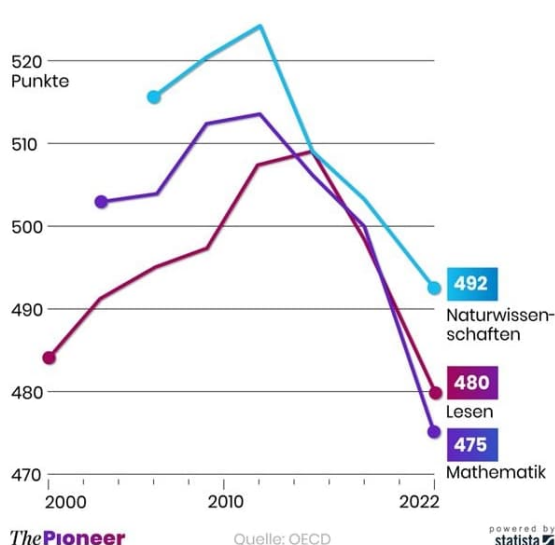


Editorial

Bildungsnotstand

Die PISA-Studie im Jahr 2022 legte offen, was Eltern schon ahnten: In den Corona-Jahren sind die Leistungen unserer Kinder dramatisch eingebrochen. „[Deutschland auf dem Weg in die Bildungskatastrophe](#)“ titelte die Gesellschaft für Bildung und Wissen: Die mühsam errungenen Fortschritte des ersten Jahrzehnts hatten sich pulverisiert.

Leistungen der deutschen Schüler in Lesen, Mathematik und Naturwissenschaften nach OECD-Studie, in Punkten

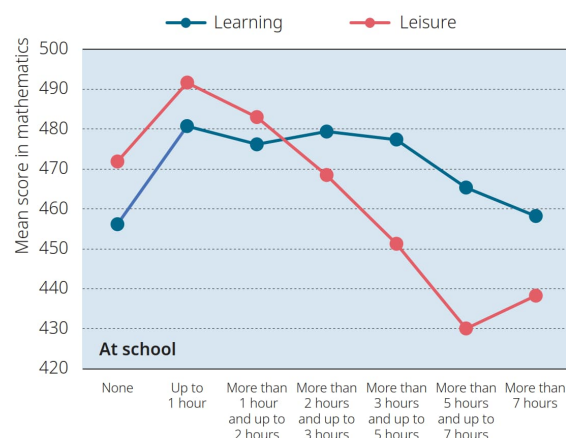


Besonders ernüchternd: Singapur, Japan und Korea sowie mehrere chinesische Provinzen dominieren weiterhin den internationalen Vergleich – mit bis zu 570 Punkten.

Inzwischen mehren sich die Indizien, dass das Nachlassen der Leistungen eine wichtige Ursache hat: die Ablenkung durch elektronische Geräte – vulgo: Smartphones. Nach einer Studie der OECD vom 27.05.2024 ([Managing screen time: how to protect and equip students against distraction](#)) sind in Japan und Korea 5-10% der 15-jährigen in der Schule von Smartphones

Dirk Fox, Stefan Falk

abgelenkt; in Deutschland, den USA und Frankreich sind es fast 30%. Dabei ist die Leistung insbesondere in Mathematik direkt korreliert mit dem Umfang der Ablenkung: Ab einer Stunde Smartphone-Nutzung pro Tag sinkt die Leistung bis auf durchschnittlich 430 Punkte (-12%). Mit moderater, gezielter Nutzung digitaler Geräte hingegen liegt die Leistung 5% höher als ohne.



Quelle: OECD, [PISA in Focus, #124](#)

Sicherlich hat die Entwicklung noch andere Ursachen wie die [Befreiung des Mathematikunterrichts von Inhalten](#) durch Didaktiker und Bildungsforscher. Doch auch [Studien mit Handyverboten](#) an Schulen belegen den Zusammenhang – vor allem bei schlechten Schülern.

Wir alle kennen einen Ausweg. Anbei einige großartige Ideen, was damit möglich ist.

Beste Grüße,
Euer ft:pedia-Team

P.S.: Am einfachsten erreicht ihr uns unter ftpedia@ftcommunity.de oder über die Rubrik [ft:pedia](#) im [Forum](#) der ft-Community.

Inhalt

Bildungsnotstand.....	2
ftc:süd:convention:2024 – Sei dabei!.....	4
Ein Bild von einem Modell (Teil 6): ft-400-Rakete 1969	5
Teleskop-Mobilkran (80er Jahre) – ferngesteuert (5).....	14
Zur feinen Verzahnung des mot.2-Ritzels.....	22
Von Raupenband bis 3D	25
Parallel-Tripterion.....	40
Ampelschaltungen.....	49
Alternativen zum Silberling-Relais – Teil 1.....	63
KI mit fischertechnik	66

Termine

Was?	Wann?	Wo?
Südconvention (ftc)	12.+13.10.2024	Fördertechnik-Museum Sinsheim
Clubtag	26.10.2024	Schoonhoven

Impressum

<http://www.ftpedia.de>

Herausgeber: Dirk Fox, Ettlinger Straße 12-14,
76137 Karlsruhe und Stefan Falk, Siemensstraße 20,
76275 Ettlingen

Autoren: Florian Bauer, Axel Chobe, Arnoud van Delden,
Stefan Falk, Dirk Fox, Raphael Jacob, Peter Krijnen, Claus
Ludwig.

Copyright: Jede unentgeltliche Verbreitung der unveränderten und vollständigen Ausgabe sowie einzelner Beiträge (mit vollständiger Quellenangabe: Autor, Ausgabe, Seitenangabe ft:pedia) ist nicht nur zulässig, sondern ausdrücklich erwünscht. Die Verwertungsrechte aller in ft:pedia veröffentlichten Beiträge liegen bei den jeweiligen Autoren.

Convention

ftc:süd:convention:2024 – Sei dabei!

Raphael Jacob

Die *ftc:süd:convention:2024* findet am 12. und 13. Oktober 2024 im Fördertechnik-Museum Sinsheim statt. Die zweitägige Veranstaltung richtet sich an alle fischertechnik-Fans, von erfahrenen Tüflern bis zu jungen Ausstellern, die ihre ersten Modelle präsentieren möchten.

Für alle Aussteller gibt es ein besonderes Highlight: das Come-Together mit einer Grillparty am Samstagabend, bei der das gesellige Beisammensein im Vordergrund steht. Darüber hinaus lädt das Ausstellerfrühstück an beiden Tagen zum entspannten Start in den Tag ein. Zusätzlich lobt auch dieses Jahr das Fördertechnik-Museum den Förderpreis des Museums unter den Ausstellern aus.

Die Teilnahme an der Veranstaltung ist kostenfrei und neue Aussteller sind ausdrücklich erwünscht! Vorträge können ebenfalls stattfinden – hierfür bitten die Organisatoren um entsprechende Einreichung von Themenvorschlägen.

Melde dich jetzt an unter [1] und sei Teil dieses großartigen Events! Für Fragen stehen euch die Organisatoren Tilo und Raphael unter [2] zur Verfügung.



Abb.: Eindrücke vergangener Conventions

Quellen

- [1] [Anmeldeseite](#) zur Südconvention
- [2] E-Mail-Kontakt zum Südconvention-Organisator-Team:
suedconvention@ftcommunity.de



Modell

Ein Bild von einem Modell (Teil 6): ft-400-Rakete 1969

Stefan Falk

In der DIN-A4-Anleitung der fischertechnik-Grundkästen 100 – 400 findet sich gleich auf der ersten zum großen Grundkasten 400 gehörenden Anleitungsseite eine Rakete mitsamt Startrampe. Dieses einzige Foto des Modells lässt eine Reihe Fragen offen, die auch mit Brainstorming im Chat nicht geklärt werden konnten.

Um diese Anleitung von 1969 [1] geht es:



Abb. 1: fischertechnik Grundkasten-Anleitsheft im DIN-A4-Format

Darin findet sich beim fischertechnik-Grundkasten 400 ([30400](#)) die Seite 28: Um das Modell der Rakete geht es in diesem Beitrag. Die Apollo-Raketen, und insbesondere Apollo 11, mit der die erste Mondlandung gelang, waren damals natürlich

heißeste Themen für Modellbauer. Auch fischertechnik griff dieses Thema auf.

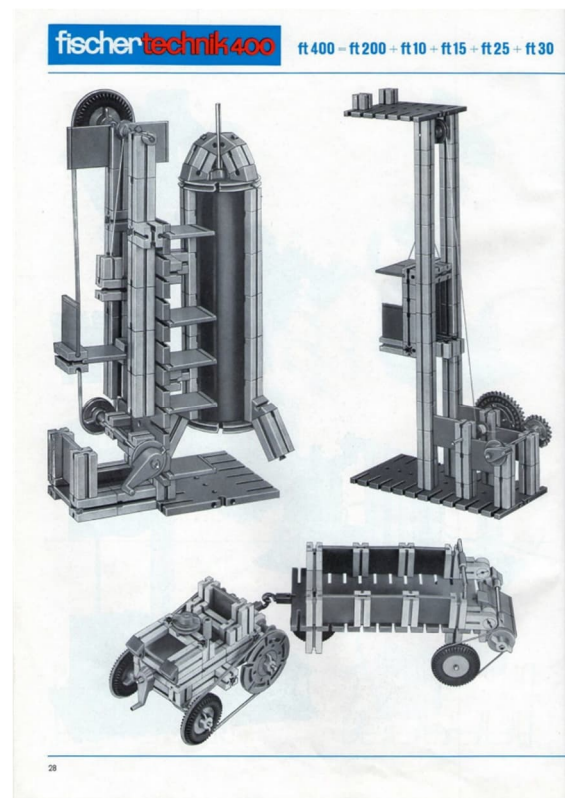
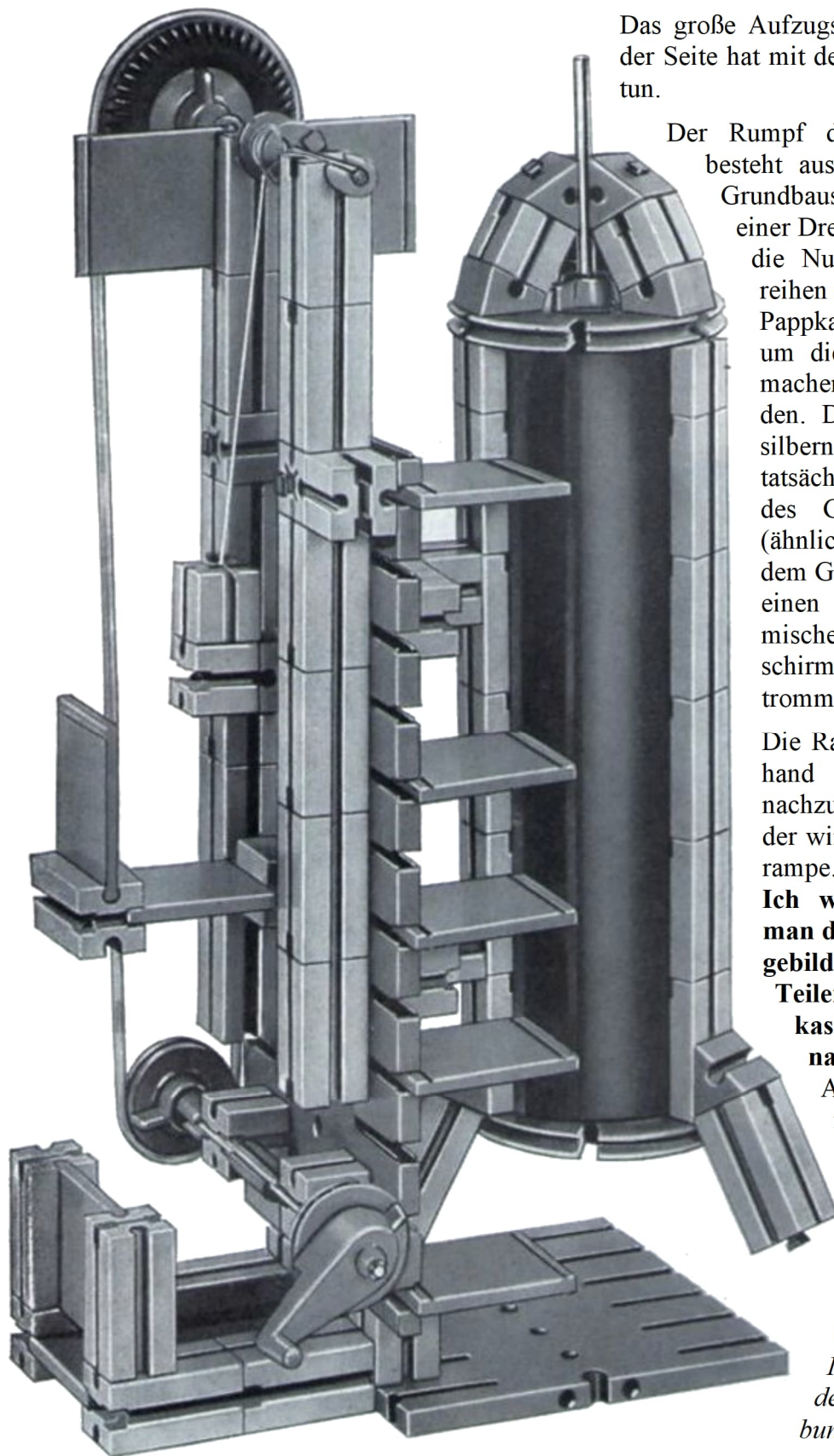


Abb. 2: Seite 28 der Anleitung mit dem Raketenmodell links oben

Das Modell besteht aus

- der Rakete selber,
- einer Startrampe und darin
- einem Aufzug (links in Abb. 2).



Das große Aufzugsmodell rechts auf der Seite hat mit der Rakete nichts zu tun.

Der Rumpf der Rakete selbst besteht aus drei Reihen aus Grundbausteinen, die auf einer Drehscheibe sitzen. In die Nuten der Bausteinreihen sind insgesamt drei Pappkartons eingesetzt, um die Rakete rund zu machen und zu verkleiden. Diese Pappkartons, silbern bedruckt, waren tatsächlich Bestandteil des Grundkastens 400 (ähnliche Kartons lagen dem Grundkasten 200 für einen kleinen Betonmischer, einen Radarschirm und eine Art Los-trommel bei).

Die Rakete selbst ist anhand der Fotos gut nachzubauen. Spannender wird es bei der Startrampe. Und gleich vorab: **Ich wüsste nicht, wie man das Modell wie abgebildet nur mit den Teilen eines Grundkastens 400 exakt nachbauen könnte!**

Aber der Reihe nach.

Rampenboden

Gleich unten im Fuß stellt sich die erste Frage: *Wie ist die Grundplatte 90 × 180 ([31001](#)) mit dem Fuß verbunden?*

Abb. 3: Das nachzubauende Modell

Man betrachte den hinteren der beiden senkrecht auf der Bodenplatte 90×90 ([31002](#)) stehenden Bausteine. Auf dem Bild sieht es so aus, als ob die senkrecht stehende große Bauplatte bündig mit diesem Baustein abschließt. Nur wie ist sie denn dann befestigt? Auf der Bauplatte 90×90 unten können z. B. nicht zwei Bausteine 15 mit zwei Zapfen sitzen, auf denen ein Baustein 15 waagrecht steckt und mit seinem Zapfen in der untersten Nut der großen Platte greift. Warum nicht? Weil dann der unterste Flachstein 30 ([31013](#)) keinesfalls so tief in die Grundplatte eingeschoben sein könnte, wie es die Abbildung zeigt!



Abb. 4: Der Rampenfuß mit der unklaren Befestigung der Bauplatte 90×180

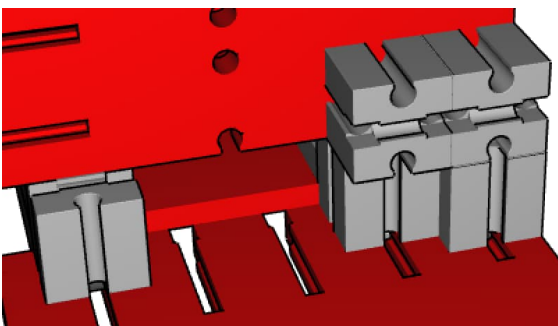


Abb. 5: Die nicht gesicherte, aber immerhin denkbare und hinreichend stabile Rampenbefestigung mit BS 15

Ich fand – nur mit den Teilen des Grundkastens 400 – keine andere Lösung, als hinten die Kombination aus Baustein 15 mit zwei Zapfen und Baustein 15 zu verwenden. Das kann man immerhin zweifach machen, ohne dass ein Baustein – aufgenommen aus dem Winkel des Originalfotos – zu sehen wäre, wo er im Originalfoto nicht zu sehen ist.

Die lange Kurbelachse

Etwas einfacher ergibt sich, was da unten für eine lange Achse in der Kurbel steckt. Das Modellbild hat mittig wohl zwei normale Klemmbuchse 10 ([31023](#)), aber nicht etwa eine Klemmkupplung 20 ([31024](#)), denn dann könnte man die Achse nicht hindurch sehen.

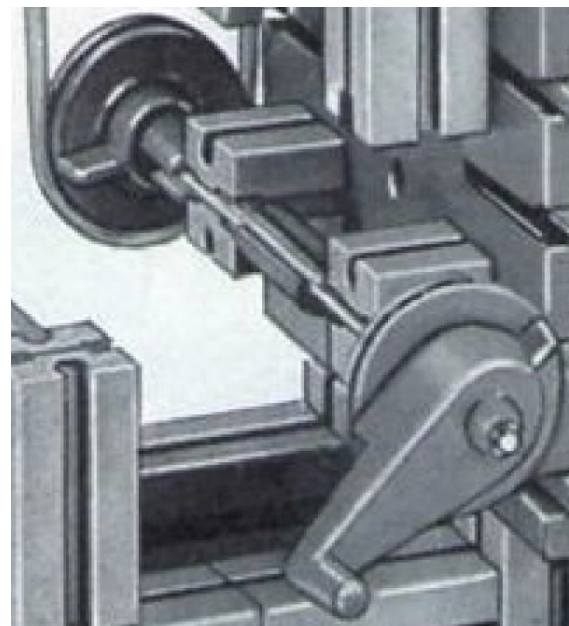


Abb. 6: Eine lange Achse

Die Kurbel muss beim Drehen mitsamt Nabe an der Bauplatte 90×180 vorbeikommen, und am anderen Ende sitzt vor der Nabe mit der Antriebsfeder ([31029](#) oder [31028](#)) eine weitere Klemmbuchse 10. Zudem sieht man vorne an der Kurbel eine helle Stelle – das dürfte die gerade bis dort reichende Metallachse sein.

Das geht aber tatsächlich: Eine normale Metallachse 110 ([31031](#)) genügt, wenn man die hintere Nabe (die mit der Antriebsfeder) mit der Nabenmutter nach innen aufsteckt.

Dann kann die Achse 100 bis zum Kopf der Kurbel gehen, und immer noch kann man die hintere Nabe darauf festdrehen.

Der Aufzugskorb

Ganz und gar ungeklärt ist der Aufzugskorb: Da gibt es also eine „Aufzugskabine“, bestehend aus einem senkrechten Flachstein 30 × 30, einem Baustein 30, einem waagerechten Baustein und schließlich einem Baustein 15, wie’s aussieht. Oben ist die Schnur des Aufzugs am Zapfen eines Baustein 15 mit zwei Zapfen geknotet, der in einen Baustein 15 mündet, und der wiederum in einen weiteren Baustein 15.

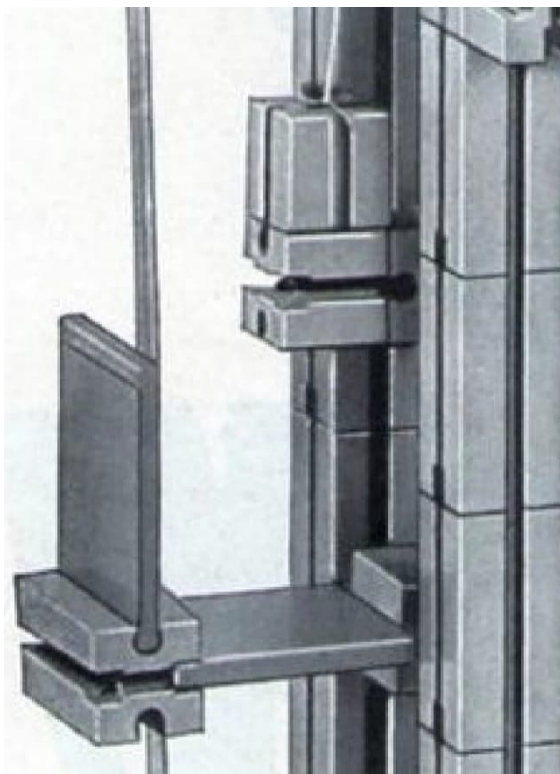


Abb. 7: Der Aufzugskorb

Bloß – wie um alles in der Welt sind die beiden waagrecht liegenden Bausteine 15 der Kabine mit dem ziehenden oben verbunden? Man sieht dazwischen keine Bausteine, auch ein immerhin möglicher weitere Flachstein 30 lässt sich nicht blicken, und andere Teile, die die beiden Baugruppen stabil – immerhin ist da nichts schräg geneigt! – verbinden könnten, sehe ich im Teilebestand eines Grundkastens 400

beim besten Willen nicht. Wir haben auch im ftc-Chat darüber diskutiert, aber niemandem fiel eine Lösung ein.

Ich hätte ja einfach einen weiteren Flachstein 30 zwischen die beiden BS15 gesetzt – fischertechnik ja aber offensichtlich nicht. Es wäre auch keiner mehr übrig gewesen: Ein Grundkasten 400 enthielt zwölf Stück davon, und die sind schon alle verbaut, wie man in Abb. 2 nachzählen kann. Für mich sieht es mangels sichtbarer Kante so aus, als ob bei den vier Grundbausteinen ganz unten zwei Flachsteine eingefügt sind und nicht nur einer – siehe Abb. 6.

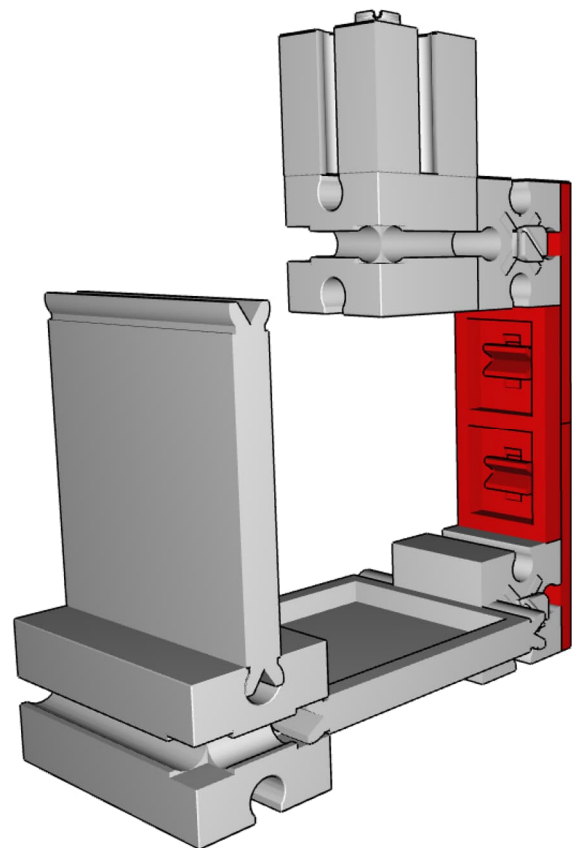


Abb. 8: Aufzugskorb-„Lösung“ A (1)

Eine Lösung, die aber garantiert nicht angewendet wurde, wäre der Einsatz zweier Clipsplatten 15 × 30 mit den Clips in Querrichtung (31510), wie im Zusatzkasten 011 (30011) enthalten, und einer Flachklammer 15 × 30 (31535) aus dem Zusatzkasten 015 (30015). Immerhin gab es beide Zusatzkästen 011 und 015 im Jahre 1969 schon (da wurden die nämlich eingeführt).

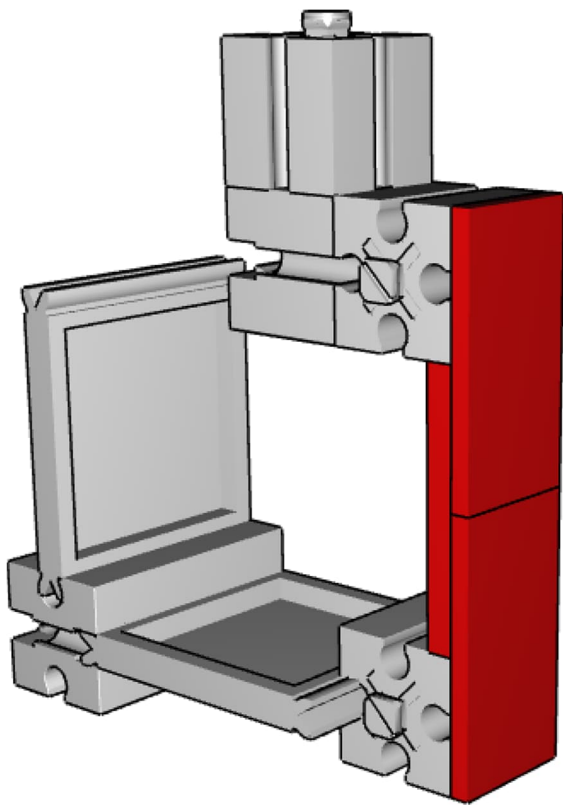


Abb. 9: Aufzugskorb-, „Lösung“ A (2)

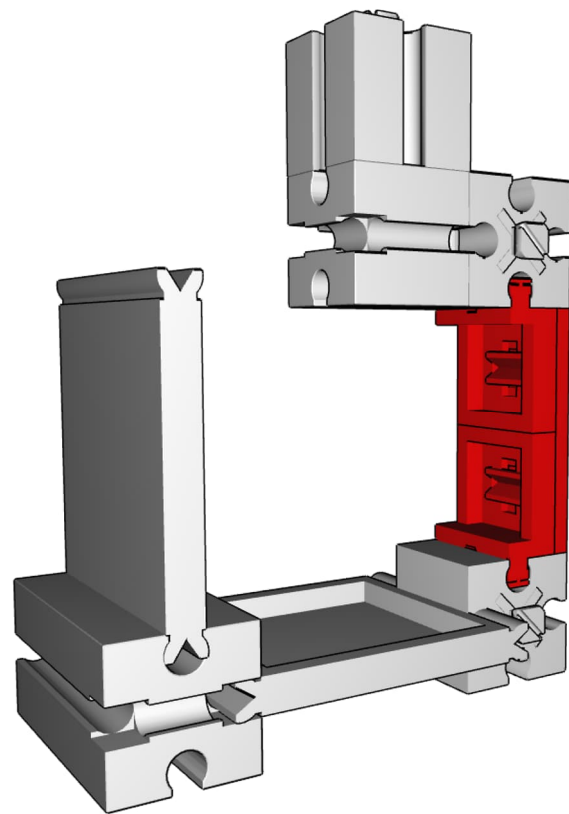


Abb. 10: Aufzugskorb-, „Lösung“ B (1)

Mindestens zwei Gründe machen aber klar, dass das Modell nicht so aufgebaut sein kann:

1. Auf der Anleitungsseite würde dann normalerweise ein Hinweis wie „+ ft 011 + 015“ stehen – steht da aber nicht. Na schön, dass wurde vielleicht vergessen, kann ja mal vorkommen.
2. Es kann aber trotzdem nicht sein. Wie Abb. 7 zeigt, ragen die waagrecht liegenden Bausteine 15 des Aufzugs kein bisschen über die senkrecht verlaufenden Grundbausteinreihen hinaus. Und letztere liegen eng an der Grundplatte 90×180 . Mit der vermeintlichen „Lösung“ mit den Clipsplatten würden sie aber ca. 1 mm herausragen, und das würde man im Bild durchaus erkennen können.

Eine bessere, aber ebenfalls nicht ohne Zusatzteile auskommende Lösung wäre der Einsatz von zwei Winkelklammern 15 ([31538](#)) aus dem ft 015 und nur einer Clipsplatte 15×30 mit Clips in Querrichtung:

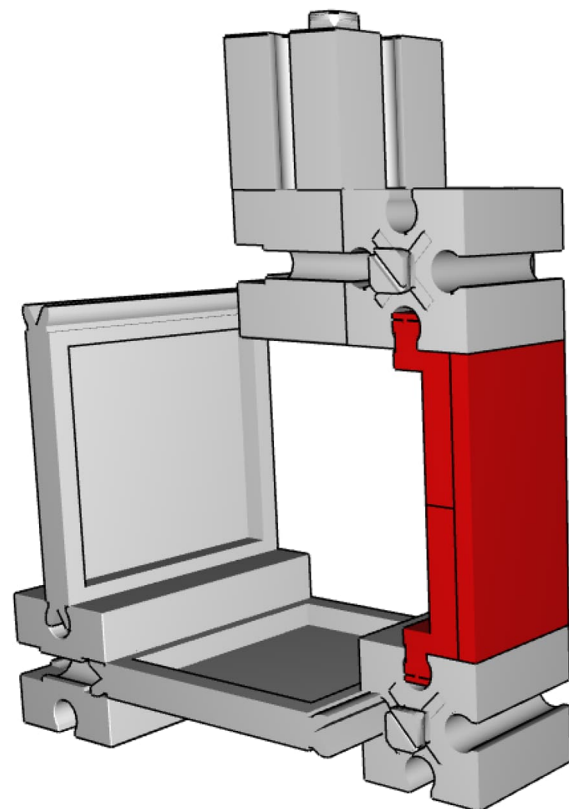


Abb. 11: Aufzugskorb-, „Lösung“ B (2)

Immerhin erfüllt diese Lösung das Kriterium, dass die Bausteine 15 nicht aus dem Grundbaustein-Rahmen um den Aufzug herum herausragen. Aber das Gesamtfoto des Modells spricht eindeutig dagegen (Abb. 3 bzw. 7), dass das Modell so gebaut war: Man sieht von den Nuten der BS 15 selbst zwar nichts, aber man sieht von den dahinter liegenden BS 30 so viel, dass man die roten Federn in der Winkelklammern auf dem Foto sehen müsste, wenn welche drin wären.

Der fischertechnik-Designer liefert den Beweis: Wenn wir exotisch werden, könnten wir die Winkelklammern vielleicht nur halb in die BS 15 einschieben, sodass sie auf dem Bild ganz von den vorderen BS 30 verdeckt würden. Aber das glaubt wohl niemand, dass fischertechnik das damals so gemacht hat.

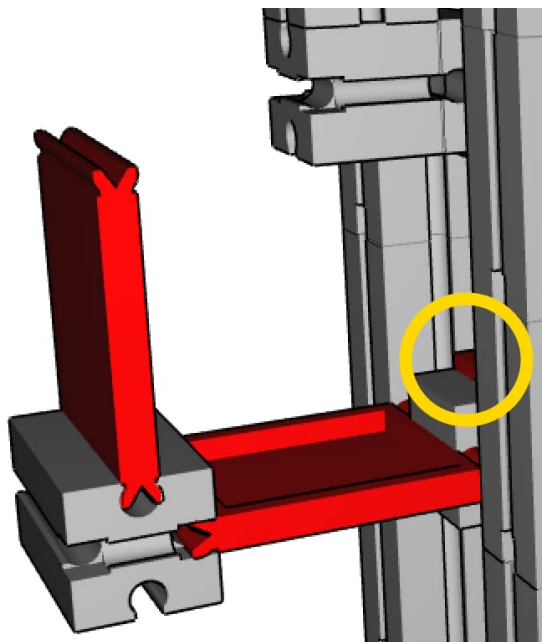


Abb. 12: Winkelklammern, normal eingebaut, können es nicht gewesen sein – im markierten Kreis würde man etwas davon sehen.

So bleibt der Aufzugskorb ein ungelöstes Rätsel. Wenn hier also jemand eine geniale Idee oder gar Wissen hat, immer her damit und gerne im ftc-Forum kundtun!

Die schwebende Rakete

Die letzte Frage betrifft die Verbindung zwischen Rakete und Startrampe: *Welche Bausteine wurden verwendet, und wo genau griffen sie – offenbar – in die senkrechte Grundplatte 90 × 180 ein?*

In Abb. 3 sieht man klar, wo zwei Bausteine seitlich an der Rakete andocken. Vom Foto her würde ich sagen, dass in der Rakete zwei Bausteine 15 mit zwei Zapfen stecken, daran quer (zum Betrachter hin) je ein Baustein 30, und je noch ein solcher zur Grundplatte.

Aus dem Blickwinkel der Aufnahme kann man also zwischen dem zweiten und dritten Flachstein 30 (von unten gezählt) hindurch eine der Halterungen erkennen, und zwar *recht weit oben, direkt unterhalb des dritten Flachsteins*. Das würde bedingen, dass die Rakete tatsächlich *schwebend* angebracht ist und gar nicht auf ihren Füßen steht. Auch das Foto selbst macht zumindest für mich diesen Eindruck: Die Raketenfüße scheinen mir gerade oberhalb der oberen Fläche der Grundplatte 90 × 90 zu enden.

Zusätzlich seltsam ist aber, dass wir an der oberen Raketenhalterung keine Nut sehen, wo aber eine sein müsste:

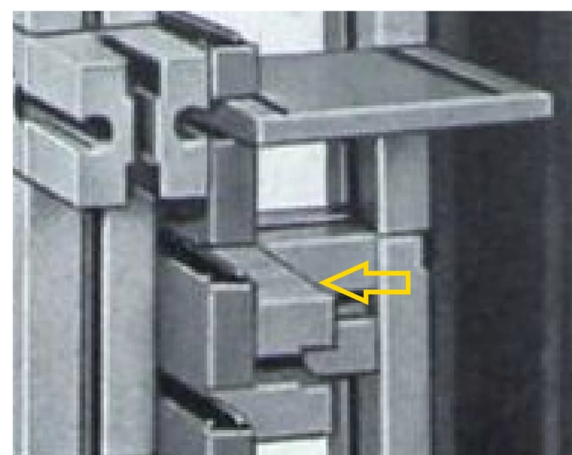


Abb. 13: Der markierte Baustein müsste mit seinem Zapfen links in der Grundplatte stecken – wo ist seine obere Nut?

Es reicht nicht!

Ohne die Raketenhalterung hätten wir bis hierhin insgesamt 37 Bausteine 30 verbaut. 34 hatte der Grundkasten 400, plus 4 mit Rundbohrung, macht 38. Selbst wenn wir die Befestigung der Grundplatte am Boden absolut minimalistisch mit nur einem Baustein 15 (anstatt doppelt wie hier angenommen) verbauen, blieben uns nur 1 BS 30, 1 BS 15 und 1 BS 15 2Z. Damit bekommen wir die Raketenhalterung nicht so hin, wie sie auf dem Foto aussieht.

Fragen über Fragen also. Fußbefestigung, Aufzugskorb, Raketenbefestigung und schließlich schlicht die Anzahl von Grundbausteinen ergeben bislang ungelöste Rätsel. *Was haben die Leute bei fischertechnik damals genau gedacht, gebaut und gemacht?*

Der Nachbau

Eine Kombination zwischen dem Konstruieren, Abmessen und Blickwinkel-Ansichten-Prüfen mit dem fischertechnik-Designer und dem tatsächlichen Nachbau führte zu den Schlüssen, die ich in diesem Beitrag gezogen habe. Ungelöst bleibt der Aufzugskorb, der Rest ist ja zumindest mit dem Einsatz weiterer Teile hinzubekommen. Der reale Aufbau erfolgte mit grauen Bausteinen, alten Klemmbuchsen 10 sowie ursprüng-

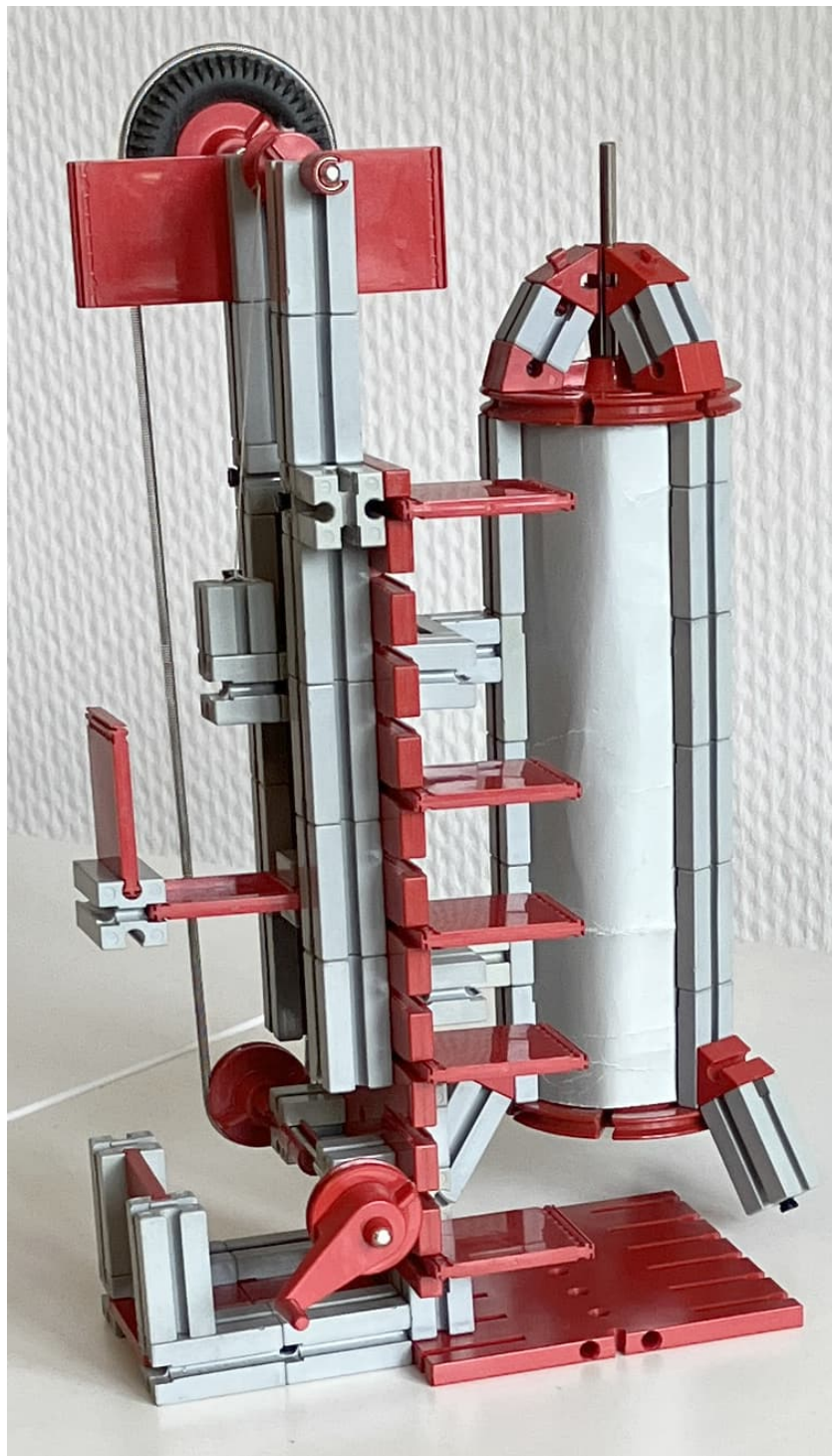


Abb. 14: Ansicht wie in der Anleitung

lichen (glänzend glatten) Bauplatten und Radnaben, und auch mit einer weißen Schnur für den Aufzug – wie auf dem Foto.

Um genau den Blickwinkel der Aufnahme zu bekommen, musste ich mit der Kamera weit weg, und hätte wohl noch weiter

zurückgehen müssen. Abschließend aber doch ein paar Aufnahmen des Nachbaus – die Designer-Datei gibt es unter [2].

Quellen

- [1] Fischer-Werke: Anleitung zu den Grundbaukästen 100, 200, 300, 400. Auf ft-datenbank.de, 1969.
- [2] Stefan Falk: *Rakete aus ft 400*. fischertechnik-Designer-Datei, auf ftcommunity.de, 2024.

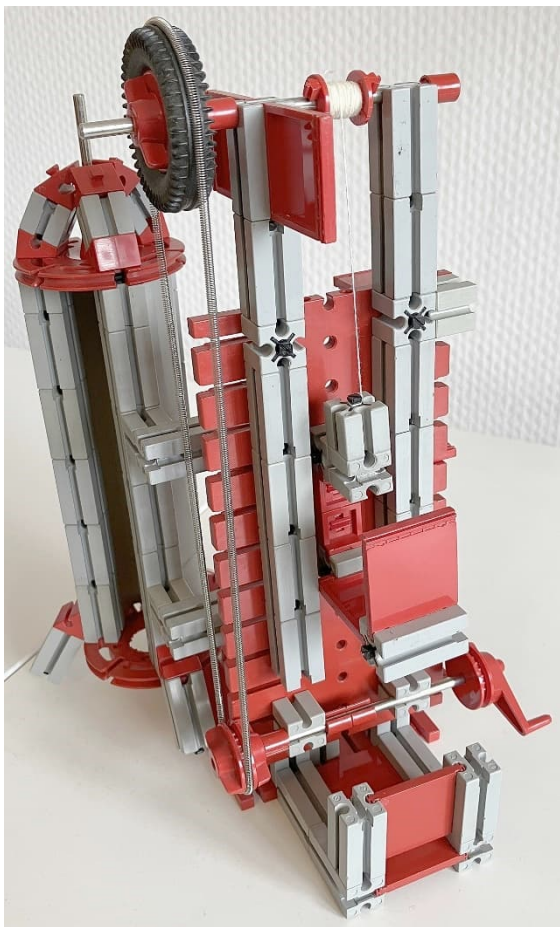


Abb. 15: Anderer Blickwinkel (einer der Pappkartons fehlt – von den drei des ft 400 sind bei mir nach all den Jahrzehnten leider nur noch zwei da)

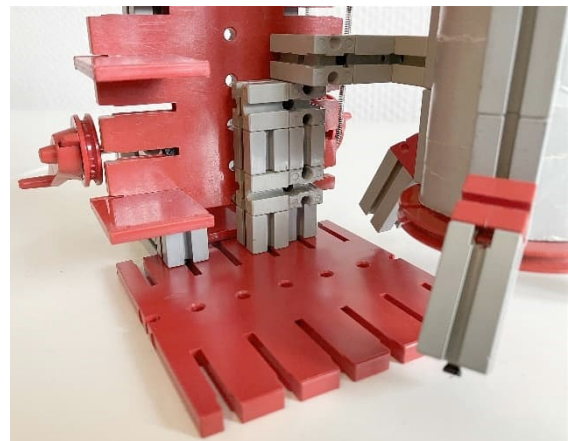


Abb. 16: Rampenfuß-Befestigung und schwebende Rakete – stabil, aber mit zusätzlichen Bausteinen

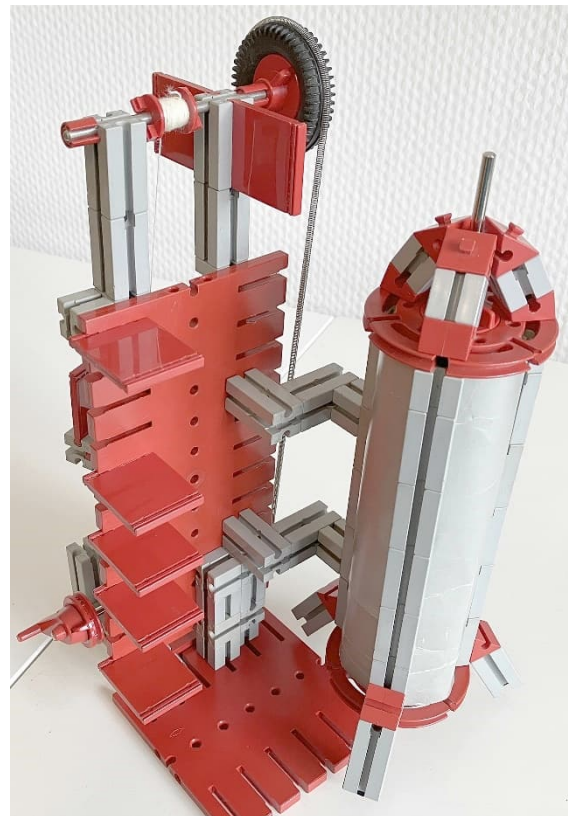


Abb. 17: Befestigung der Rakete

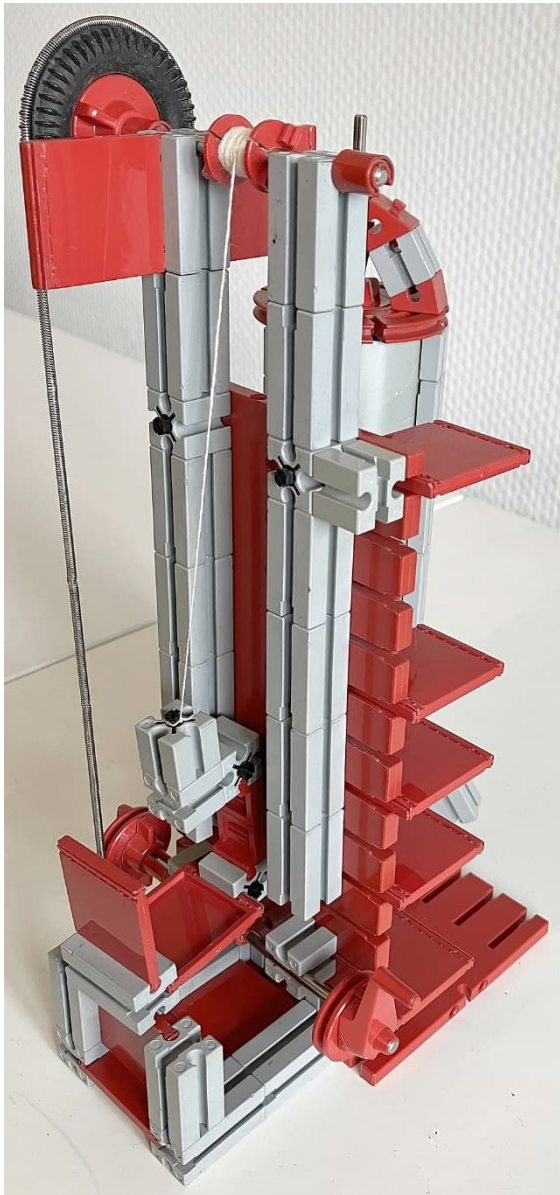


Abb. 18: Aufzugskorb ganz unten

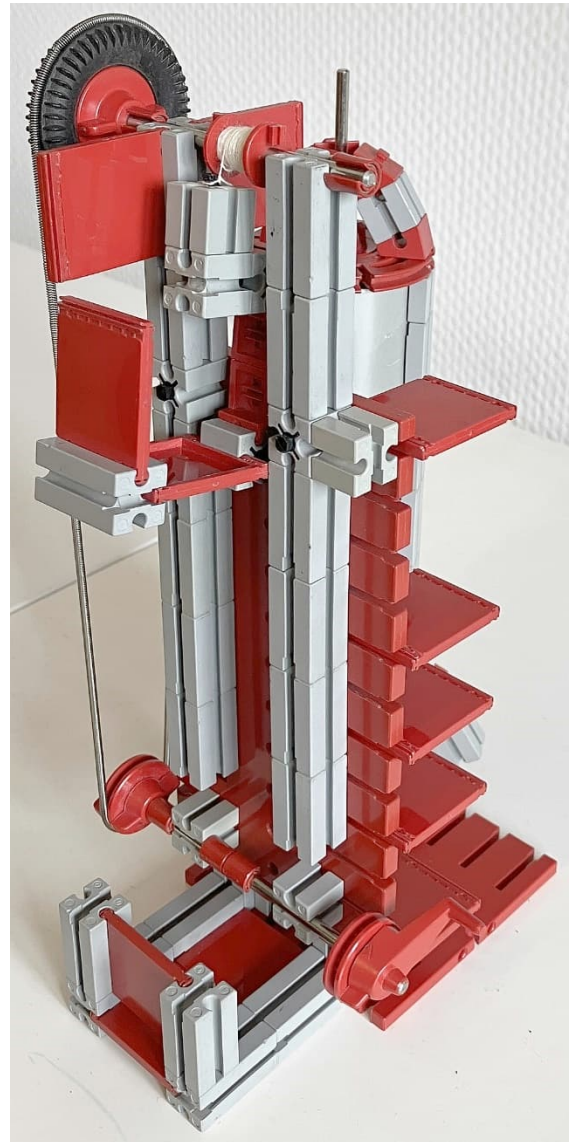


Abb. 19: Aufzugskorb ganz oben

Modell

Teleskop-Mobilkran (80er Jahre) – ferngesteuert (5)

Claus Ludwig

Im fünften Teil geht es um den Umbau der fischertechnik-Lkw-Modelle aus den 80er Jahren auf heutige RC-Fernsteuerungen, beispielhaft dargestellt am Teleskop-Mobilkran, der jetzt mit einer Carson Reflex Stick Multi Pro LCD 14 Channel [1] ferngesteuert wird.



Abb. 1: fischertechnik Teleskop-Mobilkran ([30474](#))

Grundidee

Schon vor einigen Jahren hatte ich die Idee, die alten und für mich sehr schönen und aufwendigen fischertechnik-Lkw der 80er Jahre mit heutigen RC-Fernsteuerungen auszustatten.

Auf der einen Seite sind da die alten Sender und Empfänger, die mittlerweile über 40

Jahre alt sind und bei mir nie störungsfrei gearbeitet haben. Insbesondere der rote zweite Empfänger ist sehr selten und ich habe ihn nie richtig zum Laufen bekommen. Auf der anderen Seite sind da meine guten Erfahrungen mit dem Einsatz von aktuellen RC-Fernsteuerungen und Modulen, die ich in den Teilen 2 bis 4 dieser Reihe schon beschrieben habe [2, 3, 4].

So habe ich bereits vor einigen Jahren den Truck mit Auflieger umgebaut und einen Pritschen-Lkw zum Schneeräumfahrzeug weiterentwickelt. Beide waren bei einer der letzten Nordconventions zu sehen.

Was aber noch fehlte und immer noch auf meiner Ideenliste stand war der Umbau des Teleskop-Mobilkran. Das wurde mein fischertechnik-Projekt für den Winter 2023/2024, das ich hier beschreiben möchte.

Fernsteuerung

Da ich die ersten beiden Modelle mit der Multiplex [5] steuere, habe ich mich beim Teleskop-Mobilkran, auch aufgrund der guten Erfahrungen beim zuletzt gebauten Frontlenker [4], für die Carson Stick Multi Pro LCD 14 Channel entschieden.

Die vielen Taster und Schalter kommen einem dabei sehr entgegen, da der Mobilkran schon in der fischertechnik-Version neben den Fahr- und Lenkfunktionen vier weitere Funktionen für den Kran hat. Bei meinem Umbau habe ich noch ein paar weitere Funktionen hinzugefügt.

So werden bei diesem Modell acht Kanäle genutzt:

- zwei Proportionalkanäle für die Lenk- und Fahrfunktionen
- zwei Schaltkanäle für die Lichtfunktion und das Ein- und Ausfahren der Stützen (Mikrolinearantriebe) sowie
- vier Tastkanäle für die Funktionen des Kranaufbaus.



Abb. 2: Teilverkabelung von rechts



Abb. 3: Teilverkabelung von links

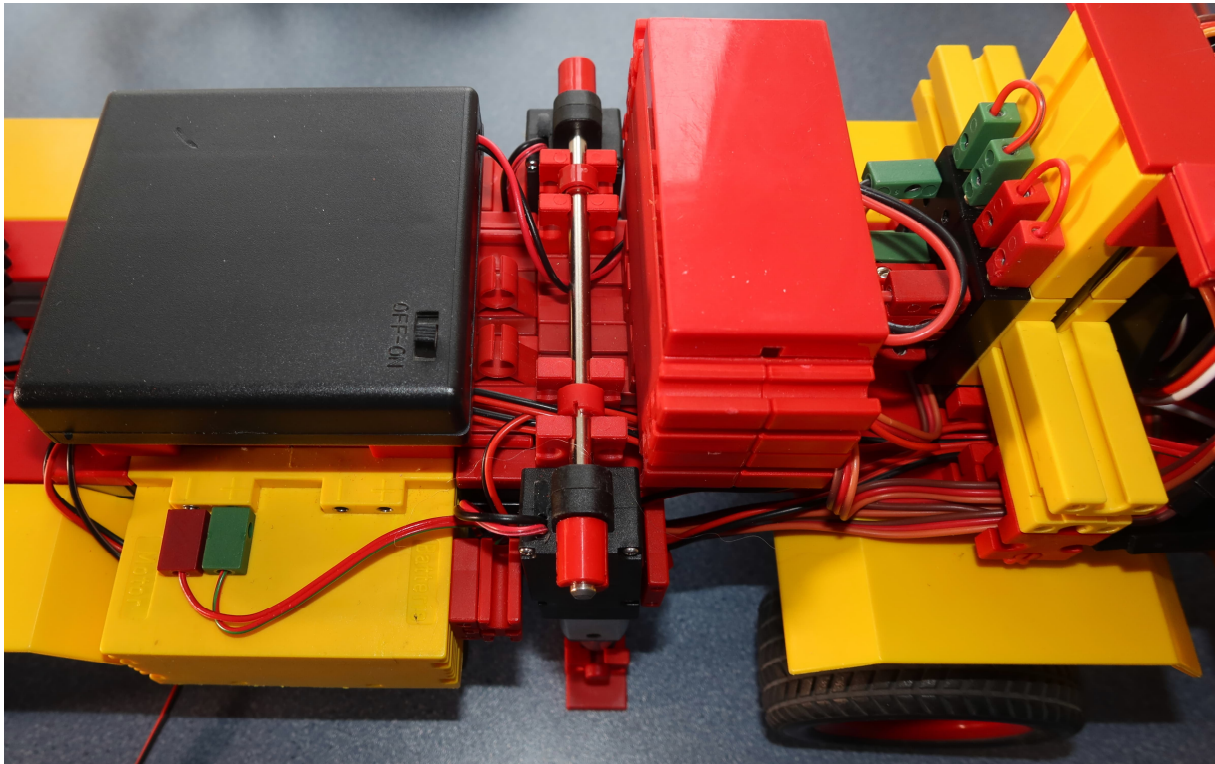


Abb. 4: Rechte Bildseite: Stromverteiler; in der Mitte: rote FT-Batteriehalter zur Unterbringung weiterer Schaltmodule; linke Bildseite: noch der alte Batteriehalter für vier AA Zellen. Der Batteriehalter wurde später durch einen mit sechs Zellen ersetzt.

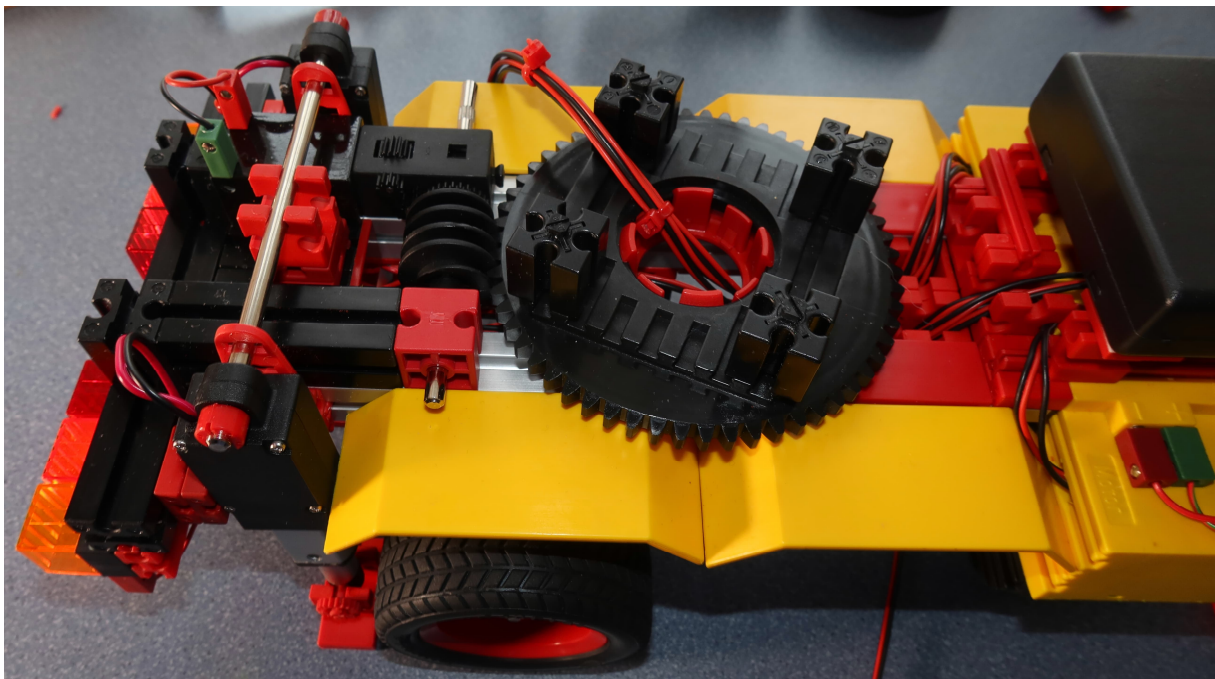


Abb. 5: Drehkranz mit Antrieb für den Kranaufbau und Befestigung der hinteren Micro-Linearantriebe



Abb. 6: Fertig verkabelter Mobilkran ohne Kranaufbau von links...

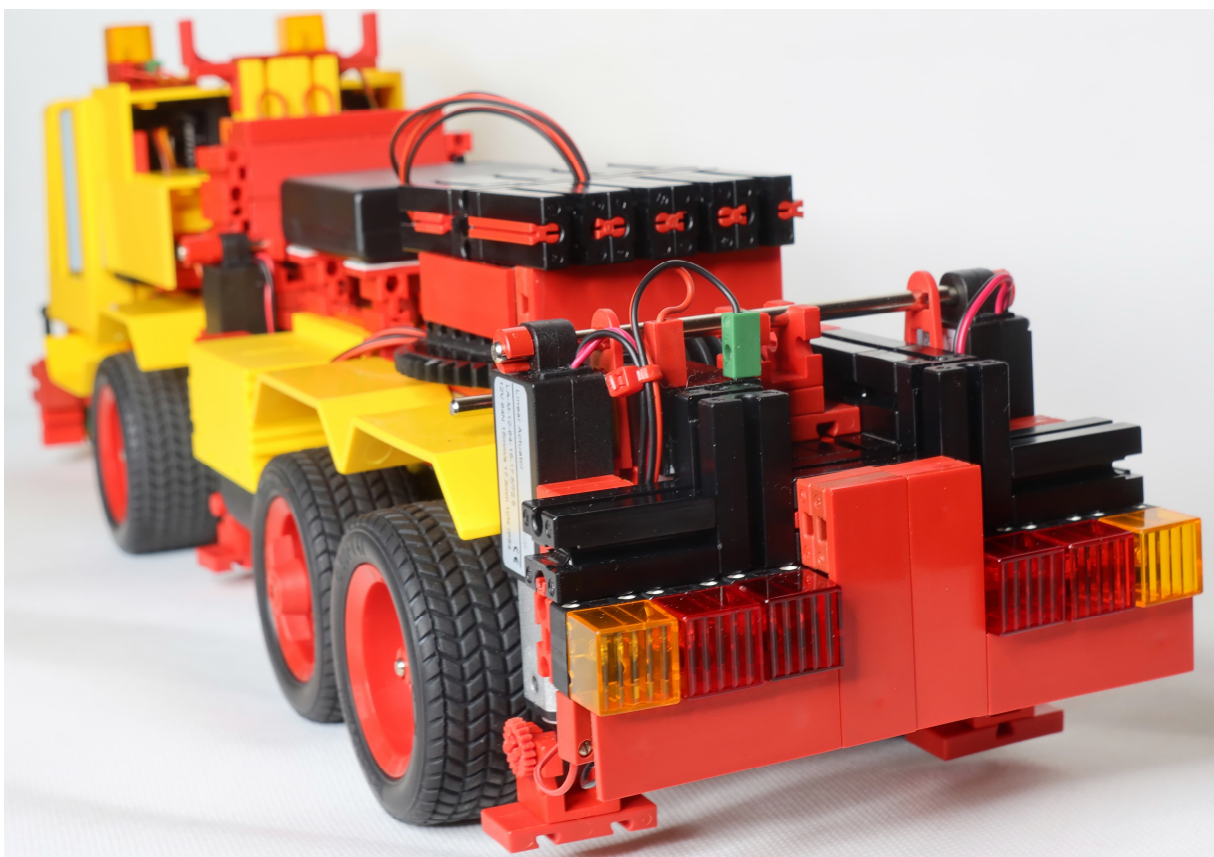


Abb. 7: ...und von rechts.

Der Teleskop-Mobilkran

Ich habe den Mobilkran schon mehrfach im Original gebaut: mit grauen Steinen, dunkelroten Platten- und Führerhaus und den alten fischertechnik-Fernsteuerungen. Da ich weder die grauen Steine noch die dunkelrote Farbe mag, entschied ich mich diesmal dafür die schwarzen Bausteine zu nehmen. Beim Führerhaus und den Kotflügeln habe ich die gelbe Version verwendet, bei den noch genutzten roten Teilen und den Felgen neurot gewählt. Einige Teile wie die alten grauen Motoren oder die Achshalterungen wurden mit Modellbaufarbe „mattrot“ oder „mattschwarz“ gestrichen.

Ursprünglich wollte ich die Stromversorgung mit vier AA-Akkus realisieren, wie ich es schon bei den anderen Modellen gemacht hatte, und diese zwischen den beiden Hinterachsen einbauen. Das funk-

tionierte hier aber nicht, sodass der Batteriehalter über dem Radantrieb seinen Platz fand. Auf einigen Fotos ist noch ein Halter für die ursprünglich geplanten vier Akkus zu sehen. 4,8 Volt reichten aber für dieses Modell nicht aus, da die alten 6-Volt-Motoren und auch der neue 9-Volt-Motor damit nicht (gut) laufen wollten. Daher habe ich jetzt einen Batteriehalter für sechs Akkus verwendet und damit läuft alles „rund“. Die Akkus stammen wieder von eneloop [6].

Für die Unterbringung des 14-Kanal-Empfängers habe ich einen alten fischertechnik-Empfänger ausgeschlachtet und mit verschiedenen Durchbrüchen versehen (das muss man mögen...). Ebenso gibt es bei dem Radantrieb zahlreiche Durchbrüche für die Kabel, da die meisten Fahrregler und Schaltmodule in den beiden Batteriefächern untergebracht sind.



Abb. 8: Gesamtansicht mit ausgefahrenen Stützen

Für die Lenkung wurde wieder ein größerer (vorhandener) Servo verwendet, der direkt unter dem Führerhaus sitzt (Abb. 9).

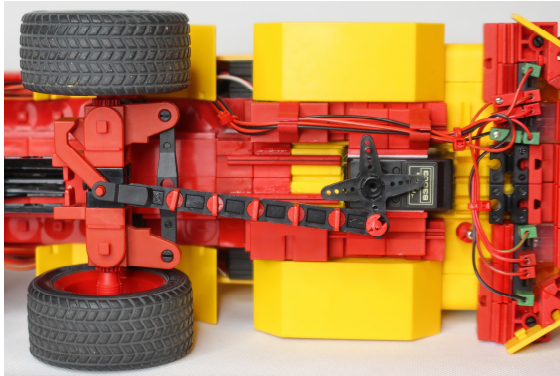


Abb. 9: Detailansicht des Vorderwagens von unten (Lenk-Servo)

Damit genug Bodenfreiheit vorhanden ist, wurde die Grundplatte des Führerhauses für den Servo ausgeklinkt, sodass dieser ein wenig in das Führerhaus hineinragt. Die Einbaurichtung spielt, wie schon im letzten Beitrag beschrieben, auch bei dieser Fernsteuerung keine Rolle, da über die Servoumkehrfunktion des Senders die Ausschlagrichtung angepasst werden kann.

Der Antrieb des Modells erfolgt über den schon genannten alten Radantrieb. Beim Getriebe wurde der zweite Gang gewählt, mit dem sich, in Kombination mit der Fernsteuerung, ein harmonisches Fahrverhalten ergibt (Abb. 10).

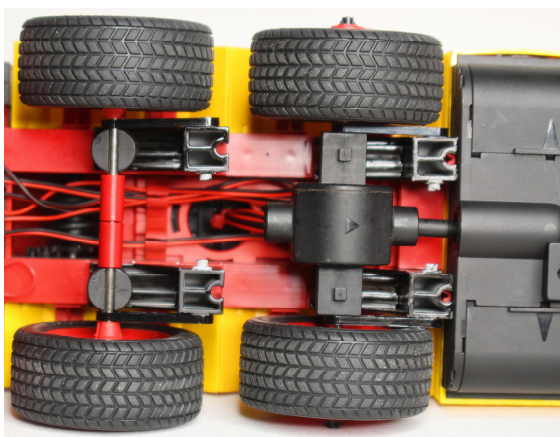


Abb. 10: Detailansicht des Hinterwagens von unten

Da der Mobilkran doch einiges an Gewicht hat, ging die Vorderachse ein wenig in die

„Knie“. Damit der Kran 100% gerade steht wurden die kurzen Kunststoffedern der Vorderachse durch etwa 5 mm längere Kunststoffedern ersetzt.

Eine weitere Besonderheit sind die vier Mikrolineartriebe, mit denen der Mobilkran hochgefahren bzw. aufgebockt werden kann. Die Hublänge beträgt 17,5 mm.

Der Kranaufbau entspricht dem Original und kann, wie der gesamte Bau des Mobilkrans, der Bauanleitung in der fischertechnik-Datenbank [7] entnommen werden. Der Aufbau verfügt, wie schon gesagt, über vier Funktionen:

- Drehen des Aufbaues in beide Richtungen,
- Heben und Senken des Auslegers,
- Ein- und Ausfahren des Auslegers (Teleskop) sowie
- Bewegen der Seiltrommel mit Haken.

Neben den beschriebenen Funktionen gibt es noch folgende Lichtfunktionen:

- zwei Blinklichter auf dem Führerhaus,
- Fahrlicht (über Fernsteuerung schaltbar),
- Blinker und Warnblinker sowie
- automatische Bremslichter.

Fahrregler und Schaltmodule

Alle Regler und Module kommen wieder von CTI [8]. Verbaut sind insgesamt sieben Fahrregler sowie zwei Schaltmodule. Alle Fahrregler sind vom Typ Thor4 und zuständig für den Antrieb, die vier Kranfunktionen, die Linearantriebe sowie das Schalten des Fahrlichtes.

Ein Schaltmodul vom Typ PS2BR übernimmt die automatische Steuerung der Bremslichter. Das zweite Schaltmodul ist vom Typ PS4BW und steuert die Blinker- und Warnblinkerfunktion. Beide Module sind jeweils über ein Y-Kabel mit dem Empfänger verbunden. An dem jeweils zweiten Ausgang ist der Lenkservo bzw. der Fahrregler für den Antrieb angeschlossen.

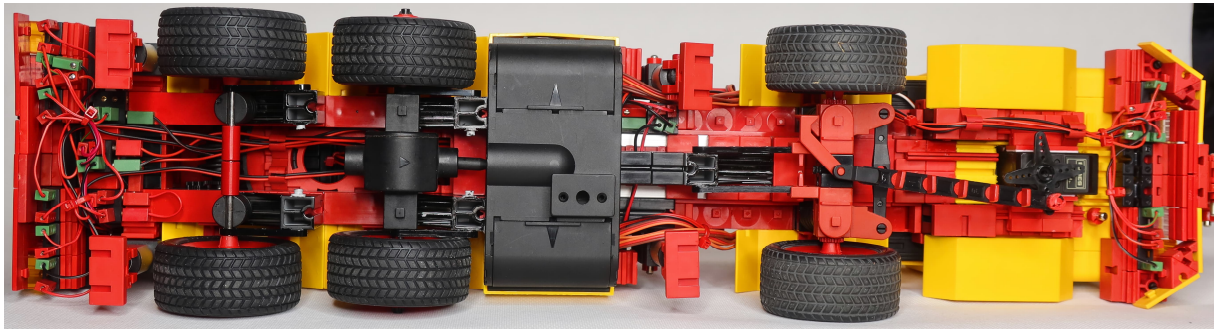


Abb. 11: Gesamtansicht von unten

Die Blinkerfunktion erfolgt automatisch, die Warnblinkerfunktion wird über eine kurze Bewegung eines der Steuerknüppel aktiviert.

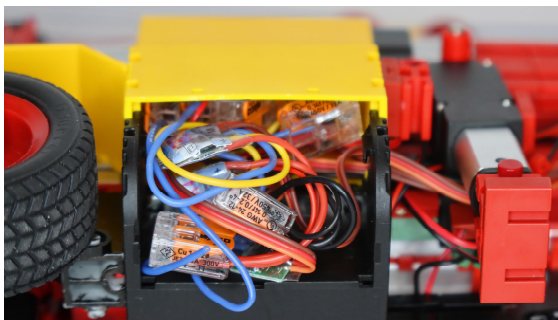


Abb. 12: Detailansicht Verkabelung im rechten Batteriefach (zwei Fahrregler für Antrieb und Lichtsteuerung sowie ein Schaltmodul für die Bremslichter)

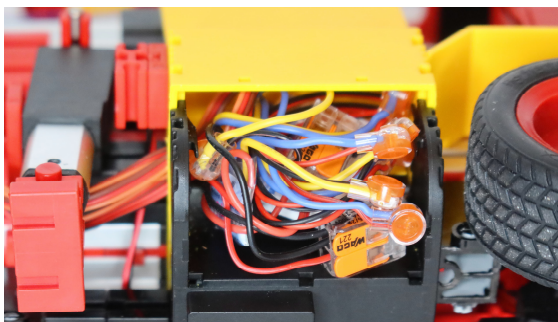


Abb. 13: Detailansicht Verkabelung im linken Batteriefach (ein dreifach- und ein einfacher Fahrregler für die Kranfunktionen)

Maße und Gewichte

Abschließend noch ein paar Daten: Der Teleskop-Mobilkran wiegt 3,20 kg. Die Länge beträgt 650 mm, die Breite liegt bei 120 mm und die Höhe beträgt 275 mm.



Abb. 14: Ansicht von vorne (mit Kranwagenbesatzung)

Referenzen

- [1] [Tamiya-Carson Modellbau](#) GmbH & Co. KG
- [2] Claus Ludwig: *Schwerlastzugmaschine (Langhauber) – ferngesteuert (2)*. [ft:pedia 4/2023](#), S. 30–36.
- [3] Claus Ludwig: *Lkw mit Müllaufbau (Kurzhauber) – ferngesteuert (3)*. [ft:pedia 1/2024](#), S. 32–39.
- [4] Claus Ludwig: *Sattelzugmaschine (Frontlenker) – ferngesteuert (4)*. [ft:pedia 2/2024](#), S. 25–31.
- [5] [MULTIPLEX Modellsport](#) GmbH&Co.KG
- [6] [eneloop](#), Panasonic (ehemals Sanyo Electronic)
- [7] [ft-datenbank.de](#) (fischertechnik-community)
- [8] [CTI-Modellbau](#), Helmut Marschall



Abb. 15: Gesamtansicht von rechts mit ausgefahrenen Stützen

Tipps & Tricks

Zur feinen Verzahnung des mot.2-Ritzels

Stefan Falk

Ein fast nie verwendetes Bauteil ist das Zusatz-Ritzel – genauer das „Stufenzahnrad Z10 m1,5 Z18 m0,5“ (31052) – aus dem fischertechnik-Kasten mot.2 (30092) von 1967. Dieses Unscheinbare Rad hat grobe Zähne wie ein Zahnrad Z10, aber auch eine feine Verzahnung, die wohl nirgends zum Einsatz kam – wozu? Und was kann man damit noch machen?

Wenn dieses kleine Ritzel überhaupt mal irgendwo zum Einsatz kam, dann praktisch immer nur auf der „anderen Seite“ des Stufengetriebes 31048:

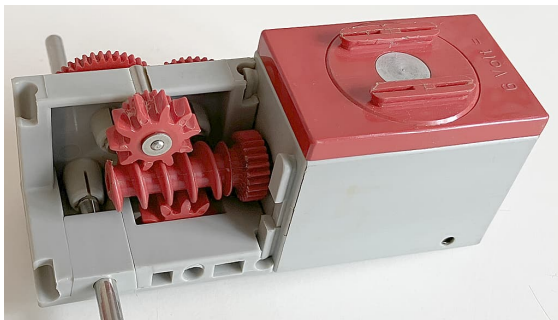


Abb. 1: Das Ritzel (oberhalb der Schnecke)



Abb. 2: Anleitung zu den Grundkästen von 1972 [1]

Die kleine Stummelachse des Ritzels klemmt im Stufengetriebe; das Zahnrad kann sich frei darauf drehen. Damit konnte man eben noch ein Zahnrad obendrauf antreiben – na schön.

Das passt noch irgendwo hin

Erst in der 1972er-Fassung der Anleitung zu den Grundkästen 100 – 400 (in der ebenfalls quadratischen blauen von 1970 nicht!) erscheint auf Seite 9 ein unscheinbares Bild (Abb. 2), in dem die feine Verzahnung genutzt wird:

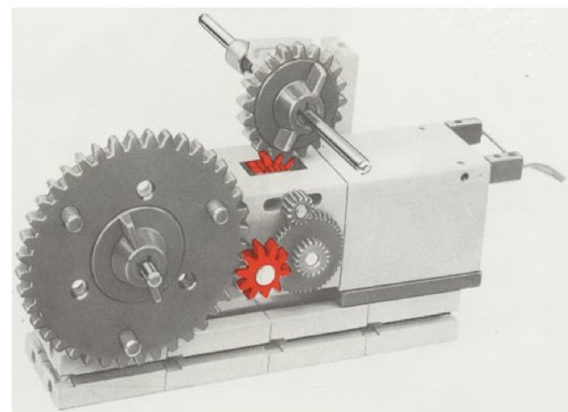


Abb. 3: Das einzige mir bekannte Bild, in dem die feinen Zähne des Ritzels genutzt werden – die rote Einfärbung findet sich so in der Anleitung

Erste Feststellung: Das Ritzel passt also auch an die Seite des Stufengetriebes in das mittlere Achsloch! Das war mir all die Jahrzehnte nicht bewusst und fiel mir nur rein zufällig auf, als ich die alte Anleitung noch-

mal durchblättert (deshalb dieser Beitrag).
Kannet ihr diese Möglichkeit?

Passt das auch ins Raster?

Einige Experimente zeigten, dass das Zahnrad zusammen mit den anderen Zahnrädern des mot.2 *fast* ins Raster passt:

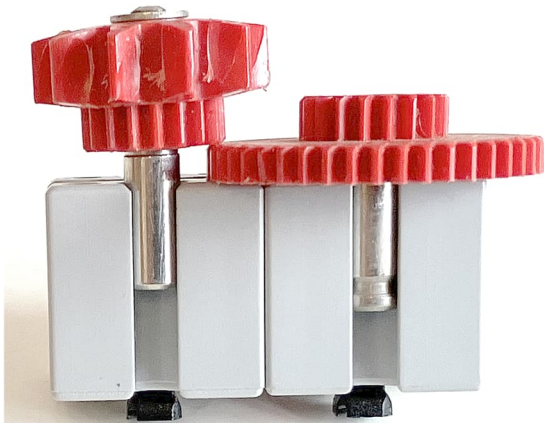


Abb. 4: Das feine Ritzel ist hierfür wenige 1/10 mm zu groß...

Die beiden BS15 im Abb. 4 sind mit einem Verbindungsstück 15 ([31060](#)) fest verbunden. Leicht passt das Ritzel nicht in diese Anordnung, aber mit – wenig – Kraft geht es doch:

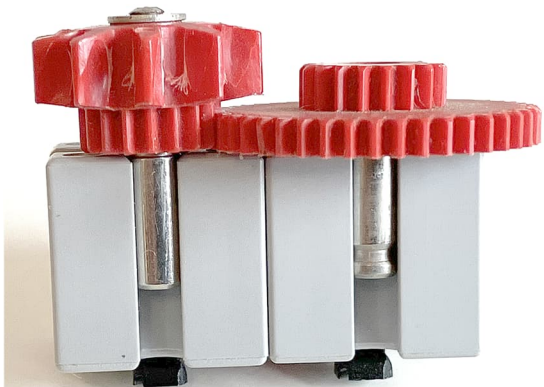


Abb. 5: ... aber es geht schon.

So zusammengezwungen lässt sich die Anordnung zwar nicht ganz frei, aber durchaus drehen. Der leichte Klemmeffekt kann ja durchaus auch erwünscht sein.

Leichtgängig drehbar und zumindest im 5-mm-Raster ist die Anordnung in Abb. 6.

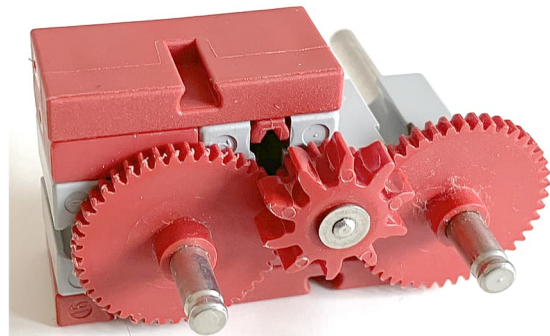


Abb. 6: So geht es rasterkonform und leichtgängig

Abb. 7 und 8 zeigen den Aufbau: Der mittlere Baustein ist einfach um 5 mm versetzt:

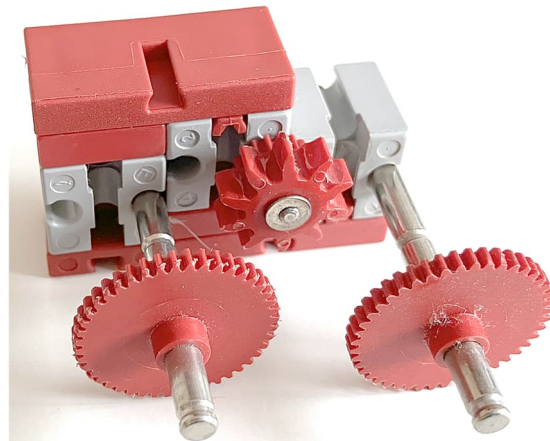


Abb. 7: Aufbau der Anordnung

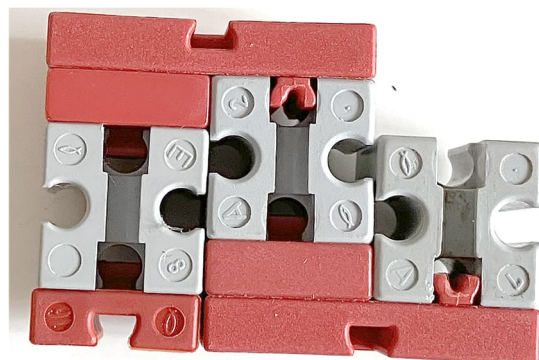


Abb. 8: Konstruktion des Trägers

Abb. 9 und 10 zeigen eine alternative Konstruktion:

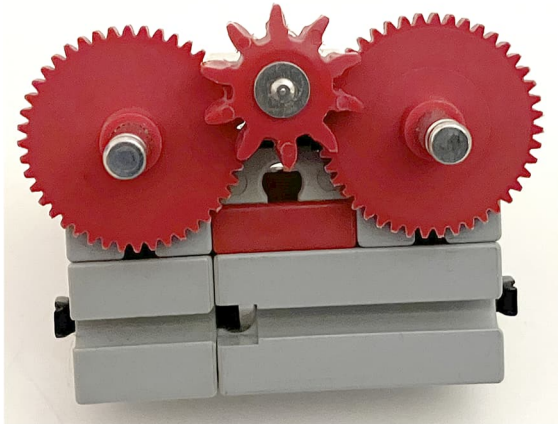


Abb. 9: Weniger 5-mm-Bausteine

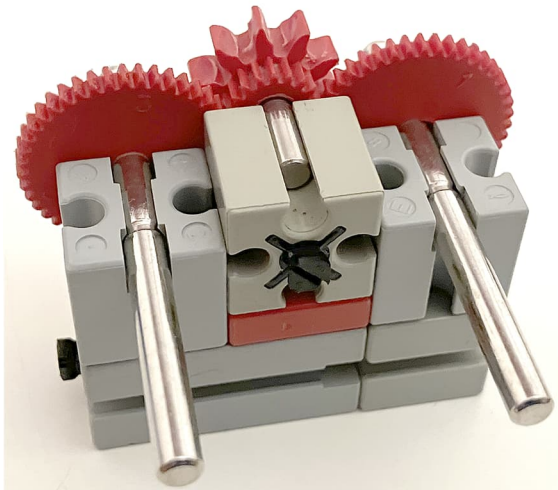


Abb. 10: Rückseite

Das könnte beispielsweise der wegen der feinen Verzahnung auch sehr fein reagierende Antrieb zweier Achsen sein, die sich im Abstand von 30 mm gleichsinnig drehen sollen.

Bei allen Varianten muss man das Zwischenritzel geeignet gegen Herausfallen sichern, entweder durch Einbau so, dass es nach oben zeigt und gar nicht herausfallen will, oder durch ein Bauteil, das ihm den Weg versperrt.

Mit einem Zahnrad Z10 ([31047](#)) klappt die Sache übrigens nur schlecht, weil die Achse des mot.2-Ritzels schon mit den Zähnen des Z10 ins Gehege käme. Im Raster liegt da auch nichts mehr:

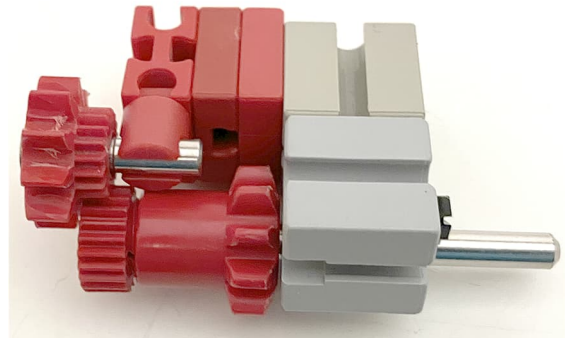


Abb. 11: Mit einer Klemmhülse 7,5 ([35980](#)) und einigen Bausteinen bekommt man es hin

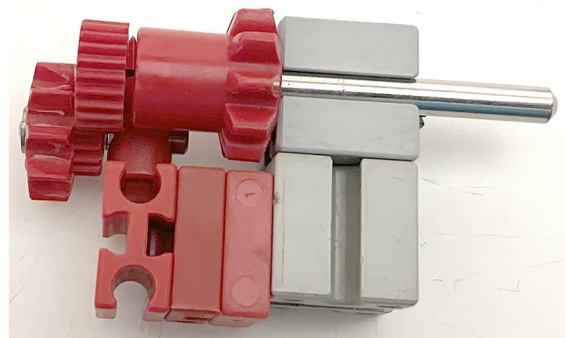


Abb. 12: Für diese Lösung muss das Problem aber wohl erst noch erfunden werden

Man kann mit dem Zusatzritzel also etwas anfangen, wenngleich es sich noch nirgends zur Lösung eines konkreten Problems direkt aufgedrängt hat. Aber wer weiß, vielleicht findet es ja mal bei beengten Platzverhältnissen tatsächlich sein Plätzchen in einer Konstruktion.

Quellen

- [1] Fischer-Werke: Anleitung zu den Grundkästen 100 – 400. Auf ft-datenbank.de, 1972.

Grundlagen

Von Raupenband bis 3D

Peter Krijnen

Für den Bau von Kettenfahrzeugen benötigt man Raupenkettens. Glücklicherweise haben die Fischer-Werke im Laufe der Jahre eine Reihe von Teilen dafür hergestellt.

Am Anfang (1967) gab es das Raupenband Art. [31057](#) (Abb. 1). Mit einer Länge von 230 mm und einer Breite von 12 mm war das gerade ausreichend. Die Absicht bestand darin, dieses Raupenband um eine Nabe oder einen Reifen herum zu platzieren, sodass der Durchmesser die Länge ihrer Spur bestimmt. Man konnte dafür entweder nur die Nabenteile ([31058](#) + [35030](#)) oder die 30-mm-Reifen ([31017](#)) oder die 45-mm-Reifen ([31018](#)) verwenden. Je nachdem, was man als Rad verwendete, konnte man nur ein kleines Fahrzeug bauen.



Abb. 1: Der Anfang: Das Gummi-Raupenband ([31057](#))

Im Clubmagazin 6 von 1970 stellte fischertechnik mit Zusatzpackung [30322](#) (Abb. 3) ein Kettensystem vor, das das Zusammenstellen langer Ketten ermöglicht. Eine Kette besteht aus vielen zusammengeklippten Gliedern ([36263](#)). Allerdings beträgt die Breite der Kettenglieder nur 10 mm. Das war aber kein großes Problem, da man

mehrere Ketten nebeneinander [2] platzieren konnte.

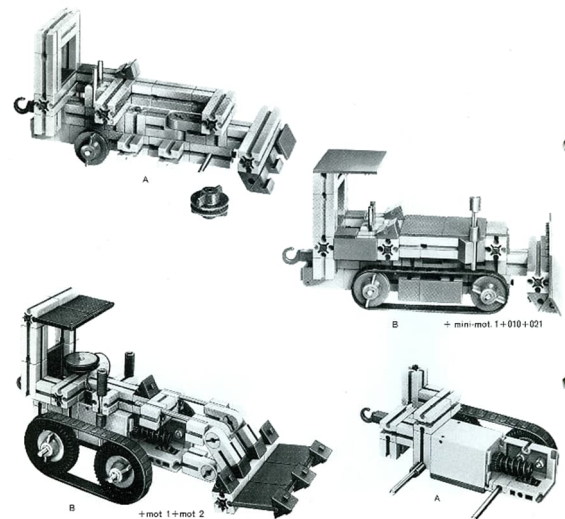


Abb. 2: Zwei Beispiele für ein Kettenfahrzeug

Man konnte die Zahnräder Z30 ([36264](#)) und Z40 ([31022](#)) in der Breite miteinander verbinden. Dafür haben sie drei Löcher, durch die man eine Achse stecken kann. So erhält man ein breites Zahnrad.

Raupenbeläge erblicken die Welt

Richtig interessant wurde es jedoch erst, als fischertechnik 1974 mit der Zusatzpackung 020 ([30322](#), Abb. 4) den Förderbecher 15×15×24 ([37209](#)), das Förderkettenglied ([37192](#)) und den Raupenbelag ([37210](#)) auf den Markt brachten. Der Raupenbelag wird auf das Förderkettenglied geschoben. Durch abwechselndes Zusammenklippen der normalen Kettenglieder ([36263](#)) und der Förderkettenglieder ([37192](#)) erhält man

eine Raupenkette (Abb. 5), die der Realität viel ähnlicher ist als das Raupenband ([31057](#)). Die Länge ist keine Einschränkung mehr, die Breite aber immer noch – der Raupenbelag ist nur 14,5 mm breit.



Abb. 3: Zusatzpackung [30322](#): Kettenglieder ([36263](#)) und Zahnrad Z30 ([36264](#))



Abb. 4: Zusatzpackung [30320](#): Neben Raupenbelägen und Kettengliedern auch Förderbecher

Dass dies keine Einschränkung sein muss, bewies fischertechnik durch einen Hinweis im Clubheft 76/4 [3] (Abb. 6). Da die Raupenbeläge breiter sind als die Kettenglieder, ist es möglich, mehrere Ketten nebeneinander aufzubauen. Die Raupen-

beläge verbinden die Ketten miteinander. Abb. 7 zeigt, dass auch mehr als zwei Beläge nebeneinander möglich sind: Vier Beläge Breite verwendete ich für meinen Demag CC12000 [4].

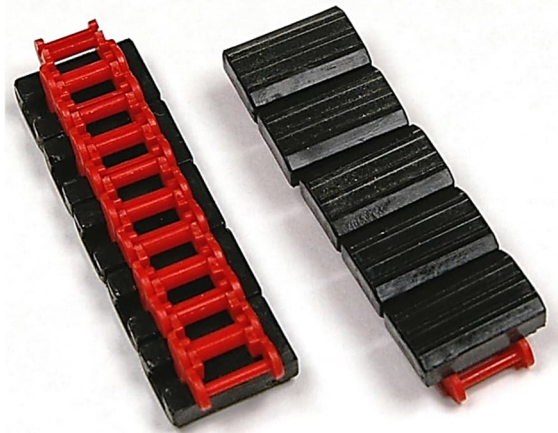


Abb. 5: Zwei Mal fünf Raupenbeläge

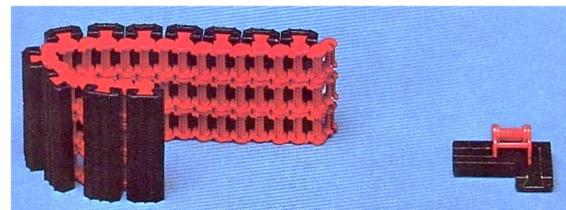


Abb. 6: Tipp, wie man zwei Raupenbeläge nebeneinander baut



Abb. 7: Vier Beläge breite Ketten für meinen Demag CC12000

Der nächste Schritt war der Raupenbelag ([31777](#), Abb. 8). Dieser Raupenbelag ist 29,5 mm lang und kann auch auf das Förderkettenglied ([37192](#)) geschoben werden. Dadurch war es möglich, breitere und damit längere Raupenkettens (Abb. 9) herzustellen, wodurch ein Modell viel realistischer aussieht. Da der Raupenbelag breiter als

eine Kette ist, kann man sie auch nebeneinander anschließen. Hierfür kann man das Verbindungsstück 15 ([31060](#)) oder die Federnocken ([31982](#)) verwenden (Abb. 10).



Abb. 8: Fünf Mal Raupenbelag 29,5 ([31777](#))

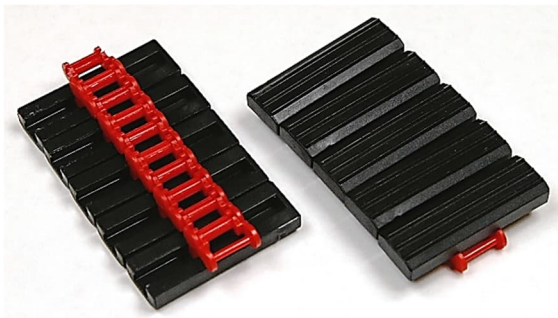


Abb. 9: Obwohl sich die Nut scheinbar über die gesamte Länge fortsetzt, ist dies nicht der Fall. Die Kettenglieder können nicht weiter als bis zur Mitte hineingeschoben werden.

Neue Kettenglieder, neue Raupenbeläge

Seit 1983 gibt es eine neue Version der Kettenglieder: Art.-Nr. [36248](#) (Abb. 11), die aber kompatibel sind mit den alten Kettengliedern. Der Unterschied besteht darin, dass die neuen Glieder an den Seiten Nocken haben. Diese Nocken sind zum Einrasten auf den neuen harten Raupenbelägen ([31762](#), Abb. 11 rechts) vorgesehen. 1993 folgte die weiche Gummi-Version ([31790](#), Abb. 11 links). Beide sind 29,5 mm breit.

Die Gummis sind aber zu weich und wollen nicht wirklich hängen bleiben. Deswegen hat fischertechnik 2007 das Rastkettenglied ([128659](#), Abb. 13) eingeführt, das etwas

längere Nocken besitzt und in schwarz anstatt rot ausgeführt ist.

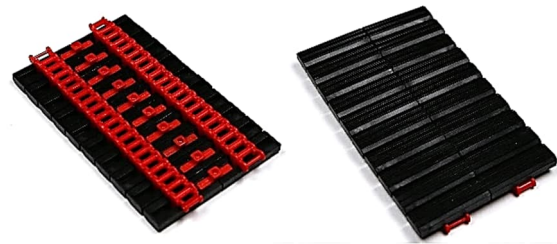


Abb.10: Doppelte Breite: Zwei Mal [31777](#) mit Federnocken ([31982](#)) verbunden

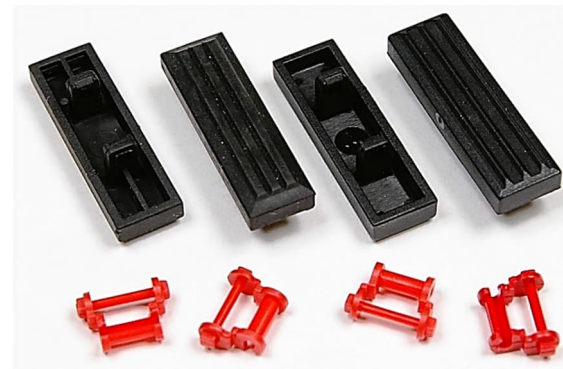


Abb.11: Links zwei Mal die Gummiversion ([31790](#)) und rechts zwei Mal die harte ([31762](#)), unten vier Mal das Rastkettenglied ([36248](#))

1983 gab es ein Modell einer Pistenwalze ([30472](#), Abb. 14) mit noch breiteren Raupenbelägen – 44,5 mm breit ([31763](#), Abb. 15).

Die Kettenglieder werden in der Mitte der Raupenbeläge befestigt. Es ist daher nicht mehr möglich, mehrere miteinander zu verbinden, wie es bei [31777](#) noch war.



Abb. 12: Zwei Mal fünf Raupraupenbeläge 29,5 hart ([31762](#))



Abb. 13: Sechs Mal [128659](#) schwarz
vs. vier Mal [36248](#) rot



Abb. 14: Pistenwalze ([30472](#)) [5]

Groß, größer, am größten

Solange man keine zu großen Modelle herstellt, könnte man mit den von fischertechnik erhältlichen Raupenbelägen auskommen. Wenn man größere Modelle herstellen möchte, stößt man aber schnell an die Grenzen unseres geliebten Bausystems.

Der Nachbau eines Demag CC1400 (Abb. 17) [6] im Maßstab 1:22 war gerade noch möglich, denn das Original hat 1 m breite Raupen. Und weil 1000 mm dividiert durch 45 mm eben 22,22 ergibt, passt es gerade noch in den fischertechnik-Maßstab von 1:20.

Zu Beginn dieses Jahrhunderts wollte ich einen noch größeren Kran bauen. Wieder einmal sollte es ein Demag sein: Ein CC4800 (Abb. 20) [7]. Da ich nicht mit den fischertechnik-Raupenbelägen arbeiten wollte, die in diesem Fall viel zu klein

waren, begann ich darüber nachzudenken, wie man breitere Raupenbeläge herstellen könnte.

Mir war es wichtig, dass diese dabei helfen, den Maßstab zu bestimmen. Letztendlich habe ich mich für den CC4800 mit den 1.500 mm breiten Raupen entschieden, weil die Raupenplatten mit der Bauplatte 15 × 90 rot ([38245](#)) gebaut werden können. 1.500 dividiert durch 90 ergibt als Maßstab 16,66. bzw. 1:16.



Abb. 15: Vier Raupenbeläge 44,5 hart
([31763](#))

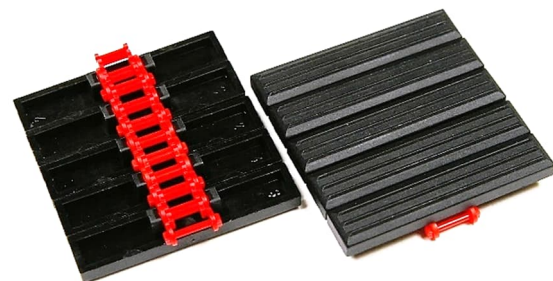


Abb. 16: Zwei mal fünf Raupenbeläge 44,5
hart ([31763](#))

Ich hätte es mir einfach machen können, indem ich zwei Bausteine 7,5 auf eine Bauplatte 90 × 15 und diese dann auf eine Kette geschoben hätte. Dies ist auf Abb. 18 zu sehen. Das Problem ist jedoch, dass der Drehpunkt dann zu hoch liegt. Dadurch entsteht ein viel zu großer Spalt, wenn die Raupe durch das Raupenantriebsrad umgelenkt wird (Abb. 19). Das wollte ich nicht, obwohl es mehrere Leute gibt, die es auf diese Weise gebaut haben, wie im Bilderpool der ft-Community zu bewundern ist.



Abb. 17: Demag CCI400 im Maßstab 1:22. Von den insgesamt 5.787 Teilen, die in diesem Modell verwendet werden, sind 196 Rastraupenbeläge 44,5 hart ([31763](#))

Der Drehpunkt muss ebenfalls zwischen den Raupenplatten liegen und nicht darüber. Deshalb habe ich entschieden, die Kettenlieder als Gelenkpunkt zwischen den Raupenplatten zu platzieren.



Abb. 18: Konstruktion einer Raupe mit Platten 15×90 , Bausteinen 7,5 für die Ketten und Bausteinen 5 zur Verriegelung, wie sie von vielen genutzt wird...

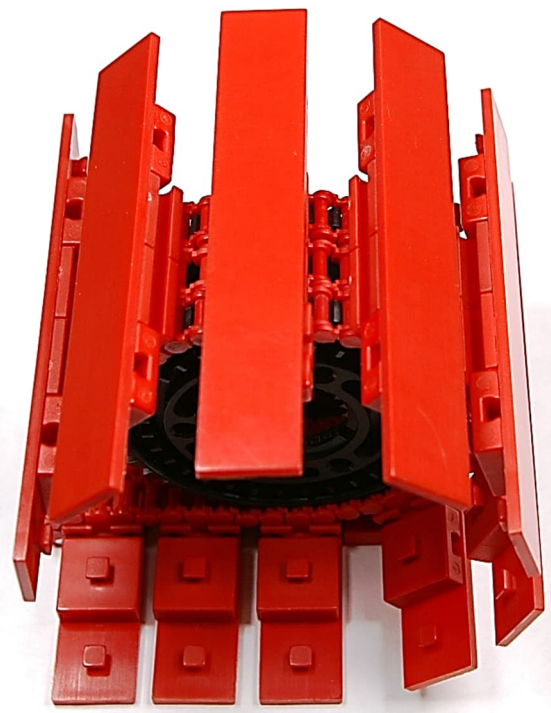


Abb. 19: ...die jedoch zu Spalten führt.

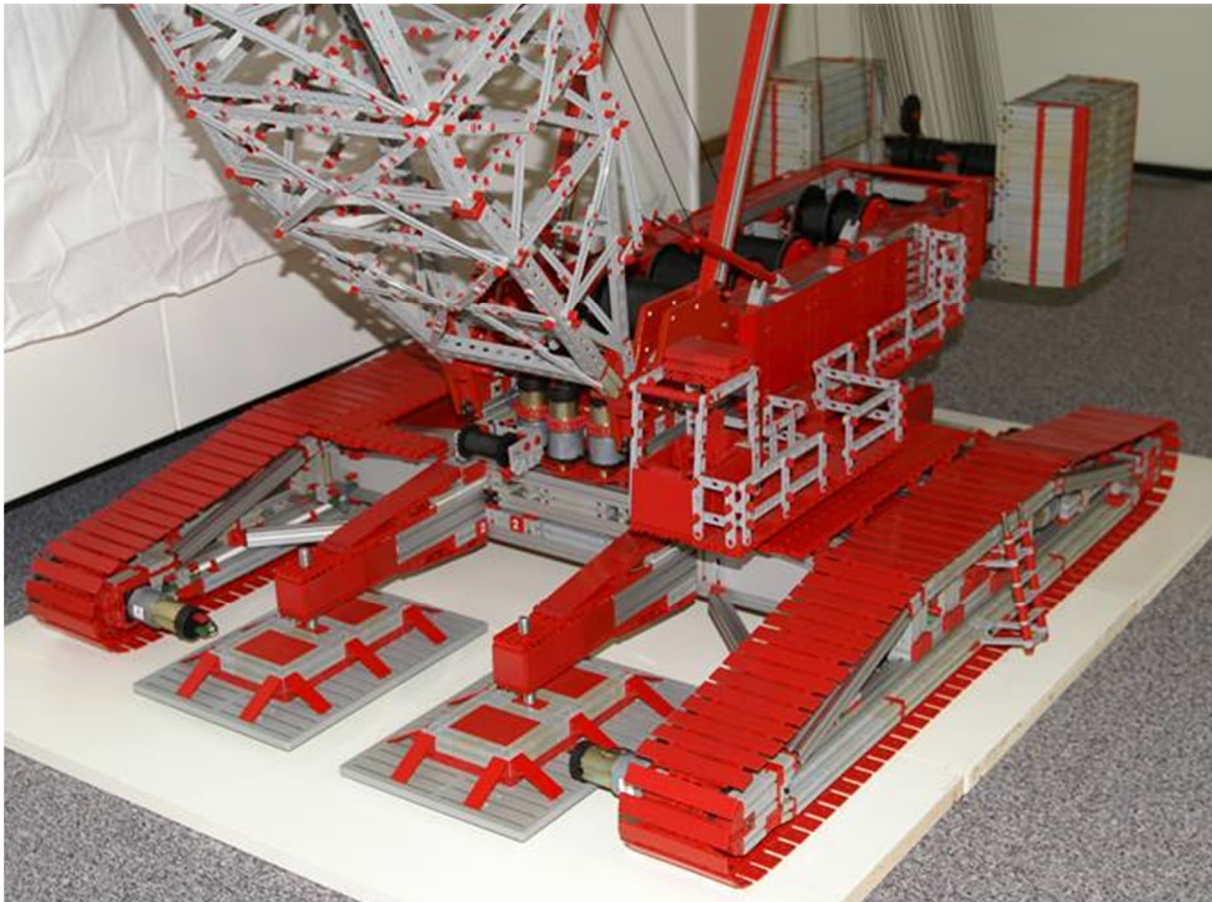


Abb. 20: In Wirklichkeit sind die Raupen des CC4800/2 1,5 m breit.
Im Maßstab 1:16 beträgt dies im Modell 90 mm.

Eine der neu entworfenen Raupenplatten (Abb. 21) besteht aus:

- 1 × Bauplatte 15×90 rot ([38245](#))
- 2 × Baustein 7,5 rot ([37468](#))
- 2 × Baustein 5 rot ([37237](#))
- 2 × Rastkettenglied rot ([36248](#))
- 4 × Kettenglied rot ([36263](#))
- 2 × Federnocken rot ([31982](#))

Wie in Abb. 21 zu erkennen befinden sich die Bausteine 7,5 in der Mitte der Bauplatte. Mittig in der Nut beider Bausteine befinden sich die Rastkettenglieder ([36248](#)). Die alten Kettenglieder ([36363](#)) befinden sich auf den beiden Seiten. Die zwei Federnocken ([31982](#)) dienen als Zahn für das Antriebsrad. Die Bausteine 5 sorgen dafür, dass alles an seinem Platz bleibt.

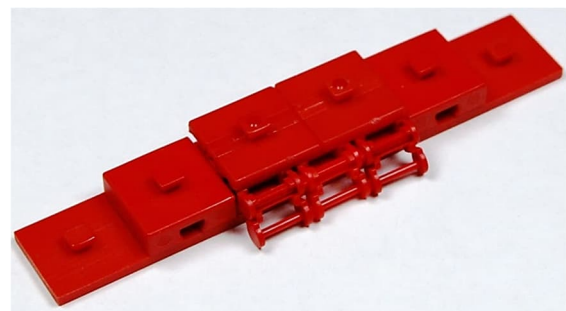


Abb. 21: Die erste Version meiner Raupenplatte. Die Gelenkpunkte liegen bei 19,7 mm.

Als Antriebsrad (Abb. 22) verwende ich zwei Innenzahnräder Z30 rot ([35694](#)) mit zwei Drehscheiben 60 ([31019](#)) dazwischen, die durch drei Klemmbuchsen 10 ([31023](#)) auf Abstand gehalten werden. In den Nuten des Innenzahnrads befinden sich zwölf Metallachsen 30. Diese „Zähne“ nehmen die Federnocken der Raupenplatten mit.

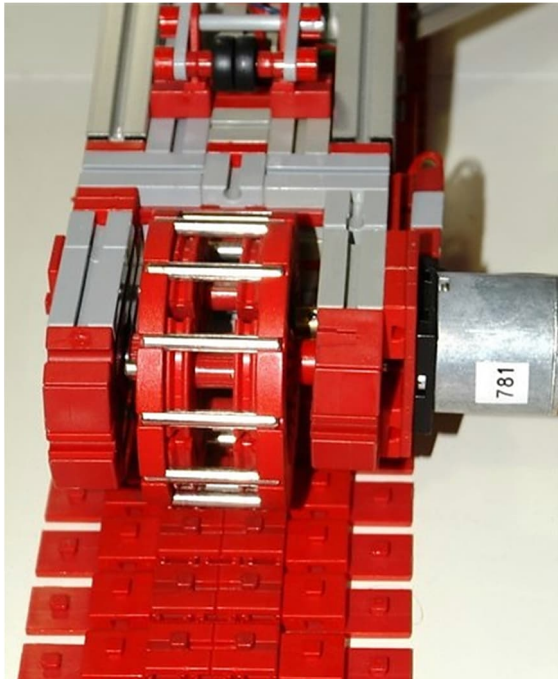


Abb. 22: Eine der vier Antriebseinheiten. Allerdings liegen die zwölf Metallachsen etwas zu weit auseinander, wodurch der Antrieb nicht optimal ist. Der Igarachi-Motor mit Untersetzung 781:1 ist leider nicht mehr lieferbar.

Funktioniert das?

Ja, aber nicht ganz wie beabsichtigt. Abb. 23 zeigt, dass es keine durchgehende Rollenbahn gibt, anders als im Original in Abb. 24. Zwischen den Raupenplatten verbleibt ein Spalt von ca. 4,7 mm Breite.

Dies ist auf den Modul m1,5 der fischer-technik Zahnräder zurückzuführen. Da die Ketten auch um diese Zahnräder herum verwendet werden können, haben die Kettenglieder ebenfalls eine Länge von 4,7 mm. In die Löcher fallen immer die Laufräder, auf denen der Kran eigentlich fährt. Dadurch entsteht eine Art Wackel-effekt, der natürlich unerwünscht ist.

Es stellte sich auch heraus, dass der Durchmesser des Innenzahnrad nicht stimmte, zumindest nicht für diesen Zweck. Der Durchmesser beträgt ca. 69,5 mm. Dies multipliziert mit π ergibt einen Umfang von etwa 218,3 mm. Dieser muss dann durch 12 geteilt werden. Der verbleibende Abstand

beträgt dann ca. 18,2 mm. Und das ist zu wenig, denn der Abstand der Raupenplatten beträgt $15 + 4,7 = 19,7$ mm. Das mit dem Innenzahnrad konstruierte Antriebsrad rutscht daher über die Federnocken. Dabei ist das Innenzahnrad natürlich rund. Das Antriebsrad sollte aber zwölfkantig sein, wie z. B. in Abb. 24 zu sehen ist.

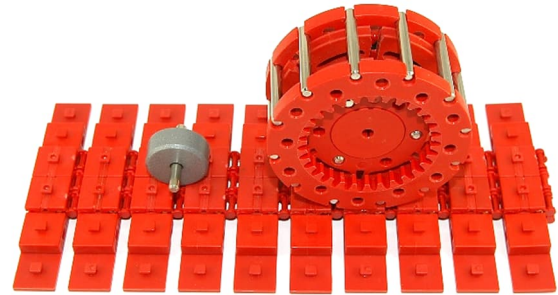


Abb. 23: Das Raupenrad von der Seite gesehen. Man sieht deutlich, dass das 23-mm-Laufrad in die Zwischenräume der Raupenplatten fällt, was zu einem wackeligen Lauf führt.



Abb. 24: Raupen und zwölfkantiges Antriebsrad des Demag CC12600, der nur einmal hergestellt wurde.

Durch Spannen der Raupen klappte es noch einigermaßen. Aber das ist sicherlich nicht ideal.

Zweiter Versuch

Nachdem ich meinen Schaufelradbagger [8] demoliert – sorry, demontiert – hatte, wollte ich versuchen, zumindest die Raupenantriebe wieder aufzubauen, allerdings diesmal ein paar Nummern größer. Das ist mir auch gelungen.

Leider habe ich keine Bilder mehr vom gesamten Grundgerüst mit den zwölf Raupen. Und wahrscheinlich habe ich das Video versehentlich gelöscht; ich kann es jedenfalls auch nicht mehr finden. Zum Glück habe ich noch ein paar Bilder vom Aufbau einer einzelnen Raupe (Abb. 25). Die Raupen sind die gleichen wie die des CC4800, das Antriebsrad (Abb. 26) ist aber anders.

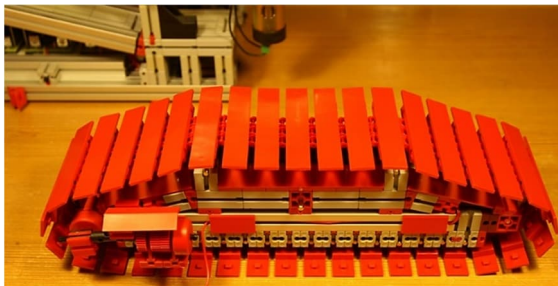


Abb. 25: Eine der zwölf Raupen des Baggers 293. Im Maßstab 1:40 betragen die Maße $L \times B \times H$: 35 cm \times 9 cm \times 9,5 cm.



Abb. 26: Durch die leichte Verkürzung der Federnocken wurde Platz für die Zähne des Rades geschaffen. Die Z20 dienen für den Antrieb. Das 23-mm-Laufrad fällt noch immer in die Zwischenräume.

Ich habe das Rad aus 5 mm dicker Kunststoffplatte gebaut. Dazu habe ich mehrere 40,5 mm große runde Platten auf der Fräsmaschine und der Drehmaschine hergestellt und jeweils zwei davon zusammengeklebt. Dahinein habe ich acht Nuten gefräst – für Zähne, die ich aus einem Dreiecksprofil geschnitten habe. Die Zähne mussten dann in die Nuten der Bausteine 7,5 passen. Um das zu ermöglichen, musste ich die Federnocken aber kürzen.

Hat das besser funktioniert?

Aber natürlich. Nicht, dass die Zwischenräume zwischen den Raupenplatten nicht mehr vorhanden gewesen wären, aber weil das Antriebsrad nun richtig mit den Platten ausgerichtet war, gab es keinen Schlupf mehr – obwohl das Rad immer noch rund ist. Die zwölf Power-Motoren, die die Raupen antrieben, klangen wie Musik in meinen Ohren.

Dritter Versuch

Im April 2015 konnte ich mehrere Broschüren der Marke Hitachi kaufen. Genauer gesagt: Die über Raupenkrane der HK-Serie. Nach so vielen Jahren war ich endlich im Besitz vieler Daten über diese Krane.

Einige Monate später entdeckte ich, dass detaillierte Zeichnungen (DWG + DXF) auch von der Hitachi/Sumutomi-Website [12] heruntergeladen werden konnten. Ich konnte mir diese Zeichnungen dann in AutoCAD anschauen und sie sogar anpassen. Mit den Messmöglichkeiten in AutoCAD war es möglich, die Abmessungen aller Teile zu ermitteln. Obwohl ich ursprünglich den KH500 bauen wollte, habe ich mich nach Anschauen und Messung für den KH1000 entschieden (Abb. 27). Im 15-mm-Raster von fischertechnik klappte das deutlich besser. Nach der Umrechnung aller wichtigen Maße bin ich auf den Maßstab 1:15,5 gekommen.

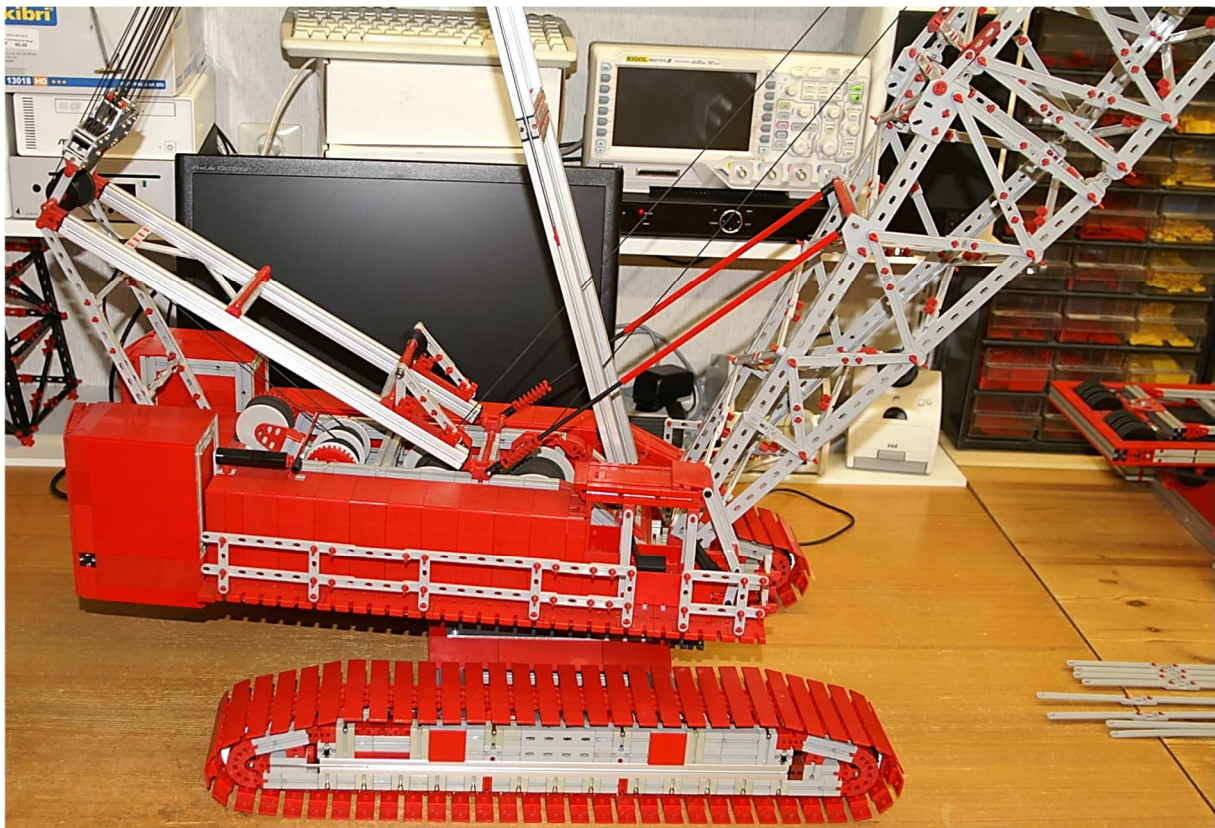


Abb. 27: Die erste Version meines Hitachi KH1000 im Maßstab 1:15,5. Nachdem ich dieses Foto gemacht habe, gab es so viele Änderungen, dass ich jetzt wahrscheinlich bei Version 7 angekommen bin. Aber das ist etwas für einen anderen Beitrag.

Ich habe wieder Kunststoffplatten verwendet. In Abb. 28 sehen wir, dass die Antriebsräder nicht mehr rund, sondern zehneckig sind. Ich hatte gehofft, dass diese Form des Antriebsrads ausreichen würde. Dies war jedoch nicht der Fall. Deshalb habe ich die Raupenplatten mit der Kufe ([31602](#)) verzahnt. Ich habe dann ein Z30 so umgebaut, dass daraus eine Z10 wurde. Wie in Abb. 29 gezeigt habe ich dies zwischen den beiden zehneckigen Platten platziert.



Abb. 28: Version 3 der Raupenkette mit dem zehneckigen Antriebsrad

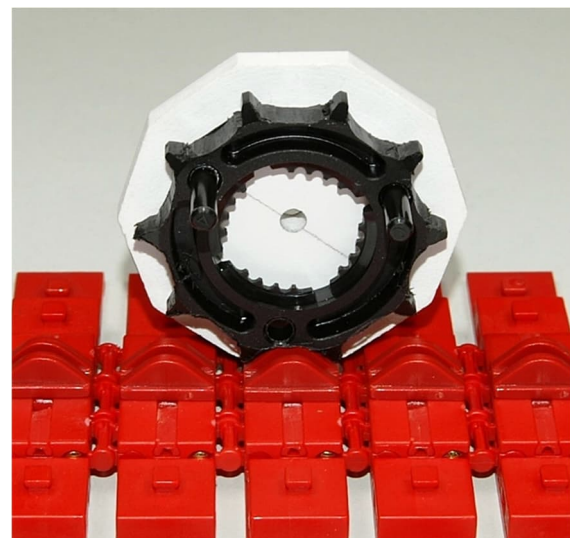


Abb. 29: Ein aus einem Z30 umgebautes Z10 sorgt zusammen mit der Kufe und den beiden zehneckigen Platten für einen guten Antrieb.

Das hat schon viel besser funktioniert. Aber es gibt immer noch eine Lücke zwischen

den Raupenplatten. Und das muss geändert werden.

Selbstbau

Zuerst habe ich versucht, selbst ein Kettenglied herzustellen. Die Schwierigkeit bestand jedoch darin, dass ich nicht über die Ressourcen verfügte, um es genau genug zu tun. Das Material, das ich verwendet habe, ist ein Stab von 30×10 mm und einer Länge von 1.000 mm. Ich habe davon mehrere Stücke mit einer Länge von 30 mm gesägt. Auf der Fräsmaschine habe ich die Höhe auf 7,5 mm reduziert und auf zwei gegenüberliegenden Seiten je vier Zähne ausgefräst. Dann musste ich von der Seite her zweimal 4-mm-Löcher bohren. Diese mussten auf halber Höhe (3,75 mm) sowie 19,7 mm voneinander entfernt sein. Zum Schluss musste ich die Zähne rundfeilen.

Das hat funktioniert, aber nicht so, wie es sein sollte. Ärgerlich war, dass alle Kettenglieder leicht unterschiedlich waren – und daher nicht verwendbar.

Warum dann nicht 3D-Druck ausprobieren?

Aber natürlich! Nachdem fischertechnik mit einem 3D-Drucker auf den Markt gekommen ist, wäre das sicherlich akzeptabel. Allerdings wollte ich mir selbst keinen 3D-Drucker anschaffen. Wenn man, wie ich, nicht weiß, wie die gesamte 3D-Geschichte funktioniert, sollte man die Finger davonlassen, sonst kostet es nur Geld.

Bis dahin habe ich alle meine Zeichnungen in 2D mit AutoCAD 14 erstellt. Ich hatte auch einige Erfahrung mit Sketchup, aber das gefiel mir nicht wirklich. Dann habe ich weitergesucht und mehrere Programme gefunden und ausprobiert. Am meisten Spaß macht mir die Arbeit mit Tinkercad [9], auch ein Programm von Autodesk. Der einzige Nachteil besteht darin, dass man online auf dem Autodesk-Server arbeitet. Aber zum Glück ist es kostenlos.

Nachdem ich eine Weile mit Tinkercad herumgespielt hatte, kam ich schließlich auf eine Form, die in Abb. 30 zu sehen ist und genauso war, wie ich ursprünglich gedacht hatte.

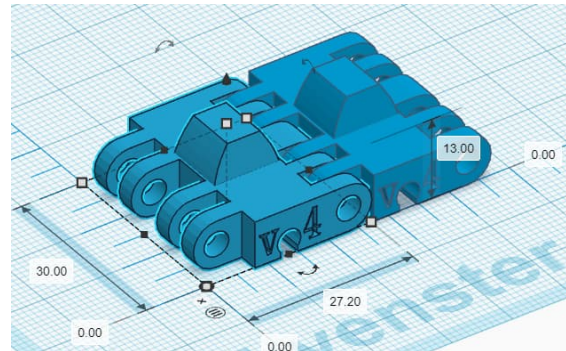


Abb. 30: 3D-Darstellung des Kettenglieds noch ohne Platte. Die tatsächliche Höhe entspricht der des Bausteins 7,5. Obwohl noch als Version v4 angezeigt, wurde daraus schließlich Version v6 [10].

Dies musste noch gedruckt werden. Ich konnte die Firma Shapeways aus mehreren Modellbauzeitschriften; also ließ ich meine ersten Entwürfe bei ihnen drucken.

Nach der Lieferung stellte sich heraus, dass die Glieder nicht zusammenpassen wollten: Ich hatte vergessen, dass die Zähne etwas Spiel benötigen. Ich habe mein Design entsprechend angepasst und es wieder auf Shapeways hochgeladen, zusammen mit der ersten Version eines Antriebsrades. Nun passten die Kettenglieder zusammen und ließen sich drehen, doch passte das Antriebsrad nicht. Das lag daran, dass die Nocken an den Kettengliedern zu breit waren. Nachdem ich alles noch einmal angepasst hatte, habe ich die Entwürfe zum dritten Mal hochgeladen. Glücklicherweise passte jetzt alles.

Nachdem der Rabatt für Neukunden aufgebraucht war, erwies sich Shapeways als sehr teuer. Ich sah mich ein wenig um und landete bei i.materialise in Belgien, die viel günstiger waren. Daher habe ich alle weiteren Raupenglieder und Antriebsräder dort drucken lassen. Das Ergebnis, Version 6, ist in Abb. 31 zu sehen.

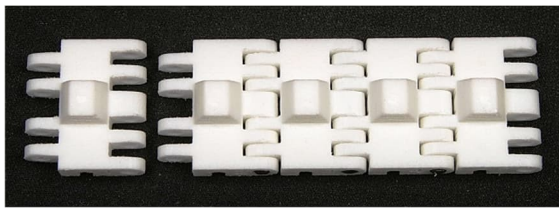


Abb. 31: Am Ende sieht es so aus: Das Loch durch die acht schmalen Zähne ist 4,1 mm dick. Zur Aufnahme der 4-mm-Achsen, mit denen die Raupenglieder miteinander verbunden sind, ist das Loch durch den breiten Zahn 4 mm groß. [10]

Zusätzlich habe ich ein Antriebsrad entworfen. Da dieses zunächst im CC4800 zum Einsatz kommen sollte, musste es ungefähr den gleichen Durchmesser haben wie das Innenzahnrad Z30 (35694). Abb. 32 zeigt den Entwurf. Dies führte dazu, dass das Rad zwölfckig wurde, was auch der alten Version mit Innenzahnrad Z30 entspricht (Abb. 23). Unter Berücksichtigung von etwas Spiel wurde der Durchmesser 66 mm. Für den Antrieb habe ich zusätzlich ein Z40-Zahnrad und ein Z30-Innenzahnrad eingebaut.

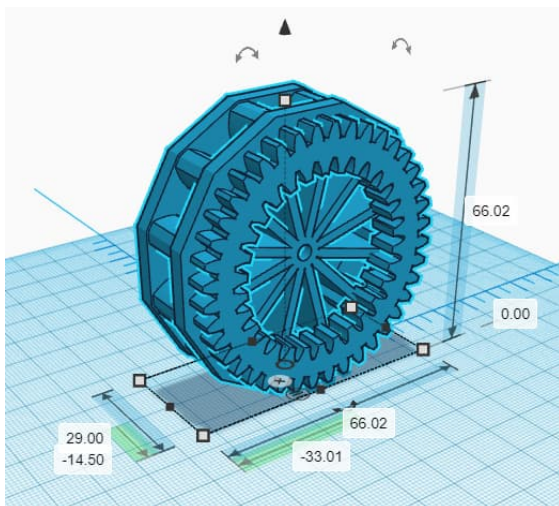


Abb. 32: 3D-Darstellung des zwölfckigen Antriebsrads einschließlich Abmessungen [10]

Da der KH1000 kleinere Raupen hat, war diese zwölfckige Version zu groß. Unter Beibehaltung des Abstands von 19,7 mm habe ich eine zehneckige mit einem Durchmesser von etwa 56 mm entworfen und diese Version mit einem Z30 ausgestattet (Abb. 33).

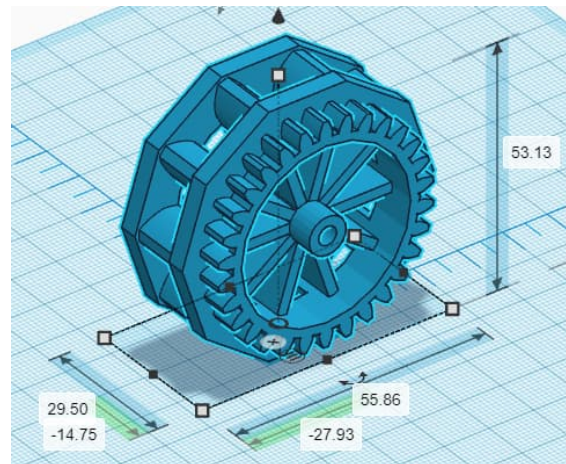


Abb. 33: 3D-Darstellung des zehneckigen Antriebsrads einschließlich Abmessungen [10]



Abb. 34: Links das zehneckige Antriebsrad mit Z30-Zahnrad für den KH1000, rechts das zwölfckige mit Z40 und Z30 für den CC4800

Und? Wie funktioniert es?

Wirklich sehr gut. Da die Zähne der Raupenglieder schmäler sind als die Breite des Rades 23 entsteht eine durchgehende Rollenbahn. Meine Kräne bewegen sich jetzt reibungslos, ohne zu wackeln. Einfach großartig.

Neuer Kran, neuer Raupen?

Für einen weiteren Kran, wieder einen Demag, aber jetzt den CC6800 (Abb. 35), wollte ich auch diesen Raupen verwenden. Allerdings entsprachen die Abmessungen nicht denen des CC4800 oder des KH1000. Der KH1000 hat 61 Raupenplatten, also hat mein Modell (Abb. 27) auch 61 Raupenplatten.

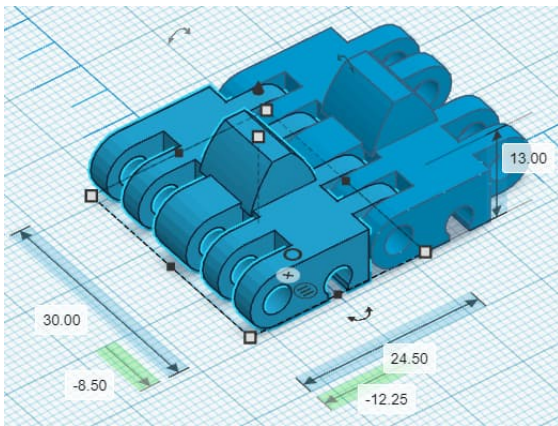


Abb. 36: Zwei kurze Raupenglieder. Sie scheinen mit der längeren Version identisch zu sein, aber die Gelenkpunkte liegen jetzt nur 17 mm auseinander [10].

Der CC4800 verfügt über 78 Raupenplatten, mein Modell allerdings über viel zu viele: 92. Ich konnte viele Bilder des CC6800 im Web finden. Auf einem der Bilder konnte man deutlich eine ganze Raupe sehen. Und wenn ich richtig gezählt habe, habe ich 77 Raupenplatten gezählt. In meinem Modell sind es 78.

Deshalb habe ich für dieses Modell kürzere Raupenglieder entworfen, bei denen die Gelenkpunkte nur 17 mm voneinander entfernt sind. Abb. 36 zeigt einen Screenshot von Tinkercad, der die kürzeren Raupenglieder zeigt.

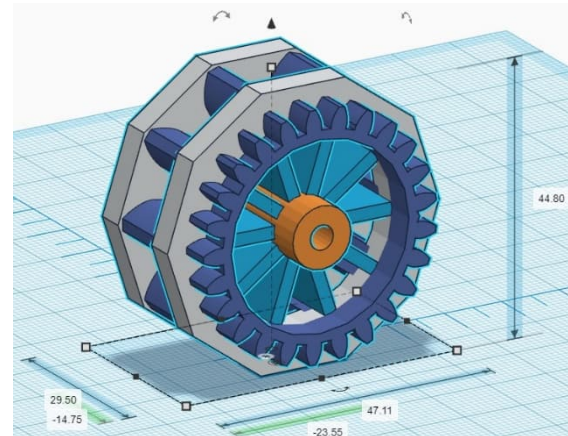


Abb. 37: Das kleine Antriebsrad: Immer noch zehneckig, aber zu klein für ein Z30 – deshalb nur 25 Zähne [10].

Es ist klar, dass ich für diese kürzeren Raupenglieder auch ein neues Antriebsrad konstruieren musste. In Abb. 37 sehen wir,

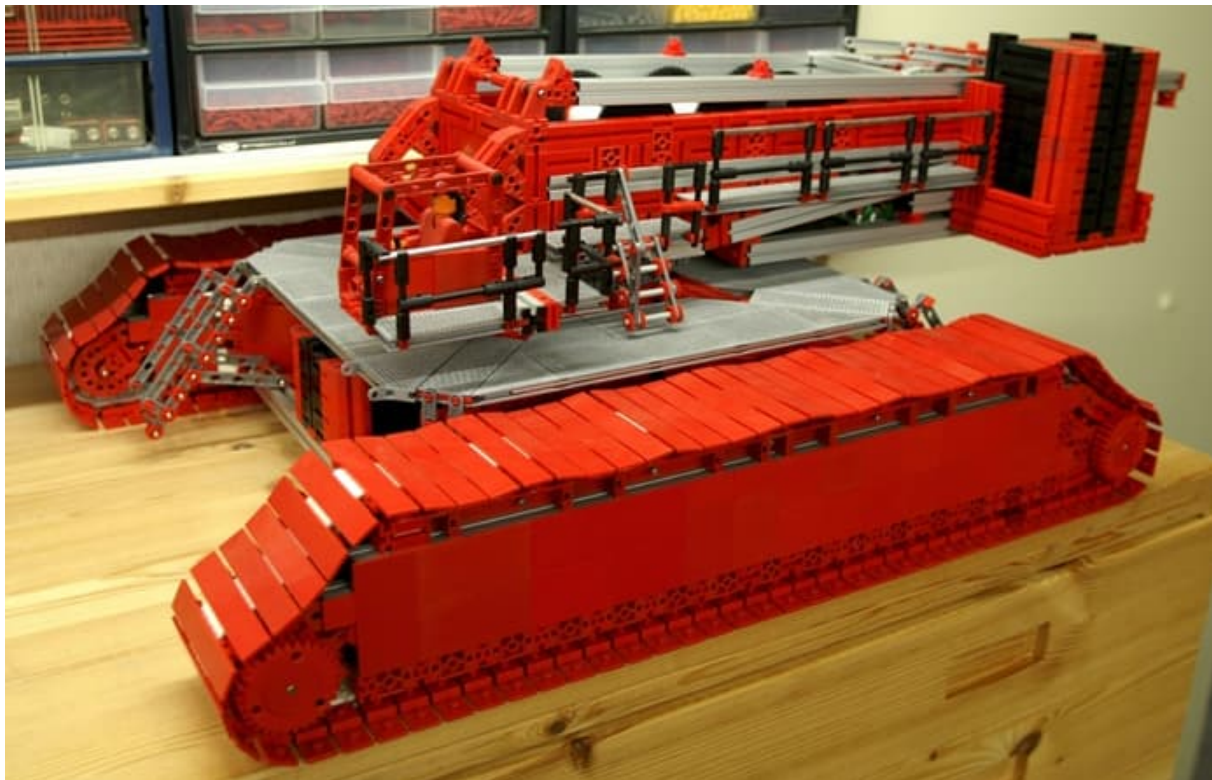


Abb. 35: CC6800 in Maßstab 1:22

dass dieses Rad kleiner ist als die Vorgängerversionen. Da der Durchmesser eines Z30 mit 45 mm zu groß ist, habe ich in dieses Rad ein Z25 integriert.

Zukunft?

Jetzt ist es natürlich möglich, für jedes Projekt eine andere Version anzufertigen, die sich jeweils in Form und Abmessungen unterscheidet. Damit habe ich begonnen. Ich habe zwar noch keine Idee für ein neues Projekt, aber ich arbeite an einer kompletten 3D-Raupenplatte (Abb. 38). Ich frage mich aber, ob ich damit weitermachen werde, denn dann wäre es nicht mehr fischertechnik.

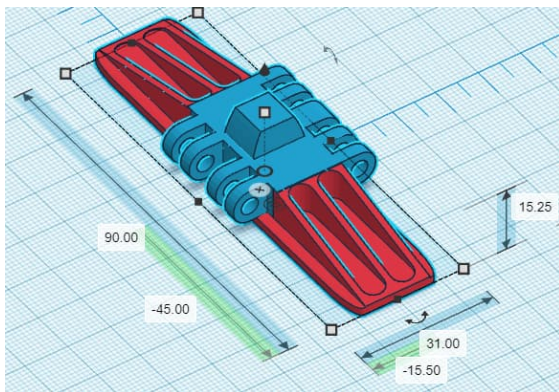


Abb. 38: Ein Entwurf für eine komplette Raupenplatte. Allerdings ist dies ein Entwurf geblieben, da es sich hierbei nicht mehr um ein fischertechnik-Teil handeln würde.

Aber es wäre schön, meinen CC4800 nur mit 78 Raupenplatten auszustatten statt der derzeit 92. Dazu müssen die Raupenglieder aber deutlich länger werden. Die Gelenklöcher müssen mit 23,5 mm weiter voneinander entfernt sein.

Das Ende?

Nicht ganz. Um die Übersicht zu vervollständigen: Das Raupenband ([31057](#)) wurde durch eine neue Version (Abb. 39) ersetzt, die viel echter aussieht und mit 18 mm etwas breiter ist. Zwischen der alten und der neuen Version des [31057](#) liegt das Raupenband $79,5 \times 17,5$ schwarz ([145634](#), Abb. 40).

Allerdings ist dieses kürzer. Das Raupenband 139×34 schwarz ([146985](#), Abb. 41) ist deutlich länger und breiter. Und obwohl das Förderband 290×49 schwarz ([146986](#), Abb. 42) als Förderband angeboten wird, kann es natürlich auch als Raupenband verwendet werden. Es ist aber nicht mehr lieferbar.



Abb. 39: Die neue Version des Raupenbandes $94,7 \times 18$ mm schwarz ([31057](#))



Abb. 40: Das Raupenband $79,5 \times 17,5$ schwarz ([145634](#))

Immer noch zu schmal?

Dann könnte man jederzeit den Planierschild 120 oder 150 verwenden, wie im Forum [11] gezeigt (Abb. 43).

Auf jeden Fall gibt es im Bilderpool der ft-Community viele Raupenfahrzeuge zu entdecken, und es waren auch schon welche in der ft:pedia zu sehen.

Für alle drei hier genannten Kräne habe ich mehrere Teile entworfen und drucken lassen. Ich arbeite jetzt an den letzten Änderungen am KH1000. Bevor ich es wieder zerlege, werde ich es noch einmal komplett fotografieren. Das könnte mein nächster Beitrag werden.



Abb. 41: Das Raupenband 139 × 34 schwarz ([146985](#))



Abb. 42: Das Förderband 290 × 49 schwarz ([146986](#)) kann auch als Raupenband verwendet werden.

Quellen

- [1] Fischer-Werke: *Grundkasten*. Anleitung zu den Kästen ft 100 - 400, auf docs.fischertechnikclub.nl.
- [2] Fischer-Werke: Clubheft 2/1973, auf docs.fischertechnikclub.nl.
- [3] Fischer-Werke: Clubheft 4/1976, auf docs.fischertechnikclub.nl.
- [4] Peter Krijnen: *Demag CC12000 (pk)*. Auf ftcommunity.de, 2004.
- [5] fischertechnik: *Pistenwalze*. Anleitung auf docs.fischertechnikclub.nl.
- [6] Peter Krijnen: *Demag CC1400_3*. Auf ftcommunity.de, 2016.
- [7] Peter Krijnen: *DEMAG CC4800_5*. Auf ftcommunity.de, 2017.



Abb. 43: Planierschild 150 – Caterpillar Pipelayer PL83 im Maßstab 1:5

- [8] Peter Krijnen: *Schaufelradbagger* 293. Auf ftcommunity.de, 2010.
- [9] Autodesk: [Tinkercad Homepage](https://www.autodesk.com/products/tinkercad/overview).
- [10] Peter Krijnen: 3D-Designs, auf thingiverse.com.
- [11] Arjen Neijssen: *Caterpillar pipelayer*. Forums-Thread auf ftcommunity.de, 2024.
- [12] [Homepage](https://www.sumitomoheavyindustries.com) der Sumitomo Heavy Industries Construction Cranes Co., Ltd.

Mechanik

Parallel-Tripton

Florian Bauer

Dieser Artikel beschreibt das fischertechnik-Modell eines parallelen Tripton, eines interessanten parallelen Mechanismus, der einen End-Effektor in 3 Richtungen bewegen kann.

In einem früheren ft:pedia-Artikel [1] habe ich bereits das Modell eines klassischen Tripton vorgestellt, mit dem eine Plattform über drei Linearachsen in drei Dimensionen angesteuert wurde. Bei diesem Modell standen die Antriebsachsen senkrecht aufeinander. Hier wird eine Variante vorgestellt, bei dem die Achsen parallel angeordnet sind.

Auf diese Variante bin ich im Internet gestoßen. Das Video [2] zeigt den Mechanismus in Aktion. Es ist verblüffend, wie sich drei lineare Bewegungen in einer Dimension in eine räumliche Bewegung in drei Dimensionen umsetzen lassen.

Ich habe mich gefragt, wie dieser Mechanismus mit fischertechnik realisiert werden kann. Hierzu sind einige generelle Frage-

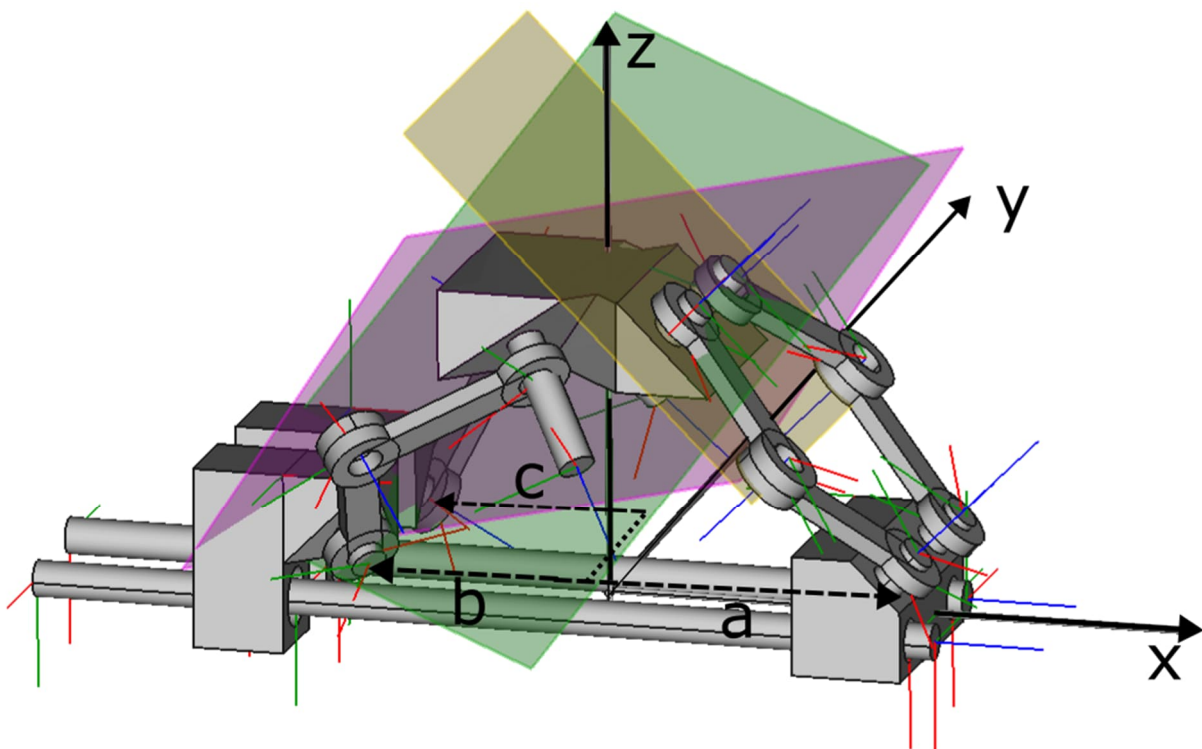


Abb. 1: Paraxialen-Tripton mit 3 Linearaktuatoren. Längspositionen der hinteren Aktuator-Schlitten: b und c, Längsposition des vorderen Schlittens: c; die Gelenkarme bewegen sich in den Ebenen: Ebene 1 (vorderer Aktuator): gelb, Ebene 2 (Aktuator rechts hinten): rosa und Ebene 3 (Aktuator links hinten): grün

stellungen zu bearbeiten, die bei vielen derartigen Modellen zu bearbeiten sind:

- Kinematische Beschreibung
- Umsetzung der Geometrie mit fischer-technik
- Aufbau und Stabilität der Arme und Gelenke
- Realisierung und Antrieb der Linearachsen
- Positionsmessung und Steuerung

Kinematische Beschreibung

Die End-Effektor-Plattform des Modells wird mit vier jeweils zweigliedrigen Armen bewegt. Der Aufbau ist in Abb. 1 skizziert. Die Arme sind mit Gelenken an Schlitten befestigt. Durch die Verschiebung der Schlitten entlang der x -Achse verändert sich die Ausgangsposition der Arme und damit die Position des End-Effektors.

Die beiden vorderen Arme sind auf einem gemeinsamen Schlitten angebracht. Sie bewegen sich auf der Ebene 1, die um 45° gegenüber der Basisebene geneigt ist. Die Verbindungslinie der Endgelenke der distalen Arme (am End-Effektor) bewegt sich auf dieser Ebene und ist damit immer senkrecht zur Hauptachse. Allerdings kann diese Verbindungslinie gegenüber der Basisebene geneigt sein. Um diese Kippung zu vermeiden und die Position des End-Effektors eindeutig festzulegen sind zwei weitere Arme notwendig:

Die beiden hinteren Arme sind an getrennten Schlitten befestigt. Die Achsen der proximalen Arme auf den Schlitten sind um 45° gegenüber der Basisebene und $\pm 45^\circ$ gegenüber der senkrecht zur Hauptachse stehenden Vertikalebene geneigt. Damit bewegen sich die hinteren Arme auf den Ebenen 2 und 3. Die Verbindungslinie der Gelenke am End-Effektor ist stets senkrecht zur Hauptachse und parallel zur Basisebene.

Um die Kinematik zu beschreiben kann man die Ebenen betrachten, in denen sich die Arme des Mechanismus bewegen. Der

gemeinsame Schnittpunkt dieser Ebenen definiert dann die Zielkoordinaten eines virtuellen End-Effektor-Punktes.

Der reale End-Effektor ist nicht punktförmig und hat eine endliche Ausdehnung. Die Abstände und die Aufnahmewinkel der Gelenkachsen am End-Effektor definieren eine quadratische (oder rechteckige) Ebene, die stets parallel zur Basisebene liegt und mit dem virtuellen End-Effektor-Punkt korreliert.

Durch Verschiebung der Armschlitten bewegen sich auch die Ebenen und damit auch die End-Effektor-Position. Zu einer vereinfachten mathematischen Beschreibung der Kinematik kommt man durch geometrische Betrachtung der Ebenen, was den Vorteil hat, dass die Winkel der einzelnen Gelenkarme nicht explizit benötigt werden.

Der Normalenvektor \vec{n}_1 und der Ansatzpunkt \vec{p}_1 der vorderen Ebene lauten:

$$\vec{n}_1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

$$\vec{p}_1 = \begin{pmatrix} a \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Die Normalenvektoren \vec{n}_2 und \vec{n}_3 sowie deren Ansatzpunkte \vec{p}_2 und \vec{p}_3 sind:

$$\vec{n}_2 = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{pmatrix} 1 \\ -1 \\ -1 \end{pmatrix}$$

$$\vec{p}_2 = \begin{pmatrix} -c \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$\vec{n}_3 = \frac{1}{\sqrt{3}} \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ -1 \end{pmatrix}$$

$$\vec{p}_3 = \begin{pmatrix} -b \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

Dabei sind a , b und c die Positionen der Aktor-Schlitten entlang der Hauptachse x . Der y -Versatz der Ansatzpunkte \vec{p}_2 und \vec{p}_3

wurde auf 0 gesetzt, da er lediglich zu einem konstanten y -Offset führt. Die Ebenen sind mathematisch durch die Gleichungen beschrieben:

$$(\vec{x} - \vec{p}_i) \vec{n}_i = 0 \quad i = 1,2,3$$

mit

$$\vec{x} = \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$$

Für jede Ebene gibt es eine Gleichung mit den Unbekannten x , y und z :

$$\text{Ebene 1: } x - a + z = 0$$

$$\text{Ebene 2: } x + b - y - z = 0$$

$$\text{Ebene 3: } x + c + y - z = 0$$

Die simultane Lösung dieses linearen Gleichungssystems liefert den Schnittpunkt der drei Ebenen und damit die virtuelle Position des End-Effektors:

$$x = \frac{1}{2} \left(a - \frac{b}{2} - \frac{c}{2} \right)$$

$$y = \frac{b - c}{2}$$

$$z = \frac{1}{2} \left(a + \frac{c}{2} + \frac{b}{2} \right)$$

An diesem Ergebnis kann man ein recht interessantes Verhalten ablesen:

1. Wenn sich alle drei Aktuator-Schlitten in die gleiche Richtung um Δa bewegen, ändert sich nur die x -Position um diesen Wert, was auch anschaulich eingängig ist (hervorgehoben durch die Einrahmung):

$$\Delta a = -\Delta b = -\Delta c \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{\Delta x = \Delta a}, \Delta y = 0, \Delta z = 0$$

2. Werden die beiden hinteren Aktuator-Schlitten um den gleichen Weg Δb gegensinnig verfahren und der vordere Schlitten festgehalten, ändert sich nur die y -Position um diesen Wert:

$$\Delta a = 0, \Delta b = -\Delta c \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta x = 0, \boxed{\Delta y = \Delta b}, \Delta z = 0$$

3. Werden die beiden hinteren Aktuator-Schlitten um Δa (nach hinten) verfahren und der vordere Schlitten um Δa nach vorne, erhöht sich nur die z -Position um Δa :

$$\Delta b = \Delta c = \Delta a \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \Delta x = 0, \Delta y = 0, \boxed{\Delta z = \Delta a}$$

Daraus ist ersichtlich, wie man die Position des End-Effektors steuern kann. Durch die Limitierung der Achsen und der Schenkel-längen der Gelenkarme sowie die gegen-seitige Blockierung dieser Arme an bestimmten Positionen ist der Arbeits-bereich des Tripterons begrenzt.

Aufbau mit fischertechnik

Abb. 3 zeigt mein fischertechnik-Modell des parallelen Tripterons. Für das Modell werden folgende Fremtteile (nicht-fischer-technik) benötigt:

- 4 Würfelsteine mit Aufnahmeachse (3D-Druck; man kann sich auch mit 30°- und 15°-Winkelsteinen behelfen, erhält allerdings einen instabileren Aufbau, siehe Abb. 2)
- 3 Sharp Abstandssensoren (Sensoren, die nach dem Prinzip der Time-of-Flight arbeiten wären ebenfalls möglich, wie der VL53L0X [5])
- 1 Arduino Uno und 1 Arduino Motor-Shield (oder alternativ ein fischertechnik-TXT-Controller)

Die Linearachsen sind in diesem Modell mittels langer Stangen (fischertechnik-Achsen) realisiert. Die mittleren Stangen führen den vorderen Schlitten und jeweils eine Achse wird für die hinteren Schlitten zusammen mit zwei weiteren äußeren Achsen verwendet. Ich habe mich bei diesem Modell für einen Seilzug-Antrieb entschieden, weil er mit sehr einfachen Mitteln und einigermaßen platzsparend zu realisieren ist. Alternativ könnte man den Antrieb mittels Schnecken- oder Zahnstangengetriebe gestalten.

Die Achsen des Modells werden jeweils durch einen bidirektionalen Seilzug-Mechanismus angetrieben (Abb. 7). Jeder Aktuator-Schlitten wird beidseitig von einem Zugseil gezogen. Auf der Antriebsseite befinden sich Seiltrommeln, die das Zugseil in beide Richtungen bewegen können. Auf der Gegenseite wird das Zugseil über eine Umlenkrolle zurückgeführt. Mit einer Seilspannvorrichtung oder einer Zugfeder im Seil könnte man das Seil noch besser auf Spannung halten. Das hat bei mir allerdings zu Oszillationen geführt, da die Schlitten zum Teil haken und dann erst ab einer bestimmten Kraft losfahren.

Für die Arme des Modells habe ich Bodenplatten 30×90 (32859) bzw. (32861) verwendet, da sie eine recht hohe Verwindungssteifigkeit aufweisen. Als Gelenke habe ich „Kämme“ von Lenkhebeln (38473) eingesetzt, mit denen man eine weitgehend spielfreie Lagerung erreichen kann.

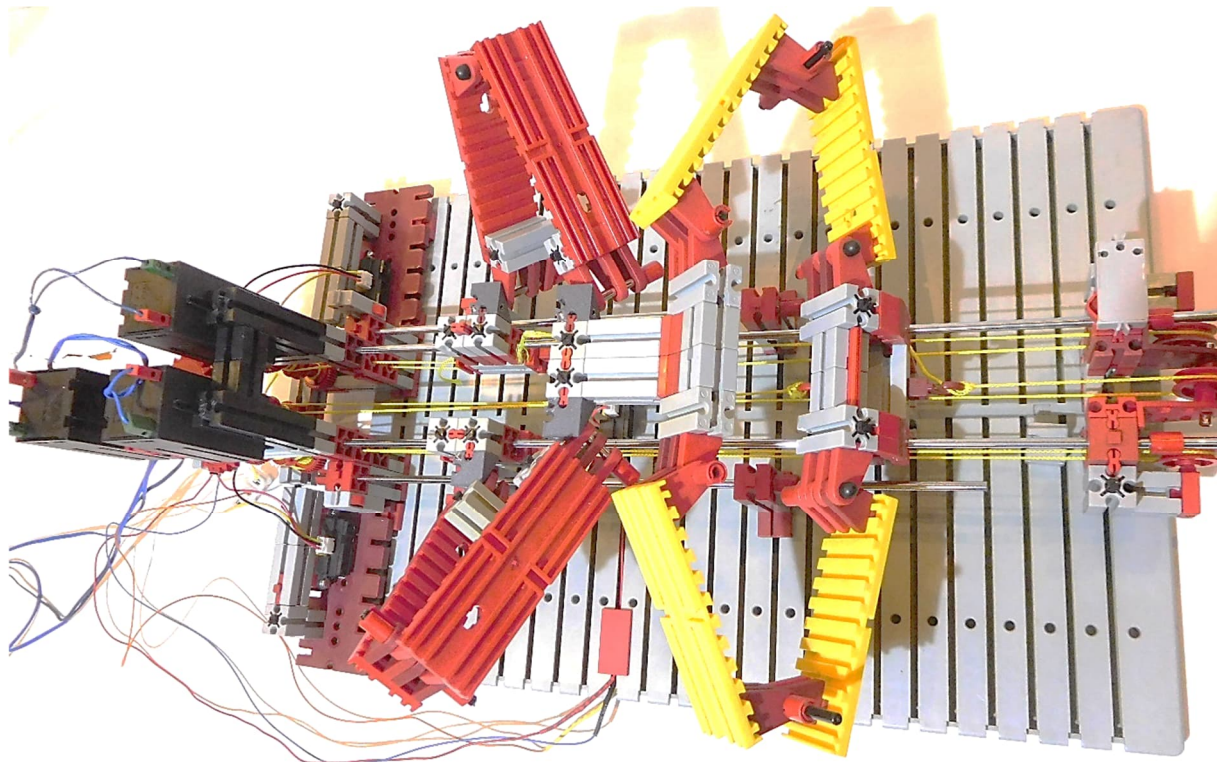


Abb. 3: Paralleles Tripterion aus fischertechnik mit End-Effektor-Plattform. Die Achsen der beiden hinteren Aktuator-Arme (rot) sind mit speziellen Würfelsteinen (dunkelgrau) am Schlitten und an der End-Effektor-Plattform befestigt.

Eine Herausforderung war der zweifache 45° -Winkel für die hinteren Aktuatoren. Da der Aufbau aus 30° - und 15° -Winkeln zu „gummerig“ war, habe ich mich dafür entschieden, ein spezielles Teil – einen Würfelstein mit Aufnahmeachse – mit FreeCAD zu konstruieren und dem 3D-Drucker zu drucken (Abb. 2). Die STL-Dateien habe ich auf [3] zur Verfügung gestellt.

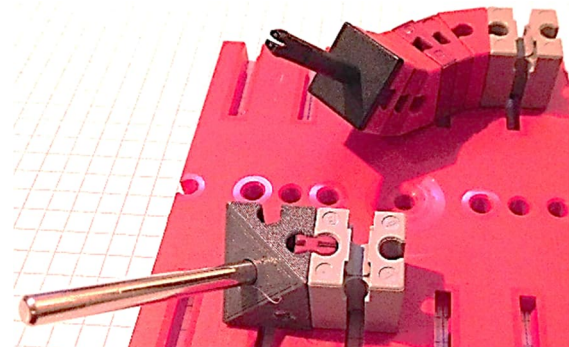


Abb. 2: Im Vordergrund ein Würfelstein mit Aufnahmeachse, dahinter die Alternative mit fischertechnik-Standard-Winkelsteinen, um die Achse in der Würfel-Diagonalen auszurichten

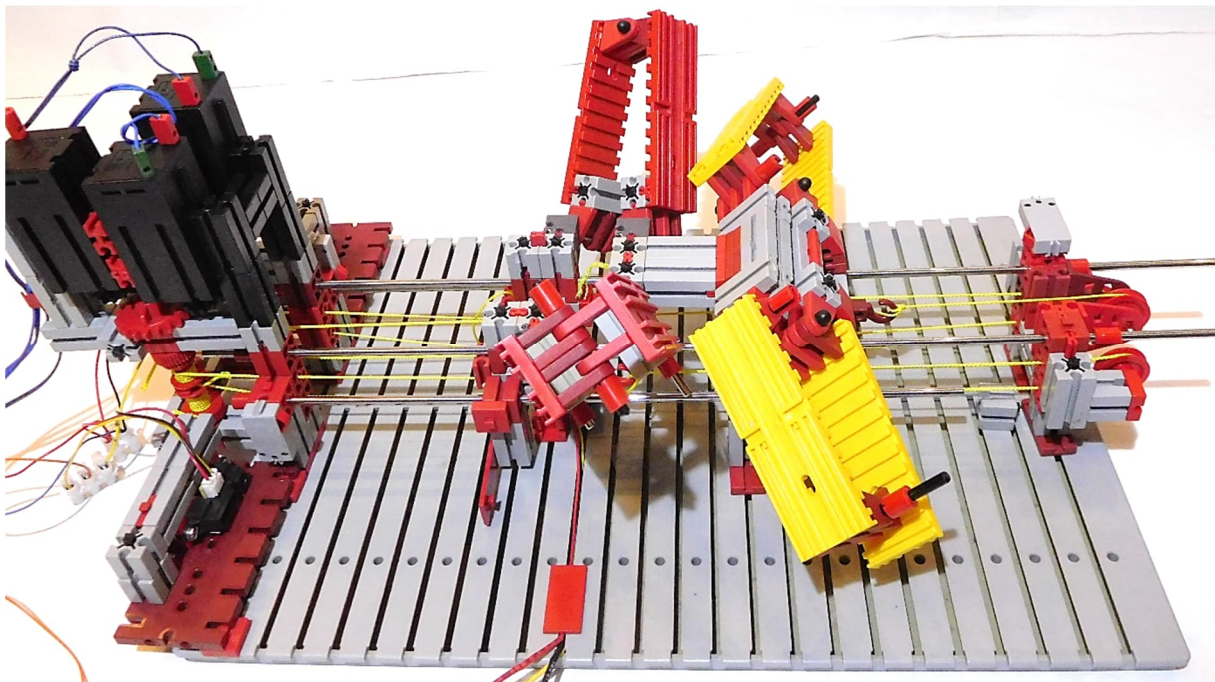
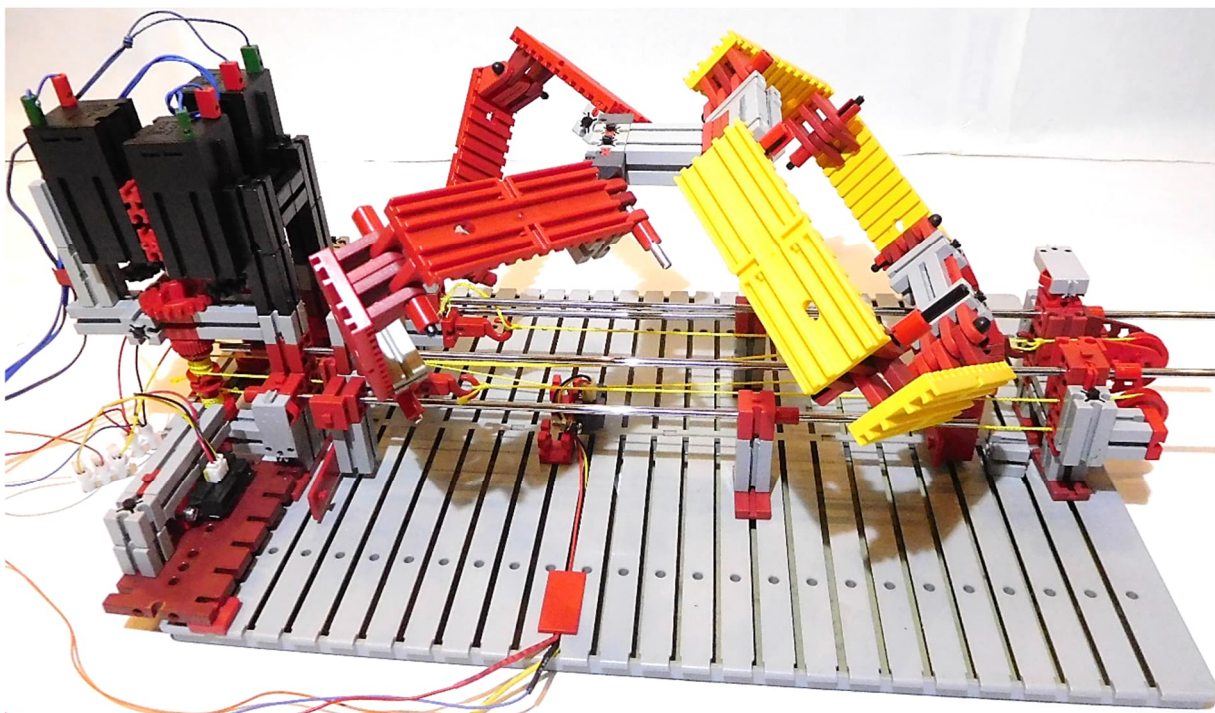
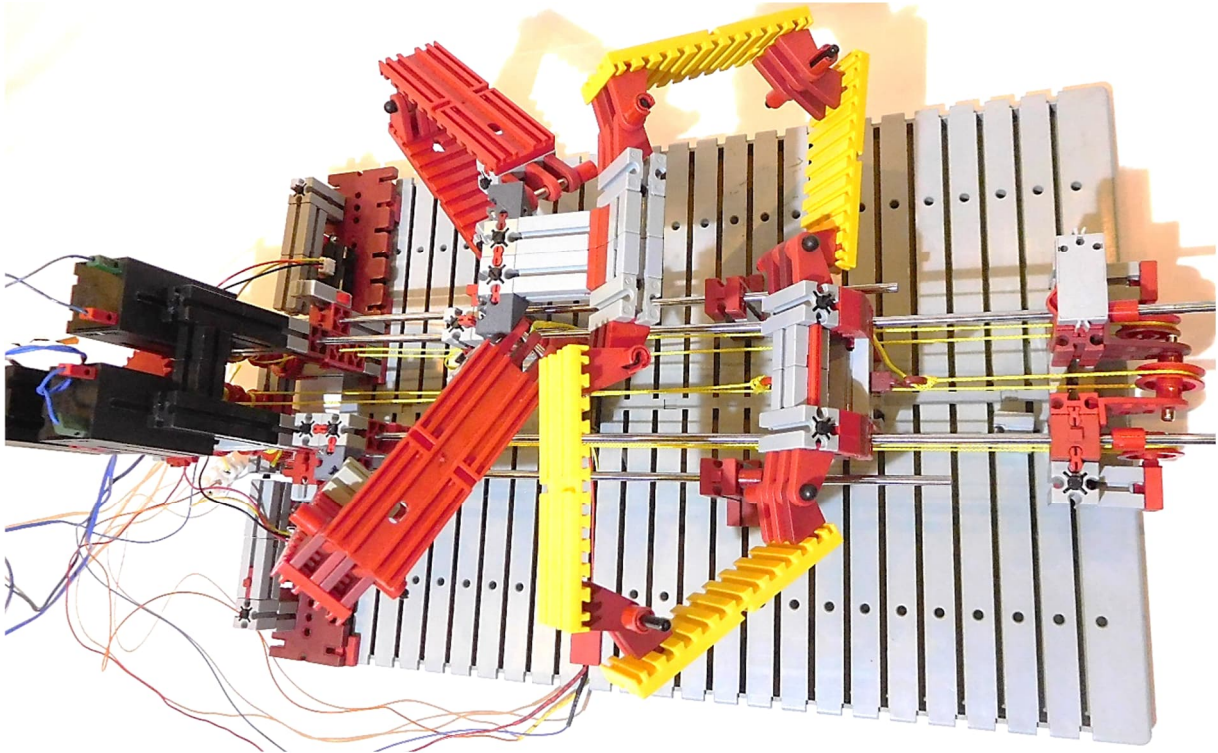


Abb. 4: Tripterion mit abgesenktem End-Effektor



*Abb. 5: Tripterion mit maximal angehobenem End-Effektor.
Mit längeren Stangen könnte man den Arbeitsbereich vergrößern.*



*Abb. 6: Paralleles Tripterion mit seitlich verschobener End-Effektor-Plattform.
Man beachte die asymmetrische Stellung der hinteren Aktuator-Schlitten*

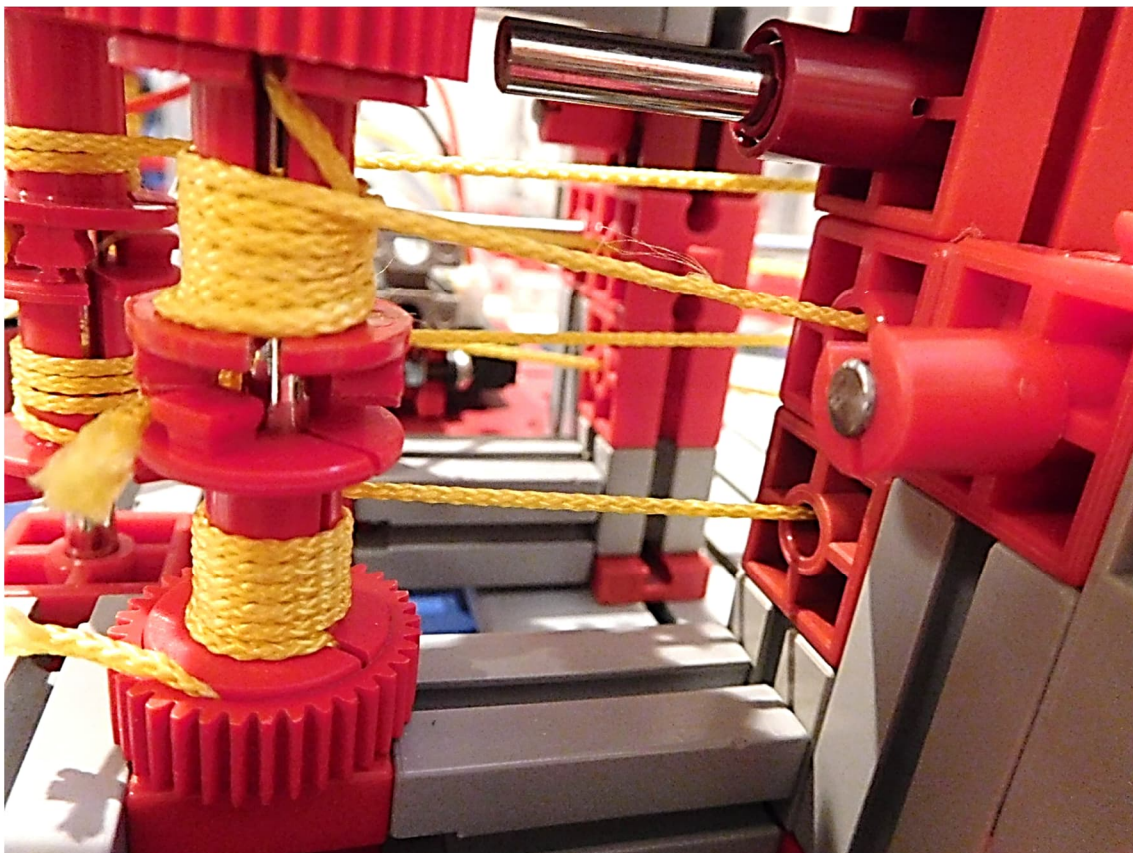


Abb. 7: Seilantrieb des rechten Aktuators. Beachte: obere und untere Seilrolle arbeiten in Gegenrichtung: wenn die Obere aufspult, spult die Untere ab.

Die Seilwinden werden von XM-Motoren angetrieben, wobei im Prinzip alle Motor-typen möglich wären.

Um die Aktuator-Position zu messen, habe ich Reflexions-Sensoren (GP2Y0A41 für 3 cm bis 30 cm und GP2Y0A21 für 10 cm bis 80 cm) von Sharp [4, 6] verwendet. An der Unterseite der Schlitten sind Reflexions-Platten angebracht, mit denen der absolute Abstand zu den Sensoren gemessen werden kann. Die Vorteile sind, dass beliebige fischertechnik-Motoren verwendet werden können. Man braucht also keine Encoder- oder Schrittmotoren. Es ist auch keine Referenzfahrt notwendig und ein etwaiger Schlupf durch das Motor-Getriebe oder eine ungleichmäßige Seil-Aufwicklung spielen kaum eine Rolle.

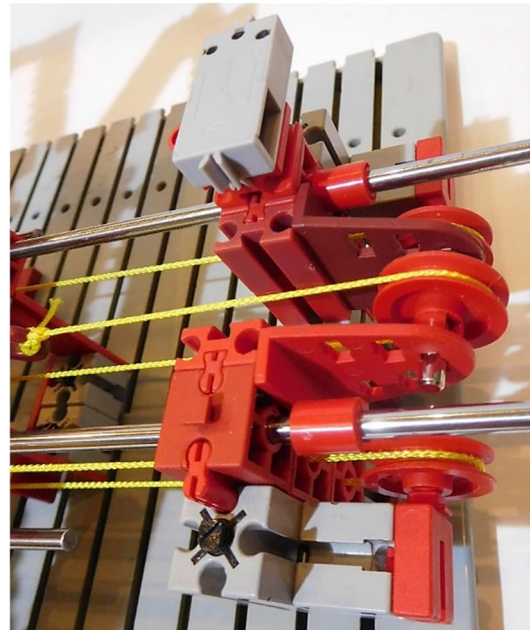


Abb. 8: Umlenkrollen für den Seilantrieb. Der End-Taster ist vorgesehen, aber nicht verdrahtet. Die Position wird absolut gemessen und über die Software begrenzt.

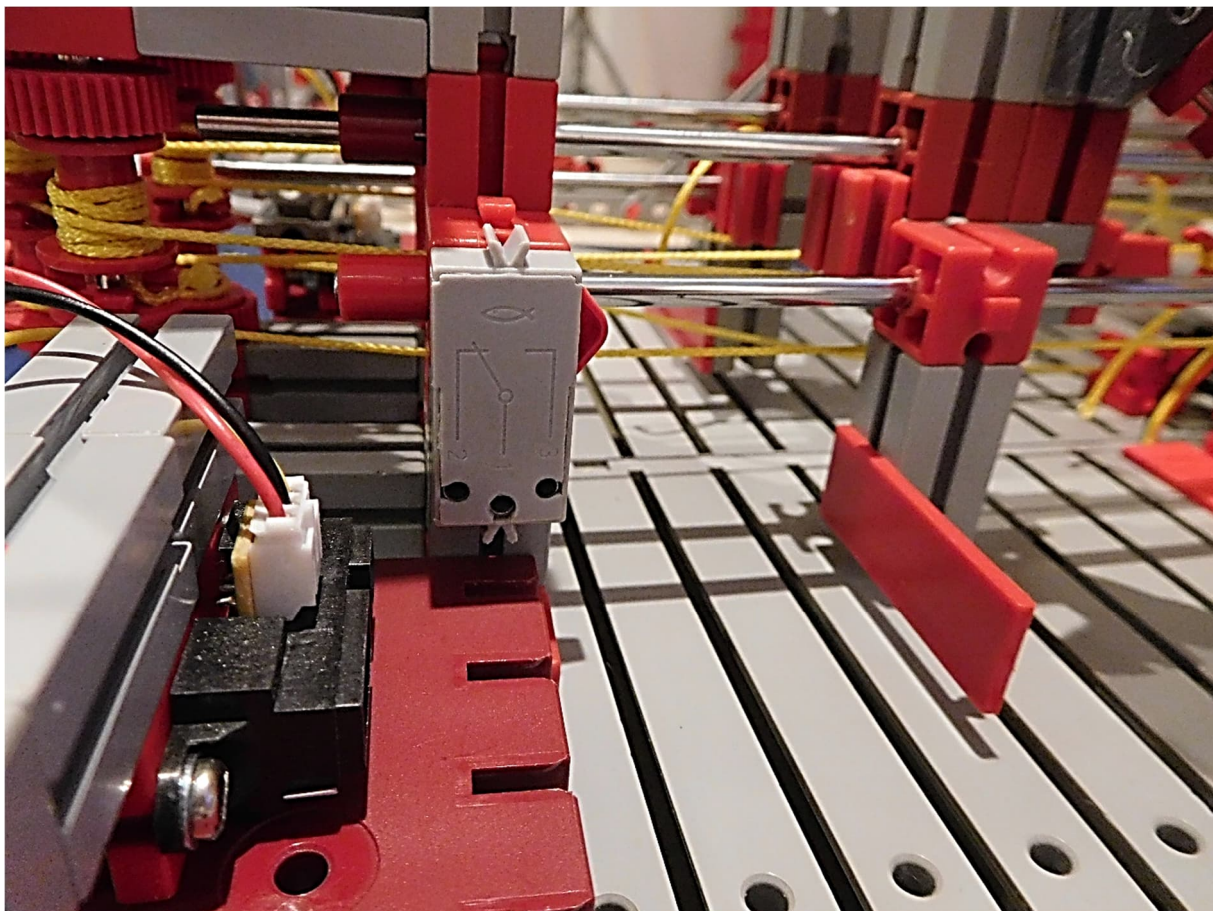


Abb. 9: Links: Sharp-Reflexions-Sensor; rechts: rechter Aktuator-Schlitten mit Reflexionsplatte

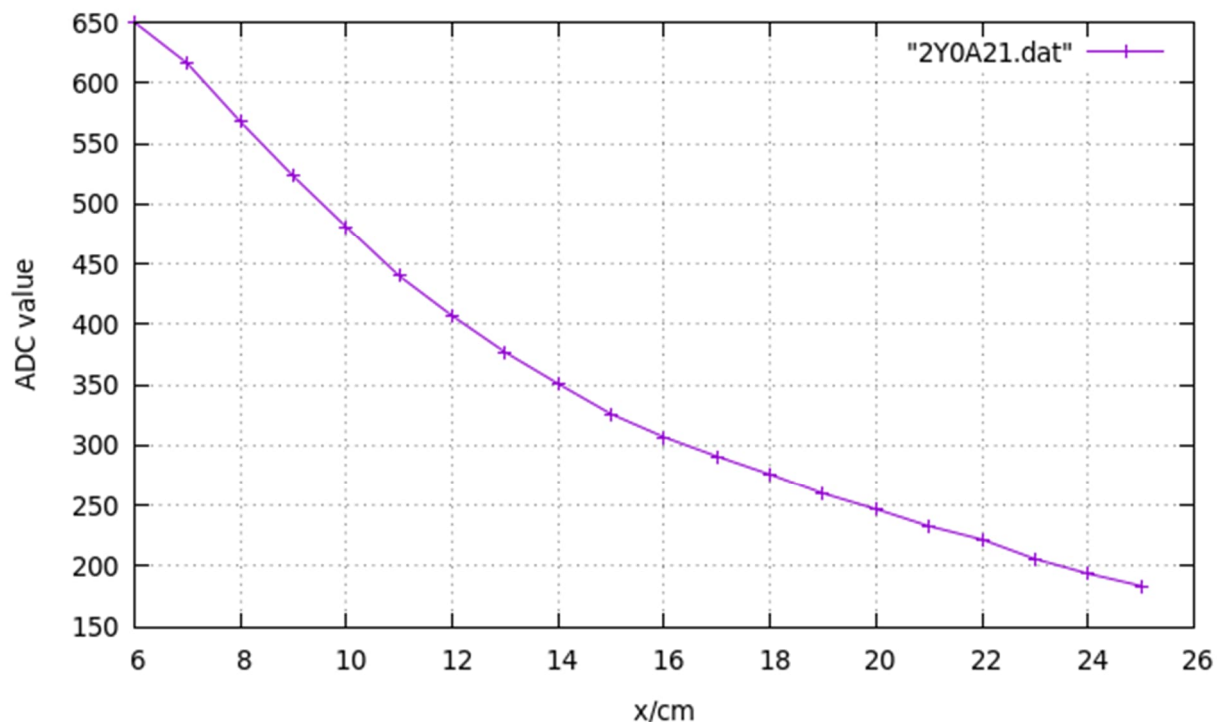


Abb. 10: Eichkurve eines Sharp-Reflexions-Sensors

Da das Signal der Reflex-Sensoren nicht linear vom Abstand abhängt, wurde für jeden Sensor eine Eichkurve aufgenommen, mit dem der Analog-Digital-Wandler-Wert des Arduinos nach dem Auslesen durch Interpolation in einen Abstandswert umgerechnet wird. Die Werte sind im Steuerprogramm fest hinterlegt. Zu beachten ist, dass die Reflex-Sensoren erst ab einem bestimmten Abstand verwendet werden können, da sie unterhalb dieses Abstandes ein nicht monotonen Verhalten aufweisen. Daher sind die Sensoren etwas zurückgesetzt installiert.

Die Regelung übernimmt ein einfacher Proportional-Regler: Dabei wird in der Arduino-Programm-Schleife (loop) die Abweichung des Abstandswerts von der Sollposition mit einem Faktor (bei mir 10 bis 15) durch Multiplikation in einen PWM-Wert für die Motordrehzahl umgerechnet und an den Motor ausgegeben. Die Position wird über die serielle Konsole des Arduino eingegeben.

Die Positionen der Aktuatoren werden softwaremäßig auf den nutzbaren Arbeitsbereich limitiert, so dass sie sich nicht in den nicht-monotonen Bereich der Sensoren bewegen können. Eine Absicherung mittels Endschaltern wäre empfehlenswert.

Einschränkungen und mögliche Verbesserungen

Durch das Durchbiegen der Führungsstangen, das Spiel der Lager und die leider dennoch begrenzte Verwindungssteifigkeit der fischertechnik-Komponenten ist die End-Effektor-Position leicht ungenau und etwas wackelig, was durch die gewählte Kinematik verstärkt wird. Eventuell könnte man eine Verbesserung erzielen, indem man speziell konstruierte Gelenke mit Kugellagern verwenden würde. Interessant wäre auch ein Modell mit längeren Achsen, so dass ein größerer Arbeitsbereich abgefahren werden könnte.

Fazit

In diesem Beitrag habe ich das Modell eines Tripterons mit drei parallelen Aktuatoren vorgestellt. Nach einer vereinfachten Beschreibung der Kinematik wurde die Umsetzung des Modells mit fischertechnik beschrieben. Für das Modell wurde ein spezielles Bauteil konstruiert, mit sich die für das Modell erforderlichen speziellen Winkelverhältnisse realisieren lassen.

Ich habe gezeigt, wie man das Modell mittels Seilantrieb und absolut arbeitenden Reflexions-Sensoren dynamisieren kann. Mit dieser Vorgehensweise können Linearachsen für andere Modelle ohne großen Aufwand realisiert werden.

Ausblick

Neben weiteren parallelen Roboter-Mechanismen könnte ich mir vorstellen, folgende Themen zu vertiefen:

- Interessant wäre eine kinematische Beschreibung, bei der auch die Arme mitberücksichtigt werden. Damit könnte man den Arbeitsbereich des Tripterons berechnen. Eine Stabilitätsbetrachtung wäre damit ebenfalls möglich.
- Für eine verbesserte Stabilität könnten fischertechnik-kompatible Gelenke mit Kugellagern konstruiert werden.
- Eine besondere Herausforderung wäre eine alternative Wegmessung z. B. mittels magnetostriktiver Wegsensoren [7].

Referenzen

- [1] Florian Bauer: *Parallele Roboter – Tripteron und Agile Eye*. [ft:pedia 4/2021](#), S. 22–30.
- [2] Zaber Technologies: *Tripteron Robot - Simpler Than It Looks?* Auf [YouTube](#), 2022.
- [3] Florian Bauer: *Diagonal Cut Cube Axis Adapter for fischertechnik*. Auf [Thingiverse](#), 2024.
- [4] Sharp: *GP2Y0A41SK0F Distance Measuring Sensor Unit, Measuring distance: 4 to 30 cm, Analog output type*. PDF-Datenblatt auf [global.sharp](#).
- [5] STMicroelectronics: *VXL53L0X Time-of-Flight ranging sensor*. PDF-Datenblatt auf [st.com](#), 2024.
- [6] Sharp: *GP2Y0A21YK0F Distance Measuring Sensor Unit, Measuring distance: 10 to 80 cm, Analog output type*. PDF-Datenblatt auf [global.sharp](#).
- [7] Wikipedia: [Magnetostriktiver Wegaufnehmer](#).
- [8] Florian Bauer: Downloads zum Modell (Arduino, STL, FreeCAD), auf [ftcommunity.de](#), 2024.

Elektronik

Ampelschaltungen

Arnoud van Delden

Ampelschaltungen wurden bei fischertechnik von Anfang an zur Verdeutlichung elektromechanischer und elektronischer Funktionsprinzipien eingesetzt. Die im Laufe der Zeit vorgeschlagenen Modelle regen immer wieder die Fantasie an. Als ich auf der Suche nach einer Anwendung für die heute angebotenen LED-Ampeln war, kam ich auf die Idee, die verschiedenen Beschreibungen und Methoden abzubilden. Bei dieser Erkundung habe ich viel über die verschiedenen Schallösungen gelernt.

Die Ampelschaltungen in den technischen Unterlagen von fischertechnik wurden im Laufe der Jahre auf unterschiedliche Weise realisiert. Zunächst rein mechanisch durch manuelle Bedienung, später wurde die Steuerung der Ampeln immer mehr „automatisiert“. Für die automatische Schaltung wurde anfangs die elektromechanische Lösung mit Schleifkontakten und Nockenscheiben verwendet. Erst nach einem Zwischenschritt, bei dem Relais die Lampen versorgten, wurden vollelektronische Lösungen möglich. Es folgten voll-digitale Steuerungen, die noch mit analogen elektronischen Modulen realisiert wurden.

Moderne Ampelsteuerungen sind vollständig softwarebasiert. Dieser Beitrag untersucht und demonstriert die Entwicklungen, die im Laufe der Zeit aufeinander folgten.

LED-Ampeln

Vor einiger Zeit stieß ich unter den im Internet angebotenen Mikrocontroller-Gadgets und Elektronikmodulen auf eine Modell-Ampel mit drei großen 8-mm-LEDs. Das Modul besteht aus einer roten, einer gelben und einer grünen LED samt den dazugehörigen Vorschaltwiderständen, die auf einer kleinen Platine zusammengefasst sind. In der Produktbeschreibung ist bereits angegeben, dass die Platinen für 5 V

geeignet sein sollen, so dass sie im Prinzip direkt über die digitalen Ausgänge eines Mikrocontrollers gesteuert werden können, wie z. B. eines Arduino oder Raspberry Pi.



Abb. 1: Mini-LED-Ampeln

Um die Vorschaltwiderstände der LEDs an die 9-V-Schaltungen von fischertechnik anzupassen, habe ich eine kleine Platine und ein Gehäuse entworfen, die als Basis dienen. Nach einer genaueren Bestandsaufnahme der notwendigen Modifikationen an diesen kleinen Ampeln beschloss ich, ein Video [5] über sie zu machen und sie zu

nutzen, um die Geschichte und Entwicklung der verschiedenen Ampelschaltungen aus den fischertechnik-Modellbüchern darzustellen. Da ich genügend Mini-Ampeln zur Verfügung hatte, nutzte ich die Gelegenheit, die Anlagen möglichst doppelt, d. h. für zwei Verkehrsrichtungen auszuführen.

Steuerungszyklus

A	I		II	
1	Red			Green
2	Red	Yellow		Yellow
3			Green	Red
4		Yellow		Red

B	I		II	
1	Red			Green
2	Red			Yellow
3			Green	Red
4		Yellow		Red

Abb. 2: Die vier verschiedenen Phasen der Steuerung von zwei Ampeln I und II

Der Zyklus, in dem die farbigen Lichter abwechselnd oder gleichzeitig brennen, ist von Land zu Land unterschiedlich. In den Niederlanden sind nie zwei Lichter einer dreifarbigem Ampel gleichzeitig an. Die rote Ampel springt sofort auf Grün um. In anderen Ländern, zum Beispiel in Deutschland, Ungarn, Großbritannien, Österreich, der Schweiz, Polen, Litauen, Norwegen, Russland und Schweden, kündigt die gelbe Lampe das grüne Licht im letzten Teil der Rotphase an. Abb. 2 zeigt diese Abfolge bei „A“. Der Steuerzyklus „B“ zeigt den niederländischen Ablauf. Der Unterschied besteht in den Phasen 2 und 4, in denen nur jeweils eine Lampe aufleuchtet. Die Höhe der Tabellenzellen gibt die relative Zeit an, in der die entsprechenden Ampeln eingeschaltet sind. Das liegt daran, dass die Rot-

und Grünphasen in der Regel (viel) länger sind als die Phase, in der die gelben Lichter eingeschaltet sind. Beispiele für Ampelschaltungen wurden von fischertechnik von Anfang an zur Verdeutlichung technischer und elektronischer Prinzipien eingesetzt. Viele der Begleithefte zu den Elektromechanik-Baukästen von fischertechnik enthalten bereits Ampelschaltungen.

Eine manuelle Bedienung

Grundlage ist ein manuelles sequenzielles Schalten der drei Lichter einer Ampel mit einem Drehschalter (31312). Mit dem Drehschalter und einem zusätzlichen Taster kann eine „verbesserte Ampelschaltung“ umgesetzt werden, bei der sich das gelbe Licht entsprechend dem „deutschen Regelkreis“ zum roten gesellt, bevor das grüne Licht aufleuchtet.

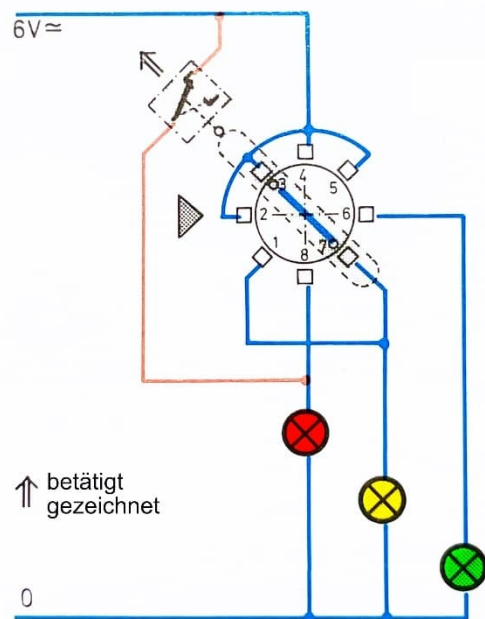


Abb. 3: Originalschaltplan aus dem Handbuch zum em2-Bausatz

Zur Veranschaulichung dieses Prinzips habe ich eine handbetätigte Ampelschaltung mit Drehschalter und Taster gebaut, wie sie im Modellheft des Kastens em2 (30231) [9] vorgeschlagen wird. Dazu wird ein „Griff“ oder ein Zeiger aus Bausteinen auf den Drehschalter gesetzt.



Abb. 4: Durchgelötete Verbindung, die unter den im Bauplan vorgeschlagenen Zeiger fallen kann

In der Originalbeschreibung wird es dem Einfallsreichtum des Erbauers überlassen, die Verbindung zwischen zwei gegenüberliegenden Kontakten auf dem Drehschalter herzustellen. Obwohl vorgeschlagen wird, dass diese in einer Linie mit dem Anzegebalken verlaufen sollen, gibt es keinen Platz, um die fischertechnik-Stecker in die Kontakte auf der Innenseite einzuführen. Ich habe dies gelöst, indem ich zwei Kontakte mit einem gelöteten Draht unterhalb der vorgeschlagenen Griffkonstruktion verbunden habe (Abb. 4).

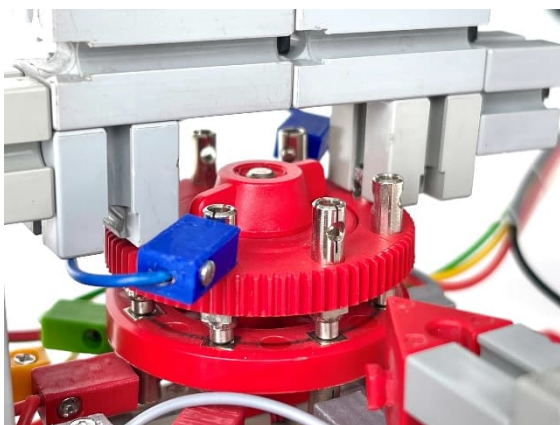


Abb. 5: Drahtbrücke um eine Position gedreht (blaue Stecker)

Die einfachere, aber weniger elegante Lösung besteht darin, alle Anschlüsse am unteren Ring um eine Kontaktposition zu verschieben, so dass die äußere Verbindung mit den normalen Steckern (den blauen Steckern in Abb. 5) hergestellt werden

kann. Diese einfachste, elektromechanische Ampelschaltung ist in Abb. 6 zu sehen.

In der Bauanleitung der hobby-3-Elektromechanik-Box ([35803](#)) [7, 8] wird anstelle eines Schalters ein Relais für die zusätzliche Phase verwendet, in der Rot und Gelb gleichzeitig leuchten, aber das Prinzip ist das gleiche. Der Schaltplan geht von den drei Lampen und nicht von den verschiedenen Phasen der Verkehrssteuerung aus. Der Drehschalter kann in vier Positionen gedreht werden, die eine Ampelsteuerung für nur eine Ampel „I“ ermöglichen (Abb. 2).

Dies veranschaulicht das Prinzip für eine Ampel. Will man jedoch zwei Ampeln (Verkehrsrichtungen) gleichzeitig steuern, greift diese Methode zu kurz, da die Lichtphasen des roten und des grünen Lichts zweier Ampeln nicht rein komplementär sind. Denn das rote Licht ist während des Gelb-Zyklus an, während das grüne Licht der anderen Ampel aus ist. Ein einziger Anschluss für diese Lampen in den beiden verschiedenen Ampeln würde daher nicht ausreichen. Dazu wäre mindestens ein zweiter (vorzugsweise mechanisch gekoppelter) Drehschalter zusätzlich zu dem zusätzlichen Schalter für die zweite Gelb-/Rot-Stufe erforderlich. Schließlich leuchten in beiden Ampeln nur die gelben Lichter gleichzeitig auf. Damit sollten nicht drei, sondern fünf unabhängige Lampengruppen geschaltet werden können.

Für die Steuerung mehrerer Lampen ist es sinnvoller, von den (nur vier) verschiedenen Phasen der Verkehrssteuerung auszugehen und über eine Logikfunktion für jede Lampe zu bestimmen (dekodieren), ob sie in der jeweiligen Phase leuchtet oder erlischt. Mit diesem wesentlich anderen Ansatz bewegen wir uns mehr in Richtung der (digitalen) Schaltelektronik.

Die erforderliche Schaltlogik für jede Lampe kann auch ohne Elektronikmodule mit logischen Schaltanschlüssen „deko-

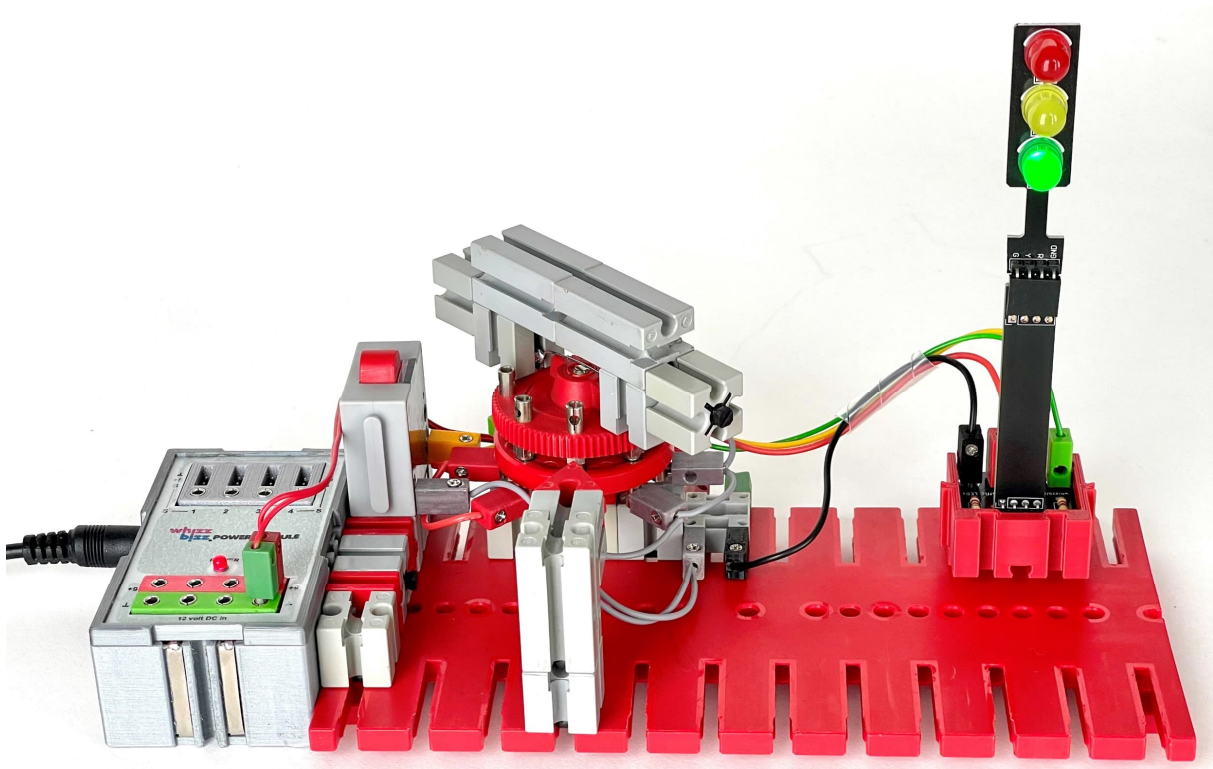


Abb. 6: Einfache Schaltung für den Steuerzyklus einer Ampel

diert“ werden. Durch Hinzufügen von nur wenigen Dioden zur Verdrahtung des ursprünglichen Schaltplans ist es möglich, die Steuerung für zwei Ampeln oder Verkehrsrichtungen zu erweitern. Abb. 7 zeigt den modifizierten Schaltplan. Mit einigen 1N4001- oder 1N4007-Dioden werden die logischen sogenannten „wired-

ORs“ gebildet. Dadurch sind die vier Phasen ausreichend, die mit dem Drehschalter geschaltet werden können, und auch der zusätzliche Taster aus Abbildung 3 kann entfallen. Auf diese Weise fungiert der Drehschalter als „Zähler“ und die verdrahteten ODERs mit den Dioden als „Dekoder“.

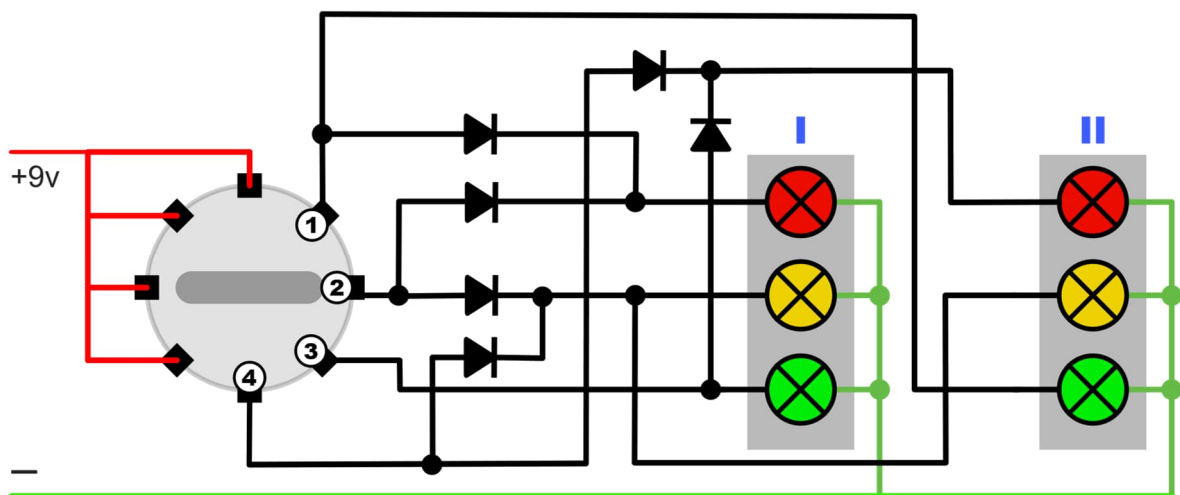


Abb. 7: Die vier Regelphasen als Ausgangspunkt mit sogenannten verdrahteten ORs

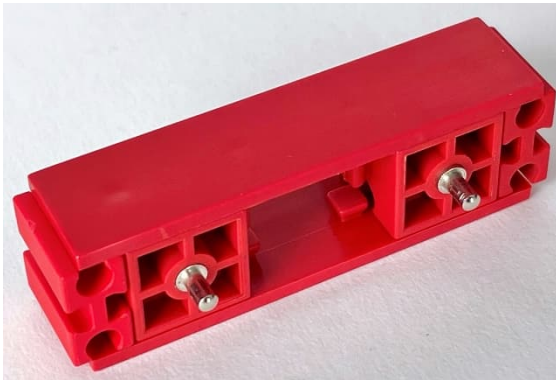


Abb. 8: Steckverbinder und Griff für Drehschalter

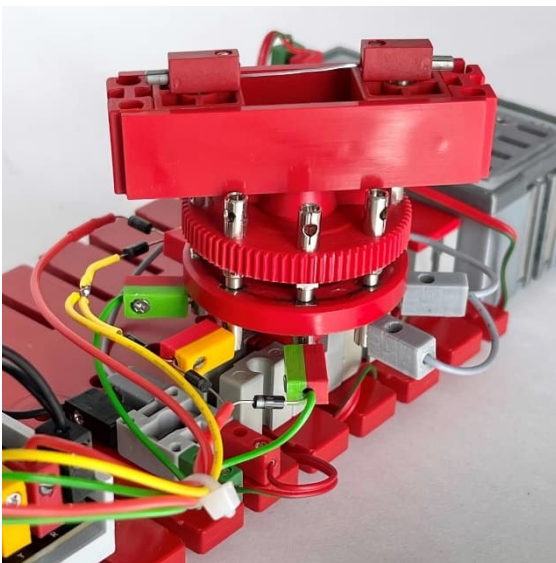


Abb. 9: Detail des Drehschalters mit Drahtbrücke

Inzwischen bot sich auch eine elegantere Methode an, die Durchgangsverbindung oben auf dem Drehschalter herzustellen. Schließlich ist es am schönsten, wenn sie in einer Linie mit dem Drehgriff realisiert werden kann. Die Tatsache, dass die Kontakte des Drehschalters eine nicht-fischertechnische Distanz (ca. 33,5 mm) aufweisen, könnte mit zwei metallischen Zwischensteckern ([31339](#)) in Bausteinen 7,5 mit Bohrung ([32064](#)) gelöst werden, wie in Abb. 8 gezeigt. Darauf kann dann eine Drahtbrücke mit den regulären fischertechnik-Steckern angebracht werden (Abb. 9).

Abb. 10 zeigt den kompletten Aufbau. Die Dioden wurden in die Verdrahtung einbezogen. *Hinweis:* Die (zweifarbigen!) Stecker

stellen nicht die Spannungspolarität dar, sondern verdeutlichen die Farben der Lampen der beiden in diesem Modus gesteuerten Ampeln.

Diese Schaltprinzipien können natürlich auch motorisiert und damit „automatisiert“ werden, indem ein Motor die Drehbewegung ausführt, die hier noch von Hand erfolgen muss. Ein Nachteil eines Drehschalters bleiben jedoch die „toten“ Momente zwischen den Schaltstellungen. In diesen Momenten leuchtet einfach keine Lampe!

Elektromechanische Lösungen

Das gelbe Licht, das das rote ergänzt, bevor das grüne Licht aufleuchtet, wurde in der Anleitung zum Hobby3-Baukasten ([35803](#), [39530](#)) mit einem Relais anstelle eines Tasters neben dem Drehschalter erreicht. Es wurde auch schon vorgeschlagen, die einfache Ampelschaltung mit dem Drehschalter zu einer blinkenden gelben Lampe zu erweitern, die durch einen Motor mit einer Nockenscheibe geschaltet wird. Vollständig elektromechanische Lösungen sind das aber noch nicht, denn der fischertechnik-Drehschalter ([31312](#)) muss jedes Mal von Hand gedreht werden.

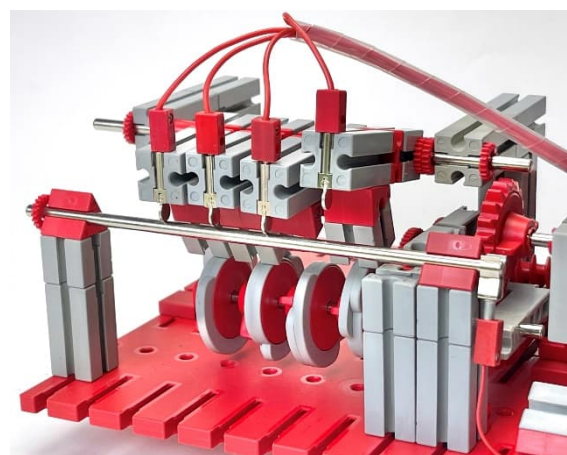


Abb. 12: Vierstufiger „Zähler“ mit Nockenscheiben

Das Modellbuch des Bausatzes em2 ([30231](#)) zeigt das in Abb. 12 dargestellte Beispiel. Hier werden aufeinanderfolgende

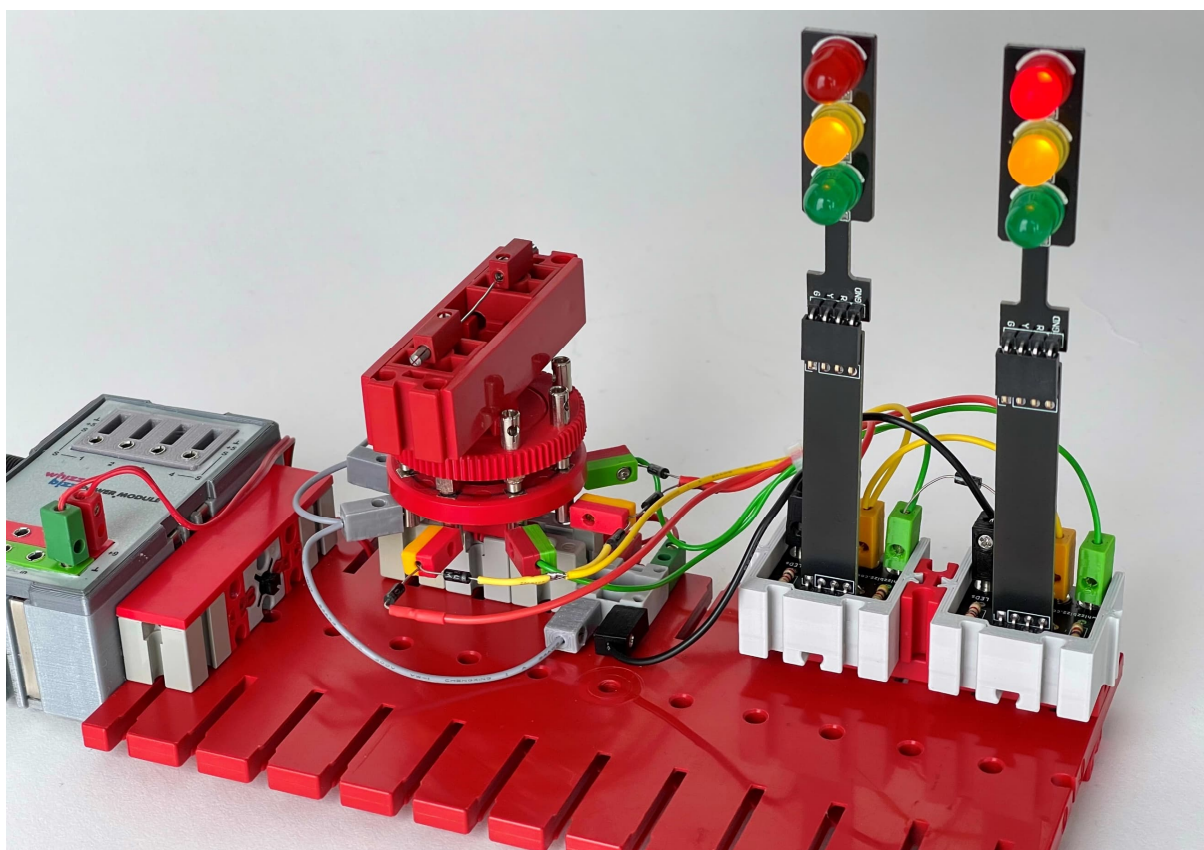


Abb. 10: Schema, bei dem die vier Regelzyklusphasen des Reglers als Ausgangspunkt genommen

Kontaktphasen mit Nockenscheiben „programmiert“. Voraussetzung dafür ist, dass diese vier Phasen so genau wie möglich aufeinander folgen, ohne sich zu überlappen. In diesem Fall ähnelt dieser „Phasensequenzzer“ oder Zähler dem manuellen Drehschalter, und die „dekodierende“ Verdrahtung mit den Dioden aus Abb. 7 könnte zur Steuerung der beiden Ampeln verwendet werden. Ein solcher mechanischer vierstufiger „Zähler“ bleibt jedoch fehleranfällig. Treten bei der „Programmierung“ Fehler durch gegenseitiges Verdrehen der Nocken auf, führt dies unwiderruflich zu Fehlern bei der Steuerung der Ampeln.

In dieser Hinsicht wäre eine Schaltung mit Schleifkontakten ([31301](#)) und Schleifring-Unterbrecherstücken ([31303](#)) vielleicht eine bessere Idee. Das macht es zumindest einfacher, eine Drehung der angetriebenen Achse in vier Phasen zu unterteilen. Da auch jeweils zwei der vier Phasen am

gleichen Schleifkontakt „codiert“ werden können, verringert sich die Gefahr von Fehlern durch gegenseitige Verdrehung. Außerdem genügen zwei Schleifkontakte anstelle von vier separaten Nockenscheiben. Auf meiner Website habe ich die manuellen und elektromechanischen Lösungen auf einer eigenen Projektseite zusammengefasst [1].

Elektronisch

Eine weitere Verbesserung wäre, wenn gewährleistet ist, dass sich die vier Schritte des Kontrollzyklus nahtlos und ohne undefinierte und unerwünschte Zwischenmomente oder Überlappungen abwechseln.

Zu diesem Zweck müssen wir auf die Elektronik zurückgreifen. Die Grundidee ist, dass die vier verschiedenen Steuerzyklen elektronisch durchlaufen werden, was eine Trennung zwischen den Steuerphasen und den schließlich „dekodierten“

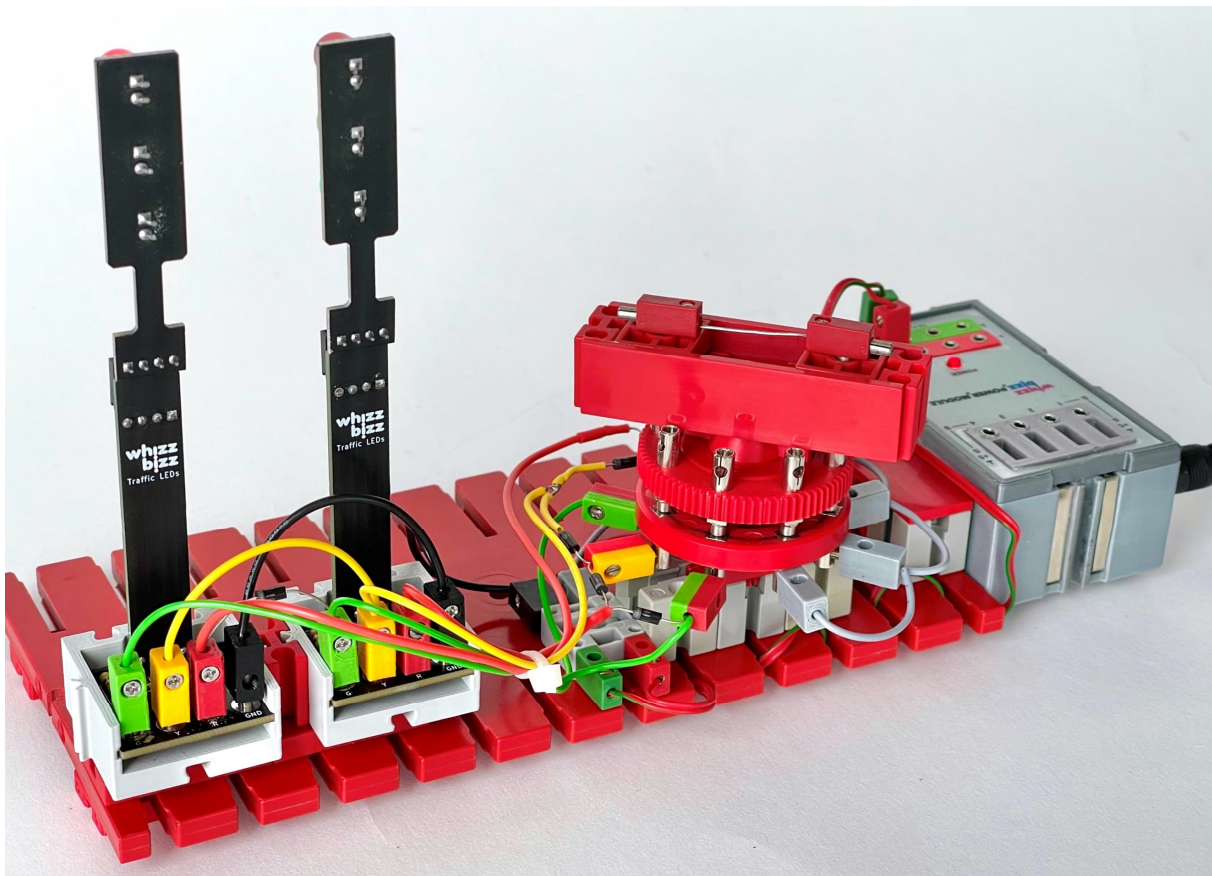


Abb. 11: Ein Blick hinter die Kulissen von „Schalter“ und „Dekoder“

Lampenkombinationen ermöglicht. Das ginge mit einem Zähler, der von 1 bis 4 (oder von 0 bis 3) zählt, und einem separaten „Dekoder“ mit logischen Gattern.

Ein digitaler Zähler mit zwei binären Ausgängen zählt allerdings nicht zum ursprünglichen Silberlingen-Programm. Hans-Christian Funke hat ein Zählermodul in CMOS-Technik gebaut, um in seinem „Labor für digitale Elektronik“ ein Ampelbeispiel zu realisieren. Eine weitere Ampelsteuerung hat er in einer früheren ft:pedia besprochen [10].

Bei der Elektronik beschränken wir uns in diesem Beitrag auf die traditionellen Silberlinge. Der elektronische Steuerungszyklus kann also mit zwei Grundbausteinen ([36391](#)) wie in hobby 4, Band 3 beschrieben hergestellt werden (weiter erörtert in hobby 4, Band 5). Hier durchlaufen die

Ausgänge der beiden Grundbausteine vier eindeutige Ausgangskombinationen.

Beachtet jedoch, dass diese „Zählung“ nicht rein binär ist. Obwohl sie anomal ist, bietet sie den Vorteil, dass sich jedes Mal nur ein Bitsignal ändert, was bedeutet, dass der zugrunde liegende Dekoder niemals undefinierte kurze Übergangssignale erhält. Diese Zählfolge der beiden „Bits“ hat daher eine so genannte Gray-Kodierung [2].

Die Periodendauer der vier Einzelschritte dieses aus zwei Grundbausteinen aufgebauten Vierschritt-Impulsgebers sollte etwa gleich lang sein. Wie das Oszilloskopbild in Abb. 13 zeigt, ist das auch mehr oder weniger richtig, aber leider nur für die höheren (mit GB1 steuerbaren) Frequenzen.

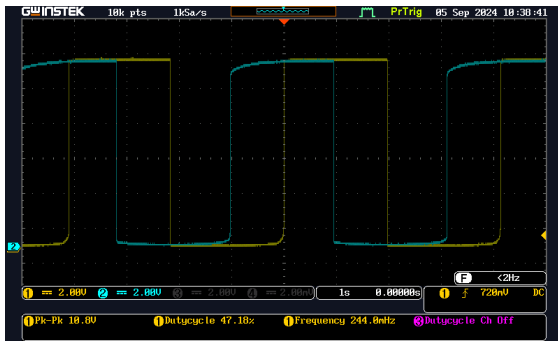


Abb. 13: Die beiden Perioden der beiden rückgekoppelten Grundbausteine

Die logischen Funktionen für die einzelnen Lampen sind am unteren Ende der Tabelle in Abb. 14 angegeben. Ein kleiner zusätzlicher Vorteil ist, dass die Stufen 2 und 4, in denen die gelben Lampen leuchten sollen, die praktischerweise „Gelb I“ und „Gelb II“ genannt werden, mit der folgenden so genannten XOR-Funktion bestimmt werden können:

$$\text{Gelb 1} = \text{Gelb 2} = \overline{GB1 \oplus GB2}$$

Ein Nachteil ist jedoch, dass die logische XOR-Funktion aus den in Silberlingen verfügbaren logischen Funktionen (UND- und ODER-Gatter) zusammengesetzt werden muss und dass beim Aufbau mit zwei Grundbausteinen das Impulslängenverhältnis der beiden aufeinanderfolgenden Impulse nicht einfach eingestellt werden kann.

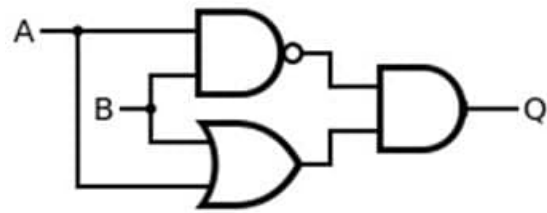


Abb. 15: XOR-Funktion mit zwei AND/NAND und einem OR/NOR

Es gibt mehrere Möglichkeiten, ein XOR-Gatter mit einer Zusammensetzung aus OR-/NOR- oder AND-/NAND-Silberlingen zu bauen [3]. Dies kann mit fünf OR-/NOR- oder vier AND-/NAND-Silberlingen geschehen.

Da alle Silberlinge sowohl den normalen digitalen Ausgang als auch dessen invertierte Variante bieten, ist es sogar möglich, das XOR-Gatter mit nur drei Silberlingen aufzubauen, wie in Abb. 15 gezeigt. In der Praxis ist jedoch der Aufbau des Dekoders mit vier AND-Silberlingen vorzuziehen, da bei dieser Ausführung die Steuersignale für die beiden grünen Lampen bereits an den Ausgängen des zweiten bzw. dritten AND-Gatters verfügbar sind.

Die Steuersignale für die roten Lampen können direkt an den Ausgängen von GB2 abgegriffen werden. Dieses Steuersignal wird über einen 1-MΩ-Widerstand abgegriffen, um die Belastung der Rückkopplung zu GB1 zu minimieren.

		I			II		
GB1	GB2	Rot	Gelb	Grün	Rot	Gelb	Grün
1	1		×		×	×	
1	0	×					×
0	0	×	×			×	
0	1			×	×		
		GB2=0	Gelb I	GB1=0 & GB2=1	GB2=1	Gelb II	GB1=1 & GB2=0

Abb. 14: Die vier Kontrollstufen des Regelkreises

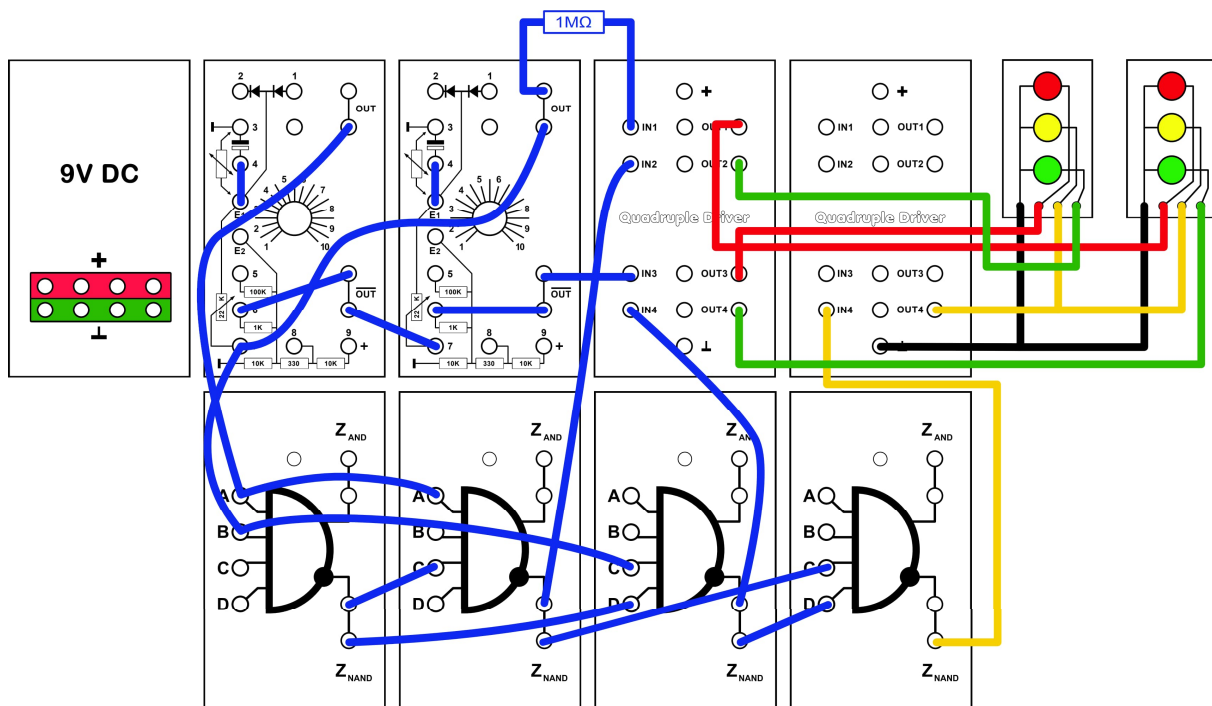


Abb. 16: Steuerung mit zwei Grundbausteinen als 4-Schritt-Zähler und vier AND-/NAND-Silberlingen als Dekoder

Der Schaltplan dieser Ampelsteuerung ist in Abb. 16 gezeichnet. Abb. 17 zeigt die aufgebaute Schaltung, die in Abb. 23 noch detaillierter zu sehen ist.

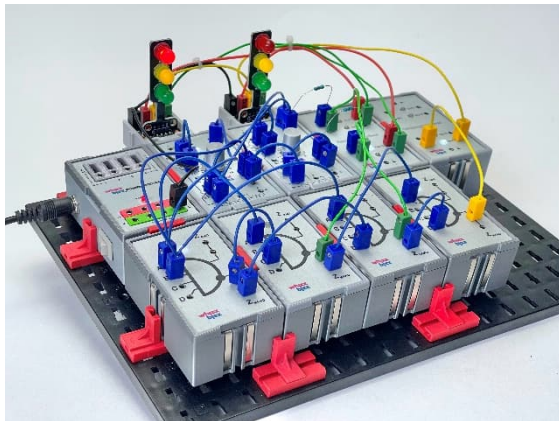


Abb. 17: Zweistufiger Zähler mit zwei Grundbausteinen und Dekoder mit vier AND/NANDs

Als Treiber für die fünf unterschiedlich identifizierbaren Lampenfunktionen habe ich meinen an anderer Stelle in dieser Ausgabe der ft:pedia beschriebenen Eigenbau-Baustein „Quadraple Driver“ verwendet [15]. Alternativ können auch vier RB-I-

Relaisbausteine ([36392](#)) zum Schalten der verschiedenen Lampen verwendet werden. Als Spannungsversorgung kann auch das reguläre fischertechnik Gleichrichtermodul ([36393](#)) dienen. Außerdem habe ich eines meiner eigenen Stromversorgungsmodule verwendet.

Beachtet, dass meine „Quadraple Driver“ Module mit positiver Logik funktionieren, während die Silberlinge traditionell mit negativer Logik arbeiten. Dies ist jedoch kein Problem, da alle notwendigen Steuersignale auch invertiert zur Verfügung stehen. Bei Verwendung der Original-fischertechnik-Relaisbausteine sollte daher das komplementäre Steuersignal zum Schalten der Leuchten verwendet werden. Bei Verwendung eines Relaisbausteins ist es möglich, einfach den anderen Kontakt des Wechselkontakts zum Schalten der jeweiligen Lampe zu verwenden.

Wie bei der elektromechanischen Lösung ist die Verkehrssteuerung in einen vierstufigen Zähler und einen separaten Lampendekoder aufgeteilt. Ein zusätzlicher

Vorteil dieser elektronischen Variante ist die enge Definition der vier verschiedenen Stufen. Allerdings ist die Kontrolle über die verschiedenen Zeitschritte zueinander nach wie vor gering.

Phasensequenz

Eine Verbesserung gegenüber dem vorherigen Entwurf wäre, wenn wir die individuelle Zeitdauer jedes Schrittes in der Sequenz steuern könnten. Damit wäre es möglich, die Rot-/Grün-Zeiten der beiden Fahrrichtungen und die Zeit, in der die gelben Lichter eingeschaltet sind, völlig unabhängig voneinander zu konfigurieren. Zu diesem Zweck habe ich mit vier Monoflops als Zeitgeber für den Steuerzyklus experimentiert. Das kombinierte Taktsignal dieser Bausteine kann dann als Taktsignal für einen vierstufigen Binärzähler dienen. Mit einem normalen Binärzähler läuft der Steuerzyklus wie in Abb. 18 dargestellt ab. Nachfolgend sind die Funktionen für die einzelnen Lampen wiedergegeben.

Mit den vier Monoflops in der obersten Reihe des Schaltplans in Abb. 19 kann die Dauer jedes der vier Zyklusschritte völlig unabhängig eingestellt werden. Nach dem Anlegen der Versorgungsspannung muss dieser rückgekoppelte Sequenzer/Timer zunächst durch einmaliges Drücken des Tasters „gestartet“ werden.

Der Dyn-AND Baustein DA (36483) ganz links verknüpft dieses Impulssignal mit dem Rückmeldeausgangssignal des vierten Monoflops. Nach Betätigung des Tasters durchlaufen die vier Monoflops die vier Schritte des Regelzyklus. Die Zeit pro Schritt ist am jeweiligen Monoflop einstellbar. Damit lassen sich die Gelbphasen (2. und 3. Stufe) realistischer und kürzer als die Rot-Grün-Zeiten von Ampeln einstellen.

Um die vier Ausgangssignale der Monoflops zu einem kombinierten Takt für den Flipflop-Zähler zusammenzuführen kommen wieder einige Dyn-AND-Bausteine zum Einsatz. Die Schritte des so entstandenen Zählers/Sequenzers sorgen dafür, dass die beiden Flipflops sauber binär von 00 über 01 und 10 bis 11 zählen. Die Reihenfolge der beiden Flipflops ist so gewählt, dass die regelmäßige binäre Zählung leicht von den LEDs der (selbstgebauten) Flipflops abgelesen werden kann. Ein AND-/NAND-Silberling wird diesmal nur für jedes grüne Signal jeder Ampel zur Dekodierung benötigt.

Abb. 20 zeigt einen möglichen Aufbau mit Silberlingen und selbstgebauten Modulen. Wiederum kann die Schaltung natürlich auch mit Original-fischertechnik-Silberlingen aufgebaut werden. Wie bei der vorherigen Schaltung kann die Stromversorgung mit dem traditionellen Gleichrichter-Baustein erfolgen und können die von mir

		I			II		
FF2	FF1	Rot	Gelb	Grün	Rot	Gelb	Grün
0	0	×					×
0	1	×	×			×	
1	0			×	×		
1	1		×			×	×
		FF2=0	FF1=1	FF1=0 & FF2=1	FF2=1	FF1=1	FF1=0 & FF2=0

Abb. 18: Der Steuerzyklus in binärer Zählweise. Die Funktionen pro Lampe sind unten dargestellt.

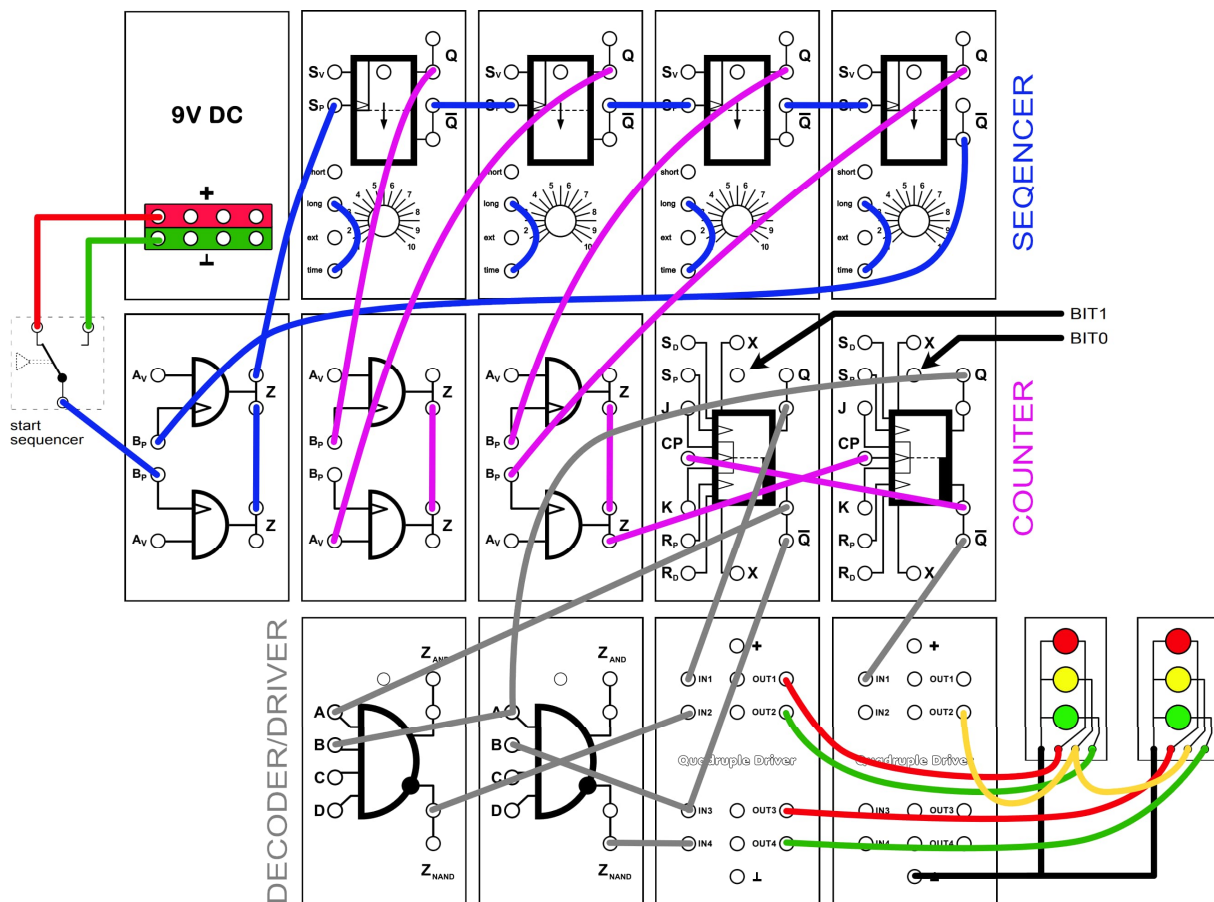


Abb. 19: Vier Monoflops und zwei Flipflops als Binärzähler mit einstellbaren Phasenzeiten. Zwei AND/NAND-Module reichen als Dekoder aus.

verwendeten Treibermodule durch (fünf) Relais- Bausteine ersetzt werden.

Beide mit Silberlingen gebauten Schaltungen sind auf der Projektseite auf meiner Website zu finden [4].

Mikrocontroller-gesteuert

Die Aufteilung der Ampelsteuerung in einen Taktgeber- und einen Dekoderteil vereinfacht den Aufbau und die Erweiterung der Schaltung. Bei vollelektronischen Lösungen wie der obigen steigt jedoch die Anzahl der benötigten Elektronikmodule und Kabelverbindungen rapide an.

Dieser Beitrag wäre unvollständig, wenn wir nach all diesen Vintage-Retro-Lösungen nicht mit einer moderneren Lösung abschließen würden. Diese verlagert die „Hardwareprogrammierung“ mit Modulen

und Kabelverbindungen auf die leicht zu ändernden Regeln eines Softwareprogramms. Im Vergleich zu den obigen Lösungen ist die Lösung mit dem Arduino Mega 2560 Pro mini in Abb. 21 sehr kompakt. Doch trotz seiner geringen Größe bietet diese Steuerung aber noch mehr Möglichkeiten.

Die LED-Ampeln sind direkt mit den Ausgängen des Mikrocontrollers verbunden. Ein doppelter Berührungsschalter [14] ermöglicht zusätzliche Programmwahlen:

- Bei Betätigung des linken Touch-Schalters wird das Programm von der typischen „niederländischen“ auf die „deutsche“ Verkehrssteuerung umgeschaltet.
- Der rechte Touch-Schalter hat eine höhere Priorität: Wird er aktiviert, blinken die gelben Lichter abwechselnd im „Service-Modus“.

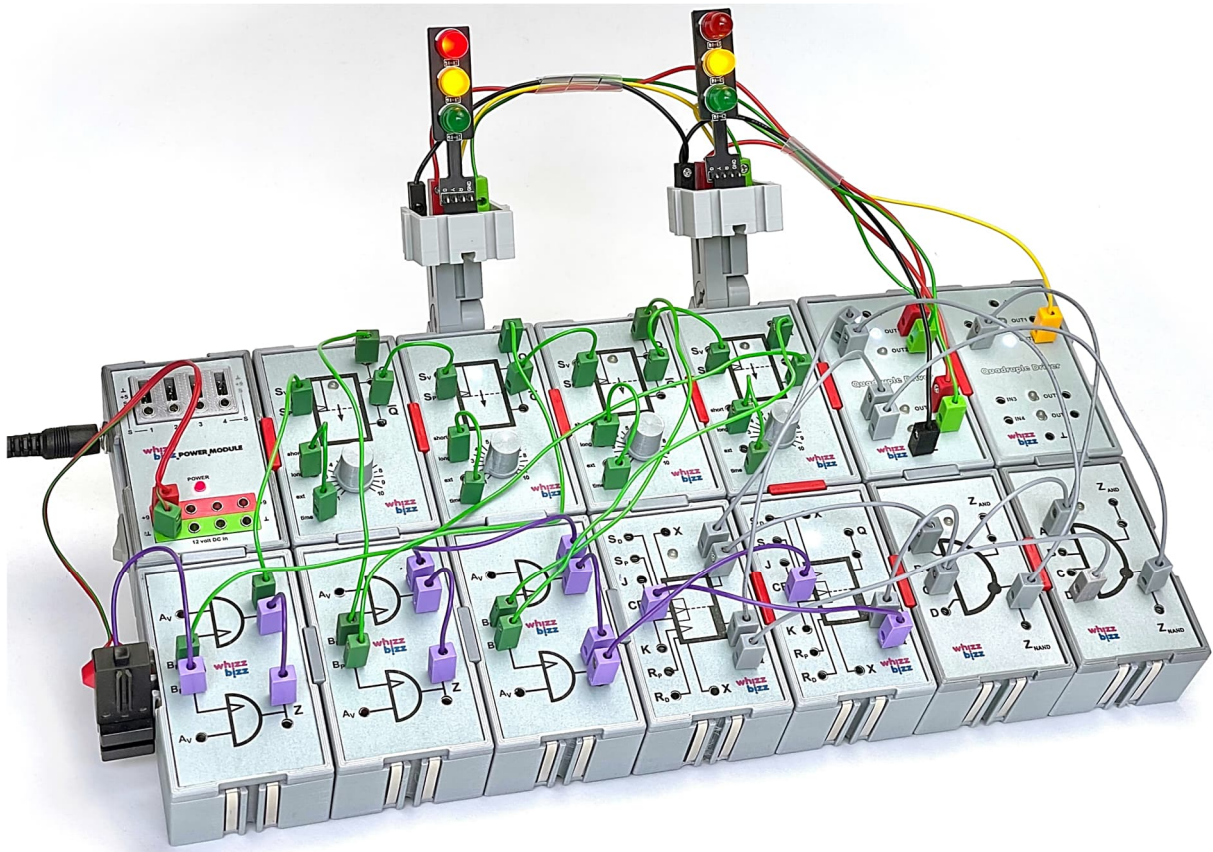


Abb. 20: Aufbau der endgültigen Doppelampelanlage mit Silberlingen

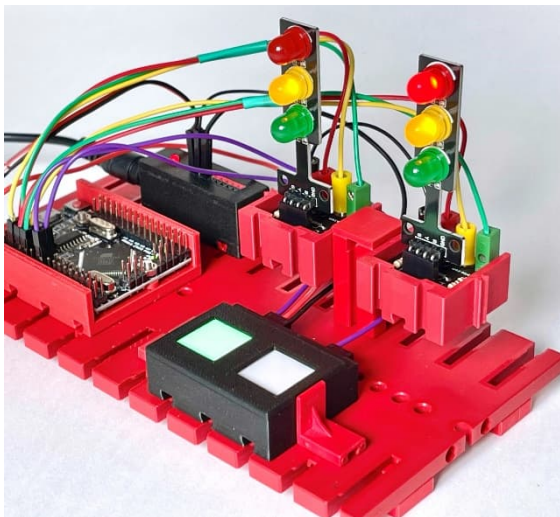


Abb. 21: Mikrocontroller-gesteuerte Lösung mit Arduino Mega 2560 Pro mini und Touch-Schaltern zur Programmauswahl

Ausgangspunkt dieses Beitrags waren die fischertechnik-bezogenen Elektroniklösungen. Wer sich näher mit dieser Mikrocontroller-Lösung beschäftigen möchte, findet auf meiner (englischen) Projektseite

eine detaillierte Beschreibung der verwendeten LED-Ampeln, Links zu einem YouTube-Video, den Arduino-Sketch und die STL-Dateien für den 3D-Druck der verschiedenen 3D-gedruckten Elemente.

Es gibt viele Möglichkeiten...

Die Mini-LED-Ampeln boten genügend Inspiration, um die verschiedenen Arten der Verkehrsregelung im Laufe der Geschichte zu erkunden. Um beim Thema Straßen und Verkehr zu bleiben, scheint es daher angebracht, mit einem bekannten Sprichwort zu schließen: Viele Wege führen nach Rom!

Sicher ist jedoch: Wer sich auf diese Reise begibt, trifft heute auf etwas mehr Ampeln auf seinem Weg als zu römischen Zeiten.

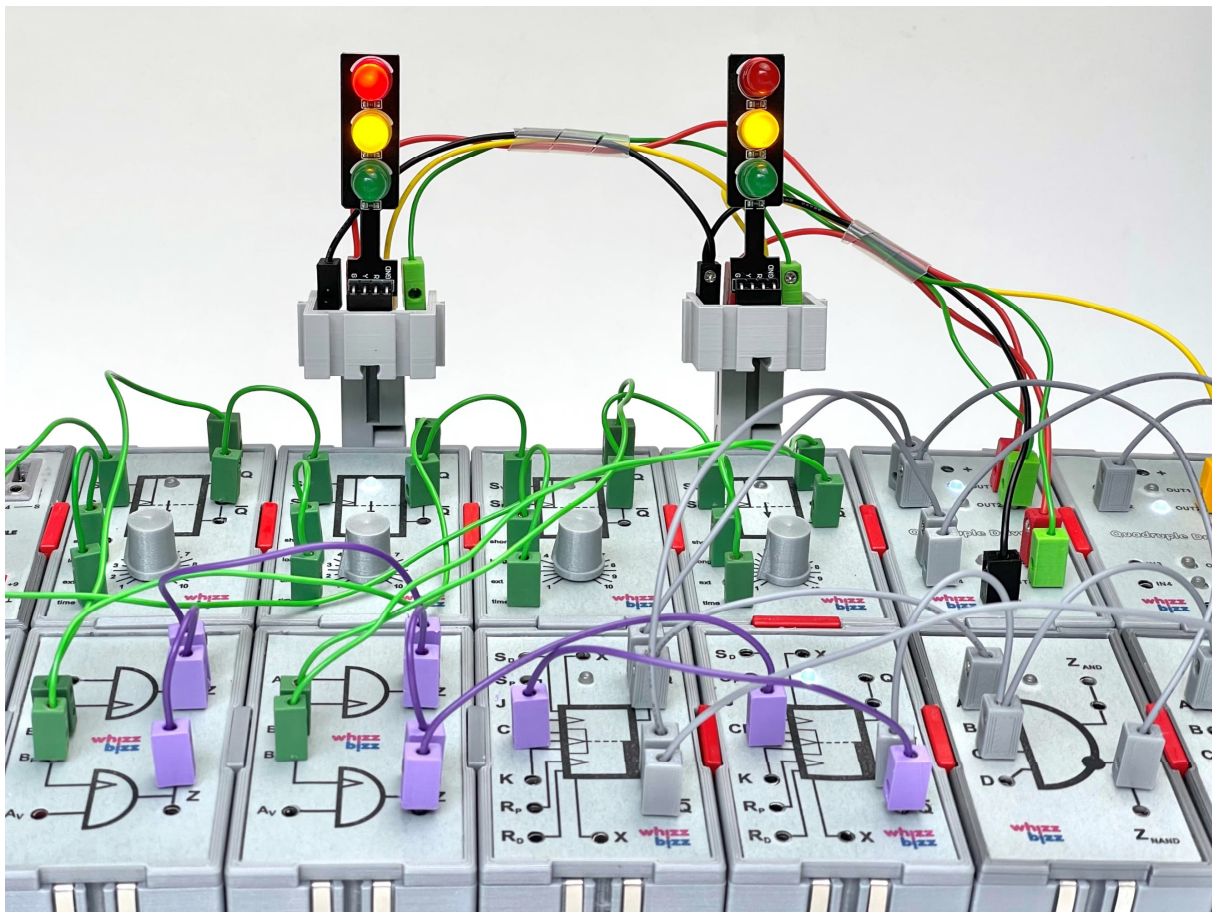


Abb. 22: Detailblick auf die Silberling-Ampel

Quellen

- [1] Arnoud van Delden: *(Electro)Mechanical Traffic Light Controls*. Auf whizzbizz.com.
- [2] Wikipedia: [Gray-Code](#).
- [3] ElectronicsHub: *Exclusive OR Gate: XOR Boolean Expression, Diagram*. Auf electronishub.org, 2024.
- [4] Arnoud van Delden: *Electronic traffic light controls*. Auf whizzbizz.com.
- [5] Arnoud van Delden: *Mini Traffic LEDs*. Video mit den notwendigen Anpassungen an den Vorschaltwiderständen der LED-Ampeln, auf [YouTube](https://www.youtube.com), 2024.
- [6] Fischer-Werke: *em2*. Schaltplan, auf docs.fischertechnikclub.nl, S. 11.
- [7] Fischer-Werke: *hobby 3*. Auf docs.fischertechnikclub.nl, S. 53.
- [8] Fischer-Werke: *hobby 3*. Auf docs.fischertechnikclub.nl, S. 33.
- [9] Fischer-Werke: *em2*. Modellvorschlag für eine Steuerung mit über Nocken bewegten Kontakten, auf docs.fischertechnikclub.nl, S. 25.
- [10] Hans-Christian Funke: *Ampelsteuerung*. ft:pedia 4/2021, S. 58–61.
- [11] Fischer-Werke: *Steuerung einer Verkehrsampel*, in *hobby 4*, Band 3, auf docs.fischertechnikclub.nl, S. 58.
- [12] Fischer-Werke: *Elektronische Taktgeber*, in *hobby 4*, Band 5. Auf docs.fischertechnikclub.nl, S. 70.

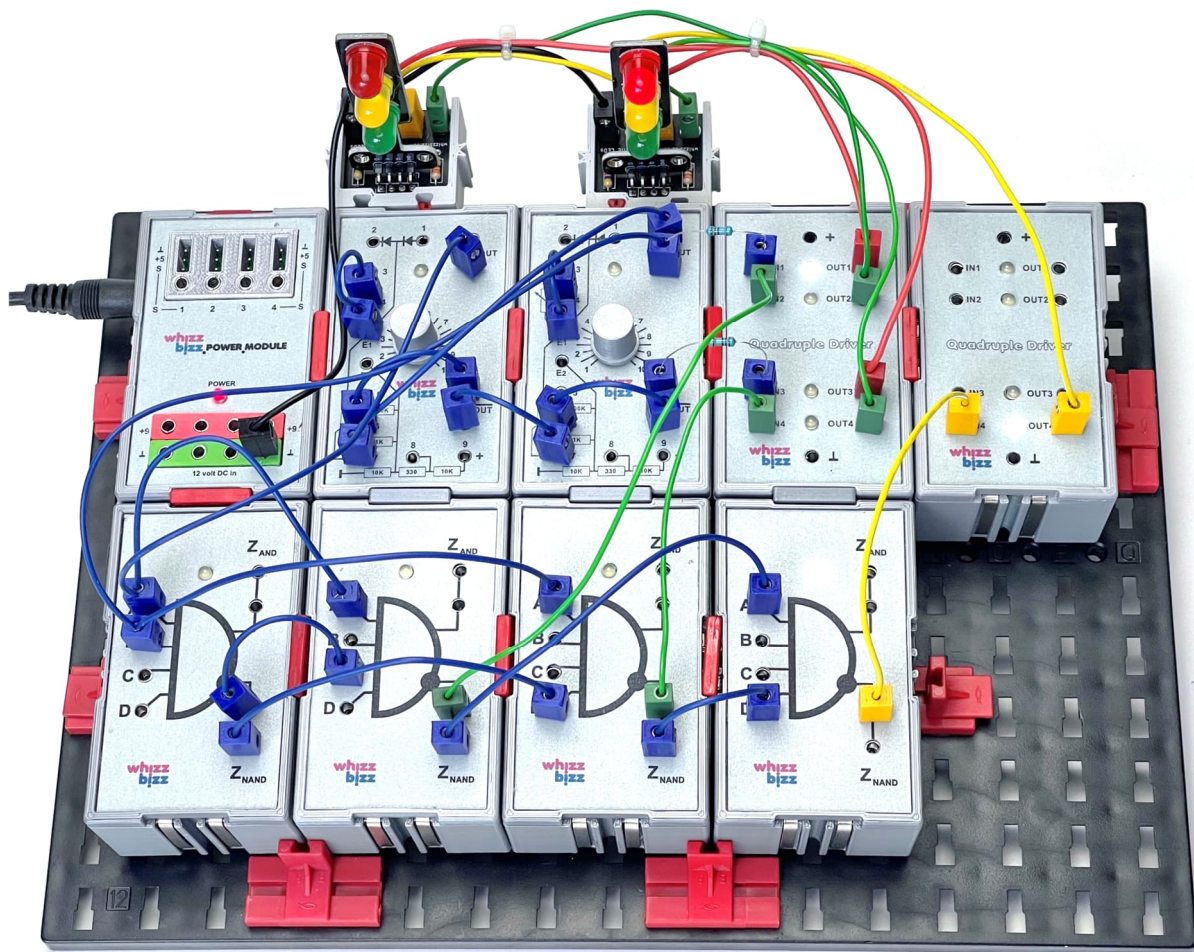


Abb. 23: Doppelte Ampelanlage mit zwei rückgekoppelten Grundbausteinen

[13] Arnoud van Delden: *Eine zukunfts-sichere Stromversorgung (Teil 2)*. [ft:pedia 3/2023](#), S. 63–69.

[14] Arnoud van Delden: *Kontaktlose Schalter (Teil 2)*. [ft:pedia 4/2023](#), S. 37–45.

[15] Arnoud van Delden: *Alternativen zum Silberling-Relais - Teil 1*. In dieser Ausgabe.

Elektronik

Alternativen zum Silberling-Relais – Teil 1

Arnoud van Delden

Die von fischertechnik selbst herausgegebene Leistungsstufe aus dem Jahr 1981 inspirierte mich, eine Universalplatine mit kurzschlussfesten Leistungsausgängen zu entwickeln. In der letzten Ausgabe der ft:pedia wurde der elektronische Aufbau dieser Universalplatine bereits beschrieben [2]. Das Design sieht eine Strombegrenzung mit externer Kühlung auf der Rückseite des Moduls in einem 3D-gedruckten Silberling-kompatiblen Gehäuse vor. Die Treiberplatine (mit zwei oder vier BD132-Transistoren) bietet die Möglichkeit, eine externe Stromversorgung auf der Rückseite anzuschließen und benötigt im Grunde nur eine Steuerplatine mit Bussen für die Ein- und Ausgänge. Fertig bestückt bildet ein solcher „Treiber-Silberling“ eine funktionsfähige „solid-state“-Alternative für zwei Leistungsstufen oder vier Relaismodule.

Die (digitalen) Ausgänge der mit diskreter Elektronik aufgebauten „Silberlinge“ sind nicht dazu gedacht, Lampen, Motoren usw. direkt zu steuern. Aus diesem Grund wird in den meisten Bau-beispielen mit diesen Elektronikbausteinen, wie sie u. a. in hobby-4-Büchern zu finden sind, der bekannte Relaisbaustein RB I ([36392](#)) zum Schalten des Endverbrauchers verwendet.

In diesem Beitrag und dem folgenden Teil 2 wird untersucht, welche sogenannten „solid-state“-Alternativen es zu den fischertechnik-Relaisbausteinen RB I ([36392](#)) und RB II ([37683](#)) gibt. Eine Voraussetzung bei der Entwicklung der beiden „neuen“ Silberlinge war, dass sie sowohl mechanisch als auch elektronisch mit den traditionellen Silberlingen kompatibel sind, so dass sie problemlos in den damit modular aufgebauten Elektronikschaltungen verwendet werden können.



Abb. 1: Ansicht der oberen Platine ohne Frontplatte und der Rückseite des Moduls

In Fällen, in denen die Kontakte eines Relais nur als einzelne Schließer oder Öffner verwendet werden, kann das Schalten in der Regel auch von einem Halbleiter, z. B. einem strombegrenzten Transistor

übernommen werden. In der (zukünftigen) Fortsetzung dieses Beitrags wird ein selbstgebauter Silberling mit einer doppelten sogenannten „H-Brücke“ besprochen.

Damit ist es auch möglich, ein Relais zu ersetzen, dessen Kontakte zum Umschalten der Drehrichtung eines Motors verwendet werden.

Quadruple Driver

Ich verwende nun die bereits besprochene universelle Treiberplatine am Gehäuseboden von mehreren, hier bisher nicht erwähnten selbstgebauten Silberlingen. Die Platine erlaubt es beispielsweise, die der CMOS-Technologie nachempfundenen logischen AND-/NAND- und OR-/NOR-Modul-Varianten auf Wunsch mit „eigenen“ Treiberausgängen zu erweitern, so dass nicht gleich für jeden Aktor (wie z. B. eine einfache Kontrolllampe) ein ganzes Relaismodul benötigt wird. Im Falle des hier besprochenen Eigenbau-Moduls wird die Platine jedoch dazu verwendet, ein universell einsetzbares Modul zu bauen, welches das Relaismodul in vielen klassischen Schaltkonzepten benötigte Relaismodul ersetzen kann. Ein einziges Exemplar des hier besprochenen Moduls ersetzt bis zu vier fischertechnik-Relaisbausteine (oder zwei LST-Leistungstufen-Bausteine [36296](#), [1]).

Der Aufbau der oberen Platine im Silberling-Gehäuse ist sehr einfach und dient hauptsächlich zur Aufnahme der Buchsen für die 2,5-mm-fischertechnik-Stecker. Obwohl ich inzwischen für viele selbstgebaute Elektronikmodule im Silberling-Gehäuse die Dupont-Experimentierdraht-Steckerleisten verwende, habe ich mich bei diesem Modul für die bereits erwähnten PTN2-10-Buchsen [3] entschieden. Nachdem diese obere Platine des „Sandwich“ eingedrückt ist, verbinden zwei Steckerleisten auf der Platine die Busse mit den jeweiligen Eingangs- und Ausgangsbussen der Treiberplatine, die sich im unteren Teil des Silberling-

Gehäuses befindet. Auf der Ausgangsseite befinden sich weitere vier LEDs, die den Ausgangsstatus der einzelnen Ausgänge anzeigen.

Abb. 1 zeigt die neue Leiterplatte mit den Steckerbuchsen und der noch zu montierenden Abdeckung. Ebenfalls zu sehen ist die Rückseite des Moduls mit den vier Transistoren der bereits erwähnten Treiberplatine.



Abb. 2: Isolierclips. Nicht überall sind die roten Verbindungsclips notwendig oder gewünscht.

Auf dieser Platine befinden sich auch die beiden JST-Stecker für den optionalen Anschluss und die Durchschleifung einer externen Spannungsquelle. Diese optionale 12-V-Eingangsspannung wird elektronisch (über eine Schottky-Diode) mit der Arbeitsspannung des Moduls zusammengeführt, die über die Metallstreifen an der Seite des Gehäuses bereitgestellt wird.

Das Modul „wählt“ also selbst, mit welcher Versorgungsspannung es die angeschlossenen Verbraucher versorgt. Der Anschluss einer zusätzlichen externen Stromquelle ist daher nicht erforderlich. Die angeschlossenen Verbraucher können auch mit der Spannung versorgt werden, die über die regulären roten Anschlussklemmen angeboten wird.



Abb. 3: Verschiedene Baustufen des Moduls

Nach einer Idee von Peter Krijnen habe ich auch einige isolierende graue Clips gedruckt [4]. Ich verwende sie für redundante (oder unerwünschte) Verbindungen zwischen Modulen. Natürlich sind sie auch nützlich, wenn mehrere Reihen von Modulen mit separaten Stromversorgungen isoliert werden müssen.

Anwendungsbeispiel

An anderer Stelle in dieser Ausgabe der ft:pedia findet ihr ein Beispiel dafür, wie mein „Quadruple Driver“-Modul in einigen Ampelsteuerungen eingesetzt werden kann. Jedes der gezeigten Steuerungen kann auch mit den Original-fischertechnik-Silberlingen voll funktionsfähig gebaut werden. In dieser Hinsicht fügt das hier besprochene Modul also keine neue Funktionalität hinzu. Aber durch den Einsatz dieses Moduls können bis zu fünf Relaismodule pro Steuerung eingespart werden. Schließlich ist es in der Praxis sehr schön, auch beim Experimentieren mit den klassischen Elek-

tronikmodulen die gleichen „Solid-State“-Schaltmöglichkeiten zu haben, die wir heute vom TXT-Controller oder anderen modernen Mikrocontrollern mit Treiber-ausgängen gewohnt sind.

Quellen

- [1] fischertechnik: *IC-Baustein Leistungsstufe LST 5-10V*. Auf ft-datenbank.de.
- [2] Arnoud van Delden: *Kurzschlussfeste Leistungsausgänge für DIY-Elektronikmodule*. [ft:pedia 2/2024](https://ft:pedia.de/2024), S. 84–91.
- [3] Arnoud van Delden: *Alternative Verbindungslösungen für Stecker und Buchsen (Teil 2)*. PTN2-10 Lötbuchsen werden in diesem Artikel ausführlicher behandelt. [ft:pedia 3/2023](https://ft:pedia.de/2023), S. 54–62.
- [4] Arnoud van Delden: *Isolating clips for fischertechnik electronic modules*. Auf printables.com.

Computing

KI mit fischertechnik

Axel Chobe

Auch vor fischertechnik macht das Thema „Künstliche Intelligenz“ (KI) nicht halt. Damit beschäftigt sich der Baukasten „Add On: Künstliche Intelligenz“ (569022). Wer bereits einen Controller TXT 4.0 besitzt, kann mit wenigen Zusatzteilen die Modelle auch ohne Kauf des Baukastens nachbauen. Die Anleitungen findet man auf der fischertechnik-Webseite [4].

Hintergrund

Was ist „Künstliche Intelligenz“ (KI)?

„Künstliche Intelligenz ist die Fähigkeit einer Maschine, menschliche Fähigkeiten wie logisches Denken, Lernen, Planen und Kreativität zu imitieren.“ [1] „Dies tut sie, indem sie große Mengen an Informationen (...) erkennt, analysiert und daraus Erkenntnisse zieht.“ [2]

Genau das kann man auch mit fischertechnik machen. Dazu werden Daten wie beispielsweise Bilder gesammelt, in einem KI-Modell analysiert und dieses dann für die Auswertung bereitgestellt.

Das klingt erst einmal kompliziert, deshalb möchte ich im Folgenden den Ablauf am Beispiel einer Schranke mit Personenerkennung beschreiben.

Ablauf

Zunächst werden vom TXT 4.0 mit einem Programm geeignete Bilder von Personen aufgenommen. Diese werden an einen PC übertragen, damit die KI damit trainiert werden kann. Das muss auf einem PC ablaufen, da die Rechenleistung des TXT 4.0 dafür nicht ausreicht.

Anschließend wird das trainierte KI-Modell auf den TXT 4.0 übertragen. Jetzt kann die trainierte KI von Programmen auf dem TXT 4.0 genutzt werden (Abb. 1).

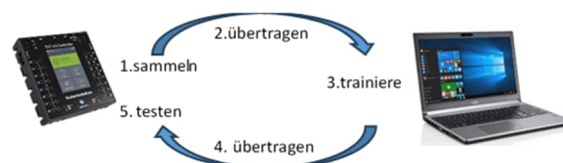


Abb. 1: Ablauf von Training und Nutzung eines KI-Modells für den TXT 4.0

Bilderkennung

Nachdem das Modell (die Schranke) aufgebaut wurde (Abb. 2) kann das Programm zur Aufnahme der Bilder geladen werden. Unter den Beispielen von „STEM Robotics Add On AI“ wird dazu das ROBO Pro Coding-Programm „A1_Schranke_Grundprogramm_AI“ geöffnet.

Mit diesem Programm werden Bilder verschiedener Personen eingelesen und einer Zugangsberechtigung zugeordnet.

Zunächst wird das Bild positioniert. Dann wird die Lichtschranke unterbrochen und auf „YES“ oder „NO“ für die Zugangsberechtigung gedrückt (Abb. 3). Bei „YES“ öffnet sich die Schranke und es erfolgt eine entsprechende Ausgabe in der Konsole (Abb. 4).

Hinweis: Es sollten genügend Bilder (mind. 10) pro Person aufgenommen werden. Auch der leere Hintergrund sollte dabei beachtet und als NO definiert werden.

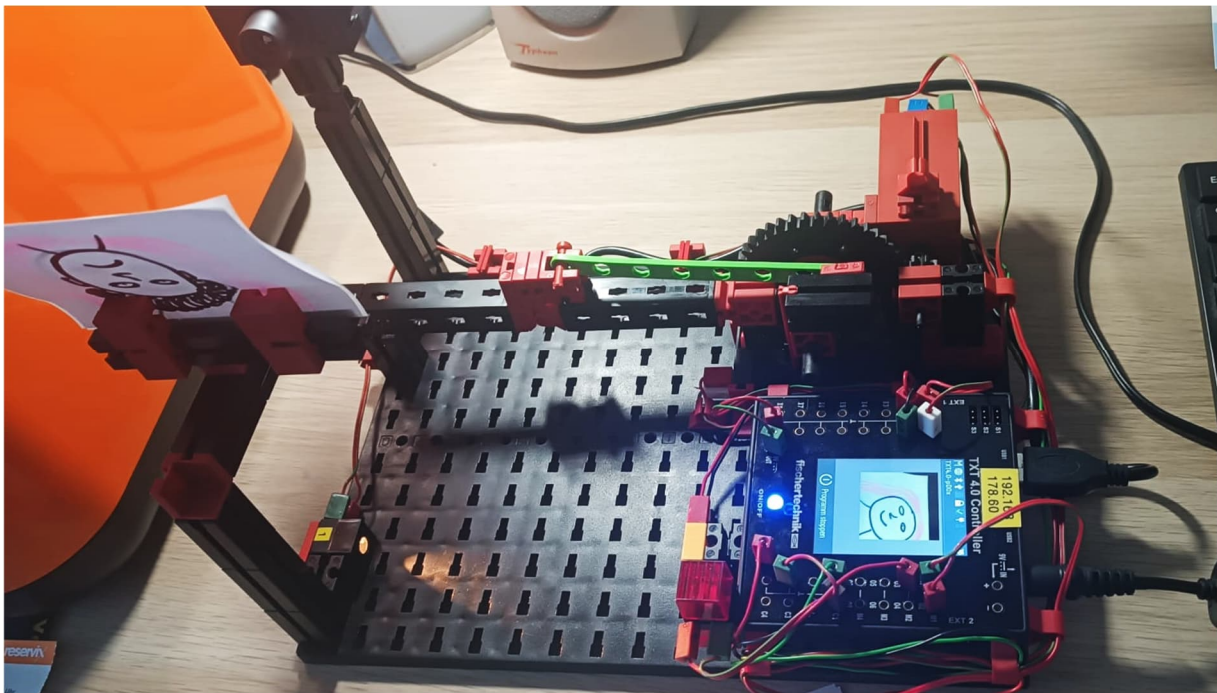


Abb. 2: Hardware mit zusätzlicher Halterung für die Bilder

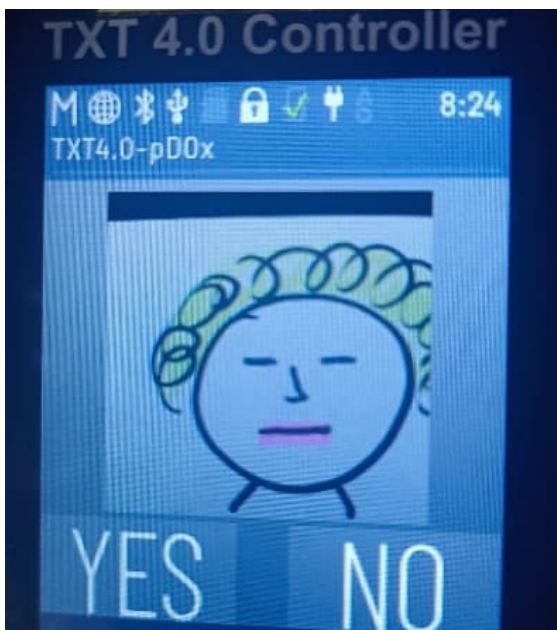


Abb. 3: Zugangsberechtigung

```
creating file /opt/ft/workspaces/machine-learning-
user/training_data/MyGateTrainingData/YES_1719296802430.2065.png
opening gate...
...gate is open
waiting for gate to become free...
...closing gate...
... gate closed
```

Abb. 4: Ausgabe auf der Konsole

Die aufgenommenen Bilder liegen nun im TXT 4.0 unter `opt/ft/workspaces/machine-`

learning-user/training-data/MyGateTrainingData (Abb. 5).

Name	Größe	Typ
Elternordner (1)		
..		Dateiordner
PNG-Datei (6)		
NO_1719915744248.463.png	74.014	PNG-Datei
NO_1719915753966.0137.png	74.472	PNG-Datei
NO_1719915778023.4548.png	60.612	PNG-Datei
NO_1719915784130.0896.png	57.701	PNG-Datei
YES_1719915760598.874.png	53.933	PNG-Datei
YES_1719915769233.1462.png	64.201	PNG-Datei

Abb. 5: Verzeichnis der aufgenommenen Bilder

Trainieren auf dem Computer

Die Umrechnung der Bilder in die KI ist sehr rechenaufwändig und wird deshalb auf dem PC erledigt. Dafür stellt fischertechnik die Software „Trainer Interface“ unter [3] bereit. Zur Vorbereitung auf weitere Schritte sind nach der Installation einige Voreinstellungen erforderlich (Abb. 6).

Dabei bedeutet:

- *Training Set Name:* Verzeichnis auf dem TXT 4.0, in dem die Bilder abgelegt sind
- *AI Model Name:* Verzeichnis auf dem PC, in dem das KI-Modell abgelegt werden soll

- *TXT4 Hostname*: IP-Adresse des TXT 4.0
- *TXT4 Username*: Benutzername („ft“)
- *TXT4 Password*: „fischertechnik“

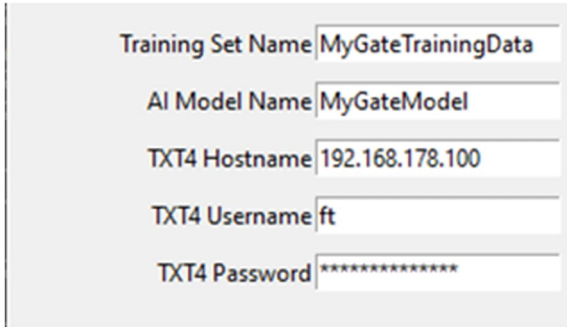


Abb. 6: Einstellungen der Pfade und der IP-Adresse

Nun werden als erstes die Bilder vom TXT 4.0 in die Software auf dem PC geladen (Abb. 7).

Dann werden die Bilder für die KI trainiert. (Abb. 8). Dieser Vorgang kann 10 Minuten und länger dauern.

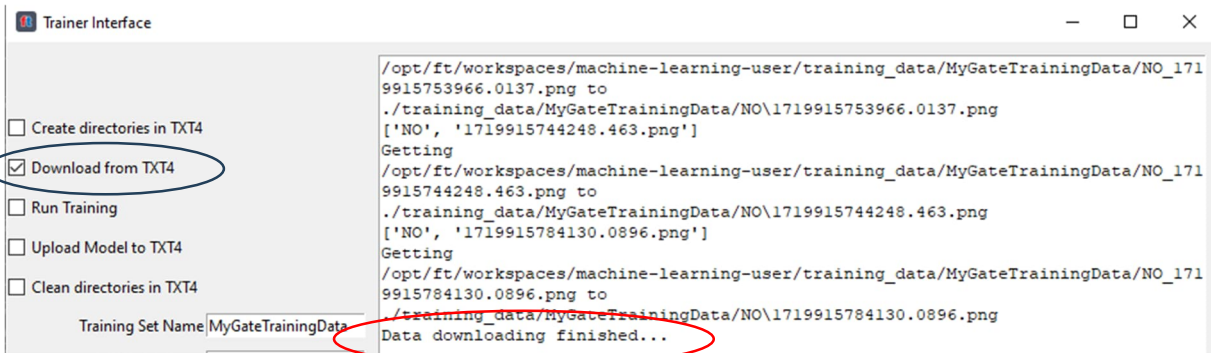


Abb. 7: Download vom TXT 4.0

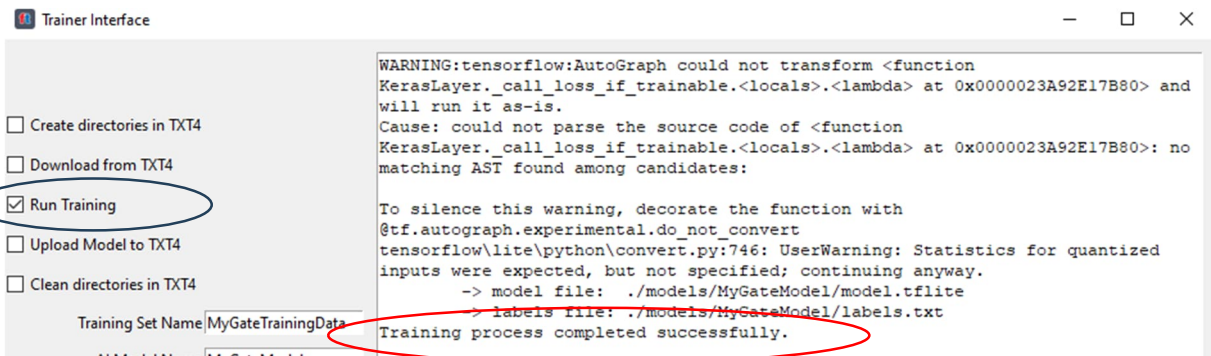


Abb. 8: Training des KI-Modells

Bei meinen Tests habe ich die in Abb. 9 gezeigten Bilder angelernt.

Die beim Anlernen des KI-Modells erzeugten Dateien befinden sich nun auf dem PC unter

trainerGUI/models/MyGateModel

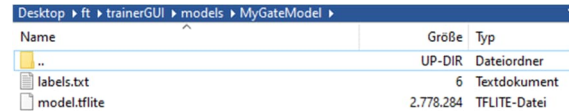


Abb. 10: Beim Training des KI-Modells erzeugte Dateien

Als letztes werden diese Dateien (das angelernte KI-Modell) auf den TXT 4.0 übertragen (Abb. 11). Sie liegen anschließend dort im Verzeichnis

Opt/ft/workspaces/machine-learning-user/models.

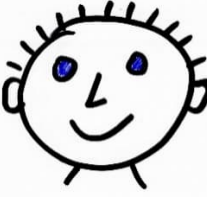



				Der Hintergrund ohne Person
Erlaubt	Verboten	Erlaubt	Verboten	Verboten
Image classified as YES opening gate... ...gate is open waiting for gate to become free ...closing gate... ... gate closed	Image classified as NO	Image classified as YES opening gate... ...gate is open waiting for gate to become free ...closing gate... ... gate closed	Image classified as NO	Image classified as NO

Abb. 9: Angelernte Bilder

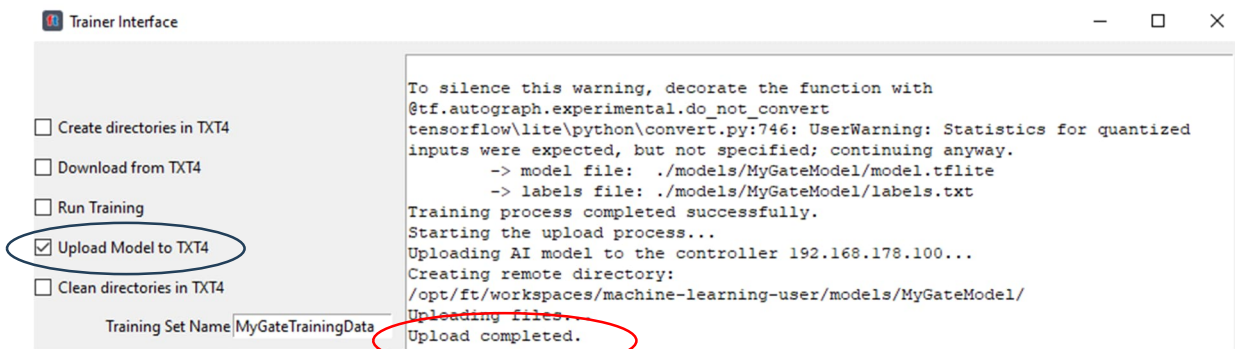


Abb. 11: Upload der Dateien auf den TXT 4.0

Arbeiten mit der KI

Um das erzeugte KI-Modell als Schranken-Kontrolle zu nutzen wird das ROBO Pro Coding-Programm „A3_Schranke_steuern_AI“ geöffnet. Nach dem Start des Programms kann ein Bild vor die Kamera gehalten werden. Wird nun die Lichtschranke unterbrochen, wird die Schranke abhängig vom automatisch erkannten Bild geöffnet – oder auch nicht.

Verbesserung des Programms

Um Personen, die die KI nicht als berechtigt erkennt, an der Schranke eindeutig zu signalisieren, dass die Einfahrt verweigert wurde, habe ich das Programm um eine LED-Anzeige erweitert, die bei „NO“ für zwei Sekunden aufleuchtet (Abb. 12).

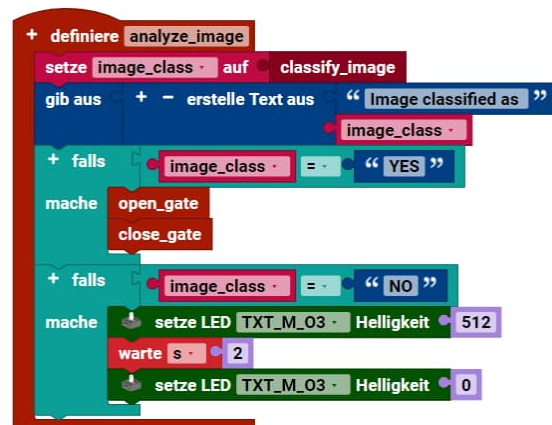


Abb. 12: Erweiterung des ROBO Pro Coding-Programms um eine LED-Anzeige für NO

Fazit

Wer das Prinzip erst einmal verstanden hat, dem eröffnen sich eine Vielzahl von Möglichkeiten im Umgang mit der KI. fischertechnik bietet im o. g. Baukasten z. B. eine KI-Sortierstrecke zur Qualitätskontrolle.

Weiter wäre es möglich, mit dem KI-Modul Pflanzen zu klassifizieren oder Bausteine zu erkennen und dann zu sortieren. Weiterführende Informationen zu den Grundlagen der KI finden sich unter [4].

Quellen

- [1] Europäisches Parlament: [*Was ist künstliche Intelligenz und wie wird sie genutzt?*](#) 14.09.2020
- [2] [*KI einfach erklärt: Eine kurze Einführung in das Thema Künstliche Intelligenz.*](#) dabei. Magazin für Leben im Alter. Malteser Hilfsdienst e.V.
- [3] fischertechnik: [*Trainer GUI.*](#) Windows-Programm zum Download.
- [4] fischertechnik: [*Add On: Künstliche Intelligenz.*](#) Lernmaterial.

fischertechnik 

ftc:süd:con | Modellschau



12. + 13. Oktober 2024
von 10-17 Uhr

Fördertechnik Museum

Untere Au 4
74889 Sinsheim



ftcommunity.de

ftc

fischertechnik community

Veranstalter: Fördertechnik Museum Sinsheim, Untere Au 4, 74889 Sinsheim