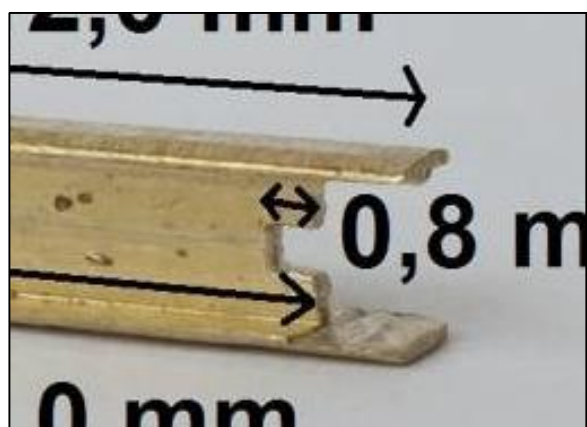


$$\int_{t_0}^{t_{up}} v(t) dt + 2 \cdot \frac{y'(t_{up})}{981 \frac{cm}{s^2}}$$



Editorial

## Wir sind der Trend.

Noch vor wenigen Jahren hatten wir allen Grund zu glauben, einer aussterbenden, vielleicht sogar etwas sonderbaren Spezies anzugehören: Einer Gruppe alternder Spinner, die nichts Besseres zu tun haben, als ihre knappe Freizeit mit dem Zusammenstecken von Bauklötzchen zu verbringen.

Drei Dinge haben uns eines Besseren belehrt.

Ding eins: Niemals hätten wir zu hoffen gewagt, dass wir dasselbe Leuchten, das ein fischertechnik-Kasten in unserer Kindheit auf unser Antlitz zauberte, auf Gesichtern der „Generation Z“, den „digital natives“ wiederentdecken würden. Spielzeug aus den vorrevolutionären 60er Jahren, uncooler noch als ein Nokia-Handy, das ein Smartphone aussticht? Obwohl man es mit den untrainierten anderen neun Fingern bedienen muss und es nicht automatisch an facebook postet? Unglaublich. Aber es ist so. Und nicht nur bei pathologischen Ausnahmen: Kinder, die wie wir damals Stunden über Stunden mit wachsender Begeisterung Modelle konstruieren und dabei jedes Zeitgefühl verlieren, gibt es überall. Wer das nicht glaubt, stelle einem von ihnen einfach mal einen fischertechnik-Kasten hin – und beobachte, was passiert.

Ding zwei: Hätten wir es vor zwei Jahren für möglich gehalten, dass eine Maker-Messe zigtausende Besucher nach Hannover lockt? Dass ein fischertechnik-Community-Stand dort mehr begeisterte Besucher findet, als unsere geliebte Convention in Erbes-Büdesheim? Sprießende fischertechniker-Treffen, rapide steigende

Dirk Fox, Stefan Falk

Umsätze bei fischertechnik und auch die 70.000 Downloads der ft:pedia im vergangenen Jahr beweisen: Wir sind nicht nur nicht allein. Wir sind der Trend.

Ding drei: fischertechnik sticht Lego. Unglaublich, dass ein klitzekleines Unternehmen aus dem Schwarzwald mit äußerst übersichtlicher Mitarbeiterzahl einem Konzern mit 12.000 Mitarbeitern und 3,4 Mrd. € Umsatz seit Jahrzehnten eine mechanisch, statisch, pneumatisch und elektronisch überlegene Technik entgegensetzt. Schritt für Schritt zahlt es sich aus: Nachdem Taiwan, Mexiko, Brasilien, Teile der USA und China auf das „Ingenieurspielzeug aus Deutschland“ setzen, entdecken auch deutsche Schulen wieder die Überlegenheit von fischertechnik als Lernspielzeug.

Im kommenden Jahr findet die Weltmeisterschaft des größten Roboterwettbewerbs [RoboCup](#) in Leipzig statt. Hoffentlich werden dort viele deutsche Schüler-teams zeigen, was mit fischertechnik möglich ist – und die Pokale an deutsche Schulen holen. Mit der ft:pedia wollen wir das unterstützen – durch Know-How- und Begeisterungsvermittlung. Allen Autoren ein großes Dankeschön für ihre tatkräftige Mithilfe.

Beste Grüße  
Euer ft:pedia-Team

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

## Inhalt

Wir sind der Trend.....	2
RoboCup Junior German Open .....	4
Kardanische Gelenkwelle .....	8
Neue ft-Teile selbst gemacht: Kleines Kardangelenk für Rastachsen.....	15
Schwingförderer.....	19
ft-Spezialteile made by TST (Teil 11).....	24
Endlagendämpfung.....	26
Laser-Anwendungen (2): Nivelliergerät .....	31
Drucksensoren für fischertechnik.....	36
Anwendungen für Magneten (1): Induktionssensor .....	40
Detail Engineering: Transformer .....	44

## Termine

Was?	Wann?	Wo?
Geburtstagsfest – 50 Jahre fischertechnik	26.07.2015	Waldachtal
ft-Convention 2015	26.09.2015	Dreieich (Frankfurt)
Clubdag Schoonhoven	07.11.2015	Schoonhoven (NL)
ft-Modellausstellung	22.11.2015	Münster

## Impressum

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

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

**Autoren:** Stefanie Busch (die\_mädels), Stefan Falk (steffalk), Dirk Fox (Dirk Fox), Andreas Gail, Andreas Kempf (andi1965), Jens Lemkamp (lemkajen), Stefan Reinmüller (Stefan Rm), Andreas Tacke (TST), Martin Wanke (Martin Wanke), Martin Westphal (Masked).

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

Erfahrungsbericht

## RoboCup Junior German Open

Andreas Kempf

*Seit 1997 wird jährlich der weltweite Robotik-Wettbewerb „RoboCup“ ausgetragen. Er soll die Weiterentwicklung von Robotern inspirieren – mit dem Ziel, im Jahr 2050 mit einem Roboter-Team den dann amtierenden Fußballweltmeister zu schlagen. Seit dem Jahr 2000 gibt es auch eine „Junior League“ – an der Schüler mit fischertechnik-Robotern immer wieder Preise einsammeln. In diesem Jahr gelang das einem Team aus Lahr in der Disziplin Soccer.*

Im Herbst 2014 beschloss die seit Herbst 2013 bestehende [Roboter AG am Scheffelgymnasium in Lahr](#), beim Robocup Junior 2015 mit zwei Teams und fischertechnik-Robotern in der [Disziplin Soccer](#) anzutreten.

### Der Wettbewerb

In dieser Disziplin wird in verschiedenen Altersklassen (der Schüler) und Gewichtsklassen (der Roboter) mit einem Ball von 8 cm Durchmesser, der ein gepulstes Infrarotsignal aussendet, auf einem ca. 1,8 x 1,25 m großen Spielfeld Fußball gespielt. Die Roboter müssen sich völlig autonom auf dem Spielfeld bewegen; eine Fernsteuerung oder ein anderer Eingriff von außen ist nicht erlaubt.

Wir haben uns für den *Soccer Light Weight*-Wettbewerb für Teilnehmer bis einschließlich 14 Jahre entschieden. Hier treten zwei eigene Roboter gegen zwei gegnerische an. Die Roboter dürfen je nur 1100 g wiegen und maximal 22 cm im Durchmesser und in der Höhe messen.

### Unser Soccer-Roboter

Wir haben zunächst mit dem fischertechnik Kasten *Robotics Competition Lab* ein erstes Modell entworfen. Dann haben wir uns den offiziellen Spielball zugelegt.



Abb. 1: Soccer-Roboter im Oktober 2014

Um den Ball „sehen“ zu können, haben wir einen IR-Sensor von einer Firma in Australien beschafft. Zusätzlich haben wir einen Kompass-Sensor eingebaut, damit die Roboter auf das richtige Tor schießen.

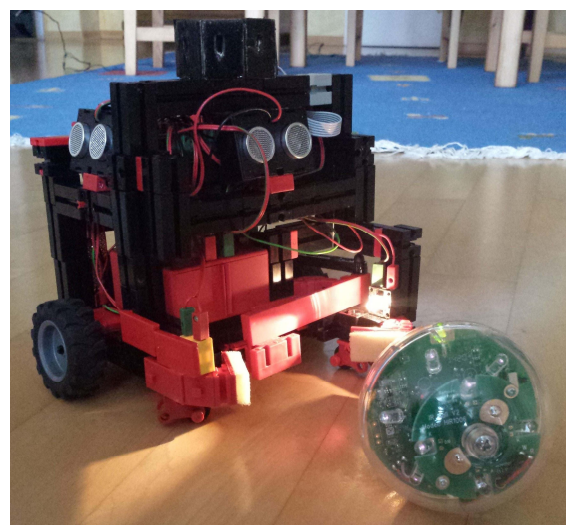


Abb. 2: Roboter im Dezember 2014

Weiter wurden die IR-Liniensensoren von fischertechnik eingesetzt, um die Begrenzung des Spielfeldes (weiße Linie) zu erkennen, und eine Lichtschranke zur Feststellung des „Ballbesitzes“.

Um den Ball zu „führen“ haben wir eine Rolle mit Führung konstruiert – der Ball darf bei Ballbesitz bis zu 3 cm „in den Roboter hineinragen“.

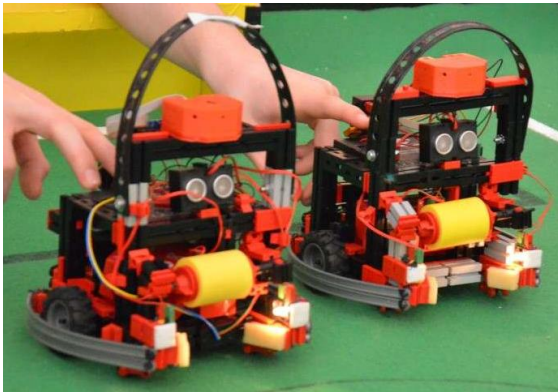


Abb. 3: Roboter im Februar 2015

Lego bietet zwar fertige IR- und Kompass-Sensoren an, und diese ließen sich sogar per I<sup>2</sup>C-Schnittstelle an den fischertechnik-Controller anschließen. Allerdings hat der IR-Sensor von Lego nur eine Reichweite von maximal etwa 80 cm; unser IR-Sensor deckt dagegen ca. 2 m ab.

## Die Turniere

Nach nur vier Monaten Vorbereitung starteten unsere Roboter bei der Süddeutschen Meisterschaft im Robocup Junior in Vöhringen (bei Ulm).

Dort wurden wir von einer Regeländerung überrascht: 2014 durfte noch jeder Roboter während des Spiels ins Aus fahren; 2015 wurde jeder Roboter, der ins Aus fuhr, für eine Minute vom Platz gestellt. In den ersten beiden Spielen waren unsere beiden Roboter daher öfter außerhalb des Spielfelds, und der Gegner hatte „freie Bahn“ – beide Spiele haben wir deshalb verloren.

Merke: Vor dem Wettbewerb sollte man sich unbedingt nochmal die aktuellen

Regeln ansehen – sie werden Jahr für Jahr ein wenig herausfordernder.

Zwar waren wir in der Disziplin Soccer die Einzigen mit einem fischertechnik-Roboter – zum Glück aber gab es einige (wenige) Teams mit fischertechnik-Robotern beim Rescue-Wettbewerb. Daher konnten wir uns von einem Team aus Schorndorf deren Ersatz-Liniensensor borgen – und hatten beim dritten Spiel den Liniensensor eingebaut und das Programm überarbeitet. Damit erreichten wir ein respektables „unentschieden“.

Nach einem erneuten Feintuning des Programms gewannen wir die Spiele vier und fünf – und errangen mit unseren fischertechnik-Robotern auf Anhieb einen 2. und einen 5. Platz. Damit hatten wir uns für die German Open im Robocup Junior in Magdeburg qualifiziert.

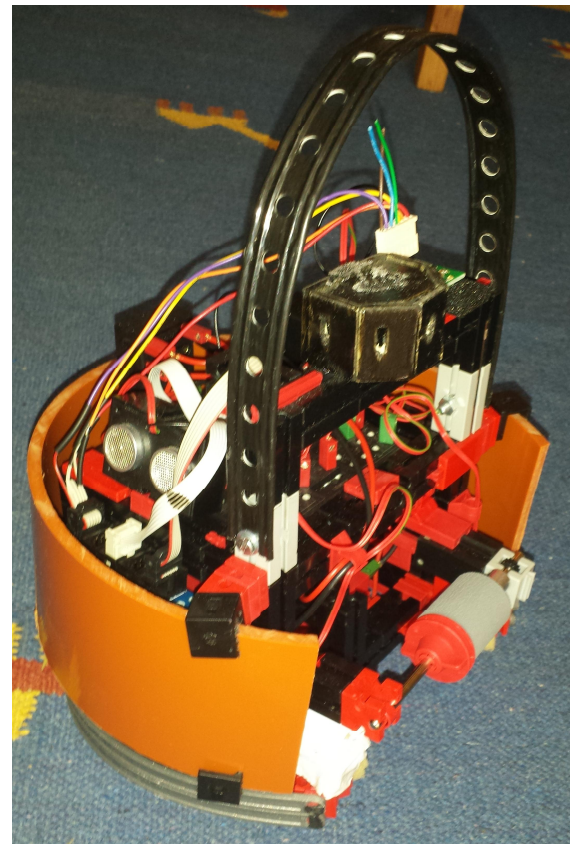


Abb. 4: Roboter im April 2015



Abb. 5: Siegerehrung in Vöhringen

Auch in Magdeburg waren wir das einzige Team, das in der Disziplin Soccer fischertechnik einsetzte – und wir waren auch das einzige Team aus Baden, das sich qualifiziert hat.

Wir erreichten den dritten Platz – und verpassten damit ganz knapp die Qualifikation für den diesjährigen World-Cup in Hefei (China), denn in diesem Jahr qualifizierten sich nur die ersten beiden Sieger.

Eventuell dürfen wir aber noch über einen „Nachrückerplatz“ fischertechnik beim RoboCup in China vertreten.



Abb. 6: Siegerehrung in Magdeburg

Einen Ausschnitt aus einem unserer Wettkampf-Spiele kann man sich in einem [Youtube-Video](#) ansehen.



Abb. 7: So sehen Sieger aus – die Robotik-AG des Scheffelgymnasiums in Lahr

## Lessons Learned

Ein großer Vorteil von fischertechnik ist, dass man schnell vor Ort noch etwas verändern oder umbauen kann. Auch die graphische Programmierung mit ROBO Pro gelingt schnell und übersichtlich.

Wir konnten teilweise sogar in den Pausen zwischen zwei Halbzeiten noch kleine Änderungen an unserem Programm vornehmen.

Eine Herausforderung ist die mechanische Stabilität des Roboters. In der Disziplin Soccer treten nicht zu vernachlässigende große Kräfte auf: zum einen durch die ständige Beschleunigung, zum anderen durch Kontakte mit dem Gegner oder der Bande.

Bei uns wurde dadurch öfter das Fahrgestell etwas verschoben, wodurch die Zahnräder der Motorübersetzung nicht mehr 100%ig griffen. Auch sollten die Räder geschützt werden.

Die Motoren sollten genügend Kraft haben. Wir haben in Vöhringen mit den Encodermotoren gespielt und wollten für Magdeburg auf die Powermotoren umsteigen. Allerdings lassen sich diese sehr schwer stabil befestigen. Wir haben daher vor Ort unsere Roboter zunächst wieder auf die Encoder zurückgebaut. Derzeit testen wir den XM-Motor; eventuell ist der eine Alternative.

In jedem unserer Roboter ist ein Materialwert von ca. 800 € verbaut – bei vier Robotern ist das nicht wenig. Dabei wurden wir mit Sachspenden in Höhe von ca. 2.000 € von der Firma fischertechnik unterstützt.

Beim Fanclubtag Ende Juli in Waldachtal werden wir unsere Roboter vorstellen, ebenso beim Schul-Robotik-Cup Mitte Juni in Karlsruhe und bei den Science-Days im Europapark im Oktober.

## Ausblick

Insgesamt haben etwa 1.300 Schülerinnen und Schüler aus 89 Schulen mit 419 Teams an den RoboCup German Open 2015 teilgenommen. Leider gingen davon (meines Wissens) bundesweit nur acht Teams mit fischertechnik an den Start.

Im Jahr 2016 findet die RoboCup-WM nach zehn Jahren wieder in Deutschland statt – in Leipzig. Wir hoffen, dass dann mehr fischertechnik-Teams dabei sein werden.

Als Einsteigerwettbewerb ist der ‚1 gegen 1 open‘ gut geeignet: Da benötigt man nur einen Roboter und man spielt mit ‚Bande‘ wie im Hallenfußball.

Wir werden jedenfalls wieder antreten.

Gerne stehe ich – für eine kleine Spende an unsere AG – auch für ein Coaching neuer Teams zur Verfügung (Kontakt: Roboter AG am Scheffelgymnasium in 77933 Lahr, [kdu@gmx.de](mailto:kdu@gmx.de)).

Mechanik

## Kardanische Gelenkwelle

Stefanie Busch

*Wir Mädels wollten im Jahr 2014 nicht mehr nur als „Anhängsel“ unserer Jungs auf die ft-Convention nach Erbes-Büdesheim. Unsere Idee, ein Walzwerk zu bauen, haben wir dann mit viel Spaß und großem Lerneffekt umgesetzt. Der Knackpunkt waren die Antriebe der Anlage. In Walzwerken sind viele große und kleine Gelenkwellen in verschiedenen Anwendungen verbaut. Leider eignen sich die einfachen aus Standard-ft-Gelenkwellen-Teilen gebauten Wellen nicht für alle Antriebe. In diesem Artikel wird der Aufbau und Einsatz von Gelenkwellen in industriellen Anwendungen beschrieben und Anregungen gegeben, wie man diese mit fischertechnik bauen kann.*

Im Jahr 1501 wird in Pavia (Italien) Gerolamo Cardano geboren. Er gilt als einer der großen Universalgelehrten der Renaissance. Im Laufe seines Lebens hat er sich mit vielen Wissensbereichen wie z. B. Medizin, Mathematik, Philosophie, vergleichende Religionsgesellschaften, Physik, Chemie, Ingenieurs-Wissenschaften, Pharmazie und Architektur beschäftigt.

Bereits zu Lebzeiten war er international sehr anerkannt, vor allem wegen seiner medizinischen Erfolge. Heute ist er vor allem durch das Kardangelenkbzw. die Kardangelenkwelle und durch die kardanische Aufhängung bekannt [1].



Abb 1: Gerolamo Cardano (1501-1576)

### Warum wird die Gelenkwelle auch Kardanwelle genannt?

Gerolamo Cardano hat um das Jahr 1548 für eine Kutsche von Kaiser Karl V. eine Gelenkwelle entworfen. Deshalb wird die Gelenkwelle auch Kardanwelle genannt [2].

### Wozu braucht man Gelenkwellen?

Gelenkwellen werden zur Übertragung des Drehmoments überall eingesetzt, wo Antriebs- und Abtriebswelle nicht in einer Flucht angeordnet werden können und das zu übertragende Drehmoment so groß ist, dass eine biegsame Welle nicht mehr ausreicht.

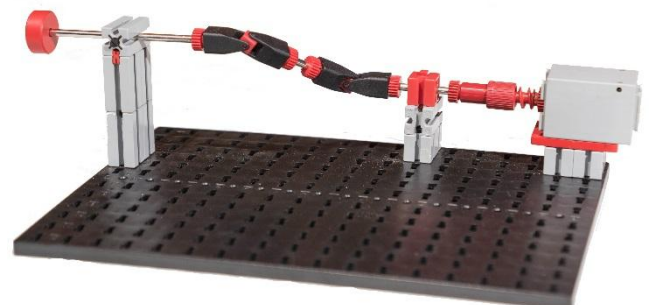


Abb. 2: Einsatz der Gelenkwelle bei versetzter Antriebs- und Abtriebswelle

Die Gründe für den Aufbau eines Antriebs mit nicht fluchtenden Antriebs- und Abtriebswellen können z. B. Platzprobleme



innerhalb der Anlage sein. Zwei Abtriebswellen lassen sich nur so anordnen, dass kein Platz mehr für beide Antriebsmotoren in der richtigen Lage ist.

Ein anderer Grund kann die Umgebungsbedingung in der Anlage sein. So ist es z. B. in dem Teil der Papiermaschine, in dem das Papier getrocknet wird, so heiß und feucht, dass Elektromotoren nicht betrieben werden können. Die Antriebe werden in einigen Metern Entfernung montiert, oft hinter einer Wand, und das Drehmoment wird mittels einer Gelenkwelle zur Abtriebswelle übertragen. Eine genaue Ausrichtung von Motor und Trockenzyylinder wäre sehr aufwändig, in vielen Fällen technisch auch nicht möglich. Die Gelenkwelle ist die optimale Lösung.

### **Wo werden Gelenkwellen eingesetzt?**

Gelenkwellen werden hauptsächlich im Automotive-Bereich (z. B. Autos, Nutzfahrzeuge, Traktoren oder Baumaschinen) und im Industriebereich (Bergbau, Walzwerke, Papiermaschinen, Bahnantriebe, in Prüfständen, für Pumpenantriebe oder im Schiffs- und Kranbau) eingesetzt. Sonderanwendungen sind z. B. Seilbahnen oder Fahrgeschäfte auf Rummelplätzen.

### **Wie groß sind Gelenkwellen?**

Wie groß eine Gelenkwelle sein muss, hängt im Wesentlichen vom zu übertragenden Drehmoment ab. Wie groß das maximal von der Welle übertragene Drehmoment ist, wird durch die Größe des Gelenks bestimmt. Deshalb wird für die Angabe der Gelenkwelengrößen der Rotationsdurchmesser (Durchmesser des Gelenks) angegeben. Die Anschlussflansche am Gelenk können deutlich größer sein.

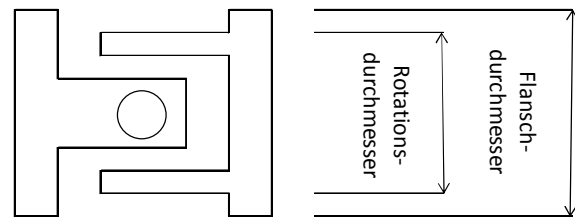


Abb. 3: Rotations- und Flanschdurchmesser

Die kleinsten Gelenkwellen für Industrieanwendungen gibt es ab einem Rotationsdurchmesser von ca. 1 cm und einer Länge von 16 cm (Standard-) Länge (zusammengeschoben). Sie wiegt ca. 200 g und kann 6 Nm übertragen [3].



Abb. 4: Kleine Industriewelle im Verhältnis zu einem 30er Baustein

Sehr große Gelenkwellen haben einen Rotationsdurchmesser von 1.460 mm, eine Länge von mehreren Metern und können Drehmomente bis zu 20.000 kNm übertragen. Ein einzelnes Gelenk hat ungefähr die Dimension eines kleinen Kleinwagens und wiegt bis zu 20 t.

Dazwischen gibt es je nach Hersteller verschiedene Abstufungen in den Baugrößen. In Sonderfällen (z. B. bei Platzknappheit an der Antriebsachse) werden auch Gelenkwellen mit zwei unterschiedlich großen Gelenken gebaut. Das größere Gelenk wird dann nur wenig belastet, das kleinere muss als Verschleißteil bei z. T. wesentlich geringerer Lebensdauer öfter getauscht werden.

### **Wie ist eine Gelenkwelle aufgebaut?**

Eine Gelenkwelle besteht aus zwei kardanschen Gelenken und einem Mittelteil.

## Die Gelenke

Die Gelenke bestehen im Wesentlichen aus einem Zapfenkreuz und zwei Gabeln (bei Fischertechnik: Getriebeklauen). Bei industriell genutzten Wellen werden je nach Ausführung und Konstruktion weitere Teile wie z. B. Wälzlager, Abschmiereinrichtungen oder Sicherungsringe und Scheiben verbaut.

Eine Besonderheit bei den Schmiernippeln: Standardmäßig werden Gelenke zentral, also an einem Punkt in der Mitte des Zapfenkreuzes abgeschmiert. In Abb. 5 sitzt dieser zentrale Schmiernippel unter dem roten Käppchen in der Bildmitte (blauer Pfeil).

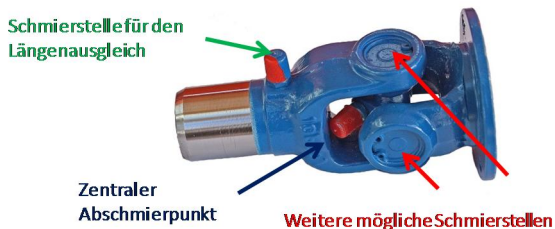


Abb 5: Schmierstellen einer Kardanwelle

In einigen Anwendungen ist jedoch eine Abschmiereinrichtung auch außen an den Enden des Zapfenkreuzes vorgesehen – im Bild an den roten Pfeilen. Diese Schmiernippel müssen genauso wie der Schmiernippel des Längenausgleichs – grüner Pfeil – besonders dicht sein. Wenn sich die Welle dreht, wirkt die Zentrifugalkraft. Werden keine Sonderschmiernippel verwendet, die ganz dicht schließen, spritzt das Fett durch die Anlage und die Lager des Gelenks laufen trocken.

Zapfenkreuze sind in den „Standard-“ Kardangelenken bei Fischertechnik als Würfel ausgeführt. Im Kasten *Technical Revolutions* wird ein Zapfenkreuz gebaut, das dem der Industrieanwendung eher entspricht und auf seinen Namen schließen lässt.

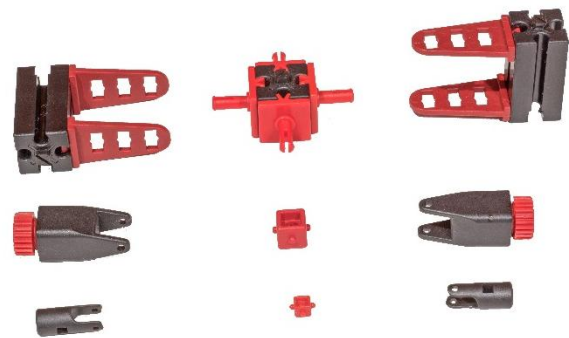


Abb. 6: Zapfenkreuze: Modell aus *Technical Revolutions* und ft-Standard-Würfel (jeweils mit zugehörigen Gabeln bzw. Getriebeklauen)

Die kürzeste Möglichkeit eine Gelenkwelle zu bauen, ist zwei Gelenke zu kombinieren.

## Das Mittelteil

Über die Mittelteile wird die Länge bzw. der Längensbereich der Gelenkwelle bestimmt.

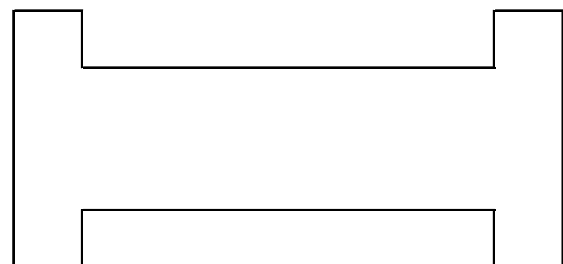


Abb. 7: Mittelteil mit fester Länge und zwei Flanschen zum Anschrauben der Gelenke

Die baulich einfachste Variante ist die Kardanwelle mit festem Mittelteil. Sie entspricht der „Standard“-ft-Gelenkwelle bestehend aus zwei Gelenken, die mit einer Achse verbunden sind.

Für die Verbindung der Gelenke gibt es bei Fischertechnik zwei Standardlösungen: die Achse wird geklemmt oder gesteckt.

Bei Gelenkwellen für Industrieanwendungen werden die Gelenke entweder über Flanschverbindungen angeschraubt oder sie sind mit dem Mittelteil fest verschweißt.



Abb. 8: Standard-ft-Wellen mit Klemm- und Rastachse

Die feste Länge der Gelenkwelle setzt voraus, dass die Position von Antriebs- und Abtriebswelle nicht veränderbar sind und an einer anderen Stelle ein Ausgleich vorhanden ist, um die Welle ein- und auszubauen. Anwendungen können z. B. Walzwerke mit festem Walzenabstand sein. Bei den ft-Gelenkwellen mit Spannzange besteht dieser Längenausgleich darin, dass man die Achsen innerhalb des Anschluss-teils bei der Montage verschieben kann.

Die häufigste Variante in Industrieanwendungen ist das Mittelteil mit Längenausgleich.

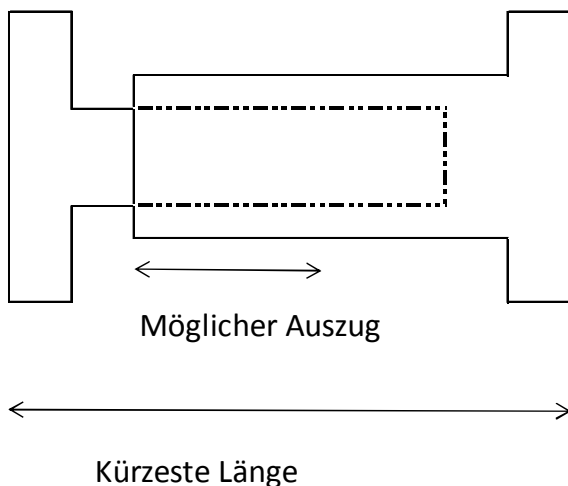


Abb. 9: Mittelteil mit Längenausgleich

Bei einem Mittelteil mit Längenausgleich sind die Lage von Antriebs- und Abtriebswelle veränderbar. Diese Wellen werden z. B. für den Antrieb von Walzenpaaren mit einstellbarem Spaltmaß verwendet.

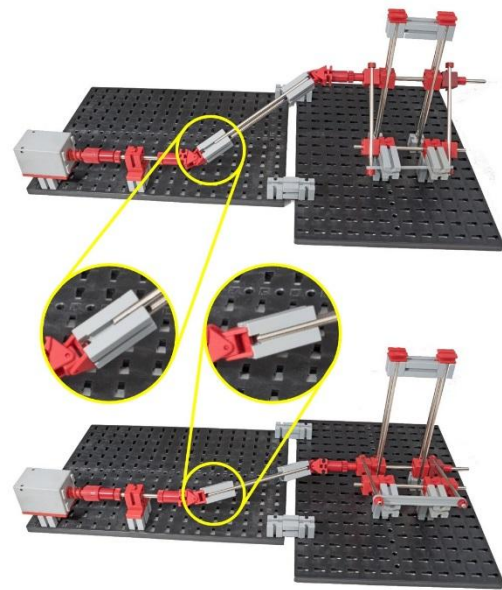


Abb. 10: Modell: Walzenpaar mit verstellbarem Spaltmaß

Eine Gelenkwelle mit variabler Länge lässt sich in der Anlage einfacher ein- und ausbauen.

Das Mittelteil der Industriewellen mit Längenausgleich besteht aus einem profilierten Zapfen und zugehöriger Hülse. Zur Übertragung des Drehmoments ist eine Verzahnung des Zapfens und der Hülse nötig. Die Verbindung muss zentrierend sein. Gängige Profile sind SAE- oder Evolventen-Verzahnungen. Welches Profil für welche Anwendung bei welcher Welle verwendet wird ist das Knowhow des Herstellers.

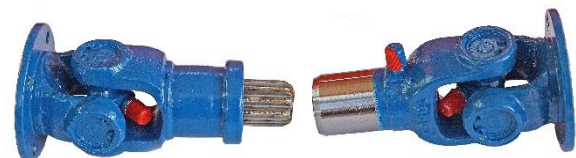


Abb. 11: Industriegelenkwelle mit auseinander gezogenem Längenausgleich

Die Länge dieser Wellen ist auch im Betrieb änderbar. Ein Nachteil ist der große Widerstand beim Verschieben des Mittelteils. Diese Reibungen können durch mäßiges Schmieren oder eine Beschichtung der Laufflächen minimiert werden.

Je größer der Verzahnungsdurchmesser im Verschiebeteil ist, desto geringer werden (bei gleichem Drehmoment) die Verzahnungskräfte. Damit werden auch die Reibkräfte beim Verschieben entsprechend niedriger.

Wie weit Zapfen und Hülse im Betrieb überlappen müssen ist in den Einbauvorschriften des Herstellers nachzulesen.

Für Anwendungen bei denen der Längenausgleich in der Gelenkwelle sehr leicht laufen muss oder sich die Länge der Gelenkwelle im Betrieb permanent ändert, gibt es von wenigen Herstellern Sonderkonstruktionen. Ein Beispiel ist die Aufrollung bei Papiermaschinen. Hier wird ein wälzgelagertes Schiebeteil verwendet (*Tripodewelle*).

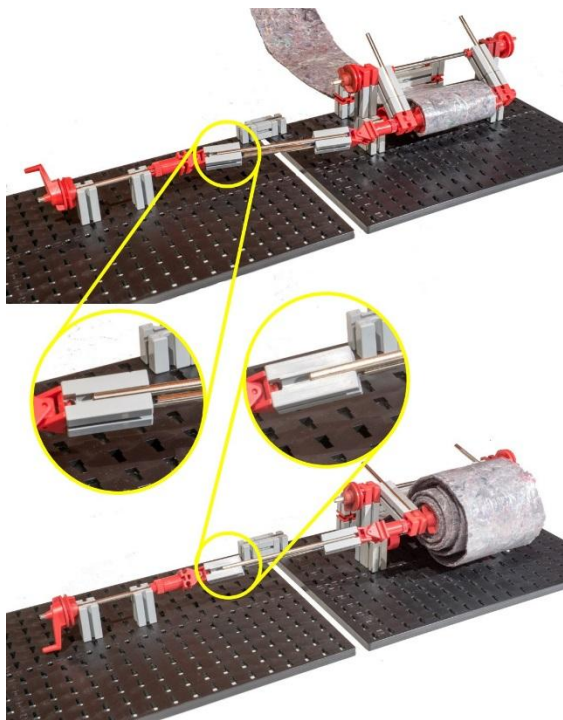


Abb. 12: Modell: Aufrollung mit Gelenkwelle deren Länge im Betrieb verändert wird

### **Möglichkeiten mit fischertechnik**

Dieser Teil des Artikels erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Es sollen hier Anregungen geben werden, wie Gelenkwellen mit fischertechnik gebaut werden können. Zweifelsfrei gibt es noch

viele andere tolle und ausgeklügelte Lösungsmöglichkeiten.

Ich habe an dieser Stelle das Rad nicht neu erfunden, sondern greife auf Tipps von anderen ft-Konstrukteuren zurück. Den Urheber habe ich jeweils nach bestem Wissen und Gewissen genannt.

Für die beschriebenen Modelle wurde immer die gleiche Kardanwelle mit veränderbarer Länge verwendet.

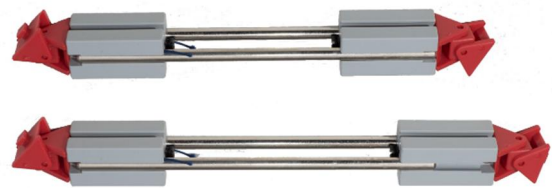


Abb. 13: fischertechnik-Welle mit Längenausgleich

Als Gelenke sind rote kardanische Lager verbaut. Gefunden habe ich dieses Bauteil in der ft:pedia 3/2012, Seite 16 – dem Beitrag „Perlentauchen (Teil 1)“. Vielen Dank an Stefan Falk [4].

Diese Gelenksteine haben den Vorteil, dass sie direkt auf einen 30er Baustein passen. Mit Hilfe eines BS 7,5 und einer Achsver schraubung kommt man wieder auf eine Achse um einen Antrieb oder Abtrieb anzubauen.

Mein Mittelteil habe ich aus zwei Achsen, zwei 30er-Bausteinen und 10 cm Schnur gebaut. Beide Achsen wurden mit Hilfe der Schnur in einen der Bausteine geklemmt. Damit die beiden Achsen später im zweiten Grundbaustein sauber laufen, muss auf die Lage der Schnur – eine rechts und eine links – geachtet werden.

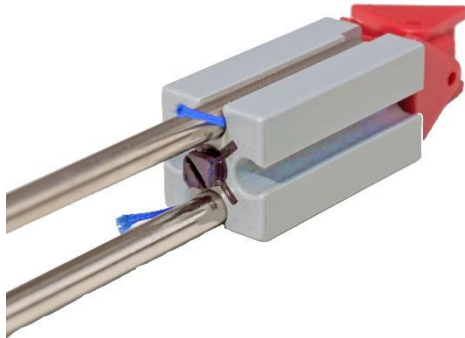


Abb. 14: Lage der Schnüre beim Klemmen der Achsen

Für meine Modelle war die Größe der Welle genau richtig und für das zu übertragende Drehmoment ausreichend. Um größere Gelenkwellen-Modelle zu bauen, gibt es mit Sicherheit noch viele weitere Möglichkeiten. So kann man auch aus den in Bild 5 gezeigten Gelenkteilen aus dem Kasten *Technical Revolutions* eine Gelenkwelle bauen.

Größere Gelenkwellen passen aber in der Regel nicht mehr in ft-Modelle. Deshalb gehe ich an dieser Stelle nicht weiter darauf ein, wie man noch größere Gelenkwellen – egal ob mit oder ohne Längenausgleich – bauen kann.

Für Gelenkwellen mit Längenauszug und kleinerer Bauweise bleibt wohl nur: Teile „modden“ oder Fremdteile verwenden.

Im Bilderpool gibt es dazu ein Beispiel von Harald Steinhaus.

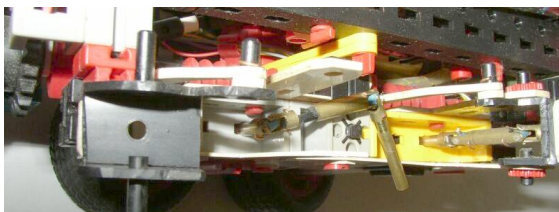


Abb. 15: Gelenkwelle mit geschäfteten Achsen von [Harald Steinhaus](#)

Bei diesem Prinzip werden zwei Achsen angeschäftet, gegeneinander gelegt und mit einer Hülse gesichert.

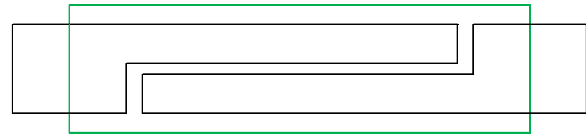


Abb. 16: Mittelteil aus zwei geschäfteten Achsen und einer – hier grünen – Hülse

Von Mirose stammt die Grundidee, den Auszug aus einem Vierkant-Material und einem passenden Vierkant-Hohlmaterial – als Hülse in Abb. 17 grün – zu bauen.



Abb. 17: Schema: Längenauszug mit Vierkant-Material

Ein Beispiel einer solchen Welle habe ich nicht gefunden und ich habe auch (noch) nicht versucht, ein solches Mittelteil zu bauen. Mal schauen ob ich eine Möglichkeit finde, die Teile zu bearbeiten.

## Fazit

Die Möglichkeiten mit fischertechnik sind im Allgemeinen sehr vielfältig und man findet fast immer eine Lösung für sein Bauproblem. Das stöbern im Forum und Bilderpool der ft-community und der bisherigen Artikel in den ft-pedias sind dabei sehr hilfreich.

Leider sind die Möglichkeiten, Gelenkwellen bzw. Mittelteile mit Längenauszug zu bauen, eher gering. Wem die Gelenkwelle aus Abb. 13 zu groß ist, dem bleibt nur die Möglichkeit, Teile zu „modden“ oder Fremdteile zu verwenden.

## Quellen

- [1] Wikipedia: [Gerolamo Cardano](#)
- [2] [Lebenslauf Gerolamo Cardano](#)
- [3] Elso-Elbe: [Technische Daten der kleinen Gelenkwelle](#).
- [4] Stefan Falk: [Perlentauchen \(Teil 1\)](#). ft:pedia 3/2012, S. 11-18.
- [5] Voith Turbo GmbH & Co. KG, Heidenheim



Abb. 18: [Hochleistungs-Gelenkwelle](#) © Voith Turbo GmbH & Co. KG [5]

Tipps &amp; Tricks

## Neue ft-Teile selbst gemacht: Kleines Kardangelenk für Rastachsen

Martin Wanke

*fischertechnik-Kardan-Gelenke gibt es seit 1967. Das erste Kardan-Gelenk für die Metallachsen war jedoch voluminös und knapp zwei Grundbausteine lang (6 cm). Für die Rastachsen erschien 1991 ein schmaleres, Baulänge 3 cm. Aber auch das kann gelegentlich zu groß sein.*

Wer sich schon mal für sein fischertechnik-Modell ein kleines Kardangelenk gewünscht hat, etwa an schmalen Stellen oder bei kurzen Baulängen, der hat wahrscheinlich Modellbau-Webseiten oder -Kataloge zu Rate gezogen und dort eventuell auch eine mehr oder weniger gute Lösung gefunden. Wem diese dann aber immer noch nicht passend und klein genug war, dem ist vielleicht auch der Gedanke eines Eigenbaus gekommen – so in meinem Fall.

Mein Resultat ist ein Bauteil, welches sich sowohl gut mit dem Rastachsen- als auch mit dem Klemmsystem kombinieren lässt, mit einer Baulänge von 15 mm und einen Durchmesser von 4 mm (Abb. 1).



Abb. 1: Messing-Kardangelenk

Als Werkzeug für die Herstellung benötigt man eine kleine Metallsäge, einen Satz Schlüsselfeilen (das sind sehr kleine Metallfeilen), ein Schraubstock und eine Bohrmaschine mit fein abgestuften Bohrern (5 mm, 4,5 mm, 4,2 mm, 4,1 mm, 4,0 mm, 3,9 mm, 1,0 mm) und eine Nadel. Sehr hilfreich ist

noch eine kleine Fein-Bohrschleifmaschine (von Dremel, Proxxon o.ä.).

### Profil herstellen

Das Ausgangsmaterial ist ein Messing-Quadratprofil 3x3 mm und ein Messing-I-Profil 4x3 mm. Ein I-Profil ähnelt einem H-Profil, hat nur im Unterschied zum H-Profil keinen quadratischen, sondern einen rechteckigen Querschnitt. Beides gibt es im Modellbau.



Abb. 2: Runddrücken des I-Profils

Zunächst muss man das rechteckige I-Profil abrunden, oder genauer gesagt, rund ‚drücken‘. In dem Eisenstück in Abb. 2 sind Löcher, die von der einen Seite mit einem kleinen Bohrer ganz durchgebohrt und von der anderen Seite mit einem etwas größeren Bohrer nur halb durchgebohrt sind. So verzüngen sich die Löcher zu einer Seite hin.

Mit der größeren Öffnung muss man jetzt das Eisenstück über das eingespannte Profil schieben und dann weiter pressen, sodass das Profil hinten etwas runder rauskommt. Weil das recht schwer geht, kann man das Eisenstück auch mit einem Hammer und einem Rohr treiben (im Bild habe ich als Rohr die silberne Zündkerzen-Nuss im Hintergrund verwendet).



Abb. 3: Eisenstück mit Bohrungen

Die Prozedur muss man in mehreren Schritten mit immer kleineren Löchern wiederholen, zuletzt von 4,0 auf 3,9 mm (in Abb. 3 ist das Loch 4,0-3,9 mm unbeschriftet). Man darf bei 4,0 mm noch nicht aufhören, da dann das Profil immer noch in einigen ft-Löchern und Nuten klemmt. Das fertige Profil sollte sich aber leicht in allen ft-Löchern drehen können.



Abb. 4: Profil in Baustein 15 mit Bohrung

In der Industrie wird so übrigens z. B. aus einem Metallblock Draht hergestellt, allerdings wird dabei das Zieheisen nicht über das Material gedrückt, sondern das Material durch das Zieheisen hindurch gezogen.

### Zwischenstufe: Mini-Steckverbinder für Rastachsen

Als Zwischenstufe auf dem Weg zum Kardangelenk kann man sich jetzt Mini-Steckverbinder basteln, als Erweiterung des Steckachsensystems sozusagen.



Abb. 5: Mini-Steckverbinder für Rastachsen

Dazu kann man zunächst in ein Ende des Profils eine Aussparung und eine kleine Nut sägen und feilen (Abb. 5), dann ein Stück von 12 mm Länge absägen und vom abgesägten Stück die zweite Seite genauso bearbeiten (Abb. 6).

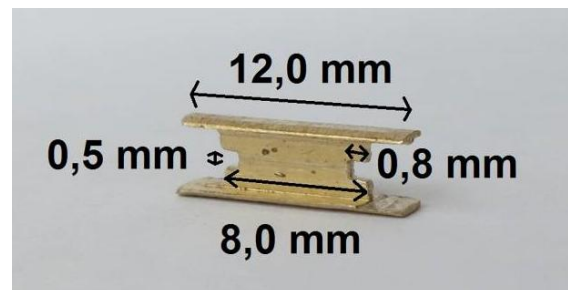


Abb. 6: Maße des Mini-Steckverbinders

Mit diesem Mini-Steckverbinder kann man Rastachsen platzsparend verbinden, indem man ihn in die Enden der Rastachsen steckt. Zusätzlichen Halt geben die Überstände oben und unten. Weiterhin kann man ihn in die rechteckigen Öffnungen von Rast-Teilen stecken und so z. B. Rastzahnäder direkt miteinander verbinden, oder auch die Achsen in kleinen Schritten verlängern.

Dabei dienen die kleinen Kerben links und rechts dazu, dass man die Mini-Steckverbinder verschränkt aneinander stecken kann (siehe Abb. 7, 8 mit verschiedenen Anwendungsbeispielen).



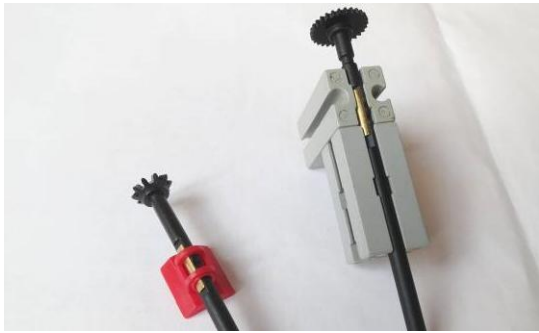


Abb. 7, 8: Anwendungen der Steckverbindung

### Klauen für das Kardangelenk

Aber nun zurück zum Kardangelenk. Dazu stellt man aus dem Profil zwei Klauen mit den gezeigten Abmessungen her. Dabei empfehle ich, mit der Seite zu beginnen, an der die Bohrung benötigt wird (Abb. 9), weil letztere etwas Sorgfalt verlangt.



Abb. 9: Kardangelenk-Klaue

Denn der Bohrer rutscht leicht ab und das Loch sollte möglichst genau mittig sein. Unabgesägt kann man das Profil, wie beim Steckverbinder auch, noch gut festhalten oder einspannen.



Abb. 10: Bohrung

Es ist nicht notwendig, für das Loch einen 0,5 mm-Bohrer zu kaufen. Eine einfache Stecknadel reicht völlig, wenn man deren Kopf entfernt (brechen oder mit der Fein-Bohrschleifmaschine abschleifen) und dann die Spitze schräg anschleift.

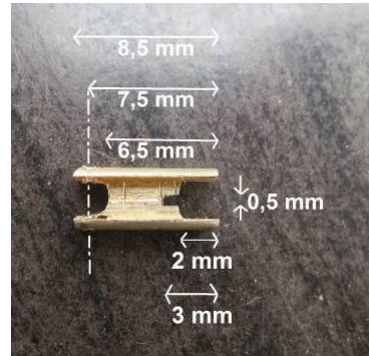


Abb. 11: Maße der Kardangelenkklau

Nadeln sind aus zähem und relativ hartem Stahl gefertigt, so dass sie das Messing mühelos durchdringen. Der Nachteil ist, dass man sie nicht mit einer Säge oder Feile bearbeiten kann, da das Werkzeug davon stumpf wird.

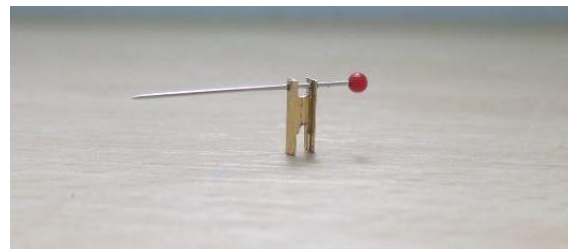


Abb. 12: Eine Stecknadel muss durch die Löcher passen

Schließlich sollte eine Nadel durch die Löcher passen (Abb. 12). Die Nadel wird später als Stift verwendet, aber vorher müssen noch eine zweite Klaue und ein Würfel angefertigt werden.

Der Würfel hat eine Kantenlänge von 2 mm. Auch hier ist es ratsam, das Profil erst möglichst spät abzusägen, um es leichter bearbeiten zu können. Besser als in den Bildern gezeigt wäre ein fertiges 2x2 mm-Profil, dann müsste man weniger feilen.

Die Bohrungen gehen kreuz und quer durch den Würfel und sind mit 1mm so bemessen,

dass man zwei Nadeln mit etwas Kraft in der Mitte aneinander vorbeipressen kann.

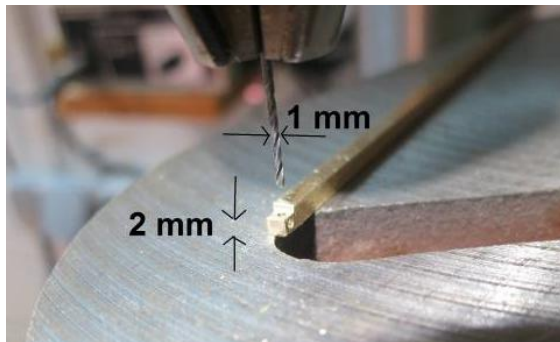


Abb. 13: Würfel-Bohrungen

Die Ecken sollten etwas abgerundet werden, damit sich der Würfel in den Klauen gut drehen kann und nirgendwo „aneckt“.

Weil der Würfel ziemlich klein ist und womöglich herunterfällt und verloren geht, kann man schon mal die eine Hälfte des Kardangelenks zusammenbauen und mit einer Rastachse sichern, bevor man ihn ganz absägt.

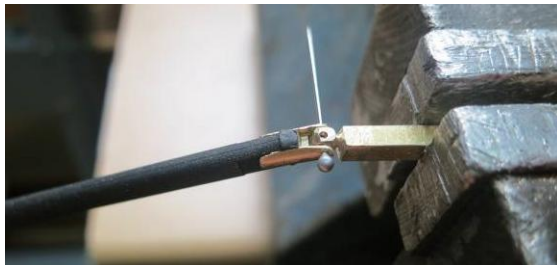


Abb. 14: Der Würfel mit Bohrungen

Nur noch Nadeln durchdrücken und abflexen - und fertig.



Abb. 15: Gelenk mit Nadeln

### Anregungen zur Anwendung

Es gibt sicher viele Anwendungsmöglichkeiten; hier einige Beispiele für einen Vorderradantrieb mit Einzelradlenkung.

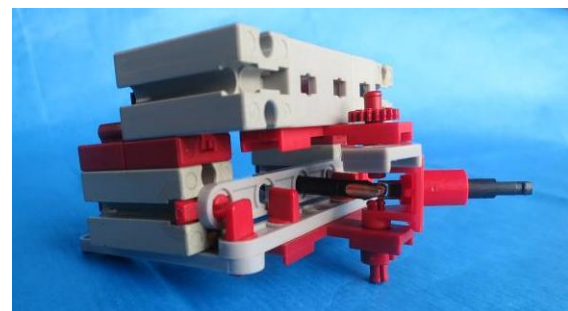
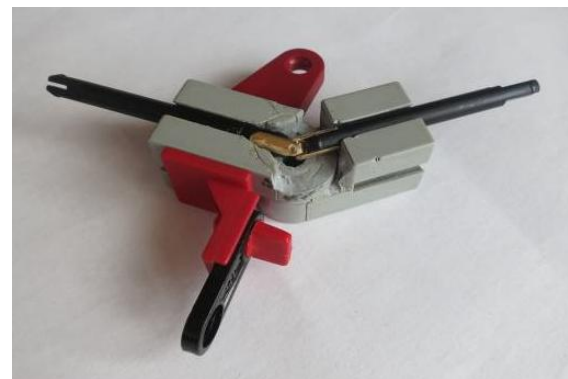
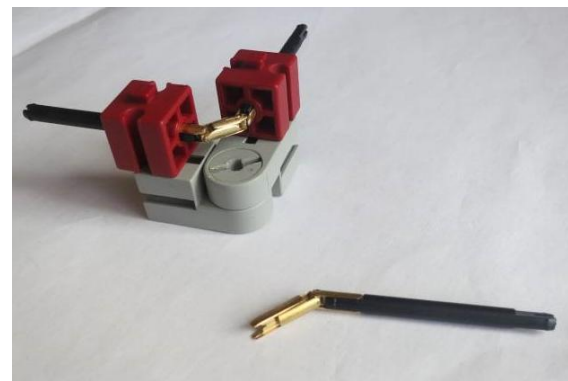
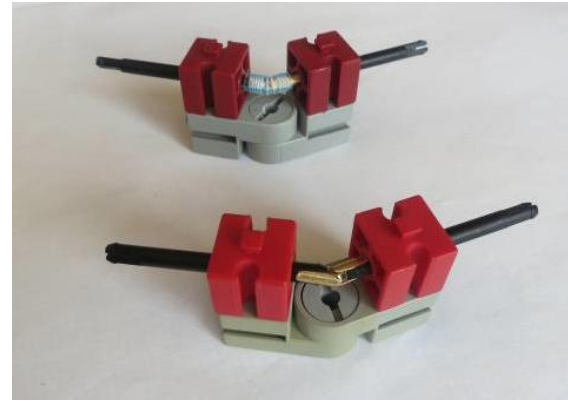


Abb. 16: Einsatzmöglichkeiten des Kardangelenks

Mechanik

## Schwingförderer

Stefan Reinmüller

*Eine sehr elegante Methode, um Schüttgut zu fördern, ist der Einsatz von Schwing- oder Vibrationsförderern. Was es mit dieser Fördertechnik auf sich hat und wie man einen Schwingförderer mit fischertechnik konstruiert, zeigt der folgende Beitrag.*

### Hintergrund

Schwingförderer, die auch oft als Vibrationsförderer bezeichnet werden, gehören zur Gruppe der *Stetigförderer*. Das bedeutet sie liefern einen kontinuierlichen, stetigen Materialfluss. Diese Fördermethode hat einige Vorteile gegenüber dem allbekanntesten „herkömmlichen“ Förderband:

- Sie kann Fördergut in der Größe von kleinsten Sandkörnern bis hin zu großen Bauteilen bewegt werden.
- Durch die robuste Bauweise können problemlos schwere Lasten aufgenommen werden, die bei Förderbändern hohen Verschleiß verursachen würden.
- Verstopfungen sind kaum möglich, und wenn dies doch einmal der Fall sein sollte, lösen sich diese im Normalfall von selbst wieder auf und es kommt zu keinen Problemen.

Vibrationsförderer werden hauptsächlich in zwei Bauformen ausgeführt: als Linearförderer und als Wendelförderer. Dieser Beitrag beschäftigt sich vorwiegend mit dem Aufbau von Linearförderern im Allgemeinen und der Realisierung eines fischertechnik-Vibrations-Linearförderers im Besonderen.

Bei Vibrations-Wendelförderern wird das Fördergut von einem Topf über eine Wendel nach oben gefördert. Diese Methode

wird oft zum Vereinzeln von Kleinteilen verwendet.

Bei Vibrations-Linearförderern wird das Fördergut linear, also entlang einer geraden Bahn bewegt. Diese Bahn kann horizontal verlaufen oder leicht nach oben beziehungsweise unten geneigt sein.

### Aufbau und Funktionsweise von Vibrations-Linearförderern

Solche Anlagen bestehen aus einer Förderrinne, welche sehr robust und steif sein muss, um die Schwingungen zu übertragen, und einer Baugruppe, die diese Rinne in Schwingungen versetzt. Eine wichtige Rolle spielt hier natürlich auch die Aufhängung der Rinne, welche schwingfähig (meist mit Federn) oder pendelfähig gebaut wird.

Bei der schwingfähigen Aufhängung wird die Rinne vorwiegend durch Unwuchtmotoren oder Elektromagneten in die gewünschte Schwingung versetzt.

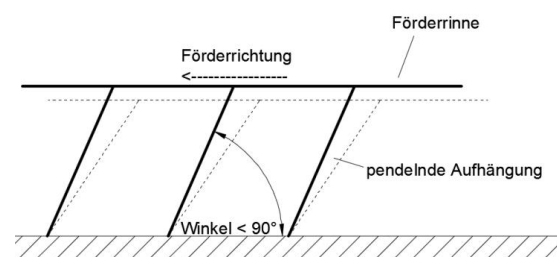


Abb. 1: Pendelfähige Aufhängung

Bei der pendelfähigen Aufhängung (Abb. 1) wird die Förderrinne bevorzugt durch einen Schubkurbelantrieb nach vorne und hinten bewegt und somit die Rinne in Schwingungen versetzt. Hier ist darauf zu achten, dass der Winkel zwischen Hebel und Boden kleiner als  $90^\circ$  ist – sonst funktioniert das Ganze nicht, weil das Fördergut dann nach vorne und hinten geworfen wird.

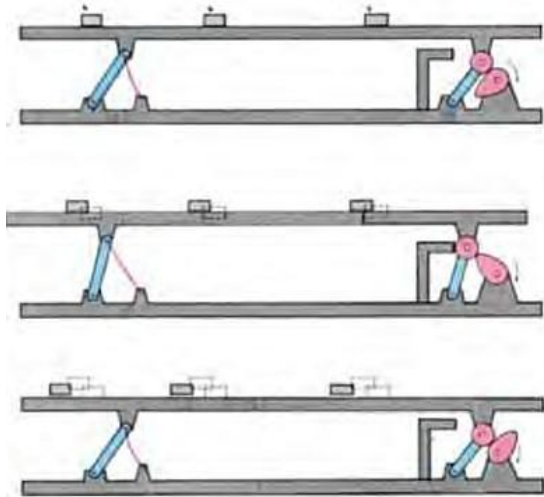


Abb. 2: Schwingförderer (aus: *hobby 2 Band 1, 1972, S. 76*)

Egal wie der Antrieb erfolgt, das Funktionsprinzip ist immer dasselbe. Die Förderrinne bewegt sich im ersten Schritt nach vorne (in Förderrichtung) und gleichzeitig nach oben, hier wird das Fördergut nach vorne geworfen. Es gibt auch Bauarten, bei denen das Fördergut nicht abhebt, sondern auf der Rinne gleitet.

Während das Fördergut in der Luft ist, bewegt sich die Förderrinne wieder in die Ausgangsstellung zurück. Das Fördergut fällt wieder auf die Rinne (ein Stück vor dem Abwurfpunkt) und das Ganze beginnt von vorne. Dies funktioniert natürlich nur, wenn durch die Schwingung der Rinne eine ausreichend hohe Beschleunigung auf das Fördergut wirkt und dieses von der Rinne abheben oder zu mindestens gleiten lässt.

## fischertechnik-Modell

Bei der hier vorgestellten Lösung ([weitere Bilder](#), [Video](#)) handelt es sich um eine pendelnd gelagerte Förderrinne, die durch eine Kurbel (Schubkurbelantrieb) in Schwingung versetzt wird.

Der Antrieb der Förderrinne kommt mit wenigen Bauteilen aus. Ein Encoder-Motor wird 1:4 übersetzt (Drehzahl wird um den Faktor vier vergrößert), um auf die nötige Schwingungsfrequenz zu kommen – ab ca. der halben Maximaldrehzahl beginnt das Fördergut, sich fortzubewegen. Nach dem Getriebe wird eine Rast-Gelenkkurbel angetrieben. Da die Auslenkung der Kurbel hier noch um Einiges zu hoch ist und so das Fördergut auf der Rinne wild umher springen würde, wird die Auslenkung durch einen Hebel (Strebe 120) auf ein Achtel verkleinert (Abb. 3).



Abb. 3: Schubkurbelantrieb

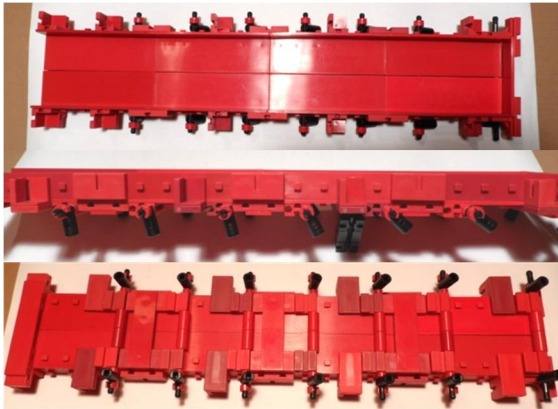


Abb. 4: Förderrinne

Von hier geht die nächste Strebe direkt zur Förderrinne. Die Rinne selbst (Abb. 4) sollte verwindungssteif (die pendelnde Aufhängung stabilisiert zusätzlich ziemlich gut), aber trotzdem leicht gebaut werden, um den Antrieb nicht unnötig zu belasten.



Abb. 5: Pendelfähige Aufhängung der Rinne

Bei der Aufhängung der Rinne (Abb. 5) ist wichtig, dass so wenig Spiel wie möglich vorhanden ist, um die Schwingung auf die ganze Rinne zu übertragen. Es ist auch darauf zu achten, dass genügend Aufhängepunkte existieren, damit die Förderrinne nicht durchhängt.

## Fördergeschwindigkeit

Eines der wichtigsten Merkmale von Förderanlagen ist wohl die Fördergeschwindigkeit. Diese will man jetzt natürlich von seinem Schwingförderer auch wissen...

Die Berechnung der mittleren Fördergeschwindigkeit erfolgt mittels vereinfachter

(trotzdem noch hochkomplexer) Berechnungsmodelle und dem Einsatz moderner Rechenprogramme am Computer. Es wird der zeitliche Verlauf der  $x$ - und  $y$ -Koordinaten des Förderguts bzw. der Förderrinne als Funktion dargestellt. Dabei handelt es sich im allgemeinen Fall um periodisch verlaufende Kurven.

Aus diesem Verlauf kann dann die durchschnittliche Geschwindigkeit des Förderguts in einer Periode errechnet werden. Dies ist dann die mittlere Fördergeschwindigkeit.

Hört sich doch alles ganz leicht an oder?

Deshalb habe ich versucht, eine eigene Berechnung mit den mir zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln zu erstellen (jedoch ohne Miteinbeziehen von Luftwiderstand, Gleitzustand des Fördergutes oder sonstigen Einflussfaktoren).

Der erste Schritt war, wie oben beschrieben den zeitlichen Verlauf der  $x$ - und  $y$ -Koordinaten der Förderrinne jeweils als Funktion aufzustellen, abhängig von der Zeit bzw. der Drehzahl des Antriebsmotors. Das dauert bei den paar Hebeln dann doch erstaunlich lange, bis über Trigonometrie etc. die Endgleichungen erstellt sind.

Diese Gleichungen werden dann am Computer graphisch dargestellt und abgeleitet, und man bekommt die  $x$ - und  $y$ -Geschwindigkeit der Förderrinne zu jedem Zeitpunkt  $t$ .

Meine Annahme und gleichzeitig die Grundlage für die weitere Berechnung der Fördergeschwindigkeit: Bei der höchsten  $y$ -Geschwindigkeit der Förderrinne hebt das Fördergut ab, ist dann für die Zeit  $t_{Luft}$  im Vorwärtsflug (die Förderrinne bewegt sich in dieser Zeit wieder in die Ausgangsstellung zurück) und landet dann ziemlich exakt zum Anfang der nächsten Schwingperiode der Förderrinne wieder auf der Rinne.

Aus diesem Verlauf errechnet man nun die mittlere Geschwindigkeit einer Förderperiode:

$$v_m = \frac{s_{ges}}{t_{ges}}$$

Die Gesamtstrecke  $s_{ges}$  erhält man, indem man den zurückgelegten Weg auf der Förderrinne  $s_1$  und den zurückgelegten Weg während des Fluges  $s_{Flug}$  zusammenzählt. Die Gesamtzeit  $t_{ges}$  ergibt sich aus der Zeit auf der Förderrinne plus der Flugzeit.

Der in  $x$ -Richtung auf der Förderrinne zurückgelegte Weg entspricht dem Integral von Zeitpunkt  $t_0$  ( $y$ -Geschwindigkeit = 0; der Beschleunigungsvorgang beginnt und somit auch die Periodendauer) bis zum Zeitpunkt  $t_{up}$  (hier hebt das Fördergut von der Förderrinne ab) der  $x$ -Geschwindigkeits-Kurve der Förderrinne. Beide Werte ( $t_0$  und  $t_{up}$ ) kann man aus dem Diagramm des  $y$ -Geschwindigkeitsverlaufes der Förderrinne ablesen und im  $x$ -Geschwindigkeitsdiagramm eintragen (Abb. 6).

$$s_1 = \int_{t_0}^{t_{up}} v_x(t) dt$$

Für den in der Luft zurückgelegten Weg benötigt man die Flugzeit  $t_{Flug}$ , die sich aus der momentanen  $y$ -Geschwindigkeit zum Flugbeginn errechnet:

$$t_{Flug} = 2 \cdot \frac{y'(t_{up})}{981 \frac{cm}{s^2}}$$

Somit ergibt sich dann:

$$s_{Flug} = t_{Flug} \cdot x'(t_{up})$$

Dabei bezeichnet  $x'(t_{up})$  die Geschwindigkeit des Fördergutes beim Abheben von der Rinne (entspricht der Fluggeschwindigkeit).

Mit der so errechneten mittleren Geschwindigkeit kommt man ganz gut an die tatsächliche Geschwindigkeit des Fördergutes heran. Um eine genauere reelle Geschwindigkeit zu erhalten wird dies nun mit dem Ausgleichsfaktor  $k$  multipliziert (liegt bei meinem Modell laut meinen Messungen zwischen 0,5 und 1,2). Der Ausgleichsfaktor  $k$  muss für eine andere Übersetzung oder anders aufgebaute Modelle angepasst werden, der Rest der Berechnung kann übernommen werden.

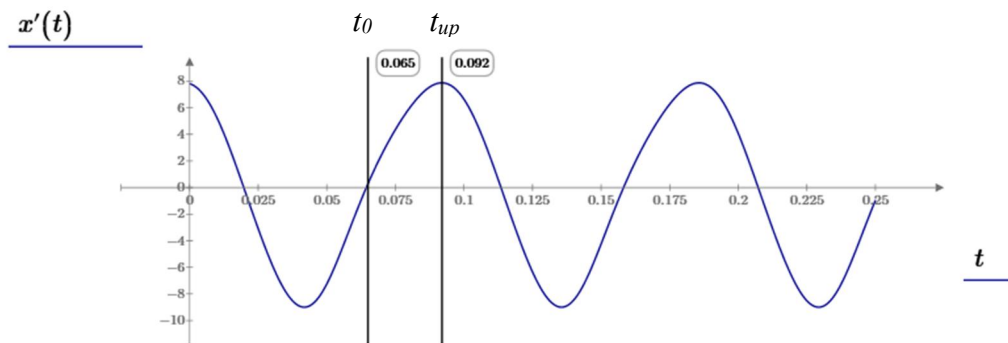


Abb. 6:  $x$ -Geschwindigkeitsdiagramm

$$v_{reell} = v_m \cdot k = \frac{\int_{t_0}^{t_{up}} v(t) dt + 2 \cdot \frac{y'(t_{up})}{981 \frac{cm}{s^2}} \cdot x'(t_{up})}{2 \cdot \frac{y'(t_{up})}{981 \frac{cm}{s^2}} + t_{up} - t_0} \cdot k$$

Abb. 7: Berechnung der mittleren Fördergeschwindigkeit

$n_M$ [U/min]	150-160	170-180	190-200	210-220
$k$	0,5	0,75	1	1,2
$v_{reell}$ [cm/s]	2-4	4-5,5	4-7	7-9

*Tab. 1:  $k$ -Wert und (gemessene) Geschwindigkeiten für verschiedene Drehzahlbereiche meines Modelles*

Der Ausgleichsfaktor  $k$  und die Fördergeschwindigkeit  $v_{reell}$  können stark von den Werten in Tabelle 1 abweichen; sie hängen stark von der Feinjustierung des Schwingförderers ab.

Damit sind alle Grundsteine zur Konstruktion eines Schwingförderers gelegt und ich wünsche beim Nachbauen sowie austüfteln neuer Bauweisen viel Spaß und Erfolg.

## Quellen

- [1] Technische Universität Chemnitz, Institut für Fördertechnik und Kunststoffe: [Vibrationsfördertechnik](#).
- [2] [Lexikon: Vibrationsförderer](#). Xpertgate.de

Tipps &amp; Tricks

**ft-Spezialteile made by TST (Teil 11)**

Andreas Tacke

*In einer lockeren Reihe stellt TST einige von ihm entwickelte Spezialteile vor, die so manche Lücke beim Bauen mit fischertechnik schließen. Im heutigen Beitrag geht es um die modifizierte Freilaufnabe (68535).*

Wer kennt das Problem nicht: Man hat ein Zahnrad mit einer Flach- oder Doppelnabenzange eingebaut und das Drehmoment ist zu hoch – die Achse dreht in der Nabe durch und man bekommt sein Modell einfach nicht richtig ans Laufen.

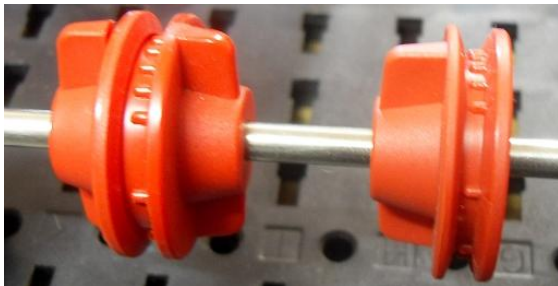


Abb. 1: Standardnaben 35030 und 35031

Bei den Standardnaben von fischertechnik (Abb. 1) werden die Naben mittels der Nabennutter (31058) auf der Achse fest geklemmt. Diese lassen sich mit den Nabenschlüsseln, den ich ja schon vorgestellt habe, richtig fest drehen (Abb. 2) [1].



Abb. 2: TSTs Nabenschlüssel [1]

Es gibt durchaus Tricks, wie z. B. ein Stück fischertechnik-Seil, ein Gummiband oder einen Papierstreifen zwischen Nabe und Achse zu klemmen. Aber manchmal hat auch das nicht den gewünschten Effekt.

Also was tun? Es gibt da ja noch die Freilaufnabe (68535), da muss doch etwas gehen ...

Diese Freilaufnabe habe ich mit einem Messingeinsatz versehen. Er lässt sich mit einer Madenschraube fest auf der Achse fixieren.

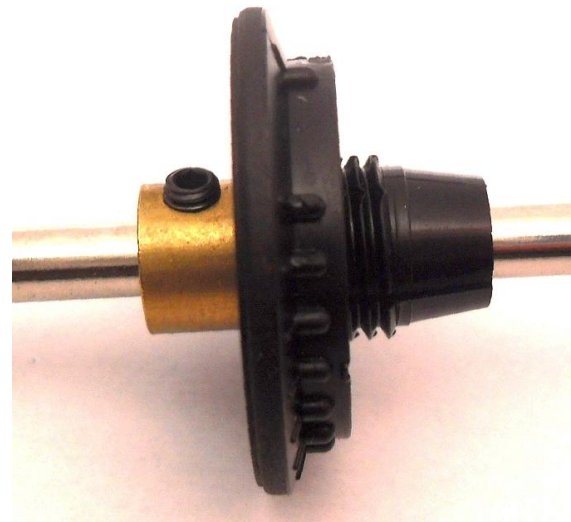


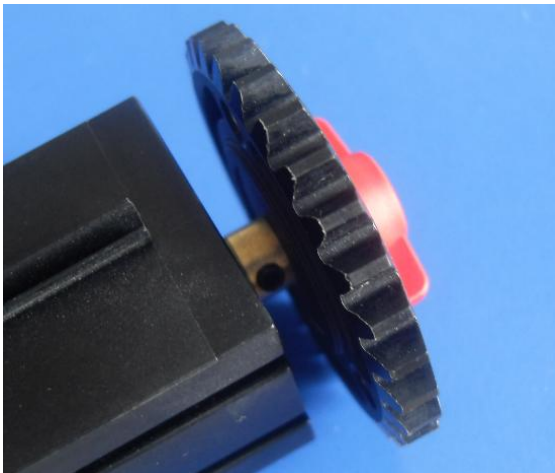
Abb. 3: Freilaufnabe mit Messingeinsatz

Mit diesem Bauteil bekommt man nun eine kraftschlüssige Verbindung zwischen Welle und Nabe.



Ein weiterer Vorteil dieser Lösung ist, dass sich diese Nabe nun ohne weiteres am XM bzw. am Encoder-Motor befestigen lässt.

Das ist ja mit der Standardnabe nicht möglich. So ergeben sich ganz neue Möglichkeiten:



*Abb. 4: XM Motor mit der modifizierten Nabe und einem Zahnrad Z30*

Oder eine Schaltscheibe (37727) am Encodermotor:



*Abb. 5: Encoder-Motor mit Schaltscheibe*

Oder eine Drehscheibe 60 (31019) direkt am Motor aus dem Traktorset (151178):



*Abb. 6: Drehscheibe 50 am Traktor-Motor*

Also wieder mal ein Bauteil, bei dem aus einem bestehenden Problem etwas entstanden ist, was die Möglichkeiten erweitert, mit fischertechnik zu bauen ...

## Referenzen

- [1] Andreas Tacke: *ft-Spezialteile made by TST (Teil 4)*. [ftpedia 2/2013](#), S. 11-12.

Pneumatik

## Endlagendämpfung

Stefan Falk

Wenn in einer Maschine schwere Maschinenteile oder Werkstücke bewegt werden müssen, können in den Endlagen durch den dortigen Ruck so erhebliche Kräfte auftreten, dass das Werkstück oder die Maschine beschädigt werden. In der Pneumatik gibt es dafür eine elegante Lösung, die in diesem Beitrag dargestellt wird.

### Einführung

Stellen wir uns einmal eine Maschine vor, in der ein schweres Werkstück oder Maschinenteil von einem Pneumatik- oder Hydraulik-Zylinder zwischen zwei Endlagen bewegt werden muss. Damit die Maschine schnell arbeitet, soll die Bewegungsgeschwindigkeit möglichst hoch sein. Damit ergibt sich aber ein Problem: Die Maschine knallt jeweils an den Anschlag, und irgendein Bauteil muss enorme Stoßkräfte aushalten. Das kann der Zylinder selbst sein, aber auch das zu bewegende Teil. Lässt man die Bewegung hinreichend langsam laufen, um nichts zu beschädigen, genügt die Anlage aber nicht den Anforderungen an die Arbeitsgeschwindigkeit.

### Endlagen-gedämpfte Zylinder

Um dieses Dilemma zu lösen und also beide Ziele – hohe Arbeitsgeschwindigkeit und sanftes Ankommen an den Endlagen – zu vereinen, gibt es spezielle Zylinder mit eingebauter *Endlagendämpfung*. Ihr Schaltbild sieht so aus:

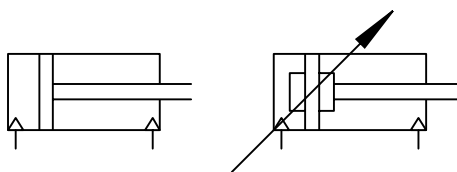


Abb. 1: Schaltbild eines normalen Pneumatikzylinders und eines mit eingebauter Endlagendämpfung

Diese Zylinder haben die Eigenschaft, die Abluft kurz vor Erreichen ihrer Endlagen selbständig (und im Schaltbild sogar mit einstellbarer Stärke) zu dämpfen.

Solche Elemente gibt es in unzähligen Bauvarianten, aber sie teilen sich ein einfaches Prinzip:

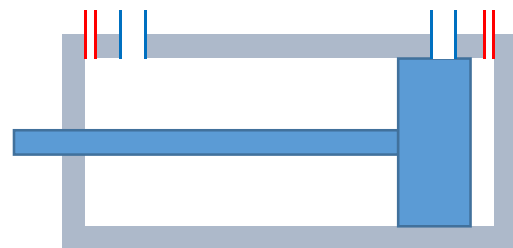


Abb. 2: Aufbauprinzip eines Zylinders mit integrierter Endlagendämpfung

Auf die eine oder andere Bauart verfügen diese Zylinder auf den zu dämpfenden Seiten (eine oder beide) über mehr als einen Anschluss. Abb. 2 zeigt einen in beiden Richtungen dämpfbaren Zylinder. Die darin etwas breiter blau eingezeichneten Anschlüsse stellen die der normalen, hinlänglich bekannten Zylinder dar.

Wie man in der Zeichnung sieht, werden diese Anschlüsse aber kurz vor Erreichen der Endlage vom Kolben (in anderen Bauformen auch von der Kolbenstange) abgedeckt und somit verschlossen. Die Abluft kann also nur noch durch den

zweiten, in Abb. 2 schmal rot ein-gezeichneten Anschluss entweichen. Dieser wiederum kann leicht je nach Bedarf um eine feste oder einstellbare Drosselwirkung ergänzt werden.

Der Hauptteil der Bewegung geschieht also mit voller Geschwindigkeit. Kurz vor Erreichen der Endlage wird die Bewegung automatisch gedämpft und deshalb verlangsamt.

Für Anwendungsfälle, in denen man die Dämpfung noch feiner steuern muss, können auch mehr als zwei Anschlüsse pro Seite verwendet werden, die dann nacheinander vom Kolben verschlossen werden, bis nur noch einer übrig bleibt. Auf diese Weise kann man die Geschwindigkeit in mehreren Stufen sanft verringern.

### Profilgesteuerte Dämpfung

Diesen Gedanken kann man durchaus noch weiter spinnen: Was machen wir, wenn die Bewegung über ihre gesamte Strecke hinweg je nach Position mit unterschiedlicher Geschwindigkeit ausgeführt werden soll? Etwa wie in Abb. 3, die schematisch

eine gewünschte Geschwindigkeit in Abhängigkeit des Ortes zeigt?

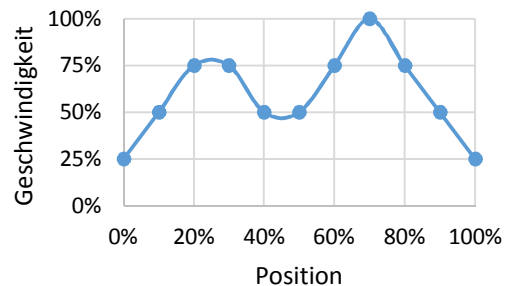


Abb. 4: Weg-Geschwindigkeit-Diagramm

Um das zu realisieren, kann man folgenden Aufbau verwenden:

1. Der Zylinder verfährt nicht nur das Werkstück, sondern auch ein Steuerelement, das wie der gewünschte Geschwindigkeitsverlauf geformt ist.
2. Von diesem Element wird eine variabel starke Drossel betätigt, die die Abluft des Zylinders je nach Stärke der Auslenkung unterschiedlich stark drosselt und so die gewünschte Geschwindigkeit realisiert.

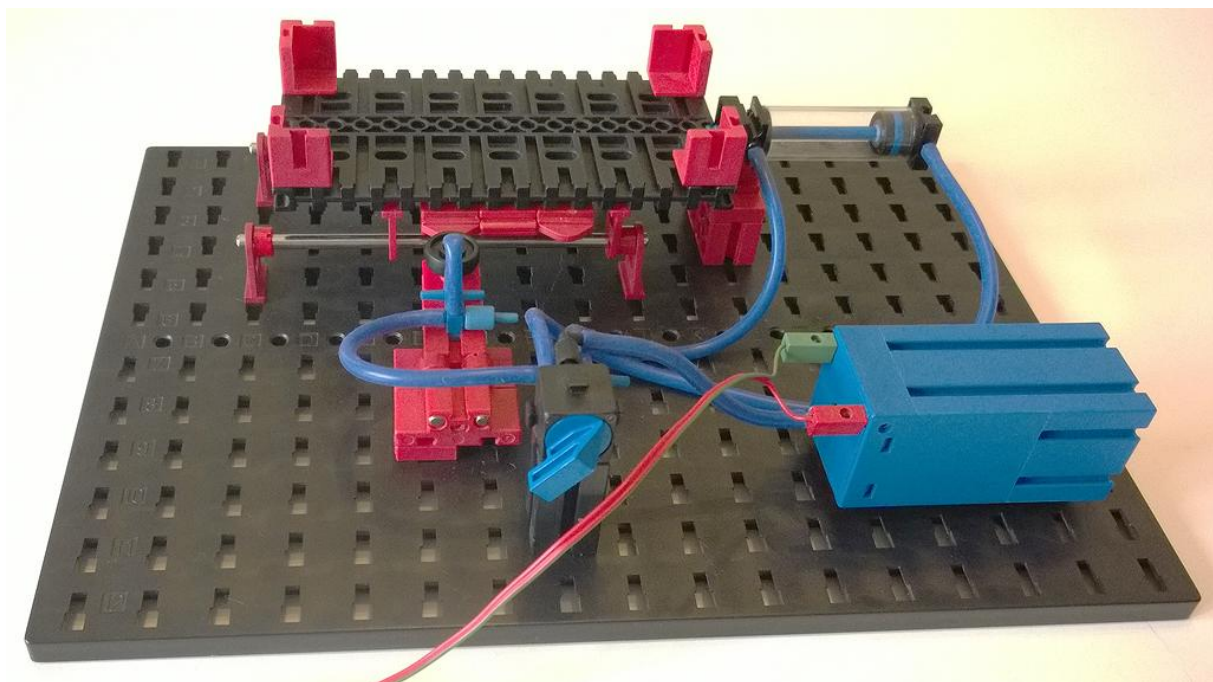


Abb. 3: Verfahren eines Werkstückträgers mit Endlagendämpfung

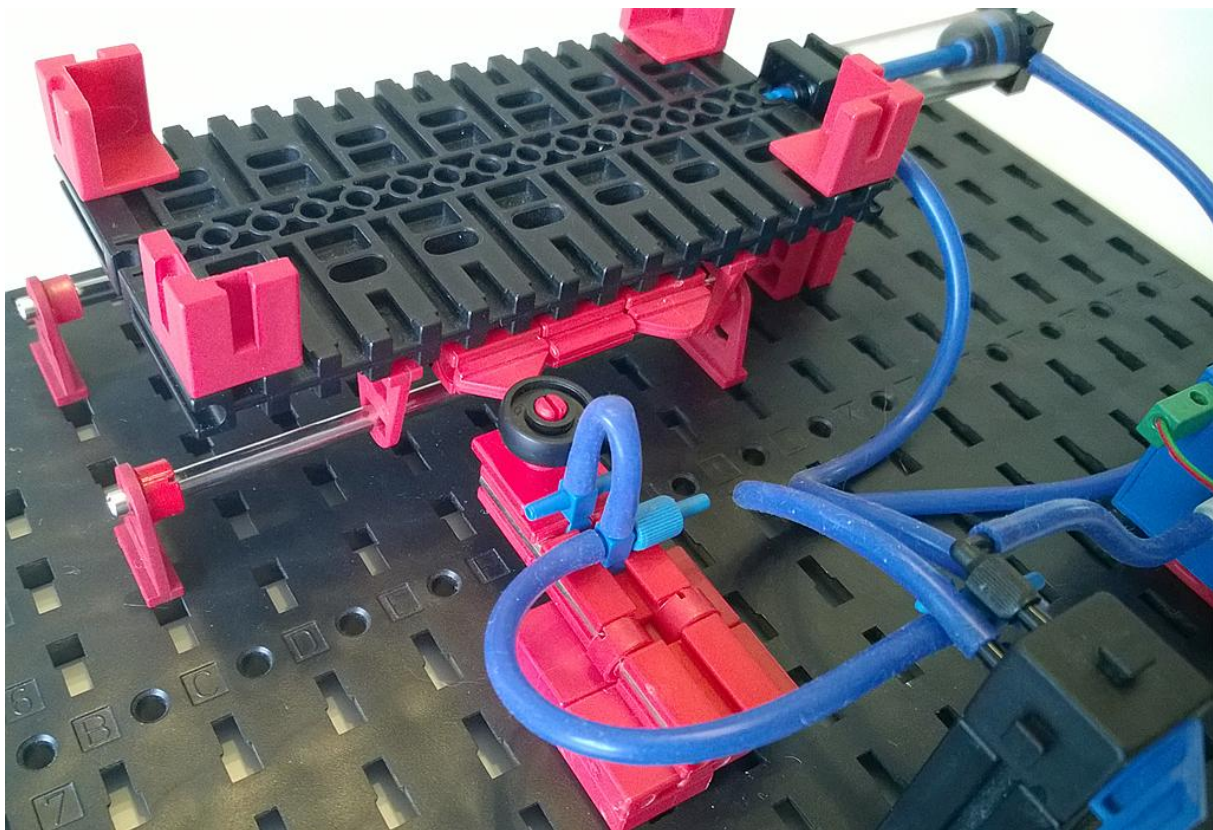


Abb. 5: Verfahren eines Werkstückträgers mit Endlagendämpfung

## Umsetzung mit fischertechnik

Abb. 3 und 5 zeigen ein Funktionsmodell: Der Werkstückträger (die schwarze Bauplatte 60x120 mit den angedeuteten Halterungen für das zu bewegende Werkstück) kann von einem Pneumatikzylinder auf einem Schlitten verfahren werden. Der Zylinder wird zunächst ganz klassisch über ein fischertechnik-Handventil mit Druckluft versorgt (wer das z. B. zeitgesteuert automatisieren möchte, findet eine Möglichkeit dazu in [1]). Der Schaltplan unserer Maschine ist recht übersichtlich (Abb. 6).

Das fischertechnik-Ventil ist ein 4/3-Wegeventil: Es hat vier Anschlüsse (der Abluftausgang wird mitgezählt) und drei Schaltstellungen: Links, rechts, und eine Mittelstellung, in der alle Anschlüsse einfach verschlossen sind.

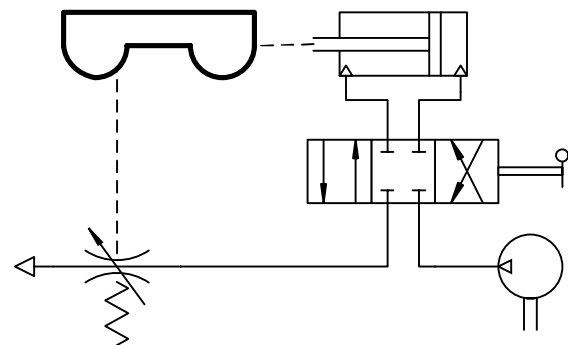


Abb. 6: Schaltbild der Maschine

Der Knackpunkt in diesem Modell ist die variabel wirkende Drossel. Zunächst muss ja die aus dem Handventil strömende Abluft gedrosselt werden, damit wir eine gleichmäßige, langsame Bewegung erreichen. Dazu verwenden wir den Kniff aus [2] und führen die Abluft über ein einseitig verschlossenes Pneumatik-T-Stück in einen Schlauch:

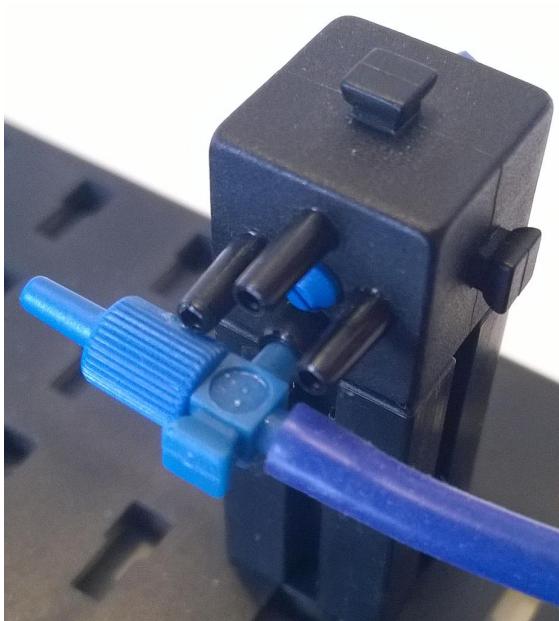


Abb. 7: Detailblick auf den Abluftausgang

Dieser Schlauch endet nun nicht einfach im Freien, sondern wird erst über eine variable Drossel geführt. Die ist laut [3] aufgebaut, aber mit einem Ende auf einem Schlitten montiert:

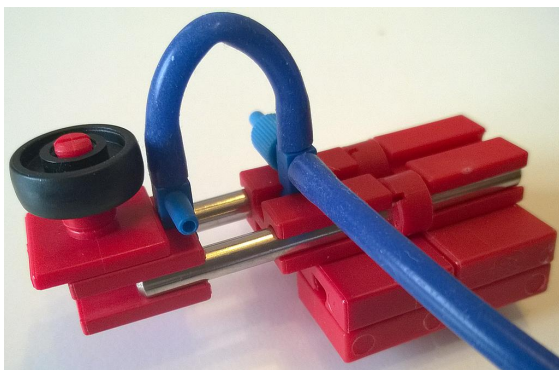


Abb. 8: Variabel starke Drossel

Je weiter der in Abb. 8 links sitzende Teil nach rechts gedrückt wird, desto mehr wird das kurze Schlauchstückchen abgeknickt und versperrt der durch den ankommenden Schlauch strömenden Abluft des Zylinders den Weg ins Freie. Erst nachdem die Abluft durch diese Drossel hindurch geströmt ist, kann sie also über das letzte T-Stück tatsächlich entweichen.

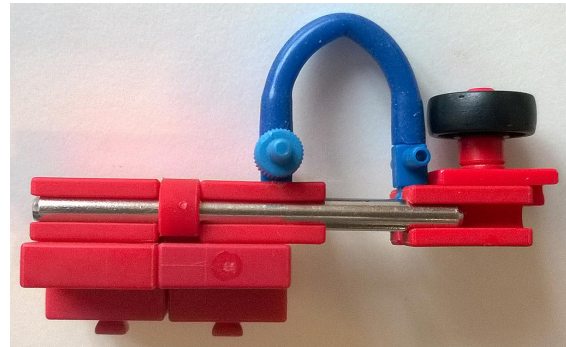


Abb. 9: Seitenansicht der variablen Drossel

Die im Schaltbild eingezeichnete Rückstellfeder ist auch schon eingebaut: Das kurze Schlauchstückchen selbst genügt und übernimmt also auch die Funktion, den Schlitten wieder heraus zu drücken.

Über das am Schlitten zwecks reibungsarmem Lauf angebrachte Rad können wir nun leicht den Verlauf des „Profils“ abtasten. Damit können wir die Drosselwirkung also in Abhängigkeit von der Position des Zylinders automatisch steuern.

Die variable Betätigung der Drossel wird durch verschiedene auf den Werkstück-Schlitten aufgesteckte Bauteile erreicht. Abb. 9 und 10 zeigen zwei Zustände: Eine Endlage mit stark eingedrückter Drossel (und deshalb geringer Bewegungsgeschwindigkeit) und die Mittellage mit weit geöffneter Drossel (und deshalb großer Geschwindigkeit):

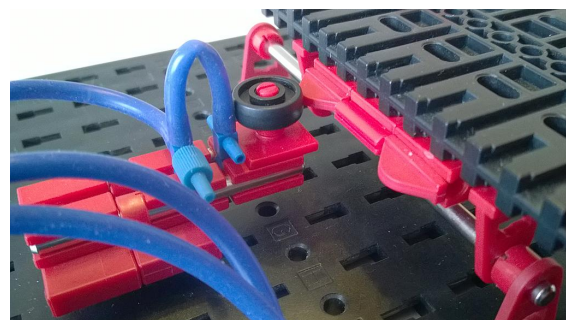


Abb. 10: Starke Drosselwirkung in einer Endlage

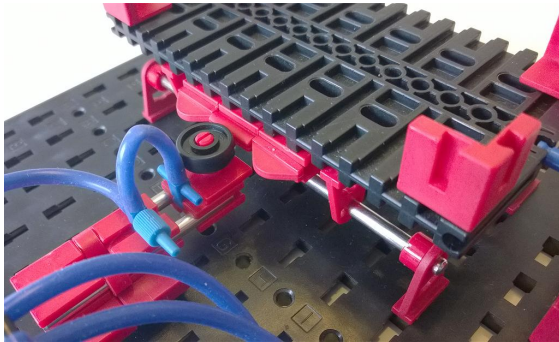


Abb. 11: Geringe Drosselwirkung in Mittellage

Der Zylinder wird also den Wagen langsam (je nach Justierung der Drossel) starten und dann schnell verfahren, bis er kurz vor Erreichen der Endposition wieder langsam wird und sanft anschlägt. Durch Aufstecken verschiedener fischertechnik-Teile (z. B. gar keines, Federnocken, Verbinder 15 mit der flachen oder der runden Seite nach außen oder die hier in den Endlagen verwendeten [Kufen 31602](#)) können wir den Geschwindigkeitsverlauf also unseren Wünschen anpassen.

### Zum Bau des Modells

Abb. 12 zeigt den Werkstückschlitten von unten: Er gleitet in diesem Modellvorschlag mittels [38253 S-Kupplungen 15](#) auf zwei Metallachsen und trägt außerdem unser Drossel-Profil (Abb. 12 und 13).

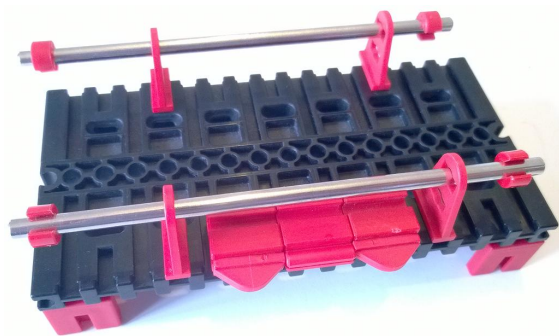


Abb. 12: Der Werkstück-Schlitten von unten

Der Pneumatikzylinder sitzt auf einigen einfachen Bauteilen in genau der richtigen Höhe, damit sein Kolben direkt in die schwarze Bauplatte eingreifen kann (Abb. 14).

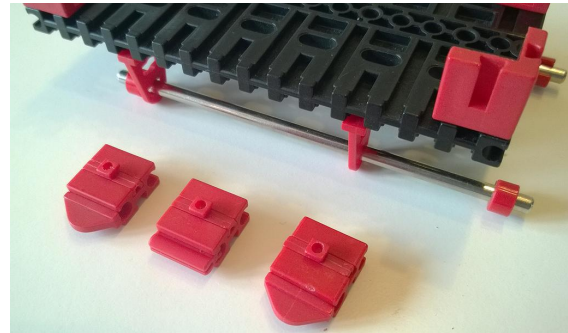


Abb. 13: Aufbau des Drosselprofils

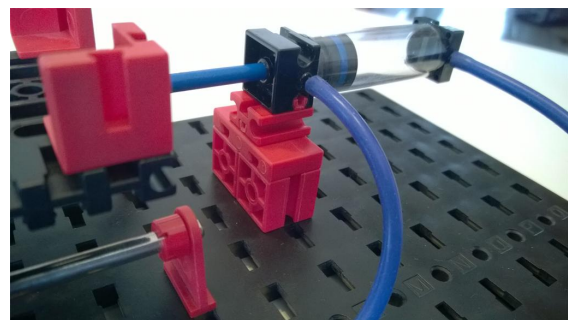


Abb. 14: Befestigung des Pneumatikzylinders

Die Drossel muss durch Verschieben in Richtung Werkstückschlitten bzw. von ihm weg justiert werden, damit die Drosselwirkung den richtigen Wertebereich von „volle Geschwindigkeit“ bis „wie gewünscht langsam“ abdeckt (siehe Abb. 8 und 9). Das muss mit etwas Gefühl gemacht werden.

Danach sollte das Modell einwandfrei funktionieren. Experimenten mit verschiedenen aufgesteckten Drosselprofilen und natürlich mit beliebigen Modellerweiterungen stehen dann Tür und Tor offen.

### Quellen

- [1] Falk, Stefan: *Druckluftsteuerungen (Teil 2)*. [ft:pedia 2/2014](#), S. 20
- [2] Falk, Stefan: *Abluftdrosselung mit dem Pneumatik-Handventil*. [ft:pedia 2/2014](#), S. 11.
- [3] Falk, Stefan: *Druckluftsteuerungen (Teil 3)*. [ft:pedia 3/2014](#), S. 25.

Optik

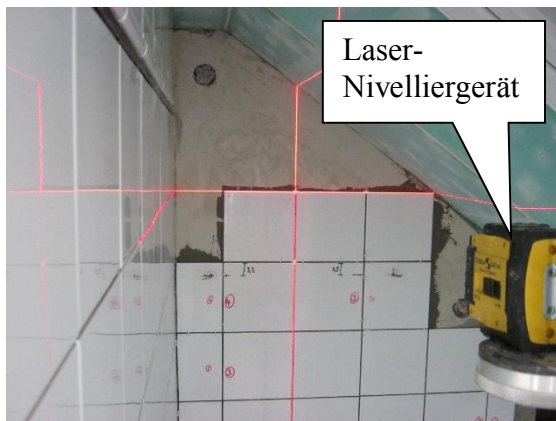
## Laser-Anwendungen (2): Nivelliergerät

Andreas Gail

*In ft:pedia 2/2014 wurde gezeigt, wie Laser ins fischertechnik-System integriert werden können. Hier ein weiteres Anwendungsbeispiel: Diesmal ein Modell eines Laser-Nivelliergerätes, ein Werkzeug welches breiten Einzug in Handwerk und Bau gehalten hat. Wie einfach ein solches Gerät nachgebaut werden kann, wird nachfolgend gezeigt.*

### Was ist ein Laser-Nivelliergerät?

Die Anwendung eines Laser-Nivelliergerätes ist schnell erläutert. Es geht darum, möglichst exakt waagrechte oder senkrechte Linien z. B. auf eine Wand zu projizieren, um dadurch exaktere Arbeitsergebnisse zu erzielen. Beispielhaft lässt sich so die Arbeit von Fliesenlegern unterstützen, wie in Abb. 1 gezeigt.



*Abb. 1: Einsatz eines Laser-Nivelliergerätes zur Erleichterung der exakten Verklebung von Wandfliesen, hier in der Variante eines Kreuzlinienlasers*

Das besondere an einem solchen Gerät ist nicht nur, dass es exakte dünne Laserlinien erzeugen kann, sondern dass diese auch dann noch exakt waagrecht oder senkrecht verlaufen, auch wenn das eigentliche Gerät etwas schräg aufgestellt ist. Diese Schräg-

lage kann das Gerät selbstständig ausgleichen. Das in Abb. 2 gezeigte Gerät dient bei den nachfolgenden Versuchen als Referenz.



*Abb. 2: Laser-Nivelliergerät, hier in der Variante eines Kreuzlinienlasers*

### Auch für fischertechnik eine machbare Aufgabenstellung

Nachfolgend wird der fischertechnik-Aufbau mit dem Referenzgerät verglichen. Die untere Laserlinie gehört dabei zum Referenzgerät, die obere Linie zum fischertechnik-Modell. In Abb. 3 und 4 kann

gezeigt werden, wie genau die Ergebnisse beider Geräte übereinstimmen, und zwar auch bei schiefer Aufstellung des fischertechnik-Modells. Bei beiden Bildern bleibt die Position des Referenzgerätes unverändert.



Abb. 3: Einsatz eines professionellen Laser-Nivelliergerätes zum Vergleich mit dem fischertechnik-Aufbau, schief aufgestellt

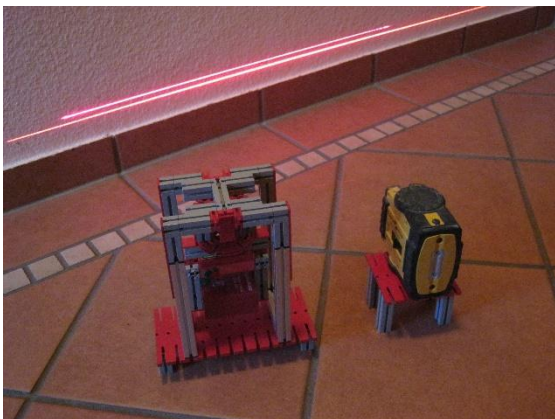


Abb. 4: Einsatz eines professionellen Laser-Nivelliergerätes zum Vergleich mit dem fischertechnik-Aufbau, gerade aufgestellt

Der Detailunterschied zwischen Abb. 3 und 4 wird in Abb. 5 noch mal gesondert gezeigt. Es funktioniert wirklich!

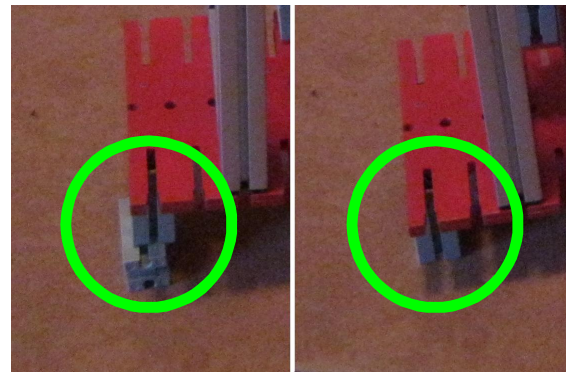


Abb. 5: Unterschied der Aufstellung, links Detail von Abb. 2, rechts Detail von Abb. 3

### Mechanischer Aufbau

Der mechanische Aufbau ist simpel. Man bemüht einfach die Schwerkraft, wie in Abb. 6 gezeigt. Dabei hängt eine Masse ähnlich eines Senkbleis einfach nur nach unten. Als Senkblei wird im fischertechnik-Aufbau das Akku-Paket verwendet, welches von sich aus schon relativ schwer ist. Dieses Akku-Paket liefert gleichzeitig den erforderlichen Strom für den Betrieb des Linienlasers.

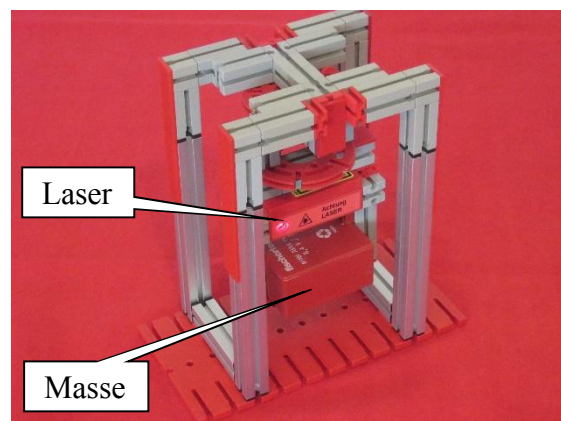


Abb. 6: fischertechnik-Aufbau eines Nivelliergerätes

Zwei Dinge sind trotz der grundsätzlichen Einfachheit zu beachten, damit die gewünschte Funktionalität sichergestellt werden kann. Das ist die leichte Beweglichkeit und somit das möglichst ungehinderte Auspendeln des Lasers sowie die Erstkalibrierbarkeit des Gesamtaufbaus.



## Das Pendelsystem

Der Aufbau des Pendelsystems ist in Abb. 7 zu erkennen. es besteht aus zwei unabhängigen Achsen, die eine Pendelbewegung in einem Winkel von  $90^\circ$  zueinander ermöglichen. Damit keine Verschiebung auf der jeweiligen Achse stattfindet, wurden Messing-Unterlegscheiben aus dem Baumarkt verwendet.

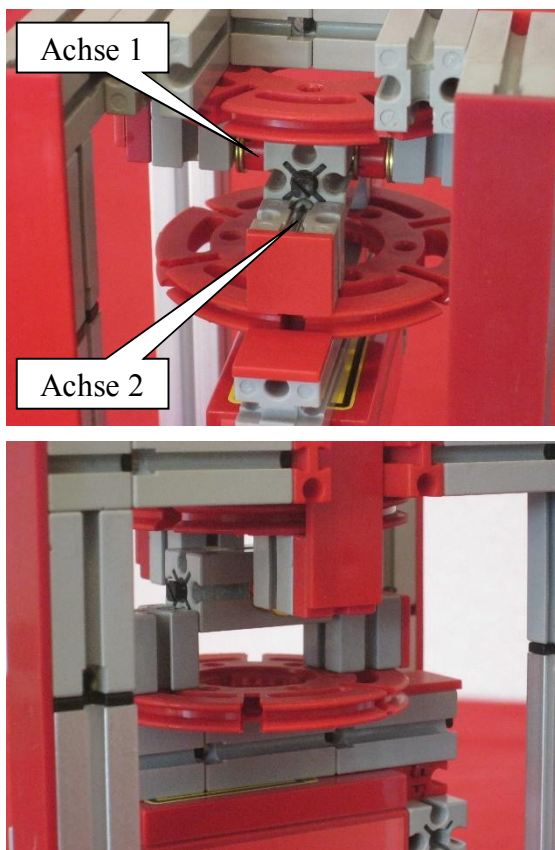


Abb. 7: Das Pendelsystem mit möglichst freier Beweglichkeit von zwei unabhängigen Achsen

## Erstkalibrierung

Die Erstkalibrierung erfolgt mithilfe des Referenzgerätes. Dabei müssen zwei Ausrichtungen kalibriert und ggf. auch justiert werden. Zunächst soll die rechts-links-Neigung kalibriert werden. Dazu wird der Aufbau gemäß Abb. 8 verwendet.

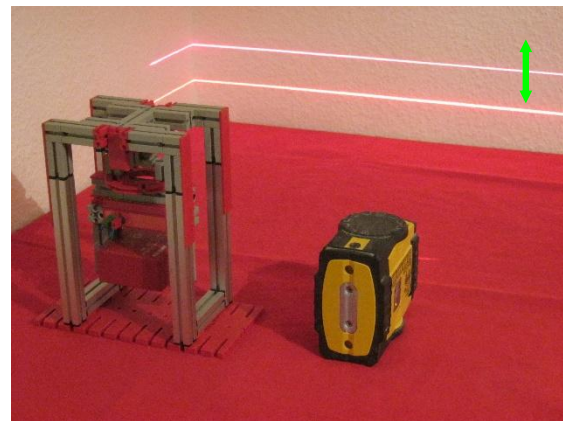


Abb. 8: Kalibrierung der rechts-links-Neigung

Die untere Laserlinie stammt dabei vom Referenzgerät. Die Kalibrierung ist dabei der Vergleich des fischertechnik-Gerätes mit dem Referenzgerät (Messmittel). Die Justierung ist die Einstellung auf eine akzeptable Funktionsweise (Messgenauigkeit). Die ist dann erreicht, wenn beide Laserlinien möglichst genau parallel zueinander verlaufen. Das ist in Abb. 8 der Fall, ein weiterer Justagebedarf besteht nicht. Sollte eine Justierung gewünscht werden, würde das eine Änderung der oberen Laserlinie gemäß der grünen Pfeile in Abb. 8 bedeuten. Um das am fischertechnik-Gerät einzustellen, ist eine Verschiebung der violett dargestellten Baugruppe gemäß Abb. 9 (grüne Pfeile) erforderlich.

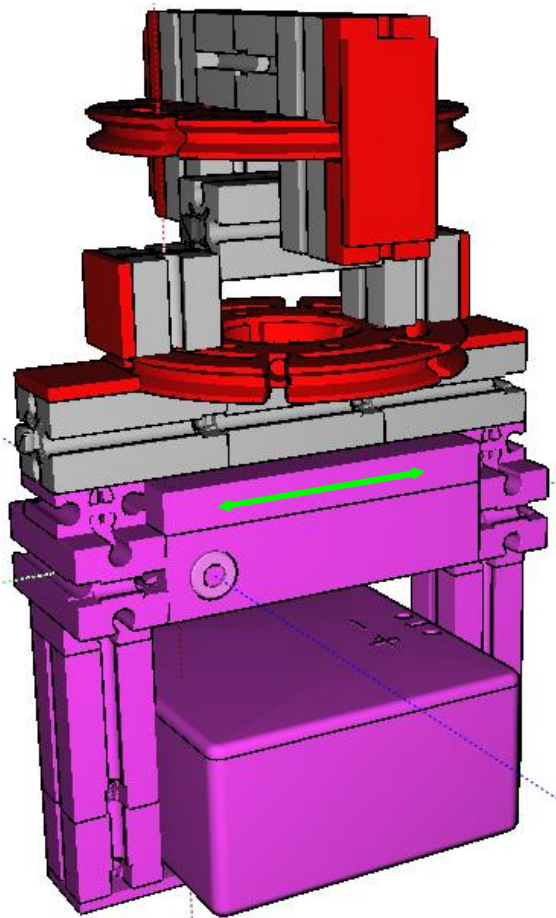


Abb. 9: Justierung der rechts-links-Neigung:  
Verschiebung der violett markierten  
Baugruppe gemäß Pfeilrichtung

Für die Kalibrierung der oben-unten-Neigung ist ein Messaufbau gemäß Abb. 10 hilfreich. Auch in diesem Fall ist keine weitere Justierung erforderlich.

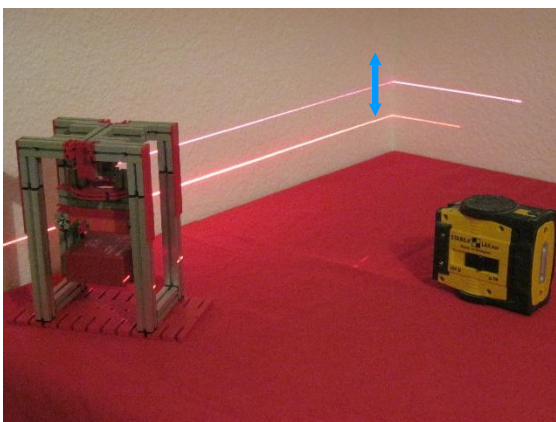


Abb. 10: Kalibrierung der oben-unten-Neigung

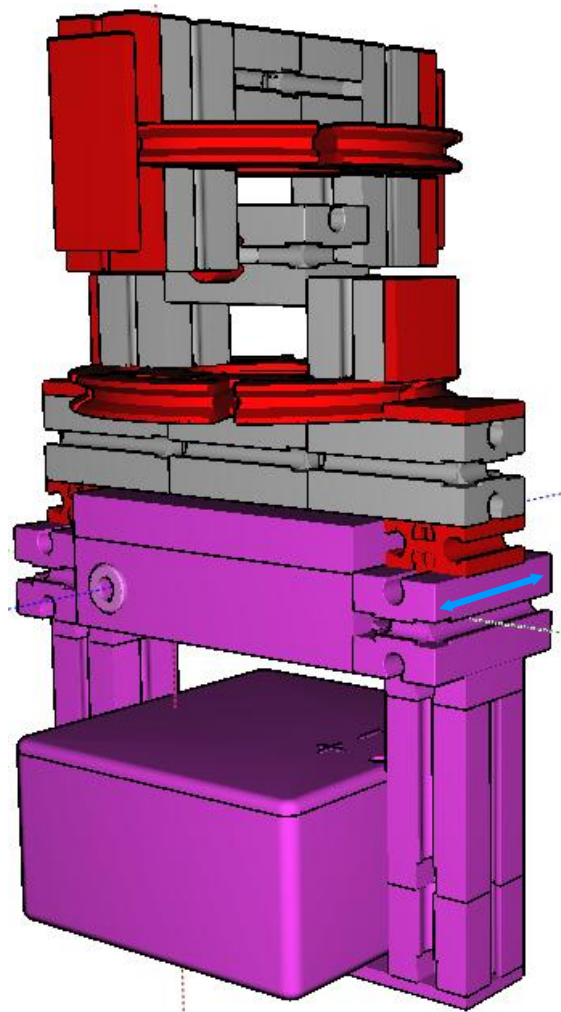


Abb. 11: Justierung der oben-unten-Neigung:  
Verschiebung der violett markierten  
Baugruppe gemäß Pfeilrichtung

Sollte eine Justierung gewünscht werden, würde dieses eine Änderung der oberen Laserlinie gemäß der blauen Pfeile in Abb. 10 bedeuten. Um das am fischer-technik-Gerät einzustellen, ist eine Verschiebung der violett dargestellten Baugruppe gemäß Abb. 11 (blaue Pfeile) erforderlich.

## Gesamtansicht

Abb. 12 zeigt den Gesamtaufbau.

## Referenzen

- [1] Gail, Andreas: *Einstieg in Experimente mit Lasern*. [ft:pedia 2/2014](https://ft.pedia/2014).

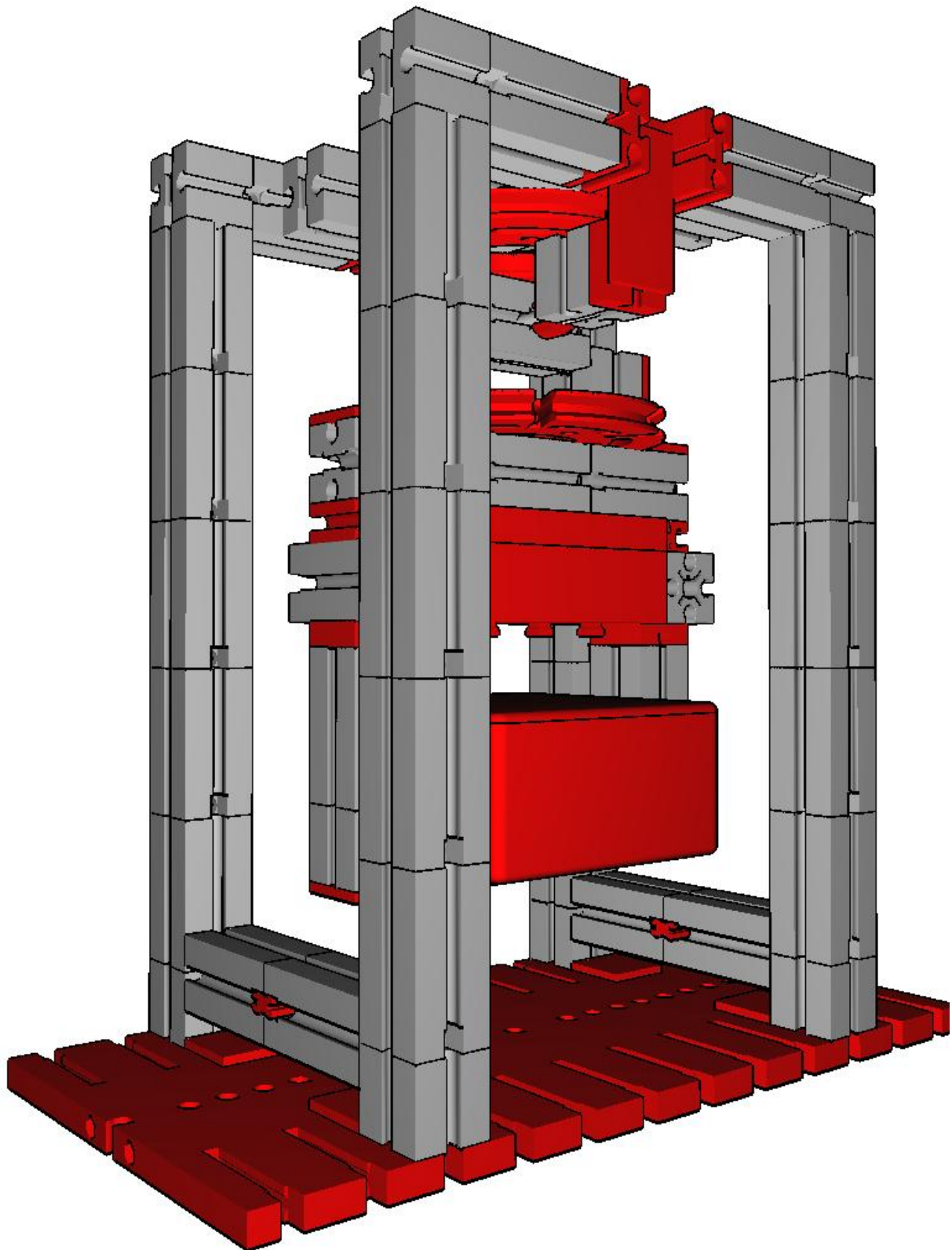


Abb. 12: Gesamtaufbau des Laser-Nivelliergerätes

## Sensoren

## Drucksensoren für fischertechnik

Martin Westphal

*Manchmal möchte man bei pneumatischen Systemen wissen, wie der aktuelle Druck im System ist. Grund könnte zum Beispiel sein, dass man die alten Festo-Pneumatikteile verwendet, die nur einen bestimmten Maximaldruck vertragen. Oder man möchte den Kompressor nicht dauerhaft laufen lassen, aber auch keine mechanische Lösung verwenden. Von fischertechnik gibt es dazu keinen passenden Sensor, also hilft nur der Selbstbau einer kleinen Schaltung*

### Druck messen – wie geht das?

Druck wird in relativen und in absoluten Druck unterschieden. Der absolute Druck bezieht sich dabei immer auf das Vakuum, sein Nullpunkt ist also wirklich „Null“. Ein Beispiel hierzu wäre der Luftdruck.

Ein relativer Druck (oder Differenzdruck) bezeichnet eine Beziehung zwischen zwei Volumina, bei uns also zwei Anschlüssen. Häufig wird dabei der Umgebungsdruck (Luftdruck) als Bezugsgröße verwendet. Ein Beispiel für einen Relativdruck wäre der Fülldruck eines Reifens: Füllt man bei einem Luftdruck von 1 bar einen Reifen mit einem relativen Druck von 2 bar, herrscht im Reifen ein absoluter Druck von 3 bar.

In unserer Anwendung wollen wir immer den Über- oder Unterdruck unseres Systems in Bezug auf den Umgebungsdruck messen, also einen Relativdruck.

Die gebräuchlichen Drucksensoren funktionieren alle nach einem ähnlichen Prinzip. Dabei wird, sehr vereinfacht dargestellt, eine flexible Membran zwischen zwei Anschlüssen (oder einem Anschluss und einem Loch) hin- und her gedrückt, auf der ein Dehnungssensor aufgebracht ist. Je nachdem, wie groß die Dehnung ist, verhält sich der Druckunterschied zwischen den beiden Seiten der Membran und der Sensor liefert ein entsprechendes Signal.

### Sensoren für fischertechnik

Natürlich könnte man eines der vielen erhältlichen, analogen Manometer verwenden. Diese gibt es für 5 bis 15 € z. B. bei Landefeld [2]. Aber wir wollen uns hier mit einem elektrischen Drucksensor beschäftigen, mit dem die Werte über ein Interface verarbeitet werden können.

Es gibt verschiedenste Drucksensoren zu kaufen, viele sind aber recht teuer. Die MPX-Serie von Freescale ist mit 10 bis 15 € pro Sensor relativ preiswert und mit wenig Aufwand für fischertechnik verwendbar. Auf die Schlauchtüllen passen genau die weißen Magnetventil-Schlauchanschlüsse [35328](#).

Es gibt viele verschiedene MPX-Drucksensoren. Ich empfehle, die Sensoren zu verwenden, die hinten mit „DP“ gekennzeichnet sind. Diese haben zwei Anschlüsse und können Differenzdruck messen. Sie funktionieren genauso wie die einfacheren Absolutdruck-Varianten (Kürzel „A“ oder „AP“), bei denen einfach der zweite Anschluss fehlt.

Die beiden Anschlüsse sind insofern praktisch, als dass je ein Anschluss für positiven Druck (Überdruck) und der andere für negativen Druck (Vakuum) vorgesehen ist. So können wir – natürlich nacheinander – beides messen.

Der blaue fischertechnik-Kompressor liefert etwa 0,8 bar. Somit sollte ein Sensor mindestens diesen Druck messen können, um für uns einsetzbar zu sein.

Deshalb bietet sich vor allem der MPX5100DP an, da er im Bereich  $\pm 1$  bar messen kann. Wer häufiger eine fremde Pumpe mit mehr Druck verwendet, kann natürlich auch einen MPX5500DP verwenden und kommt bis 5 bar. Den höheren Druckbereich erkaufte man sich aber natürlich mit einer geringeren Empfindlichkeit. Die Sensoren sind in ihrem Gehäuse und ihrer Schaltung identisch. Ich werde im Beispiel den MPX5100DP verwenden.

### Platine für den MPX5100DP

Die MPX5...DP benötigen für den Betrieb eine Spannungsversorgung von 5 V, fischertechnik arbeitet bekanntermaßen mit etwa 9 V. Eine Möglichkeit, an diese 5 V zu kommen, ist es, den I2C-Ausgang des TX oder TXT Controllers zu verwenden. Da der Drucksensor nur maximal 10 mA benötigt, schafft der Ausgang das auch ohne Probleme. Die Belegung der Stecker findet Ihr in [3].

Ansonsten bietet sich die Verwendung eines 7805-Spannungsreglers an. Dessen Anschlussbelegung findet man im zugehörigen Datenblatt [4]. Auch für die Drucksensoren gibt es natürlich Datenblätter, in denen sich alle Details finden lassen [5]. Außerdem gibt es eine „Application Note“ vom Hersteller, die den Einsatz und mögliche Schaltungen noch detaillierter beschreibt [6].

Außer der Spannungsversorgung brauchen wir noch jeweils einen Tiefpass am Ein- und Ausgang des Sensors. Mit einem Tiefpass werden alle Frequenzen, die größer als die sogenannte Grenzfrequenz sind, herausgefiltert und somit Rauschen und Ähnliches geglättet. Am Eingang des Sensors reicht hier laut Datenblatt ein Kondensator aus, am Ausgang sollte ein „echter“ Tiefpass aus

Widerstand und Kondensator verwendet werden.

Folgende Schaltung müssen wir nach der Application Note aufbauen:

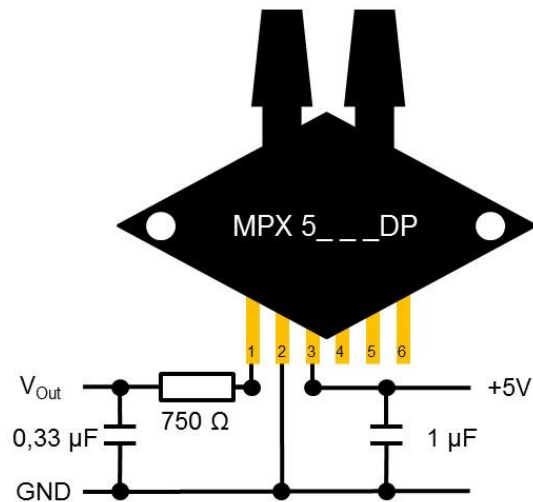


Abb. 1: Schaltplan

Ich habe die Schaltung auf einem Stück Streifenrasterplatine gelötet. Um nicht am Sensor direkt löten zu müssen, kam außerdem eine Buchsenleiste zum Einsatz.

Wir brauchen also folgende Teile:

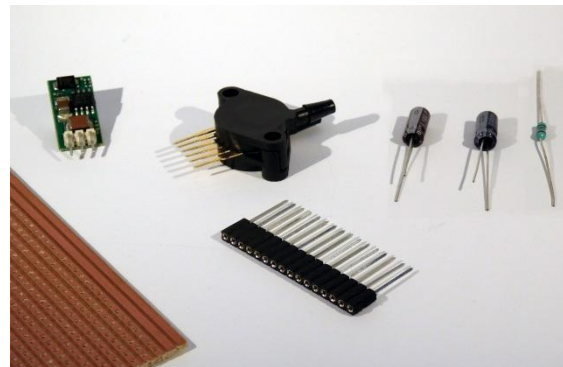


Abb. 2: Benötigte Teile

- 1 Drucksensor MPX5100DP
- Evtl. 1 Spannungswandler, im Bild ein 7805SRC
- Ein Stück Streifenrasterplatine
- 1 Widerstand 750  $\Omega$
- 1 Kondensator 0,33  $\mu\text{F}$
- 1 Kondensator 1  $\mu\text{F}$
- Ein Stück Buchsenleiste, Rastermaß 2,54 mm, 6-polig

- Kabel, Lötmaterial, ft-Stecker

Jetzt können wir die Platine löten. Bei den Kondensatoren müssen wir darauf achten, dass die Minus-Seite Richtung GND, also Pin 2 des Sensors zeigt. Am Ende wird unsere Schaltung dann ungefähr so aussehen:

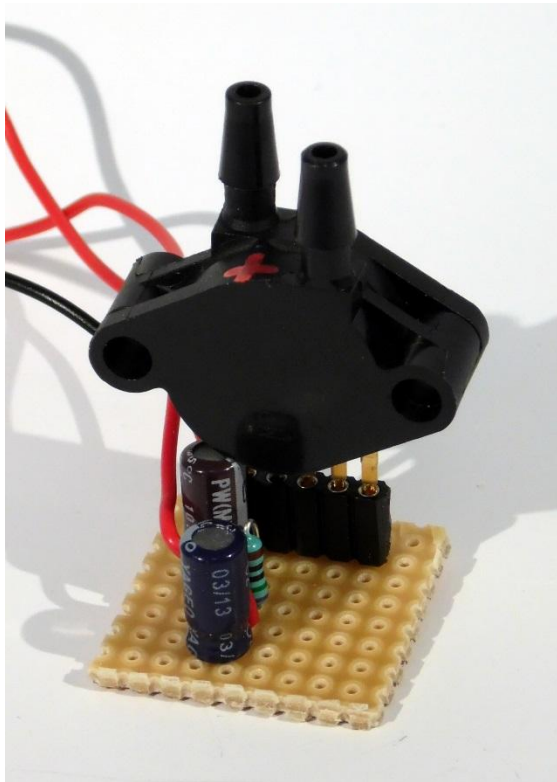


Abb. 3: Die fertig aufgebaute Schaltung

## Anschluss an das Interface

Die Schaltung wird wie folgt angeschlossen:

An +5 V kommt die Spannungsversorgung, also entweder der 7805 oder der I2C-5V-Pin des Interfaces. GND und  $V_{Out}$  werden an einen I-Eingang des Interfaces angeschlossen. Dieser wird in RoboPro auf „Analog 10V (Farbsensor)“ eingestellt.

## Das Programm

In RoboPro bekommen wir jetzt das Spannungssignal des Sensors angezeigt. Wenn gar kein Druck vorhanden ist, sollte das in etwa Null sein. Der Bereich zwischen Null und dem Wert bei Vollausschlag

verläuft laut Sensordatenblatt linear – wir können also eine sehr einfache Umrechnung zwischen Spannung und Druck erreichen.

Der Umrechnungsfaktor zwischen der angezeigten Spannung und dem Druck ist leider bei jedem Sensor ein kleines bisschen unterschiedlich. Ich habe deshalb ein kalibriertes Druckmessgerät Greisinger GDH-200 parallel zum Sensor geschaltet und eine Tabelle mit Messwerten (Spannung und Anzeige in RoboPro) aufgenommen (Tabelle 1).

Wenn man das Ganze in einem Diagramm darstellt, erkennt man sehr leicht, dass es sich um einen linearen Zusammenhang zwischen Druck und ausgegebener Spannung handelt:

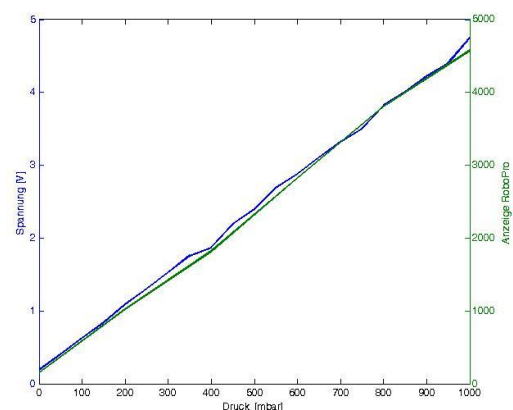


Abb. 4: Ausgangsspannung über den Eingangsdruck aufgezeichnet

Jetzt müssen wir noch den sogenannten Offset, also den Nullpunktfehler herausrechnen (einfach abziehen, 4. Spalte). Dann können wir eine einfache Umrechnung zwischen der Anzeige in RoboPro und dem Druck in mbar durchführen. Dafür müssen wir einen Faktor bestimmen, der sich aus

$$\text{Faktor} = \frac{\text{korrigierte Anzeige}}{\text{Druck}}$$

bestimmt (siehe die letzte Spalte der Tabelle). Aus den errechneten Werten wird ein Mittelwert gebildet. Das ist zwar nicht

hochgenau, für unsere Anwendung aber vollkommen ausreichend.

Damit können wir jetzt ein RoboPro-Programm schreiben, das zum Beispiel so aussehen könnte:

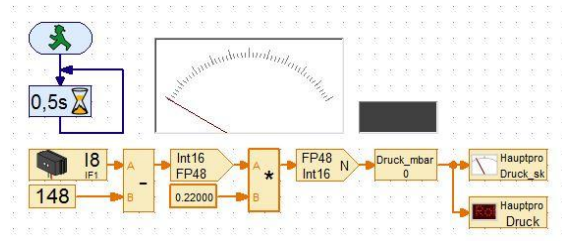


Abb. 5: RoboPro-Programm

## Quellen

- [1] Wikipedia: [Druck \(Physik\)](#).
- [2] Landefeld-Homepage: <http://www.landefeld.de>.
- [3] Fox, Dirk: *I<sup>2</sup>C mit TX und Robo Pro – Teil 1: Grundlagen*. [ft:pedia 2012-3](#), S.36
- [4] Texas Instruments: [µA78xx Fixed Positive Voltage Regulators](#). Texas Instruments Incorporated, 2015.
- [5] Freescale Semiconductor: [Integrated Silicon Pressure Sensor](#). Freescale Semiconductor, Inc., 2010.
- [6] Freescale Semiconductor: [Noise Considerations for Integrated Pressure Sensors](#). Freescale Semiconductor, Incl., 2005.

Druck/mbar	Spannung/V	Anzeige RoboPro	Anzeige Offset-korrigiert	Faktor
0	0,186	148	0	0
50	0,405			
100	0,630			
150	0,837			
200	1,090	1022	874	0,2288
250	1,300			
300	1,530			
350	1,760			
400	1,870	1816	1668	0,2398
450	2,190			
500	2,400			
550	2,690			
600	2,880	2820	2672	0,2245
650	3,110			
700	3,320			
750	3,500			
800	3,820	3800	3652	0,2190
850	4,010			
900	4,220			
950	4,400			
1000	4,750	4576	4428	0,2258
			<b>Mittelwert:</b>	<b>0,2276</b>

Tabelle 1: Messwerte

Sensoren

## Anwendungen für Magneten (1): Induktionssensor

Andreas Gail

*Unter der Überschrift „Anwendung von Magneten“ sind zukünftig verschiedene Beiträge geplant. Gerne dürfen sich an dieser Themenreihe auch andere Autoren beteiligen. Heute soll als Einstieg ein berührungsloser elektromagnetischer Näherungsschalter gezeigt werden.*

### Berührungslose Näherungsschalter

In der fischertechnik-Welt werden solche Aufgaben normalerweise in Form von Lichtschranken oder mithilfe von Reedkontakten aufgebaut.

Erstaunlicherweise hatte es offenbar sogar von fischertechnik selbst einen Initiator gegeben, der die Näherung metallischer Gegenstände detektieren konnte. Initiatoren werden in der Technik häufig eingesetzt.

Zugegeben, die hier gezeigte Lösungsmöglichkeit unter Anwendung von zwei Elektromagneten ist aufwändig und auch nicht besser als die oben genannten üblichen Verfahren. Es soll jedoch gezeigt werden, dass es noch weitere Möglichkeiten gibt, die sich mit fischertechnik-Standardteilen aufbauen lassen. Zum Beleg der Praxistauglichkeit wurde ein automatisiertes Schienenfahrzeug aufgebaut.

### Prinzipieller Aufbau

Im Grunde soll nur der Unterschied der Positionierung der beiden Elektromagnete automatisch erkannt werden können, wie in Abb. 1 gezeigt. Um das zu ermöglichen, muss der eine Elektromagnet mit einer Wechselspannung angeregt werden, damit im anderen eine Spannung induziert wird, die dann detektiert werden kann.

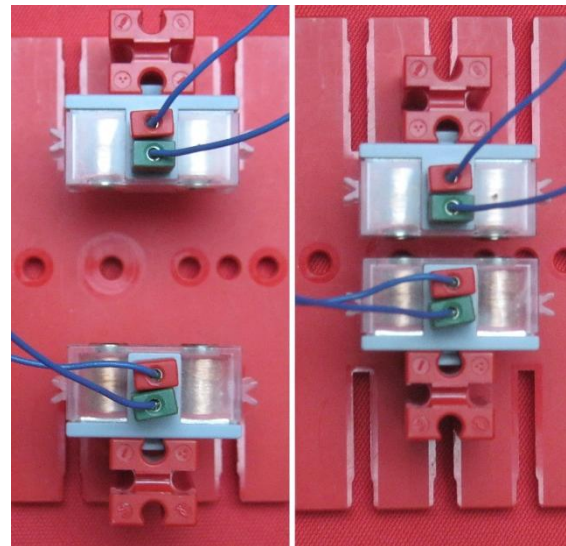


Abb. 1: Induktionssensor-Messstrecke

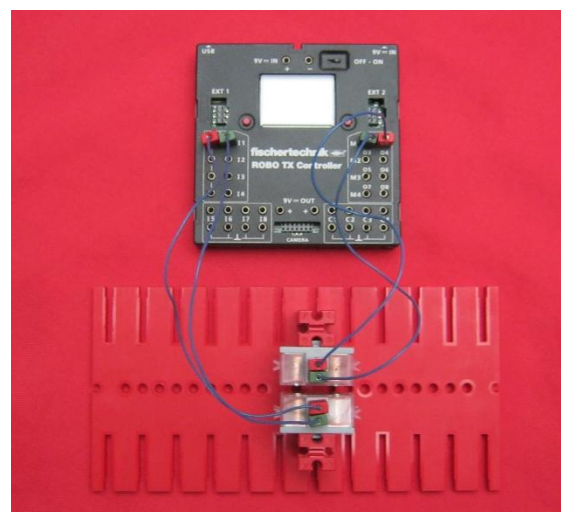


Abb. 2: Prinzipieller Gesamtaufbau einer Induktionssensor-Messstrecke



Zur Erzeugung der Wechselspannung und auch zur messtechnischen Auswertung wird ein ROBO TX Controller (RTXC) verwendet. Den Gesamtaufbau zeigt Abb. 2.

### Software für Induktionssensor

Die Software besteht aus zwei getrennten Prozessen, die unabhängig voneinander laufen.

#### Programmteil 1: Erzeugung von Wechselspannung

Nachfolgend wird gezeigt, wie die Wechselspannung erzeugt wird. Alle 0,1 s findet eine Umpolung des Motorenausgangs M1 statt. Eine Periode dieser Wechselspannung dauert somit etwa 0,2 s, d. h. als Frequenz der Wechselspannung sind somit etwa 5 Hz (Hertz) zu erwarten.

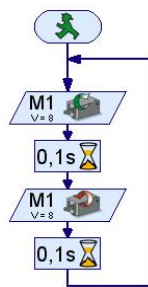


Abb. 3: Erzeugung von Wechselspannung

#### Programmteil 2: Messtechnische Auswertung

Die Auswertung des Induktionssensor-Signals gemäß Programmablauf in Abb. 4 sieht auf den ersten Blick komplizierter aus als nötig. Diese Programmierung erlaubt jedoch eine Beruhigung des Signals (Glättung) je nach Anwendungsfall. So ist es möglich, wie in Abb. 5 gezeigt ein stabiles Messergebnis anzuzeigen. Ohne Beruhigung wurde im gezeigten Aufbau trotz fehlender Eingriffe ein unstetes Signal beobachtet. Die Einstellung der Beruhigungsintensität kann im Programm beim Tuning Parameter *Glättung* vorgenommen werden. Bei der obigen Einstellung *Glättung=10000* kommt es zu einem sehr stabilen Signal, mit ca. 1s Ansprechverzögerung. Bei schnellen Vorgängen müssen

an dieser Stelle deutlich kleinere Einstellungen vorgenommen werden. Bei der Einstellung *Glättung=1* ist Beruhigungsfunktionalität im Grunde abgeschaltet.

Erwähnt sein soll weiterhin, dass die Eingangsart I1 auf *A 10V* eingestellt wurde, also auf analoge Spannungsmessung mit einem maximalen Messwert von 10 V.

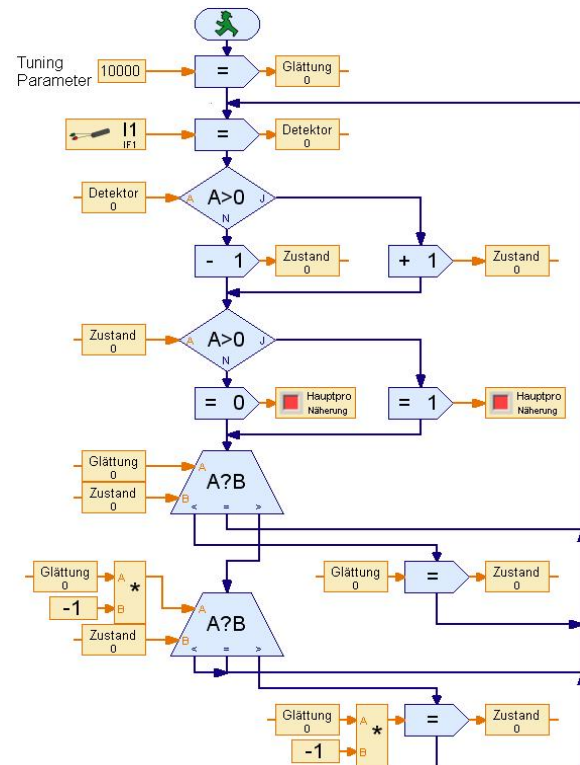


Abb. 4: Auswertung des Induktionssensor-Signals

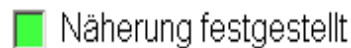


Abb. 5: Anzeige des Auswertungsergebnisses

### Alternative Wechselspannung

Heutzutage leider bei fischertechnik nicht mehr im Lieferprogramm, aber ggf. doch noch an manchen Stellen vorhanden ist der gute alte Transformator, der auch einen Wechselspannungsausgang hat. Auf diese Weise lässt sich die Detektionsempfindlichkeit des Systems wesentlich verbessern, wie in Abb. 6 gezeigt. Die oben erwähnte Signalberuhigung ist dabei nicht mehr erforderlich und kann parametrisch

abgeschaltet oder ganz aus dem Programm entfernt werden.

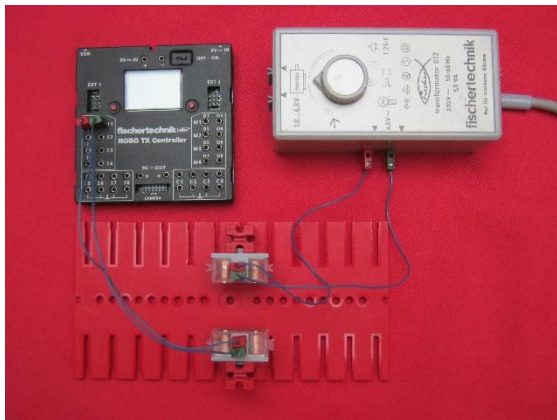


Abb. 6: Versuchsaufbau mit alternativer Wechselspannungsquelle

### Initiatoren

Der oben genannte Initiator, den es vormals von fischertechnik gab, lässt sich mit Bordmitteln nachbauen. Hierzu wird der Versuchsaufbau gemäß Abb. 6 verwendet. Die Anordnung der Elektromagnete ist jedoch gemäß Abb. 7 und 8 zu ändern.

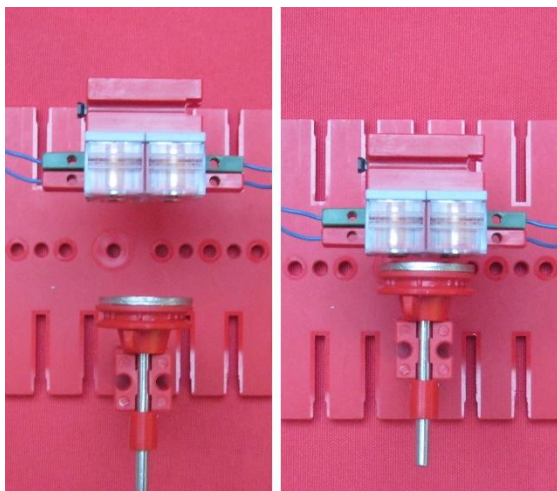


Abb. 7: Nutzung von zwei Elektromagneten als Initiator. Rechts wird das Metall der Rückschlussplatte erkannt.

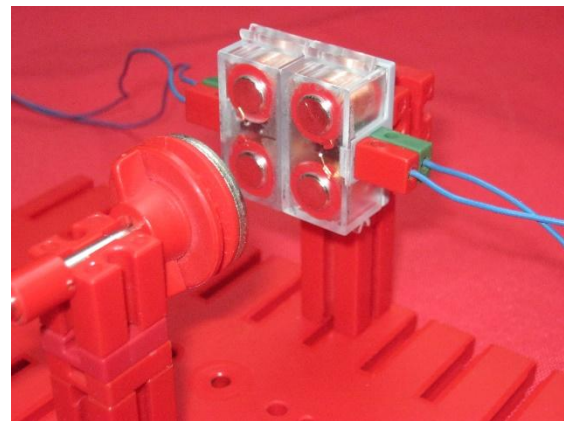


Abb. 8: Nutzung von zwei Elektromagneten als Initiator mit Rückschlussplatte

### Software für den Initiator

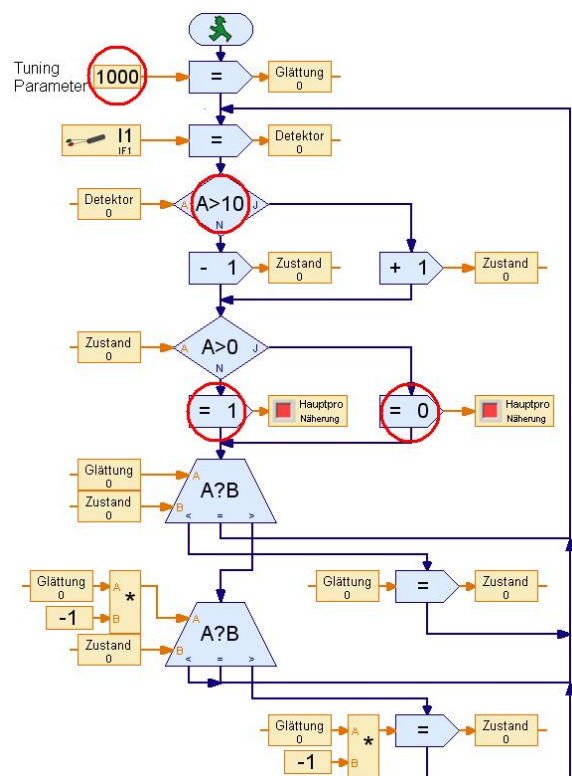


Abb. 9: Auswertung des Initiator-Signals (Änderungen im Vergleich zu Abb. 4 markiert)

Die Software für den Initiator ist sehr ähnlich zu der, die oben für den Induktionssensor eingesetzt wurde. Die Änderungen wurden in Abb. 9 rot markiert. Gemessen wird hierbei eine Induktion, die vom Wechselstrom beaufschlagten Elektromagneten auf den anderen Magneten einwirkt. Die Wirkung der Induktion wird durch die Annäherung der runden Rückschlussplatte

verändert. Diese Veränderung kann am Eingang I1 am RTXC erkannt werden.

### Nachteile des Verfahren

Es soll nicht verschwiegen werden, dass das Verfahren hinsichtlich des Einsatzes an fischertechnik-Modellen eine Reihe von Nachteilen hat. Diese sind:

- Der mit Wechselspannung beaufschlagte Elektromagnet wird nach einiger Zeit heiß und sollte aus diesen Gründen nicht zu lange ununterbrochen in Betrieb sein.
- Es muss ein relativ hoher Gesamtaufwand betrieben werden.
- Bei Verwendung des RTXC als Wechselspannungsgenerator gibt es gewisse Detektionsunsicherheiten.

### Nutzung zur Modellsteuerung

Das alles klappt tatsächlich auch in der praktischen Anwendung.

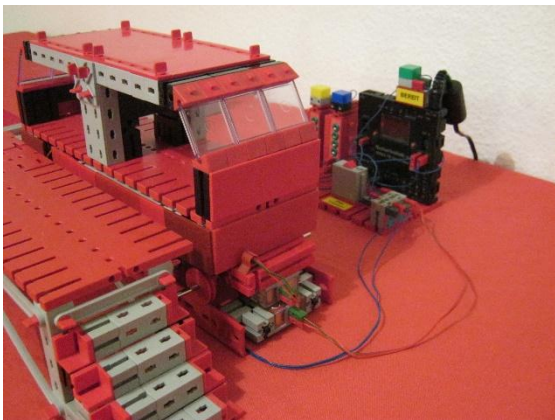


Abb. 9: Praktische Anwendung der Induktionssensoren

Es wurde ein automatischer Zug auf gerader Strecke gebaut, der zwischen zwei Endpunkten hin- und herfährt (gelber und blauer Bahnhof). Die jeweiligen Endpositionen werden gemäß der oben

gezeigten Induktionssensoren (Abb. 6) detektiert. Es werden 2 RTXC verwendet: Einer an der Strecke, der andere auf dem Zug. Die Kommunikation der beiden RTXC erfolgt über Bluetooth. Die Wechselstrombeaufschlagung der Elektromagnete an der Strecke erfolgt über Relais nur bedarfsorientiert, wenn der Zug am zugehörigen Endpunkt erwartet wird. Eine gelbe oder blaue Lampe zeigt an, wenn ein Elektromagnet aktiviert ist. Ansonsten sind diese Elektromagnete abgeschaltet. Bei einem Endpunkt angekommen, wartet der Zug 20 s, dann erfolgt ein Warnsignal und schließlich fährt der Zug ab zum anderen Endpunkt. Solange eine grüne Lampe blinkt, ist der automatische Fahrbetrieb aktiv.

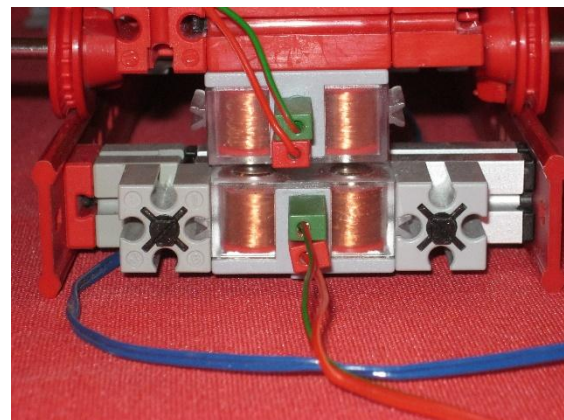


Abb. 10: Induktionssensoren am erkannten Endpunkt

### Referenzen

- [1] fischertechnik: [Initiator](#).
- [2] Gail, Andreas: [Vollautomatischer Bahnbetrieb mit Elektromagneten](#). youtube.com

Modell

## Detail Engineering: Transformer

Jens Lemkamp

*Schon in den 70er/80er Jahren kamen die Schleifringe mit dem Kasten (em1) auf den Markt. Später war er dann noch in dem in den 80er Jahren erhältlichen Kasten „Elektromechanik“ enthalten. Mit diesem heute nicht mehr jedem bekannten Bauteil konnte man Spannungen auf rotierende Einheiten übertragen und Schaltwerke für z. B. eine Ampelsteuerung aufbauen. In meinem Kirmesmodell „Transformer“ habe ich zur Energieübertragung insgesamt fünf originale Fischertechnik-Schleifringe verbaut.*



Abb.1: Baukasten 30226 „Elektromechanik“ von 1981

### Transformer

Der „Transformer“ ist das Modell eines Kirmeskarussells mit insgesamt vier Achsen, von denen drei um 360 Grad ohne Anschlag rotieren. Da ist es zwingend erforderlich, diverse Stromkreise mittels Schleifringen absolut unterbrechungsfrei

getrennt auf die jeweiligen Achsen zu übertragen. Neben den Schleifringen aus den Elektromechanik-Kästen habe ich dazu insgesamt 32 Federkontakte aus den Drehschaltern verbaut. (Abb. 2 und 3).



Abb. 2: Drehschalter (em2)

Der Drehschalter ist ein Bauteil aus dem Elektromechanik-Baukasten em2 bzw. hobby 3 (1971). Die Federkontakte verwenden ich, weil diese auf kleinstem Raum gute Kontaktmöglichkeiten auf die Schleifringe bieten. (Abb. 3)



Abb. 3: Zwei Federkontakte des Drehschalters

Für die zentrale, große Rotationsachse habe ich zwei Schleifringe „gestapelt“, um so insgesamt vier getrennte Stromkreise zu übertragen. „Getrennt“ stimmt nicht ganz und heißt in diesem Zusammenhang, dass die vier Kreise wohl eine gemeinsame Masse haben, welche über die Mittelachse übertragen wird, aber ansonsten autark sind.

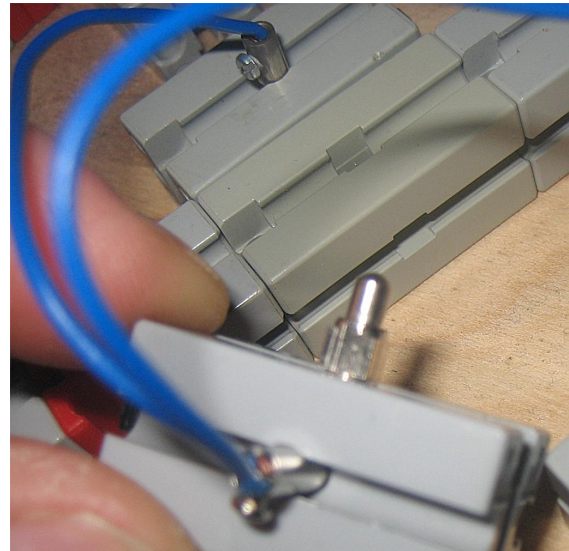


Abb. 5: Zwei eingebaute Schleifkontakte in BS 30 mit Rundloch



Abb. 4: Gesamtaufbau des „Transformers“



Abb. 6: „Blanke“ Stecker als Winkel-Adapter

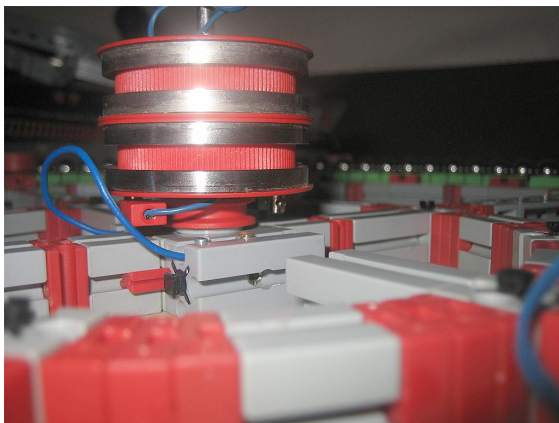
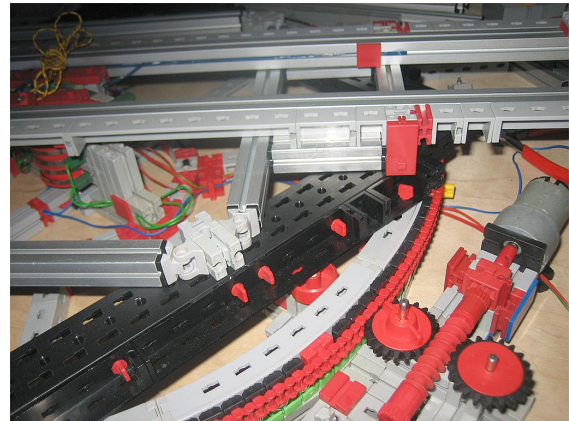
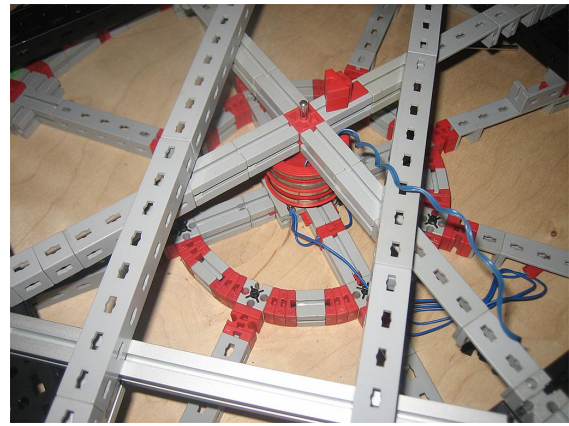
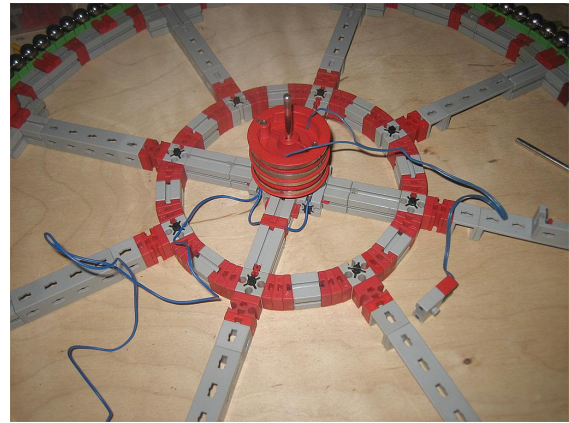


Abb. 7: Zwei montierte Schleifringe

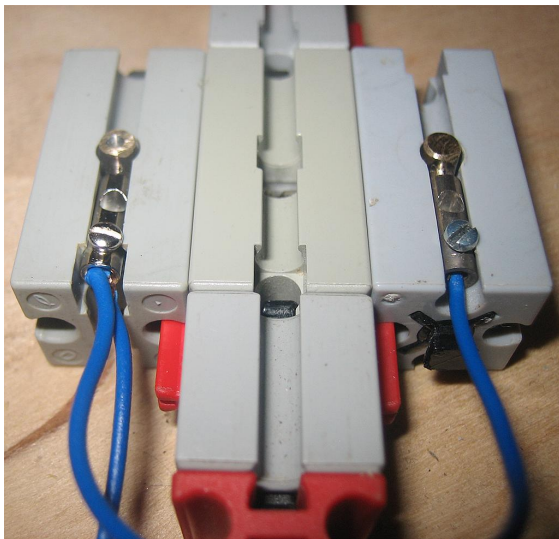
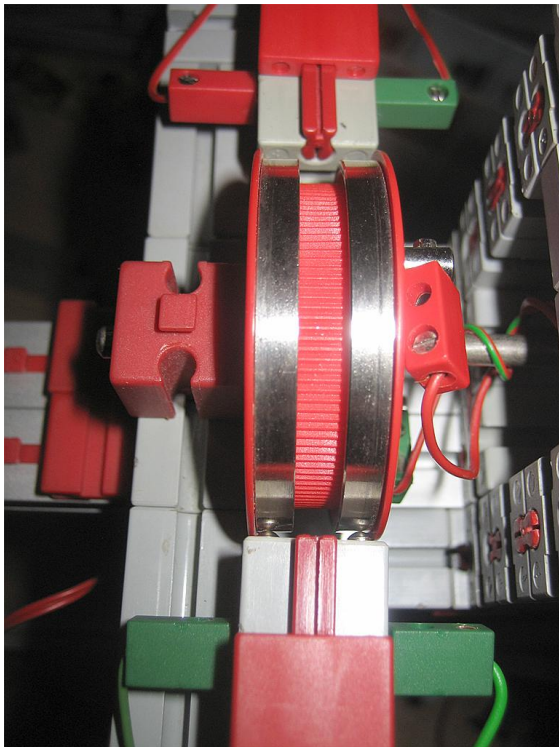


Abb. 8: Baugruppe zur Übertragung von Spannung auf die Achse

Abb. 9: Baustufen um die Schleifringe

## Stromversorgung der Brücke

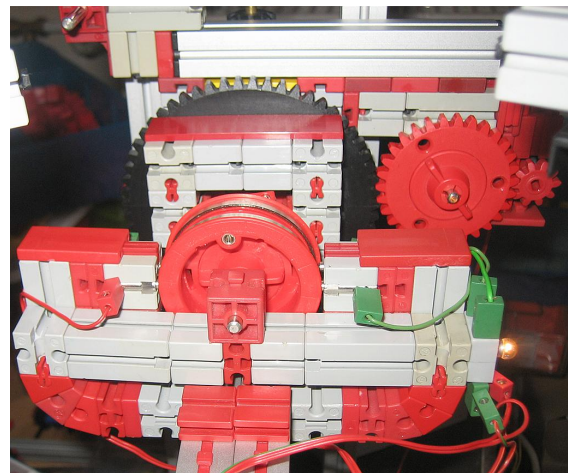
Zur Übertragung der Spannungen auf die Brücke wurde folgende Konstruktion entworfen (Abb. 10):



*Abb. 10: Detail Schleifring und Übertragung auf die Brücke*

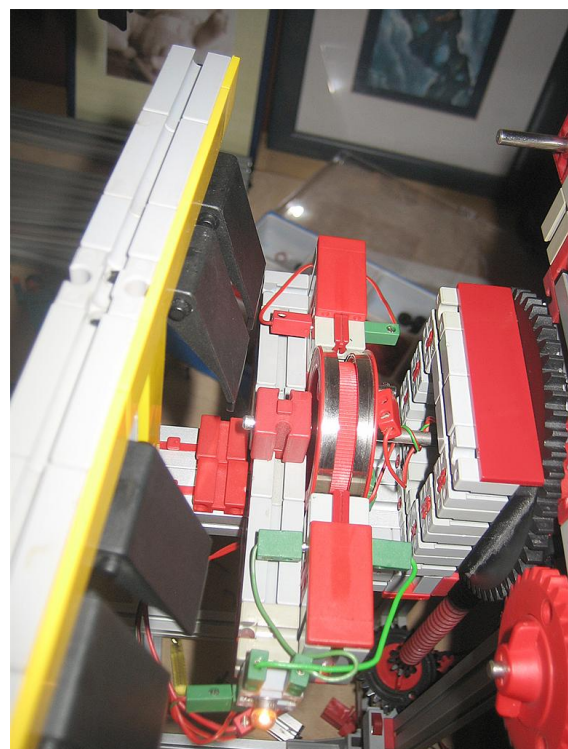
Zur Spannungsversorgung der Brücke ist dieser Aufbau zweimal vorhanden. Damit kann der zentrale Antrieb für die Fahrgastgondel und die Beleuchtung gespeist werden.

Um die Kräfte der Rotation, welche die unterbrechungsfreie Spannungsversorgung auf die Schleifringe behindern, etwas aufzufangen, habe ich auf jeder Seite des Schleifrings zwei Federkontakte montiert. So ist auch in dem Falle, dass ein Schleifer keinen Kontakt mehr hat, auf der gegenüberliegenden Seite ein Ausgleich geschaffen.



*Abb. 11: Baugruppe zur Übertragung von Spannung auf die Brücke*

Wie man erkennen kann, rotieren übrigens die Kontakte um die Schleifringe herum, d. h. der Schleifring „steht“ – siehe Abb. 10, 11 und 12.



*Abb. 12: Baugruppe zur Übertragung von Spannung auf die Brücke*

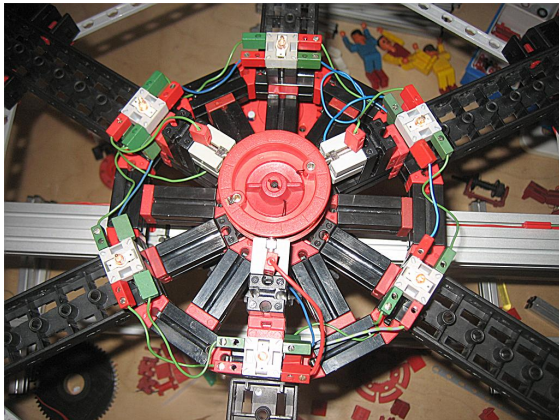


Abb. 13: Beleuchtung der Fahrgastgondel

Abb. 13 und 14 zeigen den zentralen Schleifring für die Beleuchtung auf der Fahrgastgondel.



Abb. 14: Schleifring für Beleuchtung



Abb. 15: Halterung für Schleifring (neu)

Da sich durch die Rotation die Befestigung des Schleifringes immer wieder löste, habe ich mich dazu entschlossen, eine alte Seiltrommel mit einer Nabe (siehe Abb. 14 und 15) mittels Zweikomponentenkleber unlösbar zu verbinden. Auf Abb. 13 und 16 sieht man noch eine alte Version mit Standard-Teilen. In der Mitte von Abb. 16 ist der Abschnitt eines Kunststoffrohres zu sehen, welcher ein Verheddern der 2 Kabel mit den umlaufenden Teilen wirksam verhindert.



Abb. 16: Bildmitte: Halterung für Schleifring (alte Version)



Abb. 17: Blick von Unten in die Gondel



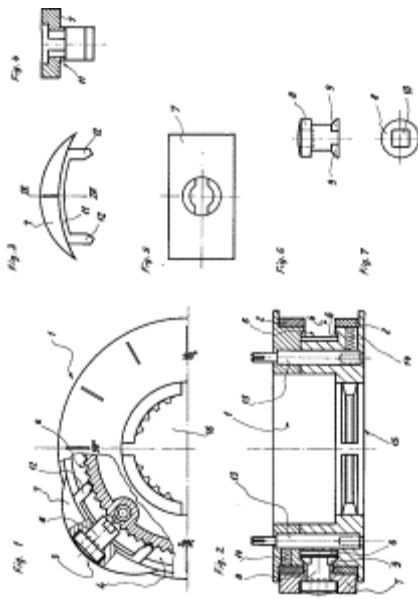


Abb. 18: Patent Schleifring [1]

Nach längeren Testfahrten läuft das Fahr-geschäft inzwischen sehr stabil; nur ab und an sind kleinere Justagen und Kontrollen durchzuführen. Diverse Restarbeiten im Dekobereich sind noch zu bewerkstelligen.

Klar ist, dass derartige Modelle mit solchem Funktionsumfang leider nicht ausschließlich nur mit aktuellen Teilen bzw. ohne modifizierte Komponenten realisierbar sind. Daher ist es ein Segen, dass es noch heute über 30 Jahre alte Teile in sehr gutem Zustand gebraucht zu kaufen gibt, die einwandfrei in Zustand und Funktion sind. Mein Dank geht ausdrücklich mal an Stefan Roth (ffm), der immer kurzfristig mit Teilen helfen kann.

## Quellen

[1] [ft-Datenbank](#)



Abb. 19: Der „Transformer“ in Aktion



**fischertechnik** 