Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at

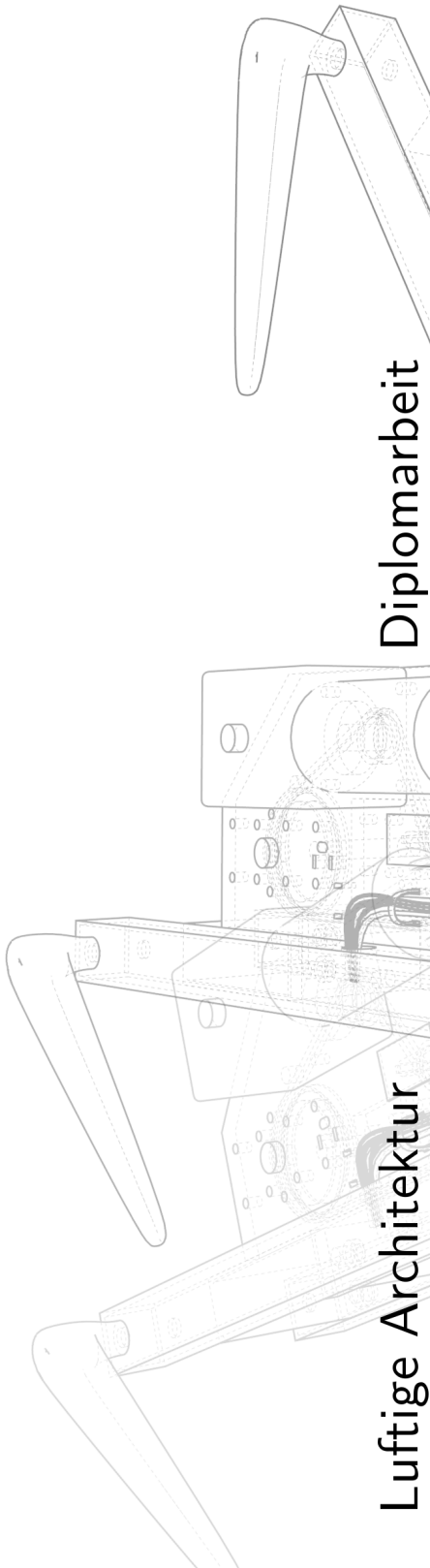
The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

# Luftige Architektur

Diplomarbeit

Anel Bucan 01127471



Die approbierte Originalversion dieser Diplom/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
http://www.ub.tuwien.ac.at

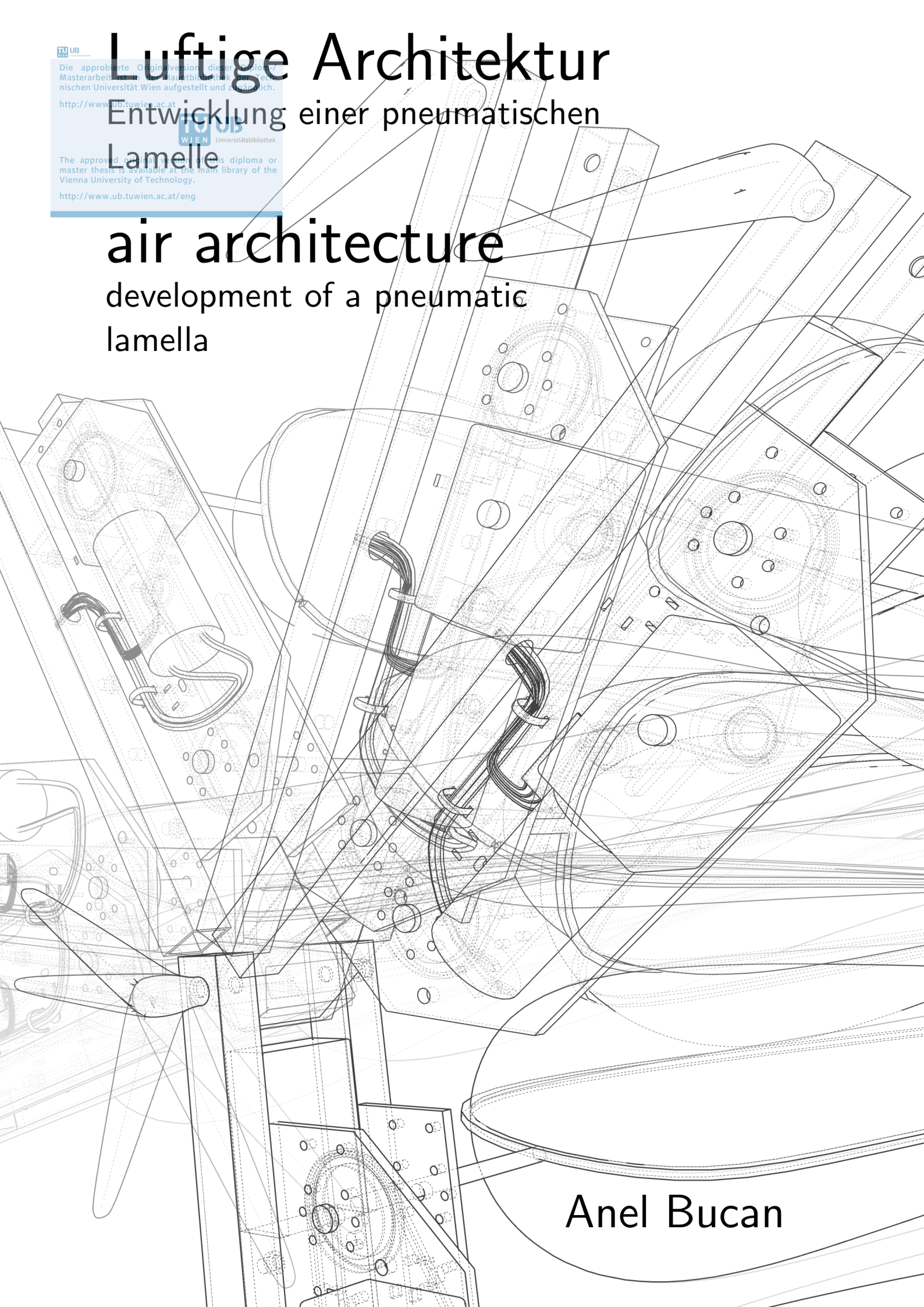
The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

# Luftige Architektur

## Entwicklung einer pneumatischen Lamelle

# air architecture

## development of a pneumatic lamella



Anel Bucan

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.

http://www.ub.tuwien.ac.at

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.

http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

Diplomarbeit

# Luftige Architektur

Entwicklung einer pneumatischen Lamelle

# air architecture

development of a pneumatic lamella

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung
des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs
unter der Leitung von

Manfred Berthold
Prof Arch DI Dr

unter Mitbetreuung von
P. Michael Schultes
Univ Lektor DI

unter Mitbetreuung von
Christoph Müller
Univ Lektor DI Dr

E253 - Institut für
Architektur und Entwerfen

eingereicht an der
Technischen Universität Wien
Fakultät für Architektur
und Raumplanung von

Anel Bucan
01127471

Wien, 18.03.2018

## Abstract DE

Neue Technologien schaffen neue Möglichkeiten. Elektrotechnik und Informatik sind Forschungsbereiche, die sich in den letzten Jahren sehr stark weiter entwickelt haben. Wie können wir diese Erkenntnisse in Architektur nutzen? Kann beispielsweise das klassische Bauelement der Lamelle durch neue technische Möglichkeiten architektonisch und künstlerisch aufwerten? Ziel der Arbeit ist die Konzeption, Planung, Entwicklung und der Bau einer interaktiven, beweglichen, sowie luftgefüllten Lamelle. Diese soll als Ergänzung von Fassaden im Altbestand dienen. Kernidee ist neben einer baukünstlerischen Aufwertung die Erzeugung eines Mikroklimas, dass die Energiebilanz des Gebäudes grundlegend optimieren kann. Zudem lässt sich die Transparenz der Konstruktion digital steuern und so die Beziehung zwischen Außenraum und Innenraum variieren. Die Arbeit thematisiert die Mensch / Maschineninteraktion, als auch die Mensch / Architekturinteraktion durch die automatisierte Reaktion der Fassade auf den Benutzer. Die Ausarbeitung der gesamten Arbeit erfolgt mit besonderen Fokus auf digitale Werkzeuge und deren Verschränkung mit analogen Produktionsmitteln. Digitale Simulation und analoge Prototypen gehen dabei Hand-in-Hand.

## Abstract EN

New technologies open door to new possibilities. Electrical engineering and informatics are research areas that have developed considerably in recent years. How can we use this knowledge in Architecture? Can we imporove the classical element of the lamella with new technological possibilities for architecture and art? The aim of this thesis is the conception, planning, development and construction of an interactive, mobile, air-filled lamella. This should serve as a complement to facades on existing buildings. The main idea, in addition to an architectural enhancement, is the creation of a microclimate that can optimise the heat balance and potentially reduce the energy consumption of a building. Furthermore, the transparency of the construction can be controlled digitally, thus varying the relationship between the exterior and the interior. This project also deals with human / machine interaction as well as human / architectural interaction through the automated reaction of the facade to the user. A special focus is put on digital tools and their entanglement with analog means of production; Digital simulation and analog prototypes go hand in hand.

# Inhaltsverzeichnis


**1 Einleitung** **7**

**2 Situationsanalyse** **9**

**3 Ziele der Arbeit** **13**

**4 Methodik und Arbeitsprogramm** **15**
4.1 digitale Studien . . . . . 16
4.1.1 Rotation . . . . . 16
4.1.2 Variation der Stärke . . . . . 18
4.1.3 Verdrehen mehrerer Lamellen . . . . . 20
4.2 kleiner Prototyp . . . . . 23
4.3 Prototyp mit hoher Komplexität . . . . . 36
4.4 Prototyp in 1zu1 . . . . . 62
4.4.1 erste Testrenderings . . . . . 63

**5 Ergebnis/Resultat** **65**
5.1 Kinematik . . . . . 65
5.2 Renderings . . . . . 73
5.3 physische Entwicklung . . . . . 88

**6 Bewertung** **111**

**7 Zusammenfassung und Ausblick** **113**

**8 Verzeichnisse** **115**
8.1 Abbildungen . . . . . 115
8.2 Texte . . . . . 117
8.3 Zeichnungen . . . . . 117

**9 Kurzlebenslauf** **119**

# Einleitung

Die Erfahrungen bei der experimentellen Arbeit an einem 6-achsigen Hand-Roboter weckten mein Interesse für den Einsatz von Robotern um Bewegung in Architektur zu bringen. Allmählich bin ich zur Schlussfolgerung gekommen, dass bereits minimale Bewegung einen großen Effekt bringen kann. Um diesen Effekt zu inszenieren ist nicht nur die Mechanik an sich wichtig, sondern klarerweise auch die Material-Auswahl. Deswegen habe ich mich für transparente Membranen entschieden, die als Schutzhülle gegen Witterung und Einblicke dienen aber das Gebäude nicht vollständig abdecken.

In der vorliegenden Arbeit wollte ich nicht nur erforschen, wie eine organisiertes System von kleinen Bauteilen zu großer Wirkung kommt, sondern auch welche technischen Ressourcen jedes Teil für sich hat und wie man sowohl die Grenzen des Gesamtsystems als auch der Einzelteile ausloten kann.

„I believe, there will be real movement in Architecture.“ [1]

[1] Christoph Müller, „bewegende Architektur“, 2016, www.bewegende-Architektur.com

# Situationsanalyse

Die Situationsanalyse folgt wie der praktische Teil der Diplomarbeit dem Ansatz Learning by doing. Anstelle einer Internetrecherche befragte ich einen Zeitzeugen der Epoche experimenteller Architektur von 1958-1973, Rudolf Kohoutek. Er wurde 1941 geboren, studierte Architektur an der Technischen Hochschule Wien und beschäftigt sich heute als Architekturtheoretiker und-historiker unter anderem mit der Geschichte und Theorie der Avantgarden.

Die vorliegende Diplomarbeit bewegt sich auf dem Feld experimenteller bzw. avantgardistischer Architektur. Neue, aber bereits funktionsfähige Technologien wurden in der Architektur immer zuerst experimentell erprobt. Besonders hervorzuheben ist natürlich das Zeitalter der Industrialisierung. [1]

Derzeit spricht man vom Zeitalter der Digitalisierung. Auch hier hat sich die neue Technologie bereits in vielen Bereichen in der Architektur als Sondergebiet des IdD manifestiert.

„Das Internet der Dinge (IdD) (englisch Internet of Things, Kurzform: IoT) ist ein Sammelbegriff für Technologien einer globalen Infrastruktur der Informationsgesellschaften, die es ermöglicht, physische und virtuelle Gegenstände miteinander zu vernetzen und sie durch Informations- und Kommunikationstechniken zusammenarbeiten zu lassen. [2]

Mit Technologien des „Internets der Dinge“ implementierte Funktionen erlauben die Interaktion zwischen Mensch und hierüber vernetzten beliebigen elektronischen Systemen sowie zwischen den Systemen an sich. Sie können darüber hinaus auch den Menschen bei seinen Tätigkeiten unterstützen. Die immer kleineren eingebetteten Computer sollen Menschen unterstützen, ohne abzulenken oder überhaupt aufzufallen. So werden z. B. miniaturisierte Computer, sogenannte Wearables, mit unterschiedlichen Sensoren direkt in Kleidungsstücke eingearbeitet.“ [3]

[1] Joseph Paxton, „Gusseisen+Flachglas=modulare Präfabrikation“, aus den Jahren 1850-51
[2] wikipedia „Internet der Dinge“, Absatz 1, Zugriff am 18.03.2019
[3] wikipedia „Internet der Dinge“, Absatz 3, Zugriff am 18.03.2019

Ein ähnliches Phänomen zeigte sich vor etwa 50 Jahren mit dem Beginn des Kunststoffzeitalters. Die vorliegende Arbeit ist so zu sagen eine Kombination von Themen dieser drei Zeitalter: Präfabrikation, Kunststofffolien und Digitalisierung.

Neben der rein technischen Funktionsfähigkeit ist in der Architektur aber auch die Positionierung des von Avantgardisten getragenen Experiments wesentlich für Erfolg oder Misserfolg. Es erhebt sich damit die Frage, ob es nicht sinnvoll wäre, zunächst „Kunst“ im Sinne von zweckfreier, aber nicht zweckloser Gestaltung in den Vordergrund zu stellen und damit auch der Devise „Form Follows Fun“ eine Chance zu geben.

Zur Beleuchtung dieser Frage konnte Rudolf Kohoutek, ein Zeitzeuge des „Austrian Phenomenon“ der Experimentellen Architektur der 60er- und 70er-Jahre in Österreich für ein Interview gewonnen werden.

Die wesentlichsten Aussagen dieses Interviews wurden von Rudolf Kohoutek freundlicherweise auch schriftlich zusammengefasst.

„Man kann zur experimentellen Architektur der 1960er Jahre und ihren Ausläufern / Auswirkungen folgende These aufstellen:

Die Kritik an der gängigen Architektur (einschließlich der Kritik an der „Moderne“ in der Architektur von 1900 bis 1960) und innovative Ansätze verbanden in den 1960er Jahren zunächst unterschiedliche / getrennte Motive:

1. Utopisches Denken und der Impetus zur unmittelbaren Realisierung bzw. Anwendung (spielerische und nicht-ökonomische Einsätze);
2. „Revolution des Habitus“
   (Jugendkultur, Protestbewegungen, neue Körperlichkeit, neue Erlebnis- und Verhaltensweisen, Befreiung von normierten Verhaltensweisen);
3. Technologische Innovationen im Bereich von Materialien und Konstruktionen (hochwertige Metalle, Kunststoffe, Glas etc.) und Fertigungstechniken.

„Experimentell“ waren diese Konstruktionen auch insofern, als die mathematischen, physikalischen und chemischen Modelle und Zusammenhänge noch nicht rechnerisch darstellbar waren.

Die Kopplung von

1. sozialen, kulturellen Visionen (Inhalten und neuen Verhaltensformen) mit
2. neuen Technologien kann auch unter der Kategorie der „sozio-technischen Assemblagen“ gefasst werden.

Mit dieser sog. „experimentellen Architektur“ wurde ein neues Feld eröffnet, in dem die Kategorien von Bedarf, Nützlichkeit, „Anwendung“ etc. eine Verbindung mit utopischen und neuen ästhetischen Dimensionen eingingen.

Die gesellschaftskritischen Aspekte und die ästhetisch-utopischen Potentiale waren – und sind – in der „experimentellen Architektur“ zunächst gleichrangig.

Der Einsatz neuer Materialien und Technologien für kritische, spielerische, experimentelle Anwendungen war zugleich eine direkte und indirekte Kritik an der Vereinnahmung der Technik durch militärische Perspektiven.

Direkt und indirekt waren die ersten Ausprägungen des „Experimentellen“ in Räumen und Geräten auch mit Drogen, Erotik, Musik und den Anfängen des „Performativen“ verbunden (Happenings, „Aktionen“, Installationen), die in der weiteren Kunstentwicklung bis heute eine zentrale Rolle spielen.

Zahlreiche weitere Einflüsse waren Weltraumfahrt (Kapseln, „Schweben“) u.a. Die experimentelle Architektur beinhaltete auch die Vision einer Versöhnung

1. von (angewandter) Psychologie, Soziologie, Politik
2. und Technologie.

Man muss auch den Einfluss der Medien einbeziehen: Die Druckverfahren wurden billiger, allen voran der Offset-Druck. Es entstanden neue Zeitschriften mit einer Dominanz von BILDERN, vorwiegend in Farbdruck. Die rasche und weltweite Kommunikation von Bildern der neuen Jugendkultur (Rock, Pop, Mode, aber auch Kunst und Architektur) in populären Zeitschriften beschleunigte die „experimentellen“ Tendenzen. (Lifestyle-Zeitschriften etc.). Die Transparenz / Durchsichtigkeit als Eigenwert in der Pop-Kultur etc. Das „Experimentelle“ als Eigenwert: Das ist eine Überschreitung der Zweck-Betonung von Technologien.

Anmerkungen zu einzelnen Aspekte (ungeordnet / nicht redigiert) Das Thema sind experimentelle, temporäre, improvisierte Konstruktionen und Bauweisen. Die verschiedenen Begriffe überschneiden sich:

1. „experimentell“
2. „improvisiert“
3. „temporär“
4. „visionär“
5. „utopisch“
6. „provisorisch“

Traditionell wurde – zumindest bin in die 1960er Jahre – „Architektur“ vom (bloßen) „Bauen“ abgegrenzt. Man hätte bis in die 1960er Jahre ein aufblasbares „Gebilde“, eine „Box“ etc. nicht als „Architektur“ bezeichnet. Die sogenannte „experimentelle Architektur“ ist selbst ein jüngeres Konzept. Man könnte auch sagen, dass seit der „Urzeit“ alle baulichen Behelfe und nützlichen Konstruktionen „experimentell“ waren: d.h. ein ständiges Probieren. Es geht bei allem technischen Konstrukten immer einerseits um das „Produkt“ bzw. die „Wirkung“, andererseits um die „Werkzeuge“ zur Herstellung des „Produkts“.“ [4]

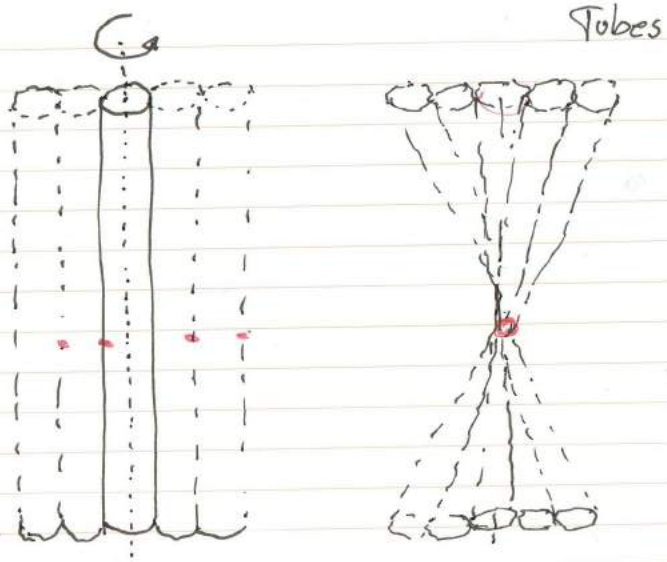
[4] Interview mit Rudolf Kohoutek, „Kunst und Architekturavantgarde, Experimentelle Architektur vor 50 Jahren und heute“, geführt von Anel Bucan, Wien, 13.03.2019

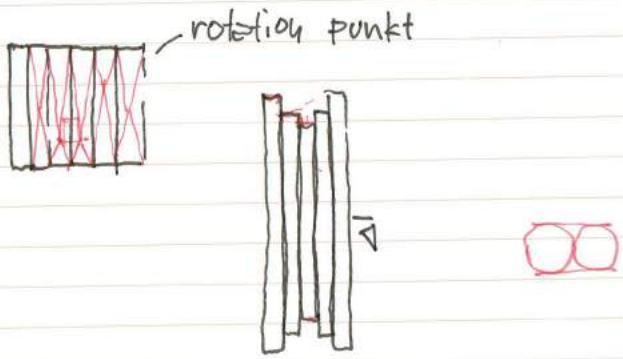
# Ziele der Arbeit

Der Weg zum Ziel der Arbeit war geprägt von "learning by doing". Vor allem ging es darum, das Gefühl für das Verhältnis zwischen „analoger und digitaler Welt“ zu verfeinern und aus beiden Welten die richtigen Erkenntnisse bzw. Kenntnisse neu zu kombinieren, um letztlich bestehende Grenzen überschreiten zu können.

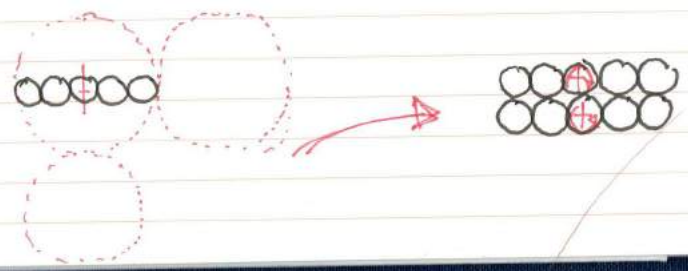
Durch die kontrollierte Bewegung von Bauelementen wird ein Raum inszeniert, der zugleich als Kommunikationsebene zwischen dem Bauelement selbst und dem Betrachter funktioniert.

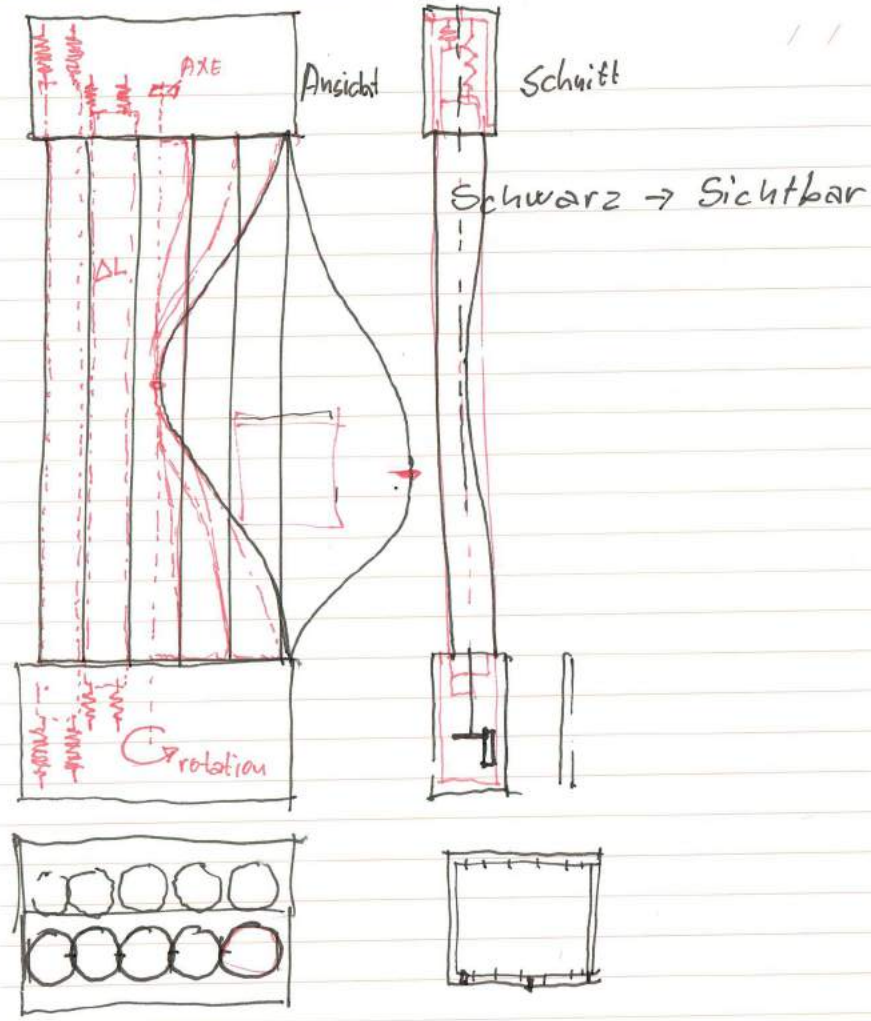
Ziel der Arbeit ist es, neue künstlerische, technische und damit architektonische Qualitäten zu erzeugen. Mit Hilfe einer selbst entwickelten nutzerfreundlichen App kann der Betrachter so zu sagen die Rolle des initialisierenden „Zünders“ übernehmen, der die Lamellenbauteile in die programmierte Bewegung versetzt.




Grundriss






Anregung

# Methodik und Arbeitsprogramm

Begonnen wurde mit Handskizzen, die schon grundlegende Konstruktionsprinzipien zeigen. Danach wurde an digitalen Modellen weiter gearbeitet, um das Projekt zu entwickeln und zu simulieren. Insgesamt wurden drei physische Prototypen gebaut. Diese drei Prototypen steigern sich in ihrer Komplexität. Zudem zeigen die Prototypen unterschiedliche Möglichkeiten von Steuerungen auf. Der Prototyp 1 ist ein physisches Abbild des digitalen Modells in Echtzeit, der Prototyp 2 fährt vordefinierte Positionen ab, der Prototyp 3 reagiert direkt auf die Menschen, die mit ihm interagieren.

Eine erste Überlegung, wie die Lamellen beweglich gemacht werden können. Wie stark verformt sich die Lamelle? Wie stark ist der Einfluss über die gesamte Länge?

Abb.4.0.0-1 erste Skizze

## 4.1 digitale Studien

### 4.1.1 Rotation

Verändern des Innen- und Aussenbezug durch Rotation der Lamellen.

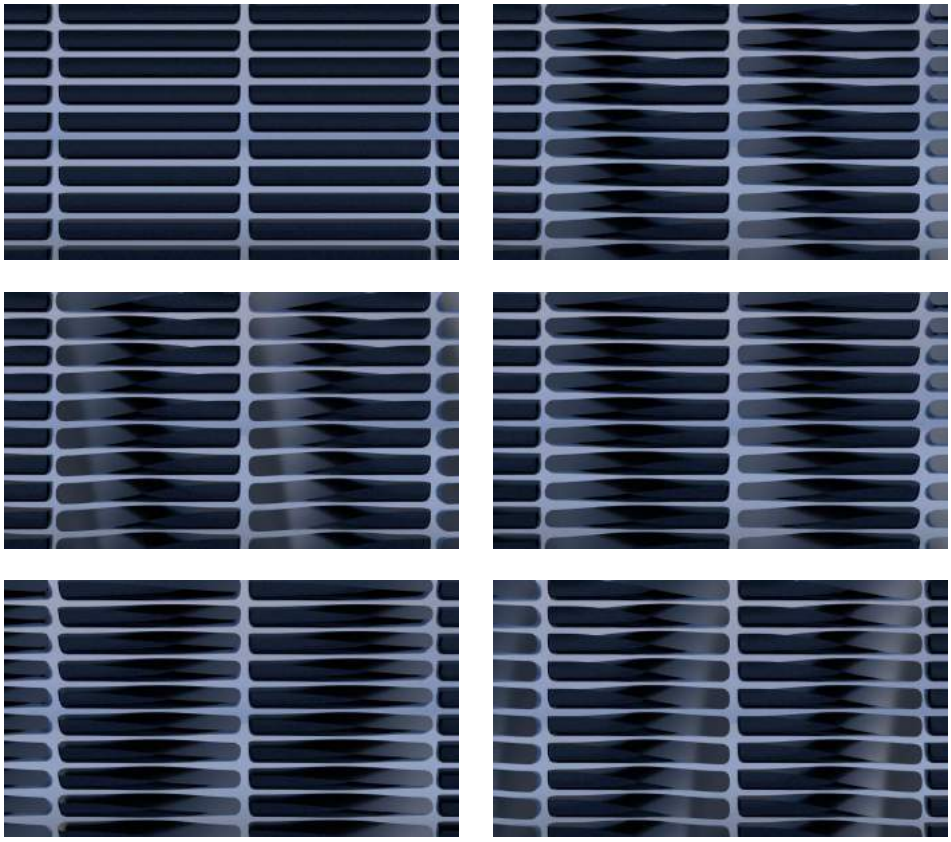


Abb.4.1.1-1 digitale Simulation von rotierenden Lamellen

### 4.1.2 Variation der Stärke

Verändern des Innen- und Außenbezugs durch Variation der Stärke

Abb.4.1.2-1 digitale Simulation von Lamellen mit unterschiedlicher Dicke

### 4.1.3 Verdrehen mehrerer Lamellen

Verändern des Innen- und Aussenbezug durch Verdrehen von mehreren Lamellen.

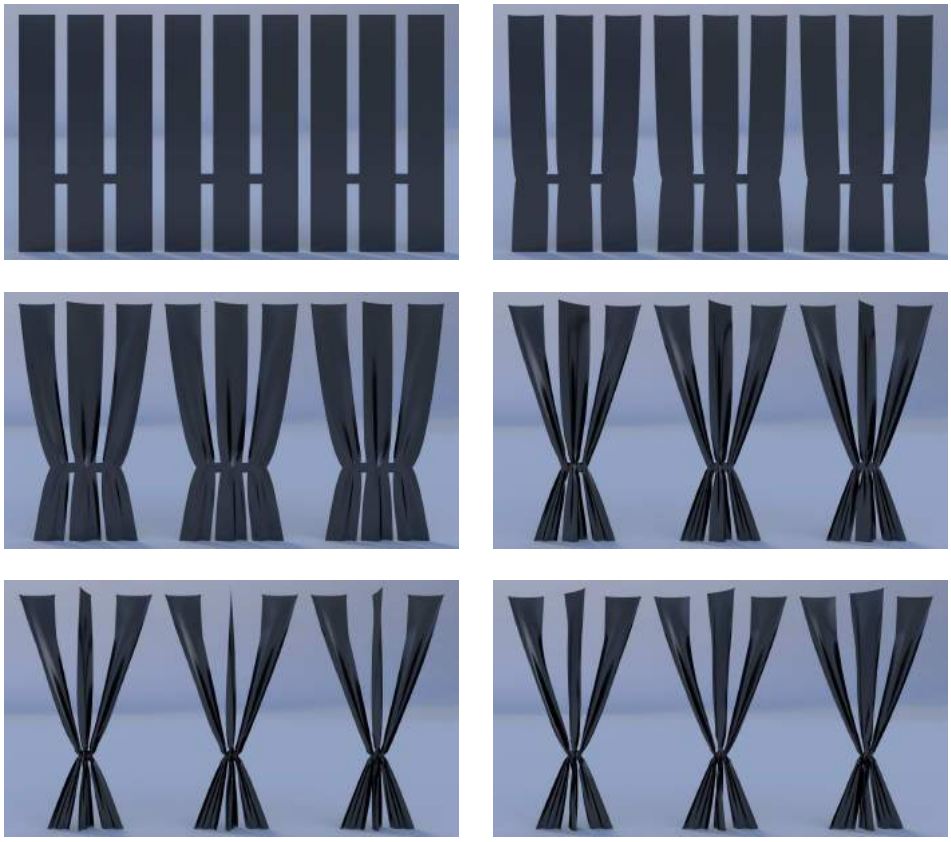


Abb.4.1.3-1 digitale Simulation von ineinander verdrehten Lamellen

## 4.2 kleiner Prototyp

Prototyp 1 ist ein physisches Abbild des digitalen Modells in Echtzeit. Prototyp mit drei Lamellen, gedreht von sechs Servomotoren. Die Motoren können sich um 170 Grad drehen.

Ziel des Prototyps "1" war, die Grundlagen für den Bau in größerem Maßstab zu schaffen. Er besteht aus 2 Säulen auf jeweils 3 Befestigungspunkten für die Lamelle. Jede Lamelle wurde auf 2 Servomotoren seitlich befestigt, die die computergesteuerte Drehung der Lamelle ermöglichen.

Eine große Herausforderung war, die gelenkige Verbindungen zu schaffen und in diesem Maßstab eine präzise Achse zu ermöglichen. Dies wurde durch eine Säulenstruktur aus 2 Plexiglassscheiben geschafft. 7.5mm Abstandsbolzen steifen das Modell aus. Da die Gelenke mit Zahnrädern befestigt sind, werden die Längsrichtungen variabel. Das hat eine große Auswirkung auf das Lamellendesign. Beim ersten Prototyp sind die Lamellen bereits aus PVC-Folie angefertigt, um eine gewisse Elastizität zu erreichen. Damit werden sie Verformungskräfte infolge Drehung und Faltung kompensiert. Wären die Lamellen in der rein geometrisch erforderlichen Länge angefertigt, hätte das zu optischen Nachteilen geführt, da sie im nicht aufgeblasenen Zustand durchhängen würden. Um diese Wirkung zu auszuloten und schließlich zu verhindern, wurden verschiedene Prototyp-Varianten der Lamellen gebaut. Der Entwicklungsprozess ist auf der Bilderserie zu erkennen. Das Enddesign ist aus 1mm dickem Plexiglas, das durch eine Textur geschwächt ist um die erforderliche Biegung zu ermöglichen.

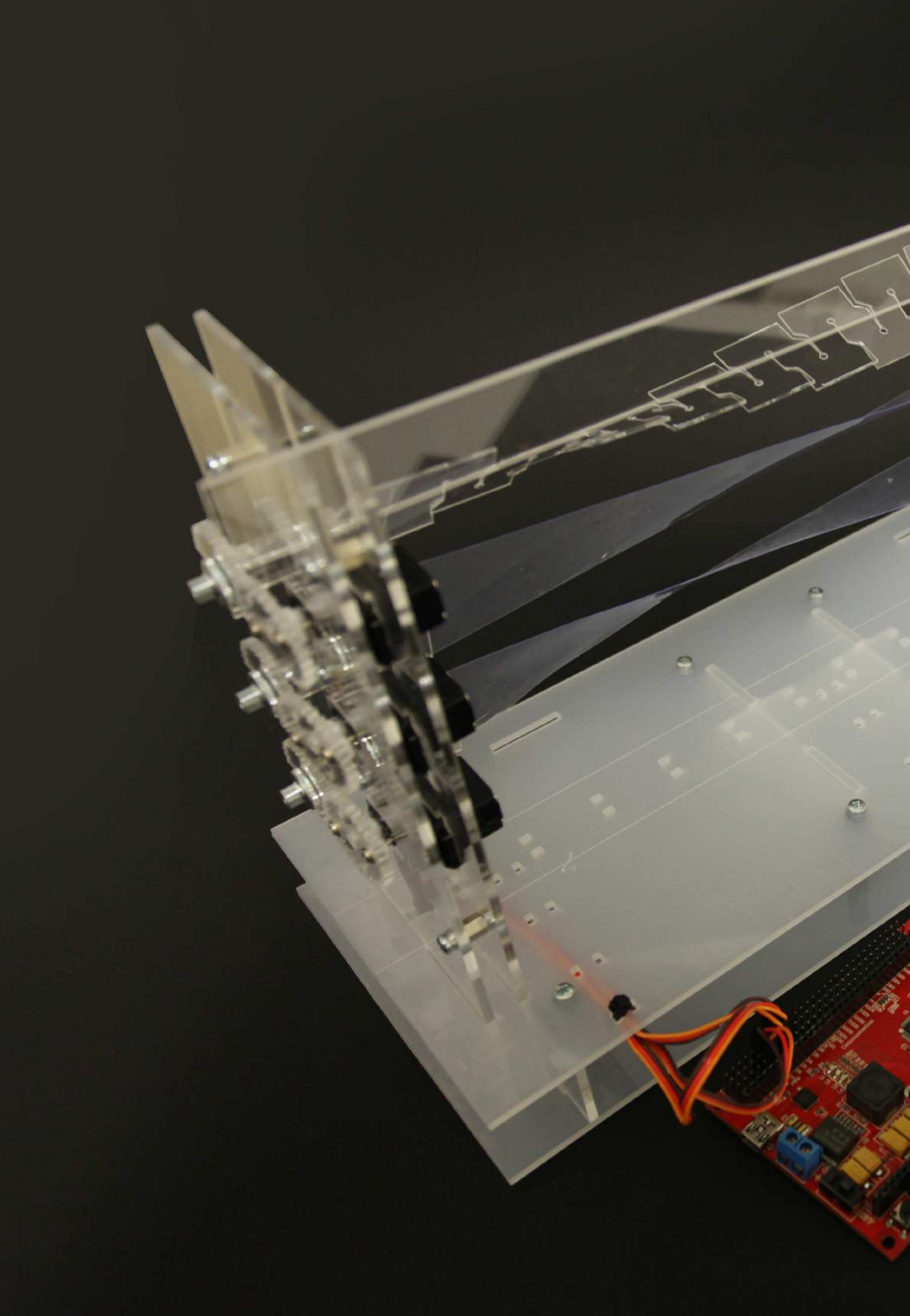
Abb.4.2.0-1 Doppelseite: Prototype 1

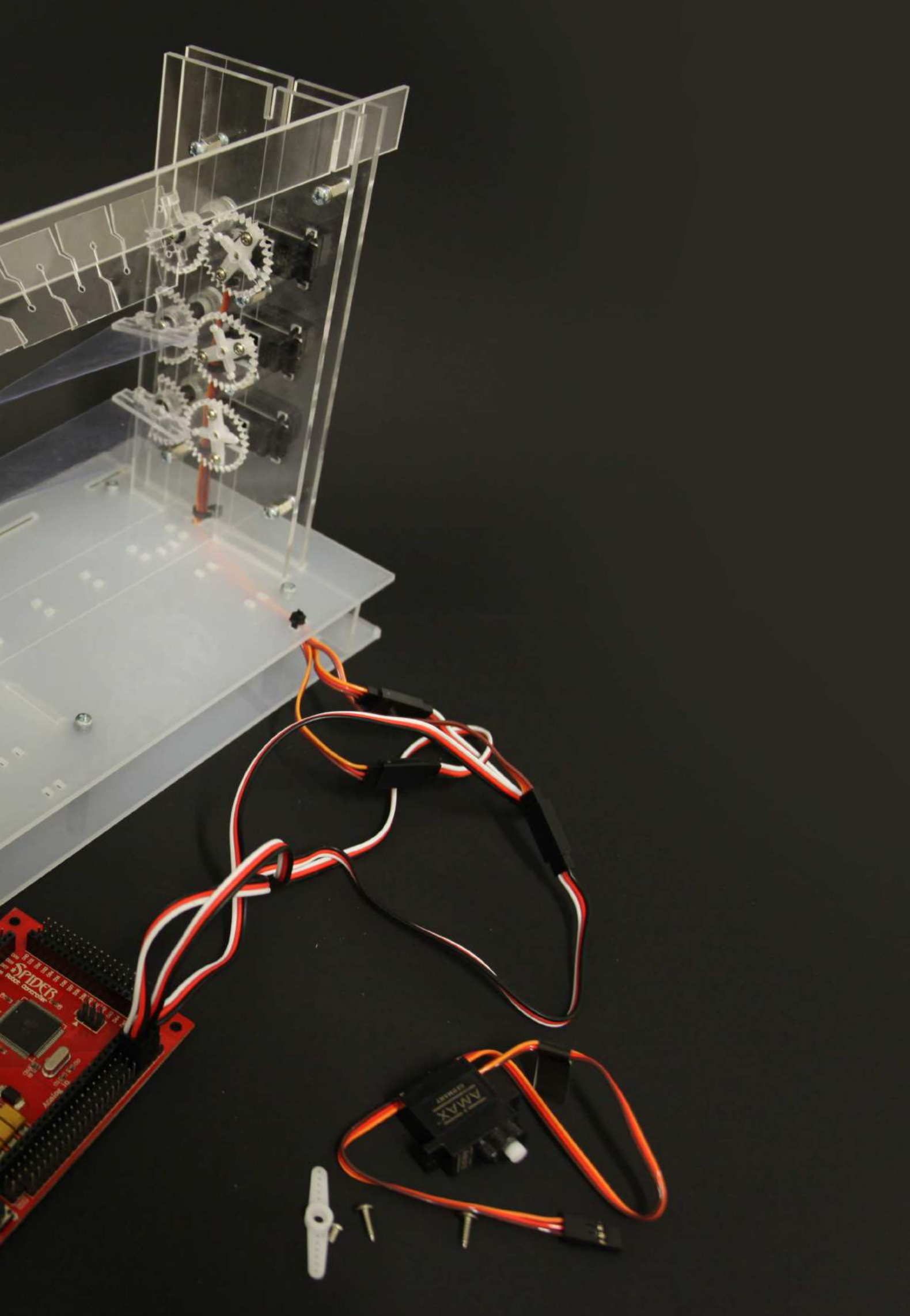
Abb.4.2.0-2 Einzelseite links: Prototype 1 mit Steuerung

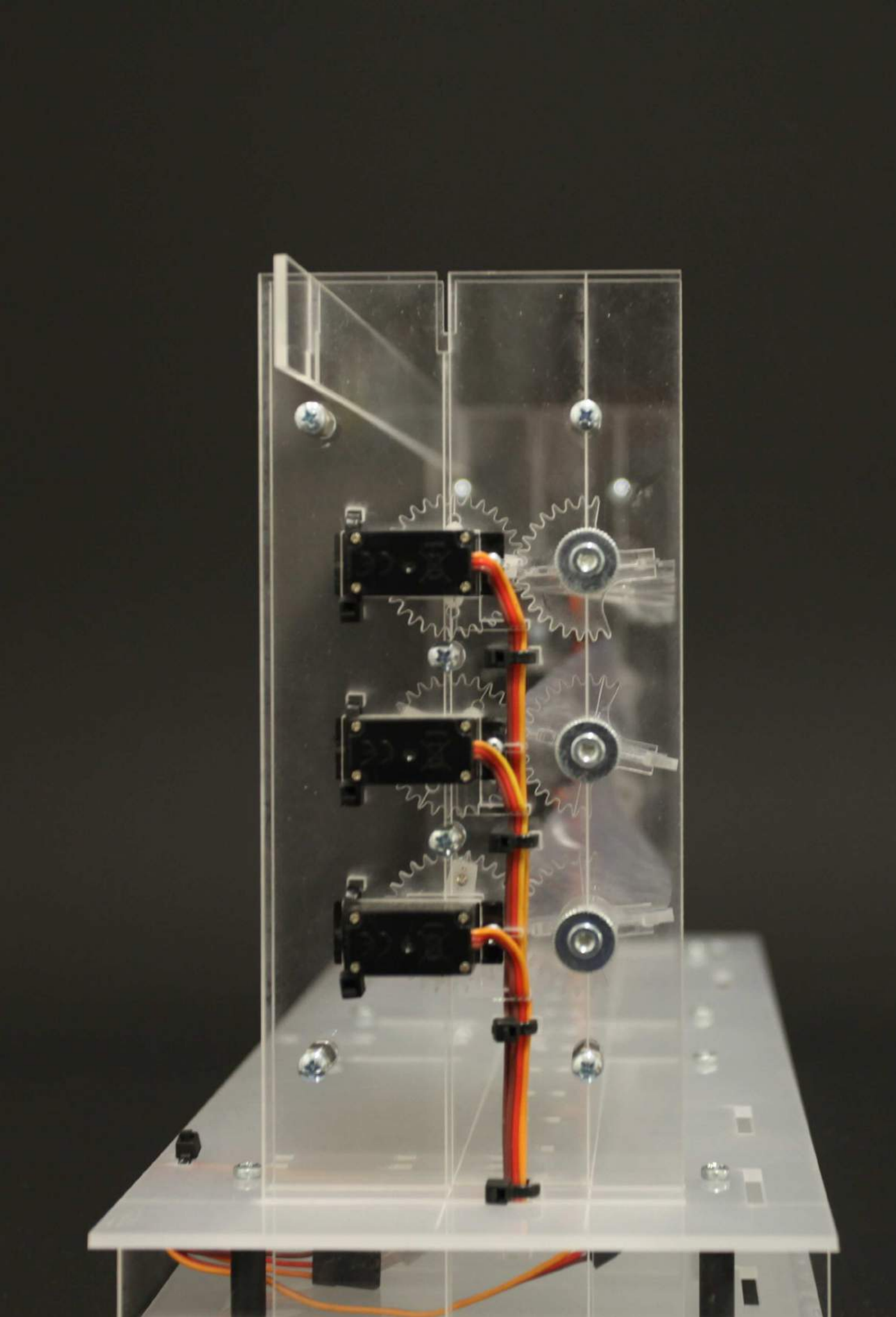
Abb.4.2.0-3 Einzelseite rechts: Prototype 1 mit Steuerung

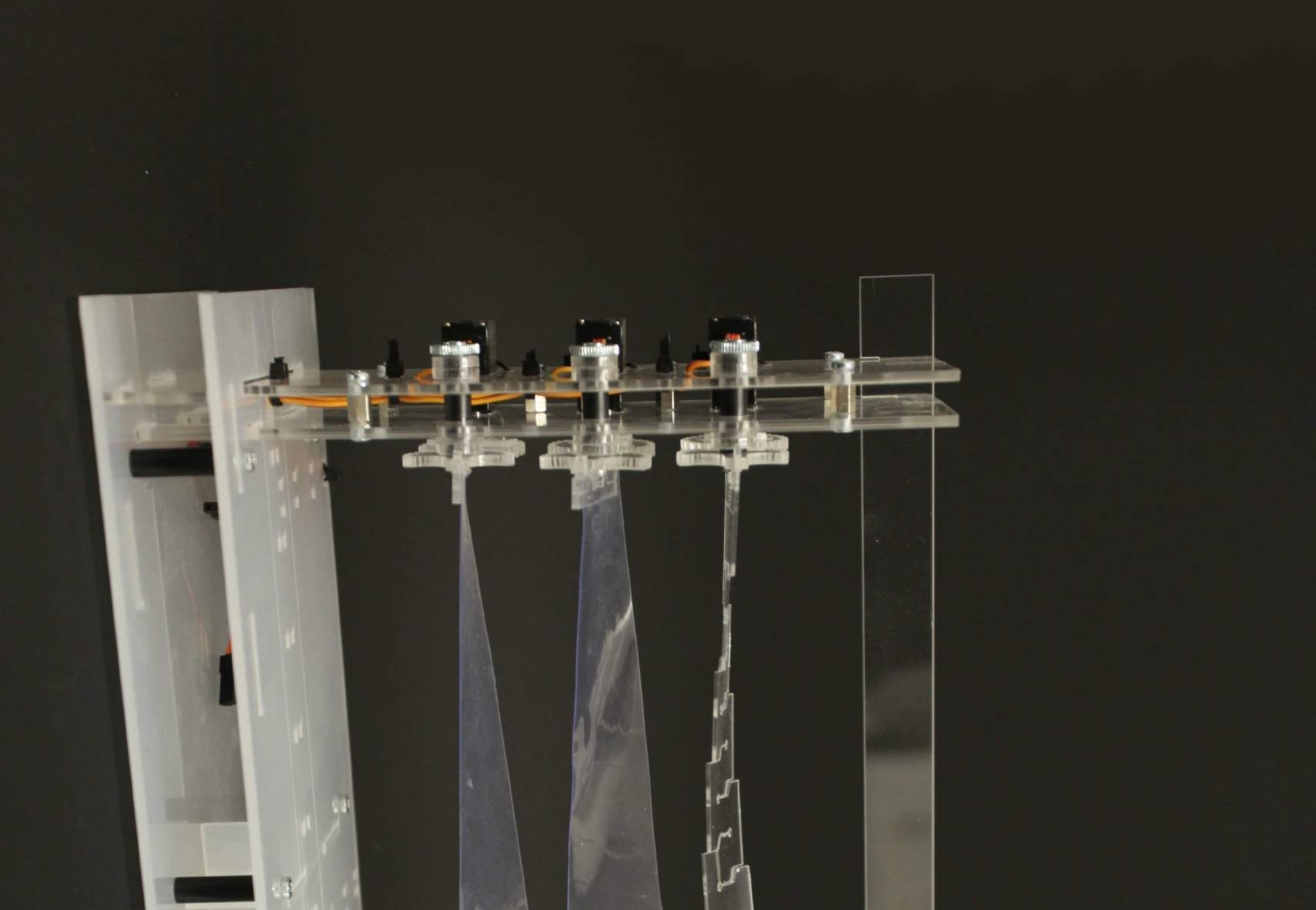
Abb.4.2.0-4 Doppelseite: Prototype 1

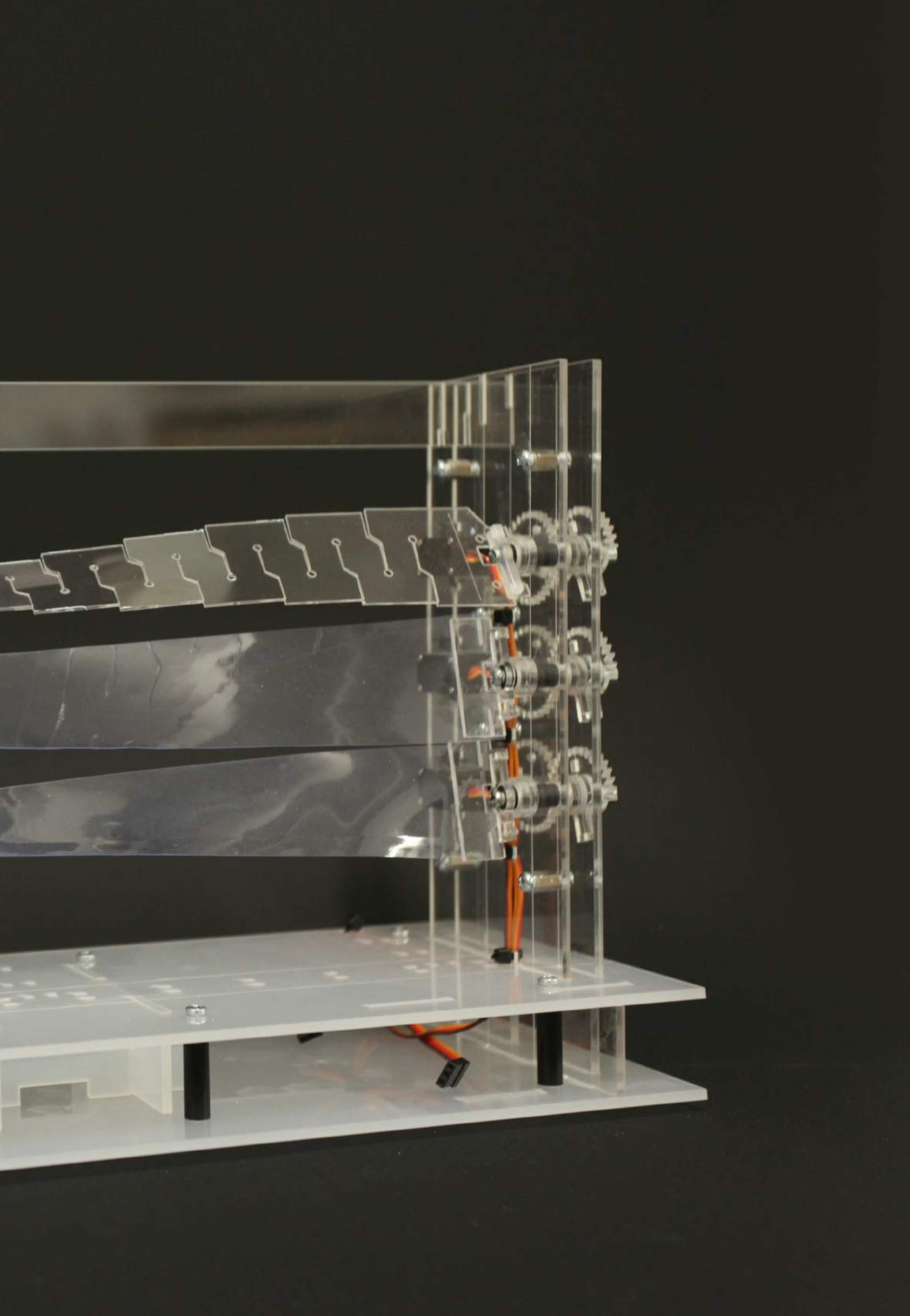
Abb.4.2.0-5 Doppelseite: Prototype 1




SPIDER
AMAX







Im Ablauf der Entwicklung der beweglichen Teile musste nicht nur auf Präzision und richtige Materialauswahl geachtet werden, sondern auch auf Flexibilität hinsichtlich der Austauschbarkeit und Kontrolle der Teile.

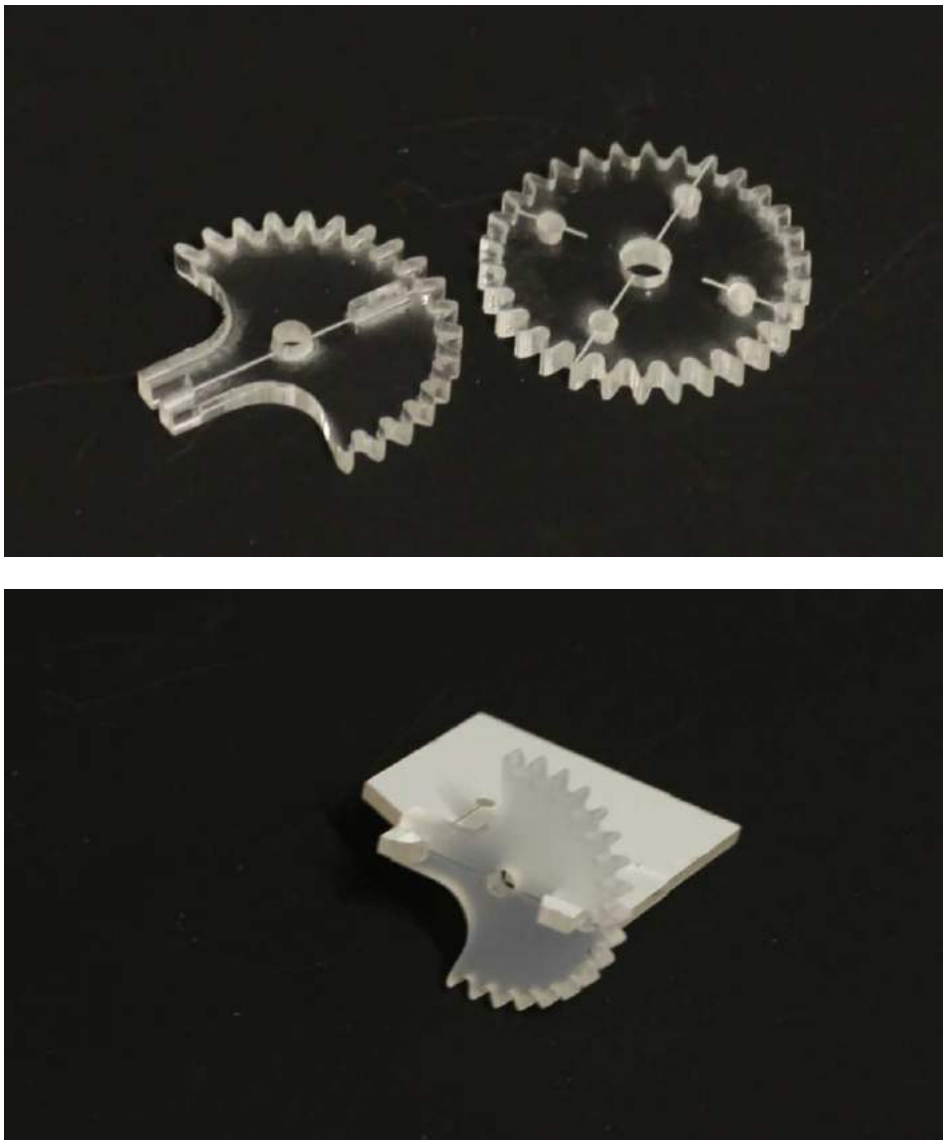


Abb.4.2.0-6 Gelaserte Zahnräder aus 3 mm Plexiglas

Nach mehreren Versuchen im Model 1.0 wurde entschieden, die Achse zwischen den zwei Rädern um 0.4 mm zu verkleinern. Dadurch verliert man beim Lasern pro Bauteil 0.25mm. Der Schneidestrahl ist mit einer Linse fokussiert, dadurch macht der Laserstrahl im Material einen leicht schrägen Schnitt, was zu betrachten ist.

Doppelseite: Gelaserte Lamellen PlexiglasAnel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Entwicklung Lamelle 1, Gelaserte Lamellen aus 3 mm Plexiglas

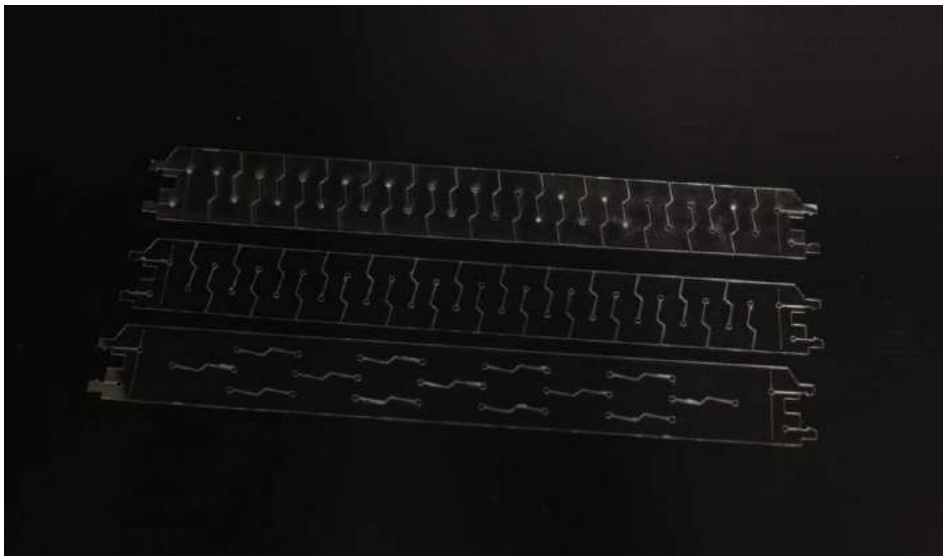


Abb.4.2.0-7 Gelaserte Lamellen Plexiglas

## 4.3 Prototyp mit hoher Komplexität

Hardware der für Prototyping genutzt war, von links nach recht:

1. Spider Controller with ATmega 2560 - steuert bis zu 48 Servo Motoren
2. Servo Motor 9g, 4,8-6 V, hebe kraft bis 1.6 kg/cm
3. Luftpumpe Kapazität, 230 V, 400 l/h
4. Vakum/Luft Pumpe, 12V
5. Elektromagnetventil für Ludt, 12V
6. DC Motor Treiber, bis zu 5,5-27V ,43A

Abb.4.3.0-1 Hardware Komponenten

1. Drehwinkelgeber, Rotary Encoder 5V, 20 Schritte pro volle Umdrehung
2. Arduino™ DUE Board mit einem 32-Bit-Microcontroller
3. Relay Module, 5V
4. Getriebemotor, 24V, 0.45A, 77 rpm
5. Netzteil, 5V, 150W
6. Neopixel LED Streifen, 5V, jede pixel selber kontrolierbar

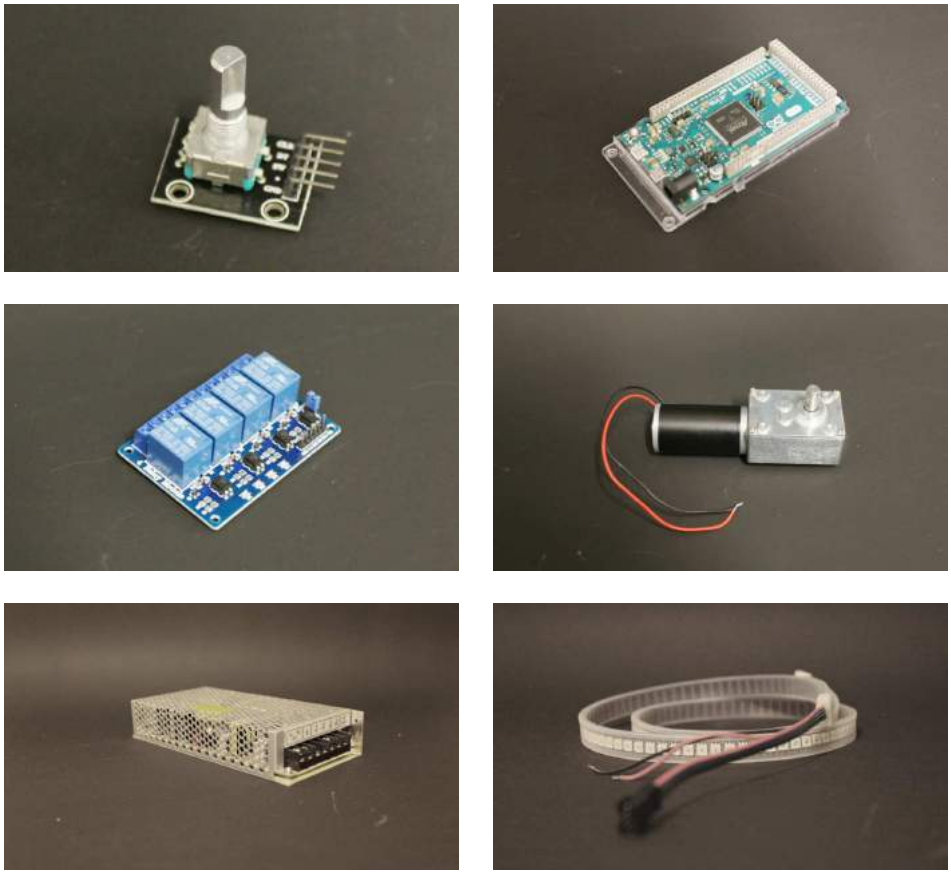


Abb.4.3.0-2 Hardware Komponenten

Prototyp 2 fährt vordefinierte Position ab mit dem Ziel, dass 40 Lamellen in einem Zusammenhang wirken. Diese reagieren auf vordefinierte Angaben im Programm und simulieren die Position der Lamellen im Programm. 40 Lamellen wurden mit 40 Servomotoren mit Hilfe von Spider Controller mit ATmega 2560 gesteuert. Blender Script schafft eine Verbindung zum Spyder Controller und erledigt den Datenaustausch. Um die Bewegungen noch stärker zu inszenieren, sind auf dem Modell auch Leds als Beleuchtung eingebaut. Hier kann jedes Pixel separat angesteuert werden. Die Steuerung wird mit Hilfe einer App kontrolliert. Verbesserung in Bezug zu Prototyp 1: Leichterer Servoaustausch, Platz für Beleuchtung, mehr Platz für Steuerung, Zahnräder und Gelenke.

Abb.4.3.0-3 Doppelseite: Prototype 2, Abstraktes Modellbild

Abb.4.3.0-4 Doppelseite: Prototype 2, Fertig Zusammengebautes Modell

Abb.4.3.0-5 Doppelseite: Prototype 2, Zusammengebautes Modell ohne lichtblende

Abb.4.3.0-6 Doppelseite: Prototype 2, Geöffnetes Modell

Abb.4.3.0-7 Doppelseite: Prototype 2, Steuerung für Licht mit Netzteil

Abb.4.3.0-8 Doppelseite: Prototype 2, Steuerung für 40 Servomotoren

Diese Bildreihe zeigt eine Visualisierung des zweiten Prototypen. In Echtzeit kann die Stellung der Lamellen verändert werden.

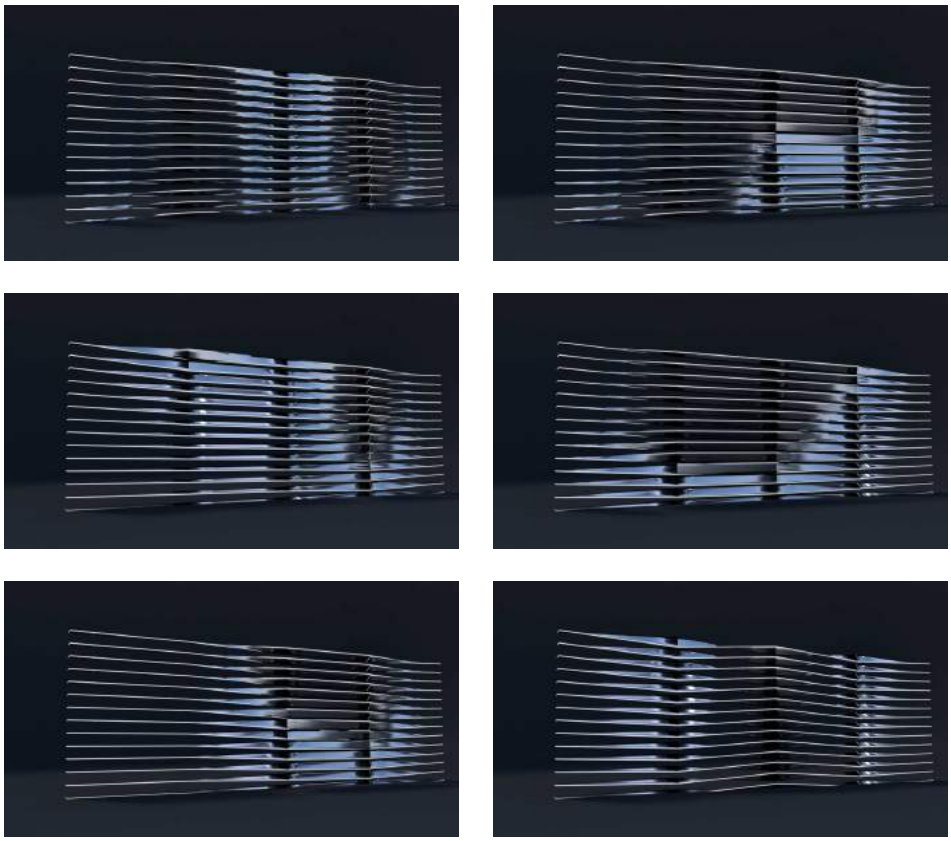
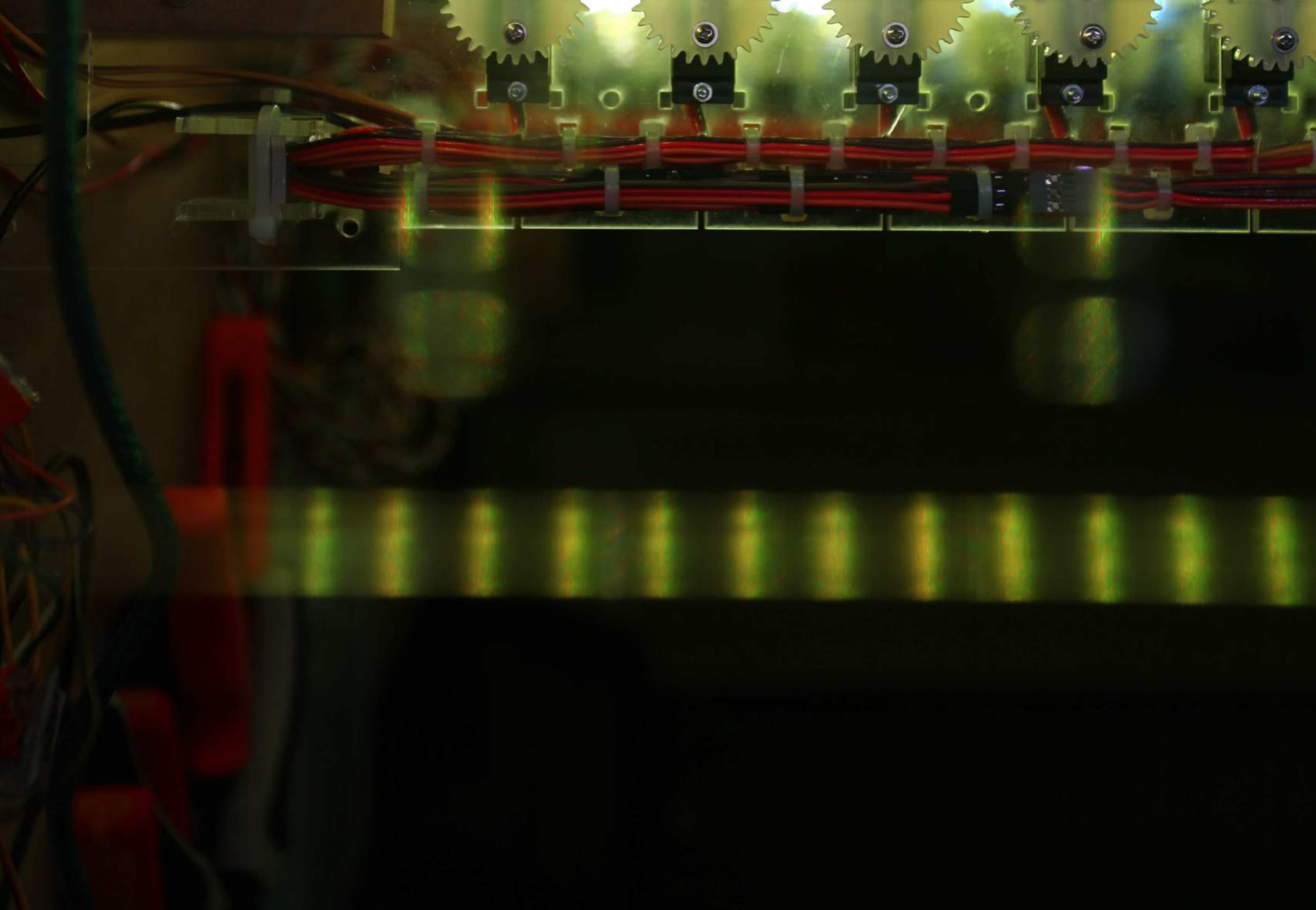
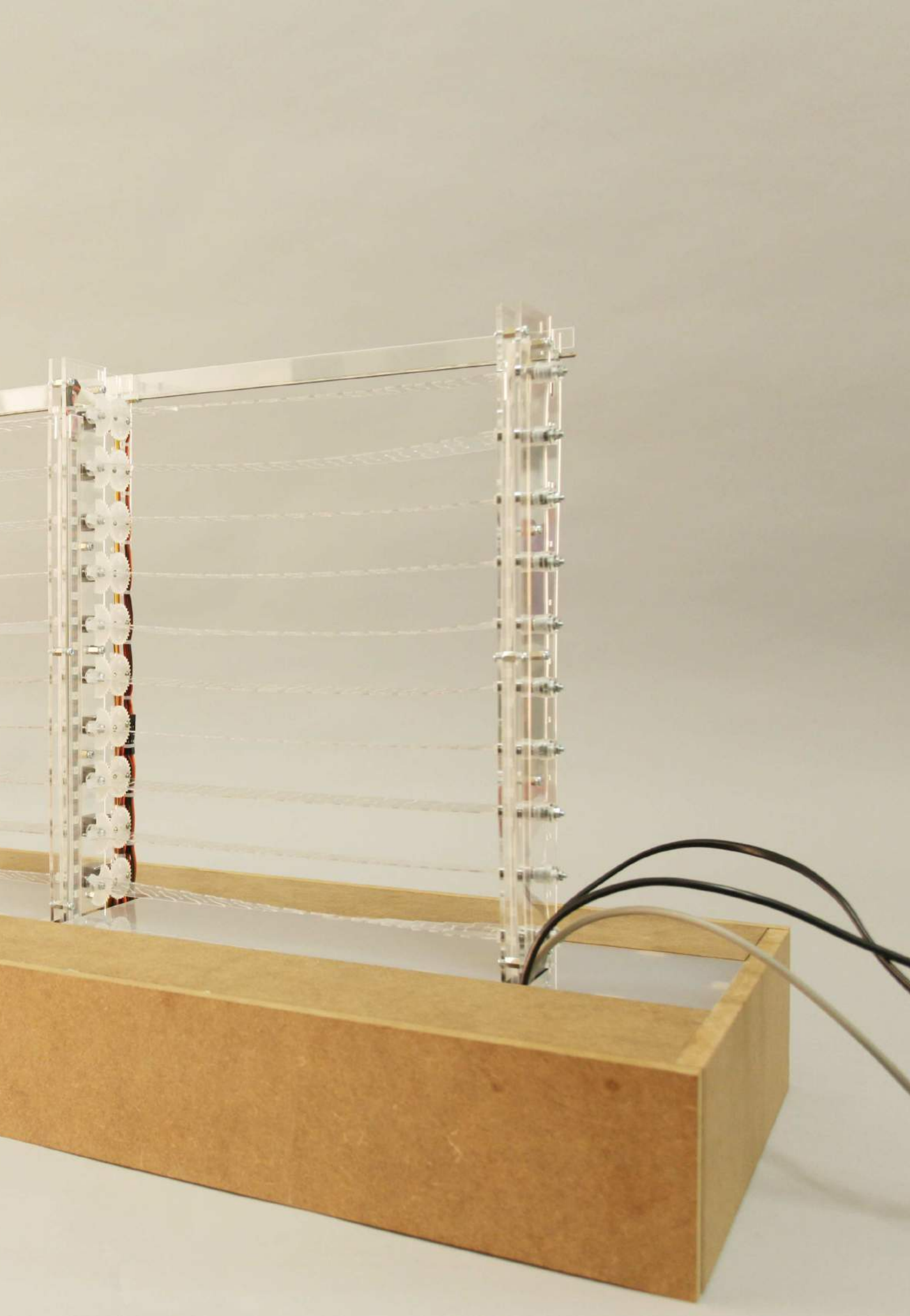
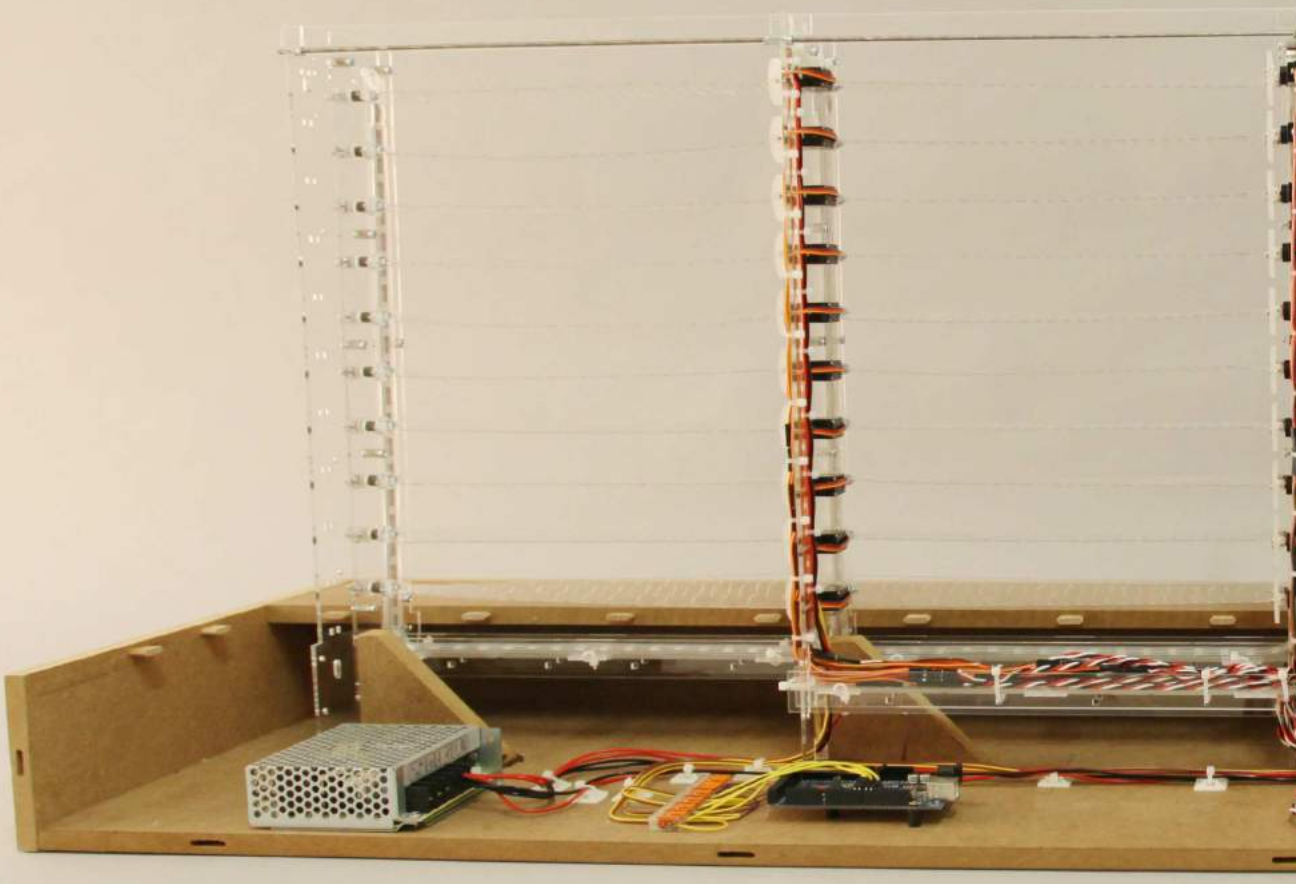
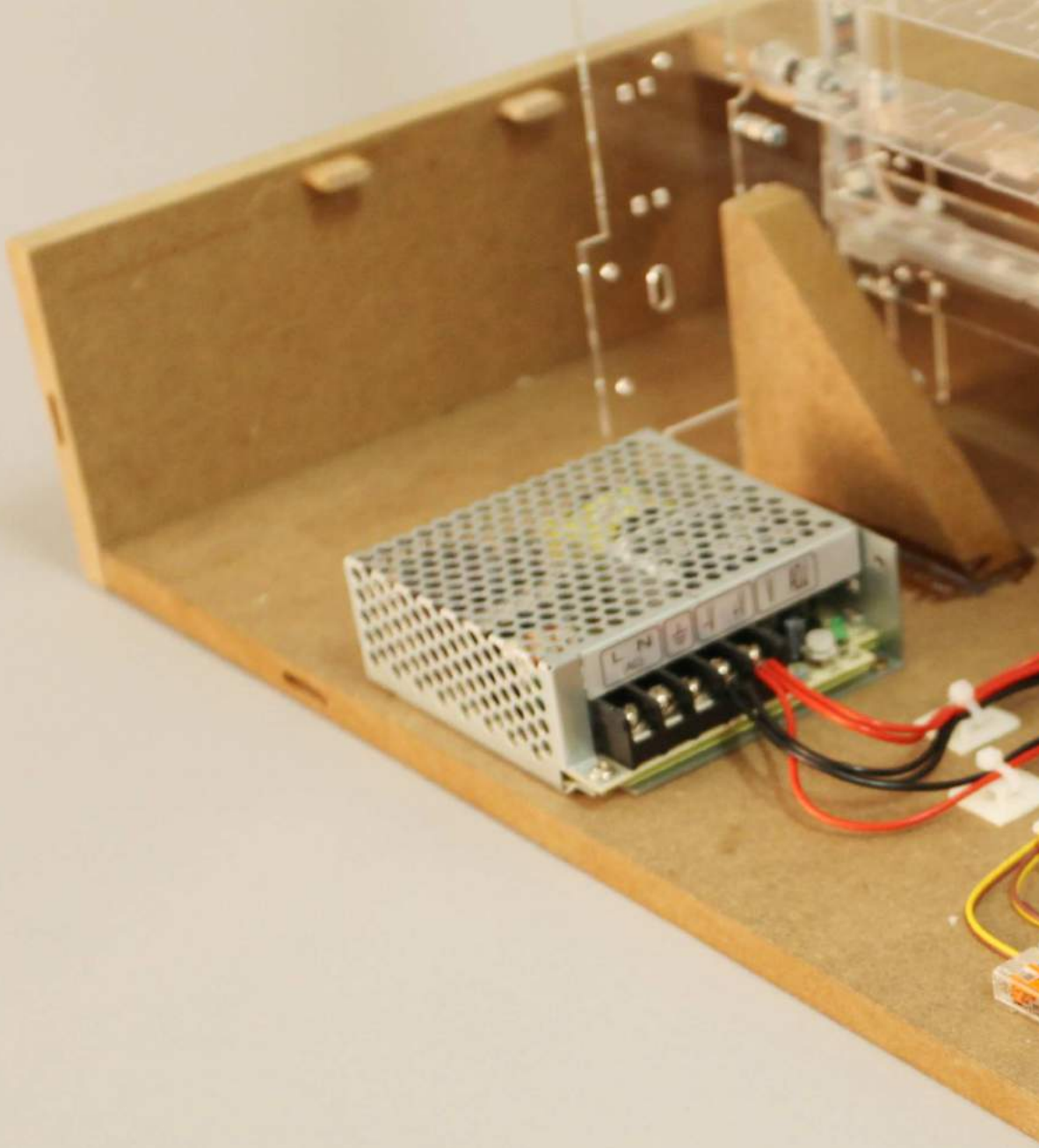


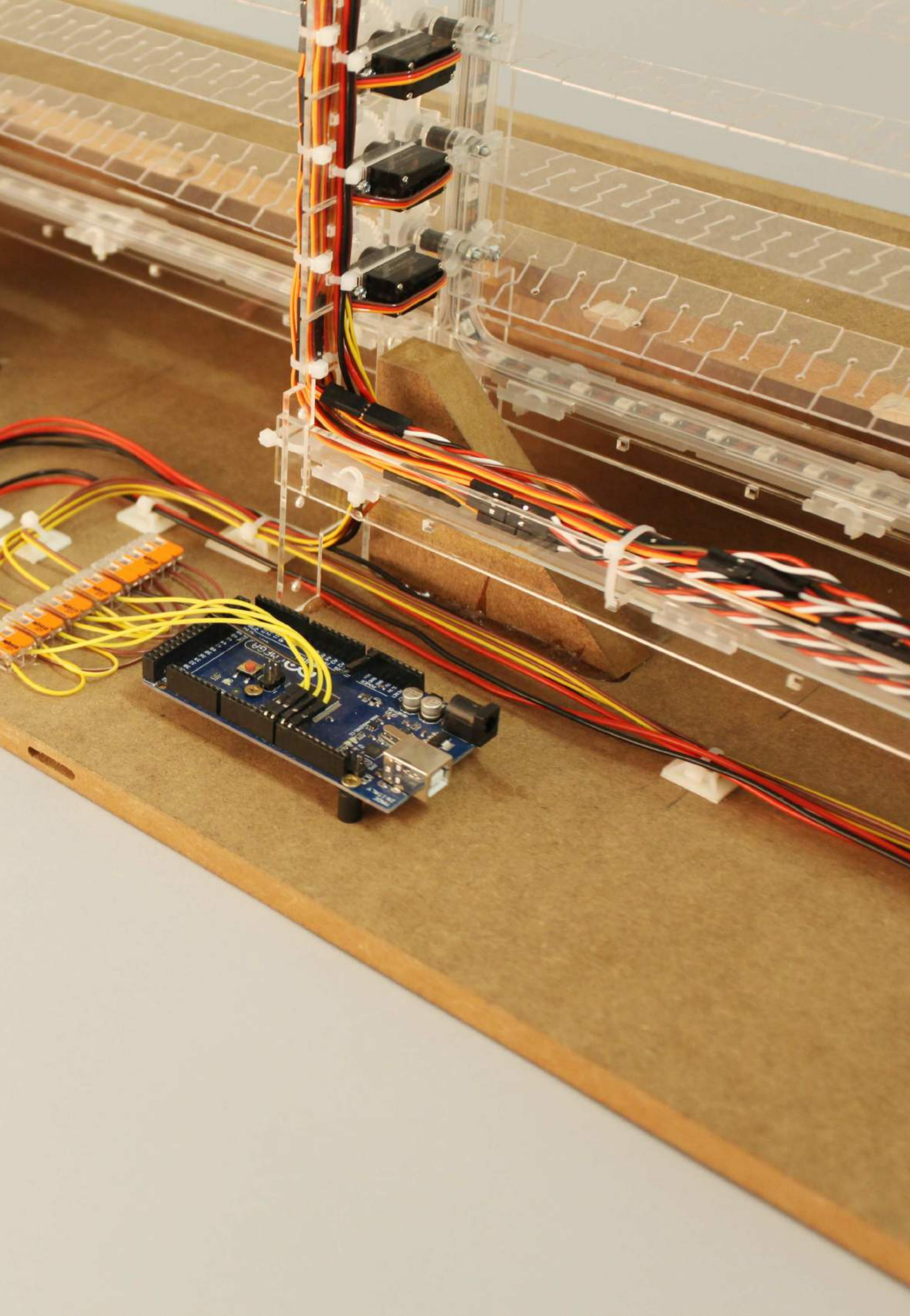
Abb.4.3.0-9 digitale Simulation des zweiten Prototypen

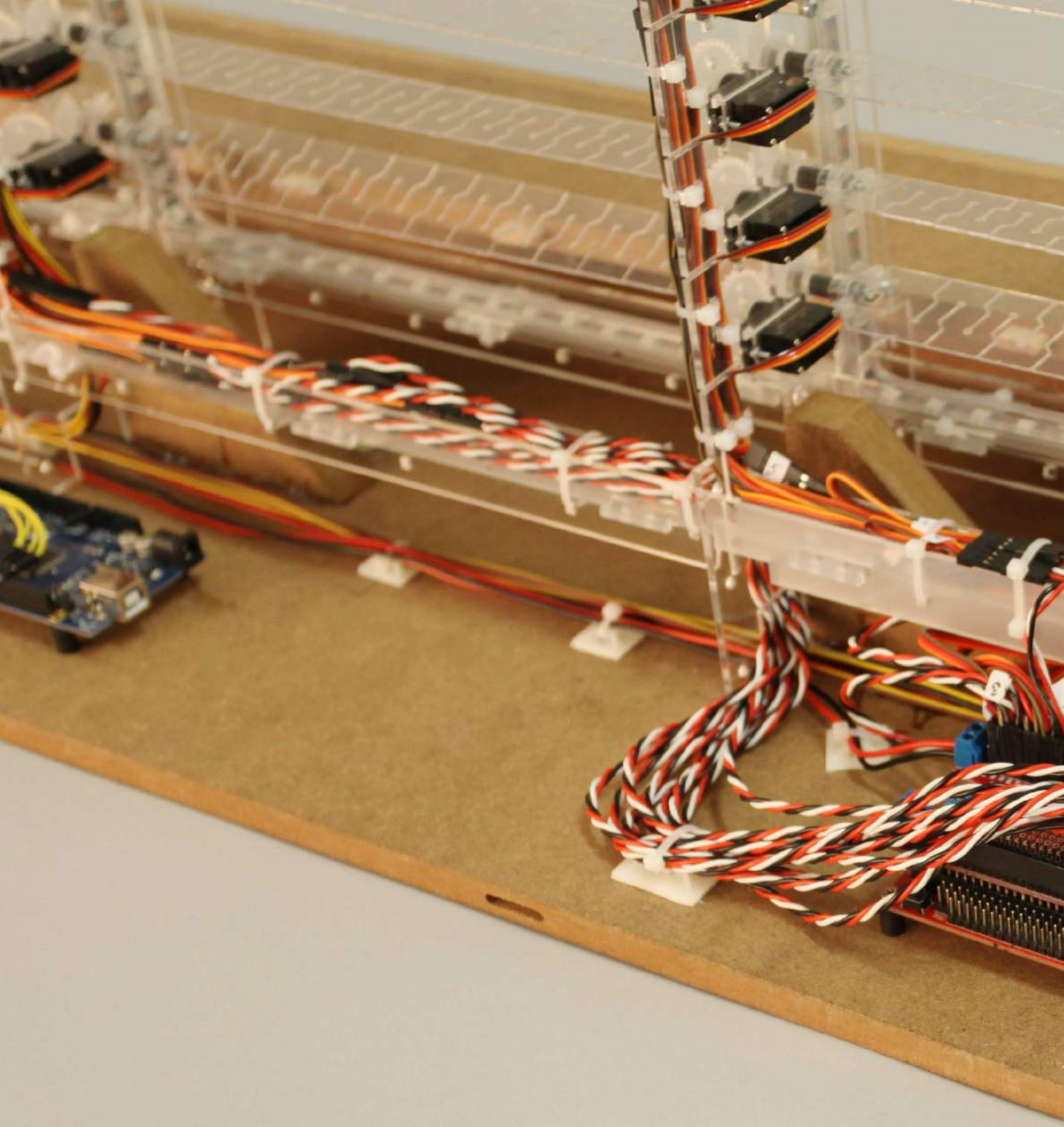


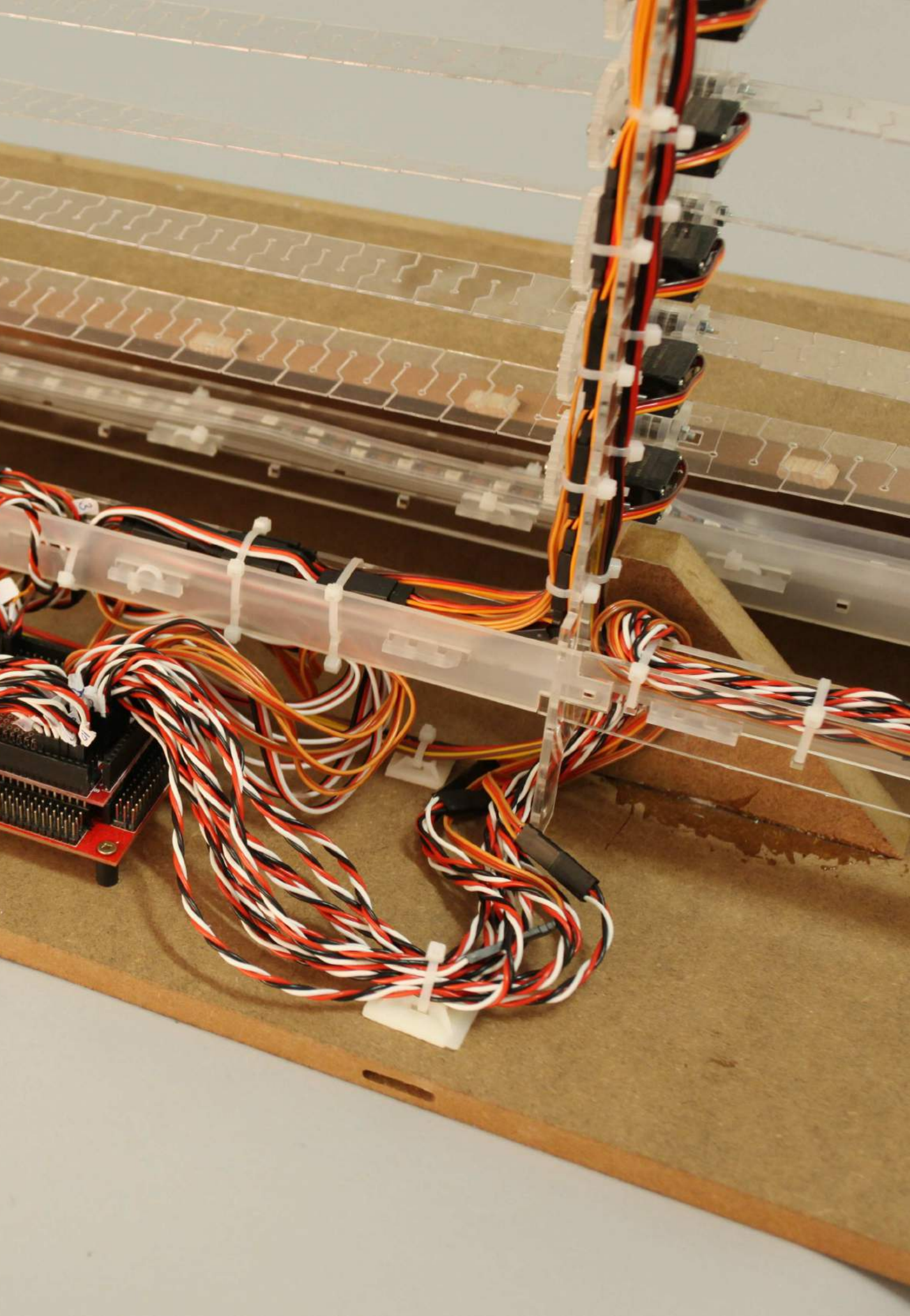












App Kontrolle von Belichtung - Direkte Kommunikation zwischen Programm und Modell. Die App ist so gestaltet, dass man mit einem Farbrad eine RGB-Farbe wählen kann. Dann kann interaktiv auf die Fassade gemalt werden. Subtile Farbverläufe lassen sich ebenso erstellen, wie harte Kanten.

Die App ist so geschrieben, dass man selber den Radius der Einwirkung, wie auch die Farbe in RGB wählen kann. Mit rechtem Klick auf das gezeichnete Modell, kann man kann jeden Pixel individuell einfärben. Der Intensitätsfaktor ist vom Abstand von Kreismitte abhängig. (Mitte 100 Prozent bis zum Kreis Rand 0 Prozent.) Mit Überlappung von Farben, bekommt man einen Übergang zwischen der alten und der neu gewählten Farbe. Es gibt die Möglichkeit, die Farben mit Skripten zu kontrollieren, die eine High-Tech-Fassade erzeugen würden.

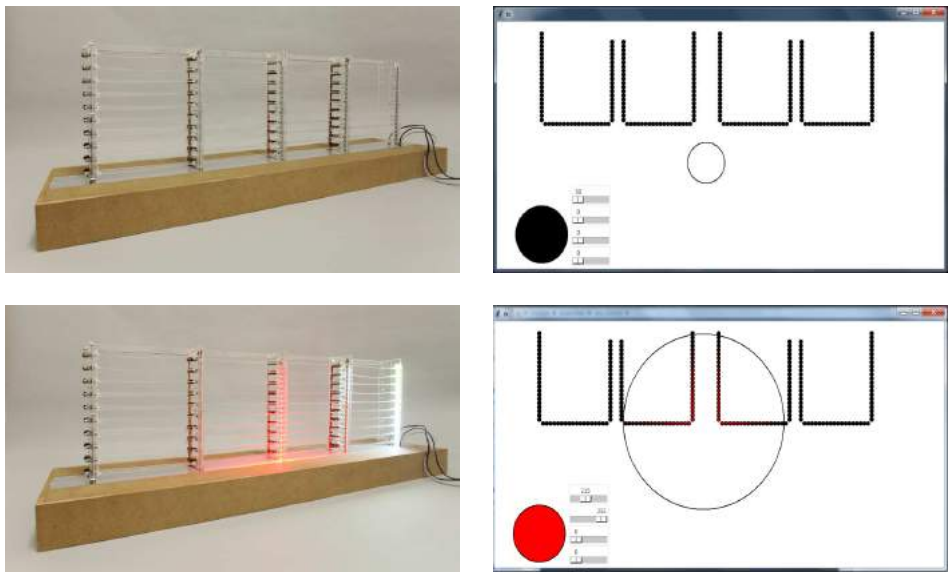


Abb.4.3.0-10 App Kontrolle von Beleuchtung

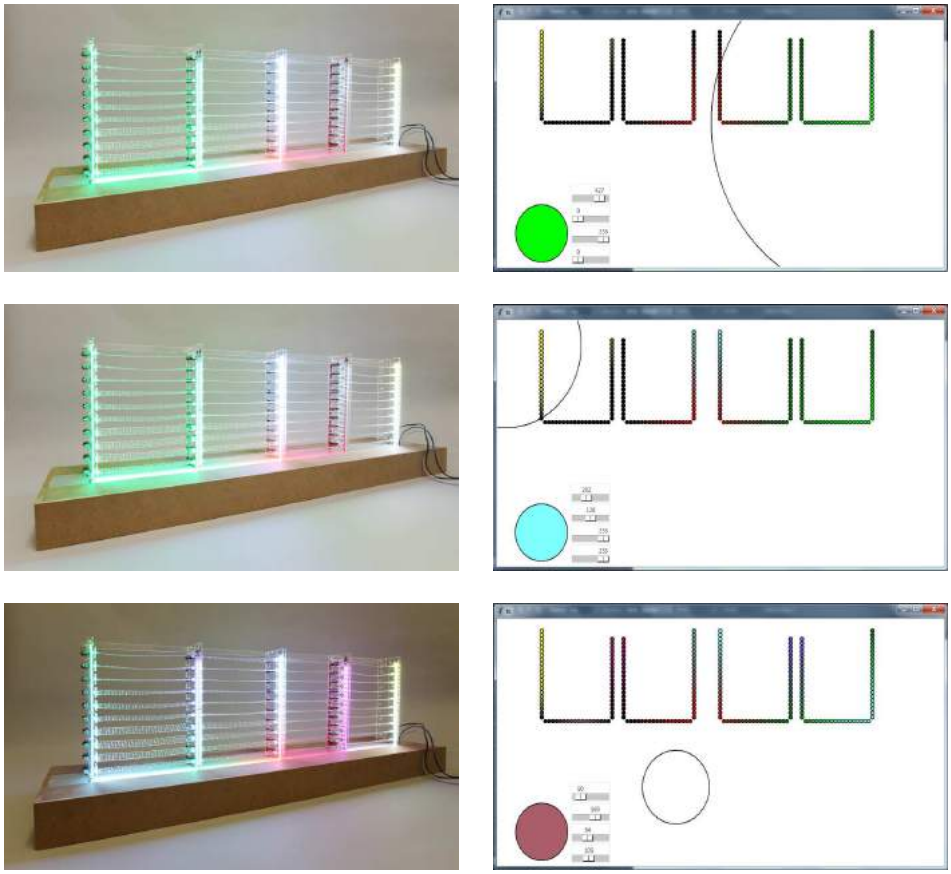


Abb.4.3.0-11 App Kontrolle von Beleuchtung

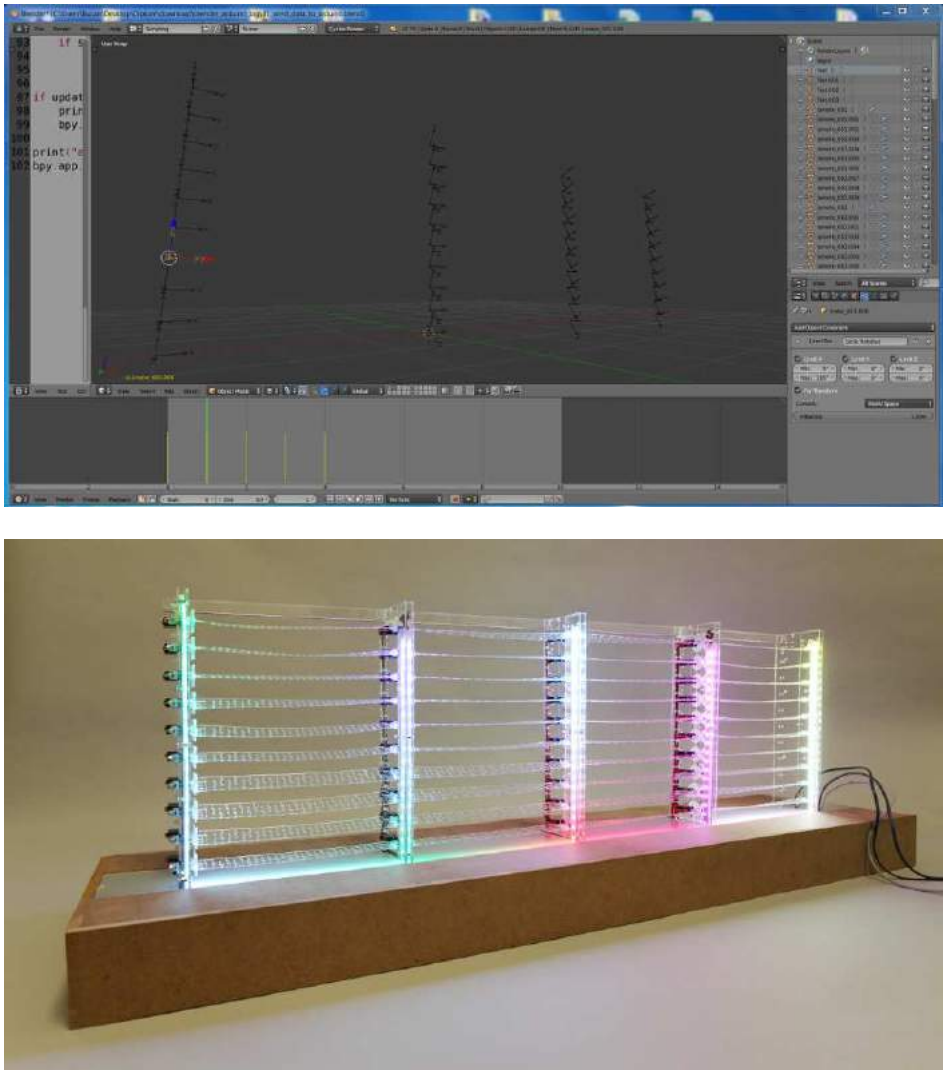


Abb.4.3.0-12 Prototyp 2, rotierenden Lamellen Variante 1 bis 4

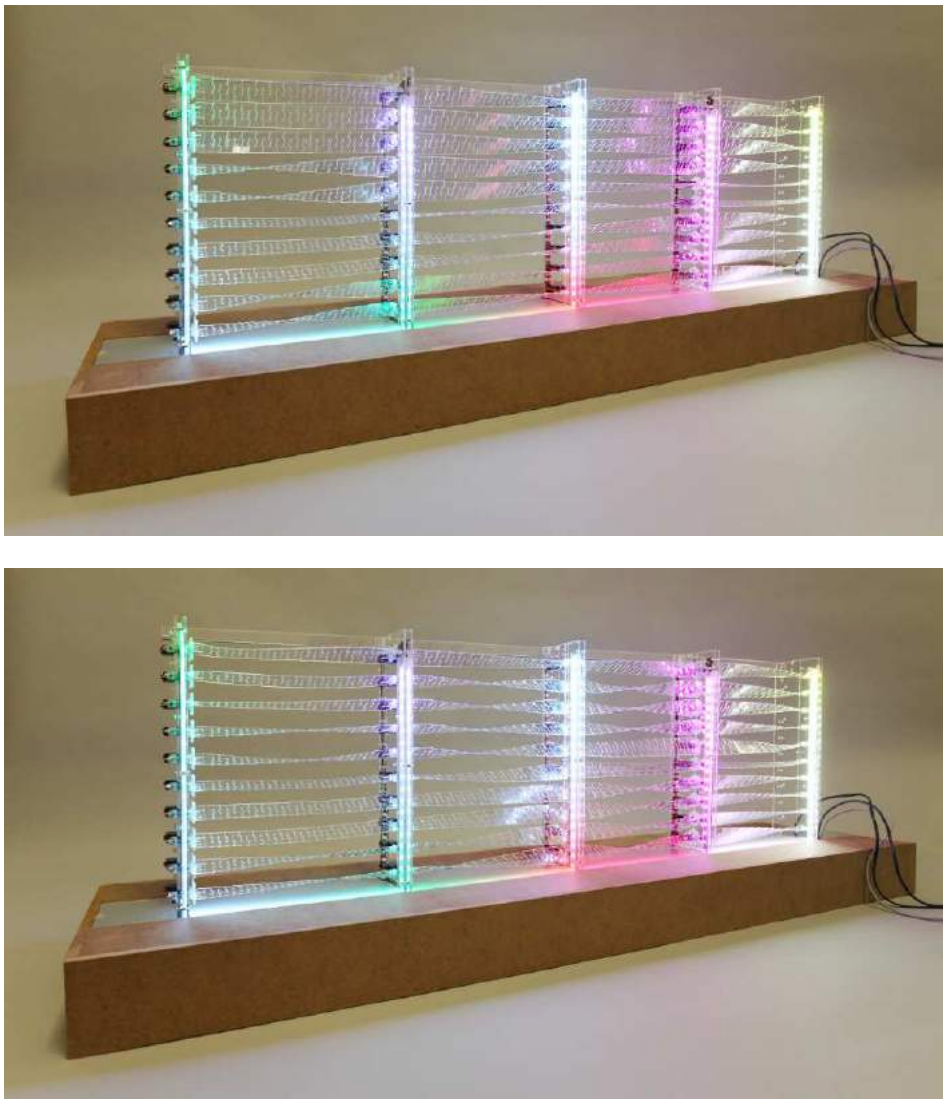


Abb.4.3.0-13 Prototyp 2, rotierenden Lamellen Variante 1 bis 4

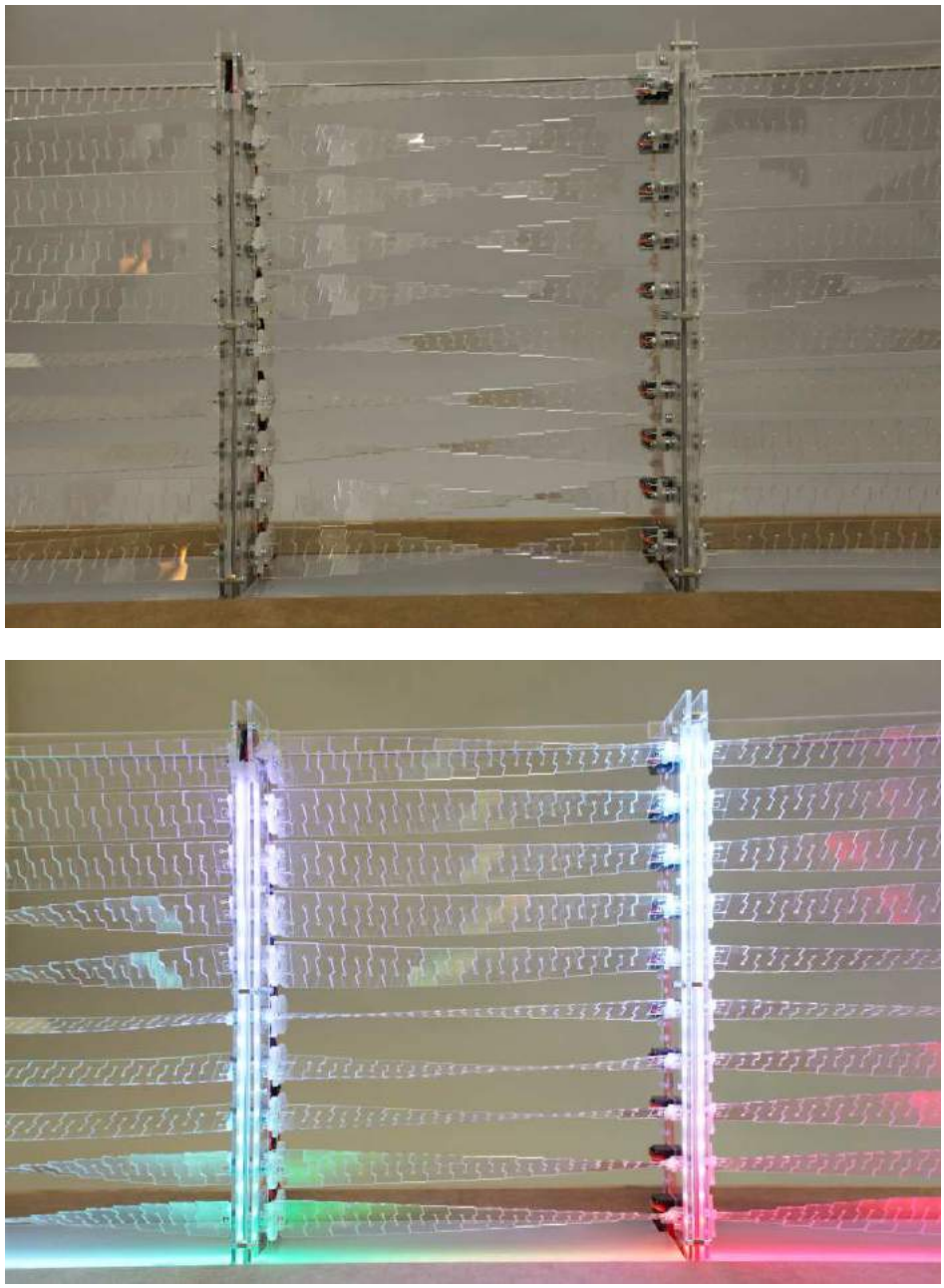


Abb.4.3.0-14 Prototyp 2, rotierenden Lamellen Variante 1 bis 4

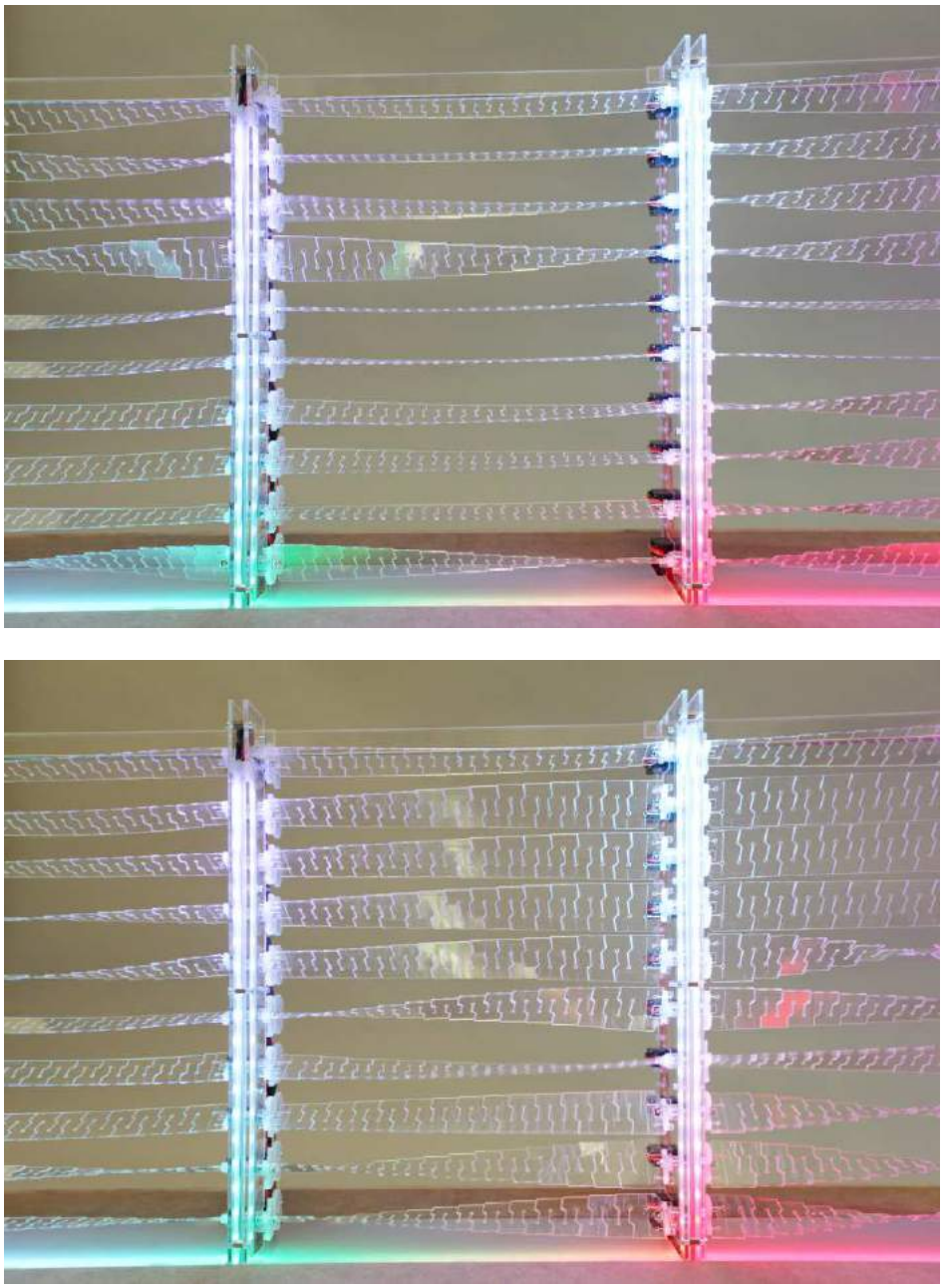
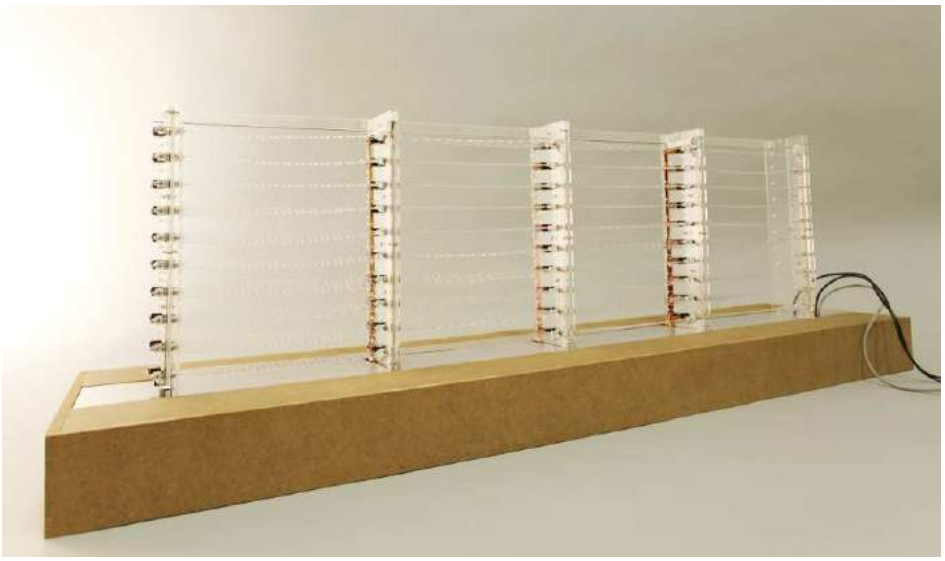


Abb.4.3.0-15 Prototyp 2, rotierenden Lamellen Variante 1 bis 4



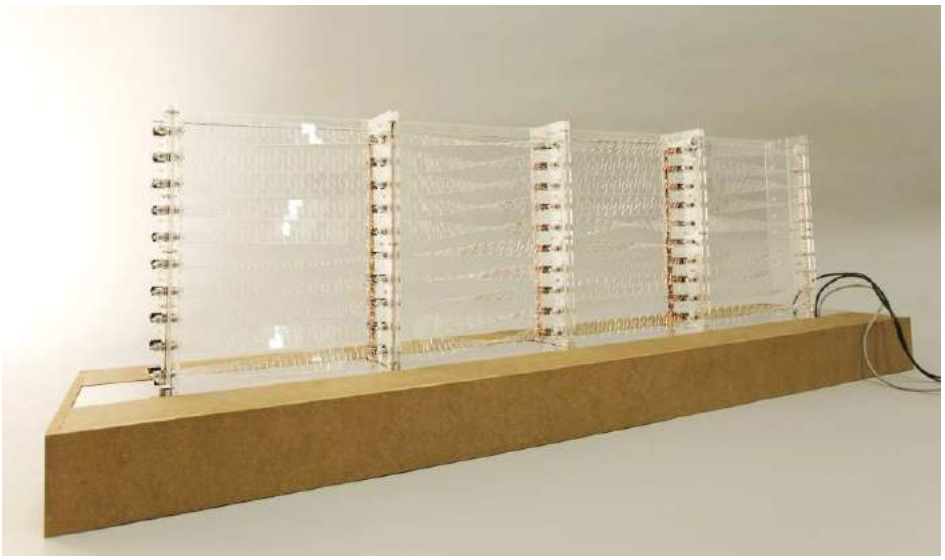


Abb.4.3.0-16 rotierenden Lamellen, Gegenüberstellung

Abb.4.3.0-17 Doppelseite: Prototype 2, Modellbild

Abb.4.3.0-18 Doppelseite: Prototype 2, Steuern vom Modell

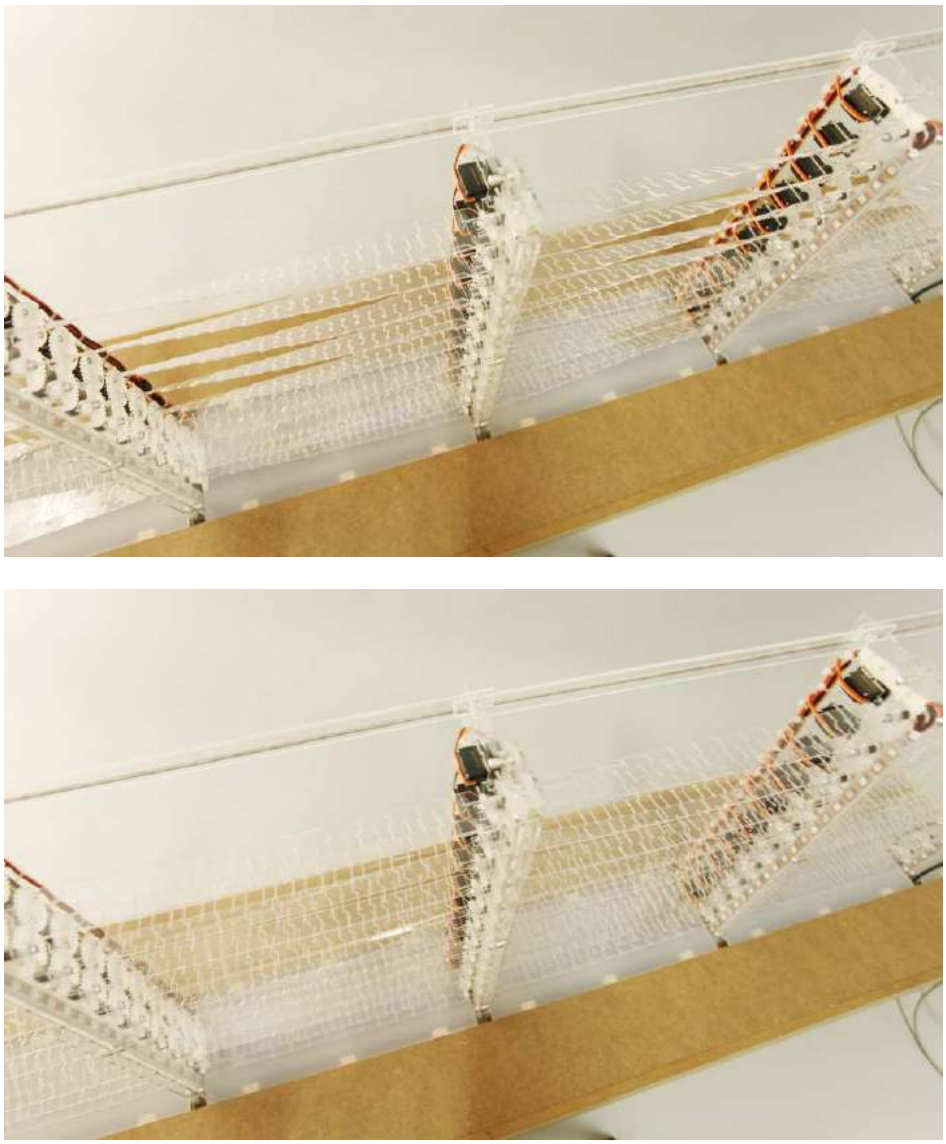
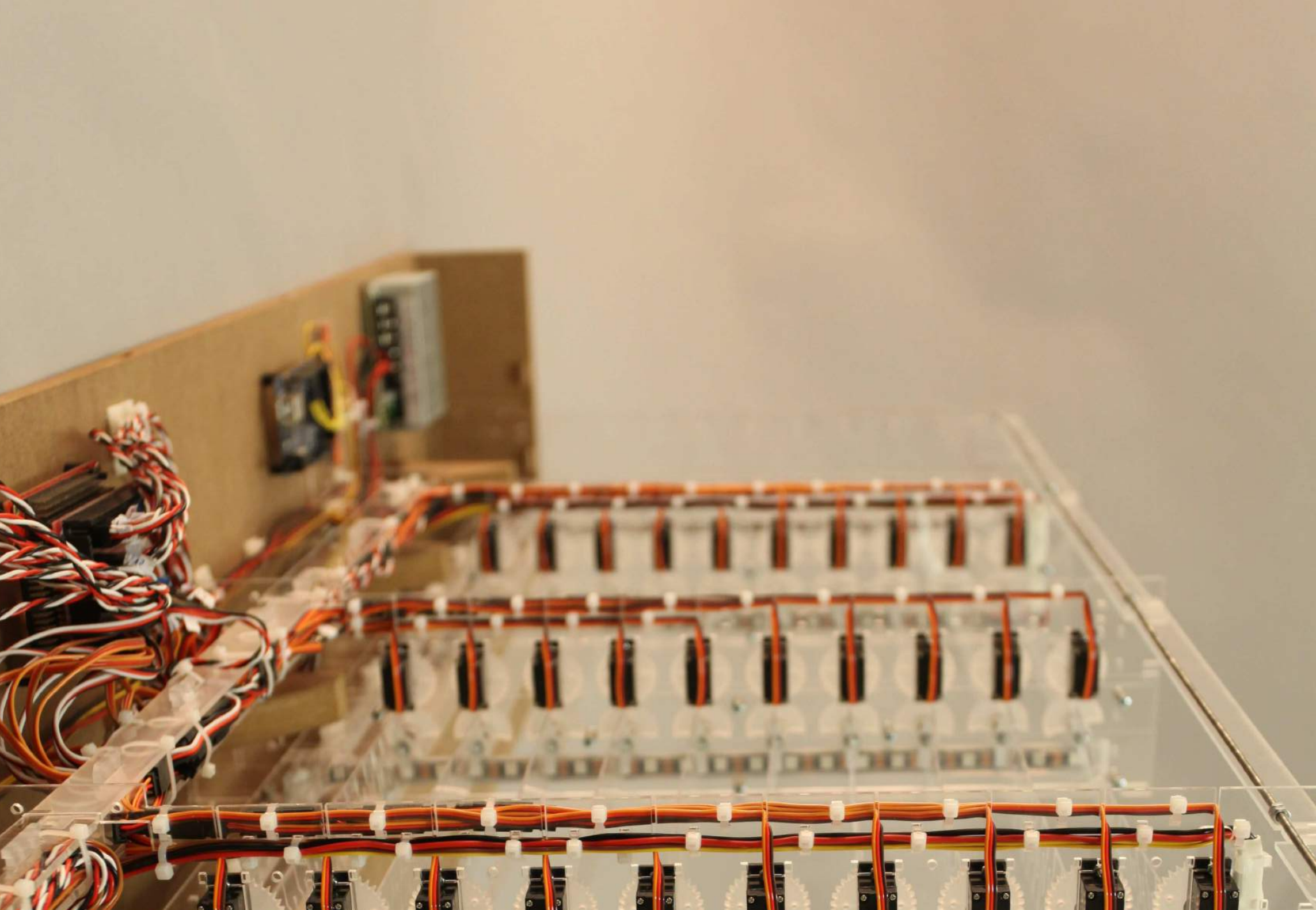
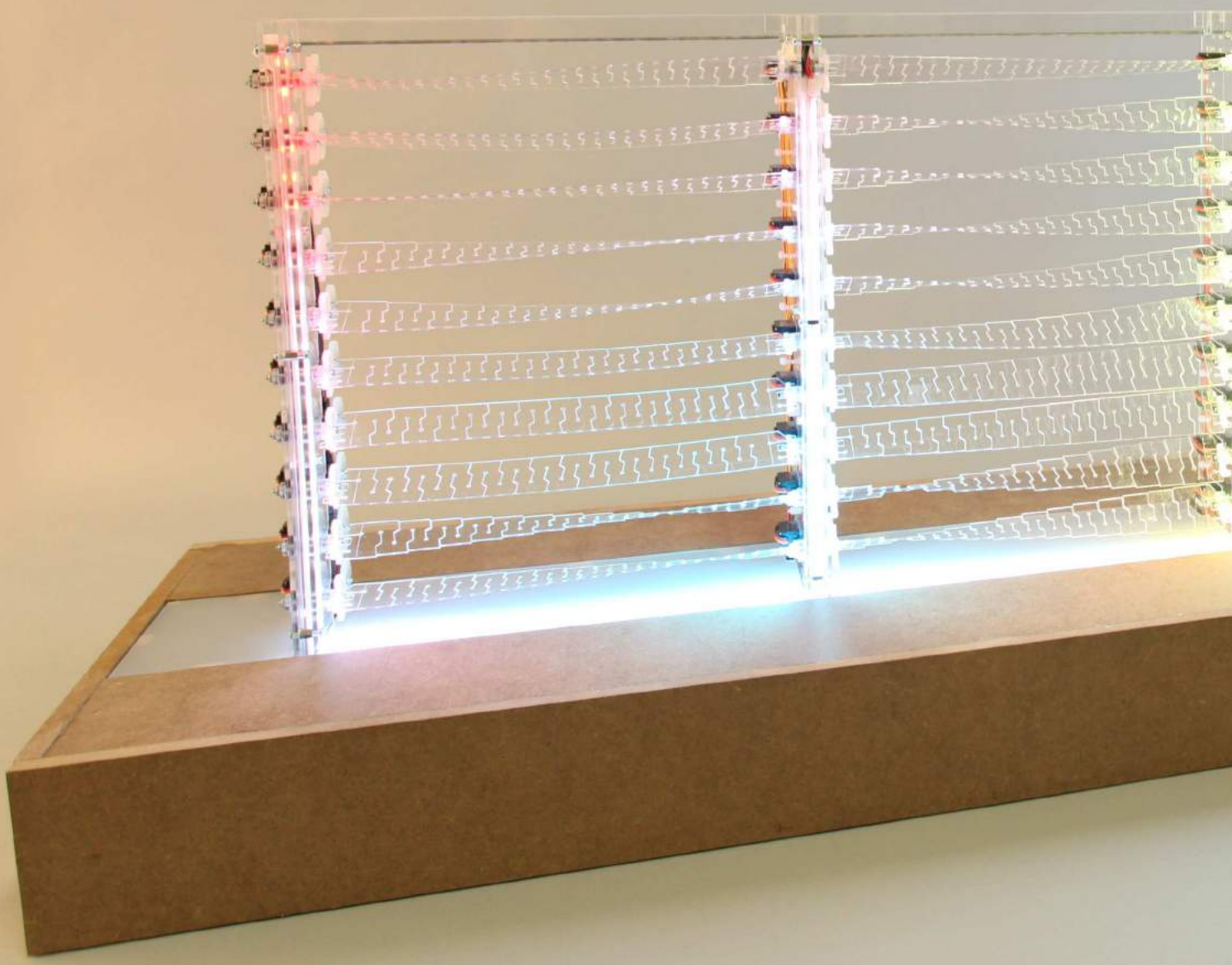


Abb.4.3.0-19 rotierenden Lamellen, Gegenüberstellung





lenovo

## 4.4 Prototyp in 1zu1

Prototyp in 1 zu 1 wurde so entwickelt um die Grenzen des Material festzustellen. Deswegen sind die tragenden Elemente aus jeweils 5 separat verstellbaren Teilen gebaut. Jedes der insgesamt 10 Teile hat die Möglichkeit, 2 Lamellen zu drehen.

Es ist ein Modell mit einer Grundfläche von von 2.000mm x 600mm entstanden. Das Modell beinhaltet 10 aufblasbare Lamellen die 1.400mm Länge und 200mm Breite. Der geschweißte mittlere Teil misst flach 155mm, durch das Aufblasen erhält die Lamelle einen Durchmesser von 100mm. 4 Lamellen sind aus durchsichtiger PVC Folie, die anderen 6 sind eine Kombination aus gelber und durchsichtiger Folie um die Funktion besser veranschaulichen zu können. PVC

mit seiner leichten Verarbeitbarkeit ist das ideale Material für den Prototypenbau, vorausgesetzt, man hat den Zugang zu den entsprechenden Verarbeitungsmaschinen. PVC-Folien wurden von Polyethylenfolien längst als Massenprodukt

abgelöst. In der Architektur dominieren heute ETFE-Folien, die praktisch ewig halten. PVC hat allerdings bei Gewebebeschichtungen seinen Platz stark gefestigt. Meine Diplom-Modelle sind immer noch aus PVC-Folien. Gerade für solche Zwecke sind sie immer noch perfekt zu verarbeiten. Man muss aber den Zugang zu den Materialien und Verarbeitungsmaschinen haben. Dank P.Michael Schultes und seinem Verein experimonde —die Welt des Experiments konnte ich diese Möglichkeiten nützen.

Das Modell kann digital gesteuert werden. Dank der Software kann der Luftdruck in den Lamellen exakt kontrolliert werden. Das Ausblasen und Aufblasen, wie auch das Rotieren der Lamelle kann die Gestalt des Prototypen verändern. Der ganze Prototyp ist ein großer "Raumteiler", zugleich ein großer Heizkörper, der großes Potenzial zu Weiterentwicklung hat.

Durch die Veränderbarkeit schafft das Modell Übergänge von flachen geraden Formen bis zu ausgesprochen „ ausdrucksvollen“ Formen.

### 4.4.1 erste Testrenderings

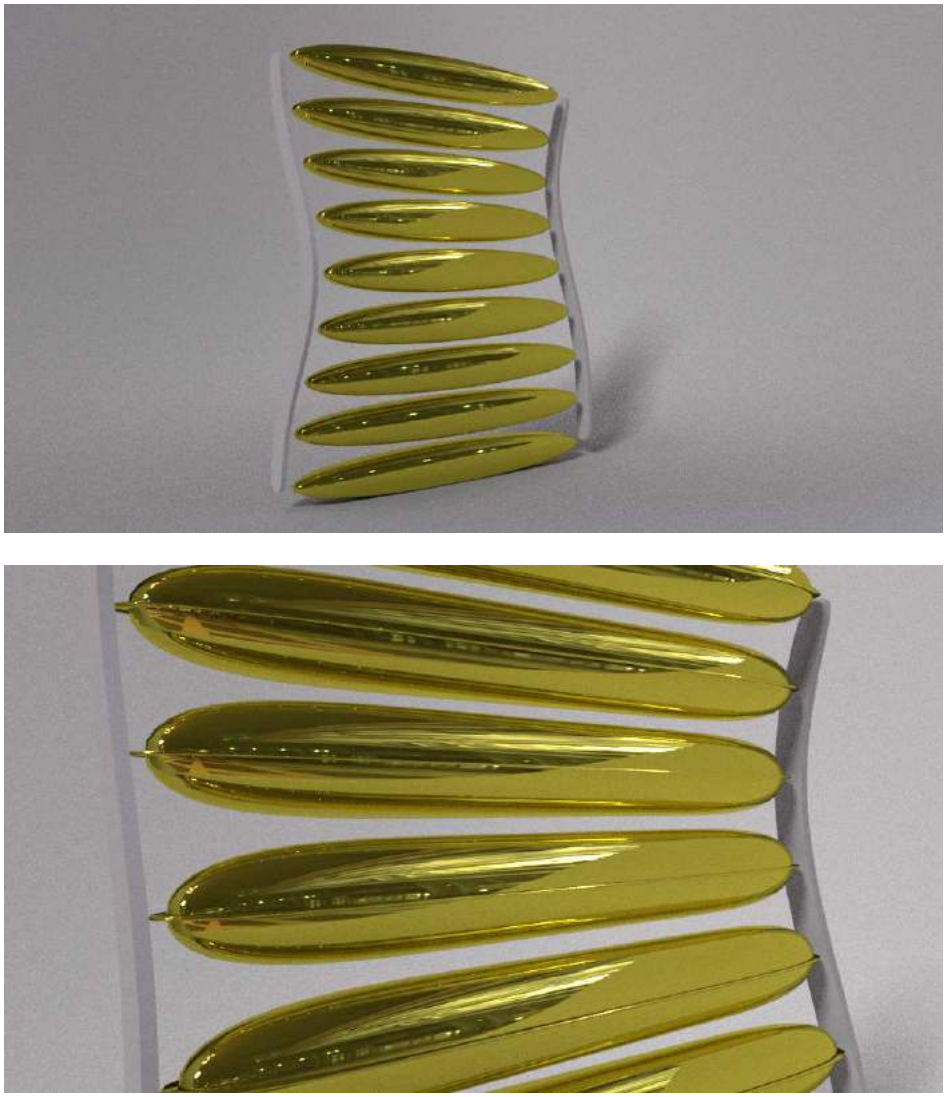


Abb.4.4.1-1 erste Testrenderings des großen Prototypen

# Ergebnis/Resultat

Über den Bau der Protoypen und ständigen digital - analogen Austausch ist schließlich ein Modell entstanden, das mit Hilfe ganz einfacher Attraktoren komplexe aber auch nachvollziehbare Bewegungen schafft. Damit ist die Grundlage für weitere Entwicklungen geebnet.

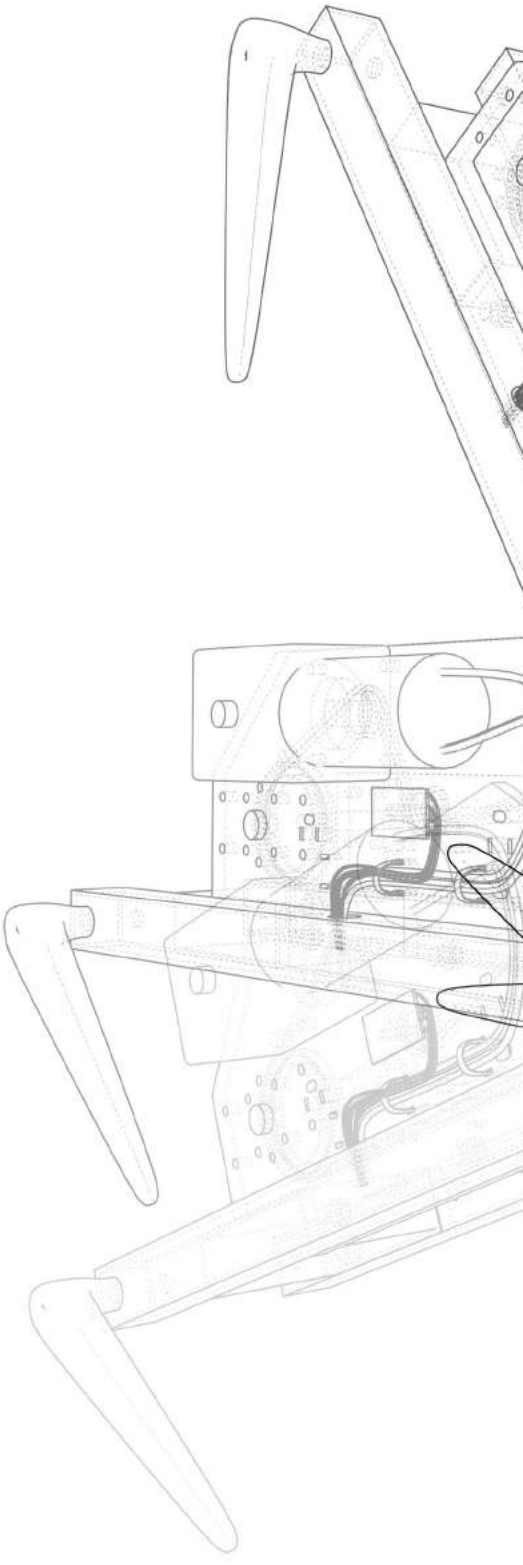
## 5.1 Kinematik

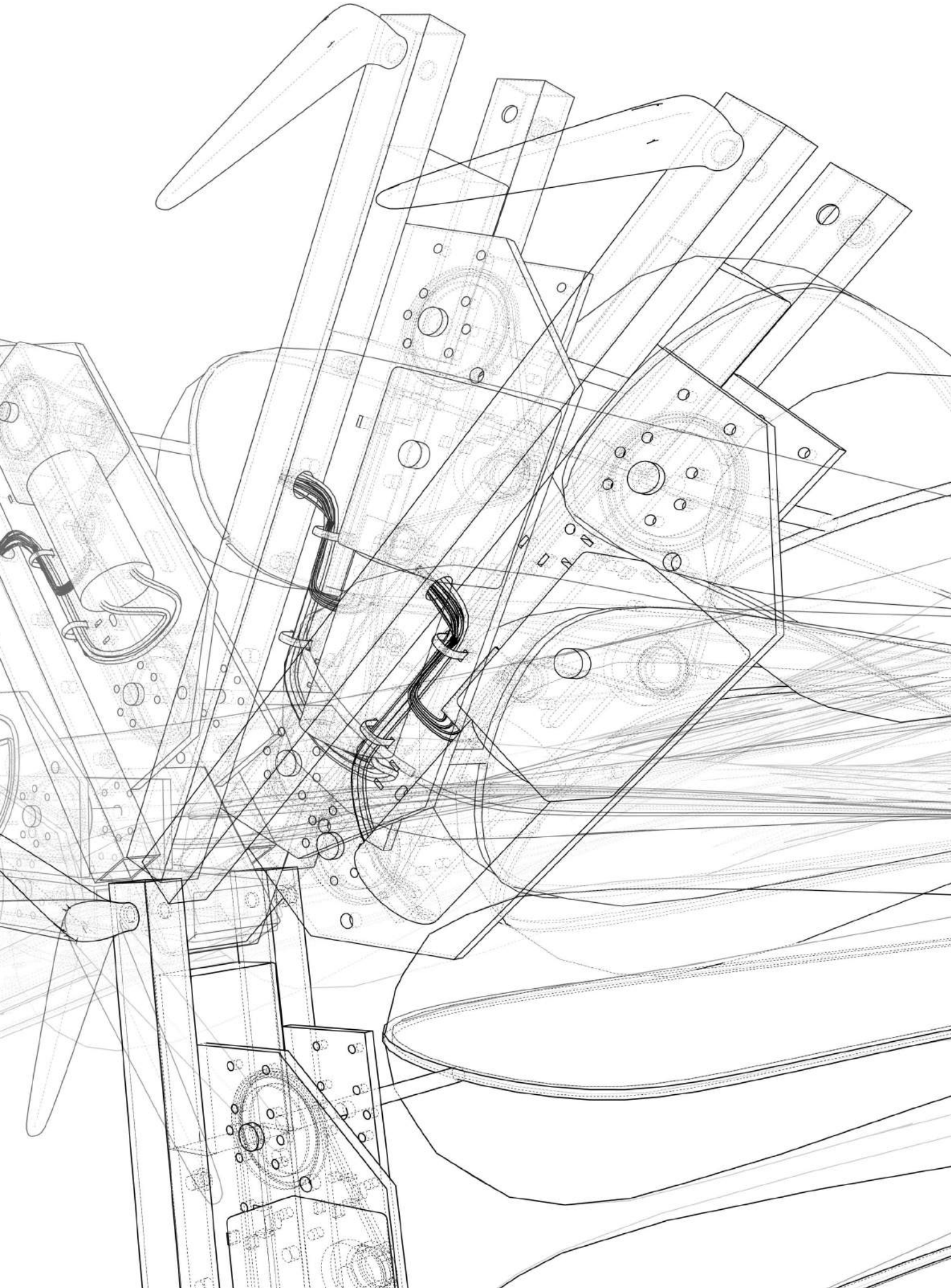
Zeigt die Bewegung des finalen Prototypen

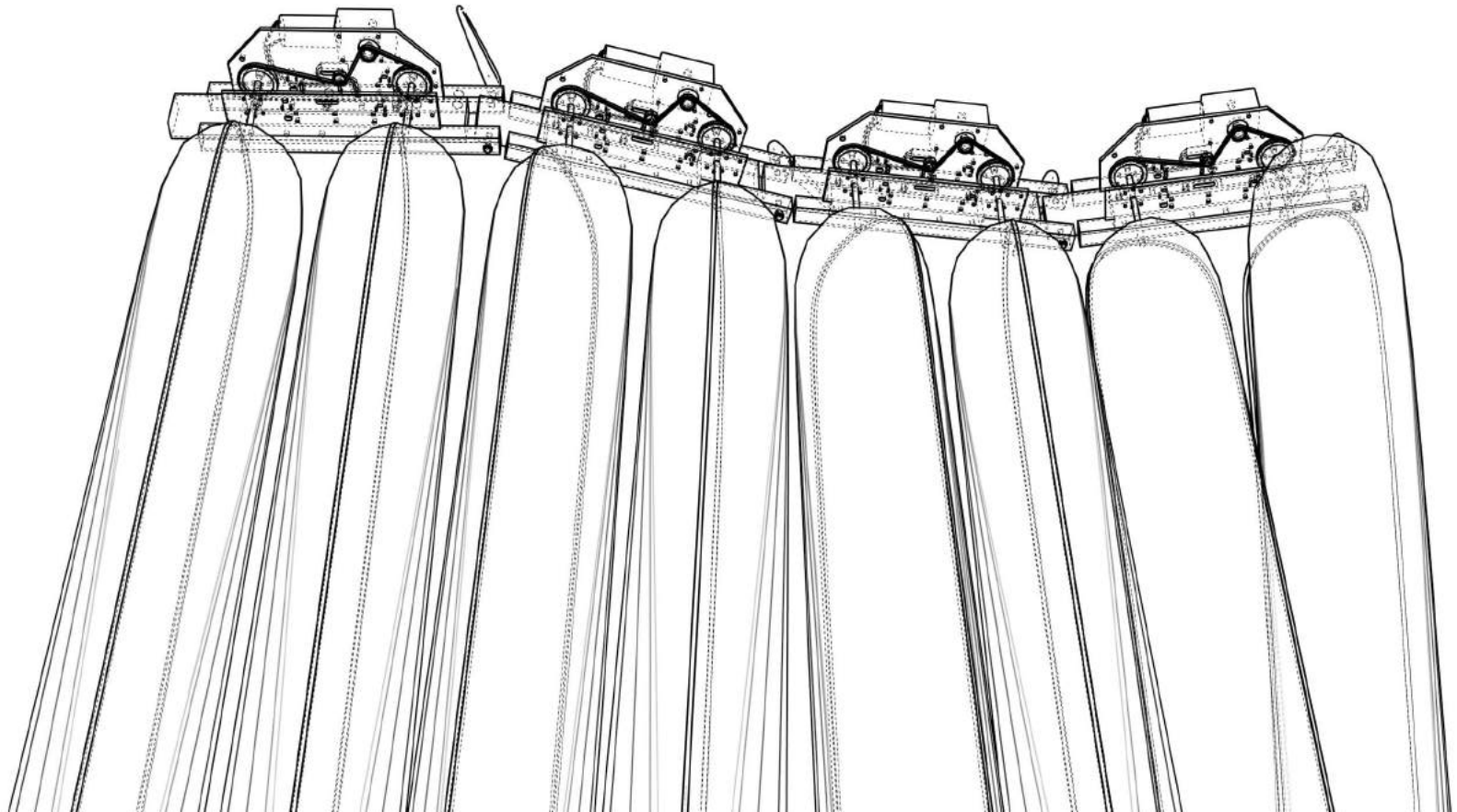
Zchng.5.1.0-1 Doppelseite: Illustration von Prototype 3, Drehen vom Gestell

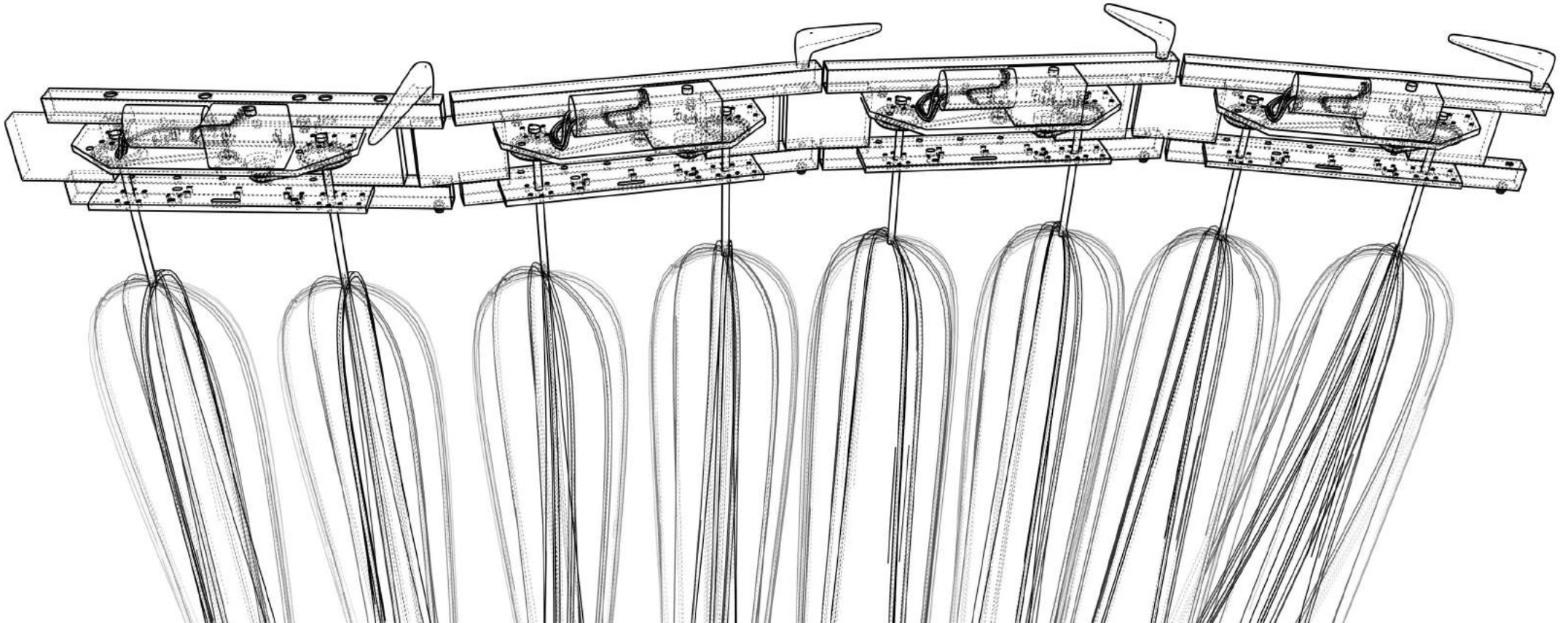
Zchng.5.1.0-2 Doppelseite: Illustration von Prototype 3, Aufblasen der Lamellen

Zchng.5.1.0-3 Doppelseite: Illustration von Prototype 3, Drehen der Lamellen









## 5.2 Renderings

Prototyp 3 wurde in drei verschiedene Umgebungen gerendert. Simuliert wird so die unterschiedliche Wirkung in den verschiedenen Kontexten.

Abb.5.2.0-1 Doppelseite: Rendering von Prototype 3, Perspektive 1

Abb.5.2.0-2 Doppelseite: Rendering von Prototype 3, Perspektive 2

Abb.5.2.0-3 Doppelseite: Rendering von Prototype 3, Perspektive 3

Abb.5.2.0-4 Doppelseite: Rendering von Prototype 3, Perspektive 4

Abb.5.2.0-5 Doppelseite: Rendering von Prototype 3, Perspektive 5

Abb.5.2.0-6 Doppelseite: Rendering von Prototype 3, Perspektive 6

Abb.5.2.0-7 Doppelseite: Rendering von Prototype 3, Perspektive 7

30
CAMPUS
FIESTA

30

DB

SDAMER PLATZ

## 5.3 physische Entwicklung

Bilder des finalen Prototyps.

Abb.5.3.0-1 Einzelnseite links: Prototype 3, 1:1, Front

Abb.5.3.0-2 Doppelseite: Prototype 3, 1:1, Grenzen

Abb.5.3.0-3 Doppelseite: Prototype 3, 1:1, Raumteiler

Abb.5.3.0-4 Doppelseite: Prototyp 3, 1:1, Raumteiler

Abb.5.3.0-5 Einzelnseite rechts: Prototyp 3, 1:1, Durchsichtigkeit der Lamellen

Abb.5.3.0-6 Einzelnseite rechts: Prototyp 3, 1:1, Durchsichtigkeit der Lamellen

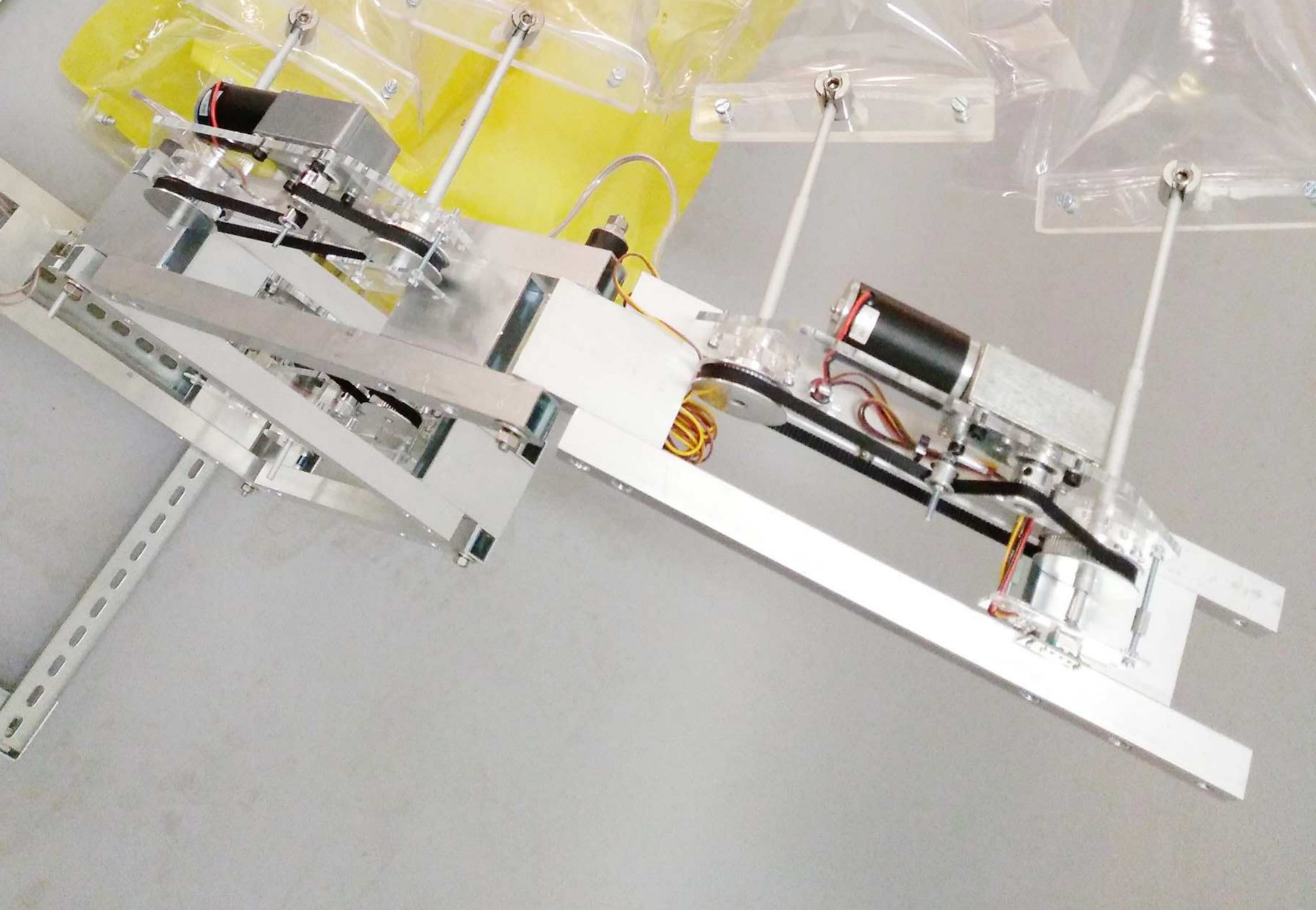


Abb.5.3.0-7 Aufbau des Achses, Hauptkonstruktion

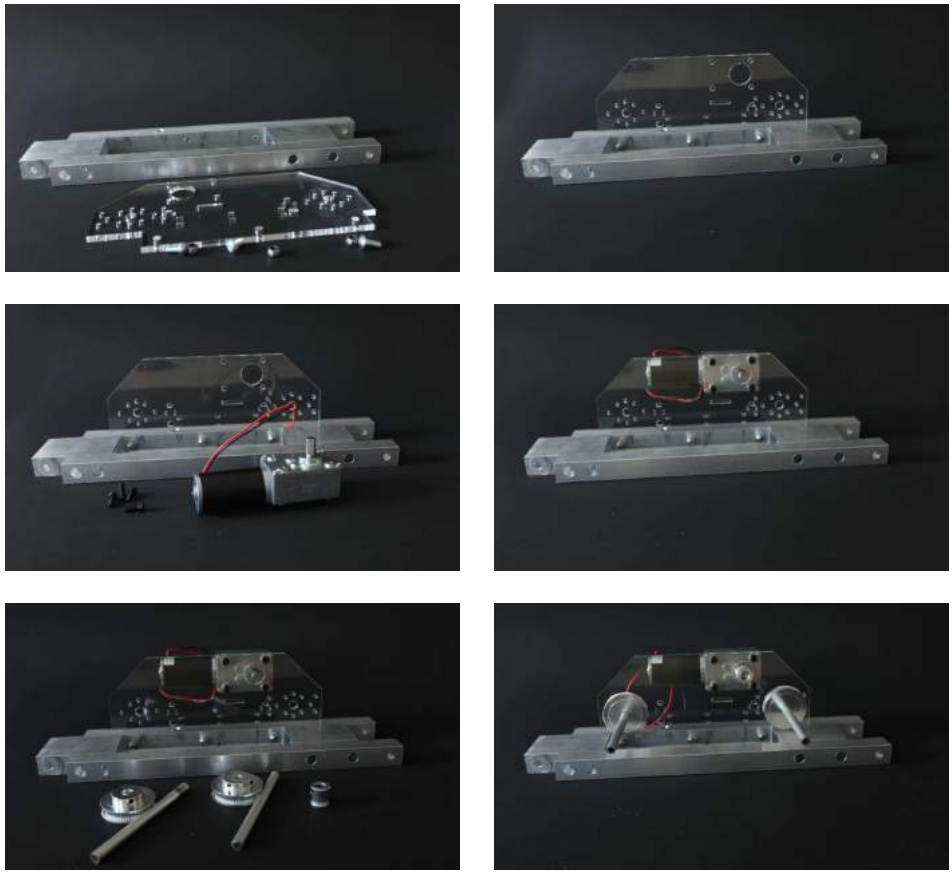
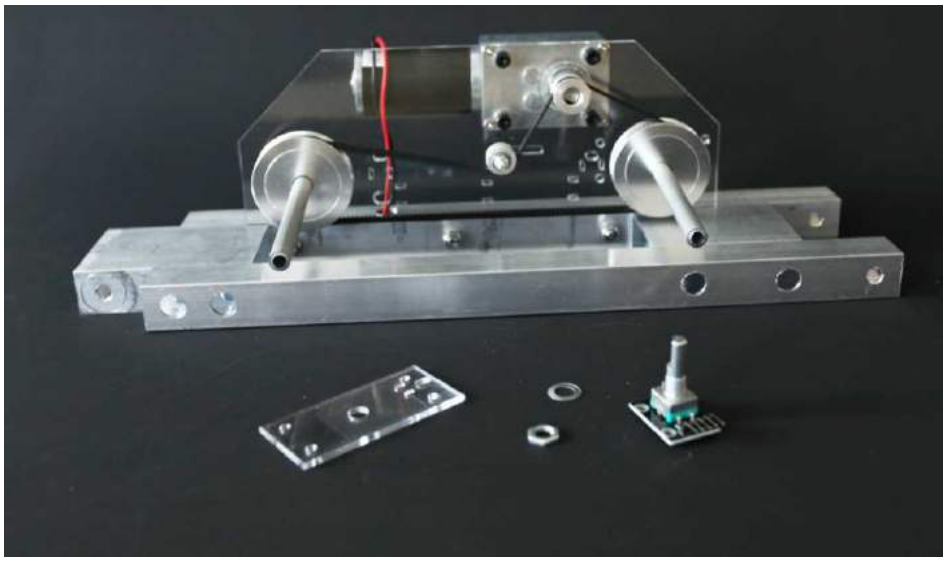


Abb.5.3.0-8 Aufbau des Achses, Hauptkonstruktion



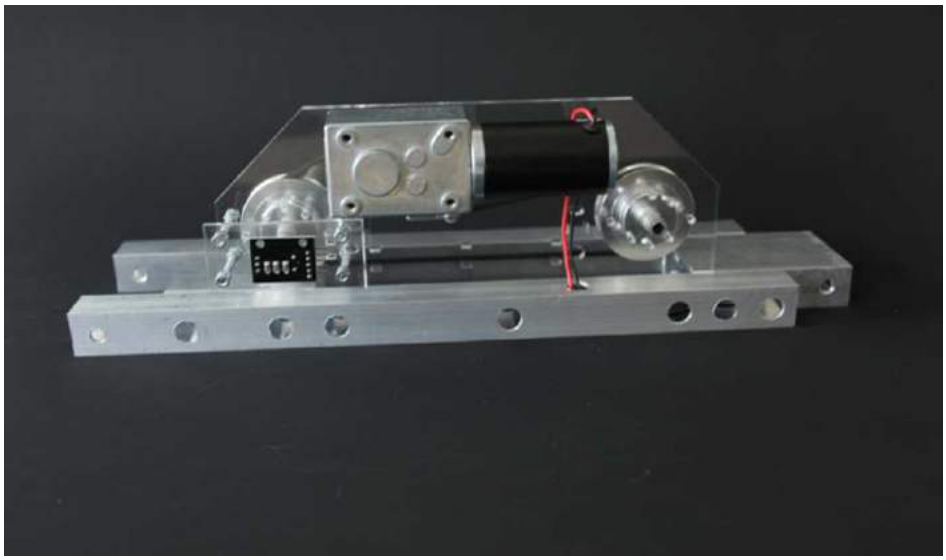
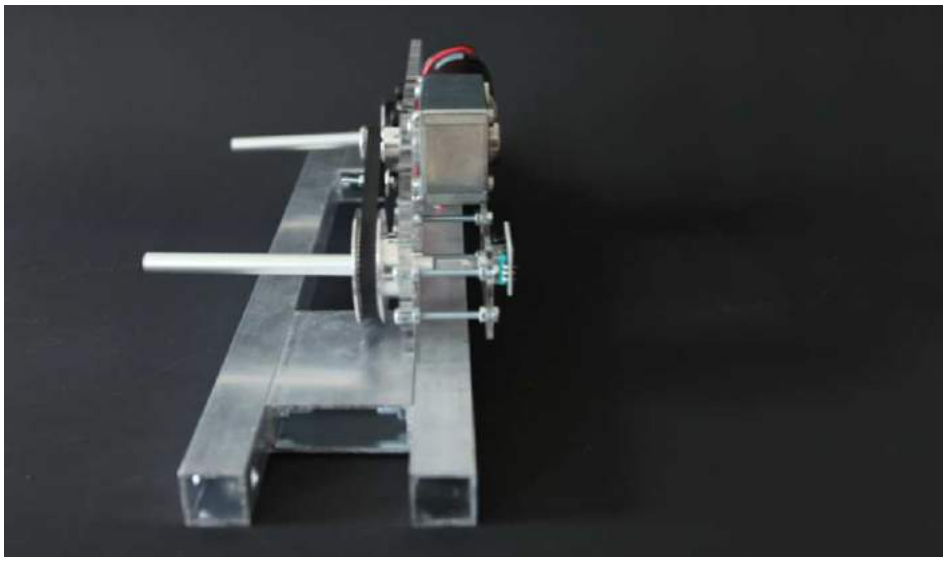


Abb.5.3.0-9 Aufbau des Achses, Hauptkonstruktion

Abb.5.3.0-10 Einzelnseite rechts: Prototyp 3, 1:1, Steuerung

Abb.5.3.0-11 Einzelnseite rechts: Prototyp 3, 1:1, gefaltete Tragwerk

Abb.5.3.0-12 Einzelnseite rechts: Prototyp 3, 1:1, Luftschläuche



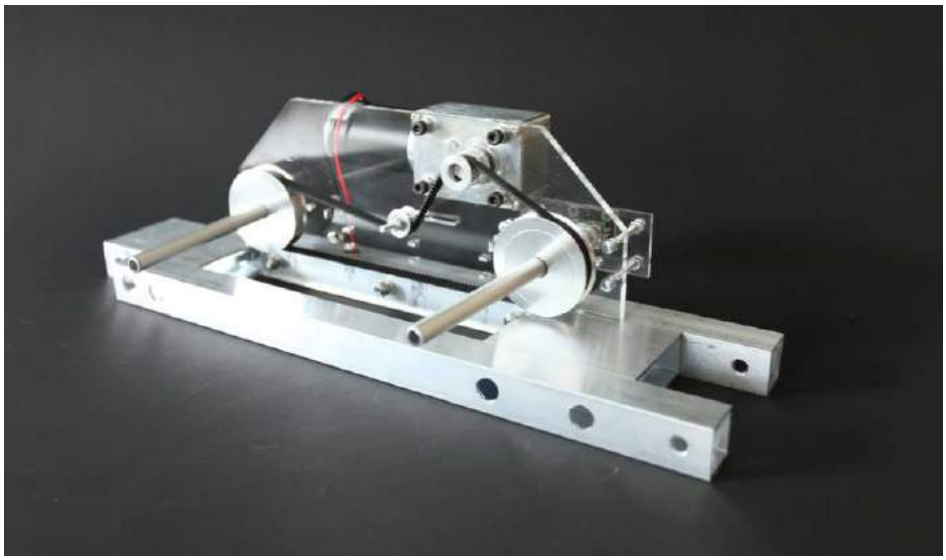
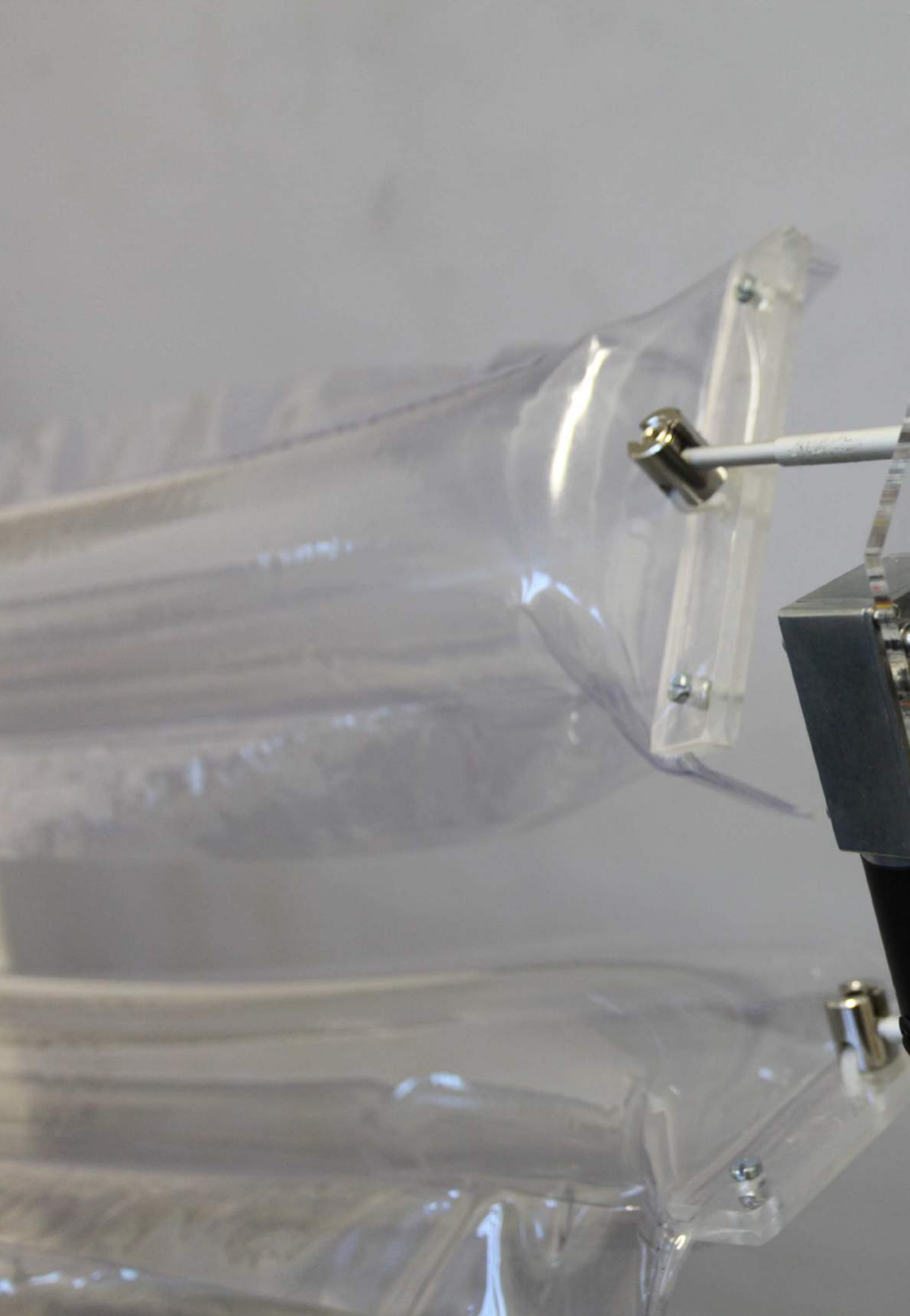
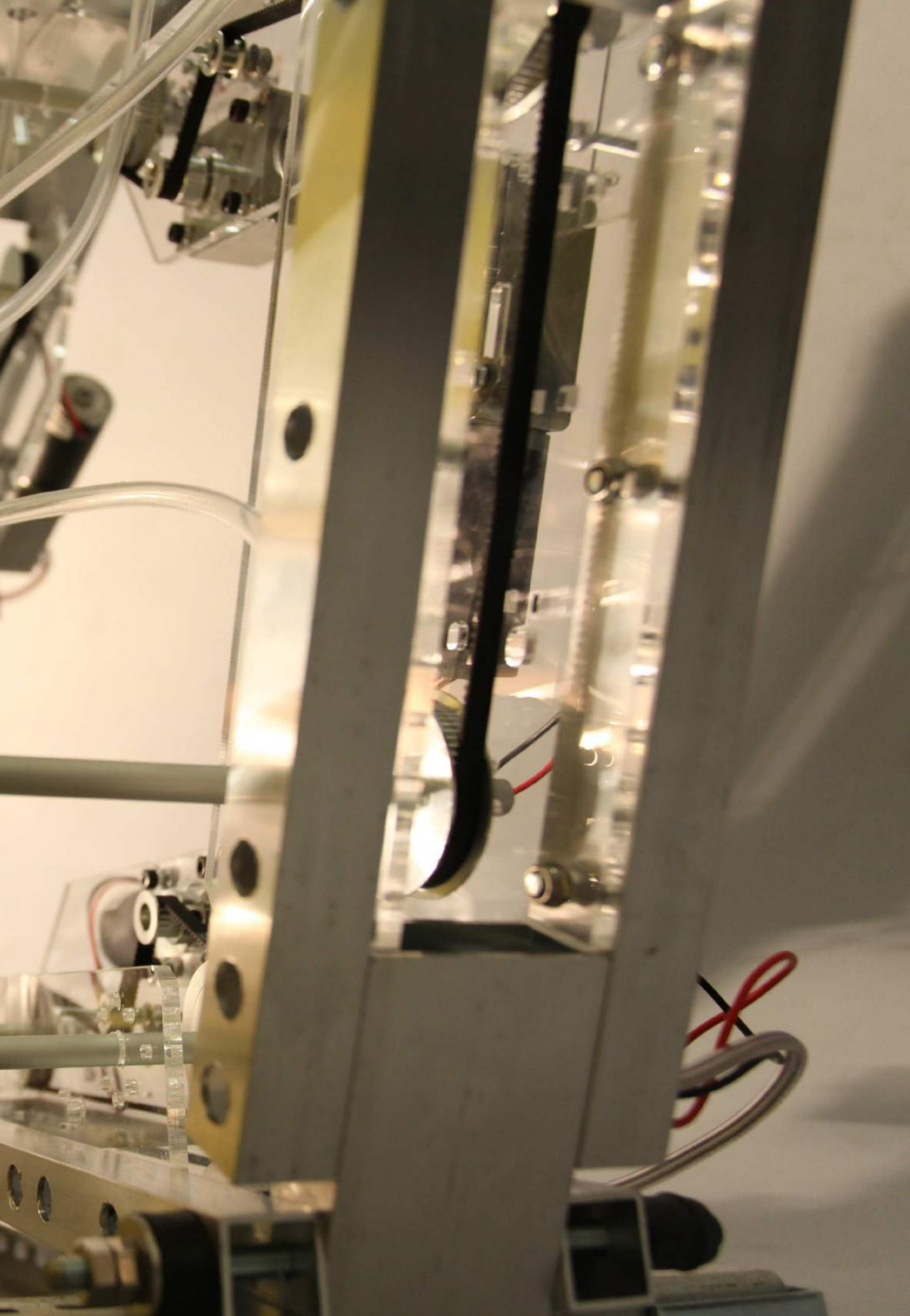
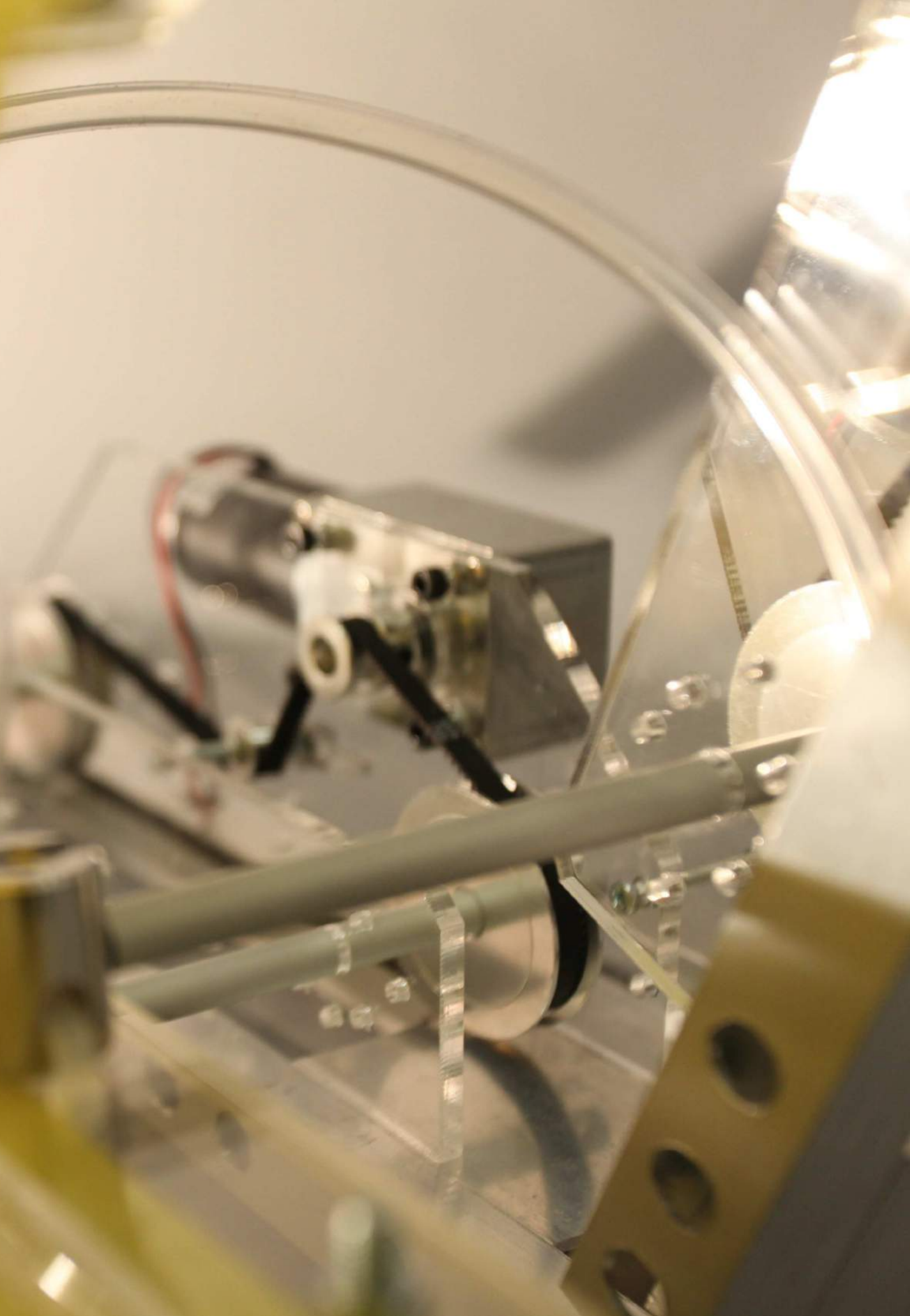


Abb.5.3.0-13 Aufbau des Achses, Hauptkonstruktion







# Bewertung

Viele Projekte im Bereich der kinematischen Architektur bleiben ein Konzept. Mir war es besonders wichtig, die erarbeiteten Ideen auch umzusetzen. Hier sehe ich selbst eine besondere Stärke der Arbeit, auch wenn die Umsetzung zeitintensiv und komplex war. Besonders fasziniert hat mich die persönliche Beziehung, die man schnell zu einem beweglichen Modell aufbaut. Hier sehe ich großes Potenzial im Vergleich zu statischen Strukturen.

Die kinematische Lamelle ist vielseitig einsetzbar. Sie kann die Beziehung zwischen Innen und Außen, zwischen Mensch und Maschine, zwischen bewegt und statisch neu definieren. Die Lamelle ist sowohl Raumtrenner als auch Raumverbinder; sie ist zugleich Wärmedämmung, aber auch Heizkörper, Effektor und Schutz.

# Zusammenfassung und Ausblick

Bei der Arbeit wurde ich darin bestärkt, dass eine kleine Bewegung eine große Wirkung haben kann. Sowohl negativ als auch positiv. Ein kleiner wackeliger Punkt im Detail kann viel Arbeit erzeugen. Umgekehrt, kann eine minimale Choreographie eine ganz besondere Wirkung haben. Während der Arbeit wurde mir bewusst, dass kinematische Architektur eine breite Auseinandersetzung mit vielen Themen erfordert. Informationen und Wissen aus anderen Fachbereichen ist dabei unerlässlich.

In Zukunft möchte ich weiter an den Thema der kinematischen Architektur arbeiten. Besonders im Rahmen von Elektrotechnik, Programmierung und Maschinenbau möchte ich mich dafür besonders weiter bilden.

# Verzeichnisse

## 8.1 Abbildungen


**Abb.4.0.0-1 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, erste Skizze der Arbeit, Überlegungen von Bewegungsmöglichkeiten und deren Technischen Anforderungen** 15

**Abb.4.1.1-1 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, digitale Simulation von rotierenden Lamellen** 17

**Abb.4.1.2-1 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, digitale Simulation von Lamellen, die in ihrer Dicke variieren** 19

**Abb.4.1.3-1 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, digitale Simulation von sich ineinander verdrehenden Lamellen** 21

**Abb.4.2.0-1 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototype 1, Modell mit Steuerung mit Steuerung, 6 Drehende Punkte die 3 Lamellen in Echtzeit drehen** 23

**Abb.4.2.0-2 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototype 1, drei drehbare Lamellen und Kontrolle der Durchsichtigkeit** 23

**Abb.4.2.0-3 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototype 1, Detail mit Zahnräder, komunikation zwischen servomotor und Lamelle** 23

**Abb.4.2.0-4 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototype 1, Modell mit Steuerung, 6 Drehende Punkte die 3 Lamellen in Echtzeit drehen** 23

**Abb.4.2.0-5 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototype 1, Modell mit Steuerung, 6 Drehende Punkte die 3 Lamellen in Echtzeit drehen** 23

**Abb.4.2.0-6 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Entwicklung Lamelle 1, Gelaserte Zahnräder aus 3 mm Plexiglas** 32

**Abb.4.2.0-7 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Entwicklung Lamelle 1, Geleserte Lamellen aus 1mm Dicke Plexiglas** 33

**Abb.4.3.0-1 Anel Bucan, Diplomtitel, 2019, Hardware Komponenten** 36

**Abb.4.3.0-2 Anel Bucan, Diplomtitel, 2019, Hardware Komponenten** 37

**Abb.4.3.0-3 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototype 2, Abstraktes Modellbild in Dunkel** 38

**Abb.4.3.0-4 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototype 2, Zusammengebautes Modell** 38

**Abb.4.3.0-5 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototype 2, Zusammengebautes Modell ohne Lichtblende** 38

**Abb.4.3.0-6 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototype 2, Geöffnetes Modell** 38

**Abb.4.3.0-7 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototype 2, Steuerung für Licht mit Netzteil** 38

**Abb.4.3.0-8 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototype 2, für 40 Servomotoren** 38

**Abb.4.3.0-9 Anel Bucan, Diplomtitel, 2019, digitale Simulation des zweiten Prototypen mit 40 Servo Motoren** 39

**Abb.4.3.0-10 Anel Bucan, Diplomtitel, 2019, App Kontrolle von Beleuchtung** 50

**Abb.4.3.0-11 Anel Bucan, Diplomtitel, 2019, App Kontrolle von Beleuchtung** 51

**Abb.4.3.0-12 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototyp 2, rotierenden Lamellen Variante 1 bis 4** 52

**Abb.4.3.0-13 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototyp 2, rotierenden Lamellen Variante 1 bis 4** 53

**Abb.4.3.0-14 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototyp 2, rotierenden Lamellen Variante 1 bis 4** 54

**Abb.4.3.0-15 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototype 2, Modellbild** 55

**Abb.4.3.0-16 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototype 2, Steuern von Modell** 55

**Abb.4.3.0-17 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototyp 2, rotierenden Lamellen Variante 1 bis 4** 55

**Abb.4.3.0-18 Anel Bucan, Diplomtitel, 2019, Gegenüberstellung** 56

**Abb.4.3.0-19 Anel Bucan, Diplomtitel, 2019, Gegenüberstellung** 57

**Abb.4.4.1-1 Anel Bucan, Diplomtitel, 2019, erste Testrenderings des großen Prototypen** 63

**Abb.5.2.0-1 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Rendering von Prototype 3, eingesetzt in das Bild Georgentor von https://hdrihaven.com** 73

**Abb.5.2.0-2 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Rendering von Prototype 3, eingesetzt in das Bild Georgentor von https://hdrihaven.com** 73

**Abb.5.2.0-3 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Rendering von Prototype 3, eingesetzt in das Bild Georgentor von https://hdrihaven.com** 73

**Abb.5.2.0-4 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Rendering von Prototype 3, eingesetzt in das Bild Potsdamer Platz von https://hdrihaven.com** 73

**Abb.5.2.0-5 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Rendering von Prototype 3, eingesetzt in das Bild Potsdamer Platz von https://hdrihaven.com** 73

**Abb.5.2.0-6 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Rendering von Prototype 3, eingesetzt in das Bild Shanghai Bund von https://hdrihaven.com** 73

**Abb.5.2.0-7 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Rendering von Prototype 3, eingesetzt in das Bild Shanghai Bund von https://hdrihaven.com** 73

**Abb.5.3.0-1 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototyp 3, 1:1, Frontansicht auf halb geöffnetes Model** 88

**Abb.5.3.0-2 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototyp 3, 1:1, Faltbare Konstruktion, um Grenzen zu Überprüfen** 88

**Abb.5.3.0-3 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototyp 3, 1:1, Raumteiler** 88

**Abb.5.3.0-4 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototype 3, 1:1, Raumteiler nicht voll aufgeblasen** 88

**Abb.5.3.0-5 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototype 3, 1:1, Durchsichtigkeit der Lamellen** 88

**Abb.5.3.0-6 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototype 3, 1:1, Durchsichtigkeit der Lamellen** 88

**Abb.5.3.0-7 Anel Bucan, Diplomtitel, 2019, Aufbau des Achses, Hauptkonstruktion** 100

**Abb.5.3.0-8 Anel Bucan, Diplomtitel, 2019, Aufbau des Achses, Hauptkonstruktion** 101

**Abb.5.3.0-9 Anel Bucan, Diplomtitel, 2019, Aufbau des Achses, Hauptkonstruktion** 102

**Abb.5.3.0-10 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototype 3, 1:1, mit einem Motor sind jeweils 2 Lamellen gesteuert, Encoder sorgt sich für genaue Position der Lamellen** 103

**Abb.5.3.0-11 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototype 3, 1:1, mit einem Motor sind jeweils 2 Lamellen gesteuert, gefaltete Tragwerk 103**

**Abb.5.3.0-12 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Prototype 3, 1:1, Luftschläuche, kontrollierbare Luftmenge 103**

**Abb.5.3.0-13 Anel Bucan, Diplomtitel, 2019, Aufbau des Achses, Hauptkonstruktion 103**

**Abb.9.0.0-1 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Profilbild 119**

## 8.2 Texte

**Christoph Müller, „bewegende Architektur“, 2016, www.bewegende-Architektur.com 7**

**Joseph Paxton, „Gusseisen+Flachglas=modulare Präfabrikation“, aus den Jahren 1850-51 9**

**wikipedia „Internet der Dinge“, Absatz 1, Zugriff am 18.03.2019 9**

**wikipedia „Internet der Dinge“, Absatz 3, Zugriff am 18.03.2019 9**

**Interview mit Rudolf Kohoutek, „Kunst und Architekturavantgarde, Experimentelle Architektur vor 50 Jahren und heute“, geführt von Anel Bucan, Wien, 13.03.2019 12**

## 8.3 Zeichnungen

**Zchng.5.1.0-1 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Illustration von Prototype 3, Drehen vom Gestell 65**

**Zchng.5.1.0-2 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Illustration von Prototype 3, Aufblasen der Lamellen 65**

**Zchng.5.1.0-3 Anel Bucan, Diplomarbeit, 2019, Illustration von Prototype 3, Drehen der Lamellen 65**

# Kurzlebenslauf

Name:
Anel Bucan

Geboren in Bijelo Polje
1992, Montenegro

Bildung:
2016-2019 Technishe Universität Wien, Master of Science Architektur
2012-2016 Technishe Universität Wien, Bachelor of Scince Architektur
2007-2011 HTL "Marko radević"Podgorica, Schwerpunkt Architektur

Berufserfahrung:
1/2018-laufend Gewerbeschein - Zeichnenbüro, Wien
10/2011-1/2018 Architekturbüro ßtudio4b", Podgorica
9/2011-10/2015 GHS Geodätisch-Hydrographischer Service GmbH, Wien

Abb.9.0.0-1 Bild links: Anel Bucan, 2019