

Editorial

Der schiefe Turm

Dirk Fox, Stefan Falk

Wie der römische Komödiendichter Plautus (um 250-184 v. Chr.) schon wusste: „Nomen est omen“ – oft ist der Name bereits Programm. So wohl auch beim *Programme for International Student Assessment*, kurz PISA – dem „Programm zur internationalen Schülerbewertung“ der Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung (OECD).

Seit dem Jahr 2000 werden im Rahmen der PISA-Studien in anfangs 32, inzwischen 79 OECD- und Partner-Staaten alle drei Jahre 15jährige Schülerinnen und Schüler zum Ende der Schulpflichtzeit auf ihre Kenntnisse in den drei Bereichen Mathematik, Naturwissenschaften und Lesekompetenz geprüft. Um statistisch signifikante Ergebnisse zu erhalten, müssen in jedem Land mindestens 5.000 Schülerinnen und Schüler an den Tests teilnehmen. 2018 waren es insgesamt 600.000 – an der statistischen Aussagekraft der Ergebnisse sollte es daher wenig Zweifel geben.

Bei der Hochrechnung der von den Schülerinnen und Schülern erreichten Punkte auf das Landesergebnis werden verschiedene Methoden eingesetzt, um unterschiedliche Schwierigkeitsgrade der (wechselnden) Aufgaben auszugleichen. Außerdem werden die erreichten Kompetenzwerte nachträglich so skaliert, dass „500 Punkte“ dem OECD-Mittelwert entspricht. Die Ergebnisse dienen also in erster Linie dem Vergleich zwischen den teilnehmenden Staaten und nicht der Bewertung der Entwicklung der Schülerkompetenzen im Zeitverlauf.

Anfang Dezember 2019 wurden die [Ergebnisse der PISA-Studie 2018](#) veröffentlicht.

Und sofort begann das Schulterklopfen: Deutschland feiert die Lese- (498 gegenüber einem Durchschnitt der OECD-Staaten von 487 Punkten), Mathematik- (500 vs. 489) und naturwissenschaftliche Kompetenz (503 vs. 489) seiner Schülerinnen und Schüler.

Dabei sinken Lesemotivation und Lesemenge seit 2009 – in allen OECD-Staaten zugleich. Und in Mathematik und den Naturwissenschaften ist die Kompetenz der deutschen Jungen zurückgegangen; das haben die Mädchen ausgeglichen. Wirklich beunruhigen sollte uns aber ein anderes Ergebnis: An der Studie haben auch Singapur, Hongkong, Macau und vier chinesische Provinzen (darunter Peking und Shanghai) teilgenommen. Sie führen die [PISA-Ergebnisliste](#) an – mit deutlichem Abstand zu Deutschland: Die Schülerinnen und Schüler der chinesischen Provinzen erreichten 555 Punkte in Lesekompetenz (+10%) und 591 bzw. 590 Punkte in Mathematik und Naturwissenschaften – das ist ein um 18% besserer Wert als der, den deutsche Kinder erreichen. Im Schnitt.

In spätestens zehn Jahren sind diese Kinder auf dem Arbeitsmarkt. Und dann müssen wir uns sehr, sehr warm anziehen. Es sei denn, wir hören endlich den Gong – und ziehen daraus wirksame Konsequenzen.

Ab mit Euch an die Kästen. Sofort.

Beste Grüße,
Euer ft:pedia-Team

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

Inhalt

Der schiefe Turm.....	2
Mini-Modelle (22): Familie Leuchtstein.....	4
Konstruktionswettbewerb Gummi-Auto.....	7
Verkabelung (Teil 2).....	19
Balkenwaage	22
Elektromagnetisches Pendel ohne Lichtschranke.....	25
Vom 3-T-Anker zum Brushless	28
Elektronikmodule (Teil 1): Einleitung.....	40
Micro:Bit.....	47
Von Schrittmotoren und Servos – Teil 2.....	52

Termine

Was?	Wann?	Wo?
Modellschau Münster	19.01.2020	Kardinal-von-Galen- Gymnasium
Nordconvention	07.03.2020	Schulzentrum in Mellendorf/Wedemark
FanClub-Tag	09.05.2020	fischertechnik GmbH, Waldachtal
Südconvention	19.- 20.09.2020	Fördertechnisches Museum Sinsheim

Hinweis: Der ftc Modellbau e.V. hat ein neues Konto – Deutsche Skatbank, IBAN DE88 8306 5408 0004 1902 20

Impressum

<http://www.ftcommunity.de/ftpedia>

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

Autoren: Christian Bergschneider, Axel Chobe, Stefan Falk, Dirk Fox, Hans-Christian Funke, Stefan Fuss, Daniel Großmann, Björn Gundermann, Uwe Hinrichs, Christian Lauff, Rüdiger Riedel, Manfred Schendel, René Trapp, Dirk Wölffel.

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 Autoren.

Modell

Mini-Modelle (22): Familie Leuchtstein

Rüdiger Riedel

Wir bauen Roboter – gleich eine ganze Großfamilie: Vater Taper, Mutter Mira, Sohn Quentin, Onkel Grischa und Nichte Theodora!

Die Roboter-Sippschaft



Abb. 1: Alle miteinander (von rechts): Robo-Sohn, -Mutter, -Vater, -Onkel, -Nichte

Die schauen wir uns genauer an.



Abb. 2: Vater Taper und Mutter Mira

Mutter Miras Sockel besteht aus einem BS 5 V-Zwischenstück; das gibt es noch beim fischertechnik Shop santjohanser.de. Auch die V-Achse 28 gibt es dort.



Abb. 3: Mutter Mira, etwas konfus

Der Hals ist eine V-Achse 34 Clipachse.

Vater Taper (Abb. 4) lebt auf großem Fuß, auf einem Rollenbock 15. Die Schultern bilden zwei S-Statikadapter.



Abb. 4: Vater Taper

Woher ich den roten Kopf für Sohn Quentin habe weiß ich nicht mehr!



Abb. 5: Sohn Quentin ist immer etwas mürrisch, ob ihm etwas fehlt?

Für den Hals von Nichte Theodora nehmen wir einen S-Verbindungsstopfen 6. Der Sockel: Zwei BS 7,5, zusammengehalten von einem Verbinder 15, erhalten oben drauf einen BS 5 15x30 3N über einen oder zwei Federnocken.



Abb. 6: Nichte Theodora sah schon mal besser aus

Onkel Grischa geht über Stock und Stein mit seinem Raupen-Fahrwerk. Er hat einen Sockel wie seine Nichte und um die Räder kommen zwei „Gummiringe 30 für den Spurkranz“.



Abb. 7: Onkel Grischa

„Fahr nicht so schnell, Onkel, die Raupen rutschen leicht herunter.“

Die Teileliste (Abb. 8) zeigt alle Teile der Sippschaft. Stückzahlen sind diesmal nicht angegeben, damit das Plastikvolk wachsen kann.

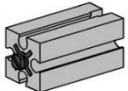

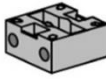

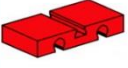



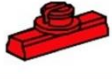







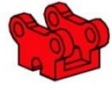
	31 003 Baustein 30		37 468 Baustein 7,5
	38 215, 38 216, 38 217 Leuchstein- Sockel		32 870 V-Achse 34 Clipachse
	38 424 Baustein 5 15x30 V-Zwischenstück		31 060 Verbinder 15
	38 428 Baustein 5 15x30 3N		35 408 V-Achse 28
	36 573 V-Rad 14		31 848 S-Streben- adapter
	31 982 Federnocken		35 975 S-Statik- adapter
	38 577, 38 544, 146 529, 160 541 S-Strebe 15 l		136 529 Baustein 15
	36 323 S-Riegel 4		32 316 S-Verbindungs- stopfen 6
	36 332 Gummiring 30 für Spurkranz Ø30		32 085 Rollenbock 15

Abb. 8: Teileliste



Abb. 9: Nichte Theodora:
“... und tschüs, ihr Lieben!“

Modell

Konstruktionswettbewerb Gummi-Auto

Stefan Falk (Hrsg.),
Daniel Großmann, Rüdiger Riedel, Manfred Schendel, René Trapp

Im Editorial der Ausgabe 3/2019 der ft:pedia [1] riefen wir dazu auf, ein Fahrzeug mit Gummiantrieb mit möglichst wenigen Teilen herzustellen. Heute dürfen wir euch die eingereichten Lösungen vorstellen – herzlichen Dank an alle Tüftler und Einsender!

Die Aufgabe

Wer baut ein funktionierendes Fahrzeug, das durch ein Haushaltsgummi angetrieben wird, mit den wenigsten Teilen?

Die Regeln lauteten:

- Außer dem Gummi dürfen nur unveränderte fischertechnik-Teile verwendet werden.
- Außer dem Gummi darf kein Motor verbaut werden.
- Das Fahrzeug muss mit aufgezo-genem Gummi mindestens einen Meter auf ebenem Grund fahren können.
- Das Modell mit den wenigsten Bauteilen gewinnt. Falls mehrere Modelle mit gleich vielen Teilen eingereicht werden, entscheidet die Community im Forum – wir werden dann dort eine Abstimmung durchführen.
- Jedes zusammenhängende Stück fischertechnik-Kette, egal ob mit oder ohne Raupenbelägen, zählt als ein Bauteil.

Die Lösungen

Hier kommen die Modellvorschläge in alphabetischer Reihenfolge der Konstrukteure:

Daniel Großmann

Daniel verwendet ein aufgetrenntes Gummi, das in zwei Naben geklemmt wird:

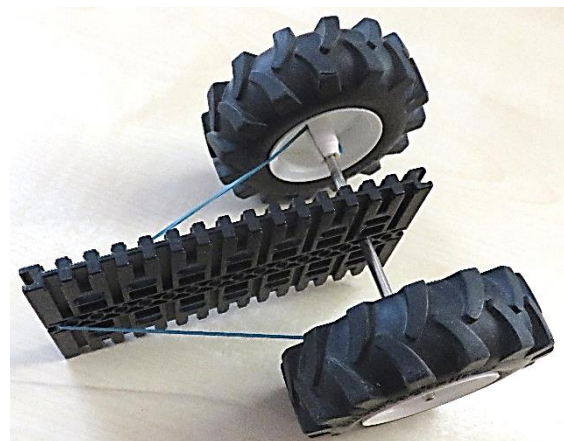


Abb. 1: Daniels Modell

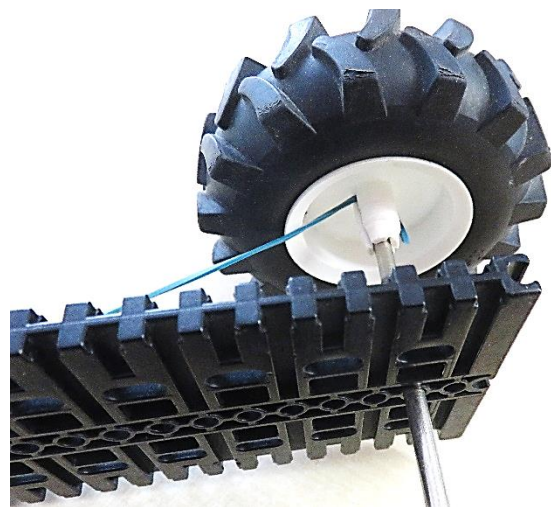


Abb. 2: Einfädeln des Gummis

Daniel schreibt dazu: *Das Modell schafft ca. 3 m, rollt aber durch den Gummi wieder 60 cm zurück und bleibt so 240 cm vom Startpunkt entfernt stehen. Der geforderte Meter wird also erreicht.*

Art.-Nr.	Bezeichnung	Anz.
106766	Traktor-Gummireifen 80 Power Tractors	2
107359	Felge 45 Power Tractors	2
35129	Grundplatte 120-60-7,5	1
31031	Metallachse 110	1
	Gummi	1
Gesamt		7

Rüdiger Riedel

Rüdiger hatte so viel Spaß am Konstruieren von Varianten, dass er sage und schreibe zehn Modelle eingereicht hat:

1 – Speichenrad

Art.-Nr.	Bezeichnung	Anz.
19317	Speichenrad 90-15 Classic Line	1
31057	Raupenband 230-12	1
36294	S-Winkelträger 120	2
31014	Nabe 25 komplett	1
31032	Metallachse 60	1
37679	Klemmbuchse 5	1
31008	Gelenkstein 45	1
35668	V-Radhalter 10	2
35787	Seilrolle 12-5,5 + O-Ring 8-3 Flugzeugrad	2
37468	Baustein 7,5	1
	Gummi	1
Gesamt		14



Abb. 3: Gesamtansicht



Abb. 4: Das Gummi zieht am Klemmring

2 – Rhönrad

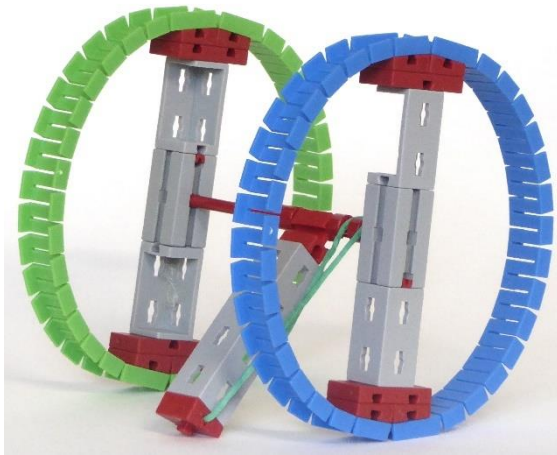


Abb. 5: Schrägansicht (1)

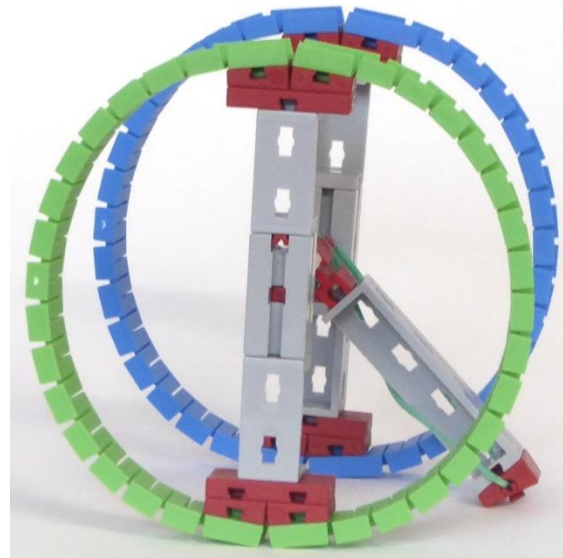


Abb. 8: Seitenansicht

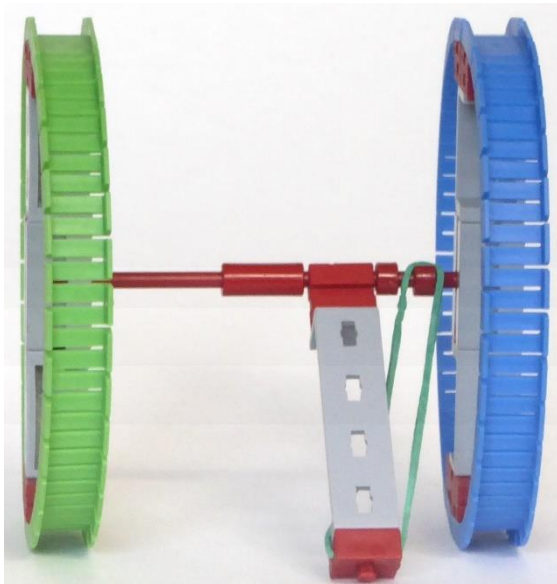


Abb. 6: Gummiantrieb

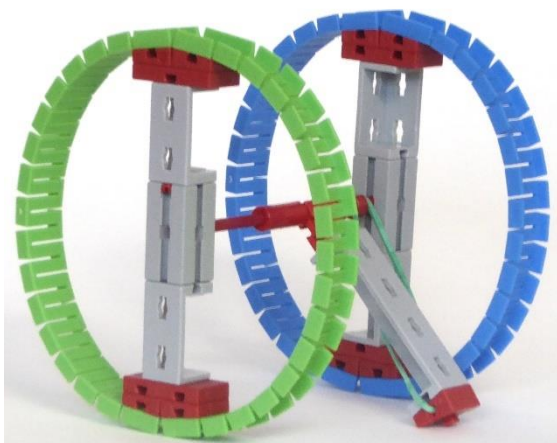


Abb. 7: Schrägansicht (2)

Art.-Nr.	Bezeichnung	Anz.
143234	Flexprofil 180 (grün)	2
121641	Flexprofil 180 (blau)	2
36301	S-Winkelträger 30	4
36302	S-Winkelträger 60	1
32071	Winkelstein 7,5°	8
38428	Baustein 5 15-30 3N	4
31004	Baustein 30 Vierkantbohrung	2
31982	Federnocken	3
78237	Kunststoffachse 50 Vierkant	2
31024	Klemmkupplung 20	1
37679	Klemmbuchse 5	2
37468	Baustein 7,5	1
31981	Winkelstein 15°	1
	Gummi	1
Gesamt		34

3 – Der Hoppler

Die Grundidee, das Gummi in eine Klemmbuchse einzuhängen, bietet Potenzial für noch mehr Modellideen:

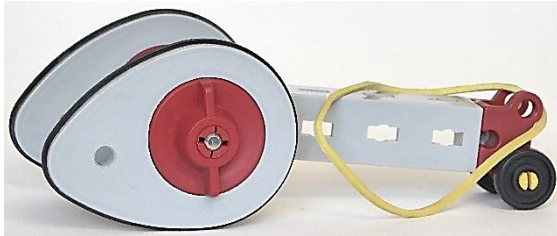


Abb. 9: Gesamtansicht

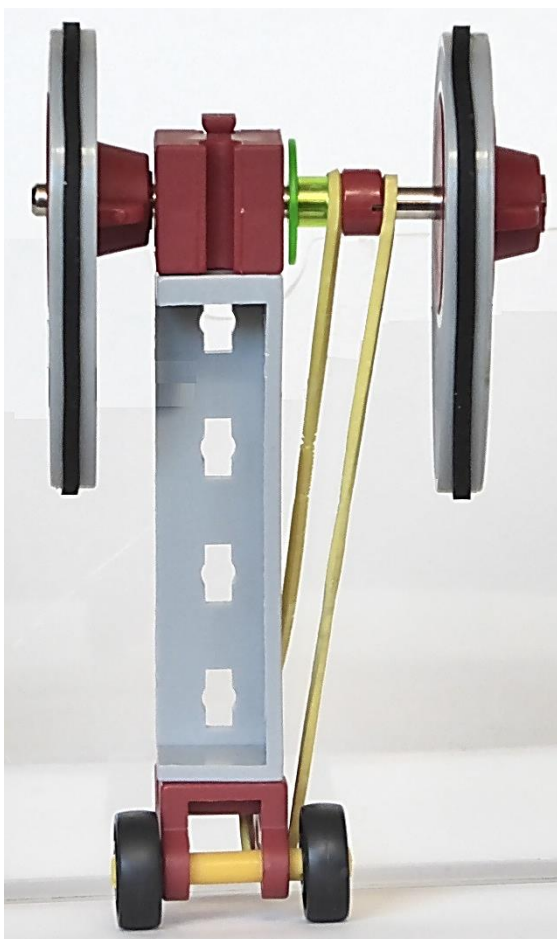


Abb. 10: Gummiantrieb

Rüdiger schreibt: *Der Hoppler hoppelt mehr als 1 Meter weit.*

Art.-Nr.	Bezeichnung	Anz.
31038	Nockenscheibe KR20 35	2

Art.-Nr.	Bezeichnung	Anz.
36051	Gummiring 45 37·2,5	2
31015	Flachnabe 25 komplett	2
31033	Metallachse 50	1
36701	Hülse + Scheibe 15	1
37679	Klemmbuchse 5	1
36302	S-Winkelträger 60	1
32064	Baustein 15 Bohrung	1
32085	Rollenbock 15	1
36573	V-Rad 14	2
35408	V-Achse 28	1
	Gummi	1
Gesamt		16

4 – Der kleine Rennfahrer

Mit Kufe übers Eis:

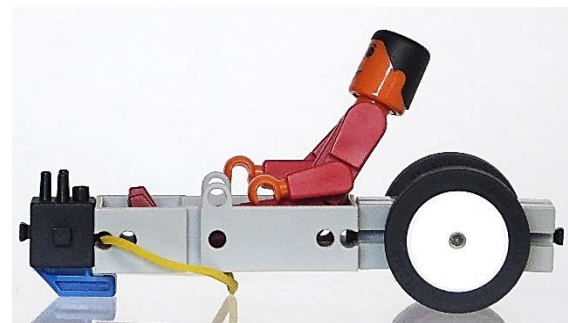


Abb. 11: Seitenansicht mit Fahrer

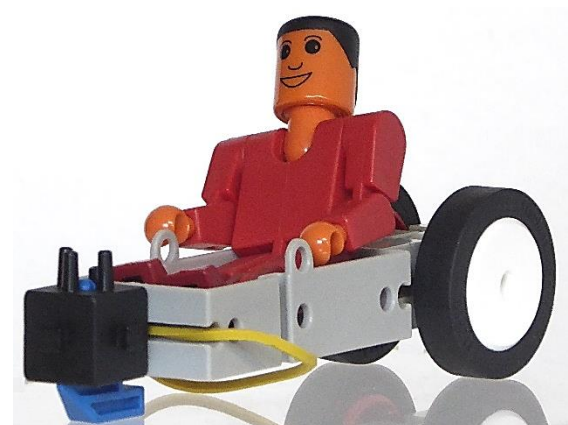


Abb. 12: 3/4-Ansicht

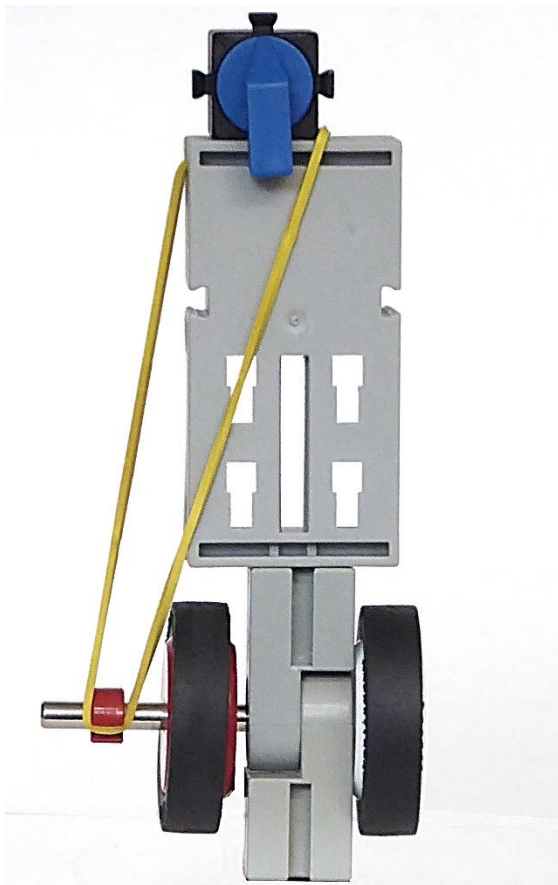


Abb. 13: Der Unterboden

Art.-Nr.	Bezeichnung	Anz.
31979	Figur-Sitzbaustein 30-60-15	1
31008	Gelenkstein 45	1
36934	Pneumatik-Handventil sw bl 4-3-Wege	1
36581	V-Rad 23-10	2
34995	Gummireifen 32,5-8	2
31033	Metallachse 50	1
37679	Klemmbuchse 5	1
	Gummi	1
38138	Figur (Zierde; für die Funktion nicht nötig)	
	Gesamt	10

5 – CD-Garnrolle

Kreativität kennt keine Grenzen!



Abb. 14: Seitenansicht



Abb. 15: Das Geheimnis zwischen den CDs

Rüdiger merkt an: Die beiden CDs halten tatsächlich ausreichend fest auf dem Zylinder. Die Fahrstrecke ist erheblich größer als 1 m! Auf einem Turnier würde er gerne Ersatz-CDs verwenden ;-). Es sind aber fraglos alles originale fischertechnik-Teile mit fischertechnik-Artikelnummern.

Art.-Nr.	Bezeichnung	Anz.
31637	Pneumatik-Zylinder-Rohrhülse 44	1
93296	CD-ROM ROBO Pro	2
37527	Rastachse 180	1
34995	Gummireifen 32,5-8	1
	Gummi	1
Gesamt		6

6 – Tolle Rolle



Abb. 16: Seitenansicht (1)

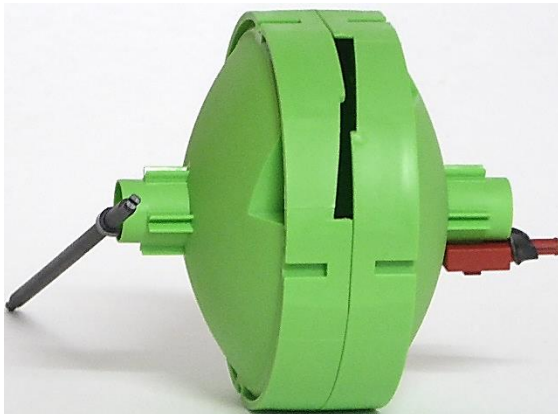


Abb. 17: Frontansicht



Abb. 18: Seitenansicht (2)

Rüdiger schreibt: *Prinzip Garnrolle: Die beiden Schalen müssen von einem starken Gummi zusammengehalten werden; der fischertechnik-Gummi ist dafür bestens geeignet. Die Fahrstrecke ist nach Aufdrehen der Antriebsstange um mindestens sechs Umdrehungen größer als 1 m!*

Art.-Nr.	Bezeichnung	Anz.
36586	V-Radachse	1
155902	Kugelbahn-Kreiseltrichter 90	2
37527	Rastachse 180	1
37240	Gummiring 60	1
Gesamt		5

7 – Kettenfahrzeug

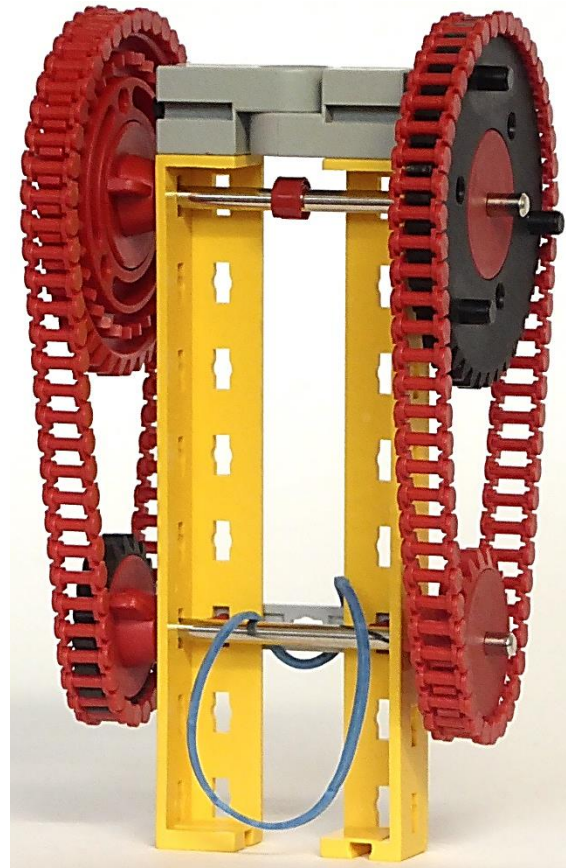


Abb. 19: Das Gummi wird wieder in den Klemmring eingehängt

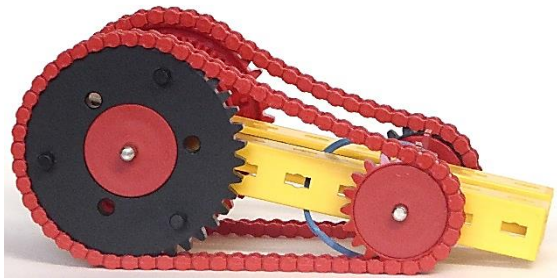


Abb. 20: Seitenansicht

Art.-Nr.	Bezeichnung	Anz.
36294	S-Winkelträger 120	2
31015	Flachnabe 25 komplett	4
37384	Metallachse 80	2
37679	Klemmbuchse 5	1
31008	Gelenkstein 45	1
31022	Zahnrad Z40-32 m1,5	2
31021	Zahnrad Z20 m1,5	2
36263	Kette aus Ketten-glied m1,5	2
38537	S-Strebe 30 L	1
36323	S-Riegel 4	2
	Gummi	1
Gesamt		20

8 – O-Beine

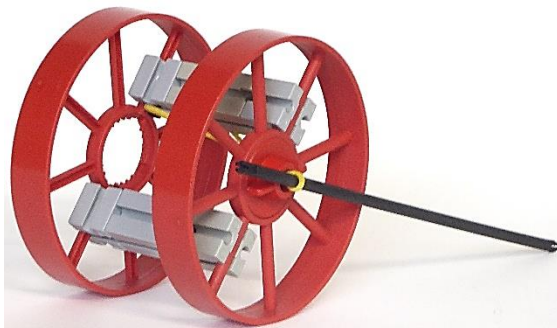


Abb. 21: So sieht es noch fast normal aus

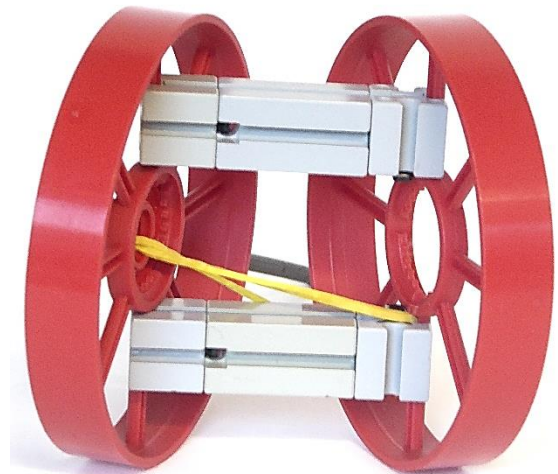


Abb. 22: O-Beine (1)

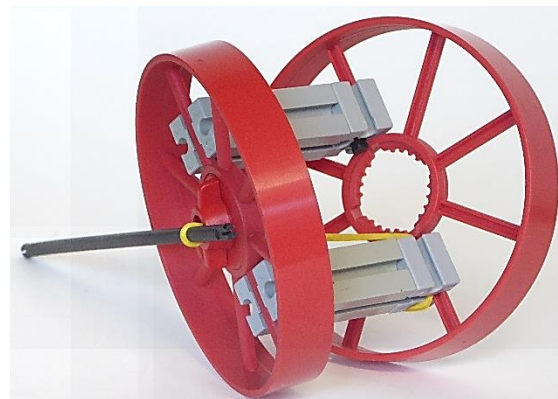


Abb. 23: O-Beine (2)

Rüdiger bemerkt: *Es fährt auch mit „O-Beinen“! Wackel, wackel.*

Art.-Nr.	Bezeichnung	Anz.
19317 oder 36916	Speichenrad 90-15 Classic Line	2
31058	Nabenmutter komplett	1
31003	Baustein 30	2
31005	Baustein 15	4
37527	Rastachse 180	1
	Gummi	1
Gesamt		11

9 – Mit vielen Teilen

Diese Variante bedarf eines etwas stärkeren Haushaltsgummis:



Abb. 24: Seitenansicht

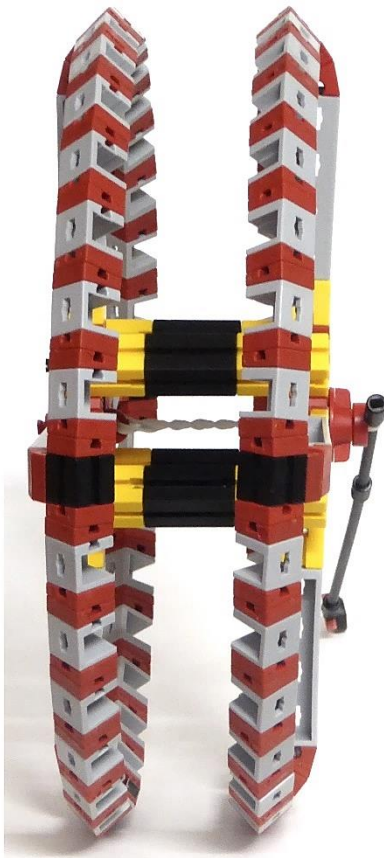


Abb. 25: Frontansicht

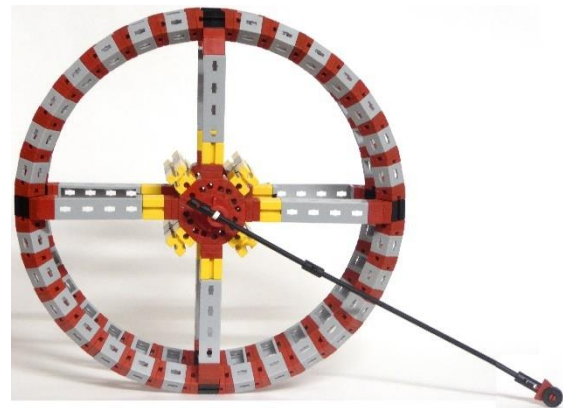


Abb. 26: Die andere Seite

Art.-Nr.	Bezeichnung	Anz.
36300	S-Winkelträger 15	56
32071	Winkelstein 7,5°	128
32881	Baustein 15 (schwarz)	8
31981	Winkelstein 15°	8
31011	Winkelstein 30°	8
36302	S-Winkelträger 60	8
136529	Baustein 15 (gelb)	8
37237	Baustein 5	16
31981	Winkelstein 15°	16
31010	Winkelstein 60°	16
32879	Baustein 30	12
31058	Nabenmutter kompl.	1
31731	Distanzring 15 fischerform	1
35066	Rastachse 90	2
37527	Rastachse 180	1
35073	Rastkupplung 15	2
36227	Rastadapter 20	1
31025	Seilhaken 30	1
35668	V-Radhalter 10	1
36573	V-Rad 14	1
	Gummi	1
Gesamt		296



Abb. 27: Es geht natürlich auch mit vielen Teilen

10 – Fahrrad

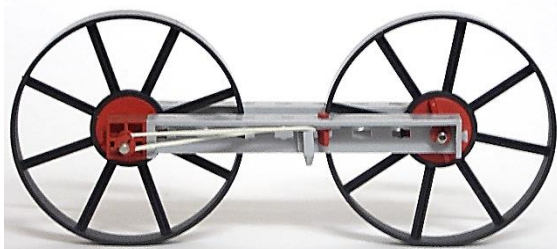


Abb. 28: Seitenansicht

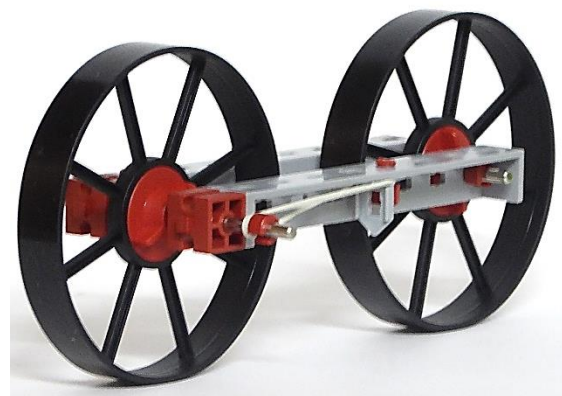


Abb. 29: Schrägansicht



Abb. 30: Die Unterseite

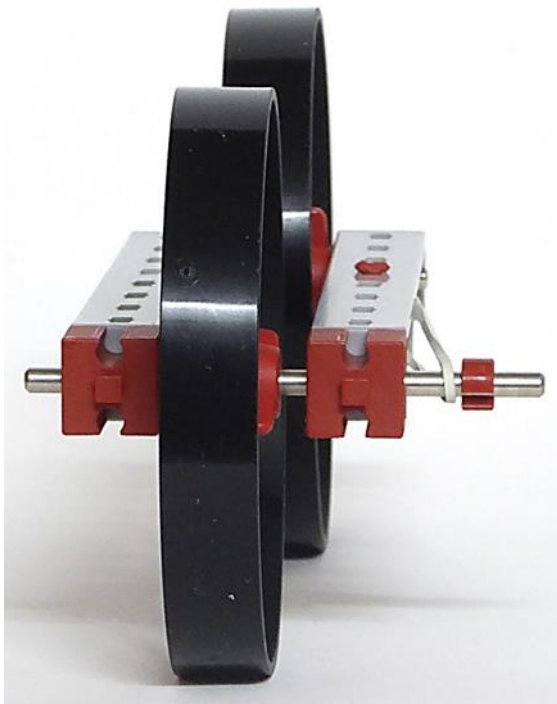


Abb. 31: Frontansicht

Art.-Nr.	Bezeichnung	Anz.
36916 oder 19317	Speichenrad 90·15 Classic Line	2

Art.-Nr.	Bezeichnung	Anz.
31014	Nabe 25 komplett	2
31033	Metallachse 50	1
37384	Metallachse 80	1
36303	S-Winkelträger 120	2
37679	Klemmbuchse 5	3
32064	Baustein 15 Bohrung	2
35738	S-Winkellasche	1
36323	S-Riegel 4	1
	Gummi	1
Gesamt		16

Rüdiger merkt an: *Zwei Klemmbuchsen reichen aus, um den Rahmen des „Fahrrades“ zusammenzuhalten, die dritte wird für den Gummiantrieb benutzt. Fährt sehr hübsch!*

Manfred Schendel

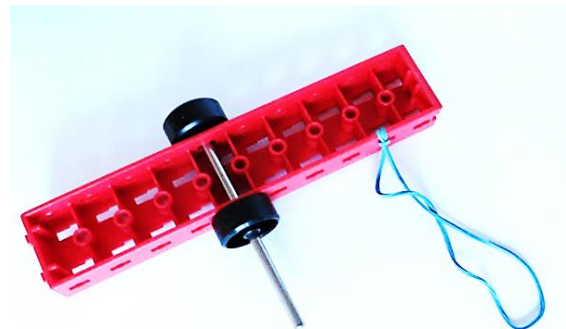


Abb. 32: Fahrzeug von oben

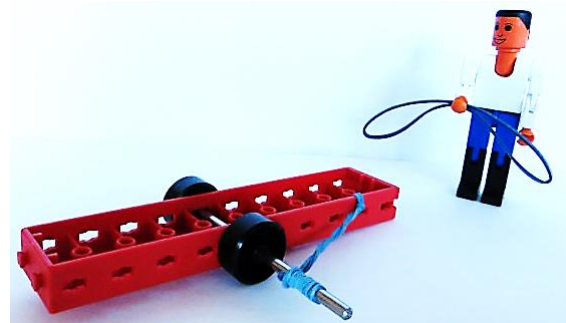


Abb. 33: Das Fahrzeug, aufgezogen

Manfred ergänzt: *Ich bin ein Freund von minimalistischen Ansätzen. Also muss die Lösung in einem Modell von drei Teilen liegen, so dachte ich: ein Rad, eine Achse und ein Gegenstück zur Befestigung des Gummi-Antriebs. Nur leider habe ich bisher kein zuverlässiges Einrad-Fahrzeug konstruieren können. Daher möchte ich hier meine Zweirad-Variante einreichen.*

Der freundliche fischertechniker hält schon einen Ersatz bereit, wenn ich es mit dem Aufziehen übertrieben habe.

Bei dem Versuch des Nachbaus können die folgenden Hinweise nützlich sein: Die Räder sind so eingestellt, dass ein wenig Reibung zum U-Träger erzeugt wird. Ohne Reibung drehen die Räder durch, da es ja keine Gummibereifung gibt und die Haftreibung der Räder auf dem Untergrund gering ist. Auch bin ich von einer „Standard-Oberfläche“ ausgegangen und habe z. B. nicht eine Gummimatte verwendet. Das Gummiband wird zum Aufziehen ca. 1 cm parallel zur Achse gehalten und dann die ersten Wicklungen von Hand über das Ende gezogen. Dann hält das Band auf der Achse und nun kann der Rest auch durch Drehen der Räder aufgewickelt werden. Es empfiehlt sich, das Band immer straft zu ziehen, so dass kontinuierlich ein mehr oder weniger gleichmäßiger Zug beim Abrollen entsteht. Nach ca. 80-100 cm ist das Band abgewickelt und je nach Geschwindigkeit rollte das Fahrzeug noch 30-40 cm weiter. Wegen der Reibung, die das Durchdrehen der Räder verhindert, wird das Fahrzeug eben auch abgebremst. Die Entfernung von 120 cm auf meiner Teststrecke habe ich nach einem gewissen Training aber dann immer erreicht.

Art.-Nr.	Bezeichnung	Anz.
32968	U-Träger 150	1
31040	Metallachse 90	1
36574	V-Rad 23-10	2

Art.-Nr.	Bezeichnung	Anz.
	Gummi	1
Gesamt		5

René Trapp

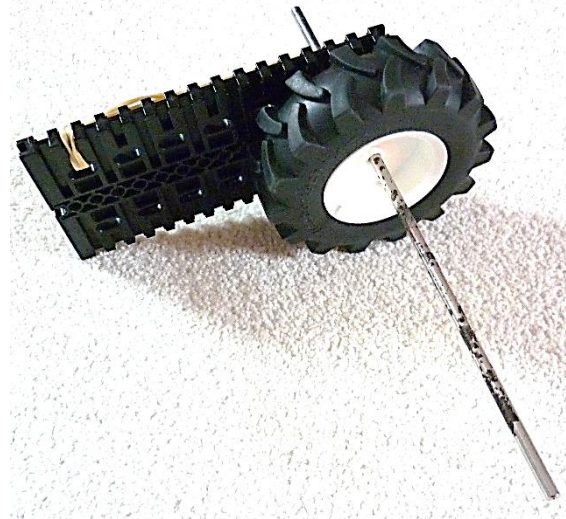


Abb. 34: Seitenansicht

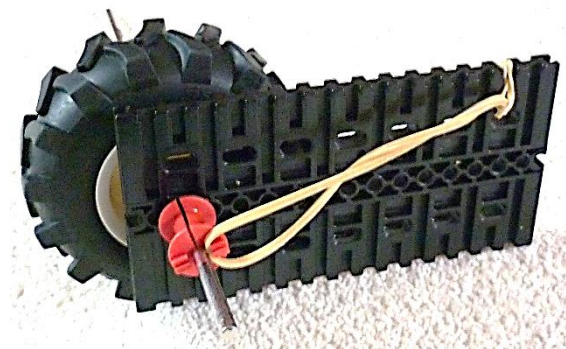


Abb. 35: Antriebsseite



Abb. 36: Frontansicht

Art.-Nr.	Bezeichnung	Anz.
106766	Traktor-Gummireifen 80, Power Tractors	1
107359	Felge 45, Power Tractors	1
31913	Nabenmutter	1
35697	Metallachse 200	1
31016	Seiltrommel 15	1
35129	Grundplatte 120-60-7,5	1
	Gummi	1
Gesamt		7

René ergänzt: *Die lange Metallwelle (nicht unter 17 cm) balanciert das Einrad während der Fahrt aus. Die optimale Position der Bauteile auf der Welle wird experimentell gefunden. Das Gummi sollte ca. 85 mm Durchmesser haben.*

Das Ergebnis

Schreiten wir zur Auswertung:

Modell	Teile
Manfred	5
Rüdiger (Tolle Rolle)	5
Rüdiger (CD-Garnrolle)	6
Daniel	7
René	7
Rüdiger (Rennfahrer)	10
Rüdiger (O-Beine)	11
Rüdiger (Speichenrad)	14
Rüdiger (Fahrrad)	16
Rüdiger (Hoppler)	16
Rüdiger (Kettenfahrzeug)	20
Rüdiger (Rhönrad)	34
Rüdiger (viele Teile)	296

Wir haben also zwei erste und zwei zweite Plätze: Rüdiger Riedel und Manfred Schendel haben es mit fünf Teilen inklusive Gummi geschafft, Daniel Großmann und René Trapp benötigten auch nur sieben Teile. Rüdiger gebührt wohl ein Ehrenpreis für die Vielfalt seiner Varianten. Alles in allem: fischertechnik at its best! Wir bedanken uns bei und gratulieren allen Teilnehmern. Bestimmt entspannt sich im Forum eine interessante Diskussion über die Ergebnisse – und natürlich über die Frage:

Was machen wir als nächstes?

Referenzen

- [1] Dirk Fox, Stefan Falk: *Ran an die Kästen – wörtlich gemeint*. Editorial mit Wettbewerbsaufruf in [ft:pedia 3/2019](#), S. 2.

Tipps & Tricks

Verkabelung (Teil 2)

Christian Bergschneider, Stefan Fuss

„Spieglein, Spieglein an der Wand, wer hat die beste Kabelführung im fischertechnik-Land? Ihr Frau Königin, habt die Beste DynamicsXL, jedoch die fischertechniker auf der Convention haben viel mehr Kabel als Ihr!“

Jedes Mal, wenn ein Modell nicht nur funktional sondern auch richtig schön werden soll, stellen uns die fischertechnik-Kabel vor echte Herausforderungen.

Soll ein Controller direkt Teil des Modells werden, so stören die starren Kabel und Hohlstecker des Netzteils. Beim Verkabeln von X-Y-Einheiten wünscht man sich schnell echte Energieketten, nur leider gibt es diese im fischertechnik-Universum nicht mehr.¹

Ist das Convention-Modell mal wieder etwas größer als der Kofferraum, so führt das Auseinandernehmen des Kabelbaums zu einer intensiven Fehlersuche beim Aufbau des Modells. Außerdem führt ein Kabelbaum im Großmodell zu Rekordumsätzen für Reedkontakthalter bei fischerfriendsman.

Aber: Selbst ist der fischertechniker und erfindungsreich [2]. Schaut man sich auf der Convention um, so gibt es viele Selbstbaulösungen wie der Einsatz von Leuchtsteinen zur Kabelverlängerung oder dem selbst gelöteten Adapter für Flachbandkabel. Für uns Grund genug, um selbst kleine Platinchen herzustellen.

Stromadapter

In der guten alten Zeit – die älteren Leser erinnern sich vielleicht noch an die Knobloch GmbH – gab es den Stromadapter von Knobloch [3]; auch das eine Fan-Innovation (Idee von Marcel Endlich). Leider ist dieser in der Community nur schwer zu bekommen, sodass wir eine Variante davon neu aufgelegt haben (Abb. 1).



Abb. 1: Der neue Stromadapter

Der neue Stromadapter ist in einem Anschlussplattengehäuse [4] untergebracht und so deutlich kleiner als sein Vorgänger von Knobloch. Er hat neben einem Stecker für das TX/TXT-Netzteil vier Bundsteckhülsen für Plus und Minus. Die Leiterbahnen der Adapterplatine sind für Gesamtlasten bis 2,5 A ausgelegt.

Gut geeignet, um an einer versteckten Stelle im Modell das fischertechnik-Netzteil anzuschließen und den Controller schön in das Modell zu integrieren. Puristen können

¹ Es gab einmal schwarze fischertechnik-Energieketten (75080) [1]; die wurden jedoch in Gold aufgewogen.

damit auch in Retromodellen auf den Controller verzichten und die Motoren und Lampen direkt versorgen.

Flachbandkabeladapter

Der Flachbandkabeladapter ist eine Platine, mit der man normale fischertechnik-Stecker mit Flachbandkabel verbinden kann.



Abb. 2: Der Flachbandkabeladapter (Typ A)

Acht fischertechnik-Stecker werden auf einen achtpoligen Wannenstecker² für Flachbandkabel umgesetzt. Den Adapter gibt es als A- und als B-Modell (Abb. 2, 3), so kann das Flachbandkabel immer kreuzungsfrei mit den fischertechnik-Kabeln verlegt werden.



Abb. 3: Der Flachbandkabeladapter (Typ B)

Um die zueinander passenden Pins für die fischertechnik-Stecker besser identifizieren zu können, ist jeweils ein Pin gelb markiert.

Die Adapter sind auf einen Flachstein geschraubt und können so sehr leicht verbaut werden. Wer die offene Bauform – und

damit das Kurzschlussrisiko – nicht mag, der kann sich zum Adapter ein geschlossenes Gehäuse selbst ausdrucken [5].

Jedes Kabel bzw. jede Leiterbahn kann mit max. 1 A belastet werden.³ Normale fischertechnik-Motoren erreichen dies nicht, auch die Schrittmotoren des ftPwrDrive [6] lassen sich darüber verlängern. Nur beim Zusammenschalten eines gemeinsamen Minuspins sollte man kurz nachrechnen. Mehrere Verbraucher zusammen oder ein Controller mit vielen Verbrauchern können die 1A-Belastungsgrenze überschreiten. In diesem Fall kann man die Last über mehrere, parallel geschaltete Pins aufteilen.

Nimmt man zwei Adapter, so lassen sich problemlos lange Strecken im Modell überbrücken (Abb. 4).

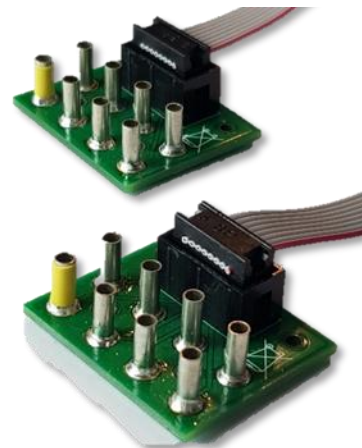


Abb. 4: Der Adapter für lange Kabelstrecken

Da das achtpolige Kabel schmaler ist als ein fischertechnik-Baustein, lässt es sich problemlos im Modell verstecken.

Mit kürzeren Kabelstücken kann man eine „Sollbruchstelle“ im Modell realisieren (Abb. 5). Hier kann das Modell durch Ent-

² Wir haben mit Absicht einen achtpoligen Stecker verwendet. Auch wenn diese Stecker etwas teurer sind, besteht keine Gefahr die Flachbandkabel mit einem TX/TXT oder ftDuino zu verbinden.

³ 3M gibt für AWG28 Flachbandkabel eine Belastbarkeit von 1,5 A an, die Wannenstecker sind bis 1A spezifiziert.

fern des Flachbandkabels für den Transport getrennt werden. Der Zusammenbau ist verpolungssicher. Der Aufbau auf der Convention reduziert sich auf mechanische Probleme.

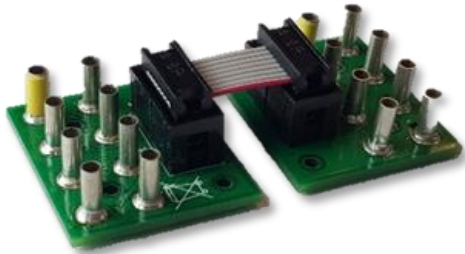


Abb. 5: Große Modelle lassen sich mit der kurzen Kabelbrücke leicht zerlegen

Das Flachbandkabel ist in sich sehr stabil und benötigt bei X-Y-Antrieben keine weitere Kabelführung. Zusätzlich kann ein Flachbandkabel auch zwischen zwei Flachsteine geklemmt und so befestigt werden. Die Anschaffung einer Energiekette wird damit obsolet.

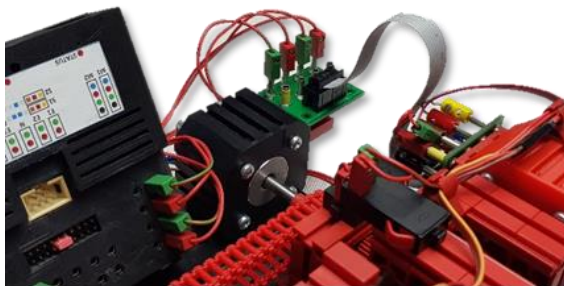


Abb. 6: Der Adapter als Energiekettenersatz

In Abb. 6 ist der Flachbandkabeladapter im Einsatz bei einem X-Y-Plotter mit dem ftPwrDrive zu sehen. Es werden darüber sowohl Schrittmotoren und Taster als auch Servomotoren mit Strom versorgt.

Flachbandkabeladapter, Flachbandkabel und achtpolige Buchsen sowie den Stromadapter gibt es wie immer in Björns Shop [7].

Quellen

- [1] ft-datenbank: [Energiekette](#).
- [2] Dirk Fox: [Verkabelung](#). ft:pedia 2/2013, S. 13-17.
- [3] ft-datenbank: [Stromadapter 9V, 1A](#).
- [4] ft-datenbank: [Anschlussplattengehäuse](#).
- [5] [Schaltpläne und Gehäuse](#) für die beiden Adapter bei GitHub.
- [6] Dirk Wölffel, Christian Bergschneider, Stefan Fuss, Björn Gundermann, Christian Lauff: [Der ftPwrDrive-Controller für Schrittmotoren und Servos – Teil 1](#). ft:pedia 4/2018, S. 67-70.
- [7] Webshop für [Flachbandkabeladapter und Stromadapter](#).

Modell

Balkenwaage

René Trapp

Mit fischertechnik kann man keine empfindliche Waage bauen? Oh doch, und wie!

In der Geschichte der fischertechnik-Modelle gab es schon einige Waagen zu sehen. Der Bilderpool ist voll davon und hier seien stellvertretend die Tafelwaagen von Lurchi genannt [1]. Diese Waagen sind toll anzusehen, und um die Masse eines Apfels oder Gegenstände ähnlicher Gewichtsklasse zu bestimmen, sind sie gut zu gebrauchen. Dabei kommt es auch bei diesen Waagen schon auf leichtgängige Gelenke an.

Für eine empfindliche Wägung noch kleinerer Massen ist allerdings die Reibung in den vielen Achslagern der fischertechnik-Tafelwaagen immer noch erheblich zu groß.

Und so kommt es wie es kommen muss: Es wird eine völlig neue Bauart für fischertechnik-Waagen vorgeschlagen. Diese Bauart ist so brandneu nicht, sie greift ein uraltes Funktionsprinzip erfolgreich auf und setzt es, erstmals dokumentiert, mit fischertechnik-Bauteilen um.

Graue Theorie

Normalerweise kommt an dieser Stelle zuerst etwas theoretischer Hintergrund. Stattdessen sei auf den informativen Eintrag zur Balkenwaage bei Wikipedia verwiesen [2]. Die beiden wichtigen Punkte sind schnell zusammengefasst:

- Für eine empfindliche Waage liegt der Schwerpunkt des Wägebalkens möglichst dicht unter seiner Lagerung (Drehpunkt).

- Empfindliche Waagen reduzieren die Reibung in den Lagern durch Verwendung sogenannter *Schneidenlager*, die den Wälzlagern zugerechnet werden [3].

Der Rest der Waage ist relativ einfach und entspricht in Funktion und Aussehen der bekannten Apothekerwaage (Abb. 1).



Abb. 1: Balkenwaage

Die fischertechnik-Umsetzung

Das Herzstück der Waage ist das Schneidenlager des Wägebalkens. Eine Schwingfeder ([31329](#)) ist senkrecht angebracht. Der aus Winkelträgern zusammengesetzte Ständer der Waage ergibt sich so fast zwingend von alleine. Auf der schmalen, nicht abgewinkelten Kante der Schwingfeder ruht mit seiner Kerbe ein Federnocken ([31982](#), Abb. 2).

Einige wenige sanfte Hübe mit einer Dreikant-Schlüsselfeile verbessern die Form der Kerbe im Federnocken noch etwas und sorgen für einen exakt definierten Sitz der

Kehle auf der Schwingfeder. Abnehmen und Wiederauflegen des Wägebalkens haben keinen Einfluss auf die Einstellung des Nullpunkts. Die Modifikation des Federnockens kann man durchaus als ‚homöopathisch‘ bezeichnen; der Federnocken bleibt gänzlich für die vom Hersteller vorgesehenen Verwendungszwecke intakt.

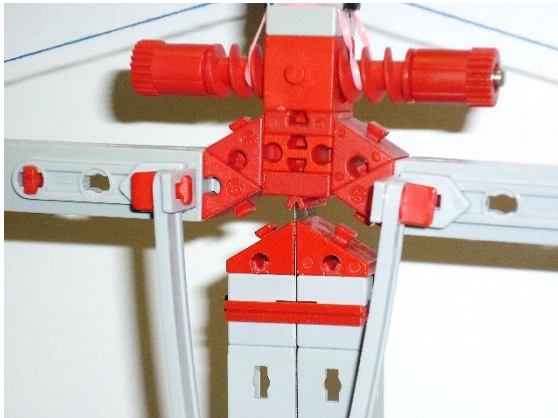


Abb. 2: Schneidenlager des Wägebalkens

Auch die Aufhängung der Waagschalen verwendet ein extrem leichtgängiges und exakt definiertes Gelenk: Die Seilstränge laufen auf jeder Seite über die scharfe Kante eines Winkelstein 60° (31010). Man kann das mit etwas gutem Willen ebenfalls als Schneidenlagerung bezeichnen (Abb. 3).

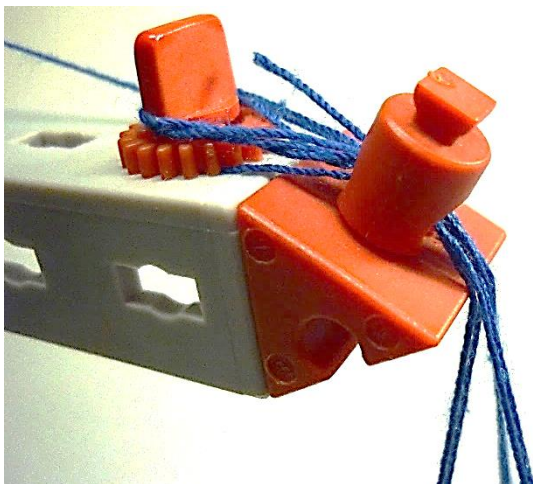


Abb. 3: „Schneidenlager“ der Waagschalen

Sowohl der filigrane lange Zeiger als auch die unförmige Schnecke mit Stahlachse positionieren den Schwerpunkt des Wäge-

balkens, zusammen mit dessen eigenwilliger Form, ganz knapp unterhalb des Lagers. Durch Drehung an der Schnecke wird der Nullpunkt exakt eingestellt. Das Gummiband verhindert ein eigenständiges Verdrehen der Schnecke (Abb. 4).

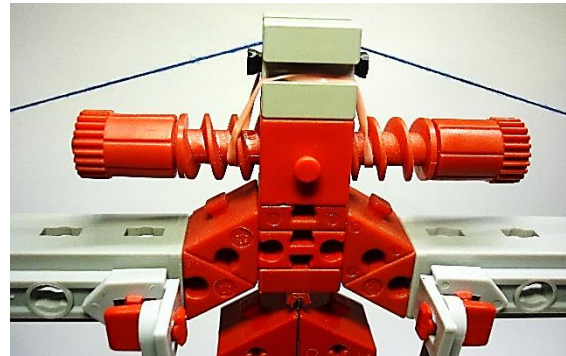


Abb. 4: Nullpunkteinstellschraube

Am Fuß der Waage ist eine Winkellasche der alten Bauform (35738 spitz), angebracht und markiert den Nullpunkt. Der dort verwendete S-Winkelverbinder 30 (31576) kann ohne funktionale Einbußen durch einen Winkelträger 30 (36301) ersetzt werden. Der Zeiger möge für sich selbst sprechen (Abb. 5).

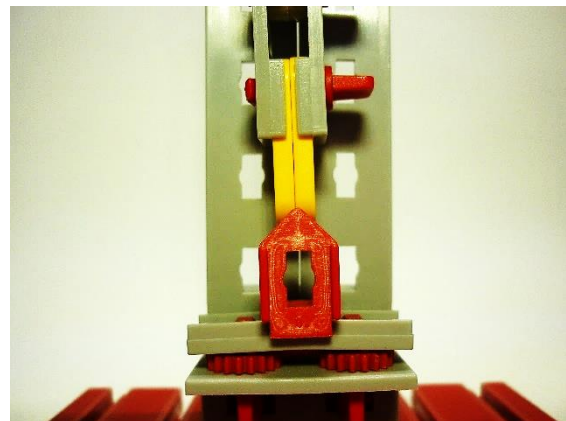


Abb. 5: Zeigerspitze

Außer dem Gummiband zählen noch die Waagschalen als Fremdteile. Deckel von Einweg-Pudding- oder Eisbechern sind im Einsatz; genau lässt sich deren Herkunft nicht mehr bestimmen. Auf dem Umfang eines solchen Deckels sind drei kleine Löcher angebracht, durch die das Seil geschlungen ist. Als Schablone zum Markieren der Lochpositionen lässt sich prima eine

Drehscheibe 60 ([31019](#)) verwenden. Überhaupt, das Seil: Es ist hier ein durchgehendes Stück von 3 m Länge zu sehen. Ein Ende wird am Wägebalken befestigt, durch die Löcher einer Waagschale gefädelt, über den Wägebalken zur anderen Seite geführt, dort durch die Löcher der anderen Waagschale gefädelt und dann am Ende des Wägebalkens fixiert (Abb. 6).



Abb. 6: Waagschale

Die entstandenen Seilschlaufen der Waagschalen werden am Winkelstein eingehängt, die Waagschalen dann einfach mit ein bisschen Zupfen waagrecht gestellt.

Einstellen des Nullpunkts

Ist die Waage fertig zusammengebaut, neigt sich der Wägebalken sicher weit zu einer Seite. Der Nullpunkt wird eingestellt, indem die „Einstellschraube“ oben auf dem Balken in die entsprechende Richtung, also zur leichteren Seite hin, verdreht wird. Der Vorgang benötigt ein wenig Übung und Geduld da der Balken mit den Waagschalen lange nachpendelt. Sobald der Zeiger der unbelasteten Waage genau an der Spitze der Winkellasche steht, ist die Waage einsatzbereit. Die Nullpunkteinstellung sollte man gelegentlich kontrollieren und falls erforderlich korrigieren.

Betriebserfahrungen

Die Waage ist erstaunlich empfindlich, dabei jedoch durchaus robust in der Hand-

habung. Die Anreise zum MINT-Ferien-camp 2018 in Karlsruhe hat die kleine Waage problemlos überstanden. Vor Ort war kein erneutes Einstellen des Nullpunktes nötig. Leider hat ein Besucher der Ausstellung dann daran gedreht, so dass der Rückweg nicht mehr in die Bewertung eingehen konnte.

Man sollte beachten, dass die Bauteile des Schneidenlagers keine allzu großen Kräfte vertragen und daher keine Massen größer als 50 g auflegen. Als unterschiedliche Testobjekte im Bereich weniger zehn Milligramm Gewichtsunterschied bieten sich Abstandsring 3 ([31597](#)), Federnocken ([31982](#)) und die verschiedenen Ketten-glieder aus der Bauteilsammlung an. Aber auch augenscheinlich gleich schwere Bauteile, zum Beispiel graue Winkelträger 30 ([36301](#)), offenbaren ihre doch geringen Massenunterschiede. Es muss ja nicht gleich „dunkle Materie“, schwarze Magie oder ein Aprilscherz im Spiel sein [4]; es sind einfach unterschiedliche Produktionskampagnen und Toleranzen im Spritzgusswerkzeug, die diese Bauteilunterschiede ausmachen.

Gewichtsstücke für die Waage schneidet man sich aus einem Bogen Papier bekannter Quadratmeter-Masse zu: Bei 80 g/m² ergibt ein Quadratcentimeter (= 100 mm²) rechnerisch genau 8 mg; 62,5 mm² ergeben dann 5 mg. Die Präzision dieser „selbstgebauten“ Gewichte dürfte nicht sehr hoch sein. Man sieht damit jedoch recht gut die Empfindlichkeit der Waage.

Quellen

- [1] Bilderpool der ftc: [Modellbaulinien](#).
- [2] Wikipedia: [Balkenwaage](#).
- [3] Wikipedia: [Wälzlager](#).
- [4] Bilderpool der ftc: [Experimenteller Nachweis Dunkler Materie](#).

Modell

Elektromagnetisches Pendel ohne Lichtschranke

Uwe Hinrichs

Als Jugendlicher fand ich die mittels Lichtschranke gesteuerten elektromagnetischen Pendel sehr interessant. Sowohl die einfachen Varianten, wie sie in den Anleitungen zum l-e 1 und ec 1 beschrieben wurden (die im Prinzip mit einem einzigen Relais auskamen), als auch die regelungstechnisch aufwendigere Variante, wie sie in hobby 4, Band 3 [1] beschrieben ist (mit vier Silberlingen: Grundbaustein, Flip-Flop und zwei Relais). Dass da eine andauernde Bewegung erzeugt wurde, ohne dass sichtbar Kraft ausgeübt wurde (etwa durch einen Motor), war schon faszinierend. Noch eleganter aber wäre es, wenn man „gar nichts“ sehen würde, also auch kein Licht.

Neuaufgabe eines Klassikers

Dafür habe ich einfach die Lichtschranke durch einen Reedkontakt und einen unten am Pendel befestigten Magneten ersetzt. Schaltungstechnisch verwendete ich zwei (alte) E-Tec-Module, wovon das eine als „Relais“ und das andere als Flip-Flop fungiert: Solange der Reedkontakt den durchgehenden Magneten erkennt, wird der antreibende Elektromagnet mit Strom versorgt. Das Flip-Flop sorgt dafür, dass die Polung sich bei jedem Durchgang ändert. Hier ein paar Bilder vom Modell:

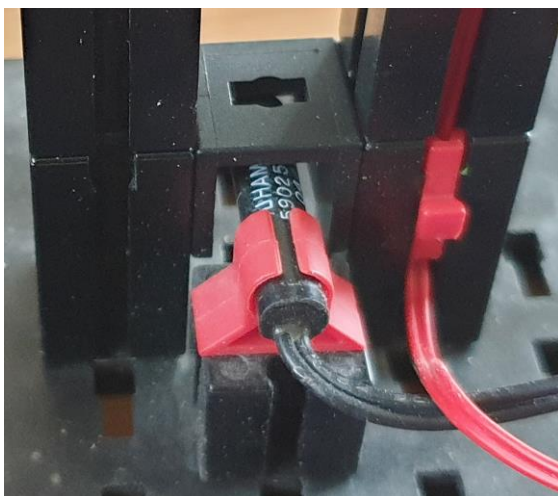


Abb. 1: Befestigung des Reed-Kontakts im Fuß

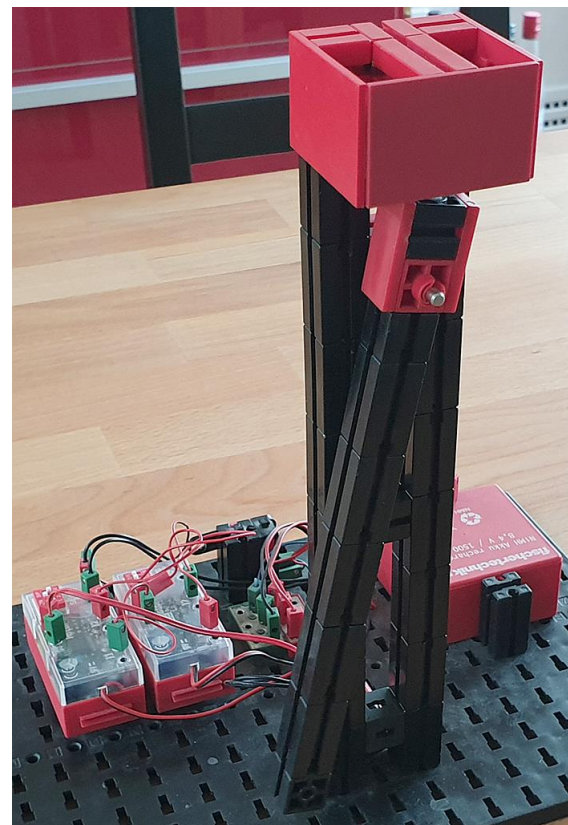


Abb. 2: Frontansicht des Pendels

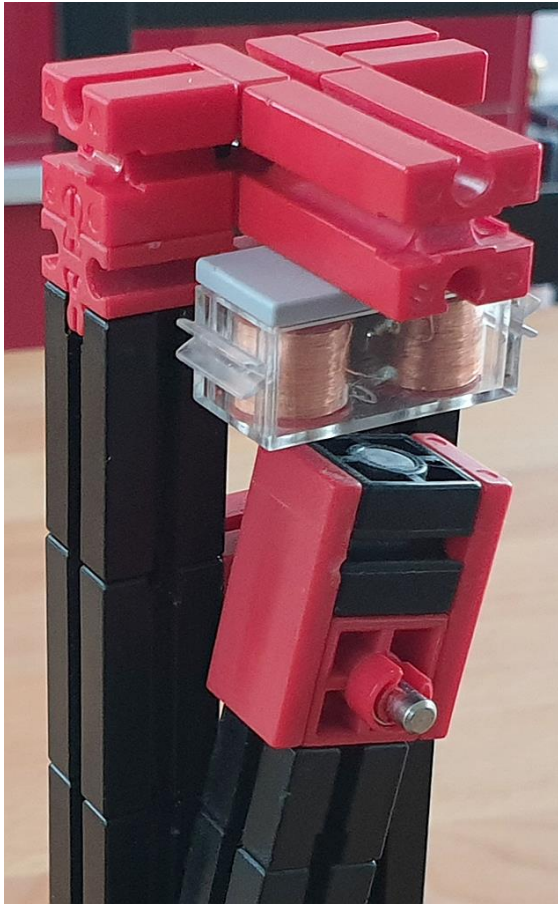


Abb. 3: Elektromagnet im Ständer und Dauermagnet im Pendelkopf

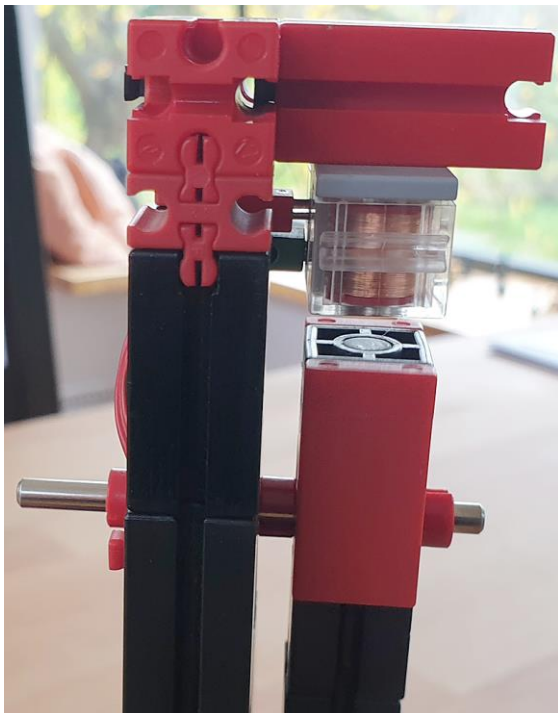


Abb. 4: Klemmring als Abstandsmaß

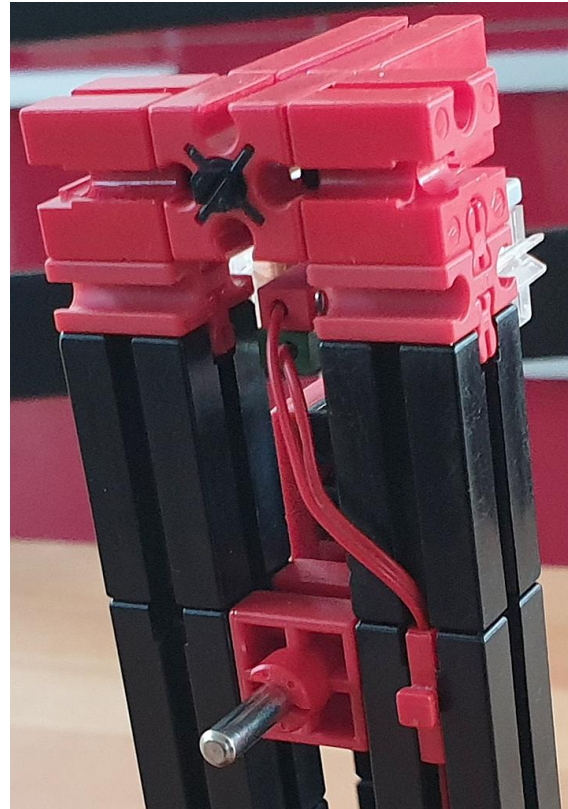


Abb. 5: Aufhängung des Pendels

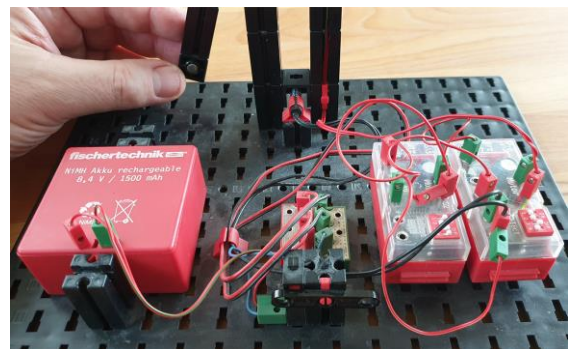


Abb. 6: Rückseite

Die Schaltung des Modells zeigt Abb. 7. Ähnliche Schaltungen sind natürlich auch mit den neueren fischertechnik-Electronics-Modulen herstellbar.

Quellen

- [1] fischertechnik: [hobby 4 Begleitbuch Band 3](#). Fischer-Werke, Tumlingen, 1973, S. 74.

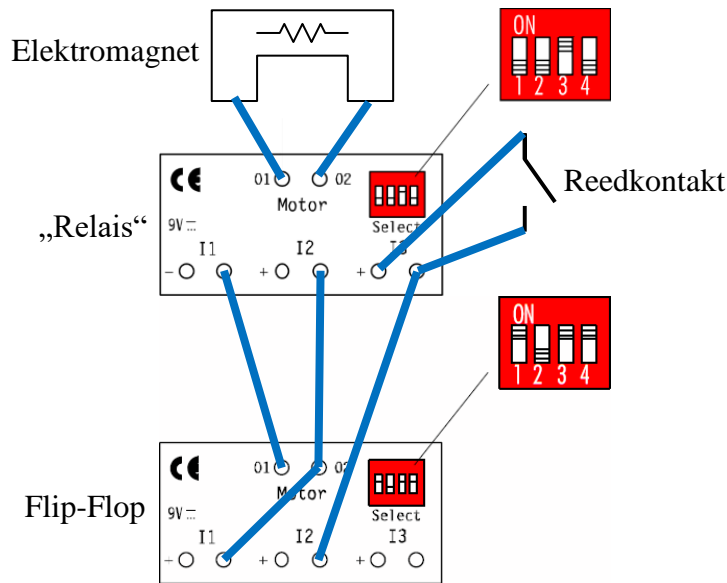


Abb. 7: Schaltbild

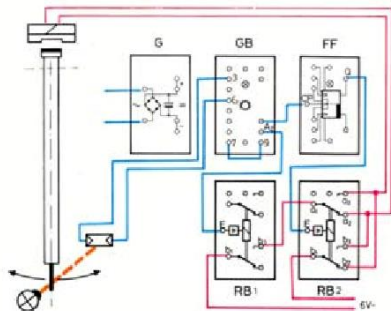
Elektronisch gesteuerter Antrieb eines Pendels

Prinzip Bild 74.2 zeigt das Modell eines Pendels. Das Antriebsprinzip ersehen Sie aus Bild 74.1. Bei jedem „Null-Durchgang“ wird die Lichtschranke kurzzeitig unterbrochen. Der am Ausgang A_2 des angeschlossenen Grundbausteins entstehende 0-1-Sprung bringt das Flipflop zum Kippen. Der von diesem Flipflop gesteuerte Relaisbaustein RB 2 polt bei jedem 0-1-Sprung die Leitungen zum Elektromagneten (aus hobby 3) um. Richtige Polung und geschlossenen Arbeitskontakt b_1-b_2 des RB 1 vorausgesetzt, zieht der gerade zum Südpol gewordene Polschuh des E-Magneten den Nordpol des Dauermagneten (am Kopf des Pendels) zu sich heran.

Beim nächsten Null-Durchgang des Pendels erfolgt erneut eine kurzzeitige Anschließung des Magneten, diesmal jedoch mit entgegengesetzter Polarität. (Weil das Flipflop erneut gekippt ist.) Jetzt wird der Kopf des Pendels vom anderen Polschuh angezogen. Die zugleich stattfindende Abstoßung vom zweiten Polschuh wirkt unterstützend. Die Umpolung wiederholt sich bei jedem 0-Durchgang.

Impulsdauer Das Relais im RB 1 zieht nur während jeder Unterbrechung der Lichtschranke, also ganz kurzzeitig, an. Diese kurze Zeitspanne genügt jedoch, die durch Reibung verlorengegangene Energie des Pendels zu ersetzen. Sie reicht sogar, wenn Sie als Betriebsspannung die kleinste einstellbare Spannung des Netzgerätes wählen.

Soll die Dauer des 0-1-0-Impulses verlängert werden, ersetzen Sie die Winkelachse am unteren Ende des Pendels durch zwei querliegende Bausteine 30. Noch eleganter ist die Formung des Impulses durch ein Monoflop, die später noch besprochen wird.



74.1 Rote Zwischenstecker nicht gezeichnet!



74.2

Abb. 7: Elektronisch gesteuertes Pendel aus dem hobby-4-Begleitbuch Band 3 [1]

Elektromechanik

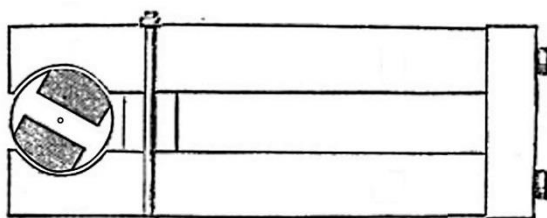
Vom 3-T-Anker zum Brushless

Rüdiger Riedel

In diesem Beitrag erzeugen wir Drehstrom – und betreiben damit Synchronmotoren unterschiedlicher Bauweise und mit unterschiedlicher Polpaar- bzw. Drehzahl.

Moderne Elektro-Kleinmotoren

Nach vielen Versuchen und dem Bau von halbwegs brauchbaren Elektromotoren im 19. Jahrhundert [1] war es Werner von Siemens, der die Zeit der modernen Kleinmotoren mit seinem Doppel-T-Anker oder 2-T-Anker einläutete [2]. Das auch von ihm gefundene dynamoelektrische Prinzip (Selbsterregung) war eine erhebliche Verbesserung gegenüber den damals üblichen Stahl-Dauermagneten, spielt aber heute keine Rolle mehr.



Magnetelektrische Maschine von Siemens u. Halske.

Abb. 1: Bild aus [2] entnommen

Benutzt wurde die Anordnung in Abb. 1 als Generator. Als Gleichstrommotor mit zweiteiligem Kollektor ist der 2-T-Anker schlecht zu gebrauchen, da er nicht immer von selbst startet. Das kann man mit der Leiterschleife (139250) aus dem Kasten Technical Revolutions (508776p) ausprobieren.

Durchgesetzt für Kleinmotoren hat sich bis heute der 3-T-Anker mit Kollektor (Stromwender) und Dauermagneten.



Abb. 2: Ein moderner Kleinstmotor (nicht von fischertechnik)

Links in Abb. 2 erkennt man das Gehäuse mit Lager und den beiden schalenförmigen Ferrit-Magneten. In der Mitte sieht man den Läufer mit Achse, 3-T-Anker und Kupferwicklung sowie dem dreiteiligen Kollektor. Rechts der Bodendeckel mit Lager und den beiden Schleifern sowie den Stromanschlüssen hinten.

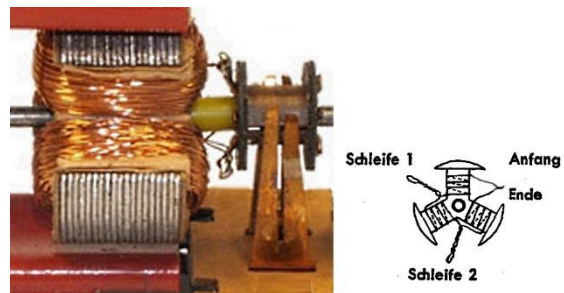


Abb. 3: 3-T-Anker mit Wicklung

In Abb. 3 sieht man die Anordnung der Dauermagnete, des Kollektors und der Stromschleifer (Bürsten) sowie die Wicklung.

Nachbau mit fischertechnik

Motor mit Doppel-T-Anker

Der zweiteilige Kollektor besteht aus zwei Kontaktstücken 20 (31305), als Bürsten verwenden wir Schwingfedern (31329).



Abb. 4: Motor mit 2-T-Anker

Den Anker bilden zwei E-Magnete mit Bügel (31324) in einem BS15 mit Loch, wobei das Loch hier nicht benötigt wird. Die Läuferachse wird gebildet von einem BS15 mit „Schlauchanschluss D4 gerade“ (163204) und einer Rastaufnahmeachse 22,5 (130593). Im Stator befinden sich oben zwei Stabmagnete mit 10 mm Länge und 4 mm Durchmesser; unten habe ich probeweise zwei Magnetbausteine 15 (108278) eingesetzt.

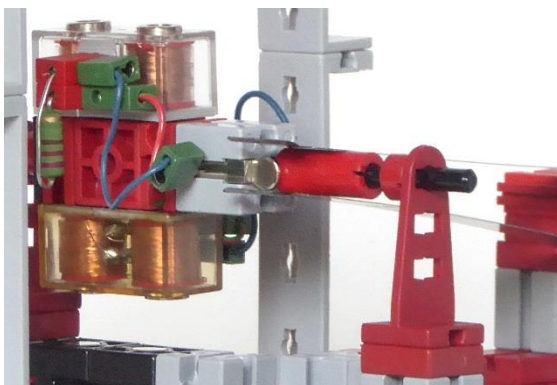


Abb. 4a: Detailansicht des Läufers

Die Widerstände an den E-Magneten dämpfen die Funkenbildung am Kollektor und damit den Materialabtrag. Die Wirkungsweise ist in [3] erklärt.

Motor mit 3-T-Anker

Für den Anker brauchen wir drei E-Magnete mit seitlichen Federn und einem Zapfen auf der Rückseite (32363). Mit einem Winkelstein 60° 3N (31918) werden sie zusammengehalten und an beiden Enden jeweils mit Bausteinen 7,5 versehen.

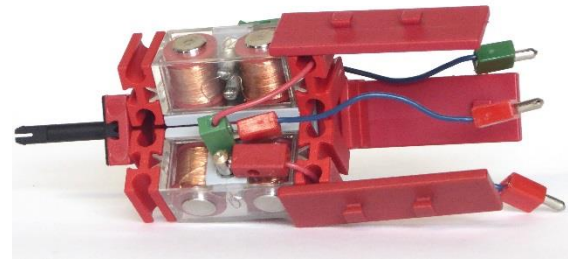


Abb. 5: Der 3-T-Anker

Links in Abb. 5 bilden ein BS 5 15x30 (35049) mit einer Rastaufnahmeachse 22,5 (130593) einen Teil der Läuferachse. Die Magnete werden elektrisch miteinander verbunden (ich habe teilweise „Kabel 60 blau mit roten/grünen Quetschsteckern“ Nr. 7075 von Stefan Roth verwendet, s. unten). An den äußeren E-Magnet-Anschlüssen habe ich abgesägte Steckerinnenteile eingesetzt (nicht von fischertechnik), damit der Abstand zu den Feldmagneten nicht zu groß wird. Es wird immer ein äußerer Magnetanschluss mit dem inneren Anschluss des nächsten Magneten verbunden.

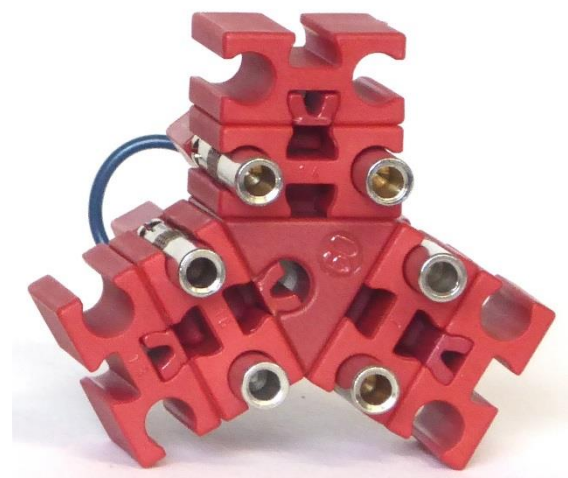


Abb. 6: Der Kollektor

Die inneren Anschlüsse erhalten einen weiteren Kabelanschluss, der zum Kollektor führt.

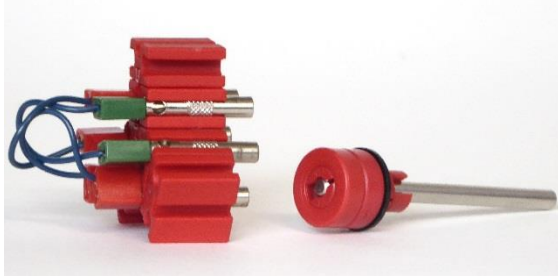


Abb. 7: Kollektor mit Achse

Dieser besteht aus einem Winkelstein 60° mit einem Federnocken (31982), sechs BS 7,5 mit drei Federnocken und sechs Steckerbuchsen 21 (35307). Je zwei Steckerbuchsen erhalten eine Kabelverbindung, sodass ein dreiteiliger Kollektor entsteht. Die mechanische Verbindung zum Anker erfolgt durch drei Bausteine 2,5 15x45 2+2Z (38277). Die Welle besitzt zwei Klemmbuchsen 5 (37679), auf denen zwei Distanzringe 15 (31731) aufgeschoben sind. Dahinter folgen eine Scheibe 4 15 (105195) und zwei weitere Klemmbuchsen.

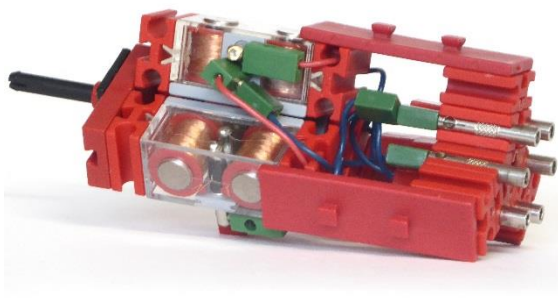


Abb. 8: Der Läufer ist zusammgebaut

Den Läufer lagern wir in einer S-Kupplung 22,5 (38260) mit BS 5 und einem BS 7,5 mit BS 15. Für einen besseren Lauf und zum Längenausgleich habe ich einen Abstandsring 3 (31597) (der aber 3,5 mm breit ist) auf die Rastaufnahmeachse geschoben.

Für die Bürsten benötigen wir zwei Schwingfedern (31329), vier „Schlauchanschluss D4 gerade“ (163204), vier Klemmbuchsen 5 (37679), einen BS 7,5 und einen Verbinder 45 (31330).

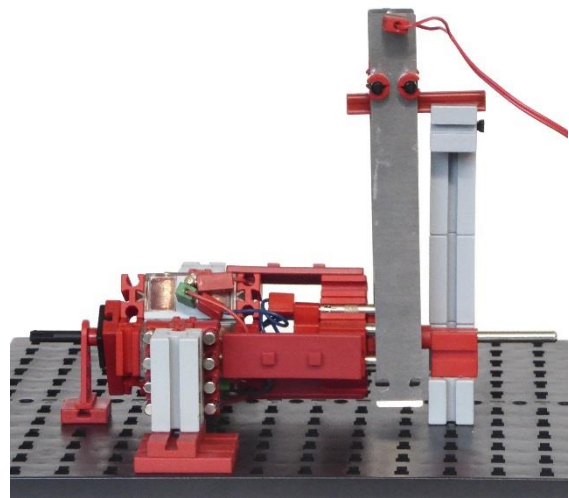


Abb. 9: Der Motor mit 3-T-Anker

Jetzt fehlen noch die Feldmagnete. Je Doppelpol habe ich einen BS 30 auf drei BS 5 15x30 (35049) benutzt. Zwei BS 7,5 sind mit einem Verbinder 30 (31061) am BS 30 befestigt und tragen rechts und links je vier Klemmhülsen 7,5 (35980). Darin stecken jeweils zwei Stabmagnete mit 10 mm Länge und 4 mm Durchmesser [4].

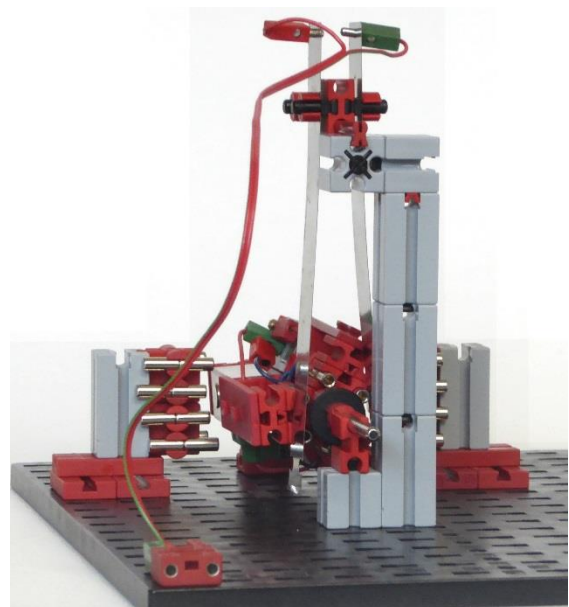


Abb. 10: Kollektorseite

Für eine bessere Anpassung an den Rotor werden sie unterschiedlich ausgerichtet, siehe Abb. 11.



Abb. 11: Die Feldmagnete

Haben wir die Stabmagnete richtig gepolt (Abb. 12) dann läuft der Motor bei 9 V aus dem Stillstand heraus je nach Anschluss rechts- oder linksherum. Ein Anschubsen wie beim 2-T-Anker ist nicht nötig. Die Drehzahl beträgt etwa 100 U/min.

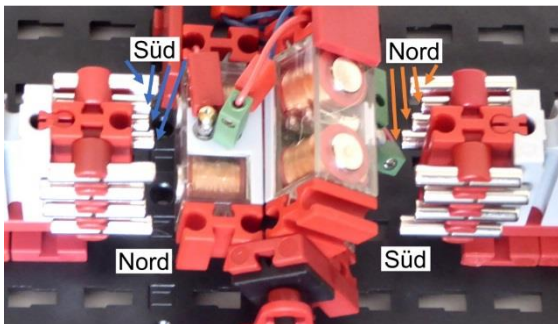


Abb. 12: Polung der Stabmagnete

Drehstrom

Die wichtigste Stromart ist der Drehstrom, der dreiphasige Strom (*three phase current*). Der haushaltsübliche Wechselstrom (Einphasen-Strom) ist ein Teil davon. Drehstrom finden wir im Haus dort, wo höhere Leistungen gebraucht werden, z. B. beim Herdanschluss oder beim Durchlauferhitzer – und in Zukunft vermehrt mit dem Stromanschluss für das Elektroauto.

Die Umsetzung in mechanische Energie erfolgt am einfachsten mit Asynchronmotoren. Die sind sehr einfach aufgebaut (Ständer, Läufer und zwei Wälz- oder Gleitlager) und preisgünstig, robust und langlebig. Von Nachteil ist die starre Drehzahl, die von der Konstruktion abhängt.

Mit vorgeschalteten Frequenzumrichtern lässt sich aber auch deren Drehzahl verändern.

Handbetriebener Drehstrom-Wechselrichter für Frequenzen um 1 Hz

Das Funktionsprinzip zeigen Abb. 13 und 14, wo ein IGBT-Wechselrichter (*Insulated Gate Bipolar Transistor*) aus der Gleichspannung U_d die dreiphasige Spannung u erzeugt.

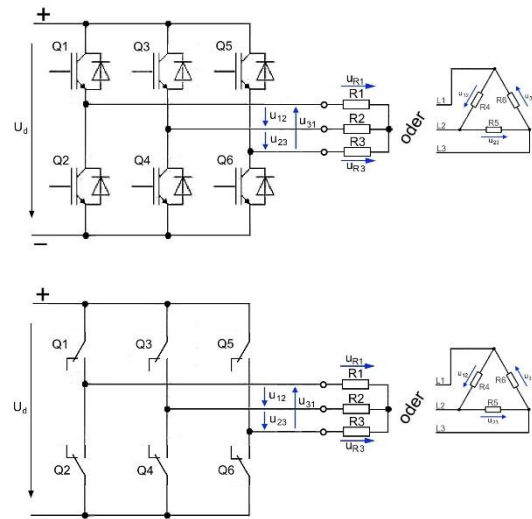


Abb. 14: Wechselrichter

Wir ersetzen die sechs IGBTs durch sechs Schalter (Minitaster 37780 oder 37783) und verwenden statt einer elektronischen Steuerung Schaltscheiben (37728 oder 37727).

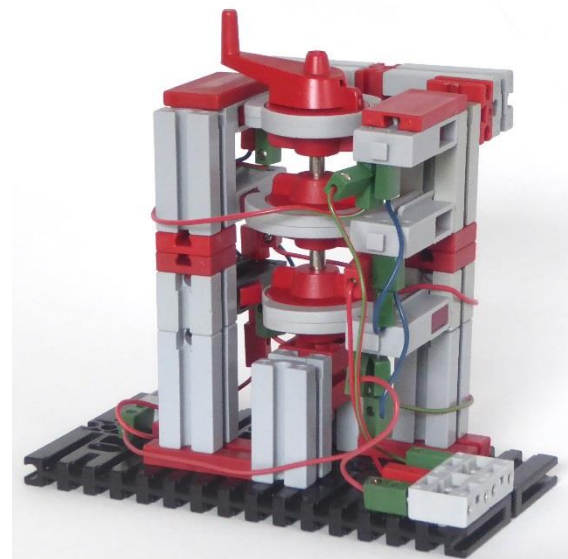


Abb. 15: Der Drehstrom-Wechselrichter

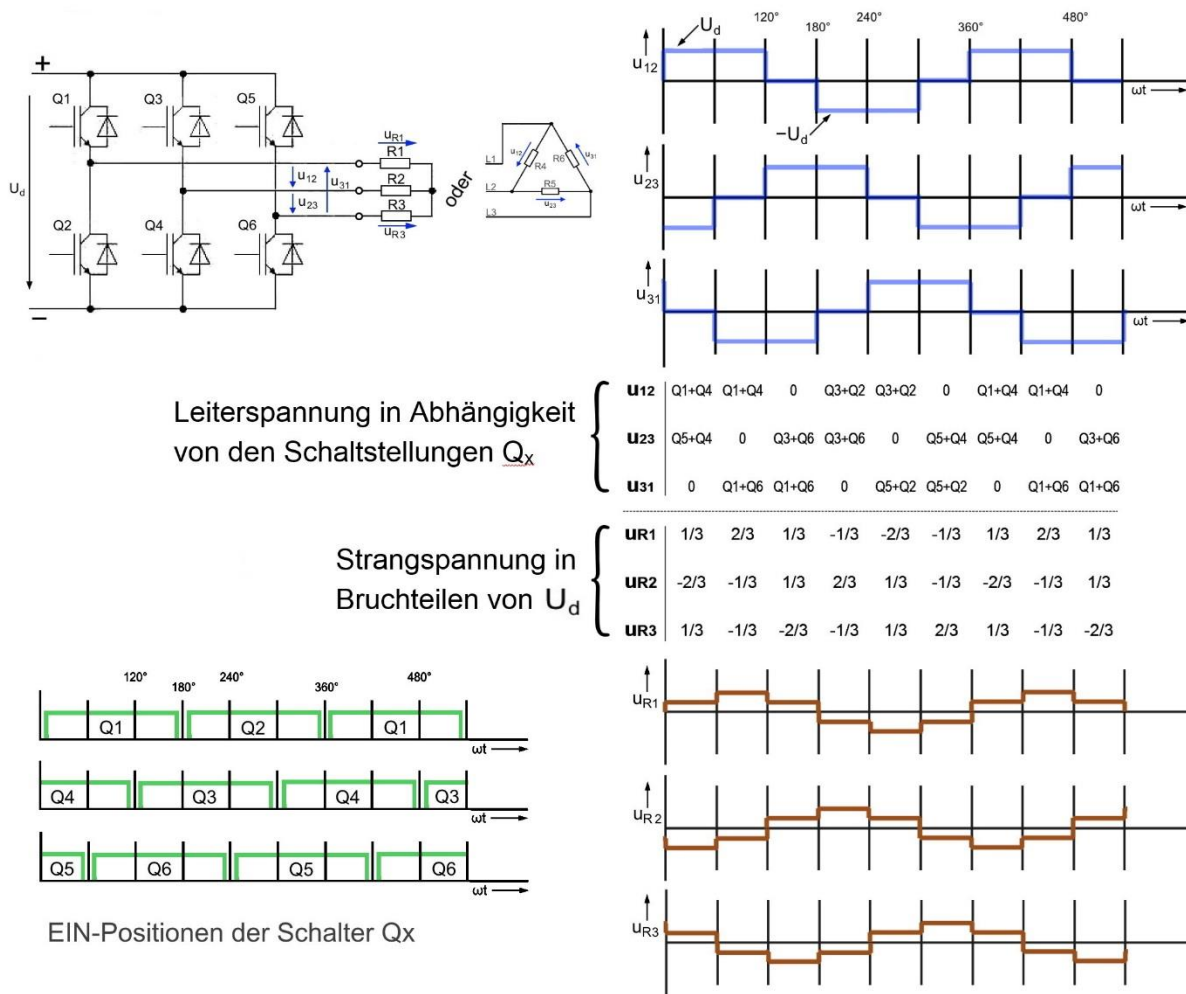


Abb. 13: Wechselrichter erzeugt Drehstrom

Innerhalb einer Periode (360°) wird jeder Schalter einmal ein- und einmal ausgeschaltet. Die Schalterbetätigungen sind jeweils um 180° versetzt, siehe Abb. 13 unten links.

Für diesen Zweck sind die Schaltscheiben genau richtig. In Abb. 16 sind sie von links nach rechts so angeordnet, wie sie auf der senkrechten Achse von oben nach unten eingesetzt werden.

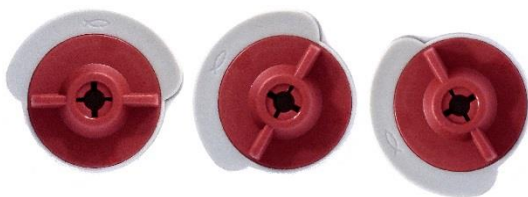


Abb. 16: Die drei Schaltscheiben, jeweils um 60° gedreht

Die Wechselrichter in Abb. 14 haben die unangenehme Eigenschaft, dass bei gleichzeitiger Betätigung von Q1 und Q2 (oder Q3 und Q4 oder Q5 und Q6) ein Kurzschluss eintritt.

Bei Einsatz der Schaltscheiben wie in Abb. 15 wird das dadurch verhindert, dass die Schaltscheiben an den Enden abgerundet sind und somit kein gleichzeitiges EIN der einander gegenüber stehenden Minitaster erfolgt; der Betätigungswinkel ist kleiner als 180° .

Wenn wir uns die Schaltung in Abb. 14 unten genau anschauen, dann sehen wir, dass die Minitaster im Gegensatz zu den Transistoren Umschalter sind. Das können wir zur Vereinfachung ausnutzen, womit

wir gleichzeitig die Kurzschlussgefahr vermeiden (Abb. 17).

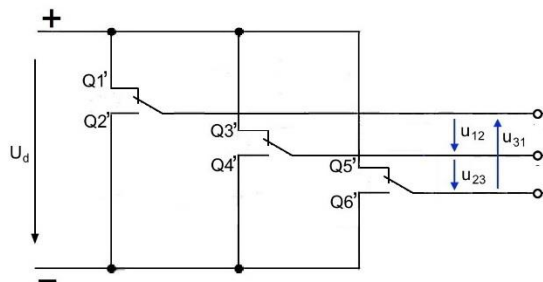


Abb. 17: Der vereinfachte Wechselrichter

In Abb. 17 bezeichnen die Schalter Q1' bis Q6' jetzt Schaltstellungen und nicht mehr physische Schalter. Wir brauchen nur noch drei Minitaster, die jetzt als Umschalter eingesetzt werden.



Abb. 18: Der vereinfachte Drehstrom-Wechselrichter

Stern- und Dreieckschaltung

Die Betriebsweise nach Abb. 13 können wir uns veranschaulichen, indem wir Lämpchen sowohl in Dreieck- als auch in Sternschaltung an den Wechselrichter anschließen.

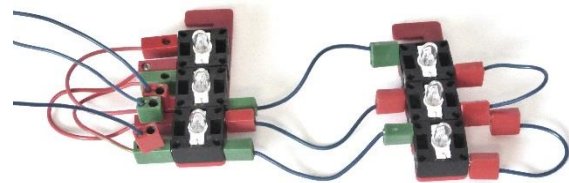


Abb. 19: Lämpchen in Dreieck- und in Sternschaltung

Die Lämpchen in Dreieckschaltung zeigen genau den Spannungs- bzw. Stromverlauf nach Abb. 13, oben rechts: Es leuchten immer zwei Birnchen in der entsprechenden Anordnung.

Die Sternschaltung ist leider nicht so eindrucksvoll. Durch die starke Nichtlinearität des Lampenwiderstandes leuchtet immer nur das eine Lämpchen bei der maximalen Amplitude nach Abb. 13, unten rechts. Die halben Amplituden werden nicht bzw. nur sehr schwach angezeigt. Die Verwendung von LEDs ist auch möglich, aber wegen der Polarität werden zweimal sechs LEDs benötigt.⁴

Unser Brushless, ein Außenläufer-Synchronmotor

Einen Synchronmotor baut man zweckmäßigerweise so, dass die dreiphasige Wicklung fest steht und sich so die einfachste Stromzuführung ergibt. Im Modellbau haben sich zwei Varianten durchgesetzt (BLDC = *Brushless DC Motor*):

- Die Wicklung befindet sich im stehenden Gehäuse, das auch den magnetischen Rückschluss bildet. Der Läufer ist als Innenläufer (*Inrunner*) mit Dauermagneten bestückt.
- Das Gehäuse ist drehbar gelagert (Außenläufer, *Outrunner*) und trägt auf der Innenseite die Dauermagnete. Im Inneren befindet sich die feststehende Wicklung.

⁴ Übrigens: Die Lämpchen, den IR-Empfänger (s. u.) und vieles mehr habe ich auf der Convention in Sinsheim von fischertechnik bzw. von Franz Santjohanser (santjohanser.de) geschenkt

bekommen. Von Stefan Roth (fischerfriends-man.de) gab es einen Einkaufsgutschein – Danke vielmals!

Die erste Variante wird für Fahrzeuge bevorzugt; die hohe Motordrehzahl wird mit einem Getriebe untersetzt. Dazu hier ein einfaches Innenläufermodell (Abb. 20).

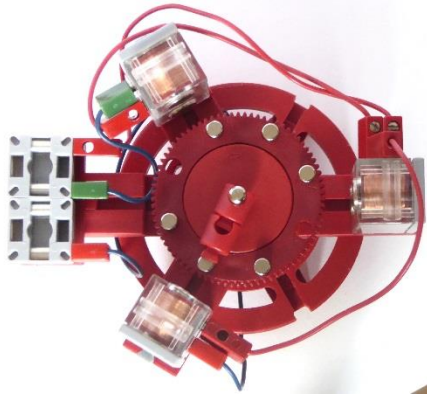


Abb. 20: Der Inrunner

Die Wicklung (unsere E-Magnete) befindet sich außen, der Läufer (ein Drehschalter-Oberteil Z80, 32117) mit den Dauermagneten dreht sich im Inneren. Der Läufer ist zweipolig, die Polpaarzahl [5] ist eins. Jeweils drei der Stabmagnete im Läufer sind gleich ausgerichtet.

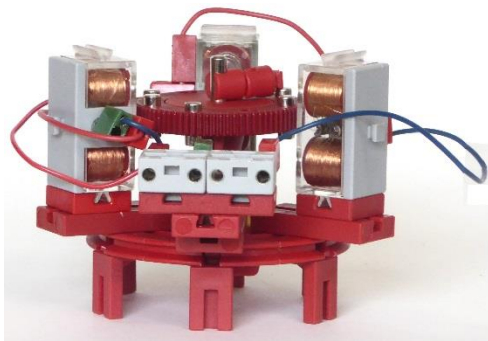


Abb. 21: Der Inrunner von der Seite

Die zweite Variante wird gerne für Flugmodelle einschließlich Quadrocopter verwendet. Die Konstruktion ergibt ein höheres Drehmoment, sodass ein Propeller ohne Getriebe angetrieben werden kann. So einen Außenläufer-Motor wollen wir bauen.

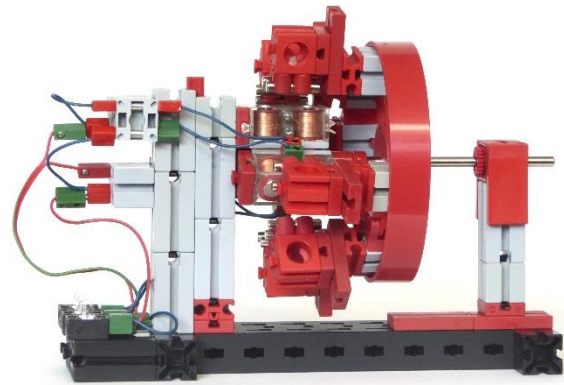


Abb. 22: Der Outrunner

Dazu wird der Läufer des 3-T-Motors festgesetzt und bildet jetzt den Innen-Stator.

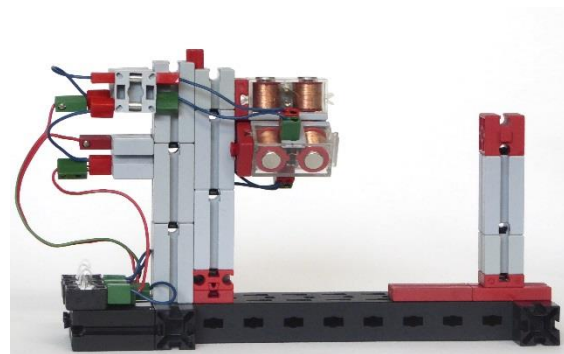


Abb. 23: Der (Innen-) Stator

Die E-Magnete werden wieder in Sternschaltung betrieben: Die inneren Anschlüsse werden miteinander verbunden (rote Stecker), die äußeren bilden den Drehstromanschluss in Sternschaltung.



Abb. 24: Blick auf die E-Magnete

Der Außenläufer wird um ein Speichenrad 90x15 (19317 oder 36916) herum aufgebaut.

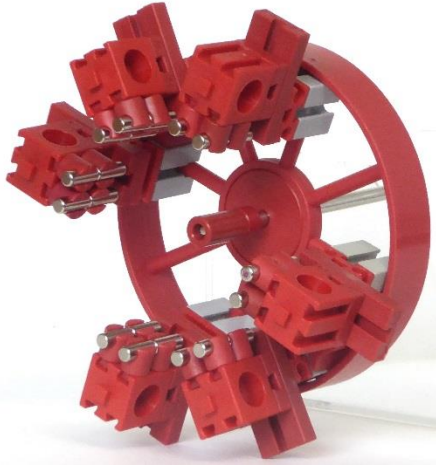


Abb. 25: Der zweipolige Läufer

Auch wenn es anders aussieht: der Läufer ist zweipolig. Die Ausrichtung der zwei mal sechs Stabmagnete (4 mm Durchmesser, 10 mm Länge, siehe auch [4]) oben in Abb. 25 ist immer gleich und die der zweiten Gruppe unten entgegengesetzt gleich. Gehalten werden sie von Klemmhülsen 7,5 (35980) in Schneckenmutter 15x15x15 m1 (35973), die mit BS 5 15x30 (35049) und BS 7,5 an den grauen BS 15 befestigt sind. Die BS 15 werden mit Gelenkwürfel-Zungen und -Klauen (31426 und 31436) in Position gehalten.

In der Mitte von Abb. 25 sieht man eine Hülse 15 (31983), in der sich die Läuferachse dreht.

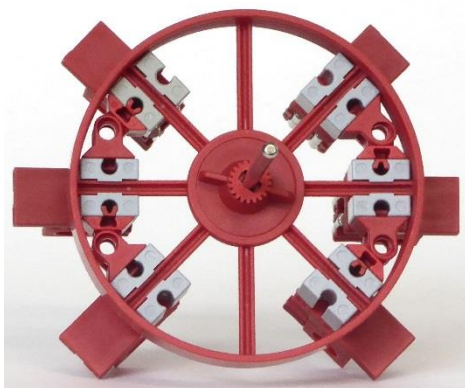


Abb. 26: Die Läuferrückseite

Der Läufer wird so weit in Richtung E-Magnete verschoben, bis die Hülse 15 auf den Winkelstein 60° 3N (31918) in Abb. 24 stößt. Mit der Hülse lagert der Läufer auf den unteren beiden E-Magneten. Das zweite Lager bildet ein BS 15 Bohrung (32064).

Wir verbinden nun den Wechselrichter aus Abb. 18 mit einer Stromquelle mit 6 bis 9 V Spannung und den Ausgang des Wechselrichters über drei Adern mit unserem Brushless-Motor. Drehung an der Kurbel bewirkt Drehung des Außenläufers, rechts herum oder links herum. Die Zuordnung der Drehrichtungen lässt sich ändern durch Tausch von zwei der drei Leitungen. Die Polung der Stromquelle hat dagegen keinen Einfluss auf die Drehrichtung des Motors. Wir müssen die Kurbel langsam drehen und können dann beschleunigen, damit der Läufer mitkommt. Drehen wir zu schnell an, dann gerät der Synchronmotor „außer Tritt“ und bleibt stehen.

Ein kommerzieller Brushless-Motor



Abb. 27: Ein kommerzieller Außenläufer-Brushless-Motor

Zur Funktionsprobe habe ich die Elektronik des Motors aus Abb. 27 an den Servoausgang des IR-Empfängers und die Community-Akkubox angeschlossen (Abb. 28).

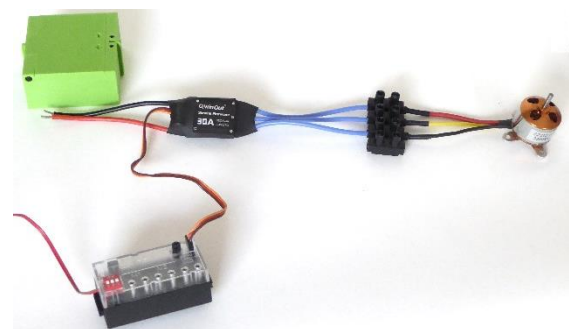


Abb. 28: Funktionsprobe

Typisch für einen sensorlosen Brushless-Motor ist das Ruckeln beim Start. Grundsätzlich muss die Elektronik „wissen“, in welcher Position sich der Rotor befindet. Ein Blick auf den Spannungsverlauf oben rechts in Abb. 13 zeigt spannungslose 60°-Pausen nacheinander für jede Wicklung. In dieser Zeit misst die Elektronik die durch die Drehung erzeugte Induktionsspannung und leitet daraus die Position des Rotors ab. Hierfür ist eine Mindestdrehzahl erforderlich, die auf andere Weise durch „blindes“ Takten (deshalb das Ruckeln) erzeugt wird. Der Antrieb besteht also immer aus Elektronik und Motor.

Bei den Modellbauern kursieren die geheimnisvollen Zeichen „Kv“ und „Km“, mal groß, mal klein, mal kombiniert geschrieben. Kv ist die Kennzahl für velocity, also Geschwindigkeit (besser Drehzahl). Im Deutschen steht dafür die Spezifische Drehzahl n_s . Der Motor in Abb. 27 ist mit 2200 KV gekennzeichnet. Das bedeutet

$$Kv = 2200 \frac{U}{\text{min} \cdot V}$$

also Umdrehungen pro Minute und Volt. Bei Betrieb mit 9 V dreht er sich mit $9 \cdot 2200 \text{ U/min} = 19.800 \text{ U/min}$.

Die Kennzahl Km taucht seltener auf. Sie steht für das spezifische Drehmoment und ist leicht aus der Kennzahl Kv zu ermitteln.

$$Km = \frac{1}{2\pi Kv}$$

Daraus ergibt sich unmittelbar das spezifische Drehmoment des o. a. Motors zu $0,000072 \text{ min V} = 0,00434 \text{ V s}$, und das ist nichts anderes als $0,00434 \text{ Nm/A}$ (Newtonmeter pro Ampere). Bei 10 A Stromaufnahme entwickelt der Motor also ein Drehmoment von $0,0434 \text{ Nm}$ oder $4,34 \text{ Ncm}$.

Manchmal findet man den Zusammenhang

$$Km = \frac{9,55}{Kv}$$

Das ist eine Zahlenwertgleichung, die nur mit den Einheiten Km in Nm/A und Kv in U/(min V) stimmt.

Ein vierpoliger fischertechnik-Brushless-Motor

Die Achse rechts in Abb. 29 trägt mit der Drehscheibe 60 (31019) den im Inneren des Motors liegenden Stator mit sechs Elektromagneten. Die Achse wird rechts mit einer Seiltrommel 15 (31016) und einem BS 5 15x30 (35049) an der Drehung gehindert. Das linke Ende der Achse schaut in Abb. 30 zwischen den Magneten hervor. Darauf stützt sich der Außenläufer mit einer Hülse 15 (31983) ab.

Die Läufermagnete werden vierpolig angeordnet, also vier Magnete in einer Richtung gepolt, die nächsten vier in der entgegengesetzten Richtung usw. Die Art der Achsbefestigung über einen Mitnehmer (31712) und Klemmhülsen ist in [6] erläutert.

Jeweils drei aufeinander folgende E-Magnete werden so verschaltet wie beim zweipoligen Synchronmotor. Die zweimal drei Anschlussleitungen werden parallel geschaltet.

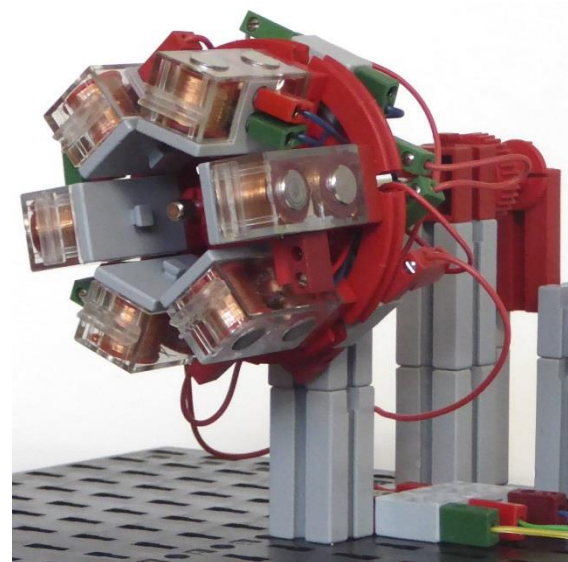


Abb. 30: Zweimal drei E-Magnete als Stator

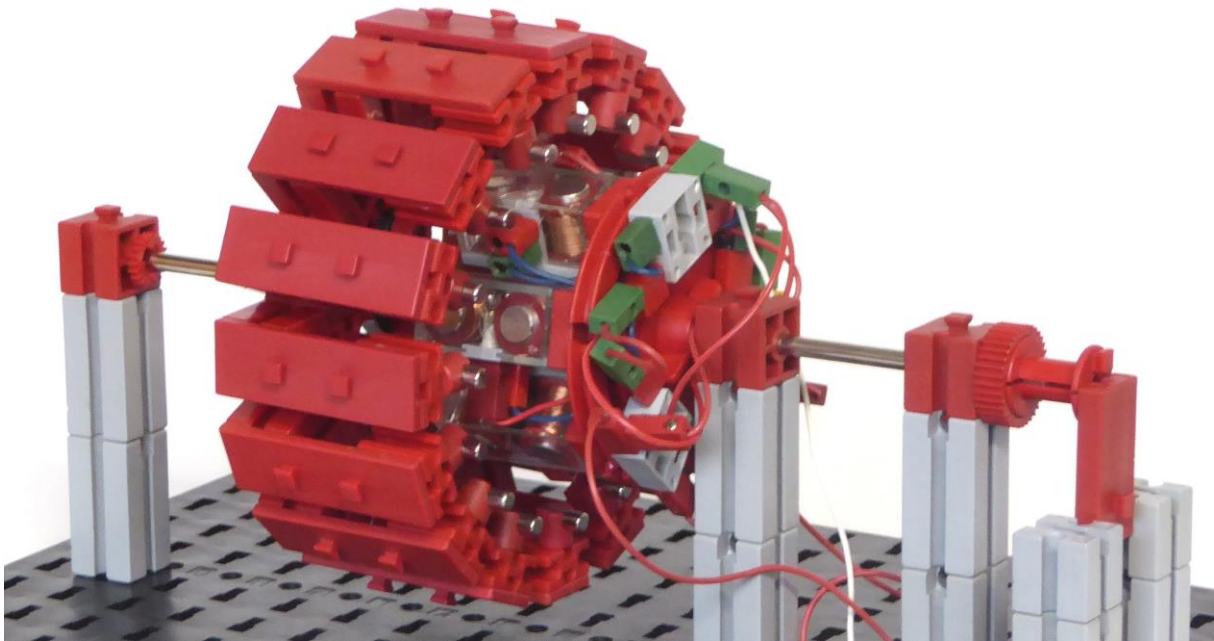


Abb. 29: Der vierpolige fischertechnik-Brushless-Motor

Der Außenläufer (Abb. 31) ist recht schwer geraten. Damit er in Tritt kommt und bleibt, müssen wir den Wechselrichter mit Gefühl hochdrehen. Zwei Drehungen an der Wechselrichter-Kurbel ergeben jetzt eine Umdrehung des Synchronmotors.

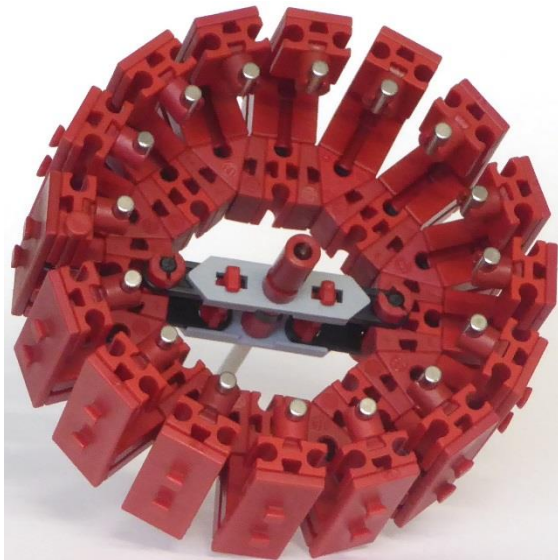


Abb. 31: Der Läufer

Vom Scheitern ...

Nicht alle Projekte gelingen. Manchmal muss man einsehen, dass es mit fischertechnik-Teilen nicht geht. Gelegentlich aber braucht man auch mehrere Anläufe bis zum Erfolg.

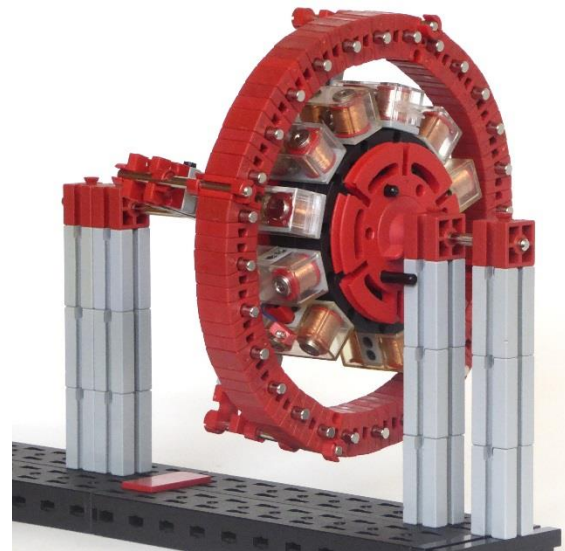


Abb. 32: Der unvollendete Synchronmotor

Den in Abb. 27 gezeigten Brushless-Motor wollte ich mit seinen 12 E-Magnet-Polen im inneren Ständer und 14 Dauermagnet-Polen im Außenläufer (Polpaarzahl 7) nachempfinden (Abb. 32).

Erste Hürde: Mein gesamter Bestand an E-Magneten ist erforderlich, d. h. alles andere muss demontiert werden (in den Bildern sind nur zehn E-Magnete eingebaut).

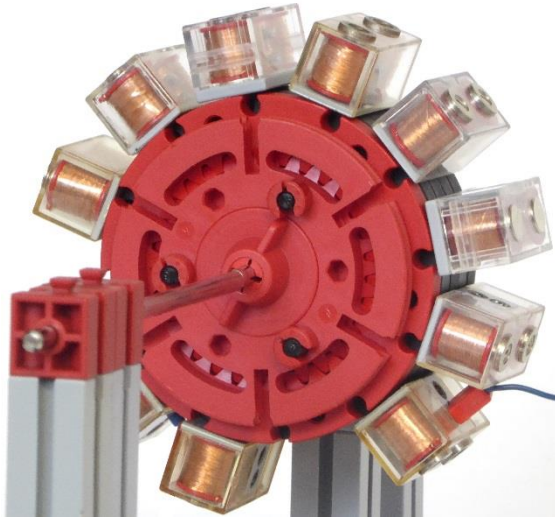


Abb. 33: Die Ständerrückseite

Entscheidende Hürde (für mich) war das Fehlen von Steckern oder Steckerersatz, um an die inneren Anschlüsse der E-Magnete zu kommen. In Abb. 33 ist ein äußerer Anschluss mit dem Quetschstecker von Stefan Roth zu sehen, das geht.

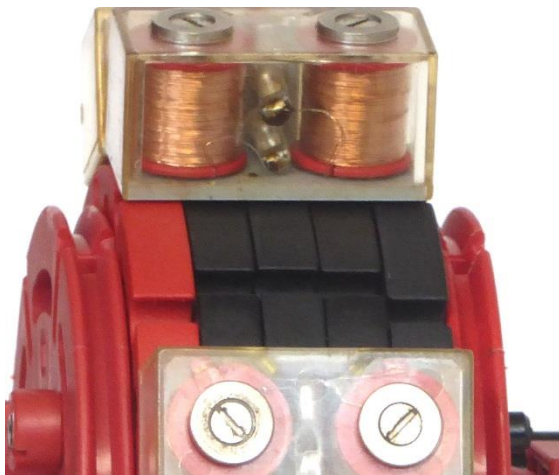


Abb. 34: Halterung der E-Magnete

Gehalten werden die E-Magnete von fünf Innenzahnrädern Z30 m1,5 69 (35694), eingeklemmt zwischen zwei Drehscheiben 60 (31019). Es können beide Typen von E-Magneten verwendet werden (31324 oder 32363).

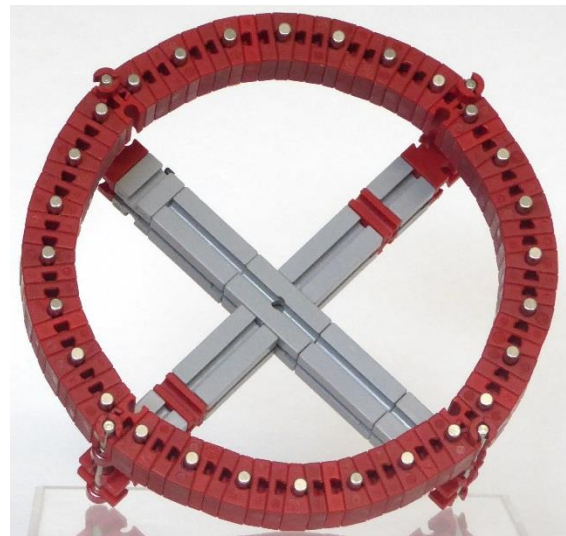


Abb. 35: Der 14-polige Läufer mit zweimal 28 Einzelmagneten

Der grundsätzliche Aufbau des Läufers ist in [6] beschrieben; er entspricht dort der Abb. 15 mit zusätzlichen Bausteinen zur Vergrößerung des Durchmessers (Hinweis: Immer zwei nebeneinander liegende Pole sind gleich ausgerichtet).

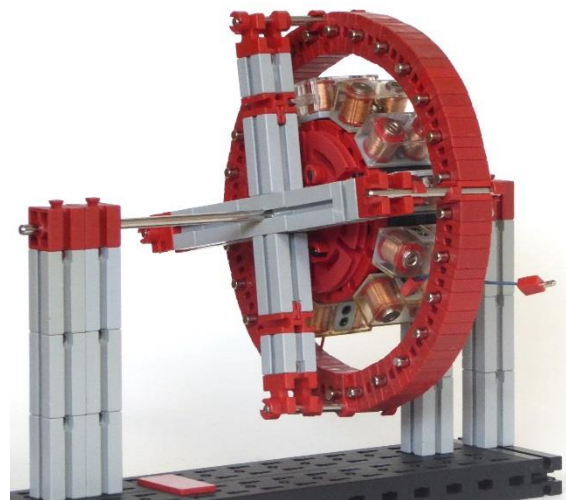


Abb. 36: Motorrückseite

Zunächst steht der Unvollendete in einer Ecke des Arbeitstisches, weil ich andere Ideen verfolge, die keine E-Magnete erfordern.

... zum Erfolg

Es hat sich gelohnt, nicht locker zu lassen! Nach zwei Wochen, in denen ich immer wieder einen Blick darauf geworfen habe,

kam die eigentlich simple Idee: Weniger ist manchmal mehr: Von den vier Drehstromsystemen des Ständers werden zwei herausgenommen. Somit ist genug Platz für normale fischertechnik-Stecker an den E-Magneten. Wegen der nun halb so großen Zahl von Elektromagneten verringert sich auch das Drehmoment des Motors. Zum Ausgleich werden die Dauermagnete des Läufers dichter herangebracht, der Luftspalt wird verkleinert (Abb. 37).



Abb. 37: Jetzt ist er lauffähig

Mit einer Versorgung des „Generators“ von 20 V lässt sich der Motor betreiben und das Drehzahlverhältnis ergibt erwartungsgemäß: Sieben Umdrehungen der Generatorkurbel führen zu einer Umdrehung des Motors.

Die hohe Spannung für den „Generator“ liegt auch an der Sternschaltung des Motors. In einer ruhigen Stunde werde ich ihn auf Dreieckschaltung umverdrahten. Wie hoch wird die erforderliche Spannung dann wohl sein?

Die „Scheiben mit Hülse“ am Läufer habe ich zum Auswuchten angebracht, die grüne Scheibe hilft beim Zählen der Umdrehungen.



Abb. 38: Statorseite

Hinweis

In den gezeigten Modellen werden fischertechnik-Bauteile verbaut, die sich nicht mehr im aktuellen Lieferprogramm befinden. Sie sind aber immer noch (oder zumindest immer wieder) bei Stefan Roth (fischerfriendsman.de) erhältlich.

Quellen

- [1] Dirk Fox: [Der Elektromotor](#). ft:pedia 3/2013, S. 4-8.
- [2] Arthur Wilke: [Die Elektrizität, ihre Erzeugung und ihre Anwendung in Industrie und Gewerbe](#). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1893.
- [3] Rüdiger Riedel: [Funktionsmodelle von Gleich- und Wechselstrommotoren](#). ft:pedia 4/2016, S. 52-58.
- [4] Dirk Fox, Thomas Püttmann: [Technikgeschichte mit fischertechnik](#). dpunkt.verlag, Heidelberg, 2015, S. 218.
- [5] Matthias Dettmer: [Synchronmotoren](#). ft:pedia 2/2016, S. 48-52.
- [6] Rüdiger Riedel: [Neue Synchronmotoren](#). ft:pedia 2/2017, S. 25-31.

Elektronik

Elektronikmodule (Teil 1): Einleitung

Hans-Christian Funke

Silberlinge – Nostalgie oder aktuell? Mit dieser Überschrift hatte ich Ende letzten Jahres eine [Umfrage im Forum der ft:c](#) gestartet, um zu erfahren, ob ein Ersatz für die Silberlinge überhaupt interessant wäre. 70% der Teilnehmer gaben eine positive Rückmeldung.

Der Anfang

Der eigentliche Anfang liegt weit, weit zurück, über 40 Jahre, zu der Zeit, als fischertechnik noch ein Heft – ähnlich der heutigen ft:pedia – für seine Fans herausgegeben hat (Abb. 1).

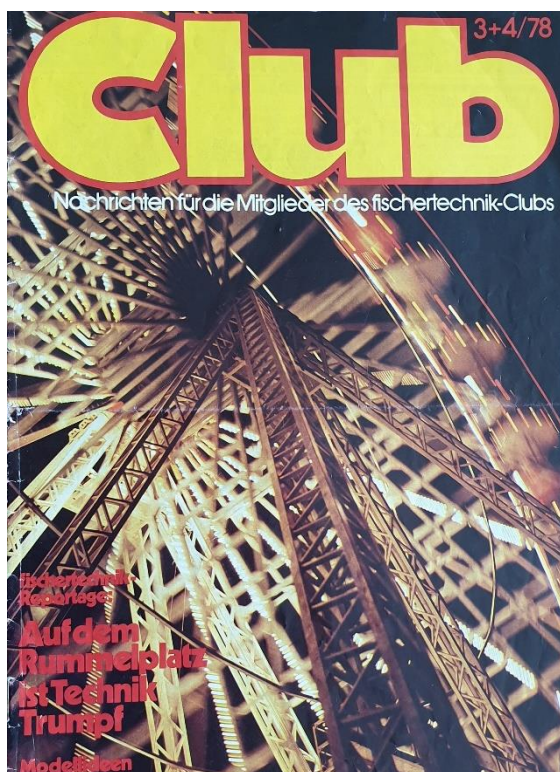


Abb. 1: Club-Zeitung aus dem Jahr 1978

Zu dieser Zeit wurde in den Heften immer eine Bauanleitung für ein größeres Modell angepriesen, die man sich zuschicken lassen konnte – wie zu dieser Zeit üblich per Brief, der die Anfrage für das gewünschte Modell

und das Rückporto für die Anleitung enthielt.

Meine erste angeforderte Anleitung war die aus dem Heft 3/77 – eine Bauanleitung für einen Tresor. Wow – das Modell hatte mich fasziniert, und ich konnte es damals kaum erwarten, bis die Bauanleitung endlich ankam. Die Spannung war unerträglich, und als die Anleitung endlich da war, hielt die Faszination bis zur vorletzten Seite an... Auf der letzten Seite war ein Schaltplan abgebildet. Der Schaltplan enthielt sage und schreibe sieben (!) Silberlinge!

Ich war elf Jahre alt, verfügte über ein bescheidenes Taschengeld, und ein Elektronikbaustein (so die offizielle Bezeichnung der Silberlinge) kostete zu dieser Zeit 60 DM – das wären heute umgerechnet 60 €, für mich als Kind zu dieser Zeit unerschwinglich. Zwei bis drei Jahre dauerte es schließlich, bis ich mit Unterstützung und eisernem Sparkurs endlich alle Silberlinge zusammen hatte.

Zu dieser Zeit fing ich an, mich intensiver mit der Elektronik auseinander zu setzen und war schon zu dieser Zeit der Meinung, dass so ein Elektronikbaustein doch auch preiswerter anzufertigen sein müsste, denn die enthaltenen Teile waren gar nicht so teuer.

Der Beginn eines Abenteuers

So besorgte ich mir Uhrenmacher-Schraubendreher, öffnete die Bausteine und fing an, die Teile zu notieren und die Schaltungen abzuzeichnen. Die Zeichnungen sahen wie Kraut und Rüben aus, denn es fehlte mir noch am technischen Verständnis.

Schließlich war mein Interesse daran so groß, dass ich mich darüber informierte, wie man Leiterplatten (selbst) anfertigt. Von den ersten selbst gefertigten Modulen funktionierten drei von vier (Abb. 2).



Abb. 2: Relaismodul, ca. 1981

Dann kehrte eine Pause von mehreren Jahrzehnten ein, weil es mit meinen damaligen Kenntnissen nicht möglich war, die Platinen in einer annehmbaren Form in Verbindung mit fischertechnik zu bringen, so dass die Schaltungen – wie die Silberlinge – einfach irgendwo angesteckt und mit den fischertechnik-Kabeln verbunden werden konnten.

Die Idee wurde Realität

Das Projekt wurde im Vorfeld zur 50-Jahresfischertechnik-Convention in Waldachtal wiederbelebt. In den vergangenen Jahrzehnten hatte ich alle notwendigen technischen Details gesammelt, so dass ich meine ursprünglichen Ideen inzwischen alle umsetzen konnte. Folgendes sollte bei den Modulen erfüllt sein:

- kleiner und preiswerter als die Silberlinge sollten sie sein,
- einen Ersatz schaffen für die nicht mehr produzierten Silberlinge,
- erweiterte Funktionen anbieten (digitales Zählwerk, 8stufigen Taktgenerator, ...),
- vielseitig einsetzbar,
- variabel in der Betriebsspannung (am einfachsten mit dem Akku-Pack zu versorgen),
- auf digitaler Technik basieren unter Verwendung einer positiven Logik,
- kombinierbar mit Computer-Interfaces (z. B. ROBO, TXT, Arduino) und
- sich einfach in die fischertechnik-Welt integrieren lassen.

Anlässlich der Convention wollte ich meine Idee mit den Elektronikmodulen präsentieren. Somit begann ich fieberhaft, alles auf Papier zu bringen und die ersten Module in Handarbeit anzufertigen. Die Module dieser ersten Generation waren noch mit einer Plexiglas-Abdeckung (Abb. 3) und Bundhülsen für die fischertechnik-Stecker versehen.

Die Resonanz auf der Convention war mehr als dünn – nur ein Einziger zeigte Interesse daran. Aber dieser Eine hat mich beflügelt, das Projekt doch weiter zu verfolgen und er hat mich auch mit seinem 3D-Drucker dabei unterstützt, das Design der Module zu perfektionieren – das Ergebnis kann sich sehen lassen (Abb. 4).

Natürlich gab es Überlegungen, dass wahrscheinlich auch andere ein Interesse an solchen Modulen haben könnten. Aber es gab keine sichere Rückmeldung, wie groß

das Interesse sein würde und ob es sich lohnen könnte, die Module auch in größeren Stückzahlen anfertigen zu lassen, damit auch andere von diesen Modulen profitieren können.

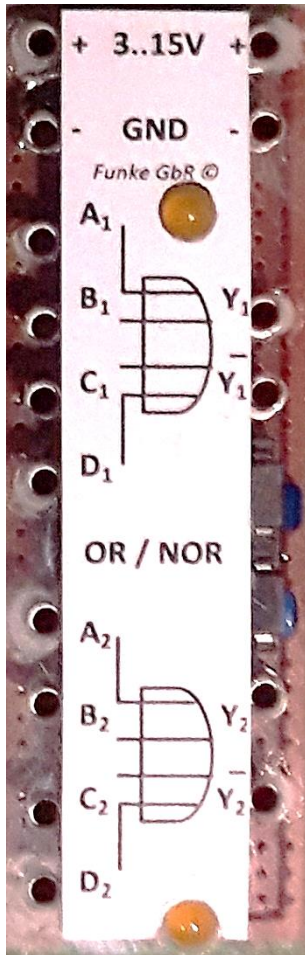


Abb. 3: OR-NOR-Modul

Daraufhin habe ich zum Ende des Jahres 2018 [im Forum der ftc eine Umfrage](#) gestartet, die eine sehr erfreuliche Resonanz hervorbrachte und mich somit in meiner Annahme bestätigte.

Heute gibt es 21 Elektronikmodule, die zum einen die fehlenden Silberlinge ersetzen und zum anderen neue und erweiterte Funktion zur Verfügung stellen. Alle, denen ich diese Module vorstellte, waren begeistert, sowohl von der Idee als auch vom Aussehen der Module.

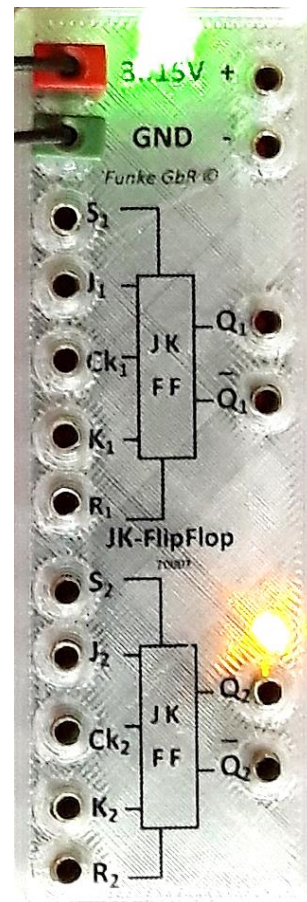


Abb. 4: JK-Flip-Flop-Modul

Das Ergebnis

- Die Verbindung zur Fischertechnik-Welt erfolgt über eine Grundplatte 90 · 30 mm und mit Bundhülsen für die Stecker – damit lassen sich die Module sehr leicht in jedes Modell integrieren (Abb. 5).
- Die Elektronikmodule basieren auf CMOS-Technik und ermöglichen somit den Betrieb mit Spannungen von 3-15 V. Damit ist gewährleistet, dass die Elektronikmodule mit den Silberlingen oder Computer-Systemen sich kombinieren lassen – alle Systeme, die in diesem Spannungsbereich arbeiten, können diese Module nutzen.
- Die CMOS-Technik hat darüber hinaus den Vorteil eines sehr geringen Strombedarfes, was dem Betrieb mit Batterien/Akkus in einem Modell entgegenkommt.

- Alle Elektronikmodule stellen am Ausgang einen minimalen Strom von 2 mA (high oder low) zur Verfügung, womit ausreichend Strom zur Ansteuerung der Silberlinge oder von 1-mA-LED-Bausteinen geliefert wird.
- Die Elektronikmodule verfügen über einen internen Schutz, damit die CMOS-Bausteine in den Elektronikmodulen nicht bei einer Spannungsverpolung zerstört werden.
- Überspannungen ($> 15\text{ V}$) würden die CMOS-Bausteine ebenfalls zerstören. Aus diesem Grund gibt es ein Versorgungsmodul, das die Elektronikbausteine vor Überspannungen schützt.
- Jedes Modul ist mit einer Betriebsanzeige ausgestattet, so dass schnell festgestellt werden kann, ob das Elektronikmodul – nach Verbindung mit der Betriebsspannung – einsatzbereit ist.
- Die Anschlüsse für die Betriebsspannung liegen bei allen Modulen an der gleichen Stelle, so dass über einen kleinen Doppelverbindungsstecker (wird bei jedem Elektronikmodul mitgeliefert) die Module leicht untereinander mit der Betriebsspannung versorgt werden können.

Wie in Abb. 6 zu sehen lassen sich die Module leicht kombinieren und aneinanderreihen. Eine Begrenzung der Anreihung von Elektronikmodulen ist nur beschränkt durch den maximalen durchleitbaren Strom von 5 A.

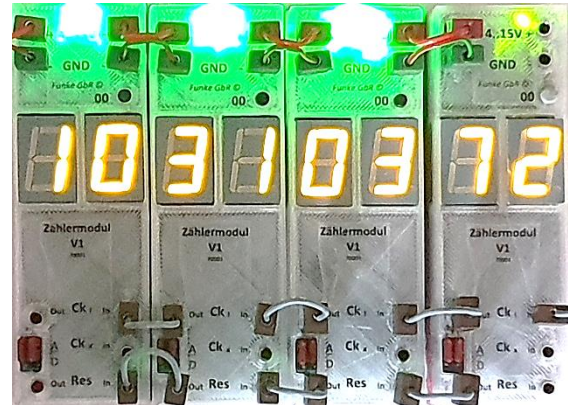


Abb. 6: Mehrere Zählermodule nebeneinander⁵

Die Elektronikmodule haben meistens zwei oder vier der Funktion z. B. Gatter (AND, OR, EXOR) oder Speicher (MF, FF) auf einem Modul vereint. Dadurch habe ich ein viel besseres Preis-Leistungsverhältnis erzielen können; mit 39,95-45,95 € liegt der Preis weit unter dem der Silberlinge, wenn man die Mehrfachfunktion in den Modulen berücksichtigt. Nur das Königsmodul – der Leistungstreiber – enthält so viele Teile, dass der Preis bei 49,95 € liegt. Alle Elektronikmodule können – sobald diese online

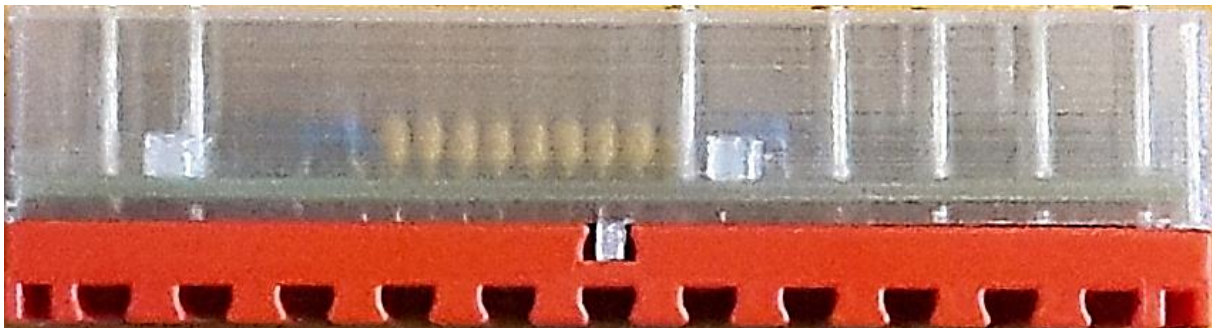


Abb. 5: Elektronikmodul auf einer Grundplatte 90 · 30 mm von fischertechnik

⁵ Das Zählermodul ganz rechts hat noch eine 20-mA-Standard-LED zur Anzeige der Betriebsspannung; die anderen Module haben schon die

neue 1-mA-LED – deutlich heller bei weniger Strombedarf!

sind – über den fischertechnik-Einzelteil-Handel bei Franz Santjohanser [1] bestellt werden.

In weiteren ft:pedia-Artikeln werde ich auf technische Details eingehen und die einzelnen Module vorstellen.

Kombination mit anderen Systemen

Die Verbindung der Elektronikmodule mit anderen Systemen ist ohne weiteres möglich. So können z. B. die Silberlinge einfach an die Elektronikmodule angeschlossen werden (Abb. 7) oder umgekehrt die Elektronikmodule an die Silberlinge (Abb. 8).



Abb. 7: Elektronikmodul steuert h4-Relais

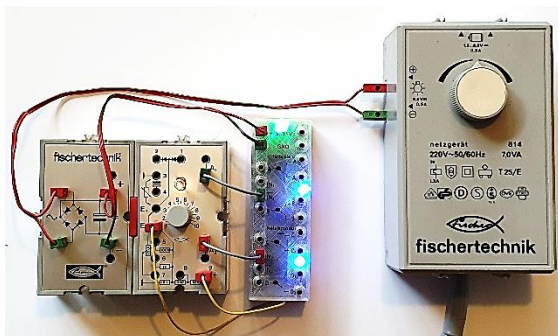


Abb. 8: h4-Grundbaustein steuert Elektronikmodul

Ebenso können Elektronikmodule mit anderen Systemen (ROBO, TXT, Arduino) kombiniert werden. Wichtig ist lediglich,

dass beide Systeme, z. B. Elektronikmodule und TXT-Interface, aus der gleichen Spannungsquelle versorgt werden oder bei Verwendung unterschiedlicher Quellen GND (Masse oder „-“) von beiden Systemen miteinander verbunden sind und sichergestellt wird, dass die gleiche Betriebsspannung verwendet wird (also für beide Systeme z. B. 9,0 V). Bei Akku- oder Batteriebetrieb ist dies nicht immer gewährleistet, weil bei einem verbrauchten Akku oder Batterie die Spannung absinkt.

Es kann vorkommen, dass Ausgänge von anderen Systemen kein eindeutiges Ausgangssignal liefern, das heißt es liegt ein Spannungswert am Ausgang vom Fremdsystem, den die Elektronikmodule weder als low noch als high einstufen können. Für diesen Fall kann einfach ein Treiber zwischen dem Ausgang vom Fremdsystem und dem Elektronikmodul geschaltet werden. Der Treiber übersetzt sozusagen das Signal in ein eindeutiges low oder high für die Elektronikmodule.

Als Treiber können ODER-Gatter (70012 & 70013), AND-Gatter (alle Eingänge zusammenschließen, 70010 & 70011), das Inverter-Plus-Modul (70019) oder der Leistungstreiber (70009) eingesetzt werden.

Kurzüberblick zu den Elektronikmodulen

Zum Abschluss dieser Einleitung ein Überblick zu den Elektronikmodulen. Fortsetzung folgt!

Referenzen

- [1] Franz Santjohanser: [Offizieller fischertechnik-Einzelteilvertrieb](#).

Modul	Beschreibung
70001 Zählermodul V1	Ein zweistelliger digitaler Aufwärtszähler mit 7-Segment-Anzeige (0-99); Erweiterung um jeweils zwei weitere Stellen durch Anreihen eines weiteren Zählers möglich (0-9999; 0-999999; usw.); gut sichtbar bei größerem Abstand!
70002 Zählermodul V2	Ein zweistelliger digitaler Auf- und Abwärtszähler mit 7-Segment-Anzeige (0-99); Erweiterung um jeweils zwei weitere Stellen durch Anreihen eines weiteren Zählers möglich (0-9999; 0-999999; usw.); gut sichtbar bei größerem Abstand!
70003 Versorgungsmodul (voraussichtlich ab Dezember 2019 lieferbar)	Gleichspannung, pulsierende Gleichspannung (fischertechnik-Trafo) oder Wechselspannung werden umgewandelt in eine feste Gleichspannung mit Strombegrenzung auf 2 A (kurzschlussfest). Speisespannung 5-15 V können über Schraubklemme, Stecker oder Niedervoltbuchse (fischertechnik-Netzteil 505287) zugeführt werden; konstante Ausgangsspannung.
70004 Taktgeneratormodul	An acht Ausgängen werden Taktsignale zur Verfügung gestellt (Binärzähler). Die Taktfrequenz kann über ein Potentiometer variiert werden; mit Anhalt- und Rücksetzfunktion. Der Taktgenerator kann abgekoppelt werden, so dass der 8-Bit-Binärzähler zur eigenen Verwendung genutzt oder mit einem externen Takt versorgt werden kann.
70005 Mono-Flop-Modul	Zwei unabhängige Mono-Flops mit unterschiedlichen voreingestellten Zeitintervallen, die zusätzlich noch mit einem Potentiometer verändert werden können; eigene Zeitintervalle können individuell definiert werden; Ausgänge Q und \bar{Q} .
70006 D-Flip-Flop-Modul	Zwei unabhängige D-Flip-Flops; Ausgänge Q und \bar{Q} .
70007 JK-Flip-Flop-Modul	Zwei unabhängige JK-Flip-Flops; Ausgänge Q und \bar{Q} .
70008 RS-Flip-Flop-Modul	Vier unabhängige RS-Flip-Flops; Ausgänge Q und \bar{Q} .
70009 Leistungsmodul (voraussichtlich ab Dezember 2019 lieferbar)	Zwei leistungsstarke unabhängige schnelle Treiberstufen mit zuschaltbarer Inverter-Funktion, externer Einspeisung von Spannungen bis 30 V (Schraubklemme oder Niedervoltbuchse für fischertechnik-Netzteil 505287). Die Eingänge und Ausgänge sind galvanisch voneinander getrennt (gemeinsame Masse). Schaltleistung von 30 V mit bis 2,3 A je Treiber (V_{dd} oder GND); Schaltvorgänge mit bis zu 50 kHz.
70010 AND-NAND-Modul	Zwei getrennte UND-Gatter mit je vier Eingängen; Ausgänge Y und \bar{Y} .
70011 AND-NAND-Modul	Vier getrennte UND-Gatter mit je zwei Eingängen; Ausgänge Y und \bar{Y} .
70012 OR-NOR-Modul	Zwei getrennte ODER-Gatter mit je vier Eingängen; Ausgänge Y und \bar{Y} .

Modul	Beschreibung
70012 OR-NOR-Modul	Vier getrennte ODER-Gatter mit je zwei Eingängen; Ausgänge Y und \bar{Y} .
70014 EXOR-EXNOR-Modul	Vier getrennte EXODER-Gatter mit je zwei Eingängen; Ausgänge Y und \bar{Y} .
70015 Multifunktionsmodul	Differenzverstärker für die Auswertung kleiner Signale von Sensoren, Lichtschranken oder Fühlern. Nachbildung von RS-Flip-Flop, Mono-Flop, Taktgenerator oder eines Tongenerators möglich; integrierter Mini-Lautsprecher (entspricht einem h4 G mit h4 MF); Ausgänge A und \bar{A} .
70016 Steuermodul	Acht logische Ausgänge mit Speicherfunktion; Ergänzung mit weiteren Steuermodulen durch internes Schieberegister möglich (8, 16, 24, ... Ausgänge); ideal als Ergänzung für Computer-Interface (ROBO, TXT, Arduino).
70017 Meldemodul	Acht Eingänge mit Speicherfunktion; Abruf der einzelnen Speicher über einen Demultiplexer; zurücksetzen einzelner Speicher möglich; ideal als Ergänzung für Computer-Interface (ROBO, TXT, Arduino).
70018 Relaismodul 1A	Zwei unabhängige Relais; jedes Relais steuert zwei Umschalter mit maximal 30 V / 1 A Schaltleistung; Ansteuerung mit high oder low möglich.
70019 Inverter-Plus-Modul	Das Modul stellt nicht nur vier unabhängige Inverter zur Verfügung, sondern mit einem high am Ausgang (= V_{dd} = Betriebsspannung) können Verbraucher bis 250 mA versorgt werden, z. B. herkömmliche Glühfadenlampen. Darüber hinaus sind schnelle Schaltvorgänge bis 50 kHz möglich; die Invertierung des Ausgangs kann abgeschaltet werden (Treiberfunktion). Extra Masse-Anschluss zum zweipoligen Anschluss eines Verbrauchers an jedem Ausgang.
70020 Versorgungsmodul (voraussichtlich ab Dezember 2019 lieferbar)	Gleichspannung, pulsierende Gleichspannung (fischertechnik-Trafo) oder Wechselspannung werden umgewandelt in eine feste Gleichspannung mit Strombegrenzung auf 2 A (kurzschlussfest); Speisespannung 12-32 V können über Schraubklemme, Stecker oder Niedervoltbuchse (fischertechnik-Netzteil 505287) zugeführt werden; konstante Ausgangsspannung von 9,0 V.
70021 Experimentiermodul (in Planung)	Freie Steckplätze, vergleichbar mit dem Experimentierfeld-Silberling.
70022 Messmodul (in Planung)	Modul zur Messung von Spannungen – digitale dreistellige Anzeige.
70023 Relaismodul 2A	Zwei unabhängige Relais; jedes Relais steuert zwei Umschalter mit maximal 30 V / 2 A Schaltleistung; Ansteuerung mit high oder low möglich.

Computing Micro:Bit

Axel Chobe

Seit kurzer Zeit gibt es bei fischertechnik das „Starter Set for micro:bit“ für ca. 120 € zu kaufen. Dabei erfolgt die Programmierung mit dem MakeCode-Editor. Es reicht aber auch, zwei Hardwareelemente zu kaufen, um diese Art der Programmierung und Ansteuerung zu testen.



Abb. 1: Micro:Bit

Herzstück des Sets [1] ist der Einplatinencomputer, der von der British Broadcasting Corporation (BBC) im Juli 2015 vorgestellt

wurde. Das Gerät wurde als Einplatinencomputer auf der Basis eines ARM Mikrocontrollers realisiert und kann mittels verschiedener webbasierter Entwicklungsumgebungen programmiert werden. Es kann im Internet für ca. 15 € erworben werden.

Für den Einsatz unter fischertechnik gibt es eine Erweiterungsplatine bei [DIDACTA](#) für 28 € zu kaufen. Sie bietet, wie bei fischertechnik gewohnt, Ausgänge für acht Leuchten bzw. vier Motoren mit einem maximalen Ausgangsstrom von 600 mA pro Stecker, sowie sechs Eingänge in Form von fünf Analog/Digital- und einem reinen Digital-

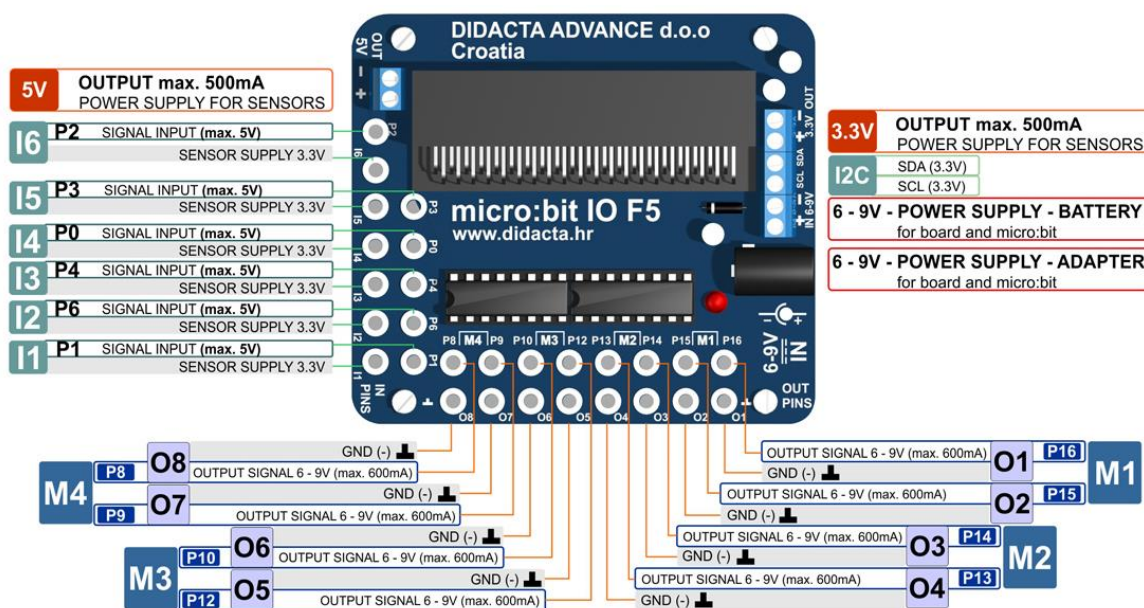


Abb. 2: Das micro:bit IO F5 Board (© und mit freundlicher Genehmigung Didacta Advance d.o.o)

Eingang. Hier können alle gängigen Sensoren (Foto, Mini-Schalter, magnetisch, thermisch, etc.) verwendet werden, die bis zu 5 V ausgeben. Außerdem ist ein Anschluss für eine I²C-Sensorsteuerung vorhanden.

Die Stromversorgung erfolgt über ein Netzteil von fischertechnik, wobei außerdem Ausgänge für 5 V und 3,3 V vorhanden sind. Wichtig ist auch, dass die Eingänge gegen zu hohe Spannungen bis zu 9 V geschützt sind. Die Steckbuchsen sind mit den Steckern von fischertechnik kompatibel.

Programmiermöglichkeit

Durch Aufruf der MakeCode-Seite [2] wird der Editor für den micro:bit geöffnet.

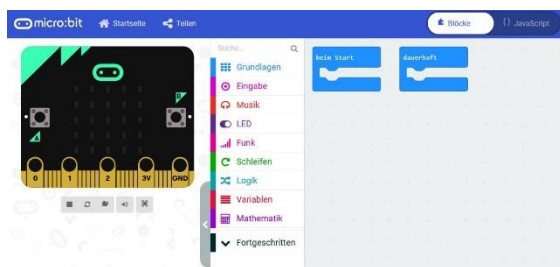


Abb. 3: Der Editor mit der Blocksprache

Im Internet gibt es zahlreiche Anleitungen für die Programmierung. Sie erfolgt entweder in der Blocksprache (ähnlich Scratch) oder durch Umschalten in der oberen Zeile in JavaScript. Alternativ kann der micro:bit auch über den Python Editor Mu (Abb. 4) programmiert werden.

Ist das Programm fertig geschrieben, muss es auf den micro:bit übertragen werden. Wird der micro:bit über ein USB-Kabel angeschlossen, erhält er einen eigenen Laufwerksbuchstaben. Über den Button „Herunterladen“ wird der erzeugte Hex-Code auf dieses Laufwerk kopiert. Während des Kopiervorganges blinkt die Kontroll-LED auf dem micro:bit. Anschließend ist das Programm lauffähig, auch wenn das USB-Kabel entfernt wird.

Vorbereitung

Einige Ports werden mit der Matrix-LED geteilt. Dies führt zu Störungen an einigen Eingangspins. Eine Dokumentation darüber, welche Ports niedrig oder hochgedreht werden müssen, um diese Störungen zu vermeiden, wäre sehr hilfreich. Die Lösung besteht darin, beim Start den Befehl „LED aktivieren falsch“ zu verwenden. Des Weiteren ist es sinnvoll, die zu benutzenden Pin-Ausgänge beim Start auf 0 zu setzen, um Fahrfehler o. ä. zu vermeiden.



Abb. 5: Initialisierung der Ausgänge

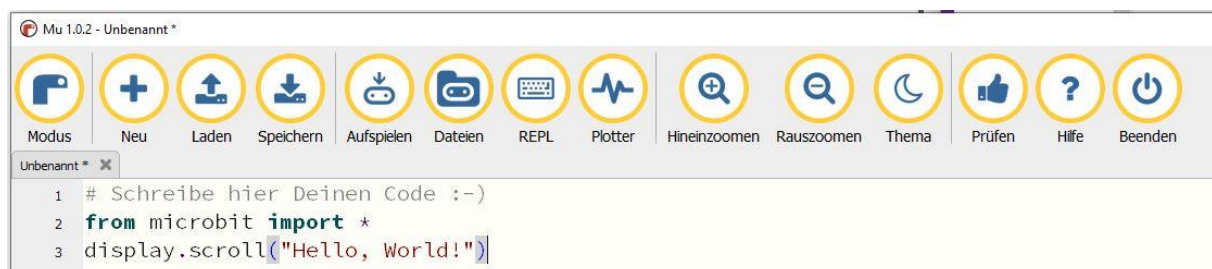


Abb. 4: Der Editor mit der Sprache Mu

Ansteuerung der Ausgänge O1-O8

Um den gewünschten O-Ausgang anzu- steuern sind im Programm die folgenden P- Ausgänge zu verwenden (jeweils gegen Masse):

O1	O2	O3	O4	O5	O6	O7	O8
P16	P15	P14	P13	P12	P10	P9	P8



Abb. 6: Programmierbeispiel für O8

Ansteuerung der Ausgänge M1-M4

Für die Motorengänge müssen jeweils zwei Werte gesetzt werden:

M1	M2	M3	M4				
P16	P15	P14	P13	P12	P10	P9	P8

Die Richtung wird festgelegt, indem einer der beiden Anschlüsse eines Paares auf 1 gesetzt wird: Richtung „links“ für M1 ist z. B. P16 = 0 und P15 = 1, „rechts“ andersherum (P16 = 1 und P15 = 0).



Abb. 7: Programmierbeispiel für M1 „rechts“

Abfrage der Digital-Eingänge

Die digital (bzw. analog) nutzbaren Ein- gänge liegen auf folgenden Anschlüssen (D/A = digital und analog, D = nur digital):

I1	I2	I3	I4	I5	I6
P1	P6	P4	P0	P3	P2
D/A	D	D/A	D/A	D/A	D/A



Abb. 8: Programmierbeispiel für die Abfrage von I1

Abfrage der Analog-Eingänge

Die Abfrage z. B. eines Fotowiderstands oder eines Fototransistors erfolgt für den analogen Wert von Pin 1. So können Werte von 0 bis 1023 erfasst werden.



Abb. 9: Abfrage des Analogeingangs I1/P1

Servosteuerung

Der Servo wird wie folgt angeschlossen:

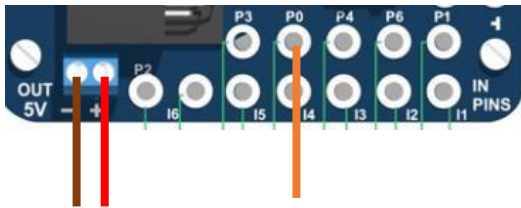


Abb. 10: Anschluss eines Servos mit Stromversorgung und Steuersignal von P0



Abb. 11: Programmierbeispiel für einen Servo
Über Knopf B wird der Servo um 45° bewegt. Mit Knopf A erfolgt der Weg zurück.

Fernbedienung mit zwei micro:bit

Man kann zwei micro:bit per Funk miteinander koppeln. Auf Senderseite sieht das zugehörige Programm etwa so aus:



Abb. 12: Sender-Programm

Der Empfänger-Teil sieht so aus:

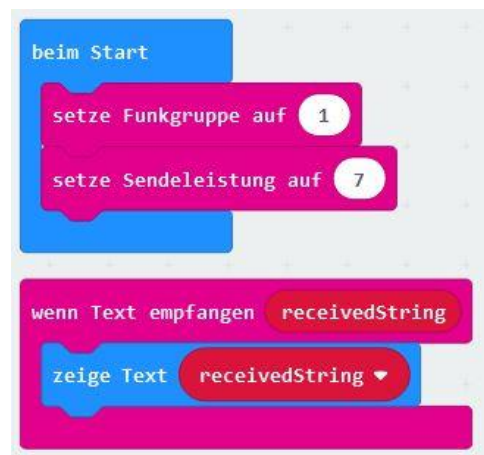


Abb. 13: Empfänger-Programm

Die Möglichkeit der Funkübertragung eröffnet dem Thema Fernbedienung große Einsatzmöglichkeiten.

Alternative Ansteuerung

Michael Klein hat eine Erweiterung für fischertechnik auf GitHub bereitgestellt [3]. Die Installation geschieht über den *Erweiterungen*-Menüpunkt:



Abb. 14: Installation von Erweiterungen

Nach Auswahl des Punktes *Erweiterungen* wählt man ganz unten ‚Datei importieren‘ und dann die heruntergeladene Datei *main.ts*.

Im Ergebnis ist es nun einfacher, die Aus- und Eingänge anzusprechen:

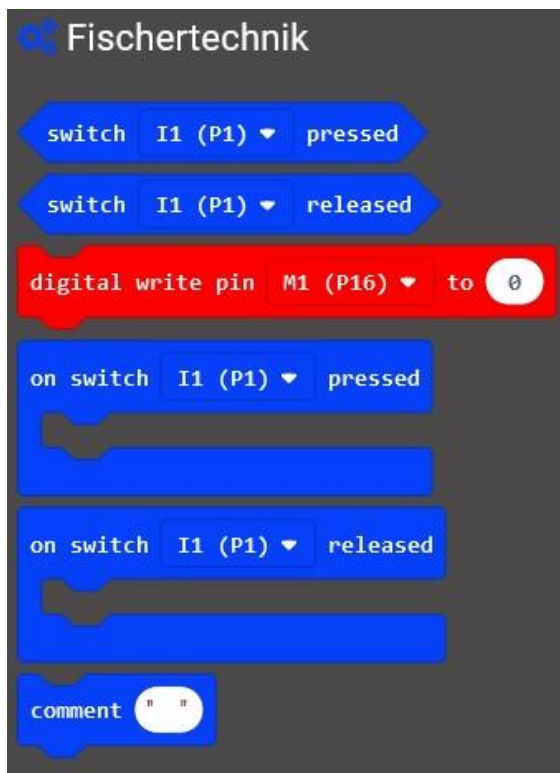


Abb. 15a: Besser zu fischertechnik passende Ein- und Ausgangsbezeichnungen

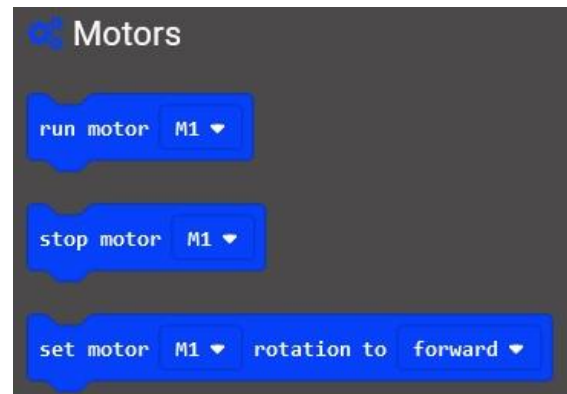


Abb. 15b: Besser zu fischertechnik passende Ein- und Ausgangsbezeichnungen

Quellen

- [1] Didacta-Produkte für fischertechnik und micro:bit auf [didacta.hr](https://www.didacta.hr).
- [2] MakeCode-Editor auf microbit.org.
- [3] Michael Klein: *pxt-fischertechnik-calliope* auf [GitHub](https://github.com).

Computing

Von Schrittmotoren und Servos – Teil 2

Dirk Wölffel, Björn Gundermann, Christian Lauff,
Christian Bergschneider, Stefan Fuss

Vor einem Jahr haben wir die Idee für den ftPwrDrive an dieser Stelle vorgestellt [1]. Aus dem Entwicklungsprojekt von damals ist in der Zwischenzeit eine fertige Hardware geworden; die ersten Kompletteräte wurden zur Convention ausgeliefert. Im zweiten Teil des Beitrags beschreiben wir, wie sich der Controller in Modelle integrieren und programmieren lässt.

Der fertige ftPwrDrive (Abb. 1) unterscheidet sich nur kaum von dem vor 12 Monaten vorgestellten Erbkönig. Die wesentlichen technischen Daten – eigenständiger Controller für bis zu vier Schrittmotoren und vier Servos – sind gleich geblieben. Nur das Gehäuse hat ein Facelift bekommen, und bei der Stromversorgung konnten wir die Betriebsspannung auf 12 V reduzieren.⁶



Abb. 1: Der fertige ftPwrDrive-Controller

Den fertigen ftPwrDrive-Controller und das notwendige Zubehör könnt ihr über Björns Webseite ordern [2]. Auch alle Zubehörteile des fischertechnik-3D-Druckers lassen sich mit den Schrittmotoren kombinieren.

Der Einbau im Modell

Die Schrittmotoren im Shop haben 5 mm Antriebswellen. Um die Kraftübertragung auf normale 4 mm-fischertechnik-Achsen zu realisieren, werden deshalb spezielle Ritzel und Antriebshülse benötigt (Abb. 2).



Abb. 2: Ritzel und Antriebshülse

Häufig wird beim Schrittmotor kein Getriebe benötigt, so dass die Antriebshülse oft die bessere Wahl ist. Die Hülse hat kein Getriebespiel und die spätere Programmierung wird einfacher.

Im ausgeschalteten Zustand werden noch die Motorkabel an den Controller angeschlossen und der ftPwrDrive über den I²C-Stecker mit TX, TXT oder ftDuino verbunden.⁷ Im Folgenden wird die Programmierung mit dem ftDuino [5] im Detail beschrieben.

Den ftPwrDrive initialisieren

Um den ftPwrDrive im ftDuino-Programm anzusteuern, muss zunächst die Library

⁶ Die genauen technischen Daten und die Inbetriebnahme des Controllers können aus dem Handbuch auf GitHub [3] entnommen werden.

⁷ Der TXT benötigt für den Anschluss am I²C-Bus zusätzlich einen Pegelwandler wie den ftExtender [4].

ftPwrDrive importiert und anschließend instanziiert werden (Abb. 3).

```
// include the ftPwrDrive header files
#include <ftPwrDrive.h>

// create an instance of ftPwrDrive
// and set I2C address
ftPwrDrive Drive = ftPwrDrive(32);
```

Abb. 3: Instanzieren des ftPwrDrive

Damit ist der Controller komplett initialisiert und kann verwendet werden.⁸ Als abgesetzter Controller erhält der ftPwrDrive nur kurze Befehle über den I²C-Bus vom ftDuino. Das ftDuino-Programm wartet nur die Übertragung des Befehls ab. Während der Controller den Befehl ausführt, wird das Programm auf den ftDuino weiter ausgeführt.

Einen Motor steuern

Mit dem folgenden Code-Snippet wird dem Controller mit setRelDistance das Ziel 1000 Schritte gesetzt (Abb. 4).

```
Drive.setRelDistance(FTPWRDRIVE_M1,
                    1000);
Drive.startMoving(FTPWRDRIVE_M1);
while (Drive.isMoving(FTPWRDRIVE_M1))
{
    delay(100);
}
```

Abb. 4: Motor M1 fährt 1000 Schritte

Erst mit dem startMoving-Kommando startet der Motor. Es können so zunächst verschiedene Parameter für die Motoren gesetzt und diese dann gemeinsam gestartet werden.

Mit der while-Schleife wird auf das Ende der Bewegung aktiv gewartet. In der Schleife sollte ein delay benutzt werden, um den Controller nicht mit der Verarbeitung von isMoving-Kommandos zu fluten.

Mehrere Motoren steuern

Das Ansteuern von mehreren Motoren ist ebenfalls sehr einfach (Abb. 5).

```
Drive.setRelDistance(FTPWRDRIVE_M1,
                    1000);
Drive.setRelDistance(FTPWRDRIVE_M2,
                    2000);
Drive.startMovingAll(FTPWRDRIVE_M1 |
                    FTPWRDRIVE_M2);
while (Drive.isMoving(FTPWRDRIVE_M1))
{
    delay(100);
}
```

Abb. 5: Ansteuerung von zwei Motoren

In diesem Code-Snippet werden für die Motoren M1 und M2 die Fahrziele 1000 bzw. 2000 Schritte gesetzt. Bei startMovingAll müssen auch beide Motoren angegeben werden.

Die while-Schleife prüft mit isMovingAll, ob noch mindestens ein Motor am Laufen ist. Um nicht immer die while-Schleife schreiben zu müssen, kann über das Kommando wait (Abb. 6) auch auf das Ende der Bewegung gewartet werden.

```
Drive.startMovingAll(FTPWRDRIVE_M1 |
                    FTPWRDRIVE_M2);
Drive.wait();
```

Abb. 6: wait() erspart die lästige while-Schleife

Die meisten Kommandos gibt es sowohl als einfache Implementierung um einen Motor zu steuern, als auch in der *-All-Fassung, um mehrere Motoren gleichzeitig anzusprechen.

Ungewohnt ist, dass die Motoren nur über Konstanten und nicht mit den Werten 1..4 angegeben werden können. Der Grund ist sehr einfach – die Motornummern sind über Bits codiert und können bei den *-All-Kommandos einfach mit einem binären OR verbunden werden.

⁸ Die I²C-Adresse des Controllers kann in der Firmware eingestellt werden. So lassen sich auch mehrere ftPwrDrive in einem Modell nutzen.

Die Endstufen ein- und ausschalten

Ein Vorteil von Schrittmotoren ist, dass sie im Stillstand ihre Position aktiv halten können. Dazu werden die Spulen des Motors auch im Stillstand mit Strom versorgt.

Der Haltestrom führt allerdings zu zwei Nebeneffekten: Da weiterhin ein Strom fließt, werden im Stillstand die Motoren warm. Microstepping führt zusätzlich zu einem leisen, hochfrequentem Summen der Motoren.

Das aktive Halten der Position wird nicht in allen Modellen benötigt. Der `ftPwrDrive` kann den Haltestrom deshalb je Motor im Stillstand an- und abschalten.

Beim `startMoving`-Kommando kann über einen zweiten Parameter das Abschaltverhalten mit angegeben werden (Abb. 7).

```
Drive.startMoving(FTPWRDRIVE_M1,
                  false);
```

Abb. 7: Der zweite Parameter bewirkt, dass die Endstufe nach der Verfahrbewegung nicht ausgeschaltet wird

Im Beispiel bleibt die Endstufe nach dem Ende der Verfahrbewegung eingeschaltet. Ohne Angabe wird die Endstufe nach dem Anhalten der Motoren ausgeschaltet.

Endschalter und Referenzpunkt

Für jeden Motor kann ein Endschalter mit dem `ftPwrDrive` verbunden werden. An den Eingang werden Schalter als Schließer angeschlossen.

Ist der Kontakt geschlossen, so unterbricht der `ftPwrDrive` sofort die Fahrbewegung des zugehörigen Motors.⁹ Über zwei parallel geschaltete Schalter lassen sich auch zwei Endlageschalter für eine Achse aufbauen (Abb. 8).

```
if Drive.endStopActive(FTPWRDRIVE_M1)
{
    ...
}
```

Abb. 8: Den Endschalter von M1 prüfen

Der Endschalter lässt sich gleichzeitig über das homing-Kommando auch als Referenzpunkt verwenden (Abb. 9).

```
Drive.homing(FTPWRDRIVE_M1, 10000);
while (Drive.isHoming(FTPWRDRIVE_M1))
{
    delay(100);
}
```

Abb. 9: Auslösen einer Referenzfahrt für M1

Über den zweiten Parameter beim homing-Kommando werden die Richtung und die maximale Schrittzahl angegeben. Wird im Beispiel der Endschalter nach 10.000 Schritten nicht erreicht, so stoppt die Referenzfahrt.

Relative und absolute Koordinaten

Die bisherigen Beispiele arbeiteten immer mit relativen Kommandos, d. h. die Anzahl der zu fahrenden Schritte bezog sich auf die aktuelle Motorposition.

Der `ftPwrDrive` kann auch mit absoluten Koordinaten arbeiten. Dazu muss zunächst an einer passenden der Nullpunkt gesetzt werden. Anschließend kann mit absoluten Koordinaten gearbeitet werden (Abb. 10).

```
Drive.setPositionAll(0, 0, 0, 0);
Drive.setAbsDistance(FTPWRDRIVE_M1,
                    -100);
Drive.startMoving(FTPWRDRIVE_M1);
Drive.wait();
Drive.setAbsDistance(FTPWRDRIVE_M1,
                    500);
Drive.startMoving(FTPWRDRIVE_M1);
Drive.wait();
```

Abb. 10: M1 fährt zunächst auf -100 Schritte, dann 600 Schritte auf die Position +500

⁹ Im Maschinenbau wird in der Regel hierfür ein Öffner eingesetzt. Dieser stoppt den Motor auch dann, wenn ein Fehler am Schalter vorliegt. Für

fischertechnik-Modelle fanden wir es aber praktischer, wenn für ungenutzte Endschalter keine Brücken gesetzt werden müssen.

Absolute Koordinaten

In den bisherigen Beispielen wurden immer Schritte für die Distanzangaben verwendet. Bei der Ansteuerung eines Plotters ist es jedoch viel praktischer, die Strecken in Millimetern anstatt in Schritten anzugeben. Dieses Problem lösen die beiden Kommandos `setGearFactor` und `setRelDistanceR`.

Mit `setGearFactor` wird der Umrechnungsfaktor von realen Koordinaten – z. B. Millimeter – in die dafür notwendigen Schritte angegeben. Für die normalen fischertechnik-Bauteile gibt es Konstanten, im Beispiel für den Schneckenantrieb. Bei `setRelDistanceR` wird nun die zu fahrende Strecke in Millimeter angegeben (Abb. 11).

```
Drive.setGearFactor(FTPWRDRIVE_M1,
                   FTPWRDRIVE_WORMSCREW);
Drive.setRelDistanceR(FTPWRDRIVE_M1,
                      20);
Drive.startMoving(FTPWRDRIVE_M1);
Drive.wait();
```

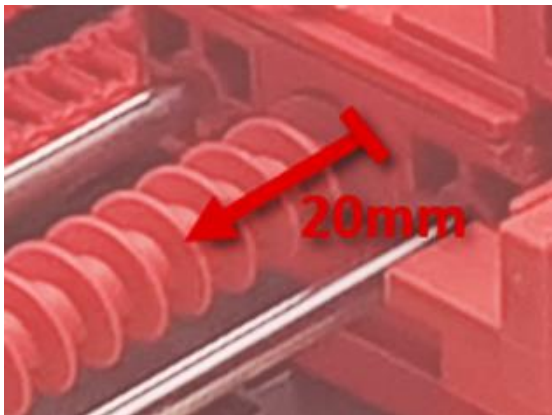


Abb. 11: Mit einem Schneckenantrieb 20 mm weit fahren

Über einen dritten Parameter kann `setGearFactor` ein Getriebe darstellen. Das Beispiel ist ein Getriebe aus einem Z40 und einem Z30 Zahnrad (Abb. 12).

```
Drive.setGearFactor(FTPWRDRIVE_M1,
                   FTPWRDRIVE_Z40,
                   FTPWRDRIVE_Z30);
```

Abb. 12: Getriebe mit Z40 und Z30

Anschließende Verfahrbewegungen werden dann in Umdrehungen angegeben.

ROBO Pro

Der `ftPwrDrive` kann auch mit `ROBOPro` für den TX/TXT programmiert werden. Die Befehle in `ROBO Pro` sind weitgehend identisch mit dem hier beschriebenen Interface für den `ftDuino`. Unterschiede gibt es bei den Namen der Konstanten. Das Code-Snippet in Abb. 13 verfährt M1 um 2000 Schritte bei einer Geschwindigkeit von 1000.

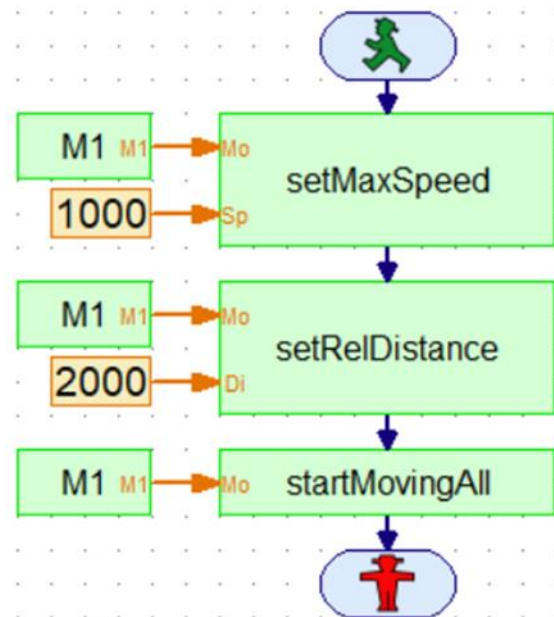


Abb. 13: 2000 Schritte in ROBO Pro

Python

In Python kann der `ftPwrDrive` sowohl mit der `Community-Firmware` als auch mit der `fischertechnik-Firmware` genutzt werden. Die Implementierung basiert auf der neuesten Version von `ftrobopy`, die die PC-Übertragung von mehreren Bytes in Folge ermöglicht [6, 7].

Im Code-Snippet in Abb. 14 werden zunächst die Module `ftPwrDrive` und `ftrobopy` geladen. Anschließend werden der `TXT` und der `ftPwrDrive` initiiert.

Die Kommandos für Geschwindigkeit, Setzen der Distanz und Start des Motors sind wieder identisch mit den `Arduino-Kommandos`. Wie bei `ROBO Pro` sind die

Konstanten – wie die für Motoren – dieses Mal im Python-Stil gelöst.

```
import ftPwrDrive
import ftrobopy

# initialize TXT and ftPwrDrive
txt = ftrobopy.ftrobopy('auto')
drive = ftPwrDrive.ftPwrDrive(0x20,
txt)

# run M1 2000 steps with speed 1000
drive.setMaxSpeed(drive.M1, 1000)
drive.setRelDistance(drive.M1, 2000)
drive.startMovingAll(drive.M1)
```

Abb. 14: 2000 Schritte in Python

Arduino UNO & Co.

Die ftDuino-Bibliothek kann auch auf jedem beliebigen Arduino-Clone eingesetzt werden, da sie keine speziellen Eigenschaften des ftDuino nutzt. I²C-Bus anschließen und schon geht es los.

Und da war doch noch...

... der schon viel zitierte Fünf-Sekunden-Bug. Dieser ist immer noch vorhanden und muss bei der Programmierung mit dem TXT in ROBO Pro und Python beachtet werden: Spätestens alle vier Sekunden muss man ein I²C-Kommando schicken, damit der Bus im TXT nicht hängenbleibt.

Im dritten und letzten Teil des Artikels wird es um Beschleunigungsrampen und das synchrone Verfahren von mehreren Achsen gehen.

Quellen

- [1] Dirk Wölffel, Christian Bergschneider, Stefan Fuss, Björn Gundermann, Christian Lauff: [Der ftPwrDrive-Controller für Schrittmotoren und Servos – Teil 1](#). ft:pedia 4/2018, S. 67-70.
- [2] Webshop für den [ftPwrDrive](#).
- [3] [ftPwrDrive-Projekt](#) auf GitHub.
- [4] Stefan Fuss, Christian Bergschneider, Björn Gundermann, Christian Lauff, Rudenz Schulz: [Plug & Play am I²C-Bus mit dem ftExtender](#). ft:pedia 2/2018, S. 55-59.
- [5] Till Harbaum: [ftDuino – Open Source trifft Konstruktionsbaukasten](#). ft:pedia 1/2018, S. 85-91.
- [6] Torsten Stuehn: [Programmierung des TXT mit Python](#). ft:pedia 2/2017, S. 58-62.
- [7] [ftrobopy](#) auf GitHub.

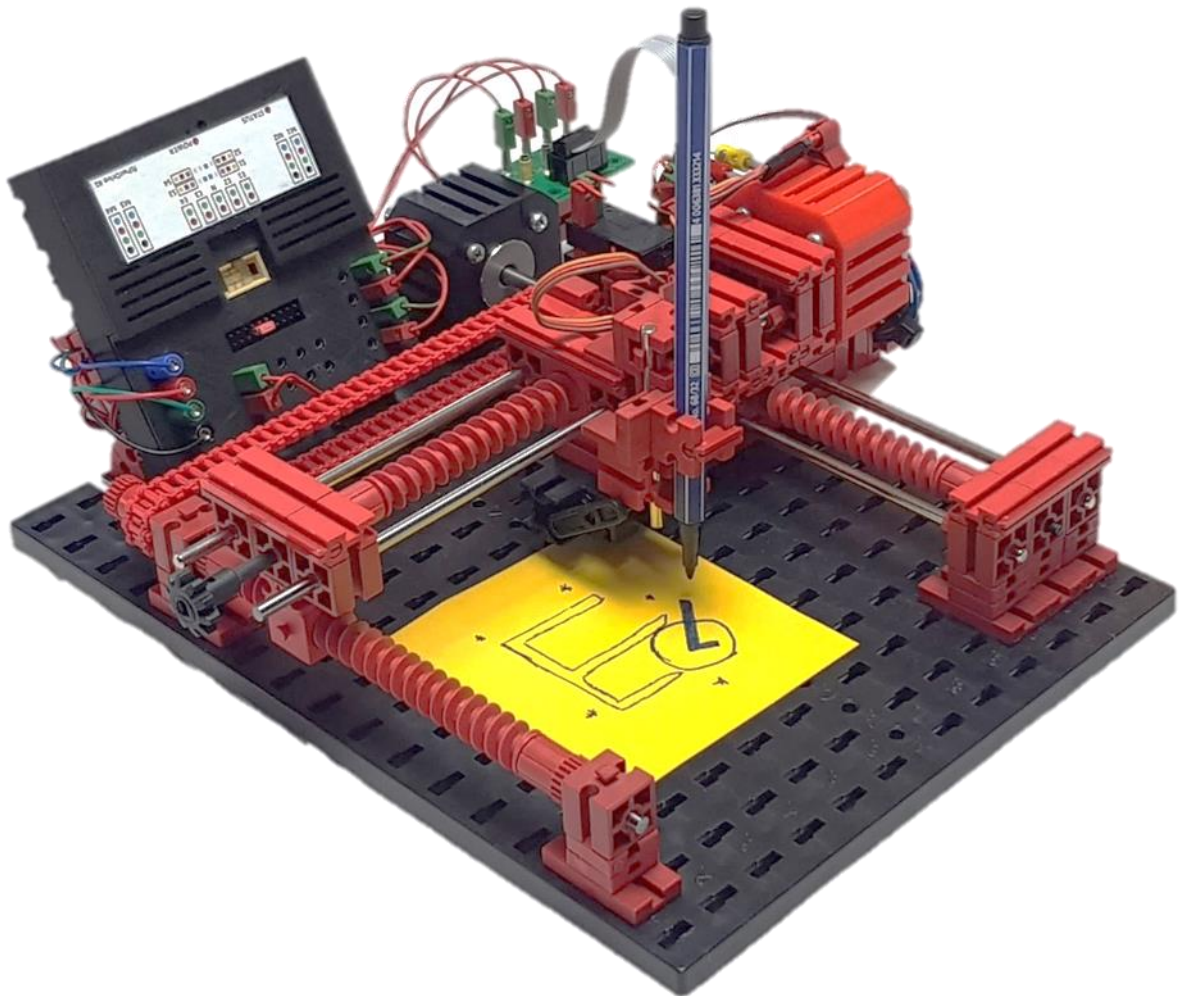


Abb. 15: Plotter als Testmodell für die Firmware-Programmierung