

# **Konstruktion, Bau und Optimierung einer Modellachterbahn auf Basis selbst entwickelter Systeme**

## 1. Einleitung

## 2. Entwicklung und Bau unserer Wagen- und Schienensysteme

- 2.1. Erste Versuche mit Fischertechnik
- 2.2. Neukonstruktion der Schiene und des Fischertechnikwagens
- 2.3. Umstieg auf PVC-Schiene und Eigenbauwagen
- 2.4. Verbesserung des Eigenbauwagens
- 2.5. Entwicklung eines serienreifen Wagens

## 3. Die Beschleunigungssysteme

- 3.1. Das Transportelement in der Station
- 3.2. Der Kettenzug
- 3.3. Der Thrill-Lift
- 3.4. Der Abschuss

## 4. Die Bremssysteme

## 5. Die Steuerung

- 5.1. Die Sensoren
- 5.2. Das Interface
- 5.3. Das Steuerpult

## 6. Mobilität

## 7. Ausblick

## 8. Anhang

## 1. Einleitung

Ziel unseres Projektes ist der eigenständige Entwurf und Bau einer Modellachterbahn, die von der Funktionsweise einer für Personenbetrieb geeigneten Achterbahn ähnelt. Auf der selbstentworfenen Strecke sollen mehrere Wagen gleichzeitig computergesteuert fahren können. Die Schienen-, Wagen- und Stützensysteme, sowie die Beschleunigungselemente und die Steuerung sollten selbständig entwickelt und gefertigt werden.

Nachdem wir schon vor zwei Jahren am Wettbewerb „Schüler experimentieren“ teilgenommen hatten, verbesserten und erweiterten wir die schon bestehenden Systeme. So erweiterten wir beispielsweise die Strecke, realisierten neue Beschleunigungselemente und stellten unsere Strecke auf einen Betrieb mit vier Wagen um.

Wir wollten hierfür weder fertige, im Handel erhältliche Systeme verwenden, noch wollten wir uns ein System fertig konstruieren lassen. So bauten wir zum Beispiel unsere aktuellen Wagen nach unseren Plänen in der Werkstatt von Griesson – de Beukelaer. Dort nutzen wir deren Maschinen und Werkstoffe unter der Aufsicht des Werkstattleiters.

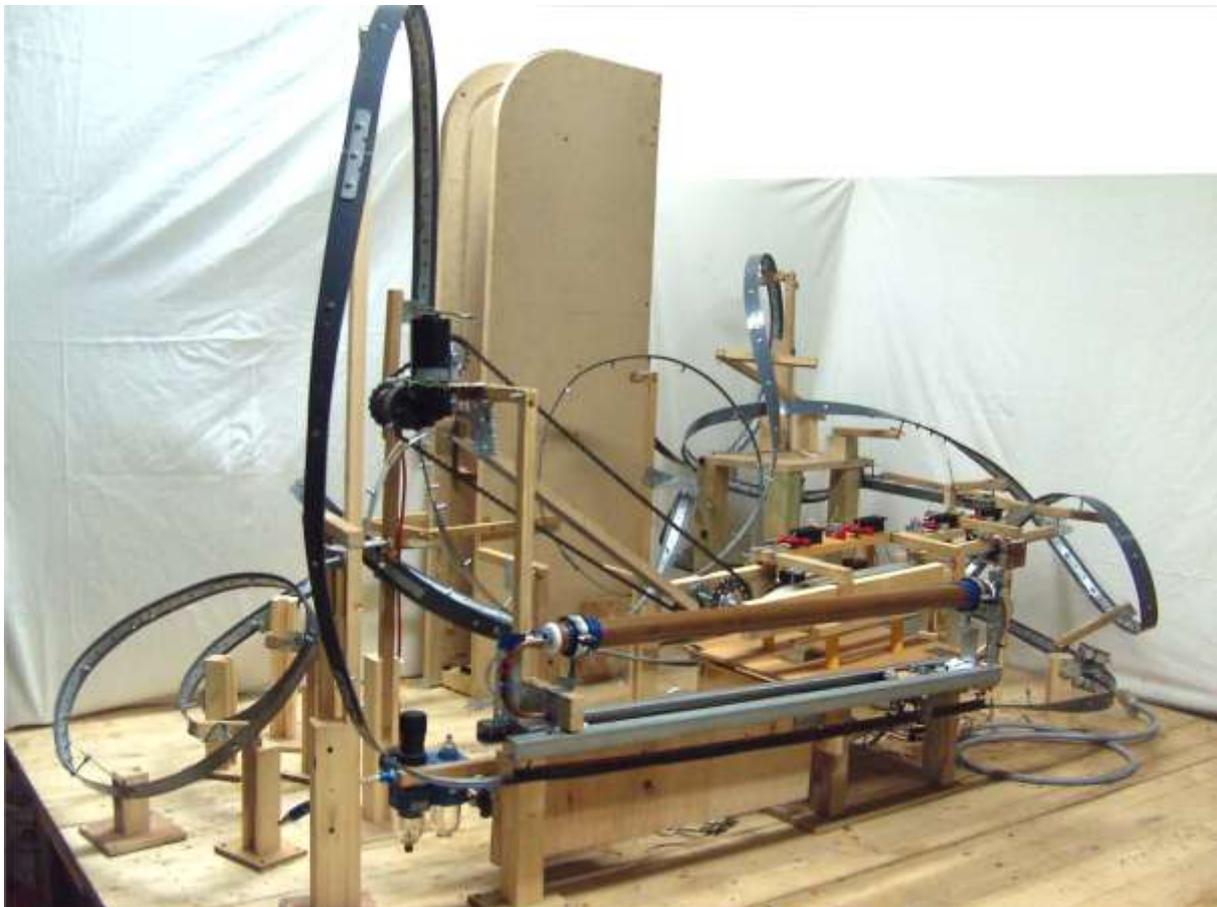


Abb. 1.1. Foto unserer Achterbahn

## 2. Entwicklung und Bau unserer Wagen- und Schienensysteme

Da Wagen und Schiene die Grundlage jeder Achterbahn darstellen, begannen wir unser Projekt folgerichtig mit der Entwicklung dieser Grundelemente.

Der erste Versuch stellte uns noch nicht zufrieden und auch drei weitere Systeme wiesen gewisse Nachteile auf. Durch unsere Bestrebung zur Verbesserung des Systems verwarfen wir immer wieder einen Wagen der älteren Generationen und entwickelten neue. Insgesamt kamen so fünf unterschiedliche Wagen und drei Schienensysteme zustande, an welchen wir jeweils die Fehler des vorherigen Systems behoben. Diese Entwicklung beschreiben wir im Folgenden.

### 2.1. Erste Versuche mit Fischertechnik

Wir bauten einen Wagen aus Fischertechnik, der eine obere und seitliche Führung durch Räder hatte. Als Schiene wurden zwei L-Profile aus Fischertechnik wie abgebildet nebeneinander befestigt.

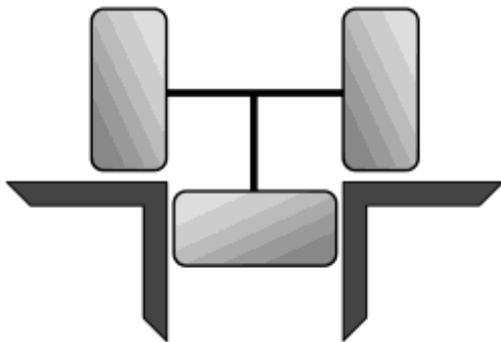


Abb. 2.1.1. Skizze (links) und Foto (rechts) des ersten Wagens

Bei zu hohen nach oben gerichteten vertikalen G-Kräften flog der Wagen aus der Schiene, da er keine unteren Führungsräder hatte.

## 2.2. Neukonstruktion der Schiene und des Fischertechnikwagens

Um ein Entgleisen des Achterbahnwagens zu verhindern, bauten wir einen Wagen mit oberer, seitlicher und unterer Führung. Dies realisierten wir durch Fischertechnikräder, die auf beiden Seiten Radkappen hatten und so seitlich um die Schiene griffen.

Außerdem entschieden wir uns dafür, einen Inverted Coaster (Hängeachterbahn) zu bauen, da uns dieser besser gefiel. Wir suchten nach einer passenden Schiene und fanden Windrispenband bei uns im Keller. Diese nutzten wir wie auf dem Foto abgebildet als Schiene.

Dieser Wagen war jedoch zu instabil, weshalb wir eine neue Generation entwickelten. Abgesehen davon hatte er eine zu große Rollreibung, was zu einem schnellen Verlust der kinetischen Energie führte.

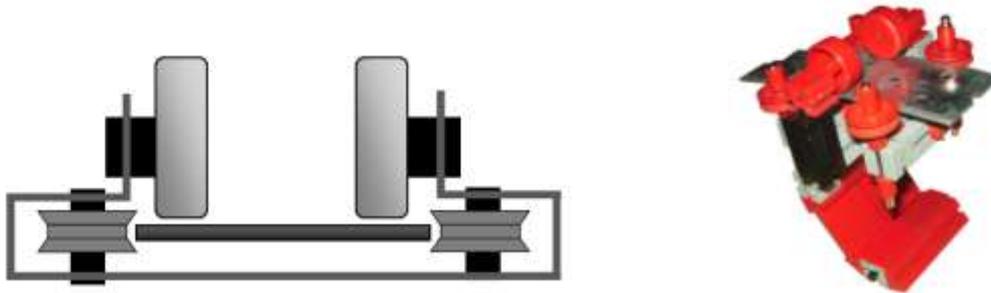


Abb. 2.2.1. Skizze (links) und Foto (rechts) des zweiten Wagens

## 2.3. Umstieg auf PVC-Schiene und Eigenbauwagen

Wir bauten einen Wagen der nicht mehr aus Fischertechnik bestand. Als Räder benutzten wir Kugellager, die wir aus Inlineskatern ausbauten. Wir befestigten an jeder Seite jeweils zwei Lager oben, zwei an der Seite und zwei unten.

Bei zu starken Drehungen verkantete sich der Wagen, da der Spalt zwischen den oberen und den unteren Rädern zu gering war.

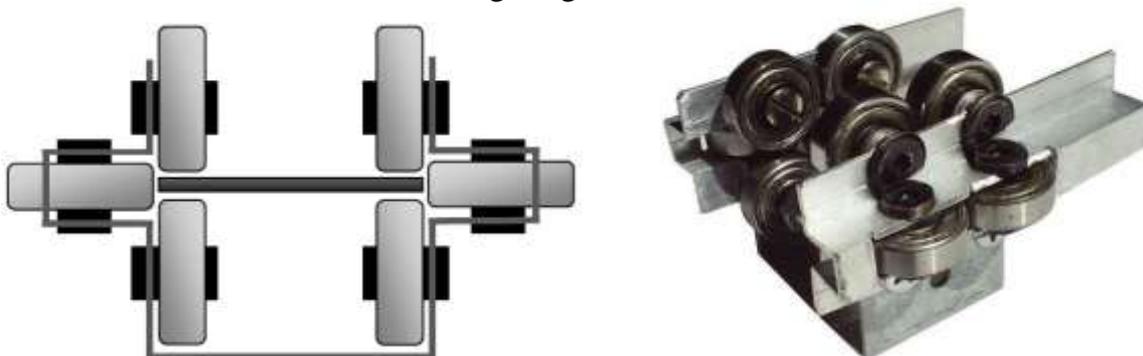


Abb. 2.3.1. Skizze (links) und Foto (rechts) unseres dritten Wagens

Zuerst nutzten wir für diesen Wagen noch Windrispenband als Schiene, doch da dessen Oberfläche zu rau war, bremste der Wagen stark ab. Wir benötigten eine Schiene, welche eine glatte Oberfläche besitzt, leicht zu verarbeiten und zu biegen ist, und sich trotzdem bei der Durchfahrt des Wagens nicht zu stark verformt.

Unsere Achterbahnschiene ist ähnlich aufgebaut, wie die Schienen bei realen Inverted Coastern. Unten befindet sich die Laufschiene, auf welcher die Räder laufen und darüber die Trägerschiene mit den Flanschen, an denen die Stütze montiert wird.

Als Laufschiene nutzen wir 4cm breites PVC-Band und als Trägerschiene mit der Stichsäge halbiertes Windrispenband. Als Flansche zu den Stützen dienen M5 Gewindeschrauben.

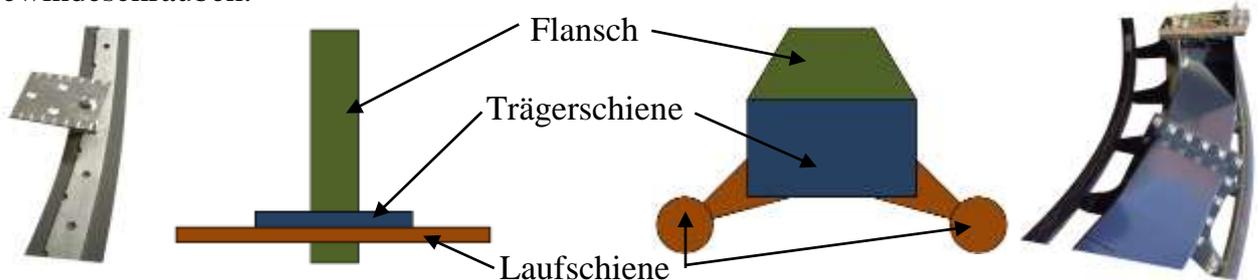


Abb. 2.3.2. Foto und Skizze unseres Schienenprofils (links) und das der Black Mamba im Phantasialand (rechts)

Nach einigen langwierigen Versuchen, die Stützen individuell aus Kupferrohren und Holzleisten zu bauen, entschieden wir uns dafür, in der Schreinerei, in der Matthias' Vater arbeitet, universell einsetzbare Stützen zu bauen.

Wir nutzten das Nut-und-Feder-System um die Höhe der Stützen variabel zu machen. Die Stützen haben ein Scharnier, welches mit einer Gewindeschraube versteift wird. Am Ende der Stütze ist ein Stück Windrispenband angebracht, durch dessen Loch die M5 Gewindeschraube der Schiene gesteckt wird.

Durch dieses Stützensystem ist es uns möglich die Schiene in jeder beliebigen Position zu befestigen.



Abb. 2.3.3. Funktionen unserer universell einsetzbaren Stützen

## 2.4. Verbesserung des Eigenbauwagens

Wir ersetzten die unteren vier Kugellager durch eine einzige gefederte Achse, damit der Abstand zwischen den oberen und unteren Rädern flexibel wurde. Dadurch erreichten wir, dass der Wagen nicht zu viel Spiel hatte und trotzdem in scharfen Drehungen nicht bremste. Dieser Wagen war jedoch nicht in der Lage, längere Zeit kopfüber zu fahren ohne stark abzubremesen, da sich sonst die Schiene zwischen den seitlichen und den unteren Rädern verklemmte.

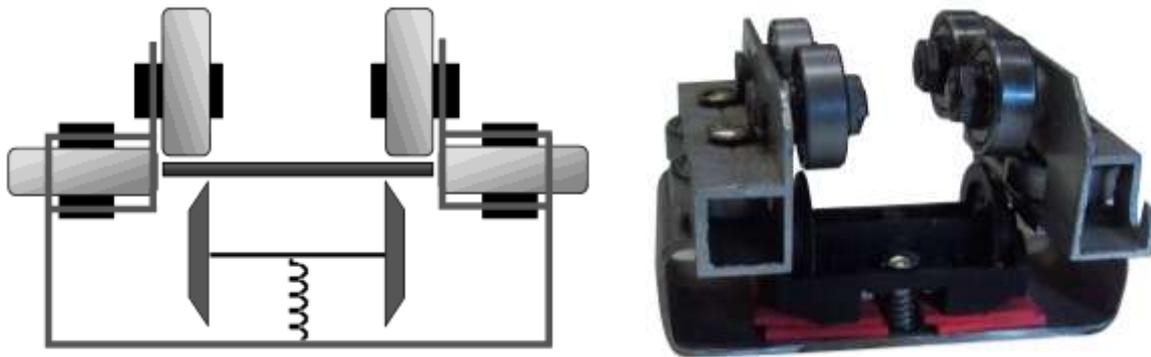


Abb. 2.4.1. Skizze (links) und Foto (rechts) unseres vierten Wagens

## 2.5. Entwicklung eines serienreifen Wagens

Wir griffen den Aufbau der dritten Generation wieder auf, vergrößerten aber den Abstand zwischen der oberen und der unteren Achse genau so weit, dass die Schiene nicht zwischen die Kugellager rutschen und sich dort verklemmen kann. Um ein möglichst genaues Ergebnis zu erhalten und weitere Fehlversuche zu vermeiden, bestimmten wir die Abstände der Kugellager zueinander mit einem CAD-Programm. Da wir Zuhause nicht die technischen Mittel besitzen, um genau genug handwerklich arbeiten zu können, suchten wir eine professionelle Werkstatt.

Außerdem wollten wir diesmal vier Wagen anfertigen, da in der Realität nur wenige Personen in einer gewissen Zeit mit einer Achterbahn mit nur einem Wagen fahren könnten. Eine Fahrt dauert etwa 2min, und in einen Wagen sollen 4-6 Personen passen. Hochgerechnet kämen wir somit auf eine Abfertigung von etwa 150 pph (people per hour), was für eine reale Achterbahn ziemlich miserabel ist. Mit mehreren Wagen, die auf der Achterbahnstrecke gleichzeitig betrieben werden, wird die Kapazität erhöht. Diese Wagen müssen baugleich sein, da wir sonst Probleme mit dem Anpassen der Strecke bekommen hätten. Bei ungleichem Rollwiderstand würde zum Beispiel ein Wagen zu wenig Schwung haben, um einen Hügel hinauf zu fahren, ein anderer würde mit einer zu hohen Geschwindigkeit an der nächsten Bremse ankommen. Auch hier ist das präzise Arbeiten in einer professionellen Werkstatt von Nöten.

Unsere Schule hat eine Kooperation mit der Firma Griesson – de Beukelaer, welche eine gut ausgestattete Ausbildungswerkstatt für Industriemechaniker besitzt. Wir setzten uns mit einem Technischen Leiter der Firma zusammen und erklärten ihm die erforderlichen Eigenschaften, die die Wagen haben müssen und nannten ihm die Abstände der Kugellager zueinander. Er schlug uns daraufhin vor, für die Wagen

Kunststoff (POM) zu verwenden, da es leicht zu bearbeiten und trotzdem stabil genug ist. Unsere Gruppe erstellte dann genaue Baupläne mit einem CAD-Programm. Daraufhin fertigten wir die Wagen selbstständig an zwei aufeinanderfolgenden Tagen in der Ausbildungswerkstatt unter Aufsicht des Werkstattleiters.

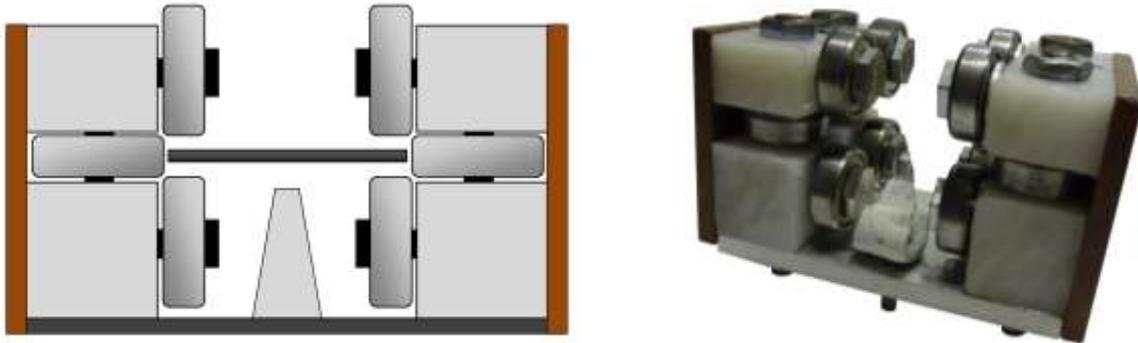


Abb. 2.5.1. Skizze (links) und Foto (rechts) unseres fünften Wagens neuer Mitnehmer

Die Wagen bestehen aus weißem Kunststoff (POM), Gewindeschrauben und Kugellagern. Die Grundplatte wurde zweimal gewechselt: Zuerst bestand sie aus Blech, in das wir allerdings die Löcher sehr ungenau gebohrt hatten. Deshalb und aus ästhetischen Gründen wechselten wir zu POM, aus dem auch der restliche Wagen bestand. Dieser Werkstoff erwies sich allerdings als zu flexibel: In der Wirbelstrombremse wurden die Kugellager so stark von den Magneten angezogen, dass sich der Wagen auseinander bog, was dazu führte, dass er an diesen hängen blieb. Wir entschieden uns für 6mm starkes Aluminium, welches wir in der Werkstatt von Griesson – de Beukelaer zuschnitten. An den Seiten des Wagens wurden Kupferplatten angebracht, welche als Bremsschwerter der Wirbelstrombremse dienen und zwischen den unteren Kugellagern befindet sich ein Mitnehmer, der sich in die Kette des Kettenzugs einhakt.

Nun haben wir vier nahezu identische Wagen, welche die Strecke in derselben Geschwindigkeit durchlaufen. Die Wagen fahren nun auch in jeder Lage gleichgut.

### 3. Die Beschleunigungssysteme

Die Wagen unserer Modellachterbahn sind nicht motorisiert, sondern werden von Beschleunigungssystemen auf der Strecke angetrieben. Auf diese Art werden auch die meisten Freizeitpark-Achterbahnen betrieben. Mit einem Kettenzug, einem Vertikallift und einem Abschluss nutzen wir die gängigsten Antriebsformen. Diese beschreiben wir im Folgenden.

#### 3.1. Transportelement in der Station

Die Station dient als Startpunkt unserer Strecke. Hier sollen die Wagen angehalten werden und darauf warten, dass der Startknopf auf dem Schaltpult betätigt wird. Auf dieses Signal hin soll ein Wagen aus der Station bis in unser nächstes Beschleunigungselement, den Kettenzug, befördert werden.

Früher realisierten wir dies durch einen Luftdruckzylinder, den wir so in der Station befestigen, dass er dem Wagen im herausgeschobenen Zustand den Weg versperrte und ihn so zum Stehen brachte. Damit der Wagen nach dem Zurückziehen des Zylinders von alleine bis in den Kettenzug rollte, neigten wir die Stationsschiene in Fahrtrichtung.

Nach der Entscheidung mehrere Wagen zu benutzen, benötigten wir ein neues Transportsystem, welches jeden Wagen einzeln anhalten und weiterschicken konnte. Das alte System mit dem Druckluftzylinder hatte nämlich den Nachteil, dass ein ankommender Wagen gegen die in der Station befindlichen Wagen stieß. Außerdem konnte man den Kolben erst wieder schließen, wenn alle Wagen aus der Station gerollt waren. Es war also nicht möglich einen Wagen einzeln zu starten. Weil dies jedoch erforderlich ist, um die Sicherheit der Achterbahn zu garantieren, hätten wir noch drei weitere, einzeln über das Interface ansteuerbare Druckluftzylinder benötigt. Weil wir jedoch keine kostengünstige Bezugsquelle für elektromagnetische Ventile fanden, entschieden wir uns für ein Reibradsystem, welches auch in Freizeitpark-Achterbahnen eingesetzt wird. Wir probierten verschiedene Installationsmöglichkeiten aus:



Bei einem System befand sich auf der linken und der rechten Seite ein durch jeweils einen Legomotor betriebenes Reibrad, welches durch ein Haushaltsgummi an den Wagen gedrückt wurde.

Dieses System war jedoch schwer zu befestigen und passte nicht in die Station.

Abb. 3.1.1. Erstes LEGO-Reibradsystem



Wir konstruierten ein neues System, bei dem sich die Reibräder aus Platzgründen über dem Wagen befanden. Die Oberseite der Wagen bot in der Mitte keine Angriffsfläche. Um den Druck dennoch gleichmäßig zu verteilen, brachten wir über der Schiene gefederte Achsen an, an denen je links und rechts ein Reibrad befestigt war.

Abb. 3.1.2. Zweites LEGO-Reibradsystem

Leider verklemmten sich die Reibräder jedoch an den auf der Oberseite der Wagen abstehenden Muttern. Wir hätten dort also glatte Angriffsflächen schaffen müssen, entweder durch Absenken der Muttern, oder durch Anbringen einer Reibungsfläche. Weil wir für die in Punkt vier genannte Wirbelstrombremse sowieso schon an der rechten und linken Seite der Wagen Kupferplatten angebracht hatten, die große, glatte Angriffsflächen boten, entschlossen wir uns, die Reibräder nun doch wieder neben den Wagen zu positionieren.

Wir hatten nicht genug Legomotoren, um vier Reibräder einzeln antreiben zu können. Da wir keine Legomotoren, dafür aber Fischertechnikmotoren gesponsert bekamen, verwendeten wir nun diese als Antrieb für dazugehörige Fischertechnikreibräder.



Einige Versuche zur Anordnung der Reibräder zeigten, dass wir, wenn wir die Reibräder mittig auf derselben Höhe wie die Schiene befestigten, kein zusätzliches Reibrad auf der anderen Seite mehr einbauen mussten. Außerdem stellte sich heraus, dass aufgrund der ebenen Oberfläche der Kupferplatten und der nachgebenden Bereifung der Reibräder keine Federung der Achsen mehr nötig war.

Abb. 3.1.3. Station mit aktuellem Transportsystem aus Fischertechnik

Bei diesem System sind die Reibräder auf der rechten Seite in Fahrtrichtung befestigt. Die Achsen für die Wagen wurden senkrecht in dafür vorgesehene Löcher gesteckt und mit Fischertechnik-Stangenarretierungen gegen Herunterrutschen gesichert. Am oberen Ende befindet sich ein Zahnrad, das über eine Schnecke von einem Motor angetrieben wird.

## 3.2. Der Kettenzug

Unser erstes Transportelement war ein Kettenzug aus Fischertechnik. Damals arbeiteten wir mit dem Wagen der 3. Generation, welcher sich mit einer Zahnstange in eine Fischertechnikkette einhakte. Beim Wagen der 4. Generation wurde die untere Achse der Wagen von an der Kette befestigten Haken mitgezogen. Dies hatte den Nachteil, dass die Wagen abrupt gestoppt wurden, sobald sie von hinten gegen einen dieser Haken fuhren und dann soweit zurückrollten, bis sich ein anderer Haken in die untere Achse einhakte. So konnte es aber auch passieren, dass der Wagen soweit zurückrollte, bis die Kette ihn nicht mehr mitzog.

Nach einem Tag Dauerbetrieb stellte sich außerdem heraus, dass die Fischertechnikelemente einen hohen betriebsbedingten Verschleiß aufwiesen. Zunächst tauschten wir nur den Fischertechnikmotor gegen einen wesentlich leistungsstärkeren Scheibenwischermotor aus.

Auf der Suche nach beständigeren Elementen kam uns die Idee, Fahrradketten und Ritzel zu verwenden. Da das Loch in der Mitte vom Ritzel zu groß war, um es damit an einer M8-Gewindestange zu befestigen, brauchten wir eine spezielle Aufhänge-vorrichtung. Dafür drehten wir selbstständig passende Aluminiumscheiben in der Werkstatt der Firma Griesson – de Beukelaer. Aus thermoplastischem Material fertigten wir eine Art elastischen Zahn, der es ermöglicht, dass der Wagen soweit nach oben rollt, bis ihm der Schwung ausgeht und sich dann in die Kette einhakt. Dies hat den Vorteil, dass der Wagen nicht mehr so abrupt gestoppt wurde.



Abb. 3.2.1. Mitnehmer im geöffneten Wagen im Kettenzug

### 3.3. Der Thrill-Lift

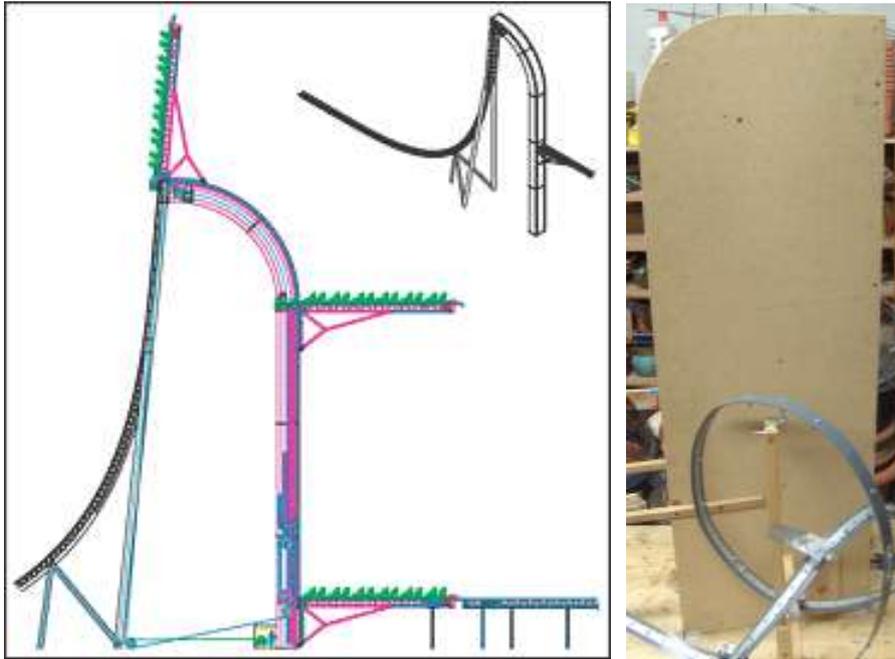


Abb. 3.3.1.-3.3.2. Schematische Zeichnung (links) und Foto (rechts) des Thrill-Lift

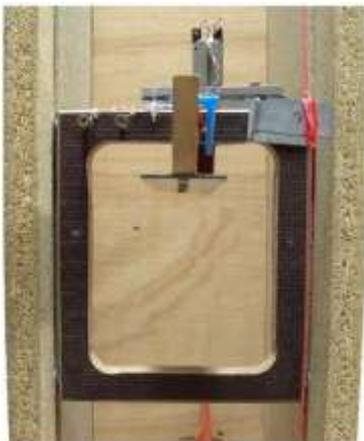
Der Thrill-Lift ist ein 140cm hoher, vertikaler Aufzug, dessen Gondel am oberen Ende um 90° nach vorne kippt.

Die Gondel besteht aus einem Rahmen, an dem die Kugellager angeschraubt sind. An diesem Rahmen ist auch ein kurzes Schienenstück befestigt, auf das der Wagen rollt.

In der Gondel wird der Wagen durch einen herausgefahrenen Riegel zum Stehen gebracht. Ein Zurückrollen wird durch eine aus elastischem Material bestehende Rückrollsicherung verhindert. Diese Absperrungen sind notwendig, damit der Wagen während der Kipp-Phase nicht von der Schiene rollt.

Sobald sich die Gondel in der Endposition befindet, wird der Riegel eingefahren und der Wagen fährt weiter. Danach schließt sich die Bremse wieder, da wir sie nur in der Endposition mit Strom versorgen können. Die Gondel fährt wieder in die Ausgangsposition, um einen weiteren Wagen aufzunehmen.

An der Gondel sind Kugellager befestigt, die in einer Nut in 20mm starken Sperrholzplatten laufen. Die Gondel ist über ein Seilsystem mit einer Seilwinde verbunden, die von einem Scheibenwischermotor angetrieben wird. Die Geschwindigkeit der Gondel hängt vom Durchmesser der Seilwinde ab. Nach einigen Versuchen haben wir den idealen Durchmesser herausgefunden.



Zur Steuerung haben wir vier Sensoren verbaut. Eine Lichtschranke erkennt, wenn sich ein Wagen in der Gondel befindet und eine weitere, wenn er diese wieder verlassen hat. Zwei weitere Sensoren erfassen, ob sich die Gondel in der Ausgangs- bzw. Endposition befindet.

Abb. 3.3.2. Gondel im Thrill-Lift

### 3.4. Der Abschuss

Bei einem Abschuss handelt es sich um eine horizontale Strecke, bei der der Wagen schnell auf hohe Geschwindigkeiten gebracht wird.

Über der Schiene befindet sich dazu noch eine zweite Schiene, in der ein sogenanntes Catch Car läuft, welches, wenn es beschleunigt wird, den Wagen mitzieht.

Um den Catch Car zu beschleunigen, kamen zwei Systeme in Frage:

#### 1. Antrieb mit Fallgewicht:

Ein über ein Seilsystem mit dem Catch Car verbundenes Gewicht wird aus einer bestimmten Höhe fallen gelassen. Dabei beschleunigt es den Catch Car und damit den Wagen.

Aufgrund der Tatsache, dass ein pneumatischer Abschuss schneller wieder betriebsbereit ist und außerdem einfacher zu bauen war, nutzen wir folgendes System:

#### 2. Pneumatischer Antrieb:

Zu Beginn wird über elektromagnetische Ventile ein geladener Drucklufttank schlagartig in einen Zylinder entleert. Im Inneren des Zylinders befindet sich ein Schieber, der über ein Stahlseil mit dem Catch Car verbunden ist. Durch den Überdruck auf der einen Seite wird der Schieber zur anderen Seite gedrückt. Dabei zieht er den Catch Car mit nach vorne und beschleunigt so den Wagen.

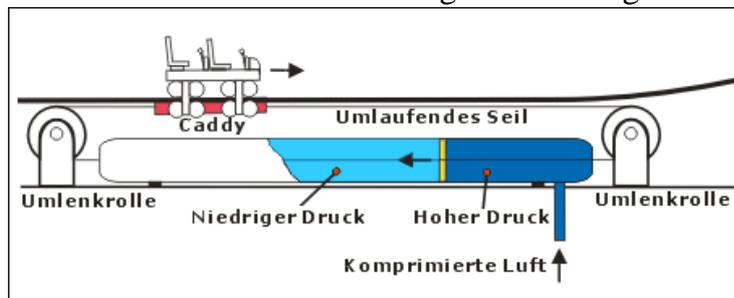


Abb. 3.4.1. Schematische Zeichnung eines Abschusses

Danach wird der Schieber mit gedrosseltem Druck zurück in die Startposition geschoben.

Zuerst bauten wir einen einfachen Zylinder aus einem Plastikrohr und einem Schieber aus Holz, bei dem allerdings aufgrund der zu hohen Druckbeaufschlagung ein Ende des Rohres riss. Deshalb entwickelten und konstruierten wir in Zusammenarbeit mit



Abb. 3.4.2. Foto unseres Abschusses

Griesson – de Beukelaer einen baugleichen Kolben aus Kupfer und Plastik (POM). Zur Ansteuerung benutzen wir elektromagnetische Ventile, die über Relais an das Interface angeschlossen sind.

## 4. Die Bremssysteme

Auf der gesamten Strecke bis zur Station benötigen wir keine Reduzierbremse, da wir die Strecke so an die Geschwindigkeit des Wagens angepasst haben, dass die Wagen an den Stellen, an denen sie anhalten sollen, ohnehin schon langsam ankommen.

Der Bereich vor der Station ist der Einzige, bei dem die Wagen mit einer hohen Geschwindigkeit ankommen, daher befassten wir uns schon früh mit der Schlussbremse.

Die gängigste Art, um den Wagen abzubremsen ist die Reibungsbremse. Zuerst verstärken wir nur die Schiene, sodass der Platz zwischen den Kugellagern so eng wurde, dass die Wagen dadurch gebremst wurden. Nach einigen Versuchen mussten wir allerdings feststellen, dass diese Art von Bremse nicht geeignet ist, da sie sich nicht automatisch an die Geschwindigkeit des Wagens anpasste und so die Wagen zu schnell oder gar nicht aus der Bremse rollen konnten.

Des Weiteren hätten wir aufgrund von Verschleiß an Wagen und Schiene mit einem hohem Wartungsaufwand rechnen müssen

Deshalb informierten wir uns über Bremsmöglichkeiten bei modernen Achterbahnen. Dabei stießen wir auf ein Bremssystem, welches auf Magnetismus und Induktion aufbaut, die Wirbelstrombremse.

Aufgrund der Lorentzkraft werden die bewegten Elektronen der Platte nach oben bzw. unten abgelenkt und über den nicht vom Magnetfeld durchsetzten Teil der Kupferplatte fließt der induzierte Strom zurück. Es entstehen also Wirbelströme, welche wiederum ein Magnetfeld erzeugen, das gemäß der Lenzschen Regel seiner Ursache entgegenwirkt, also den Wagen abbremst. Die Bewegungsenergie, die dem Wagen beim Bremsvorgang entzogen wird, wird aufgrund des ohmschen Widerstandes in Wärme umgewandelt. Dabei sind die Kraft der Magnete, die Stärke und die Fähigkeit der Platten, Strom zu leiten, in denen die Wirbelströme entstehen sollen, sowie die Geschwindigkeit der zu bremsenden Masse, maßgeblich für die Bremskraft verantwortlich.



Abb. 4.1. Wirbelstrombremse mit Wagen

Versuche mit selbst gewickelten Elektromagneten, zu schwachen Permanentmagneten und zu dünnen Kupferplatten haben allerdings nicht die gewünschten Ergebnisse erbracht. Mit Hilfe kräftiger Permanentmagnete und 5mm starken Kupferplatten konnten wir eine funktionierende Wirbelstrombremse bauen.

## 5. Die Steuerung

Unsere Achterbahn kann in zwei Modi betrieben werden, die an einem Knebelschalter gewählt werden. Im manuellen Modus kann man die Elemente einzeln über Taster steuern. Im automatischen Modus dagegen drückt man nur noch den Startknopf und der Wagen fährt, sobald der nächste Streckenabschnitt frei ist los. Der automatische Modus wird realisiert durch eine Steuerung über ein Fischertechnik-Interface. Das ist eine Schnittstelle zwischen Computer und Motoren bzw. Sensoren.

### 5.1 Die Sensoren

Als Sensoren nutzten wir zuvor einfache Taster, allerdings bremsen diese die Wagen ab und hielten sie manchmal auch ganz auf.

Um dieses Problem zu lösen, nutzen wir Lichtschranken. Diese bestehen aus jeweils einer Infrarot-LED und einem Fototransistor.



Dabei sind die IR-LED und der Fototransistor so angeordnet, dass sich der Fototransistor in dem Lichtkegel der LED befindet. Wenn der Wagen nun zwischen der Lichtschranke hindurch fährt, wird der Kontakt unterbrochen. Dadurch wird der Stromfluss durch den Transistor unterbrochen, was wiederum als Signal für die Betätigung der Lichtschranke gewertet wird.

Abb. 5.1.1. Eingebaute IR-Lichtschranke

### 5.2 Das Interface

Zur Steuerung der Sensoren und Motoren mit dem Computer benutzen wir ein Fischertechnik-Interface, welches als eine Art Schnittstelle arbeitet. Dieses Interface empfängt die digitalen Signale des Computers und wandelt diese in Gleichstrom bis 9V um, welcher die Motoren zum Laufen bringt. Auf dem Computer läuft ein Programm von Fischertechnik mit grafischer Programmieroberfläche, mit dem wir unser Steuerungsprogramm geschrieben haben.

Dieses Steuerungsprogramm basiert im Grunde auf einfachen logischen Verknüpfungen, wie zum Beispiel folgende:

Wenn die Lichtschranke vor dem Kettenzug unterbrochen wird, dann wird der Kettenzug eingeschaltet. Sobald der Wagen den Kettenzug wieder verlässt, wird der Motor wieder ausgeschaltet.

Dabei sind allerdings noch weitere Bedingungen zu beachten, welche die Sicherheit der Achterbahn gewährleisten: Der Kettenzug darf den Wagen erst in die Strecke entlassen, wenn die danach folgende Gondel im Thrill-Lift unten bereit steht.

Um einen Zusammenstoß der Wagen zu verhindern, wurde die Strecke in Abschnitte unterteilt. Am Ende jedes Abschnittes kann der Wagen angehalten werden. Erst wenn der darauffolgende Streckenabschnitt frei ist, darf der Wagen weiterfahren. Somit wird

garantiert, dass sich immer nur ein Wagen gleichzeitig in einem Abschnitt befindet. Ein solches System nutzen auch alle modernen Achterbahnen. Durch die Namensgebung eines Streckenabschnittes als Block, wurde dieses System Blocksystem genannt.

Da unsere Achterbahn alles automatisch steuert, muss der Ride-Operator, der Bediener der Achterbahn, nur noch, wenn alle Bügel geschlossen sind, auf den Startknopf drücken. Wenn etwas Ungewöhnliches passiert, meldet ihm das System den Fehler. Wenn nötig kann der Ride-OP dann einen Wagen aus der Strecke ausfädeln oder bei Gefahren den Notaus-Knopf drücken.

### 5.3 Das Steuerpult



Abb. 5.3.1. Schalt-pult

In der Planungsphase entschieden wir uns, dass in einem einzigen Kasten neben der Stromversorgung und der automatischen Steuerung auch verschiedene Schalter sowie ein Touch-Monitor zur Steuerung verbaut werden sollen. Der Deckel soll einfach abnehmbar sein, um den Einbau und die Wartung der Komponenten zu erleichtern. Demnach entwickelten wir ein passendes Design und fertigten Zeichnungen und Papiermodelle an. Dann übertrugen wir die Maße des Gehäuses als Abwicklungszeichnung in ein CAD-Programm und sandten die Daten der Handwerkskammer Koblenz zu.

Anhand dieser Daten wurde das Steuerpult aus 1 mm starkem Edelstahl in der HWK Koblenz mit einem Laser ausgeschnitten. Danach bogen wir im Metallzentrum der HWK Koblenz das Pult in die passende Form und brachten Winkel zur Befestigung des Deckels an.

Um die Steuerungselektronik in dem Pult zu befestigen, schnitten wir eine Holzplatte zurecht, auf der die verschiedenen Geräte montiert werden. Die Schalter sind an dem Deckel befestigt und über Computerstecker mit der Elektronik verbunden. Um das Steuerpult mit den Sensoren und Motoren der Achterbahn zu verbinden, nutzen wir einen an der Rückseite des Gehäuses verbauten 50-poligen D-Sub Stecker.

## **6. Mobilität**

Unserer Grundplatte misst 240cm mal 160cm und der Thrill-Lift ist mit 1,4m unser höchstes Element. Um den Transport der Achterbahn zu erleichtern und um zu gewährleisten, dass sie überhaupt erst durch eine normale Haustüre passt, haben wir die Grundplatte so konstruiert, dass sie in zwei 240cm mal 80cm Platten halbierbar ist. Dafür haben überall dort, wo die Streckenführung von einer auf die andere Platte wechselt, Übergänge eingebaut, an denen wir durch das Lösen von zwei Muttern und einer Schraube die Schiene teilen können. Außerdem lässt sich der Thrill-Lift lösen und durch eine Führung später auch schnell wieder einbauen. Alle Kabel, die von der einer Platte auf die andere führen, werden in einer Verteilerdose gesammelt und auf einen Parallelen Computerstecker gelegt. Dieser wird an ein Kabel mit entsprechender Buchse angeschlossen, dessen Adern wiederum über eine Verteilerdose mit den Motoren und Sensoren verbunden sind. So benutzen wir auch für die Verbindung zu unserem Steuerpult eine 50-polige D-Sub-Steckerverbindung und für den Thrill-Lift eine parallele Computerverbindung.

## **7. Ausblick**

Da unsere Bahn nun technisch einen funktionierenden Stand hat, streben wir in der Zukunft die Optimierung des bisher gebauten an. Auch ein erneuter Aus- bzw. Umbau der bisherigen Strecke ist nicht ausgeschlossen. Außerdem soll die derzeit eher nüchtern wirkende Bahn ein realistischeres Aussehen erhalten sowie eine Szenerie mit Spezialeffekten wie Nebel, Beleuchtung und Soundtracks, die die Fahrt noch spannender gestalten. Für die Wagen sind Sitze mit Bügeln angedacht und für die Station bewegliche Tore und ein absenkbarer Stationsboden.

## 8. Anhang:

### Bilder:

Alle Bilder, außer die beiden unten stehenden, unterliegen, wenn nicht anders genannt, dem Urheberrecht von Jonas Adams, Felix Lentes und Matthias Willberger.

Bild 3.3.1: Vekoma Rides Manufacturing BV

Bild 3.4.1: Coastersandmore.de

### Danksagung:

Wir danken folgenden Personen, die uns unterstützten und zum Gelingen des Projektes beitrugen:

- Arno Willberger (Schreiner), Unterstützung beim Bau der Grundplatte, der Stützen und des Thrill-Liftes
- Lothar Adams, Unterstützung beim Bau des dritten Wagens und der Entwicklung des Schienensystems
- Dietmar Schelsky, unser Ansprechpartner der Firma Griesson – de Beukelaer
- Rino Pellicciotta, unser Ansprechpartner der HWK Koblenz
- Jörg Kreutz, Betreuungslehrer
- Michael Veit, ehemaliger Betreuungslehrer

Wir danken folgenden Unternehmen für ihre freundliche Unterstützung des Projektes:



Unterstützung beim Bau des 5. Wagens,  
dem Kettenzug und dem Abschuss



Profi Pneumatic II  
Robo Extension + Power Set  
6x Motor Set XM



Robo Interface  
Robo Extension



Schalter und Taster



Unterstützung beim Bau der Grundplatte,  
den Stützen und des Thrill-Lift



8 Zoll Touchscreen



Handwerkskammer Koblenz

Unterstützung beim Bau des Steuerpultes



Führung hinter die Kulissen einer Achterbahn



Kunststoffkugellager



Acryl-onlineshop.de

Plexiglasplatte



Kabel vom Steuerpult zur Platte



Kunststoffschrauben für die Wagen



Permanentmagnete zum Bau der Wirbelstrombremse



Kupferplatten zum Bau der Wirbelstrombremse



VGA Verlängerung



Kaninchendraht zum Bau der Szenerie



Schrauben, Gewindestange, Bits



Schraubzwingen

bin-IT!

Kabel, USB-Hub

**BELI-BECO**

Bananenstecker

