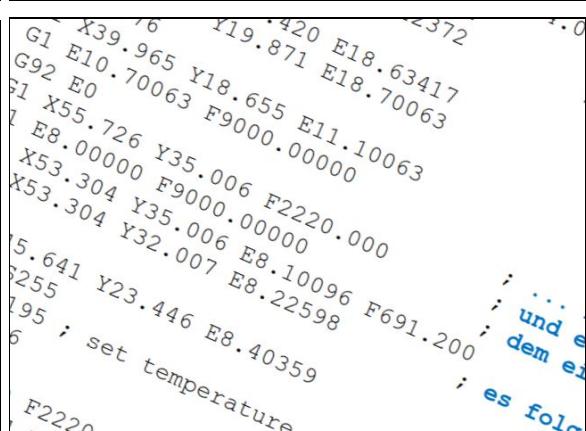
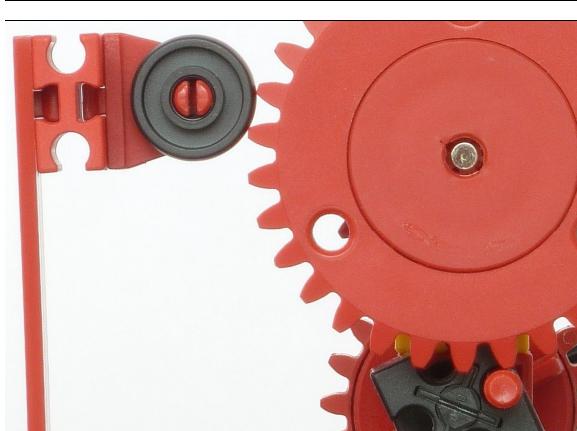
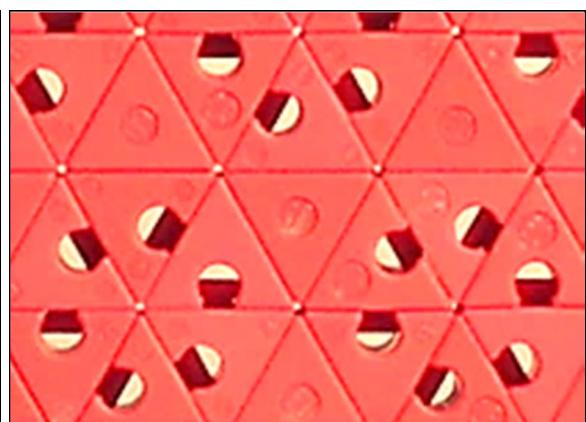
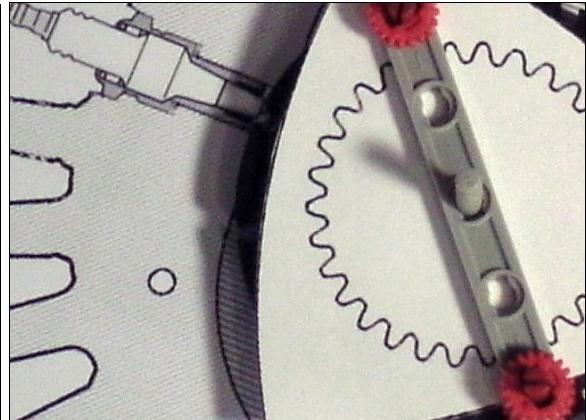


# ft:pedia

Heft 1/2017



Herausgegeben von  
Dirk Fox und Stefan Falk

ISSN 2192-5879

## Editorial

**We can Englisch!**

Hello. Ich bin der Harald. Ich arbeite in einer Firma für Netzwerkausrüstung. Die Firma ist sehr groß und hat Mitarbeiter in fast allen Ländern dieser Welt. In Deutschland werden das immer weniger und anderswo mehr, aber das ist eine andere Geschichte. Wenn ich im Büro bin und nur drei oder vier Türen weiter gehe, finde ich viele Deutsche und dazu zwei Italiener, einen Griechen und einen Ungarn. Wenn ich zwei Treppen rauf gehe, treffe ich Albanerinnen, Finnen, Chinesinnen, Spanier und so weiter. Vom Büro aus, oder wenn ich meinen PC mit heim nehme und mal einen Tag vom Wohnzimmer aus arbeite, machen wir Telekonferenzen übers Internet: einer sendet ständig seinen Bildschirminhalt an alle, und alle können miteinander sprechen. Da sind dann noch mehr Nationalitäten beteiligt: Amerikaner, Philippinen, Polen, Südafrikaner, Franzosen und noch mehr Chinesen. Meine Arbeit ist es, festzulegen, wie eine bestimmte neue Funktion in einer computer-gesteuerten Maschine ausgeführt werden und wie oft sie das gleichzeitig und pro Stunde hinkriegen soll.

Dazu werden alle gebraucht: Mit den einen muss ich prüfen, ob meine Vorstellungen überhaupt machbar sind. Die anderen schauen, ob dafür noch genug Rechenleistung übrig bleibt. Die nächste legt fest, was denn der Betreiber alles einstellen kann und wann die Funktion überhaupt sinnvoll zugeschaltet werden kann oder darf. Wieder andere programmieren die Funktion; ein Team legt fest, was denn alles geprüft werden muss, und das nächste Team lädt alles in eine Testanlage und prüft. Außerdem

**Harald Steinhause**

werden Schulungsunterlagen erstellt, Prospekte geschrieben und die Betriebsanleitung wird ergänzt, damit der Betreiber (also unser Kunde) nachher auch damit arbeiten kann. Da sind ganz schnell 200 bis 300 Leute beteiligt, die irgend etwas mit der neuen Funktion zu tun haben. So, und damit all diese Leute sich überhaupt verständigen können, hat die Firma Deutschkurse für alle ihre Mitarbeiter auf der Welt veranlasst und lässt regelmäßig Prüfungen ablegen. Äääh, nein, Quatsch. Hat sie nicht. (Späße gemacht :-)

Als Weltfirma hat meine Firma Englisch als Standard festgelegt, und deshalb werden alle Unterlagen und Konferenzen auf Englisch geschrieben und gehalten. Geprüft wird auch nicht, und deshalb muss man sich sehr konzentrieren, wenn z. B. Japaner oder Franzosen mit ihren Akzenten sprechen. Die Chinesen machen den Satzbau nicht richtig, die Polen und Russen haben ein Problem mit bestimmten und unbestimmten Artikeln (*door?* *a door?* *an door?* *the door?* *this door?*), die Amerikaner kriegen ihre Kiefer nicht auseinander, und die Deutschen können kein Tih-Eitsch - Yes, we are sinking about sis! Die größte Weltsprache ist eben nicht Englisch, sondern *falsches Englisch*, und jeder macht das auf seine Art falsch.

Es gibt aber etliches, was die Sache einfacher macht: wir brauchen keinen Konjunktiv und nur ganz wenig Vergangenheit. Wir beschreiben Funktionen, ermitteln Bedingungen oder schreiben Anforderungen und Anweisungen. Die Vergangenheit interessiert nur soweit, wie wir Änderungen

gegenüber früheren Versionen betrachten. Schachtelsätze über -zig Ebenen hinweg würden bestimmt nicht richtig verstanden, aber die muss auch erstmal jemand schreiben können. Sobald es grammatisch kompliziert zu werden droht, macht man am besten eine Aufzählungsliste und fertig ist die Laube. Die Funktionsbeschreibung („Spezifikation“), die am Ende herauskommt, kann schon mal 500 Seiten dick werden. Aber sie beschreibt nur eine mehr oder weniger komplexe Funktion aus verschiedenen Richtungen, und deshalb reicht ein Wortschatz von höchstens 500 Wörtern allemal aus, um sie zu verstehen. Dazu kommen noch etwa 200 Wörter für Diskussionen und Besprechungen (einladen, begrüßen, Tagesordnung festlegen, Wort erteilen, Sachstand erfragen, Zustimmung und Ablehnung begründen, offen gebliebene Punkte festhalten, verabschieden).

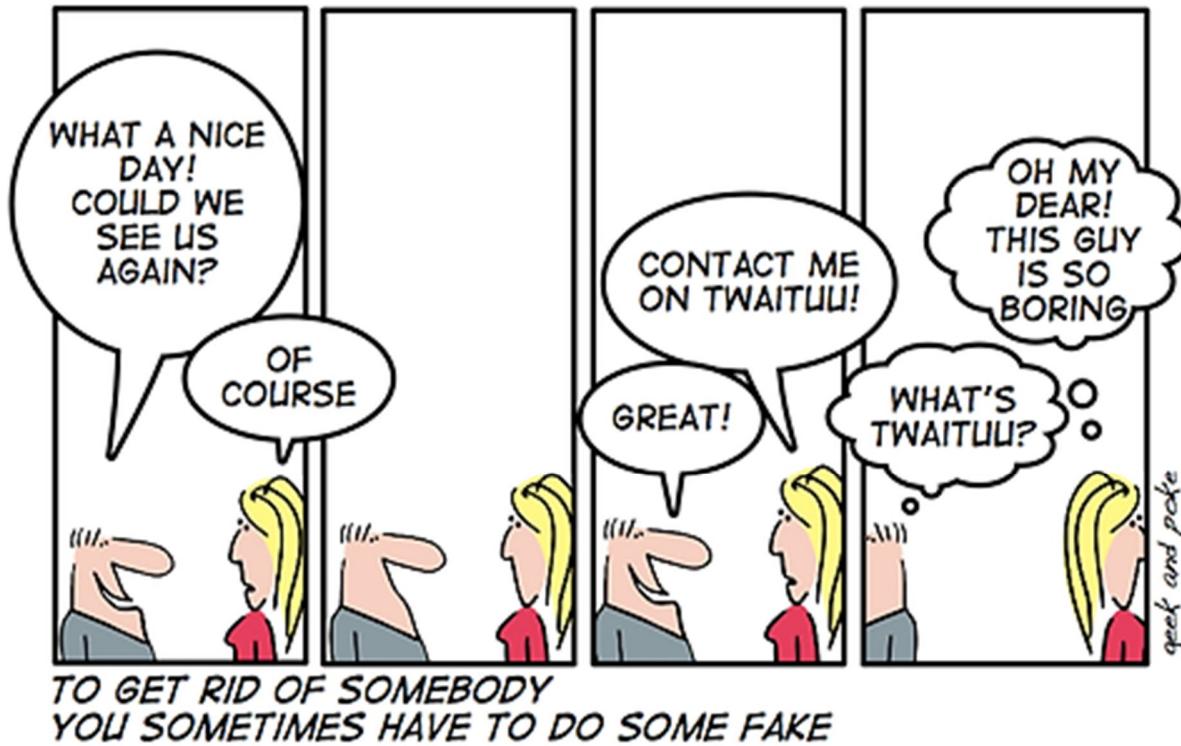
Wer die nicht schon kennt, lernt sie sehr schnell in den ersten Besprechungen.

Worauf ich hinaus will ist nun schnell gesagt (Achtung, Aufzählungsliste :-):

- Deutschland ist ein deutlich exportorientiertes Land.
- Man bekommt es mit anderen Sprachen zu tun, sobald die Firma größer ist als ein Klempnerbetrieb.
- Nur mit deutschen Sprachkenntnissen kommt man nicht weit.
- Weltweit arbeitende Firmen nehmen Englisch, vielleicht auch Französisch oder Chinesisch – kluge Schüler auch; andere Schüler würden in so einer Firma sicher nicht am Englisch scheitern.

So long, best wishes, have a nice evening,  
Harald

### LIVING SOCIAL - PART 1



[Geek-and-Poke.com](http://Geek-and-Poke.com) (Oliver Widder)

## Inhalt

We can Englisch!	2
Find the Fault – Suche den Fehler	6
Ostermodell: KnobelEi	7
Mini-Modelle (Teil 16): Radarschirm	8
Axiales Kugellager für fischertechnik	10
Bowdenzug	13
Die Welt der fischertechnik-Winkelsteine	17
Finde die Fehler (1)	24
Vergilzte Ideen	28
Das animierte Adventsfenster	35
Klapbarer Tablet-PC-Ständer	38
Die Rast-O'Clock-Uhr	42
Synchronuhr mit Schrittschaltwerk	48
Die Uhrzeit im Klartext	54
Zwei Zahnräder und eine Kurbel	58
Mammutpumpe	68
Neue ft-Teile selbst gemacht – 3D-Druck (5): Qualitätsverbesserung des ft-Druckers	72
Neue ft-Teile selbst gemacht – 3D-Druck (6): Ein Lüfter für den fischertechnik-Drucker	77
Multiplexausgänge am Robo(tics) TX(T)	82
I <sup>2</sup> C mit dem TX(T) – Teil 15: LED-Display (3)	86
Brickly auf dem TXT: Grafische Programmierung à la Google-Blockly	92

## Termine

Was?	Wann?	Wo?
<a href="#"><u>Nord-Convention 2017</u></a>	13.05.2017	Hannover
<a href="#"><u>Clubdag in Breda</u></a>	27.05.2017	Breda (NL)
Karlsruher Schul-Robotik-Cup 2017	01.07.2017	Bismarck-Gymnasium
<a href="#"><u>Süd-Convention 2017</u></a>	23.09.2017	Dreieich
<a href="#"><u>Clubdag in Schoonhoven</u></a>	28.10.2017	Schoonhoven (NL)

## 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, Naranath Bhranthan,  
Gerhard Birkenstock, Matthias Dettmer, Stefan Falk, Dirk  
Fox, Stefan Fuss, Andras Gail, Ralf Geerken, Till  
Harbaum, Peter Krijnen, Jens Lemkamp, Ludger Mäsing,  
Thomas Püttmann, Rüdiger Riedel, Harald Steinhaus,  
René Trapp, Dirk Wölffel.

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

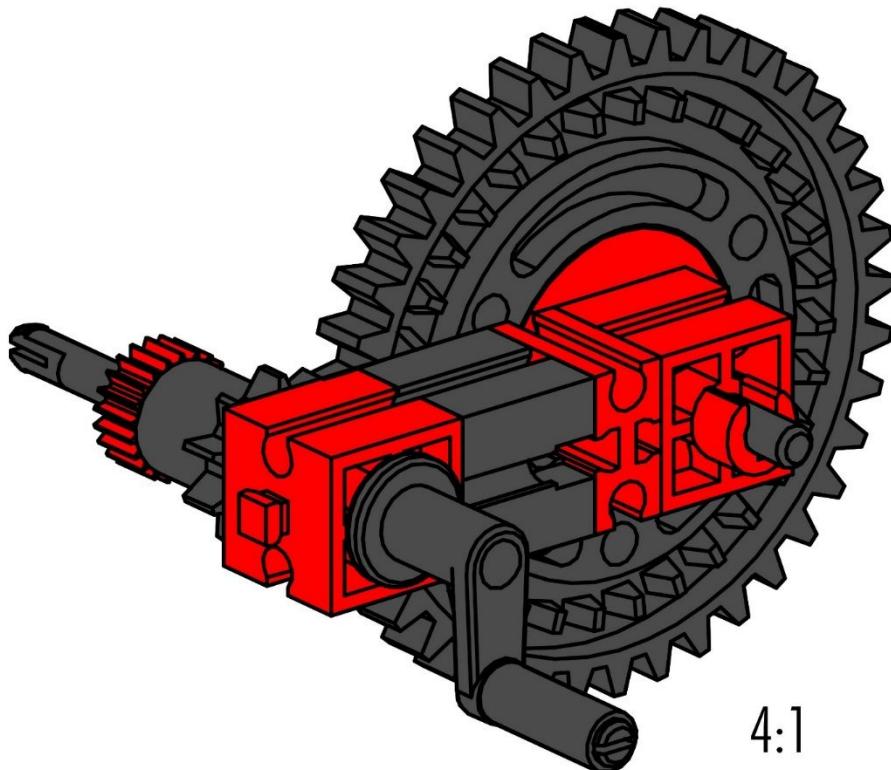
Puzzle – Rätsel

## Find the Fault – Suche den Fehler

Naranath Bhranthan

*This is a "hidden fault game". I came across it when looking on the flyer coming along with the Creative Box 1000 [1]. Do you see the fault there?*

*Dies ist ein „Verborgener-Fehler“-Spiel. Ich stieß beim Lesen der der Creative Box 1000 [1] beiliegenden Kurzanleitung darauf. Entdeckst du den Fehler darin?*



### Quellen

- [1] fischertechnik database /  
fischertechnik-Datenbank: [Creative Box 1000](#).

Modell

## Ostermodell: KnobelEi

Christian Bergschneider, Stefan Fuss

*Die Osterferien stehen vor der Tür. Zeit, den kleinen fischertechnik-Koffer zu packen.*

Die sechs Bauteile lassen sich einfach zum KnobelEi zusammenstecken. Viel Spaß beim Knobeln! Ihr benötigt:

St.	ft-Nr.	Bezeichnung
10	<a href="#">116251</a>	Baustein 30, rot
2	<a href="#">116252</a>	Baustein 15, rot
4	<a href="#">37468</a>	Baustein 7,5
2	<a href="#">31982</a>	Federnocken
21	<a href="#">32879</a>	Baustein 30, schwarz
4	<a href="#">32881</a>	Baustein 15, schwarz

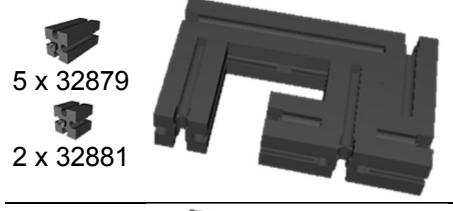
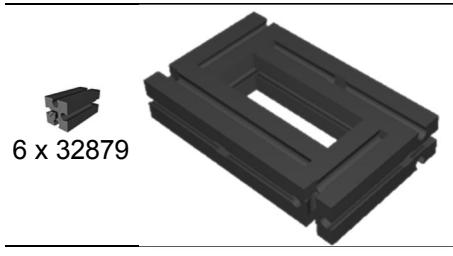
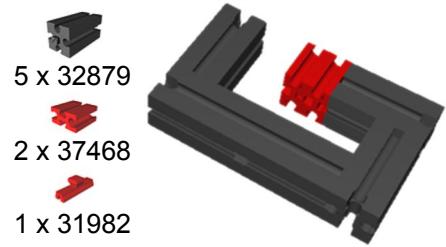
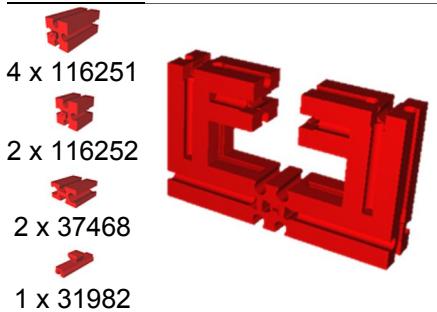
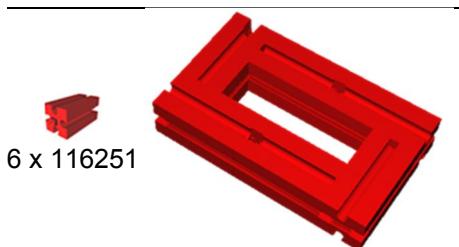


Abb. 1: So muss es zusammengesteckt aussehen

Modell

## Mini-Modelle (Teil 16): Radarschirm

Ralf Geerken

Dieses Modell ist einfach nur so entstanden, weil gerade ein Unterbrecherstück von einem Schleifring vor mir auf dem Basteltisch lag. Bei diesem Unterbrecher fehlte allerdings das Mittel- bzw. das Riegelstück, mit dem es am Schleifring festgedreht werden kann. Es erinnerte mich irgendwie an einen kleinen Radarschirm.



Abb. 1: Kurbelgetriebener Radarschirm

Stückliste:

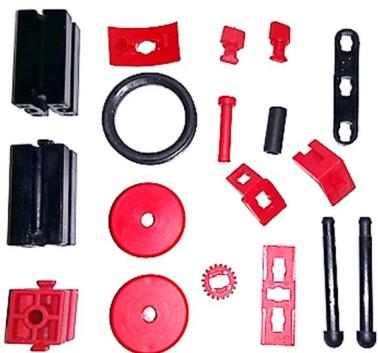


Abb. 2: Die benötigten Bauteile

St.	ft-Nr.	Bezeichnung
2	<a href="#">32879</a>	Baustein 30, schwarz
1	<a href="#">31304</a>	Unterbrecherstück 60° zweiseitig (das Mittelteil muss herausgenommen werden)
2	<a href="#">36323</a>	S-Riegel 4
1	<a href="#">36912</a>	Statikstrebe 30, schwarz

St.	ft-Nr.	Bezeichnung
1	<a href="#">31017</a>	Reifen 30, schwarz, innen glatt
1	<a href="#">31690</a>	Rastachse 20, rot
1	<a href="#">36819</a>	Lagerhülse, schwarz
2	<a href="#">36581</a>	V-Rad 23x10, rot
1	<a href="#">31670</a>	Winkellasche, rot
1	<a href="#">38423</a>	Winkelstein 10, rot
2	<a href="#">32870</a>	Clipsachse 34, schwarz
1	<a href="#">32064</a>	Baustein 15 mit Bohrung
1	<a href="#">36334</a>	S-Riegelscheibe Z20 m0,5; rot
1	<a href="#">31667</a>	Lasche 15, rot

### Bisher erschienen:

- [1] René Trapp: *Mini-Modelle (Teil 1): Gabelstapler*. [ft:pedia 4/2013](#), S. 4-5.
- [2] Johann Fox: *Mini-Modelle (Teil 2): Panzer*. [ft:pedia 2/2014](#), S. 18-19.
- [3] René Trapp: *Mini-Modelle (Teil 3): Scheinwerfer*. [ft:pedia 3/2014](#), S. 11.
- [4] Johann Fox: *Mini-Modelle (Teil 4): Hubschrauber*. [ft:pedia 3/2014](#), S. 12-13.
- [5] René Trapp: *Mini-Modelle (Teil 5): Traktor*. [ft:pedia 4/2014](#), S. 7.
- [6] Johann Fox: *Mini-Modelle (Teil 6): Bagger*. [ft:pedia 4/2014](#), S. 8-9.
- [7] Johann Fox: *Mini-Modelle (Teil 7): Hovercraft*. [ft:pedia 1/2015](#), S. 4-5.
- [8] René Trapp: *Mini-Modelle (Teil 8): Flugsaurier*. [ft:pedia 4/2015](#), S. 4.
- [9] Norbert Doetsch: *Mini-Modelle (Teil 9): Motorrad*. [ft:pedia 1/2016](#), S. 6.
- [10] René Trapp: *Mini-Modelle (Teil 10): Jojo*. [ft:pedia 1/2016](#), S. 4.
- [11] René Trapp: *Mini-Modelle (Teil 11): Flugzeug*. [ft:pedia 1/2016](#), S. 14.
- [12] Stefan Falk: *Mini-Modelle (Teil 12): Mondrakete*. [ft:pedia 2/2016](#), S. 5.
- [13] Martin Westphal, René Trapp: *Mini-Modelle (Teil 13): Visitenkartenhalter*. [ft:pedia 2/2016](#), S. 13.
- [14] René Trapp: *Mini-Modelle (Teil 14): Brieföffner*. [ft:pedia 2/2016](#), S. 17.
- [15] René Trapp: *Mini-Modelle (Teil 15): Nudelholz*. [ft:pedia 3/2016](#), S. 4.

## Tipps &amp; Tricks

## Axiales Kugellager für fischertechnik

René Trapp

*fischertechnik wird als System ohne Grenzen bezeichnet. Dank der metrischen Abmessungen eignet es sich wie kaum ein anderes Konstruktionsspielzeug zur Erweiterung mit handelsüblichen Fremdteilen.*

Ein axiales Lager wird dort verwendet, wo achsparallele Kräfte abzufangen sind. Im Allgemeinen wird auf diese Art das seitliche Verschieben eines rotierenden Maschinenteils verhindert. Aber auch größere Gewichtskräfte senkrecht rotierender Teile können so abgestützt werden [1]. Viele fischertechniker dürften solch ein axiales Lager unter dem Begriff „Drehkranz“ kennen.



Abb. 1: Der fischertechnik-Drehkranz

Der fischertechnik-Drehkranz (bestehend aus den Teilen [31390](#) und [31391](#), Abb. 1) ist ein Beispiel für ein derartiges Lager. Es kann sowohl Druckkräfte als auch Zugkräfte übertragen und eignet sich daher optimal für Bagger, Kräne und ähnliche Anwendungen. Der fischertechnik-Drehkranz verwendet zwei Hälften, die per Rastklammern zusammengehalten werden und stellt ein Gleitlager dar. Dieses ist, bedingt durch die auftretende Gleitreibung, leider meist schwergängig.

Im konkreten Anwendungsfall ist ein senkrecht rotierendes Maschinenelement, also eine Königswelle, im unteren Lager gegen die auftretende Gewichtskraft abzustützen. Nennenswerte radiale Kräfte treten hierbei nicht auf. Am oberen Ende sitzt ebenfalls eine Lagerung, die die Welle senkrecht hält. Das axiale Kugellager überträgt die Gewichtskraft der rotierenden Anordnung auf das feststehende Fundament. Ein Drehkranz ist allerdings zu groß und zu schwergängig.

An sich ist die Lösung natürlich nicht neu; im Bilderpool der fischertechnik-Community (ftc) finden sich schon etliche Modelle, bei denen axiale Kugellager dokumentiert sind – sei es mit Teilen ausschließlich aus dem fischertechnik-Sortiment [2] oder auch mit käuflichen Axialkugellagern [3].

Nun bietet der Fachhandel nicht nur die großen Axiallager für Kranmodelle; es gibt die Baugrößen sogar für 4 mm Wellendurchmesser – eigentlich optimal für fischertechnik geeignet. Aber es gibt da ein kleines Problem: fischertechnik-Metallachsen sind nicht besonders eng toleriert und so ergibt sich schon bei Radialkugellagern mit 4-mm-Bohrung das Problem, die Lager auf die Achse aufzuschieben [4, 5].

Diesem Umstand kann man Rechnung tragen. Entweder kauft man im einschlägigen Fachhandel selektierte fischertechnik-Metallachsen, man verwendet eng tolerierte Stahlachsen anderer Herkunft oder man nehme Kugellager mit größerer Bohrung

und eine passende Reduzierhülse. Letztere findet sich sogar schon im fischertechnik-Sortiment.

Zunächst allerdings zum verwendeten Axiallager. Es kommt aus dem Modellbaubedarf und besteht aus drei Baugruppen: Einem Ring mit Bohrung mit Nenndurchmesser, dem Kugelkäfig und einem zweiten Ring mit etwas größerer Bohrung (Abb. 2, von links nach rechts).



Abb. 2: Ein käufliches Axiallager

Der Ring mit Nennbohrung sitzt üblicherweise reibschlüssig auf der Welle; der Kugelkäfig und der zweite Lagerring berühren die Welle nicht.

Für den konkreten Einsatz wurde hier ein axiales Rillenkugellager mit der Nennbohrung 6 mm und dem Außendurchmesser 14 mm ausgesucht (z. B. Conrad 214531 [6]).

Ein Abstanderring 3 ([31597](#)) stellt die Reduzierhülse dar. Er liegt in der Fase der großen Bohrung eines Bausteins 15 (BS15) mit Bohrung und Senkung ([32321](#)). Der Abstanderring selbst liegt nur locker auf, er ist nicht in das Bohrloch hineingepresst! Einpressen schnürt den Ring zusammen; er klemmt dann auch auf der eingeschobenen Welle. Der Abstanderring dient als Reduzierhülse dazu, das Axiallager zentrisch zur Welle zu halten, ohne dass die Maßtoleranzen der fischertechnik-Stahlachsen das Aufschieben behindern. Der genannte BS15 führt die Welle als radiales Lager seitlich. Vom Axiallager wird nun zuerst der Ring mit der Nennbohrung über den Abstanderring gesteckt. Fertig montiert steht der Abstanderring beidseitig über (Abb. 3). Im Hintergrund ist der Baustein 32321 zu sehen.



Abb. 3: Abstanderring im Lager

Dieser Ring liegt auf der Seite des BS15 auf, der Abstanderring zentriert das Lager im Rand der Bohrung des BS15. Der Kugelkäfig wird aufgelegt, ein wenig Schmiermittel kann jetzt aufgebracht werden. Zum Abschluss wird der Lagerring mit der etwas größeren Bohrung aufgelegt (Abb. 4). Das Bild zeigt die Anordnung liegend.

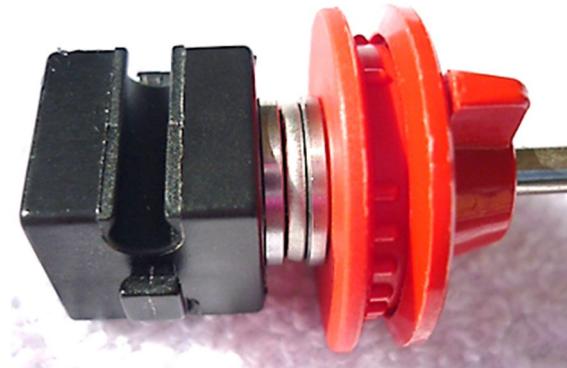


Abb. 4: Axiallager und Welle

Die Königswelle besteht aus einer Metallachse mit Nenndurchmesser 4 mm. Eine Flachnabe ([31015](#)) liegt auf dem axialen Rillenkugellager plan auf und überträgt die achsparallele Kraft. Gleichzeitig kann die Flachnabe noch ein entsprechendes Bauteil aufnehmen.

Der Abstanderring 3 passt exakt in das angegebene Lager: in den Ring mit der Nennbohrung 6 mm. Je nach den Gegebenheiten ist möglicherweise auch eine Hülse mit Scheibe ([35981](#)) eine Option für die Aufnahme des Axiallagers.

Bei zusätzlicher großer radialer Krafteinwirkung kann die bekannte Lösung mit radialen Kugellagern in einer Schneckenmutter ergänzt werden [4, 5]. Dabei ist allerdings darauf zu achten, dass das Axiallager nicht auf die Deckscheibe des Radiallagers drückt.

Auch wenn erfahrene Maschinenbauer nun angesichts dieser Bastelvariante im Fischer-technik-Stil die Hände über dem Kopf zusammenschlagen: Die Anordnung ist ausreichend stabil und vermeidet jegliche abrasive Gleitreibung. Weniger Antriebsleistung und eine erheblich verlängerte Lebensdauer der beteiligten Bauteile sind eindeutige Vorteile dieser Lösung.

Der Kniff mit dem Abstanderring funktioniert natürlich auch mit den entsprechenden Radialkugellagern. Erfreulicherweise gibt es Sorten mit 6 mm Bohrungsdurchmesser und 12 mm Außendurchmesser.

## Quellen

- [1] Wikipedia: [Axiallager](#).
- [2] Jens Lemkamp: [Transformer](#). ftc-Bilderpool, 2015.
- [3] Peter Krijnen: [Demag CC1400](#). ftc-Bilderpool, 2016.
- [4] Ludger Mäsing: [Kugellager in Schneckenmutter 37925](#). ftc-Bilderpool, 2006.
- [5] Peter Damen: [Kugellager in Schneckenmutter 35973](#). ftc-Bilderpool, 2005.
- [6] Conrad Electronic: [Axiallager 6 mm / 14 mm](#).

Tipps & Tricks

## Bowdenzug

Ralf Geerken

*Ein Bowdenzug aus fischertechnik – geht das? fischertechnik ist das System der unbegrenzten Möglichkeiten, also lautet die Antwort natürlich: „Ja – das geht!“.*

Aber hier erstmal eine Beschreibung, was ein Bowdenzug eigentlich ist. Wikipedia schreibt dazu [1]:

*Der Bowdenzug (nach DIN 71986 „Seilzug“) ist ein bewegliches Maschinenelement zur Übertragung einer mechanischen Bewegung bzw. einer Druck- oder Zugkraft mittels einer flexibel verlegbaren Kombination aus einem Drahtseil und einer in Verlaufsrichtung stabilen Hülle.*

*Benannt ist der Bowdenzug nach seinem Erfinder, dem Briten Ernest Monnington Bowden (1860-1904). Je nach vorgesehennem Einsatzzweck wird der Bowdenzug auch als Bremszug, Schaltzug, Gaszug, Kupplungszug etc. bezeichnet. Bowdenzüge zur Übertragung von Druckkräften sind selten, werden aber immer wieder eingesetzt. Beispiele sind Drahtauslöser für Kameras oder das Schaltseil der Shimano Positron von Ende der 80er Jahre am Fahrrad.*

### Wie es zu der Idee kam

Als letztens ein fischertechnik-Bau-Kollege bei mir zu Besuch war, gab er mir die Kopie eines alten Dokuments eines Fan-Club-Modells von 1969. Dieses damalige Clubheft hatte er 1969 selbst erhalten. Das dort abgebildete riesige Modell eines Sattelschleppers weckte natürlich sofort meine Neugier [2]. Da waren Lösungen dran, für die ich (vorerst) gar kein Problem parat hatte.

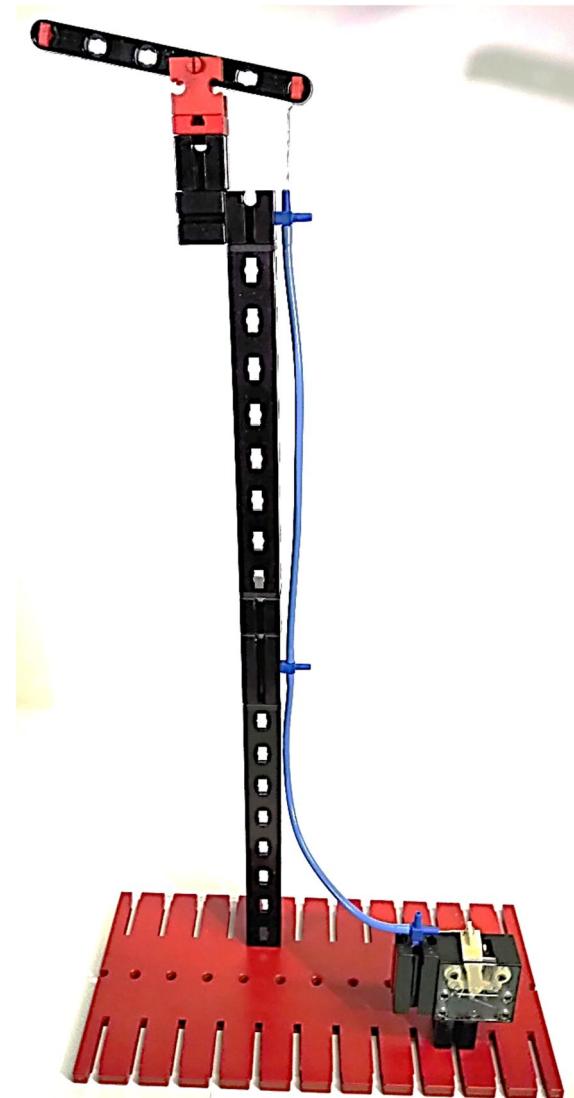


Abb. 1: Draht durch Pneumatikschlauch betätigt einen älteren ft-Polwendeschalter

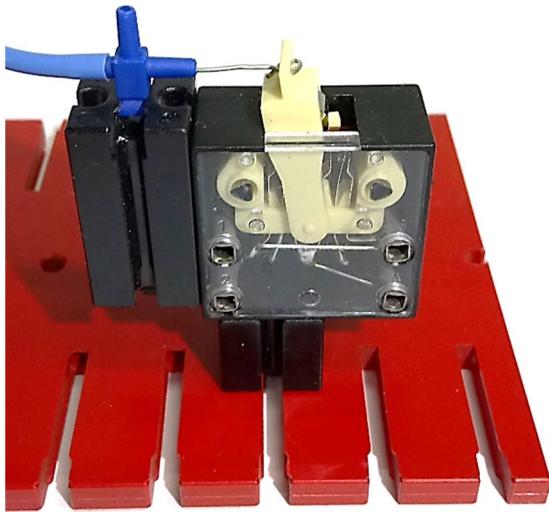


Abb. 2: Drahtschlinge durch die Öse des Polwendeschalters

Mir fiel aber auf, dass dort viele Spiralfedern [3] verbaut waren. Eventuell dienten diese als Kabel bzw. Adernführung – das war auf der nicht ganz so perfekten Kopie nur schlecht zu erkennen. Und wie das manchmal bei mir im Baukeller so ist, lag eine alte Spiralfeder vor mir, die ausnahmsweise mal nicht ineinander geschraubt war. Ich habe natürlich sofort ausprobiert, ob man da eine einzelne Ader aus einem ft-Draht durchschieben kann.

Klar, das geht – aber wozu die Mühe? Nur um eine etwas exotisch verkleidete Ader zu bekommen? Mitnichten. Was kann man denn sonst noch mit einem spiralfederummantelten Draht machen? Einen Bowdenzug bauen! Das war sicherlich nicht der

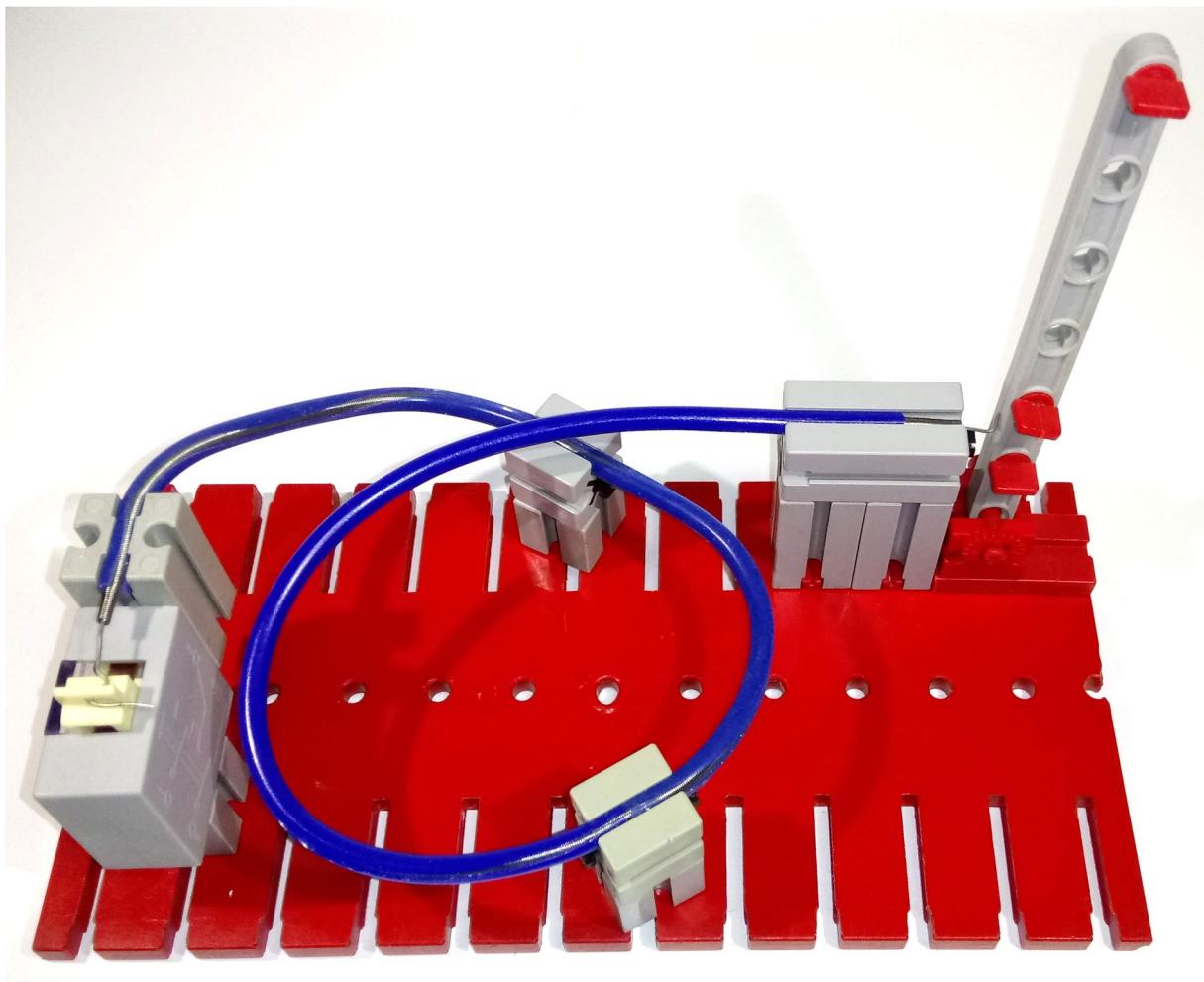


Abb. 3: Ein Bowdenzug steuert einen älteren fischertechnik-Polwendeschalter auf Druck und Zug

Sinn und Zweck in dem Modell von 1969, aber eine neue Idee war geboren.

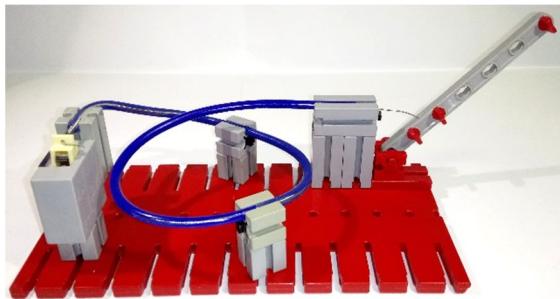


Abb. 4: Auf Zug belastet

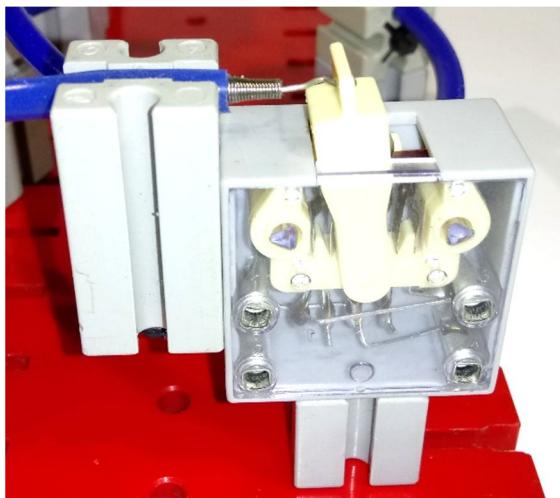


Abb. 5: Drahtschlinge in der Öse des Polwendeschalters

Ein paar Experimente brachten schon mal brauchbare Ergebnisse. Der durchgezogene, plastikummantelte Draht war aber sehr reibungsintensiv, was ja bei einem Bowdenzug eher kontraproduktiv ist. Also musste ein anderes Medium her. Ich befreite also einen „Nicht-fischertechnik“-Draht aus Vollmaterial von seiner Ummantelung und siehe da: Der Bowdenzug funktionierte schon viel besser – zumindest auf Zug. Damit er auch auf Druck funktioniert, musste ich die Spiralfeder mit einer Plastikummantelung versehen.

Ein weicher Pneumatikschlauch musste also eine Metamorphose durchleben. Der Länge nach aufgeschnittenen erfüllte er jetzt den Zweck, dass sich die Spiralfeder nicht mehr längs dehnen konnte. Die Ummantelung hatte auch noch den Vorteil, dass man

die Feder jetzt in einem Baustein problemlos fixieren konnte. Einen Umschalter um eine 450°-Kurve in beiden Richtungen zu betätigen ging ohne viel Probieren.

Weitere Ideen folgten schlagartig:

- Verknickte Federn konnte ich plötzlich wiederverwenden, weil die übeln Knicke durch die Ummantelung geradegezogen wurden.
- Der hellblaue, etwas festere Schlauch erfüllte die Funktion der Spiralfeder noch viel besser: Er resultiert in weniger Reibung und perfekter Stabilität für den verwendeten Draht aus Vollmaterial.

Aber warum musste es unbedingt ein fester Draht in der Ummantelung sein? Ein fischertechnik-Seil müsste doch auch gut gehen – zumindest in Zugrichtung. Das wird bei normalen Anwendungen eines Bowdenzugs ja auch gemacht (siehe die Handbremse beim Fahrrad). Dort wird der Bowdenzug durch eine Feder wieder zurückgezogen. Gesagt getan – das funktioniert jedenfalls auch ganz prima.

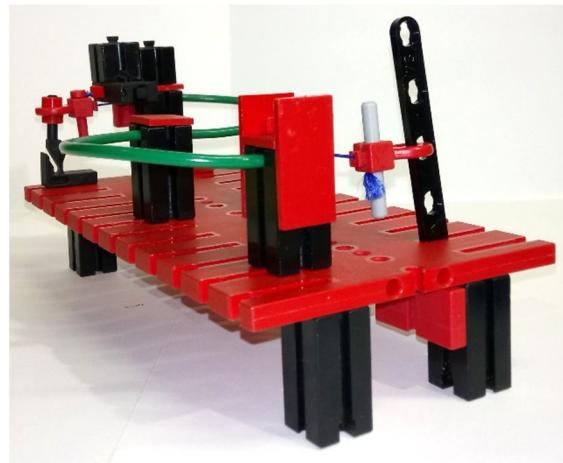
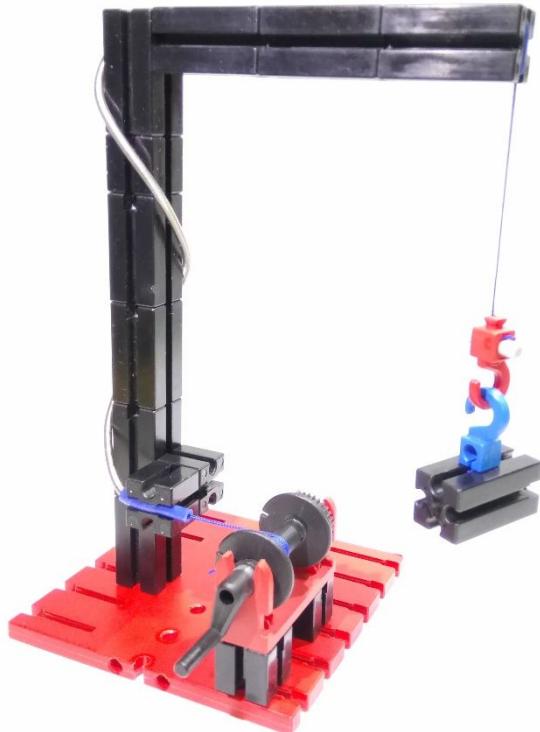


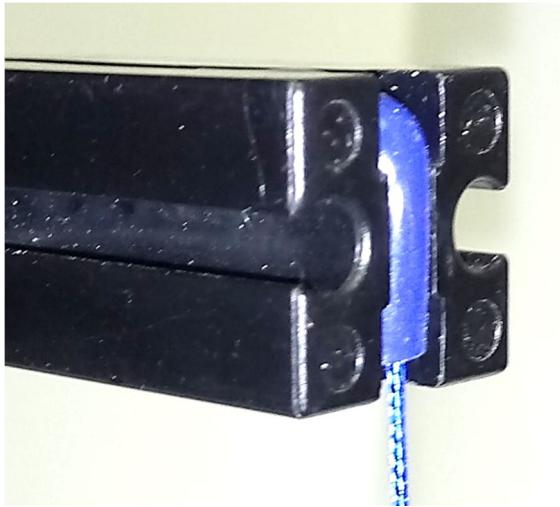
Abb. 6: Seil, durch einen Schlauch gezogen

Dann kam die Idee, das pure fischertechnik-Seil durch eine pure fischertechnik-Spiralfeder zu ziehen (Abb. 7). Die Befestigung der Enden der Spiralfeder im 4-mm-System ist unproblematisch, wenn man ein kurzes Stück Pneumatikschlauch über die Enden drückt (Abb. 8). Daraus lässt sich dann ein

Kran bauen, bei dem das Seil nicht mehr andauernd von den Seilrollen abrutscht.

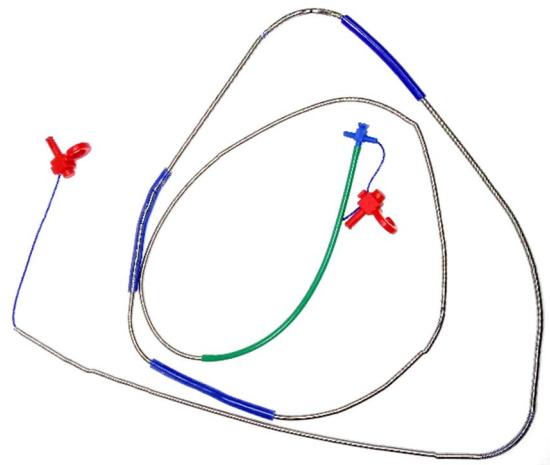


*Abb. 7: Kran mit Seilführung durch eine Spiralfeder*



*Abb. 8: Führung des kurzen Schlauchstücks um die Ecke (ohne Spiralfeder im Knick)*

fischertechnik-Spiralfedern lassen sich durch Anreihen beliebig verlängern. Übergänge oder überdehnte Teile lassen sich mit weichem Pneumatikschlauch sichern und in den 4-mm-Nuten gut befestigen bzw. einpressen (Abb. 9).



*Abb. 9: Verbindung mehrerer Spiralfedern zu einem langen Bowdenzug*

Mit ein wenig Geschick lässt sich das Seil sogar in einem Pneumatik-T-Stück um die Ecke bugsieren. Das Seil lässt sich ganz leicht bewegen und klemmt kein bisschen (Abb. 10).



*Abb. 10: Führung eines ft-Seils durch ein Pneumatik-T-Stück*

Und nun viel Spaß mit euren Ideen, den Bowdenzug einzusetzen.

## Quellen

- [1] Wikipedia: [Bowdenzug](#).
- [2] ft-Datenbank: *Sattelschlepper*. [Club-Nachrichten 3/1969](#). fischerwerke, 1969, S. 10-11.
- [3] ft-Datenbank: [Antriebsfeder](#).

Tipps &amp; Tricks

## Die Welt der fischertechnik-Winkelsteine

Rüdiger Riedel

Dass mit den fischertechnik-Winkelbausteinen  $60^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $15^\circ$  und  $7,5^\circ$  Kreisringe, oder genauer gesagt kreisähnliche Vielecke gebaut werden können, ist trivial. Mischt man aber die Bausteine, dann erschließt sich erst die ganze Vielfalt der Möglichkeiten. Sehr hübsch war das Achteck aus der ft:pedia 2016-4 [1].

Anfangen will ich mit einer Definition:

Ergibt die Summe aller Winkel der verbauten Steine  $360^\circ$ , dann ist das ein „Kreis“, auch wenn die Figur verbeult und verbogen aussieht wie in Bild 1 und 2.

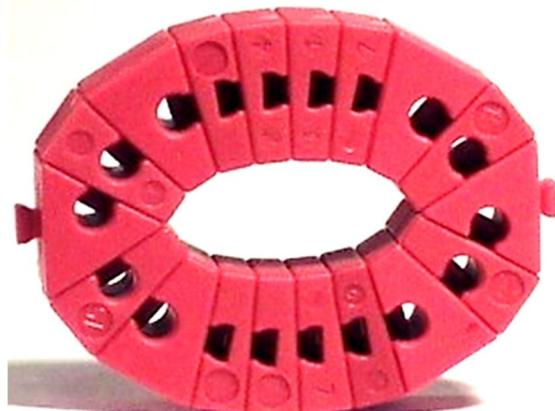


Abb. 1: Ein Ring aus 2 Baugruppen mit je 1 WS 60, 2 WS30, 2 WS15 und 4 WS7,5

Beschränkt man zunächst die Auswahl der Ringe darauf, dass die breitere Seite des Winkelsteins auf der Außenseite und die schmalere auf der Innenseite liegen soll, dann finde ich 138 Möglichkeiten [2]. Allerdings sind darin nur die Summen der Einzelwinkel berücksichtigt, nicht die Varianten bei der Anordnung, siehe Abb. 2 und 3. Bei den Anordnungsmöglichkeiten spricht man auch von *Permutationen*.

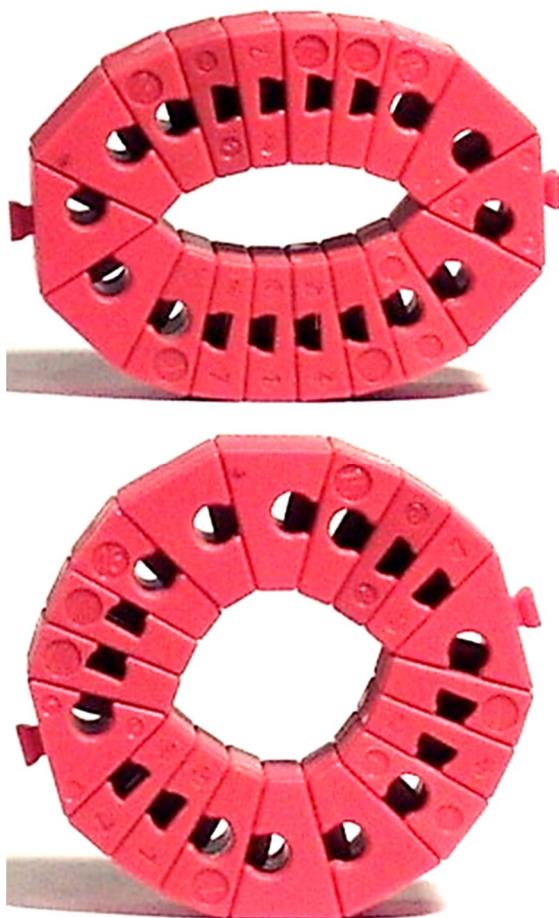


Abb. 2: Varianten des Ringes von Bild 1

Eine *Permutation mit Wiederholung* ist eine Anordnung von Objekten, von denen manche nicht unterscheidbar sind, wie in Abb. 3. Bei genauem Hinschauen zeigt sich, dass die beiden obersten und die beiden untersten Ringe nach dem Umdrehen die gleiche Reihung haben.

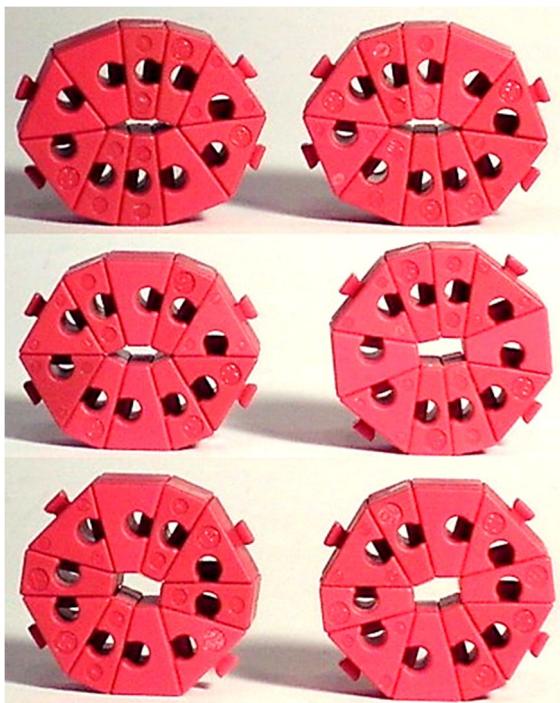


Abb. 3: Die möglichen Ringe aus 4 WS60, 2 WS30, 4 WS15

Die Figuren in Abb. 1 und 2 zeigen zweizählige Drehsymmetrien: Bei einer halben Kreisdrehung erscheint wieder die gleiche Figur. Dies gilt auch für die Ringe in Abb. 3.

Die möglichen Symmetrien aller kreisförmigen Ringe sind 2, 3, 4, 6, 8, 12, 16, 24, 48. Beispiele sind in den Abb. 4 bis 7 zu sehen.

Die Nuten in den gezeigten Bildern sind im Uhrzeigersinn ausgerichtet; von der Rückseite aus betrachtet sind sie dann im Gegenuhzeigersinn ausgerichtet. Das gilt für alle fischertechnik-Ringe ohne Zusatzbauteile.

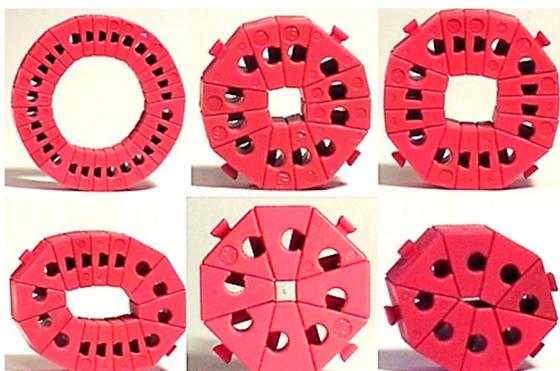


Abb. 4: Weitere Ringbeispiele

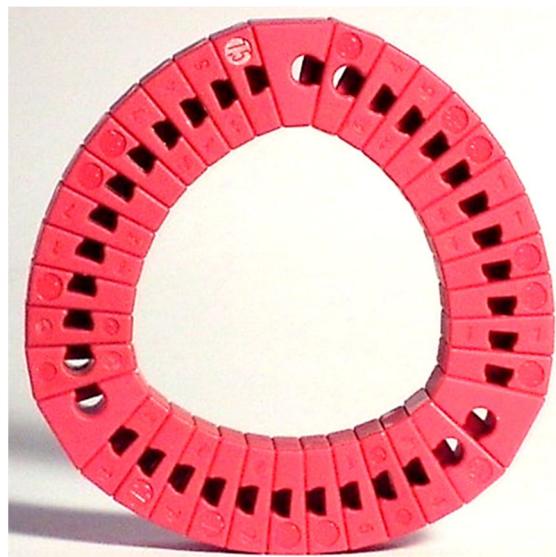


Abb. 5: Dreizählige Symmetrie

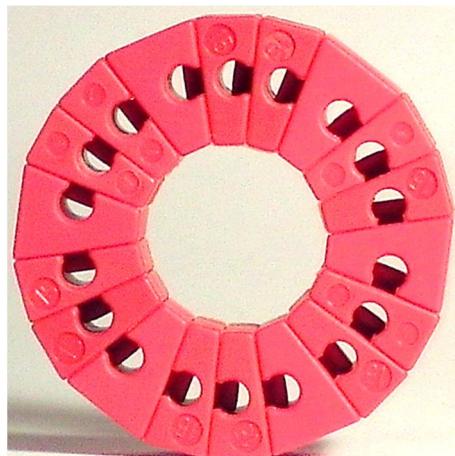


Abb. 6: Sechszählige Symmetrie

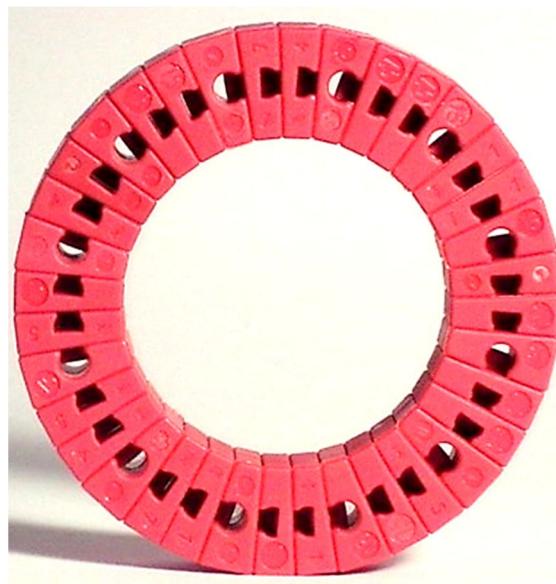


Abb. 7: Zwölzfältige Symmetrie

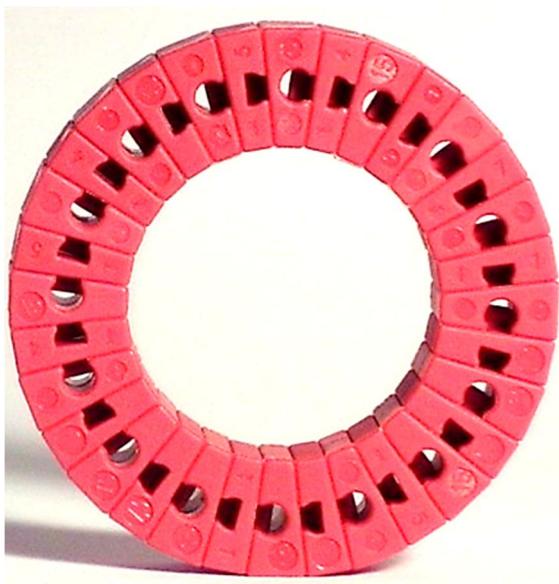


Abb. 8: Sechszählige Symmetrie

Die vollständige Liste der fischertechnik-Winkelsteinkreise ist in der Excel-Datei im Downloadbereich der fischertechnik-Community zu finden [2]. Dort habe ich auch die Summen der Kantenlängen innen und außen aufgelistet.

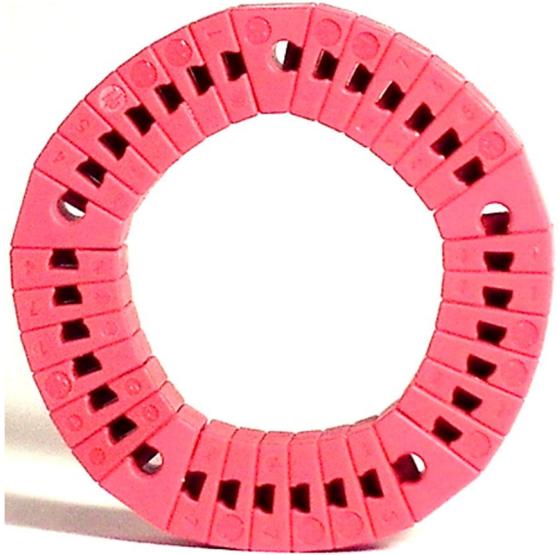


Abb. 9: Fünfzählige Symmetrie

## Fast-Kreise

Hat man mal einen Stein zu viel oder zu wenig eingebaut, erkennt man die Gutmütigkeit der fischertechnik-Bausteine. Das habe ich systematisch untersucht und alle die Ringe aufgelistet, die die Winkelsumme

$360^\circ$  knapp verfehlten [3]. Als Grenzwert habe ich  $\pm 1^\circ$  gesetzt, bezogen auf den einzelnen Baustein. Nun tauchen 5, 7, 9, 10, 11, 13, 15 und 17-zählige Symmetrien auf (Abb. 9 bis 12).

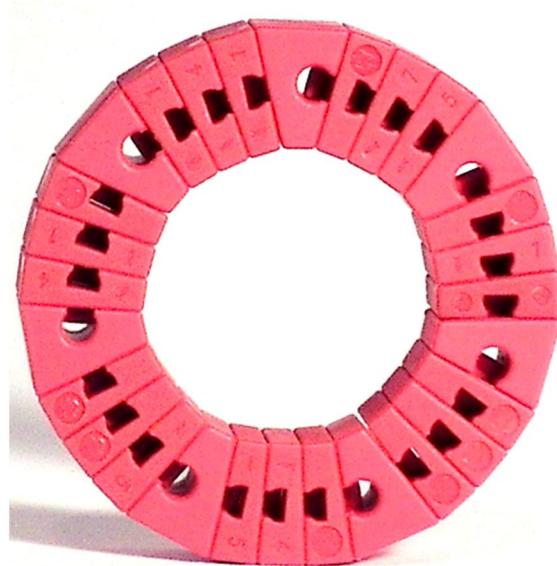


Abb. 10: Siebenzählige Symmetrie

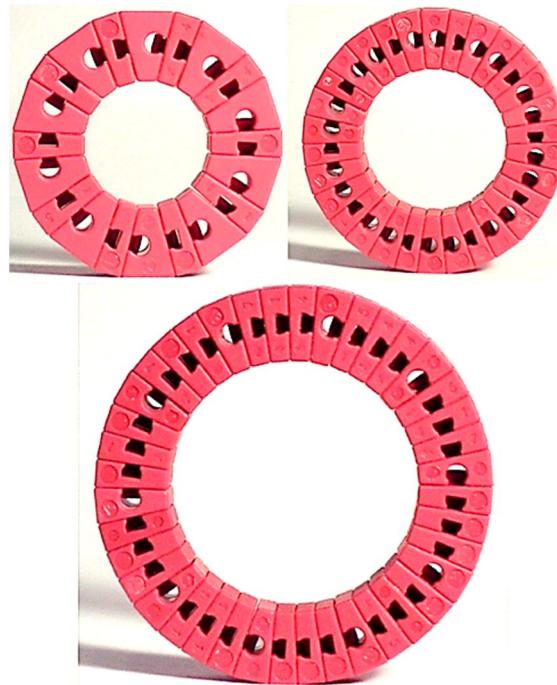


Abb. 11: Zehnzählige Symmetrien

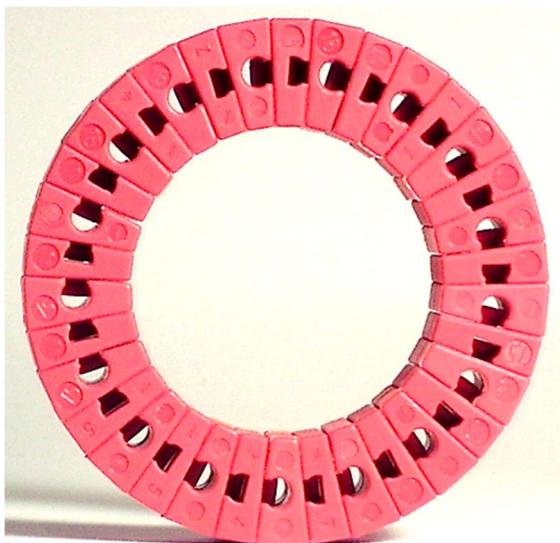


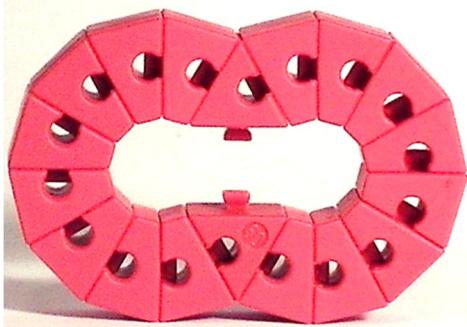
Abb. 12: Siebzehnzählige Symmetrie

### Negative Winkel

Baut man einzelne Winkelsteine verkehrt herum ein und sorgt trotzdem für eine Winkelsumme der Ringe von  $360^\circ$ , dann erschließt sich eine schier unübersehbare Welt an Formen, angefangen mit dem Achteck [1].



Abb. 13: Ring mit negativen Winkeln

Abb. 14:  $16 \cdot 30^\circ - 2 \cdot 60^\circ = 360^\circ$ 

In die Berechnung der Winkelsumme gehen die „falsch“ herum eingebauten Steine mit ihrem Winkel negativ ein. Beispielsweise ist die Winkelsumme der Figur von Bild 14 ohne die beiden WS60:  $16 \cdot 30^\circ = 480^\circ$ . Zieht man davon die beiden  $WS\ 60^\circ$  ab, erhält man die gewünschten  $360^\circ$ .



Abb. 15: Ohne Worte

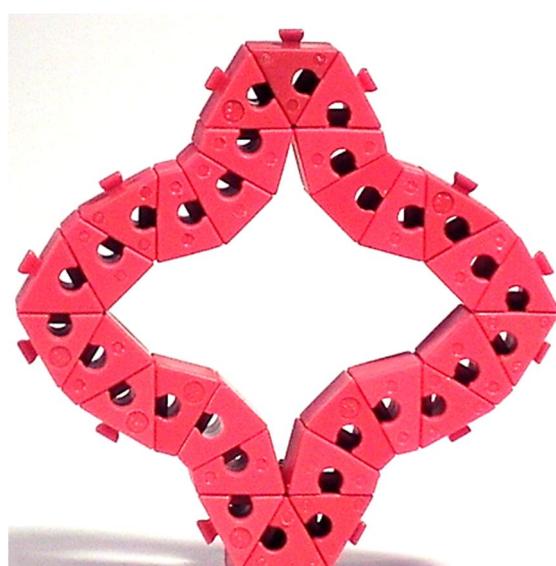


Abb. 16: Ohne Worte

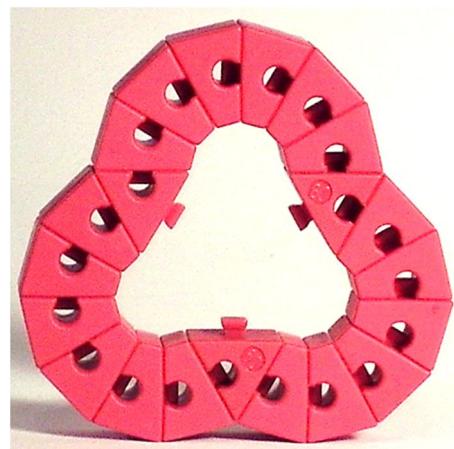


Abb. 17: Ohne Worte

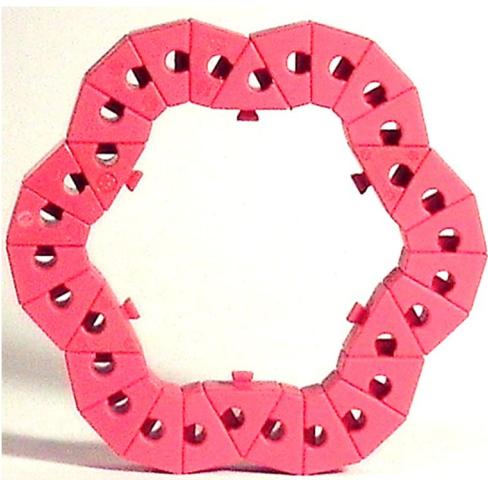


Abb. 18: Der kleine Kranz

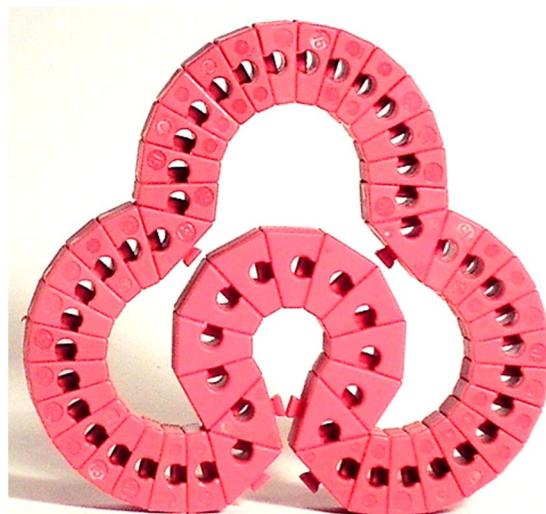


Abb. 21: Eingebeult

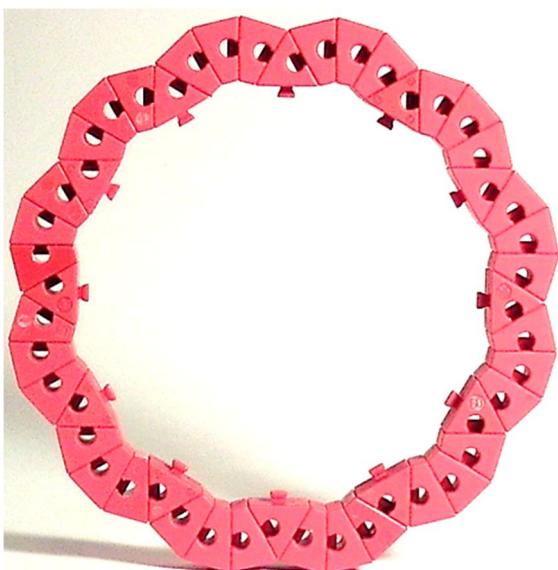


Abb. 19: Der große Kranz

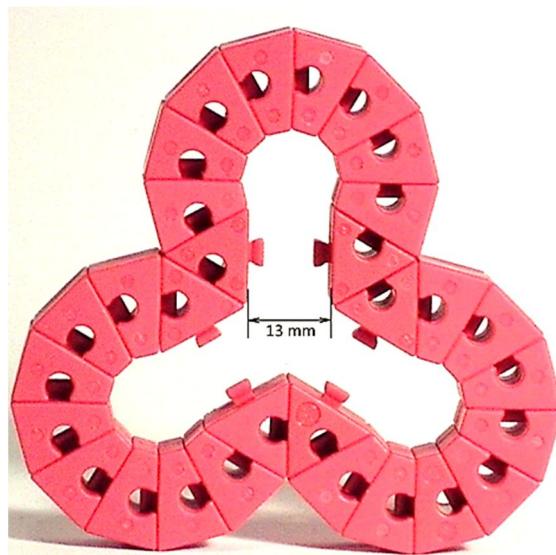


Abb. 22: Leider nicht im Raster

Aber nicht alles mit der Winkelsumme  $360^\circ$  ist baubar, wie man in Bild 23 sieht. Die Winkelsumme beträgt:

$$10 \cdot 60^\circ - 8 \cdot 30 = 600^\circ - 240^\circ = 360^\circ$$

Die Enden sind parallel zueinander, aber die Teile behindern sich gegenseitig.

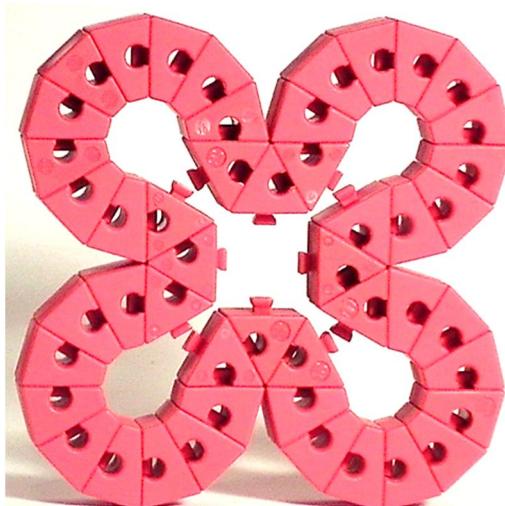


Abb. 20: Das vierblättrige Kleeblatt

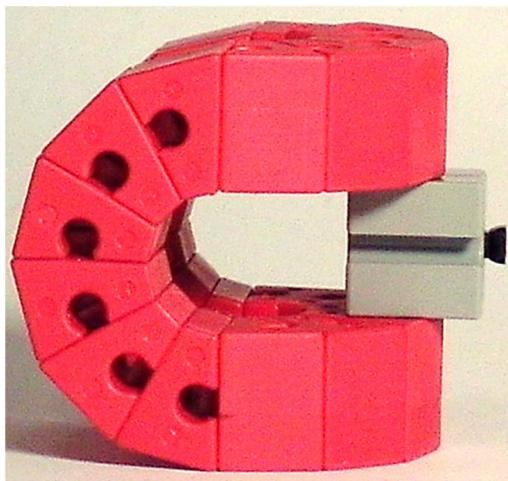


Abb. 23: Lässt sich nicht zusammenfügen

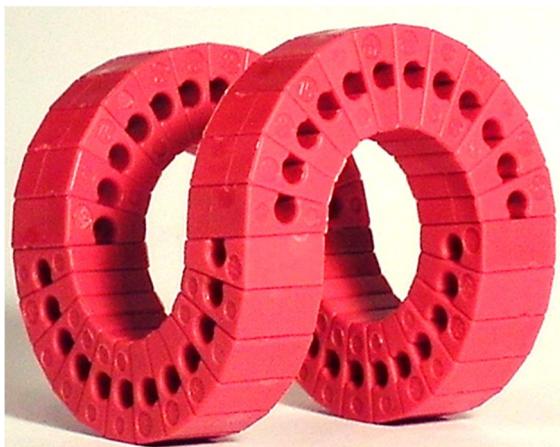
Und dann gibt es noch...

## Die dritte Dimension

Bis auf die Bausteinstärke von 15 mm waren alle Figuren bisher zweidimensional. Das ändert sich jetzt.

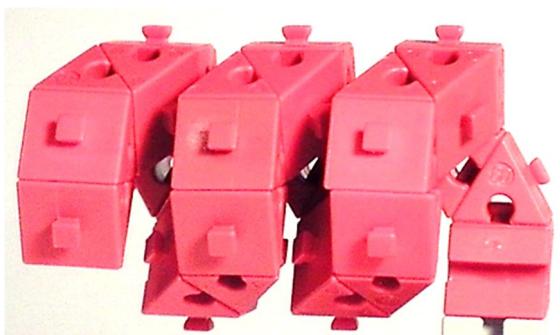


*Abb. 24: Stein im Maul*

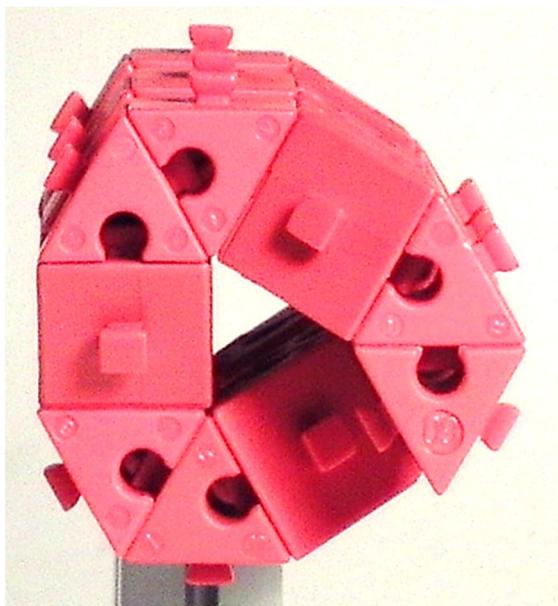


*Abb. 25: Eingeschwungen*

Die Schraube in Bild 26 hat eine Steigung von 15 mm + 7,5 mm = 22,5 mm.



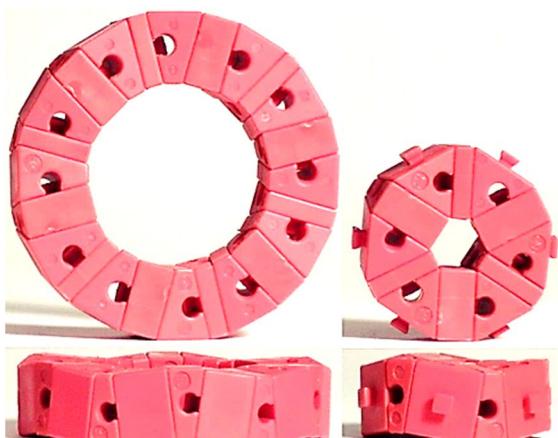
*Abb. 26: Linksschraube aus WS60*



*Abb. 27: Linksschraube aus WS60, von vorne*



*Abb. 28: Rechts- und Links-Schrauben aus WS30 und WS60*



*Abb. 29: Große und kleine Welle*

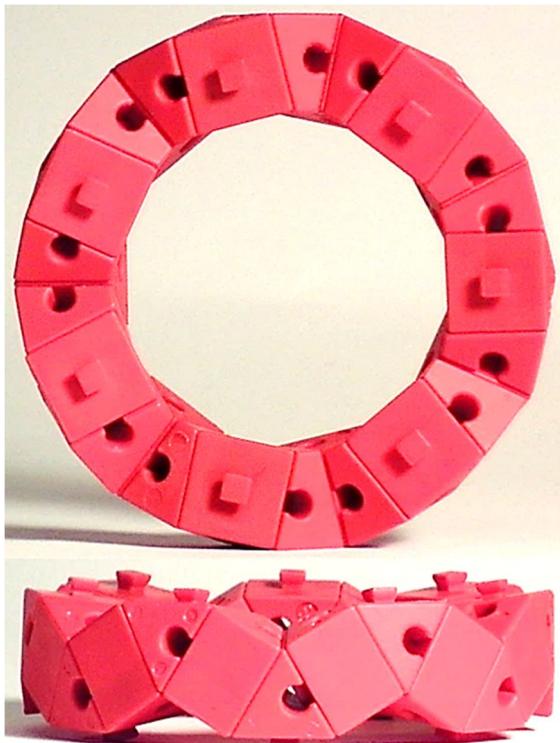


Abb. 30: Die starke Welle

Die Steigung der Schrauben in Abb. 28 beträgt etwa 84 cm bzw. etwa 4,7 cm.

Die starke Welle in Abb. 30 zeigt eine siebenfache Drehsymmetrie. Ob die wohl exakt ist? Beim Zusammenbau fühlte es sich so an, im Gegensatz zu den Wellen in Abb. 29.

Außer Konkurrenz und zum Abschluss:



Abb. 31: Ohne Worte

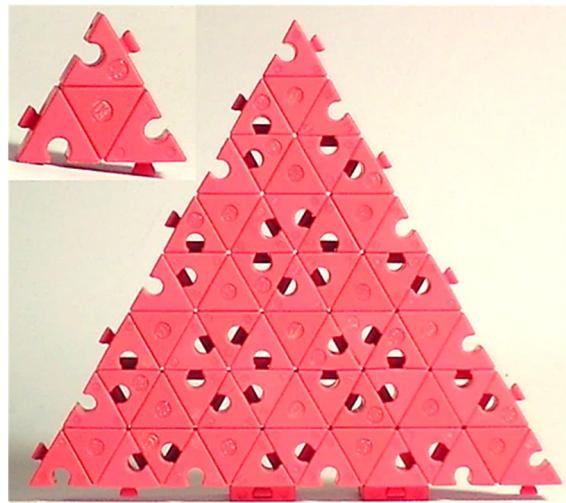


Abb. 32: Mit der Vierergruppe oben links lässt sich die Ebene komplett parkettieren

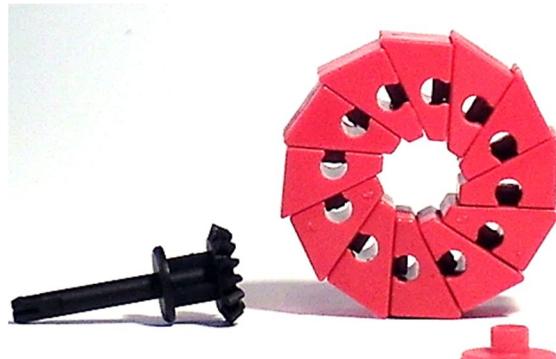


Abb. 33: Winkelsteine 30°, rechtwinklig, mit Achse

## Quellen

- [1] Ralf Geerken, Martin Westphal, René Trapp: *Achteck-Variationen*. [ft:pedia 4/2016](#), S. 4-9.
- [2] Rüdiger Riedel: [\*Kreisringe aus ft Winkelbausteinen\*](#). Downloadbereich der ft Community, 2017.
- [3] Rüdiger Riedel: [\*ft-Ringe mit Winkelsumme nahe 360°\*](#). Downloadbereich der ft Community, 2017.

Grundlagen

## Finde die Fehler (1)

Stefan Falk

In einer kleinen Beitragsreihe für junge und ältere fischertechnik-Einsteiger werden einige grundlegende Konstruktionsdetails beleuchtet, die man geschickt – oder eben weniger geschickt – bauen kann. Ziel ist es, seine fischertechnik-Bauteile für besser funktionierende Modelle ausnutzen zu können, als das bei etwas zu einfacher Herangehensweise der Fall wäre. Das funktioniert wie in einem Rätsel: Wir zeigen ein absichtlich schlecht gebautes Modell – an dem wir dann die Schwachstellen und Fehler suchen, finden und beseitigen.

### Ein ganz harmloser Antrieb

Sagen wir mal, wir wollen einen Aufzug mit einem recht schweren Korb an einem Seil hochziehen. Wir betrachten hier nur, wie der Motor und die Seilrolle dafür befestigt sein könnten. Vielleicht sieht unser erster Entwurf so aus:

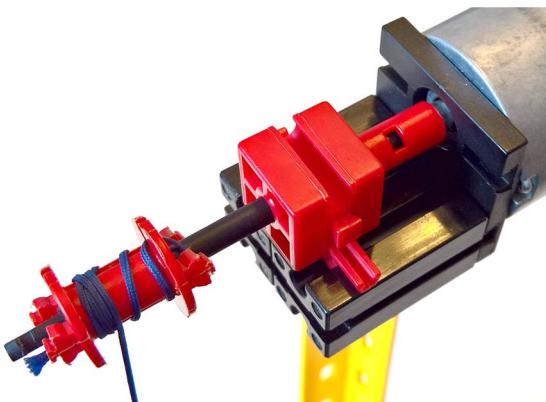


Abb. 1: Detailaufnahme des Antriebs

Der Aufbau ist also ganz einfach: Am Powermotor sind zwei Bausteine 30 aufgesteckt. Auf denen sitzt, mit zwei Federnocken verbunden, ein Baustein 15 mit Bohrung, der als stabile Lagerung der Achse gedacht ist, die die Seiltrommel trägt. Das Ganze wird von einem einzigen Strang Statikträgern getragen (Abb. 2).

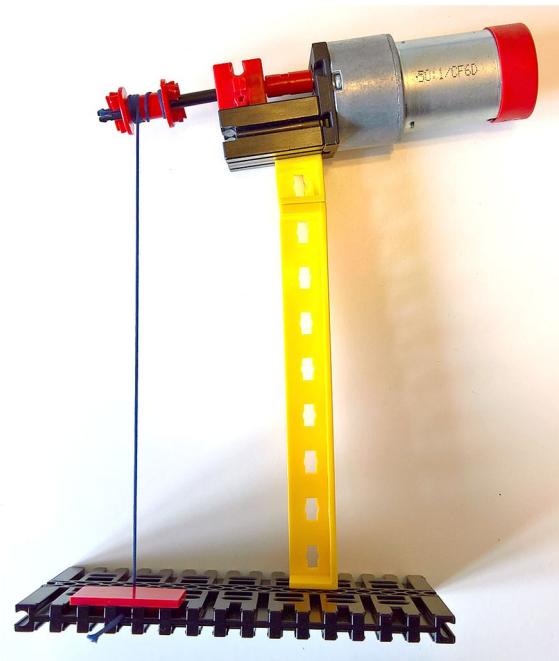


Abb. 2: Nicht gut funktionierender Seiltrommel-Antrieb

### Was passiert?

Die schwere Last (der zu tragende Aufzugskorb) ist auf dem Bild durch das Einklemmen des gestrafften Seils auf der Bodenplatte simuliert. Wie man sieht, biegt sich die Achse durch, und auch den armen Zapfen der Statikträger geht es gar nicht gut, weil sie fürchterlich verbogen werden, wenn am Seil eine Last hängt.

Das hat mehrere unangenehme Folgen:

- Die Achse leidet.
- Die Anordnung ist schwergängig, weil der Motor die Achse beim Drehen immer wieder anders verbiegen muss.
- Die Achse verkantet sich im Lagerbaustein, was den Antrieb erst recht erschwert und ineffizient macht. Der Motor muss viel arbeiten, ohne dass es einen Nutzen hat. Das hochziehbare Gewicht ist nur relativ klein.
- Das Seil rollt sich immer auf der vom Motor entfernten Seite und somit völlig ungleichmäßig auf.
- Im Extremfall kann das Seil beim Aufwickeln sogar über den Seiltrommelrand hinaus laufen.
- Die Zapfen der Statikträger leiern aus oder reißen im schlimmsten Fall sogar ab.
- Das ganze Modell sieht schief und krumm und gar nicht schön aus – und es funktioniert ganz schlecht.

### Finde die Fehler!

In diesem kleinen Antrieb haben wir mehrere Konstruktionsfehler eingebaut. Wenn man mal richtig hinschaut, kann man mit dem Zählen kaum aufhören:

1. Das Seil zieht an der Seiltrommel nach unten. Die wird aber nur auf einer Seite gehalten. Da diese Seite auch noch mit einer leicht biegabaren Kunststofffachse ausgeführt ist, verbiegt sie sich.
2. Der Baustein 15 mit Bohrung, in dem die Achse geführt ist, könnte, wenn die Last etwas schräg ankommt, in Richtung der Federnocken (also quer zur Achse) verrutschen. Dadurch würde die Achse nur noch mehr verkanten und schwergängig drehen.
3. Die Lagerung des Antriebs auf nur einem Statikträger, der noch dazu nicht mittig

sitzt, bewirkt, dass sich der ganze Antrieb zur Seiltrommel hin verbiegt, aber auch etwas in seitlicher Richtung.

Irgendwie sieht man auch sofort, dass da etwas oberfaul ist.

### Wie geht es besser?

Wir müssen uns wohl etwas mehr Mühe machen. Wie wäre es so:

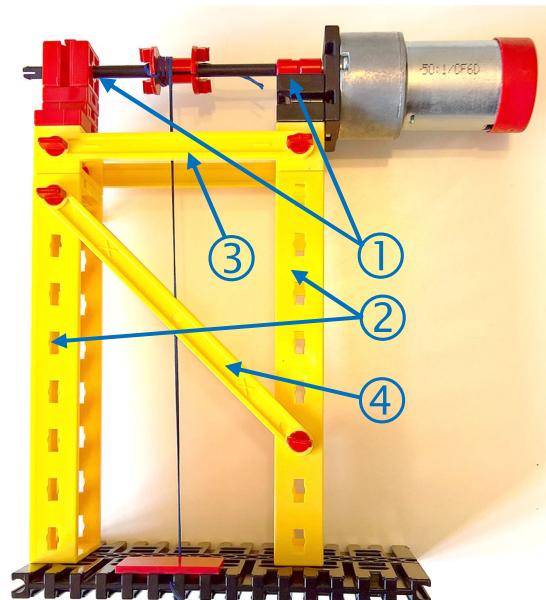


Abb. 3: Verbesserter Antrieb

Diese Konstruktion hat eine ganze Reihe von Verbesserungen:

1. Ganz wichtig: Die Achse der Seiltrommel ist beidseitig gelagert! Links und rechts wird sie sauber getragen und verbiegt sich nicht mehr so (① in Abb. 3).
2. Die Konstruktion wird von insgesamt vier Statikträgern gehalten anstatt nur von einem. Links und rechts sitzen je zwei, damit beide Achslager (rechts im Powermotor, links im BS15 mit Bohrung) von unten gestützt werden. Auf jeder Seite sind es zwei, damit die Tragkraft in alle Richtungen gleichmäßig abgeleitet wird und nichts verbiegt (② in Abb. 3).

3. Damit die Statikträger links und rechts auch ganz oben beim Motor den richtigen Abstand einhalten, wird der mit zwei I-Streben 75 erzwungen (③ in Abb. 3). Die I-Streben (das „I“ sieht man auf einer Seite der Strebe) haben immer genau die richtige Länge (nämlich ein ganzzahliges Vielfaches von 15 mm), um sie genau längs oder genau quer im fischertechnik-Raster anzubringen. Das ist wichtiger, als man vielleicht auf den ersten Blick denkt: Wäre das nicht der Fall und der linke Träger würde z. B. nach rechts zum Motor gedrückt werden, würde der BS15 mit Bohrung oben ja auch etwas schräg stehen. Dadurch würde die Achse sich in ihm wieder verspannen; der Motor hätte viel schwerer zu arbeiten und könnte doch nicht so viel Last anheben.

4. Das Verbiegen der gesamten Anordnung nach links und rechts (z. B. bei sehr schwerer Last) verhindern zwei X-Streben 106 (④ in Abb. 3, eine vorne und eine auf der Rückseite des Modells). X-Streben (auch das „X“ sieht man auf einer ihrer Seiten) haben immer genau die richtige Länge, um genau im 45°-Winkel diagonal eingebaut zu werden (woraus sich ihre vielleicht seltsam anmutenden Längen wie 42,4 mm, 63,6 mm usw. ergeben [1]). Probiert einmal, den Aufbau mit und ohne die Diagonal-Streben nach links und rechts zu drücken. Ihr werdet sofort bemerken, wie stabil das Modell durch diese Streben wird.
5. Den Aufbau beim Motor selbst konnten wir gegenüber dem ersten Versuch sogar vereinfachen: Anstatt BS30 genügen BS15, und der Lagerbaustein direkt beim Motor konnte ganz entfallen – hier genügt der Achsanchluss des Power-Motors vollkommen (Abb. 4).

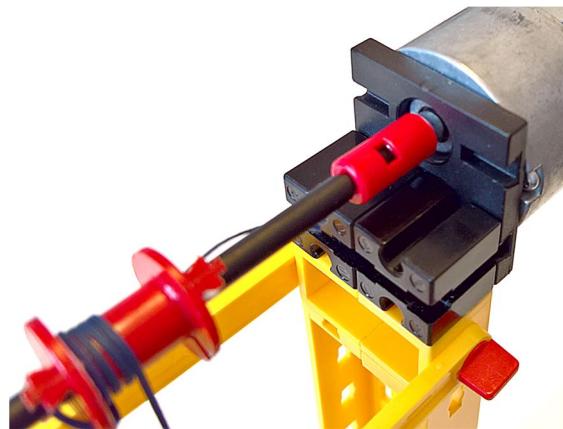


Abb. 4: Vereinfachter Anbau des Motors

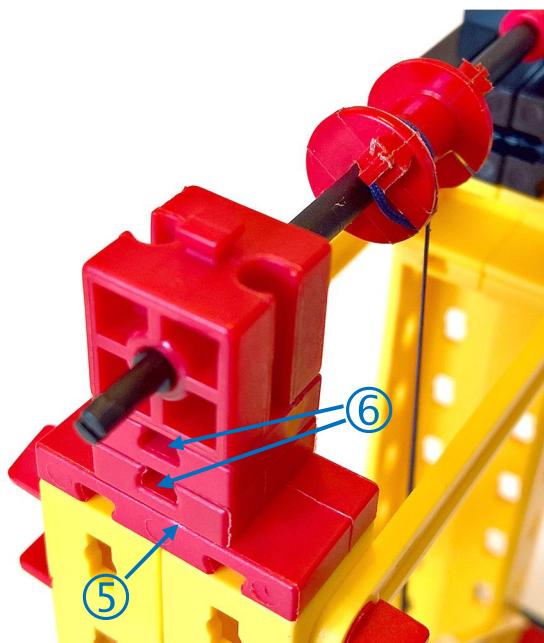


Abb. 5: Zweite Lagerung der Achse

6. Der BS15 mit Bohrung auf der anderen Seite der Achse sitzt ganz genau an der richtigen Position: In der Höhe sitzen zwischen ihm und den Statikträgern genau die 15 mm, die beim Powermotor durch die BS15 entstehen: Ein Baustein  $15 \cdot 30 \cdot 5$  mit drei Nuten und zwei Bausteinen 5 ergeben genau die richtige Höhe (⑤ in Abb. 5).
7. Auch seitlich sitzt der BS15 mit Bohrung genau da, wo er hingehört: In der Mitte. Das bewirkt der Baustein  $15 \cdot 30 \cdot 5$  mit drei Nuten automatisch – ganz ohne dass wir etwas justieren müssten.

8. Der BS15 mit Bohrung kann auch nicht seitlich verrutschen, weil die Nuten der BS5 sorgfältig parallel zur Achse ausgerichtet sind (⑥ in Abb. 5). In Längsrichtung der Achse hat dieser Baustein nie Kräfte aufzunehmen, aber in Querrichtung könnte das schon passieren. Wenn wir Bausteine so einsetzen, dass die Kräfte, die auf sie wirken, quer zu ihren Nuten verlaufen, kann der darin steckende Zapfen vom nächsten Baustein also nicht verrutschen.

## Der Gewinn

Die Achse ist jetzt von beiden Seiten gelagert. Die Lager sitzen genau und stabil an der richtigen Stelle, sodass sich die Achse nicht in ihnen verkanten kann. Das Seil wird gleichmäßig aufgerollt. Der Motor kann seine ganze Leistung für das verwenden, wozu er da ist: Das Seil anzutreiben (und nicht Achsen in Lagerbausteinen reiben zu lassen). Das ganze Modell ist in jeder Richtung stabiler geworden.

Wir können uns also ein paar einfache Dinge einprägen, damit unsere Modelle gut funktionieren:

- Achsen am besten immer an beiden Enden lagern.
- Darauf achten, dass die Achse „fluchtet“, sie sich also nicht in ihren Lagern verkantet.
- Im Raster bleiben! Es baut sich viel einfacher, wenn wir Bauteile immer so kombinieren, dass man leicht ausrechnen oder mitzählen kann, dass Längen genau gleich sind.
- Überall da, wo Kräfte auftreten, muss so gebaut werden, dass die Kraft nicht zum Verbiegen des Modells führt. In Richtung der Kraft muss abgestützt oder sonst wie festgehalten werden.
- Wo keine Kraft wirkt, könnt ihr Bausteine einsparen! Unnötig verbaute Steine fehlen ja vielleicht woanders.

Wenn ihr Konstruktionsprobleme habt, über die wir in dieser Art schreiben und Lösungen zeigen sollen, schreibt uns gerne!

## Quellen

- [1] René Trapp: *Kleine Statik-Hilfe*.  
[ft:pedia 1/2016](#), S. 10-11.

Grundlagen

## Vergilzte Ideen

Peter Krijnen

*Vergilzte Ideen – was soll das sein? Ein Zusammenschluss von zwei Themen: Wie kommt man auf die Idee für ein Modell? Und was kann man machen, wenn seine alten Bilder vergilzt sind?*

### Wie kommt ihr auf die Idee für ein Modell?

Diese Frage wurde mal im fischertechnik-Forum von jemandem gestellt. Damals hatte ich eigentlich keine Lust, eine Antwort zu posten. Ich muss aber gestehen, dass mir diese Frage schon lange Zeit im Kopf herumgeht. Deswegen möchte ich in diesem Beitrag mal meine Antwort auf diese Frage geben.

Was bedeutet „Idee“ eigentlich? Laut meinem Prisma-Wörterbuch soll „Idee“ durch „Eindruck“ oder „Ahnung“ ersetzt werden können. Der Satz: „Ich habe die Idee, dass...“ könnte durch den Satz: „Ich habe den Eindruck, dass...“ ersetzt werden. Oder auch „Ich habe keine Idee...“ durch „Ich habe keine Ahnung...“. Diese drei Begriffe gehören meiner Meinung nach zusammen.



Abb. 1: The Forth Bridge, [www.forth-bridges.co.uk](http://www.forth-bridges.co.uk) (Foto: George Gaskin, CC BY-SA 3.0)

Wenn man sich etwas ansieht, bekommt man einen „Eindruck“ oder besser „ein Bild“. Wenn man sich über dieses Bild „Gedanken“ macht, bekommt man eine „Ahnung“. Die Ideen kommen dann von selbst. Man bekommt mehr „Ahnung“ oder besseres „Wissen“, je mehr man sich mit dem Erarbeiten seiner „Idee“ befasst.

So könnte es sein, dass man jeden Tag auf der Fahrt zur Arbeit unter zehn Eisenbahn-

brücken hindurch fährt. Wenn man an Eisenbahnbrücken aber überhaupt nicht interessiert ist, wird man die auch nicht sehen. Also, keine „Ahnung“, kein „Bild“, kein „Eindruck“. Die Folge: keine Ideen.

Wenn man sich aber mal die „Forth Bridge“ (Abb. 1) betrachtet, merkt man sofort, wie überwältigend eine Eisenbahnbrücke aussehen kann.

Man soll also Interesse an etwas haben. Aber in was? Diese Frage kann ich natürlich nur für mich selbst beantworten.

Am meisten interessieren mich Kräne und Eisenbahnen. Das heißt natürlich nicht, dass ich an Forst- und Landwirtschaft, LKW und PKW, Schiffbau oder Elektronik-Orgeln kein Interesse hätte.

## Wo kommen die Ideen her?

Das kann ganz unterschiedlich sein. Vielleicht hat man etwas in der Zeitung gesehen, in einem Magazin oder Buch. Bei Modellbau-Shows, Conventions oder Clubtreffen. Die Fanclub-News, die ft:pedia, der Bilderpool und das ftc-Forum bilden auch eine große Fundgrube. Es kann aber auch sein, dass man all diese Eisenbahnbrücken, unter denen man täglich durchfährt, endlich einmal richtig „sieht“. Auch Filme und Fernsehserien können der Ursprung von Ideen sein. Im Bilderpool hat sogar jemand das „Gate“ aus der Stargate-SG1-Fernsehserie nachgebaut [1]. Ich kann mich auch erinnern, die „Enterprise NCC-1701“ gesehen zu haben [2, 3]. Ohne Zweifel hat auch der „Millennium-Falke“ ebenfalls seinen fischertechnik-Bruder [4].

## Vergilzte Bilder

Eine Idee kann man aber auch in einem Fotoalbum finden. Vor Jahren habe ich feststellen müssen, dass einige Fotos vergilbt sind. Man könnte diese Fotos frisch drucken, indem man die Negative neu einscannt. Entdeckt man aber, dass auch die Negative vergilbt und verkratzt sind, bekommt man doch die Angst, all diese Erinnerungen könnten eines Tages verschwinden.

Deswegen begann ich vor einem halben Jahr, einige Modelle neu aufzubauen. Das erste Modell war der kleine einachsige Traktor mit Schaufel aus der Forst- und Landwirtschaft [5], das zweite der Gottwald MK500 [6]. Da ich mittlerweile zwei Bücher über Gottwald besitze, war der

Nachbau dieses Krans nun erheblich einfacher. Nachdem ich beim Googlen eine ganze Menge Bilder fand, habe ich acht verschiedene Versionen dieses Krans in den originalen Firmenfarben aufgebaut. Das dritte Modell ist eine Schwerlastzugmaschine der Marke Kenworth (Abb. 2). Dieses Projekt ist aber noch nicht fertig. Ich warte noch auf eine Kopie eines Beitrages in der „hb Modelbouw“.



Abb. 2: Ein noch unvollendetes Projekt:  
Kenworth SLT

Vor Jahren baute ich den Morris C8.MKII bereits zum zweiten Mal. War das erste Modell noch in grau/rot, bekam das zweite eine schwarz/rote Farbgebung. Eine dritte RC-ferngesteuerte Version mit 111 mm großen Rädern in Maßstab 1:9 wird es bestimmt in naher Zukunft auch geben.

Je mehr Einzelteile man besitzt, desto größer können die Modelle gebaut werden. Je größer ein Modell ist, desto mehr und feinere Details kann man einarbeiten.

Als Kind hatte ich keine Kamera. Ich benutzte immer die einfache Kamera meiner Mutter, ab und an auch die meines Vaters. Ende der 1970er Jahre war ich selber finanziell in der Lage eine Kamera zu kaufen. Nun sind leider die Bilder, die auf Kodak-Papier abgelichtet wurden, vergilbt. Die Fotos, die ich später mit Fuji-Negativfilm geschossen habe und die auf Fuji-Papier abgelichtet wurden, sind noch in Ordnung. Probleme beim Arbeiten mit Film bemerkte man natürlich erst, nachdem man die Bilder beim Fotografen abgeholt und ihre Qualität begutachtet hat. Sind die Bilder misslungen, hat man einfach Pech gehabt. Heute hat jeder ein Smartphone mit

superhochauflösender Kamera und Instant-Upload zu einem „Cloud-Service“ über Wifi oder das 4G-Netz des Providers an Bord. Obwohl ich von meinem Arbeitgeber ein Samsung Galaxy S6 zur Verfügung gestellt bekam, benutze ich noch immer eine Konika-Minolta Dynax 7D Digital-Kamera. Zusammen mit einem Fotokoffer voller Linsen und einem Stativ fahre ich regelmäßig durch den Rotterdamer Hafen.

Nachdem ich die Bilder auf meinem Computer übertragen habe, versuche ich im Internet nach Daten zu googeln. PDFs werden heruntergeladen, gesichtet und ausgedruckt. Details vergrößere ich so weit wie möglich, bevor ich sie ausdrucke. Anhand der bestehenden Daten berechne ich den möglichen Maßstab.

Mit der folgenden Tabelle will ich kurz erklären, wie ich zum Bau einiger Modelle kam.

Beschreibung	Original	Nachbau
<p><u>Gottwald MK500/600, Maßstab 1:27</u></p> <p>In den 1970er Jahren zum ersten Mal in Boskoop (Niederlande) gesehen. Nach dem Kauf von zwei Büchern über Gottwald entstand ein einfacheres Modell dieses Krans.</p>		
<p><u>Demag CC1400, Maßstab 1:22</u></p> <p>Nachdem Anton Jansen einen seiner Liebherr-Kräne mit 45er Raupenketten ausgestattet hatte, wollte ich unbedingt auch einen Kran mit diesen Raupenketten bauen.</p>		

Beschreibung	Original	Nachbau
<p><u>Demag CC4800, Maßstab 1:16</u></p> <p>1993 bin ich diesen Kran zum ersten Mal begegnet. Ich lud das Datenblatt von der Mammoet-Website herunter und konnte 2010 mit dem Bau dieses RC-gesteuerten Kran richtig loslegen.</p>		
<p><u>Demag CC4800 TwinRing, Maßstab 1:45</u></p> <p>Zum ersten Mal habe ich Bilder im Schwertransport-Magazin gesehen. Ich habe diesen Kran mehrmals beim Aufbau und bei Tests auf dem Werksgelände der (damaligen) Firma van Seumeren beobachten dürfen.</p>		

Beschreibung	Original	Nachbau
<u><a href="#">Demag CC12000, Maßstab 1:34</a></u>  Zum ersten Mal habe ich Bilder im Schwertransport-Magazin gesehen. Dies ist auch ein Modell im Maßstab 1:50. Anfang der 1990er Jahre baute ich diesen Kran nach.		
<u><a href="#">Nelcon ASC, Maßstab 1:27</a></u>  Da ich noch immer das Werbeprospekt der Firma Nelcon besitze, habe ich mich mal mit einem automatischen Stacking-Kran befasst.		
<u><a href="#">Terex MT3600B, Maßstab 1:20</a></u>  Im Forum war mal die Rede von 100 mm-Traktorreifen. Bei Conrad kaufte ich die 160 mm-Versionen. Die Reifen des MT3600 sind 3.200 mm hoch.		
<u><a href="#">Schaufelradbagger 293, Maßstab 1:80</a></u>  Zum ersten Mal habe ich Bilder im Schwertransport-Magazin gesehen. Später beobachtete ich diesen Schaufelradbagger mehrfach im Tagebau Hambach. Nachdem ich die erforderliche Menge Raupenteile gesammelt hatte, konnte ich endlich mit dem Bau anfangen.		

Beschreibung	Original	Nachbau
<u>Diesellok Schoema, Maßstab 1:22</u>  Nachdem ich mir 1985 eine Einsteigerpackung von LGB gekauft hatte, wollte ich mal versuchen, ein fischertechnik-Modell auf diesen 45 mm breiten Gleisen zu bauen. Die kleine Lok war ein tolles Projekt.		
<u>Diesellok BR251, Maßstab 1:22</u>  Mit den Erfahrungen vom Bau der Lok ging es los mit einem Modell einer vierachsigen Lok.		
<u>Diesellok EMD SD40-2, Maßstab 1:16</u>  Anregung zum Bau dieser amerikanischen Diesellok war ein Lego-Modell; ebenfalls im Maßstab 1:16.		
<u>Morris C8.MKII, Maßstab 1:16</u>  Vorbild für der C8.MKII war ein Kit (PK-172) von Matchbox im Maßstab 1:76.		
<u>Hermod, Maßstab 1:100</u>  Erste Bilder gesehen im Magazin „Kijk“, später mehrfach beobachtet im Rotterdamer Hafen.		

## Wie geht es weiter?

Sind das alle Modelle, die ich je gebaut habe? Nein. Es gibt noch viel mehr – die meisten aus der Periode, in der ich noch wenig Ahnung von Kränen und LKWs hatte. Erst seit Anfang der 1990er Jahre fotografiere ich alle Modelle. In Laufe der Zeit habe ich mehrere meiner Projekte in den ftc-Bilderpool eingestellt.

Werden mir die Ideen ausgehen? Das hoffe ich doch wirklich nicht. Einige sind schon in der Entstehungsphase. Das heißt: Sie wollen mir nicht aus dem Kopf gehen.

Die Arbeiten an der EMD SD40-2 sind fast abgeschlossen. Der Hitachi KH1000 will auch noch fertig gebaut werden, vielleicht noch mit einer Ramm-Einrichtung.

Weitere Ideen sind:

- Eine Altbau-E-Lok mit Stangenantrieb
- Die Stainz aus der LGB-Start-Packung
- Der Krupp-Eisenbahnkran „Goliath“
- Die Gottwald MK2400
- Eine Elektronik-Orgel aus hobby-4-Bausteinen

In einem zukünftigen Beitrag möchte ich noch weiter erklären, wie die Modelle erstehen.

## Quellen

- [1] Jori2000: [Stargate](#). ftc-Bilderpool, 2017.
- [2] Harald Steinhäus: [Enterprise](#). ftc-Bilderpool, 2006.
- [3] Frank Jakob: [Enterprise](#). ftc-Bilderpool, 2008.
- [4] Roland Enzenhofer: [ft Star Wars Millennium-Falke](#). ftc-Bilderpool, 2016.
- [5] Peter Krijnen: *Wiedergefundene ft:pedias 3/2016*, S. 5-7.
- [6] Peter Krijnen: *Gottwald MK500*. [ft:pedia 4/2016](#), S. 26-30.

## Modell

## Das animierte Adventsfenster

Gerhard Birkenstock

*Kennt ihr den „lebendigen Adventskalender“? Man trifft sich an einigen Abenden im Advent, jedes Mal vor einem anderen Fenster und wartet, bis es von innen beleuchtet wird. Dann erfreut man sich an der Schönheit. Nur: Das sind Stillleben. Klar, dass dies ein fischertechniker so nicht auf sich beruhen lassen kann... Ein animiertes Adventsfenster muss her!*

### Idee

Die Weihnachtszeit kommt näher. Auch wir haben den Terminplan mit den Treffpunkten bekommen. Zum Glück sind wir die Letzten vor Weihnachten. Das verschafft Zeit zum Überlegen und Bauen. Ich dachte an einen Leuchtturm, an dem sich das Licht dreht. Der Vorschlag wurde aber vom Familienrat abgelehnt: Wir wohnen schließlich nicht an der Küste.

Zwei Tage später war das Thema gefunden. Eine Dampflokomotive sollte es sein. Mein Sohn hatte sich mit seinen leuchtenden Augen durchgesetzt. Ich überlegte, was man da machen könnte. Es sollte sich etwas bewegen, und irgendetwas mit Licht dazu. Entstanden ist dann das hier vorgestellte „lebendige Adventsfenster“.

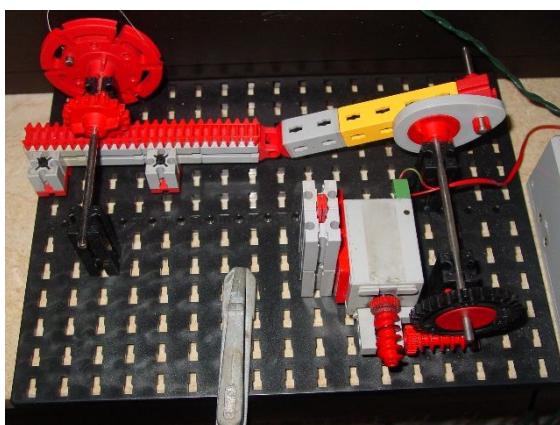


Abb. 1: Aufbau der Bewegungsmechanik

### Realisierung

Zunächst zur Mechanik (Abb. 1): Über das Schneckengetriebe des Motors wird das erste Zahnrad angetrieben. Diese herab gesetzte Drehbewegung wird über einen Pleuel in eine oszillierende Bewegung umgewandelt. Auf der Schubstange ist die große fischertechnik-Zahnstange aufgesteckt. Das dort im Eingriff befindliche Zahnrad treibt die Haspel für den zu bewegenden Faden an (siehe oben links im Bild).

Ihr sagt nun sicher: „Das geht doch gleich an der ersten Achse.“ Das ist richtig. Nur wusste ich beim Bauen der Mechanik noch nicht, wieviel Hub ich für die Animation benötige. Genau das kann man mit der Auswahl des Zahnrades bestimmen, das in die Zahnstange eingreift: Ein kleines Zahnrad bewirkt einen großen Hub, ein großes dementsprechend einen kleinen.

Die gesamte Konstruktion wurde mittels einer Schraubzwinge an der Fensterbank befestigt. Dank der vielen Rippen auf der Unterseite der Bauplatte kommt es dabei zu keiner Verspannung.

Ich entschied mich, zwei Wolken über dem Schornstein der Lokomotive zu bewegen. Mittels Klebestreifen werden diese an dem weißen Faden befestigt. Dank des dahinter hängenden weißen Vorhangs wird der Faden unsichtbar.

Den Faden habe ich mittels einer Umlenkrolle und einem Gegengewicht gespannt. Das Gegengewicht befindet sich in der unteren Ruhelage kurz über der Fensterbank. Der Hub ist so gering, dass das Gewicht nicht in den Sichtbereich des Fensters kommt.

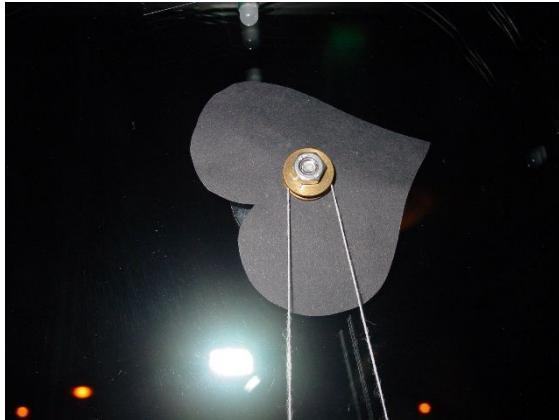


Abb. 2: Saugnapf mit M4-Gewinde und Umlenkrolle hinter einem Herz versteckt

Zur Befestigung der Umlenkrolle besorgte ich im Versandhandel einen Saugnapf mit M4-Gewinde (Abb. 2).

Leider war die herausschauende Gewindestange recht kurz. Besser eignet sich daher ein Saugnapf mit M3-Gewinde. Dazu bohrt man in eine Rundstange aus Messing mit 4 mm Durchmesser ein Loch mit 2,5 mm Durchmesser. In dieses Loch wird das M3-Gewinde eingeschnitten. Die Achse kann nun auf den Saugnapf mit dem M3 Gewinde aufgedreht werden (Abb. 3).

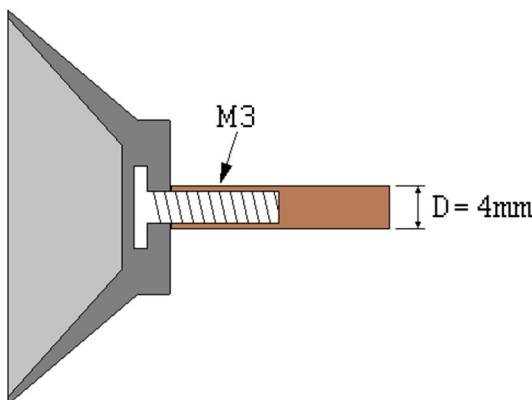


Abb. 3: Saugnapf mit M3-Gewinde und Messingachse

Dank des Außendurchmessers der Rundstange von 4 mm sind wir damit wieder in der Welt der fischertechnik. Das Befestigen einer fischertechnik-Seilrolle geht jetzt leicht von der Hand – und die Wolken bewegen sich nun.

Etwas Licht wäre noch toll. Vielleicht so, dass sich eine vorgetäuschte Bewegung einstellt. Dies lässt sich mit einem kleinen Programm für das ROBO-Interface (oder einen der jüngeren fischertechnik-Controller) realisieren (Abb. 4).

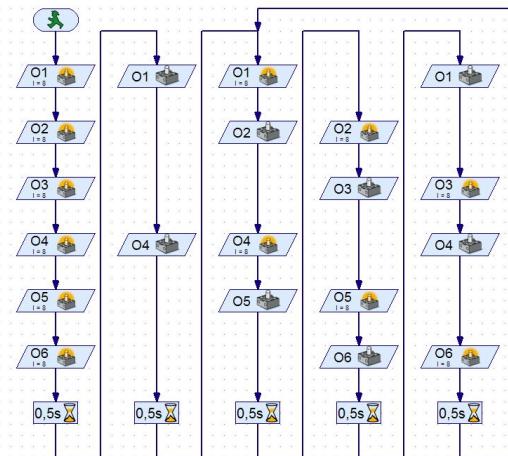


Abb. 4: Animationsprogramm der LEDs

Lok und Tender in unserem Fensterbild haben zusammen sechs Achsen: Nach dem Einschalten leuchten alle Räder auf; dann werden in einer Zeitschleife immer zwei Räder dunkel geschaltet. Diese „Dunkel-Tastung“ bewegt sich dabei schrittweise von vorne nach hinten.

Am Abend nach unserm Adventskalender-Tag ist mir noch die zweifarbige LED eingefallen. Da im ROBO-Interface noch ausreichend Kanäle frei waren, habe ich die LED an die Stelle des großen Rades der Lok gesetzt. Mittels zweier Kanäle leuchtete das Rad dann in rot und grün im Wechsel.

Die Wolken wurden in den Weihnachtstagen nur hin und wieder eingeschaltet. Die LEDs haben aber stetig geleuchtet. Fast jeder Fußgänger ist stehen geblieben und hat sich für einen kurzen Moment unser „lebendiges Adventsfenster“ angesehen.



Abb. 5: Die beiden Wolken über dem Schornstein bewegten sich auf und ab und die Räder blitzen  
(ganz oben ist das Herz mit der Umlenkrolle zu sehen)

Modell

## Klapbarer Tablet-PC-Ständer

Jens Lemkamp

*Praktisch beim Bauen, am Küchentisch, beim Kochen: Unser fischertechnik-Tablet-PC-Ständer. Und wenn er mal platzsparend verstaut werden muss, kann er ganz einfach zusammengeklappt werden – auch auf Reisen sehr nützlich...*



Abb. 1: Ansicht mit Tablet

In Abb. 1 sieht man den Ständer in Benutzung. Für die ergonomische Nutzung kann das Tablet in zwei Winkeln jeweils hinter den roten Winkelsteinen aufgestellt werden.

Stückliste:

St.	ft-Nr.	Bezeichnung
16	<a href="#">31003</a>	Baustein 30
3	<a href="#">31006</a>	Baustein 15, 2 Zapfen
2	<a href="#">31005</a>	Baustein 15, 1 Zapfen

St.	ft-Nr.	Bezeichnung
2	<a href="#">31436</a>	Gelenkwürfel-Klaue 7,5
2	<a href="#">31426</a>	Gelenkwürfel-Zunge 7,5
4	<a href="#">31061</a>	Verbinder 30
2	<a href="#">31982</a>	Federnocken
2	<a href="#">38268</a>	Bauplatte 15 · 30 2Z
4	<a href="#">31010</a>	Winkelstein 60°
2	<a href="#">38240</a>	V-Baustein 14 Eck

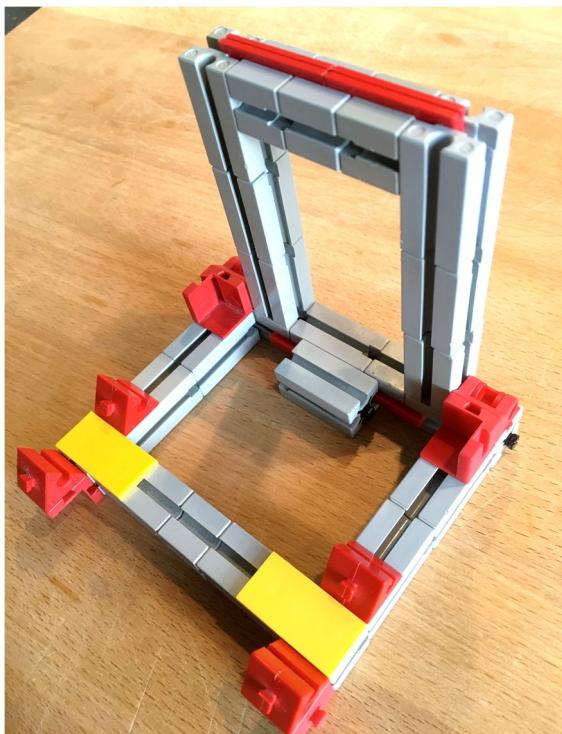


Abb. 2: Gesamtansicht ohne Gerät

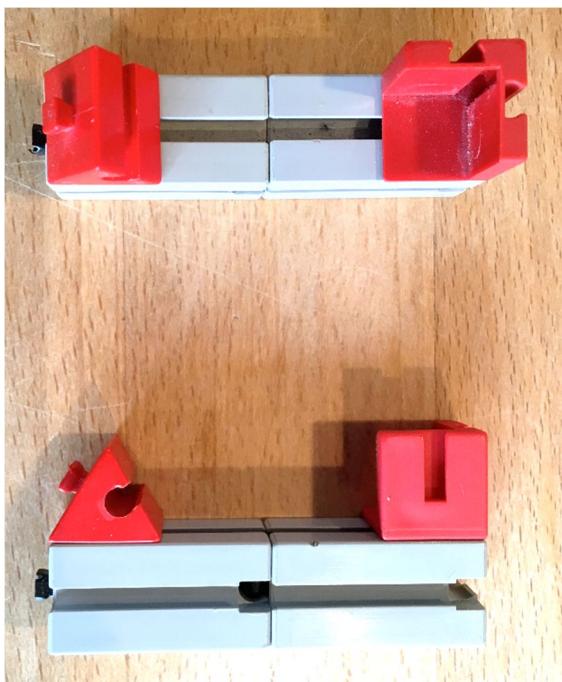


Abb. 3: Baustufe 1 – Seitenteile

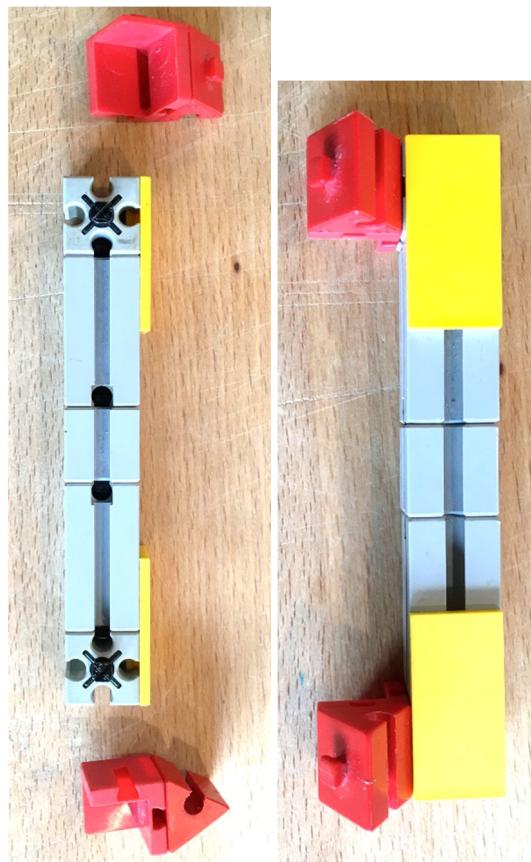


Abb. 4: Baustufe 2 und 3 –  
Querträger vorn, montiert

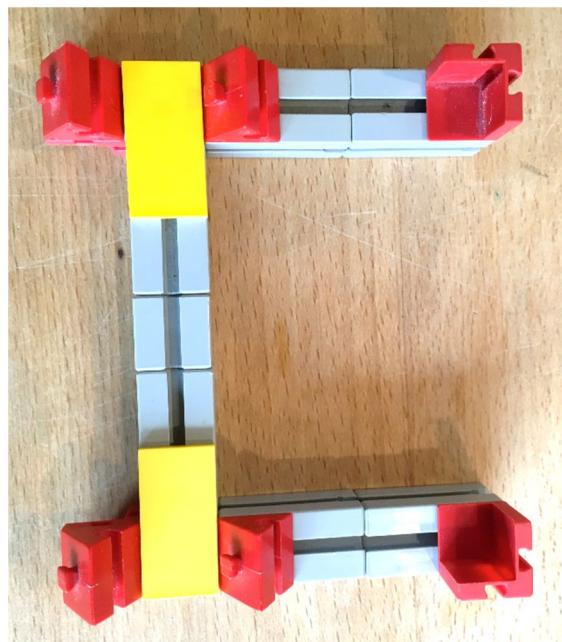
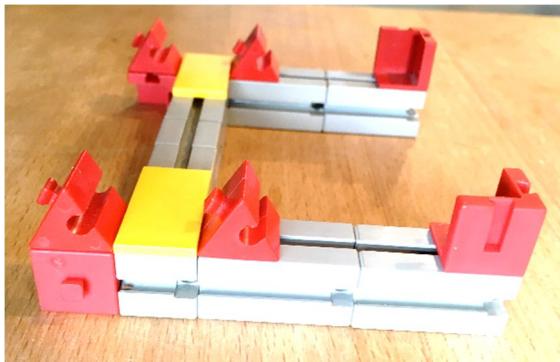
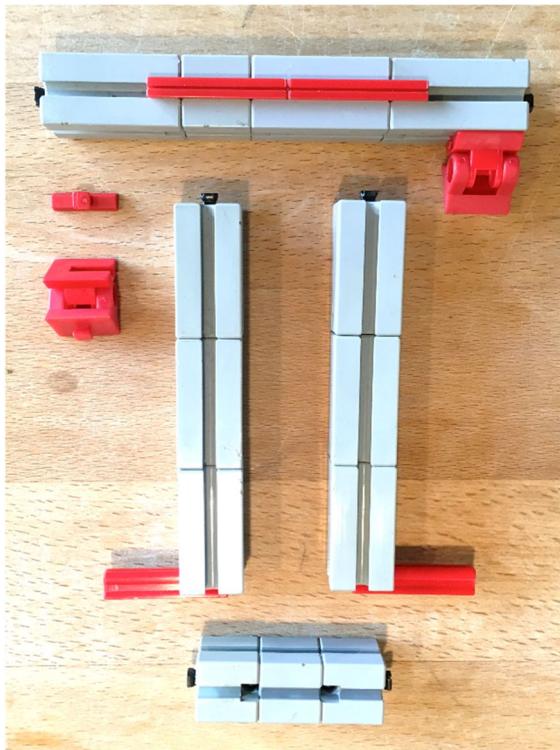


Abb. 5: Baustufe 4 – Querträger  
und Seitenteile

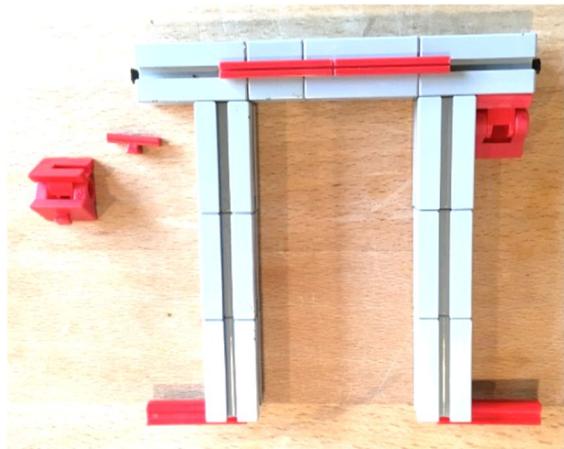


*Abb. 6: Baustufe 4 – Querträger und Seitenteile Seitenansicht*

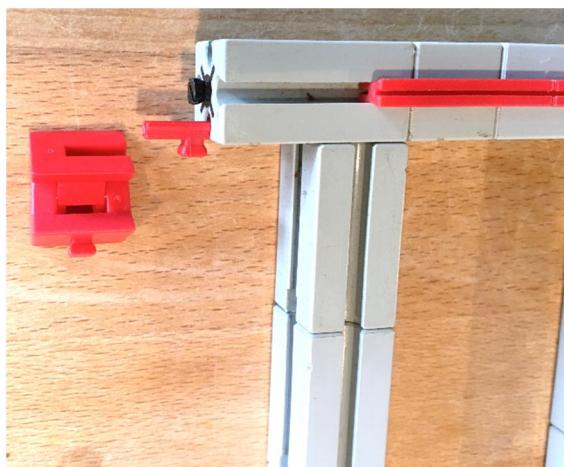
In Abb. 7 und 8 sieht man den fast fertigen „Rücken“. Gut zu erkennen ist, wie die einzelnen Teile gegen Verschieben „verblockt“ sind. Dies geschieht hauptsächlich mit den Verbindern 30 ([31061](#)).



*Abb. 7: Baustufe 5 – Rückenteil in Einzelteile zerlegt*



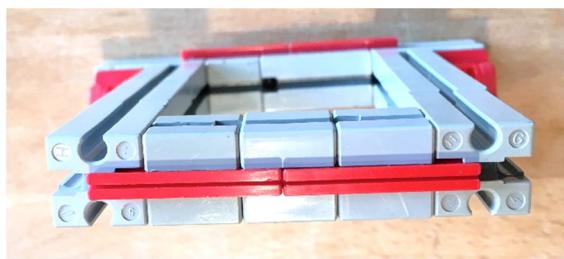
*Abb. 8: Baustufe 6 – Rückenteil teilmontiert*



*Abb. 9: Baustufe 7 – Montage der Gelenke*



*Abb. 10: Baustufe 8 – Fixierung oberer Träger*



*Abb. 11: Baustufe 9 – Rücken von oben*

Hier sieht man wieder, wie die Verblockung mit den Verbindern 30 ([31060](#)) vorgenommen wird. Der Baustein 30 unten in der Mitte sichert den Ständer, damit er stabil steht.

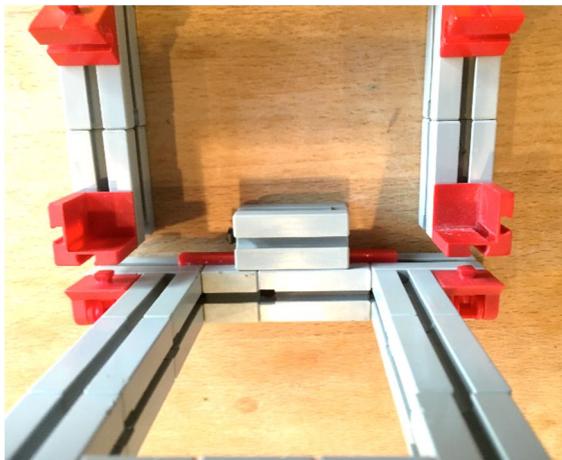


Abb. 12: Baustufe 10 – Vormontage Rücken + Blockierstein

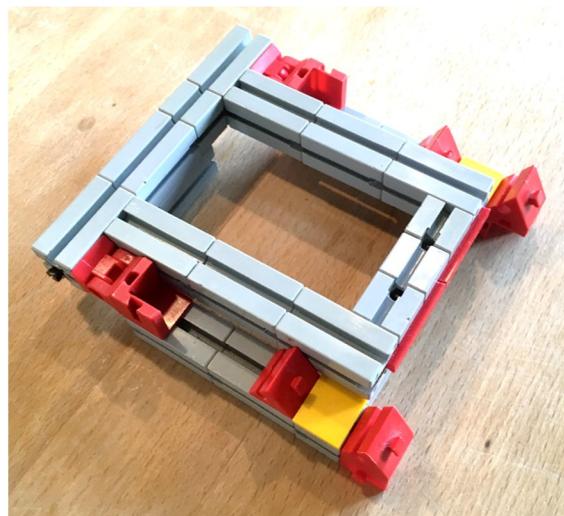


Abb. 13: Baustufe 11 – zusammengeklappter Tablet-PC-Ständer

Natürlich können viele Teile durch ähnliche Bausteine ersetzt und je nach Vorliebe auch Teile anderer Farbe verwendet werden – ganz nach Geschmack und Verfügbarkeit.

Uhren

## Die Rast-O'Clock-Uhr

Thomas Püttmann

Diese Uhr mit separatem Sekundenzeiger ist bei höchster Funktionalität bis aufs Äußerste reduziert. Der Sekundenzeiger bewegt sich kontinuierlich, der Minutenzeiger rastet präzise in sechzig gleichgroßen Schritten pro Stunde. Die Sekunden und Minuten können extrem schnell einzeln eingestellt werden, während die Uhr läuft. Ohne Antrieb ist die Uhr durch ihren reduzierten und transparenten Aufbau und durch den Klang der Rastclicks ein ideales Lernspielzeug, angetrieben von einem Synchronmotor läuft sie zuverlässig im Dauerbetrieb.

Die hier vorgestellte Uhr habe ich für die Lehrveranstaltung *Modellierung von Zeit* an der Ruhr-Universität Bochum im September 2016 gebaut. Mein Ziel war es, mit möglichst wenigen Teilen ein möglichst transparentes Zeigerwerk mit Sekunden-, Minuten- und Stundenzeiger zu entwerfen. Es sollte auch von Personen, die keine Erfahrung mit fischertechnik haben, leicht nachgebaut werden können. Diesen Test hat die Uhr bestanden. Darüber hinaus lief sie, von einem Synchronmotor angetrieben, zuverlässig ohne Unterbrechung von der Convention 2016 bis ins Jahr 2017.

Beim Bauen von fischertechnik-Uhren muss man an mehreren Stellen Design-Entscheidungen treffen, zum Beispiel, ob sich der Sekunden-/Minutenzeiger ruckartig bewegen soll (springende Sekunde/Minute) oder gleichmäßig, und ob man eine zentrale oder eine separate Sekunde haben möchte.

Diese Entscheidungen wurden hier so getroffen, dass sie zu einem möglichst einfachen, hochqualitativen und haptisch und akustisch überzeugenden Ergebnis führen. Zum Beispiel erfordert es einen hohen Aufwand, mit fischertechnik drei Zeiger verkoppelt um eine gemeinsame Achse zu drehen. Daher hat diese Uhr eine separate Sekunde.

Ein Problem, das häufig erst auffällt, wenn man ein detailliertes Ziffernblatt ergänzt, ist die 60:1-Übersetzung von der Sekunden- auf die Minutenwelle. Wird sie mit einer Schnecke und einem Stirnradgetriebe realisiert, so muss die Minutenwelle gebremst werden, wenn sich der Minutenzeiger präzise bewegen soll. Wegen des großen Spiels im Getriebe hängt er sonst durch sein Eigengewicht sowohl auf der linken als auch auf der rechten Seite des Ziffernblatts nach unten, was einen Ablesefehler von mehr als einer Minute bewirkt. Ähnlich ist das auch bei Schrittschaltwerken, die mit einer Kombination aus Segment- und Drehscheibe und einer Schnecke zwischen Sekunden- und Minutenwelle arbeiten.

In dieser Uhr wird dieses Problem gelöst, indem ein Schrittschaltwerk mit 30 Stellungen verwendet wird. Eine nachfolgende 2:1-Übersetzung mit Stirnrädern liefert dann eine präzise 60er-Rastung der Minutenwelle.

Die verwendete Rastung ist über den Einsatz in diesem Modell hinaus interessant, denn sie eignet sich für viele verschiedene Anwendungen und ermöglicht Schrittschaltwerke mit nahezu beliebig vielen Schritten (siehe auch den Beitrag *Die Uhrzeit im Klartext* in dieser Ausgabe [1]).

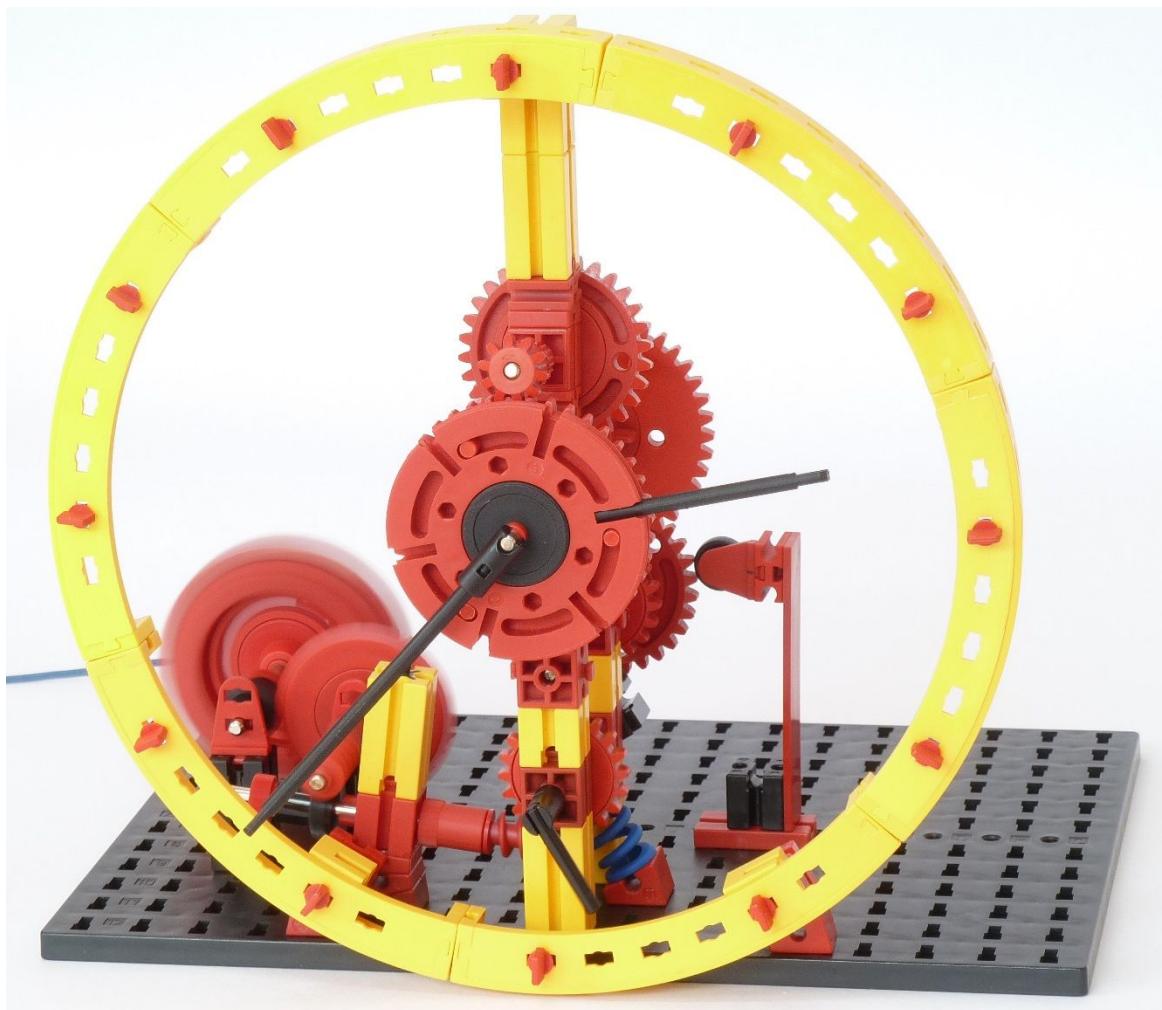


Abb. 1: Rast-O'Clock mit Synchronmotor.

Ein Rad 14 ist am Ende einer Bauplatte 5 x 1 befestigt, die als Blattfeder eingesetzt wird. Im gerasteten Zustand ruht das Rad 14 zwischen zwei Zähnen eines Zahnrads Z30 (siehe Abb. 1 und 5). Zum Weiterdrehen des Z30 ist nur der kleine Kraftaufwand nötig, der das Rad mitsamt der Blattfeder minimal nach außen drückt. Das Rad selbst rollt mit äußerst geringer Reibung auf den Zähnen des Z30 ab. Dadurch bekommt man eine feine, aber doch spürbare Rastung des Z30 mit einem fantastischen Klang! Der nicht mehr lieferbare Rollenhebel aus dem früheren Pneumatik-Programm wird mehr als gleichwertig ersetzt.

Die Sekunden können bei laufendem Motor eingestellt werden, indem man den gelben

Baustein 30 links unten im Ziffernblatt nach innen dreht. Dadurch wird die Schnecke vom Z20 der Sekundenwelle ausgekoppelt.

Die Minuten können durch Drehen des Z40 hinten schnell und präzise eingestellt werden. Wird es schnell gedreht, „schnurrt“ die Uhr, verlangsamt man die Drehung, kann man die einzelnen Klicks sehr gut abzählen. Dieser akustische Wechsel übt gerade auf Kinder einen hohen Reiz aus und macht die Uhr zu einem idealen Lernspielzeug.

Damit man die Stellung der schwarzen Zeiger gut erkennen kann, wurden im Uhrengerüst und beim Ziffernblatt nahezu ausschließlich die Farben Rot und Gelb verwendet.

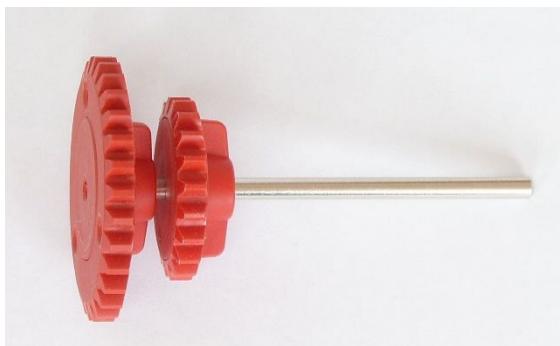
## Schrittschaltwerk

Die Sekundenwelle besteht aus drei Teilen: der Schaltklinke, einem Zahnrad Z20, an dem der Antrieb der Uhr erfolgt, und dem Sekundenzeiger.

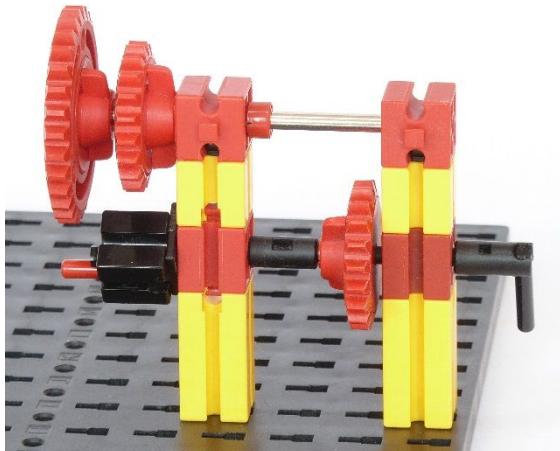


*Abb. 2: Sekundenwelle.*

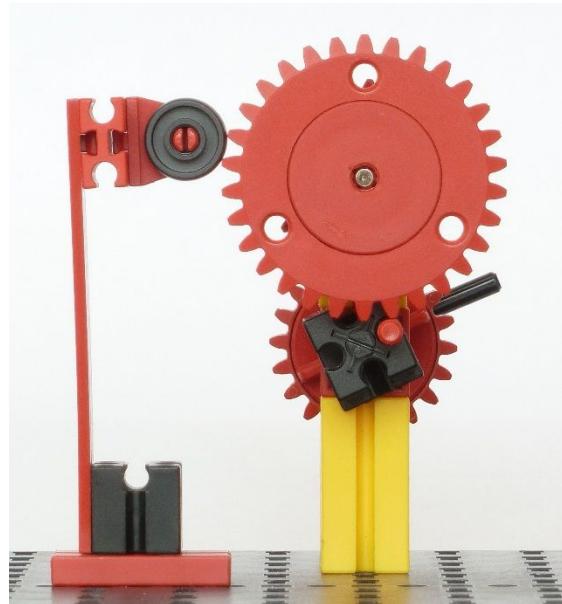
Pro Umdrehung der Sekundenwelle schaltet der Klemmstift der Klinke das Z30 der Schaltwelle um einen Zahn weiter. Das Zahnrad Z20 auf der Schaltwelle dient der 2:1-Übersetzung auf die Minutenwelle.



*Abb. 3: Schaltwelle.*

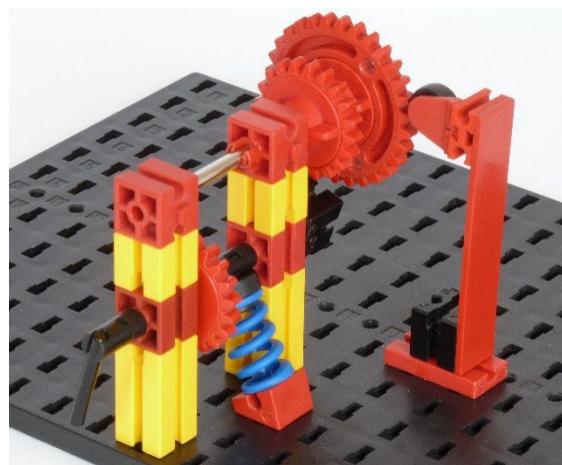


*Abb. 4: Das Schrittschaltwerk von der Seite.*



*Abb. 5: Das Schrittschaltwerk von hinten.*

Der Baustein 15 der Schaltklinke sitzt exzentrisch auf der Rastachse mit Platte. Die Exzentrizität muss so eingestellt werden, dass der Schaltvorgang sicher und ohne Klemmen erfolgt. Die Richtung, in der man den Baustein 15 gegen die Rastachse mit Platte verschiebt, beeinflusst den Zeitpunkt des Schaltens. Wird sie wie in Abbildung 2 gewählt, so endet das Weiterschalten sehr genau, wenn der Sekundenzeiger oben steht.



*Abb. 6: Bremsen der Sekundenwelle.*

Soll die Bewegung des Sekundenzeigers ohne kleinere Rucke verlaufen, so kann die Sekundenwelle leicht gebremst werden.

## Zeigerwerk und Ziffernblatt

Der Minutenzeiger wird mit einem gut klemmenden Rastadapter an der Welle befestigt oder in eine fest verschraubte zweite Drehscheibe gesteckt. Im zweiten Fall können die Minuten unmittelbar am Zeiger eingestellt werden.

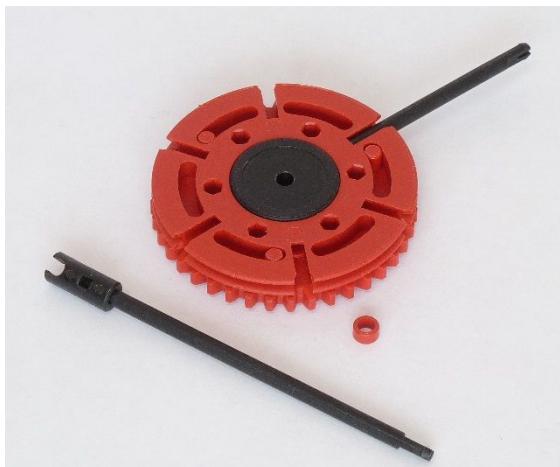


Abb. 7: Stunden- und Minutenzeiger.

Die notwendige 12:1-Übersetzung zwischen Minuten- und Stundenzeiger wird ähnlich wie bei Remodus' Pendeluhr durch eine Neigung der Stundenwelle erzielt.

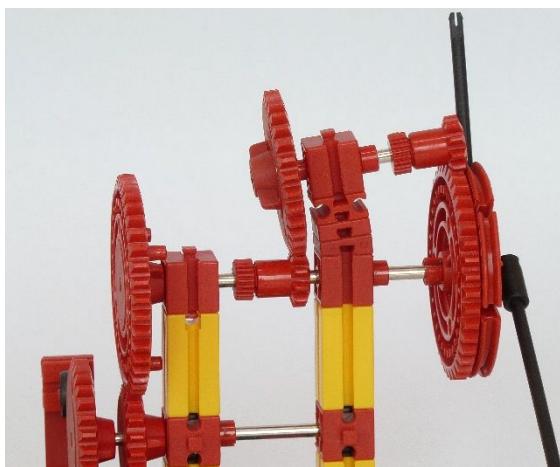


Abb. 8: Die 12:1-Übersetzung.

Das Ziffernblatt wird an drei Punkten mit Statiksteinen befestigt: unten bei 5 Uhr bzw. 7 Uhr auf dem Ziffernblatt und oben bei 12 Uhr. Die zwölf mit S-Riegeln gesteckten Markierungen reichen zum genauen Ablesen der Minuten wegen der präzisen Rastung vollkommen aus.

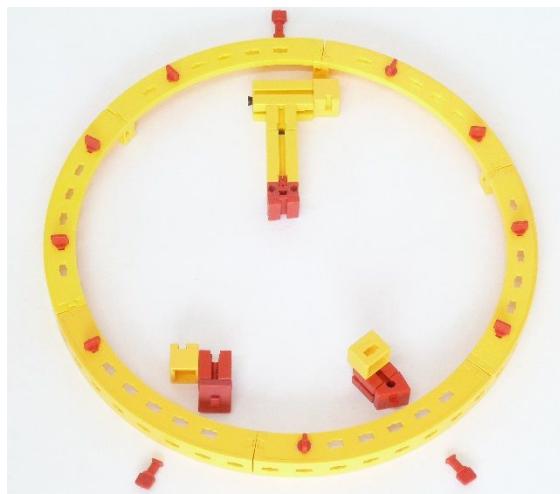


Abb. 9: Das Ziffernblatt.

Nachdem das Ziffernblatt angebracht ist, wird der Stundenzeiger durch Drehen am hinteren Z40 exakt auf die 12-Uhr-Markierung ausgerichtet. Danach wird das Z40 festgehalten und der Minutenzeiger gegen die Minutenwelle so verdreht, dass auch er exakt auf die 12-Uhr-Markierung ausgerichtet ist.

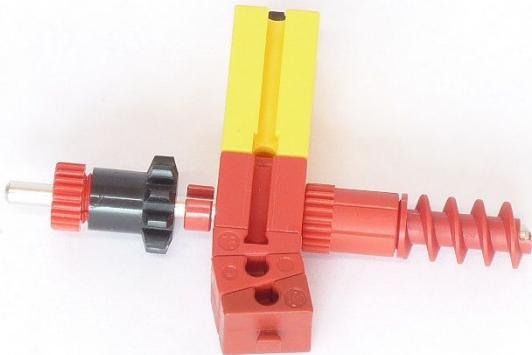


Abb. 10: Der 12-Uhr-Abgleich – ein Qualitätstest für jede Uhr. Hier wackelt nichts.

Dreht man den Sekundenzeiger im Uhrzeigersinn, so wird der Minutenzeiger jedes Mal einen Schritt weitergeschaltet, wenn der Sekundenzeiger die obere Stellung erreicht. Nach 5, 10, 15 usw. Schritten sollte der Minutenzeiger jeweils exakt auf die jeweilige Markierung des Ziffernblatts zeigen. Ansonsten muss das Ziffernblatt leicht in der Höhe korrigiert werden.

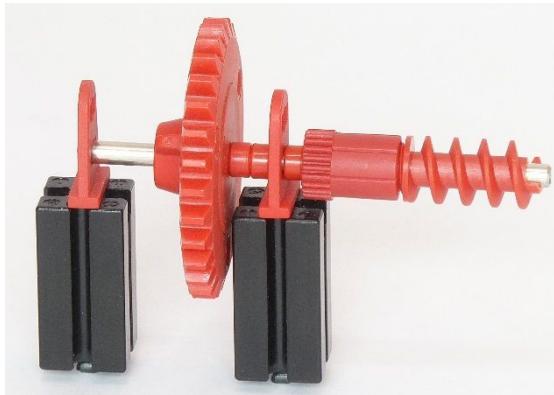
## Der Antrieb

Wenn die Uhr die tatsächliche Zeit anzeigen soll, muss sich die Sekundenwelle mit einer Geschwindigkeit von 1 U/min drehen. Die Sekundenwelle wird von einer Schnecke angetrieben. Da pro Umdrehung der Schnecke das Zahnrad Z20 der Sekundenwelle einen Zahn weitergedreht wird, muss sich die Schnecke mit einer Geschwindigkeit von 20 U/min drehen.



*Abb. 11: Zwischenwelle mit 20 U/min.*

Das Zahnrad Z10 der Zwischenwelle aus Abbildung 11 wird von einer weiteren Schnecke angetrieben, die sich daher mit einer Geschwindigkeit von 200 U/min drehen muss.



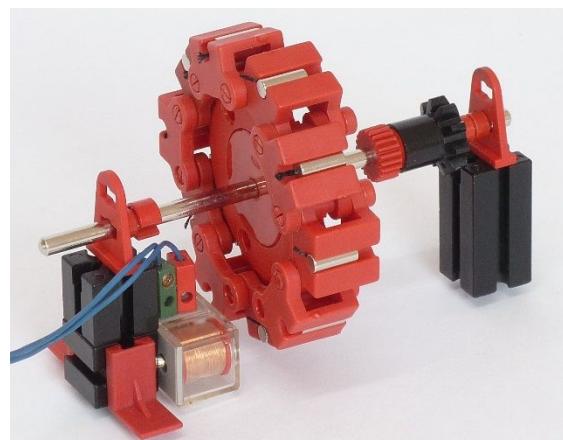
*Abb. 12: Zwischenwelle mit 200 U/min.*

Das Z30 der Zwischenwelle aus Abb. 12 wird direkt von einem Zahnrad Z10 auf der Motorwelle angetrieben. Der Synchronmotor muss sich somit mit 600 U/min drehen.



*Abb. 13: Anbau der Zwischenwellen.*

Einen solchen Motor hat Matthias Dettmer in der ft:pedia 2/2016 vorgestellt [2]. Zwei weitere finden sich [im Bilderpool](#) der ftCommunity. Einer davon verwendet eine Konstruktion von Ludger Mäsing aus zehn mit Rastachsen 20 verbundenen Rollenböcken, die ein Zahnrad Z30 umringen (Abb. 14). Die Neodym-Magneten haben einen Durchmesser von 4 mm und werden jeweils mit einem kurzen Stück Zwirn in die Nuten der Rollenböcke geklemmt. Die Polarität ändert sich in jedem Schritt. Die Funktionsweise solcher Synchronmotoren ist detailliert in [3] dargestellt.



*Abb. 14: Synchronmotor mit 600 U/min.*

Zum Betrieb des Motors ist eine Wechselspannung von 6 V bis 9 V nötig, wie sie zum Beispiel die alten grauen fischertechnik-Netzteile zur Verfügung gestellt haben.

Synchronmotoren müssen mit der richtigen Geschwindigkeit angeworfen werden, damit sie selbstständig laufen. Dies kann unter Umständen ein paar Versuche erfordern.



Abb. 15: Der Anbau des Motors.

Die Lagerung der Motorwelle und der ersten Zwischenwelle in den Kupplungsstücken ermöglicht einen reibungsarmen Betrieb. Nach ein paar Monaten Dauerbetrieb kann man allerdings Abrieb in Form von schwarzem Staub vorfinden. Dies tut der Funktionalität allerdings so schnell keinen Abbruch.

Der Motor läuft ohne Last geräuschlos. Im Zusammenspiel mit der Zwischenwelle kann es allerdings durch die nicht komplett runde Form der Öffnungen in den Kupplungsstücken zu hörbaren horizontalen Vibrationen kommen.

Wer eine möglichst leise Uhr haben möchte, kann den originalen Synchronmotor aus [3] mit dem 5:2-Planetengetriebe aus [4] benutzen. Mit dieser Kombination lief die Uhr von der Convention 2016 bis ins Jahr 2017.

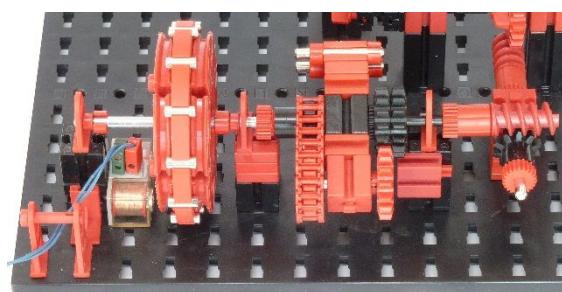


Abb. 16: Synchronmotor mit 500 U/min und einem 5:2-Planetengetriebe.

In weiten Teilen Amerikas und einigen anderen Ländern beträgt die Netzfrequenz übrigens nicht 50 Hz, sondern 60 Hz. Dort dreht sich dann der originale 12-polige Synchronmotor aus [3] mit 600 U/min und kann in Kombination mit der Zwischenwelle aus Abbildung 12 zum Antrieb dieser Uhr eingesetzt werden.

Spannend ist es, mit dieser Uhr die Abweichung der Netzzeit von der Normalzeit zu beobachten. Die aktuelle Abweichung im europäischen Stromnetz wird z. B. auf der [Webseite der SwissGrid AG](#) angezeigt.

Bei hohem Bedarf laufen die Kraftwerke mit einer leicht höheren Frequenz; dies wird aber immer wieder kompensiert. Die Abweichung beträgt in der Regel weniger als 20 Sekunden. Schließlich werden noch viele technische Geräte wie Heizungen von Synchronuhren aus- und eingeschaltet.

Ein [Video der Uhr](#) findet sich bei YouTube. Viel Freude beim Nachbauen!

## Literatur und Links

- [1] Ludger Mäsing und Thomas Püttmann: *Die Uhrzeit im Klartext*, ft:pedia 1/2017.
- [2] Matthias Dettmer: *Synchronmotoren*, [ft:pedia 2/2016](#), S. 48-52.
- [3] Dirk Fox und Thomas Püttmann: *Technikgeschichte mit fischertechnik*, dpunkt.verlag, Heidelberg 2015.
- [4] Thomas Püttmann: *Planetengetriebe*, [ft:pedia 2/2016](#), S. 38-43.

Uhren

## Synchronuhr mit Schrittschaltwerk

Dirk Fox

In der Community gibt es zahlreiche wunderschöne Synchronuhren. Mir fehlte dabei allerdings immer schon ein Getriebe, das den Minutenzeiger diskret alle 60 Sekunden weiterschaltet. Inspiriert von der einen oder andern Konstruktion entstand eine Synchronuhr mit Schrittschaltwerk – und ich gewann einige Einsichten, die bei der Konstruktion eines fischertechnik-Uhrgetriebes beherzigt werden sollten.

### Hintergrund

Mit dem 6,8 V-Wechselstromausgang der alten, grauen fischertechnik-Netzteile erhält man Zugriff auf die 50-Hz-Frequenz des Stromnetzes, die *Netzfrequenz*. Sie wird von den Stromversorgern stabil gehalten und bei etwaigen Abweichungen durch ein Über- oder Unterangebot von Strom ausgeglichen. Durch diese hohe Genauigkeit eignet sich diese Frequenz als Zeitgeber für Synchronuhren, erstmals von *Henry Ellis Warren* (1872-1957) im Jahr 1918 patentiert [1]. Die (kurzfristige) Abweichung der Synchronuhr von UTC liegt in der Regel bei wenigen Sekunden.

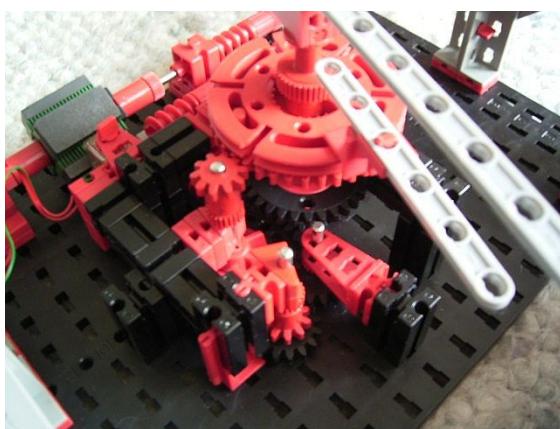


Abb. 1: Synchronuhr von Stefan Falk, 2004 [2]

Mit vier der Dauermagneten und dem Elektromagneten des fischertechnik-Baukastens Hobby 3 aus dem Jahr 1973 ließen sich bereits Synchronmotoren zum Antrieb einer

Uhr konstruieren, die eine feste, allein von der Zahl der Permanentmagneten abhängige Rotationsgeschwindigkeit einnahmen. In der Community finden sich dafür zahlreiche Modellvorschläge. Das älteste mir bekannte Modell stammt von Stefan Falk aus dem Jahr 2004 (Abb. 1): Sein Synchronmotor mit vier Dauermagneten lieferte ihm stabile 12,5 Umdrehungen pro Sekunde [2].

Seit der Verfügbarkeit der wesentlich stärkeren Neodym-Magneten lassen sich Synchronmotoren mit deutlich höherem Drehmoment konstruieren. In der Community wurden einige wunderschöne Modelle veröffentlicht, wie z. B. die Uhren von Thomas Püttmann (Abb. 2) und Helmut Schmücker (Abb. 3) [1, 3, 4].

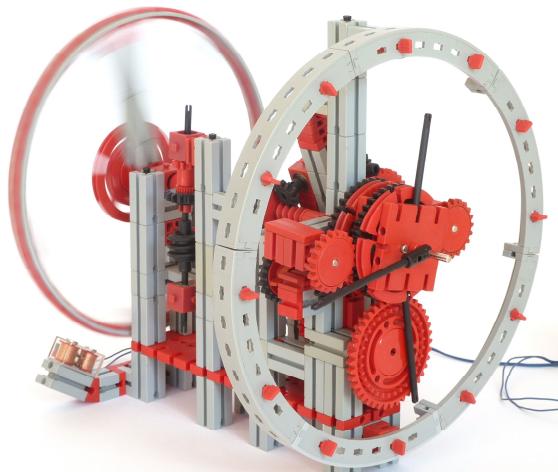
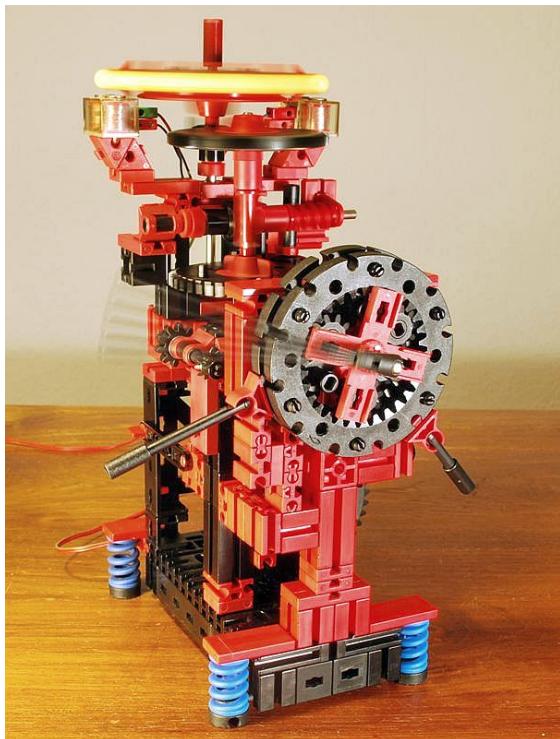


Abb. 2: Synchronuhr von Thomas Püttmann, 2011 [1, 3]



*Abb. 3: Synchronuhr von Helmut Schmücker, 2013 [4]*

Einige weitere raffinierte Konstruktionen von Synchronmotoren hat Matthias Dettmer in der ft:pedia 2/2016 [5] vorgestellt.

Eigentlich ist diesen Modellen nichts mehr hinzuzufügen. Zwei Wünsche aber trieben mich um: Ich wollte eine Uhr mit Schrittschaltwerk, die den Minutenzeiger nicht analog, sondern diskret weiterschaltet. Und ich suchte nach einem möglichst einfachen und leichtgängigen Getriebe für die analoge Zeitanzeige, die auch ein (Grund-) Schüler auf Anhieb verstehen kann.

Herausgekommen ist eine sehr kompakte, flüsterleise 50-Hz-Synchronuhr mit einem sehr einfachen und überraschend leichtgängigen Getriebe – und einem Minutenzeiger, der sich nur einmal pro Minute bewegt.

## Der Antrieb

### Der Synchronmotor

Bei der Konstruktion des Synchronmotors ließ ich mich von Helmut's Konstruktion inspirieren: Mit einem fischertechnik-Elek-

tromagneten und sechs Neodym-Stabmagneten (6 x 30 mm), die mit Reed-Kontakt-Haltern 7,5 außen auf ein Innenzahnrad Z30 gesteckt werden, erhält man einen 50-Hz-Motor mit 500 U/min. Damit die Stabmagneten im Betrieb nicht verrutschen, habe ich sie mit einem Tesaflilmstreifen beklebt. Das Innenzahnrad ist am Z30 rückseitig mit drei schwarzen I-Streben 15 und sechs schwarzen Verbindungsstopfen befestigt.



*Abb. 4: Synchronmotor mit sechs Neodym-Stabmagneten und einem E-Magneten*

Der Motor lässt sich recht zuverlässig „anwerfen“ – mit etwas Übung gelingt das sogar gleich beim ersten Mal.

### Die Untersetzung der Motorachse

Insgesamt muss die Antriebsachse des Synchronmotors 500:1 untersetzt werden, damit wir eine Geschwindigkeit von 1 U/min für das Schrittschaltwerk des Minutenzeigers erhalten. In Ermangelung von Planeten- oder Zykloidgetrieben im fischertechnik-System ist die Verwendung von Schneckengetrieben unvermeidlich. Die Reibung ist dabei nicht unerheblich, da die Schneckenwindung unter Last an den Evolventen des Zahnrads entlangschleift. Dennoch ist eine Rastschnecke den Schnecken  $m = 1,5$  vorzuziehen, da sie das Spiel der Zahnräder verringert.

Unseren Uhrenantrieb untersetzen wir dreimal hintereinander mit einer Rastschnecke auf Z10 (1000:1); anschließend übersetzen wir mit einem Z20 auf ein Z10 (1:2) und erhalten so eine Antriebswelle, die sich genau einmal pro Minute dreht.

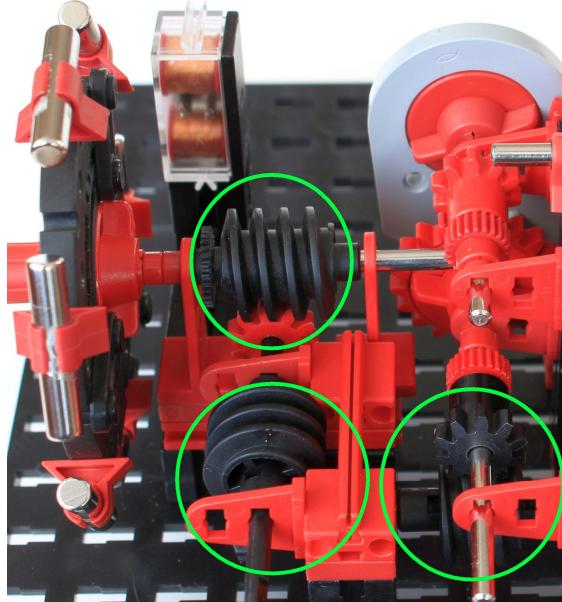


Abb. 5: Unterstellung 1000:1  
(dreimal Rastschnecke auf Z10)

### **Das Schrittschaltwerk**

fischertechnik verfügt mit der Segmentscheibe Z12 und der Drehscheibe 60 schon seit 1967 über ein Schrittschaltwerk. Dabei greift der auf der Rückseite der Segmentscheibe angebrachte Pin in eine der sechs Nuten der Drehscheibe 60 und dreht diese je Achsumdrehung um 60°.

Um ein unkontrolliertes (Weiter-)Drehen der Drehscheibe 60 zu verhindern und die nächste Nut an exakt der richtigen Stelle für den Eingriff des Pins zu halten, benötigen wir eine Sperrklinke. Die (leider nicht mehr lieferbaren) Rollenhebel der fischertechnik-Festo-Pneumatik-Kästen liefern genau den richtigen Andruck für unsere Zwecke: nicht zu viel Widerstand für die Segmentscheibe und genügend Halt für die Drehscheibe 60. Eine Alternative zum Rollenhebel ist die „Bremse“ von Thomas Püttmann aus einem Rad 14, einem Radhalter, einem BS 7,5 und einer Bauplatte 15 x 75 [5].



Abb. 6: Schrittschaltwerk für Minutenzeiger

Montieren wir die Segmentscheibe auf unsere (auf 1 U/min unterstellte) Antriebswelle, dreht sich die Welle der Drehscheibe 60 alle sechs Minuten einmal. Mit einer Unterstellung 10:1 (Rastschnecke auf Z10) erhalten wir die Welle des Minutenzeigers, den wir nun nur noch 12:1 unterstellen müssen, um uns die Stunden anzeigen zu lassen.



Abb. 7: Unterstellung 60:1 für Minutenzeiger

### **Das Uhrgetriebe**

#### **Die Achslager**

Verwendet man einen 50-Hz-Antrieb für die Uhr, ist die reibungsarme Lagerung aller Achsen entscheidend: Der Motor hat eine sehr hohe Umdrehungsgeschwindigkeit, aber nur ein geringes Drehmoment. Die Lagerung darf daher auch im Dauerbetrieb

nur wenig Energie absorbieren (und sollte auch keinen Abrieb erzeugen).

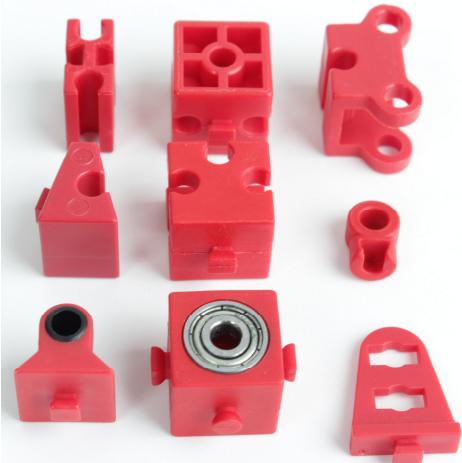


Abb. 8: Alternative Achslagerungen

Bei meinen Experimenten mit unterschiedlichen Lagerungen schieden BS15 mit Bohrung und die Nuten der Bausteine 15 und 30 schnell aus. Bessere Ergebnisse lieferten die Nuten der Winkelsteine ( $15^\circ$ ,  $30^\circ$  und  $60^\circ$ ); eine noch geringere Reibung haben Gelenkwürfel-Klauen mit Lagerhülse – und ganz vorne, sogar deutlich vor Kugellagern, liegen die Kupplungsstücke. Darin kommt die Achse jedoch mit etwas Spiel zu liegen; daher verwende ich sie nicht zur Lagerung der Motorachse.

Auch auf das Material der Achse kommt es an: Wie nicht anders zu erwarten ist die Reibung der Metallachsen in den fischertechnik-Lagern deutlich geringer als die der Kunststoff-Rastachsen.

### Die Getriebeelemente

Neben den Lagern haben die verwendeten Getriebe-Komponenten erheblichen Einfluss auf die Reibung. So musste ich feststellen, dass die Reibung der aneinander entlang gleitenden Evolventen der Zahnräder das Getriebe spürbar schwergängiger macht. Hinzu kommt, dass ein einigermaßen leicht laufendes Zahnradgetriebe so viel Spiel hat, dass eine genaue (Minuten-)Anzeige praktisch unmöglich ist.

Mit einem Kettenantrieb konnte ich hingegen sowohl eine erheblich leichtgängigere Übersetzung als auch eine genaue Zeitanzeige realisieren.



Abb. 9: Vorderseite Uhrgetriebe 12:1 (4:1)

Das Ergebnis ist eine sehr einfache 12:1-Untersetzung für die Anzeige der Stunden und Minuten: Ein Z10 auf ein Z30 (via Kette) und auf der Rückseite ein Z10 auf ein Z40 (Abb. 4, 5).

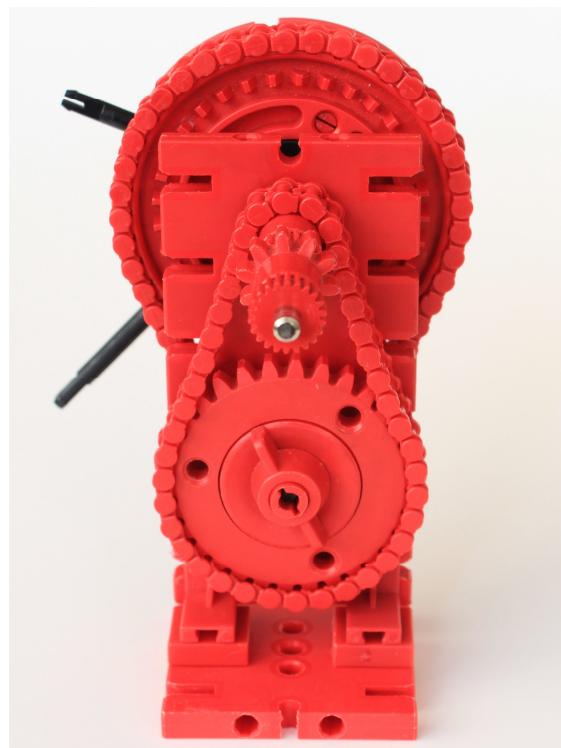


Abb. 10: Rückseite Uhrgetriebe 12:1 (3:1)

Das Z40 hat in der Mitte eine Freilaufnabe, durch die sich die Achse für den Minutenzeiger (eine Rastachse 60 mit Rastadapter) frei drehen kann. Der Stundenzeiger (eine Rastachse 45) steckt in einer Drehscheibe 60, die mit drei Rastachsen 20, je einer Riegelscheibe und einer Klemmbuchse 5 als Abstandshalter auf das Z40 aufgesteckt wird. Der Stundenzeiger sollte ein wenig schräg nach vorne zeigen, damit er bei 6 Uhr nicht am unteren Rast-Z10 hängen bleibt und das Uhrwerk blockiert.



Abb. 11: Kurbel zum Stellen der Uhr

## Stellen der Uhr

Vor Inbetriebnahme der Uhr müssen zunächst der Stunden- und Minutenzeiger exakt justiert werden: Um 12 Uhr müssen beide Zeiger übereinanderliegen und senkrecht nach oben zeigen. Dazu wird erst der Stundenzeiger eingestellt und anschließend der Rastadapter des Minutenzeigers so lange auf der Achse weitergedreht, bis er über dem Stundenzeiger zu liegen kommt.

Da die Segmentscheibe nur 10 Sekunden je Minute in die Drehscheibe 60 eingreift, kann die Uhr in den verbleibenden 50

Sekunden sogar bei laufendem Synchronmotor gestellt werden. Dazu habe ich die Achse der Drehscheibe 60 mit einer Kurbel versehen (Abb. 11): Je Kurbelumdrehung wird die Uhr um sechs Minuten verstellt.

## Nachbau

Am einfachsten gelingt der Nachbau der Uhr mit der [3D-Bauanleitung](#) im Downloadbereich der ftc. Dort findet sich auch eine [Bauteilliste](#). Die Anleitung ist in sechs Bauphasen unterteilt, die Schritt für Schritt die Konstruktion der Uhr vom Synchronmotor bis zur Anzeige nachbilden. Um die Bauanleitung nutzen zu können, genügen der kostenlose Mac-Viewer oder die Windows-Demoversion des [fischertechnik designers](#) von Michael Samek.

Mit vier fischertechnik-Kunststoff-Federn, die man unten in die Aussparungen der Bauplatte steckt, lässt sich das Geräusch des Motors von etwaigen Resonanzkörpern entkoppeln. Ergänzen kann man die Uhr schließlich noch um ein Ziffernblatt [5].

Und wer wissen will, wie viele Sekunden die Uhr gerade von der Referenzzeit UTC abweicht, der werfe einen Blick auf die [aktuelle Frequenzabweichung](#) des europäischen Verbundnetzes.

## Referenzen

- [1] Dirk Fox, Thomas Püttmann: *Technikgeschichte mit fischertechnik*. dpunkt-Verlag, 2015.
- [2] Stefan Falk: [50-Hz-Uhr](#). Bilderpool der ft-community, 23.04.2004.
- [3] Thomas Püttmann: [50-Hz-Uhr mit Stunden, Minuten und Sekundenzeiger](#). Bilderpool der ft-community, 10.09.2011.
- [4] Helmut Schmütter: [Und noch 'ne 50Hz-Uhr](#). Bilderpool der ft-community, 25.01.2013.
- [5] Thomas Püttmann: *Die Rast-O'Clock-Uhr*. ft:pedia 1/2017, in dieser Ausgabe.



Abb. 12: Seitenansicht der Synchronuhr mit Schrittschaltwerk

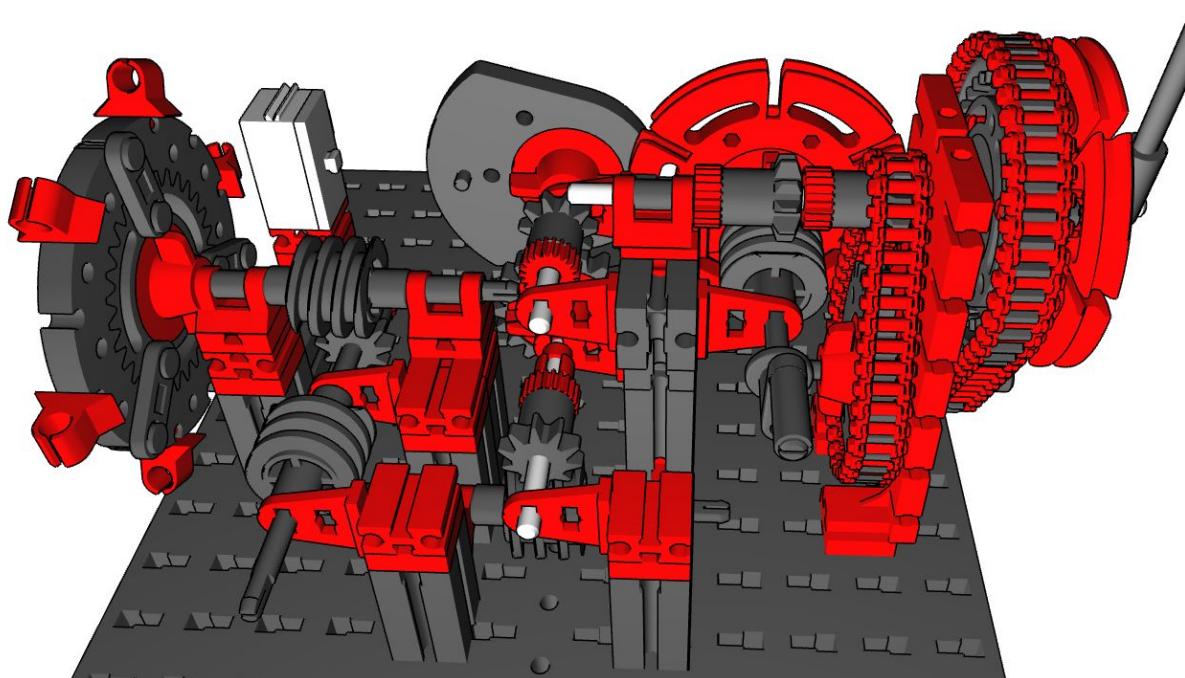


Abb. 13: 3D-Konstruktion der Synchronuhr (fischertechnik Designer)

Uhren

## Die Uhrzeit im Klartext

Ludger Mäsing, Thomas Püttmann

*Die Uhrzeit mit Wörtern anzugeben, ist für Kinder gar nicht so einfach zu erlernen. Wir stellen hier zwei mechanische Modelle vor, die dabei helfen können. Eines verwendet eine Kombination aus Schrittschaltwerk und Anzeigekette, die auch für sich interessant ist, da sie sich leicht auf ähnliche Anwendungszwecke übertragen lässt.*

Die Idee zu diesem Modell kam Ludger Mäsing durch seine ehrenamtliche Tätigkeit im OT-Heim St. Nikomedes in Steinfurt-Borghorst. In der von ihm gegründeten und betreuten fischertechnik-Bastelgruppe sind einige Kinder, die zwar schon lesen, aber nicht die Uhrzeit an einer normalen Zeigeruhr ablesen können. Also sollte eine Zeigeruhr her, die gleichzeitig die Uhrzeit im Klartext anzeigt.

Eine sehr schöne Klartextuhr hat Stefan Falk im [Bilderpool](#) der ft:community vorgestellt. Wir wollten allerdings auf elektrischen Antrieb und Elektronik ganz verzichten und ein für Kinder möglichst nachvollziehbares, rein mechanisches Funktionsprinzip verwenden.

### Das erste Modell

Beim ersten Modell fiel die Wahl auf ein Schrittschaltwerk mit Anzeigekette. Im Verlauf einer Stunde soll die Zeigeruhr in zwölf Schritten die Texte „Punkt“, „fünf nach“, „zehn nach“, „viertel nach“, „zwanzig nach“, „fünf vor halb“, „halb“, „fünf nach halb“, „zwanzig vor“, „viertel vor“, „zehn vor“ und „fünf vor“ anzeigen. Zusätzlich soll die aktuelle Stunde („1“ bis „12“) als Text angezeigt werden.

Die mechanische Aufgabenstellung ist also in beiden Fällen die gleiche: Die Stunden- und die Minutenwelle müssen in zwölf Stufen gerastet werden. Bei jedem

Übergang von einer Stufe zur anderen müssen zwölf Textfelder eine Stufe weitergeschaltet werden.

Wegen dieses gemeinsamen Funktionsprinzips stellen wir hier ein Modell mit nur einem Zeiger vor. Eine vollständige Uhr kann aus zwei dieser Einheiten durch eine Verkopplung mit einer 12:1-Übersetzung und etwas Anpassung leicht gebaut werden. Um das Ablesen einer Zeigeruhr zu erlernen, ist es ohnehin hilfreich, die verkoppelte Bewegung der beiden Zeiger zunächst einmal zu trennen und die Bedeutung der Zeigerpositionen einzeln zu verstehen.



Abb. 1: Frontalansicht

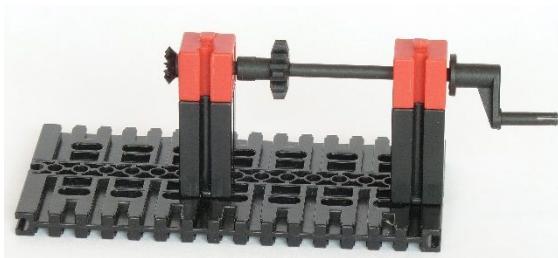


Abb. 2: Antriebswelle

Das Modell wird durch eine Kurbel angetrieben. Eine Umdrehung der Kurbel entspricht fünf Minuten. Die Drehbewegung der Antriebswelle wird 12:1 auf einen Zeiger übersetzt, so dass der Zeiger während zwölf Kurbelumdrehungen eine volle Umdrehung macht.

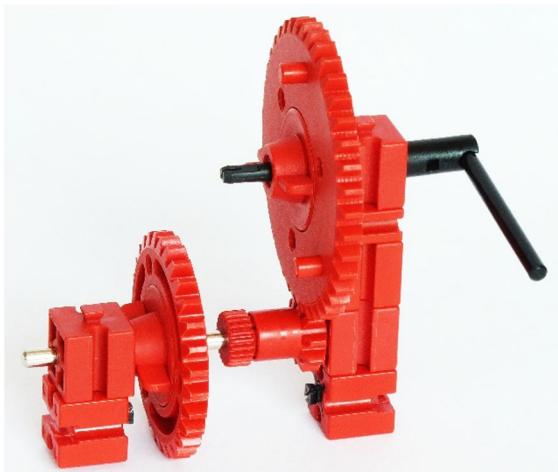


Abb. 3: Zeigerwerk

Einmal pro Umdrehung der Antriebswelle wird durch eine Schaltklinke ein Z10 einen Zahn weitergeschaltet.

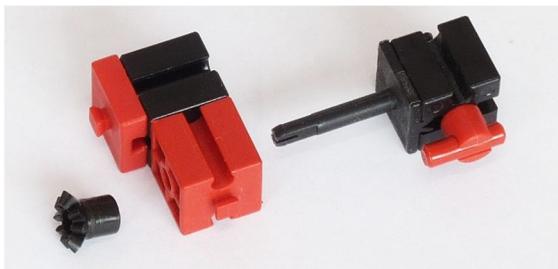


Abb. 4: Aufbau der Schaltklinke



Abb. 5: Schaltwelle

Beim Nachbau ist eine genaue Einstellung des Schaltmechanismus wichtig: Der rote Klemmstift der Schaltklinke muss das Z10 sicher und ohne zu Klemmen weiterschalten. Dazu wird der Baustein 15 gegenüber der Rastachse mit Platte ganz leicht in Richtung des Klemmstifts verschoben.

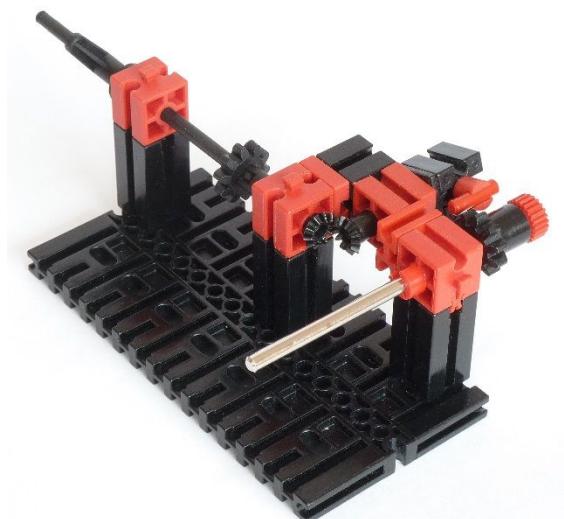


Abb. 6: Schaltmechanismus

Die Stellungen der Schaltwelle werden durch eine Blattfeder gerastet.

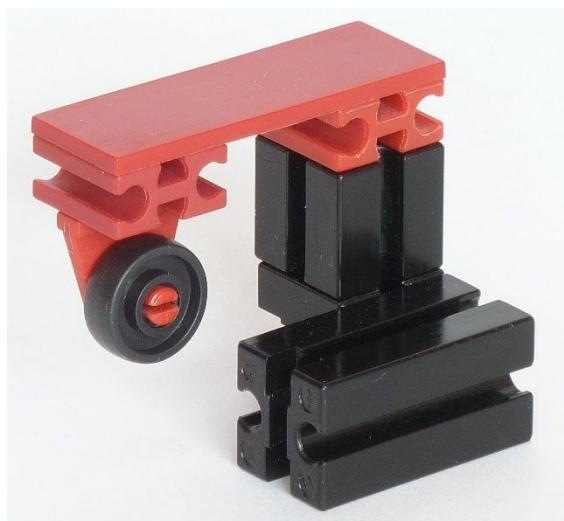


Abb. 7: Blattfeder mit Rad

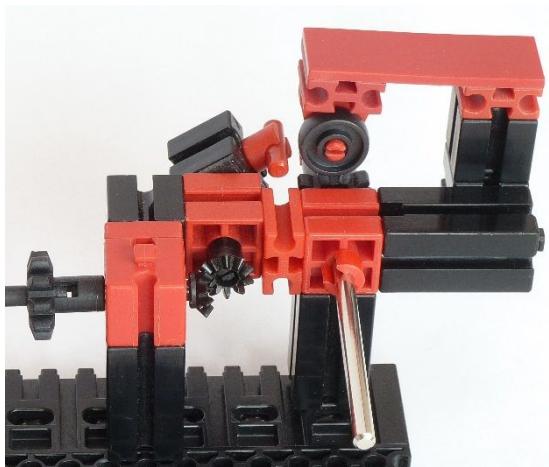


Abb. 8: Das vollständige Schrittschaltwerk

Durch die Verwendung eines Rades auf der Blattfeder muss fast nur zur Auslösung des Weiterschaltens – also zum Anheben der Feder – Energie aufgewendet werden. Das Abrollen beim Weiterschalten dagegen ist reibungsarm.

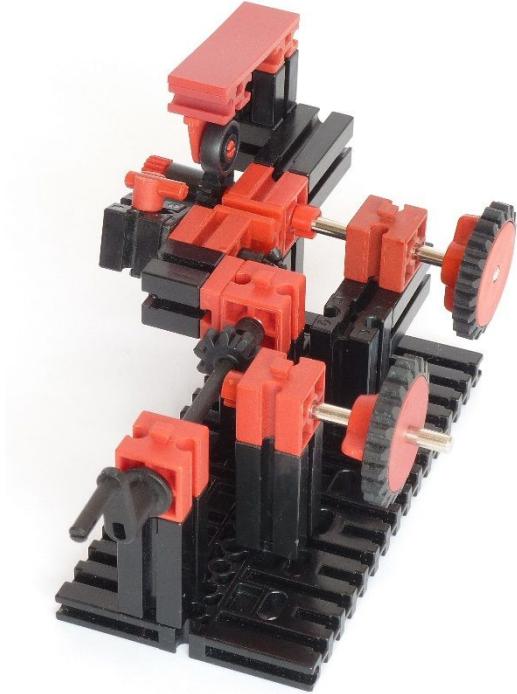


Abb. 9: Das vollständige Schrittschaltwerk

Auf der Schaltwelle sitzt ein Z20. Wegen des doppelten Radius wird es bei einer Kurbelumdrehung nicht einen Zahn wie das Z10, sondern zwei Zähne weitergeschaltet. Auf diesem Z20 läuft eine Kette mit 48 Gliedern, bei der jedes zweite Glied mit

einem Raupenbelag ausgestattet ist. Pro Kurbelumdrehung wird die Kette also um einen Raupenbelag weitergedreht, und wir können die Raupenbeläge zum Aufkleben von Texten nutzen.



Abb. 10: Die komplette Klartextuhr

Da es insgesamt 24 Raupenbeläge gibt, aber nur zwölf Texte pro Stunde, muss die Textfolge „Punkt“ bis „„fünf vor“ zweimal aufgeklebt werden. Prinzipiell käme man zwar mit nur einer Textfolge und zwölf Raupenbelägen aus, hätte dann allerdings das Problem, die durch das Z20 angetriebene Kette aus 24 Gliedern zu spannen. Unsere Verdopplungslösung hat zusätzlich den Vorteil, dass sie eine 24-Stunden-Klartext-Anzeige ermöglicht, wenn man sie an der Stundenwelle einer Uhr verwendet.

Natürlich kann man verschiedene Texte auf die Raupenbeläge aufkleben. Die vierjährigen Zwillinge von Thomas Püttmann benutzen mit großer Freude die Textfolge „:00“, „:05“, „:10“, ..., „:55“, um die Anzeige des Radioweckers mit denen der Zeigeruhren vergleichen zu können.

Eine [pdf-Datei](#) mit Texten zum Aufkleben für die unterschiedlichen Verwendungszwecke findet sich im Download-Bereich der ft:c, ein [Video der Uhr](#) bei YouTube.

## Das zweite Modell

Dieses Modell hat eine minutengenaue Klartextanzeige auf einer Walze aus vier Speichenrädern, wie man in Abb. 11 sehr gut erkennen kann. Die Walze bewegt sich in diesem Fall ohne Schrittschaltung synchron mit der Minutenwelle.

Für dieses Modell stehen eine Designer-Datei und eine pdf-Datei mit den Walzentexten zum Download zur Verfügung. Die Designer-Datei ist in 15 sinnvolle Baustufen unterteilt.

Folgendes ist zu beachten: Die Schneckenlager müssen mit passenden Kugellagern gefüllt oder durch Bausteine 15 mit Bohrung oder Winkelträger 15 mit zwei Zapfen ersetzt werden. Wo zwischen den Rastelementen scheinbar keine Verbindung besteht, muss ein (eventuell kopfloser) Federnocken eingesteckt werden. Die Breite der Walze kann auch kleiner gewählt werden. Daher liegt die Liste mit den Uhrzeittexten in drei verschiedenen Breiten vor.

Viel Freude mit den beiden Modellen!



Abb. 11: Der große Bruder mit minutengenauer Klartextanzeige.

Antriebstechnik

## Zwei Zahnräder und eine Kurbel

Rüdiger Riedel

*Was kann man damit anfangen? Richtig, das ist die gesamte Kinematik eines Motors: des Wankelmotors. Es ist der einzige Kreiskolben-Motor, der bis vor Kurzem für Serienautos hergestellt wurde: von Mazda, unter der Bezeichnung Renesis, Kurzform für: Rotary Engine Genesis [1, 2]. Wen es interessiert, der kann die mathematischen Zusammenhänge in einer sehr schönen Matura- (Abitur-) Arbeit nachlesen [3]. Auch die technischen Fragen sind in einer weiteren Matura-Arbeit dargestellt [4].*

### Der Winkel-Kreiskolbenmotor

Die Kinematik des Wankelmotors lässt sich sehr schön mit fischertechnik-Bauteilen darstellen. Kernelemente sind ein Innenzahnrad 30 und ein Z20 (Kettenrad 31779). Als Spezialteil verwende ich außerdem die Kunststoff-Kurbel 60 KR8 (38239).

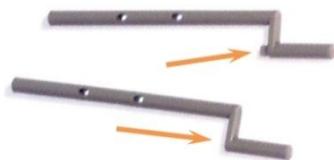


Abb. 1: Kunststoff-Kurbel 60 KR8 mit abgefeilter Nase

Es geht auch ohne die Modifikation in Abb. 1, aber mir war das zu wackelig. Ohne die Nase liegt die Kurbel sauber auf dem Z20 auf. Prinzipiell kann auch die Kunststoff-Kurbel 40 KR11 verwendet werden; mit 40 mm Länge ist sie aber etwas kurz.

Das Z20 wird fest mit dem – im nächsten Abschnitt vorgestellten – Gehäuse verbunden. Der Läufer oder Rotor sitzt auf dem Innenzahnrad und dieses wird durch die Kurbel um das kleine Zahnrad herum geschwenkt (Abb. 2).

Die tatsächlich gebauten Motoren haben allerdings keine Kurbel, sondern einen Exzenter auf der Abtriebswelle.

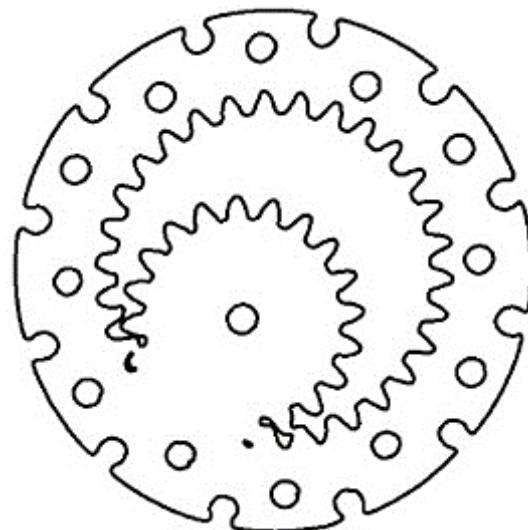


Abb. 2: Ineinandergreifen der Zahnräder

Die Abmessungen von Gehäuse (*Epitrochoide*) und Läufer ergeben sich zwangsläufig aus den Maßen der beiden Zahnräder, wie man in [3] nachlesen kann.

Für das Anschauungsmodell wird das Z20 in den Reedkontakt-Halter 35969 kraftschlüssig eingespannt und dieser zur Hälfte in einen BS30 eingedrückt, zusammen mit einem Verbinder 15 und einer Gelenkwürfel-Klaue mit Lagerhülse (Abb. 3).

Dies ergibt bei mir eine bessere Lagerung als die Verwendung eines BS15 mit Bohrung.



Abb. 3: Kettenrad, Reedkontakte-Halter und Einbau von unten

## Das Gerüst

Der Wankelmotor wird durch einen Kartonaufdruck veranschaulicht (siehe Abb. 5). Der Aufbau des Gerüstes hierzu ist aus Abb. 4 ersichtlich.

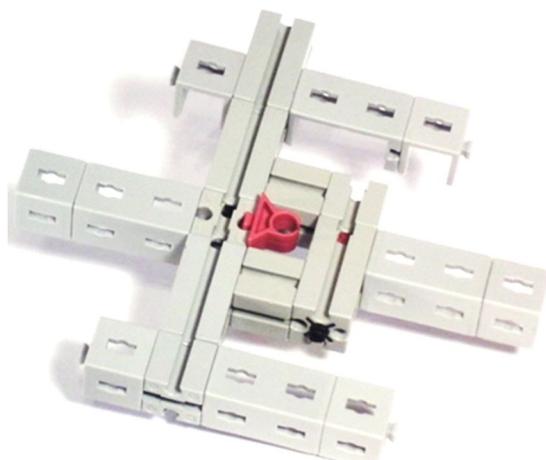


Abb. 4: Gerüst mit Reedkontakte-Halter

Abb. 5 wird 1:1 (bitte Maßstab beachten) auf Papier oder dünnem Karton ausgedruckt und ausgeschnitten. Mindestens die Löcher oben und unten sollten zur Befestigung ausgestanzt oder -geschnitten werden; auch der innere Kreis wird ausgeschnitten. Durch die Löcher können Verbindungsstopfen gesteckt und damit das Gehäuse auf dem Gerüst fixiert werden. In die Mitte kommt das Z20, die Kurbel wird hindurch gesteckt.

## Der Läufer

Der Läufer aus Abb. 6 wird auch auf Papier oder dünnem Karton ausgedruckt und ausgeschnitten; die drei Löcher ausgestanzt. Die Befestigung auf dem Innenzahnrad 30

erfolgt mit zwei Achsen 30 oder V-Achsen 17 (die Seil-Klemmstifte sind etwas zu dick). Über oder unter die Schablone kommt zur Führung des Läufers eine S-Strebe 60 L (Abb. 7).

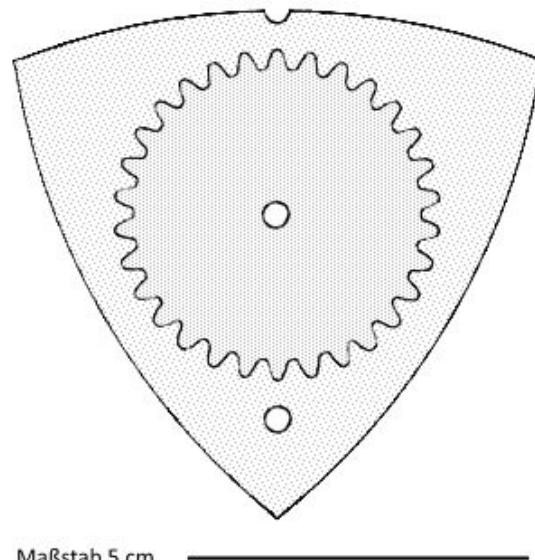


Abb. 6: Der Läufer

Nach Aufsetzen des Läufers auf die Kurbel (Abb. 8) ist das Anschauungsmodell fertig.

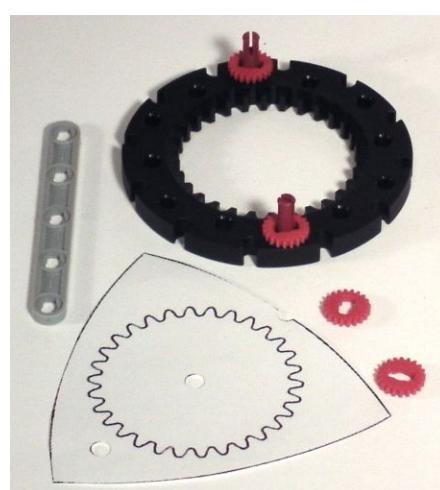
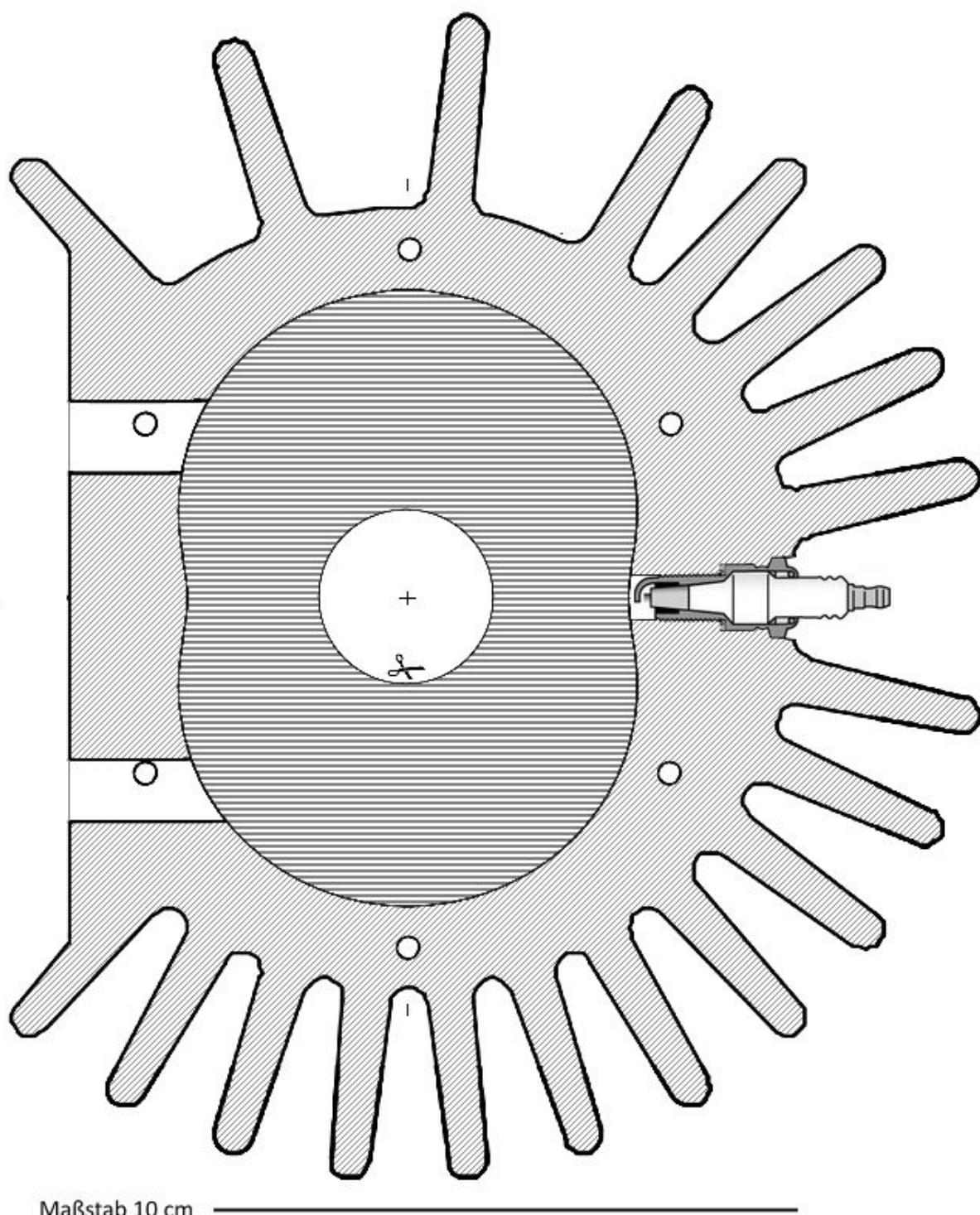


Abb. 7: Zusammenbau des Läufers

Wichtig für die Funktionsdarstellung ist die Ausrichtung von Kurbel und Läufer. Wenn die Kurbelstrebe im Verhältnis zur „Gehäuse-8“ oben steht, muss eine Spitze des Läufers ebenfalls nach oben zeigen.

Falls erforderlich muss das Z20 etwas verdreht werden.



Maßstab 10 cm

Abb. 5: Gehäuse aus Papier oder dünnem Karton (der Umriss stammt aus [9])

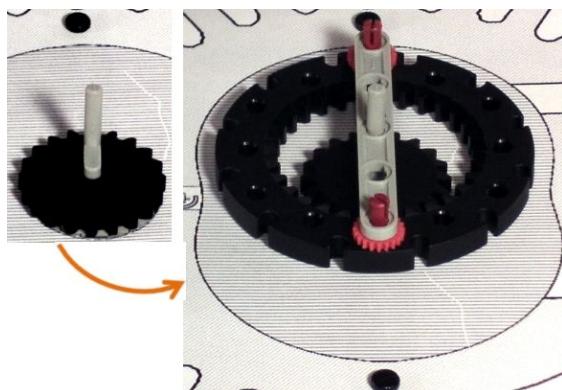


Abb. 8: Ausrichten des Läufers

Durch Drehen an der Kurbelachse können nun die vier Takte des Motors nachvollzogen werden: Ansaugen, Verdichten, Zünden/Arbeitstakt und Ausstoßen.

Das Besondere am Wankelmotor besteht darin, dass bei einer Läuferumdrehung drei Takte gleichzeitig vollzogen werden. Welche der angedeuteten Öffnungen im Gehäuse dem Ansaugen und welche dem Ausstoßen dient, hängt von der Drehrichtung ab. Eine Läuferumdrehung entspricht drei Umdrehungen der Kurbelachse.

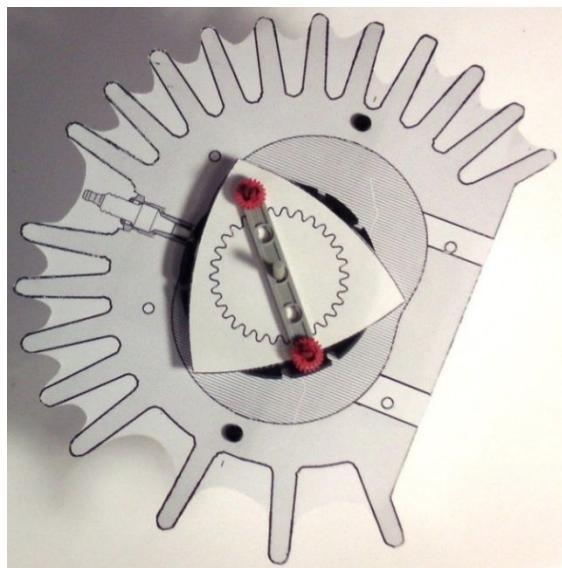


Abb. 9: Der Wankelmotor mit Kühlrippen

Die Darstellung des Läufers und des Gehäuses (der *Epitrochoide*) aus Karton ist natürlich unbefriedigend – der Nachbau nur mit fischertechnik-Bauteilen ist die eigentliche Herausforderung.

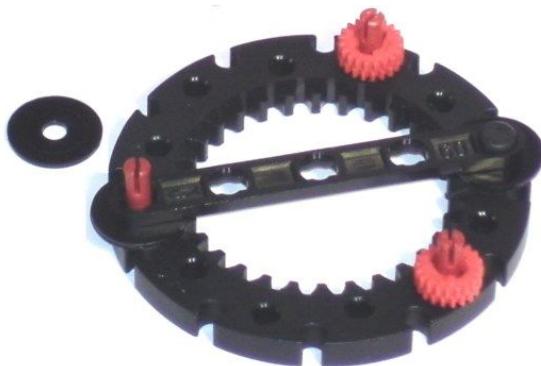
Beginnen wir mit dem Läufer. Am Anfang stand die einfache Lösung oben links in Abb. 10. Nach etlichen Versuchen habe ich mich für die unten stehende Variante entschieden. Sie ist ca. 4 mm kleiner als die Vorlage.

Die Lagerung des Läufers mit einem Baustein 15 mit Bohrung habe ich wieder aufgegeben; ich habe keinen „runden“ Lauf der Zahnräder erzielen können. Exakt die Mitte des Innenzahnrades trifft man mit einer Strebe 60.



Abb. 10: Evolution des Läufers

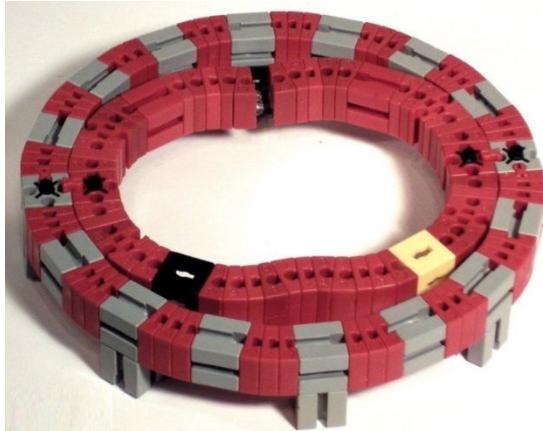
Das Innenzahnrad erhält in der zweiten Lochreihe drei V-Achsen 17 (alternativ Achsen 30, am besten aus Kunststoff), zwei davon erhalten je 2 Riegelscheiben, die dritte eine Scheibe (105195), ebenso das gegenüber liegende Loch. Auf die Scheiben kommt eine Strebe 60, auf ihrer linken Seite (Abb. 11) kommt eine zweite Scheibe, rechts ein S-Verbindungsstopfen 6. Der Läufer wird mit drei seiner BS7,5 über die V-Achsen geschoben.



*Abb. 11: Zahnrad des Läufers*

Die Epitrochoide des Gehäuses lässt sich gut mit Winkelsteinen  $15^\circ$ , BS 5 und BS 7,5 nachbilden (Abb. 12). Nicht verzichten möchte ich auf eine Öffnung für die Zündkerze und die Darstellung der Einlassöffnung für das Benzin-Luft-Gemisch und der Auslassöffnung für die Abgase. Dafür verwende ich Winkelträger 15 (gelb und schwarz).

Komplettiert wird das Gehäuse durch den äußereren Ring aus Winkelsteinen  $7,5^\circ$  und BS15. Die Verbindung zur Epitrochoide erfolgt an deren äußeren Enden mit Verbindungsstücken.

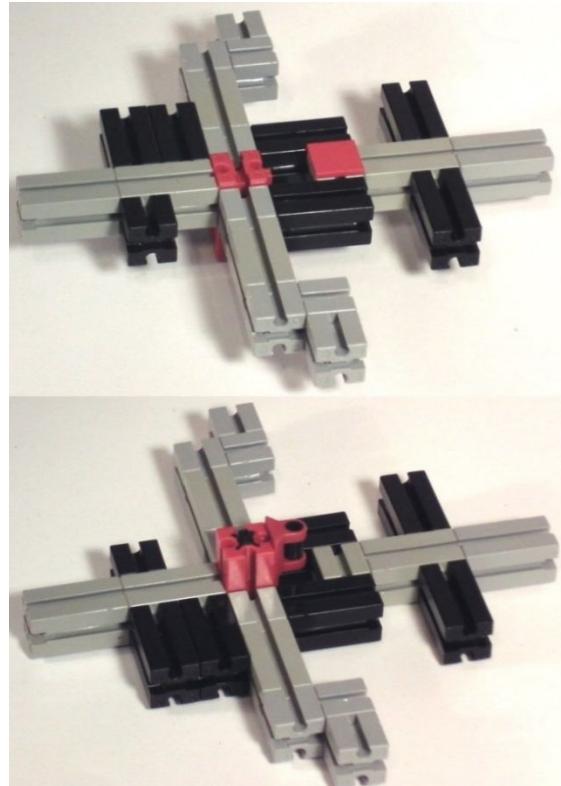


*Abb. 12: Gehäuse mit Epitrochoide*

Die Wände der Epitrochoide müssen gegenüber dem Boden etwas angehoben werden, weil das Innenzahnrad 30 einen zu großen Außendurchmesser hat und im Bereich der Taille unter die Wände tauchen können muss.

## Die Mechanik unter dem Gehäuseboden

Der Gehäuseboden wird durch Bauplatten gebildet. Was sich darunter befindet sieht man auf Abb. 13 bis 15.



*Abb. 13: Motorgerüst, Ober- und Unterseite*

Kernstück ist der rote BS30, er schaut eine Bauplattenstärke oben heraus. In ihn wird der Reedkontakt-Halter (entsprechend Abb. 3) eingedrückt.

In Abb. 14 wurde eine Bauplatte 3x1 unten für die Bauphase entfernt. Eingebaut sind von oben nach unten zwei Bauplatten 3,75 zur Aufnahme des Batteriekastens, zwei BS5 und darüber zwei BS7,5 (nur der linke ist zu sehen) zur Aufnahme der Achse des Z10 und die drei Schalscheiben (jeweils doppelt) zur Betätigung der darunter aufgestellten Taster (der ganz links fehlt im Bild). Rechts darunter die beiden Bausteine 5 zur Aufnahme von zwei BS7,5, die den XS-Motor tragen.

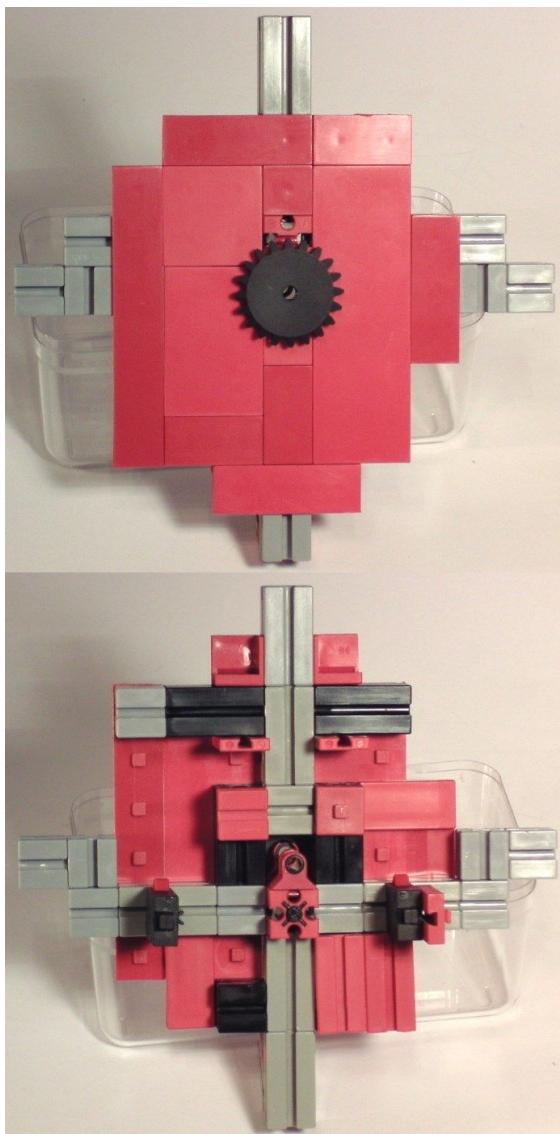


Abb. 14: Bauplattenverteilung oben, darunter die ersten Einbauten

Die drei LEDs in Abb. 15 sind nur provisorisch angeschlossen; sie werden am äußeren Gehäusering (Abb. 12) befestigt. Von unten nach oben betätigen die Taster die Darstellung von der Zündung, dem Ausstoß und der Ansaugung.

Um dem Motor ein gesamtes Gehäuse zu geben, habe ich einen zweiten Gehäusering gebaut wie in Abb. 12. Darauf vier BS30 plus vier BS15, dann kommt der innere Aufbau von Abb. 15 und ganz oben die Epitrochoide aus Abb. 12 mit dem äußeren Ring. Das Ausrichten und Einsetzen des Läufers erfolgt entsprechend Abb. 8. Bitte

beachten, dass der Läufer wegen des großen Durchmessers des Innenzahnrades nur bei Ausrichtung der Kurbelstrebe parallel zur großen Achse der Epitrochoide eingesetzt und herausgenommen werden kann.

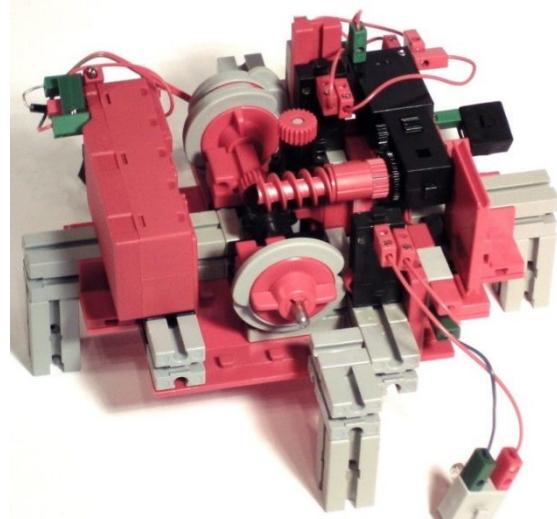


Abb. 15: Der innere Aufbau (die senkrechten BS30 wurden nur für das Foto angebracht)

In Abb. 16 ist der komplette Motor mit der äußeren Verkleidung zu sehen. Eingeschaltet wird er mit dem Schalter des Batteriekastens. Damit die Drehrichtung immer gleich bleibt und nicht versehentlich umgekehrt werden kann, habe ich eine Diode eingebaut.

Die Stromaufnahme ist recht gering: vom Motor selbst etwa 25 mA und zusätzlich die geschalteten LEDs.

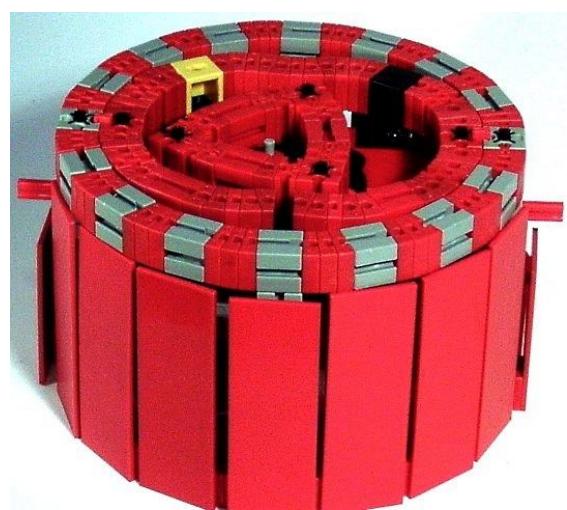


Abb. 16: Der vollständige Motor

**Und nun kommt die schlechte Nachricht:** Das, was wir bis hier gesehen haben, ist gar nicht der von Felix Wankel erfundene Motor! Es ist vielmehr die Fortentwicklung (als Weiterentwicklung möchte ich es nicht bezeichnen) der Firma NSU (Vorläufer der AUDI AG) und deren Entwickler Dipl.-Ing. Paschke zum Kreiskolbenmotor.

Sowohl der dreieckige Teil als auch die Epitrochoide führten beim Drehkolbenmotor reine Drehbewegungen aus, keinerlei Schwenkbewegungen. Dabei diente das bisher als Kolben fungierende Dreieck (jetzt der Innenläufer) nur als Absperrogramm zur Steuerung des Gaswechsels. Das Leistung abgebende Teil war der Außenläufer. Der Innenläufer enthielt drei mitrotierende Zündkerzen. Das Gasgemisch musste dem Außenläufer während der Rotation zugeführt und die Abgase abgeführt werden.

Die Bestandteile Läufer, jetzt Innenläufer nach Abb. 10, und Epitrochoide mit Gehäuse, jetzt Außenläufer, bleiben beim Nachbau im Wesentlichen gleich. Dagegen ist das Getriebe anders aufgebaut.

Die beiden Drehachsen sind parallel und genau 7,5 mm auseinander angeordnet. Die Drehzahlen Innenläufer zu Außenläufer verhalten sich wie 2:3.

Es ergibt sich eine Aufgabenstellung ähnlich wie beim Planetarium [10]: Drehbare Lagerung eines Z40 ohne Nabe sowie Durchführung einer anderen Achse, allerdings hier nicht konzentrisch, sondern mit einer Exzentrizität von genau 7,5 mm (siehe Abb. 19).

Das Motorgehäuse wird auf einem Kreis aus Statik-Flachträgern und Bogenstücken 60 aufgebaut. Fünf S-Streben 75 L treffen sich in der Mitte in einer 6-armigen Sternlasche. Diese wird von einem S-Riegelstein 15x15 mittig unterstützt. Die sechste Strebe muss entfallen um das Motorgetriebe nicht zu stören.

Am S-Riegelstein sind zwei Winkelträger 60 befestigt, jeweils verlängert um einen Winkelträger 30.

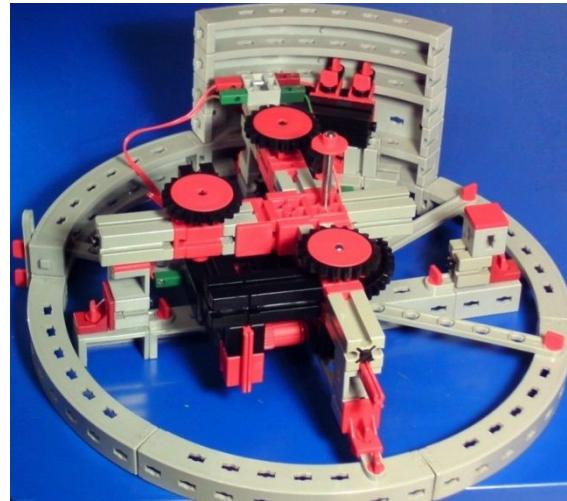


Abb. 17: Das Gerüst, im Hintergrund der Einschalter, hier mit Taster, Impuls-Zahnrad 4 und einer Kurbel außen

Das Gerüst des Getriebes ist in Abb. 18 zu sehen. An den schwarzen Bausteinen wird ein XS-Motor mit Getriebe befestigt, der über eine Schnecke das Z10 antreibt.

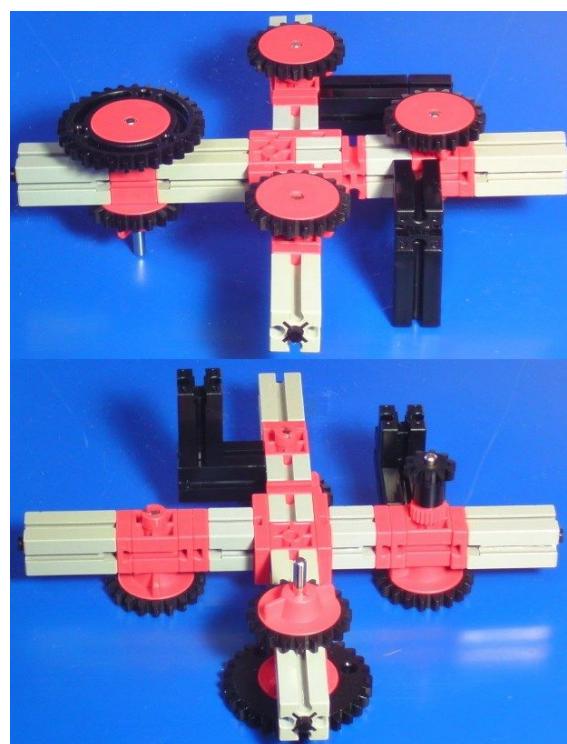


Abb. 18: Gebriebebegerüst, Ober- und Unterseite

An der Unterseite greift das Z20 in ein Z40, welches auf seiner Achse den Innenläufer trägt. Ausreichenden Halt bekommt die Achse durch eine „Hülse + Scheibe 15“. Das Zusammenspiel der Zahnräder zeigt Abb. 19.

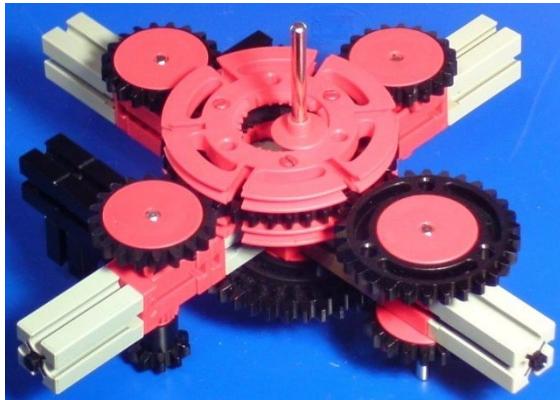


Abb. 19: Zusammenspiel der Zahnräder

Der Innenläufer ist der gleiche wie in Abb. 10, unten, bekommt jetzt aber ein Rollenlager 15 zur Lagerung. Die Drehung ist damit zwar nicht ganz symmetrisch (ca. 1 mm versetzt), das hat aber hier keine mechanischen Auswirkungen; der Abstand zum Außenläufer ist groß genug.

Der Innenläufer wird auf die Achse gesetzt und ruht auf der Hülse 35981. Gegen Verdrehen wird er gesichert durch eine Riegelscheibe und einen S-Mitnehmer (31712).



Abb. 20: Sicherung des Innenläufers gegen Verdrehen

Der Außenläufer entspricht der Epitrochoide von Abb. 11, hat hier aber keine Öffnung. Die Verbindung mit dem äußeren Ring erfolgt mit zwei V-Stein-Verbindern 15 30 (107355).

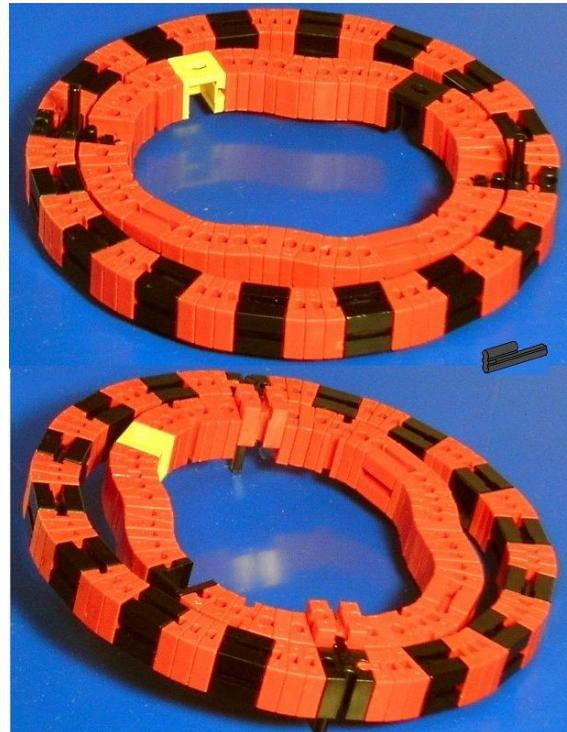


Abb. 21: Außenläufer von oben und von unten; in der Mitte der V-Stein-Verbinder 15 30

Die BS15 in den Kurvenscheitelpunkten sind um 5 mm nach unten verschoben zur Aufnahme der beiden Kunststoffachsen, die die Verbindung mit der Drehscheibe 60 herstellen. Die Befestigung des Außenläufers auf der oberen Drehscheibe 60 zeigt Bild 22.



Abb. 22: Außenläufer mit Befestigung

Der Motor erhält ein Gehäuse aus insgesamt sechs Statikringen. Die Kurbel betätigt über ein Rast-Impulszahnrad Z4 einen Taster zum Ein- und Ausschalten.

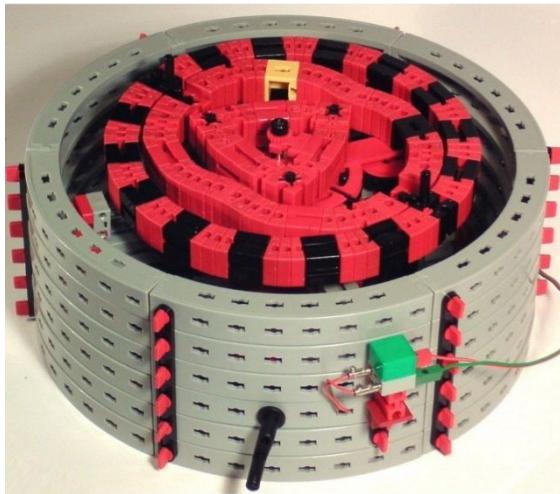


Abb. 23: Der Drehkolbenmotor

Die Stecker zur Stromversorgung haben keine Griffteile, dadurch lassen sie sich zur Demontage ins Gehäuseinnere schieben.

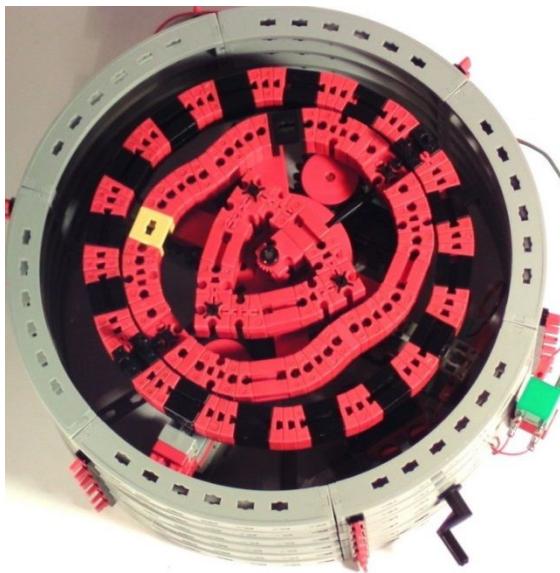


Abb. 24: Ansicht des Drehkolbenmotors von oben, die Drehrichtung ist im Uhrzeigersinn

Zu guter Letzt bleibt die Frage: Kann ein Drehkolbenmotor überhaupt funktionieren? Mein Versuchsmode (Abb. 25) arbeitet elektrisch und hat eine „aufgelöste“ Mechanik: Die beiden Drehkolben stehen nebeneinander, verbunden über ein 2:3 Getriebe. Die beiden Z10 dienen zur Vergrößerung des Abstandes.

Etwas unwillig zwar, aber mit genügend „Saft“ dreht er sich tatsächlich!



Abb. 25: Versuchsmode eines Drehkolbenmotors, oben die Kolben im Stillstand, unten der Motor im Betrieb

## Quellen

- [1] Kurt Heintz: [Der-Wankelmotor.de](http://Der-Wankelmotor.de).
- [2] Mazda: [Opening a New Frontier with the Rotary Engine](http://Opening a New Frontier with the Rotary Engine).
- [3] Simon Schmidlin: [Mathematische Beschreibung des Wankelmotors](http://Mathematische Beschreibung des Wankelmotors). Maturaarbeit, Kantonsschule Sargans, 2004.
- [4] Desirée Kobler: [Der Wankelmotor im Vergleich mit dem Hubkolbenmotor](http://Der Wankelmotor im Vergleich mit dem Hubkolbenmotor). Maturaarbeit, Kantonsschule Heerbrugg, 2004.
- [5] Heinrich Schmidhuber: [Berechnungen am Wankelmotor](http://Berechnungen am Wankelmotor). HTL Saalfelden, 2005.
- [6] Wikipedia: [Wankelmotor](http://Wankelmotor).

- [7] Felix Wankel: *Einteilung der Rotations-Kolbenmaschinen*. Faksimile, 2011.
- [8] Kurz Möser, Dankwart Eiermann: *Einteilung der Rotations-Kolbenmaschinen*. Kommentarband, 2011.
- [9] Tarmo Kratz, Gernot Wackwitz: [Entwicklung, Konstruktion, Fertigung und Erprobung des Prototypen eines Wankelmotors für den Einsatz im Flugmodellbau](#). Diplomarbeit, Beuth-Hochschule für Technik Berlin, 1998.
- [10] Thomas Püttmann: *Planetarium*. [ft:pedia 4/2011](#), S. 39-51.
- [11] Thilo Bleumer: [Wankelmotor](#). Bilderpool der ftcommunity, 2012.

Modell

## Mammutpumpe

Andreas Gail

*Mit der Vorstellung der sogenannten Mammutpumpe (auch Druckluftheberpumpe genannt) wird eine weitere Möglichkeit gezeigt, eine Pumpe mit fischertechnik aufzubauen.*

### Das Grundprinzip

Nachfolgend wird ein Pumpentyp beschrieben, der sich leicht mit fischertechnik aufbauen lässt. Im Gegensatz zu der früher gezeigten Schlauchquetschpumpe [1] handelt es sich bei der Mammutpumpe nicht um einen Zwangsförderer. Den prinzipiellen Aufbau zeigt Abb. 1:

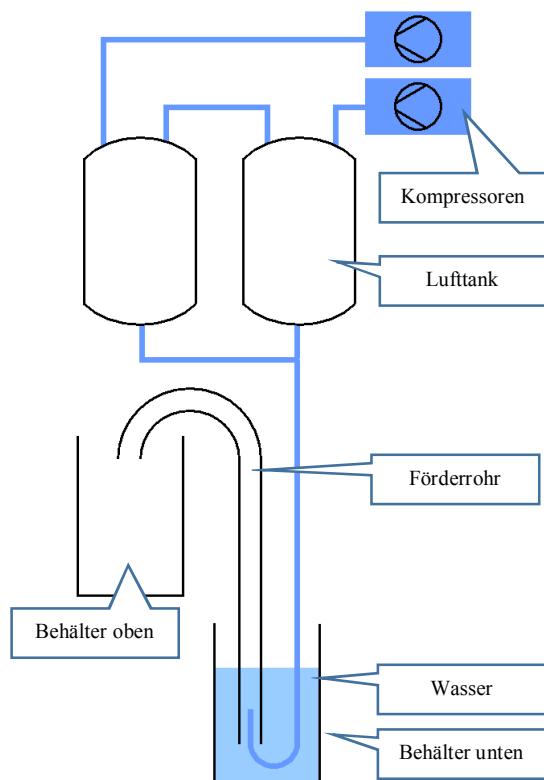


Abb. 1: Grundprinzip der Mammutpumpe

Mit den Kompressoren wird zunächst Druckluft erzeugt. Durch zwei Lufttanks hindurch gelangt diese Druckluft unterhalb der Wasseroberfläche in das Förderrohr.

Dort tritt die Druckluft in Form von Luftsäulen aus. Die dabei entstehende Blasensäule steigt im Förderrohr auf und reißt Flüssigkeitsanteile mit, die schließlich in den oberen Behälter laufen.

Beim Aufbau sind zum Schutz der Kompressoren vor Wassereintritt drei Schutzaufnahmen getroffen worden: Erstens sind die Kompressoren höher angeordnet als der höchste Punkt der Flüssigkeitshandhabung. Zweitens haben die beiden Lufttanks eine Art Speicherfunktion, um eventuell in den Luftschauch eindringendes Wasser aufzunehmen, bevor dieses in die Pumpen gelangen kann. Drittens kann aufsteigendes Wasser im Luftschauch visuell erkannt werden, weil hierzu ein ausreichend durchsichtiger weißer Silikonschlauch verwendet wird.

### Modellaufbau

In Abb. 5 wird der Gesamtaufbau des Modells gezeigt. Der prinzipielle Aufbau entspricht der Darstellung in Abb. 1. Statt der verwendeten chemielabotypischen Bechergläser können natürlich auch alte Marmeladengläser o. ä. verwendet werden. Eine gewisse Besonderheit des Modells ist das Förderrohr. Hierzu wurde ein PVC-Schlauch aus dem Baumarkt mit 12 mm Außendurchmesser verwendet. Er ist recht widerspenstig, deshalb bedarf es einigen konstruktiven Aufwands, um ihn in der gewünschten Form zu halten. Abb. 2 bis 4 zeigen den Aufbau. Dabei wird der

Schlauch unter Verwendung von Kabelbindern in die gewünschte Position gebracht. Insbesondere in Abb. 3 wird gezeigt, wie der Aufbau mechanisch stabilisiert wird, um die Gegenkraft des Schlauches aufzunehmen. Abb. 4 zeigt die Stelle, an der die Druckluft in das Förderrohr eingespeist wird.

## Quellen

- [1] Gail, Andreas: *Schlauchquetschpumpe*. ft:pedia 1/2016, S. 40-41.
- [2] Wikipedia: [\*Mammutpumpe\*](#).
- [3] Gail, Andreas: *fischertechnik: Mammutpumpe*. [YouTube-Video](#), 2017.

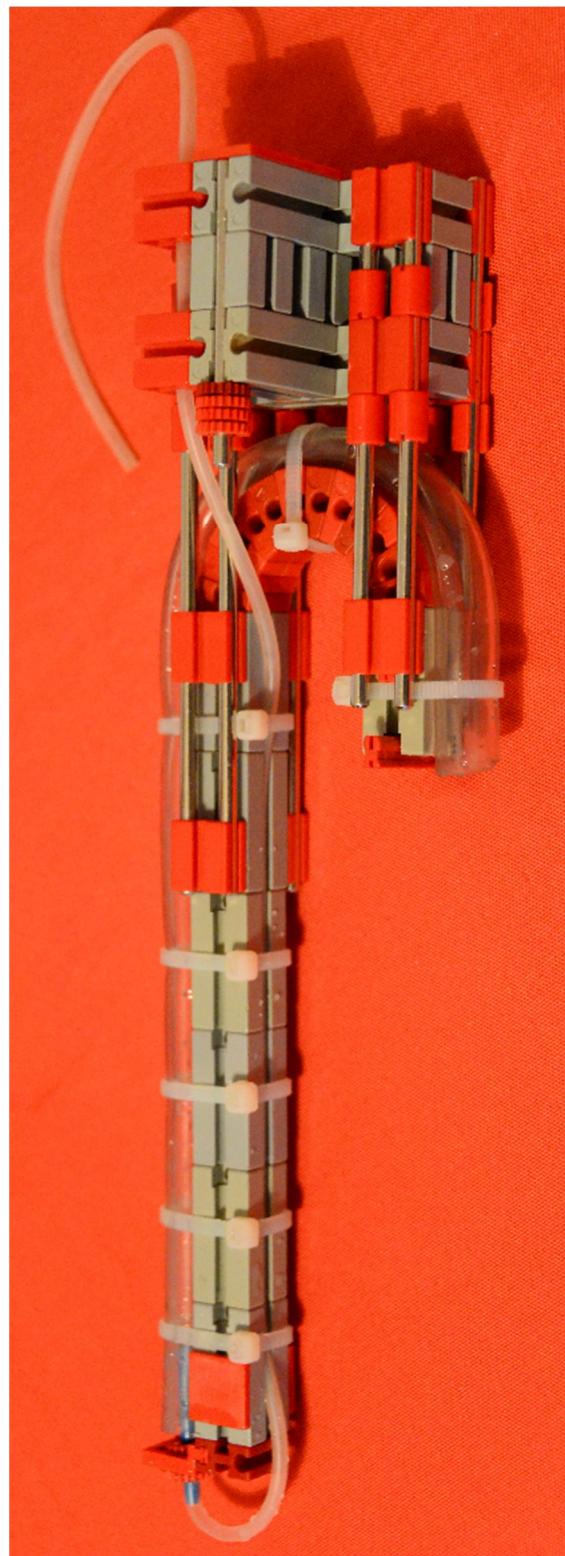


Abb. 2: Zwangsführung des Förderrohrs

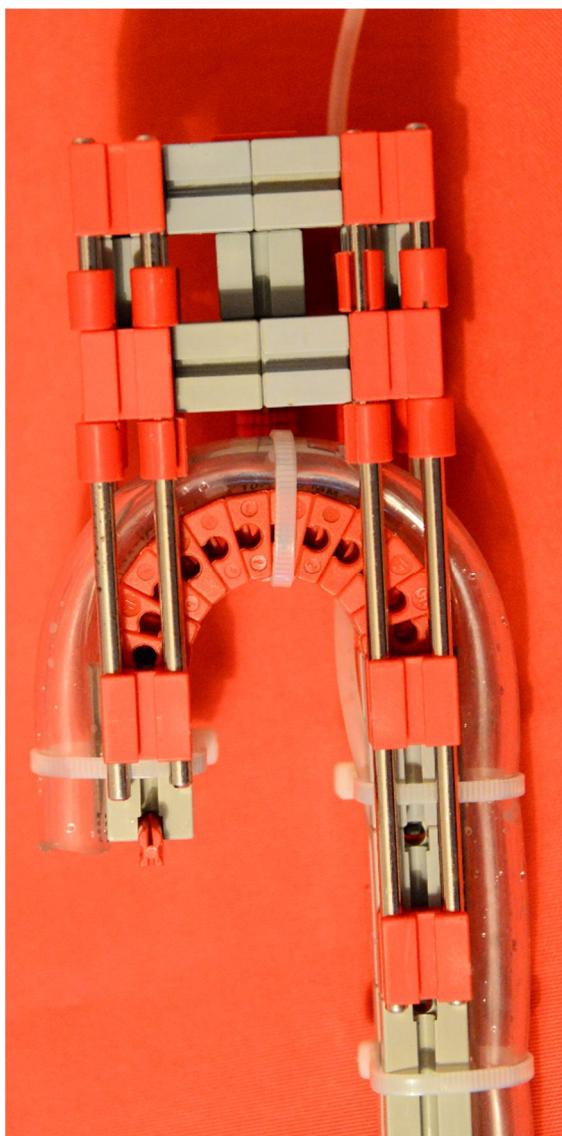


Abb. 3: Zwangsführung des Förderrohrs,  
Rundhalterung im Detail

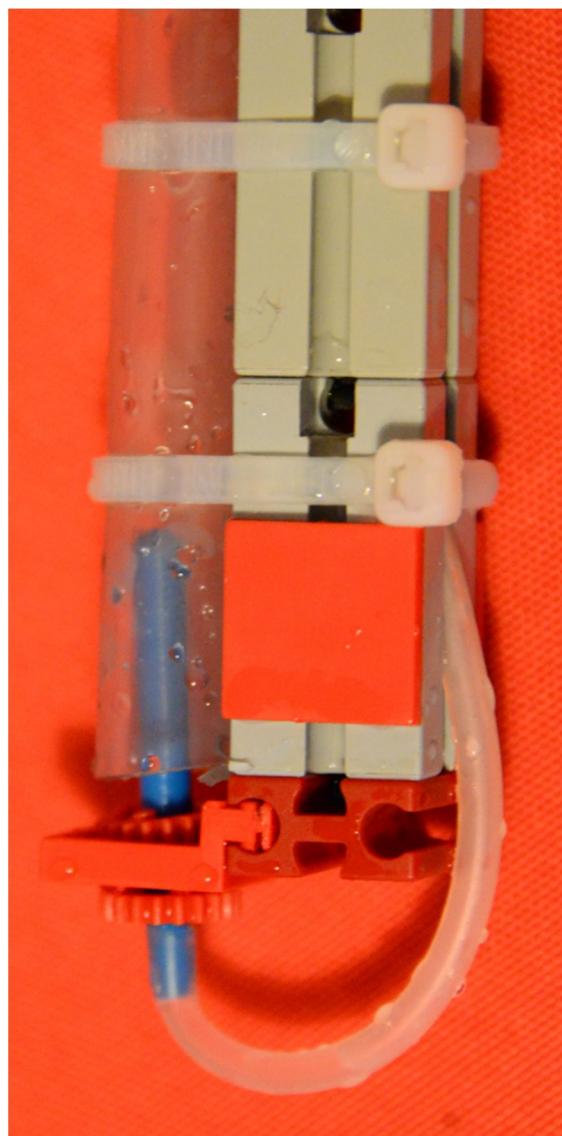


Abb. 4: Lufteinspeisestelle ins Förderrohr

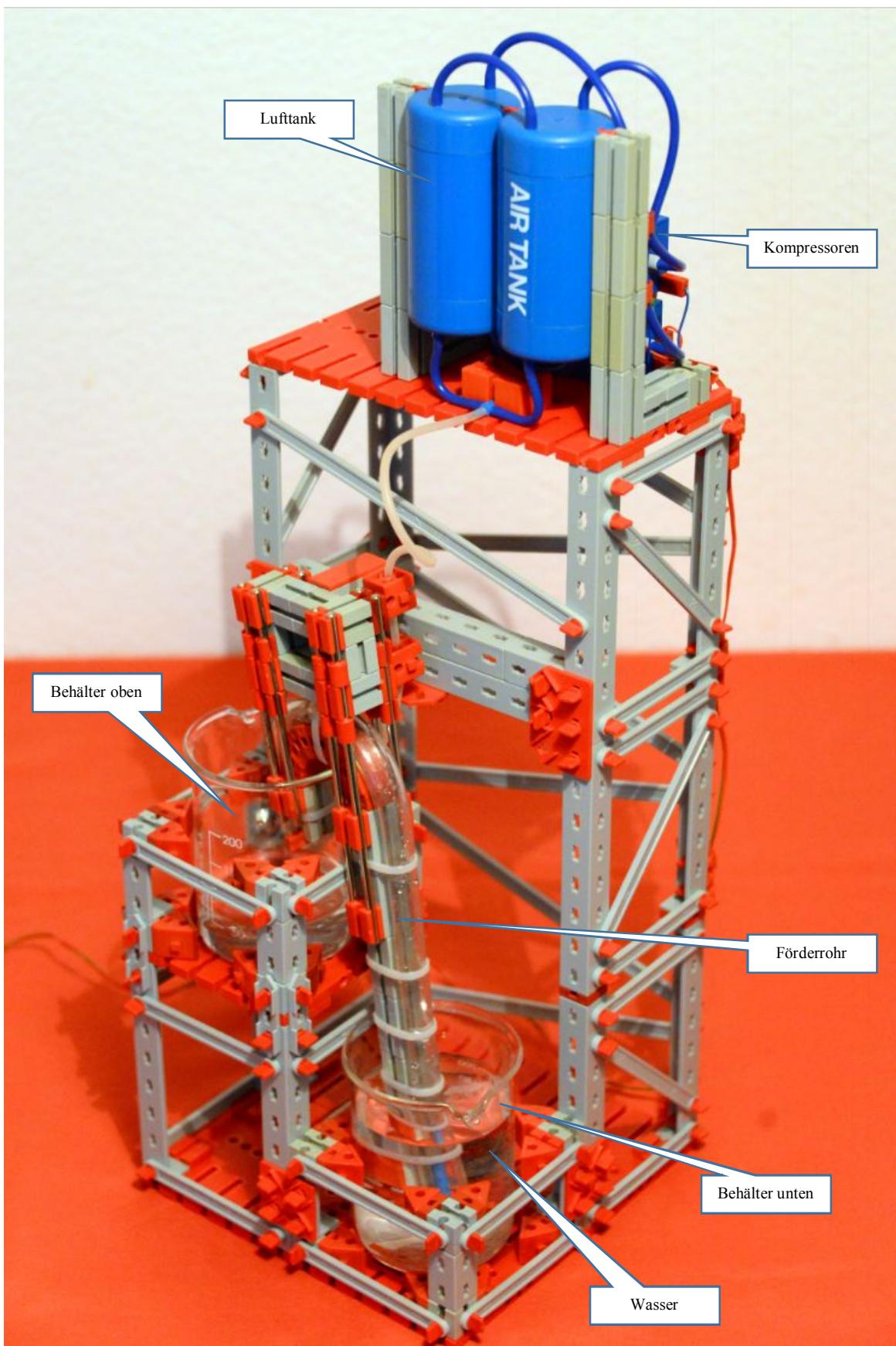


Abb. 5: Modellaufbau der Mammutpumpe

## Tipps &amp; Tricks

## Neue ft-Teile selbst gemacht – 3D-Druck (5): Qualitätsverbesserung des ft-Druckers

Dirk Wölffel

Seit Sommer 2016 ist der fischertechnik-3D-Drucker verfügbar. Ein innovatives Produkt, mit dem fischertechnik den Markt überrascht hat. Mit einem Straßenpreis von unter 500 € zielt der Drucker vor allem auf Schulen und die technische Weiterbildung ab. In Betrieb und Aufbau ist das Modell anspruchsvoll. Dank des Baukastensystems fischertechnik lässt sich die Qualität des Drucks mit ein paar kleinen Tricks noch deutlich steigern.

### Die Ansteuerung

Seit Erscheinen des fischertechnik-3D-Druckers konnte ich einige Erfahrung mit dem Druck zahlreicher Objekte sammeln. Zu Beginn war ich mit der Qualität der Druckerzeugnisse gelegentlich unzufrieden – und habe daher mit verschiedenen mechanischen Modifikationen des Druckers experimentiert.

Um möglichst autark zu sein steuere ich den 3D-Drucker mit einem Windows 8.1 Tablet von Trekstor (Abb. 1).

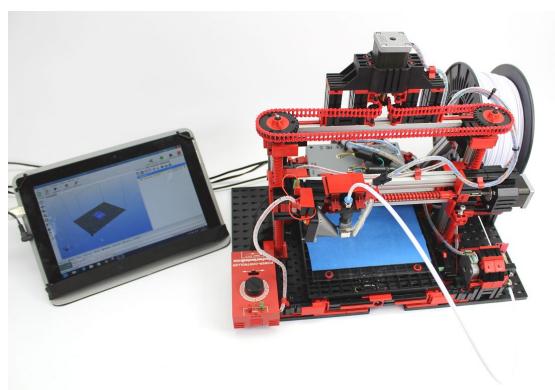


Abb. 1: Der 3-D Drucker mit Tablet

### Die Lagerung der Achsen

Nach Bauanleitung werden die X-, Y- und Z-Achse jeweils mit *Bausteinen 15 mit Bohrung* gelagert. Um die Reibung zu verringern habe ich diese durch acht

Schneckenmuttern  $m = 1,5$  (37925) ersetzt, die ich jeweils mit einem Kugellager für die 4-mm-Achsen (12x4 mm) versehen habe. Dazu wird das Kugellager mit Hilfe eines kleinen Schraubstocks und Alu-Schutzbäcken in die Schneckenmutter eingepresst.



Abb. 2: Schneckenmutter (37925) mit Kugellager

### Die Abtriebshülse

Im Dauerbetrieb hat sich bei mir nach gewisser Zeit die *Abtriebshülse* (160549) für den Schrittmotor als Schwachstelle herausgestellt, da diese sehr hohe Kräfte übertragen muss. Daher habe ich nach geeigneten Wellenadapters für Achsdurchmesser von 4 mm auf 5 mm gesucht. Abb. 3 zeigt einige Beispiele für solche Wellenadapter.



Abb. 3: Verschiedene Wellenadapter

Die Stabilität (und Langlebigkeit) dieser Metalladapter liegt natürlich deutlich über der der fischertechnik-Kunststoff-Hülse.

## Der Endschalter

Auch der Endschalter der Z-Achse stellt im Betrieb einen Schwachpunkt dar, da er sich ständig verstellt. Abhilfe habe ich mit einer Linsenschraube M4 x 30 mm mit zwei gekonterten Muttern geschaffen. Damit ist er außerdem genauer einzustellen (Abb. 4).

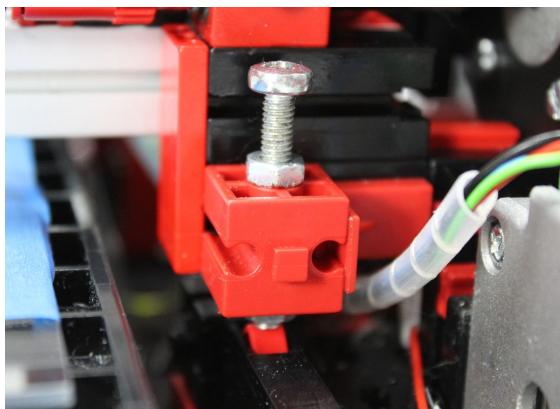


Abb. 4: Der Endschalter

## Die Kühlung

Die Kühlung des Filaments ist ein wichtiges Thema beim 3D-Druck. Der fischertechnik 3D-Drucker wird ohne Kühlkomponente geliefert; das verursacht häufig bei kleineren zu druckenden Bauteilen Probleme.

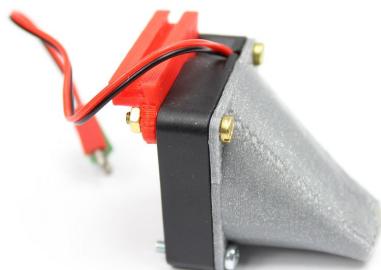


Abb. 5: Kühler für den 3-D Druck

Daher habe ich einen 12 V-Lüfter (40 x 40) beschafft, die \*.stl Druckdateien für den [Kühler und den Halter](#) von Thomas Dragon bei [thingiverse.com](http://thingiverse.com) heruntergeladen und mit dem fischertechnik-Drucker ausgedruckt (Abb. 5).

Angesteuert wird der Lüfter über das regelbare fischertechnik Power Set (505283, Abb. 6). Dabei ist zu beachten, dass die erste Schicht nicht gekühlt werden darf, da das Filament sonst nicht haftet.

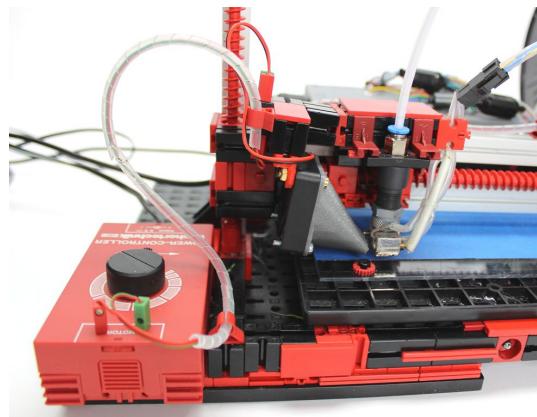


Abb. 6: Regelbarer Lüfter

Eine alternative automatische Lüftersteuerung findet sich im Beitrag von Matthias Dettmer [1].

## Das Druckbett

Für die Haftung des Filaments verwende ich das [Blue Tape](#) von 3M (Abb. 7). Ich habe gute Erfahrungen damit gemacht: Man kann es mehrmals benutzen und das Filament lässt sich leichter lösen.

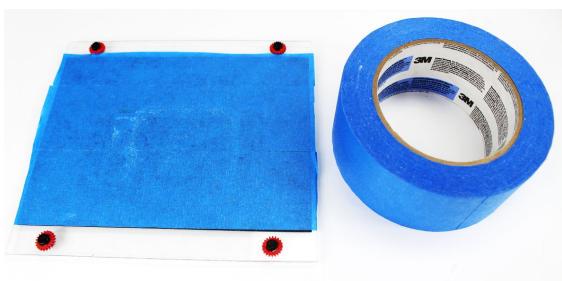


Abb. 7: Blue Tape von 3M

## Die Filament-Zuführung

Bei der Filament-Zuführung des fischertechnik-Druckers tritt manchmal das Problem auf, dass das PLA sich verheddert, da es sehr instabil aufgehängt ist. Daher habe ich die Filament-Zuführung komplett geändert, indem ich die Filament-Rolle auf vier [Spurkränze mit Gummi](#) (35765) gesetzt habe (Abb. 8).

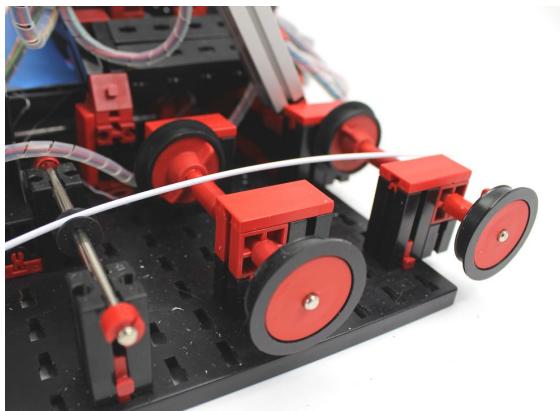


Abb. 8: Detail der Filament-Zuführung

Dadurch kann ich die Filament-Rolle schnell wechseln, der Draht wird sauber zugeführt und ich habe eine Bauplatte 500 eingespart (Abb. 9).

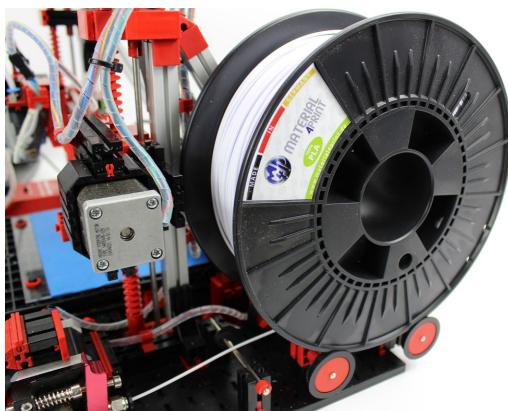


Abb. 9: Zuführung mit Rolle

## Der Controller

Abweichend von der Originalkonstruktion habe ich die 3D-Steuerung Platz sparend direkt hinter dem Druckbett platziert (Abb. 10).

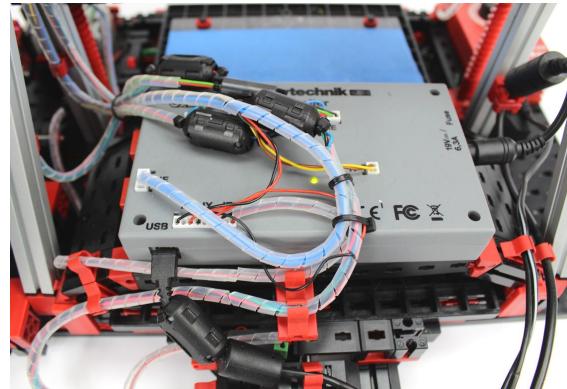


Abb. 10: 3-D Steuerung

## Die Kabelführung

Für die Kabelführung habe ich [Spiralband](#) von Reichelt verwendet. Damit lassen sich die Kabel besser in den Reedkontakt-Halter befestigen; außerdem rutschen sie bei Bewegung nicht aus der Führung (Abb. 11).



Abb. 11: Spiralband

## Die Skalierung ändern

Beim Drucken von Bauteilen fällt auf, dass die Z-Achse oftmals Schritte verliert. Das kann man verbessern, indem man die Auflösung der Z-Achse mit einem Zahnrad Z30 erhöht (Abb. 12). Dazu muss man auch die Kette etwas verlängern.



Abb. 12: Umbau Z-Achse

Unten habe ich die Zahnräder aufgeführt, welche für den Umbau benötigt werden. Ich habe Bauteile von Andreas Tacke (TST)

verwendet [2], da diese sich besser fixieren lassen und nicht auf den Achsen durchrutschen (Abb. 13).



Abb. 13: Zahnräder Z-Achse

Dazu sind weitere Anpassungen in der Firmware von *3D Print Control* nötig. Das geht am einfachsten über das Menü „Konfiguration – Firmware EEPROM Konfiguration“ (Abb. 14).

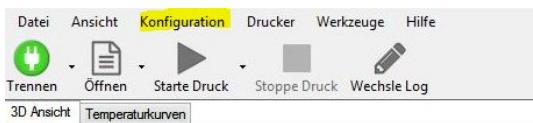


Abb. 14: Konfiguration ändern

Folgende Parameter werden geändert und mit „Ok“ bestätigt:

- **Z-axis Steps per mm** (Abb. 15)

Wert von 1358.1190 auf 2037.1784 ändern (siehe den [Hinweis von Michael Sögtrop](#) im Forum):

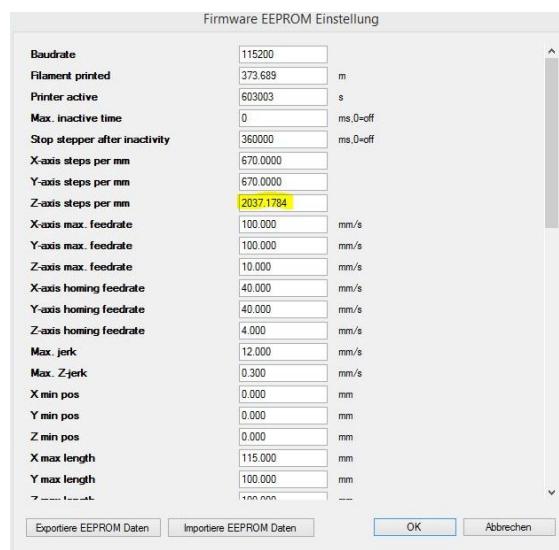


Abb. 15: Z-Achse, Steps per mm

- **Extr.1 Z-offset** (Abb. 16)

Wert von 0 auf 204 ändern.

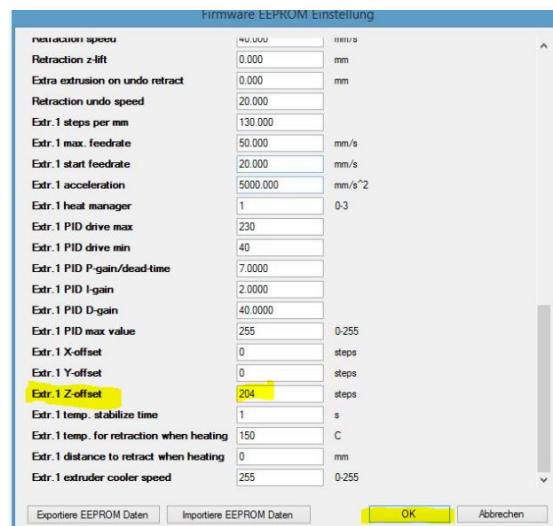


Abb. 16: Offset Z-Achse

## Ergebnisse

Um euch zu zeigen, wie sich die Qualität verbessert hat, habe ich ein paar ausgewählte 3D-Objekte vor und nach den Modifikationen des Druckers fotografiert (Abb. 17).



Abb. 17: Druckqualität vor (oben) und nach den vorgestellten Modifikationen

Wie man sieht, sind die mit der Originalversion des Druckers erzeugten 3D-Objekte nicht scharfkantig. Beim *V-Stein 15x15x15* (35297, Mitte) war der Druck z. B. zu heiß. Bei der *Kappe* (31850, rechts im Bild) fehlen Schritte oberhalb des Schirms, dadurch ist sie stufig.

Abb. 18 zeigt verschiedene Bauteile aus dem [fischertechnik designer](#) von Michael Samek. Diese könnt ihr euch mit der Demo herunterladen. Ihr findet die \*.stl-Druckdateien mit der zugehörigen fischertechnik-Artikelnummer im „hires“-Ordner.

Aus dem 3D-Drucker könnt ihr also mit kleinen Modifikationen hinsichtlich Druckqualität und Maßhaltigkeit deutlich mehr herausholen.

## Referenzen

- [1] Matthias Dettmer: *Neue ft-Teile selbst gemacht – 3D-Druck (6): Ein Lüfter für den fischertechnik-Drucker*. ft:pedia 1/2017, in dieser Ausgabe.
- [2] Andreas Tacke: *ft-Spezialteile made by TST (Teil 11)*. [ft:pedia 2/2015](#), S. 24-25.



Abb. 18: fischertechnik-Teile, gedruckt aus den STL-Dateien des fischertechnik designers

Tipps & Tricks

## Neue ft-Teile selbst gemacht – 3D-Druck (6): Ein Lüfter für den fischertechnik-Drucker

Matthias Dettmer

Im Sommer des vergangenen Jahres hat Fischertechnik seinen viel beachteten 3D-Drucker herausgebracht. Schon kurz danach konnte man unter YouTube erste Erfahrungsberichte lesen, und einer der jedes Mal genannten Kritikpunkte ist der fehlende Lüfter für die Kühlung am „Druckgut“. Der Beitrag stellt vor, wie sich dieser Mangel beheben lässt...

Nun ist es ja gerade einer der Vorteile von fischertechnik, dass man Modelle leicht erweitern kann – so lässt sich auch bei fischertechnik-3D-Drucker ein Lüfter nachrüsten. Ein kleiner, leiser PC-Lüfter mit 12 V Betriebsspannung (11 dBA, 5 m<sup>3</sup>/h, 2.800 U/min, 40 x 40 x 10 mm) ist etwa bei Conrad schon für 6 € zu haben ([872056-62](#)).

Das Mechanische ist noch leicht: Conrad liefert den Lüfter mit vier Schrauben, die haargenau durch die 4-mm-Löcher der I-Streben passen. Die Abstände der Löcher passen nicht hundertprozentig, eine flexible Adaption ist aber schnell hergestellt (siehe Abb. 1).



Abb. 1: Einbau des Lüfters in den 3D-Drucker

Als Ersatz für den hier vorgesehenen Schutz gegen Verbrennungen am „Hot End“ dient eine gelbe Bauplatte 30 x 45. Zugegeben, die Lösung könnte etwas eleganter aussehen, aber zunächst kam es mir nur auf

eine funktionierende Lösung an. Eine Alternative ist die Verwendung des [Halters von Thomas Dragon](#) (siehe auch [a]).

Die Unterkante des Lüfters muss immer noch ein Stückchen höher liegen als das untere Ende des Hot End, und der Luftstrom sollte nicht gegen irgendeinen Teil der tragenden Struktur, sondern am besten direkt auf das Druckgut pusten.

Etwas schwieriger wird es mit der Adaptierung an eine Spannungsversorgung. Es erschien mir ungünstig, „nur“ für den Lüfter ein separates Netzteil beizufügen. Aus echter Neugierde – und im Bewusstsein, dass damit nominell die Garantie verloren geht – habe ich die Kabelverbindungen gelöst und das graue Elektronik-Kästchen der Steuerung des fischertechnik-Druckers aufgeschraubt.

Für eventuelle Nachahmer vorab ein kleiner Tipp: Im Endausbau des Druckers kommt ein ganzer „Kabelbaum“ an der Box an. Nehmt Euch die Zeit und beschriften die Stecker mit ihrer Funktion. Da die Stecker für die Endtaster (dreipolig, zwei Kabel) und die für die Schrittmotoren (vierpolig, vier Kabel) schon auf die Funktion hinweisen, reichen ein „X“, ein „Y“, ein „Z“ oder ein „E“ (Abb. 2).

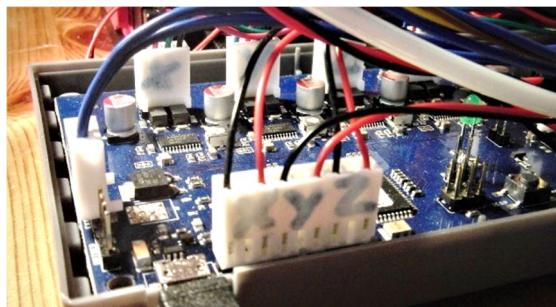


Abb. 2: Beschriftung der Stecker

Zu meiner großen Freude bietet die von fischertechnik zugekauften Elektronik zwei Pins „+“ und „-“ für den Anschluss eines Lüfters (neudeutsch „Fan“) an (Abb. 3).

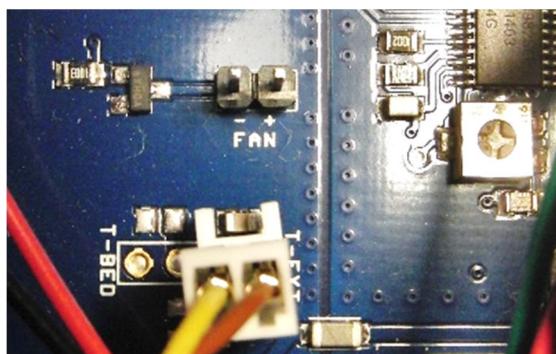


Abb. 3: Pins für den Anschluss eines Lüfters

Im Bild ist auch noch ein nicht mit Pins bestückter Messeingang für eine Heizbett-Temperatur („T-BED“) zu sehen. Deswegen liegt nahe, dass zumindest die Platine die Leistungselektronik für ein Heizbett mit anbietet, oder zumindest die Leiterbahnen dafür trägt. Schließlich wäre es wenig sinnvoll, mit der Ansteuerelektronik etwas zu messen, was man dann nicht regeln könnte.

Ebenso sind auf der Platine – diesmal wieder bestückt – vier Pins vorhanden, die vermutlich den Anschluss eines weiteren Hot Ends erlauben.

Für Arduino- oder RasPi-Fans gibt es bei Conrad, Reichelt und anderen Lieferanten [Steckbrücken](#), die sonst eher für die Kontaktierung dieser Einplatinencomputer mit Experimentierplatten, sogenannten „Breadboards“ gedacht sind. Mit solchen Steckbrücken habe ich den Lüfter mit dem „Fan“-Ausgang verbunden. Dabei habe ich die

dritte Leitung vom Lüfter, die für die Rückmeldung der Drehzahl verantwortlich ist, einfach offen gelassen.

Ein kurzes Ausprobieren im manuellen Betrieb zeigt einen (meistens ausgeschalteten) kleinen Lüfter. Also: einschalten und mit dem Schieberegler langsam höher gehen. Bei etwa 40% läuft der Lüfter los, und bei 100% ist der Luftzug deutlich zu spüren.

Das erste Experiment hat gleich einen positiven Nebeneffekt. Im Log-Protokoll des Druckerprogrammes konnte ich sehen, dass der Befehl zur Ansteuerung des Lüfters einfach „M106 Sxxx“ heißt – dabei steht „xxx“ für einen Zahlenwert von 0 bis 255. „0“ bedeutet Motor aus, „255“ entspricht der Maximaldrehzahl. So einfach ist das!

Wie aber schalte ich den Lüfter beim Drucken ein? Das brauche ich gar nicht! Im Slicer-Programm gibt es einen Parameter, der festlegt, ab der wievielen Schicht der Lüfter eingeschaltet werden soll. Und tatsächlich: Wer in der GCode-Datei nach M106 sucht, wird schnell fündig. Bei allen Schichten (bis auf die erste) wird der Lüftermotor auch jetzt schon mit M106 S255 aktiviert.

Überhaupt ist es für das Verständnis des gesamten Druckprogrammes überaus interessant, einmal die entsprechende GCode-Datei „auseinander zu nehmen“. Klar, das geht theoretisch auch mit anderen 3D-Druckern – aber es ist schon toll, wenn man einen direkten Bezug zu dem Teil hat, was man da druckt. Und mal Hand aufs Herz: Wer kennt die fischertechnik-Maße nicht auswendig: 15 mm, 30 mm, und Achsen brauchen ein Loch von 4 mm.

Als erstes Druckbeispiel habe ich den Baustein 15 „mit ohne Zapfen“ („with groove“) ausgewählt. Den gesamten GCode wiederzugeben würde den Rahmen dieses Beitrags sprengen, daher hier nur der Anfang (Lüfter einschalten) und das Ende mit kurzen Kommentaren (blaue Ergänzungen von mir).

```
; generated by Slic3r 1.2.9 on 2016-07-06 at 10:51:46

; external perimeters extrusion width = 0.50mm
; perimeters extrusion width = 0.50mm
; infill extrusion width = 0.60mm
; solid infill extrusion width = 0.50mm
; top infill extrusion width = 0.50mm

M107
M104 S200 ; set temperature
G28 ; home all axes
M109 S200 ; wait for temperature to be reached
G21 ; set units to millimeters
G90 ; use absolute coordinates
M82 ; use absolute distances for extrusion
G92 E0
G1 E-8.00000 F9000.00000
G92 E0
G1 Z0.200 F2220.000 ; Erstes Level: HotEnd um 0.2 mm anheben
G1 X37.864 Y19.538 F2220.000
G1 E8.00000 F9000.00000
G1 X38.985 Y17.976 E8.08016 F864.000
G1 X40.639 Y16.996 E8.16032
G1 X42.140 Y16.749 E8.22372 ; es folgen etwa 20 Zeilen
...
G1 X38.583 Y21.420 E18.63417
G1 X38.958 Y19.871 E18.70063
G1 F1776
G1 X39.965 Y18.655 E11.10063
G1 E10.70063 F9000.00000
G92 E0 ; ... hier ist das Test-Quadrat gedruckt
G1 X55.726 Y35.006 F2220.000 ; und es geht uebergangslos weiter mit
G1 E8.00000 F9000.00000 ; dem eigentlichen Bauteil
G1 X53.304 Y35.006 E8.10096 F691.200
G1 X53.304 Y32.007 E8.22598 ; es folgen ~200 Befehle (erste Ebene)
...
G1 X45.641 Y23.446 E8.40359
M106 S255 ; Hier wird Luettermotor eingeschaltet
M104 S195 ; set temperature
G1 F1776 ; es folgen sieben Befehle ...
...
G1 Z0.400 F2220.000 ; .. und es geht um weitere 0,2 mm
G1 X53.054 Y31.569 F2220.000 ; auf 0,4 mm hoch.
G1 E8.00000 F9000.00000
G1 X53.787 Y32.002 E8.02913 F600.000 ; ab hier wird Stueck fuer Stueck gedruckt
... ; (ein paar tausend Zeilen lang)
G1 X52.158 Y30.183 E11.59495 F600.000 ; letzte erkennbare Bewegung
G92 E0
M107
G28 X0 ; home X axis
G1 Y100 ; Y axis 100mm
M104 S0 ; turn off extruder
M84 ; disable motors
; filament used = 882.9mm (2.1cm3)
; avoid_crossing_perimeters = 0
; bed_shape = 0x0,115x0,115x100,0x100
; es folgen 125 Parameter als Kommentare
```

Listing 1: GCode-Datei für einen Baustein 15

Obwohl der Lüfter also hardwareseitig nicht vorgesehen ist: Softwareseitig ist er bereits „automatisch“ vorhanden.

Bleibt noch die Frage: merkt man das überhaupt, ob ein Lüfter da ist oder nicht? Die Antwort: fast nicht.



*Abb. 4: Druckergebnis mit Lüfter*

Was man an den Fotos gut erkennen kann: Jede einzelne Schicht ist sichtbar, fünf Schichten je Millimeter Höhe, 75 Schichten insgesamt. Mit Lüfter (links) erscheinen die Kanten etwas präziser, und es gibt keine Artefakte, wie sie im rechten Bild (ohne Lüfter) gut zu erkennen sind. Die leicht gelbliche Einfärbung röhrt von dem von mir als Druckunterlage verwendeten Kreppband her. Auf den Fotos stehen die beiden Bausteine also auf dem Kopf.

Eigentlich vorhersehbar, aber auch eine leichte Enttäuschung: Die Nuten sind eher zu eng als zu weit. Gerade dieses interessante Bauteil ist also in „echten Modellen“ nur bedingt einsetzbar. Sicher kann hier durch ein wenig Nacharbeit, etwa durch Aufbohren mit einem 4 mm-Bohrer, nachgeholfen werden.

Den Unterschied kann man untersuchen, wenn man einmal mit und einmal ohne den Lüfter druckt. Die Ergebnisse sind in den folgenden Abbildungen nebeneinander gestellt: links (Abb. 4) mit und rechts (Abb. 5) ohne Lüfter.



*Abb. 5: Druckergebnis ohne Lüfter*

Zur Probe habe ich Verbinder und Winkelbausteine angebaut. Die ließen sich nur schwer oder gar nicht in die Nuten schieben – beim linken Bauteil (mit Lüfter) allerdings etwas leichter als beim rechten.

Die Textur ist bei Reiben mit dem Finger an der Oberfläche bei beiden Exemplaren deutlich spürbar, vielleicht ist das mit Lüfter produzierte Teil etwas glatter. Zuerst dachte ich: Naja, Schade, ist halt ein „Einfachst-Drucker“. Dann fielen mir von einem Kollegen ausgedruckte Steckergehäuse in die Hand, und die Textur war trotz des dafür verwendeten, 3.000 € teuren professionellen 3D-Druckers kaum besser. Meine Vermutung: Um feinere Texturen zu erreichen muss man eine deutlich feinere Düse am Extruder einsetzen und höchstwahrscheinlich deutlich mehr (Druck-)Zeit aufwenden.

## Manöverkritik und Ausblick

Natürlich ist bei einem solchen Produkt die Neigung unheimlich hoch, sofort alles auszuprobieren, kaum dass der Drucker zusammengebaut ist. Die erste Erfahrung: Das mitgelieferte Druckbett ist ohne Hilfsmittel offenkundig nicht tauglich.

Ob mit oder ohne Lüfter: Nach zwei bis drei Schichten löste sich das Druckgut von der Oberfläche, der Druck schlug fehl. Erst das (oft empfohlene) Kreppband als Druckunterlage (Nachjustieren der Z-Achse nicht vergessen!) brachte auf Anhieb gleichbleibend zufriedenstellende Ergebnisse – auch ohne beheizbares Druckbett.

Eine weitere für alle Nachahmer vielleicht wichtige Erkenntnis: Der USB-Anschluss sollte immer direkt, also ohne einen USB-Hub erfolgen. Mit dem von mir verwendeten Hub brach der Druck einmal nach 25 Minuten, einmal sogar erst nach 32 Minuten ab. So etwas ist dann sehr ärgerlich.

Eine Möglichkeit wäre, mit den Einstellungen des Slicer Programmes zu spielen; das werde ich sicher noch tun. Immerhin: Die Reproduzierbarkeit des Druckguts ist gegeben – die Ergebnisse einer zweimal hintereinander ausgedruckten GCode-Datei waren identisch.

Mein nächster Schritt wird sein, mehr Material zuzugeben, langsamer zu fahren

und Variationen der Hot-End-Temperatur auszuprobieren. Und ganz vielleicht baue ich auch einmal ein anderes Hot End mit einem kleineren Düsendurchmesser ein.

Der Lüfter jedenfalls wird bis auf weiteres bei meinem Drucker im Einsatz bleiben.

Noch einmal der Hinweis zur freundlichen Beachtung: Obwohl es sich bei dem fischertechnik-3D-Drucker um einen Baukasten mit vielen Möglichkeiten zur Veränderung handelt – nach dem Aufschrauben des Elektronikgehäuses ist fischertechnik zumindest für dieses Teil nicht mehr zur Gewährleistung verpflichtet. Etwaige Nachbauten oder eigene weiterführende Experimente geschehen also auf eigene Gefahr; eine Haftung für daraus entstehende Schäden an Euren Druckern schließe ich hiermit ausdrücklich aus...

## Quellen

- [1] Dirk Wölffel: *Neue ft-Teile selbst gemacht – 3D-Druck (5): Qualitätsverbesserung des ft-Druckers.*  
ft:pedia 1/2017, in dieser Ausgabe.
- [2] fischertechnik: *Bedienhandbuch zum 3D-Drucker.* 2016.
- [3] raprap.org: [G-Code](#).

Modell

## Multiplexausgänge am Robo(tics) TX(T)

Andreas Gail

Der ROBO TX Controller und auch sein Nachfolger haben nur acht Ausgänge. Bei klassischer Verschaltung können also maximal acht Lampen oder LEDs angeschlossen werden (oder alternativ natürlich auch Motoren usw.). Bei einer reinen Visualisierungsaufgabe können mit diesen acht Ausgängen unter Anwendung des Multiplexverfahrens aber bis zu 16 LEDs individuell angesteuert werden. Wer hätte das gedacht?

### Das Grundprinzip

Die Anwendung des Multiplexverfahrens wurde bereits in einer früheren Ausgabe der ft:pedia gezeigt [1]. Hierbei wurde ein Tastenfeld (Nummernblock) in schneller Folge wiederkehrend abgefragt und auf diese Weise betätigte Tasten erkannt. Das Grundprinzip der ähnlich funktionierenden Multiplexausgänge zeigt Abb. 1:

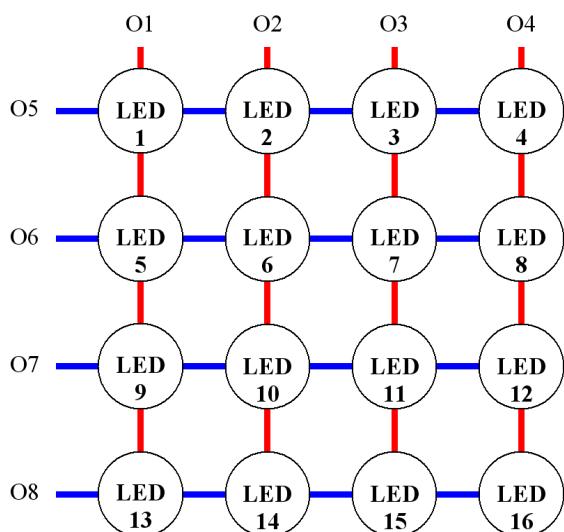


Abb. 1: Multiplexverfahren mit 16 LEDs und acht Ausgängen am Controller

Die acht zur Verfügung stehenden Ausgänge des Robo(tics) TX(T) Controllers (RTXTc) sind benannt O1...8. Damit sich einzelne LEDs gezielt ansteuern lassen, werden zunächst als Grundeinstellung die Ausgänge O1...4 ausgeschaltet und die

Ausgänge O5...8 eingeschaltet. Die 16 LEDs müssen alle so eingebaut sein, dass bei dieser Einstellung keine leuchtet. Um z. B. LED 7 alleine einzuschalten, muss Ausgang O3 ein- und Ausgang O6 ausgeschaltet werden. Unter diesen Bedingungen leuchtet nur LED 7. Sollen LED 7 und LED 10 gleichzeitig leuchten, gibt es allerdings ein Problem: Es würde dazu kommen, dass die LEDs 6, 7, 10 und 11 gleichzeitig leuchten würden, wenn nach demselben Prinzip wie oben beschrieben die Ausgänge O2 und O3 ein- und die Ausgänge O6 und O7 ausgeschaltet werden.

Um zu vermeiden, dass die nicht erwünschten LEDs 6 und 11 leuchten, muss in möglichst schneller Folge zwischen den Einstellungen für LED 7 und LED 10 hin- und her geschaltet werden. Umso schneller das passiert, desto weniger erkennt man ein Flackern oder Blinken.

Für die systematische Ansteuerung aller 16 LEDs wird zeilenweise vorgegangen: O5, O6, O7, O8 und wieder beginnend bei O5 usw. Je nach gewünschter Einstellung innerhalb einer Zeile müssen die Ausgänge O1, O2, O3, O4 eingestellt werden. Nach einer gewissen Anzeigezeit einer Zeile werden die Zeileneinstellungen wieder zurückgestellt und die Einstellungen für die nächste Zeile vorgenommen.

## Modellaufbau

In Abb. 2 ist der Modellaufbau zu sehen. Im Grunde besteht dieser nur aus dem RTXTC und 16 LEDs mit der entsprechenden Verkabelung. Die beiden Taster ermöglichen die Einstellung, wie viele LEDs angesteuert werden sollen. Wenn z. B. über die Taster die Zahl 7 vgewählt wird, werden die LEDs 1...7 angesteuert. Auf diese Weise kann das zeitliche Verhalten des Systems bis zur maximalen Ansteuerung beobachtet werden.

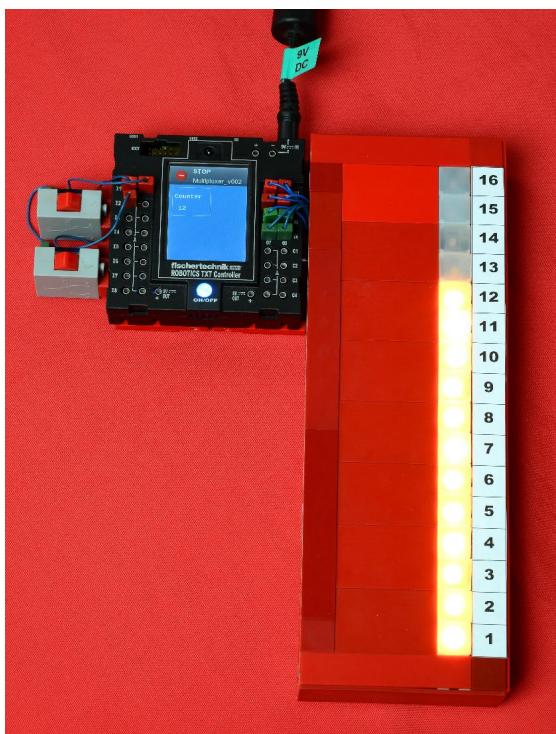


Abb. 2: Controller mit acht Ausgängen steuert per Multiplexverfahren mit 16 LEDs

## Ansteuerung von Glühlampen oder Motoren

Aus gutem Grund wurde bislang nur davon gesprochen, LEDs anzusteuern. Mit Glühlampen alleine klappt das nämlich nicht. Wenn Glühlampen statt LEDs verwendet werden sollen, ist eine zusätzliche Diode erforderlich (z. B. Typ 1N4007). Allerdings ist unter Verwendung der von fischertechnik bereitgestellten Lampen nur mit einer geringen Helligkeit zu rechnen.

Motoren lassen sich auf diese Weise gar nicht betreiben.

## Die Software in ROBO Pro

Die Software besteht aus zwei parallel laufenden Schrittketten. Die erste Schritt-kette gemäß Abb. 3 dient nur dazu, um eine Zahl im Bereich 0...16 einzustellen, die dann über die LEDs angezeigt werden soll:

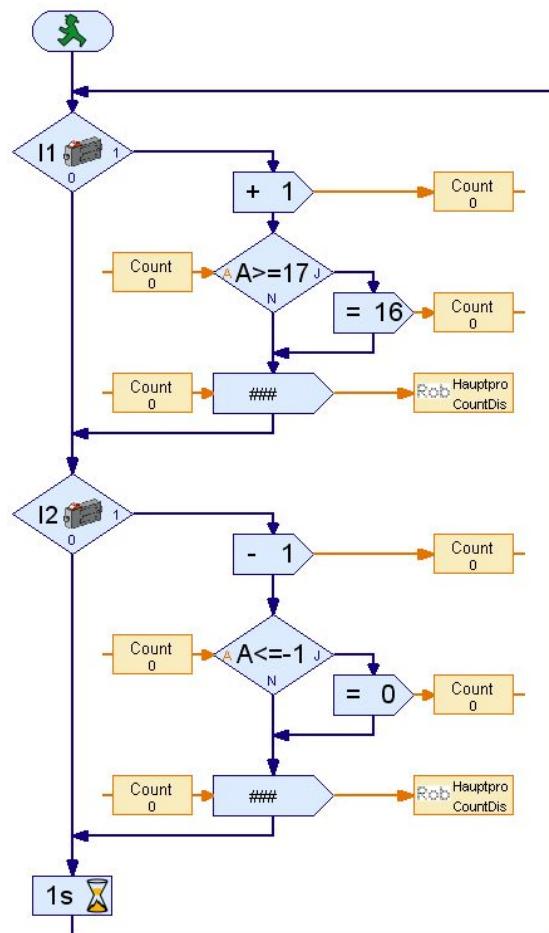


Abb. 3: ROBO Pro-Programm, Schritt-kette 1 zur Einstellung eines Anzeigewertes per Taster und Anzeige des aktuellen Werts auf der Systemanzeige

Die zweite Schritt-kette verwendet den eingestellten Anzeigewert *Count* und stellt diesen über die 16 LEDs dar. Abb. 4 zeigt die Schritt-kette und Abb. 5 die zugehörigen Unterprogramme.

## Programmablauf Schritt-kette 2

Wie Abb. 4 also zeigt, wird zu Beginn die Grundeinstellung aller Zeileneinstellungen

gesetzt (Unterprogramm *ON\_5678*). So wird sichergestellt, dass zum jetzigen Zeitpunkt keine LED angesteuert wird.

Der Wert *Count* wird über die Schritt-kette 1 bereitgestellt. Da *Count* nicht über Schritt-kette 2 geändert werden darf, wird eine Kopie davon erzeugt, die *CountShow* heißt. Der Wert in *CountShow* wird bis zur vollständigen Darstellung im nachfolgenden Programmablauf je nach Bedarf mehrfach geändert.

Zunächst wird die Zeileneinstellung O5 aktiviert. Wenn der Wert von *CountShow* kleiner als vier ist, verzweigt das Programm weiter nach unten und die Fälle *CountShow* = 0...3 werden bearbeitet. Hierbei werden die Spalteneinstellungen über die Unterprogramme *ON\_1*, *ON\_12*, *ON\_123* oder *OFF\_1234* vorgenommen. Für eine Zeile sind nun alle Einstellungen vollständig und eine minimale Wartezeit wird begonnen.

Diese ist mit 0,001 s (= 1 ms) deutlich schneller abgelaufen als der Controller es bearbeiten kann. Trotzdem ist diese Wartezeit wichtig, um alle Definitionsänderungen an den Ausgängen tatsächlich einzustellen. Weitere Zeileneinstellungen sind bei einem Wert von *CountShow* = 0...3 nicht erforderlich. Deshalb läuft dieser Zyklus am schnellsten.

Die übrigen Programmschritte werden verwendet, wenn mehr als eine Zeileneinstellung erforderlich ist. Die Grundidee dabei ist, dass geprüft wird, ob in der nächsten Zeile alle vier LEDs angesteuert werden sollen. Wenn ja, erfolgt dieses mit einer eigenen Wartezeit.

## Weniger LEDs ansteuern

Prinzipiell ist es natürlich auch möglich, weniger als 16 LEDs (in einem Feld  $4 \cdot 4$ , vergl. Abb. 1) nach der hier beschriebenen Methode anzusteuern. Es können z. B. auch neun LEDs in einem Feld  $3 \cdot 3$  eingesetzt werden, was dann sechs Ausgänge am RTXTC benötigt. Nicht sinnvoll ist z. B. die

Ansteuerung von vier LEDs in einem Feld von  $2 \cdot 2$  LEDs. Hierfür würden bei nur vier LEDs auch vier Ausgänge am RTXTC benötigt – die direkte Ansteuerung der LEDs wäre dabei zu bevorzugen.

## Einschränkungen

Die im Modell gezeigten LEDs sind von fischertechnik (152223) und können ohne Vorwiderstand betrieben werden, Typen aus dem Elektronikhandel benötigen überlicherweise einen Vorwiderstand zur Begrenzung des Stroms. Zum zusätzlichen Schutz der LEDs wegen der anstehenden Sperrspannungen könnte eine Diode z. B. 1N4148 in Reihen verwendet werden.

Das beschriebene Verfahren ist zeitkritisch. Deshalb funktioniert es praktisch nur, wenn das Programm in den RTXTC geladen wird und dort autark abläuft. Beim Programmablauf auf einem PC ist die Kommunikation zwischen PC und RTXTC deutlich zu langsam.

Allgemein sind die vorhandenen fischertechnik-Controller hinsichtlich ihrer Zykluszeit vergleichsweise stark limitiert. Selbst der relativ neue aktuelle TXT Controller gemäß Abb. 2 (App-Version 4.2.3.0, Sys 4.2.3.0) schafft keine für das menschliche Auge flackerfreie Ansteuerung. Mikrocontroller können so etwas normalerweise. Es bleibt zu vermuten, dass es durch geeignete Software möglich sein könnte, einen Controllermodus einzurichten, der eine maximal schnelle Steuerprogrammabarbeitung erlaubt, ggf. unter Verzicht auf weitere Kommunikationsaufgaben und sonstige Systemverwaltungen.

## Quellen

- [1] Gail, Andreas: *Nummernblock am Robo TX Controller*. [ft:pedia 1/2015](#), S. 91-98.
- [2] Gail, Andreas: *fischertechnik: Multiplexausgänge mit Robo TX(T) bis zu 16 LEDs ansteuern*. [YouTube-Video](#), 2017.

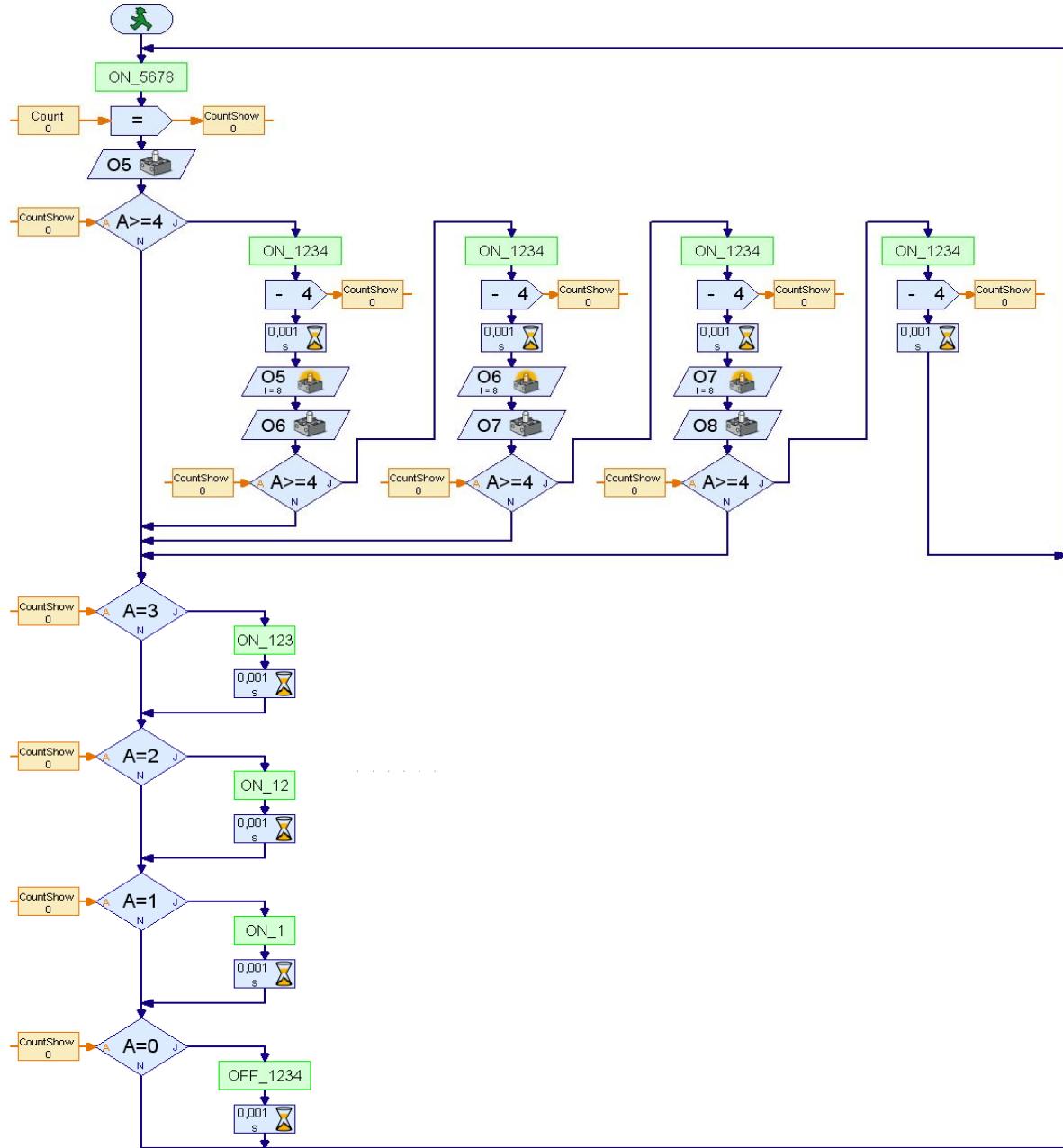


Abb. 4: ROBO Pro-Programm, Schritt kette 2, zur Anzeige per 16 LEDs, ausgehend vom Wert, der unter Schritt kette 1 eingestellt wurde

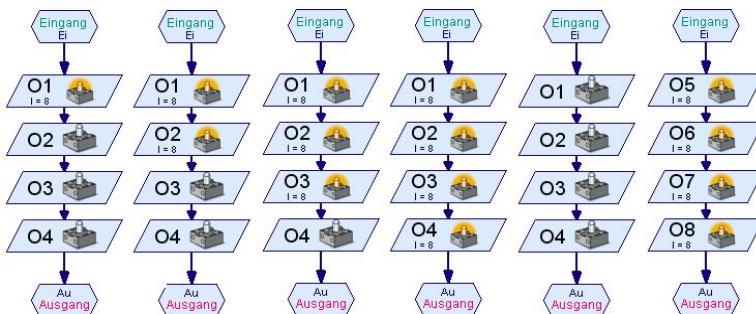


Abb. 5: ROBO Pro-Unterprogramme: ON\_1, ON\_12, ON\_123, ON\_1234, OFF\_1234, ON\_5678

Computing

## I<sup>2</sup>C mit dem TX(T) – Teil 15: LED-Display (3)

Dirk Fox

Neben dem bereits etwas in die Jahre gekommenen (und extrem stromhungrigen) I<sup>2</sup>C-LED-Display SAA1064 von Philips (ft:pedia 4/2012 [1]) und dem eleganten, verbrauchsarmen LED-7-Segment-Display von Sparkfun (ft:pedia 4/2016 [2]) gibt es von Adafruit eine kleine „Familie“ von LED-Displays, günstiger als das Sparkfun-Display und mit zusätzlichen interessanten Eigenschaften – jetzt auch mit einem passenden ROBO Pro-Treiber.

### Die Adafruit-Displays

Von Adafruit stammt eine ganze Familie von I<sup>2</sup>C-Breadboards mit LED-Aktoren, die von einem Holtek-IC HT16K33 gesteuert werden. Eines dieser Breadboards, eine 8x8-LED-Matrix, haben kürzlich Christian Bergschneider und Stefan Fuss in der ft:pedia vorgestellt [3].

Zwei weitere „Familienmitglieder“ gehören der Spezies der vierstelligen Segment-Displays an. Sie sind z. B. bei [Watterott](#) oder [EXP](#) in verschiedenen Farben (blau, gelb, rot, weiß und grün) erhältlich. Beide sind daher interessante Alternativen nicht nur zu dem inzwischen stark in die Jahre gekommenen Philips- sondern auch zu dem in [ft:pedia 4/2016](#) vorgestellten Sparkfun-Display [1, 2] – so sind sie mit ca. 18 x 50 mm deutlich größer.



Abb. 1: Adafruit 0.56" 4-Digit 7-Segment Display

### Das 7-Segment-Display

Das vierstellige Adafruit-LED-Display (Abb. 1) ist größer und mit 10-12 € sogar günstiger als das Sparkfun-Display. Bis auf das Apostroph, welches das Sparkfun-Display hinter der dritten Stelle der Anzeige anbietet, sind die Darstellungsmöglichkeiten identisch: Hinter jeder der vier 7-Segment-Ziffern kann je ein Dezimalpunkt stehen, und in der Mitte des Displays kann ein Doppelpunkt (z. B. für Zeitanzeigen) aktiviert werden.

Auch dieses Display hat einige besondere Eigenschaften:

- die LED-Anzeige ist nicht nur groß, sondern auch beeindruckend hell,
- es können acht verschiedene I<sup>2</sup>C-Adressen (0x70-0x77) eingestellt werden und
- es unterstützt den I<sup>2</sup>C Fast Mode (400 kHz).

Im direkten Vergleich mit dem Sparkfun-Display hat es jedoch auch ein paar praktische Nachteile:

- der LED-Treiber-IC HT16K33 benötigt eine 5 V-Betriebsspannung und verwendet 5 V-Logik; für die Nutzung des Displays am TXT benötigt man daher einen Level-Shifter oder den Universal-Adapter aus [4],

- die Einstellung der Adressen erfolgt über Lötpunkte und ist daher nur mit Aufwand reversibel und
- die Ansteuerung mehrerer Displays erfordert einen I<sup>2</sup>C-Bus-Verteiler wie den ftExpander aus [4] oder, im Falle des TX, das sechspolige Verteilermodul von Conrad ([192659](#)).

### Befehle und Register

Der HT16K33 wird über sieben Byte-Befehle gesteuert. Jeder dieser Befehle setzen sich aus einem vier Bit langen Befehlsteil und einem 4-Bit-Parameter zusammen [5]:

Befehl	Cmd.	Param.	Def.
Display Data Address Pointer	0x0	0x0-F	0x00
System Setup	0x2	0x0-1	0x20
Key Data Addr. Pt.	0x4	0x0-5	0x40
INT Flag Addr. Pt.	0x6	0x0	0x60
Display Setup	0x8	0x0-7	0x80
ROW/INT Set	0xA	0x0-3	0xA0
Dimming Set	0xE	0x0-F	0xEF

Tab. 1: Befehle, Parameter und Default-Werte

Nach dem Einschalten der Stromzufuhr benötigt der HT16K33 ca. 1 ms, um die Default-Einstellungen vorzunehmen (Tab. 1): Oszillator und Display sind deaktiviert, die Helligkeit steht auf dem Maximalwert und das Blinken des Displays ist abgeschaltet.

Zur Initialisierung des Displays muss man zunächst den Oszillator einschalten. Das geschieht mit der Übermittlung des *System Setup*-Kommandos (0x21):

- Bit 0: 0 = Standby Mode (Oszillator aus), 1 = Normal Operation Mode

Über das *Display Setup*-Kommando (0x8?) werden die Blink-Frequenz eingestellt und das Display an- oder ausgeschaltet:

- Bit 0: Display ein/aus
- Bits 1-2: Einstellung der Blinkfrequenz: 0 = Off, 1 = 2 Hz, 2 = 1 Hz, 3 = 0,5 Hz.

Die Helligkeit des (gesamten) Displays wird über ein PWM-Signal geregelt: via *Dimming Set* wird sie mit 0xEn (n aus [0..15]) auf (n+1)/16 des Maximalwerts eingestellt.

Der HT16K33 verfügt über ein 16 Byte großes RAM, in dem die auf dem Display angezeigten Zeichen gespeichert werden (0x00-0x0F). Das vierstellige 7-Segment-Display verwendet nur einen Teil davon: Byte 0x00 und 0x02 repräsentieren die beiden linken, Byte 0x06 und 0x08 die beiden rechten Ziffern. Der Doppelpunkt wird in Byte 0x04 mit dem Wert 0x02 kodiert.

Im RAM werden nicht die Werte der Ziffern, sondern deren LED-Kodierungen abgelegt. Die erfolgt – wie beim Sparkfun-Display – nach dem in Abb. 2 wiedergegebenen Schema: Segment 1 wird durch Bit 0 gesetzt, Segment 2 durch Bit 1 usw.

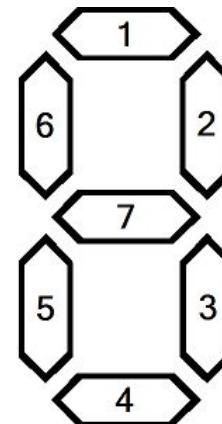


Abb. 2: Kodierungsschema der 7-Segmentanzeige

Die Ziffern 0-F werden also wie folgt kodiert (Tab. 2, hexadezimale Darstellung):

0	1	2	3	4	5	6	7
3F	06	5B	4F	66	6D	7D	07
8	9	A	B	C	D	E	F
7F	6F	77	7C	39	5E	79	71

Tab. 2: Kodierung der Ziffern 0-F

Diese Kodierung übernimmt unser Makro `BCD2LED`, das wir schon im ROBO Pro-Treiber sowohl des Philips- als auch des

Sparkfun-Displays verwenden haben [1, 2]. Um den Dezimalpunkt hinter einer Ziffer zu setzen, muss in der Kodierung der Ziffer zusätzlich Bit 7 gesetzt werden.

Der *Display Data Address Pointer* zeigt auf eine Adresse im RAM. Wird eine gültige RAM-Adresse an den HT16K33 übergeben, können anschließend mehrere (kodierte) Ziffern zur Darstellung an das Display übermittelt werden.

Abschließend wird das Display mit dem *Display Setup*-Kommando (0x81) aktiviert, ggf. mit einer zusätzlichen Blink-Frequenz.

### **ROBO Pro-Treiber**

Im Downloadbereich der fischertechnik-Community gibt es einen [ROBO Pro-Treiber](#) zum Download, der die folgenden Funktionen umfasst:

- Die Funktion `A7SD_Init` sorgt für die Initialisierung des Displays (Normalbetrieb, Display aus, maximale Helligkeit).
- Die Helligkeit des Displays wird mit der Funktion `A7SD_SetBrightness` auf einen Wert von 0 bis 15 eingestellt.
- Mit `A7SD_SetBlinkrate` wird die Blink-Rate des Displays gewählt: 0,5 Hz, 1 Hz, 2 Hz oder auf 0 (Off). Die gewählte Option wird zugleich in einer globalen Variablen gespeichert.
- Die Funktion `A7SD_Clear` löscht die Display-Anzeige.

Für die Ausgabe numerischer Werte gibt es separate Funktionen, die die Ausgabe von Zeit, Datum, Hex- und Dezimalzahlen vereinfachen:

- `A7SD_DisplayTime`: Zeitanzeige im Format Stunden:Minuten
- `A7SD_DisplayDate`: Anzeige des Datums im Format Monat.Tag.
- `A7SD_DisplayYear`: Ausgabe des Jahres im Format 20xx

- `A7SD_DisplayHex`: Ausgabe einer bis zu vierstelligen Hexadezimalzahl
- `A7SD_DisplayInt`: Ausgabe eines Vorzeichen behafteten Integer-Wertes von -999 bis 9999
- `A7SD_DisplayDec`: Anzeige eines Dezimalwerts mit Vorzeichen und Dezimalpunkt (von -99.9 bis 9999.0)

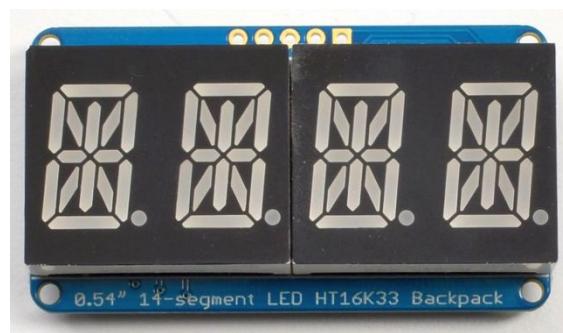


Abb. 3: Adafruit 0.54" 4-Digit Alphanumeric Display

### **Das 14-Segment-Display**

Das zweite LED-Display der Adafruit-Familie ist besonders interessant: Es erlaubt die Darstellung von vier alphanumerischen Zeichen, die jeweils aus einem 14-Segment-LED-Baustein (zuzüglich Dezimalpunkt) bestehen (Abb. 3).

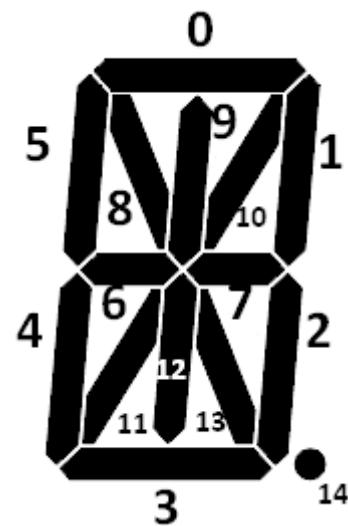


Abb. 4: Kodierungsschema des 14-Segmente-Displays

Die Kodierung erfolgt über eine 15-bit-Darstellung nach dem in Abb. 4 dargestellten Kodierungsschema: Ist das jeweilige Bit gesetzt, leuchtet das entsprechende LED-Segment. Der Dezimalpunkt wird durch Bit 14 gesetzt.

In der folgenden Tabelle (Tab. 3) sind die Ziffern 0-9 und die Buchstaben A-Z (in Groß- und Kleinschrift) beispielhaft kodiert. Im ROBO Pro-Treiber erfolgt die Kodierung über eine (vordefinierte) Liste.

C	binär	Hex	Dez
0	0b0000110000111111	0x0c3f	3135
1	0b0000010000000110	0x0406	1030
2	0b0000100010001011	0x088b	2187
3	0b0000000010001111	0x008f	143
4	0b0001001011100000	0x12e0	4832
5	0b0010000001101001	0x2069	8297
6	0b0010000001111001	0x2079	8313
7	0b0001010011000001	0x14c1	5313
8	0b0000000011111111	0x00ff	255
9	0b00000000110001111	0x018f	399
A	0b0000000011110111	0x00f7	247
B	0b0001001010001111	0x128f	4751
C	0b00000000000111001	0x0039	57
D	0b0001001000001111	0x120f	4623
E	0b00000000001111001	0x0079	121
F	0b00000000001110001	0x0071	113
G	0b00000000010111101	0x00bd	189
H	0b00000000011110110	0x00f6	246
I	0b0001001000000000	0x1200	4608
J	0b000000000000011110	0x001e	30
K	0b0010010001110000	0x2470	9328
L	0b00000000000111000	0x0038	56
M	0b0000010100110110	0x0536	1334
N	0b0010000100110110	0x2136	8502
O	0b0000000000111111	0x003f	63
P	0b00000000011110011	0x00f3	243
Q	0b00100000001111111	0x203f	8255

C	binär	Hex	Dez
R	0b0010000011110011	0x20f3	8435
S	0b0000000011101101	0x00ed	237
T	0b0001001000000001	0x1201	4609
U	0b0000000000111110	0x003e	62
V	0b0000110000110000	0x0c30	3120
W	0b0010100000110110	0x2836	10294
X	0b0010110100000000	0x2d00	11520
Y	0b0001010100000000	0x1500	5376
Z	0b0000110000001001	0x0c09	3081
a	0b0001000001011000	0x1058	4184
b	0b0010000001111000	0x2078	8312
c	0b00000000011011000	0x00d8	216
d	0b0000100010001110	0x088e	2190
e	0b0000100001011000	0x0858	2136
f	0b00000000001110001	0x0071	113
g	0b0000010010001110	0x048e	1166
h	0b0001000001110000	0x1070	4208
i	0b0001000000000000	0x1000	4096
j	0b000000000000000110	0x000e	14
k	0b0011011000000000	0x3600	13824
l	0b0000000000000000110000	0x0030	48
m	0b0001000011010100	0x10d4	4308
n	0b0001000001010000	0x1050	4176
o	0b00000000011011100	0x00dc	220
p	0b00000000101110000	0x0170	368
q	0b0000010010000110	0x0486	1158
r	0b0000000001010000	0x0050	80
s	0b0010000010001000	0x2088	8328
t	0b00000000001111000	0x0078	120
u	0b00000000000000001100	0x001c	28
v	0b0010000000000000100	0x2004	8196
w	0b00101000000010100	0x2814	10260
x	0b0010100011000000	0x28c0	10432
y	0b00100000000000001100	0x200c	8204
z	0b0000100001001000	0x0848	2120

Tab. 3: Kodierung von Ziffern und Buchstaben

Bei der Kodierung der Zeichen habe ich vor allem auf Lesbarkeit und geringe Verwechslungsgefahr geachtet – allerdings ermöglichen die 14 Segmente bei den meisten Ziffern und Buchstaben auch ganz andere Kodierungen. Auch ein paar Sonderzeichen lassen sich mit dem Displays erkennbar darstellen (Tab. 4).

C	Binär	Hex	Dez
"	0b0000001000100000	0x0220	544
'	0b0000010000000000	0x0400	1024
*	0b0011111111000000	0x3fc0	16320
+	0b0001001011000000	0x12c0	4800
,	0b0000100000000000	0x0800	2048
-	0b0000000011000000	0x00c0	192
/	0b0000110000000000	0x0c00	3072
<	0b0010010000000000	0x2400	9216
>	0b0000100100000000	0x0900	2304
@	0b0000001010111011	0x02bb	699
\	0b0010000100000000	0x2100	8448
_	0b00000000000001000	0x0008	8
	0b0001001000000000	0x1200	4608

Tab. 4: Kodierung ausgewählter Sonderzeichen

## ROBO Pro-Treiber

Die meisten Funktionen, die wir für den ROBO Pro-Treiber des alphanumerischen LED-Displays benötigen, sind mit denen des numerischen Displays identisch und unterscheiden sich lediglich im Präfix des Funktionsnamens:

- A14SD\_Init
- A14SD\_SetBrightness
- A14SD\_SetBlinkrate und
- A14SD\_Clear

Die Funktionen zur Zeichenausgabe sind hingegen Display-spezifisch, da die Darstellung der Zeichen auf dem Display jeweils 16 Bit (gegenüber acht beim rein numerischen Display) belegt.

Da das Display über keinen Doppelpunkt verfügt, wurde keine spezielle Funktion zur Zeit-Ausgabe implementiert. Hinzu gekommen ist jedoch eine Funktion, die einen vier Zeichen langen Text ausgibt:

- A14SD\_DisplayDate: Anzeige des Datums im Format Monat.Tag.
- A14SD\_DisplayYear: Ausgabe des Jahres im Format 20xx
- A14SD\_DisplayHex: Ausgabe einer bis zu vierstelligen Hexadezimalzahl
- A14SD\_DisplayInt: Ausgabe eines Vorzeichen behafteten Integer-Wertes von -999 bis 9999
- A14SD\_DisplayDec: Anzeige eines Dezimalwerts mit Vorzeichen und Dezimalpunkt (von -99.9 bis 9999.0)
- A14SD\_DisplayChar: Ausgabe eines einzelnen ASCII-Zeichens an einer gewünschten Position (0-3)
- A14SD\_DisplayText: Ausgabe von vier ASCII-Zeichen auf dem Display (0-128)

Das Textprogramm im Treiber umfasst ein Beispielprogramm, bei dem ein Lauftext mit einstellbarer Geschwindigkeit in einem parallelen Prozess auf dem Display angezeigt wird.

Der [ROBO Pro-Treiber](#) steht im Downloadbereich der fischertechnik-Community bereit.

## Anwendungsbeispiele

Beide LED-Displays eignen sich zur hellen und großformatigen Anzeige von Zahlenwerten, dem Datum oder der Uhrzeit.

Interessant ist die Möglichkeit, auf dem 14-Segment-Display einen Lauftext auszugeben. Dazu benötigt man lediglich eine Liste mit den Zeichencodes und zwei verschachtelte Schleifen, in denen jeweils vier aufeinanderfolgende Zeichen auf dem Display ausgegeben werden (Abb. 5).

Besitzt man mehrere 14-Segment-Displays, kann man auch jeweils acht, 12 oder mehr aufeinanderfolgende Zeichen des Lauftexts gleichzeitig ausgeben. Da die Displays seitlich unmittelbar aneinander anschließend montiert werden können, lassen sich so auch längere Texte gut erkennbar darstellen.

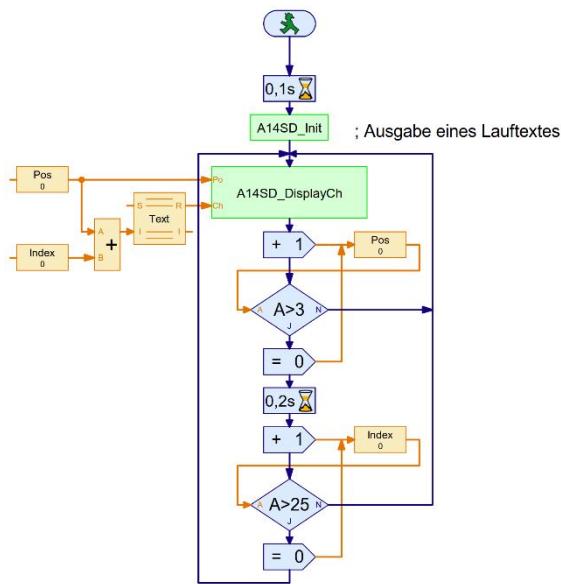


Abb. 5: Ausgabe eines Lauftextes

Für die von mir in ROBO Pro entwickelten I<sup>2</sup>C-Treiber habe ich eine [Übersichtsseite](#) mit Links auf die entsprechenden ft:pedia-Beiträge zusammengestellt.

## Referenzen

- [1] Dirk Fox: *I<sup>2</sup>C mit dem TX – Teil 2: LED-Display*. [ft:pedia 4/2012](#), S. 32-37.
- [2] Dirk Fox: *I<sup>2</sup>C mit dem TX(T) – Teil 14: LED-Display (2)*. [ft:pedia 4/2016](#), S. 84-89.
- [3] Christian Bergschneider, Stefan Fuss: *LED-Backpack im Retrodesign*. [ft:pedia 4/2016](#), S. 80-83.
- [4] Christian Bergschneider, Stefan Fuss: *Ein universeller I<sup>2</sup>C-Adapter für den TX(T)*. [ft:pedia 4/2016](#), S. 72-79.
- [5] Holtek: [RAM Mapping 16x8 LED Controller Driver with keyscan – HT16K33](#). Datasheet, Revision 1.10, 16.05.2011.

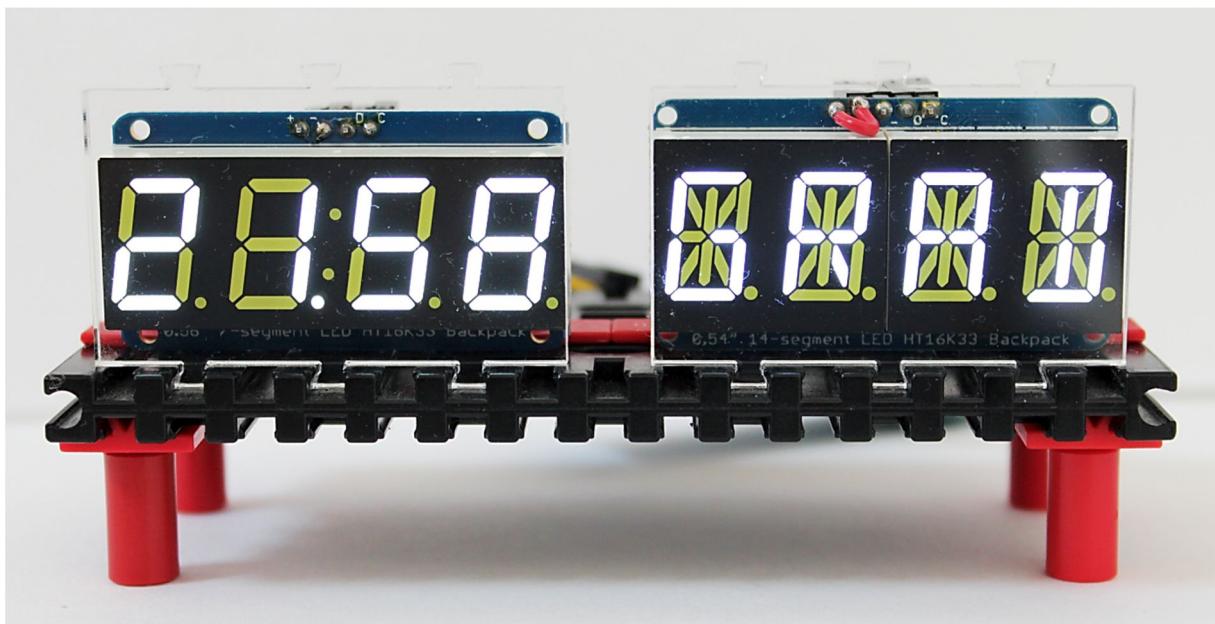


Abb. 6: Temperaturanzeige

Computing

# Brickly auf dem TXT: Grafische Programmierung à la Google-Blockly

Till Harbaum

*Die grafische Programmierung mit ROBO Pro ist und war eine der Stärken der fischertechnik-Robotik. Wie in [1] bereits beschrieben ist auch die Community-Firmware weitgehend kompatibel zu ROBO Pro. Mit „Brickly“ bringt die Community-Firmware nun auch eine erste eigene grafische Programmierungsmöglichkeit mit – und macht dabei natürlich Einiges anders.<sup>1</sup>*

## Historisches

Die ersten fischertechnik-Computing-Interfaces wurden – wie Mitte der 1980er Jahre üblich – per BASIC-Text-Kommando direkt am jeweiligen Heimcomputer programmiert und bedient. Auf das Aufkommen der ersten grafischen Benutzeroberflächen für DOS-PCs, Atari-ST sowie Commodore-Amiga Anfang der 90er reagierte fischertechnik mit der Veröffentlichung von Lucky-Logic (später LLWin). Die einfache mausbasierte Programmierung erlaubte erstmals auch Laien per intuitiver Benutzeroberfläche eine einfache Roboter-Programmierung. Lego folgte dem Trend erst drei Jahre später mit LEGOsheets.

Über 30 Jahre später hat sich an der prinzipiellen Bedienung nichts Fundamentales geändert. Das heutige ROBO Pro kann seine Verwandtschaft zu Lucky-Logic kaum verhehlen. Auch wenn sich die Zahl der zur Verfügung stehenden grafischen Programmierelemente stark vergrößert hat und diese inzwischen sogar Video- und Bilderkennung erlauben, blieb ROBO Pro dem ursprünglichen Programmiermodell treu, das sich stark an den in der Informatik verbreiteten Programmablaufplänen und den Symbolen der DIN 66001 orientiert.

## Neuland Internet

Im Zentrum steht bei ROBO Pro nach wie vor der Windows-PC. Auf ihm ist ROBO Pro installiert und dort findet auch die gesamte Programmentwicklung statt. Ein fischertechnik-Controller wie der TXT wird erst dann benötigt, wenn man die selbst entwickelten Programme auf der Zielhardware laufen lassen möchte.

Allerdings werden PCs inzwischen von Smartphones und Tablets verdrängt. Gerade in den Kinderzimmern der fischertechnik-Zielgruppe findet sich immer seltener ein klassischer PC. Die Voraussetzungen für die ROBO Pro-Nutzung sind damit nicht mehr allgemein gegeben. Stattdessen verlagert sich die Intelligenz immer mehr ins Internet: Viele Aufgaben, die bisher durch eine dedizierte Anwendung abgedeckt wurden, lassen sich nun viel unkomplizierter durch Web-Browser-basierte Dienste online erledigen. Die grafische Programmierung stellt hier keine Ausnahme dar und diverse Projekte wie Scratch [2] und dessen Nachfolger Snap! [3] erlauben das

<sup>1</sup> Keine Lust, den Text zu lesen? Hier geht es direkt zu den Online-Spielen: <https://blockly-games.appspot.com/>

Programmieren direkt via Browser von PC, Tablet oder Smartphone aus.<sup>2</sup>

Der Vorteil, dass die gesamte Umgebung im Browser läuft, wird schnell zum Nachteil, da aus dem Webbrowser aus Sicherheitsgründen keine einfache Interaktion mit anderen Geräten wie dem TXT möglich ist.

Für Scratch gibt es daher die Scratch-X genannte „Experimental Extensions“-Erweiterung [6], über die eine Schnittstelle zu externen Systemen hergestellt werden kann. Für fischertechnik gibt es darauf basierend unter [7] jeweils eine Version für den ROBO LT [8] sowie den TXT [9]. Dazu wird auf dem PC das zusätzliche Programm `ftScratch.exe` installiert, das zwischen dem Browser-basierten Scratch und den herstellerspezifischen Kommunikationsprotokollen des LT bzw. TXT übersetzt. Die eigentliche Programmausführung erfolgt im Web-Browser auf dem PC; der TXT bzw. der LT-Controller fungiert als passives Ein- und Ausgabegerät.

Solch eine Snap!- oder Scratch-X-basierte Lösung wurde Anfang 2016 auch für die Community-Firmware diskutiert, und Richard Kunze nahm eine Anpassung von Snap! an den TXT vor [10]. Auch hier kam ein kleines Hilfsprogramm zum Einsatz, das zwischen Snap! und TXT übersetzt. Optional kann dieses Programm auch direkt auf dem TXT laufen, so dass auf dem PC keine Installation mehr nötig ist.

Das größte Manko all dieser Snap!- oder Scratch-Varianten blieb aber die Tatsache, dass die eigentliche Programmausführung immer im Browser stattfindet. Ein Offline-Betrieb der erstellten Programme direkt auf dem TXT war damit nicht möglich und ein sauberer Programmablauf war immer von einer stabilen (Funk-)Verbindung zwischen PC-Browser und TXT abhängig.

<sup>2</sup> Dank der Browser- und Internetnutzung kann man beide Systeme einfach live unter [4] und [5] ausprobieren.

## Blockly: Weniger ist mehr

Mit Blockly stellt Google einen Browser-basierten grafischen Programmeditor als freies Projekt zur Verfügung [11]. Im Gegensatz zu Scratch und Snap! handelt es sich aber nur um einen reinen Editor und nicht um eine komplette Ablaufumgebung. Während sich Scratch und Snap! also auch um die Ausführung des Programmes kümmern und passende grafische Ausgaben im Browser erzeugen, beschränkt sich Blockly darauf, aus dem per Maus-Klick zusammengebauten Programm (Abb. 1) ein Text-basiertes Computerprogramm zu erzeugen:



Abb. 1: Ausgabebefehl „Hallo ft:pedia!“ und Ergebnisanzeige

Hier wurde ein kurzes Python-Programm erzeugt, das den Text „Hallo ft:pedia!“ auf dem Bildschirm ausgibt. Blockly kennt diverse so genannte Generatoren und kann neben Python unter anderem auch PHP, Javascript oder Lua-Code erzeugen [12].

Die Optik und Bedienung von Blockly lehnt sich bewusst an Scratch und Snap! an. Im Gegensatz zu diesen ist Blockly an sich aber

kein für einen Endanwender einsetzbares Produkt. Erst wenn eine Komponente hinzukommt, die den erzeugten Code auch ausführt, entsteht ein in sich geschlossenes Projekt. Wird auf den Javascript-Code-Generator zurückgegriffen, dann kann der erzeugte Code direkt im Browser ausgeführt werden. Beispiele dafür sind z. B. die komplett via Web-Browser spielbaren Blockly-Games [13], bei denen der Spieler Aufgaben und Rätsel via Blockly-Programmierung lösen muss und so schrittweise an die Blockly-Programmierung herangeführt wird.

Mit der Möglichkeit, Python-Code zu erzeugen, öffnet sich eine sehr elegante Tür zum TXT, basieren doch bereits sämtliche Apps der Community-Firmware auf Python-Code [1]. Es bleibt also nur die Frage, wie der im Browser erzeugte Programmcode seinen Weg auf den TXT findet. Eine elegante Methode dazu bieten die sogenannten Websockets, die direkte Netzwerkverbindungen zwischen Browser und einer kleinen Anwendung auf dem Zielsystem ermöglichen.

Abb. 2 zeigt, wie Brickly im Gegensatz zu ROBO Pro zunächst eine ganz normale HTTP-Kommunikation zum Download üblicher HTML-, Javascript- und CSS-Dateien vom TXT nutzt, um die Brickly-Oberfläche darzustellen. Bis hierhin unterscheidet sich das Starten von Brickly in keiner Weise von anderen Web-Diensten wie Ebay oder Amazon. Das Abrufen der Brickly-Oberfläche stößt auf dem TXT zusätzlich den Start der Brickly-App an.

Sobald Brickly im Browser läuft und die App gestartet ist wird eine Websocket-Verbindung aufgebaut. Hier bleiben Browser und TXT verbunden und es werden Programmdaten von und zum TXT übertragen, Programme gestartet und ggf. Ausgaben des Programmes vom TXT zurück zum Browser gesendet.

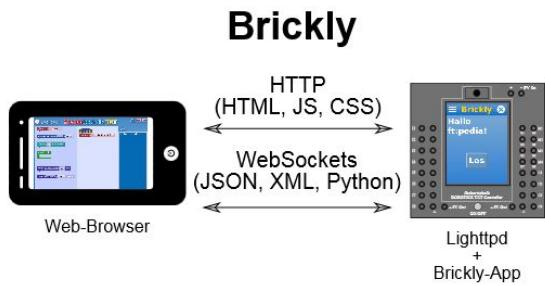
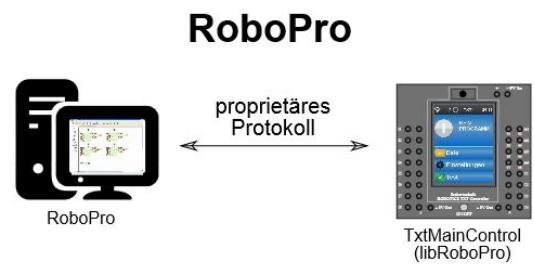


Abb. 2: Kommunikationsverbindung zum TXT bei ROBO Pro und Brickly

Die eigentliche Programmausführung findet aber auf dem TXT statt und einmal in Brickly erstellte Programme werden immer sofort auf dem TXT gespeichert und können später auch direkt vom Touchscreen des TXT gestartet werden. Die Browser-Verbindung ist später nicht mehr zwingend.

### Kinderzimmertauglichkeit

Brickly war von vorherein für die Benutzung durch Kinder ausgelegt. Die Brickly-Oberfläche (Abb. 3) bietet dazu oben Links die Erfahrungslevel 1 bis 5, wobei 1 speziell für Anfänger konzipiert ist.



Abb. 3: Brickly-Programmieroberfläche

Bricklys Hauptbildschirm teilt sich in drei Bereiche, die „Werkzeugkiste“ im linken Drittel, den Arbeitsbereich in der Mitte und

die TXT-Ausgabe ganz rechts. Programmiert wird in der Mitte, indem aus der Werkzeugkiste Blöcke in den Arbeitsbereich gezogen und unten an den immer im Arbeitsbereich vorhandenen „Brickly“-Block gehängt werden. Das Programm auf den TXT zu übertragen und dort laufen zu lassen erfordert nun lediglich einen einzigen Klick auf den „Los“-Button.

Textausgaben erfolgen gleichzeitig sowohl direkt auf dem TXT als auch im Browser-Fenster. Alle Programmdaten werden dabei auf dem TXT gespeichert. Im Gegensatz zu ROBO Pro steht hier der TXT im Mittelpunkt: Ganz gleich, von welchem Gerät man sich mit dem TXT verbindet, hat man sofort Zugriff auf alle Daten und kann z. B. eine am heimischen PC begonnene Arbeit via Smartphone in der Schule fortsetzen.

## Installation und erster Start

Voraussetzung für den Betrieb von Brickly ist die Community-Firmware [1]. Sie muss auf einer SD-Karte im TXT installiert sein. Außerdem sollte eine Internetverbindung bestehen – vorzugsweise über das heimische WLAN.

Brickly ist als Paket im [App-Store der Community-Firmware](#) verfügbar und kann mit einem einzigen Klick heruntergeladen und installiert werden.

Unter der Community-Firmware ist der TXT im lokalen WLAN per Browser erreichbar. Die IP-Adresse, unter der der TXT im WLAN angesprochen wird, lässt sich z. B. mit der vorinstallierten Netzwerk-App im Systemverzeichnis anzeigen. Steht dort z. B. „192.168.0.47“, dann ist der TXT von jedem Browser im gleichen Netzwerk unter <http://192.168.0.47> ansprechbar.

Unter dieser URL ist die Startseite des TXT eingebunden. Auf ihr sind u. a. alle installierten Programme aufgelistet wie in Abb. 4 dargestellt.



Abb. 4: Startseite des TXT

Ein Klick auf das „Brickly“-Icon führt zur Brickly-Detailseite wie in Abb. 5 gezeigt. Dort führt der Link „Open local application pages“ schließlich zur Brickly-Oberfläche.

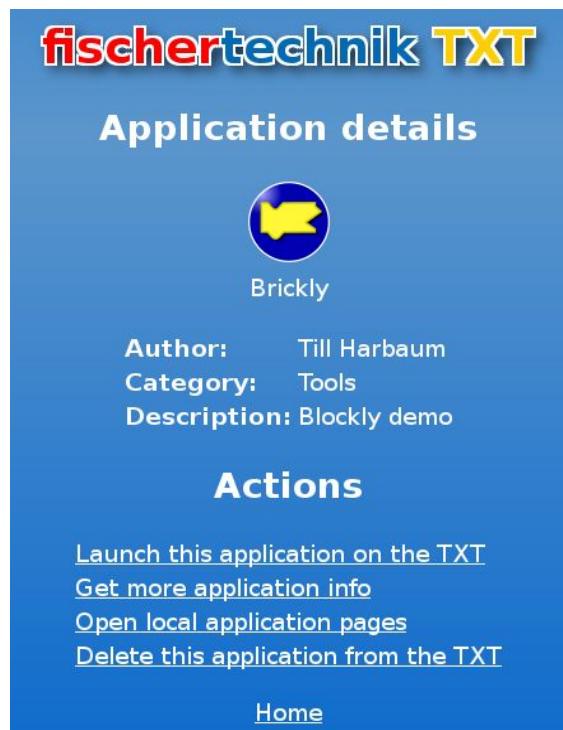


Abb. 5: Brickly-Detailseite

Hier sollte ggf. zunächst die Sprache oben rechts auf Deutsch umgestellt und für die häufige Benutzung ein Browser-Lesezeichen gesetzt werden.

Brickly ist nun bereit. zieht man z. B. den „gib aus“-Block aus der linken Werkzeugkiste in die Mitte unter den „Brickly“-Block und drückt auf den „Los“-Knopf, dann erscheint der Text „Text“ sowohl auf dem

TXT als auch im rechten Textfenster im Browser. Die Blöcke im Arbeitsbereich leuchten dabei kurz auf, wenn sie ausgeführt werden. So ist bei komplexeren Programmen ein direktes Verfolgen des Programmablaufs im Browser möglich.

## Steigende Erfahrungslevel

Der Erfahrungsgrad 1 (Anfänger) enthält nur sehr wenige der *Blocks* genannten Bausteine. Einfache Modelle wie Ampeln lassen sich damit steuern, und auch der Mobilroboter des Discovery-Sets lässt sich mit wenigen Klicks auf die Reise schicken.



Abb. 6: Programmierumgebung im Expertengrad 5

Für kompliziertere Abläufe reichen die Blöcke des Anfängergrad aber nicht. Mit Erfahrungsgrad 2 (Junior) verschwindet die offene Werkzeugkiste. An ihre Stelle tritt ein kleines Menü mit sieben Kategorien, hinter denen sich insgesamt 22 Blöcke verbergen. Mit denen ist auch bedingte Programmierung („wenn dies dann das“) möglich. Zusätzlich bringt Erfahrungsgrad 2 am rechten unteren Bildrand einen Schieberegler mit. Hier kann die Ausführungsgeschwindigkeit des Programms gesteuert werden.

Erfahrungsgrad 3 führt im rechten Bereich ein Menü ein, über das neue Programme angelegt werden können. So können mehrere Programme für unterschiedliche Modelle gespeichert und verwendet werden. Die Programmauswahl ist ohne Browser auch direkt am TXT möglich.

Mit weiter steigenden Erfahrungsgraden kommen immer mehr Blöcke dazu, so dass in Expertengrad 5 (Abb. 6) auch eigene Unterprogramme angelegt und Variablen sowie Listen verwendet werden können.

## Erweiterungen

Brickly ist ein offenes System. Sämtlicher Quellcode ist frei verfügbar [14]. Da Brickly auf Blockly und damit wiederum ausschließlich auf gängigen Internet-Technologien wie Javascript, HTML und CSS basiert, ist kein besonderes Spezialwissen für die Erweiterung nötig. Für den Entwurf eigener Blöcke ist ein auf Blockly selbst basierendes Tool online verfügbar [15].

Brickly beherrscht schon einige kleine Spezialitäten. So kann man z. B. einen angeschlossenen USB-Joystick abfragen und zur Modellsteuerung verwenden. Es ist unter anderem geplant, auch die neue Bluetooth-Fernbedienung und den BT-Smart-Controller zeitnah einzubinden.

## BrickMCP

Für den komfortablen Programm-Import- und -Export gibt es inzwischen ein Tool namens [BrickMCP](#) (Abb. 7). Entwickelt wurde es von Community-Mitglied Peter Habermehl.

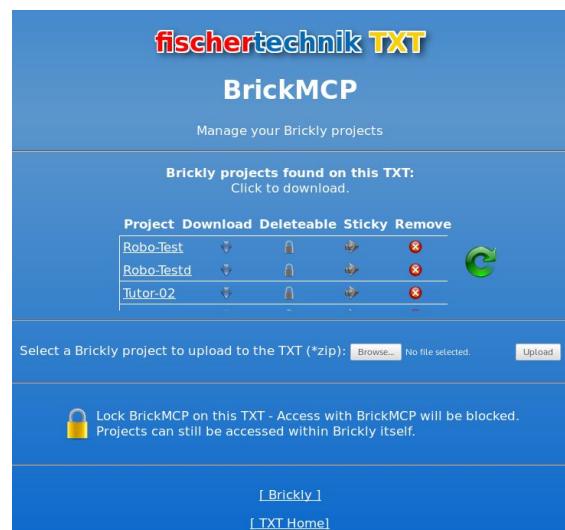


Abb. 7: BrickMCP (von Peter Habermehl)

Die Bedienung von BrickMCP wurde bewusst vom eigentlichen Brickly getrennt, sodass Schüler und Kinder damit zunächst nicht in Kontakt kommen. Stattdessen ist dieses Werkzeug eher für Lehrer gedacht, die die Daten der Schüler zur Sicherung auf einen PC übertragen wollen. Auch lassen sich durch BrickMCP Teile eines Brickly-Programmes starr vorgeben, sodass mit Lückentexten vergleichbare Programmier-Aufgaben gestellt werden können.

## RoboBlocks

Brickly selbst war eigentlich nur als Vorarbeit und Test für ein anderes Projekt namens RoboBlocks gedacht und ist eher „versehentlich“ zu einem benutzbaren System angewachsen. RoboBlocks soll auf lange Sicht Brickly beerben und mit einer kompletten Projektverwaltung und mehrsträngiger Programmausführung auch für professionelle Projekte geeignet sein. Da auch RoboBlocks auf Blockly basieren soll wird es aber kaum fundamentale Unterschiede geben.

## Dokumentation

Als echtes Gemeinschaftsprojekt hat sich auch die [Dokumentation von Brickly](#) erwiesen. Esther Mietzsch hat sich die Arbeit gemacht, jeden einzelnen Block zu testen und zu dokumentieren.

Zusammen mit ebenfalls von der Community erstellten Tutorials wird Brickly damit langsam reif für den Praxiseinsatz in Schulen.

## Die Zukunft

Brickly war von vornherein als einfaches System gedacht. Gerade der Anfängergrad zeigt das noch deutlich, beschränkt sich die Bedienung doch einzig auf das zusammenschieben der Blöcke und einen Klick auf den „Los“-Knopf. Sämtliche Datenspeicherung geschieht automatisiert im

Hintergrund, sodass auch Kindergartenkinder nach wenigen Minuten eigene Programme „schreiben“ können.

Einen echten Plan für die Zukunft gibt es nicht. Brickly hat die meisten seiner Ziele erreicht. Speziell die Einbindung anderer fischertechnik-Hardware, allen voran die neuen Bluetooth-Geräte, werden aber mit sehr großer Wahrscheinlichkeit recht bald als nächster Entwicklungsschritt in Brickly umgesetzt.

Wo es danach hingeht, hängt auch vom Feedback der Community ab. Wenn es für bestimmte Funktionen einen konkreten Bedarf gibt, wird sich sicherlich auch jemand in der Community finden, der sich des Themas annimmt.

## Quellen

- [1] Till Harbaum: *Auf zu neuen Ufern: Die Geschichte der „Community-Firmware“ für den TXT*. [ft:pedia 4/2016](#), S. 59-67.
- [2] [Scratch](#)
- [3] [Snap!](#)
- [4] [Scratch-Demo](#)
- [5] [Snap!-Demo](#)
- [6] Scratch-X: [Experimental Extensions](#)
- [7] Github: [Scratch für fischertechnik](#)
- [8] Github: [Scratch für ROBO LT](#)
- [9] Github: [Scratch für den TXT](#)
- [10] Github: [FT-Robo-Snap](#)
- [11] Google: [Blockly](#)
- [12] Google: [Blockly-Code-Generatoren](#)
- [13] [Blockly-Games](#)
- [14] [Brickly-Code](#)
- [15] [Blockly-Developer-Tools](#)

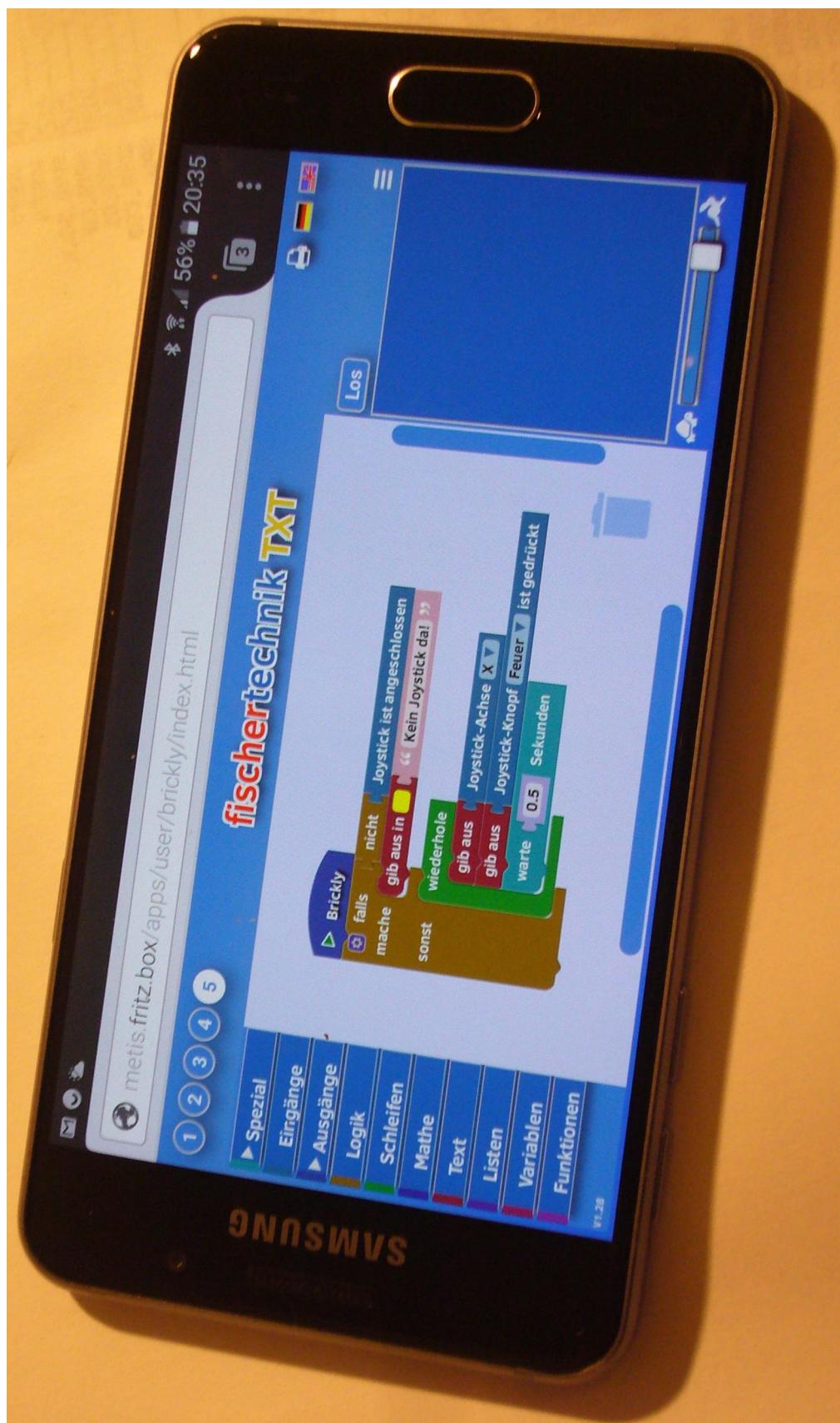


Abb. 8: Brickly – Programmierung des TXT vom Smartphone aus