 - Achse auswaehlen
7                       "@0R",          // 4 - Status abfrage
8                       "@0M",          // 5 - Gehe zu Position MX , +600
9                       0 };
10
11          int Ret_Val = FindStringInArray(str_rx, pOptions, 3);
12          switch (Ret_Val) {
13          case 0:                     // 0 - Reserve
14          case 1:                     // 1 - LC-Display loeschen
15          case 2:                     // 2 - Test
16          case 3:                     // 3 - Achse auswaehlen
17                  ms_spin(10);
18                  lcd_puts("Init");
19                  uart_put_string("0\r\n", D_RapidForm);
20                  break;
21          case 4:                     // 4 - Status abfrage
22                  lcd_puts("Statusabfrage:      \n");
23                  uart_put_string("A\n", D_Stepper);
24                  ms_spin(50);
25                  if ((UCSR1A & (1 << RXC1)))
26                          uart_rx(D_Stepper);
27                  if (!strcmp(str_rx,"0#"))
28                          uart_put_string("0\r\n", D_RapidForm);
29                  else {
30                          lcd_puts("Fehlgeschlagen      \n");
31                          uart_put_string("1\r\n", D_RapidForm);
32                  }
33                  break;
34          case 5:                     // 5 - Gehe zu Position MX , +600
35                  ms_spin(10);
36                  char Position [33], Winkel[6];
37                  memset(Position, '\0', 33);
38                  memset(Winkel, '\0', 6);
39                  String_zerlegen_Isel(str_rx, Position, Winkel);
40                  char Move_To[40];
41                  memset(Move_To, '\0', 40);
42                  Move_To[0] = 'M';
43                  Move_To[1] = 'A';
44                  Move_To[2] = ' ';
45                  Move_To[3] = '\0';
46                  strcat (Move_To, Position);
47                  strcat (Move_To, "\n");
48                  lcd_puts("Pos:");
49                  lcd_puts(Move_To);
50
51                  uart_put_string(Move_To, D_Stepper);
52                  ms_spin(50);
53                  if ((UCSR1A & (1 << RXC1)))
```

```
54                      uart_rx(D_Stepper);
55                  else {
56                      break;
57                  }
58
59                  uart_put_string("A\n", D_Stepper);
60                  ms_spin(50);
61                  if ((UCSR1A & (1 << RXC1)))
62                      uart_rx(D_Stepper);
63                  else {
64                      lcd_puts("Keine Bewegung!\n");
65                  }
66
67                  while (!strcmp(str_rx,"1#")){
68                      uart_put_string("A\n", D_Stepper);
69                      ms_spin(50);
70                      if ((UCSR1A & (1 << RXC1))){
71                          uart_rx(D_Stepper);
72                          lcd_clrscr();
73                          lcd_puts("Gehe zu Winkel: ");
74                          lcd_puts(Winkel);
75                          lcd_puts("\n");
76                      }
77                      else {
78                          lcd_puts("Keine Antwort\n");
79                      }
80                      wdt_reset();
81                  }
82                  lcd_puts("Winkel: ");
83                  lcd_puts(Winkel);
84                  lcd_puts(" Erreicht\n");
85                  uart_put_string("0\r\n", D_RapidForm);
86                  break;
87          default:
88                  lcd_puts(str_rx);
89          }
90  }
```

4.7. Platinenlayout und 19”-Einschub

Der Mikrocontroller und seine Peripherie befinden sich zur Zeit noch auf dem STK500. Nun soll ein Platinenlayout entwickelt werden das den Mikrocontroller und seine Peripherie enthält.
Dazu wird ein Platinenlayout in der Open Source Software KiCad entwickelt. Diese bietet fast alles, was benötigt wird um ein Platinenlayout zu entwickeln. Ein Schalt-

planeditor, ein Bauteileditor und ein Layouteditor. Da die Schrittmotorkarten als 19”-Einschübe realisiert sind, wird auch das Platinenlayout für den Mikrocontroller als 19”-Einschub entwickelt. Dazu gehören vor allem der Steckverbinder an der Rückseite der Platine und genügend Platz für die Verschraubung der Blende an der Vorderseite, sowie die Größe der Platine. Die Schaltungen wie sie auf dem STK500 vorhanden sind, werden im Schaltplaneditor von KiCad in den eigenen Schaltplan übernommen. Anschließend wird das Layout im Layouteditor entwickelt. Dabei waren mehrere enge Vorgaben einzuhalten. Da in der FH keine Platinen mit Duschkontaktierungen hergestellt werden können, sollten Vias vermieden, IC-Sockel, Kondensatoren und Potis nur auf der Unterseite verlötet werden. Abschließend werden die benötigten Verbindungen zwischen den Bauteilen berechnet. Die Aufgabe übernimmt im allgemeinen ein Autorouter. Dies kann nicht in der Software KiCad selbst durchgeführt werden. Diese Funktionalität wird jedoch durch die Java-Web-Anwendung, zu finden unter http://www.freerouting.net/, bereitgestellt. Da der Autorouter die Aufgabe nicht zufriedenstellend lösen konnte, mussten viele Verbindungen nachträglich manuell angelegt werden. **(TODO: Schaltplan und einbinden.)** Das fertige

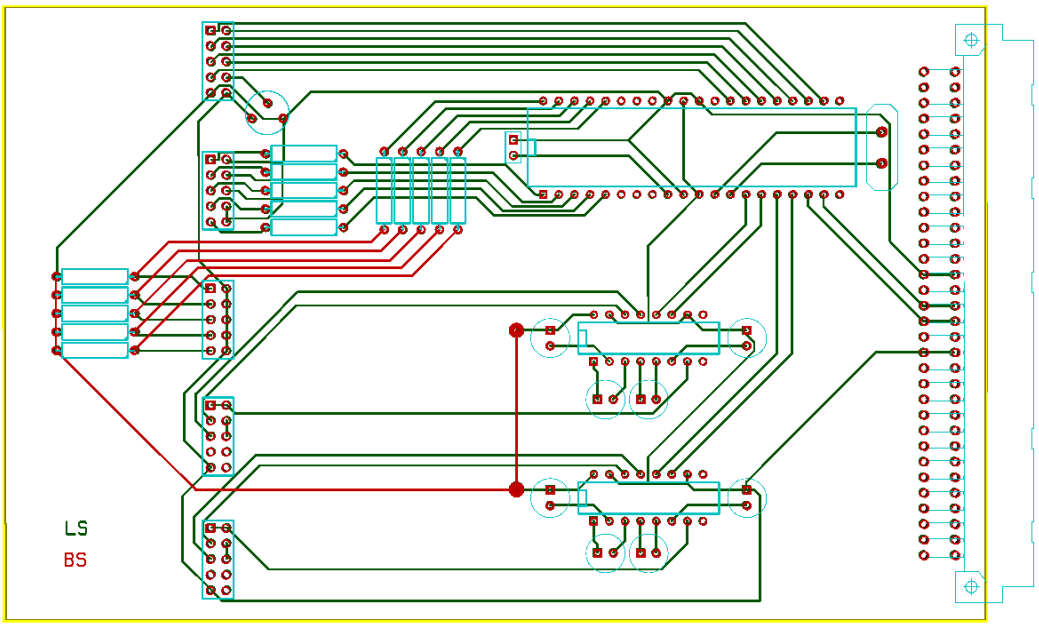


Abbildung 4.5.: Platinenlayout

Layout wurde von der Werkstatt am RheinAhrCampus gefertigt und anschließend von mir bestückt. Über den rückwärtigen Steckverbinder wird die Platine mit der Spannungsversorgung verbunden. Zusätzlich kommen hier auch die Signale der Endschalter an. An der Vorderseite der Platine wird eine Blende verbaut. Auf dieser Blende befinden sich das LC-Display, fünf Taster, 5 LEDs und 2 serielle Schnittstel-

len. Alle Bauteile sind mittels Flachbandkabel, steckbar, mit der Platine verbunden.
(TODO: Bild des Einschub)
Dadurch sind alle im Projekt verwendeten Komponenten auf einem 19”-Einschub vereint.

5. Probleme und Lösungen

5.1. Entwicklungsumgebungen

5.1.1. AVR Studio 5

Die von Atmel AVR Studio 5 ist eine von Atmel bereitgestellte Entwicklungsumgebung. Diese scheint jedoch eine fehlerhafte Bibliothek zu enthalten. Die Kombination aus Mikrocontroller ATmega324A und AVR Studio 5 erzeugte nicht nachvollziehbare Probleme. Bei dem selbem Programm und einem anderem Mikrocontroller oder einer anderen Entwicklungsumgebung tauchten keine Fehler auf. In der Entwicklungsumgebung Eclipse lies sich der Fehler reproduzieren wenn der Pfad der Atmel Bibliotheken eingestellt wurde. Die WinAVR Bibliotheken und eine selbst kompilierte Toolchain unter Linux zeigten keine Probleme.
Daher wechselte ich zur Open Source Entwicklungsumgebung Eclipse. Erst dadurch wurde es möglich erfolgreich zu arbeiten. Außerdem wurde das Projekt dadurch plattformunabhänig und ich nutzte bis auf RapidForm2004 nur noch freie Open Source Software.

5.1.2. Eclipse

Eclipse ist eine in Java programmierte freie Open Source Entwicklungsumgebung für Java. Sie lässt sich durch Plugins leicht für viele Sprachen erweitern.
Mit dem CDT-Plugin, dem AVR-Plugin und einer Bibliothek wie z.B. WinAVR für Windows ist Eclipse eine vollwertige Entwicklungsumgebung für Atmel Mikrocontroller. Ergänzt wird diese durch die Programmiersoftware AVR-Dude.

5.2. Interrupts

Viele Mikrocontroller bieten die Möglichkeit Eventbasierte Subroutinen auszuführen. Wenn einer der Interrupts ausgelöst wird, wird das Hauptprogramm unterbrochen und die Entsprechende Interrupt-Service-Routine, kurz ISR, ausgeführt. Nach Beendigung der ISR wird das Hauptprogramm an der vorherigen Stelle wieder aufgenommen.

ISR dürfen nur sehr wenige Befehle enthalten und müssen innerhalb weniger Clock-Cicles abgeschlossen sein.
Interrupts können z.B. der Überlauf eines internen Timer sein, oder ein externens Signal an einem Pin.
Im Projekt werden externe Interrupts, Timer-Überlauf Interrupts und der Watchdog Interrupt genutzt.

5.2.1. Endschalter

Die Endschalter sind über die Schrittmotorkarten und eine Brücke in der Steuerung mit der Mikrocontroller Platine Verbunden. Dort sind sie an 2 Interrupt Pins angeschlossen. **(TODO: Pins raus suchen!)** Bei einem Flanken Wechsel an den Pins wird ein Interrupt ausgelöst.
Das Code-Listing 5.1 zeigt die ISR für die Endschalter.

Listing 5.1: ISR: Endschalter

```
1  PCMSK3 |= ( 1 << PCINT28 );  // Interrupts definierenPD4 als Interrupt zulassen
2  PCICR  |= ( 1 << PCIE3 );    // Pin Change Interrupt Control Register - PCIE3 setzen fuer
       PCINT30
3  ISR(PCINT3_vect){    // Endschalter Position  erreicht
4    lcd_puts("Positive Endschalter Position Erreicht!");
5    LED_PORT ^= (1 << LED3);
6  }
7  ISR(PCINT2_vect){    // Endschalter Position  erreicht
8    lcd_puts("Negative Endschalter Position Erreicht!");
9    LED_PORT ^= (1 << LED3);
10 }
```

5.2.2. Watchdog

Der Watchdog ist eine Sicherungseinrichtung des Mikrocontroller. In regelmäßigen Abständen wird überprüft ob das Watchdog Bit gesetzt ist und anschließend zurück gesetzt. Das Bit muss innerhalb der voreingestellten Zeit immer wieder neu gesetzt werden. Dies kann mit der wdt_reset() Funktion realisiert werden. Ist das Bit nicht gesetzt, wird der Mikrocontroller zurückgesetzt. **(TODO: Inverse Logik?)** Dies geschieht z.B. bei nicht geplanten Endlosschleifen.
Wahlweise kann kurz vor dem Reset noch die Watchdog-ISR durchlaufen werden.
Im Projekt wird in der ISR die Fehler LED eingeschaltet und eine Meldung auf dem LC-Display ausgegeben. Siehe hierzu auch Listing 5.2 Zeilen 12-15.

Listing 5.2: Watchdog

```
1  #include <avr/wdt.h>
2
```

```
3  void init_WDT(void) {
4      cli();
5      wdt_reset();
6      WDTCSR |= (1 << WDCE) | (1 << WDE);
7      WDTCSR = (1 << WDE) | (1 << WDIE) | (1 << WDP3) | (1 << WDP0); //Watchdog 8s
8      //WDTCSR = 0x0F; //Watchdog Off
9      sei();
10 }
11
12 ISR(WDT_vect){                    // Watchdog ISR
13     LED_PORT &= ~(1 << LED4);  // LED5 einschalten
14     lcd_puts("Something went \nterribly wrong!\nRebooting!");
15 }
```

5.3. Fuses

Als Fuses werden Register bezeichnet mit denen sich, auf Hardwareebene, das Verhalten des Mikrocontrollers verändern lässt.
Im Projekt wurden folgende Fuses problematisch.

- **JTAGEN** - Ist dieses Fusebit gesetzt, werden 4 Pins des PortB genutzt um den Mikrocontroller zu debuggen und können nicht anders genutzt werden. Hardware Debugging bietet viele Vorteile. Diese wurden im Projekt jedoch nicht genutzt da PortB für die LEDs genutzt wurde.
- **WDTON** - Ist dieses Fusebit gesetzt läuft der Watchdog Timer immer mit. Wird der Watchdog dann nicht regelmäßig zurückgesetzt startet der Mikrocontroller ständig neu.
- **CKDIV8** - Teilt den Systemtakt des Mikrocontroller durch 8. Dies ist Energiesparender. Der geringere Takt muss in F_CPU angepasst werden da sonst zeitkritische Prozesse mit der falschen Geschwindigkeit ablaufen.
- **CKOUT** - An PortB wird an einem Pin der Systemtakt ausgegeben. Dieser kann dann leicht mit einem Frequenz-Messgerät überprüft werden. Der Pin kann dann jedoch nicht anderweitig genutzt werden.
- **CKSELX** - Über diese 4 Bits kann der Systemtakt eingestellt werden.

Tabelle 5.1.: Fuses

OCDEN	On Chip Debugging
JTAGEN	Hardware Debugging

SPIEN	Serial Program and Data Downloading
WDTON	Watchdot Timer always on
EESAVE	EEPROM memory is preserved through the Chip Erase
BOOTSZ1	Select Boot Size
BOOTSZ0	Select Boot Size
BOOTRST	Select Reset Vector
CKDIV8	Divide clock by 8
CKOUT	Clock output
SUT1	Select start-up time
SUT0	Select start-up time
CKSEL3	Select Clock source
CKSEL2	Select Clock source
CKSEL1	Select Clock source
CKSEL0	Select Clock source

6. Fazit und Zukunft

6.1. Fazit

(TODO: Fazit schreiben!)

Literaturverzeichnis

Atm 2003
Atmel Corporation (Hrsg.): *AVR STK500 User Guide*. San Jose, CA 95131, USA: Atmel Corporation, 06 2003 2.7

Atm 2011
Atmel Corporation (Hrsg.): *ATmega164A/PA/324A/PA/644A/PA/1284/P Complete*. San Jose, CA 95131, USA: Atmel Corporation, 06 2011 2.6

Corporation 2012
Corporation, Atmel: *ATmega8515- Atmel Corporation*. http://www.atmel.com/devices/ATMEGA8515.aspx. Version: 2012. – [Online; Stand 11. Februar 2012] 2.4

Dannegger 2012
Dannegger, Peter: *Entprellung - Mikrocontroller.net*. http://www.mikrocontroller.net/articles/Entprellung. Version: 2012. – [Online; Stand 11. Februar 2012] 4.1.1

Fleury 2012
Fleury, Peter: *Peter Fleury's Home Page*. http://jump.to/fleury. Version: 2012. – [Online; Stand 11. Februar 2012] 4.1.3

Mikrocontroller.ner 2012
Mikrocontroller.ner: *RS-232 - Mikrocontroller.net*. http://www.mikrocontroller.net/articles/RS-232. Version: 2012. – [Online; Stand 11. Februar 2012] 4.1.4, 4.4

Minolta 2012
Minolta: *Funktionen - VI-910 | KONICA MINOLTA*. http://www.konicaminolta.eu/de/messinstrumente/produkte/3d-messtechnik/beruehrungsloser-3d-scanner/vi-910/funktionen.html. Version: 2012. – [Online; Stand 11. Februar 2012] 2.2

V9141 2001
RS (Hrsg.): *Schrittmotor-Platine mit integriertem Treiber*. Mörfelden-Walldorf: RS, 03 2001 A.2

Wikipedia 2012a

Wikipedia: *American Standard Code for Information Interchange — Wikipedia, Die freie Enzyklopädie*. http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=American_Standard_Code_for_Information_Interchange&oldid=99892678. Version: 2012. – [Online; Stand 23. Februar 2012] 2

Wikipedia 2012b

Wikipedia: *Daisy chain — Wikipedia, Die freie Enzyklopädie*. http://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Daisy_chain&oldid=98475104. Version: 2012. – [Online; Stand 11. Februar 2012] 3

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, dass ich den vorliegenden Bericht:

> *Übersetzen von Schrittmotorbefehlen*
> *Entwurf eines Hardwareübersetzers*

selbständig und nur unter Verwendung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst habe.
Remagen, den 12. März 2012

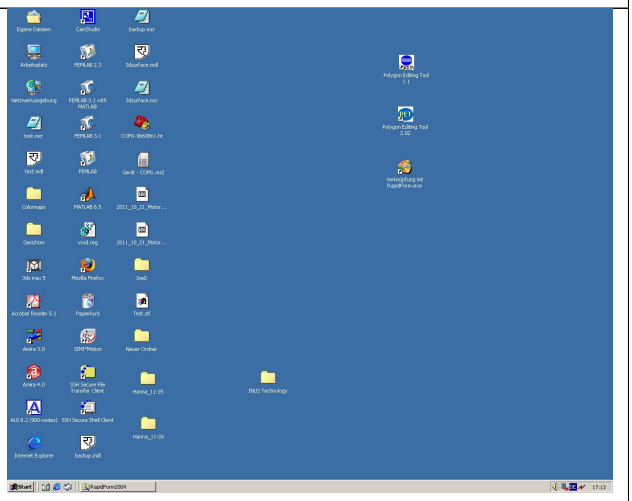
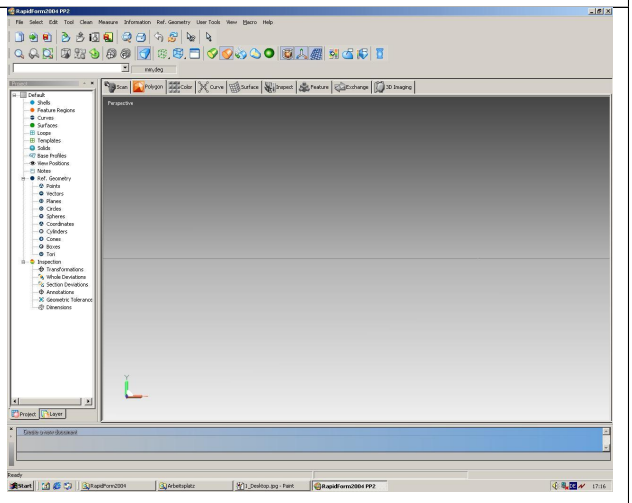
Johannes Dielmann

A. Anhang

A.1. Schritt für Schritt Anleitung

Eine Schritt für Schritt Anleitung zum vollständigen Scannen und exportieren eines 3D-Objektes.

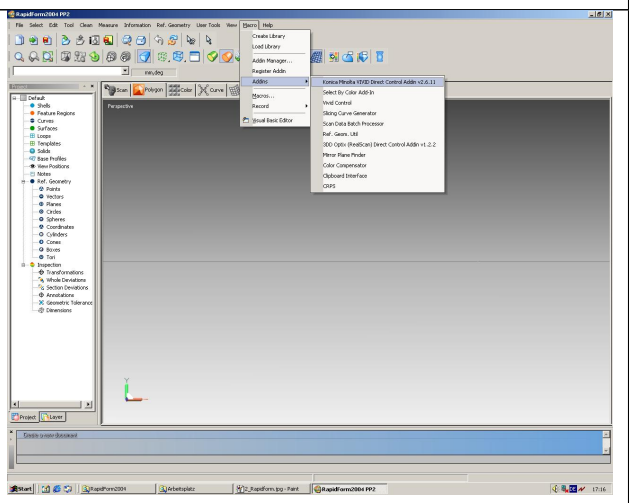
Tabelle A.1.: Schritt für Schritt Anleitung

Schritt für Schritt Anleitung	
Schritt 1 - Starten von RapidForm2004	
Auf dem Desktop doppelt auf das RapidForm Icon klicken.	
Schritt 2 - Oberfläche von RapidForm2004	
Die Oberfläche unterteilt sich in Menü, Werkzeugleisten, Projektbaum und ??. Je nach dem welche Ansicht in ?? gewählt ist, verändern sich auch das Menü und die Werkzeugleisten.	

Fortsetzung

Schritt 3 - Starten des "ADD-IN"

In der Menüzeile auf **Macro -> Addins -> Konica Minolta VIVID Direct Control Addin v2.6.11** klicken. (TODO: Schrittmotor verbinden!)



Schritt 4 - Kalibrieren vorbereiten

Hinweis

Für ein erfolgreiches Zusammenführen der einzelnen Aufnahmen ist die Kalibrierung unerlässlich!

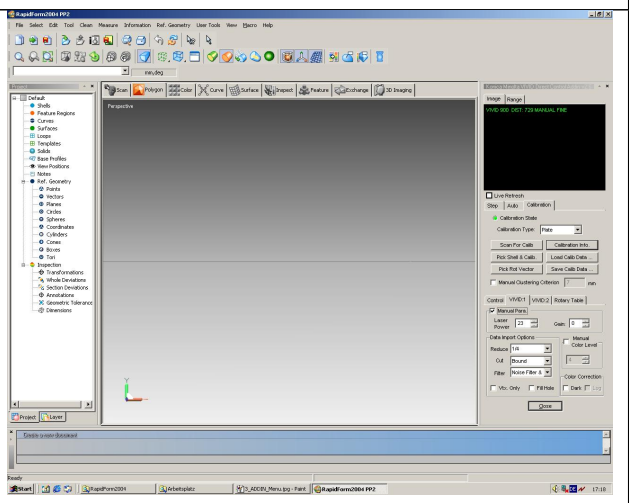
Auf dem Add-In Panel, unter dem Vorschau Fenster, auf **Live-Preview** klicken. Das Kalibrierungsblech auf dem Drehtisch positionieren. Dabei muss der Noppen an der Unterseite des Kalibrierungsblechs in das mittlere Loch des Drehtisches gesteckt werden. Die abgeklebte Seite muss zum VI-900 zeigen.

Bild?

Fortsetzung

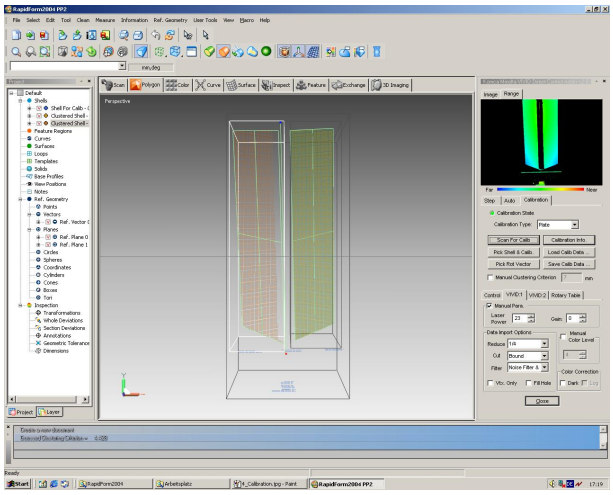
Schritt 5 - Kalibrieren

Den Reiter **VI-VID: 1** auswählen.
Bei **Manual Para.** ein Häkchen setzen.
Im Feld **Laser Power** "23" eintragen.
Auf **Scan for Calib** klicken.



Schritt 6 - Kalibrierungsergebnis

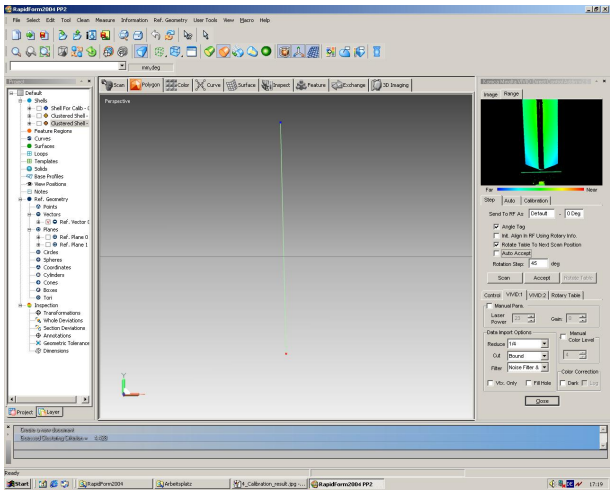
Das Ergebnis sollte ähnlich zu dem in der rechten Abbildung sein.
Falls das Add-In einen Fehler ausgibt, muss das Kalibrierungsblech eventuell anders positioniert werden, der Wert im Feld **Laser Power** verändert werden oder der Fokus manuell eingestellt werden.
War die Kalibrierung erfolgreich können die *Kalibrationsebenen* im *Projektbaum* ausgeblendet werden.



Fortsetzung

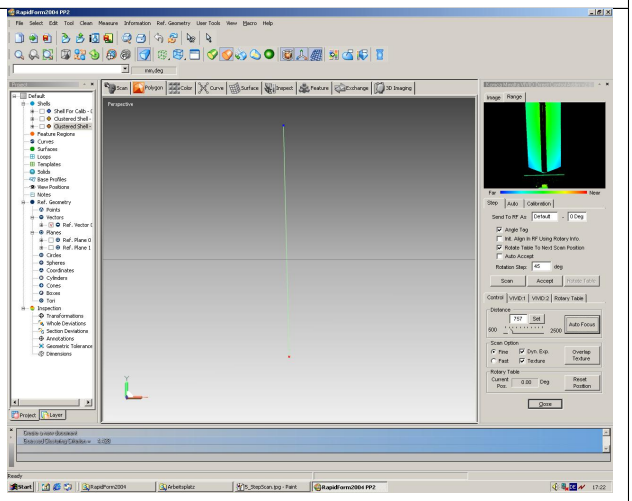
Schritt 7 - StepScan

Bei **Manual Para.** das Häkchen entfernen.
Zum Reiter **Step** wechseln.
Bei **Angle Tag** und **Rotate Table to next Scan position** Häkchen setzen.
Bei **Init. Align in RF Using Rotary Info.** und **Auto Accept** die Häkchen entfernen.
Bei **Rotation Step** die gewünschte Drehung in Grad eingeben.
"45", "60" und "90" sind gute Werte.



Schritt 8 - AutoFocus

Das *Kalibrationsblech* entfernen und durch das zu scannende Objekt ersetzen.
Zum Reiter **Control** wechseln.
Auf **Autofocus** klicken.



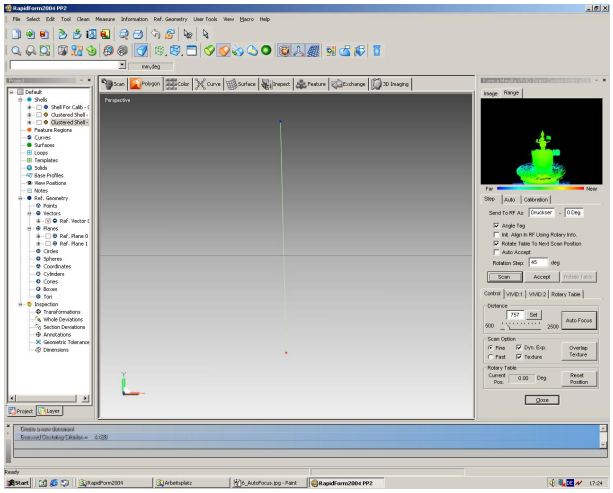
Fortsetzung

Schritt 9 - Scan

Auf **Scan** klicken.
Das Objekt sollte möglichst schon zu erkennen sein und die Farben sich im Mittleren Bereich bewegen. Ansonsten muss mit den Parametern **Focus** und **Laser-Power gespielt werden.**

Hinweis

Die Position des VI-900 darf nach der Kalibrierung nicht mehr verändert werden!

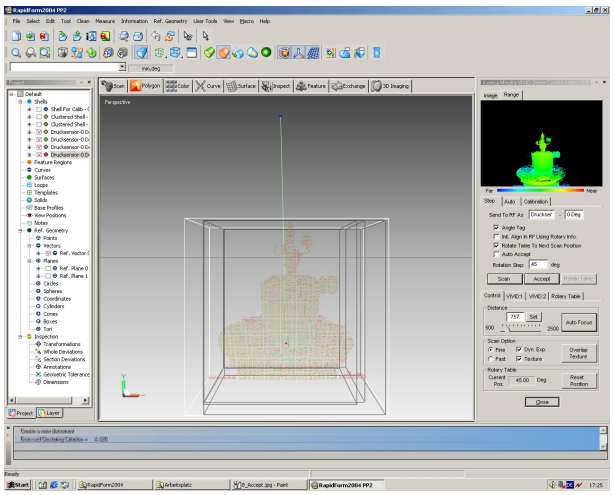


Schritt 10 - Akzeptieren

Wenn das Objekt gut zu erkennen ist, werden mit **Accept** die Daten an RapidForm2004 gesendet. Der Drehtisch sollte sich nun automatisch um den eingestellten Winkel drehen.

Hinweis

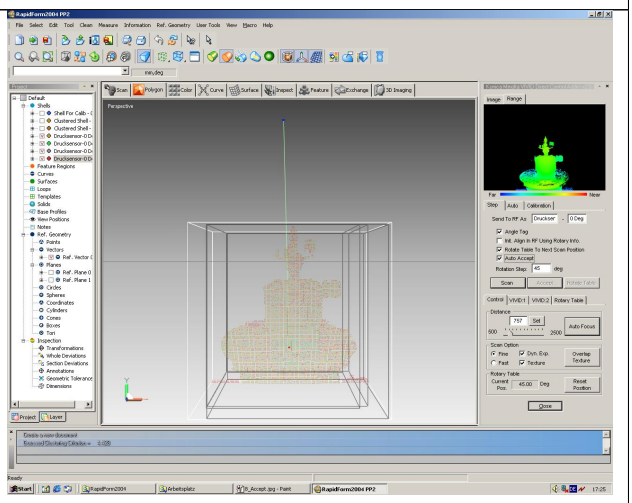
Bei **AutoAccept** kann nun ein Häkchen gesetzt werden.



Fortsetzung

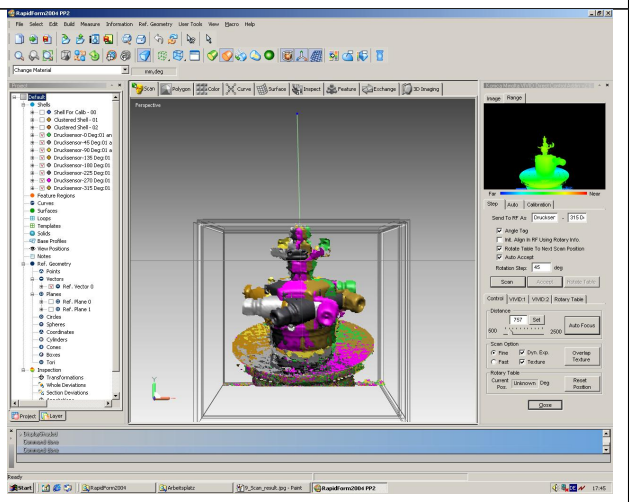
Schritt 11 - Scannen

Auf **Scan** klicken und warten bis der Scan abgeschlossen ist und der Tisch sich gedreht hat. Diesen Schritt wiederholen bis alle Aufnahmen abgeschlossen sind.



Schritt 12 - Ergebnis der Scans

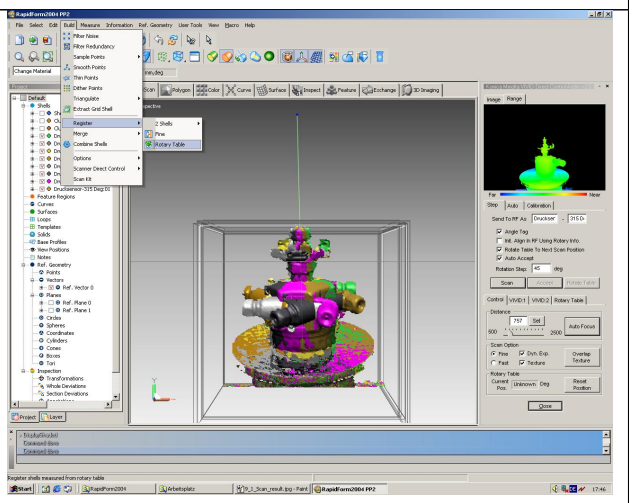
Nach Abschluss aller Scans dreht der Tisch sich automatisch in die Ursprungsposition zurück. Im Arbeitsbereich sollten sich nun alle Scans befinden.



Fortsetzung

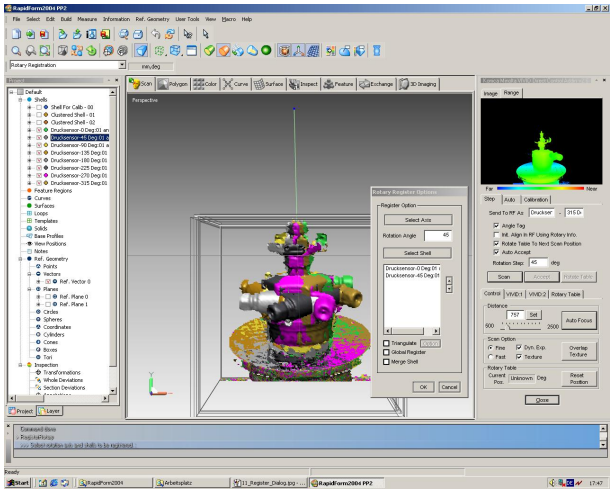
Schritt 13 - Drehen und Zusammenführen der Scans

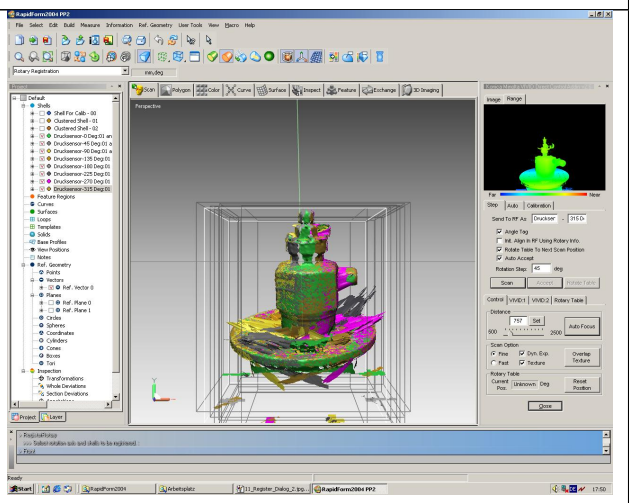
In der Menüzeile auf **Build -> Register -> Rotary Table** klicken.



Schritt 14 - Registrieren

Im Dialog auf **Select Axis** klicken.
Im Darstellungsbereich auf die Achse aus dem Kalibrationsscan klicken. Bei **Rotation-Angle** den Winkel eines Scans eintragen.
Im *Projektbaum* den Entsprechenden Scan auswählen.
Die letzten beiden Schritte mit allen Scans wiederholen.
Den Dialog mit **Ok** verlassen.



Fortsetzung	
Schritt 15 - Ergebnis	
Als Ergebnis sollte nun ein komplettes 3D-Modell des Objektes herauskommen.	

A.2. Befehlssatz der vorhandene Schrittmotorkarte

Tabelle A.2 zeigt den ASCII Befehlssatz der Schrittmotorkarte.

_A	Motorstatus liefern
_C n	konstante Geschwindigkeit einstellen
_D n	Bezugswert definieren
_E n	Motorstrom einstellen
_F	Standardeinstellungen aktivieren
_H	Sanfter stop
_I	4-Bit-Eingang lesen
_J jdss	Joystickparameter einstellen
_L n	lokalen Modus aktivieren/beenden
_M n	n Schritte ausführen
_MA n	zu n bewegen
_MC n	mit konstanter Geschwindigkeit bewegen
_MCA n	MA mit konstanter Geschwindigkeit
_MCL n	MC zu Endschalterposition
_ML n	zur Endschalterposition bewegen
_N n	Zeilenvorschub (LF, hex. 0A) einfügen/löschen
_O n	n an 4-Bit-Ausgang senden
_P nnnn	Motorparameter einstellen
_Q	Parameter in EEROM speichern
_R n	Mikroschritteilung einstellen
_RL	Endschalterwerte lesen
_RS	verbleibende Schritte lesen
_S	Nothalt
_T n	Eingang n auslösen
_W	Position anfordern

Tabelle A.2.: ASCII Befehlssatz R+S Schrittmotorsteuerung
V9141 [2001] Der "_" wird mit der anzusteuernden Kartennummer ersetzt. Dabei wird von 1 aufwärts gezählt. Bei der ersten Karte kann die Nummer weggelassen werden.

A.3. Befehlssätze aus RapidForm2004

Listing A.1: RapidForm2004 Protokolle Empfang

```
model "CSG−602R(Ver.2.0)"
port "9600" "n81h"
 init  "D:2S500F5000R200S500F5000R200\r\nH:1−\r\n" ""
 finish  "L:1\r\nH:1−\r\n" ""
arot  "M:1+P%d\r\nG:\r\n" ""
stop "L:E\r\n" ""
home "L:1\r\nH:1−\r\n" ""
step  "−0.0025" "−99999999" "99999999"
timeout "60"
 firsttimeout  "10"

model "CSG−602R(Ver.1.0)"
port "9600" "n81h"
 init  "D:2S500F5000R200S500F5000R200\r\nH:1−\r\n" ""
 finish  "L:1\r\nH:1−\r\n" ""
arot  "M:1+P%d\r\nG:\r\n" ""
stop "L:E\r\n" "" home "L:1\r\nH:1−\r\n" ""
step  "−0.005" "−99999999" "99999999"
timeout "60"
 firsttimeout  "10"

model "Mark−202"
port "9600" "n81h"
 init  "S:180\r\nD:1S20000F200000R200\r\n" "OK\r\nOK\r\n"
 finish  "L:1\r\nH:1\r\n" "OK\r\nOK\r\n"
arot  "M:1+P%d\r\nG:\r\n" "OK\r\nOK\r\n"
stop "L:E\r\n" "OK\r\n"
home "L:1\r\nH:1\r\n" "OK\r\nOK\r\n"
step  "−0.0000625" "−99999999" "99999999"
timeout "60" firsttimeout  "10"

model "Mark−102" port "9600" "n81h"
 init  "D:WS500F5000R200S500F5000R200\r\n" "OK\r\nOK\r\n"
 finish  "H:1−\r\n" "OK\r\n"
arot  "M:1+P%d\r\nG:\r\n" "OK\r\nOK\r\n"
stop "L:E\r\n" "OK\r\n"
home "H:1−\r\n" "OK\r\n"
step  "−0.0025" "−99999999" "99999999"
timeout "60"
 firsttimeout  "10"

model "isel(RF−1)"
port "9600" "n81h"
 init  "@01\r" "0"
```

```
45 finish "@0M0\054+600\r" "0"
46 arot "@0M%d\054+600\r" "0"
47 stop "" "0"
48 home "@0M0\054+600\r" "0"
49 step "−0.0173076" "−8000000" "8000000"
50 timeout "60"
51 firsttimeout "10"
52
53 model "isel(R−1)"
54 port "9600" "n81h"
55 init "@01\r" "0"
56 finish "@0M0\054+300\r" "0"
57 arot "@0M%d\054+300\r" "0"
58 stop "" "0"
59 home "@0M0\054+300\r" "0"
60 step "−0.05" "−8000000" "8000000"
61 timeout "60"
62 firsttimeout "10"
63
64 model "ZETA6104"
65 port "9600" "n81n"
66 init "ECHO0\rCOMEXC0\PSET0\rA8\rV8\r" ""
67 finish " D0 \rGO1\rWAIT(1PE<>1)\rRESET\r" "\r\n>\040\r\n>\040\r\n>\040\r\n>\040
       "
68 arot "MA1 D%d\rGO1\rWAIT(1PE<>1)\r" "\r\n>\040\r\n>\040\r\n>\040\r\n>\040"
69 home "MA1 D0 \rGO1\rWAIT(1PE<>1)\r" "\r\n>\040\r\n>\040\r\n>\040\r\n>\040"
70 stop "!S\r" "\r\n>\040"
71 step "0.00008" "−4500000" "4500000"
72 timeout "60"
73 firsttimeout "10"
74
75 model "MMC−2(15kg)"
76 port "9600" "n81h"
77 init "F:XP3\r\nS:X1\r\n" "\r\n\r\n"
78 finish "L:X\r\nA:XP0\r\nW:\r\n" "\r\n\r\n"
79 arot "A:XP%d\r\nW:\r\n" "\r\n\r\n"
80 stop "E:\r\n" "\r\n"
81 home "A:XP0\r\nW:\r\n" "\r\n"
82 step "0.002" "−99999999" "99999999"
83 timeout "60"
84 firsttimeout "10"
85
86 model "MMC−2"
87 port "9600" "n81h"
88 init "F:XP3\r\nS:X1\r\n" "\r\n\r\n"
89 finish "L:X\r\nA:XP0\r\nW:\r\n" "\r\n\r\n"
90 arot "A:XP%d\r\nW:\r\n" "\r\n\r\n"
91 stop "E:\r\n" "\r\n"
```

```
92 home "A:XP0\r\nW:\r\n" "\r\n"
93 step "0.005" "-99999999" "99999999"
94 timeout "60"
95 firsttimeout "10"
```

A.4. Technische Daten VI-910

Die Technischen Daten beziehen sich auf den VI-910. Dies ist das Nachfolgemodell. Die meisten Daten sollten jedoch ähnlich sein.

Tabelle A.3.: Technische Daten - VI-910

Modellbezeichnung	Optischer 3D-Scanner VI-910
Messverfahren	Triangulation durch Lichtschnittverfahren
Autofokus	Autofokus auf Objektoberfläche (Kontrastverfahren); aktiver AF
Objektive (wechselbar)	TELE Brennweite f=25mm MITTEL: Brennweite f=14 mm WEIT: Brennweite f=8mm
Messabstand	0,6 bis 2,5m (2m für WIDE-Objektiv)
Optimaler Messabstand	0,6 bis 1,2m
Laserklasse	Class 2 (IEC60825-1), Class 1 (FDA)
Laser-Scanverfahren	Galvanisch-angetriebener Drehspiegel
Messbereich in X-Richtung (anhängig vom Anstand)	111 bis 463mm (TELE), 198 bis 823mm (MITTEL), 359 bis 1.196mm (WEIT)
Messbereich in Y-Richtung (abhängig vom Abstand)	83 bis 347mm (TELE), 148 bis 618mm (MITTEL), 269 bis 897mm (WEIT)
Messbereich in Z-Richtung (abhängig vom Abstand)	40 bis 500mm (TELE), 70 bis 800mm (MITTEL), 110 bis 750mm (WEIT/Modus FINE)
Genauigkeit	X: ±0,22mm, Y: ±0,16mm, Z: ±0,10mm zur Z-Referenzebene (Bedingungen: TELE/Modus FINE , Konica Minolta Standard)
Aufnahmezeit	0,3s (Modus FAST), 2,5s (Modus FINE), 0,5s (COLOR)
Übertragungszeit zum Host-Computer	ca. 1s (Modus FAST) oder 1,5s (Modus FINE)
Scanumgebung, Beleuchtungsbedingungen	500 lx oder geringer
Aufnahmeeinheit	3D-Daten: 1/3"CCD-Bildsensor (340.000 Pixel) Farbdaten: Zusammen mit 3D-Daten (Farbtrennung durch Drehfilter)

Anzahl aufgenommener Punkte	3D-Daten: 307.000 (Modus FINE), 76.800 (Modus FAST) Farbdaten: 640 × 480 × 24 Bit Farbtiefe
Ausgabeformat	3D-Daten: Konica Minolta Format, (STL, DXF, OBJ, ASCII-Punkte, VRML; Konvertierung in 3D-Daten durch Polygon Editing-Software / Standardzubehör) Farbdaten: RGB 24-Bit Rasterscan-Daten
Speichermedium	Compact Flash Memory Card (128MB)
Dateigrößen	3D- und Farbdaten (kombiniert): 1,6MB (Modus FAST) pro Datensatz, 3,6MB (Modus FINE) pro Datensatz
Monitor	5,7LCD (320 × 240 Pixel)
Datenschnittstelle	SCSI II (DMA-Synchronübertragung)
Stromversorgung	Normale Wechselstromversorgung, 100V bis 240 V (50 oder 60 Hz), Nennstrom 0,6 A (bei 100 V)
Abmessungen (B x H x T)	213 × 413 × 271mm
Gewicht	ca. 11kg
Zulässige Umgebungsbedingungen (Betrieb)	10 bis 40°C; relative Luftfeuchtigkeit 65% oder niedriger (keine Kondensation)
Zulässige Umgebungsbedingungen (Lagerung)	-10 bis 50°C, relative Luftfeuchtigkeit 85% oder niedriger (bei 35°C, keine Kondensation)

A.5. Verwendete Hardware

- **VI-900**
  Konica Minolta Sensing Europe, B.V.
  Website: http://www.konicaminolta.eu/de/messinstrumente/produkte/3d-messtechnik/beruehrungsloser-3d-scanner/vi-910/einfuehrung.html
- **ATMega 324A**
  Atmel Corporation
  Website: http://www.atmel.com/devices/ATMEGA324A.aspx
- **STK500**
  Atmel Corporation
  Website: http://www.atmel.com/tools/STK500.aspx
- **AVRISP mkII**
  Atmel Corporation
  Website: http://www.atmel.com/tools/AVRISPMKII.aspx
- **Induktiver Endschalter**
  Pepperl+Fuchs
  Website: http://www.pepperl-fuchs.de/germany/de/classid_143.htm?view=productdetails&prod3012
- **MAX232**
  Texas Instruments Incorporated
  Website: http://www.ti.com/product/max232

A.6. Verwendete Software

Hier ist die verwendete Software aufgelistet. Soweit es möglich war, wurden Open-Source-Programme eingesetzt. (TODO: Überarbeiten!!!)

- **RapidForm2004** (Closed Source)
  INUS Technology, Inc.
  Website: http://www.rapidform.com
- **AVRStudio 5** (Closed Source)
  Atmel Corporation
  Website: http://www.atmel.com/
- **Eclipse** mit CDT und AVRPlugin
  The Eclipse Foundation
  Website: http://www.eclipse.org/

- **AVRDude**
  Prorammer

- **Blender**

- **Texmaker**

- **LaTeX**

- **GIT**

- **Inkscape**

- **Hyperterminal** (Closed Source)

(TODO: Weitere?!)

A.7. main.c

Listing A.2: main.c

```
1  /*
2  Stepper Translator - Recieve commands over RS-232, translate them and transmit them over
       RS-232.
3  Copyright (C) 2011  Johannes Dielmann
4
5  This program is free software: you can redistribute it and/or modify
6  it under the terms of the GNU General Public License as published by
7  the Free Software Foundation, either version 3 of the License, or
8  (at your option) any later version.
9
10 This program is distributed in the hope that it will be useful,
11 but WITHOUT ANY WARRANTY; without even the implied warranty of
12 MERCHANTABILITY or FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. See the
13 GNU General Public License for more details.
14
15 You should have received a copy of the GNU General Public License
16 along with this program. If not, see <http://www.gnu.org/licenses/>.
17 */
18
19 #define BAUD 9600      // BAUD Rate definieren
20 // Falls nicht bereits gesetzt, Taktfrequenz definieren
21 #ifndef F_CPU
22 #define F_CPU 8000000
23 #endif
24 // AVR Includes
25 #include <avr/io.h>          // Standardbibliothek
26 #include <util/delay.h>      // Verzoegerungen
27 #include <util/setbaud.h>  // UART Funktionen
28 #include <stdlib.h>          // Standardbibliothek
29 #include <string.h>          // String Funktionen nutzen (strncmp)
30 #include <avr/interrupt.h> // Interrupts
31 #include <avr/wdt.h>         // Watchdog
32 #include <avr/pgmspace.h> // Stringspeicher vorbelegen
33 // Meine Includes
34 #include "mystuff.h"         // Eigene Makrodefinitionen fuer erhoehte Lesbarkeit
35 #include "Debounce.h"        // Taster entprellen
36 //#include "lcd.h"             // LC-Display (wird automatisch gebaut)
37 // Globale Variablen
38 #define D_RapidForm 0
39 #define D_Stepper  1
40 // Motor Protokolle
41 #define M_UNK   -2
42 #define M_NOTI  -1
43 #define M_ISEL    0
```

```
44 #define M_CSG     1
45 #define M_ZETA    2
46 #define M_TERMINAL 3
47 // Protokoll Befehle
48 #define P_INIT     0
49 #define P_FINISH   1
50 #define P_AROT     2
51 #define P_STOP     3
52 #define P_HOME     4
53 #define P_STEP     5
54 #define P_TIMEOUT  6
55 // Erweiterte Befehle
56 #define E_CLS      10
57 #define E_TEST     11
58 // Antworten
59 #define B_Zeta     "\r\n>\040\r\n>\040\r\n>\040\r\n>\040"
60 #define B_OK       "0\r\n"
61 // Variablen Definitionen
62 #define MENU_ENTRY_NAMELEN 19
63 #define RETURN_LEN 40
64 int       Initialized  = M_NOTI;
65 int       move = 0;
66 int       init_T = 0;
67 char      str_rx[100];
68
69 //// Tinymenu
70 #define MCU_CLK F_CPU  // MCU_CLK = F_CPU fuer TinyMenu
71 #include "tinymenu/spin_delay.h"
72 #define CONFIG_TINYMENU_USE_CLEAR
73 #include "tinymenu/tinymenu.h"
74 #include "tinymenu/tinymenu_hw.h"
75
76 //// Funktionsdefinitionen
77 // UART Stuff
78 void      uart_init             ();
79 void      uart_put_charater  (unsigned char c, int dir);
80 void      uart_put_string    (char *s, int dir);
81 int       uart_get_character (int dir);
82 void      uart_get_string    (char * string_in, int dir);
83 void      uart_rx            (int dir);
84 // String Stuff
85 int       FindStringInArray  (const char* pInput, const char* pOptions[], int cmp_length);
86 void      String_zerlegen_Isel(char * str_rx, char * Position, char * Winkel);
87 void      String_zerlegen_csg (char * str_rx);
88 // Hilfs Funktionen
89 void      csg_Status_melden ();
90 // Auswerte Logik
91 int       switch_Motor       (char * str_rx);
```

```
92  void     switch_Stepper     (char * str_rx);
93  void     switch_Isel        (char * str_rx);
94  void     switch_csg         (char * str_rx);
95  // LCD und LED Stuff
96  void     lcd_my_type        (char *s);
97  void     lcd_boot           (void);
98  void     led_boot           (void);
99  void     debounce_init      (void);
100 void     led_lauflicht      (void);
101 // Menu Stuff
102 void     mod_manual         (void *arg, void *name);
103 void     my_select          (void *arg, char *name);
104 void     menu_puts          (void *arg, char *name);
105 #include "mymenu.h"
106 // Init  Stuff
107 void     init_WDT           (void);
108 void     init               (void);
109
110 ////////////////////////////
111 //
112 //       Hauptschleife
113 //
114 ////////////////////////////
115 int main(void) {
116     init();       // Komponenten Initialisieren
117     while (1) { // In Endlosschleife wechseln
118         wdt_reset();     // Watchdog zuruecksetzen
119         if (get_key_press(1 << KEY1)) // 1 - Back
120             menu_exit(&menu_context);
121         if( get_key_press(1 << KEY2)) // 2 - Hoch
122             menu_prev_entry(&menu_context);
123         if (get_key_press(1 << KEY3)) // 3 - Runter
124             menu_next_entry(&menu_context);
125         if (get_key_press(1 << KEY4)) // 4 - Select
126             menu_select(&menu_context);
127         if ((UCSR0A & (1 << RXC0))){ // RapidForm Polling
128             LED_PORT &= ( 1 << LED2 ); // LED einschalten
129             uart_rx(D_RapidForm);     // Register auslesen
130         }
131         if ((UCSR1A & (1 << RXC1))){ // Stepper Polling
132             LED_PORT &= ( 1 << LED3 ); // LED einschalten
133             uart_rx(D_Stepper);       // Register auslesen
134         }
135     }
136 }
137 ////////////////////////////
138 //
139 //       Hauptschleife Ende
```

```
140 //
141 ////////////////////////////
142
143 // Interrupt Stuff
144 ISR(WDT_vect){                  // Watchdog ISR
145         LED_PORT &=~(1 << LED4);// LED5 einschalten
146         lcd_clrscr();
147         lcd_puts("Something went \nterribly wrong!\nRebooting!");
148 }
149 ISR(PCINT3_vect){               // + Endschalter Position erreicht
150     lcd_clrscr();
151     lcd_puts("Obere\nEndposition\nErreicht!");
152     LED_PORT ^= (1 << LED3);
153 }
154 ISR(PCINT2_vect){               // - Endschalter Position erreicht
155     lcd_clrscr();
156     lcd_puts("Untere\nEndposition\nErreicht!");
157     LED_PORT ^= (1 << LED3);
158 }
159 // UART Stuff
160 void    uart_init           () {// UART Initialisieren
161     // UART 0 - IN (Rapidform Software/Terminal)
162     UBRR0H = UBRRH_VALUE;
163     UBRR0L = UBRRL_VALUE;
164     UCSR0C = (3 << UCSZ00);
165     UCSR0B |= (1 << TXEN0); //Transmitter Enabled
166     UCSR0B |= (1 << RXEN0); // UART RX einschalten
167     // UART 1 - OUT (Stepper Karte/Drehtisch)
168     UBRR1H = UBRRH_VALUE;
169     UBRR1L = UBRRL_VALUE;
170     UCSR1C = (3 << UCSZ00);
171     UCSR1B |= (1 << TXEN1); //Transmitter Enabled
172     UCSR1B |= (1 << RXEN1); // UART RX einschalten
173 }
174 void    uart_put_charater (unsigned char c, int dir) { // UART Zeichen senden
175     if (dir == D_RapidForm) {// To Rapidform
176         while (!(UCSR0A & (1 << UDRE0))){} //warten bis Senden moeglich
177         UDR0 = c; // sende Zeichen
178     }
179     else {// To Stepper
180         while (!(UCSR1A & (1 << UDRE1))){} //warten bis Senden moeglich
181         UDR1 = c; // sende Zeichen
182     }
183 }
184 void    uart_put_string    (char *s, int dir) {          // UART String senden
185     while (*s){ // so lange *s != '\0' also ungleich dem "String-Endezeichen(Terminator)"
186         uart_put_charater(*s, dir); // Zeichenweise senden
187         s++;
```

```
188     }
189 }
190 int       uart_get_character (int dir) {            // UART Zeichen empfangen
191     if (dir == D_RapidForm) { // Aus RapidForm Register auslesen
192         while (!(UCSR0A & (1 << RXC0))) ; // warten bis Zeichen verfuegbar
193         return UDR0; // Zeichen aus UDR an Aufrufer zurueckgeben
194     }
195     if (dir == D_Stepper) {   // Aus Schrittmotor Register auslesen
196         while (!(UCSR1A & (1 << RXC1))) ; // warten bis Zeichen verfuegbar
197         return UDR1; // Zeichen aus UDR an Aufrufer zurueckgeben
198     }
199     return -1;  // Wenn nichts ausgelesen wurde -1 zurueckgeben
200 }
201 void      uart_get_string     (char * string_in, int dir) {// UART String empfangen
202     char c; // Einzelnes Zeichen
203     int i = 0;  // Zaehlvariable
204     do {
205         c = uart_get_character(dir); // Einzelnes Zeichen holen
206         if (c != '\r') {              // Wenn keinn \r
207             *string_in = c;           // Zeichen in Empfangsstring schreiben
208             string_in += 1;           // Adresse des Empfangsstring um 1 inkrementieren
209             i++;                      // Zaehlvariable um 1 erhoehen
210         }
211     } while (i < 100 && c != '\r' && c != '\n'); // So lange bis \r \n oder ueber 100 Zeichen
212     *string_in = '\0';                // 0 Terminieren
213     if (dir == D_Stepper)
214         LED_PORT |= ( 1 << LED3 ); // "Daten Vorhanden" LED ausschalten
215     else
216         LED_PORT |= ( 1 << LED2 ); // "Daten Vorhanden" LED ausschalten
217 }
218
219 // String Stuff
220 // Auffinden eines Strings aus einem vorgegebenen Array
221 int       FindStringInArray  (const char* pInput, const char* pOptions[], int cmp_length) {
222     int n = -1;
223     while (pOptions[++n]) { //Array durchlaufen bis 0 terminiert
224         //Wenn pInput == pOptions dann gib Array Position zurueck
225         if (!strncmp(pInput, pOptions[n], cmp_length)) return n;
226     }
227     return 99; // Wenn keine uebereinstimmung, gib 99 zurueck
228 }
229 // Strings zerlegen
230 void      String_zerlegen_Isel(char * str_rx, char * Position, char * Winkel) {
231     //0M5200, +600
232     //Achse M Position, +Geschwindigkeit
233     char * Achse="0";
234     Achse[0] = str_rx[1];    // Achse setzen
235     Achse[1] = '\0';
```

```
236     // Ausgeben welche Achse gewaehlt wurde
237     if(atoi(Achse)==0){
238         lcd_puts("Achse: ");
239         lcd_puts(Achse);
240         lcd_puts(" (Rotation)\n");
241     }
242     if(atoi(Achse)==1){
243         lcd_puts("Achse: ");
244         lcd_puts(Achse);
245         lcd_puts(" (Hoehe)   \n");
246     }
247     // Anzahl der Schritte aus dem String auslesen
248     char c;
249     int i = 0;
250     do {
251         c = str_rx[i + 3];
252         if (c != ',') {
253             Position[i] = c;
254             i++;
255         }
256     } while (i < 20 && c != '\0' && c != ',');
257     Position[i] = '\0'; // String 0 Terminieren
258     int32_t z;
259     int32_t y;
260     z = atol(Position); // String in Zahl(long) umwandeln
261     y = z / 7200;         // Berechnung des Winkel
262     z = (z * 71111)  /1024; // Berechnung der Schritte
263     ltoa(y, Winkel,      10 ); // Winekl in String umwandeln
264     ltoa(z, Position,    10 ); // Schritte in String umwandeln
265 }
266 void     String_zerlegen_csg (char * str_rx) {   // Unvollstaendig?
267     //012 3456 78901 2345 6789 01234 5678
268     //D:2 S500 F5000 R200 S500 F5000 R200.
269     //D:2S500F5000R200S500F5000R200
270
271     // Format:
272     // D:[Speed range]S[Minimum speed]F[Maximum Speed]R[Acceleration/Deceleration time]
273     // |-----------------------------Axis1 parameters
            ---------------------------------|
274     // S[Minimum speed for Axis 2] S[Minimum speed for Axis 2]F[Maximum speed]R[
            Acceleration/Deceleration time]
275     // |-----------------------------------Axis 2 parameters
            ------------------------------------------------|
276
277
278     int i = 4; // Index Input String | Bei 4. Zeichen Beginnen. Die ersten 3 Zeichen sind Fix.
279     int j = 0; // Index Variable
280     char c; // Zu kopierendes Zeichen
```

```
281     // Variablen Deklaration und Initialisierung mit Defaultwerten
282     char Speed_Range[2] = "2";
283     char ONE_Min_Speed[6] = "200";
284     char ONE_Max_Speed[6] = "2000";
285     char ONE_Acc_Speed[5] = "200";
286
287     ////////////////////////
288     //
289     //  Speed Range (1 || 2)
290     //
291     ////////////////////////
292     Speed_Range[0] = str_rx[2];
293     Speed_Range[1] = '\0';
294
295     ////////////////////////
296     //
297     //  Min Speed (50 - 20000)
298     //
299     ////////////////////////
300     do {
301         c = str_rx[i];
302         if (c != 'F') {
303             ONE_Min_Speed[j] = c;
304             j++;
305             i++;
306         }
307     } while (j < 6 && c != '\0' && c != 'F');
308     ONE_Min_Speed[j] = '\0';
309
310     lcd_puts("1_MIN_SPEED:");
311     lcd_puts(ONE_Min_Speed);
312     lcd_puts("\n");
313     // TODO: Range ueberpruefen! 50-20000
314     //uart_puts();
315
316     ////////////////////////
317     //
318     //  Max Speed (50 - 20000)
319     //
320     ////////////////////////
321     i++; // Stuerzeichen ueberspringen
322     j = 0; // Variablenzaehler zuruecksetzen
323     do {
324         c = str_rx[i];
325         if (c != 'R') {
326             ONE_Max_Speed[j] = c;
327             i++;
328             j++;
```

```
329         }
330     } while (j < 6 && c != '\0' && c != 'R');
331     ONE_Max_Speed[j] = '\0';
332 
333     lcd_puts("1_MAX_SPEED:");
334     lcd_puts(ONE_Max_Speed);
335     lcd_puts("\n");
336 
337     ////////////////////////
338     //
339     //  Acceleration (0 - 1000)
340     //
341     ////////////////////////
342     i++; // Stuerzeichen ueberspringen
343     j = 0; // Variablenzaehler zuruecksetzen
344     do {
345         c = str_rx[i];
346         if (c != 'S') {
347             ONE_Acc_Speed[j] = c;
348             i++;
349             j++;
350         }
351     } while (j < 4 && c != '\0' && c != 'S');
352     ONE_Acc_Speed[j] = '\0';
353 
354     lcd_puts("1_ACC_SPEED:");
355     lcd_puts(ONE_Acc_Speed);
356     lcd_puts("\n");
357 
358     //uart_put_string("0\n", D_Stepper);
359     uart_put_string(B_OK, D_RapidForm);
360 }
361 //      Hilfs Funktionen
362 void    csg_Status_melden (void) {              // Unvollstaendig?
363         uart_put_string("        0,        0,K,K,R\r\n", D_RapidForm); // Status an
              RapidForm zurueckmelden
364 }
365 void    Position_Zeta       (char * Position) { // Schritte Auslesen - Zeta
366     char c;
367     int i = 0;
368     do{
369         c = str_rx[i + 1];
370         if(c != ','){
371             Position[i] = c;
372             i++;
373         }
374     }
375      while(i < 20 && c != '\0' && c != ',');
```

```
376     Position[i] = '\0';
377     int32_t z;
378     z = atol(Position);
379     z = z/9;
380     ltoa(z,Position,10);
381 }
382 //        Uebersetzungs Logik
383 void      switch_Stepper      (char * str_rx) {    // Uebersetzung Schrittmotorkarte
384     const char* pOptions[] = {  // Array mit bekannten Befehlen
385               "#",     // 0 - Stepper Karte hat Befehl erkannt
386               "E",     // 1 - Stepper Karte meldet Error
387               "!CLS", // 2 - Clear Screen (Debugging)
388               "Test", // 3 - Test (Debugging)
389               0 };
390     switch (FindStringInArray(str_rx, pOptions, 1)) { // String gegen bekannte Antworten
          pruefen
391     case 0:           // 0 - Stepper Karte hat Befehl erkannt
392         lcd_puts("Erfolgreich\n");
393         break;
394     case 1:           // 1 - Stepper Karte meldet Error
395         lcd_puts("Error\n");
396         uart_put_string("1\r\n", D_RapidForm);
397         break;
398     case 2:           // 2 - Clear Screen (Debugging)
399         lcd_clrscr();
400         break;
401     case 3:           // 3 - Test (Debugging)
402         lcd_puts("Test bestanden\n");
403         break;
404     default:
405         ms_spin(10);
406     }
407 }
408 void      switch_Isel           (char * str_rx) {    // Uebersetzung Isel
409     const char* pOptions[] = {
410               "XXXXXXX",  // 0 - Reserve
411               "!CLS",      // 1 - LC-Display loeschen
412               "Test",      // 2 - Test
413               "@01",       // 3 - Achse auswaehlen
414               "@0R",       // 4 - Status abfrage
415               "@0M",       // 5 - Gehe zu Position
416               0 };
417     switch (FindStringInArray(str_rx, pOptions, 3)) {
418     case 0:           // 0 - Reserve
419         lcd_puts("Reserve\r\n");
420         break;
421     case 1:           // 1 - LC-Display loeschen
422         lcd_clrscr();
```

```
423             break;
424         case 2:             // 2 - Test
425             lcd_puts("Test bestanden\n");
426             uart_put_string("Test bestanden\r\n", D_RapidForm);
427             break;
428         case 3:             // 3 - Achse auswaehlen
429             ms_spin(10);
430             lcd_puts("Init");
431             uart_put_string("0\r\n", D_RapidForm);
432             break;
433         case 4:             // 4 - Status abfrage
434             lcd_puts("Statusabfrage:      \n");
435             uart_put_string("A\n", D_Stepper); // Statusabfrage an Stepper senden
436             ms_spin(50);                       // Verarbeitungszeit gewaehren
437             if ((UCSR1A & (1 << RXC1)))    // Wenn ein Zeichen empfangen wurde
438                 uart_rx(D_Stepper);            // Zeichen auslesen
439             if (!strcmp(str_rx,"0#"))          // Empfangenes Zeichen ueberpruefen
440                 uart_put_string("0\r\n", D_RapidForm); // Antwort Ok an RapidForm melden
441             else {
442                 lcd_puts("Fehlgeschlagen     \n");      // Fehler auf Display anzeigen
443                 uart_put_string("1\r\n", D_RapidForm); // Fehler an RapidForm melden
444             }
445             break;
446         case 5:             // 5 - Gehe zu Position MX , +600
447             ms_spin(10);
448             char Position[33], Winkel[6];
449             memset(Position, '\0', 33); // Strign 0 Terminiert vorbelegen
450             memset(Winkel, '\0', 6);    // String 0 Terminiert vorbelegen
451             String_zerlegen_Isel(str_rx, Position, Winkel); // String auswerten
452             // String fuer Stepper vorbereiten
453             char Move_To[40];
454             memset(Move_To, '\0', 40);
455             Move_To[0] = 'M';
456             Move_To[1] = 'A';
457             Move_To[2] = ' ';
458             Move_To[3] = '\0';
459             strcat(Move_To, Position);
460             strcat(Move_To, "\n");
461             lcd_puts("Pos:");
462             lcd_puts(Move_To);
463             // String an Stepper senden
464             uart_put_string(Move_To, D_Stepper);
465             ms_spin(50);
466             if ((UCSR1A & (1 << RXC1)))
467                 uart_rx(D_Stepper); // Antwort des Stepper auslesen
468             else {
469                 break; // Bei Fehler abbrechen
470             }
```

```
471         // Status des Stepper Abfragen
472         uart_put_string("A\n", D_Stepper);
473         ms_spin(50);
474         // Antwort des Stepper Abfragen
475         if ((UCSR1A & (1 << RXC1)))
476             uart_rx(D_Stepper);
477         else {
478             lcd_puts("Keine Bewegung!\n");
479         }
480         // So lange der Stepper Bewegung meldet erneut Statusabfrage
481         while (!strcmp(str_rx,"1#")){
482             // Statusabfrage an Stepper
483             uart_put_string("A\n", D_Stepper);
484             ms_spin(50);
485             // Statusabfrage auslesen und auswerten
486             if ((UCSR1A & (1 << RXC1))){
487                 uart_rx(D_Stepper);
488                 lcd_clrscr();
489                 lcd_puts("Gehe zu Winkel: ");
490                 lcd_puts(Winkel);
491                 lcd_puts("\n");
492             }
493             else {
494                 lcd_puts("Keine Antwort\n");
495             }
496             wdt_reset();
497         }
498         lcd_puts("Winkel: ");
499         lcd_puts(Winkel);
500         lcd_puts(" Erreicht\n");
501         // Bewegung abgeschlossen an RapidForm melden
502         uart_put_string("0\r\n", D_RapidForm);
503         break;
504     default: // Unbekannte Befehle auf dem Display anzeigen
505         lcd_puts(str_rx);
506     }
507 }
508 void    switch_csg          (char * str_rx) {    // Uebersetzung CSG Unvollstaendig?
509     const char* pOptions[] = {
510             "Test2", // 0 - Stepper Karte Befehl erkannt
511             "!CLS", // 1 - LC-Display loeschen
512             "Test", // 2 - Test
513             "Q:", // 3 - Status abfrage
514             "D:2", // 4 - D:2S500F5000R200S500F5000R200.
515             "H:", // 5 - H:
516             "G", // 6 - Motor starten
517             "M:", // 7 - Move by Pulses
518             "!", // 8 - Busy Ready ?
```

```
519                 "H1",
520                 0 };
521     switch (FindStringInArray(str_rx, pOptions, 2)) {
522     case 0: // Motorkarte Erfolgreich angesprochen
523         lcd_puts("!");
524         break;
525     case 1: // Display loeschen
526         lcd_clrscr();
527         break;
528     case 2: // Interner Test
529         lcd_puts("!T");
530         //uart_puts("Test bestanden\n\r");
531         break;
532     case 3: // Status abfrage von Software
533         lcd_puts("Statusabfrage      \n");
534         csg_Status_melden();
535         break;
536     case 4:
537         String_zerlegen_csg(str_rx);
538 
539         break;
540     case 5:
541         lcd_puts("H:                    \n");
542         uart_put_string(B_OK, D_RapidForm);
543         break;
544     case 6:
545         lcd_puts("Motor starten\n");
546         //uart_put_string(B_OK, D_RapidForm);
547         break;
548     case 7:
549         move++;
550         char it[10];
551         itoa(move, it, 10);
552         lcd_puts(it);
553         lcd_puts("_Move!\n");
554         uart_put_string("M 160000\r\n",D_Stepper);
555 
556         break;
557     case 8:
558         lcd_puts("R/B?");
559         uart_put_string("R\r\n", D_RapidForm);
560         break;
561     case 9:
562         lcd_puts("H1 empfangen      \n");
563         break;
564     default:
565         lcd_puts("U_B: ");
566         lcd_puts(str_rx);
```

```
567         lcd_puts("!END       \n");
568     }
569 }
570 void     switch_Zeta          (char * str_rx) {    // Uebersetzung Zeta
571     const char* pOptions[] = {
572             "!CLS", // 0 - LC-Display loeschen
573             "Test", // 1 - Test
574             "GO",   // 2 - Motor Starten
575             "WAIT", // 3 - Wait till motor stops
576             "!XXXX",// 4 - Reserve
577             "COMEX",// 5 - *COMEXC0
578             "MA1",  // 6 - Absolute Positioning
579             "D1125",// 7 - Position
580             "A8",   // 8 - Accelartion 8
581             "V8",   // 9 - Velocity 8
582             "ECHO0",// 10 - Echo abschalten
583             "PSET0",// 11 - Ursprung setzen
584             0 };
585     char Position [33];
586     char Move_To[40];
587     memset(Move_To, '\0', 40);
588     Move_To[0] = 'M';
589     Move_To[1] = 'A';
590     Move_To[2] = ' ';
591     Move_To[3] = '\0';
592     switch (FindStringInArray(str_rx, pOptions, 1)) {
593     case 0: // Display loeschen
594         lcd_clrscr();
595         break;
596     case 1: // Interner Test
597         lcd_puts("Test bestanden     \n");
598         break;
599     case 2: // Go
600         ms_spin(100);
601         strcat(Move_To, Position);
602         strcat(Move_To, "\n");
603
604         uart_put_string(Move_To, D_Stepper);
605         ms_spin(50);
606         if ((UCSR1A & (1 << RXC1)))
607             uart_rx(D_Stepper);
608         else {
609             lcd_puts("Befehl n. bestaetig\n");
610             break;
611         }
612
613         uart_put_string("A\n", D_Stepper);
614         ms_spin(50);
```

```
615             if ((UCSR1A & (1 << RXC1)))
616                 uart_rx(D_Stepper);
617             else {
618                 lcd_puts("Keine Bewegung!\n");
619             }
620
621             while (!strcmp(str_rx,"1#")){
622                 uart_put_string("W\n", D_Stepper);
623                 ms_spin(100);
624                 if ((UCSR1A & (1 << RXC1))){
625                     uart_rx(D_Stepper);
626                     lcd_clrscr();
627                     lcd_puts("Position(Akt/Ges): \n");
628                     lcd_puts(str_rx);
629                     lcd_puts(" / ");
630                 }
631                 else {
632                     lcd_puts("Keine Antwort\n");
633                 }
634                 wdt_reset();
635
636                 uart_put_string("A\n", D_Stepper);
637                 ms_spin(50);
638                 if ((UCSR1A & (1 << RXC1))){
639                     uart_rx(D_Stepper);
640                     //lcd_clrscr();
641                     //lcd_puts("running to\n");
642                     //lcd_puts("Position: ");
643                     lcd_puts(Position);
644                     lcd_puts("\n");
645                 }
646                 else {
647                     lcd_puts("Keine Antwort\n");
648                 }
649                 wdt_reset();
650             }
651             lcd_puts("Position: \n");
652             lcd_puts(Position);
653             lcd_puts(" Erreicht\n");
654             uart_put_string(B_Zeta, D_RapidForm);
655             break;
656         case 3: // WAIT
657             break;
658         case 4: // Reserve
659             break;
660         case 5: // COMEXC0
661             break;
662         case 6:
```

```
663         //lcd_puts("MA1 empfangen \n");
664         break;
665     case 7: // Position Setzen
666         memset(Position, '\0', 33);             // Array mit Nullen befuellen
667         Position_Zeta(Position);
668         break;
669     case 8:
670         break;
671     case 9:       //V8
672         lcd_puts("Speed set           \n");
673         //uart_put_string(B_Zeta_Return, D_RapidForm);
674         break;
675     case 10:
676         lcd_puts("Echo off            \n");
677         //uart_put_string(str_rx, D_RapidForm);
678         //uart_put_string("ECHO0\r", D_RapidForm);
679         break;
680     case 11:
681         break;
682     default:
683         lcd_puts("Z:");
684         lcd_puts(str_rx);
685         lcd_puts("    \n");
686         // Initialized  = switch_Inputs(str_rx);
687     }
688 }
689 void    switch_Terminal    (char * str_rx) {    // Uebersetzung Terminal Unvollstaendig
690     const char* pOptions[] = {
691             "!CLS", // 0 - LC-Display loeschen
692             "Test", // 1 - Test
693             "!Manual",// 2 - Ignorieren
694             "!YYYY",// 3 - Wait till motor stops
695             0 };
696
697     if (init_T == 0){
698         init_T = 1;
699         uart_put_string("Willkommen im Terminal Modus\r\n",D_RapidForm);
700         uart_put_string("moegliche Befehle sind: \r\n",D_RapidForm);
701         uart_put_string(" A - Motorstatus\r\n M - Move Steps\r\n", D_RapidForm);
702     }
703     switch (FindStringInArray(str_rx, pOptions, 2)) {
704     case 0: // Display loeschen
705         lcd_clrscr();
706         break;
707     case 1: // Interner Test
708         lcd_puts("Test bestanden     \n");
709         uart_put_string("Test bestanden", D_RapidForm);
710         break;
```

```
711     case 2: // Reserve 1
712
713     case 3: // Reserve 2
714
715         break;
716     default:
717         //lcd_puts("Z:");
718         lcd_puts(str_rx);
719         lcd_puts("       \n");
720         uart_put_string(str_rx,D_Stepper);
721         uart_put_string("\n",D_Stepper);
722     }
723 }
724 int     switch_Motor        (char * str_rx) {    // Automatische Befehlssatzwahl
725     const char* pOptions[] = {  // Array mit  Initialisierungsbefehlen
726             "@01",      // 0 - Isel
727             "Q:",       // 1 - CSG
728             "ECHO0",    // 2 - Zeta
729             "!Terminal",    // 3 - Terminal ansteuerung!
730             0 };
731     // Ankommenden String gegen Array pruefen
732     switch (FindStringInArray(str_rx, pOptions, 3)) {
733     case 0:             // 0 - ISEL
734         return M_ISEL;
735         break;
736     case 1:             // 1 - CSG
737         return M_CSG;
738         break;
739     case 2:             // 2 - Zeta
740         return M_ZETA;
741         break;
742     case 3:             // 3 - Terminal ansteuerung
743         return M_TERMINAL;
744         break;
745     default:
746         return M_UNK;
747     }
748 }
749 void    uart_rx             (int dir) {         // UART Empfangsregister auslesen
750     uart_get_string(str_rx, dir);   // String aus Empfangsregister auslesen
751     if (dir == D_Stepper)           // Empfangsregister Stepper
752         switch_Stepper(str_rx);     // Uebersungsfunktion fuer Stepper aufrufen
753     else{                           // Empfangsregsiter RapidForm
754         // Uebersetzungsfunktion auswaehlen
755         if( Initialized  == M_UNK){ // Unbekannter Initialisierungsbefehl
756             lcd_puts("Unbekannter Motor!\n");
757              Initialized  = M_NOTI; // Variable Initialized zuruecksetzen
758         }
```

```
759         if( Initialized  == M_NOTI){ // Befehlssatz bestimmen
760             Initialized  = switch_Motor(str_rx); //Automatische Befehlssatzwahl
761         }
762         if( Initialized  == M_ISEL) // Uebersetzung ISEL
763             switch_Isel(str_rx);
764         if( Initialized  == M_CSG) // Uebersetzung CSG
765             switch_csg(str_rx);
766         if( Initialized  == M_ZETA) // Uebersetzung Zeta
767             switch_Zeta(str_rx);
768         if( Initialized  == M_TERMINAL)// Uebersetzung Terminal
769             switch_Terminal(str_rx);
770     }
771 }
772 //      LCD und LED Stuff
773 void    lcd_my_type         (char *s) {         // Zeichen auf Display ausgeben
774     // Spielerei!
775     // Zeichen mit unterschiedlicher Geschwindigkeit ausgeben
776     // Dies Simuliert einen Menschlichen Benutzer...
777     srand(TCNT0);
778     int min = 10;
779     int max = 250;
780     int erg = 0;
781     while (*s) // so lange *s != '\0' also ungleich dem "String-Endezeichen(Terminator)"
782     {
783         erg = (rand() % (max - min + 1) + min);
784         lcd_putc(*s);
785         s++;
786         for (int i = 0; i < erg; i++)
787             _delay_ms(1);
788     }
789 }
790 void    lcd_boot            (void) {            // Boot: Nachricht ausgeben
791     _delay_ms(100);
792     lcd_my_type("Guten Tag!\n");
793     _delay_ms(400);
794     lcd_my_type("Bereit!\n");
795     _delay_ms(400);
796     lcd_clrscr();
797 }
798 void    led_boot            (void) {            // Boot: LEDs durchlaufen
799     for (int i = 1; i < 9; i++) {
800         _delay_ms(80);                  // warte 80ms
801         LED_PORT &= ~((1 << i));    // loescht Bit an PortB - LED an
802         LED_PORT |= ((1 << (i - 1)));  // setzt Bit an PortB - LED aus
803     }
804 }
805 void    debounce_init       (void) {            // Taster entprellen
806     KEY_DDR &= ~ALL_KEYS; // configure key port for input
```

```
807     KEY_PORT |= ALL_KEYS; // and turn on pull up resistors
808     TCCR0B = (1 << CS02) | (1 << CS00); // divide by 1024
809     TCNT0 = (uint8_t) (int16_t) -(F_CPU / 1024 * 10 * 10e-3 + 0.5); // preload for 10ms
810     TIMSK0 |= 1 << TOIE0; // enable timer interrupt
811     sei();
812 }
813 void    led_lauflicht       (void) {            // LED Lauflicht
814     uint8_t i = LED_PORT;
815     i = (i & 0x00) | ((i << 1) & 0xFE);
816     if (i < 0xFE) i |= 0x01;
817     LED_PORT = i;
818 }
819 //      Menu Stuff
820 void    mod_manual      (void *arg, void *name) { // Manuelle Aufnahme
821     lcd_puts("Manueller Modus\n");
822     lcd_puts("Aufnahme starten!\n");
823     lcd_puts("Danach Select\n");
824     lcd_puts("-> Drehung um 45\n");
825     if (get_key_press(1 << KEY4))
826     uart_put_string("M 55750\r", D_Stepper);
827 }
828 void    my_select           (void *arg, char *name) { // Deprecated?
829     lcd_clrscr();
830     lcd_puts("Selected: ");
831     lcd_puts(name);
832     ms_spin(750);
833 }
834 void    menu_puts           (void *arg, char *name) { // Menu/Sende Funktion
835     uart_put_string(arg, D_Stepper);  // Uebergebenen String an Stepper senden
836     // Befehl auf Display ausgeben
837     lcd_clrscr();
838     lcd_puts("Sent: ");
839     lcd_puts(arg);
840     lcd_puts("\n");
841     ms_spin(100);
842     //if ((UCSR1A & (1 << RXC1)))
843     uart_rx(D_Stepper); // Antwort des Stepper empfangen
844     ms_spin(1000);      // Antwort noch eine weile Anzeigen
845 }
846 // Init Stuff
847 void    init_WDT            (void) {            // Watchdog Initialisieren
848     // Vordefinierte Sequenz aus Anleitung
849     cli();
850     wdt_reset();
851     WDTCSR |= (1 << WDCE) | (1 << WDE);
852     WDTCSR = (1 << WDE) | (1 << WDIE) | (1 << WDP3) | (1 << WDP0); //Watchdog 8s
853     //WDTCSR = 0x0F; //Watchdog Off
854     sei();
```

```
855 }
856 void init (void) { // Initialisierung durchlaufen
857     init_WDT(); // Watchdog Initialisieren oder Abschalten
858     LED_DDR = 0xFF; // LED Port Richtung definieren (Ausgang)
859     LED_PORT = 0xFF; // LEDs ausschalten
860     PCMSK3 |= ( 1 << PCINT28 ); // Interrupts definierenPD4 als Interrupt zulassen
861     PCICR |= ( 1 << PCIE3 ); // Pin Change Interrupt Control Register - PCIE3 setzen
            fuer PCINT30
862     DDRC |= ( 1 << PB7 ); // Pin7 (Kontrast) als Ausgang definieren (Nur LCD an
            STK500)
863     LCD_PORT &= ( 1 << PB7 ); // Pin7 auf 0V legen (Nur LCD an
            STK500)
864     lcd_init(LCD_DISP_ON_CURSOR); // LC Display initialisieren
865     lcd_boot(); // Kurze Startup Meldung zeigen
866     led_boot(); // Starten des Mikrocontroller kennzeichnen
867     debounce_init(); // Taster entprellen
868     uart_init(); // RS-232 Verbindung initialisieren
869     menu_enter(&menu_context, &menu_main); // Kommentar entfernen um Menue zu
            aktivieren
870 }
```

A.8. Danksagung

Test