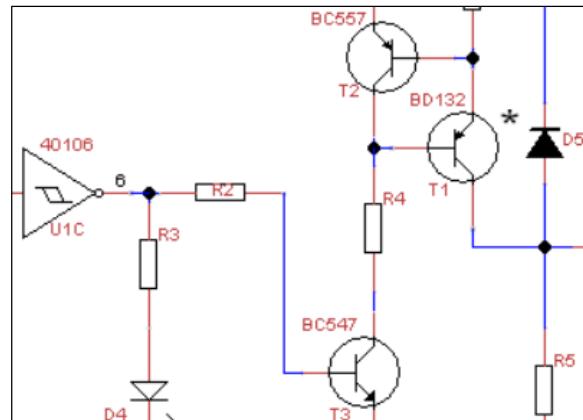
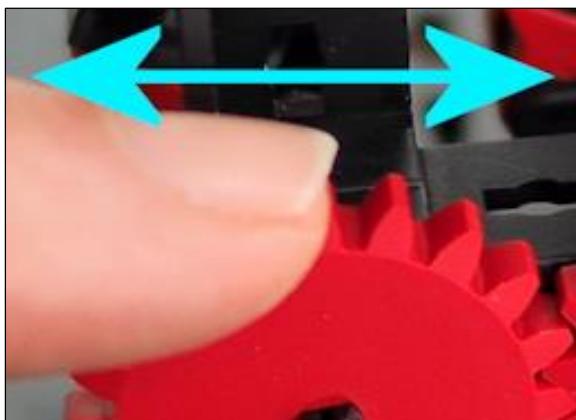


# ft:pedia

Heft 1/2020



Herausgegeben von  
Dirk Fox und Stefan Falk

ISSN 2192-5879

## Editorial

**Artur-64**

Die Nordconvention gibt es, da habe ich keine Zeit. Thema erledigt. Threads im Forum überblättern, das war's. Dann kam vor einigen Tagen die Absage und die Eröffnung der virtuellen Nordconvention. Da habe ich gerne im Bilderpool gestöbert und mir auf YouTube den fischertechnik-LiDAR-Scanner angeschaut. Klasse. Rundum gut unterhalten, will ich zu neuen digitalen Taten schreiten, doch da bleibe ich am Plakat für die Convention hängen.

Mein Auge schreit. Das Objekt in der Mitte da links, zwischen Bergbahn und Truck. Hat da etwa jemand ein Virusmodell gebaut? Nicht wirklich, oder?



Vom Konstrukteur Florian G. erfahre ich, dass es ein Ikosaeder ist und vor meinem Hamsterkauf neulich hätte ich es sicher auch als solchen erkannt – oder zumindest als Ball eingestuft.

Aufatmen, die fischertechnik-Welt ist wieder ordentlich eckig. Aber eigentlich

**Stefan Fuss**

schade, denn über den Ikosaeder würde sich sicher ein schöner Artikel für die ft:pedia schreiben lassen. So etwas wie „Forscher weisen den lange gesuchten Virus Artur-64 nach. Infektionen lassen sich nicht behandeln, die Patienten müssen ein Leben lang damit leben, dass sie in Anfallsphasen tagelang mit Plastiksteinchen an Modellen tüfteln und von ihren Familienmitgliedern Päckchen mit den Worten ‚Schon wieder fischertechnik...‘ überreicht bekommen.“

Den Artikel schreibe ich nicht. Niemand weiß, ob er beim Erscheinen der ft:pedia Ende März noch lustig ist.

Aber ein Gedanke bleibt doch hängen. Wir, die fischertechniker – die meisten in der ersten Infektionswelle in den 70ern von Artur-64 angesteckt – klagen gerne lange (und nerdig), dass die heutige Jugend keinen Zugang mehr zu fischertechnik hat. Dafür umso schlechtere Pisa-Ergebnisse! Wo bleiben dann die Ingenieure, die morgen eine hoffentlich schöne, digitale Welt gestalten?

Es wird Zeit mit dem Klagen aufzuhören und den Virus zu nutzen: Lasst uns die Kids mit Artur-64 anstecken. So richtig. Dort, wo sie zu finden sind. Mit vielen coolen Beiträgen auf YouTube und Instagram. Und mit Ansteckungspartys im Real-Life.

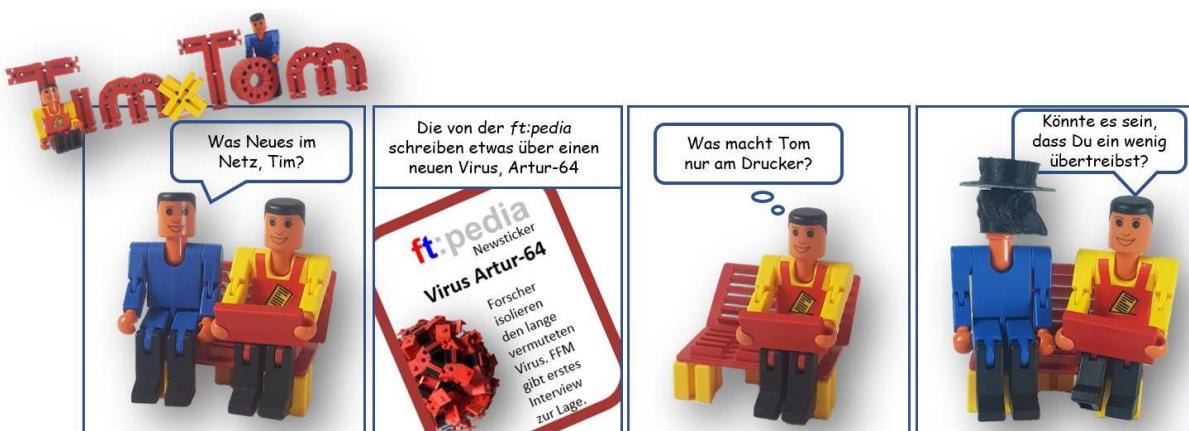
Also ran an die Kästen!

Beste Grüße,  
Euer Stefan

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

## Inhalt

Artur-64.....	2
Wie alles begann .....	4
Mini-Modelle (24): Abakus .....	10
Gelenksteinketten .....	12
Kugelbahn: Treppenförderer .....	15
Alternative Verbindungslösungen für Stecker und Buchsen ...	21
Eierlei mit fischertechnik .....	30
Hier kommt Kurt.....	36
Motorsteuerungen (6): Wechselschaltungen, die Zweite .....	40
Elektronikmodule (Teil 2) .....	52
Flipper mit Elektronik-Modul-Steuerung .....	62
Modulix .....	70
Adapter für fischertechnik-Computing-Modelle.....	75
Solarzellennachführer .....	79



## Impressum

<http://www.ftpedia.de>

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

**Autoren:** Gerhard Birkenstock, Frank Diekmann, Roland Enzenhofer, Stefan Falk, Dirk Fox, Stefan Fuss, Hans-Christian Funke, Peter Gabriel, Jan Hanson, Till Harbaum, Claus Ludwig, Thomas Püttmann.

**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.

ft-Geschichte

## Wie alles begann

Roland Enzenhofer

Im Jahr 1964 wurde fischertechnik ursprünglich als Weihnachtsgeschenk für Geschäftspartner entwickelt. Die ersten 1000 Baukästen spendete der Erfinder Artur Fischer (1919–2016) zu Weihnachten 1965 der Aktion Sorgenkind – und eine Erfolgsgeschichte begann...



Abb. 1: Der erste fischertechnik-Kasten (30100)

### Der erste Kasten 30100

Die ersten 1000 Baukästen spendete der Erfinder Artur Fischer zu Weihnachten 1965 der Aktion Sorgenkind.

Als Besonderheit gilt beim (Geschenk-) Kasten Aktion Sorgenkind ([30100](#)), dass keine Winkelsteine  $30^\circ$  und zwei Bausteine 15 mit runden Zapfen enthalten waren.



Abb. 2: (Geschenk) Kasten „Aktion Sorgenkind“ (30100) ohne Winkelsteine  $30^\circ$  und mit zwei Bausteinen 15 mit doppelten runden Zapfen

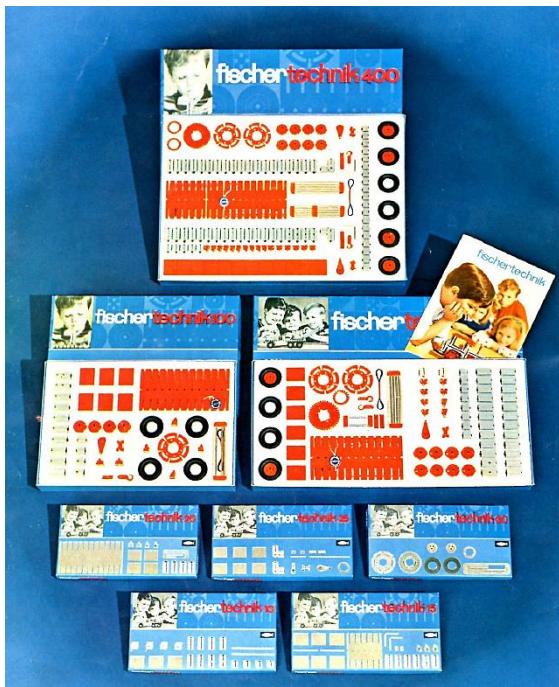


Abb. 3: Die erste Serie 1966



Abb. 4: Serie 1967

## Die erste Serie 1966

Die erste Serie 1966 unterschied sich insbesondere um die Bestückung der Kästen [30010](#), [30015](#), [30020](#), [30025](#), [30030](#) (Abb. 3).

## Serie ab 1967 mit Zusatzkästen

1967 bereits kamen fünf Zusatzkästen und der „mot“-Kasten mit dem Ur-fischertechnik-Motor heraus (Abb. 4).

## Ohne Motor geht gar nichts

Der erste mot.-Kasten ließ nicht lange warten und kam 1966/67. Kurios war dabei, dass die ersten mot.-Kästen mit runden Märklin-Steckern ausgerüstet waren. Weitere Erkennungsmerkmale beim „mot“ sind die durchgängige Antriebsschnecke ohne Feinzahnkranz am Schaft und der geschraubte Motodeckel.

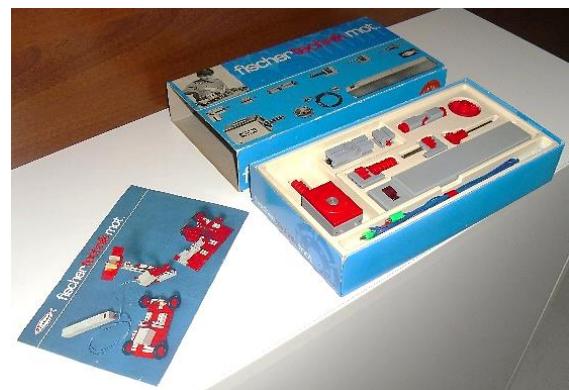


Abb. 5: Der „mot“-Kasten

Abb. 6: Die Schnecke hatte keine Aufnahme für die [Antriebsfeder](#) und keinen Zahnkranz mit feinen Zähnen



Abb. 7: Die Rückseite war verschraubt

## Da stimmt doch was nicht

Es gab auch immer wieder Abweichungen der Kataloge zur tatsächlichen Ausführung, wie z. B. im Messeprogramm 1967, in dem irrtümlich der mot. 1 vorgestellt wurde, welcher später als mot. 2 herauskam.

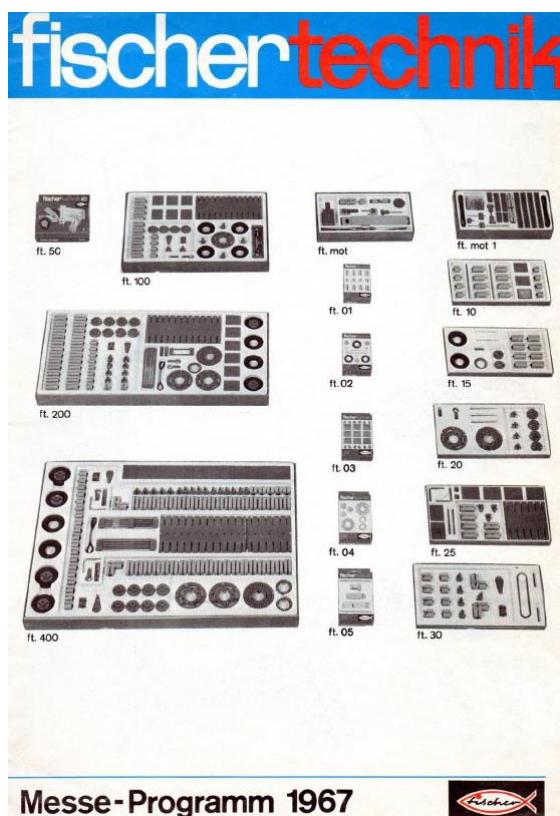


Abb. 8: Messeprogramm 1967 – mit dem späteren „mot. 2“-Getriebekasten als „mot. 1“ beschriftet

## Der Urtyp des mot. 4 Trafo

Der erste Trafo zur Stromversorgung, der mot. 4 war ein Klassiker mit unverkennbaren Eigenschaften: Doppellitzenkabel und Bügeleisenschalter.



Abb. 9: Der Ur-Trafo



Abb. 10: Die Anleitung des Trafos mit „Bügeleisenschalter“



Abb. 11: Die Ur- und die spätere Variante des mot. 4

## Der Verkaufskoffer 1966/67

Das ist der Verkaufskoffer aus 1966/67, der auf wundersame Weise nach Österreich in das Raritätenkabinett gelangte – in diesem Erhaltungszustand wohl einzigartig:



Abb. 12: Der Verkaufskoffer 1966/67



Abb. 13: Der Verkaufskoffer geöffnet



Abb. 14: Die im Verkaufskoffer enthaltenen Baukästen

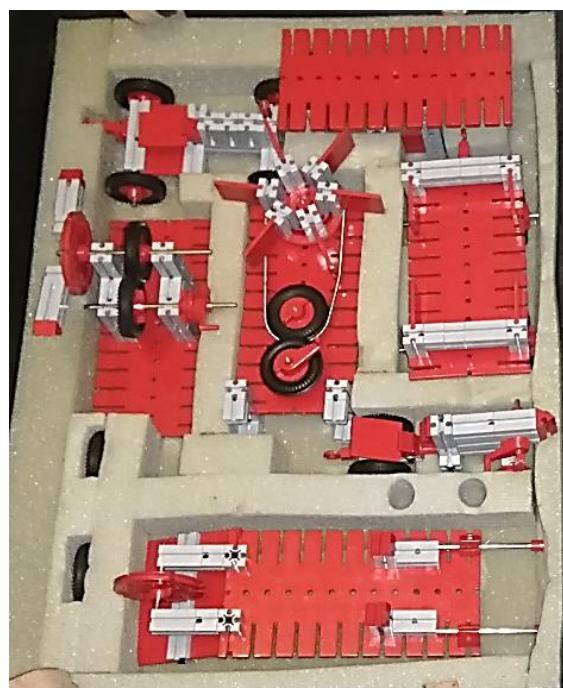


Abb. 15: Funktionsmodelle im Verkaufskoffer

## Das fischertechnik-Tretauto

Legendär ist sicherlich auch das Sondermodell des *Devillaine Pocket „fischertechnik edition“* anlässlich der Auszeichnung *Meilleur Jouet 1966* („bestes Spielzeug“) und in den Jahren 1966 und 1967 der Auszeichnung „*Diplôme du meilleur jouet*“.



Abb. 16: Tretauto Devillaine Pocket „fischertechnik edition“



Abb. 17: Heckansicht



Abb. 18: Hinweis auf die Auszeichnungen auf dem Tretauto

## fischertechnik Modelle der 60er Jahre

Grau/rot forever... einige Modelle aus dem Modellbauheft 1966 – alle nur mit Grundbausteinen hergestellt, denn Statik gab es noch keine:

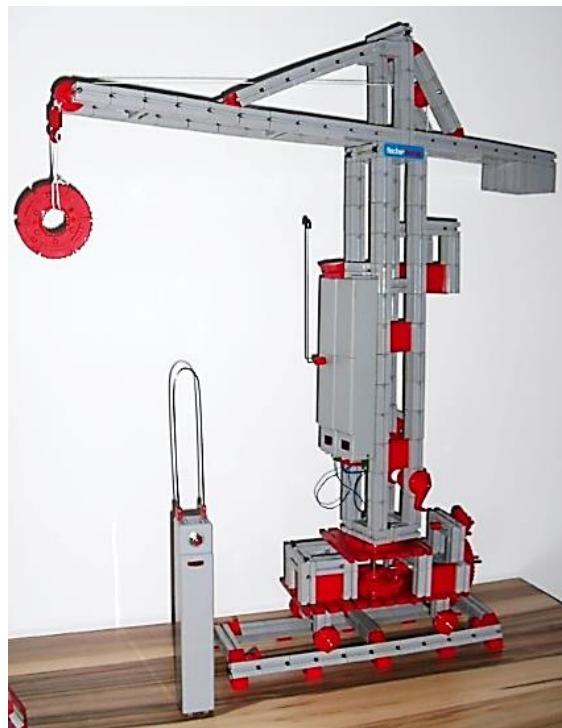


Abb. 19: Kran mit der nie auf den Markt gekommenen ersten Funkfernsteuerung

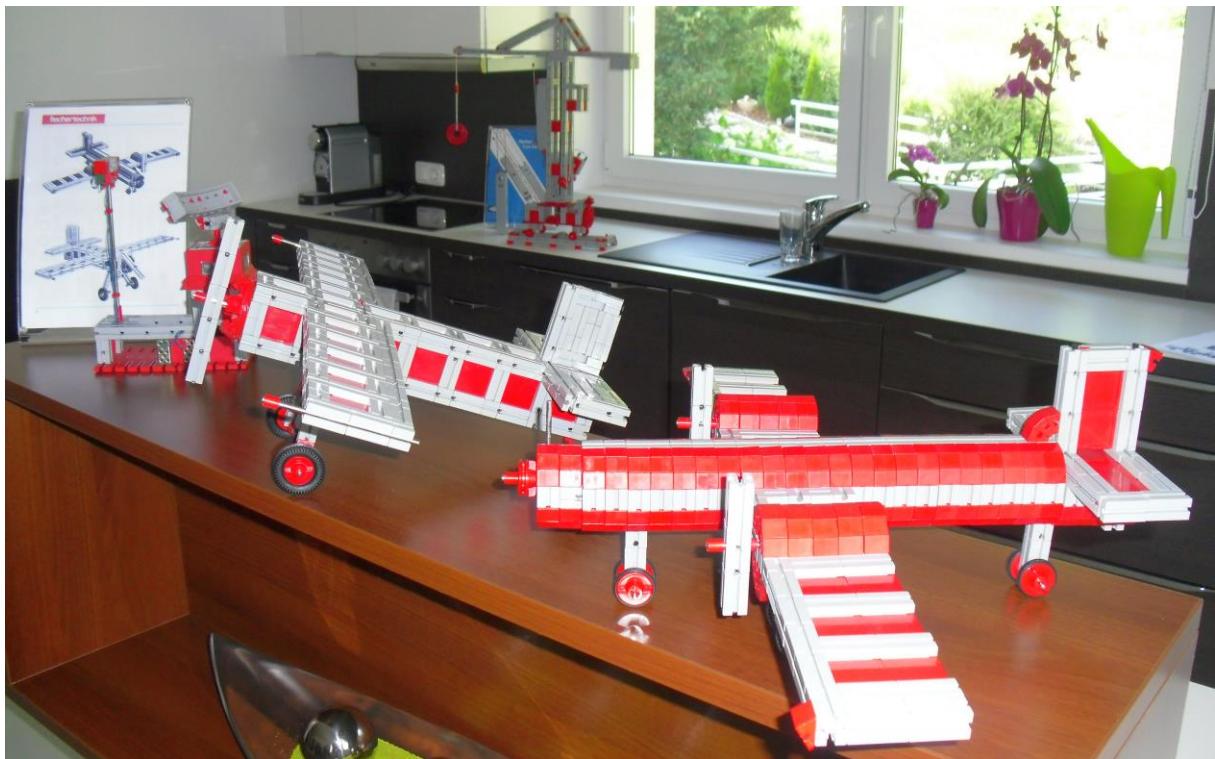


Abb. 20: Flugzeuge

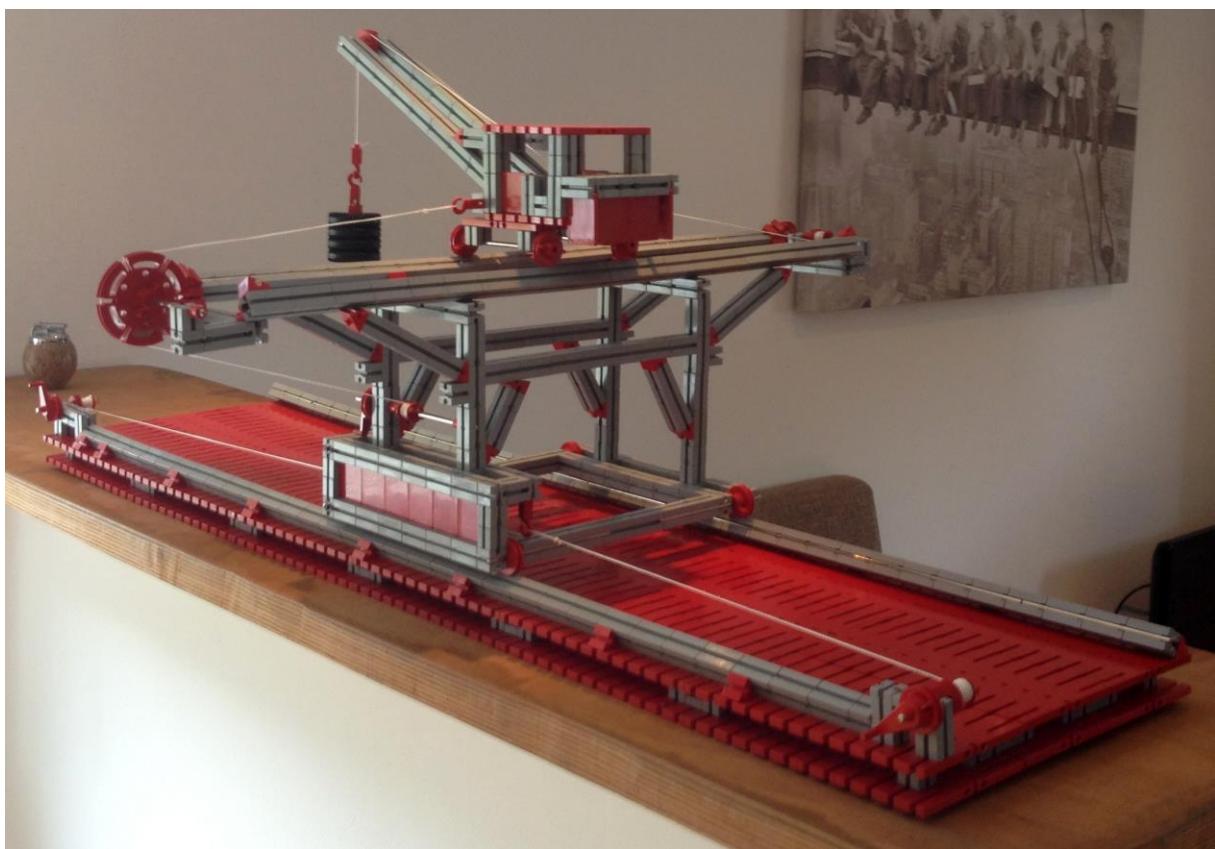


Abb. 21: Großer verfahrbarer Kran – wer besaß damals so viele Grundbausteine?

Modell

## Mini-Modelle (24): Abakus

Gerhard Birkenstock

*Wenn die Kinder in die Grundschule gehen, das Fach Mathematik kommt und über die Zahl zehn hinaus gerechnet werden muss – dann reichen die Finger nicht mehr und der fischertechnik-Abakus muss her, um wieder Spaß am Lernen zu bekommen.*

### Erste Anwendung

Auf einmal haben die Finger zum Rechnen nicht mehr gereicht: Der Zahlenraum ist über die zehn hinausgewachsen. Nichts funktionierte mehr, und ständig waren die Sätze „Ich kann das nicht.“ Und „Das ist falsch.“ zu hören.

Da musste ich mir etwas überlegen, damit es den Kindern wieder Spaß macht, mit Zahlen umzugehen. Ich erinnerte mich an meine Kindheit: Da gab es noch den Abakus. Bunte Holzkugeln auf einer Metallstange aufgereiht. Damit funktionierte das recht trefflich.

Aber in der heutigen Zeit muss das ja schon etwas anders aussehen. Da lag der Gedanke an fischertechnik nahe. Nun sollte das Ergebnis nicht zu groß werden, damit es auch in den Unterricht in die Grundschule mitgenommen werden kann – auch, weil in unserer Grundschule noch einige alte fischertechnik-Kästen ein verlassenes Dasein fristen. Ein neuer Anreiz, damit etwas zu machen. Nach einem Hin und Her sind mir die Seilrollen eingefallen. Griffig, schmal – und ich hatte sie in zwei Farben da. Die 20 Stück in unseren Kästen reichten für den ersten Schritt (Abb. 1).

Mit den beiden schwarzen Seilrollen sind die fünf in der Mitte sehr schnell erkennbar. Mein Sohn hatte das richtig schnell begriffen. Da die Rechenhilfe nun aus fischertechnik war, wurde damit auch gerne mal

die eine oder andere Rechenaufgabe zusätzlich gelöst.



Abb. 1: Abakus to go!

Einige Wochen später stand die fischertechnik-Konvention an. Den kleinen Abakus hatten wir dabei. Einige Kinder fanden das richtig toll. Die größeren Kids meinten aber, das wäre ein wenig zu klein für sie...

Wie gut, dass auf der einen Hallenseite fischertechnik-Teile nach Gewicht verkauft wurden. Auch hier waren die Vorräte nicht endlos – aber Seilrollen waren darunter. Mit beiden Kindern habe ich in den Kästen gesucht – und genug für das Ergebnis in Abb. 2.

Für die Zahl 100 haben die Seilrollen nicht gereicht, aber so viele hätten im normalen fischertechnik-Raster auch dort nicht Platz gefunden. Es wurden 90. Und damit kann man die meisten Aufgaben lösen: Addieren, Subtrahieren und auch die einfachen Multiplikationen lassen sich sehr schön anschaulich damit realisieren. Und der Spaß macht immer mit.

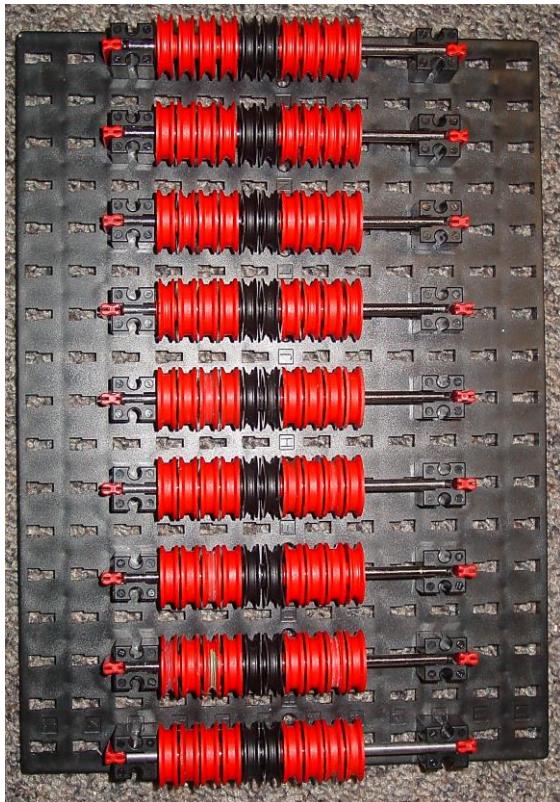


Abb. 2: Abakus XL

Aber eigentlich geht das mit dem Abakus noch viel weiter. Der Zahlenbereich bis 100 ist ja nur eine Hilfe für die Grundschüler. Wenn der Abakus in Potenzen zur Basis 10 richtig verwendet wird, können wir mit den neun Zeilen den Zahlenbereich bis zur Zahl 1.111.111.110 abbilden, in Worten: Eine Milliarde einhundertelf Millionen einhundertelf Tausend einhundertundzehn.

Schaut Euch im Internet um – dort gibt es viele Informationen und Hilfen, wie man mit dem Abakus rechnen kann. Oder in

Kapitel 6 des Buchs „Technikgeschichte mit fischertechnik“ [1]. Und Spaß macht es obendrein.

Hier die Stückliste für den „Abakus to go“:

Anz.	ft-Nr.	Bezeichnung
2	31031	Metallachse 110
1	35129	Grundplatte 120x60
4	32881	BS 15 schwarz
4	31060	Verbindungsstück
2	32064	BS 15 mit Bohrung
4	35797	Seilrolle D=21mm schwarz
16	35795	Seilrolle D=21mm rot

Und die Stückliste für den „Abakus XL“:

Anz.	ft-Nr.	Beschreibung
9	31031	Metallachse 110
1	32985	Grundplatte 258x186
18	32881	BS 15 schwarz
18	31060	Verbindungsstück
18	35797	Seilrolle D=21mm schwarz
72	35795	Seilrolle D=21mm rot

## Referenzen

- [1] Dirk Fox, Thomas Püttmann:  
*Technikgeschichte mit fischertechnik*.  
 dpunkt Verlag, Heidelberg, 2015.

## Tipps &amp; Tricks

# Gelenksteinketten

Thomas Püttmann

*Was macht man, wenn man ein großes Fach voller Gelenksteine sieht? – Lange Ketten bauen! Diese lassen sich sogar sinnvoll einsetzen.*

Gelenksteinketten wirken im Vergleich zu den normalen Rastketten klobig. Das Gute an ihnen ist, dass sich Achsen durch die Gelenke stecken lassen. Die Achsen greifen dann perfekt in jede dritte Lücke eines Zahnrad Z40 oder Z30.



Abb. 1: Gelenksteinketten und Z40.



Abb. 2: Gelenksteinketten und Z30.

Meine erste Anwendung war ein Förderband zum gleichzeitigen Transport vieler Kugeln, siehe Abb. 3.



Abb. 3: Förderband zum Kugeltransport.

Ob sich solche Ketten sinnvoll in Raupenfahrzeugen einsetzen lassen, habe ich noch nicht ausprobiert. Dazu sind momentan zu viele meiner Achsen anders verwendet.

## Synchronmotoren

Statt Achsen kann man natürlich auch die 10 mm langen Neodym-Magneten durch die Gelenke stecken, die durch unser Buch [1] populär geworden sind. Auf diese Weise lassen sich Synchronmotoren mit jeder gewünschten Zahl an Magneten bauen.

Zum Antrieb vieler Synchronuhren wie der Rast-O'Clock [2] sind Motoren mit einer Drehzahl von 600 U/min ideal. Das Getriebe zur Übersetzung auf die Sekundenwelle lässt sich dann mit fischertechnik-Zahnrädern leicht realisieren.

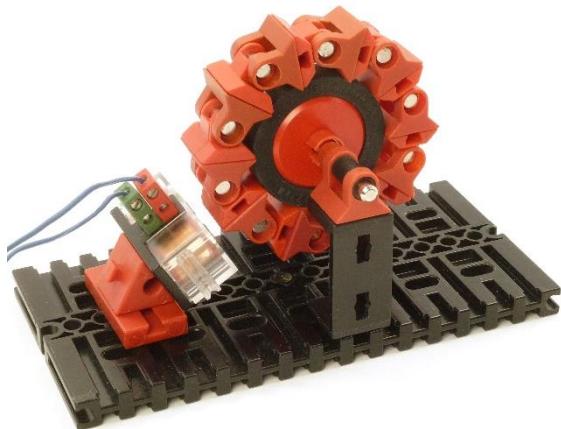


Abb. 4: Synchronmotor mit 600 U/min.

Ein solcher Motor ist mit Gelenksteinen schnell gebaut, siehe Abb. 4. Auf der Welle sitzt ein Rad 23 mit Reifen 32. Darauf passt perfekt eine Kette aus zehn Gelenksteinen. Zur Erinnerung: Ein solcher Motor benötigt eine feste Wechselspannung zwischen 5 V und 9 V, wie sie zum Beispiel die alten grauen fischertechnik-Netzteile zur Verfügung stellen.

Sehr elegant sieht auch der Motor mit einem Speichenrad aus, auf das ich eine Kette mit 22 Gelenksteinen gezogen habe, siehe Abb. 5.



Abb. 5: Synchronmotor aus 22 Gelenksteinen mit einer Drehzahl von ca. 273 U/min.

Synchronmotoren mit unterschiedlichen Magnetzahlen wurden schon öfter in der ft:pedia vorgestellt [3, 4, 5, 6]. Oft wurden dabei geschickte Kombinationen vieler Winkelsteine eingesetzt.

Der Einsatz der Gelenksteine erlaubt es nun, zu nahezu jeder gewünschten geraden Anzahl an Magneten schnell und mit wenigen Bausteinen den passenden Motor zu bauen. Der Trick ist, die Gelenksteinkette gar nicht starr auf einem Träger aufzuziehen. Es genügt, wenn mindestens drei Gelenksteine auf den passenden Abstand zur Achse gebracht werden. Die anderen werden durch die Fliehkraft so nach außen gezogen, dass sie annähernd einen Kreis bilden.

Wir zeigen dies am Beispiel eines Motors mit zwanzig Magneten. In Abb. 6 sieht man seine Bestandteile: Eine Kette aus zwanzig Gelenksteinen, in denen die Stabmagnete mit wechselnder Polarität eingesteckt werden, und zwei Drehscheiben, auf denen I-Streben 90 mit Strebenadapters befestigt sind.



Abb. 6: Bestandteile eines Synchronmotors mit zwanzig Magneten.

Die Drehscheiben werden zueinander um 90° verdreht auf eine Achse geschraubt. Die Gelenksteinkette wird dazwischen eingefügt. Jedes fünfte Gelenk wird mit Hilfe eines weiteren Stabmagneten an den vier äußeren Enden der Streben fixiert, siehe Abb. 7.

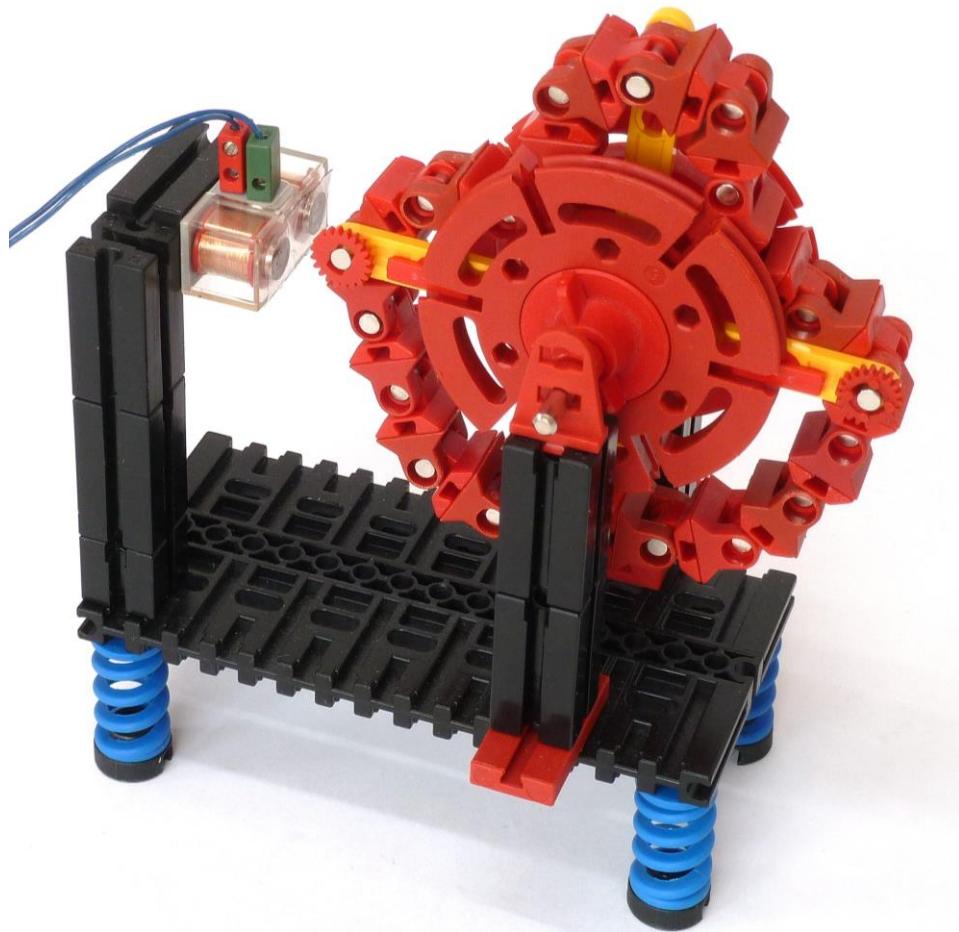


Abb. 7: Der zusammengebaute Motor mit zwanzig Gelenksteinen ...

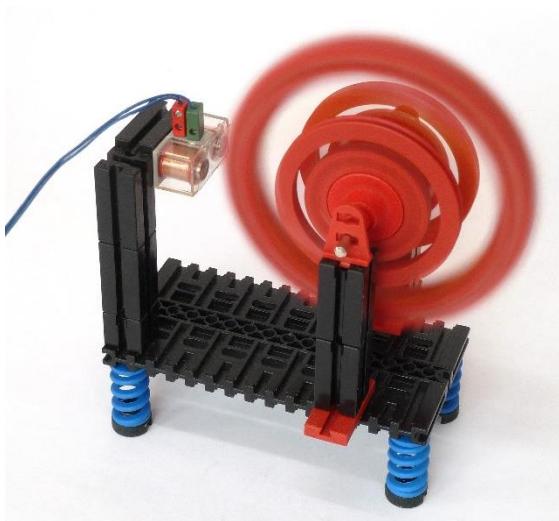


Abb. 8: ... läuft erstaunlich rund.

Die Motoren funktionieren alle ebenfalls, wenn statt der inzwischen schwer erhältlichen originalen fischertechnik-Elektromagneten preisgünstige Topf-Magnete aus China eingesetzt werden.

## Quellen

- [1] Dirk Fox und Thomas Püttmann: *Technikgeschichte mit fischertechnik*. dpunkt.verlag, Heidelberg 2015.
- [2] Thomas Püttmann: [Die Rast-O'Clock-Uhr](#). ft:pedia 1/2017, S. 42-47.
- [3] Matthias Dettmer: [Synchronmotoren](#). ft:pedia 2/2016, S. 48-52.
- [4] Rüdiger Riegel: [Funktionsmodelle von Gleich- und Wechselstrommotoren](#). ft:pedia 4/2016, S. 52-58.
- [5] Rüdiger Riegel: [Neue Synchronmotoren](#). ft:pedia 2/2017, S. 25-31.
- [6] Rüdiger Riegel: [Ersatz für die Elektromagnete](#). ft:pedia 3/2017, S. 19-22.

## Tipps &amp; Tricks

# Kugelbahn: Treppenförderer

Frank Diekmann

Die Konstruktion des ansprechenden „Treppenförderers“ aus dem fischertechnik-Baukasten „Dynamic XL“, Kugelbahn-Flaggschiff des Jahres 2014, verursachte zahlreichen fischertechnikern Kopfzerbrechen und führte zu einzelnen vernichtenden Kritiken [1]. Die Probleme lassen sich jedoch eingrenzen – und beheben.

## Prolog

Ende 2019 stellte fischertechnik die Produktion des Baukastens „Dynamic XL“ ein, da es vereinzelt wohl Probleme gab, bei dem einen oder anderen Modell einen störungsfreien Betrieb hinzubekommen. Da mich der Baukasten wegen der verschiedenen Kugelfördertechniken ansprach, legte ich mir einen zu, bevor dieser als Neuware nicht mehr verfügbar sein würde. Denn „so schlimm“ konnte der Baukasten eigentlich nicht sein und ich sah es auch als kleine Herausforderung an, alle Modelle zum „Laufen“ zu bekommen.

Es sei aber erwähnt, dass dies nicht mein erster fischertechnik-Kugelbahn-Baukasten ist; bereits 2019 bekam ich den kleineren „Dynamic M“ zu meinem Geburtstag geschenkt, in dem aber alle Modelle nur über eine kettenbetriebene Kugelförderung verfügen.

Erst einmal klein anfangen: Da ich den Treppenförderer interessant fand, begann ich mit diesem. Soviel vorweg: Er funktionierte bei mir auf Anhieb, aber nicht ganz so, wie es hätte sein können; an verschiedenen Stellen hakte es etwas im laufenden Betrieb. Die Ursachen dafür und deren Behebung möchte ich hier nachfolgend aufzeigen. Beim Aufbau hielt ich mich genau an die Bauanleitung inklusive Hinweisen und verwendete nur die Materialien aus dem „Dynamic XL“-Baukasten.

## Untersuchung des Teppenförderer

Als erstes fiel mir auf, dass die Rastkurbeln ([35088](#)) an den schwarzen S-Winkelträgern ([36922](#)) scheuerten, die auf der jeweiligen Gelenkwürfel-Klaue ([31436](#)) befestigt sind. Hier entdeckte ich an allen meinen Rastkurbeln stirnseitig einen kleinen Grat (Abb. 1). Diesen entfernte ich als Erstes (siehe Abschnitt „Entgratung“).

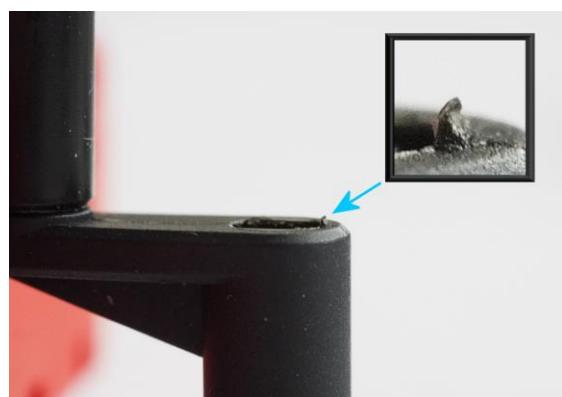


Abb. 1: Grat an der Rastkurbel

Das Scheuern war damit aber noch nicht ganz behoben, denn die Rastkurbeln berührten vereinzelt immer noch die schwarzen S-Winkelträger. Zur Behebung dieses Problems habe ich die schwarzen Lagerhülsen ([36819](#)), die – wie in der „Dynamic XL“-Bauanleitung auf S. 5, unten beschrieben – in die fünf roten Gelenkwürfel-Klauen geschoben werden, etwa 0,2 mm in Richtung Rastkurbel vorstehen lassen (Abb. 2),

sodass der Abstand zu der jeweiligen Rastkurbel vergrößert wird.

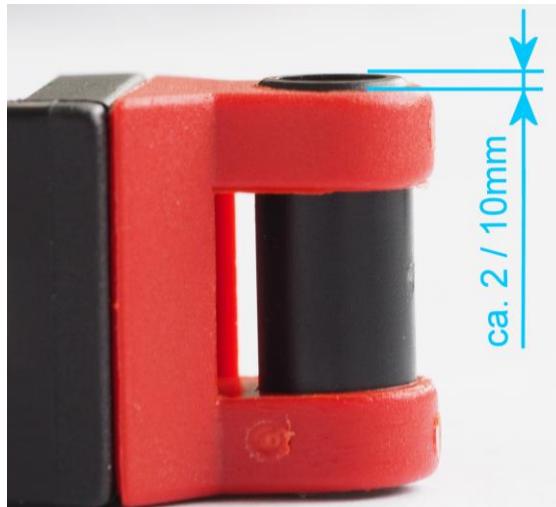


Abb. 2: Überstand der Lagerhülse

Aber nicht viel mehr als 0,2 mm, da die Rastachsen 60 ([35065](#)), 75 ([35087](#)) und 90 ([35066](#)) sonst nicht mehr mittig durch die roten Bausteine 15 mit Bohrung ([32064](#)) gleiten. Zum Ausgleich kann man die schwarzen Rastadapter ([36227](#)) an der jeweiligen Gelenkwürfel-Klaue in Richtung der Rastkurbeln etwas dezentrieren, so wie in Abb. 3 etwas übertrieben dargestellt.

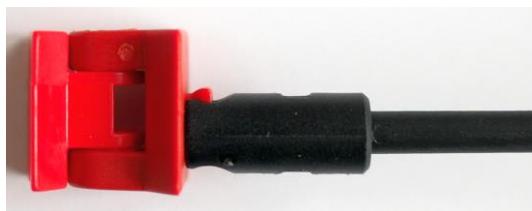


Abb. 3: Dezentrieren der Rastadapter

Ich verwendete zum Durchschieben der schwarzen Lagerhülsen einen Phasenprüfer, dessen Isolierung genau den richtigen Durchmesser aufweist (Abb. 4).



Abb. 4: Verschieben der Lagerhülse

Ein Phasenprüfer befindet sich wohl so ziemlich in jedem Haushalt, aber natürlich

kann man auch ein anderes passendes Werkzeug benutzen.

Bei den Rastkurbeln lief es jetzt einwandfrei, nur die Treppenstufen hakten noch ein wenig untereinander. Das lag daran, dass die roten 7,5er Bausteine ([37468](#)) ebenfalls Grate aufwiesen (Abb. 5).

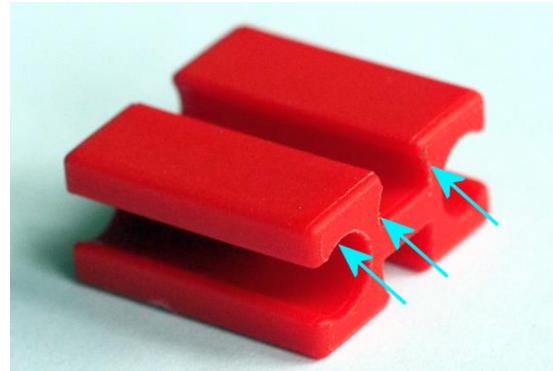


Abb. 5: Grate am BS 7,5

Ich untersuchte deshalb alle roten 7,5er Bausteine meines „Dynamic XL“-Baukastens auf Grade: Bei allen waren auf einer Seite Grade vorhanden, sodass ich sie leider nicht gegen gratlose tauschen konnte. Also sind auch diese vorsichtig zu entgraten (siehe Abschnitt „Entgratung“).

Damit man nicht mehr der roten 7,5er Bausteine durch die Entgratung „verunstaltet“ als nötig sollten diese nach Abbau des Treppenförderers separat eingesortiert werden. Ich besorgte mir außerdem einen roten Edding und markierte die Bausteine mit einem Punkt. Da das Rot sich von dem Rotton der Bausteine unterscheidet, kann man ihn erkennen, aber er fällt wenig auf.

Wie in der „Dynamic XL“-Bauanleitung auf S. 42 oben erwähnt, müssen alle „Treppenstufen“ mit der Rückseite auf eine plane Unterlage (Tisch) gelegt und alle drei Bausteine fest auf die Unterlage gedrückt werden (Abb. 6). Bei Nichtbeachten droht ein Verbiegen der Rastachsen beim Motorbetrieb aufgrund verklemmter „Treppenstufen“.

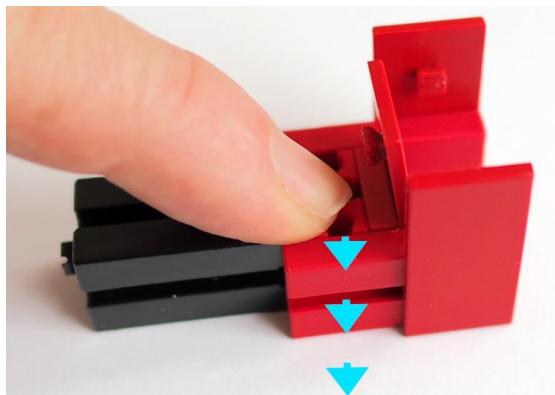


Abb. 6: Zusammendrücken der Stufen

Jetzt wenden wir uns den schon erwähnten fünf schwarzen Rastachsen 60, 75 und 90 zu, auf denen die jeweilige „Treppenstufe“ sitzt, und bei denen man ebenfalls einen Grat fühlen kann – und zwar einen Längsgrat sowie an der oberen und unteren Seite je einen Quergrat (Abb. 7).



Abb. 7: Grate der Rastachsen

Auch hier sollte eine vorsichtige Entgratung erfolgen, damit die Rastachsen ruckelfrei durch die roten 15er Bausteine mit Bohrung gleiten (Abb. 8).

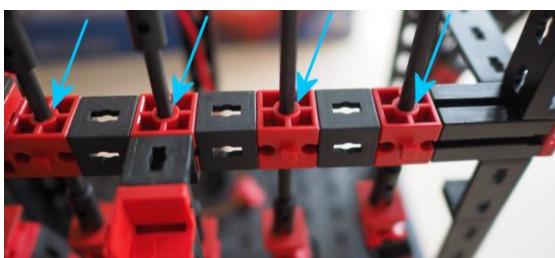


Abb. 8: Grate an den Rastachsen verhindern ein sauberes Gleiten in den BS 15 mit Bohrung

### Test von Hand

Bevor jetzt gleich der Motor eingeschaltet wird, empfiehlt sich ein Test von Hand durch Drehen des Z40 ([31022](#)) – damit bekommt man ein Gespür dafür, wo eventuell noch etwas klemmt.

Dafür wird der Getriebeblock ([31078](#)), der am Motor ([32293](#)) befestigt ist, etwas angehoben, um den Kontakt zur Motorschnecke zu trennen (Abb. 9).

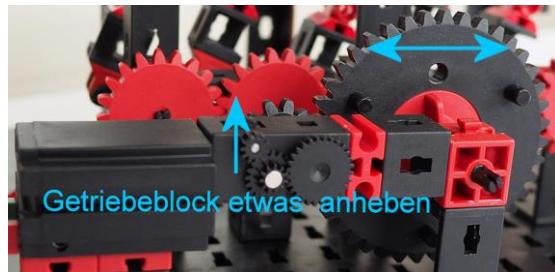


Abb. 9: Motor für Handbetrieb entkoppeln

Nebenbei spürt man beim Drehen von Hand auch deutlich die Unwucht, da es sich um eine ungerade Anzahl von Treppenstufen handelt. Sollte jetzt noch etwas scheuern oder klemmen, bekommt man die Ursache am besten dadurch heraus, indem man die Treppenstufen nach dem Prinzip der Intervallschachtelung voneinander trennt:

Zuerst muss die mittlere Treppenstufe isoliert werden. Dazu wird die rote Nabennutter ([31058](#)) vom mittleren schwarzen Z20 ([31021](#)) so weit gelöst, dass keine feste Verbindung zur Rastachse mehr besteht. Wird das schwarze Z40 jetzt wieder von Hand bewegt, sollte sich dies nur auf die mittlere Treppenstufe übertragen, ansonsten ist die rote Nabennutter vermutlich noch nicht lose genug.

Bewegt sich die mittlere Treppenstufe fehlerfrei, werden die unteren (linken) und oberen (rechten) Treppenstufen untersucht. Hierzu kann wie im Abschnitt „Abgleich“ vorgegangen werden: Entfernung des Getriebeblockes, der Halterung für die Verlängerungsachse des Z40 und des Z40 selbst (Abb. 10).

Dann ist die schwarze Rastkupplung von der Rastachse 45 zu ziehen, sodass das Z40 zusammen mit der Nabennutter so weit nach vorne geschoben werden kann, dass der schwarze Zahnrang keinen Kontakt mehr zu den benachbarten Rastzahnrädern hat.

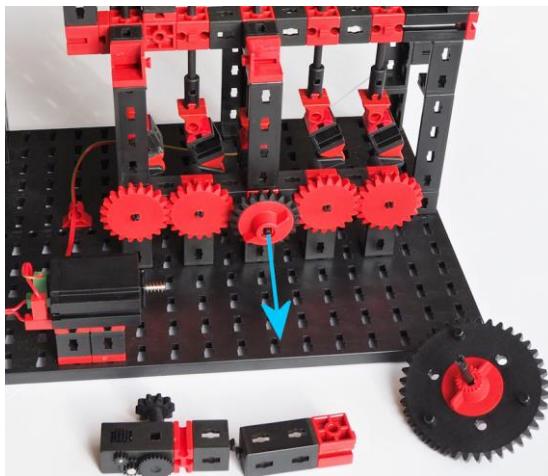


Abb. 10: Entkoppeln der Treppenstufen

Jetzt sind die beiden unteren (linken) und die beiden oberen (rechten) Treppenstufen isoliert und können von Hand an den roten Rastzahnradern bewegt werden (Abb. 11).



Abb. 11: Zwei Treppenstufen manuell bewegen

Ist die Zweiergruppe mit den Treppenstufen gefunden, die Probleme macht, dann wird als Nächstes eines der beiden Rastzahnräder aus dieser Gruppe entfernt und das verbliebene Rastzahnrad von Hand gedreht. Tritt hier das Problem auf, dann ist eine Stelle entdeckt; läuft alles reibungslos, dann wird das eben gelöste Rastzahnrad wieder befestigt, das benachbarte gelöst und der Drehtest wiederholt.

Bevor jetzt alles wieder zusammengebaut wird, muss wieder der Abgleich der Rastkurbeln durchgeführt werden (siehe Abschnitt „Abgleich der Rastkurbeln“).

Zuletzt ist noch ein Blick auf die zwei übereinander geschobenen S-Winkelträger zu werfen (siehe Bauanleitung S. 39 und S. 41, jeweils rechts), an denen die letzte Treppenstufe mittels Baustein 5 ([37237](#)) entlang

gleitet; diese dürfen an der Verbindungsstelle nicht überstehen, sonst kann es hier im Betrieb zum Verklemmen mit dem Baustein 5 kommen.

## Abgleich

Der Abgleich des Treppenförderers ist einmalig notwendig, da sonst die Kugeln nicht von einer Treppenstufe auf die nächsthöhere befördert werden können. Der Abgleich kann jederzeit erfolgen, auch nachdem das Modell komplett aufgebaut wurde.

Als vorbereitende Arbeitsschritte sind alle Kugeln von den Treppenstufen zu entfernen, da diese die Rastkurbeln zusätzlich durch ihr Gewicht belasten würden. Ich empfand es hierzu als zweckmäßig, die Vorbauten wie nachfolgend beschrieben zu entfernen, da sich so mehr Bewegungsfreiheit ergibt.

Dies beginnt mit dem Abziehen des Getriebekörpers vom Motor und dem Entfernen der Führung für die Rastachse des Z40. Dann wird das Z40 zusammen mit der schwarzen Rastkupplung ([35073](#)) von der Rastachse 45 gezogen (siehe Abb. 10). Als nächstes wird die Nabennutter des mittleren (schwarzen) Z20 gelöst und zusammen mit dem Zahnkranz zurückgeschnitten, bis der Zahnkranz keinen Kontakt mehr zu den benachbarten Rastzahnräder hat.

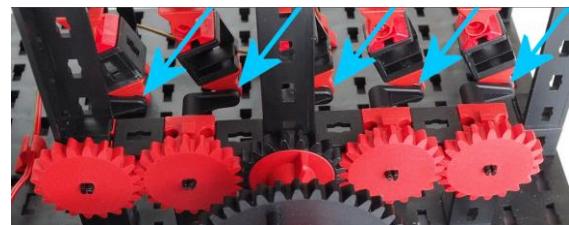


Abb. 12: Ausrichten der Rastkurbeln

Alle fünf Rastkurbeln müssen jetzt in einer gedachten waagerechten Linie ausgerichtet werden, wobei es egal ist, ob die Rastkurbeln alle einheitlich nach links oder rechts zeigen. Abb. 12 zeigt die gemeinsame Ausrichtung nach rechts, wie in der Bauanleitung auf S. 36 oben beschrieben. Dann wird je eines der Rastzahnräder aus der vorderen

(linken) und hinteren (rechten) Rastzahnrad-Gruppe entfernt.

Um die Ausrichtung der Rastkurbeln zu erreichen, hielt ich einfach meinen Finger unter zwei Rastkurbeln (Abb. 13). Die beiden Kurbeln werden dann ausgerichtet und das abgezogene Rastzahnrad vorsichtig wieder aufgesteckt, ohne die Lage der Rastkurbeln zu verändern. Dasselbe erfolgt dann für die andere Rastkurbel-Gruppe.

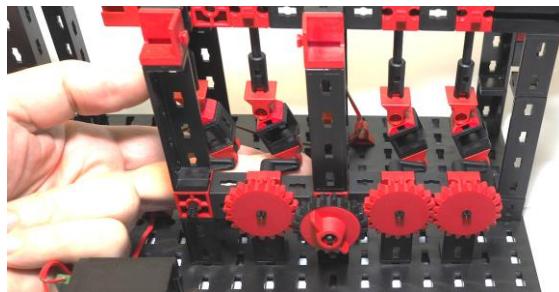


Abb. 13: Ausrichthilfe

Als Letztes werden die mittlere Rastkurbel ausgerichtet, die Nabennutter zusammen mit dem Z20 (schwarzer Zahnkranz) zwischen die Rastzahnräder geschoben und die Nabennutter angezogen. Die bereits ausgerichteten benachbarten Rastkurbeln dürfen sich dabei nicht verstellen.

Damit ist der Abgleich abgeschlossen.

Der Zusammenbau des Z40 mit Motor und Getriebefblock erfolgt wie in der Bauanleitung auf S. 36 unten bis S. 38 beschrieben.

## Verbesserungsvorschläge

### Bessere Führung

Wenn man den Treppenförderer im Betrieb genau betrachtet, fällt auf, dass die oberen beiden (rechten) Treppenstufen etwas zitterig laufen. Grund ist der größere Abstand zwischen den beiden Treppenstufen und der jeweiligen Rastachsenführung durch die beiden BS 15 mit Bohrung. Die beiden Rastachsen sind hier mit 90 mm schon deutlich länger als die übrigen drei mit 60 mm und 75 mm Länge. Die beiden 90er Rastachsen benötigen daher eine zusätzliche Führung.

Mit wenigen Teilen aus dem Baukasten lässt sich diese zusätzliche Führung ergänzen und damit der Ablauf verbessern. Ich habe dafür folgende Bausteine verwendet:

- ein BS 15 (schwarz)
- zwei BS 30 (schwarz)
- zwei BS 15 mit Bohrung

Abb. 14 zeigt diese Verbesserung.



Abb. 14: Bessere Führung der langen Achsen

Dabei ist darauf zu achten, dass sich die beiden Rastachsen 90 nicht in den Bohrungen der roten BS 15 verkanten. Am besten entkoppelt man hierzu abwechselnd die beiden zugehörigen Rastzahnräder untereinander und vom benachbarten schwarzen Z20, wie oben im Abschnitt „Test von Hand“ beschrieben, und dreht die beiden Rastzahnräder getrennt von Hand. Sollte das Drehen schwierig sein, so kann man dies durch leichtes Verschieben der beiden hinzugekommenen BS 15 mit Bohrung beheben.

### Zusätzliche Treppenstufe

Wie oben bereits erwähnt läuft der Treppenförderer nicht 100%ig „rund“, da es sich um eine ungerade Anzahl von Treppenstufen handelt und dadurch eine Unwucht entsteht, die man beim Drehen des Z40 von Hand auch spüren kann. Daher wäre zu überlegen, eine sechste Treppenstufe hinzuzufügen, die idealerweise hinter der oberen (rechten) Stufe montiert werden müsste.

Da es meines Wissens keine Rastachse mit der Länge 105 mm gibt, könnte diese mit

Hilfe einer Rastkupplung aus einer Rastachse 60 und einer Rastachse 45 konstruiert werden. Die zusätzliche Rastachse 60 gibt der Teilevorrat des Baukastens nicht her; sie müsste also ggf. separat bestellt werden.

## Entgratung

Zum Entgraten der Bausteine sind verschiedene Werkzeuge verwendbar, auch abhängig von der Art des zu entgratenden Bausteins. Bei mir hat sich die Schneide eines scharfen Metall-/Holzbohrers größerem Durchmessers (mind. 6 mm) bewährt, aber auch ein handelsübliches Teppich- oder

Bastelmesser leistet hier gute Dienste. Vorsichtig angewandt können auch Sandpapier oder gar Muttis Nagelfeile benutzt werden.

Beim Schleifen über die Bausteinflächen leidet leider die Optik etwas: Die 7,5er Bausteine werden an der behandelten Stelle etwas heller, dasselbe gilt für die schwarzen Rastachsen. Daher sollten nicht mehr Bausteine entgratet werden als notwendig.

## Verweise

- [1] Forum: [Konstruktionshilfen Dynamic XL](#). ftcommunity.de.

Tipps & Tricks

# Alternative Verbindungslösungen für Stecker und Buchsen

Jan Hanson

Wie kann man Fremdbauteile elektrisch am besten mit fischertechnik-Modellen verbinden? Auf diese Frage haben findige fischertechniker schon viele kreative Antworten gefunden. Zusammen mit einem kleinen Rückblick auf die Geschichte des fischertechnik-Steckers werden sie in diesem Beitrag vorgestellt.

## Hintergrund

Das fischertechnik Programm wurde bereits 1967 elektrifiziert, im zweiten Jahr nach der Markteinführung. Anlass war die erste Auflage des mot1-Baukastens ([30091](#)) mit Batteriestab und 6V-Motor. Zur Verbindung von Stromversorgung und Verbraucher fiel die Wahl auf Kabel mit Flachsteckern in grün und rot ([31336/7](#)). Der „Konkurrent“ Modelleisenbahn spielte dabei eine wichtige Rolle, denn größtenteils kompatible Stecker, hier allerdings mit rundem Gehäuse, waren dank Märklin und Co. bereits in vielen Kinderzimmern anzutreffen (Abb. 1). So wurde die erste Generation des mot1 noch mit H0-Steckern ausgeliefert.

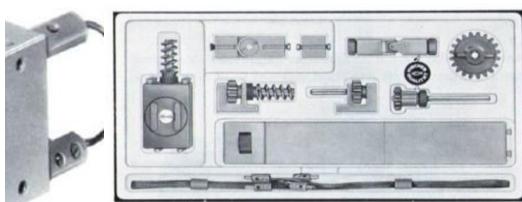


Abb. 1: Märklin als Pate des Flachsteckers (Clubheft Nr. 2, 1968, S. 3)

Zwischenzeitlich gab es Versuche mit anderen Verbindungstypen wie der wenig glückte, auf Lötstiften basierende Ansatz des Elektronik-Baukastens ([30253](#)) von 1981 (Abb. 2). Nachdem dieser aber offen-

bar eine Eintagsfliege war, sind Flachstecker bis heute die gängige Art, um fischertechnik-Modelle mit Strom zu versorgen und elektrisch zu verbinden.

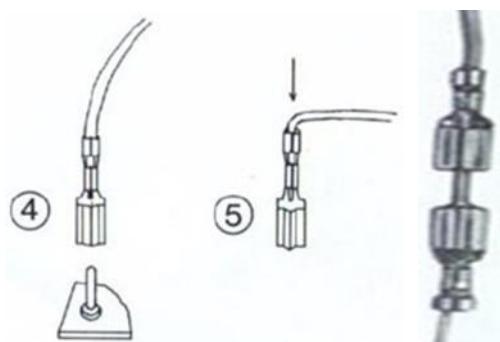


Abb. 2: Das „neue Kontaktsystem“ von 1981 mit Lötstiften und Steckhülsen (Anleitung zum Kasten Elektronik, 1981, S. 5)

Für alle, die am Eigenbau oder der Integration von elektrifizierten Fremdbauteilen interessiert sind und sich nicht mit einfachen Adapterkabeln zufrieden geben, stellt sich daher früher oder später die Frage, wie man die Kompatibilität zum fischertechnik-Flachstecker herstellt. In diesem Beitrag möchte ich daher einen Überblick über die unterschiedlichen, teils sehr kreativen Lösungsansätze geben, die dabei bisher gefunden wurden.

## Der fischertechnik-Stecker und seine Alternativen

Relativ überschaubar ist die Lage soweit es die Stecker-Seite betrifft. Wer den typischen „fischertechnik-Look“ will, kommt an den Originalsteckern nicht vorbei, die bei den bekannten Bezugsquellen (Liste am Ende des Beitrags) zu Stückpreisen von ca. 1 € neu [1] (nur aktuelle schmale Stecker) oder ca. 0,40 € gebraucht [2] (auch ältere, breite Stecker) erhältlich sind.

Leider ist die Bauart der Stecker nicht besonders dauerhaft, denn die Klemmwirkung wird durch die Spreizung der gekreuzten Schlitzung erreicht. Bei einem Ausleihen des Kontakts empfehlen die fischertechnik-Anleitungen, die Schlitzung mit Hilfe einer Klinge aufzuspreizen. Bei zu viel Spreizung kann es besonders in Kinderhänden früher oder später aber zu einem Ermüdungsbruch des spröden Ausgangsmaterials kommen. Die meisten fischertechnik-Fans dürften das unschöne Bild von Steckern mit fehlenden Zinken kennen (Abb. 3).

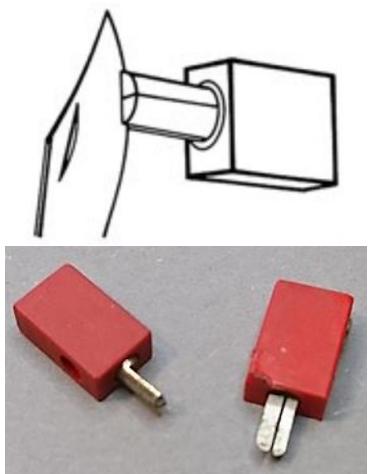


Abb. 3: Aufspreizen der Stecker und mögliche Nebenwirkungen (Anleitung zum em1 Grundkasten, 1975, S.19)

Auch das Design des Flachsteckers hat den Lauf der Zeiten nicht ganz unverändert überstanden. Früh gab es eine Variante mit rückseitiger statt Querbuchse für die Verbindung mehrerer Stecker; das Kabel wurde hier gequetscht, nicht geschraubt (Abb. 4).

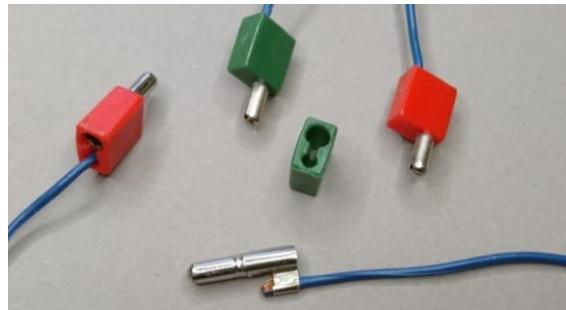


Abb. 4: Die Bezeichnung „Quetschstecker“ erschließt sich nach einem Blick ins Innenleben

Robotik und Computing brachten zusätzlich zum klassischen Rot und Grün viele neue Farbvarianten ins Spiel. Etwa zu Beginn der 2000er wurde das Gehäuse deutlich schmäler und etwas länger, der Stift aber stark verkürzt. Das schmalere Gehäuse brachte Vorteile beim überstandsfreien Anschluss des Mini-Schalters (Abb. 5), der fast schon grotesk verkürzte Stift beeinträchtigte aber den Halt des Steckers in der Buchse.



Abb. 5: Die neuen schmaleren Stecker (rechts) erlauben den bündigen Anbau am Mini-Taster

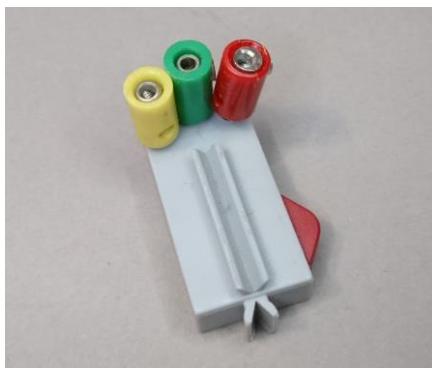
Diesen Nachteil nahm man vermutlich aufgrund von Sicherheitsbedenken in Kauf. Falls dem so war, wurden die aber schon wenige Jahre später entkräftet, als der Stift wieder etwas verlängert und das abgeflachte Gehäuse wieder etwas gekürzt wurde (Abb. 6): Klassischer Stecker (oben), Redesign der 2000er (Mitte) und aktueller Stecker mit schlankem Gehäuse, kürzerem Kontakt und nur einseitiger Querbuchse (unten). Der aktuelle Stecker ist also ein Kompromiss aus Traditionssstecker und dem etwas zu radikalen Redesign der 2000er. Unverändert bei allen neuen Designs blieb übrigens der Durchmesser des Kontakts. Er wird bei H0-Steckern oft mit 2,6 mm angegeben. Eigene Messungen mit

der Schieblehre ergeben beim fischertechnik-Stecker knapp 2,5 mm an der Basis. 2,6 mm ist also eher der Innendurchmesser der zugehörigen Buchse.



*Abb. 6: Vergleich der fischertechnik-Steckergenerationen (Robin [3])*

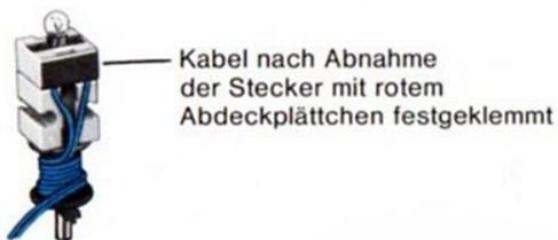
Was sind nun die Alternativen zum fischertechnik-Stecker? Bekannter und etwas preisgünstigerer Ersatz sind die oben erwähnten Stecker aus dem Modellbau mit rundem Gehäuse, die unter der Bezeichnung „H0-Stecker“, „Modellbahn-Stecker“, „Zwerg-Stecker“ oder „Miniaturl-Stecker“, oft mit dem Zusatz „mit Querloch“, nicht nur im einschlägigen Modellbahnhandel [4] sondern auch bei verschiedenen Elektronikhändlern [5, 6, 7] zu Stückpreisen von ca. 0,20 € bis 0,30 € erhältlich sind. Wie sich ihre Optik in fischertechnik-Modelle einfügt ist eine ästhetische Frage, die jeder für sich beantworten muss; auch die Mechanik ist nicht in allen Fällen unproblematisch (Abb. 7).



*Abb. 7: H0-Stecker passen nicht immer problemlos zum fischertechnik-System*

Als weitere Alternative sind steckerfreie Lösungen zu erwähnen, die eher unter die Kategorie „Hack“ fallen, auch wenn sie

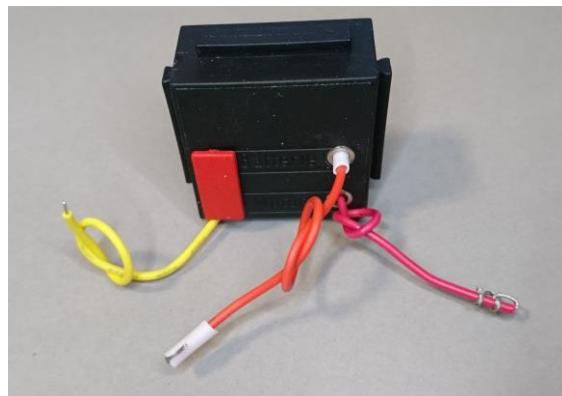
selbst von fischertechnik für Situationen verwendet wurden, in denen der Platz für einen Stecker nicht reichte: Das abgesetzte Kabelende wird direkt in die Buchse geschoben und mit einem Abdeckplättchen/ Leuchtstein-Stopfen ([36495](#)) gegen das Herausrutschen verklemmt (Abb. 8).



*Abb. 8: „Autorisierte Hack“: platzsparender Anschluss durch Einklemmen des Litzenkabels (Anleitung zum ec3, 1975, S. 32)*

Statt des Abdeckplättchens eignen sich ganz hervorragend auch die Röhrchen von Wattestäbchen aus Plastik. Schiebt man hier den abgesetzten Draht durch das Röhrchen und biegt den frei liegenden Draht nach hinten zurück, erhält man einen fast vollwertigen Notstecker. Durch vorheriges Verdrillen der Litzen kann die Klemmwirkung noch verstärkt werden.

Und mit der geeigneten Knotentechnik bekommt man mit etwas dickeren Litzen (z. B. 24 AWG) auch ganz ohne Stopfen eine erstaunlich zuverlässige und rutschfeste Notverbindung hin (Abb. 9).



*Abb. 9: Platzsparende Notstecker-Alternativen (von links nach rechts): Abdeckplättchen, Wattestäbchen, Knotenschlinge*

## Alternativen zur fischertechnik-Buchse

Deutlich vielfältiger als beim Stecker sind die Optionen bei Buchsen. Für alle Lösungen gilt, dass sie zwei Funktionen zuverlässig zu erfüllen haben: Sie müssen einerseits einen unterbrechungsfreien und möglichst widerstandsfreien Stromfluss gewährleisten (elektrische Funktion) und andererseits für einen sicheren Halt des Steckers im Modell sorgen (mechanische Funktion). Wir blicken zunächst auf die „offiziellen“ Varianten, die fischertechnik selbst verwendet, und wenden uns dann dem Bereich der Fremdbauteile und Eigenkreationen zu.

### Bohrung zum Einsticken

Bei den ersten „Buchsen“, z. B. zum Verbinden von Motoren oder Batteriestab, handelt es sich gar nicht um Buchsen im eigentlichen Sinne. Vielmehr wurden massive Messingteile geeigneter Größe mit Bohrungen zur Aufnahme der Stecker in das Gehäuse integriert. Mehrere Bohrungen können sich hierbei rechtwinklig kreuzen, wodurch wie z. B. beim Batteriestab der variable Anschluss von mehreren Seiten möglich wird (Abb. 10, links).



Abb. 10: Bohrung zum Einsticken: Teil aus Batteriestab (links); Eigenbau beim N20 Mini Power Motor System [9] (rechts)

Mit relativ geringem Aufwand ist dieser Ansatz im Eigenbau zu realisieren (Abb. 10, rechts). Benötigt werden eine Metallsäge, ein Bohrständler für die sichere senkrechte Bohrung und ein passendes Metallstück.

Als Bohrer wählen wir HSS-Bohrer mit 2,4 mm, um bei leicht ungenauen Bohrungen auf der sicheren Seite zu sein, bei Bedarf wird mit 2,5 mm oder 2,6 mm nachgebohrt. Messing ist als Rohstoff besonders geeignet, da er leicht erhältlich ist und sich gut bearbeiten sowie hervorragend löten lässt. Während Rundstangen z. B. mit 4 mm Durchmesser in vielen Baumärkten erhältlich sind, muss man für die einfacher zu verarbeitenden Stangen mit quadratischem 4x4 mm Profil ggf. den Online-Handel heranziehen [8]. Das zurecht geschnittene Werkstück wird mit Hilfe des Bohrständlers an den passenden Stellen gebohrt, ggf. auch über Kreuz. Eine 3D-gedruckte oder selbst z. B. aus Holz gefertigte Zentrierhilfe kann dabei die exakte Positionierung unterstützen.

### Bohrung zum Durchstecken

Eine „zweidimensionale“ Variante der vorherigen Lösung ist die Bohrung zum Durchstecken, bei der eine elektrisch leitende Oberfläche gelocht wird. fischertechnik selbst hat dieses Verfahren z. B. bei diversen Verteilerplatten und Schwingfedern zur Anwendung gebracht, teils mit sehr dünnen Blechen, teils mit dickeren Metallplatten (Abb. 11): sehr enge und passgenaue Bohrung (Schwingfeder [31329](#), links), mit Kragen (Verteilerplatte rot [31328](#)/1977, Mitte) oder mit dickerem Trägermaterial (Verteilerplatte 1-polig grün [31327](#)/1975, rechts).

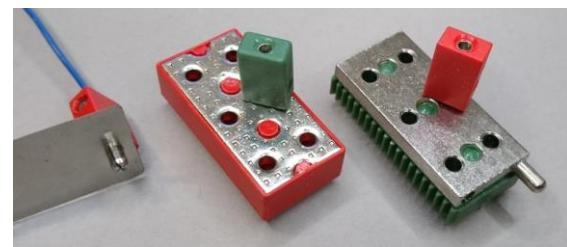


Abb. 11: Schwingfeder und Verteilerplatten

Bei voll eingeschobenem Stecker wird dieser dabei nicht vollständig, sondern nur an seiner Basis umschlossen, wo die Spreizung in geringerem Maße wirksam ist. Die

Folge ist neben der geringeren Kontaktfläche (elektrische Funktion) vor allem ein verminderter Halt (mechanische Funktion), wobei beides natürlich von der Dicke des Trägermaterials abhängt. Kompensieren kann man das mit einer sehr engen Bohrung, bei der aber die Gefahr besteht, dass die vier Stecker-„Quadranten“ zu stark zusammengepresst werden, wodurch ein Ermüdungsbruch wahrscheinlicher wird. Dünnes Trägermaterial ist nicht besonders resistent und verbiegt leicht, vor allem bei seitlichem Zug.

Ein Revival erlebte diese Verbindungstechnik jüngst für die direkte Verbindung mit Platinen. Um den für den Schulunterricht entwickelten Mikrocontroller micro:bit kompatibel mit fischertechnik zu machen, wurden Adapter- bzw. Erweiterungsplatten mit durchkontakteierten Löchern passender Größe versehen, die die Stecker aufnehmen (Abb. 12).

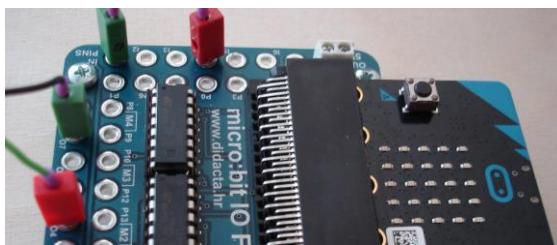


Abb. 12: Durchkontakteierte Bohrungen beim micro:bit-Erweiterungsboard (Karl [10])

Die Methode „Bohrung zum Durchstecken“ ist ebenfalls für den Eigenbau geeignet und das Vorgehen ähnlich. Da der Aufwand dem der Bohrung zum Einsticken vergleichbar ist, handelt es sich aufgrund der genannten Nachteile in der Regel nicht um eine Ideallösung.

### Bundhülse

Rohrförmige Hülsen kamen spätestens beim Trafo 812 ([31040](#)) erstmals zum Einsatz. Seit den 1970ern sind sie in Form der sogenannten Bundhülsen in den heißgeliebten „Silberlingen“ im Einsatz. Der namensgebende Bund sorgt bei ihnen für

den sicheren Halt in der entsprechend vorbohrten Platine oder im Gehäuse, die passgenaue Hülse sorgt für den sicheren Halt des Steckers. Auch bei verschiedenen späteren Controller-Generationen, Batteriegehäusen, diversen Sensoren und nicht zuletzt bei Community-Projekten wie z. B. dem ftDuino waren sie aufgrund dieser Eigenschaften das Mittel der Wahl (Abb. 13).

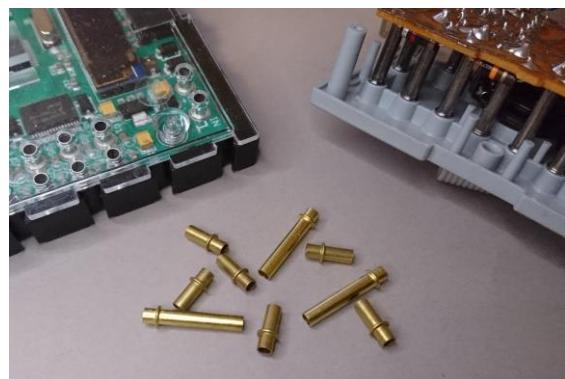


Abb. 13: Bundhülsen beim ftDuino (links), beim Grundbaustein 36391 (rechts) und als Stückware (vorne)

Bundhülsen sind als Stückware bei den einschlägigen fischertechnik-Bezugsquellen erhältlich [1, 2]. Ihre Lieferbarkeit war in der Vergangenheit allerdings nicht immer gewährleistet und die Stückpreise von 0,20 € aufwärts akkumulieren sich bei größeren Projekten schnell.

Alternative Bezugsquellen sind vereinzelt zu finden, die Suche wird aber durch abweichende Bezeichnungen erschwert. Verschiedene Lehrmittelversender führen „Sickenrörchen“ oder „Bundnieten“ aus Messing zu weit niedrigeren Stückpreisen. Sie sind für Modellbaustecker gedacht und passen daher auch für fischertechnik. Allerdings ist die Bestellung Lehrpersonen vorbehalten, wofür aber nicht immer ein Nachweis verlangt wird.

Der Sonderpostenversender Pollin führt passende Bundhülsen auch mal unter der völlig irreführenden Bezeichnung „Lötstützpunkte“, es lohnt sich also immer, die

Augen offen zu halten. Sobald ein Außen-durchmesser von 3 mm und ein Innendurch-messer von 2,6 mm angegeben sind, sollte fischertechnik-Kompatibilität gegeben sein.

### **fischertechnik-fremde Verbinder für H0-Stecker**

Aufgrund seiner Verwandtschaft mit Modellbausteckern gibt es verschiedene Fremdlösungen aus diesem Bereich, die für fischertechnik-Zwecke in Frage kommen.

Dazu gehören zunächst 2,6 mm-*Modellbau-buchsen*, das Gegenstück der H0-Stecker, die man mit oder ohne Plastikgehäuse ähnlich wie Bundhülsen einsetzen oder z. B. mit Hilfe der Klemmschraube an platinenseitig verbauten Stiftleisten montieren kann (Abb. 14, links). Da sie aber sehr schlecht zu löten sind und die mechanische Schraubbefestigung an Lötnägeln wacklig und schwer auszurichten sein kann, sind sie in mechanischer Hinsicht keine Ideallösung. Zur Stabilisierung kann man z. B. mit Kunstharz vergießen (Abb. 14, rechts).

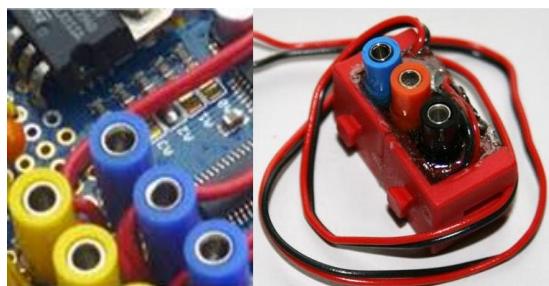


Abb. 14: H0-Buchsen aufgeschraubt auf Stiftleisten (links, ft:pedia 1/2018, S. 12) und Relaiskontakte, zur Stabilisierung eingegossen in Kunstharz (rechts [11])

Eine weitere Alternative sind *Rundsteck-hülsen* bzw. *Steckmuffen* (Abb. 15, unten links). Während Bundhülsen vertikal zur Platine montiert werden, handelt es sich hierbei um eine horizontal zu montierende Variante, die sich dementsprechend vor allem für seitliche Abschlussmöglichkeiten eignet. Auch hier schlagen allerdings relativ hohe Stückpreise zu Buche [4, 5].

Zur Oberflächenmontage bei Gehäusen oder Bedienpulten gedacht sind *Miniatu-*

*Laborbuchse* (Abb. 15, Mitte links). Sie sind sehr dauerhaft und passgenau, fügen sich aber optisch nicht besonders gut in fischertechnik-Modelle ein. Aufgrund ihrer Größe und Kosten von knapp 1 €/Stück kommen sie wohl eher für Anwendungen mit wenigen Kontakten in Frage.

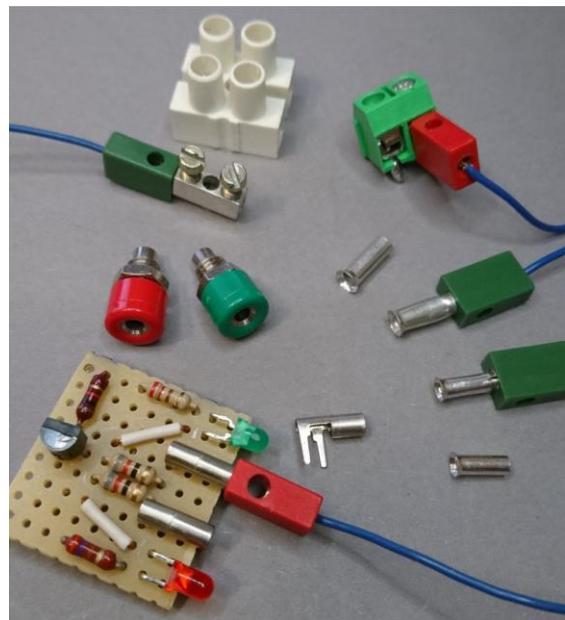


Abb. 15: Fremdbauteile als Alternativen zur fischertechnik-Buchse

### **Modifizierte Fremdbauteile**

Kommen wir nun zu den Lösungen, bei denen Fremdbauteile passender Größe unverändert oder modifiziert zum Einsatz kommen, um 2,6 mm-Stecker aufzunehmen.

*Lüsterklemmen* lassen sich durch die Fixierschraube manuell exakt auf die richtige Klemmstärke anpassen (Abb. 15, links oben). Auf der Gegenseite können sie problemlos abisolierte Kabel aufnehmen, die elektrische Verbindung zu Platinen erfolgt analog zu den H0-Buchsen (s. o.) durch An-schrauben an eine Stiftleiste. Belässt man die Lüsterklemmen in ihrer Kunststoffisolierung, können sie leicht in Gehäuse geschraubt oder geklebt oder mit fischertechnik-Bauplatten verbunden werden. Der Zugang zur Aufnahme der Stecker muss

dann allerdings z. B. mit dem Teppichmesser passend freigeschnitten werden. Da Lüsterklemmen in Leisten mit mehreren einzelnen Klemmen geliefert werden, können mit ihnen leicht viele Kontakte auf einmal realisiert werden [12].

*Platinenanschlussklemmen* sind ähnlich wie Lüsterklemmen in Leisten verschiedener Längen, teils auch zum Zusammenstecken, erhältlich. Sie sind natürlich v. a. für platinenbefestigte Anschlüsse geeignet. Der mechanische Halt des Steckers ist allerdings je nach Modell bzw. Hersteller ein wenig Glücksache und anders als bei der Lüsterklemmen hilft die Fixierschraube hier nicht, da meist nur wenig Spiel vorhanden ist. Insgesamt handelt es sich daher eher um eine wenig „serienreife“ Notlösung (Abb. 15, rechts oben).

*Aderendhülsen* in der Variante ohne Plastikmantel können in den Größen 2,5 mm<sup>2</sup> und 4 mm<sup>2</sup> passend gemacht werden. Sie sind sehr günstig, gut lötbar und können aufgrund ihrer Bauform mit Kragen als Notnagel für Bundhülsen dienen (Abb. 15, Mitte und unten rechts).

Die kleineren Hülsen mit 2,5 mm<sup>2</sup> Querschnitt haben einen Innendurchmesser von 1,2 mm und müssen aufgeweitet werden. Ein geeignetes Verfahren hat Michael Mlinovic beschrieben [13]. Der resultierende Halt ist sehr streng, was eine entsprechend stabile mechanische Befestigung z. B. auf der Platine erfordert und die fischertechnik-Stecker strapazieren kann.

Alternativ kann man die kleinen Hülsen auch mit dem Cutter-Messer längs schlitzen. Man erhält dann bei sorgfältigem Vorgehen eine ähnliche Klemm-Mechanik wie die der Rundsteckhülse (Abb. 15, unten links). Für einen guten Halt des Steckers sollte die Hülse über die gesamte Länge inklusive Kragen geschlitzt werden, da sie den Stecker sonst nicht gleichmäßig umschließt.

Die Hülsen mit 4 mm<sup>2</sup> Querschnitt haben einen Innendurchmesser von 1,8 mm und müssen daher durch Quetschen verengt werden. Am passgenauesten geht das, wenn man sie auf den Schaft eines 2,4 mm Schraubendrehers aufschiebt und dann mit einer schmalen Zange knapp hintereinander um 90° versetzt auf den Durchmesser des Schraubendrehers zusammenquetscht. Mit etwas Erfahrung bekommt man einen relativ festen Halt, oft aber mit ein wenig Spiel. Die unschöne Optik lässt sich beim Einbau in ein Gehäuse weitgehend kaschieren.

### **Neuschöpfungen mit Fräse und 3D-Druck**

Kommen wir zuletzt zu zwei Lösungen, die eigene Konstruktionselemente beinhalten.

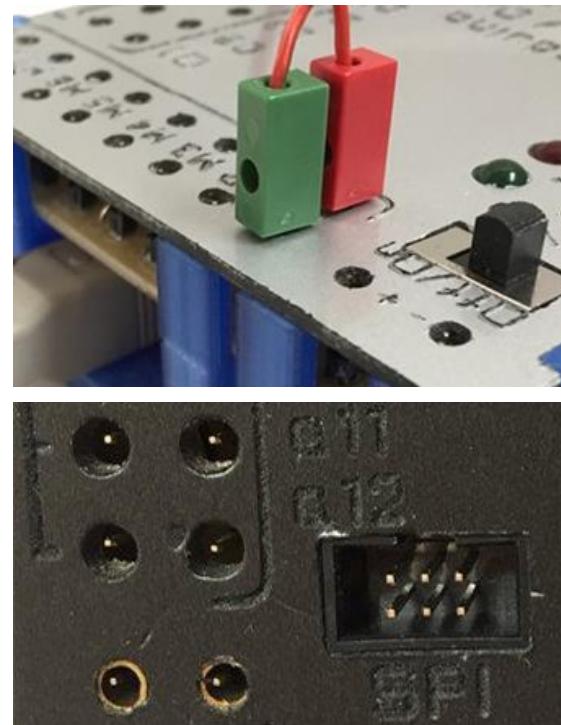


Abb. 16: Buchse mit zentralem Lötstift und 3 mm Führungshülse (David Holtz [14])

Der ft:community-User David Holtz hat für verschiedene Controller ein Verfahren erfunden, bei dem der Stecker mittig auf einen einzelnen Lötstift aufgeschoben wird [14]. Die Zentrierung wird durch ein entsprechend gelochte Gehäusedeckplatte mit einer

Hülse von 3 mm Innendurchmesser gewährleistet, die dem Stecker zusätzlich Halt gibt (Abb. 16).

Das Innovative an Davids Lösung ist, dass die mechanische Haltefunktion hier zumindest teilweise vom entsprechend gefrästen Gehäusedeckel übernommen wird und durch die Verwendung einfacher Konstruktionsmittel sehr einfach eine große Anzahl von Anschlüssen realisiert werden kann. Ein zusätzlicher Vorteil ist, dass die Buchse nicht nur fischertechnik-Stecker aufnimmt, die beim Kontakt immer etwas aufgespreizt werden, sondern auch mit Experimentiersteckverbindung der sogenannten Dupont-Kabel kompatibel ist.

Angeregt durch Davids Vorbild entstand die Idee zur „Printbuchse“ (die Bezeichnung ist mehrdeutig, soll hier aber auf den 3D-Druck verweisen). Die mechanische Funktion wird bei der Printbuchse komplett von der elektrischen Kontaktfunktion unabhängig realisiert, indem eine 3D-gedruckte Hülse für den sicheren mechanischen Halt des Steckers sorgt. Ein elektrischer Kontakt z. B. in Form einer Stiftleiste wird so an einer Seite der Hülse platziert, dass ausreichend Druck für einen sicheren elektrischen Kontakt resultiert (Abb. 17a, b).

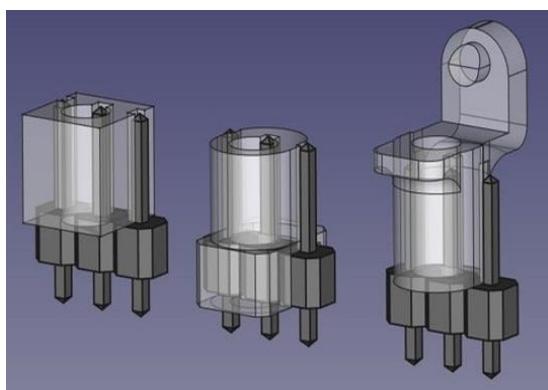


Abb. 17a: 3D-Entwurf der Printbuchse

Das Prinzip hat sich inzwischen vielfach bewährt und wurde bereits von anderen 3D-Designern übernommen [16].

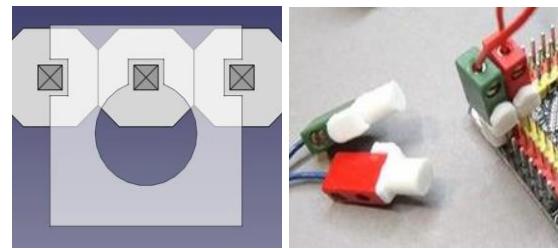


Abb. 17b: Bei der „Printbuchse“ wandert der elektrische Kontakt an die Seitenwand [15]

Und es ist sehr vielseitig anwendbar: Ursprünglich für Stiftleisten im Rastermaß 2,54 mm konzipiert ist es auch mit anderen elektrischen Kontakten anwendbar. So können sehr einfache und kompakte Anschlussmöglichkeiten für Fremdbauteile realisiert werden, die teils sogar ohne jede weiteren Vor- oder Lötarbeiten auskommen.

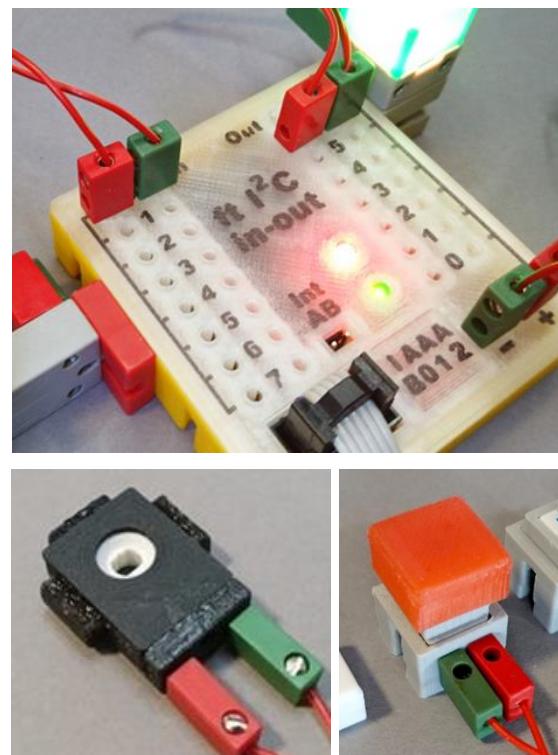


Abb. 18: Anwendungsvarianten der „Printbuchse“ [16]

Abb. 18 zeigt Anwendungsvarianten für die Printbuchse: Controller-Anschlüsse (oben), Drehwertgeber (links) und Druckschalter (rechts). Beim Drehwertgeber wird ein Potentiometer ohne jede weitere Modifikation in das Gehäuse eingeschoben; die gedruckte Hülse sorgt für den Rest.

## Fazit

4 mm Durchmesser und 15 mm Länge – das sind Standardmaße, bei denen „Modder“ und „Adaptierer“ von Fremdbauteilen immer hellhörig werden, wenn sie die fischertechnik-Welt nicht als abgeschlossenen Kosmos verstehen sondern als System ohne Grenzen. Wie dieser Beitrag gezeigt hat, gehören auch 2,6 mm zur Liste der fischertechnik-Maße, bei denen findige fischertechniker in der Vergangenheit viel Spürsinn und Kreativität bei der Suche nach Alternativlösungen an den Tag gelegt haben.

## Referenzen und Links

- [1] [fischertechnik-Einzelteilebezug](#), santjohanser.de
- [2] [fischertechnik-Einzelteilebezug](#), fischerfriendsman.de
- [3] [Stecker neuer Bauart](#), Forumsbeitrag ft:community.
- [4] [Bananenstecker und Steckmuffen](#). tams Elektronik.
- [5] [Steckverbinder](#), conrad.at
- [6] [Zwergstecker](#), reichelt.de
- [7] [Zwergstecker](#), pollin.de
- [8] [Messing-Vierkantstangen](#), alu-messing-shop.de
- [9] Jan Hanson: [fischertechnik N20 Mini Power Motor system](#). thingiverse.com.
- [10] [micro:bit IO F5 board](#). Forumsbeitrag, ft:community.
- [11] Thomas Dragon: [fischertechnik Relais selber bauen](#). instructables.com.
- [12] Michael Mlivoncic: [Arduino UNO an fischertechnik anpassen](#). 03.11.2012, blogspot.com.
- [13] Michael Mlivoncic: [Alternative Buchse für ft-Stecker zum Auflöten](#). 08.12.2012, blogspot.com.
- [14] [Arduino Mega als ft-Controller](#). ft:community.
- [15] Jan Hanson: [Printbuchse – alternative connector socket for fischertechnik cables](#). thingiverse.com.
- [16] [Schlagwort „Printbuchse“](#), thingiverse.com.

Vielen Dank für die Genehmigung zur Nutzung ihrer Fotos an die ft:community-User Robin (Abb. 6), Karl (Abb. 12) und David Holtz (Abb. 16).

Modell

## Eierlei mit fischertechnik

Till Harbaum

*Ostern steht vor der Tür und der arme Osterhase schwingt rund um die Uhr den Pinsel. Wir kommen mit fischertechnik zu seiner Rettung und automatisieren das lästige Eiermalen mit unserem EggBot-Mal-Roboter.*

Eggbots sind keine neue Erfindung, und wer nach diesem Begriff im Internet sucht, wird vor allem auf Lösungen aus dem 3D-Drucker treffen. Diese Geräte sind in der Regel klein und kompakt und erreichen eine recht gute Zeichenqualität. Vor allem ist ein Eggbot aber ein kurzfristiges Spaßobjekt und es ist weder ökonomisch noch

ökologisch sinnvoll, so ein Gerät als Dauerlösung anzuschaffen, zumal der Spaß darüber hinaus auch nicht ganz billig ist. Genau hier liegt bekanntermaßen die Stärke von Baukastensystemen. Unser Gerät wird daher aus sowieso vorhandenen Materialien gebaut und am Ende seiner wahrscheinlich eher kurzen Nutzungsphase wieder zerlegt

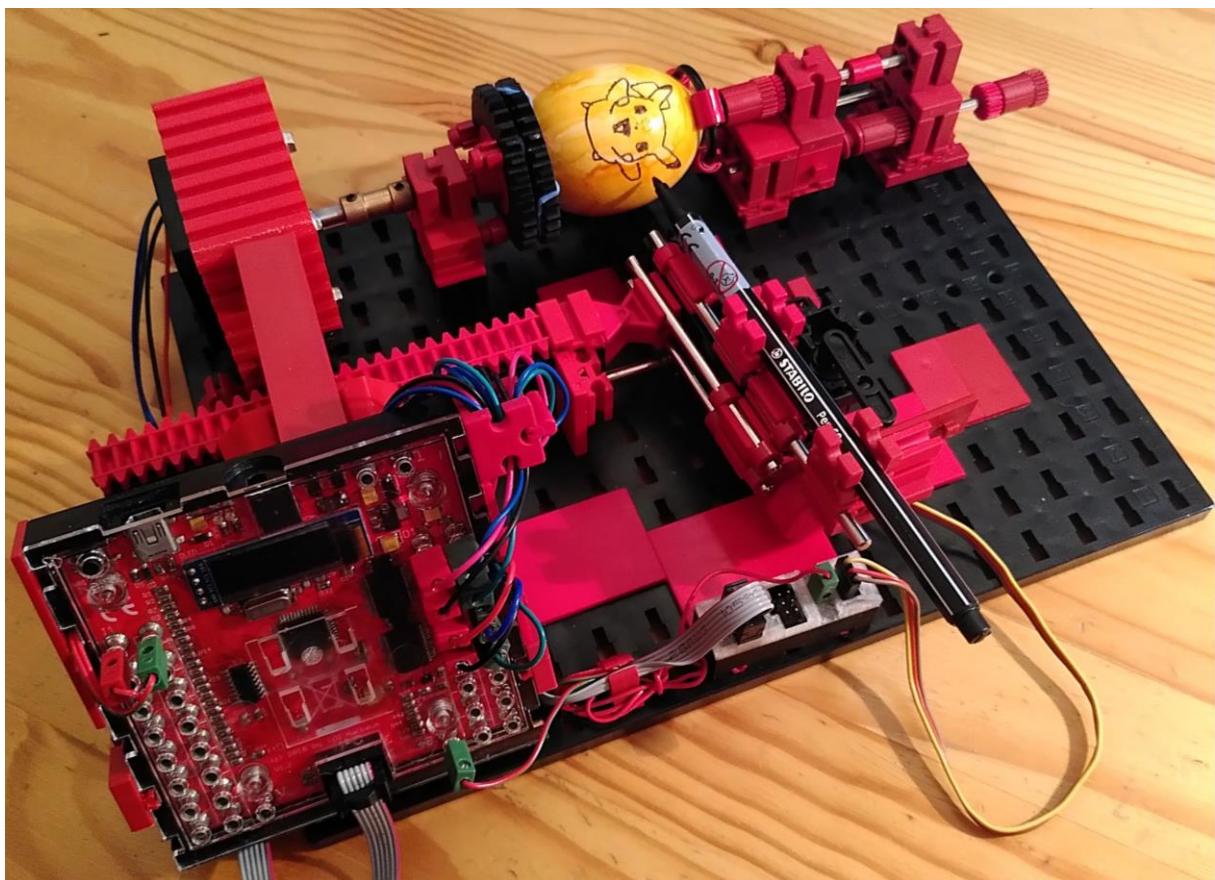


Abb. 1: Der fischertechnik-Eggbot

und die Teile anderen Verwendungen zugeführt.

Der Original-Eggbot von Evil-Mad-Scientist [1] liefert uns dennoch eine solide Basis aus Konzepten und Lösungen. Die ursprüngliche Idee ist so einfach wie genial: Ein Stift wird von einem Plotter-artigen Roboter per Computer-Anweisungen gesteuert, um Eier zu bemalen. Die Technik des Eggbot besteht dabei aus drei Motoren und einem Controller-Board. Zwei Schrittmotoren drehen das Ei um seine Längsachse bzw. bewegen den Stift der Länge nach am Ei entlang. Der dritte Motor ist ein Servo, der den Stift auf das Ei absenkt bzw. vom Ei abhebt. Angesteuert werden die Motoren von einer speziell für den Eggbot entwickelten Controllerplatine, die ihrerseits per USB Befehle von einem PC entgegennimmt.

Auf dem PC läuft schließlich eine erweiterte Version des CAD-Programms Inkscape, das den Eggbot direkt ansteuern kann. Auf Basis des Eggbots hat die

Zeitschrift „Make“ bereits vor zwei Jahren einen teilweise auf fischertechnik-Teile zurückgreifenden Roboter gebaut [2]. Aber auch hier kommen viele Fremdteile zum Einsatz; unter anderem benötigt man einen alten Flachbettscanner als Basis. Dass die fischertechnik-Teile teilweise mit den Fremdteilen verklebt und verschraubt werden müssen ist auch nicht jedermanns Sache.

## Fremdteilkompromisse

Das Ziel, einen Eggbot aus fischertechnik zu bauen, erfordert daher einen Spagat zwischen möglichst großer Kompatibilität zum Original und möglichst wenig Fremdteilen. Einige Nachbauten des Eggbot nutzen einen Arduino inkl. Motor Shield als Controller und verwenden als Firmware den EggDuino-Sketch [3]. fischertechnik selbst hat keinen entsprechenden Arduino im Programm, aber der EggDuino-Sketch lässt sich an den ftDuino [4] anpassen. Auch Schrittmotoren vertreibt fischertechnik

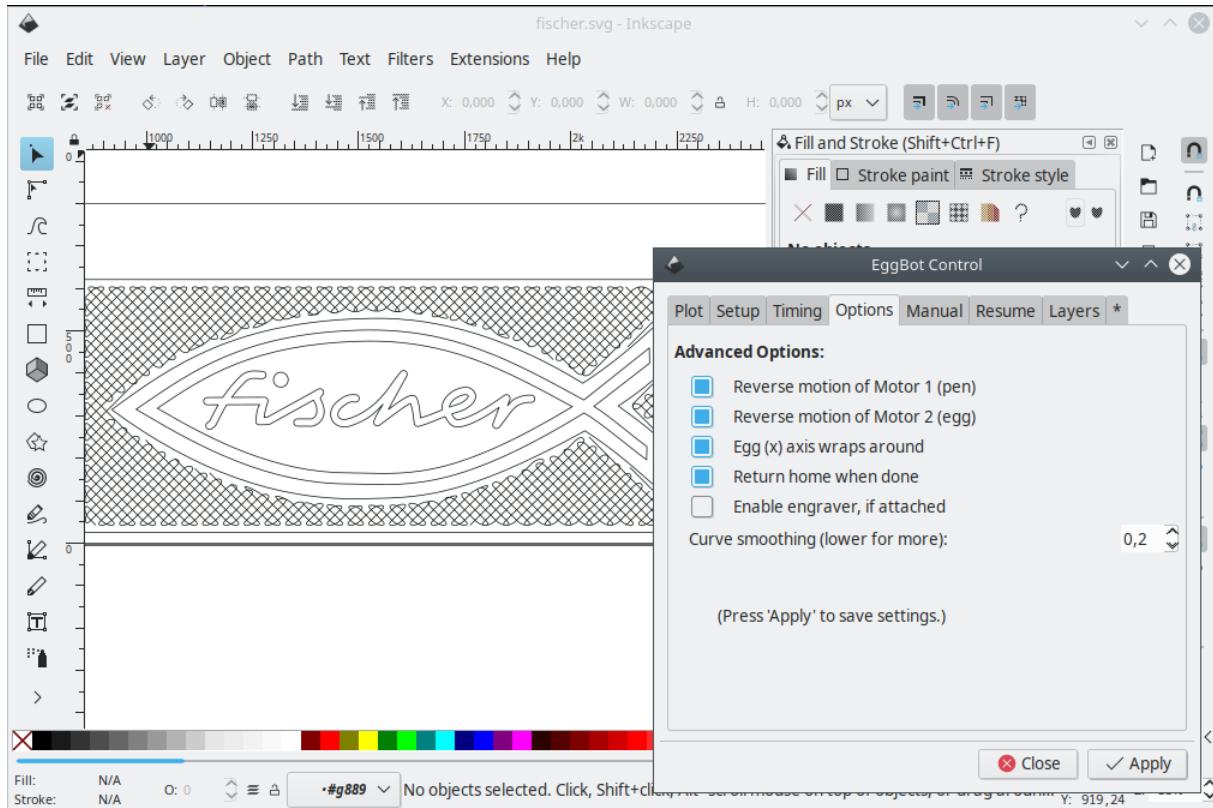


Abb. 2: Inkscape

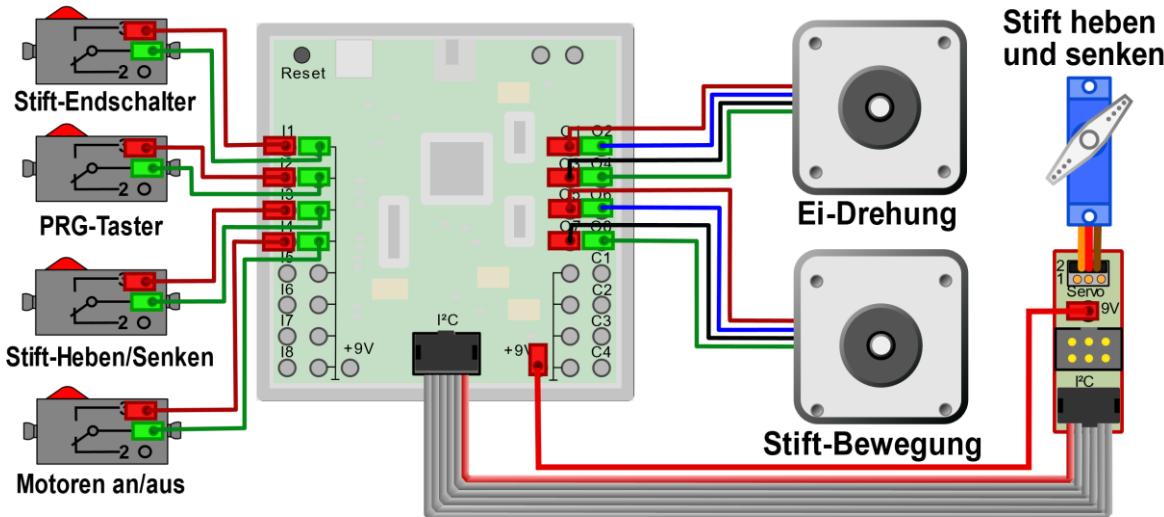


Abb. 4: Verdrahtungsschema

aktuell genauso wenig wie eine Möglichkeit, den fischertechnik-Servo aus den Fernsteuersets in Robotik-Projekten zu nutzen. Wollen wir Schrittmotoren und Servos nutzen, werden wir also um den Einsatz eines 3D-Druckers nicht ganz herumkommen.

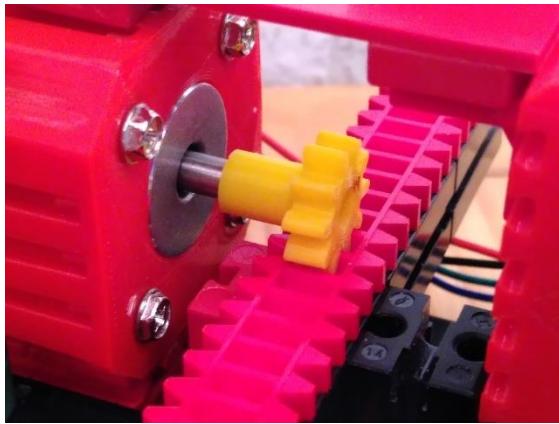


Abb. 3: Schrittmotor-Antrieb

Für Schrittmotoren in NEMA 17-Bauweise gibt es auf Thingiverse passende Gehäusevorlagen [5]. Für die etwas kleineren NEMA 14-Motoren bietet fischertechnik selbst ein Gehäuse an, das zusätzlich als Druckvorlage im 3D-Drucker-Baukasten dabei war. Als Schrittmotoren kommen die meisten bipolaren 12V-Varianten in Frage. Sie lassen sich direkt an die Motorausgänge des ftDuino anschließen. Auf die Achsen

der Schrittmotoren passende Ritzel gibt es ebenfalls direkt von fischertechnik [7] oder als 3D-Druckvorlage [8]. Alternativ findet man im Onlinehandel sogenannte Wellenadapter für die Verbindung der Schrittmotor-üblichen 5 mm- mit den fischertechnik-üblichen 4 mm-Achsdurchmesser.

Es bleibt der Anschluss des fischertechnik-Servos an den ftDuino. Auch hier finden sich diverse Möglichkeiten zum Kaufen [9] oder Selbstbauen [10]. Diese Vorgaben sind eher willkürlich gewählt, weil der passende Controller und die Motoren aus anderen Projekten vorhanden waren. Es spricht aber nichts dagegen, statt der Schrittmotoren Encodermotoren einzusetzen oder statt des Servos einen Mini-Motor. Und der ftDuino lässt sich sicher durch einen TXT ersetzen. Die Anpassungen am EggDuino-Sketch werden dann allerdings deutlich aufwändiger, weil dieser auf Arduinos mit Schrittmotoren und Servos ausgelegt ist.

Sind Controller und Motoren ausgewählt, dann geht es ans Bauen. Der Original-EggBot verfolgt einen sehr einfachen und direkten Ansatz, an dem wir uns bei der Längsdrehung des Ei sehr nah orientiert haben. Bei der Stiftbewegung längs am Ei entlang sind wir etwas weiter abgewichen und bewegen den Stift nicht direkt über den

Schrittmotor, sondern gehen einen Umweg über eine Zahnstange und ein Ritzel. Damit untersetzen wir den Schrittmotor etwas. Warum brauchen wir eine Untersetzung, obwohl der Original-Eggbot direkt den Schrittmotor nutzen kann? Schrittmotoren bewegen sich in diskreten Schritten, daher der Name. Ein handelsüblicher Schrittmotor vollführt eine volle Drehung in 200 Schritten, er lässt sich also mit einer Genauigkeit von  $1,8^\circ$  drehen.

Durch die Nutzung eines Halbschrittverfahrens [11] kann man die Auflösung mit geringem Aufwand verdoppeln. Durch den Einsatz spezieller Microstep-Treiberchips kann man die Auflösung weiter erhöhen. Genau das macht der Eggbot, aber solche Treiber sind im ftDuino nicht vorhanden. Das reduziert die Auflösung des ftDuino gegenüber dem Eggbot etwas. Mit Hilfe der Untersetzung durch das Z10-Ritzel und die Zahnstange erhöht sich die Auflösung wieder etwas. Der Stift wird dabei durch einen unter dem Ei drehbar gelagerten Ausleger im Kreis um das Ei herumgeführt. Der Stift ist zusätzlich auf dem Ausleger leicht federnd gelagert und kann somit der nicht perfekt kreisförmigen Oberfläche des Eis unterbrechungsfrei folgen. Ein Servo am Ausleger kann den Stift komplett vom Ei abheben, indem er den Stift maximal in die Federung drückt. Ein Federweg von 5 mm ist dabei ausreichend. Als Stifthaltung kommen zwei Rollenlager 15 zum Einsatz, in die sich gängige Stabilo-Stifte einfach und sicher genug einklemmen lassen.

Gegenüber dem Originalbot verfügt unser Roboter über eine Kalibrierung der Stiftachse. Ein Taster an ftDuino-Eingang I1 erkennt, wenn sich der Stift links am mechanischen Anschlag befindet. Beim Start nutzt der Roboter diesen Taster, um die Position des Stifts einzustellen und exakt in die Mittenposition zu fahren. Daraus ergibt sich eine große Wiederholgenauigkeit, so dass man mit zwischenzeitlichen Stiftwechseln in mehreren Durchläufen auch mehrfarbig malen kann.

Die weiteren drei Taster sind optional und können vor allem in der Testphase hilfreich sein. Sie erlauben es, eine laufende Zeichnung durch Meldung an den PC zu unterbrechen (PRG-Taster), den Stift manuell zu heben und zu senken oder die Schrittmotoren aus- und einzuschalten.

Für den ftDuino werden einige Änderungen am EggDuino-Sketch nötig. Vor allem müssen die Schrittmotoren über die ftDuino-spezifischen Motortreiber angesprochen werden. Das geschieht am einfachsten durch die Verwendung der „FtdduinoSimple“-Bibliothek. Auch die Eingänge des ftDuino werden mit ihrer Hilfe angesprochen. Weitere Anpassungen sind nötig, um die Auswirkung der Untersetzung zu kompensieren. Würden wir das nicht tun, dann würden aus gezeichneten Kreisen Ellipsen.

Die „andere“ Seite der Software ist ein Plugin für das CAD-Programm Inkscape [12]. Als CAD-Programm arbeitet Inkscape durchgehend mit Vektoren statt mit Bildpunkten wie übliche Malprogramme. Damit

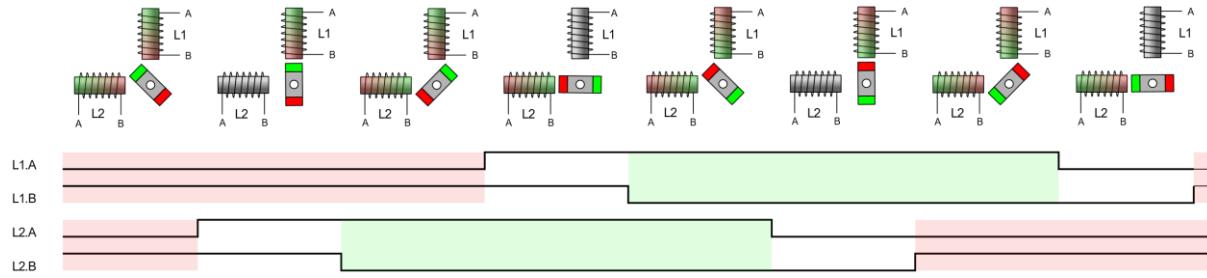


Abb. 5: Halbschrittverfahren

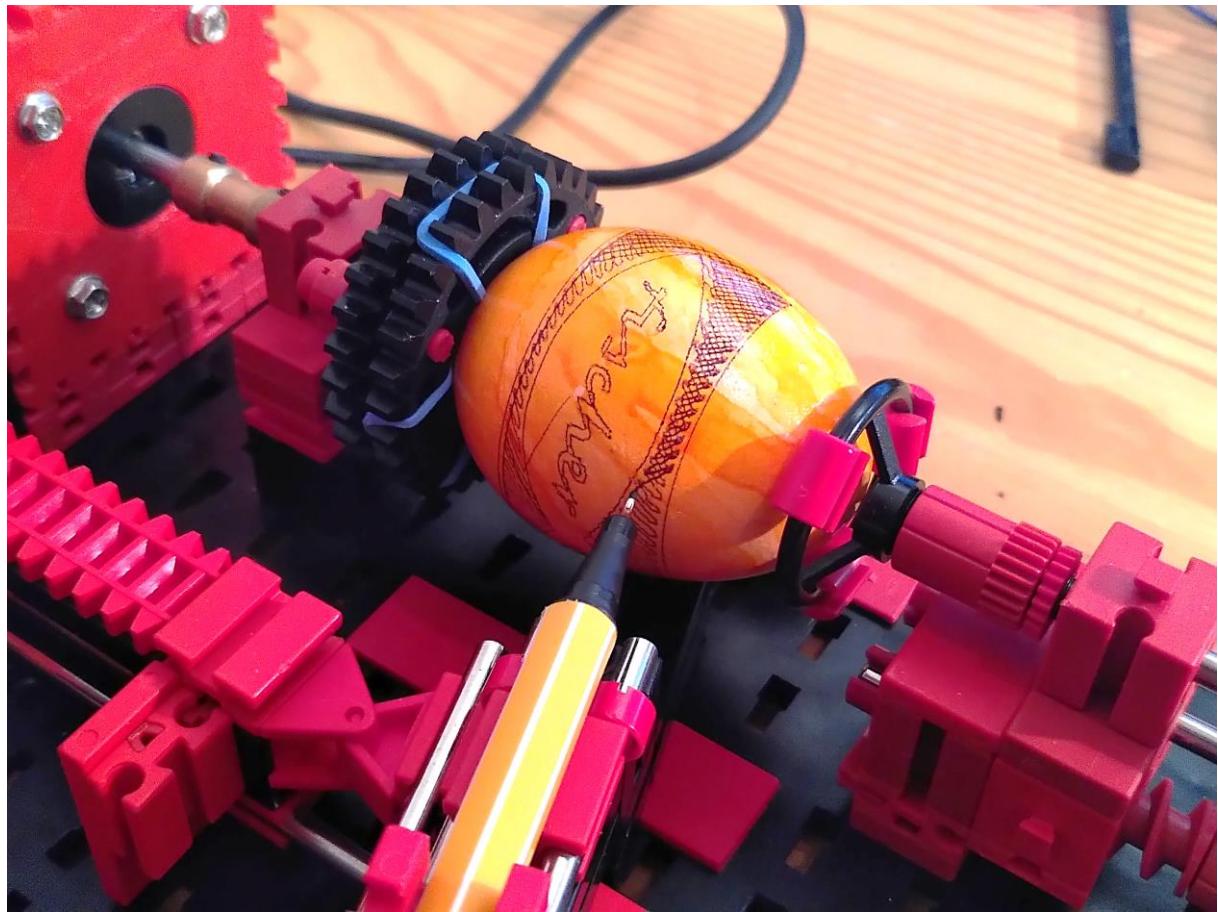


Abb. 6: Halterung von Ei und Stift

eignet es sich besonders gut für unseren Eierplotter, da dieser ja funktionsbedingt Linien zeichnet statt punktweise zu drucken wie z. B. ein Tintenstahldrucker. Das Plugin ist Teil der Original-Eggbot-Software [13].

Und um die Sache noch komplizierter zu machen, ist an dieser Software auch noch eine kleine Änderung nötig, damit sie den ftDuino als Ausgabegerät akzeptiert. Dazu muss in der Datei *ebb\_serial.py* in Zeile 62 aus der Zeichenkette „EiBotBoard“ ein „ftDuino“ gemacht werden. Das Eggbot-Plugin in Inkscape installiert zusätzlich ein paar Hilfsfunktionen, die man nutzen kann, um gefüllte Flächen mit Hilfe des Stifts ausmalen zu lassen oder Schriften in Linienzüge umzuwandeln.

In Inkscape kann man nun auf einer Fläche von  $3200 \cdot 800$  Pixeln ein beliebiges Bild zeichnen und dann auf dem Ei ausgeben.

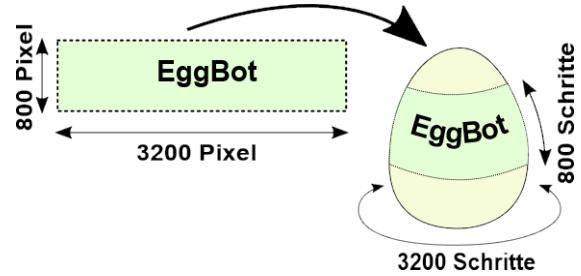
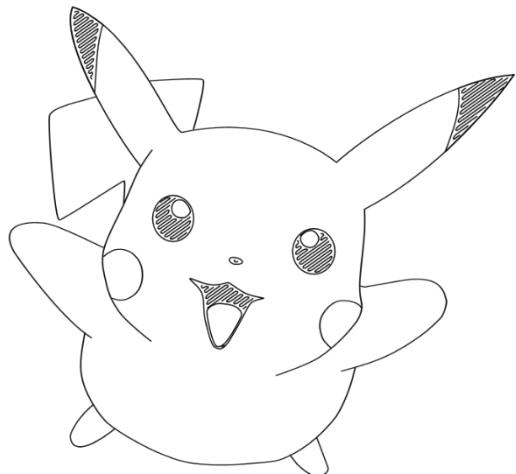
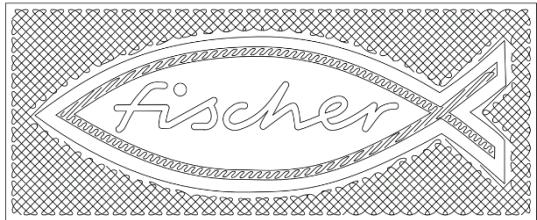


Abb. 7: Schrittmotor-Schritte

Warum  $3200 \cdot 800$ ? Wie schon geschrieben nutzt der Original-Eggbot Microstepping. Damit kann er jeden Schritt des Motors in sechzehn Mikroschritte unterteilen. Bei 200 Vollschritten pro Motorumdrehung macht das eben 3200 Mikroschritte pro voller Eiumdrehung. Malt man über eine Breite von 3200 Pixeln hinaus, dann stört das nicht weiter, der Roboter dreht das Ei weiter und der Roboter malt wieder da weiter, wo er bei Pixel 0 angefangen hat. Aus Sicht des

Roboters ist das Ei unendlich breit, denn er kann es ja beliebig weit drehen.



$$y = \pm \frac{b}{a} \sqrt{\frac{(a^2 - x^2)}{(1 + cx)}}$$

Abb. 8: Beispielbilder

Etwas anders sieht es in der Höhe aus. Hier kann der Original-Eggbot 800 Pixel bzw. Mikroschritte nutzen, was bei wiederum 3200 Mikroschritten pro voller Umdrehung einer nutzbaren Hälfte der Eihöhe bzw. einem Winkel von 90° entspricht. In dieser Richtung sollte man nicht über die Grenzen hinausgehen, denn dann rammt der Stift recht bald die Halterungen, die das Ei am oberen und unteren Ende festhalten. Bei unserem Bot kommt erschwerend dazu, dass er für die Stiftbewegung eine Unter- setzung nutzt und diese zusätzlich im Sketch berücksichtigt werden muss, damit das Seitenverhältnis des gemalten Bildes halbwegs stimmt und Kreise auch auf dem Ei halbwegs rund aussehen. All das haben

wir in unserer eigenen Variante der EggDuino-Software unter [14] bereits angepasst.

Unser Eggbot erreicht nicht die Präzision des Originals, da er mangels Microstepping eine geringere Auflösung hat. Vor allem aber hat seine komplexere Mechanik mehr Spiel und durch die größeren bewegten Massen neigt er zum Schwingen. Für lustige oder zum Lieblingsspielzeug passende Osterdekoration eignet er sich aber allemal.

Und was passiert nach Ostern? Dann wird der Roboter in seine Bestandteile zerlegt und einer anderen Verwendung zugeführt. Spätestens um Weihnachten muss sein Nachfolger dann zeigen, ob personalisierte Christbaumkugeln die gleiche Begeisterung auslösen können.

## Quellen

- [1] Bruce Shapiro: [The Original EggBot](#).
- [2] Bernd Heisterkamp: [Eggbot mit Arduino und Fischertechnik selber bauen – so geht's](#). Make;, 21.03.2018.
- [3] Joachim Cerny: [EggDuino](#). Arduino Firmware for EggBot, GitHub, 2015.
- [4] Till Harbaum: [ftDuino](#).
- [5] Thomas Dragon: [NEMA 17-Gehäuse](#).
- [6] fischertechnik: [NEMA 14-Gehäuse](#).
- [7] fischertechnik: [Schrittmotor-Ritzel](#).
- [8] Till Harbaum: [Schrittmotor-Ritzel](#).
- [9] ft:c: [Mini-Servo-Adapter](#), Forum der fischertechnik-Community.
- [10] Peter Habermehl: [fischertechnik I2C-Servo](#). 3D-Druckvorlage.
- [11] Till Harbaum: [Halbschrittsteuerung](#). Manual ftDuino, Abschnitt 6.4.2.
- [12] [Inkscape](#) (Homepage)
- [13] Evil Made Scientists: [Installation des Inkscape-Plugins](#). Wiki.
- [14] Till Harbaum: [EggDuino-Sketch für den ftDuino](#). GitHub, 2020.

Modell

## Hier kommt Kurt

Thomas Püttmann

*Schleudere Kapriolen-Kurt durch Drücken auf dein Paddel so in die Luft, dass er die lustigsten Überschläge macht und deinen Mitspielern im Sturzflug die 5-Cent-Münzen aus ihren Schubern schlägt. Ähnlichkeiten zu erfolgreichen Actionspiel-Klassikern sind rein zufällig.*

Kapriolen-Kurt (Abb. 1) dreht per Keilriemen von einem XS-Motor angetrieben seine Runden. Er hängt an einer Stange. Das Gegengewicht auf der anderen Seite ist so groß, dass er normalerweise unten fliegt, aber durch die Paddel der Spieler leicht nach oben geschleudert werden kann.

Kapriolen-Kurt wird möglichst zu viert gespielt, mit zwei oder drei Spielern macht es etwas weniger Spaß. In der Normalvariante legen die Spieler zu Beginn je drei 5-Cent-

Münzen in ihren Schuber. Gewinner ist derjenige, der als letzter noch eine Münze im Schuber hat. Wer keine Münze mehr in seinem Schuber hat, kann dennoch weiter mitspielen und mit den tollsten Flugmanövern den Ausgang des Spieles mitentscheiden.

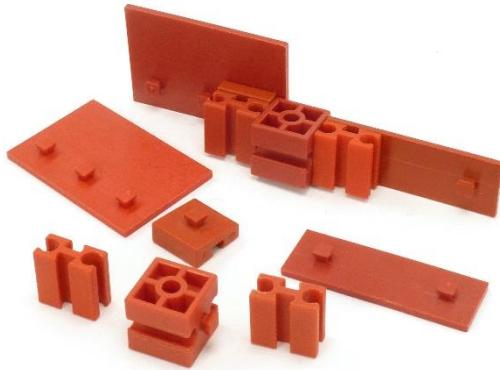
Wir selbst spielen allerdings meist endlos und legen die Münzen im laufenden Betrieb immer wieder nach. Niemand von uns braucht eine Pause [1].



Abb. 1: Kurt dreht seine Kapriolen

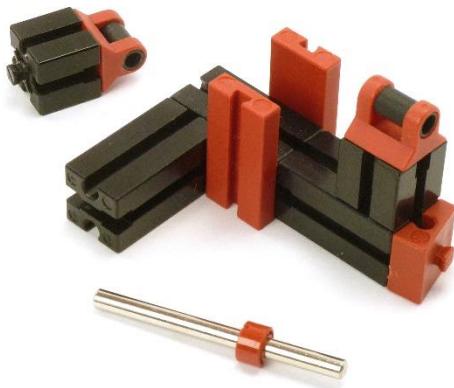
## Aufbau

Die Paddel sind aus wenigen Teilen aufgebaut. Der 7,5°-Winkelstein sorgt dafür, dass sich die 3x1-Bauplatte dem Flieger leicht entgegenneigt (Abb. 2).



*Abb. 2: Zusammensetzung des Paddels*

Auch der Aufbau der Paddelhalter (Abb. 3, 4) ist einfach. Die Bauplatten 15x30 mit Längsnut dienen als Anschlüsse.

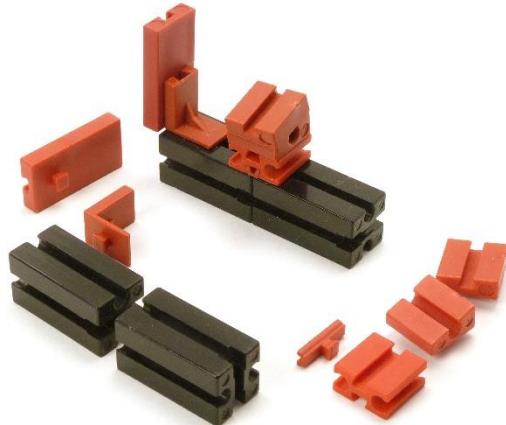


*Abb. 3: Paddelhalter*



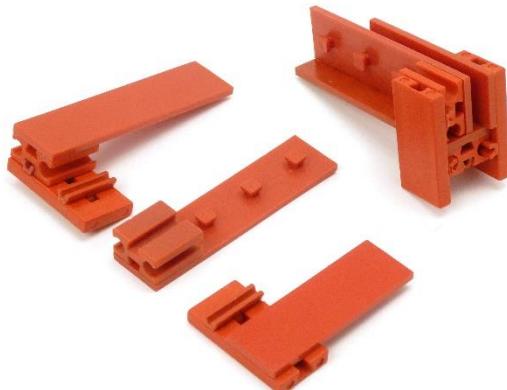
*Abb. 4: Die schlagfertige Einheit*

Als nächstes werden die Träger der Münzschuber zusammengebaut (Abb. 5). Der 15°-Winkelstein neigt sich gegen die Flugrichtung, der 7,5°-Winkelstein zur Mitte hin.



*Abb. 5: Der Träger des Münzschubers*

Der Schuber selbst besteht aus einem Verbund aus einigen roten Teilen (Abb. 6). Nach dem Aufstecken auf den Träger wird die untere Bauplatte 4x1 so gegen die beiden seitlichen Bauplatten verschoben, dass die unterste 5-Cent-Münze auch tatsächlich vom Flieger aus dem Schuber gestoßen werden kann. Es gibt natürlich immer Spieler, die heimlich während des Spiels hier ein wenig manipulieren und so unbezwingbar werden. Aber das wird in der Regel schnell bemerkt.

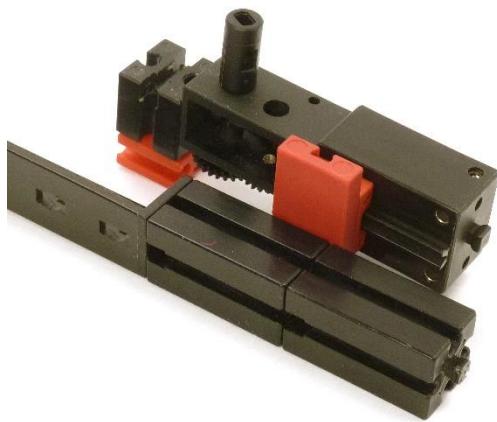


*Abb. 6: Der Münzschuber*



*Abb. 7: Das untere Kreuz*

Der Aufbau des unteren Kreuzes ist ebenfalls einfach (Abb. 7). Bei der Befestigung des XS-Motors ist darauf zu achten, dass die Rastkupplung sich nach außen hin leicht neigt, damit der Keilriemen im Betrieb nicht abgestreift wird (Abb. 8).



*Abb. 8: Befestigung des Motors*

Unser Flieger erinnert teilweise an den sehr schönen Jubiläumsflieger des niederländischen fischertechnik-Clubs (Abb. 9).

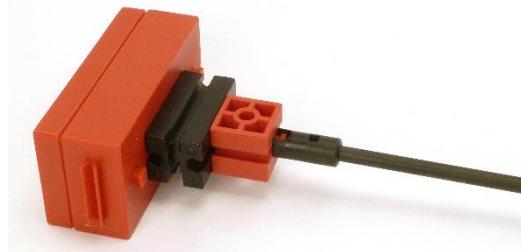


*Abb. 9: Der Flieger*

Das Gegengewicht wird mit drei Gewinde- stangen gefüttert (Abb. 10). Wie viele zusätzliche rote Bausteine notwendig sind, muss experimentell ermittelt werden. Wenn die Steine etwas Bewegungsfreiheit in der Batteriebox haben, werden die Kapriolen meist noch tollkühner. Sollte der Deckel schlecht klemmen, kann man ihn mit etwas Klebeband fixieren.



*Abb. 10: Das Gegengewicht*



*Abb. 11: Anbringen des Gegengewichts*

Beim Zusammenbau des Drehgestells ist darauf zu achten, dass die Bausteine 15 mit Bohrung etwas nach innen geschoben werden, damit das Gegengewicht berührungslos durchschwingen kann (Abb. 12).



*Abb. 12: Das Drehgestell*

Als Abstandshalter dienen auf jeder Seite eine Klemmbuchse und ein Abstandsring. Die BS 15 mit Bohrung dürfen natürlich nur so weit nach innen gedrückt werden, dass etwas Spiel bleibt und der Flieger sich möglichst leicht auf und ab bewegen kann.



Abb. 13: Die Befestigung des Fliegers

Die unterste Flughöhe wird über die zwei Auflagen eingestellt und zwar so, dass der

Flieger die 5-Cent-Münzen mit seinem äußeren Rad sicher herauswirft, aber nicht am Schuber anschlägt (Abb. 14).

Viel Spaß!



Abb. 14: Aufbau einer Auflage.

## Referenz

- [1] [Kapriolen-Kurt aus fischertechnik.](#)  
Video, Youtube.com.



Abb. 15: Kurt wirft auf unterster Flughöhe eine Münze aus

Schaltungstechnik

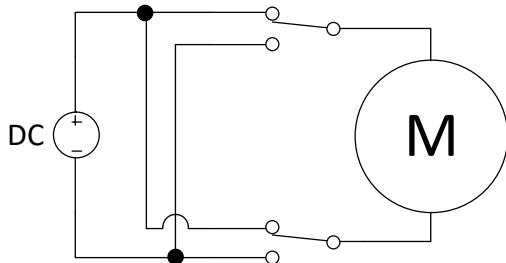
## Motorsteuerungen (6): Wechselschaltungen, die Zweite

Stefan Falk

In den ersten beiden Ausgaben der ft:pedia stellten wir die Drehrichtungssteuerung nur mit zwei Tastern und die Ergänzung um eine Endlagenabschaltung mit insgesamt vier Tastern vor. Heute schauen wir uns an, wie es – je nach Modell – noch einfacher geht.

### Bedienung über zwei Taster

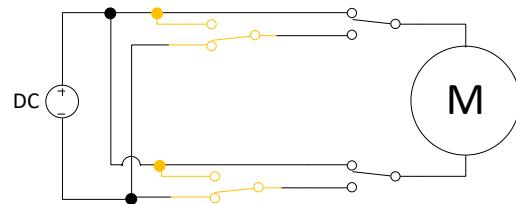
Rufen wir uns zunächst die folgenden beiden Schaltungen in Erinnerung:



*Schaltung 1: Getrennte links/rechts-Taster [1]*

Mit dieser Schaltung können wir einen Motor durch Druck auf genau einen der Taster nach links oder nach rechts laufen lassen, in allen anderen Tasterstellungen steht er still.

Das ergänzt um die (orange eingezeichneten) Endlagenschalter lässt den Motor an den Endlagen (bei denen jeweils einer der Endlagentaster gedrückt wird) automatisch anhalten und nur noch in die andere Richtung fahren (Schaltung 2).



*Schaltung 2: Kurzschlussbremse für die Endlagentaster*

### Einknopf-Bedienung

Nun wollen wir die Anforderungen ein wenig verschärfen:

1. Nur ein einziger Taster soll manuell betätigt werden. Wird er gedrückt, soll der Motor in die eine Richtung drehen, wird er losgelassen, in die andere.
2. Nur ein einziger weiterer Taster soll beide Endlagen abfangen. Endlage 1 ist also „Taster ist gedrückt“ und Endlage 2 ist „Taster ist losgelassen“.

Der Verfahrweg des Motors ist also nur so kurz wie die Änderung, die am Endlagentaster zwischen dem Umspringen seines Kontakts von „gedrückt“ zu „losgelassen“ bzw. umgekehrt notwendig ist.

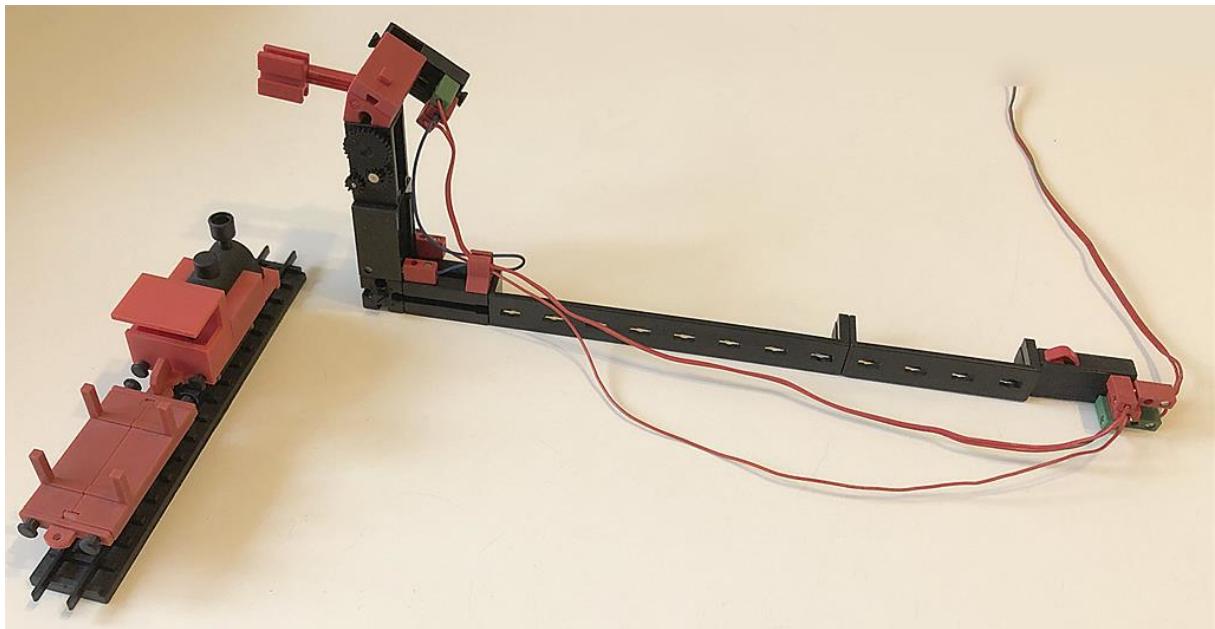


Abb. 1: Eine kleine Bahn-Signalanlage

## Bahnsignal

Ein Beispiel, bei dem ein sehr kurzer Verfahrweg ausreicht, ist ein Fahrt- oder Halt-Signal für eine Bahnlinie. Der Taster rechts im Abb. 1 wird betätigt, wenn das Signal auf „Fahrt“ stehen, also etwas hochklappen soll:

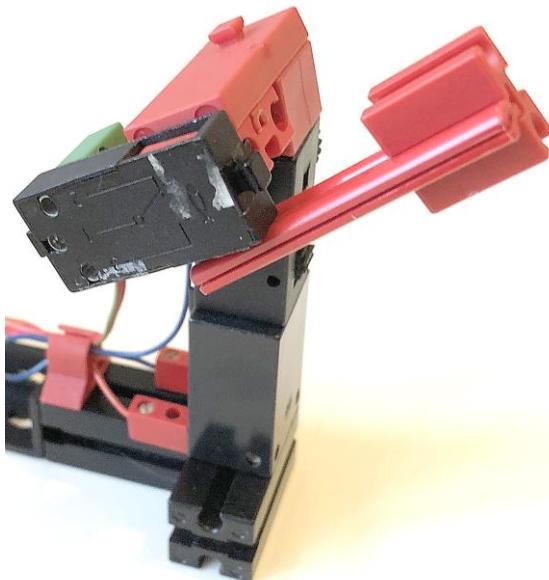


Abb. 2: Das Signal steht auf „Fahrt“

Solange der Taster nicht gedrückt ist, soll das Signal unten und also auf „Halt“ bleiben:

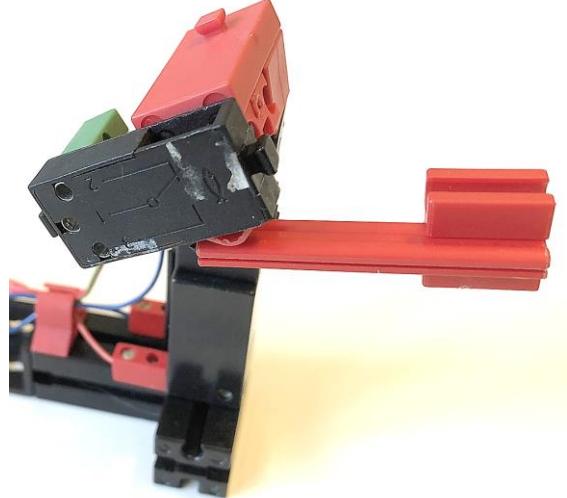


Abb. 3: Das Signal steht auf „Halt“

Der Taster ist so angebracht, dass sein Betätigungs weg für die beiden klar unterscheidbaren Zustände ausreicht.

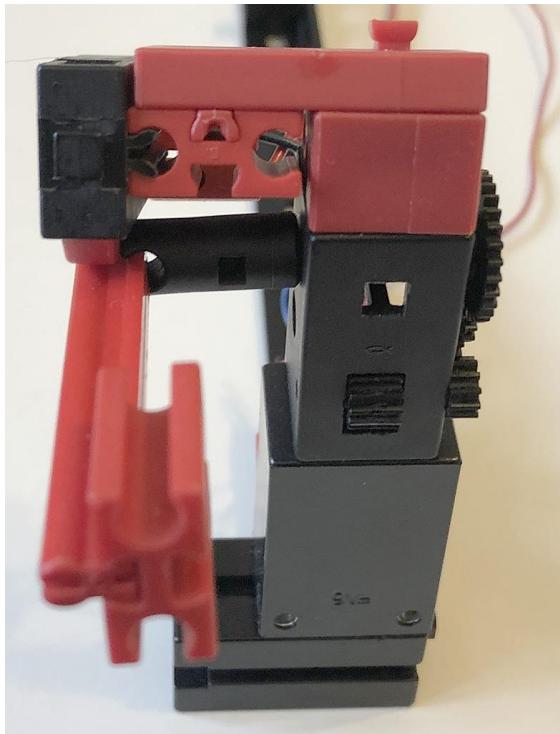


Abb. 4: Befestigung und Justage des Tasters

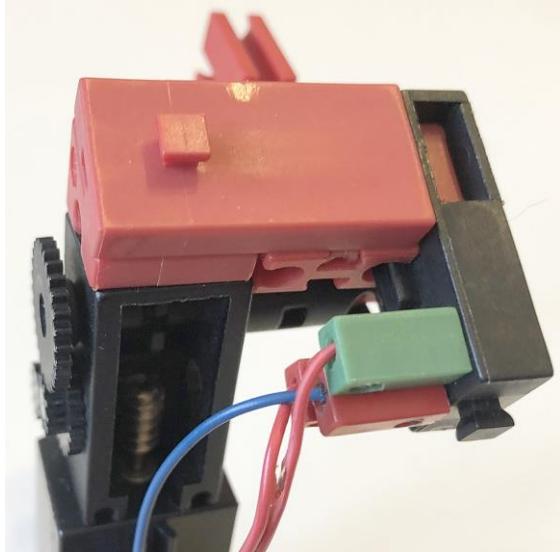
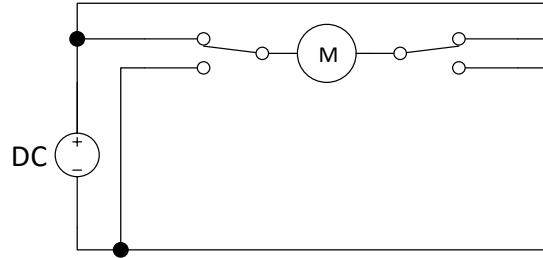


Abb. 5: Rückansicht

Jetzt kommt die Überraschung: Die Schaltung ist einfach Schaltung 1 vom Anfang dieses Artikels! Ein Taster wird von Hand betätigt, der andere vom Motor. Das ist alles – die komplette Steuerung benötigt nichts weiter als zwei Taster. Zur Verdeutlichung zeichnen wir Schaltung 1 nur etwas anders auf:



*Schaltung 3: Schaltung 1, anders gezeichnet*

Welchen der beiden Taster ihr zur Bedienung und welchen ihr als Endlagentaster verwendet, ist egal – die Schaltung ist ja völlig symmetrisch.

Der Ablauf ist also etwa wie folgt:

1. Beide Taster sind unbetätigt. In dieser Position muss das Signal auf „Halt“ stehen.
2. Wir drücken den Bedientaster. Der Motor muss das Signal nach oben drehen (andernfalls bitte umpolen).
3. Der Endlagentaster wird gedrückt. Es sind also beide Taster betätigt – die Kurzschlussbremse wirkt und der Motor geht sofort aus. Das Signal bleibt auf „Fahrt“ stehen.
4. Das gilt so lange, bis wir den Bedientaster loslassen. Nun dreht der Motor in die andere Richtung (hier also nach unten zum „Halt“-Status).
5. Er dreht so lange, bis der Endlagentaster wieder losgelassen wurde. Der Motor bleibt wiederum stehen und das Signal steht konstant auf „Halt“. Damit haben wir wieder Zustand 1 erreicht.

Diese Schaltung kann also viel Platz – und natürlich Taster – sparen, sofern der zu fahrende Weg hinreichend kurz ist!

## Müllcontainer

Und wenn der Weg doch länger sein muss?

Das folgende Modell soll den Deckel eines Müllcontainers ein gehöriges Stück anheben, wenn man (mit dem Fuß) die Trittleiste vor dem Container niederdrückt:



Abb. 6: Der Müllcontainer geschlossen

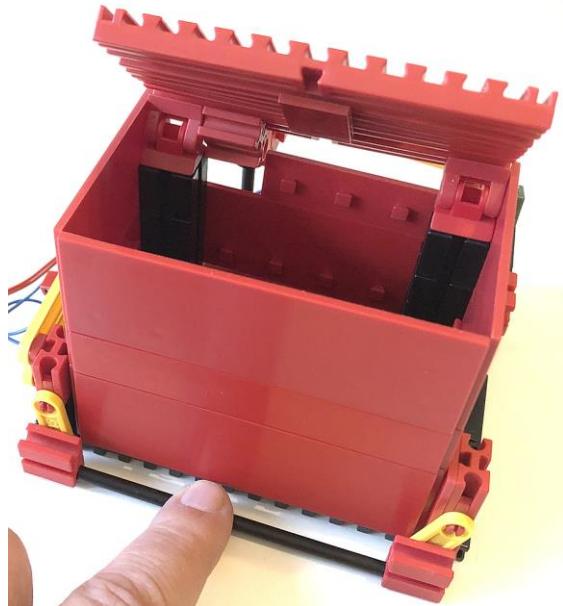


Abb. 7: Der Container offen

Es gibt nach wie vor nur zwei Taster: einen für die Fußbetätigung und einen für die beiden Endlagen. Die Schaltung ist also dieselbe wie beim Bahnsignal.

## Der Aufbau des Containers

Fangen wir mit der Tonne an. Die ist recht einfach aus Standardteilen aufgebaut:



Abb. 8: Containeraufbau

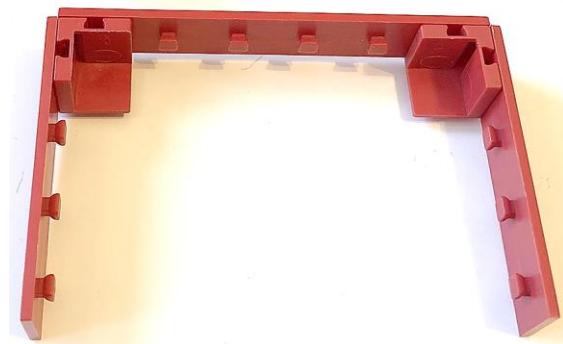
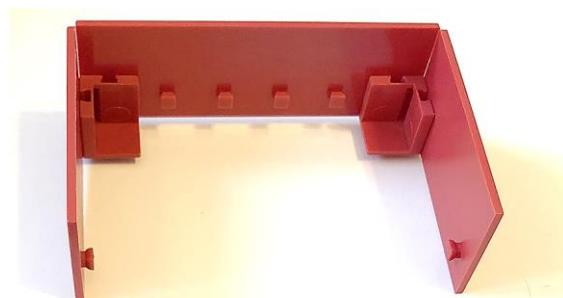


Abb. 9: Weitere Gehäuseteile

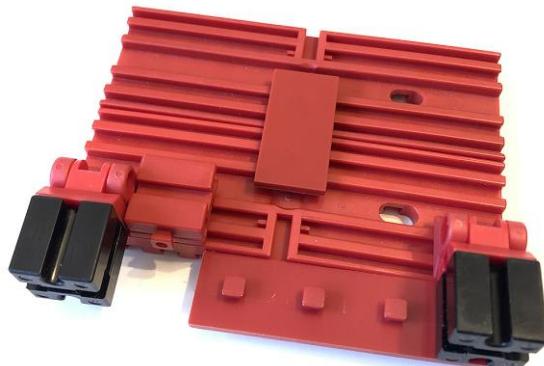


Abb. 10: Konstruktion des Deckels

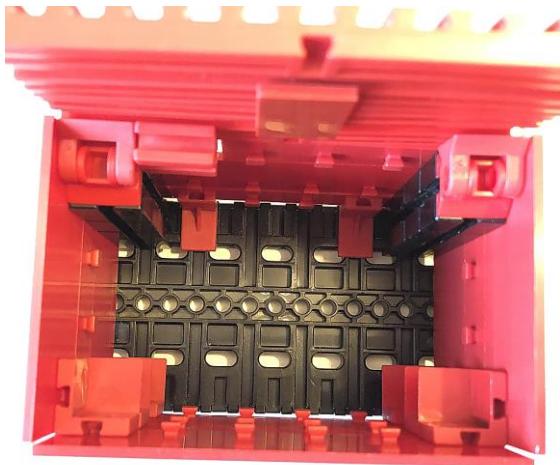


Abb. 11: Der zusammengesetzte Container von oben



Abb. 12: Die Rückseite des Containers

Beachtet bei der Rückseite, dass unten zwei Gelenksteine angebracht werden müssen, dort also keine Platte sein darf. Deshalb ist hinten unten nur eine Platte  $15 \cdot 60$  an zwei Winkeln von innen befestigt.

### **Der Fußtaster**

Der Fußschalter sitzt auf der linken Seite des Modells, mittels eines Winkelsteins  $10 \cdot 15 \cdot 15$  ([38423](#)) auf der Grundplatte befestigt:

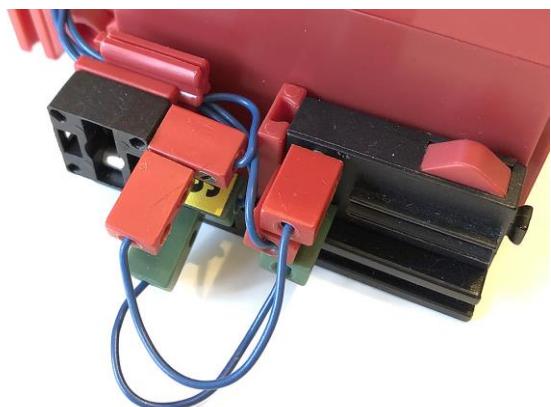


Abb. 13: Die linke Seite des Containers mit dem Fußschalter

Obenauf ist eine parallel-Streben-Mechanik angebracht (Abb. 14), sodass das Modell von links gesehen aussieht, wie es Abb. 15 zeigt.

Links in Abb. 15 sitzt der Leuchtstein zur Stromversorgung auf einem senkrecht stehenden BS7,5, der mit einem Feder-



Abb. 14: Der Aufbau der Fußschaltermechanik

nocken auf der schwarzen Bauplatte befestigt ist. Über einen Verbinder 15 trägt der einen zweiten BS 7,5, und über eine Platte 15 · 30 mit zwei Zapfen (in Abb. 15 von den BS 7,5 verdeckt) trägt dieser einen dritten BS 7,5. In dem steckt ein Statikadapter ([35975](#)) für die parallele Aufhängung der beiden I-Streben 30.



Abb. 15: Die linke Seite des Containers mit dem Fußschalter

### Antrieb und Endlagentaster

Damit nun der geringe Schaltweg des Endlagentaster zwischen „gedrückt“ und „nicht gedrückt“ ausreicht, den möglichst großen Öffnungswinkel des Deckels zu umfassen, greifen wir zu einer mechanischen Unter- setzung: Wenn sich der Deckel durch den Motor öffnet oder schließt, darf der Taster eben nur ganz langsam betätigt werden.

Dazu schauen wir uns die Rückseite an (siehe also nochmals Abb. 12). Unten sitzen zwei Gelenksteine, und oben eine Feder- nocke in einem BS 7,5, der mit dem Deckel verbunden ist. Dort wird nun die Mechanik laut Abb. 16 und 17 angebaut.

Die beiden BS 7,5 am XS-Motor kommen in die beiden Gelenksteine des Containers. Der obere Gelenkstein der Mechanik wird über den Federnocken von Abb. 10 bzw. 12 am Deckel befestigt.

Die beiden Streben (senkrecht eine I-Strebe 45 und waagerecht eine X-Strebe 63,6) bilden nun eine recht extreme Untersetzung. Wenn sich der Deckel hebt, wird der obere

Gelenkstein von Abb. 17 nach unten verfahren (er sitzt ja hinter der gelenkigen Aufhängung des Deckels an der Tonne). Dadurch wird die I-Strebe 45 ein klein wenig nach außen gedrückt (Abb. 18/19).

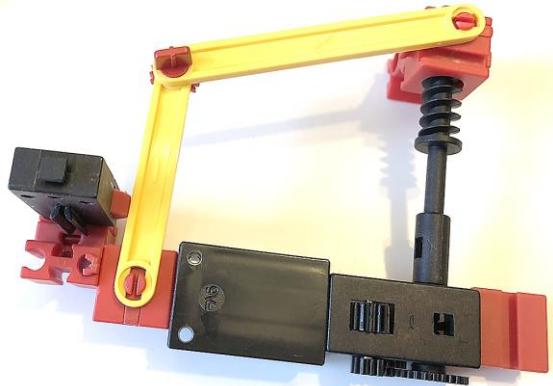


Abb. 16: Antrieb und Endlagentaster von hinten gesehen

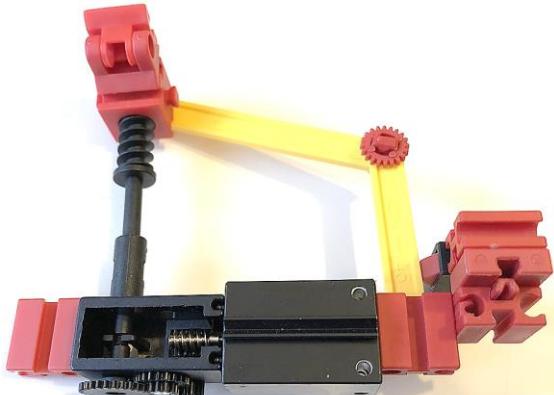


Abb. 17: Antrieb vom Rücken des Modells aus gesehen

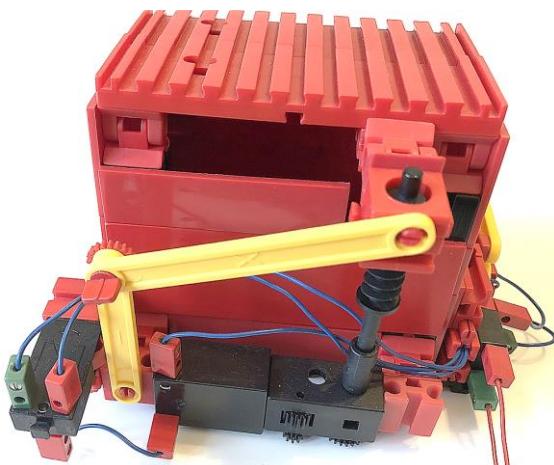


Abb. 18: Der Deckel ist geschlossen und der Endlagentaster gerade eben losgelassen



Abb. 19: Der Deckel ist geöffnet und der Endlagentaster gerade eben gedrückt

Der Endlagentaster muss sehr fein so justiert werden, dass der Deckel in der unteren Endlage (der Taster ist gerade gedrückt) ordentlich schließt und in der oberen Endlage (der Taster ist gerade losgelassen) angenehm weit offensteht.

### Die elektrische Kaktusblüte

Und wenn wir eine Einknopf-Bedienung wollen, der zu fahrende Weg aber auch bei mechanischen Tricks einfach zu lang für einen einzigen Taster ist? Versuchen wir's!

Als Funktionsmodell könnten wir nun etwa eine Schiebetür oder dergleichen bauen – aber das erschien etwas zu langweilig. Um es mechanisch etwas reizvoller zu gestalten, geht es um eine sich öffnende „Blüte“, die beim Öffnen und Schließen eine sehr schön anzusehende Bewegung vollführt.

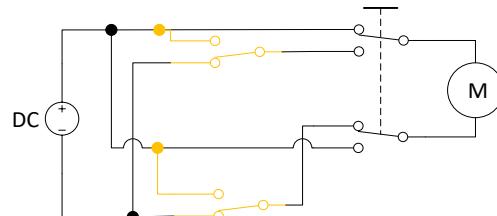
Abb. 20 zeigt sie in geschlossenem Zustand. Unten im Fuß sitzt ein Motor, der über einen Seilzug die mittig sichtbare Drehscheibe anheben kann. Durch die dreifach gelenkig angebrachten bzw. verbundenen Bogenstücke  $60^\circ$  entsteht dadurch die geöffnete Blüte in Abb. 21.

Da der Verfahrweg hier sehr groß ist, benötigen wir doch wieder zwei getrennte Endlagentaster – wie in Schaltung 2. Wir wollen aber trotzdem nur einen einzigen Knopf drücken müssen, damit sich die Blüte öffnet, und beim Loslassen soll sich die Blüte schließen.

Das geht mit Schaltung 2, wenn wir zum manuellen Betätigen die beiden Steuertaster einfach übereinandersetzen und einen davon andersherum anschließen.

Normalerweise muss man ja einen der beiden manuell zu betätigenden Taster drücken, um den Motor in eine bestimmte Richtung laufen zu lassen, bis der jeweilige Endagentaster gedrückt ist. Nun bauen wir die beiden Bedientaster direkt übereinander. Der Stößel des oberen drückt dann also gleichzeitig beide Taster nieder – wie gut, dass der fischertechnik-Minitaster so klug konstruiert wurde!

Dann wären aber die Bedientaster immer noch entweder beide gedrückt oder beide losgelassen – der Motor würde nach Schaltung 2 also nach wie vor stillstehen. Nun vertauschen wir aber bei einem der beiden Taster (nicht bei beiden!) Arbeits- und Ruhekontakt, indem wir die Kabel dort einfach vertauscht anschließen:



Schaltung 4: Schaltung 2 mit den Bedientastern verbunden und bei einem davon Arbeits- und Ruhekontakt vertauscht

Das ergibt eine kleine Baugruppe mit derselben Wirkungsweise, wie wenn in Schaltung 2 immer genau ein Taster „gedrückt“ und der jeweils andere „losgelassen“ ist. Also dreht sich der Motor – wie in den bisherigen Schaltungen dieses Artikels – je nach Betätigung oder Loslassen der Taster in die eine oder andere Richtung.

Die Endlagentaster funktionieren wie gewohnt und werden im Modell einfach so angebracht, dass der jeweilige Taster in der jeweiligen Endposition des Modells gedrückt wird und so den Motor stillsetzt.

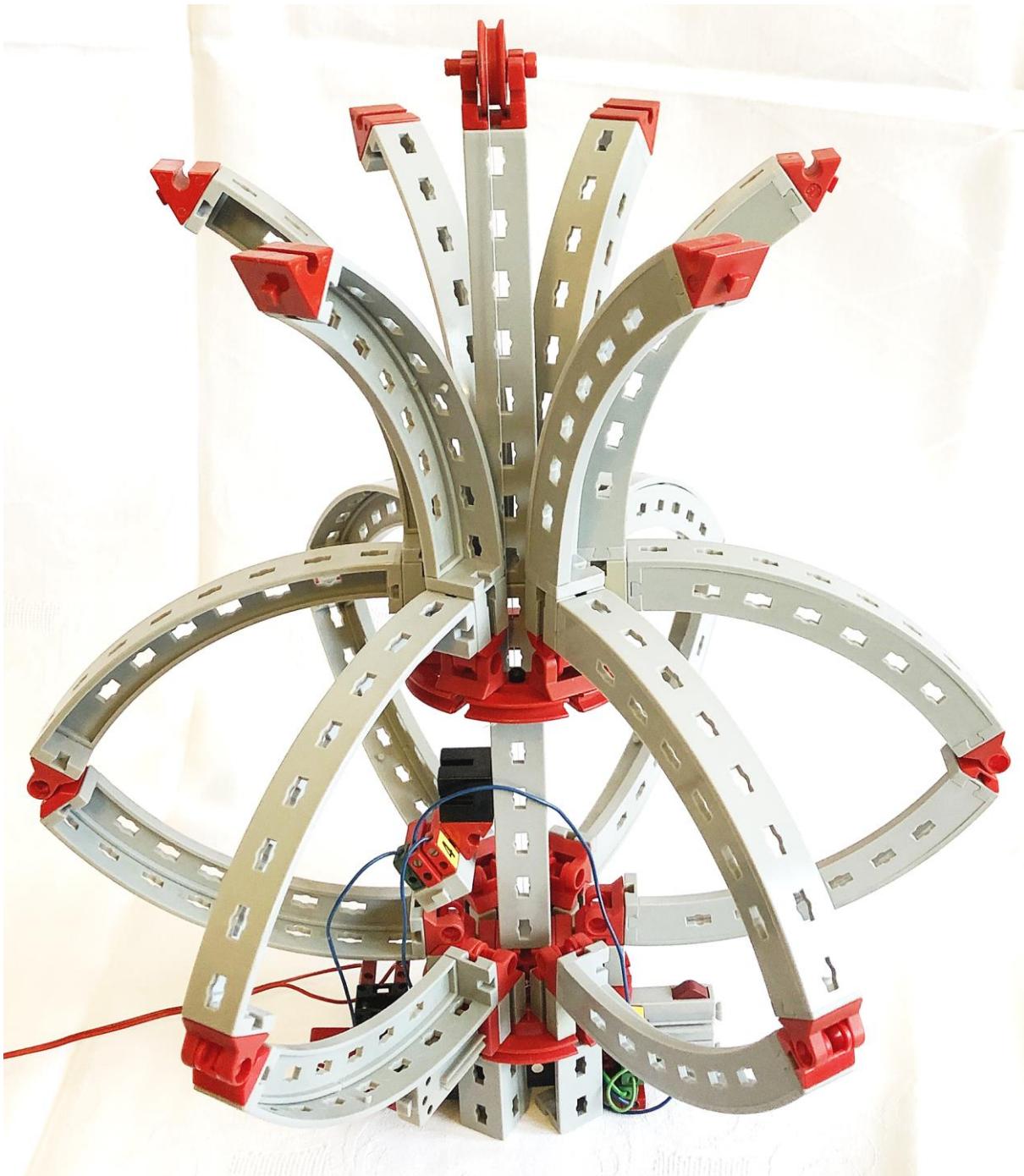


Abb. 20: Die Kaktusblüte im geschlossenen Zustand (der Taster rechts unten ist losgelassen)

### Zum Bau des Modells

Fangen wir unten an: Der Fuß besteht aus einer ft-Drehscheibe, unterhalb der Statikträger 30 bzw. auf der einen Seite zwei BS7,5 (mittels Federnocken) für die Aufnahme der beiden Bedientaster und auf der anderen Seite ein BS5 mit zwei Zapfen, ein

[38428](#) Baustein 5 15 · 30 3N für die Befestigung des Motors (und die Kombination Federnocken, BS7,5 und BS5 als Stütze) stecken – siehe Abb. 22 bis 26. Ins Aufsteckgetriebe des XS-Motors stecken wir seine Achse mit einem längeren Stück Faden (der muss bis ganz oben im Modell und wieder herunter reichen).



Abb. 21: Die Kaktusblüte im geöffnetem Zustand; der Bedientaster rechts unten ist mit einem S-Mitnehmer ([31712](#)) festgesetzt

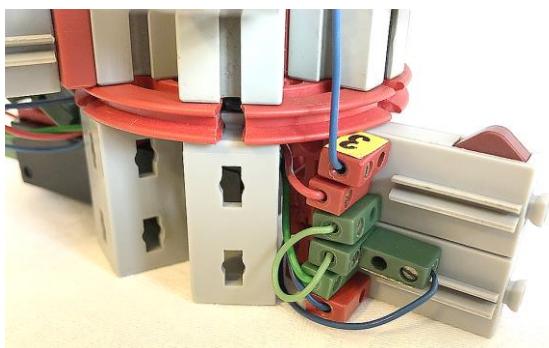


Abb. 22: Fuß und Bedientaster

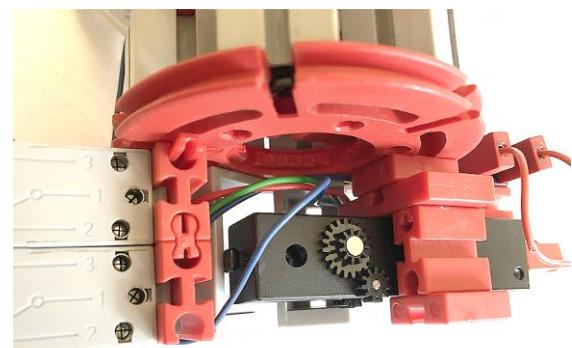


Abb. 23: Motor im Fuß

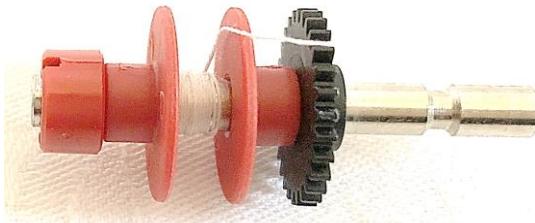


Abb. 24: Befestigung des Fadens

Der Faden ist einfach in der Hülse mit Scheibe (35981) auf die Achse geklemmt. Ein Klemmring sichert das Ganze. Der Faden wird also direkt auf die Achse gewickelt. Das ergibt ohne weitere Getriebe hinreichend langsam und damit ausreichend kräftigen Zug am Faden. Eingebaut sieht das nach Anbau eines weiteren Statikträgers 30 so aus:

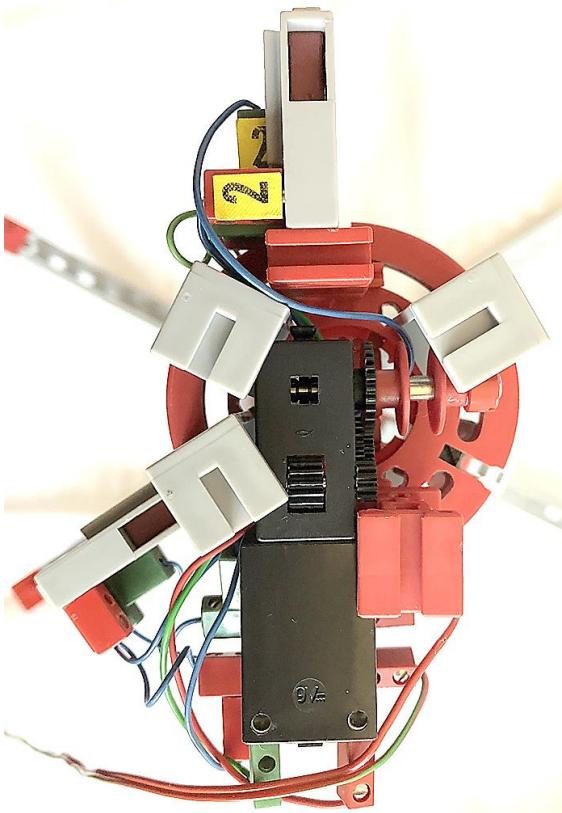


Abb. 25: Der fertige Fuß von unten gesehen

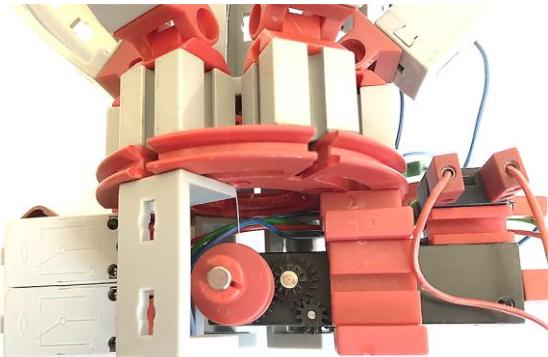


Abb. 26: Der fertige Fuß von der Seite

### Schwenkarme und Mittelstütze

Auf der Oberseite der Drehscheibe sitzt neben den sechs Bausteinen 15, sechs Gelenksteinen und den sechs Statik-Bogenträgern auch die zentrale senkrecht stehende Stütze. Sie besteht aus zwei Statik-Flachträgern mit je zwei Flachstücken. Die Stütze steckt, mit zwei BS 5, zwei BS 5 mit zwei Zapfen und einem BS 7,5 befestigt, mittig zwischen zwei der Grundbausteine 15.

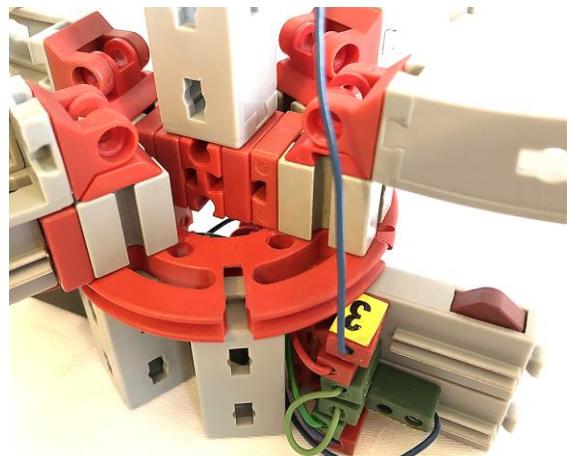


Abb. 27: Befestigung der Mittelstütze

Die Mittelstütze, gebaut aus beidseitig mit Flachstücken gefüllten Flachträgern, sorgt dafür, dass sich die obere Drehscheibe beim Hoch- und Herunterfahren nicht verhakt – anders als es bei einfachen Statikträgern 120 der Fall wäre.

### Die Endlagentaster

Der untere Endlagentaster steckt über einen BS5 in einem der sechs Bausteine 15 über der Drehscheibe:

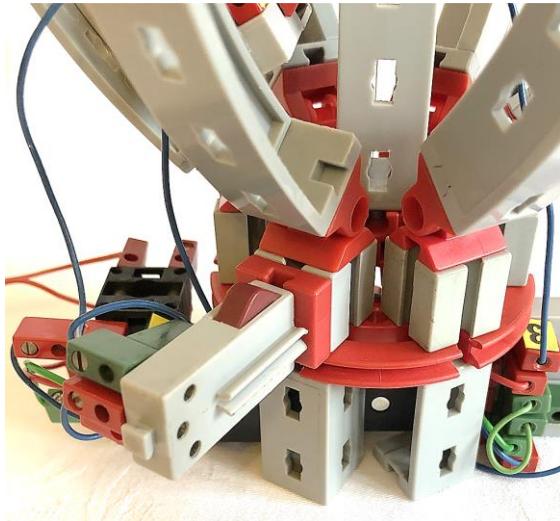


Abb. 28: Der untere Endlagentaster

Dieser Taster wird also von einem der herunterklappenden Bogenträger betätigt. Durch den BS 5 kann er geeignet in der Höhe justiert werden.

Der obere Endlagentaster sitzt innen über einem S-Riegelstein ([32850](#)), Winkelstein  $60^\circ$  und BS 7,5 an der Mittelstütze:

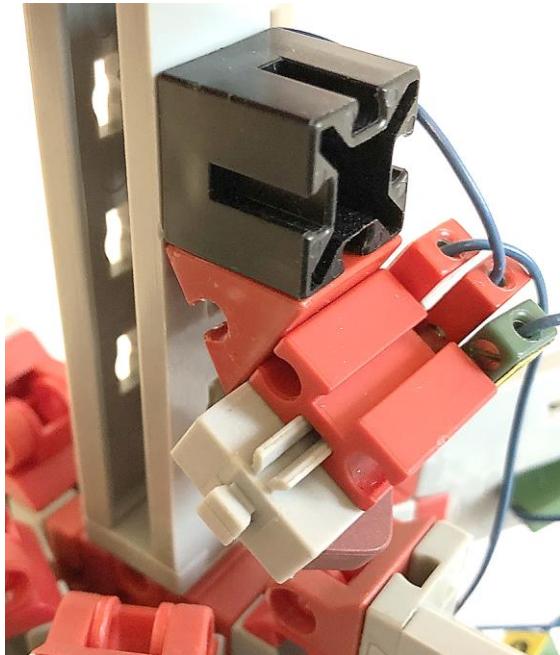


Abb. 29: Der obere Endlagentaster unbetätigt

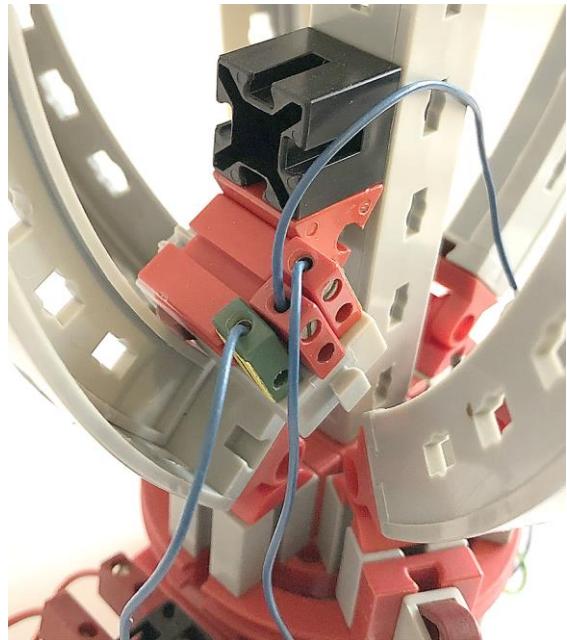


Abb. 30: Der obere Endlagentaster betätig

### Obere Umlenkung und Aufhängung der oberen Drehscheibe

Das Seil muss vom Motor durch die untere Drehscheibe hindurch die ganze Mittelstütze entlang hoch und dann um die obere Umlenkrolle geführt werden. Es endet in einem schwarzen S-Verbindungsstopfen 6 ([32316](#)), der den Faden in der Drehscheibe festklemmt (etwas unterhalb der Bildmitte zu sehen):

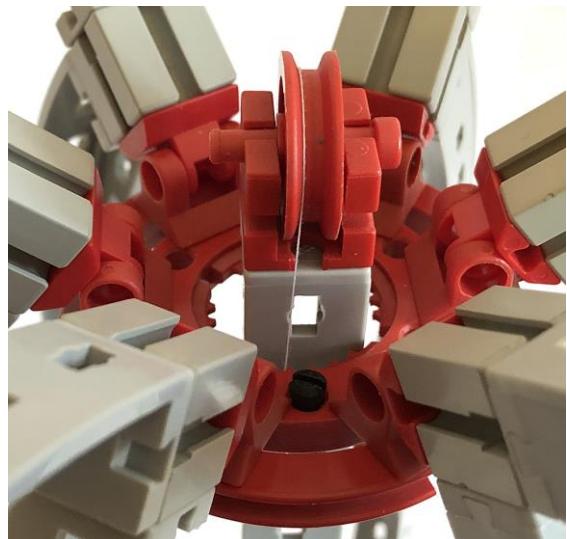


Abb. 31: Umlenkung des Seils und Befestigung in der oberen Drehscheibe

## Funktionsweise

Nun noch alles korrekt nach Schaltung 4 verkabeln und auf Fehler prüfen. Ggf. müsst ihr Kabel an Arbeits- und Ruhekontakt von Tastern oder am Motor vertauschen, wenn etwas falsch herum läuft.

Der Druck auf die Doppeltastereinheit soll die obere Drehscheibe bis zum Anschlag hochziehen, also bis zur Betätigung des oberen Endlagentasters – die Blüte öffnet sich. Lässt man die Taster los, sollte sich die Blüte für die Nacht so weit schließen, bis der untere Endlagentaster von einem der Arme gedrückt wird.

Wer einen zweiten Motor besitzt, kann die Betätigung des Taster-Duos auch automatisieren, z. B. mit ganz langsam drehenden Schalscheiben ([37727](#) oder [37728](#)).

Voilà!

## Referenzen

- [1] Falk, Stefan: [Motorsteuerungen](#). In: ft:pedia 1/2011, S. 7.
- [2] Falk, Stefan: [Motorsteuerungen \(2\)](#). In: ft:pedia 2/2011, S. 23.

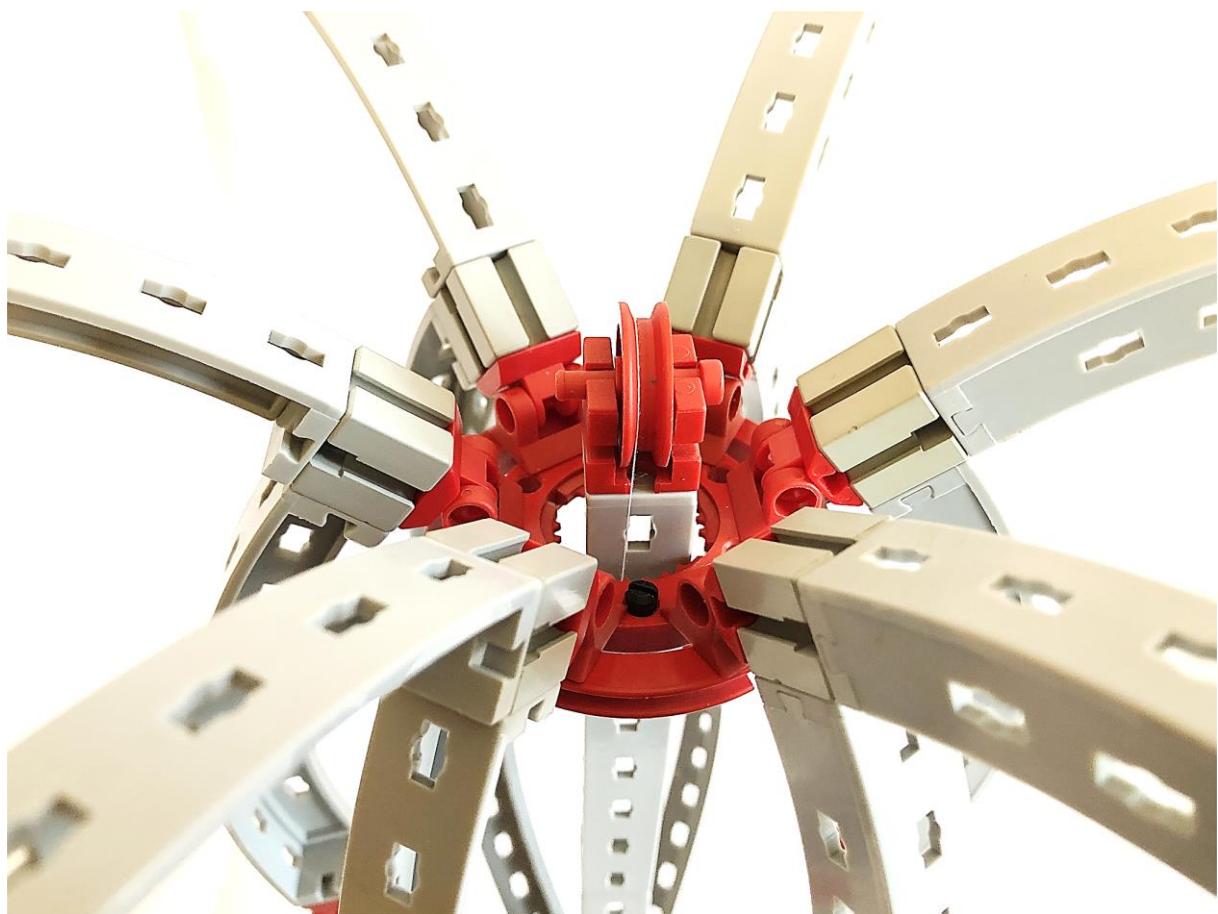


Abb. 32: Blick auf die geöffnete Blüte

## Elektronik

# Elektronikmodule (Teil 2)

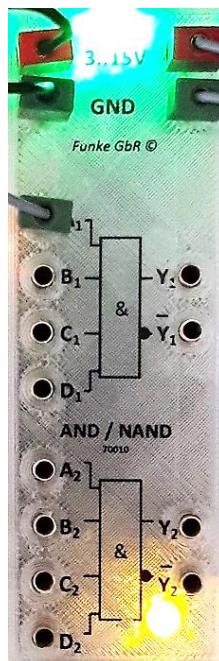
Hans-Christian Funke

Elektronik kann die Modellbauwelt beleben und um ein Vielfaches interessanter werden lassen. Viele Modelle werden heute auch mit kleinen Computer-Interfaces ausgestattet und können somit völlig unabhängig und eigenständig Modelle steuern. Aber jeder noch so kleine Computer basiert auf den Grundlagen der digitalen Elektronik, den Gattern und Speichern. Die Elektronikmodule helfen dieses Grundlagenwissen aufzubauen, zu erlernen und zu verstehen.

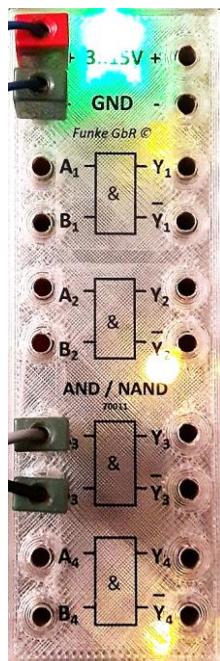
## Digitale Grundbausteine

Bei der Überlegung, welche Elektronikmodule sinnvoll für den Modellbau sind, bin ich zu dem Schluss gekommen, dass die Grundfunktionen in der digitalen Elektronik immer gebraucht werden. Ein Vorteil ist, dass mit den Grundfunktionen auch alle

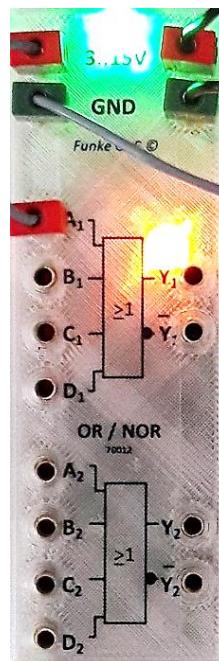
anderen Funktionen erstellt werden können. So können aus den einfachen Logik-Gattern und Speichern (Flip-Flop) Binärzähler, Schieberegister, Multiplexer, Halb- und Volladdierer und vieles mehr aufgebaut werden.



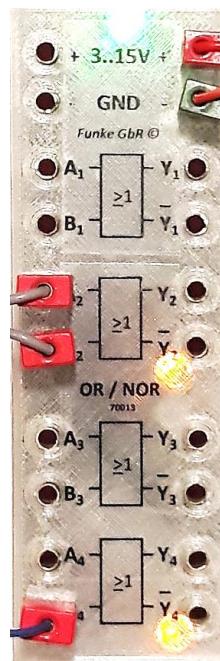
**Abb. 1:  
70010  
AND-NAND-  
Modul mit  
2 Gattern mit  
4 Eingängen**



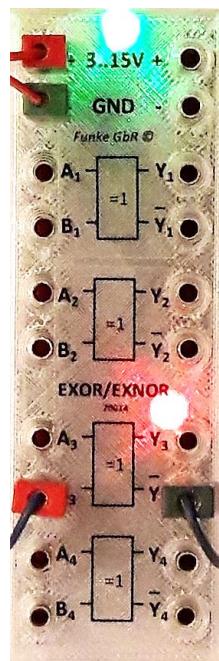
**Abb. 2:  
70011  
AND-NAND-  
Modul mit  
4 Gattern mit  
2 Eingängen**



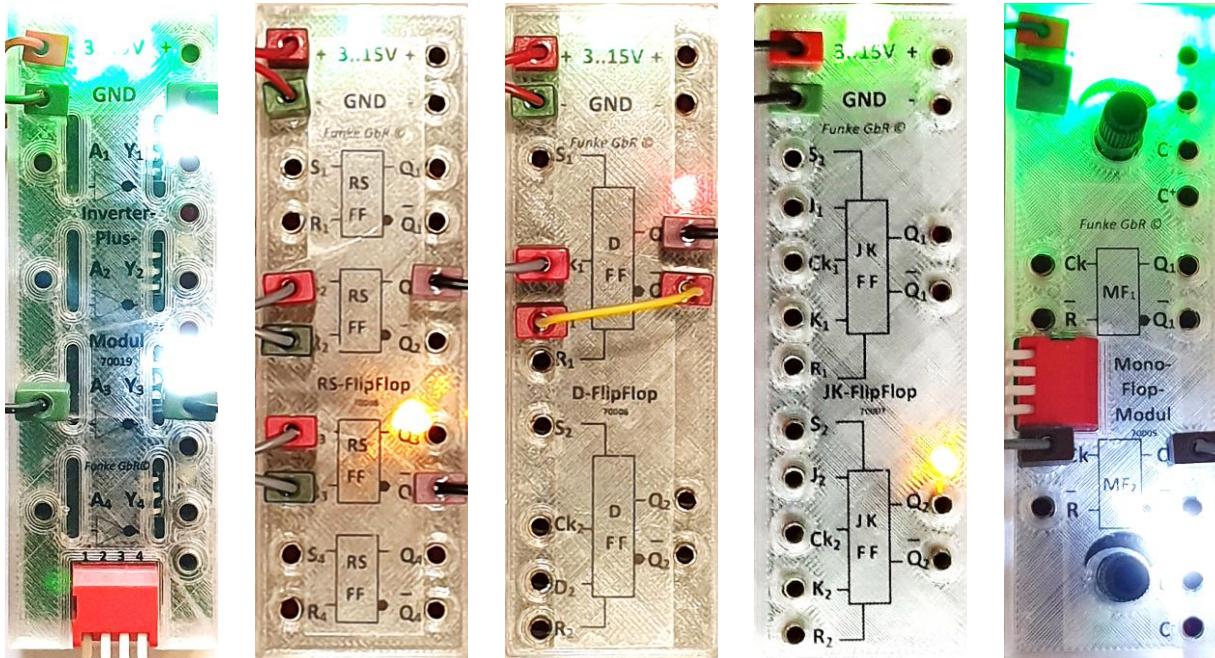
**Abb. 3:  
70012  
OR-NOR-  
Modul mit  
2 Gattern mit  
4 Eingängen**



**Abb. 4:  
70013  
OR-NOR-  
Modul mit  
4 Gattern mit  
2 Eingängen**



**Abb. 5:  
70014  
EXOR-EXNOR-  
Modul mit  
4 Gattern mit  
2 Eingängen**



**Abb. 6:  
70019\***  
**Inverter-Plus-  
Modul mit  
4 Invertern**

**Abb. 7:  
70008**  
**RS-Flip-Flop-  
Modul mit  
4 Speichern**

**Abb. 8:  
70006**  
**D-Flip-Flop-  
Modul mit  
2 Speichern**

**Abb. 9:  
70007**  
**JK-Flip-Flop-  
Modul mit  
2 Speichern**

**Abb. 10:  
70005**  
**Mono-Flop-  
Modul mit  
2 Speichern**

\* Das Gehäuse-Design wurde noch einmal überarbeitet; leider stand bei Redaktionsschluss noch kein aktuelles Foto zu Verfügung.

Aus diesem Grund sind ein großer Teil der Elektronikmodule Logik-Gatter (AND-NAND, OR-NOR, EXOR-EXNOR, Inverter – Abb. 1-6) und Speicherbausteine (RS-FF, D-FF, JK-FF, Mono-Flop – Abb. 7-10). Bestehend aus diesen Grundbausteinen wird es auch ein „Labor für digitale Grundlagen“ (75000) geben, das für Lern- und Schulungszwecke eingesetzt werden kann.

## Definition

Die Elektronikmodule arbeiten mit positiver Logik. Im weiteren Text werden folgende Bezeichnungen verwendet:

- logisch „0“ = low = minus (-) = Masse oder GND
- logisch „1“ = high = plus (+) = Betriebsspannung =  $V_{dd}$

## Mehrgefachfunktionen

Einige Elektronikmodule bieten neben der einfachen Grundfunktion auch eine Kombination von Funktionen an. Durch die Mehrgefachfunktionen werden Elektronikmodule interessanter, vielfältiger einsetzbar und können effizienter benutzt werden.

70004 Taktgenerator <i>Taktgeber (low-high-low-...) und ein 8-bit Binärzähler</i>
70010 AND-NAND-Modul <i>RS-FF, AND-NAND mit 7/6/5/4/3/2 Eingängen und bis zu zwei Inverter</i>
70011 AND-NAND-Modul <i>1-2 RS-FF, mehrfach AND-NANDs mit 5/4/3/2 Eingängen oder bis zu vier Inverter</i>

70012 OR-NOR-Modul <i>RS-FF, OR-NOR mit 7/6/5/4/3/2 Eingängen o. bis zu zwei Inverter</i>
70013 OR-NOR-Modul <i>1-2 RS-FF, mehrfach OR-NORs mit 5/4/3/2 Eingängen oder bis zu vier Inverter</i>
70015 Multifunktionsmodul <i>Differenzverstärker mit Minilautsprecher</i>
70019 Inverter-Plus-Modul <i>Inverter und Verstärker (logisch 1)</i>
70021 Experimentiermodul <i>Hat keine eigene und doch sehr viele Funktionen</i>

Tab. 1: Mehrfachfunktionen der Module

## Technik-Spezial

Soweit der allgemeine Überblick über die Grundbausteine der Elektronikmodule. Im Anschluss gehe ich noch einmal, für die technisch Interessierten, auf die Funktion der einzelnen Elektronikmodule mit Details zum Aufbau ein.

Wer lieber etwas aus der Praxis haben möchte, kann sich das Modell „Modulix“ [1] einmal ansehen und von hier gleich zum Schlusswort am Ende des Beitrags springen.

### 70019 Inverter-Plus-Modul

Der Inverter gehört zu den digitalen Grundbausteinen, allerdings bieten die meisten Elektronikmodule bereits auch ein invertiertes Ausgangssignal an, so dass in der Regel kein Inverter benötigt wird. Dennoch gibt es immer wieder Situationen, in denen ein Inverter erforderlich ist. Ein Inverter kann – sofern ein Gatter zu Verfügung steht bzw. frei ist – auch ersatzweise mit einem NOR- oder NAND-Gatter simuliert werden, in dem man alle Eingänge miteinander verbindet.

Das „Plus“ an diesem Elektronikmodul ist, dass neben der einfachen Inverter-Funktion eine Verstärkung für das logische Signal „1“ integriert wurde. Durch diese Verstärkung können kleine Verbraucher (Lampen, Magnete, o. ä.) direkt angesteuert werden. Neben dem Ausgang befindet sich ein

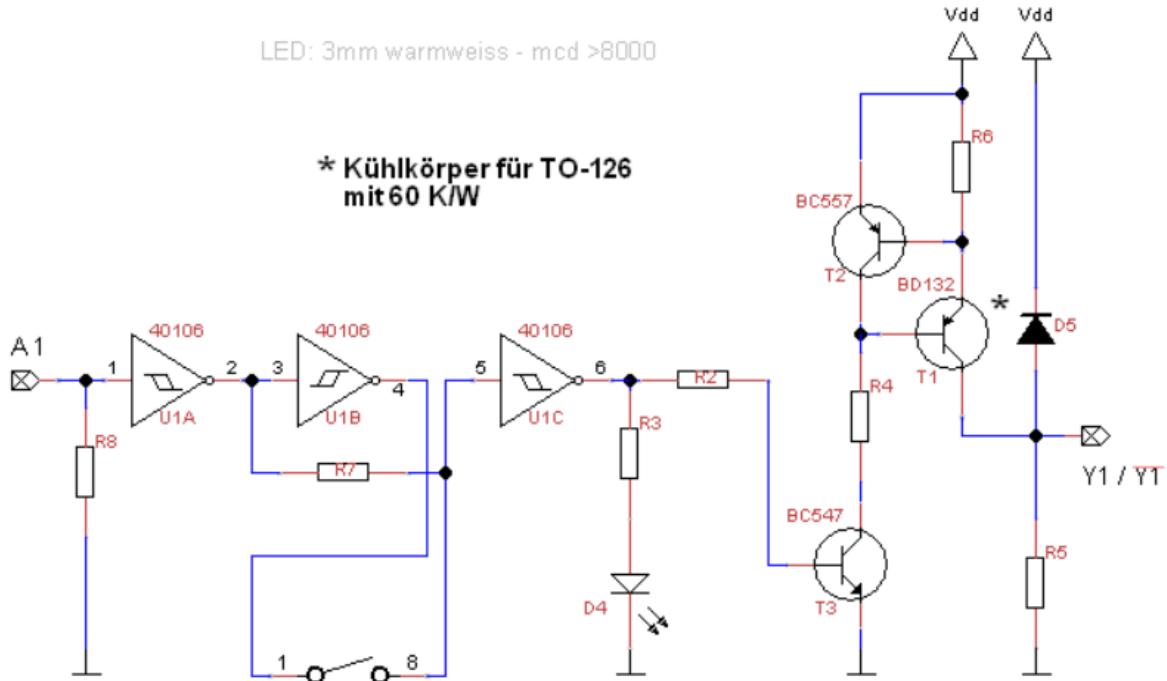


Abb. 11: Teilschaltplan des Inverter-Plus-Moduls 70019

Masseanschluss, so dass die Verbraucher einfach an den Inverter-Ausgang (+) und Masse (-) angeschlossen werden können.

Eingang	Ausgänge	
A	Y	$\bar{Y}$
0	1	0
1	0	1

Tab. 2: Logik-Tabelle für das 70019 Inverter-Gatter

Sollte das Eingangssignal einmal den falschen logischen Wert liefern, damit der Verbraucher eingeschaltet wird, dann kann über einen DIP-Schalter die Invertierung abgeschaltet werden.

Beim Inverter-Plus-Modul stehen an jedem Ausgang bis zu 250 mA für den Verbraucher zur Verfügung. Die Ausgänge verfügen über eine Strombegrenzung und sind damit kurzschlussfest (Abb. 11).

### 70010/70011 AND-NAND-Modul

Das Elektronikmodul 70010 enthält zwei unabhängige AND- und NAND-Gatter mit je vier Eingängen und beim 70011 sogar vier unabhängige Gatter mit je zwei Eingängen, wobei die NAND-Funktion einfach durch Bereitstellung eines invertierten Ausgangssignales des AND-Gatters simuliert wird.

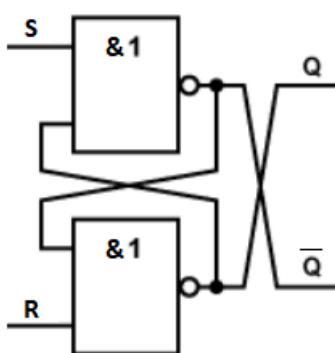


Abb. 12: FF aus NAND-Gattern

Das NAND-Gatter ist eines der wichtigsten Grundfunktionen in der digitalen Elektronik, weil damit z. B. ein Flip-Flop (FF) aufgebaut werden kann (Abb. 12). Diese

Art von FF nennt man RS-FF, wobei das ‚S‘ für setzen und das ‚R‘ für rücksetzen steht – die einfachste Form eines FFs. Logische „0“ an „S“ bzw. „R“ bewirkt das Setzen bzw. Rücksetzen des FF.

Eingänge				Ausgänge	
A	B	C	D	Y	$\bar{Y}$
0	X	X	X	0	1
X	0	X	X	0	1
X	X	0	X	0	1
X	X	X	0	0	1
1	1	1	1	1	0

Tab. 3: Logik-Tabelle für das 70010 AND-NAND-Gatter mit vier Eingängen (X = Zustand hat keinen Einfluss)

Eingänge		Ausgänge	
A	B	Y	$\bar{Y}$
0	X	0	1
X	0	0	1
1	1	1	0

Tab. 4: Logik-Tabelle für das 70011 AND-NAND-Gatter mit zwei Eingängen (X = Zustand hat keinen Einfluss)

### 70012/70013 OR-NOR-Modul

Das Elektronikmodul 70012 enthält zwei unabhängige OR- und NOR-Gatter mit je vier Eingängen; beim 70013 sind es vier unabhängige Gatter mit je zwei Eingängen. Die NOR-Funktion wird durch Bereitstellung eines invertierten Ausgangssignals des OR-Gatters realisiert.

Eingänge		Ausgänge	
A	B	Y	$\bar{Y}$
0	0	0	1
1	X	1	0
X	1	1	0

Tab. 5: Logik-Tabelle für das 70013 OR-NOR-Gatter mit zwei Eingängen (X = Zustand hat keinen Einfluss)

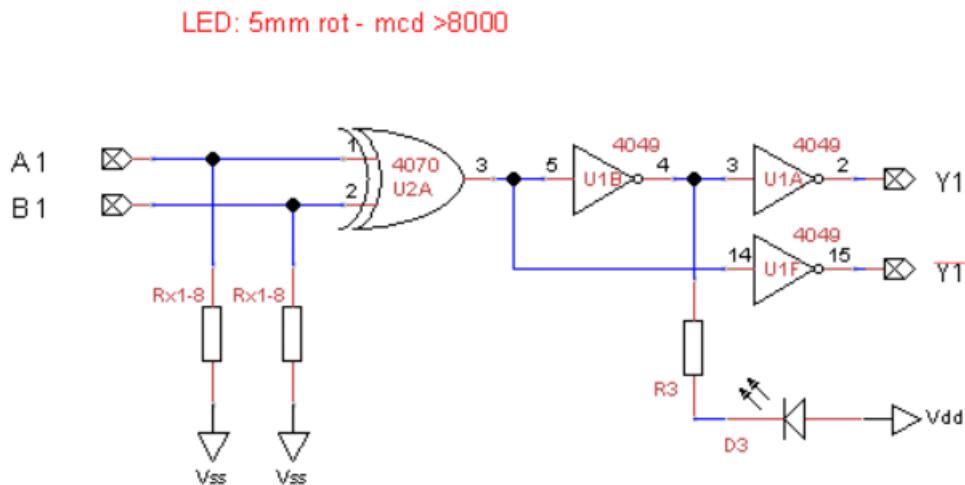


Abb. 14: Teilschaltung vom Elektronikmodul 70014 EXOR-EXNOR-Modul.  
Die Ausgangsstufe ist bei allen Gatter- und FF-Modulen identisch.

Eingänge				Ausgänge	
A	B	C	D	Y	$\bar{Y}$
0	0	0	0	0	1
1	X	X	X	1	0
X	1	X	X	1	0
X	X	1	X	1	0
X	X	X	1	1	0

Tab. 6: Logik-Tabelle für das 70012 OR-NOR-Gatter mit vier Eingängen (X = Zustand hat keinen Einfluss)

Auch aus zwei NOR-Gattern lässt sich ein RS-FF aufbauen, bei dem die logische „1“ an „S“ bzw. „R“ das Setzen bzw. Rücksetzen zur Folge hat.

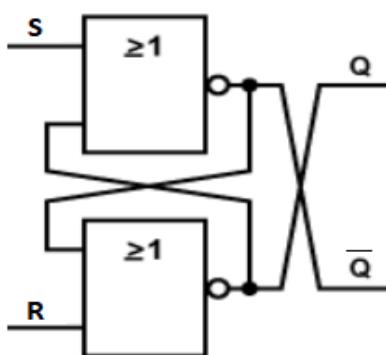


Abb. 13: FF aus NOR-Gattern

### 70014 EXOR-EXNOR-Modul

Das EX-ODER-Modul gibt es nur mit vier Gattern zu je zwei Eingängen. Es vergleicht die logischen Zustände an den beiden Eingängen. Über den invertierenden Ausgang wird die EXNOR-Funktion realisiert.

Eingänge		Ausgänge	
A	B	Y	$\bar{Y}$
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	0	1

Tab. 7: Logik-Tabelle für das 70014 EXOR-EXNOR-Gatter mit zwei Eingängen

In Tab. 7 findet ihr die Logik-Tabellen zu den verschiedenen Gatter-Funktionen und könnt so die unterschiedlichen Funktionsweisen leicht erkennen.

Bei allen Gatter- und FF-Modulen ist eine einheitliche Ausgangsstufe integriert, die es ermöglicht, mehrere Elektronikmodule oder auch andere Bausteine oder Computer-Interfaces anzuschließen, die z. B. auf TTL-Basis funktionieren und einen höheren Strombedarf haben. Die Ausgangsstufe liefert bis zu 3 mA pro Ausgang.

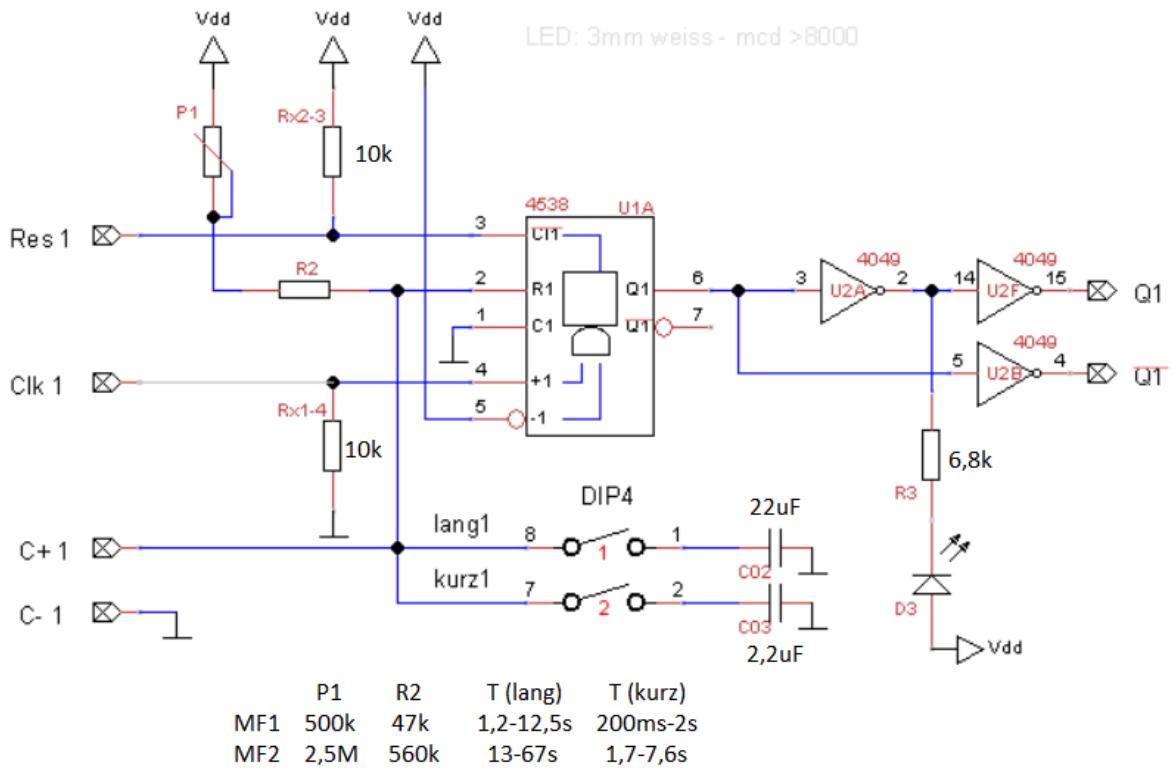


Abb. 15: Teilschaltung des 70005 Mono-Flop-Moduls

Alle Eingänge sind bei den Gattern mit Pull-down-Widerständen versehen, sodass im unbeschalteten Zustand an den Eingängen ein low (logische „0“) anliegt.

### 70005 Mono-Flop-Modul

Ein Mono-Flop (MF) ist ein zeitlich begrenzter Speicher. Das Mono-Flop-Modul beherbergt gleich zwei MFs mit unterschiedlichen Haltezeiten. Durch ein high am Eingang „Ck“ wird das MF gesetzt und nach der Haltezeit wird das MF automatisch wieder zurückgesetzt. Die Haltezeiten werden durch einen Kondensator und einen Widerstand bestimmt, die für die beiden MFs von Hause aus unterschiedlich sind (Abb. 15).

Die Haltezeit lässt sich über den Drehregler (Potentiometer P1) verändern. Lässt man beide DIP-Schalter offen, kann man einen Kondensator zwischen die Anschlüsse „C+“ und „C-“ stecken (bei einem Elko die Polung beachten!) und so seine eigene

Haltezeit (T) generieren. Die Haltezeit T lässt sich so berechnen:

$$T = R_G \cdot C$$

$$R_G = P_1 + R_2$$

Beispiel für die Berechnung der Haltezeit bei Verwendung eines Elko (Elektrolyt-Kondensator) mit  $470 \mu\text{F}$  zwischen C+ und C- beim MF1:

Drehregler auf null:

$$\begin{aligned} T &= 47\text{k}\Omega \cdot 470\mu\text{F} \\ &= 47.000\Omega \cdot 0,000470\text{F} \\ &= 22,09\text{s} \end{aligned}$$

Drehregler auf Maximum:

$$\begin{aligned} T &= 547\text{k}\Omega \cdot 470\mu\text{F} \\ &= 547.000\Omega \cdot 0,000470\text{F} \\ &= 257,09\text{s} \end{aligned}$$

Damit können also Haltezeiten von 22 Sekunden bis 4 Minuten 28 Sekunden erreicht werden. Bitte beachtet, dass die Berechnung immer etwas von der Realität

abweichen wird, weil jedes Bauteil gewisse Toleranzen in seiner Wertigkeit hat (Abweichungen vom Nennwert) – Kondensatoren in der Regel 10-20% und Widerstände 1-5%.

### 70008 RS-Flip-Flop-Modul

Dieses Elektronikmodul stellt vier unabhängige RS-FFs zu Verfügung, jeweils mit einem Q und einem  $\bar{Q}$ -Ausgang. Das FF wird gesetzt mit einem high am „S“-Eingang und wieder zurückgesetzt mit einem high am „R“-Eingang (Tab. 8).

Eingänge		Ausgänge	
S	R	Q	$\bar{Q}$
0	0	unverändert	
1	X	1	0
X	1	0	1

Tab. 8: Logik-Tabelle für das 70008 RS-FF  
(X = Zustand hat keinen Einfluss)

- High an S setzt das FF ( $Q = \text{high}$ ).
- High an R setzt es zurück ( $Q = \text{low}$ ).

Häufig werden RS-FF benötigt, um Taster zu entprellen. Wird ein Taster gedrückt entstehen immer mehrere Impulse (Abb. 16). Die sicherste Methode, Prellimpulse zu vermeiden ist, den Taster an ein RS-FF anzuschließen (Abb. 17).

In der Praxis hat sich gezeigt, dass der Betrieb eines Motors im gleichen Stromkreis zu unerwünschten Störungen führen kann. Die Kondensatoren an den Eingängen verhindern ungewolltes Umschalten des FF, was z. B. durch Abrissfunken von den Motoren verursacht würde. Noch besser wäre es, Motoren über eine eigene Stromversorgung anzusteuern.

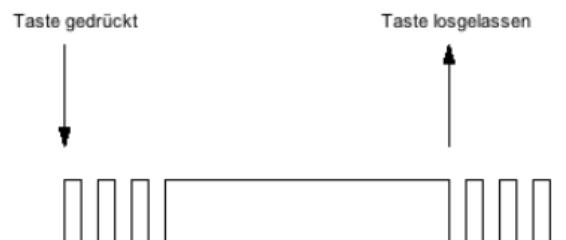


Abb. 16: Prellen eines Tasters



Abb. 17: Entprellen mit einem RS-FF

Damit die FFs sich beim Einschalten der Betriebsspannung in einem definierten Zustand befinden, wurde der Kondensator am „R“-Eingang an  $V_{dd}$  gelegt. Durch dieses Konstrukt wird beim Einschalten der Betriebsspannung ein high-Impuls erzeugt, der das FF zurücksetzt.

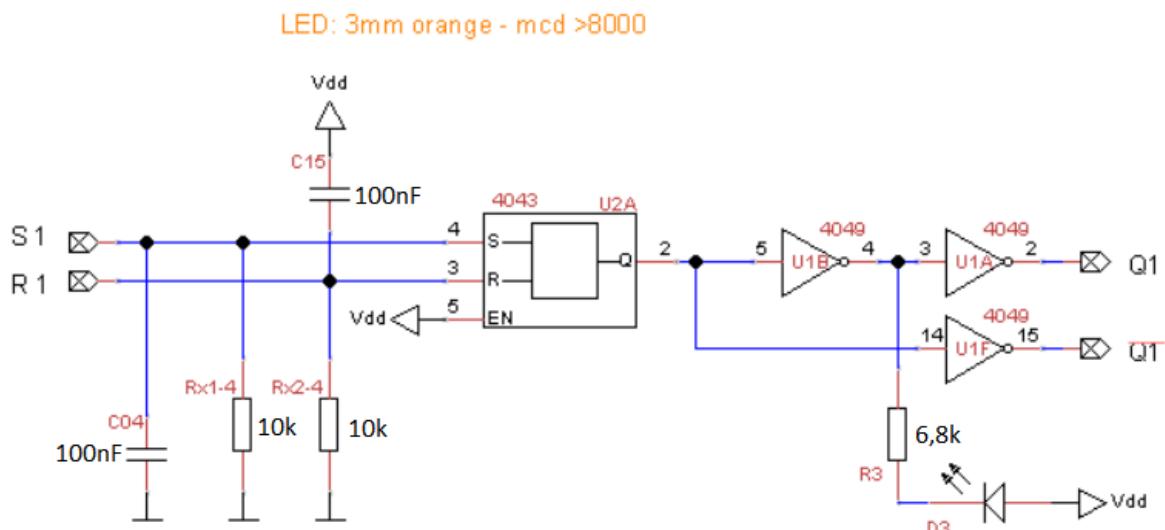


Abb. 18: Teilschaltung des 70008 RS-Flip-Flop-Moduls

### 70007 JK-Flip-Flop-Modul

Beim JK-FF gibt es die meisten Varianten, ein FF zu schalten. Im Elektronikmodul 70007 sind zwei unabhängige JK-FFs untergebracht; es ist baugleich mit dem D-Flip-Flop-Modul. Beim JK-FF wurden drei Arten vereint – es besteht aus dem JK-FF, einem RS-FF und einem T-FF. Alle Arten schalten den gleichen Speicher.

Eingänge					Ausgänge	
S	R	J	K	Ck	Q	$\bar{Q}$
1	X	X	X	X	1	0
X	1	X	X	X	0	1
0	0	1	0	0-1	1	0
0	0	0	1	0-1	0	1
0	0	1	1	0-1	Tausch	

Tab. 9: Logik-Tabelle für das 70007 JK-FF  
(X = Zustand hat keinen Einfluss)

Das JK-FF hat zur Steuerung drei Eingänge „J“, „K“ und „Ck“. Die eigentliche Schaltfunktion erfolgt über den „Ck“-Eingang (Clock) in Abhängigkeit von den logischen Zuständen an den Eingängen „J“ und „K“:

Die Eingänge „S“ und „R“ wirken als RS-FF:

- High an S setzt das FF ( $Q = \text{high}$ ).
- High an R setzt es zurück ( $Q = \text{low}$ ).

Bei  $S = R = \text{low}$  steht die Variante JK-FF zur Verfügung:

- Ein low-high-Impuls an Ck bei high an J setzt das FF ( $Q = \text{high}$ ).
- Ein low-high-Impuls an Ck bei high an K setzt das FF zurück ( $Q = \text{low}$ ).
- Ein low-high-Impuls an Ck bei low an J und K bewirkt keine Änderung.

Bei  $S = R = \text{low}$  und  $J = K = \text{high}$  haben wir ein T-Flip-Flop:

- Ein low-high-Impuls an Ck bei high an J und K bewirkt, dass Q seinen Zustand wechselt (ist Q low, wird Q high; ist Q high, wird Q low).

Die Ausgänge wechseln also mit jedem Impuls an Ck ihren logischen Status. „T“ steht für Englisch „toggle“ (hin und her schalten).

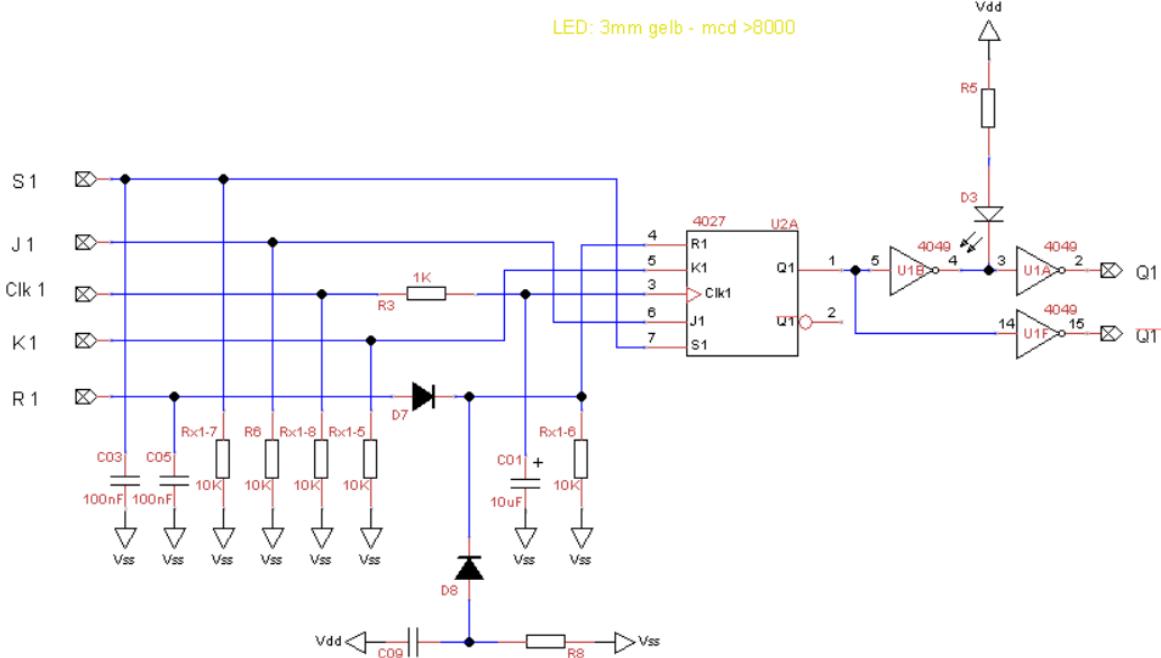


Abb. 19: Teilschaltung des 70007 JK-Flip-Flop-Moduls

Abb. 19 zeigt die Schaltung des Elektronikmoduls 70006/70007. Der einzige Unterschied zwischen den beiden besteht in der Anzahl der Eingänge – bei einem D-FF entfallen die Eingänge „J“ und „K“, dafür gibt es den Eingang „D“.

Der Widerstand R3 bildet mit dem Kondensator C01 einen Tiefpass. Der wirkt durch die relativ große Kapazität von C01 auch entprellend bei Verwendung von Tastern am Eingang „Ck“ (in der Zeichnung „Clk“ beschriftet), damit nicht durch Störungen im Stromkreis, z. B. durch Motoren, ständig ein Impuls an „Ck“ generiert wird.

Der Schaltungsteil aus Diode D6, Kondensator C09 und Widerstand R8 bildet eine Reset-Schaltung, die beim Einschalten der Betriebsspannung ein Signal an den Reset-Eingang sendet, das die FFs in einen definierten Zustand bringt.

### **70006 D-Flip-Flop-Modul**

Das D-FF ist der typische Datenspeicher in der Computertechnik. Letztlich ist es aber nur eine Vereinfachung des JK-FF bzw. eine Zusammenfassung der Eingänge „J“ und „K“ zu einem Eingang „D“. Je nachdem, welcher logische Wert an „D“ anliegt, wird das FF geschaltet. Zusätzlich verfügt das D-FF auch über Eingänge „R“ und „S“, über die das FF direkt gesteuert werden kann.

Eingänge				Ausgänge	
S	R	D	Ck	Q	$\bar{Q}$
1	X	X	X	1	0
X	1	X	X	0	1
0	0	1	0-1	1	0
0	0	0	0-1	0	1

Tab. 10: Logik-Tabelle für das 70006 D-FF  
(X = Zustand hat keinen Einfluss)

Die Eingänge „S“ und „R“ wirken als RS-FF:

- High an S setzt das FF ( $Q = \text{high}$ ).
- High an R setzt es zurück ( $Q = \text{low}$ ).

Bei  $R = S = \text{low}$  bekommen wir ein D-FF:

- Ein low-high-Impuls an Ck bei high an D setzt das FF ( $Q = \text{high}$ ).
- Ein low-high-Impuls an Ck bei low an D setzt das FF zurück ( $Q = \text{low}$ ).

Durch eine Steckverbindung von Ausgang  $\bar{Q}$  zum Eingang D wird das D-FF zum T-FF:

- Mit jedem low-high-Impuls an Ck wechseln die Ausgänge ihren Status, weil der Ausgang  $\bar{Q}$  immer den logischen Zustand liefert, der beim nächsten Impuls das D-FF in den entgegengesetzten Zustand umschaltet.

Wie beim JK-FF gibt es hier eine Reset-Schaltung und die Eingangssignale am Eingang „Ck“ werden durch einen Tiefpass von Spannungsspitzen und Prellimpulsen bereinigt.

Die Schaltung ist identisch mit der des Moduls 70007 (Abb. 19); für den Halbleiter 4027 ist bei 70006 ein 4013 eingesetzt und der Eingang „J“ entfällt, während der Eingang „K“ durch den Eingang „D“ ersetzt wird.

### **Schlusswort**

Das war es erst einmal zu den Grundbausteinen der digitalen Elektronik – den Gattern und Speichern.

In der nächsten Folge werde ich auf die Elektronikmodule mit speziellen Funktionen eingehen, z. B. auf die Zählermodule 70001 und 70002, die es seit neuestem auch mit verschiedenen LED-Farben gibt (grün, gelb, rot, leuchtend blau, leuchtend rot und leuchtend gelb-grün), den Taktgenerator 70004, das Experimentierfeld 70021 und die Schaltmodule zur Ansteuerung von Motoren, Magneten, Pumpen, etc.

Wer jetzt noch nicht genug hat, kann sich das Modell „Modulix“ ansehen, dass ich aus nur zwei Elektronikmodulen gebaut habe (dafür wären mindestens sechs hobby-4-„Silberlinge“ erforderlich). Das Modell kann wie ein durch ein Computer-Interface

gesteuertes Modell einem schwarzen Streifen folgen. Forstsetzung folgt.

## Quellen

- [1] Funke, Hans-Christian: *Modulix*.  
ft:pedia 1/2020 (in dieser Ausgabe).

Modell

## Flipper mit Elektronik-Modul-Steuerung

Claus Ludwig

*Die Idee einen Flipper zu bauen gab es schon seit mehreren Jahren bei mir. Sie reifte mit den verschiedenen Modellen, die in der ftcommunity.de gezeigt wurden. Bei allem gab es aber für mich ein persönliches Problem: Alle meine Versuche mit der ROBO-PRO Software zu arbeiten, waren bisher erfolglos. Daher hatte ich mich schon 2019 mit einem fischertechnik-Kollegen abgestimmt, der mich bei der Programmierung als Coach unterstützt. Gleichzeitig gab es immer wieder den Gedanken, dass alle Funktionen mit den Electronics-Modulen zu steuern wären...*

Einziges, aber nicht unwesentliches, Problem: wie realisiert man das Zählen der Punkte? Doch es kam die Süd-Convention 2019 und Hans-Christian Funke mit seinen neuen Elektronik-Modulen [1]. Und da gab es auch Zählermodule, die wie geschaffen für den Bau eines Flippers waren. Nach einem weiteren Besuch bei Hans-Christian in Berlin war klar: Der Flipper kann mit den ft-Electronics-Modulen und den Modulen von Hans-Christian gebaut werden.

### Größe

Als erstes ging es nun darum, die Größe des Flippers festzulegen. Die bekannten Flipper variieren hier zwischen 3 und 8 Bauplatten 500. Einen entscheidenden Ausschlag gab die schmale Tür meines kleinen fischertechnik-Zimmers (knapp 4 m<sup>2</sup> in einem 200 Jahre alten Fachwerkhaus). Hier passten nur zwei Bauplatten längs nebeneinander durch, und damit war die Größe klar: Zwei Bauplatten 500 längs neben einander breit und das ganze dreimal hintereinander. Das ergibt eine Grundfläche von ca. 40 cm · 80 cm. Die Höhe des fertigen Modells wird vorne bei 70 cm und hinten bei 115 cm liegen.

### Dummy

Eine weitere Idee gleich zu Anfang war, nicht gleich mit dem Bau des Original-Modells zu beginnen, sondern erst mit einer Art „Dummy“ oder „Prototypen“ zu starten, an dem möglichst viele Funktionen schon getestet werden konnte, bevor das Original gebaut wird.



Abb. 1: Der Dummy

Der Dummy bestand aus einer Sperrholzplatte, auf der die sechs Bauplatten aufgeschraubt waren. Die Rückwand sollte harmonisch zur Grundfläche wirken. Ich entschied mich für eine Höhe von ca. 35 cm, bestehend aus einer ganzen Bauplatte und einer zweiten, etwa 8 cm hohen gekürzten Platte. Die Befestigung der Rückwand erfolgte beim Dummy nur über Anbauwinkel.

- Wie verhält sich die Kugel im oberen Bereich des Spielfeldes bei dieser Länge des Flippers?
- Wie viele „Spielelemente“ verträgt die Grundfläche? Und wie müssen diese gestaltet sein?
- Reicht für den geplanten Schacht ein Pneumatik-Zylinder, um die Kugel wieder heraus zu feuern, oder werden zwei benötigt?
- Können die Flexprofile für die kleine Kugelbahn an der Rückwand waagerecht verlegt werden, oder brauchen sie eine leichte Neigung, um die Grundschräge des Flippers auszugleichen?

All das waren Fragen, die ich mit dem Dummy testen und klären wollte.

Nicht testen ließ sich der Spielbetrieb, weshalb auch nicht alle „Spielelemente“, die auf dem Bild zu sehen sind, auf das Original übertragen wurden.

Und dann war es soweit: Der Bau des Originals konnte beginnen.

## Grundaufbau

Klar war von Anfang an, dass sich die Kugel auf den Original ft-Bauplatten bewegen sollte. Und klar war auch, dass es einen doppelten Boden gibt, der zum einen mit den blauen transparenten Bauplatten verkleidet und beleuchtet wird und der auf der anderen Seite einen Großteil der Technik aufnimmt. Mit den blauen Bauplatten war auch die Höhe des doppelten Bodens festgelegt: 6 cm. Da der obere Boden sowohl von oben als auch von der

Rückseite bebaubar sein musste, wurde hier die Idee von Dirk Wölffel [2] verwendet, jeweils zwei Bauplatten mit Klemmstiften zu verbinden. Der untere Teil besteht, wie beim Dummy, aus einer Sperrholzplatte und aufgeschraubten Bauplatten.

Eine große Frage betraf das Gestell. Ursprünglich wollte ich auch hier die von Dirk verwenden Marker Beam XL-Profile mit seinen selbstgedruckten Fußplatten verwenden. Aber irgendwie hatte ich Zweifel, dass das bei der Größe meines Modells nicht so gut wirkte wie bei seinem Modell. Als ich mit meiner Frau darüber sprach, kam sie auf die Idee, doch mal im Internet bei Keyboard-Ständern zu suchen. Eine „Weltidee“. Ich suchte längere Zeit und fand dann genau das, was ich brauchte. Einen Ständer, der faltbar war, bei dem die Beine einzeln in der Länge verstellbar waren, der genau die richtige Breite hatte und der in der Länge verstellbar war. Damit ergab sich der Grundaufbau wie er in Abb. 2 dargestellt ist.



Abb. 2: Grundaufbau

Zur Montagefreundlichkeit: Hier sind, ähnlich wie bei Dirk, alle Seitenplatten abnehmbar. Darüber hinaus sind die mittleren beiden Bauplatten – nach Demontage einiger Teile – aufklappbar.

Der Aufbau der Rückwand wird später beschrieben, da er sich erst im Laufe des Baus des Flippers entwickelte.

## Pneumatik

Der Aufbau der Pneumatik wurde bereits am Dummy getestet und einsprechend Abb. 3 umgesetzt. Ursprünglich war eine Doppelteinheit aus jeweils einem Kompressor und einem Luftspeicher vorgesehen. Darauf habe ich aber verzichtet, da immer nur maximal zwei Zylinder im Einsatz sind und ein Kompressor dafür völlig ausreichend ist. Nur beim Einschalten des Flipper braucht es etwas Zeit, bis genug Druck aufgebaut ist.

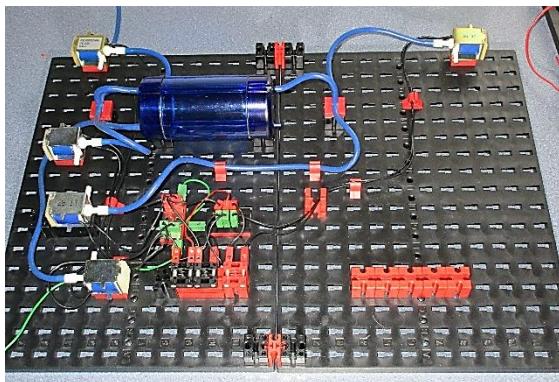


Abb. 3: Sicht auf die Pneumatik von oben

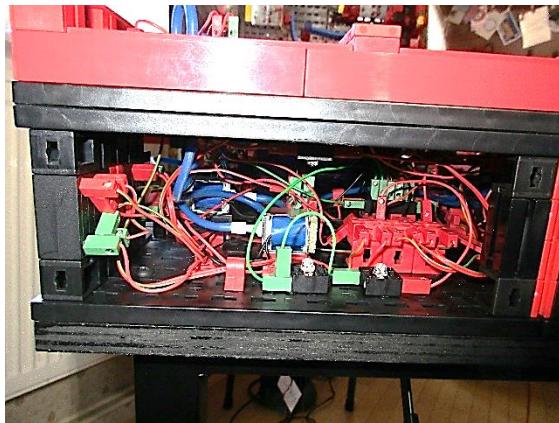


Abb. 4: Die eingebaute Pneumatik von der Seite

Insgesamt gibt es fünf Zylinder und fünf Magnetventile. Jeweils einen für die „Flipper-Finger“, einen für den Kugleinschuss in die Abschussvorrichtung (S-förmige Flexschiene) und einen Doppelzylinder für den Schacht. Tests hatten gezeigt, dass ein Zylinder aufgrund der Spielflächenlänge hierfür nicht ausreicht. Damit hier genug „Schub“ entsteht, wird

jeder Zylinder zeitgleich über ein eigenes Magnetventil mit Luft versorgt.

Die Magnetventile für die Steuerung der „Flipperfinger“ und des Kugleinschusses werden direkt über die Taster an der Seite bzw. vorne links gesteuert. Die Steuerung der Magnetventile für den Schacht erfolgt über ein Electronics-Modul. Damit es keine Fehlfunktionen bei den Zählmodulen gibt, ist zu jedem Magnetventil eine Diode parallelgeschaltet.

## Funktions-/Spielelemente

Als Funktions- und Spielelemente gibt es den schon genannten Schacht, den Drehflügel, einen Rotor, die Schaukel, einen Bumper, einen Bypass mit Klangrohr und einen Aufzug mit Mini-Kugelbahn an der Rückwand.

### Schacht



Abb. 5: Schacht

Die Kugel rollt in den Schacht, durchläuft dabei die Lichtschranke und wird wieder herausgeschossen. Das klingt eigentlich ganz einfach. Nur habe ich kein Programm auf den Electronics-Modulen gefunden,

dass diese Funktion realisieren kann. Nach vielen Versuchen gab es dann aber doch eine sehr einfache Lösung: Wenn die Zylinder voll ausgefahren sind, wird ein Taster betätigt, der die Stromversorgung des Moduls unterbricht. Beim Zurückfahren der Zylinder wird die Stromversorgung wiederhergestellt. Die Zeit, die das Modul zum Hochfahren braucht, reicht aus, damit die Zylinder wieder störungsfrei vollständig zurückfahren.

### Drehflügel

Damit der Drehflügel besonders leicht läuft, ist er kugelgelagert. Die Impulse fürs Zählen der Punkte kommen über einen Magnetsensor und einen kleinen Permanentmagneten an einem der hinteren Flügel des Flugzeugs.

### Rotor



Abb. 6: Drehflüge, Rotor und Bumper

Damit die Kugel im oberen Spielfeldbereich nochmal etwas zusätzliche „Action“ erfährt, gibt es den Rotor. Er beschleunigt die Kugel, bremst sie ab oder schleudert sie in irgendeine Richtung weg – je nachdem,

wie die Kugel auftrifft. Die Antriebswelle für den Rotor ist zusätzlich durch den Rumpf des darüber befindlichen Hubschraubers hindurchgeführt und treibt dessen Rotor mit an.

### Bumper

Trifft die Kugel auf die vordere rote Bauplatte auf, wird mittels Taster gezählt. Bei den Tests erwiesen sich dafür die alten großen Taster mit den runden Nocken am besten.

### Schaukel

Hier erfolgt das Zählen mittels Lichtschranke. Mit dem kleinen Flugzeug auf der Schaukel kann diese gut ausbalanciert werden.

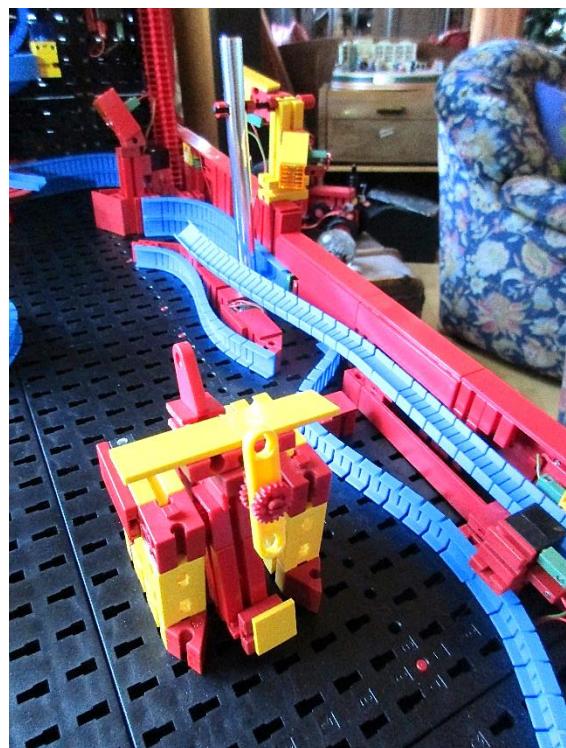


Abb. 7: Schaukel und Klangrohr

### Klangrohr

Der Flipper verfügt bisher über keine akustischen Effekte. Aktuell reichen mir die Betriebsgeräusche und die Spielgeräusche völlig aus. Aber ein bisschen Klang muss sein, und Punkte über die nachgeschaltete Lichtschranke gibt es auch.

## Aufzug und Rückwand

Wie bei einigen anderen Flippermodellen auch, sollte der Flipper einen Aufzug bekommen. Hier bot sich die Rückwand an, da dort außer den Zählern nichts weiter vorgesehen war. Da genügend Platz zur Verfügung stand, wurde der Aufzug mit einer kleinen Kugelbahn kombiniert.



Abb. 8: Rückwand mit Teilansicht des doppelten Boden

Zu den Funktionen und Effekten: Die Kugel läuft in den oberen rechten Bereich der Spielfläche. Dort wird sie vom einem der beiden Aufzugsmagneten erfasst und auf das obere Flexprofil transportiert (auf dem Bild ist die Kette mit den Aufzugsmagneten noch nicht zu sehen). Während der Aufzugsfahrt werden zwei Lichtschranken durchlaufen. Die erste zählt Punkte, die zweite schaltet den Auslauf ein, aktiviert das Baustellenlauflicht entlang der Kugelbahnstrecke (blaue Leuchtsteine) und schaltet die Propeller der beiden Flugzeuge ein. Die Laufzeit ist am Electronics-Modul auf ca. 10 Sekunden eingestellt, damit die Kugel sicher wieder ins Spielfeld kommt.

Für das Baustellenlauflicht wird ein Electronics-Modul verwendet, bei dem die Lichteffektfunktion genutzt wird.

## Rückwand/Flugzeuge

Die Flugzeuge sollten nicht einfach nur an der Rückwand hängen, sondern auch zum optischen Spiel und Spaß beitragen. Da boten sich drehende Propeller an. Der erste Versuch war, die Propeller mittels Druckluft zu bewegen. Das funktioniert ganz gut, wenn man zwei Kompressoren pro Propeller einsetzt (viel Aufwand), hat aber einen entscheidenden Nachteil: Sie laufen nicht von selbst an, da sie nie so stehen bleiben, wie es zum Anlaufen erforderlich wäre.



Abb. 9: Rückwand mit Flugzeugen und kleiner Kugelbahn

Also waren „ein wenig Baumarkt“ und Minimotoren erforderlich. Der Rumpf der Flugzeuge besteht jetzt aus einem 4 mm-Messingrohr und einer darin liegenden 3 mm-Gewindestange. Vorne an der Gewindestange wird der Propeller (I-Strebe mit Loch 30) mittels Muttern befestigt. Am hinteren Ende kommt ein Stück Luftschauch zum Einsatz. Dieser verbindet als

„biegsame Welle“ die Gewindestange mit einem Minimotor in der Rückwand.

Die restlichen fischertechnik-Teile werden mittels Kabelbinder am Rumpf befestigt. Dafür waren noch einige Fräsen- und Bohrarbeiten erforderlich. Wenn man diesen Artikel nicht liest, wird man es nicht sehen...

## Give-aways

Das ist eine Geschichte für sich. Es fing damit an, dass ich für den „Drehflügel“ eine andere Idee suchte, um den Zählimpuls zu erzeugen. Bisher hatte ich hier Lichtschranken in Kombination mit Bauplatten gesehen. Beim Graben in einer meiner Kisten, fiel mir ein kleiner Bausatz „30 Jahre fischertechnikclub Nederland“ in die Hände. Das gefiel mir sehr gut, und nachdem ich es gebaut und montiert hatte, sahen im Vergleich dazu die anderen Funktions- und Spielelemente ein wenig „blass“ aus. Somit begann ich zu suchen, was es noch an Give-aways von fischertechnik gab und was noch im Bilderpool zu finden war. Das Ergebnis kann jetzt jeder sehen, aber es muss nicht jedem gefallen...

## Zählen

Wie schon gesagt, erfolgt das Zählen über die neuen Module von Hans-Christian Funke. Im oberen Bereich der Rückwand befinden sich jeweils links und rechts zwei miteinander verbundene Zähler. Damit können zwei Personen oder Gruppen bis jeweils 9.999 Punkte spielen. Die Zähler haben einen Eingang, der Einer und einen, der Zehner zählt. Alle für das Zählen genutzte Lichtschranken sind am Zehner-Eingang angeschlossen, Taster und Magnetsensor am Einer-Eingang. Eine Art „Joker“ beim Zählen stellt der Schacht dar. Da die Kugel und auch die Zylinder mehrfach sehr schnell an der Lichtschranke vorbeilaufen, führt das beim Zählen zu unterschiedlichen Ergebnissen – die schwanken zwischen 20 und 50 Punkten.

Die Umschaltung zwischen den Zählern erfolgt über zwei der Taster im vorderen Flipperbereich und ein Relaismodul – ebenfalls von Hans-Christian. Beim Test haben andere Relais zu Störungen geführt. Welcher der Zähler gerade aktiv ist, wird durch eine Leuchte links bzw. rechts vom Zähler angezeigt.

Der Zähler unten links dient zum Zählen der Kugeln.

Die Rückstellung der Zähler auf null erfolgt über drei der im vorderen Spielfeld befindlichen Taster.

## Ein- und Auslauf

Am Anfang liefen der Rotor und der Aufzug, sobald der Hauptschalter für die Spielfunktionen eingeschaltet wurde. Das fand ich auf Dauer ein wenig nervig. Daher änderte ich die Schaltung so, dass die beiden Funktionen nur dann laufen, wenn auch eine Kugel im Spielfeld ist. Über eine Lichtschranke beim Einschießen der Kugel in die Abschussbahn werden der Rotor und der Aufzug eingeschaltet und über die Lichtschranke am Auslauf wieder ausgeschaltet.

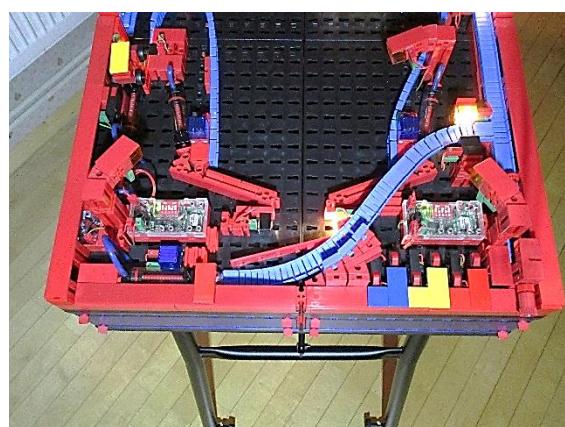


Abb. 10: Ein- und Auslauf sowie die Taster für die Zähler und den Kugeleinschuss

Über die Lichtschranke am Auslauf wird auch das kleine Dreikanal-Lauflicht im oberen Bereich der Rückwand (Platine mit LEDs) für einige Sekunden aktiviert. Eine

kleine Lötübung, die ich von der fischer-technik-Ausstellung in Münster im Januar 2020 mitnehmen durfte.

## Steuerung

Der Flipper wird komplett über neun Elektronik-Module gesteuert. Ein weiteres Modul dient, wie bereits beschrieben, der Steuerung des Baustellenlauflichtes an der Rückwand.

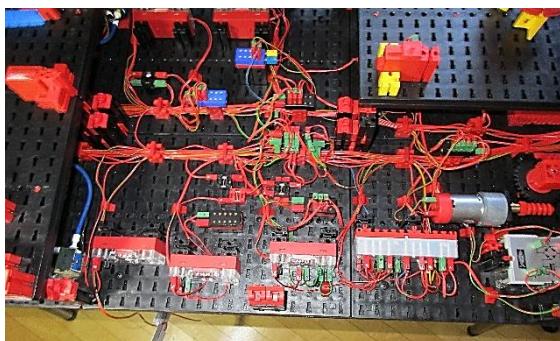


Abb. 11: Steuerung (1)

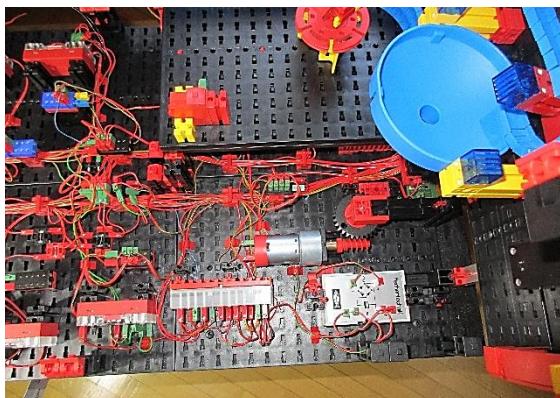


Abb. 12: Steuerung (2)

Die Module sind häufig als Monoflop geschaltet, aber auch das Grundprogramm kommt zum Einsatz. Als sehr vorteilhaft bei den verschiedenen Steuerungen hat sich das Potentiometer erwiesen, mit dem die Zeit der Modulausgänge eingestellt werden kann.

## Aufbau der Rückwand

Wie der Flipperboden ist auch die Rückwand als Doppelwand aufgebaut, mit einem Abstand von 15 mm zwischen den Bauplatten. In diesem Hohlraum sind außer den

beiden Minimotoren für den Propellerantrieb der Flugzeuge nur Kabel und Verteilerplatten untergebracht. Neben den Anbauwinkeln auf der Spielfläche dienen als weitere Befestigung zwei Aluprofile, die mit Anbauwinkeln an den unteren Bauplatten befestigt sind. Zusätzlich sind die Bauplatten mit den Aluprofilen verschraubt. Dabei sind die hinteren Bauplatten mit Rändelmuttern verschraubt und damit jederzeit entfernbar.

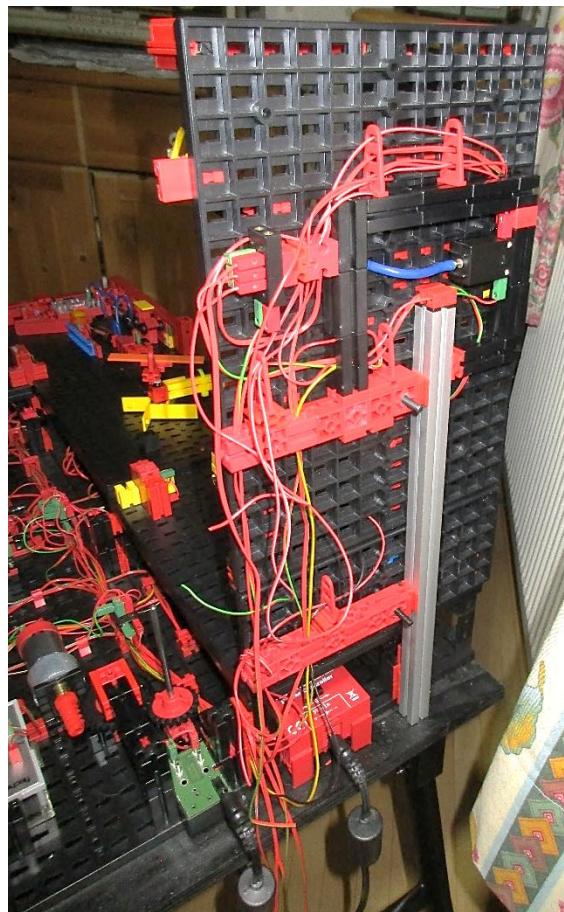


Abb. 13: Rückwand

## Beleuchtung

Der doppelte Boden wird mit 10 LEDs beleuchtet. Mit den blauen transparenten Platten ergibt das ein blaues Lichtband an drei Seiten.

Die Spielfläche und die Rückwand haben durch die zahlreichen Lichtschranken und die Zähler schon eine Grundbeleuchtung.

Zusätzlich gibt es LED-Spots mit orangefarbenen Rastleuchtkappen, die sowohl die Spielfläche als auch die Rückwand anstrahlen. Bei den LEDs verwende ich gern die Hausmarke von Stefan Roth [3].



Abb. 14: Flipper mit Beleuchtung



Abb. 15: Der Flipper im Dunklen

Zum Schluss noch ein paar Zahlen:

- Neun Elektronik-Module zum Steuern der einzelnen Funktionen und ein weiteres für das Baustellenlauflicht an der Rückwand
- Fünf Zählermodule, ein Relaismodul und ein Gleichrichter für die Zählfunktion
- Ein Kompressor mit Luftspeicher und fünf Magnetventilen für die Pneumatikfunktionen
- Neun Taster, neun Lichtschranken, ein Magnetsensor, vier Minimotoren, ein Powermotor und zahllose LEDs
- Zwei Netzteile mit vier Stromkreisen
- Ungefähr 600 Stecker mit vielen Metern Kabel.

## Referenzen

- [1] Hans Christian Funke: *Elektronikmodule (Teil 1): Einleitung*. ft:pedia [4/2019](#), S. 40-46.
- [2] Dirk Wölffel: *fischertechnik-Flipper*. ft:pedia [2/2017](#), S. 74-81.
- [3] Stefan Roth: <https://www.fischerfriendsman.de>

Modell

## Modulix

Hans-Christian Funke

*Robotik ist das aktuelle Thema – Maschinen, die uns Arbeit abnehmen und in eigener Regie einen Arbeitsvorgang erledigen. Das wird in der Regel durch eine Programmsteuerung realisiert, aber auch hier lagen einmal die Anfänge in einfachen logischen Verknüpfungen.*

### Darf ich vorstellen – MODULIX

Ziel ist war es, ein kleines Fahrzeug zu bauen, das einem schwarzen Streifen folgen kann, und dabei nur herkömmliche Elektronik einzusetzen (ohne Programmierung).

Basierend auf dieser Grundidee wird ein Fahrzeug mit zwei Sensoren, einem Antrieb und einer Lenkung benötigt. Durch Verwendung von zwei Motoren beim Antrieb konnte ich auf die Lenkung verzichten, denn durch Anhalten eines Motors (eines

Rades) wird automatisch eine Drehung des Fahrzeugs erreicht.

Mit diesen Voraussetzungen ergab sich eine recht simple Schaltung für das Fahrzeug (Abb. 2) und die Konstruktion des Fahrzeugs konnte ebenfalls einfach gehalten werden.

Für den Aufbau der Schaltung werden neben den zwei Motoren also auch zwei Fotozellen (Fotowiderstände), zwei Linsenkopf-Lampen und zwei Elektronikmodule 70011 (4 AND-NAND-Gatter) und 70018

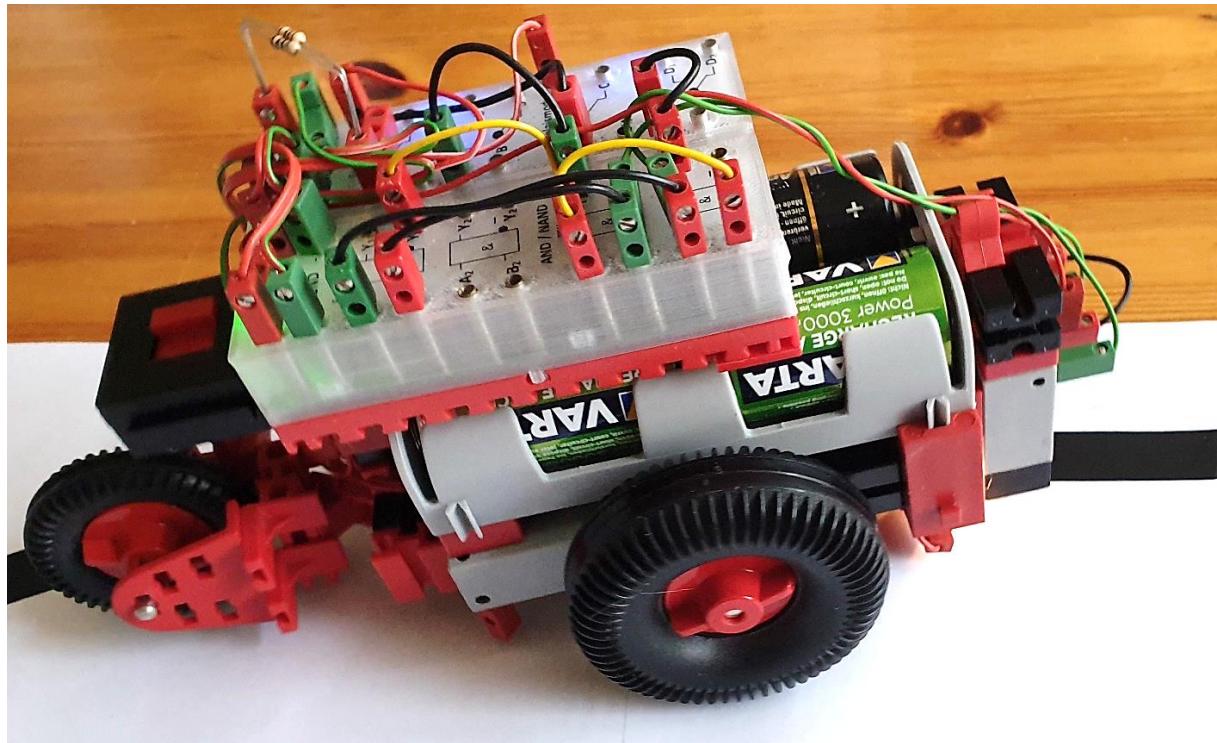
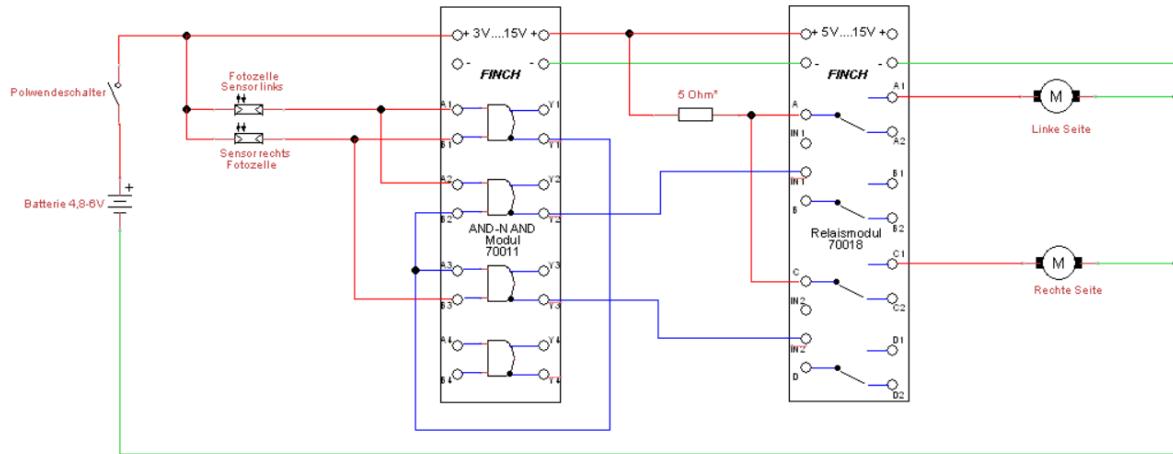


Abb. 1: Modulix



\*  $10\text{ Ohm parallel }10\text{ Ohm} = 5\text{ Ohm}$   
für die 10 Ohm reicht ein 1/4 Watt Widerstand aus.

Abb. 2: Die Schaltung für Modulix

(zwei Relais) benötigt. Alternativ können für das Relaismodul 70018 auch das Relaismodul 70023, der Leistungstreiber 70009 oder das Inverter-Plus-Modul 70019 eingesetzt werden.

Vorteilhaft wäre der Einsatz der Module 70009 oder 70019, weil diese schneller schalten als ein Relais, aber darauf komme ich später noch einmal zu sprechen.

## Aufbau

Beginnen solltet ihr mit der Sensor-Baugruppe, die aus den beiden Fotozellen besteht (Abb. 3 und 4).

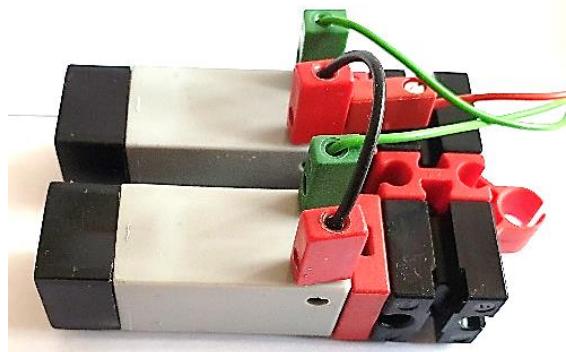


Abb. 3: Fotowiderstände mit Störlichtkappen

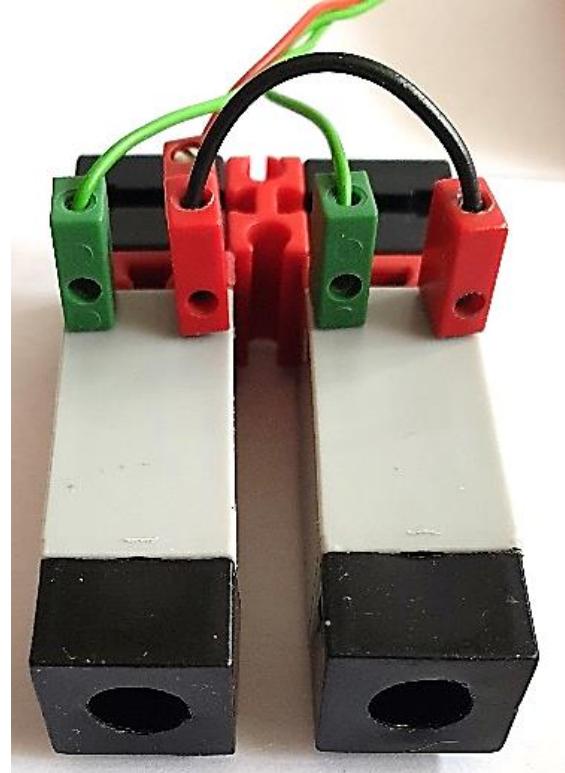


Abb. 4: Störlichtkappen mit Bohrung 8 mm

Eine weitere separate Einheit bildet das Laufrad hinten, das Stabilisierung und Unterstützung bei der Lenkung des Fahrzeugs bietet (Abb. 7). Nachdem die beiden kleinen Baugruppen fertiggestellt sind, kann es auch schon an das Grundgerüst gehen (Abb. 5, 6, 8).

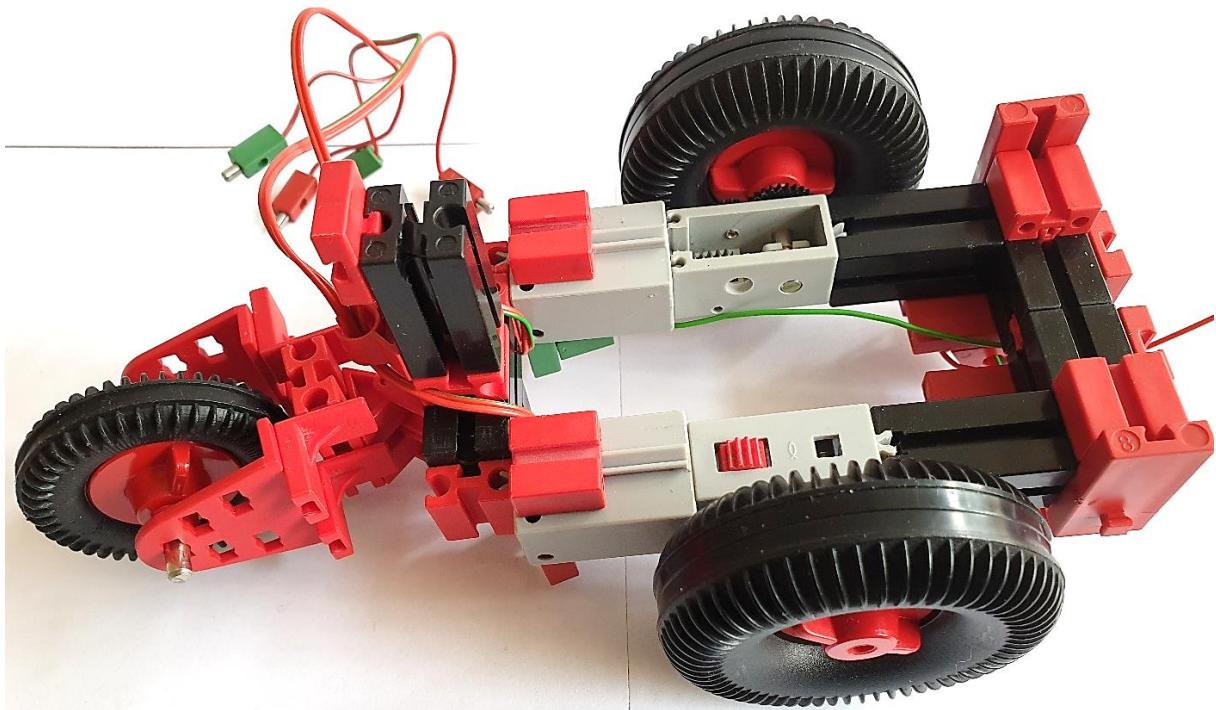


Abb. 5: Grundaufbau von Modulix mit bereits montiertem Laufrad

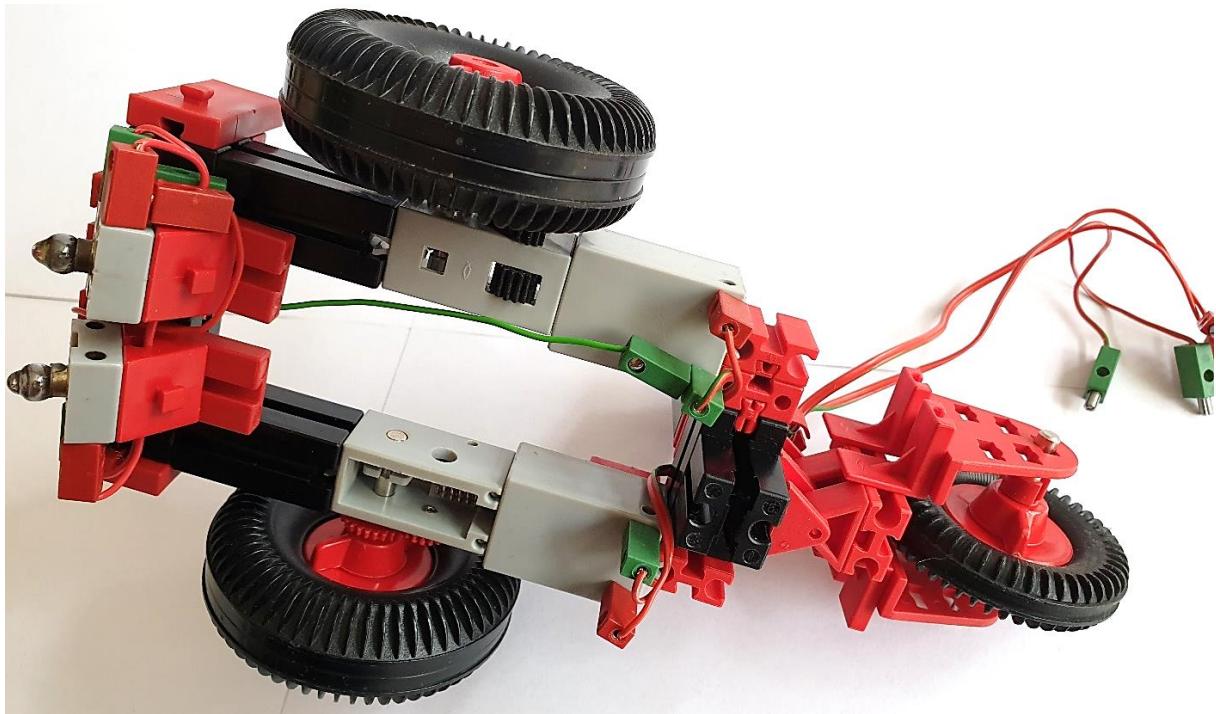


Abb. 6: Modulix von unten gesehen mit den beiden montierten Linsenkopflampen

Sobald ihr alles – wie auf den Bildern zu sehen – montiert habt, könnt ihr Modulix wieder auf die Räder stellen und den Batteriehalter mit Schalter montieren (Abb. 9).

Auf der Frontseite wird nun noch die Sensor-Baugruppe angesteckt (Abb. 10). Der Sensor muss später noch ausgerichtet werden. Schlussendlich können die Module oberhalb des Batteriehalters montiert werden (Abb. 9 und 11).

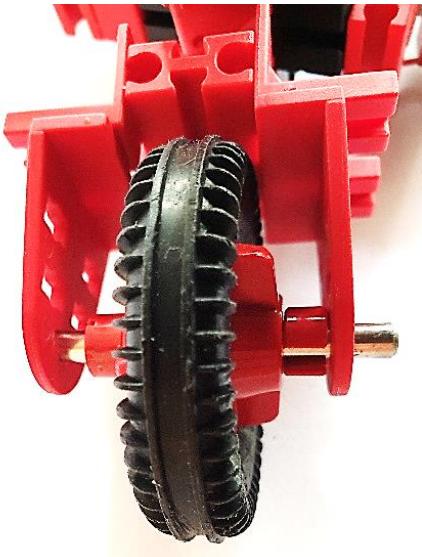


Abb. 7: Lenk- und Laufrad

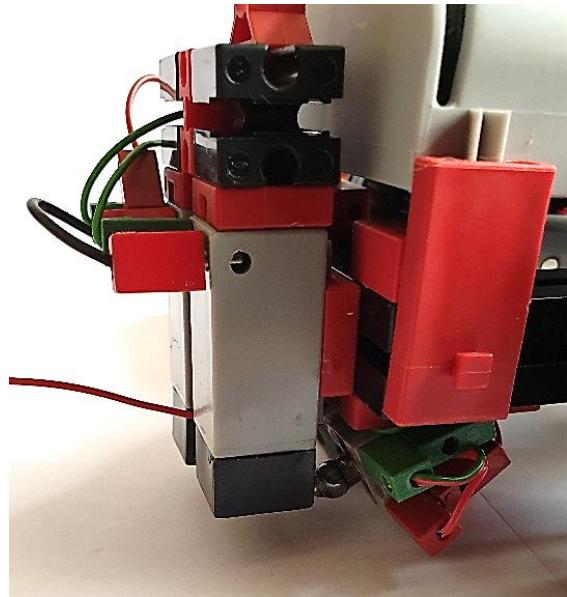


Abb. 10: Die montierte Sensor-Baugruppe

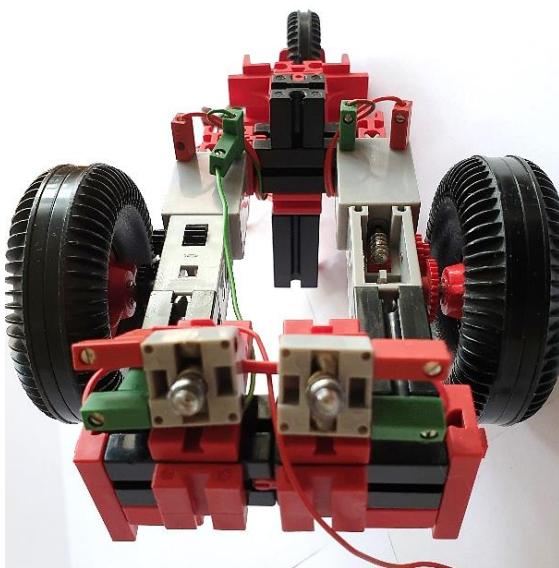


Abb. 8: Modulix von vorne



Abb. 11: Module mit einer Bauplatte 15 · 60 verbunden (siehe auch Abb. 1)

Geschafft – der Aufbau des Fahrzeugs ist fertig!

Was jetzt noch fehlt, ist die Verkabelung. Stellt die Verkabelung nach dem Schaltplan in Abb. 2 her.

Wie ihr auch schon auf den Bildern sehen konntet, habe ich die Kabel für Motoren, Lampen und Sensoren schon während der Montage angesteckt. Somit sind alle Kabel bereit, um an die Elektronikmodule gesteckt zu werden.

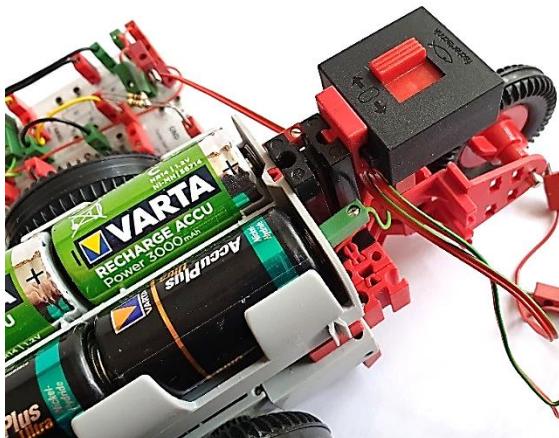


Abb. 9: Modulix mit Batteriehalter und Schalter (siehe auch Abb. 1)

## Besonderheiten

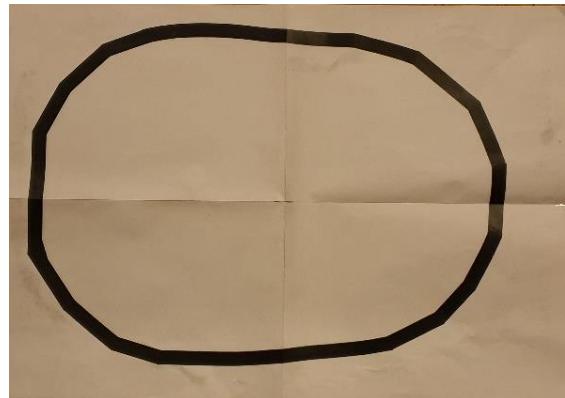
Ja, Modulix hat ein paar Besonderheiten, die der einfachen Konstruktion geschuldet sind. Es bleibt also eurer Fantasie und eurem Erfinderreichtum überlassen, hier noch Verbesserungen vorzunehmen.

In den Batteriehalter habe ich Akkus eingesetzt (4,8 V statt 6,0 V), damit Modulix nicht zu schnell rollt, aber selbst das reichte noch nicht. Durch seine Bauart (Abstand Räder – Sensoren) wird beim Stoppen eines Rades ein ziemlich starker Schwenk ausgeführt. Ist Modulix zu schnell, kann es leicht passieren, dass er die Spur verliert. Dazu kommt noch, dass die langsamten Schaltzeiten der Relais die Reaktion von Modulix auch noch verzögern (daher, wie schon eingangs erwähnt, lieber den 70009 oder 70019 verwenden). Somit musste ich die Geschwindigkeit noch einmal mit einem Widerstand von  $5 \Omega$  ( $2 \cdot 10 \Omega \frac{1}{4} \text{ W}$  parallelgeschaltet) in der Leitung zu den Motoren drosseln – damit funktioniert es.

## Justierung

Die Ausrichtung der Sensoren (Abstand zwischen den Fotozellen und Abstand zum Boden) nehmt ihr besser ohne laufende Motoren vor. Als Laufstreifen für Modulix könnt ihr ein 1-2 cm breites schwarzes Klebeband verwenden und auf Papier kleben. Abb. 12 zeigt eine Streckenführung, die keine sehr starken Kurven haben sollte, weil Modulix nur einen bestimmten Radius fahren kann. Den Klebestreifen habe ich auf ein DIN-A2-Blatt aufgebracht (vier Blätter DIN A4 zusammengeklebt = DIN A2) und dann Modulix über den Streifen gehalten.

Sobald ein Sensor über dem schwarzen Klebeband steht, muss ein Relais deutlich klicken – auch die LEDs signalisieren die Reaktion der Fotowiderstände. Sobald beide Fotozellen reagieren, könnt ihr die Motoren anstecken und noch einmal prüfen, ob alles stimmt.



*Abb. 12: Parcours für Modulix auf DIN-A2-Papier*

## Letzter Test

Schaltet Modulix ein und haltet ihn in der Hand. Beide Räder sollten sich in die gleiche Richtung drehen, und zwar so, dass Modulix in Richtung der Fotozellen fährt (ansonsten müsst ihr die Anschlüsse am Motor vertauschen). Stimmt alles, dann ist Modulix einsatzbereit und kann auf die Stecke gesetzt werden. Viel Spaß beim Testen, Probieren und Justieren.

Auf [1] gibt es einen kleinen Video-Clip, der Modulix in Aktion zeigt.

## Verweise

- [1] Funke, Hans-Christian: [Modulix](#). youtube.com.

Computing

# Adapter für fischertechnik-Computing-Modelle

Peter Gabriel

*Die fischertechnik-Computing-Modelle der 80er Jahre sind noch immer ein Hingucker – und eignen sich bis heute für den Einsatz im Unterricht, zumal sie noch in vielen Schulen vorhanden sind. Mit einem einfachen Arduino-Adapter lassen sie sich aus dem Dornröschenschlaf aufwecken und für einen modernen Informatik-Unterricht wiederbeleben.*

## Hintergrund

Seit Mitte der 80er Jahre gibt es die fischertechnik-Computing-Baukästen. Darin wurden die fischertechnik-Motoren und -Taster an ein spezielles Interface angeschlossen. Für die Schule gab es die CVK-Version, die mittels verschiedener Adapter den Anschluss an unterschiedliche Computersysteme ermöglichte. Ganz sicher liegen diese fischertechnik-Kästen noch in sehr vielen deutschen Schulen herum – nur selten wird Schuleigentum verkauft.

Eine Wiederbelebung der alten Kästen ist allerdings nicht ohne Weiteres möglich. Denn erstens müsste geprüft werden, welche Software sich zur Ansteuerung eignet – auch in der Schule ist man heute bei Windows 10 angekommen. Und zweitens benötigen die CVK-Schulinterfaces einen parallelen Anschluss, den es so nicht mehr an PCs gibt – hier müsste man sich also mit Adapters behelfen. Schließlich überschreitet drittens das Alter der Interfaces allmählich auch die Lebensdauer handelsüblicher Elektrolyt-Kondensatoren (Elkos), sodass diese die Ladung nicht mehr halten können und die Interfaces deshalb nicht mehr funktionieren.

Nach einem großen fischertechnik-Fund in unserem Schulkeller stand ich vor genau diesen Problemen. Was also tun, um die fischertechnik-Roboter wiederzubeleben?

## Mikrocontroller

Seit einigen Jahren sind in der Schule verschiedene Mikrocontroller etabliert. Die Arduino-Plattform gehört dazu, auch der Calliope mini gewinnt an Bedeutung. Gerade wurde in NRW das Pflichtfach Informatik in Jahrgang 5 und 6 beschlossen. Hier können – als ein Unterrichtsvorhaben von vielen – Mikrocontroller visuell programmiert werden. In NRW wurde dazu in den Regierungsbezirken Düsseldorf und Köln eine Calliope-Offensive gestartet [1].

fischertechnik bietet selbst kleine Sets für den Mikrocontroller Calliope an. Über Portpins am Calliope mini kann jedoch nur ein (schwacher) Motor in zwei Richtungen angesteuert werden. Da für den Arduino viel Zusatzhardware verfügbar ist, habe ich diese Plattform als Ersatz für die Steuerung über das fischertechnik-Interface gewählt. Außerdem können jüngere Schüler diese Plattform über moderne grafische Programmierumgebungen wie Ardublockly oder NEPO (Open Roberta) programmieren. Ältere Schüler können auch direkt den C-ähnlichen Arduino-Code verwenden.

Auf dem Arduino kann die komplette Software abgelegt werden – der PC ist dann nur für die Programmierung erforderlich. Es ist auch denkbar, mithilfe eines Protokolls über die USB-Schnittstelle den angeschlossenen fischertechnik-Roboter vom PC aus fernzusteuern.

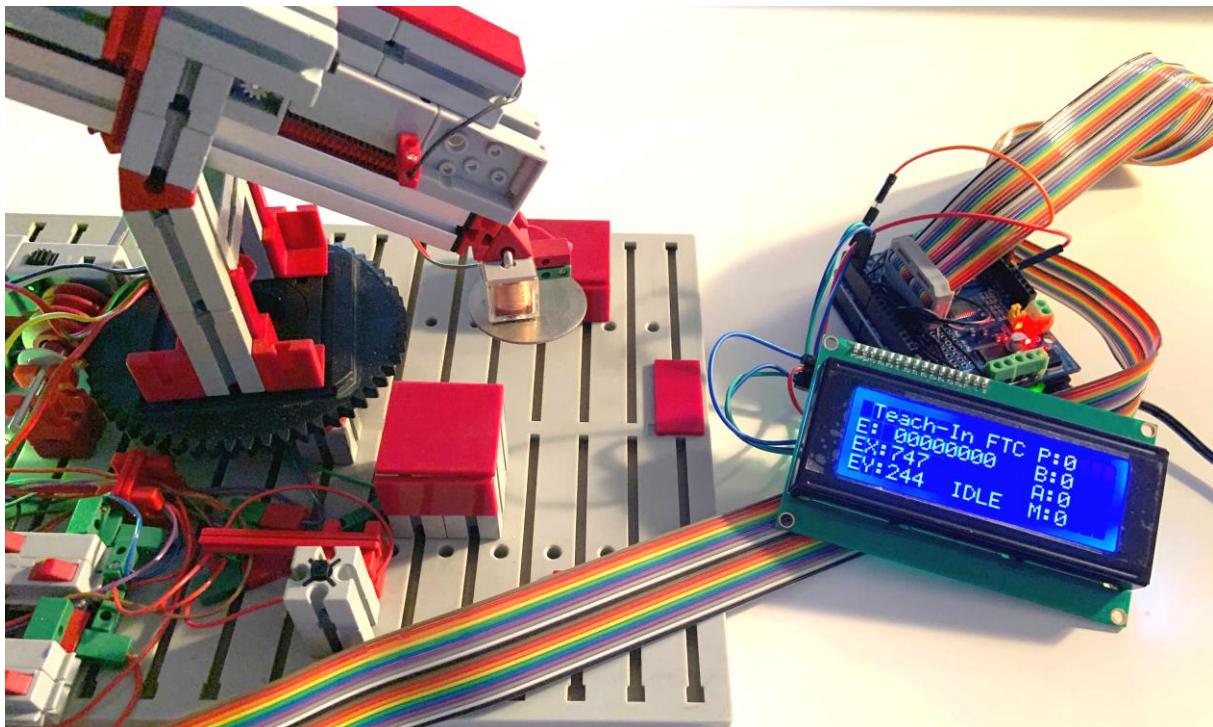


Abb. 1: fischertechnik-Teach-In-Roboter mit Arduino-Interface

Hardwareseitig wählte ich das Motor Shield v2 von Adafruit zusammen mit einem Arduino Leonardo. Das Shield kommuniziert über I<sup>2</sup>C mit dem Arduino, dadurch stehen genug Portpins für die fischertechnik-Taster zur Verfügung.

Als Modell für den *Proof of Concept* musste der Teach-In-Roboter aus dem fischertechnik-Computing-Kasten 30554 herhalten. Beim Bau des Modells nach Anleitung [2] fiel auf, dass der Bau nach Anleitung in den 80er Jahren alles andere als kinderleicht war. Man musste damals noch richtig überlegen, da z. B. neu anzubauende Teile auf dem Bild verdeckt waren.

Abb. 1 zeigt den Arduino Leonardo mit Motor Shield und Adapter sowie das angeschlossene Teach-In-Modell. Über ein 20x4 Display (ebenfalls über PC angesteuert) werden Statusanzeigen ausgegeben.

## Anschluss an den Arduino

Da ich das originale Flachbandkabel weiterverwenden wollte, war ein Adapter nötig. Das Motor Shield bietet für solche Zwecke einen genügend großen Prototyping-Bereich.

Die Belegung des Steckers des Original-Interfaces zeigt Abb. 2: Es gibt Anschlüsse für vier Motoren, acht Eingänge sowie zwei Analogwerte der Potentiometer (EX und EY).

		ST2	
E1	brown	1	2 red E2
EX	orange	3	4 yellow EY
COM	green	5	6 blue E3
E4	purple	7	8 grey E5
E6	white	9	10 black E7
E8	brown	11	12 red COM
M1+	orange	13	14 yellow M1-
M2+	green	15	16 blue M2-
M3+	purple	17	18 grey M3-
M4+	white	19	20 black M4-

Abb. 2: Anschlussbelegung des CVK-Interface

Der Fertigungs-Ansatz des Adapters ist *straight forward* – die analogen und digitalen Pins und die Motor-Ports des Motor Shield werden direkt mit den Anschlüssen des Flachbandkabels verbunden; es sind keine weiteren Teile nötig. Auf Pull-Down- oder Pull-Up-Widerstände kann verzichtet werden, da der Arduino über interne Pull-Up-Widerstände verfügt, die per Software zugeschaltet werden können.

Die Verkabelung der Adapter-Anschlüsse mit den Arduino-Pins und Motor-Ports zeigt der Schaltplan in Abb. 3 (die Zeichnung habe ich in Fritzing realisiert). Die Farben der einzelnen Verbindungskabel entsprechen den Farben des Flachbandkabels.

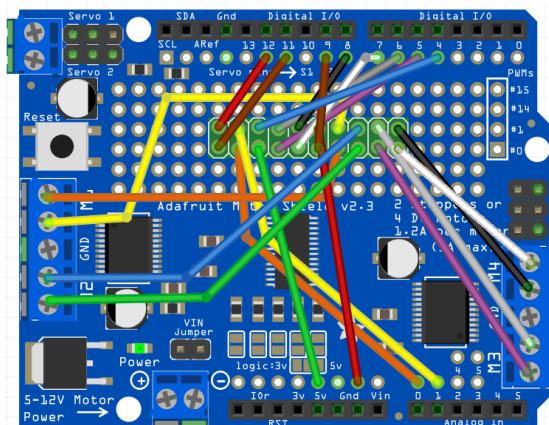


Abb. 3: Verbindung der Adapteranschlüsse mit den Pins des Motor Shields

Die Dokumentation der Adafruit-Motorsteuerung [3] zeigt, dass Pins 2 und 3 nicht verwendet werden dürfen, da hier bei einigen Arduino-Modellen der I<sup>2</sup>C-Bus anliegt.

## Steuerungssoftware

Für die Ansteuerung und Fernsteuerung des Teach-In-Modells habe ich eine Arduino-Bibliothek FTControl entwickelt, die einige Befehle bereitstellt. Sie enthält außerdem Beispielprogramme zum einfachen Motor- und Tastertest sowie eine Fernsteuerung des Teach-In-Modells und eine Software zum tatsächlichen Teach-In von Bewegungen [4]. Dabei ist die richtige Zuordnung der Motoren und Taster wichtig; diese ist in den

Beispielen beschrieben. Die Bibliothek steht auf GitHub zum Download zur Verfügung [5].

```
#include <FTControl.h>
FTControl ftc;

#define MOTORNUM 1
#define FORWARD 1
#define BACKWARD 2

void setup() {
    ftc.begin();
    ftc.setSpeed(MOTORNUM, 180);
    ftc.forward(MOTORNUM);
    ftc.stop(MOTORNUM);
}

void loop() {
    if (ftc.checkE(FORWARD) == LOW) {
        ftc.forward(MOTORNUM);
    } else if (ftc.checkE(BACKWARD) == LOW) {
        ftc.backward(MOTORNUM);
    } else {
        ftc.stop(MOTORNUM);
    }
    delay(20);
}
```

Listing 1: Beispielprogramm

Listing 1 zeigt ein Beispielprogramm zur Steuerung eines Motors (Vorwärts- und Rückwärtsgang) über zwei Taster E1 und E2: Wird Taster E1 gedrückt, läuft der Motor 1 vorwärts, bei E2 läuft der Motor rückwärts. Der Motor stoppt wenn kein Taster gedrückt ist.

Im Internet finden sich auch andere Ansätze für die Steuerung alter fischertechnik-Computing-Modelle. Die meisten Ansätze achten auf eine Steckmöglichkeit der fischertechnik-Steckverbinder und nicht auf eine Kompatibilität mit dem alten Flachbandkabel. Mir kam es insbesondere darauf an, die alten Kästen in der Schule mit geringem Aufwand weiterverwendbar zu machen.

## Fazit

Mithilfe des Arduino-Mikrocontrollers lassen sich alte fischertechnik-Computing-Sets auch ohne Original-Interface weiterbenutzen. Das ist insbesondere sinnvoll, um modernere Unterrichtsansätze mit neuen Mitteln zu verfolgen. Das vorgestellte Interface lässt sich für weniger als zwanzig Euro (Motor Shield, Anlötpins) anfertigen.

Noch sinnvoller wäre es, für den Arduino ein erweitertes Motor Shield zu produzieren, mit dem die Taster ebenfalls über I<sup>2</sup>C angesprochen werden, so dass die Portpins des Arduinos weitgehend für andere Nutzungen frei bleiben.

## Referenzen und Links

- [1] Danina Esau: [Wenn Kinder programmieren lernen. Schule und Ausbildung in Erkrath.](#) RP Online, 11.11.2019.
- [2] fischertechnik Computing: [Bauanleitung zum Baukasten 30554](#) (Teach-In-Roboter), Fischerwerke, 1984.
- [3] Lady Ada: [FAQ Adafruit Motor Shield V2](#), Adafruit.
- [4] Peter Gabriel: [ftControl](#), Arduino-Bibliothek, GitHub.
- [5] Peter Gabriel: [FTControl Teach-In Roboter](#). Video, Youtube.com.

## Modell

# Solarzellennachführer

Dirk Fox

*Die Stromausbeute einer Solarzelle hängt nicht nur von der Anzahl der Sonnenstunden und der Intensität der Einstrahlung, sondern auch vom Einfallswinkel ab – also der Ausrichtung der Solarzelle zur Sonne hin. Wie viel Einfluss aber hat der Einfallswinkel auf den Wirkungsgrad?*

## Hintergrund

Solarzellen spielen bei der Energiegewinnung eine immer größere Rolle. Weil Photovoltaikanlagen viel Fläche benötigen, werden sie vor allem zur dezentralen Stromerzeugung eingesetzt – auf Hausdächern oder in Gehäusen von Klein(st)geräten wie z. B. Taschenrechnern.

Dabei ist Deutschland eigentlich kein guter Standort für die Nutzung von Sonnenenergie. Denn hier sind nicht nur die Anzahl der Sonnenstunden im Jahr und die Intensität der Wärmestrahlung deutlich niedriger als in südlicheren Ländern: Auch der Einfallswinkel der Sonne ändert sich sowohl im Tages- als auch im Jahresverlauf erheblich. Wer also mit seinen Solarzellen eine größere Stromausbeute erzielen möchte, sollte sie kontinuierlich so ausrichten, dass die Sonneneinstrahlung maximal ist, also (in der Regel) senkrecht einfällt.

Wie groß aber ist der Einfluss des Einfallswinkels auf den Wirkungsgrad tatsächlich? Lohnt es, den Einfallswinkel im laufenden Betrieb zu optimieren? Das möchten wir mit Hilfe eines fischertechnik-Modells herausfinden.

## Historisches

Das Modell eines Solarzellennachführers fand sich schon im allerersten Computing-Kasten von fischertechnik – seiner Zeit, wie damals oft, erheblich voraus (Abb. 1). Wir

schrieben das Jahr 1984 – ihr erinnert euch (oder auch nicht...): das war das Jahr, in dem Richard von Weizsäcker zum Bundespräsidenten und der Schauspieler Ronald Reagan zum US-Präsidenten gewählt wurden, in dem Liechtenstein das Wahlrecht für Frauen einföhrte, Apple den Macintosh und IBM den PC/AT auf den Markt brachten.

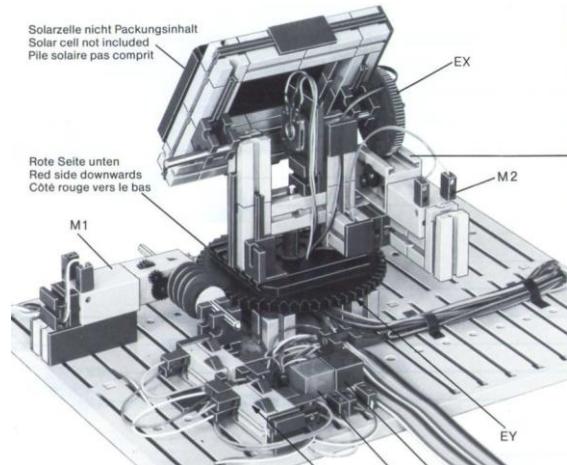


Abb. 1: Solarzellennachführer, Baukasten fischertechnik Computing ([30554](#)), 1984 [1]

Der fischertechnik-Solarzellennachführer wurde in Basic programmiert und über das (serielle) Interface angesteuert. Das Beispielprogramm im Baukasten stellte die Solarzelle abhängig von Datum, Uhrzeit, Längen- und Breitengrad senkrecht zum Sonnenstand [2].

Was im Jahr 1984 noch ein wenig wie Science Fiction anmutete, ist heute normal. Photovoltaik hatte im vergangenen Jahr

einen Anteil von 7,4% an der Stromerzeugung in Deutschland – im Sommer 2019 lag der Anteil an einzelnen Tagen um die Mittagszeit sogar bei über 50%.

Solarzellen gehören seit Mitte der 90er Jahre zum fischertechnik-Bauteilsortiment. Zwar sind diese klein und liefern bestenfalls genug Leistung, um einen 2V-Solar-Micromotor ([156494](#)) anzutreiben – aber ein paar interessante Experimente sind mit ihnen möglich. Im Folgenden stellen wir einen Solarzellennachführer vor, der den Wirkungsgrad der fischertechnik-Solarmodule 1 V/440 mA ([146142](#)) und 2 V/200 mA ([156121](#)) maximiert (Abb. 2).



Abb. 2: fischertechnik-Solarmodule

## Konstruktion

Das Modell unseres Solarzellennachführers ist einfach gehalten. Den Kern bilden zwei Drehkränze Z58 ([31393](#)) mit S- ([32293](#)) bzw. XS-Motor ([137096](#)), U-Getriebe ([31078](#)) und Schneckenantrieb 20 m=1,5 ([32886](#)), montiert auf einer Grundplatte 120·60·7,5.

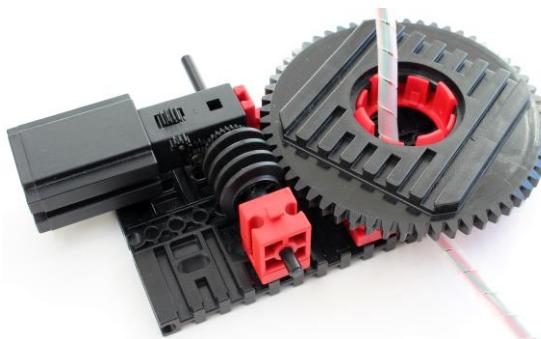


Abb. 3: Horizontaler Drehkranz mit Schneckenantrieb

Abb. 3 zeigt die Mechanik für die horizontale Drehachse. Die Kabel des Sensors und

des Motors für die vertikale Drehachse werden durch die mittlere Öffnung des Drehkränzes hindurch nach außen geführt (im Bild in einem Spiralschlauch zusammengefasst). Auf den Drehkranz setzen wir, befestigt an je zwei BS 30 plus einem BS 15, den vertikalen Drehkranz und den zugehörigen Schneckenantrieb.

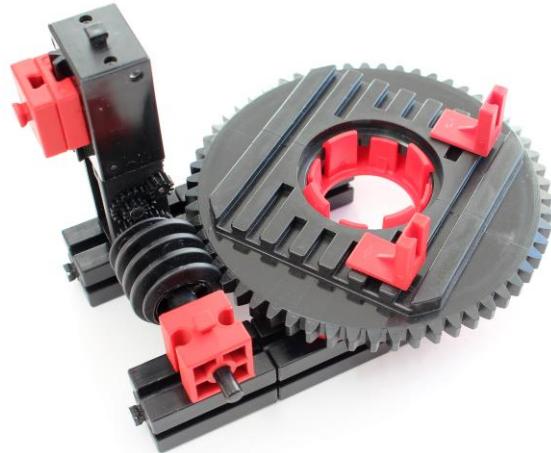


Abb. 4: Vertikaler Drehkranz mit Schneckenantrieb

Abb. 4 zeigt die Konstruktion auf der Seite liegend. Die Zapfen der BS 30 (links unten im Bild) und des BS 5 unter dem XS-Motor werden in die äußeren Nuten der (schwarzen) Oberseite des horizontalen Drehkränzes (siehe Abb. 3) geschoben.



Abb. 5: Befestigung der Solarzelle

Auf der drehbaren (schwarzen) Seite des vertikalen Drehkranzes wird das auszurichtende Solarmodul befestigt (Abb. 5). Dazu werden die Zapfen der beiden Federnocken in die auf dem Drehkranz sitzenden Winkelsteine 10·15·15 ([38423](#)) geschoben. Der Winkelstein auf der Rückseite des Solarmoduls ist die Halterung für den Sensor (siehe unten).

Über die beiden Schneckenantriebe kann die Solarzelle nun auf jeden möglichen Einfallswinkel der Sonnenstrahlung ausgerichtet werden.

## Steuerung

Die Steuerung des Solarzellennachführers realisieren wir mit einem ROBO Pro-Programm für den Robotics TXT Controller.

Neben der Ausrichtung der Solarzelle nach dem (berechneten) Sonnenstand gibt es noch eine andere Möglichkeit, die beste Position unseres Solarmoduls einzustellen. Dazu müssen wir die Nachführung mit einem Sensor ausstatten, der die Intensität der Sonneneinstrahlung in einer bestimmten Position misst. Mit den Messwerten können wir dann einen Regler „füttern“, der die Position der Solarzelle in regelmäßigen Abständen zur Position mit der höchsten Lichtausbeute bewegt.

In der Praxis können wir damit sogar bessere Resultate erzielen: Wird die Solarzelle von einer Wolke oder einem Gebäude beschattet, kann eine andere als die dem Sonnenstand zugewandte Position die höchste Energieausbeute liefern.

## Sensor

Als Sensor können wir die Solarzelle selbst wählen und die ausgegebene Spannung messen. Da wir die von der Solarzelle gelieferte Spannung später noch für einen anderen Zweck auswerten möchten, greifen wir auf den Fotowiderstand LDR03 ([32698](#)) zurück (Abb. 5) [3]. Wer noch einen der grauen fischertechnik-Fotowiderstände

T9011 ([31361](#)) besitzt, kann auch diesen verwenden.

Der Sensor wird an einen der acht Eingänge des TXT angeschlossen und als „Analog 5 kOhm“ ausgewertet. Mit einer Störlicht-Kappe 8 (in rot oder gelb, [31321/31914](#)) arbeitet der Sensor ggf. etwas fokussierter.

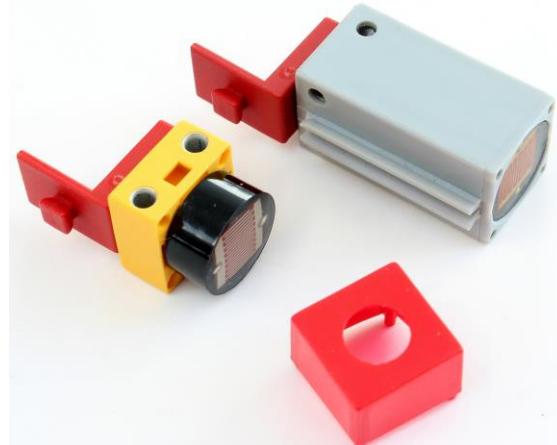


Abb. 5: fischertechnik-Fotowiderstand LDR03 (links) und T9011 (rechts), Störlichtkappe 8

## Regler

Um die Position mit dem besten Wirkungsgrad unserer Solarzelle zu finden, benötigen wir einen Extremwertregler (*Extremum Seeking Control*): Er muss den Punkt finden, an dem der Wert, den unser Fotowiderstand liefert, minimal ist.

Im Allgemeinen ist ein Extremwertregler sehr aufwändig. Denn wenn es mehrere Positionen gibt, an denen der Widerstandswert kleiner ist als an den Punkten in der näheren Umgebung (ein „lokales Minimum“ also), dann lässt sich das kleinste dieser lokalen Minima, das „globale Minimum“, nur finden, indem man alle möglichen Positionen mit dem Sensor ausmisst und dann die Position mit dem niedrigsten Sensorwert (also den hellsten Punkt) auswählt.

Dafür benötigt man jedoch nicht nur sehr viele Sensorbewegungen; es würde zudem so lange dauern, dass bei der Erfassung des Messwerts an der letzten Position die Werte

der ersten gemessenen Positionen bereits veraltet wären.

Unsere Aufgabenstellung ist zum Glück deutlich einfacher als diese allgemeine Optimierungsaufgabe. Denn bei Sonneneinstrahlung gibt es – zumindest in der Regel – nicht mehrere Minima, sondern nur genau einen „hellsten Punkt“, den wir finden müssen. Und dieser Punkt ist normalerweise nicht scharf abgegrenzt: auf dem „Weg“ dorthin wird es kontinuierlich heller. Daher muss unser Regler den Sensor (und damit die Solarzelle) nur so lange in die Richtung bewegen, in der es heller wird, bis dieser keinen kleineren Widerstandswert mehr liefert.

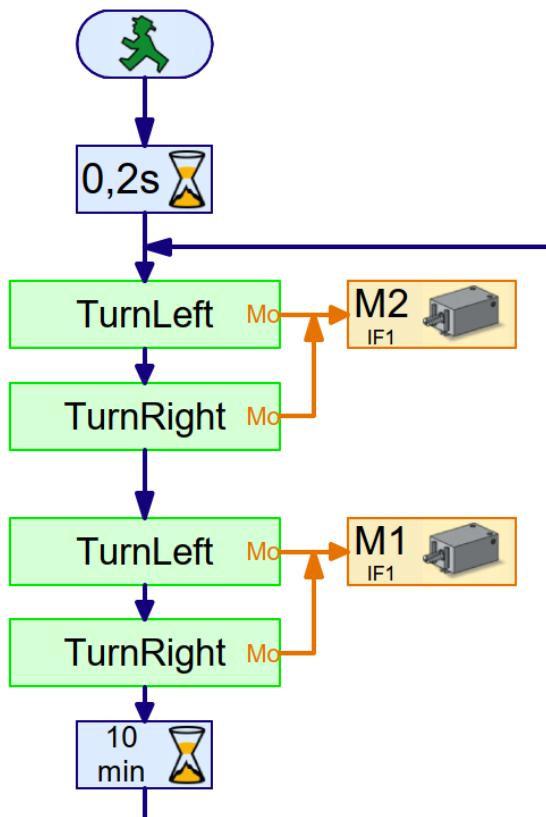


Abb. 6: ROBO Pro-Regler

Die Regelung nehmen wir sowohl in horizontaler als auch in vertikaler Richtung vor. Unser Regler misst dazu den Helligkeitswert (Widerstandswert) in der aktuellen Position, bewegt das Solarmodul (und den Sensor) zunächst horizontal in eine Richtung, und misst nach einer kurzen Pause

erneut. Ist es dort heller (der Widerstandswert also kleiner), wird die Bewegungsrichtung beibehalten (Abb. 6). Ist es dort dunkler, wird die Bewegungsrichtung umgekehrt, bis auch in dieser Richtung kein kleinerer Widerstandswert mehr gemessen wird. Anschließend erfolgt dasselbe in der Vertikalen.

### Messfrequenz und Genauigkeit

Für die korrekte Bestimmung des niedrigsten Sensorwertes sind zwei Parameter von Bedeutung: die Messfrequenz (also die Länge der Pause zwischen zwei Messungen) und die Genauigkeit der Sensorwerte.

Die Genauigkeit des Sensors können wir bestimmen, indem wir messen, in welchem Bereich ein Sensorwert „oszilliert“. Das kann ein kleines ROBO Pro-Programm leisten, das den maximalen und minimalen in einem vorgegebenen Zeitraum gemessenen Wert (bei unveränderter Helligkeit) bestimmt. Bei unserem Helligkeitssensor gelingt das (bei Sonnenschein) auch mit Hilfe des Interface-Tests und dem bloßen Auge: Man kann erkennen, dass der Sensorwert bei direktem Lichteinfall maximal um  $\pm 1$  variiert.

Bei Abschattung ist der Wertebereich, in dem der Widerstandswert oszilliert, allerdings größer. Dafür ist die zusätzliche Energieausbeute, die wir durch die Nachführung bestehenfalls gewinnen können, bei bedecktem Himmel oder Dämmerung erheblich geringer; eine fehlerhafte Nachführung fällt daher nicht besonders ins Gewicht. Die Schwankung können wir ein wenig abschwächen, indem wir einen Filter einbauen – z. B. indem wir aus mehreren direkt aufeinander folgenden Messungen den Mittelwert bestimmen. Dazu habe ich ein Hilfsprogramm integriert, das den Mittelwert aus einer vorgebbaren Anzahl von Messungen (Samples) bestimmt und diesen – statt des aktuellen Sensorwertes – als Eingabe für den Regler verwendet (Abb. 8).

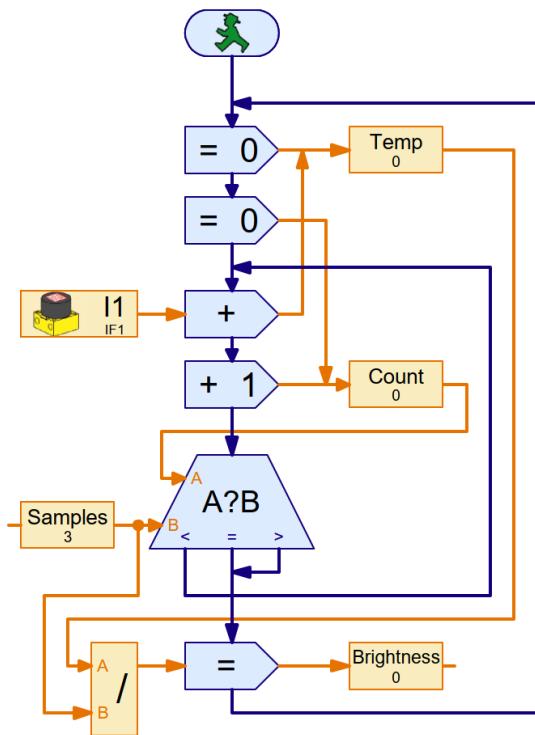
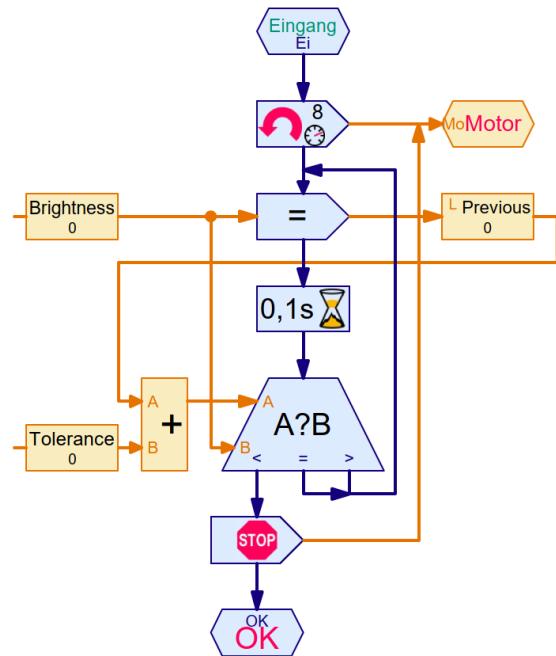


Abb. 8: Mittelwertbestimmung

Den Abstand zweier aufeinander folgender Messungen müssen wir so groß wählen, dass im Messintervall auch etwas „passieren“ kann, wenn wir das Solarmodul bewegen. Liegt die Änderung im Messintervall in der Toleranz, die wir wegen der Ungenauigkeit der Sensorwerte zulassen, wird der Regler einen Anstieg oder ein Sinken der Messwerte nicht bemerken.

Umgekehrt darf das Messintervall auch nicht zu groß sein, sonst kommt es zu „Überschwingen“ des Reglers, d. h. der Regler stoppt die Bewegung erst, wenn der Sensorwert bereits wieder deutlich über dem kleinstmöglichen Wert liegt.

Bei meinen Experimenten hat sich ein Messintervall von 0,1-0,2 s bewährt; bei Sonnenschein und ohne Berücksichtigung von Messungenauigkeiten (Abb. 9). Bei bedecktem Himmel ist die Justierung des Reglers schwieriger; hier kommt es schneller zu fehlerhaften Nachführungen, weil der Sensorwert stärker schwankt und die Helligkeitsunterschiede geringer ausfallen.

Abb. 9: Justierung des Reglers  
(hier: Unterprogramm TurnLeft)

## Experimente

Jetzt können wir mit unseren Experimenten beginnen. Wenn wir ein baugleiches zweites Solarmodul mit fest eingestellter Neigung neben unserem Solarzellennachführer befestigen, können wir mit dem TXT die von den beiden Modulen gelieferte Spannung messen. Wenn wir nun nach jeder Korrektur der Position des beweglichen Moduls (z. B. alle 10 Minuten) die von den Solarmodulen gelieferten Spannungswerte summieren, können wir ausrechnen, um welchen Anteil wir den Wirkungsgrad unseres Solarmoduls bei der Energiegewinnung steigern können.

Damit kann das Modell sogar vor der Installation einer Solaranlage feststellen, welche (prozentuale) zusätzliche Energieausbeute durch das Nachführen der Solarzellen möglich wäre.

Wer die Osterferien für eigene Solarexperimente nutzen möchte, findet auf der [ft:pedia-Webseite zu dieser Ausgabe](#) eine Designer-Datei des Funktionsmodells und die ROBO Pro-Programme zum Download.

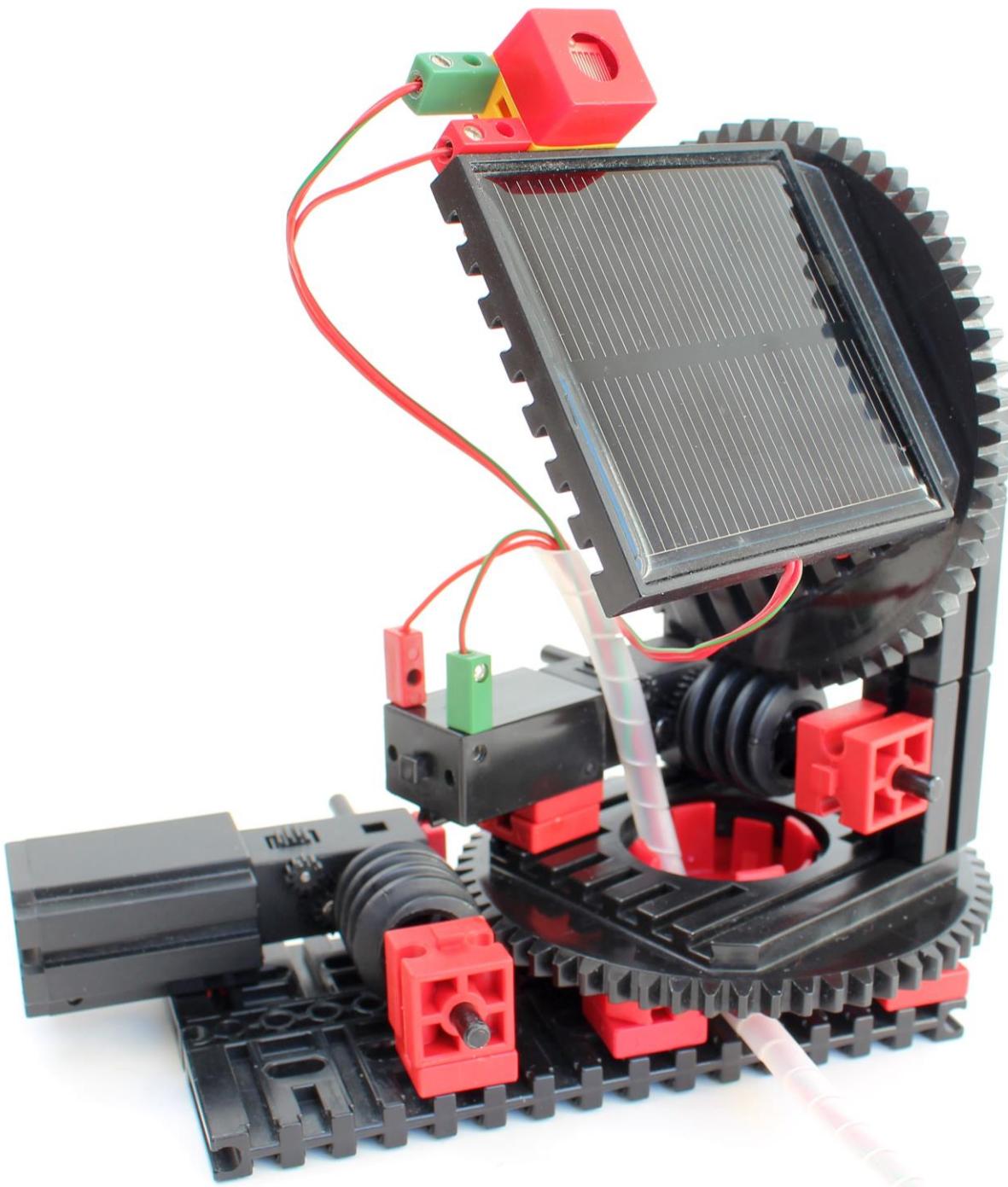


Abb. 10: Gesamtansicht des Solarzellennachführers

## Referenzen und Verweise

- [1] fischertechnik: [fischertechnik computing Bauanleitung](#). Art.-Nr. 39496, Fischerwerke, 1984.
- [2] fischertechnik: [fischertechnik Computing. Programmieranleitung](#). Art.-Nr. 39497, Fischerwerke, 1984.
- [3] fischertechnik: [Fotowiderstand LDR03](#). Datenblatt. 17.10.2018.