

Editorial

Willkommen...

... zur ersten Ausgabe von ft:pedia – dem neuen Zugang zur Welt der Technik mit fesselnden Experimenten und faszinierenden Modellen aus fischertechnik.

An diesem vielseitigen Bausteinkonzept begeistert immer wieder aufs Neue, wie spielerisch es damit gelingt, Kenntnisse der Physik, der Mechanik, der Elektronik und der Statik zu vermitteln und zu erwerben.

Dennoch hat es ein Technik-Baukasten wie fischertechnik heute schwer, in Kinderzimmern Fuß zu fassen – obwohl viele heutige Ingenieure den (damals noch grauen) Steinchen sogar ihre Berufsentscheidung verdanken. Die Zeit fressende Konkurrenz aus Fernsehen, Internet-Nutzung und Computerspielen lässt Kindern heute oft keinen Raum mehr für kreative Technik-Spiele, die leicht eine mehrstündige Konzentration erfordern.

Dabei sind technische Baukästen wie fischertechnik heute notwendiger denn je. Denn die Sorge, dass dem „Land der Ideen“, dessen einzige wirtschaftlich relevante Ressource seit Jahrhunderten technische Innovationen sind, in den kommenden Jahrzehnten die Ingenieure ausgehen werden, ist berechtigt.

ft:pedia will – viermal im Jahr – durch fesselnde Beiträge Kinder, Jugendliche und interessierte Erwachsene für Technik begeistern und zu vielen faszinierenden Stunden der Beschäftigung mit fischertechnik verhelfen.

Der Name ist Programm: Wir hoffen, dass ft:pedia im Laufe der Zeit zu einem Kompendium des Wissens rund um die technischen Grundlagen und die Modellentwicklung mit fischertechnik wird.

Vor allem aber will ft:pedia

- mit der anschaulichen Vermittlung von Grundlagenwissen Lust an Technik wecken,
- die Erfahrungen und die Kenntnisse der Gemeinschaft der fischertechnik-Fans allen Interessierten zugänglich machen, und nicht zuletzt auch
- allen, die nach Jahren der Abstinenz ihre verschüttete jugendliche Begeisterung für fischertechnik wiederentdeckt haben, den Wiedereinstieg erleichtern.

Daher hoffen wir, viele Autoren dazu motivieren zu können, ihre Kenntnisse weiterzugeben, und sie für eine Mitarbeit zu gewinnen – an dieser Stelle schon mal ein dickes Dankeschön an die Mitwirkenden dieser Erstausgabe!

Jede Ausgabe der ft:pedia soll für alle Leser etwas bieten – Einsteigern ebenso wie „alten Hasen“. Damit uns das gelingt, hoffen wir auf viele Rückmeldungen, Anregungen und Verbesserungsvorschläge – z. B. über das [ft:pedia-Forum](#) der [fischertechnik-Community](#).

Und jetzt: Ran an die fischertechnik-Kästen und viel Freude mit der ersten Ausgabe!

*Die Herausgeber –
Dirk Fox und Stefan Falk*

P.S.: ft:pedia ist unentgeltlich und darf und soll kopiert und verbreitet werden – allerdings unter Beachtung des Urheberrechts: Beiträge dürfen nur ungekürzt und unverändert mit Angabe der Autoren und der Quelle zitiert oder weitergegeben werden.

Inhalt

Willkommen.....	2	Lenkungen (Teil 1).....	16
Termine.....	3	Kaulquappen (Teil 1).....	22
Impressum	3	Wuppertaler Schwebbahn.....	29
Motorsteuerungen (Teil 1).....	4	Der Robo TX Controller als	
Drehmomentverstärker	9	Messgerät	33

Termine

Was?	Wann?	Wo?
fischertechnik Convention 2011	24.09.2011	Erbes-Büdesheim

Impressum

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

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

Autoren Gereon Altenbeck (alteg), Stefan Falk (steffalk), Dirk Fox (Dirk Fox),
Thomas Püttmann (geometer), Harald Steinhaus (Harald)

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.

Schaltungstechnik

Motorsteuerungen (Teil 1)

Nicht immer muss es gleich ein Interface sein – viele Steuerungen lassen sich viel effektiver mit einfachen Grundschaltungen aus Tastern herstellen. Dies ist der erste einer Reihe von Artikeln, in der einfache und raffinierte Schaltungen gezeigt werden, die in vielen Modellen verwendet werden können.

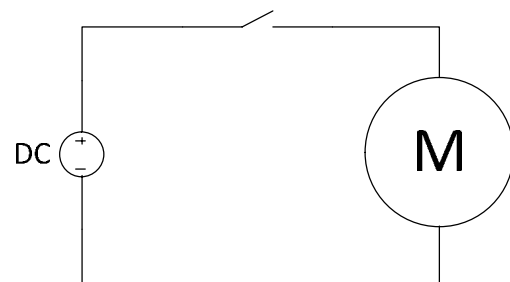
In der heutigen, etwas computerlastigen Zeit mag man versucht sein, für jede kleine Aufgabenstellung gleich ein Programm für das Robo Interface oder den TX Controller zu schreiben. Viele Aufgabenstellungen benötigen diesen Aufwand aber gar nicht. Auf den folgenden Seiten wollen wir einige äußerst nützliche Grundschaltungen darstellen, die lediglich mit Tastern als Steuerelemente auskommen.

Die „alten Hasen“ unter Euch kennen solche Schaltungen sicher schon. Für viele junge fischertechnik-Freunde sind einige der hier dargestellten Schaltungskniffe aber möglicherweise neu – deshalb wollen wir sie in dieser Artikelserie einmal zusammenstellen und bis zu vollständigen Steuerungen ausbauen.

Motor ein-/ausschalten

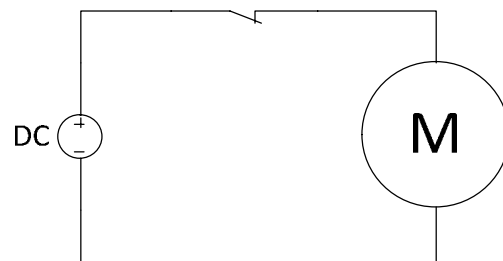
Das ist eine der einfachsten Übungen, aber wir stellen sie doch der Vollständigkeit halber dar. Wenn ein Motor (Schaltzeichen: M in einem Kreis) nur dann laufen soll, wenn und solange ein Taster gedrückt ist, erledigt das *Schaltung 1* – einfacher geht's nicht.

So verwendet, nennt man den Taster einen *Schließer* – er schließt den Kontakt zwischen der (Gleich-)Stromquelle (Schaltzeichen: DC) und dem Motor, wenn er gedrückt wird.



Schaltung 1: Ein- und Ausschalten

Genauso einfach ist *Schaltung 2*, die den Motor laufen lässt, solange der Taster *losgelassen* (und nicht gedrückt) ist. Hier nennt man den Taster einen *Öffner*, weil er die Verbindung öffnet (trennt), solange er betätigt wird.

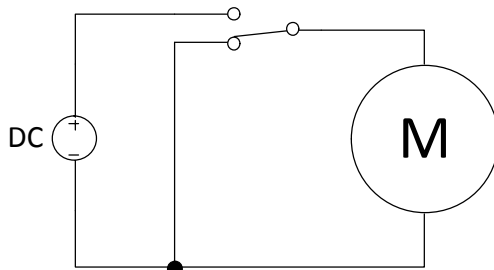


Schaltung 2: Verwendung eines Öffners

Wenn's schnell gehen muss

Schaltung 1 schaltet den Motor zwar stromlos, wenn der Taster losgelassen wird, aber bei vielen Maschinen läuft der Motor durch seine Schwungmasse noch etwas nach. Manchmal muss man das aber vermeiden oder wünscht sich, der Motor möge schlagartig anhalten, ohne nachzulaufen.

Auch das geht mit einem einfachen Schaltungstrick: Wir verwenden alle drei Buchsen des Tasters und verschalten ihn so, dass der Motor nach dem Loslassen des Tasters *kurzgeschlossen* wird:



Schaltung 3: Kurzschlussbremse

Der Taster ist hier in der Stellung dargestellt, in der der Motor ausgeschaltet ist (das kann je nach den gesteckten Verbindungen der gedrückte oder auch der losgelassene Zustand sein!).

Damit wir diese und die folgenden Schaltungen einfacher beschreiben können, wollen wir die folgenden üblichen Bezeichnungen verwenden:

- Den mittleren Kontakt des fischertechnik-Tasters (der in *Schaltung 3* rechts liegt) nennen wir *Zentralkontakt*.
- Der Anschluss, der mit dem Zentralkontakt verbunden ist, solange der Taster *losgelassen* (in Ruhe) ist, nennen wir *Ruhekontakt*.
- Den Anschluss, der mit dem Zentralkontakt verbunden wird, wenn wir den Schalter drücken, nennt man *Arbeitskontakt*.

Beim aktuellen fischertechnik-Taster sind das die in *Abbildung 1* gezeigten Anschlüsse.

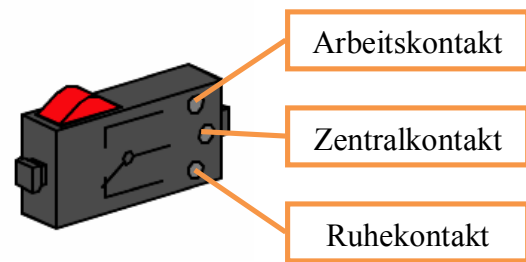


Abb. 1: Der aktuelle fischertechnik-Minitaster 37780 (grau) bzw. 37783 (schwarz)

In den 1970ern gab es einen etwas größeren Vorläufer dieses Tasters, der aber dieselbe Funktion erfüllt. Er fiel etwas größer aus, dafür war er etwas leichtgängiger:

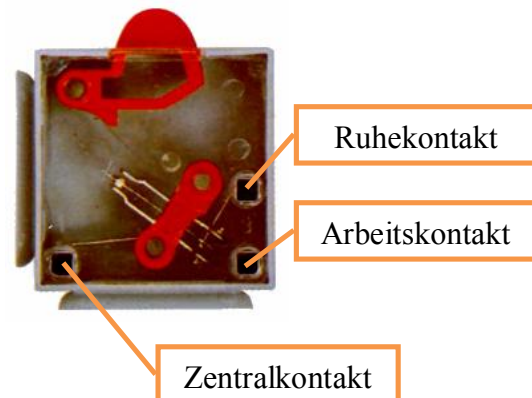


Abb. 2: Der ältere fischertechnik-Taster 31332

Was passiert nun in *Schaltung 3* genau? Wenn wir den Schalter betätigen, wird wie in *Schaltung 1* der Motor an beiden Polen mit der Stromquelle verbunden – er läuft. Wenn wir ihn ausschalten, also den Taster in die Lage bringen, wie ihn *Schaltung 3* zeigt, wird aber nicht nur die Verbindung des Motors zur Stromquelle unterbrochen, sondern die beiden Anschlüsse des Motors werden *miteinander* verbunden – das nennt man *kurzgeschlossen*. Der Ruhekontakt des Tasters ist nämlich mit demselben Pol der Stromquelle verbunden, der auch immer am hier unteren Anschluss des Motors anliegt.

Obwohl ein Kurzschluss normalerweise etwas Unerwünschtes ist, ist er hier also beabsichtigt und sogar nützlich! Im Motor

steckt nämlich nach dem Ausschalten noch Bewegungsenergie, weil er noch Schwung hat. Schließen wir ihn kurz, arbeitet er wie ein Generator: Er liefert eine elektrische Spannung an seinen Anschlüssen, bis sämtliche Bewegungsenergie abgebaut ist. Der Kurzschluss lässt nun den Strom ungehindert fließen, und das bewirkt tatsächlich ein praktisch schlagartiges Anhalten des Motors.

Führt einmal das Experiment durch und vergleicht die Wirkung der Schaltungen 1 und 3 miteinander. Ihr werdet feststellen, dass der Motor in den Schaltungen 1 und 2 etwas nachläuft, während er in Schaltung 3 augenblicklich zum Stehen kommt.

Steuerung der Drehrichtung

Aber fischertechnik bietet ja nicht nur Taster, um Stromkreise zu schließen oder zu trennen. Sicher kennt Ihr den schwarzen fischertechnik-Polwendeschalter:

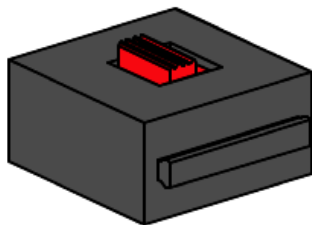
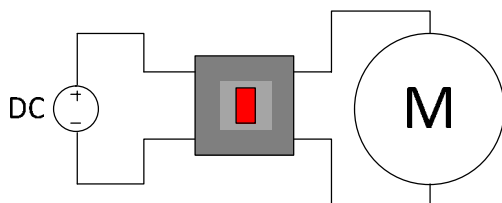


Abb. 3: Der fischertechnik-Polwendeschalter 36708

Dieser Schalter hat drei Stellungen, die man bei einem Motor für links/rechts/aus verwenden kann:



Schaltung 4: Polwendeschalter

Auf der Rückseite des Schalters sind die Anschlüsse beschriftet. Wenn Ihr den Schalter richtig anschließt, könnt Ihr einen

Motor damit ausschalten, links- oder rechtsherum drehen lassen.

Mit dem älteren fischertechnik-Polwendeschalter könnt Ihr den Motor nur umschalten zwischen Links- und Rechtsdrehung, oder Ihr könnt ihn ein- und ausschalten:

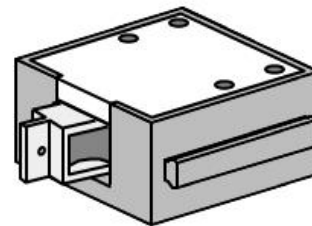


Abb. 4: Der fischertechnik-Polwendeschalter 31331 (grau) bzw. 31334 (schwarz)

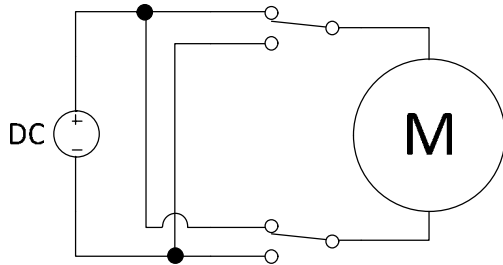
Da dieser Schalter aber nur zwei Stellungen hat, kann man mit ihm alleine nicht links/rechts/aus realisieren. Wer ihn besitzt, kann an den beiden (nahe beieinander liegenden) Kontakten auf der einen Seite die Stromquelle und an den anderen beiden den Verbraucher (Motor) anschließen.

Obwohl der ältere Polwendeschalter also nicht so viele Stellungen kennt wie der neuere, hat er einen Vorteil: Er lässt sich sehr einfach maschinell, z. B. durch sich bewegende Bauteile im Modell, betätigen. Zudem kann man durch die kleine Bohrung in seinem Schalthebel eine Schnur führen, mit der man durch Knoten ebenfalls den Schalter betätigen kann, wenn sie bewegt wird. Dadurch ermöglicht dieser Schalter weitere interessante Schaltungen für Steuerungen – vielleicht Thema eines zukünftigen Artikels.

Nur was steckt denn in diesen Schaltern? Kann man denselben Effekt auch mit Tastern erreichen? Wie wäre es, wenn wir zwei Taster hätten, einen für das Linksdrehen, einen für das Rechtsdrehen des Motors? Und wenn wir keinen drücken, bleibt der Motor aus?

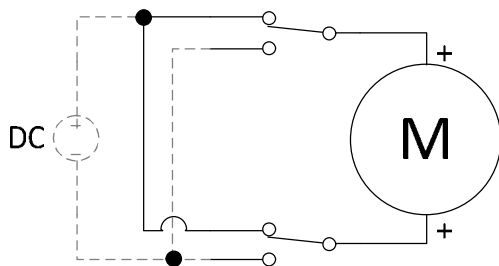
Drehrichtungssteuerung mit Tastern

Eine für viele Modelle nützliche Schaltung, die diese Anforderungen erfüllt, zeigt *Schaltung 5*. Wir benötigen dazu zwei fischertechnik-Taster und kombinieren diese wie folgt:



Schaltung 5: Getrennte links/rechts-Taster

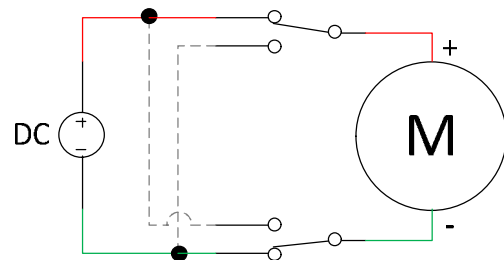
Diese wichtige Schaltung wollen wir uns näher betrachten. *Schaltung 5* zeigt den Zustand, wenn kein Taster gedrückt ist. Damit wir die Schaltung leichter verstehen, sind in den folgenden Schaltbildern diejenigen Leitungen, durch die gar kein Strom fließen kann, weil kein geschlossener Stromkreis besteht, gepunktet dargestellt. Nur die durchgezogenen Linien haben in diesem Zustand nämlich eine Bedeutung:



Schaltung 5a: Der Motor ist ausgeschaltet

Wie Ihr seht, ist der Motor tatsächlich nur kurzgeschlossen. Beide Ruhekontakte sind nämlich miteinander verbunden. Der Strom aus der Stromquelle kann nirgendwo fließen, denn beide Motoranschlüsse sind mit demselben Pol der Stromquelle verbunden (hier: dem Pluspol). Wir haben also die Kurzschlussbremse von *Schaltung 4* wieder vor uns!

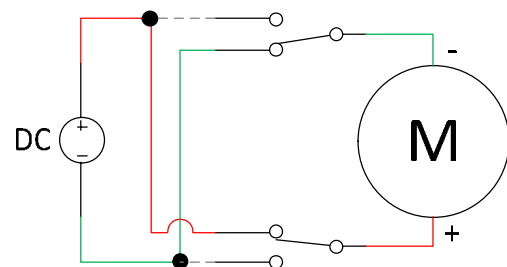
Drücken wir den unteren Taster in *Schaltung 5*, ergibt das folgenden Verlauf:



Schaltung 5b: Der untere Taster ist gedrückt

Wenn Ihr den Stromlaufplan verfolgt, seht Ihr, dass der hier obere Anschluss des Motors mit dem Pluspol der Stromquelle verbunden ist, und der untere Anschluss mit dem Minuspol. Der Motor dreht sich in eine bestimmte Richtung.

Wenn wir stattdessen den oberen Taster drücken, passiert etwas Interessantes, wie *Schaltung 5c* zeigt:



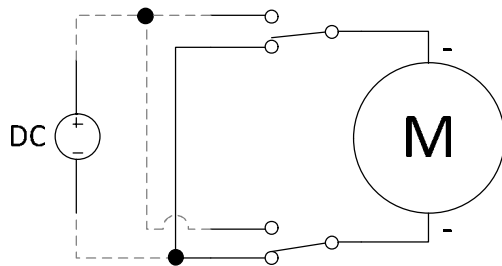
Schaltung 5c: Der obere Taster ist gedrückt

Jetzt liegt am oberen Anschluss des Motors der Minuspol der Stromquelle, und am unteren Anschluss der Pluspol. Der Motor dreht sich wieder, aber in die entgegengesetzte Richtung!

Mit dieser Schaltung könnt Ihr also einen Motor so steuern, dass Ihr einen getrennten Taster für Links- und Rechtslauf habt. Lasst Ihr beide Taster los, bleibt der Motor stehen – und zwar schlagartig, weil in die Schaltung auch gleich die Euch nun schon bekannte Kurzschlussbremse eingebaut ist.

Beim Experimentieren werdet Ihr bestimmt einmal ausprobieren, was passiert, wenn Ihr *beide Taster gleichzeitig* drückt.

Dieser Zustand ist in *Schaltung 5d* dargestellt:



Schaltung 5d: Beide Taster sind gedrückt

Wiederum ist der Motor einfach kurzgeschlossen und bleibt also stehen.

Diese Schaltung ist dermaßen nützlich und oft einsetzbar, dass Ihr sie Euch vielleicht einprägen wollt, damit Ihr die Verdrahtung nach etwas Übung auswendig durchführen könnt. Vielleicht helfen Euch diese beiden Merksätze dabei:

- Die zentralen Kontakte der Taster kommen an den *Motor*, nicht an die Stromquelle.
- Die beiden Ruhekontakte der Taster müssen mit *demselben* Pol der Stromquelle verbunden werden, beide Arbeitskontakte mit dem *anderen* Pol der Stromquelle.

Wichtig bei solchen Schaltungen ist, dass man – bei allen Tricks und Raffinessen –

niemals die *Stromquelle* kurzschließt! Es darf niemals eine Schalterstellung geben, in der es eine direkte Verbindung zwischen den beiden Ausgängen der Stromquelle gibt!

Die fischertechnik-Netzgeräte und Akkus haben zwar einen eingebauten Überlastschutz, aber eine Batterie würde dadurch nicht nur schnell entladen, sondern sie könnte sogar heiß werden. Auch ein Akku wird bei den großen Strömen, die bei einer kurzgeschlossenen Stromquelle fließen, sehr schnell sehr heiß – das kann gefährlich werden!

Wie Ihr seht, ist das Kurzschließen eines *Verbrauchers*, insbesondere eines Motors, aber eine nützliche Sache, die in vielen Modellen eingesetzt werden kann.

Im nächsten Teil dieser Serie wollen wir weitere Schaltungskniffe darstellen: Dann geht es zum Beispiel darum, dass ein Motor an einer Endposition automatisch anhält, selbst wenn wir den Steuerungstaster noch betätigen. Auch einen Überlastschutz, etwa für das Tragseil eines Kranes, wollen wir einbauen. All das geht ganz einfach nur mit Tastern und der richtigen Schaltung – Ihr werdet sehen!

Stefan Falk

Getriebe

Drehmomentverstärker

Getriebe unterscheiden sich von elektrischen Schaltkreisen dadurch, dass sie überwiegend aus passiven Komponenten bestehen. Der Drehmomentverstärker von Henry W. Nieman ist eine aktive mechanische Einheit – in seiner Funktion grob vergleichbar mit einem Transistor. Seine Erfindung im Jahre 1925 ermöglichte die Entwicklung des komplexesten und faszinierendsten mechanischen Analogcomputers, des Differential Analyzers. Der Erfinder des Verstärkers hatte diesen Verwendungszweck nicht vorausgesehen und dachte eher an die synchrone manuelle Steuerung von Schiffsrudern, Schleusentoren oder Geschütztürmen. Der Artikel geht auf die Entstehungsgeschichte des Verstärkers ein, stellt ein Funktionsmodell aus Fischertechnik vor und beschreibt einige Experimente und Anwendungen.

Die Entstehungsgeschichte

Im ausgehenden Mittelalter werden in Europa die Voraussetzungen für die Eroberung der Weltmeere und den damit aufkommenden Überseehandel geschaffen: Neue Schiffstypen entstehen, der Kompass durchläuft weitreichende Entwicklungen und wird seetauglich, es gibt Fortschritte in der Kartographie, ein Hafenkran wird zum ersten Mal in Utrecht im Jahr 1244 eingesetzt. In diese Epoche fällt auch die Erfindung des Spills, einer Vorrichtung zum synchronen manuellen Bewegen schwerer Lasten (siehe Abbildung 1).

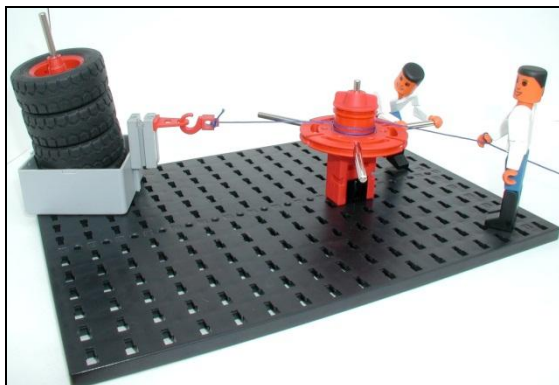


Abb. 1: Spill

Das Spill ist ein unidirektionaler Kraftverstärker (Seile kann man nur ziehen, nicht schieben). Um eine sich drehende Trommel – zur Zeit der Erfindung noch mit

Muskelkraft angetrieben – wird ein Seil mehrmals gewickelt. Wird an dem Seil gezogen, strafft sich das Seil auf der Trommel. Die Trommel nimmt es durch Reibung mit und verstärkt die Zugkraft deutlich. Der Verstärkungsfaktor steigt prinzipiell exponentiell mit der Anzahl der Windungen (was man sehr gut an der Lage der Windungen in Abbildung 6 erkennen kann: am Ausgang liegen sie enger aneinander wegen der gestiegenen Schnurspannung). Allerdings lassen sich wegen der Reibungsschwankungen, die mitverstärkt werden, in der Praxis nur wenige Windungen nutzen. Die Vorteile eines Spills gegenüber einer Seilwinde sind vor allem die feinfühligere Steuerung, und dass man Seile oder Ketten benutzen kann, die zu lang sind, um auf eine Winde zu passen (z. B. bei Ankern).

Mehr als ein halbes Jahrtausend später im Jahre 1925 ist Bethlehem in Pennsylvania eine der Hauptstädte der Stahl-, Schiffsbau-, Bau- und Rüstungsindustrie. Der bei der Bethlehem Steel Corporation angestellte Ingenieur **Henry W. Nieman** nutzt das Grundprinzip des Spills und erfindet einen Verstärker zur synchronen manuellen Kontrolle schwer drehbarer Maschinenteile (wie Schiffsruder, Absperrhähne oder Ge-

schütztürme). Die bekannteste Anwendung dieser Erfindung wird jedoch erst drei Jahre später gefunden: Am Massachusetts Institute of Technology arbeiten im Jahre 1928 **Vannevar Bush** und sein Mitarbeiter **Harold Hazen** gerade an der Entwicklung des so genannten *Differential Analyzers*, eines komplexen und faszinierenden Analogrechners zur Lösung gewöhnlicher Differentialgleichungen.

Kernelemente dieses Differential Analyzers sind verkoppelte *Disk-Wheel-Integratoren*, die Bush und Hazen wiederentdeckt haben, deren Prinzip aber schon Jahrzehnte zuvor vorgeschlagen worden ist. Den prinzipiellen Aufbau eines solchen Disk-Wheel-Integrators zeigt Abbildung 2.

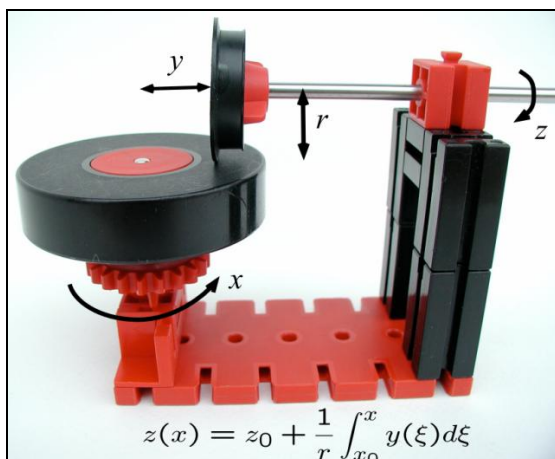


Abb. 2: Disk Wheel Integrator

Für eine möglichst hohe Genauigkeit muss die rotierende Scheibe aus Glas und das Reibrad – eher ein Schneidrad – aus Stahl sein. Es steht somit nur ein sehr kleines Drehmoment an der Ausgangsachse zur Verfügung. Gleichwohl muss diese Ausgangsachse weitere rotierende Scheiben und Funktionsschreiber treiben können.

Dies ist das verbliebene ungelöste Problem des Entwurfs. Als Hazen sich im Heimaturlaub befindet, überbringt ihm ein ehemaliger Lehrer eine Ausgabe der wöchentlich erscheinenden populären Zeitschrift *American Machinist*, in der Henry W. Nieman seinen Drehmomentverstärker vorstellt.

Hazen und Bush passen die Erfindung ihren Zwecken optimal an und konstruieren einen zweistufigen Verstärker mit einem Verstärkungsfaktor von mehr als 10.000. Es dauert danach nicht mehr lange und der erste Differential Analyzer ist fertiggestellt.

Das Drehmoment

Zu einer Drehbewegung gehören verschiedene Größen: Der Drehwinkel gibt die Lage des gedrehten Objektes an, die Ableitungen des Drehwinkels sind die Winkelgeschwindigkeit (umgangssprachlich auch Drehzahl genannt) und die Winkelbeschleunigung. Das Drehmoment dagegen gibt an, wie stark die Drehbewegung ist.

Dass dafür der Begriff der Kraft alleine nicht ausreicht, ist jedem von uns seit den Kindertagen von Wippen auf Spielplätzen her vertraut. Will man jemand anderen auf einer Wippe in die Höhe drücken, muss man nicht unbedingt schwerer sein als er – es reicht, wenn man weit genug nach aussen rückt (Hebelgesetz). Greift eine Kraft senkrecht an einen drehbar gelagerten Arm, so nennt man das Produkt der Größe der Kraft und des Abstands zwischen der Drehachse und dem Angriffspunkt der Kraft Drehmoment.

Bei der Übertragung von Drehbewegungen von einer Achse auf eine andere durch Zahnräder verändert sich das Drehmoment. Hat das erste Zahnrad n_1 Zähne und das zweite n_2 , so wird der Drehwinkel und damit auch die Winkelgeschwindigkeit um den Faktor n_1/n_2 verändert, während sich das Drehmoment um den Faktor n_2/n_1 ändert. Man kann also entweder langsamer und gleichzeitig stärker oder schneller und gleichzeitig schwächer drehen.

Eine Möglichkeit, synchron mit höherem Drehmoment zu drehen, gibt es mit passiven Bauteilen wie Zahnrädern nicht. Genau das leistet der Drehmomentverstärker.

Zum Bau des Modells

Die Funktionsweise des Drehmomentverstärkers erschließt sich am besten durch den Nachbau. Der Nachbau des hier vorgestellten Funktionsmodells aus fischertechnik ist trotz der geringen Anzahl der Teile nicht ganz einfach. Mit etwas Fingerspitzengefühl und Geduld bekommt man dafür aber ein faszinierendes, stabil arbeitendes Aggregat, mit dem man interessante Experimente durchführen kann und das vielfältige Anwendungsmöglichkeiten bietet.

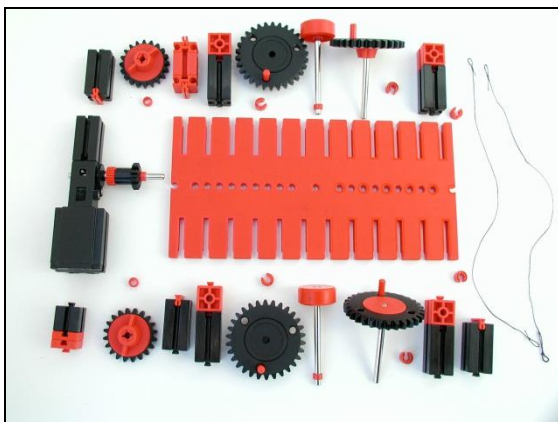


Abb. 3: Benötigte Bauteile

Die Komponenten für den bidirektionalen Verstärker sieht man in Abbildung 3. Bei der Auswahl der Bauteile ist auf Folgendes zu achten:

- Die Achsen sollten trotz der geringen Länge so gerade wie möglich sein. Jede Asymmetrie führt zu Schwankungen in der Schnurspannung auf den Trommeln und damit zu Gleichlaufschwankungen.
- Die Räder 23 sollten möglichst fest auf den Achsen sitzen und eine möglichst glatte Oberfläche besitzen.
- Die vier 5 mm langen Klemmstifte (107356) klemmen sehr fest in den Zahnrädern Z30, was für unsere Zwecke ideal ist.

Alternativ kann man Rastachsen 20 (31690) verwenden. Diese arretiert man mit einer Klemmbuchse, die zuvor mit einer Zange etwas zusammengedrückt wur-

de. Die Einstellung der genauen Schnurspannung am Ende des Aufbaus ist allerdings bei Verwendung der Klemmstifte einfacher.

- Man benötigt Freilaufnaben (68535) für zwei der vier Zahnräder Z30.
- Der Austausch der Lager auf der Ausgangsseite gegen die von Ludger Mäsing vorgeschlagenen Doppelkugellagerbausteine bringt eine Verbesserung.
- Die fischertechnik-Seile sind wegen der hohen Elastizität von Nylon nicht gut für unseren Zweck geeignet. Ich verwende einen Zwirn aus 100% Ramie, einer Naturfaser deren Elastizitätsmodul etwa 24 Mal so groß ist wie der von Nylon (das bedeutet, dass sich Nylon bei gleicher Spannung 24 Mal so weit dehnt wie Ramie).

In zwei 24 cm lange Schnüre macht man jeweils an beiden Enden sich selbst zuziehende Schlingen. Die Befestigung der Schnüre an den Zahnrädern Z30 ist in Abbildung 4 dargestellt.



Abb. 4: Befestigung der Schnüre

Es wird jeweils ein Z30 mit Freilaufnabe mit einem Z30 ohne Freilaufnabe verbunden.

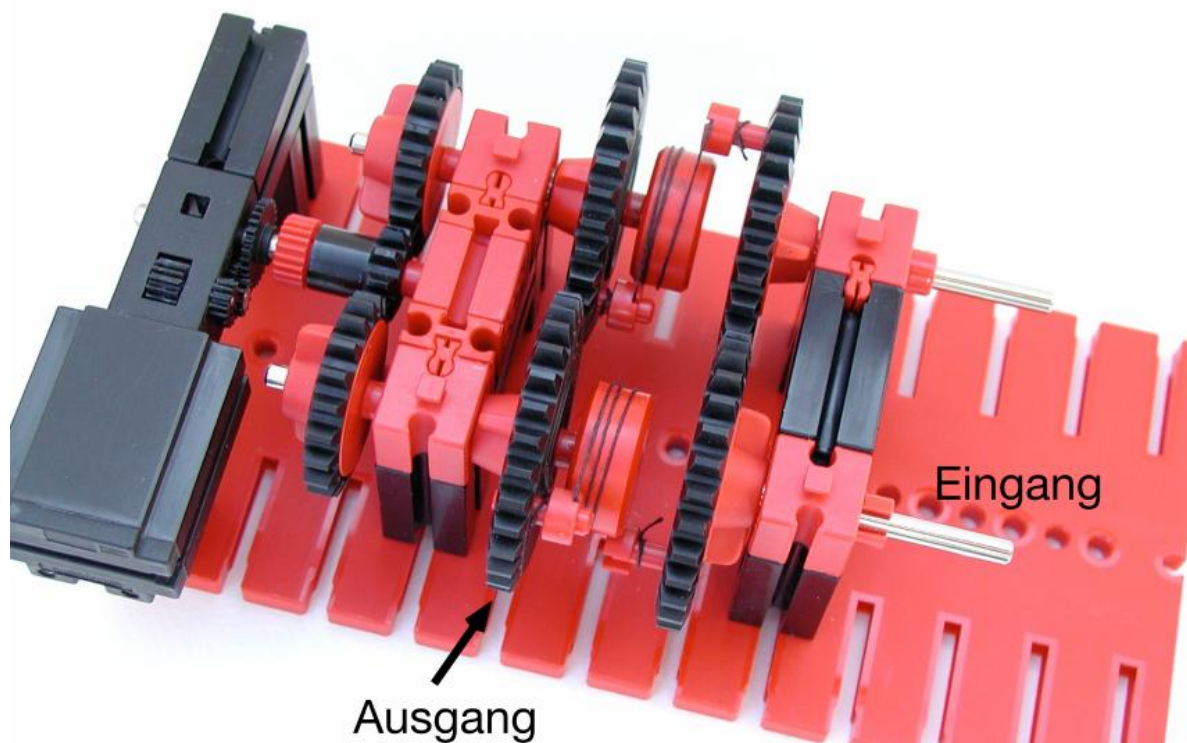
Es ist empfehlenswert, zunächst einen unidirektionalen Verstärker aufzubauen (siehe Abbildung 5), da er das Grundprinzip sehr gut verdeutlicht und man die etwas kniffe-



lige Einstellung der Schnurbefestigungen in vereinfachter Situation üben kann. Die Komponenten müssen dazu etwas abgeändert werden. Man benötigt zusätzlich eine Seiltrommel und einen Gummiring als Bremse. Zunächst baut man den linken Getriebeblock ohne Motor inklusive Bremse auf. Dann wickelt man die Schnur in der

späteren Drehrichtung auf die Trommel (Rad 23). Dabei müssen die Abstände der Klemmbuchsen auf den Klemmstiften geeignet eingestellt werden (Abbildung 5).

Abb. 5 (oben): Unidirektionaler Verstärker;
Abb. 6 (unten): Bidirektionaler Verstärker



Sitzt die Schnur sicher auf der Trommel, arretiert man das rechte Z30 mit einem Grundbaustein 15, den man in die Grundplatte einschiebt. Dann baut man den Motorblock auf. Bevor der Motor eingeschaltet wird, entfernt man den Baustein 15 wieder und nimmt die rechte Eingangssachse in die Hand. Nach dem Einschalten des Motors kann man die Drehmomentverstärkung sofort fühlen. Man darf natürlich nur in Drehrichtung der Trommel drehen, ansonsten wickelt sich die Schnur von der Trommel.

Nach dieser Vorübung ist man für den Bau des bidirektionalen Verstärkers gemäß Abbildung 6 gut vorbereitet. Der Motorblock wird entfernt und die Verstärkerstufe für die zweite Drehrichtung wird analog zur ersten aufgebaut. Die Einstellung der Schnurspannung muss durch Verdrehen der Klemmbuchsen auf den Klemmstiften so erfolgen, dass sich die Trommeln ohne wesentliche Bremswirkung durch Reibung unter den Schnüren drehen können und die Schnüre trotzdem nicht von den Trommeln abspringen.

Nach Anbringen des Motors muss die Feineinstellung der Klemmbuchsen erfolgen. Der Motor muss mit fast voller Drehzahl laufen und trotzdem dürfen die Schnüre unter Last nicht von den Trommeln springen. Eventuell läuft der Verstärker nicht ganz „rund“, d. h. die Drehbewegung beschleunigt und verlangsamt sich je nach Stellung der Eingangssachse. Das liegt dann meistens daran, dass die Eingangs- und Ausgangsachsen nicht genau fluchten und kann durch leichtes Verschieben des Eingangsblocks in der Grundplatte verbessert werden.

Experimente

Nach dem Zusammenbau prüft man als erstes die Drehmomentverstärkung mit den Händen: Wenn man eine der zwei Eingangssachsen mit zwei Fingern nur leicht dreht, entsteht an den Ausgangszahnrädern

trotzdem ein vergleichsweise großes Drehmoment – man kann die Zahnräder kaum mit dem Druck allein eines Fingers bremsen. Als nächstes kann man einen Seilwindenaufsatz gemäß Abbildung 7 konstruieren, um die Verstärkung zu bestimmen. Ich habe 60 g Gewicht an das Seil gehängt und konnte den entstehenden Zug durch Anbringen einer Klemmkupplung 20, deren Gewicht etwa 0,7 g beträgt, an die Handkurbel ausgleichen.

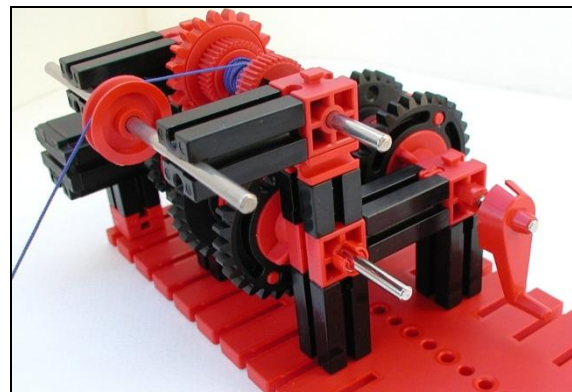


Abb. 7: Bestimmung der Verstärkung

Berücksichtigt man die unterschiedlichen Radien der Seiltrommel (mit Seil etwa 7 mm) und der Handkurbel (2,5 cm) sowie die Übersetzung zwischen dem Z20 und dem Z30, so ergibt sich eine Verstärkung um den Faktor 36. Wenn man zum Vergleich den zweistufigen Verstärker von Bush und Hazen betrachtet, könnte man unseren Verstärker als Vorverstärker bezeichnen: Er ist recht empfindlich, aber nicht sehr leistungsstark. In einer Endstufe würde man einen stärkeren Motor und stärkere Seile verwenden.

Mit einem gut eingestellten Verstärker lassen sich interessante Rückkopplungsexperimente durchführen. Zunächst wird der Zusatz gemäß Abbildung 8 angebaut (wer nur neue Differentiale besitzt, modifiziert den Anbau entsprechend). Die Nabe links dient als Klemmkupplung. Man sollte sie zunächst weglassen und die Achse im laufenden Betrieb ganz leicht zwischen zwei Fingern halten, bis der Verstärker folgende Eigenschaften bekommt: Wenn man die

Eingangssache in eine Richtung dreht, stellt sich eine stabile Drehbewegung mit hohem Drehmoment am Ausgang in diese Richtung ein.

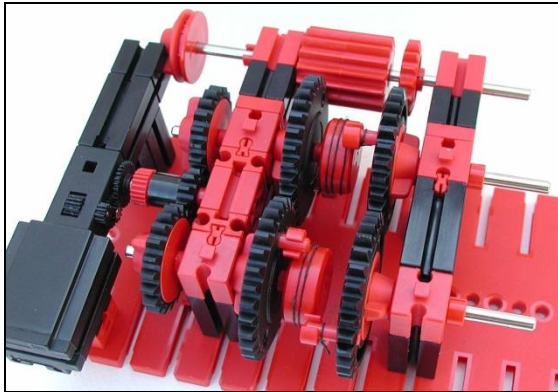


Abb. 8: *Perpetuum mobile*

Man kann diese Bewegung aber problemlos am Eingang stoppen und den gleichen Effekt in umgekehrter Richtung erzielen! Man hat also ein funktionierendes *Perpetuum mobile* gebaut, das natürlich keine Energie liefert – wie es die Zielsetzung der klassischen Erfinder war –, sondern verbraucht. *Perpetuum mobile* bedeutet übersetzt ja nur „sich ständig Bewegendes“.

Die Nabe als Klemmkupplung wird im laufenden Betrieb vorsichtig genau soweit zgedreht, dass sich dieser Effekt dauerhaft einstellt. Der vorgeführte Effekt ist durchaus mit der akustischen Rückkopplung zu vergleichen, die entsteht, wenn ein Mikrophon direkt vor einen Lautsprecher gehalten wird. Er kommt in unserem Fall auf folgende Art zustande: Ist die linke Achse des Differentials blockiert, wird der Ausgang durch das Differential mit doppelter Drehzahl auf den Eingang zurückgekoppelt. Dies kann natürlich nur solange erfolgen, bis die Schnur gestrafft ist. Von da an drehen sich Eingang und Ausgang synchron und die linke Achse rutscht zur Kompensation in den Fingern bzw. der Nabe durch.

Ein weiteres lehrreiches Experiment ergibt sich, wenn man in dem Aufbau gemäß Abbildung 8 die Position von Differential

und Zahnrad Z15 vertauscht. Verwendet man nun die rechte Achse des Differentials als neuen Eingang, so kann man die ursprüngliche Eingangsdämpfung weitgehend durch positive Rückkopplung kompensieren. Gibt man nun dem Eingang einmal Schwung (am besten mit einer aufgesetzten Dreh- oder Schwungscheibe), so führen sämtliche Z30 mehr als eine ganze Umdrehung aus, bis sie zum Stillstand kommen. Dies ändert sich auch nicht, wenn der Ausgang weitere, nicht zu große Lasten treibt.

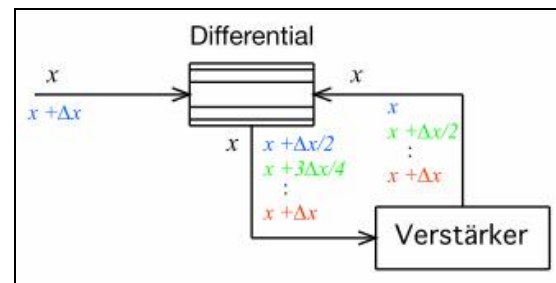


Abb. 9: *Rückkopplung über den Verstärker*

Dieser Effekt kommt wie folgt zustande: Der Drehwinkel des mittleren Zahnkranzes eines Differentials ist der Mittelwert der Drehwinkel an den äußeren Achsen. Die in Abbildung 9 angegebene Rückkopplung des Zahnkranzes über den Verstärker an eine äußere Achse erlaubt es, dass alle drei Ein-/Ausgänge sich synchron mit dem Drehwinkel x drehen. Ändert man nun den Drehwinkel an der linken Achse in Abbildung 9 von x auf $x + \Delta x$, so verbleibt die rechte Achse aufgrund geringer Verzögerungen im Verstärker zunächst beim Drehwinkel x . Das Differential mittelt nun beide Seiten zu $x + \Delta x/2$. Der weitere Vorgang ist in Abbildung 9 dargestellt. Man erkennt, dass der dargestellte Aufbau das Drehmoment des Verstärkers nutzt, um den Ausgang dem Eingang präzise nachfolgen zu lassen. Man hat also einen Drehwinkelfolger konstruiert, der den in elektrischen Schaltkreisen oft genutzten Spannungsfolgern analog ist.

Anwendungen

Der Drehmomentverstärker lässt sich zu vielen Zwecken einsetzen: Wie von seinem Erfinder vorgesehen, lassen sich schwergängig drehbare Aufbauten und Maschinenteile – z. B. ein großer Kran auf einem Drehkranz – manuell feinfühlig und doch schnell bewegen.

Eine weitere Einsatzmöglichkeit sind Modellfahrzeuge: Treibt man den Eingang des Verstärkers mit einem über eine Fernsteuerung regelbaren schwachen Motor (z. B. dem XS-Motor) an, so lässt sich am Ausgang schon bei kleinen Geschwindigkeiten das sehr viel größere Drehmoment des S-Motors (oder eines Power-Motors bei entsprechender Modifikation) abrufen, die mit voller Spannung und damit mit optimaler Drehzahl kontinuierlich betrieben werden. Man hat also hiermit eine fischertechnik-Variante eines stufenlosen Getriebes (*Continuous Variable Transmission* – CVT) realisiert und kann damit prinzipiell Modellfahrzeuge bauen, die gerade bei langsamen Geschwindigkeiten ein sehr kräftiges Fahrverhalten aufweisen.

Ich bin mir nicht sicher, ob Niemans Verstärker überhaupt in der Fahrzeugtechnik ausprobiert wurde – auf jeden Fall scheint er sich im Rahmen des fischertechnik-Systems besser für CVT zu eignen als andere mir bekannte Verfahren. Schließlich kann man den Drehmomentverstärker in jedem komplexen Getriebe als Puffer benutzen – vergleichbar einem Leistungstreiber in elektrischen Schaltkreisen – und

muss dann weniger Arbeit in die Minimierung von Reibungsverlusten stecken.

Zu den Quellen

Drehmomentverstärker wurden in den letzten Jahren fast nur mit Meccano realisiert. Tim Robinson hat eine sehr schöne Internetseite zu diesem Thema zusammengestellt [2]. Die hier vorgestellte Konstruktion weicht von diesen Modellen wie auch von Niemans Vorlage ab. Bei diesen sitzen in der Regel beide Trommeln auf einer Ein-/Ausgangsachse und drehen sich gegensinnig.

Unser Entwurf ist angelehnt an die Lego-Variante von Adam Eppendahl [3] und ermöglicht einen Aufbau mit Standardfischertechnik-Bausteinen. Von Adam Eppendahl stammt auch die Idee, zunächst einen unidirektionalen Verstärker zur Erklärung des Prinzips zu benutzen. Die historischen Details zum Einsatz des Drehmomentverstärkers im Differential Analyzer stammen aus [1].

Literatur

- [1] Bennett, Stuart: *A history of control engineering 1930-1955*. Peter Peregrinus Ltd., London, 1993.
- [2] Modell von Tim Robinson: http://www.meccano.us/differential_analyzers/robinson_da/index.html
- [3] Modell von Adam Eppendahl: <http://homepage.mac.com/a.eppendahl/work/torque-amp.html>

Thomas Püttmann

Fahrzeugtechnik

Lenkungen (Teil 1)

Eines der wichtigsten Elemente eines Fahrzeugmodells ist eine funktionierende Lenkung. Für deren Konstruktion gibt es zahlreiche Möglichkeiten, von denen sich einige bereits in sehr frühen fischertechnik-Bauanleitungen finden. Mit der Zeit wurde die Zahl der Möglichkeiten durch die Entwicklung von Spezialbauteilen erheblich erweitert. Der Beitrag erläutert die technischen Hintergründe und stellt einige wichtige Basistechniken vor.

Ein wenig Theorie

Die beiden verbreitetsten Arten von Lenkungen sind die **Drehschemel-Lenkung**, bei der die Räder auf einer starren Achse sitzen und die gesamte Achse gedreht wird, und die **Achsschenkel-Lenkung**, bei der jedes Rad auf einer separaten Achse sitzt und die Lenkung auf beide gleichzeitig einwirkt.¹ Der Vorteil der technisch einfacheren Drehschemellenkung, die ursprünglich vor allem bei Pferdekutschen Verwendung fand, liegt darin, dass beide Räder beim Lenken immer automatisch auf den Kreismittelpunkt **M** des Spurkreises ausgerichtet sind (Abb. 1).

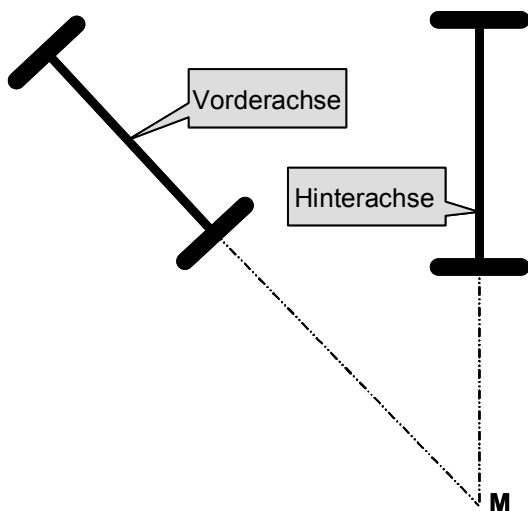


Abb. 1: Spurkreis, Drehschemellenkung

Zu beachten ist, dass sich die beiden Räder unabhängig voneinander drehen können, da das jeweils äußere Rad eine längere Wegstrecke zurücklegt (größerer Kreisradius) – eine Anforderung, die sich am einfachsten durch eine in der Mitte geteilte Achse oder ein Differential erfüllen lässt.

Der größte Nachteil der Drehschemellenkung ist, dass die Stabilität des Fahrzeugs bei starkem Lenkeinschlag erheblich beeinträchtigt wird und das Fahrzeug zum Kippen neigt. In der Praxis wird diese Lenkung daher heute fast nur noch bei Anhängern verwendet. Außerdem benötigt die Lenkung eine größere Bodenfreiheit bzw. Bauhöhe, da beide Räder komplett unter den Fahrzeugboden passen müssen.

Die Achsschenkellenkung, die heute im Automobilbau eingesetzt wird, wurde 1816 von Georg Lankensperger, einem Wagenbauer aus München erfunden. Dabei werden einzeln aufgehängte Räder gelenkt. Sie können seitlich vom Fahrzeug unter einem Kotflügel montiert werden; die Breite des Kotflügels wird durch den maximalen Lenkeinschlag bestimmt. Die Stabilität des Fahrzeugs verändert sich durch den Lenkeinschlag nicht.

Auch bei der Achsschenkel-Lenkung müssen beide Lenkachsen auf den Mittelpunkt desselben Spurkreises ausgerichtet werden, damit die Räder nicht „auseinander driften“. Da das äußere Rad bei der Kurvenfahrt einen größeren Kreisbogen abrollt als

¹ Sehr ausführlich dazu der [Hobby-Band 2-5](#).

das innere, dürfen die Achsen der beiden gelenkten Räder beim Lenkeinschlag nicht parallel stehen. Anderenfalls „drückt“ das äußere Rad nach innen. Das innere Rad muss daher schärfer einschlagen als das äußere. Die Einschlagwinkel müssen die beiden Achsschenkel daher so ausrichten, dass ihre Verlängerungen (dem „Radius“ des Spurkreises) sich in demselben Punkt mit der seitlichen Verlängerung der Hinterachse schneiden (Abb. 2).

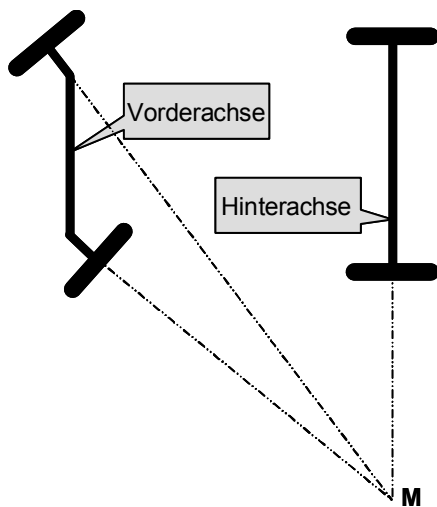


Abb. 2: Spurkreis, Achsschenkellenkung

In der Praxis erreicht man das durch die Verwendung eines **Lenktrapezes** – eine Idee, die Georg Lankensperger in London über den Kunsthändler Rudolph Ackermann patentieren ließ. Daher spricht man auch von einer „Ackermann-Lenkung“. Die Achse, die Spurstange und die beiden Lenkhebel bilden dabei das (gleichschenklige) Lenktrapez (siehe Abb. 3).

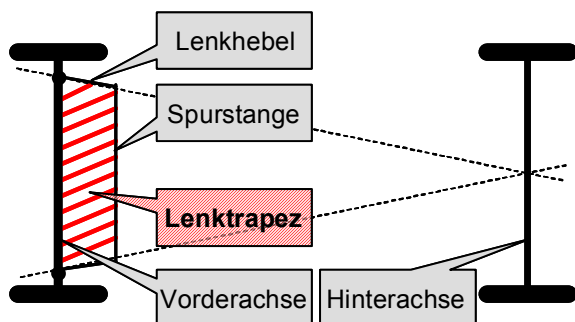


Abb. 3: Lenktrapez

Zwar stimmt auch beim Lenktrapez der Einschlagwinkel nur in zwei Positionen exakt; man erreicht aber in der Praxis eine gute Annäherung an die jeweils optimalen Winkel. Als Faustregel für die Justierung des Lenktrapezes gilt dabei, dass sich die Verlängerungen der beiden Seiten des Lenktrapezes (die Lenkhebel) bei Geradeausstellung genau in der Mitte der Hinterachse kreuzen müssen.

Beim Lenkeinschlag ist zu beachten, dass Lenkhebel und Spurstange nie eine Gerade bilden (Strecklage), der Winkel zwischen beiden also immer kleiner als 180° bleibt – sonst würde die Lenkung beim „zurücklenken“ sperren. Als Faustregel gilt eine Maximalgröße des Winkels von 160° .

Nicht immer lässt sich die Spurstange zwischen der Vorder- und der Hinterachse anordnen; vor allem bei Modellen mit Allradantrieb stört sie dort – und wird daher gelegentlich vor der Vorderachse platziert. In diesem Fall bildet die Spurstange die längste Seite des Lenktrapezes, dessen verlängerte Schenkel (Lenkhebel) sich auch hier in der Mitte der Hinterachse kreuzen müssen (siehe auch die Beispiele in den Abbildungen 7, 12, 16, 18). Dabei ist die Breite der Spurstange durch den Radabstand begrenzt.

Drehschemellenkung

Schon mit den „klassischen“ Bauteilen der frühen fischertechnik-Kästen ließen sich Drehschemellenkungen mit relativ wenigen Bauteilen realisieren.

So findet man in den meisten frühen Bauanleitungen die in Abb. 4 gezeigte einfache Drehschemellenkung mit einer Starrachse unter Verwendung der Drehscheibe 60. Die Steuerung ist über ein Kardangelen mit einem Lenkrad verbunden.

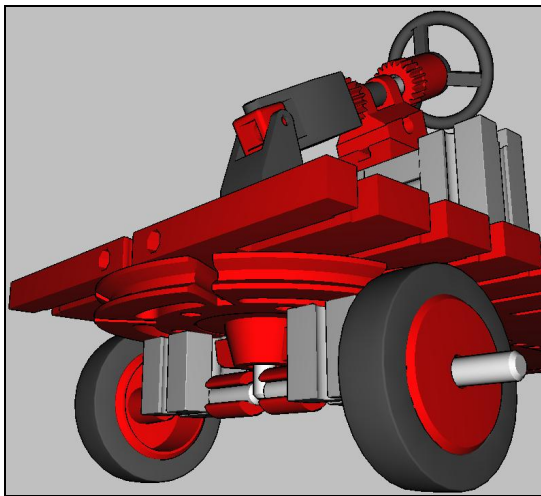


Abb. 4: Drehschemellenkung (Drehscheibe)

Alternativ lässt sich eine Drehschemellenkung auch mit einem Gelenkbaustein 45 realisieren (wie im Traktormodell der Bauanleitung zum mot1-Kasten), gut geeignet für einen einfachen Anhänger (Abb. 5).

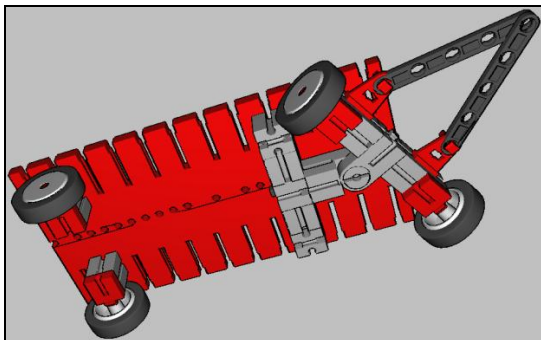


Abb. 5: Drehschemellenkung (Gelenkbaustein)

Etwas eleganter und mit geringerer Bauhöhe lassen sich Drehschemellenkungen mit einem Lenkbalken realisieren, wie bei dem einfachen Pferdefuhrwerk in Abb. 6.

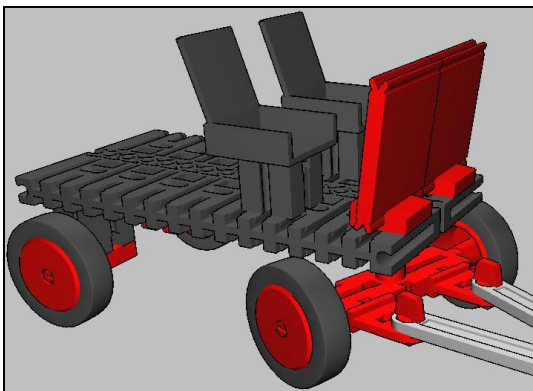


Abb. 6: Drehschemellenkung mit Lenkbalken

Allerdings ist hier die Spurbreite durch das Maß des Lenkbalkens auf 7,5 cm festgelegt.

Achsschenkelenkung

Der Bau einer Achsschenkelenkung ist mit „klassischen“ fischertechnik-Bauteilen gar nicht so einfach. Konstruktionsvorschläge finden sich allerdings schon in sehr frühen fischertechnik-Baukästen, so z. B. in der Anleitung zum Grundkasten 50/3 (viertes Modell) oder im Hobby-Band 2-5 (S. 55).

Die Abbildungen 7 bis 9 zeigen eine solche Konstruktion mit einer Spur- und einer Gelenkstange aus Metall-Winkelachsen und den Gelenksteinen 45 als Achsschenkel. Die Spurstange wird über eine Zahnstange gesteuert.

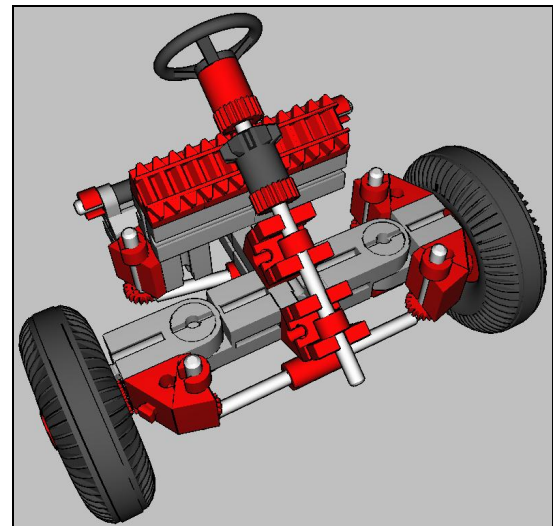


Abb. 7: „Klassische“ Achsschenkelenkung

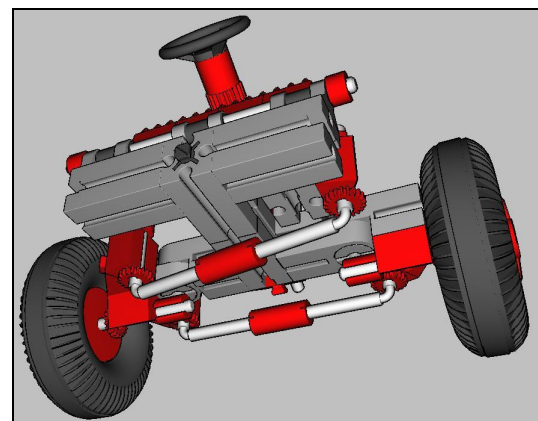


Abb. 8: Spur-/Gelenkstange aus Winkelachsen

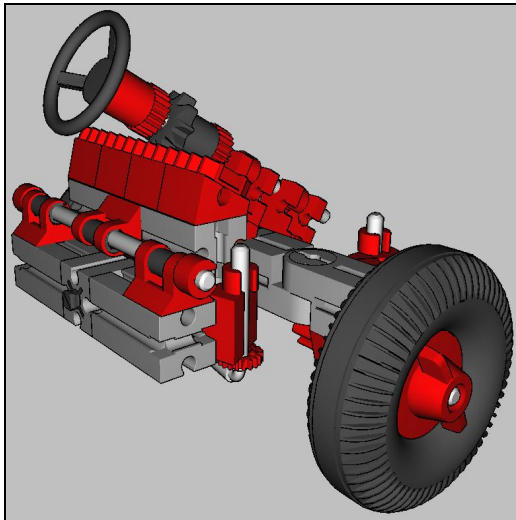


Abb. 9: Lenkmechanismus

Zwar ist die Lösung technisch pfiffig; mit den klassischen Bauteilen wirkt sie in einem fischertechnik-Fahrzeug aber etwas klobig.

Im Grundkasten 50/2 finden sich weitere raffinierte Konstruktionen von Achsschenkelnennungen, wie die in Abb. 10, die über eine Drehscheibe 60 gesteuert wird.

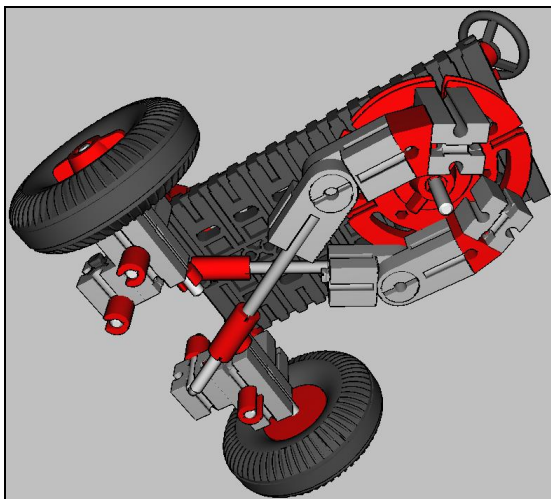


Abb. 10: Achsschenkelnennung (Drehscheibe)

Eine weitere ist die in Abb. 11 dargestellte Anhängerlenkung mit Deichsel, bei der das Lenktrapez fast ein Rechteck bildet – passend für einen sehr langen Anhänger.

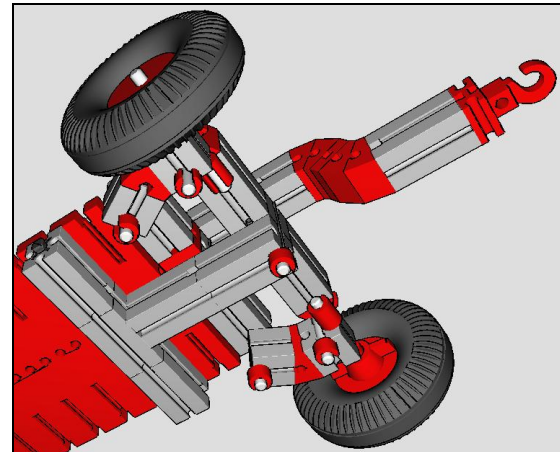


Abb. 11: Anhänger mit Achsschenkelnennung

Abb. 12 zeigt eine ebenfalls mit klassischen Bauteilen realisierbare Achsschenkelnennung (Bauanleitung zum mot2-Kasten), bei der eine Kurbel als Spurstange dient. Sie lässt sich einfach motorisieren.

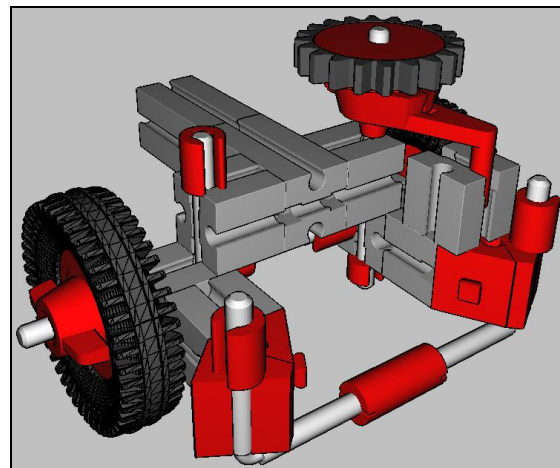


Abb. 12: Achsschenkelnennung mit Kurbel

Diese Konstruktionen aus frühen fischertechnik-Kästen sind sehr lehrreich, aber vor allem in kleineren Modellen sperrig. Daher finden sich seit den 80er Jahren in fischertechnik-Kästen spezielle Bauteile wie Achsschenkel (32228), Anlenkhebel (31894), Lenkhebel (38473), Lenkklauen (35998), Lenkwürfel (31843), Spur- (31614 bzw. 32229) und Zahnspurstangen (38472), Gelenkstangen (32884), Lenksäulen (35067 bzw. 32885), Lenkstock (32852) und Lenkrad (31916), die die Konstruktion von Lenkungen vereinfachen und

wesentlich schlankere Realisierungen erlauben (siehe Abb. 13).

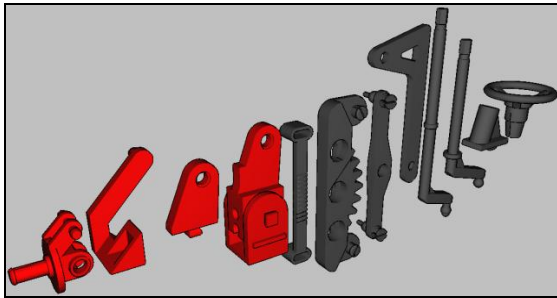


Abb. 13: Spezialteile für Lenkungen

Die ersten Spezialteile für Lenkungen wurden mit der Zusatzpackung 034 eingeführt und in den Club-Nachrichten 1978-1 erläutert. Abb. 14 zeigt einen Nachbau einer Achsschenkellenkung mit Lenkhebel, Rollenlager und Zahnspurstange.

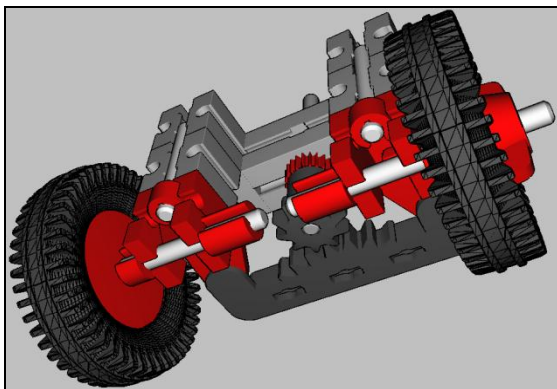


Abb. 14: Achsschenkellenkung aus Clubnachrichten 1978-1

Die bis heute in den meisten fischertechnik-Modellbaukästen enthaltene Bauteilgruppe für Lenkungen besteht aus Lenkwürfeln, Lenkklaue und einer Spurstange.

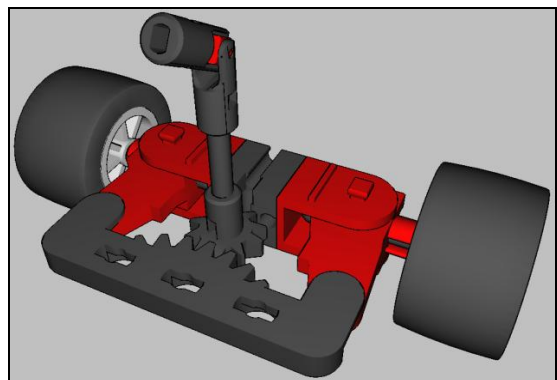


Abb. 15: Lenkwürfel und Zahnspurstange

An den Lenkwürfeln werden die Radachsen (Clipsachsen) eingeschoben und die Räder daran befestigt; die „Flügel“ der beiden Lenkwürfel werden mit einer Spurstange verbunden (Abb. 15).

Die Spurstange hat in der Mitte ein Loch, in das eine Lenksäule eingesetzt werden kann. Soll das Lenkrad jedoch nicht mittig, sondern rechts auf der Fahrerseite montiert werden, wird zusätzlich eine Gelenkstange benötigt, an deren äußerstem Ende die Lenksäule befestigt wird. Sie kann dann z. B. über einen Lenkstock durch die Bodenplatte geführt werden (siehe Abb. 16).

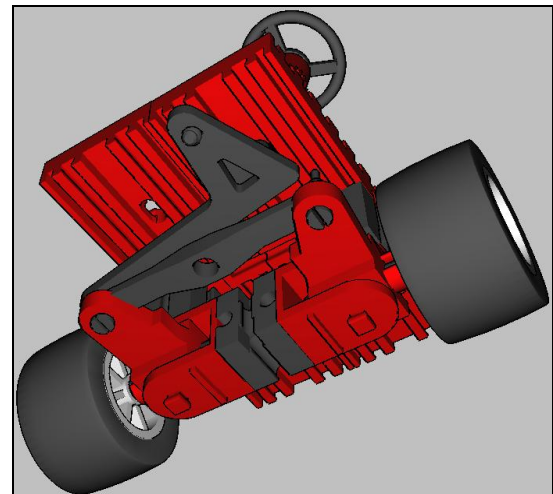


Abb. 16: Spurstange, Gelenkstange, Lenksäule

Eine sehr kompakte Lenkung für Kleinstfahrzeuge gelingt mit den Spezialbauteilen Lenkradhalter, Spurstange R 30 und Achsschenkeln, die sich z. B. im Baukasten „Racing“ finden (Abb. 17). Sie ist sehr leichtgängig und kompakt; allerdings ist das Lenktrapez eher ein „Lenkrechteck“.

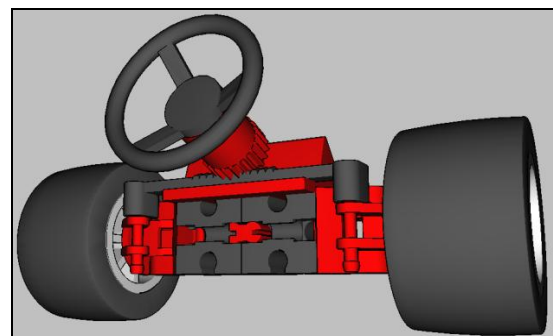


Abb. 17: Minimalistische Achsschenkellenkung

Bei allen Modellen, die eine Spurstange oder die Zahnspurstange verwenden, ist die Spurweite auf 7,5 cm festgelegt – und damit indirekt natürlich auch die gesamte Fahrzeuggeometrie. Das passt gut zu den Fahrzeugmodellen und Führerhäuschen der Master-Serie, begrenzt aber die Möglichkeiten eigener Modell-Entwürfe.

Die Spurweite kann jedoch verändert werden, indem die beiden „Flügel“ der Lenkwürfel oder die verwendeten Lenkhebel statt einer Spurstange über eine geeignete Statik-Strebe verbunden werden.

Dafür werden zwei Spurstangengelenke (35068) als Verbindungselement benötigt. Die Statik-Strebe sollte eine I-Strebe mit Lochraster sein, da hier leicht eine Lenksäule eingepasst werden kann (Abb. 18).

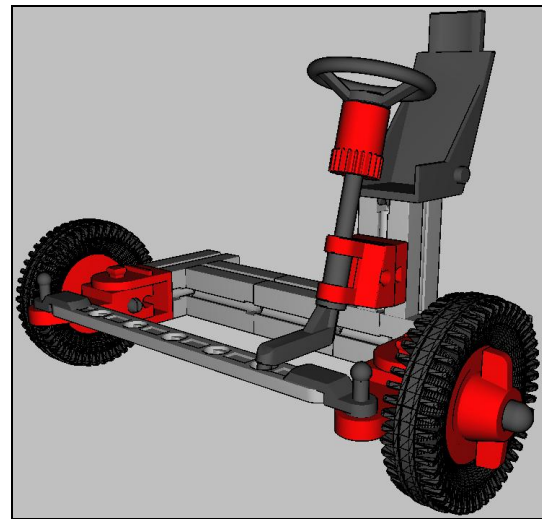


Abb. 18: „Breite“ Achsschenkellenkung

Alternativ kann auch bei dieser Konstruktion die Gelenkstange an einem der Spurstangengelenke aufgesetzt werden.

Dirk Fox

Tipps & Tricks

Kaulquappen (Teil 1)

Warum „Kaulquappen“? Das fing an mit einem Ausspruch von Remadus: beim Entwickeln gilt der Erfahrungsgrundsatz, dass man viele Frösche küssen muss (d. h. viele Wege und Entwürfe austesten muss), bis man auf einen Prinzen trifft (ein Entwurf, der es bis zur Praxis-tauglichkeit bringen kann). Und oft genug sind auch Kröten darunter. So, und wenn man da lauter angefangene Sachen hat, die erst noch bis zum Frosch-Stadium heranreifen müssen, dann können das ja nur Kaulquappen sein.

Die folgenden Teile-Kombinationen haben sich entweder „einfach so“ oder auf der Suche nach Lösungen für andere Probleme ergeben; jetzt kann man sie eher als Lösungen für noch nicht bekannte Probleme ansehen. Insbesondere sind etliche meiner Flugzeug-Fahrwerke und Ruder-Gestänge in diesem Tümpel entstanden.

Der Achshalter rastet sauber in der Aussparung zwischen den Zapfen der Seilrolle ein. Das könnte mal in einem Höhen- oder Seitenruder nützlich werden (Abb. 1).

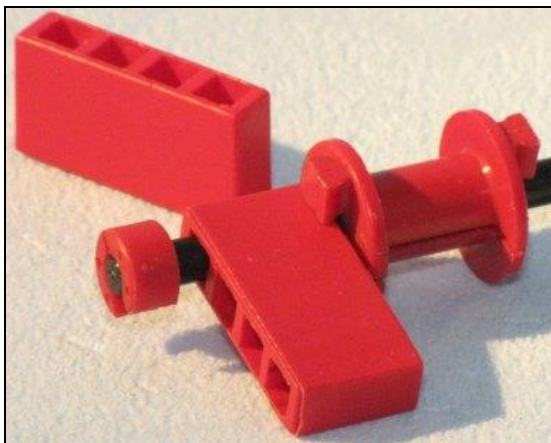


Abb. 1: Bauteil-Nr. 6701 (ffw)²

Die ft-Achshalter gibt es in einfacher und in doppelter Ausführung. Letztere hat an den Außenpositionen durchgehende Löcher, innen müsste man eine Verjüngung

aufbohren. Die Lochabstände passen zu denen des Lenkwürfels 31843 (Abb. 2).

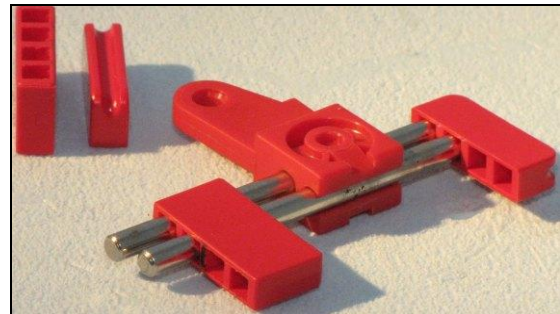


Abb. 2: Bauteil-Nr. 6701 (ffw), 31030A

Zwischen zwei der alten Seilrollen passt eine dritte quer hindurch (Abb. 3).

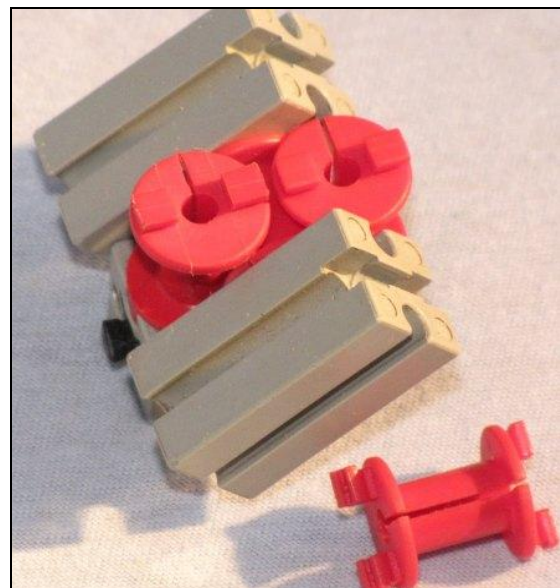


Abb. 3: Bauteil-Nr. 31016

² Positionsnummer von [Fischerfriendswoman](#) (ffw).

Damit kann man Drehmomente mit sauberer Führung auf engstem Raum übertragen: man kann es mit gutem Willen so hinrechnen, dass diese Dreh-Durchführung überhaupt keinen Platz braucht.

Die Stahlstifte der Zahnstange passen in die Bohrungen der Seilkrumel. Es gibt noch kein Problem, das hiermit gelöst würde (Abb. 4).

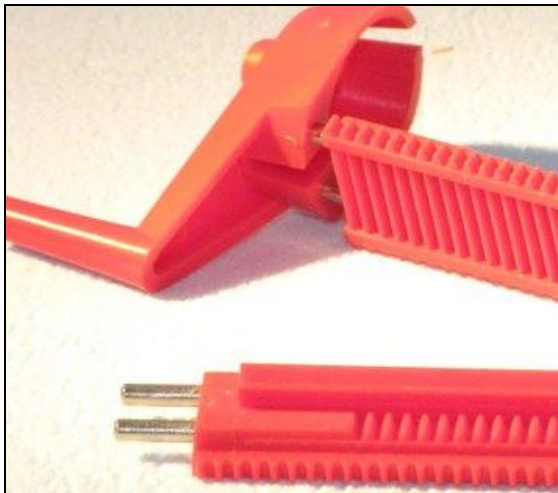


Abb. 4: Bauteil-Nr. 31026

Mit dem Federfuß 31307 bekommt man ein Drehlager mit etwas Beweglichkeit in einer Richtung, siehe Abb. 5 ...

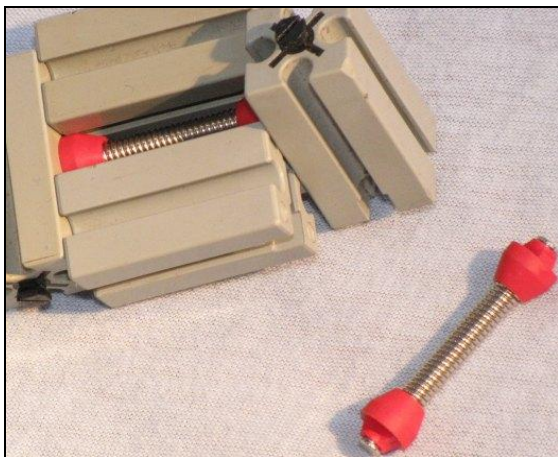


Abb. 5: Bauteil-Nr. 31307

... aber aufgepasst: die Federfüße sind nicht immer gleich lang (Abb. 6).

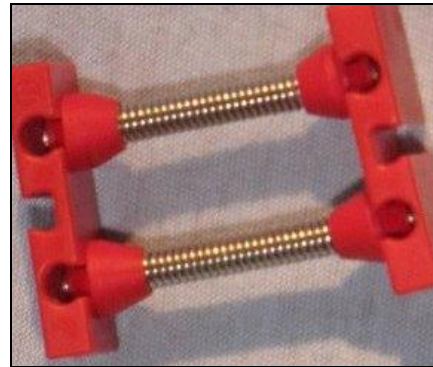


Abb. 6: Bauteil-Nr. 31307

Das könnte mal das Kernstück eines Kirmesmodells (Fahrgeschäft) werden. Die sechs Antriebe führen dann zu sechs Gondeln, von denen drei vorwärts und drei rückwärts rotieren (Abb. 7).

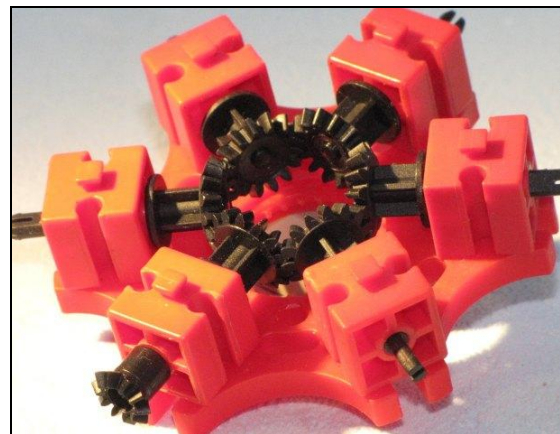


Abb. 7: Bauteil-Nr. 31414

Vier Lenkhebel zu einem Rührquirl kombiniert. Das könnte auch irgendetwas Landwirtschaftliches werden (Abb. 8).

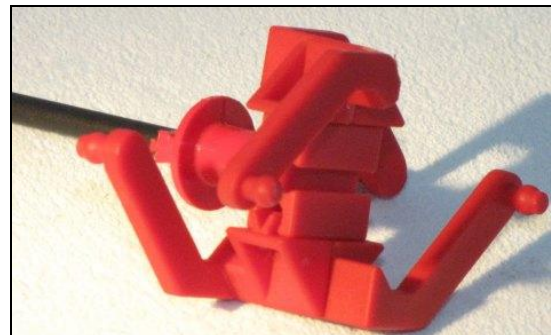


Abb. 8: Bauteil-Nr. 31894

Der V-Stein 15·15·15 mit zwei Zapfen ist etwas recht Exotisches. Er hat innen zwei etwas hervorstehende Stege, in denen man

ein Klemm-Z10 recht stabil einklemmen kann (Abb. 9).

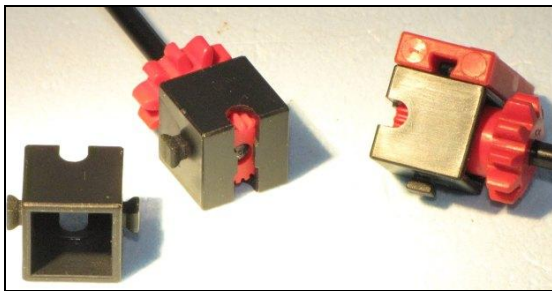


Abb. 9: Bauteil-Nr. 31934

Der V-Stein passt über zwei Taster hinweg. In Mittellage ist keiner betätigt, beim Verschieben aber, je nach Richtung, erst der eine und dann der andere (Abb. 10).

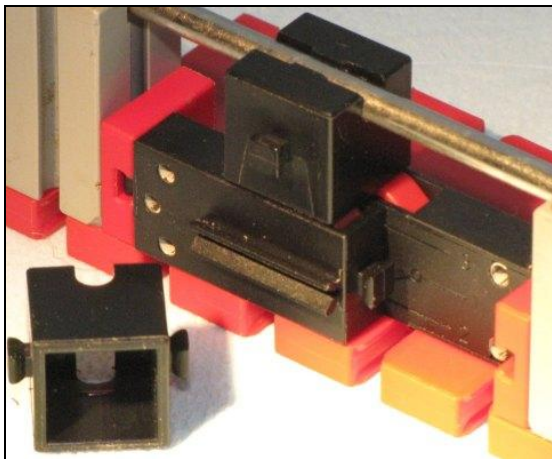


Abb. 10: Bauteil-Nr. 31934

Das kann eine Lage-Regelung oder Teil einer Servolenkung werden.

V-Stein und „Stirnzapfen für Alu-Profil“ passen als steckbare Verbindung zusammen (Abb. 11).

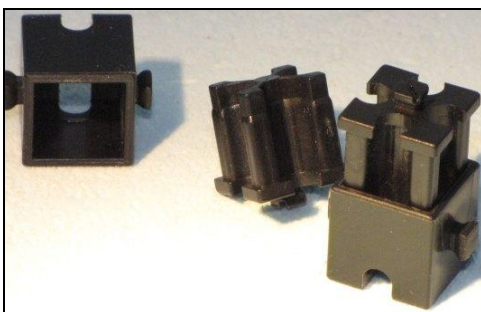


Abb. 11: Bauteil-Nr. 31942, 31934

V-Stein und die eckigen Kardangelenke fügen sich zu einem teleskopierbaren (län-

genveränderlichen) Achsantrieb zusammen. Außerdem kann man einen Antriebsblock einfach aufstecken und wieder entfernen (Abb. 12).

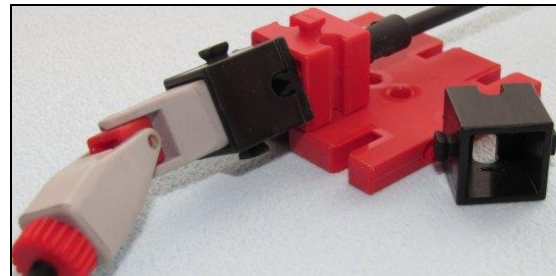


Abb. 12: Bauteil-Nr. 31934, 35467, 31036A

Der Stirnzapfen als Teil einer teleskopierbaren Achse. Allzu viel Drehmoment darf man aber den beteiligten Zapfen nicht zumuten (Abb. 13).

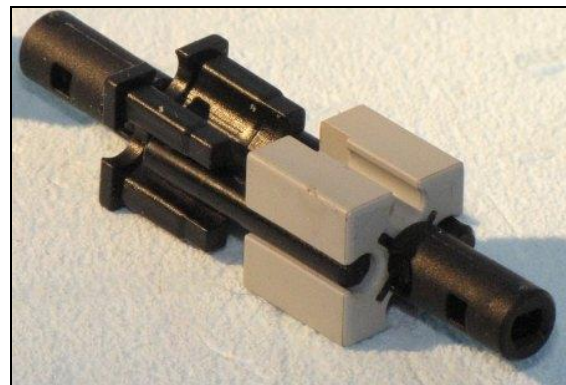


Abb. 13: Bauteil-Nr. 31942

Die Stege des Stirnzapfens können auch prima einen Minitaster betätigen. In Mittellage sind alle Teile im ft-Raster (Abb. 14).

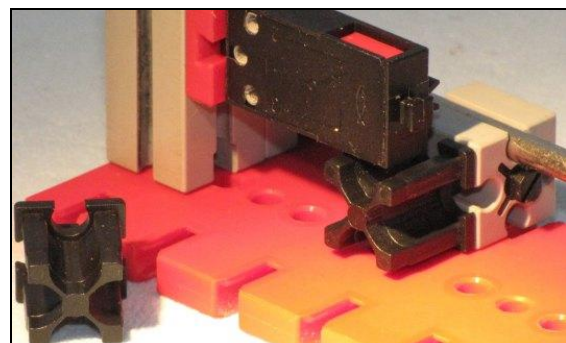


Abb. 14: Bauteil-Nr. 31942

Die Seilwindenbremse als Exzenterhebel. Hier z. B. um eine Luke zu öffnen und zu

schließen. Auf der Rückseite ist ein Klemm-Z15 aufgeschoben (Abb. 15).

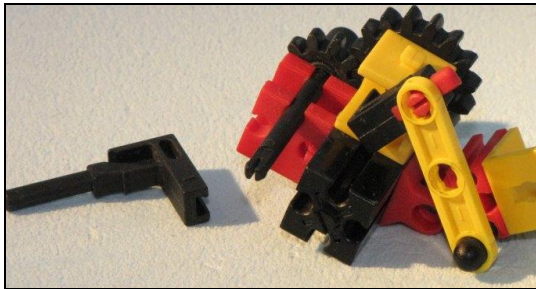


Abb. 15: Bauteil-Nr. 31999

Es gibt ein paar ft-Metallachsen mit Vierkant am Ende: eine Achse 135; eine Achse 78 mit Z44 und das Differenzial 31500. Der Vierkant bietet sich als Übergang von Metallachsen auf Rastachsen an (Abb. 16).

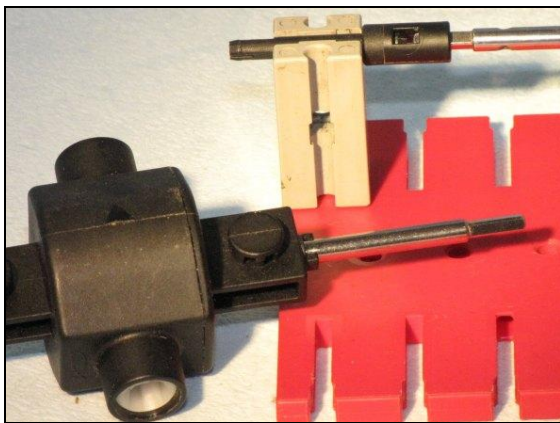


Abb. 16: Bauteil-Nr. 32075, 32081, 31500

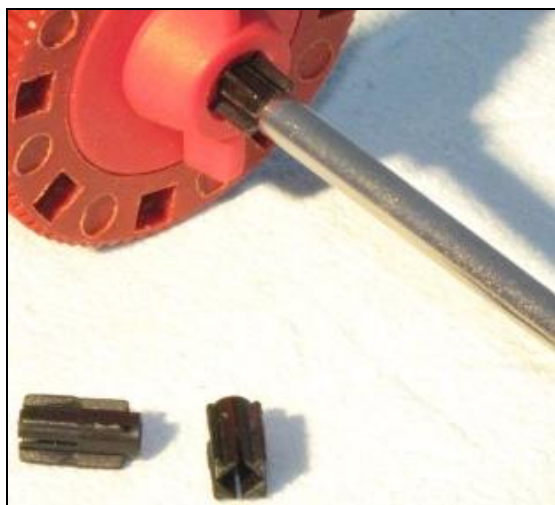


Abb. 17: Bauteil-Nr. 32075, 32081, 31397

Zum Vierkant passend gibt es Kunststoff-Mitnehmer, die für eine formschlüssige

Kraftübertragung auf die ft-Nabe sorgen. Das ist noch nichts Neues. Wenn man aber die Nabe nicht ganz so fest anzieht, kann der Mitnehmer noch hin- und herbewegt werden. Das reicht für eine Kupplung oder als Teil eines Schaltgetriebes (Abb. 17). Der Vierkant passt sauber in die Queröffnungen der Rastadapter und des Rast-Kardan. Das hier ist ein Exzenterantrieb, der zusätzlich noch nutiert (die gedachte Achse durch den Zapfen der Gelenkwürfel-Klaue läuft auf einem Kegelmantel um; Abb. 18).



Abb. 18: Bauteil-Nr. 32075, 32081, 31500

Mit einem Rastraupenbelag kann man die Spurstangen 32229 anreihen (Abb. 19).

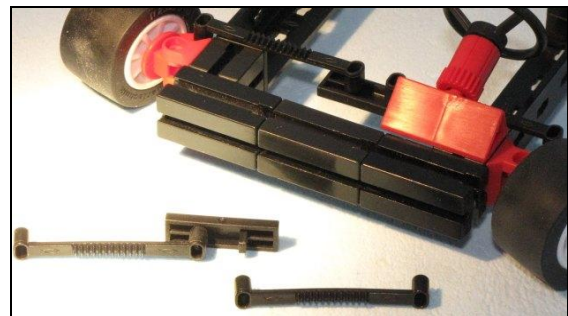


Abb. 19: Bauteil-Nr. 32229

Die Führungsplatte hält die S-Streben fest. Das sollte einmal ein Führungsmechanismus für eine Rolltreppe werden, hat aber nicht überzeugen können (Abb. 20).

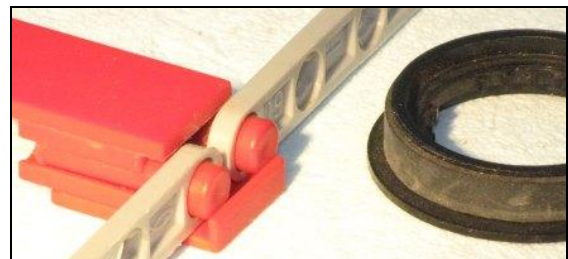


Abb. 20: Bauteil-Nr. 32455

Zwei gegenüberstehende Führungsplatten ergeben soviel Zwischenraum, dass ein Fe-

dernocken darin gleiten kann. Der Federnocken kann auch leicht ein- und ausgeklickt werden, etwa als Türverschluss.

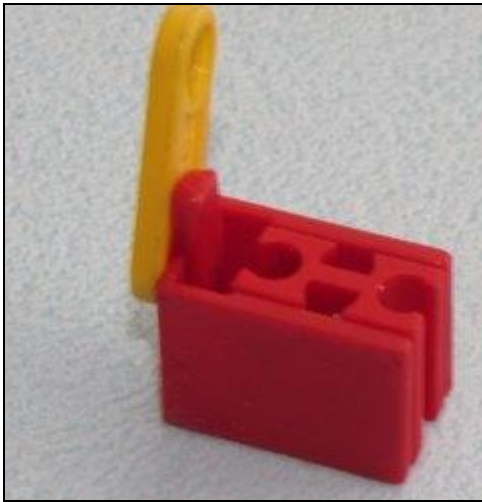


Abb. 21: Bauteil-Nr. 32455

Wenn man die Lenkklaue in den Riegelstein steckt, erhält man eine 45°-Winkelverbindung (Abb. 22).

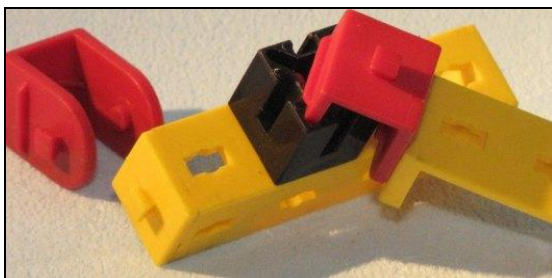


Abb. 22: Bauteil-Nr. 32850

Mit der V-Platte 15·30 (oder länger) im Riegelstein erhält man eine Teleskop-Antriebsachse. Etwas sperrig, aber besser als nichts (Abb. 23).

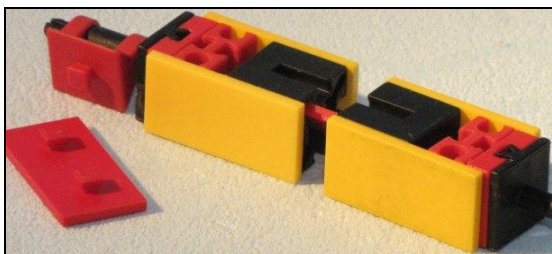


Abb. 23: Bauteil-Nr. 32850

Die Reifen 23 kann man über den Riegelstein schieben und erhält eine gut klemmende Verbindung (Abb. 24).

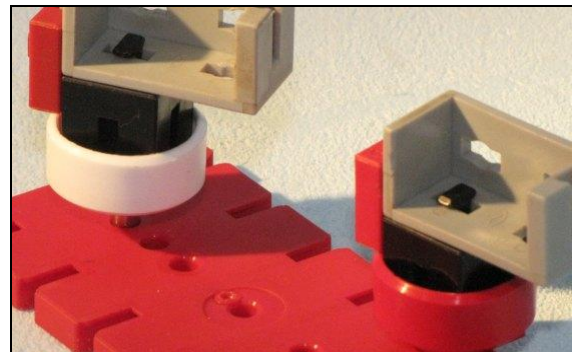


Abb. 24: Bauteil-Nr. 32850

Die Riegelsteine können sich auf dem U-Träger-Adapter nicht mehr verdrehen, wenn sie mit einer V-Platte gesichert sind. Hinten dienen zwei Federnocken als Mitnehmer für den Klemmring 31020. Der BS15 (rechts) kann sich frei drehen (Abb. 25).

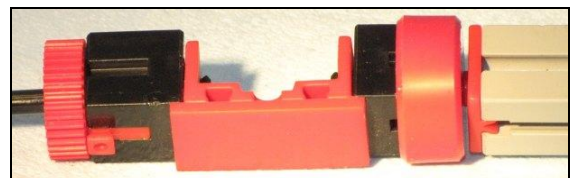


Abb. 25: Bauteil-Nr. 32850

Wenn ein BS15 mit zwei Zapfen kaputt geht, bleibt ein Stahlstift mit zwei Zapfen übrig. Der wiederum passt in den Riegelstein hinein, etwa als Kardan-Ersatz, aber mit ziemlich viel Spiel (Abb. 26).

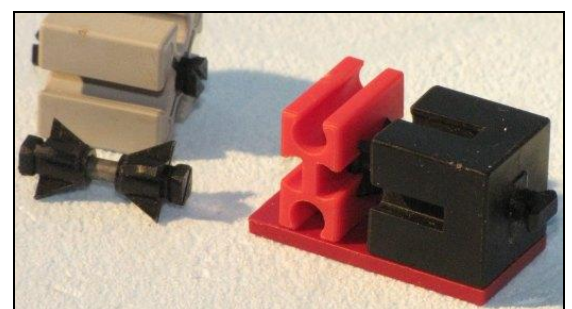


Abb. 26: Bauteil-Nr. 32850, 31006

Die „Getriebeachse mit Ritzel Z14“ 32912 stammt aus dem schwarzen Stufengetriebe neuer Bauart. Sie hat einen Vierkant, der zum Innenvierkant der Seiltrommel passt. Motor und Seilwinde liegen jetzt genau „in Flucht“. Für hohe Last taugt es aber nicht; es verwindet sich und rattert (Abb. 27).

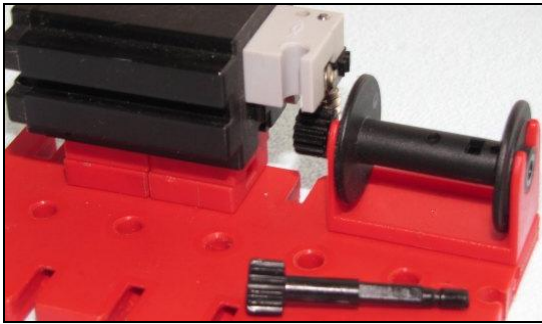


Abb. 27: Bauteil-Nr. 32912

Hier sehen wir den großen Moment: die Mutation einer Kaulquappe bis hin zum Prinzen:

Erstens (Mitte): Das 32912 aus dem „neuen“ Stufengetriebe“. Mit dem „Ritzel Z14 mit Steckachse“ 32917 aus dem gleichen Getriebe funktioniert es genauso gut. Stirnseitig ist da eine Bohrung drin (das ist wohl fertigungsbedingt, wegen Material-schrumpfung beim Spritzguss). Jedenfalls passt dort die „Schubstange 30“ 37276 (oder 37283, beide vom Hubgetriebe) hinein, meistens mit guter Klemmwirkung. Beim 32912 hat man noch den Vorteil, dass der Antrieb wegen der kurzen Achse weniger Verluste durch das Planschen im Wasser erzeugt (Abb. 28).



Abb. 28: Bauteil-Nr. 32912/17, 37276, 37283

Zweitens (rechts): Dieses Ritzel und eine Achse mit Z28 passen in die gegenüber liegenden Nuten eines BS15 oder BS7,5.

Drittens (links): Den 1:1-Übergang von der Schnecke eines S-Motors auf eine ft-Achse bewerkstelligt hier ein Stückchen Silikon-schlauch. Die Schiffsschraube kann man „einfach so“ über eine ft-Rastachse drehen und damit ein Gewinde herstellen (im Beispiel unten mit einem Differenzial-Antriebsrad).

Die Prinz-Werdung, Teil 2: Hier kommt ein Fremtteil hinzu: eine Schiffsschraube aus dem Modellbauladen.

Die wird mit ihrem Messing-Innengewinde einfach über eine ft-Achse drübergewürgt ... und sitzt (Abb. 29).

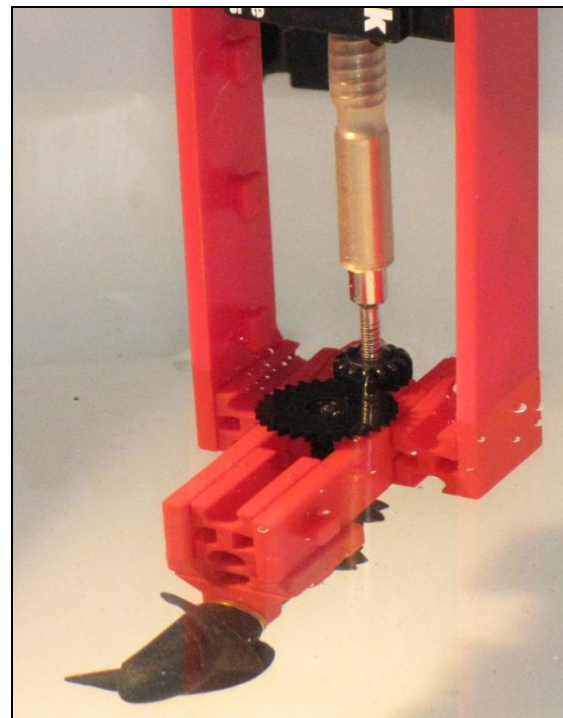


Abb. 29: Bauteil-Nr. 32912/17, 37276, 37283

Und alles zusammen ergibt einen Außenbordmotor, der **richtig** abgeht.

Ohne die Untersetzung von Z14 auf Z28 wäre der Motor nicht richtig an die Verhältnisse angepasst und hätte weniger Schub.

Harald Steinhaus

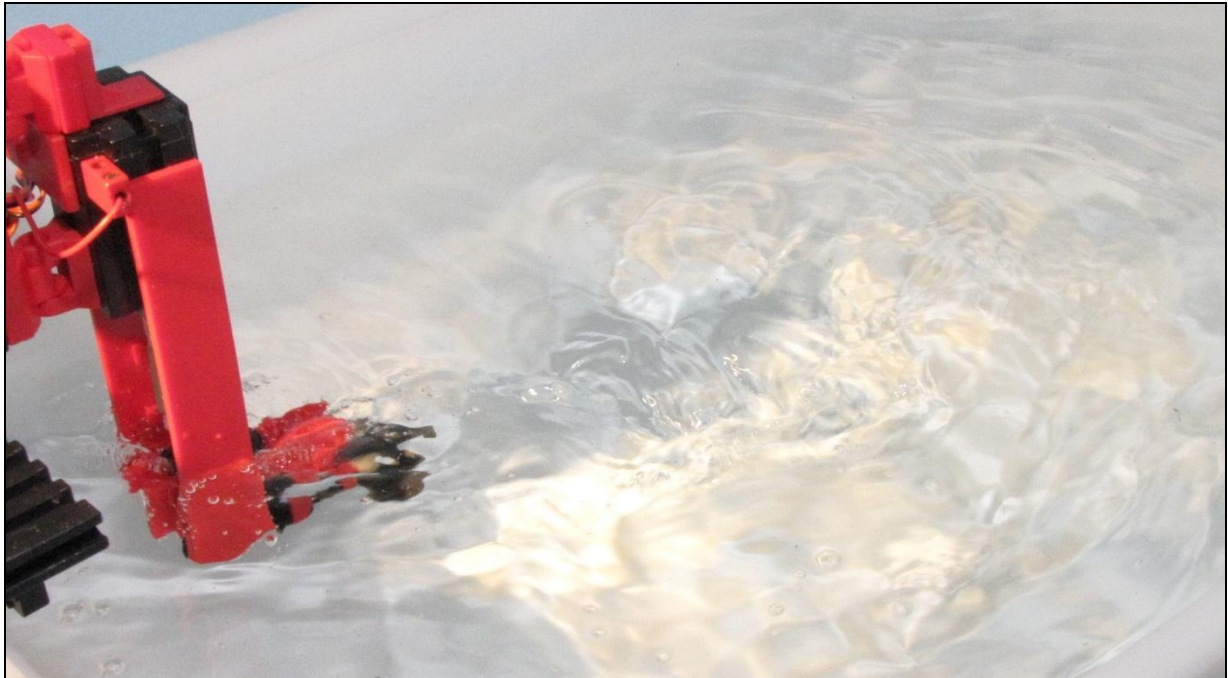


Abb. 30: Spätestens jetzt sollte sich das Quietscheentchen in Sicherheit bringen...

Modell

Wuppertaler Schwebebahn

Seit 1901 bewegt sich die Schwebebahn auf 13 km Länge durch das enge Wuppertal. Die einzigartige Konstruktion ist die geniale Lösung für die engen Platzverhältnisse im Tal und führt dazu, dass heute nach über 100 Jahren das Verkehrsmittel mehr denn je genutzt wird.

Seit einem Familienausflug Anfang der 90er Jahre mit meinen Eltern bin ich von der Schwebebahn fasziniert. Irgendwann Mitte der 90er Jahre baute ich dann mein erstes Modell der Schwebebahn mit einem kleinen Teilevorrat in chicem grau/gelb (Abb. 1).



Abb. 1: Schwebebahn Vorversion (90er Jahre)

Im neuen Jahrtausend keimte der Wunsch auf, das Modell noch einmal neu aufzulegen. Mein Problem war der geringe Teile-

vorrat, denn eine Neuauflage musste den Vorgänger natürlich in allem übertreffen.

Es wurden also erste Testgerüste aufgebaut und der Teilebedarf ermittelt. Nach Durchsicht der Einzelteillisten aktuell im Handel erhältlicher Fischertechnikkästen stellte ich schnell fest, dass der Baukasten „Hafenkräne“ die benötigten Teile im nahezu idealen Verhältnis enthielt. Und genau dieser Kasten lief gerade aus ... Also erwarb ich vier Kästen „Hafenkräne“ für die Gerüstkonstruktion und einen Kasten „Funpark“ für die Konstruktion der Station. Anschließend ruhte das Projekt aufgrund privater und beruflicher Veränderungen aufs Neue... Erst in den letzten beiden Jahren nahm das Projekt durch neu erwecktes Interesse an Fischertechnik und nach weiteren Einkäufen den derzeitigen Stand an.

Abb. 2 (unten): Gesamtansicht Schwebebahn



Originalmodell

Das Modell erhebt keinen Anspruch auf maßstabsgetreue Umsetzung, sonst müssten die Züge bei der Breite und Höhe dreimal so lang sein. Es geht vielmehr um die Konstruktion und Funktion der Schwebbahn an sich.

Schienenlänge	7,2 m
Länge Modell	3,9 m
Breite	67 cm
Höhe	43 cm

Tabelle 1: Daten zum Modell

Traggerüst

Das Traggerüst besteht aus den Stützen und dem Fahrweg. Durch die recht einfache Konstruktion des Fahrweges war es notwendig, relativ viele Stützen einzusetzen. Mittlerweile wurde die Konstruktion des Fahrweges versteift, wodurch sie dem Original sehr nahe kommt.

Die Stützenkonstruktion bleibt optisch bei der Pfeilerkonstruktion, welche die Schwebbahn auf der Landstrecke hat. Mit diesen Stützen können die auftretenden Kräfte besser abgeleitet werden. Die Stützenanzahl konnte durch die Versteifung des Fahrweges halbiert werden, der Teilebedarf ist allerdings insgesamt höher.



Abb. 3: Traggerüst Version 2

Nachdem der Fahrweg versteift und die Stützfeiler den letzten Schliff erhalten hatten, musste ich zu meiner Überraschung

feststellen, dass meine Gerüstkonstruktion dem Modell der Schwebbahn aus den fischertechnik Fanclub-Ausgaben Nr. 26 und 27 im Jahre 1976 sehr nahe kommt.



Abb. 4: Traggerüst Version 3 (mit Station 2)

Stationen

Beim Bau der Stationen habe ich Wert darauf gelegt, verschiedene Konstruktionen zu verwenden, unter anderem auch um Teile gleichen Typs einzusparen.

Die Tragkonstruktion der Station muss zum einen sehr stabil sein, weil die Züge hier anhalten und somit die Belastung höher ist als auf der Strecke – dort ist die Belastung relativ kurz. Zum anderen ist die Tragkonstruktion für die Formgebung der Station entscheidend und bestimmt damit ihr Aussehen (siehe Abb. 5 und 6).



Abb. 5: Station 1

Die Treppen der Stationen sind in Stufenhöhe und -tiefe gleich, aber die Unterkonstruktion und Geländer sind unterschiedlich aufgebaut. Wichtig war mir, den Trep-

penunterbau recht schlank zu halten, im Gegensatz zu einer Unterkonstruktion z. B. nur aus Bausteinen 30.



Abb. 6: Station 2

Steuerung und Antrieb

Der rote Zug wird mittels des fischertechnik Control-Set gesteuert. Ein XM-Motor treibt zwei Seilrollen an, welche durch unterlegen von Papier auf den Rast-Achsen festsitzen (Abbildung 7).

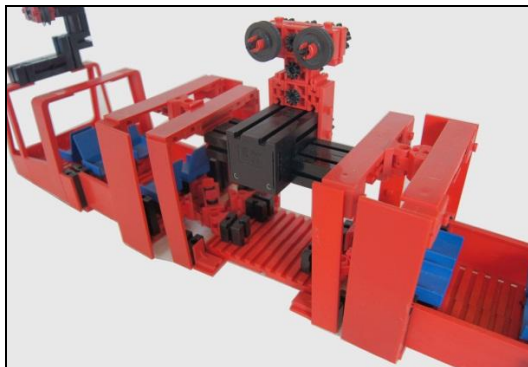


Abb. 7: „Roter“ Zug mit XM-Motor

Der blaue Zug wird mit dem TX-Controller gesteuert. Hier treiben zwei Encodermotoren synchronisiert jeweils zwei Seilrollen an. Ein Encodermotor alleine schafft es nicht, den Zug in Bewegung zu setzen



(Abbildungen 8, 9).

Je nach Fahrtrichtung schaltet der Zug seine Beleuchtung in Form von Scheinwerfer und Rücklicht entsprechend um. Magnete am Traggerüst schalten berührungslos Reedkontakte (Magnetschalter) im Zug, wodurch er langsam anfährt, beschleunigt, abbremst und schließlich stoppt.



Abb. 9: Antrieb „blauer Zug“ für Kurvenfahrten

Mittlerweile wurde der rote Zug soweit verändert, dass er auch Kurven fahren kann (Abbildung 10).

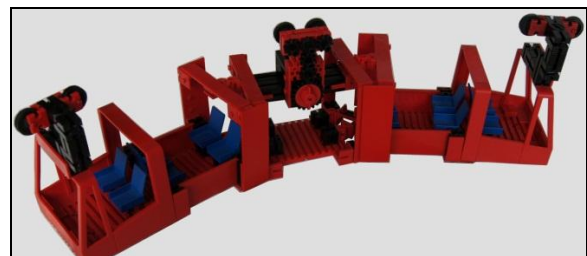


Abb. 10: Zug mit Kurven-Eignung

Abb. 8 (unten): „Blauer“ Zug

Ausblick

Für die ft-Convention im September 2011 habe ich noch die folgenden Erweiterungen in Planung:

- Wendeschleifen um einen Umlaufbetrieb zu gewährleisten
- Ein Depot mit Weichen
- Vollautomatische Steuerung mit dem TX-Controller
- Signalanlagen mit Blocksicherung

Ob sich das alles rechtzeitig realisieren lässt hängt nicht nur davon ab, wie viel Zeit und fischertechnik-Teile ich investieren kann, sondern auch davon, in wie weit der Funktionsumfang des TX-Controllers, insbesondere in Sachen Bluetooth, bis dahin erweitert wird.

Weiterführende Links

- [1] ClubNachrichten 2/1976, S. 14-15:
http://www.fischertechnik-museum.ch/doc/FanClub/Club_27_1_976.pdf
- [2] ClubNachrichten 3/1976, S. 14-15:
http://www.fischertechnik-museum.ch/doc/FanClub/Club_28_1_976.pdf
- [3] Wikipedia:
http://de.wikipedia.org/wiki/Wuppertaler_Schwebebahn
- [4] Webseite der Wuppertaler Schwebebahn (mit zahlreichen Bildern):
<http://www.schwebebahn.de>
- [5] Weitere Modellfotos (Ausstellung Münster 2010):
http://www.ftcommunity.de/categories.php?cat_id=2123

Gereon Altenbeck

Computing

Der Robo TX Controller als Messgerät

Wer seine fischertechnik-Modelle mit dem Robo TX Controller steuert, nutzt dabei meist die graphische Programmiersprache Robo Pro. Robo Pro besitzt zwar – im Vergleich mit einer Steuerung des Controllers über andere Programmierschnittstellen – eine Reihe von Einschränkungen, beschert aber besonders Einsteigern sehr schnell Erfolgserlebnisse. Wir möchten in dieser Rubrik in loser Folge Tipps und Tricks für den Einsatz und die Programmierung des TX Controllers vorstellen – nicht nur, aber insbesondere für die viel genutzte Robo Pro-Umgebung.

Für den Robo TX Controller gibt es zahlreiche fischertechnik-Sensoren, deren (analoge) Werte über die vier Eingänge I1 bis I4 erfasst werden können. Auch „Fremdsensoren“ lassen sich mit dem TX Controller nutzen – davon soll in diesem Beitrag aber nicht die Rede sein. Zu den analogen fischertechnik-Sensoren zählen insbesondere der Abstandssensor, der Farbsensor, der Fotowiderstand und der Temperatursensor (Heißleiter bzw. NTC-Widerstand, *Negative Temperature Coefficient Thermistors*).

Meist werden diese Sensoren für die Schaltungs- oder Fahrzeugsteuerung eingesetzt. Darüber hinaus erlauben sie es, den TX Controller als Messgerät einzusetzen. Unterstützt wird diese Funktion in Robo Pro durch viele Programmelemente, die in diesem Beitrag am Beispiel der Programmierung eines Temperatur-Messgeräts vorgestellt werden.

Temperatur-Schalter

Anleitungen zur Konstruktion von Temperatur gesteuerten Schaltern finden sich schon in ganz frühen Elektronik-Baukästen von fischertechnik (ec1, ec2), in den Hobby-Bänden (4-1, 4-3), dem Kasten „Profi Sensorik“ sowie den Computing-Baukästen. Alle dort vorgestellten Schaltungsbeispiele (Feueralarm, Frostmelder,

Kühl-Ventilator etc.) verwenden den Temperatursensor als Regler: Überschreitet die gemessene Temperatur einen Schwellwert, erfolgt die An- oder Abschaltung eines Motors, Summers oder Lichtsignals.

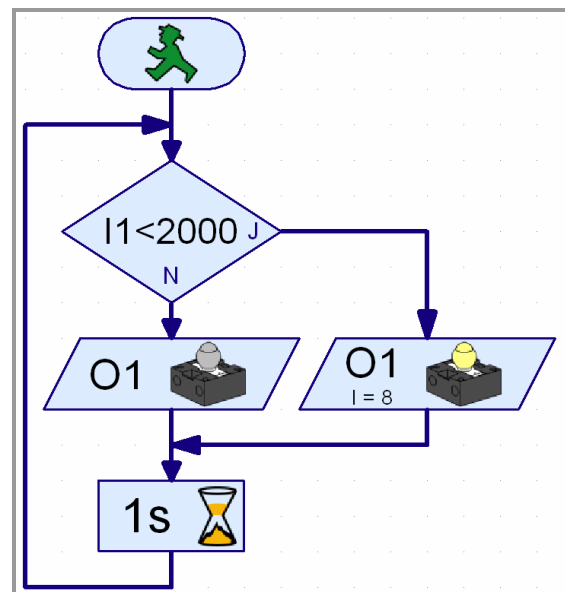


Abb. 1: Einfacher Temperatur-Schalter

Eine solche Schaltung ist mit Robo Pro im Handumdrehen programmiert (Abb. 1): Der NTC-Widerstand am Universaleingang (Eingangsart A 5k) liefert einen ganzzahligen Widerstandswert zwischen 0 und 5 kOhm – je höher die Temperatur, desto kleiner der Widerstandswert. Den muss man lediglich mit einem vorher festgelegten konstanten Schwellwert vergleichen, um abhängig vom Ergebnis eine Aktion

auszulösen (im Beispiel: eine Warnlampe einzuschalten).

Thermometer

Der TX Controller kann jedoch deutlich mehr als „Schalter spielen“, denn für einen Schalter würde ein binärer Wert (0/1) genügen. Der Sensor liefert aber einen Wert zwischen 0 und 5000 – und damit lässt sich die Temperatur messen.

Zur Veranschaulichung der gemessenen Werte bietet Robo Pro für das Bedienfeld eine „Messgerät-Anzeige“, die man unter dem Menüpunkt „Bedienelemente“/“Anzeigen“ findet. Damit kann ein ganzzahliger Wert wie bei einem analogen Messgerät durch einen Zeiger in der Skala des Messbereichs angezeigt werden.



Abb. 2: Konfiguration der Messgerät-Anzeige im Bedienfeld

Das Messgerät-Symbol wird dazu einfach mit der Maus in das Bedienfeld gezogen. Der Wertebereich der Skala wird festgelegt, indem man das Messgerät-Symbol mit der rechten Maustaste anklickt und dann den Namen des Messwerts (ID, z. B. „Messgerät“), den kleinsten (0) und größten (5000) Wert der Skala und die Schrittweite der Teilstriche (z. B. 100, 1000) festlegt (Abb. 2).

Im Robo Pro-Programm wird der Ausgang des Sensors (Universaleingang) mit dem Programmelement „Bedienfeld Eingang“

verbunden; dort wählt man über die rechte Maustaste anhand der ID das Anzeigeelement („Messgerät“) aus (Abb. 3).

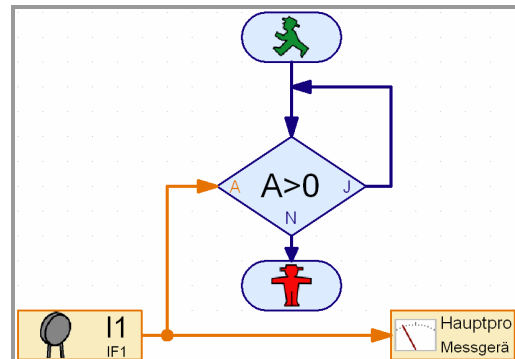


Abb. 3: Ein einfaches NTC-Messgerät

Startet man nun das Programm, zeigt das Messgerät im Bedienfeld den Wert des NTC-Widerstands an.

Da der Widerstandswert eines Heißleiters – wie der Name schon vermuten lässt – mit zunehmender Wärme sinkt, invertieren wir den Messwert (genauer: ziehen ihn vor der Anzeige vom Maximalwert ab), damit der Zeiger des Messgeräts bei höherer Temperatur – wie man das erwarten würde – nach rechts ausschlägt (Abb. 4).

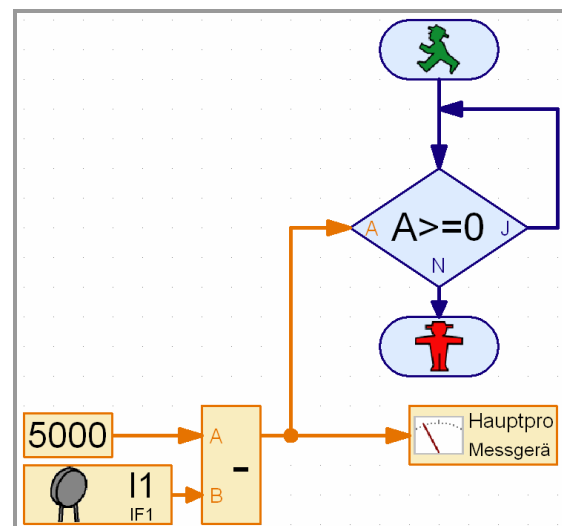


Abb. 4: Verbessertes NTC-Messgerät

So ganz entspricht das Ergebnis allerdings noch nicht unseren Vorstellungen – denn was hilft eine Temperatur-Anzeige ohne Einheiten? Schließlich interessiert uns die

Temperaturangabe in Grad Celsius – und nicht der Widerstandswert des NTC.

Dazu genügt es jedoch nicht, den Ausgabewert zu „kalibrieren“, indem man den Widerstandswert z. B. bei 0°C bestimmt und diesen konstant von den Ausgabewerten des Sensors abzieht, denn die Änderung des Widerstandswertes verläuft nicht linear zur Temperaturänderung.

Daher gibt es im Wesentlichen nur zwei Wege, um den Widerstandswert in eine Temperaturangabe umzurechnen: Entweder erstellt man eine Vergleichwerttabelle, in der z. B. in Schritten von einem Zehntel Grad Celsius jedem Temperaturwert ein Intervall von Widerstandswerten zugeordnet wird – zu einem vorgegebenen Widerstandswert kann man dann die Temperatur aus der Tabelle auslesen. Oder aber man leitet eine Berechnungsformel her, die die Funktionskurve aus Widerstandswert und Temperaturwert annähert.

Die erste Methode ist mühsam, die zweite benötigt zur Ableitung der Formel ebenfalls eine Wertetabelle – und ist zudem nicht ganz einfach. Zum Glück gibt es für die Temperaturmessung auch einen ganz einfachen Weg: Denn mit der Robo Pro Software wird eine kleine Bibliothek von Hilfsprogrammen ausgeliefert – darunter das Unterprogramm „NTC -> T“ (Menüpunkt „Bibliothek“/„TX-Controller“/„NTC“), das den Widerstandswert in einen Celsius-Wert umrechnet (Abb. 5).

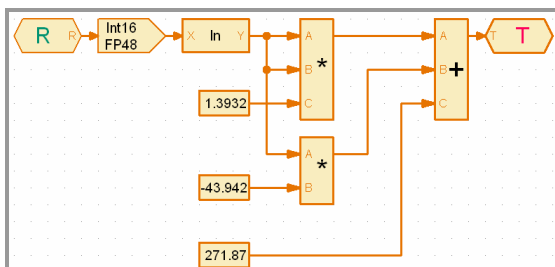


Abb. 5: Unterprogramm NTC
(aus der Robo Pro-Bibliothek)

Das Unterprogramm liefert die Temperatur als 48 bit-Fließkommawert zurück. Vor der

Anzeige in unserem Messgerät müssen die Werte mit dem Operator „PF48/Int16“ in einen ganzzahligen Wert umgewandelt werden (Abb. 6).

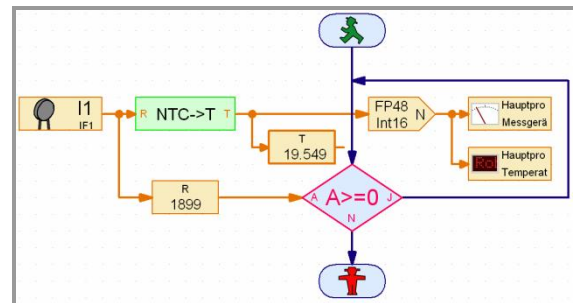


Abb. 6: Temperatur-Messgerät

Die Variablen „R“ und „T“ dienen der Kontrolle: sie zeigen den aktuellen NTC-Widerstandswert und die daraus berechnete Temperatur (als Fließkommazahl) an. Die Anzeige im Bedienfeld, mit korrigiertem Skala-Wertebereich von 0-30 Grad und ergänzt um eine digitale Temperaturanzeige, zeigt Abb. 7.

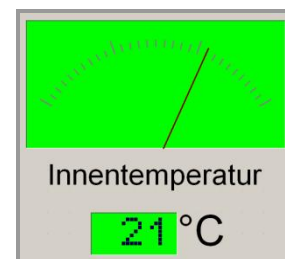


Abb. 7: Temperaturanzeige

So weit, so gut. Das Messgerät kann die gemessene Temperatur allerdings nur anzeigen, wenn es an den PC angeschlossen ist. Das ist unpraktisch, lässt sich aber korrigieren: Dazu müsst Ihr das Programm lediglich um eine Anzeige auf dem TX-Display erweitern – das sollte jetzt keine große Sache mehr sein.

Falls Ihr über einen zweiten NTC-Widerstand verfügt, könnt Ihr der Mess-Station noch einen Außentemperaturfühler spendieren – und die Anzeigefelder entsprechend ergänzen. Der Wertebereich der Messgerät-Skala für die Außentemperaturmessung muss auch größer sein, z. B. von - 10 bis +40 °C. Den NTC-Widerstand,

den Ihr als Außentemperatur-Sensor einsetzen wollt, solltet Ihr an einem vor direkter Sonneneinstrahlung geschützten Ort platzieren – und ihn zum Schutz vor Nässe vorher z. B. in einen transparenten Druckverschluss- oder ZIP-Beutel unterbringen.

Temperaturverlauf

Mit einem solchen „digitalen Thermometer“ lässt sich aber noch mehr machen – schließlich kommt der TX Controller mit einem Arbeitsspeicher (RAM) von 8 MB daher. Man kann die Messwerte nämlich nicht nur anzeigen, sondern auch speichern.

In Robo Pro gelingt das mit dem Programmelement „Liste“, gewissermaßen einer einspaltigen Tabelle (unter „Variable, Timer“). Hat man die Größe der Liste, also die maximale Anzahl der Einträge, über die rechte Maustaste festgelegt, kann man nun die Messwerte mit dem Befehl „Wert Anhängen“ über den Eingang S in die Liste einfügen. In den Eigenschaften des Befehls (erreichbar über die rechte Maustaste) muss man dafür die Option „Dateneingang für Befehlswert“ auswählen. Der Index der Liste wird mit jedem Eintrag automatisch weitergezählt, sodass alle Einträge korrekt hintereinander in die Liste eingetragen werden. Ist die Liste voll, wird kein weiterer Wert mehr eingetragen.

Will man nun zum Beispiel den Temperaturverlauf eines Tages messen und anschließend darstellen, überlegt man sich zunächst eine geeignete Auflösung, die Fehler z. B. durch kurzfristige Temperaturschwankungen (Sonne bricht durch die Wolken, kalte Windböe etc.) ausgleicht – beispielsweise eine Messung alle fünf Minuten. Dieses Messintervall erreichen wir, indem wir das Programm nach jeder Messung fünf Minuten warten lassen. Ins-

gesamt muss die Liste dann pro Tag der Messung 288 Werte speichern (Abb. 8).

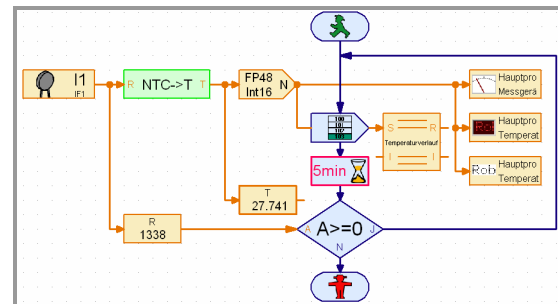


Abb. 8: Temperatur-Messreihe mit 5-Minuten-Messintervall

Da das „Liste“-Element maximal 32.767 Einträge erlaubt, lässt sich der Temperaturverlauf über fast vier Monate messen und speichern. Die in der Liste gespeicherten Messwerte kann man sich im Online-Modus während des Programmlaufs durch einen Klick mit der rechten Maustaste auf die „Liste“ anzeigen lassen.

Nach Abschluss der Messung können die Werte in einer CSV-Datei („Comma Separated Values“) gespeichert werden (Menü „Datei“/„CSV-Speicher für Listen speichern“), wenn bei den Eigenschaften der Liste (rechte Maustaste) die Option „In CSV Speicher schreiben“ gewählt wurde. Der Datenspalte kann man außerdem einen Titel geben (Eintrag in rechtem Feld über der CSV-Speicher-Option).

Die CSV-Datei kann von einem Tabellenkalkulationsprogramm eingelesen und dort weiter verarbeitet werden. Das Beispielpogramm in Abb. 8 speichert die Messwerte als ganze Zahlen, da eine Auswertung von Fließkommazahlen in der CSV-Datei nicht ohne weiteres möglich ist: Robo Pro (v2.1.4.2) notiert die Werte leider in amerikanischer Schreibweise – mit einem Punkt als Dezimaltrennzeichen – und mit einem nachfolgenden „E“.

Dirk Fox