

Graffiti-Roboter - Spezifikation

AdvEisor: Othmane Khelil

Projektleiter: Daniel Akselrad

Team:

Marina Rau

Amine Mansouri

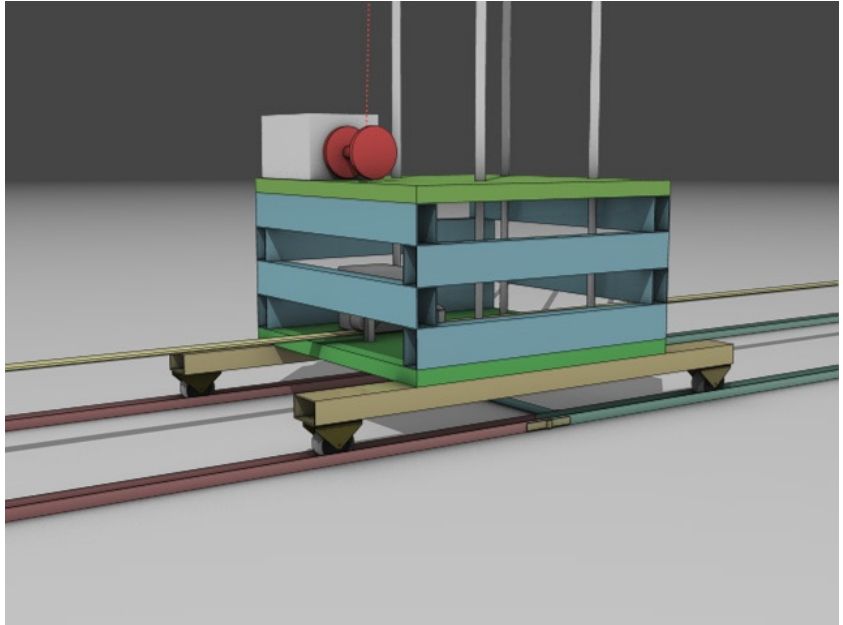
Markus Schmid

Felix Drechsler

Andreas Albrecht

Clemens Orendt

Sascha Häusler



Allgemeines:

Der Roboter ist ein computergesteuerter x-y-Schreiber der in der Lage ist, Pfade und Primitives von SVG-Vektorgrafiken (Softwarebedingt *ausschließlich* dieses Format) mittels eines kontaktlosen Farbsprühsystems auf eine 2x2 Meter messende Leinwand aufzutragen. Ein vollautomatischer Farbwechsel sorgt dafür, dass drei Farben ohne weiteres menschliches Zutun benutzt werden können. Der Roboter ist so demontierbar, dass er von einer Person in einer Kiste transportiert werden kann.

Funktionsweise:

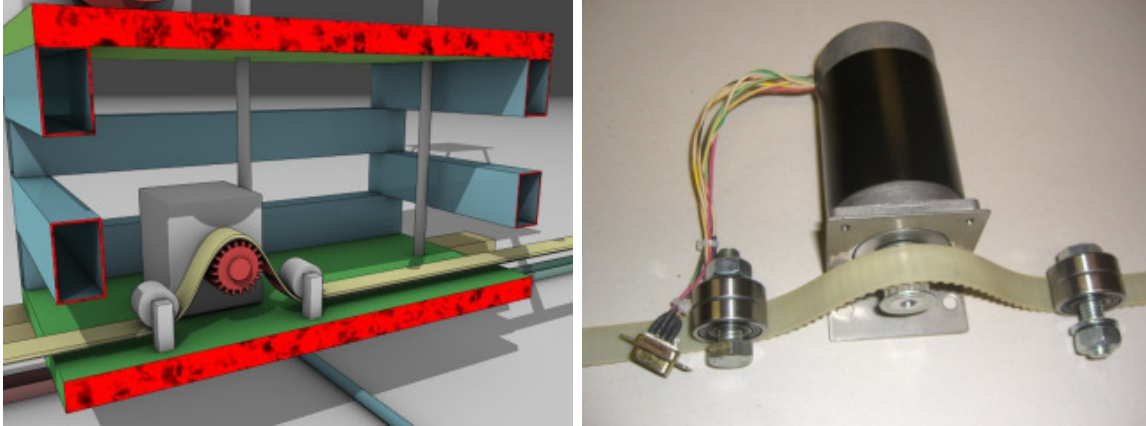
Die Konstruktion des Roboters besteht im Wesentlichen aus drei eigenständigen Systemen, die die Funktionsweise in die Komponenten

1. Horizontalvorschub
2. Vertikalvorschub
3. Airbrushsystem

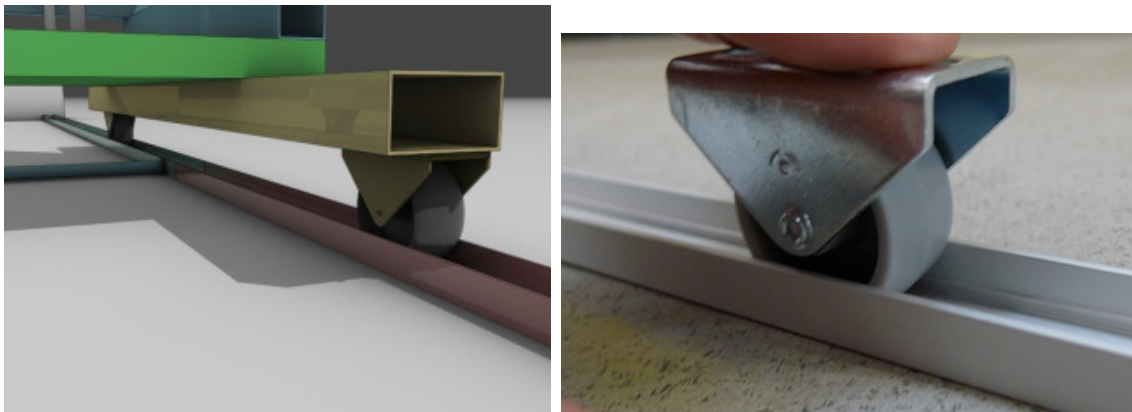
einteilt. Die drei autonomen Systeme werden von eine zentralen Steuerlogik angesteuert, welche wiederum von einem Softwareprogramm auf einem Notebook über eine Standard-RS232-Schnittstelle die notenwendigen Informationen über die vorgegebene Zeichnung erhält.

1. Horizontalvorschub

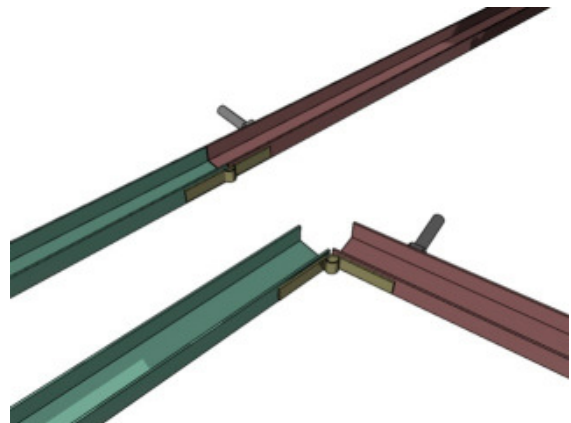
Der Hauptwagen bewegt sich seitlich mittels eines Zahnrades, das Halt an einem aufgespannten Zahnriemen findet. Ein Schrittmotor der für die notwendige Kraft korrekt dimensioniert ist, sorgt dafür, dass der Wagen präzise zu jeder x-Koordinate gefahren werden kann.



Der Wagen fährt auf 4 Rollen in einem Schienensystem, um einerseits die Reibung zu minimieren und andererseits, damit der Wagen auch tatsächlich nur einen Freiheitsgrad in seiner Bewegung hat.



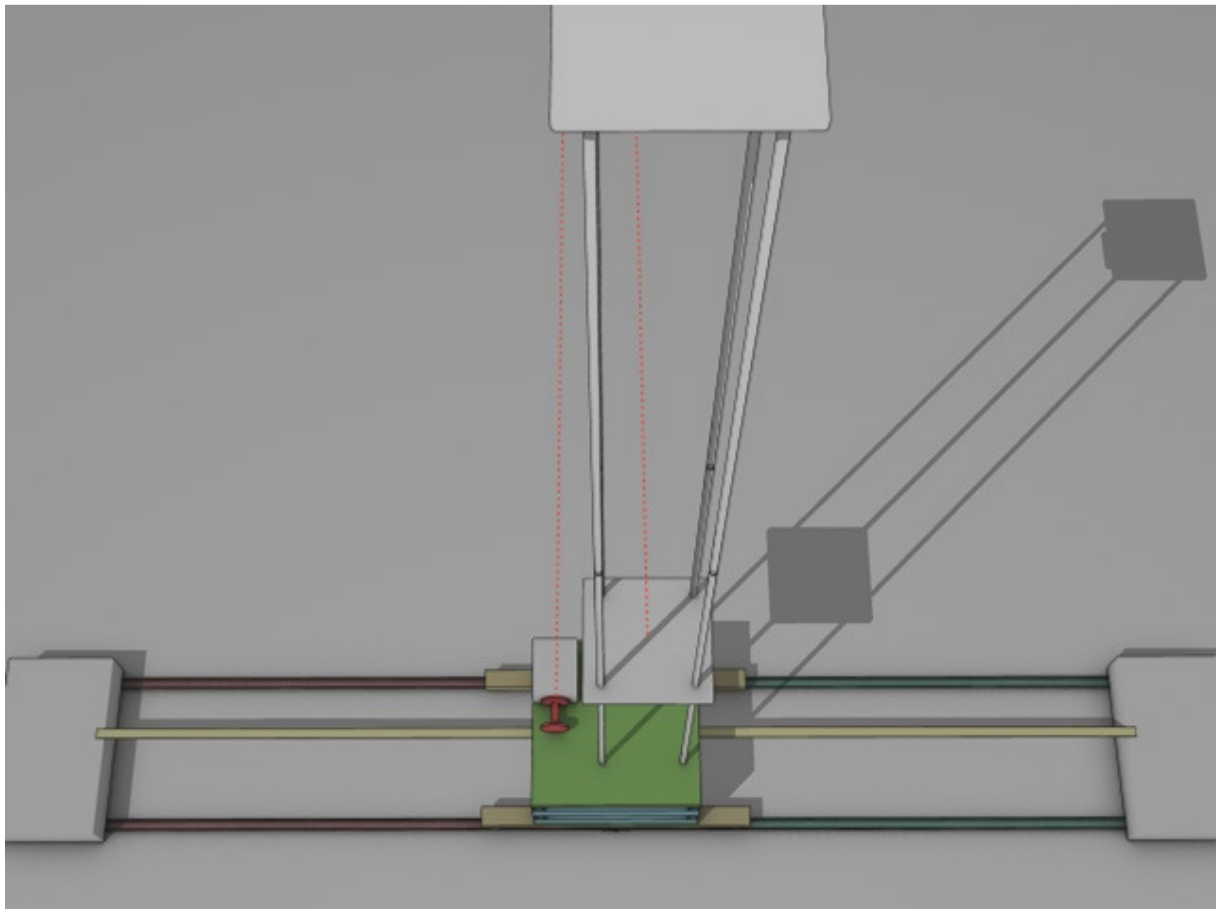
Die Schienen, die eine Länge von $\sim 2,2$ Metern haben lassen sich über ein stabiles Scharnier zusammenklappen und so leichter transportieren. Zur Verwendung im aufgebauten Roboter lassen sich die Schienen im aufgeklappten Zustand über herkömmliche Klettverschlüsse arretieren, die ausreichen um die entstehenden Kräfte aufzunehmen. Zusätzlich lässt sich ein Abstandshalter installieren, der als zusätzliche Maßnahme die Parallelität der beiden Schienen garantiert.



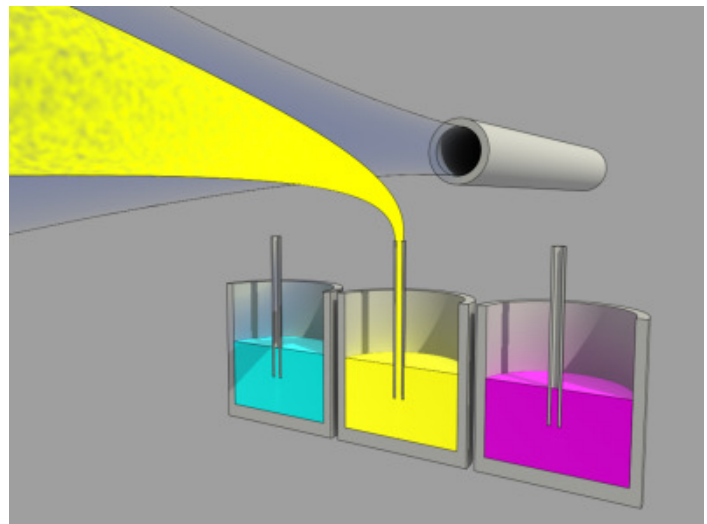
2. Vertikalvorschub

Auf dem Wagen befindet sich ein Aufzugssystem, das den Sprühkopf (in der Grafik nicht eingezeichnet) und die Farbbehälter in y-Richtung auf jede Höhe heben kann.

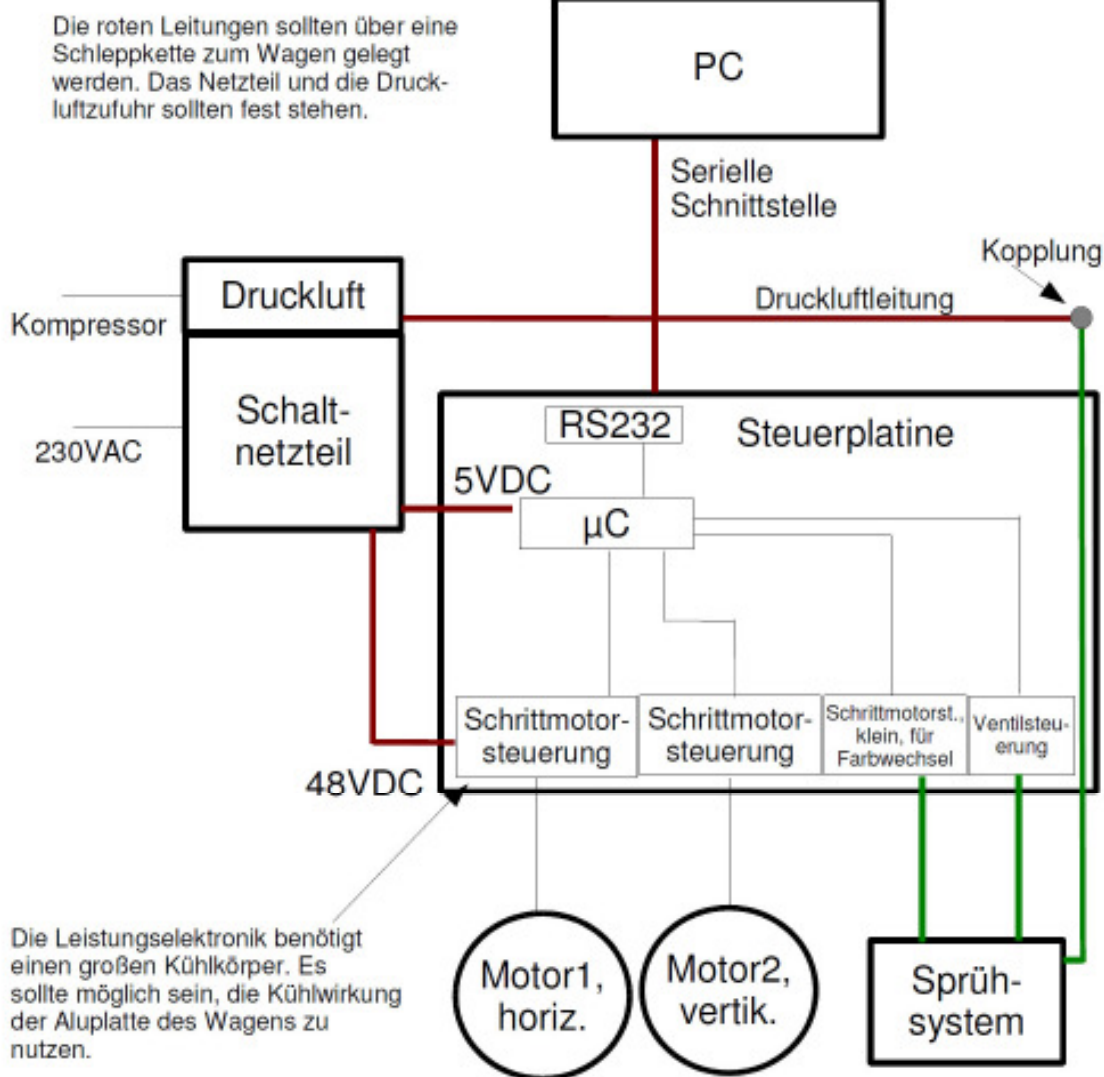
Vom Wagen aus ragen 4 Rohre nach oben, die oben mit einer Deckelplatte abgeschlossen werden. Unterhalb der Deckelplatte befindet sich eine weitere Platte mit dem Sprühsystem, die an den 4 Rohren entlang gleiten kann (Reibungsminimierung durch gleitfähige Textilbeschichtung an der Platte). Nach oben gezogen wird sie dabei von einem Seilzugsystem, bestehend aus einem 4 Meter langen Drahtseil (in der Grafik rot strichliert), das über eine an der Deckelplatte befestigten Umlenkrolle von einer Spule an einem Schrittmotor auf dem Wagen bewegt werden kann.



Die Farbpatronen befinden sich auf einem kleinen Schlitten und werden durch einen Servomotor mit drei festen Stellungen je nach gewünschter Farbe direkt unter den Luftzug geschoben. Dies ermöglicht auch, ohne Offset arbeiten zu können, was die Präzision verbessert.



Verschaltung:



1. Energieversorgung
 - Das Schaltnetzteil wandelt die Netzspannung für Controller und Schrittmotoren in die jeweilige Betriebsspannung (kleiner 48V DC) um.
 - Der Druckluftanschluss ist eine Kupplung zwischen dem Kompressor und dem robotereigenen Sprühsystem. Es wird ein Druckregelventil mit Wasserabscheider verwendet. Primärseitig ist an der Kupplung ein Standardanschluss für Druckluftsysteme, sekundärseitig ein Anschluss für kleine Pneumatikanlagen – vgl. Festo oder SMC.

2. PC-Controller-Interface
 - Die Schnittstelle zwischen PC und Controller läuft über das serielle Protokoll ab.
 - Voraussichtliche Einstellungen: Baud-Rate 19200 Bit/sec, 8Bit-Transmission, asynchron
 - Realisierung controllerseitig mit MAX232.

3. Microcontroller
 - PIC18F4550: 32 KByte Flash, 2048 Byte DRAM, 256 Bytes EEPROM, 35 I/O, 13 x 10-Bit A/D, 2 PWM, SPI, I2C, EAUSART, 2 Comparators, 1 x 8-Bit- und 3 x 16-Bit-Timer

4. Schrittmotorsteuerung X/Y
 - Die Schrittmotorsteuerung wird diskret per H-Brücken realisiert.
 - Die Transistoren dazu sind bipolare NPN-Transistoren mit maximal 5A Nennstrom.
 - Aufgrund der großen Phasenströme ist die Grundplatte des Roboterwagens als passive Kühlung vorgesehen.

5. Schrittmotorsteuerung für Farbwechsel
 - Die geringen Ströme für den bzw. die Motoren des Sprühsystems lassen eine Kompaktlösung der Steuerelektronik, z. B. L298, zu.

6. Ventilsteuerung und Rückschlagsicherung
 - Die beiden Spulen für das Ventil und die Sicherung werden mit Darlington-Lowside-Treibern (ULN2803) angesteuert.

Montage

Das Hauptgerüst des Roboters wird größtenteils mit einem 2-Komponenten-Epoxydharz geklebt. Der Klebstoff ist hitze-, kälte- und säurebeständig, dabei jedoch hoch belastbar und ermöglicht es so, den Roboter in verschiedensten Umgebungen einsetzen zu können, insbesondere im Freien. Sämtliche Schrauben der Montage, die später nicht mehr geöffnet werden müssen werden mit einer Schraubensicherung mittlerer Stärke fixiert, um einerseits die auftretende Vibrationen zu kompensieren, andererseits jedoch um notfalls geöffnet werden können. Die Deckelplatte des Wagens wird dagegen in jedem Fall locker verschraubt, um einen leichten Zugang zum Wageninneren (etwa im Falle eines aus der Führung gesprungenen Riemens) zu ermöglichen.

Des Weiteren werden spanabhebende Arbeiten an Bauteilen, die entsprechend bearbeitet werden müssen, werden vom Team selbst durchgeführt um die Kosten hier gering zu halten.

Sicherheitsmaßnahmen

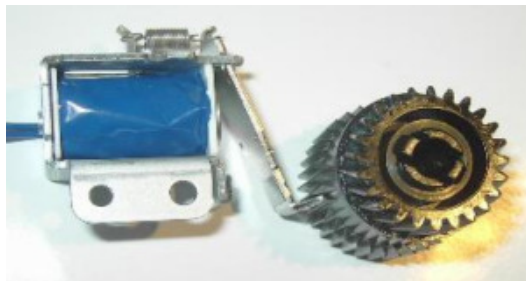
Überlastschutz: Durch die verwendeten Schrittmotoren ist ein Überlastschutz gegeben. Bei Schrittmotoren tritt bei zu hoher Belastung ein Schrittverlust auf, wobei der Motor stark an Kraft verliert. Erst durch erneutes Anfahren (mit einer Rampe) kann der Roboter wieder in Betrieb genommen werden. Da die Motoren genügend knapp dimensioniert werden wird so eine Verletzung durch Einzwicken effektiv verhindert.

Schutzkontakte: Vorn und hinten am Wagen wird jeweils ein Taster angebracht, so dass der Wagen erkennt, wenn er kurz vor dem Ende der Strecke ist und kann abgebremst werden. Der Wagen kann so nicht über die Fahrstrecke hinausfahren. Mit Hilfe dieser Taster ermittelt der Wagen bei Betriebsbeginn auch die Startposition.

Schwerpunkt: Der Wagen wird im Gewicht so austariert, dass eine Neigung von mindestens 30° in jede Richtung notwendig ist bevor das Gerüst tatsächlich umfällt. Dies lässt genügend Spielraum für betriebsbedingte Schwankungen und verhindert auch eine sofortige Beschädigung, falls der Wagen angerempelt wird oder selbsttätig irgendwo anfährt.

Magnetventil: Das Druckluftventil ist selbstschließend, so dass bei einem Stromausfall das Sprühsystem zuverlässig abschaltet, auch wenn beispielsweise eine unabhängige Druckluftquelle verwendet wird.

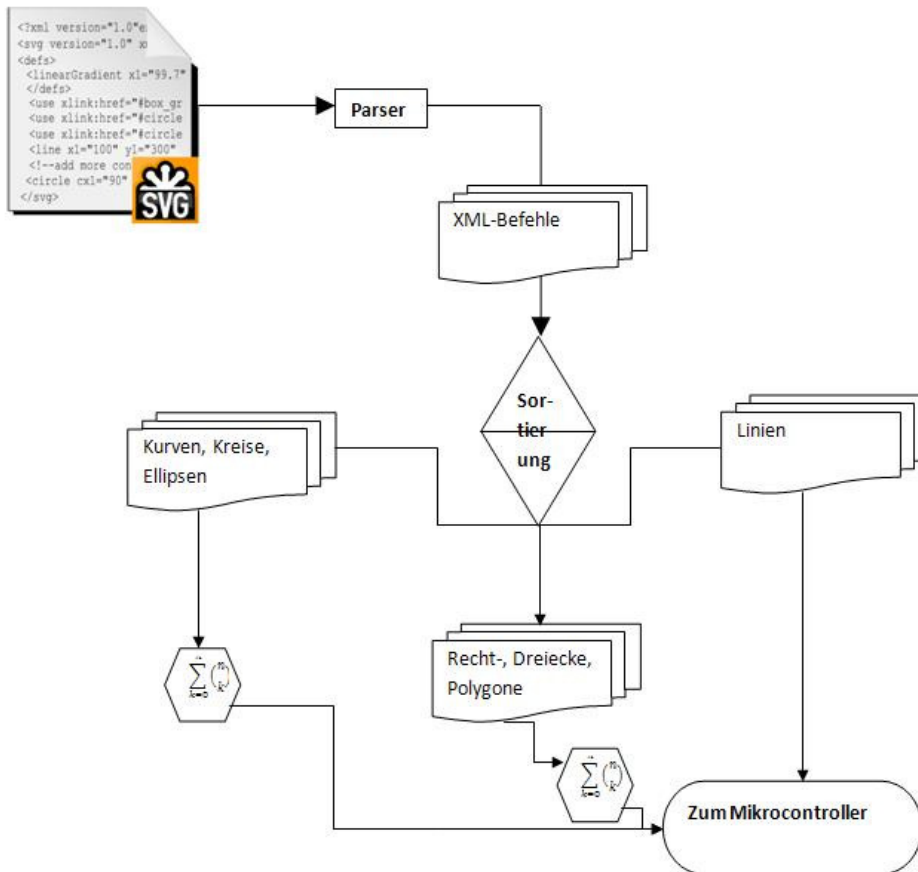
Rückschlagsicherung: Ein automatisch schließendes Ritzelschloss fixiert bei fehlender Arbeitsspannung den Aufzug auf seiner Höhe, so dass bei einem durch einen Stromausfall bedingten Kraftverlust der Schrittmotoren das Sprühsystem nicht durch einen Fall Schaden nehmen kann.



Sichere Arbeitsspannung: Der Roboter arbeitet zum Zwecke weiterer Sicherheit auf einer deutlich niedrigeren Spannung als die üblichen 230V Netzspannung.

Wärmetransfer: Die Leistungselektronik wird zur Verringerung der Brandgefahr mit dem kühlenden Gehäuse über eine hochleistungsfähige Wärmeübertragungsschicht auf Silberbasis thermisch gekoppelt.

Software:



Das SVG-Vektorgrafikformat stellt Informationen über das Bild als mathematische Beschreibungen von Bezierkurven, bzw. von Primitives (Kreise, Rechtecke etc.) in Blätter eines XML-Baumes bereit. Die Steuersoftware am Laptop wird die gegebene Datei zuerst parsen, anschließend werden die Geometrien ausgewertet. Zum Samplen der Bezierkurven kommt dabei eine eigens entworfene Implementierung des De-Casteljau-Algorithmus es zum Einsatz. Sämtliche notwendige Bewegungen werden genügend genau durch lineare Polylines angenähert, die dann dem Mikrochip zur Ansteuerung der Motoren übergeben werden. Alle Softwarekomponenten werden in C geschrieben und mit dem gcc Compiler, bzw. den für den programmierbaren Chip vorgesehenen proprietären Compiler in Maschinencode übersetzt.

Der Roboter unterstützt sinnvoll folgende Konzepte des Vektografikformates:

- Pfade
- Kreise
- Rechtecke
- Vielecke
- Linien

Des Weiteren lassen sich jedem Element eines der drei verfügbaren Farben zuweisen, die dann folgerichtig an die Leinwand gesprüht werden. Insbesondere eine Implementierung von Füllungen, Muster, Stricharten ist nicht vorgesehen.

Kostenkalkulation:

Im Folgenden findet sich eine Aufstellung aller benötigten Materialien und ihrer Kosten, inkl. den zum Bau und Betrieb notwendigen Hilfsmittel. Der benötigte Gesamtbetrag beläuft sich somit voraussichtlich auf **454,36 €**.

| Gerüst | | Stückzahl | Einzelpreis | Gesamtpreis | |
|----------------------------------|---|-----------|-------------|-------------|----------------------|
| Wagen unten: | | | | | |
| | Aluprofile 3m | 3 | 7,69 € | 23,07 € | |
| | Rollen | 4 | 1,69 € | 6,76 € | |
| | Schrauben für Rollen (Packungen) | 2 | 2,59 € | 5,18 € | |
| | Klebmaterial für Profile | 1 | 7,29 € | 7,29 € | |
| | Schraubensicherung | 1 | 4,99 € | 4,99 € | |
| | Aluplatten (4x300x695) | 1 | 32,50 € | 32,50 € | Platten halbieren |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Wagen oben: | Alu Rohr | 8 | 2,79 € | 22,32 € | |
| | Alu Voll Rund | 2 | 3,39 € | 6,78 € | |
| | Schrauben für Rohre | 4 | 2,00 € | 8,00 € | |
| | Aluplatten (2,5x180x180) | 2 | 2,88 € | 5,76 € | |
| | Halterung für Umlenkrolle | 1 | 3,00 € | 3,00 € | |
| | Umlenkrolle | 1 | 3,59 € | 3,59 € | |
| | Stahlseil (in m) | 5 | 0,79 € | 3,95 € | |
| | Klebmaterial für Schrauben | 1 | 7,29 € | 7,29 € | |
| | Aufrolle fürs Stahlseil | 1 | 7,50 € | 7,50 € | |
| | Befestigung für Aufrolle | 1 | 1,99 € | 1,99 € | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Schienensystem unten: | | | | | |
| | Aluprofile (U-Form) (in m) | 5 | 3,99 € | 19,95 € | |
| | Scharniere zum Verlinken der Profile | 2 | 3,00 € | 6,00 € | |
| | Klettverschluss zum Fixieren | 2 | 1,79 € | 3,58 € | |
| | Abstandhalter der Profile in der Mitte | 0,5 | 2,79 € | 1,40 € | |
| | Schrauben für Abstandhalter | 2 | 1,99 € | 3,98 € | |
| | Randteile (Metallklötze) | 2 | 10,00 € | 20,00 € | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| Technik Antrieb: | | | | | |
| | Netzteil | 1 | 30,00 € | 30,00 € | |
| Horizontal: | | | | | |

| | | | | | |
|--------------------|-------------------------------------|---|---------|----------|----------------------|
| | Schrittmotor + Steuerung | 1 | 30,00 € | 30,00 € | Huscher* |
| | Zahnräder | 1 | 0,00 € | 0,00 € | Huscher |
| | Zahnriemen 2,4 m | 1 | 0,00 € | 0,00 € | Huscher |
| | Befestigung | 1 | 4,00 € | 4,00 € | |
| | Umlenkrolle | 2 | 4,99 € | 9,98 € | |
| | | | | | |
| Vertikal: | | | | | |
| | Schrittmotor 2 Nm gebraucht | 1 | 25,00 € | 25,00 € | |
| | Befestigung | 1 | 4,00 € | 4,00 € | |
| | Steuerplatine | 1 | 20,00 € | 20,00 € | |
| | | | | | |
| Farbsystem: | | | | | |
| | Airbrushdüse | 1 | 2,50 € | 2,50 € | |
| | Farbbehälter | 3 | 2,00 € | 6,00 € | |
| | Farbe | 3 | 8,00 € | 24,00 € | |
| | Motorsteuerung | 1 | 20,00 € | 20,00 € | |
| | Servomotor | 1 | 30,00 € | 30,00 € | |
| | Schiene zum Verschieben der Düse | 1 | 20,00 € | 20,00 € | |
| | Druckluftschlauch | 1 | 4,00 € | 4,00 € | |
| | Magnetventil | 1 | 20,00 € | 20,00 € | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| <i>Sonstiges</i> | Kiste | 1 | 0,00 € | 0,00 € | Bretter v. Daniel |
| | Kompressor | 1 | 0,00 € | 0,00 € | wird ausgeliehen |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | Kosten Gesamt: | | | 454,36 € | |

*Die mit Huscher gekennzeichneten Bauteile werden als gemeinsames Paket erworben.