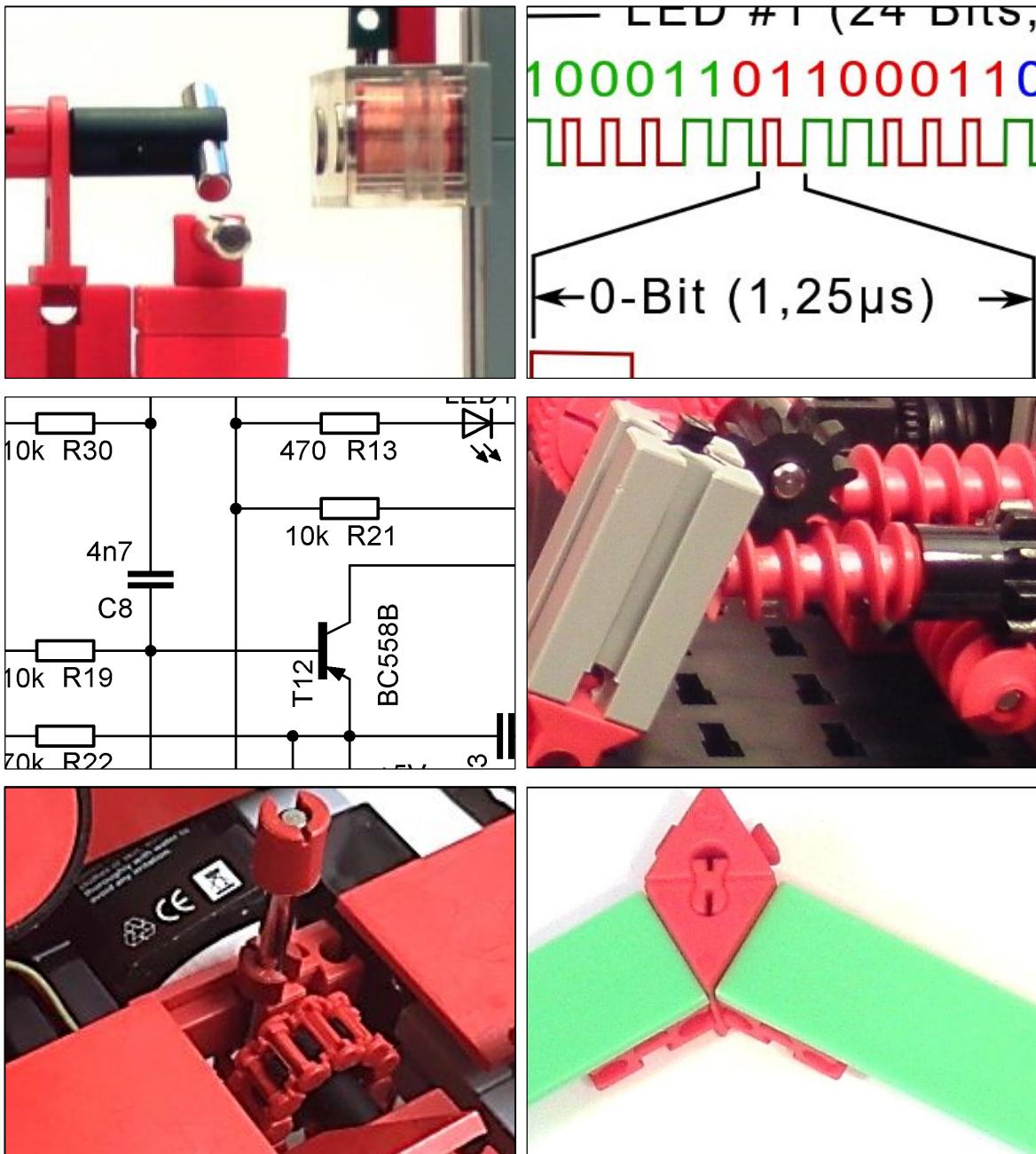


# ft:pedia

Heft 4/2017



Herausgegeben von  
Dirk Fox und Stefan Falk

ISSN 2192-5879

## Editorial

## Die Communities kommen

fischertechnik zählte Anfang der 80er Jahre des vergangenen Jahrtausends zu den Vorreitern dessen, was wir heute als „Digitalisierung“ bezeichnen: Für fast jeden der damals gängigen Home-Computer und später auch für die ersten PCs gab es ein Interface, mit dem fischertechnik-Modelle angesteuert werden konnten.

Über die Jahr(zehnt)e wurden daraus immer leistungsfähigere Controller, die mit dem Vorläufer von ROBO Pro, einer auch von Kindern leicht erlernbaren grafischen Programmiersprache, oder auch direkt in einer Hochsprache programmiert werden konnten. Technisch waren diese Controller den Mitbewerberlösungen meist deutlich überlegen – und sind das auch heute noch.

Im Wettlauf um den leistungsfähigsten Controller, der im Internet oder Spielwarenläden oft stumpf über einen Vergleich der technischen Daten entschieden wird, entglitten dabei ein wenig die Kosten – sowohl die, die ein Kunde heute für einen TXT Controller auf den Tisch legen als auch die, die fischertechnik für die Weiterentwicklung und Pflege des Betriebssystems und der Programmiersprache ROBO Pro aufwändigen muss.

Derweil wächst die Bedeutung von Open-Source-Kleinsteuercontrollern und -Programmierumgebungen, an deren Weiterentwicklung oft ztausend Freiwillige aus der Fan-Gemeinschaft mitwirken. Zu den wichtigsten Controllern zählen der Arduino (2005), der Raspberry Pi (2012), der BBC micro:bit (2015) und der darauf aufbauende Calliope mini (2017). Als Programmierumgebung haben Scratch (2007) und die Arduino-IDE

Dirk Fox, Stefan Falk

inzwischen eine große Verbreitung erreicht. Und trotz diverser praktischer Nachteile – so sind die Anschlüsse des Arduino nicht kurzschlussfest, und schützende Gehäuse muss man für alle Open-Source-Controller separat erwerben (oder selbst entwickeln) – halten diese Controller und Programmierumgebungen Einzug in immer mehr Haushalte – und vor allem auch in Schulen.

Zugleich geriet das Controller-“Flaggschiff“ von fischertechnik, der TXT, in die Fänge der fischertechnik-Fangemeinde – und hat nicht nur ein Betriebssystem-Upgrade verpasst bekommen, sondern kann dank entsprechender Treiberentwicklungen unter anderem mit Python und Blockly programmiert werden. Und nun schleicht sich sogar mit dem [ftduino](#) ein kurzschlussfester, fischertechnik-kompatibler Open-Source-Einsteigercontroller in den Markt...

Das ist eine Entwicklung, die fischertechnik erfreuen und tatkräftig unterstützen sollte. Denn auf mittlere Sicht wird fischertechnik nur dann Terrain in Schulen und Kinderzimmern zurückerobern können, wenn die Controller moderate Preise haben, viele Programmiersprachen unterstützen und es passende Treiber und interessante Programme in großer Vielfalt gibt. Wie man als Hersteller eine solche Entwicklung befördert, kann man sich bei anderen Open-Source-Projekten abgucken – mal sehen, ob fischertechnik das gelingt.

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:pedias* im [Forum](#) der ft-Community.

## Inhalt

Die Communities kommen.....	2
Mini-Modelle (Teil 18): Nurflügler im Formationsflug .....	4
Schweißen und erodieren mit fischertechnik .....	5
Profi-Lights: WS2812B-Vollfarb-Leuchtdioden im fischertechnik-Design .....	15
Geländegängiges Fahrzeug mit 4-Rad-Antrieb .....	19
Elektrische Uhren .....	24
Das Universal-Interface am LPT-Port.....	34
V. I. P. – Ein I <sup>2</sup> C-nach-Computing-Interface-Umsetzer (Teil 3) .....	36

## Termine

Was?	Wann?	Wo?
Spielwarenmesse	31.01.- 04.02.2018	Messe Nürnberg
fischertechnik-Truck	31.05.- 02.06.2018	Karlsruhe
3. Karlsruher fischertechnik-Tag	09.06.2018	Gartenschule Karlsruhe

## Impressum

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

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

**Autoren:** Daniel Canonica, Stefan Falk, Dirk Fox, Till  
Harbaum, Helmut Jawtusch, Rüdiger Riedel, René Trapp.

**Copyright:** Jede unentgeltliche Verbreitung der unver-  
änderten 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.

Modell

## Mini-Modelle (Teil 18): Nurflügler im Formationsflug

Rüdiger Riedel

*In Anlehnung an die Segelflugzeuge Horten H III und H XIII stelle ich hier ein minimalistisches Flugzeug vor.*



Abb. 1: Drei Nurflügler im Formationsflug



Abb. 2: Nurflügler von unten

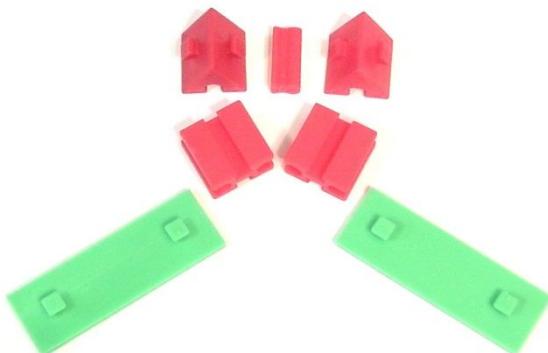


Abb. 3: Nurflügler zerlegt

Es besteht aus nur 7 Teilen:

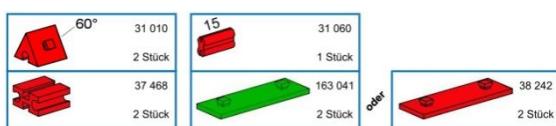


Abb. 4: Die Einzelteile

### Quellen

- [1] Air and Space Museum Washington D.C: [Horten Ho III f: Segelflugzeug als Nurflügler von 1938](#).

Tipps &amp; Tricks

# Schweißen und erodieren mit fischertechnik

Rüdiger Riedel

*Ich geb 's zu, mit Schweißen hat dieser Artikel nichts zu tun, damit will ich nur die Aufmerksamkeit erringen! Denn wer kennt schon das Wort „Funkenerosion“ und weiß, was dahintersteckt?*

Metallbearbeitung mit fischertechnik, geht das? Ja, das geht tatsächlich! Wer schon mal mit Elektromagneten gearbeitet hat, wird sie bemerkt haben: Die kleinen schwarzen Punkte an Kontaktstellen wie dem Kommutator (Stromwender) von Gleichstrommaschinen [5].



Abb.1: Marken auf der Schwingfeder (31329)

Die Punkte entstehen immer dort, wo Funken auftreten.

## Erodieren, was ist das?

Elektroerosion (*Electrical Discharging Machining – EDM*) ist ein Bearbeitungsverfahren zur Herstellung von Matrizen, Formen und hochpräzisen Metallteilen.

Das zu bearbeitende Werkstück (es muss elektrisch leitend sein, die Härte spielt aber keine Rolle) wird in einer nicht leitenden Flüssigkeit bearbeitet, dem so genannten Dielektrikum. Das Werkzeug weist gegenüber dem Werkstück eine Spannung auf und wird so nahe an das zu bearbeitende Bauteil herangeführt, bis es zwischen Werkzeug und Werkstück zu kontinuierlichen kleinen Entladungen kommt und damit zum Abtragen von Material mit Funken; man spricht deshalb auch von Funkenerosion.

Jede Entladung erzeugt werkstückseitig einen Krater (Materialabtrag) und drahtseitig einen Abbrand (Verschleiß der Werkzeugelektrode).

Es besteht zu keinem Zeitpunkt mechanischer Kontakt zwischen Elektrode und Werkstück! Der Abstand muss regelungstechnisch im Arbeitsbereich gehalten werden.

## Erodieren mit ft

Anders als in der Industrie erzeugen wir die nötige Spannung durch Abschalten eines Elektromagneten (Art.-Nr. [31324](#), [32363](#), Topfmagnet [142504](#) oder China-Topfmagnet von ffn). Es ist das Prinzip der Elektromechanischen Klingel. Als Vorlage kann die Elektrisiermaschine aus dem Clubheft 1972-2 dienen [6].

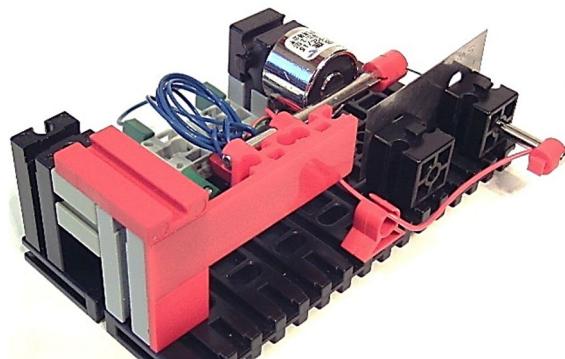


Abb. 2: Erodier-Gerät

Das Gerät in Abb. 2 wird im Ruhezustand so eingestellt, dass zwischen Schwingachse und E-Magnet ein Luftspalt von ca. 2 mm vorhanden ist. Das Werkstück wird an den Draht (Werkzeugelektrode) herangeführt

und der Abstand der Schwingachse zum E-Magnet auf ca. 1 mm verringert. Beim Einschalten der Betriebsspannung und Fließen des entsprechenden Stroms entsteht im E-Magnet ein Magnetfeld. Dadurch wird die Achse vom E-Magnet angezogen und gleichzeitig der Kontakt zum Werkstück aufgehoben. Der Stromkreis wird unterbrochen und das Magnetfeld bricht zusammen. Dabei induziert es im E-Magnet eine Spannung, so dass der Stromfluss eine winzige Zeit lang durch die Luft aufrechterhalten wird. Der dabei entstehende Funke erreicht in einem sehr kleinen Volumen Temperaturen von mehreren Tausend Grad, wodurch kleinste Materialmengen verdampft werden. Durch die Federwirkung der Bauplatte 15·60 4Z ([38464](#)) schwingt die Achse zurück, der Kontakt wird wieder geschlossen und der Vorgang wiederholt sich vielfach in jeder Sekunde. Der elektrische Anschluss an die Werkzeugachse erfolgt durch Unterklemmen des blanken Drahtendes unter eine der beiden Klemmhülsen ([35980](#)). Da das Werkstück von zwei „Bausteinen 15 Magnet“ ([108278](#)) gehalten wird, kann an einem dieser Bausteine eine Achse von hinten eingeführt werden, die den anderen Anschluss hält.

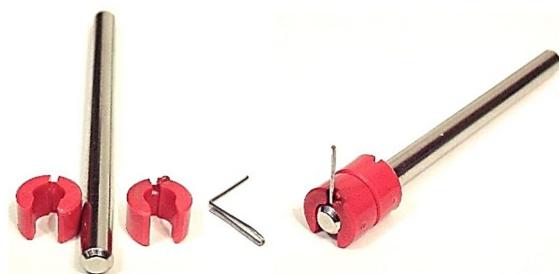


Abb. 3: Erodierwerkzeug in Einzelteilen und fertig zusammengesetzt

Für das Werkzeug verwende ich Bindedraht mit einem Durchmesser von 0,4 mm. In der Literatur wird Kupferdraht empfohlen, aber den habe ich nicht in ausreichender Härte. Der Draht lässt sich gut mit zwei Klemmbuchsen an der Schwingachse (Achse 60) befestigen. Links in Abb. 3 sieht man den teilweise doppelt gefalteten Draht. Dieser

Teil kommt auf die Achse, die Klemmbuchsen lässt man darüber auf die Achse schnappen.

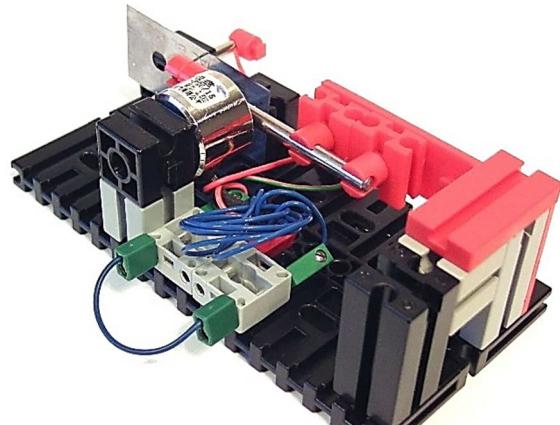


Abb. 4: Rückseite vom Erodier-Gerät

Die ersten Versuche an einer Spezialklinge für Ceranfelder waren sehr ermutigend, siehe Bilder 4 und 5.



Abb. 5: Die ersten Löcher, Durchmesser etwa 0,6 und 0,2 mm

### Etwas Physik

Um die Leistungsfähigkeit des Gerätes abschätzen zu können, brauchen wir ein paar Grundlagen.

#### Stoffgrößen von Eisen:

Spezifische Wärmekapazität:  $0,444 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot\text{K}}$

Schmelzwärme:  $268 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Siedepunkt:  $2750^\circ\text{C}$

Verdampfungswärme:  $6260 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}$

Energie zum Verdampfen von Eisen:

$$(0,444 \cdot 2750 + 268 + 6260) \frac{J}{g}$$

$$= 7749 \frac{J}{g}$$

### Erzeugen eines Loches mit Durchmesser $d = 0,6$ mm in 0,1 mm dickem Eisen:

Die Dicke  $h$  der Spezialklinge für Ceranfelder mit einem Gewicht von ca. 1 g berechnet sich aus ihren Abmessungen und der Materialdichte so:

$$h = \frac{1g}{5,2\text{cm} \cdot 2,2\text{cm} \cdot 7,9 \frac{g}{\text{cm}^3}}$$

$$= 0,011\text{cm} \approx 0,1\text{mm}$$

Das Loch umfasst ein Volumen von

$$V \approx 0,03\text{mm}^3$$

Die Masse ergibt sich zu

$$m = 7,86 \frac{g}{\text{cm}^3} \cdot V = 0,23\text{mg}$$

Daraus ergibt sich die Verdampfungsenergie:

$$W_{verd} = 7,749 \cdot 0,23\text{J} = 1,8\text{J}$$

Für den Energieinhalt einer Induktivität gilt:

$$W_L = \frac{1}{2} L \cdot I^2$$

Die Induktivität  $L$  der älteren E-Magnete ([31324](#)) ist gleich der Induktivität der neueren Magnete ([32363](#)), gemessen über den Wechselstromwiderstand:

$$L \approx 0,09\text{H}$$

Bei einem Widerstand  $R = 52 \Omega$  und einer Spannung  $U = 10 \text{ V}$  ist der Strom  $I = 0,19 \text{ A}$  und also die Energie

$$W_L = \frac{1}{2} \cdot 0,09 \cdot 0,036\text{J} = 1,6\text{mJ}$$

Für den Topfmagnet mit  $L = 0,06 \text{ H}$ ,  $R = 49 \Omega$  bei  $U = 10 \text{ V}$  und also  $I = 0,20 \text{ A}$  ergibt sich:

$$W_L = \frac{1}{2} \cdot 0,06 \cdot 0,04\text{J} = 1,2\text{mJ}$$

Annahmen: Die erste brauchbare Dampfmaschine, die zur Entwässerung im Bergbau eingesetzt wurde, stammt von Thomas Newcomen; sie hatte einen Wirkungsgrad  $\eta$  (eta) von etwa 0,5 % [4]. Da unsere Maschine ebenfalls nicht optimiert ist, wird als erste Schätzung ein Wirkungsgrad  $\eta \approx 0,5 \%$  angenommen. Die Taktrate wird zu  $f = 100 \text{ Hz}$  geschätzt.

Daraus ergibt sich die Abtragzeit zu für den alten E-Magnet (ft-Nr. [31324](#)):

$$t = \frac{W_{verd}}{W_L \cdot f \cdot \eta}$$

$$= \frac{1800\text{s}}{0,8} = 2250\text{s} = 38\text{min}$$

Für den Topfmagneten:

$$t = \frac{W_{verd}}{W_L \cdot f \cdot \eta}$$

$$= \frac{1800\text{s}}{0,6} = 3000\text{s} = 50\text{min}$$

Die Zeiten passen recht gut zu meinen Versuchen. Die Bearbeitungszeit lässt sich durch Parallelschaltung eines zweiten E-Magneten oder Topfmagneten halbieren.

Die Bearbeitungszeit kann weiter verringert werden durch Erhöhung der Spannung (ich arbeite gern mit 16 V [11]).

### Weißblech 0,29 mm stark

Der Versuch, Aluminiumblech anzubohren, ist misslungen. Der Funke verlöscht nach wenigen Sekunden, weil das entstehende Aluminiumoxid ein guter Isolator ist. Weißblech eignet sich aber sehr gut. Das ist Stahlblech, dessen Oberfläche elektrolytisch mit Zinn beschichtet wurde.

Der Durchmesser des Arbeitsdrahtes ist wieder 0,4 mm.



Abb. 6: Weißblech – das Loch ist gebohrt,  
der Draht passt hindurch

Das Loch zu bohren dauert jetzt schon etwa 80 Minuten, bis es groß genug ist, den Bohrdraht durchzulassen. Drei E-Magnete wurden parallelgeschaltet. Der Schweif in Abb. 6 ist Eisenoxid, kein Ruß.



Abb. 7: Loch auf der Bohrseite  
nach der Reinigung

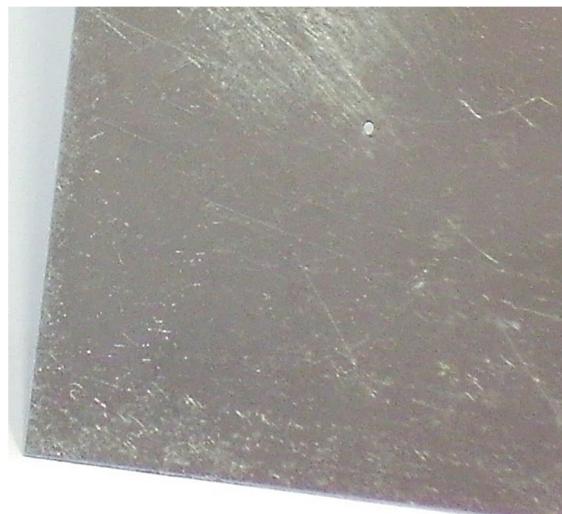


Abb. 8: Das Loch auf der Rückseite

### Federbronze

Ebenfalls sehr gut bearbeiten lässt sich Federbronze.

Der Streifen in Abb. 9 ist 5 mm breit und 0,2 mm dick. Als Werkzeug habe ich wieder den Bindedraht mit 0,4 mm Durchmesser verwendet.

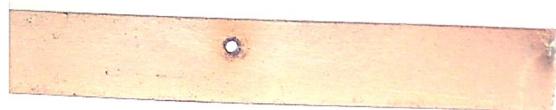


Abb.9: Federbronze mit Loch, Mitte  
vergrößert, ganz oben gereinigt

## Kupferblech

Die Fixierung des Kupferblechs ist mir nicht so gut gelungen, das Resultat sieht man in Abb. 10.

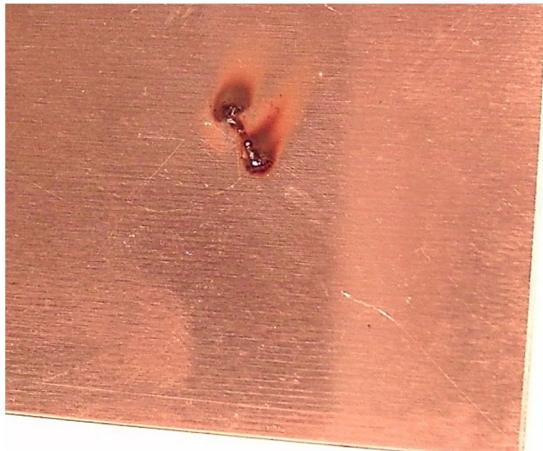


Abb. 10: Kupferblech, 0,6 mm dick

Da der „Erodierapparat“ Schwingungen erzeugt, muss das Werkstück gut befestigt werden, damit es nicht wandert.

Nachdem das Werkstück fixiert war, habe ich mehrere Stunden lang „gebohrt“. Das Resultat ist enttäuschend.

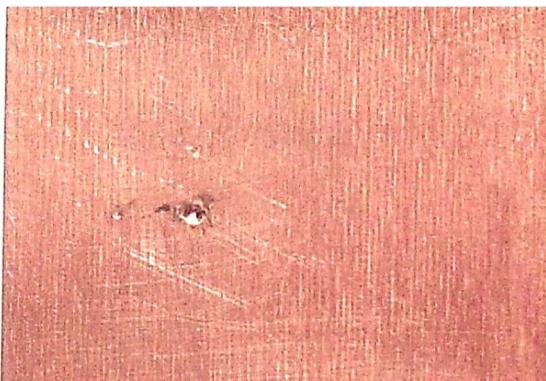


Abb. 11: Nach mehrstündigem Erodieren...

Die Tiefe beträgt etwa 0,2 mm. Kupfer leitet ja nicht nur den Strom sehr gut, sondern auch Wärme, also wird die Wärme der Funken sehr schnell abgeleitet und führt kaum zur Verdampfung.

## Federstahl

Der ft-Federstahl von Abb. 1 ist etwa 0,15 mm dick und lässt sich problemlos bearbeiten, siehe Abb. 12.

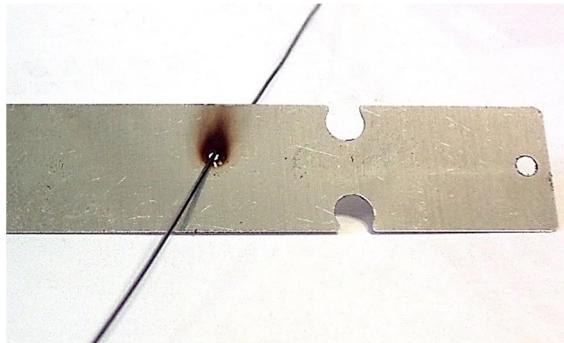


Abb. 12: Ein neues Loch in der Schwingfeder  
([31329](#))

## Erodieren und Gravieren

Lässt man das Werkzeug nicht an einer Stelle arbeiten, sondern zieht das Werkstück langsam darunter weiter, ergibt sich ein Gravur-Effekt.

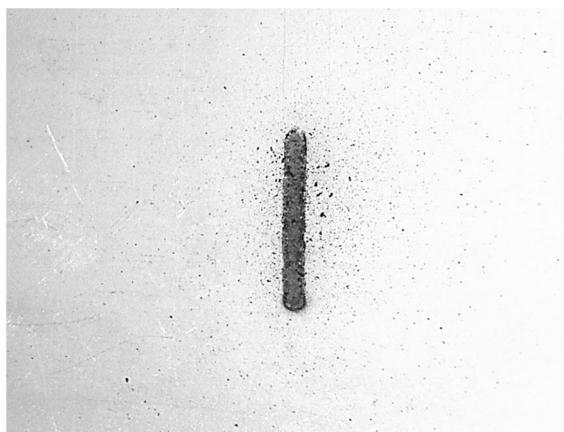
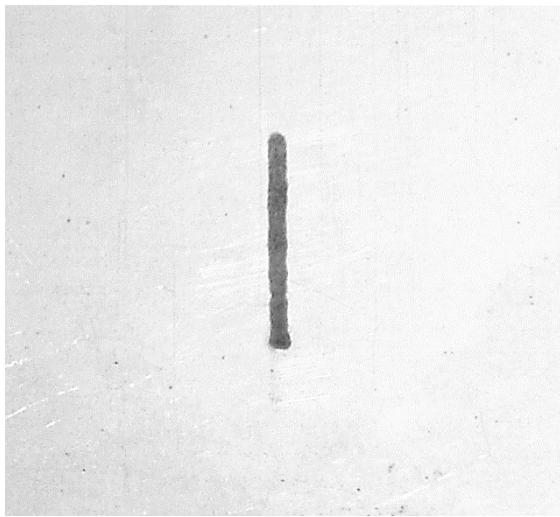


Abb. 13: Gravur, daneben Eisenoxid-Partikel

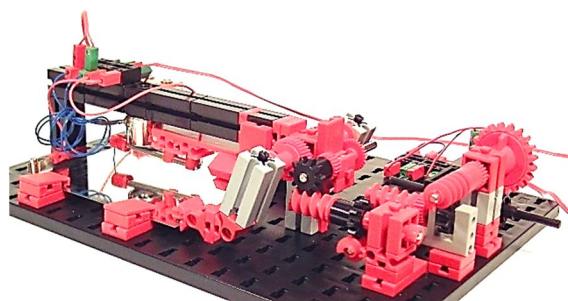
Die Gravur in Abb. 13 ist etwa 10 mm lang, sie wurde in 90 Minuten erzeugt mit dem Topfmagnet und einem parallelen E-Magnet an 16 V. Die Stromanzeige an meinem Netzgerät betrug etwa 0,27 A, das ist natürlich ein Mittelwert.



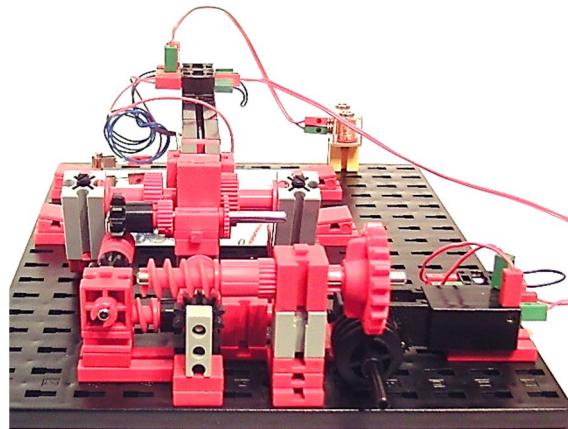
*Abb. 14: Gravur nach der Reinigung*

Das Graviergerät (Abb. 15) arbeitet nicht mehr zur Seite hin, sondern nach unten. Das Stück Weißblech misst  $100 \text{ mm} \cdot 100 \text{ mm}$  und wird seitlich durch vier Bausteine 5 15x30 ([35049](#)) mit aufgesetzten WS 7,5° und darauf E-Magnet-Führungsplatten ([32455](#)) spielarm geführt.

Der Vorschub-Mechanismus besteht aus einer Achse 60 in einem Baustein 15 mit Bohrung, zwei Seiltrommeln 15 ([31016](#)) mit je einem Klemmring Z36 ([31020](#)) und einem kleinen Klemmring links in Abb. 17.

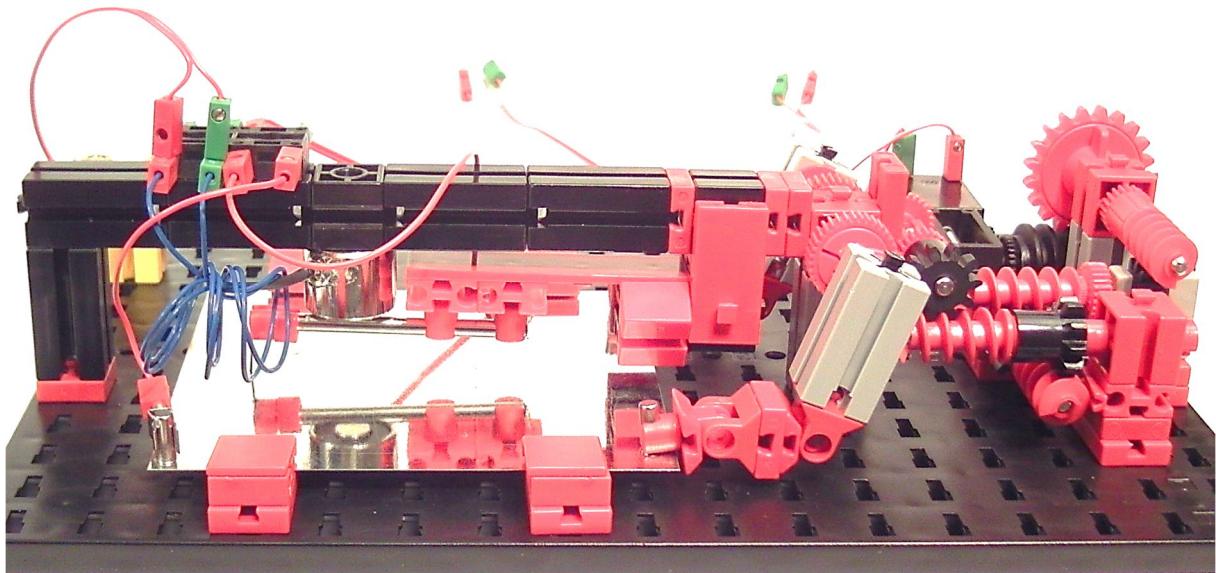


*Abb. 16: ¾-Ansicht*



*Abb. 17: Der Vorschub-Antrieb*

An den Seiltrommeln ist je ein BS30, ein Gelenkwürfel ([31426](#) + [31436](#)), ein BS5, noch ein Gelenkwürfel und daran eine Klemmhülse ([35980](#)) befestigt. Ein Neodym-Magnet mit 4 mm Durchmesser und 10 mm Länge wird von der Klemmhülse



*Abb. 15: Das Graviergerät*

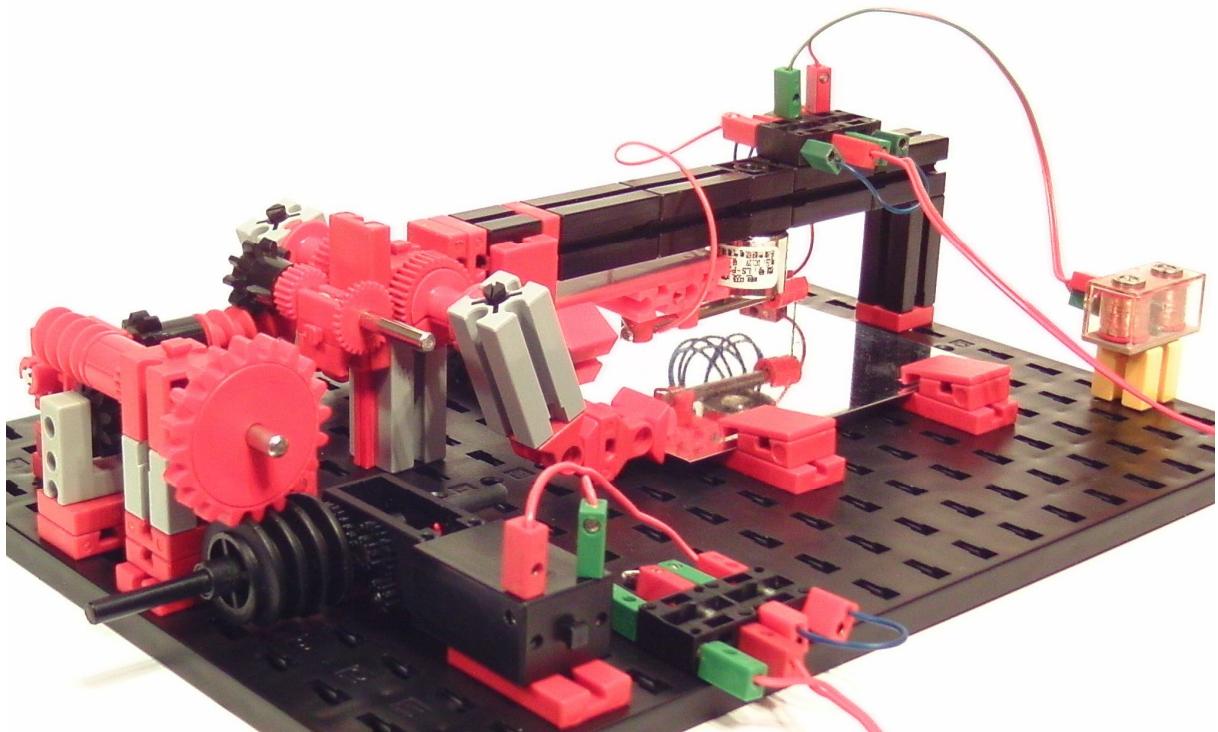


Abb. 18: Blick schräg auf den Antrieb

gehalten und fixiert diese auf dem Blech. Der Vorschub erfolgt mit der Kante des Gelenkwürfels.

Diese Konstruktion ist wegen der Magnete nur für Stahl- (Eisen-) Blech geeignet.

Angetrieben wird der Vorschub über den Klemmring Z36 einer der Seiltrommeln 15 von einer „U-Achse 60 + Zahnrad Z28“ ([31063](#)). Auf dieser Achse sitzt ein Z10.

Die weiteren Getriebestufen bestehen aus drei Kombinationen Schnecke und Z10 sowie einer Kombination Schnecke und Z20.

Das Z20 wird von einem Schneckenantrieb 20 ([32886](#)) oder einer Getriebeschnecke bewegt, die auf einem U-Getriebe mit Minimotor sitzen. Den Motor betreibe ich mit etwa 6 V. Ich habe noch eine Diode vorgeschaltet, so dass der Motor nur mit der „richtigen“ Drehrichtung laufen kann; auf Abb. 21 ist sie neben dem Motor erkennbar.

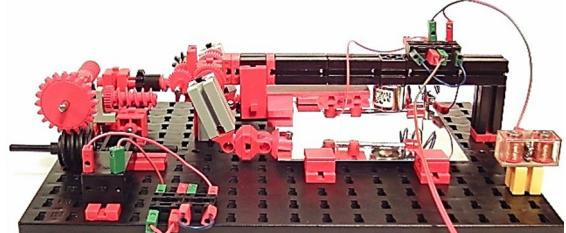


Abb. 19: Die Rückseite

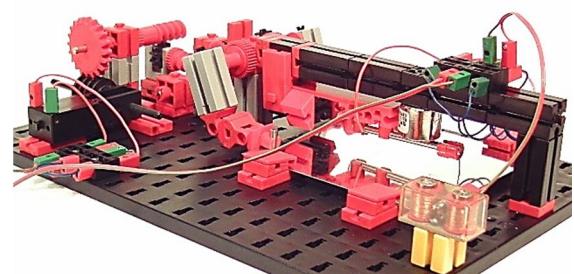


Abb. 20: Eine weitere Ansicht

Nach Fertigstellung der Gravur ziehe ich die „U-Achse 60 + Zahnrad Z28“ von der Seiltrommel nach oben, damit ich den Vorschub zurückstellen kann.

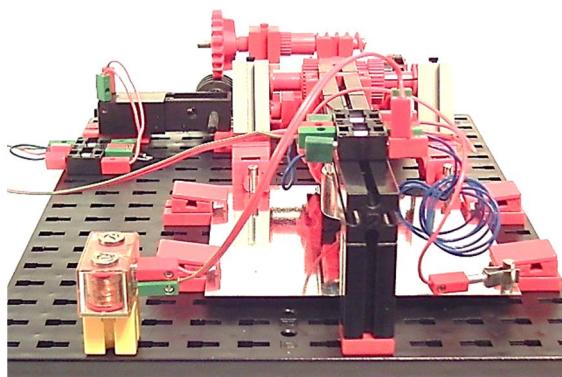


Abb. 21: Blick von links

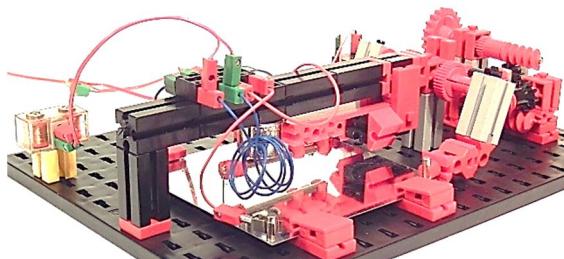


Abb. 22: ¾-Ansicht von links

Der Topfmagnet hängt unter einer Brücke aus BS30, einem BS15 und drei BS5. Der schwingende Teil ist aufgebaut entsprechend den Abb. 2 bis 4. Den elektrischen Anschluss an das Blech habe ich wieder mit einem Magneten hergestellt, siehe Abb. 21, vorne rechts.

## Zusammenfassung

Mit dem „Werkzeug“ Stahldraht (Bindedraht) lassen sich in Weißblech, in Federstahl und in Federbronze Löcher erodieren. In Weißblech lassen sich auch Linien eingravieren.

Zur Verkürzung der Bearbeitungszeit habe ich mehrere E-Magnete parallelgeschaltet, in den Abb. 15 bis 22 ist es einer auf dem gelben BS15. Bei dickerem Blech als 0,1 mm und beim Gravieren habe ich außerdem die Spannung auf etwa 16 V erhöht. Die E-Magnete werden zwar heiß, aber nicht unzulässig heiß [10].

## Nebenreaktionen

Die Entstehung von Eisenoxid wurde bereits erwähnt; es ist die Hauptreaktion bei Weißblech bzw. Stahl, da wir das Metall selbst entfernen wollen. Als wichtigste Nebenreaktionen entstehen bei elektrischen Entladungen Ozon =  $O_3$ , und Stickoxide (hauptsächlich  $NO_2$ ), also giftige Gase.

Eine weitere Nebenreaktion ist die Erzeugung von Funkwellen, deren Name von den historischen Funkensendern stammt.

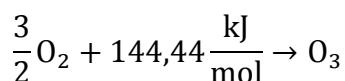
## Ozonbildung

Die EU hat schon seit längerer Zeit Richtwerte für die Ozonkonzentration festgelegt. Keine Gefahr für die Gesundheit besteht laut EU-Richtlinie durch Ozon unter einem Gehalt von  $110 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Ab einem Ein-Stunden-Mittelwert von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  erfolgt die Unterrichtung der Bevölkerung, da bei dieser Konzentration die Leistungsfähigkeit empfindlicher Menschen bereits beeinträchtigt werden kann. Ab ungefähr  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Ozon können Symptome wie Tränenreiz, Schleimhautreizungen in Rachen, Hals und Bronchien, Kopfschmerzen, verstärkter Hustenreiz, Verschlechterung der Lungenfunktion auftreten. Ab einem Ein-Stunden-Mittelwert von  $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$  werden Warnungen ausgesprochen, da ab dieser Konzentration Gefahr für die menschliche Gesundheit bestehen kann [7].

Der größte Teil des entstandenen Ozons oxidiert das verdampfte und auch das feste Metall zu Metalloxid (bei Eisen bzw. Stahl: Rost) sowie den Luftstickstoff zu Stickoxiden. Bei der großtechnischen Ozonherstellung werden Wirkungsgrade von etwa 10 % erreicht [7], bei unserem Prozess sicher deutlich weniger. Für die Erzeugung reinen Ozons setze ich etwa 1 % an. Da hiervon der größte Teil bei der Oxidation der heißen Metall- und Luftteilchen aufgebraucht wird, bleibt möglicherweise als freies Ozon ein Zehntel übrig (das scheint mir plausibel, da der typische Ozongeruch

bei meinen Versuchen nicht wahrnehmbar ist). Mancher erinnert sich vielleicht an die ersten Laserdrucker, die hatten einen intensiven „Ozongeruch“. Allerdings waren das, was man roch, die vom Ozon gebildeten Stickoxide. Ozon selbst riecht stechend-scharf bis chlorähnlich [7].

Der Energieaufwand zur Ozonherstellung beträgt [8]:



Das bedeutet, für 1 mol Ozon = 48 g werden ca. 144 kJ Energie benötigt.

Unsere Apparatur setzt mit drei parallelen E-Magneten und einer Taktrate von  $f = 100 \text{ Hz}$  eine Energie um von:

$$W_L = 3 \cdot 100 \cdot 1,6 \frac{\text{mJ}}{\text{s}} = 1,73 \frac{\text{kJ}}{\text{h}}$$

Somit lässt sich unter Berücksichtigung der Wirkungsgrade von  $1\% \cdot 10\%$  folgende Ozonmenge erzeugen:

$$48\text{g} \cdot 1,73 \frac{\text{kJ}}{\text{h}} \cdot \frac{0,001}{144\text{kJ}} = 0,58 \frac{\text{mg}}{\text{h}}$$

Den EU-Grenzwert von  $360 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in Luft, ab dem Gefahr für die menschliche Gesundheit bestehen kann, erreichen wir bei einer Zimmergröße von  $10 \text{ m}^2$  entsprechend  $24 \text{ m}^3$  Rauminhalt nach knapp 15 Stunden, aber nur bei fehlendem Luftaustausch und vernachlässigtem Ozonzerfall, Ozon ist nämlich nicht stabil.

### **Stickoxide**

Dies ist eine Sammelbezeichnung für verschiedene Stickstoff-Sauerstoff-Verbindungen.

Am Arbeitsplatz sind 950 Mikrogramm Stickoxide pro Kubikmeter Luft erlaubt (MAK-Wert = Maximale Arbeitsplatzkonzentration [9]). Auf der Straße sind nach WHO und EU-Vorgabe nur 40 Mikrogramm erlaubt, allerdings als Jahresmittelwert.

Schlussfolgerung: Da wir uns beim Modellbau im Allgemeinen am fischertechnik-Arbeitsplatz befinden, nehme ich die  $950 \mu\text{g}/\text{m}^3$  als Grenzwert an.

Zum Energieaufwand für die Herstellung von  $\text{NO}_2$  habe ich nichts Verwertbares gefunden. Sollte er mit der Herstellung von Ozon vergleichbar sein, gelten auch vergleichbare Ergebnisse.

### **Was bedeuten diese Erkenntnisse?**

Halte deine Nase nicht längere Zeit über den Funken und sorge für gutes Lüften! Garantie gebe ich keine: Jeder, der die Experimente durchführt, macht dies in eigener Verantwortung.

### **Funkstörungen**

Wer noch ein Koffer- oder Taschenradio besitzt, weiß es: AM-Empfang (Amplituden-Modulation), also Lang-, Mittel- und Kurzwellenempfang ist damit in einer Wohnung nicht mehr möglich. Das liegt an den Störstrahlungen von PCs (!), so genannten Energiesparlampen, vielen LED-Lampen, den Stecker-Netzteilen und auch den Induktionsherden.

Unser Gerät verbreitet ebenfalls Funkstörungen im näheren Umfeld von einigen Metern, auch auf FM = UKW. Diese betreffen zwar nur den Radio-Empfang, lassen sich aber wohl grundsätzlich nicht verhindern. Das liegt an den Funken, die sich zwar mit einem Kondensator dämpfen lassen, die wir aber für unsere Zwecke benötigen. Durch kompakten Aufbau und kurze Drahtlängen lassen sich die Störungen aber vermindern. Insbesondere die beiden Drähte zur Funkenstrecke sollten so kurz wie möglich sein.

Ansonsten ist klar: Gibt es Beschwerden, müssen die Versuche unterbrochen, abgebrochen oder z. B. in den Keller verlegt werden.

## Quellen

- [1] [Was ist Erodieren?](#)
- [2] Wiki der BBS Winsen: [Erodieren](#).
- [3] FEOB GmbH: [Was ist Erodieren?](#)
- [4] Dirk Fox, Thomas Püttmann:  
*Technikgeschichte mit fischertechnik.*  
dpunkt.verlag, Heidelberg, 2015,  
S. 163.
- [5] Rüdiger Riedel: *Funktionsmodelle von Gleich- und Wechselstrommotoren.* [ft:pedia 4/2016](#), S. 52-58.
- [6] fischertechnik: [Clubheft 1972-2](#), S. 22.
- [7] Chemie.de: [Ozon](#).
- [8] [Allgemeine Informationen zu Ozon](#).
- [9] Technische Regeln für Gefahrstoffe:  
[Arbeitsplatzgrenzwerte TRGS 900](#),  
S. 42,
- [10] Rüdiger Riedel: *Der Elektromagnet: Was kann er (vertragen)?* [ft:pedia 4/2016](#), S. 46-51.

## Tipps &amp; Tricks

# Profi-Lights: WS2812B-Vollfarb-Leuchtdioden im fischertechnik-Design

Till Harbaum

Dass bunte Lampen ein fischertechnik-Modell ganz ungemein aufwerten ist keine neue Erkenntnis und fischertechnik bot schon sehr früh Lampenfassungen für kleine Glühlampen an, auf die man bunte Plastikkappen stecken konnte. Dieses System wurde viele Jahre erfolgreich beibehalten und hat sicher so manches Kinderzimmer abends in ein effektvolles Licht getaucht.

Seit kurzem hat fischertechnik auch sogenannte RGB-LEDs im Programm. Einmal mit Spannung versorgt, blinken und flackern diese LEDs selbsttätig in allen Farben des Regenbogens. Für viele Modelle ist das sicher ausreichend, aber der Leuchtdioden-Markt bietet noch wesentlich interessantere Leuchtmittel, die sich mit wenig Aufwand auch stilecht in fischertechnik integrieren lassen. Das Zauberwort, das einem auch den Einkauf auf den üblichen Online-Plattformen erleichtert, lautet WS2812B.

WS2812B-basierte Leuchtdioden sind unter vielen Aspekten sehr interessant für Bastelprojekte. Sie sind mit ca. 10 ct pro Leuchtdiode äußerst preisgünstig, sie sind mechanisch sehr einfach zu montieren und auch die elektrische Ansteuerung ist äußerst simpel. Für den etwas schwierigeren Part der korrekten Programmierung gibt es zum

Glück unzählige Bibliotheken und Beispiele im Netz.

## Elektrischer Anschluss

Im Gegensatz zu den fischertechnik-RGB-LEDs benötigen die WS2812B einen zusätzlichen Controller, der ihnen mitteilt, was sie gerade zu tun haben und in welcher Farbe sie wie hell leuchten sollen. Von sich aus leuchten die WS2812B nicht. Erst wenn sie von außen mit entsprechenden Kommandos angesteuert werden, beginnen sie ihre Arbeit. Durch unterschiedliche Kommandos ist so die Farbe und Helligkeit jeder einzelnen Leuchtdiode einstellbar.

Dass der elektrische Anschluss wirklich trivial ist, zeigt Abb. 1. Es reicht neben der 5-Volt-Versorgungsspannung ein einziger Datenanschluss an z. B. einem Arduino, um die WS2812B-Leuchtdioden anzusteuern. Die Leuchtdioden lassen sich dabei kaskadieren, so dass auch mehrere hundert von

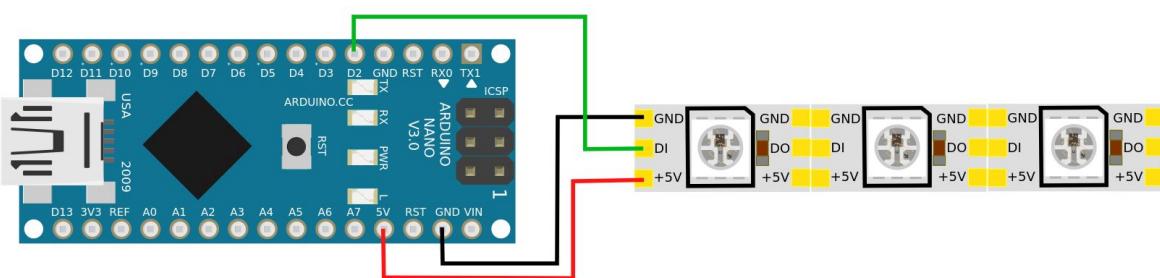


Abb. 1: Anschlusschema

ihnen lediglich einen Anschluss am Arduino belegen. Ganze Videowände lassen sich so mit einem einzigen einfachen Arduino ansteuern.

Die WS2812B-Leuchtdioden erreichen eine beeindruckende Helligkeit, und schon einige zig LEDs reichen, um einen Raum zu beleuchten. Die Stromaufnahme pro LED liegt dabei bei maximal 60 mA, was bei 5 V einer Leistung von 300 mW entspricht. Nutzt man den Arduino auch zur Stromversorgung der LEDs, sind so maximal ca. acht LEDs an einem mit maximal 500 mA belastbaren USB-Port zu betreiben. Will man mehr LEDs betreiben, empfiehlt sich die Verwendung eines separaten 5 V-Netzteils. Die maximale Leistung wird nur bei maximal hellem weißen Licht erreicht. Stellt man durch entsprechende Programmierung des Arduino sicher, dass die maximale Helligkeit begrenzt wird oder nie alle LEDs weißes Licht abstrahlen, so kann man ggf. auch mehr LEDs am USB betreiben.

## Mechanischer Anschluss

Die häufigste Darreichungsform von WS2812B-basierten Leuchtdioden sind lange Klebestreifen, die auf Rollen verkauft werden (siehe Abb. 2). Der eigentliche Klebestreifen besteht dabei aus Platinenmaterial, auf dem die LEDs bereits montiert und fertig verschaltet sind. Man muss also lediglich an einer Seite das passende Signal in den Streifen einspeisen, um sämtliche LEDs unabhängig ansteuern zu können.

Es gibt die Streifen mit unterschiedlich dichter LED-Besetzung. Gängig sind 30, 60 oder 144 LEDs pro Meter, was auf einen Abstand von 3,33 cm, 1,67 cm oder 0,7 cm hinausläuft. Keiner dieser Werte passt exakt genug zum fischertechnik-üblichen 15 mm-Raster, so dass sich kein fischertechnik-kompatibler Abstand ergibt, wenn man die Klebestreifen z. B. einfach der Länge nach auf fischertechnik-Platten klebt. Die Hersteller bieten oft auch an, Streifen nach Kundenmaß zu erzeugen; das lohnt sich

aber erst bei größeren Mengen als den hier zu erwartenden.



Abb. 2: Eine Rolle mit LED-Band

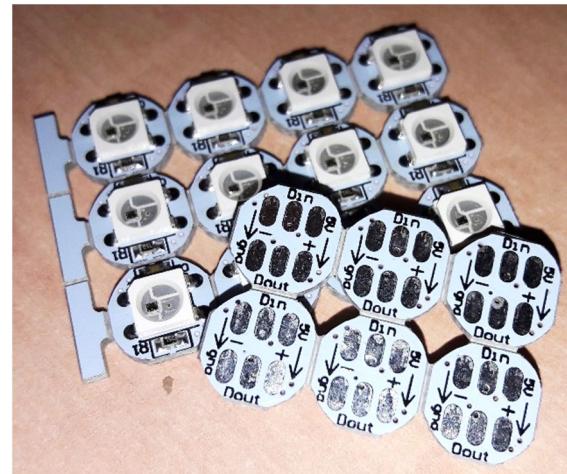


Abb. 3: Platinenmatrix

Etwas seltener, aber durchaus gängig, ist der Vertrieb der Leuchtdioden auf einer steifen Platinenmatrix wie in Abb. 3 dargestellt. In dieser Form sind die LEDs nicht durchverbunden, sondern jede LED besitzt auf der Unterseite sechs Kontaktstellen: je drei für den Signaleingang und drei für den Signalausgang zur nächsten LED. Die Platinen sind zwischen den LEDs eingeritzt, so dass sie sich leicht auseinanderbrechen lassen. Von der Rückseite lassen sie sich dann leicht mit passenden Steckern und Buchsen versehen. Abb. 4 zeigt in der Seitenansicht, wie Stecker und Buchsen dann ineinandergreifen. Als Stecker und Buchse eignen sich zum Beispiel „SL 1X40W SMD2,54“ und „BL 1X20W 2,54“ von Reichelt, die man allerdings jeweils auf die Länge von drei Anschlüssen kürzen muss.



Abb. 4: Seitenansicht

Mit etwas Geschick lässt sich auf diese Weise ein Abstand von genau 15 mm erreichen, so dass sich die Leuchtdioden exakt im fischertechnik-Raster zusammenstecken lassen. Das 15 mm-Raster ist aber nur die halbe Miete. Es fehlt noch eine mechanische Verbindung zum fischertechnik-System. Auf den ersten Blick scheinen die gängigen ft-Lampensockel geeignet zu sein. Allerdings müsste man diese stark nachbearbeiten, um Platz für die Leuchtdioden mit ihren insgesamt sechs Anschlüssen zu schaffen.

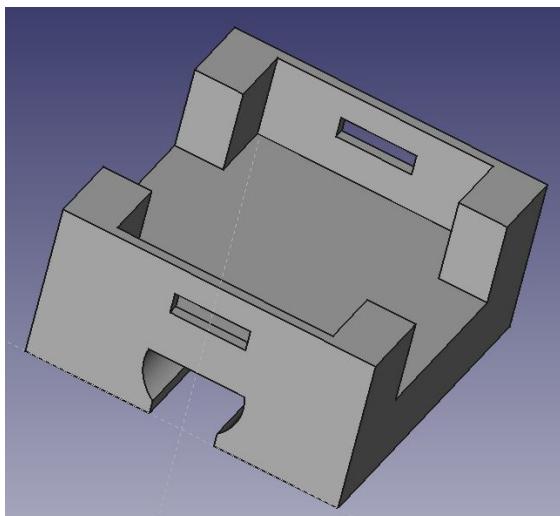


Abb. 5: Sockel

Ich habe deshalb ein 3D-Modell einer kompatiblen Fassung entworfen. Unter [2] findet sich ein sehr einfacher LED-Sockel (siehe Abb. 5), in den sich die WS2812B inklusive der Steckverbinder leicht einkleben lassen. Da sich die fischertechnik-Zapfen nicht für den 3D-Druck eignen, hat diese Variante eine Nut an der Unterseite. Durch Einstecken eines Federnockens lässt sich der Zapfen aber leicht nachrüsten. Auf den Sockel passen die aktuellen Rast-Leucht-Kappen. Für die farbigen LEDs bieten sich die glasklaren Kappen an.

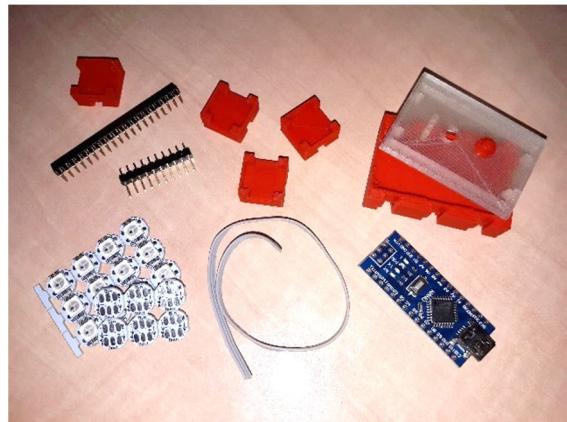


Abb. 6: Bauteile

Das Resultat ist eine WS2812B-LED im fischertechnik-kompatiblen Gehäuse. Ich habe dem in diesem Beispiel verwendeten Arduino-Nano auch gleich ein fischertechnik-kompatibles Gehäuse verpasst. Auch das findet sich unter [2], so dass sich am Ende eine optisch sehr „fischertechnisch“ anmutende Lösung ergibt.

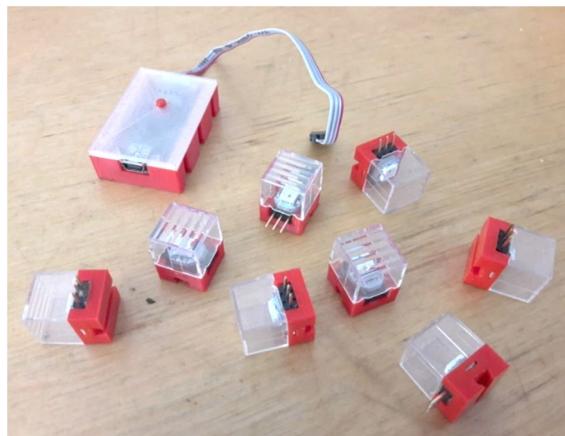


Abb. 7: Die fertigen Profi-Lights

## Stromversorgung

Als Spannungsquelle eignet sich bei wenigen LEDs auch der USB-Anschluss des TXT. Sollen mehr LEDs betrieben werden oder steht kein TXT zur Verfügung, ist die einfachste Energiequelle eine billige so genannte USB-Powerbank, wie sie gerne als Notstromversorgung für Smartphones verwendet wird.

## Programmierung

Sind Mechanik und Elektrik geklärt, geht es an die Programmierung. Da wir uns hier in der Arduino-Welt bewegen, können wir auf einen schier unerschöpflichen Fundus fertiger Lösungen zurückgreifen. Besonders effektiv ist die WS2812FX-Bibliothek, die unter [3] zu finden ist. Der unter dem Namen *auto\_mode\_cycle* enthaltene Beispiel-Sketch bietet einen schnellen Start. Für unser Beispiel müssen dort in den Kopfzeilen lediglich die Konstanten *LED\_PIN* und *LED\_COUNT* abgepasst werden. Für das oben abgebildete Verdrahtungsschema ist *LED\_PIN* auf zwei zu setzen und *LED\_COUNT* auf drei, wobei es nicht schadet, wenn man mehr LEDs angibt als tatsächlich angeschlossen sind.

Sämtliche LEDs sind vollkommen unabhängig steuerbar. Wenn man zwischen die LEDs einfache Verlängerungskabel setzt, kann man sie z. B. auch an den Ecken eines Fahrzeugs montieren und sie einzeln weiß und rot leuchten sowie gelb und blau blinken lassen. Mit wenig Aufwand ist so ein Feuerwehrauto adäquat mit Leuchten bestückt.

Für die Ansteuerung sendet der Arduino einen Bitstrom über die einzelne Datenleitung an die erste LED des Strangs. Jedes Bit in diesem Datenstrom besteht aus einem 1,25 µs langen An-/Aus-Signal, wie in Abb. 8 dargestellt, wobei sich 0- und 1-Bits lediglich durch das Verhältnis der An- und Ausphasen unterscheiden. Jeweils 24 Bits pro LED werden übertragen, für jede Grundfarbe acht. Damit kann jede LED

unabhängig das gesamte Farbspektrum darstellen.

Jede LED empfängt die ersten 24 Bits des Datenstroms. Hat sie selbst alle 24 Bits empfangen, so sendet sie selbst alle verbleibenden Bits an die nächste LED weiter. Dieses Spiel wiederholt sich über alle LEDs der Kette. Auf diese Weise können mehrere hundert LEDs mit einem einzigen Signal bedient werden. Die Signallänge pro LED beträgt dabei 30 µs. Um z. B. 100 LEDs mit frischen Daten zu versorgen, ist das Gesamtsignal  $100 \cdot 30 \mu\text{s} = 3 \text{ ms}$  lang und die maximale Aktualisierungsfrequenz liegt bei  $1000 / 3 \text{ ms} = 330 \text{ Hz}$ .

## Fazit

WS2812B-LEDs sind ein billiges und unterhaltsames Spielzeug, das sich sehr schön in fischertechnik integrieren lässt. Der geringe Preis lässt Fehlversuche und Defekte leicht verschmerzen. Die brillant leuchtenden LEDs entschädigen für jeden beim Löten angekokelten Finger, und mit der Leistungsfähigkeit des Arduinos bieten sich unzählige Möglichkeiten zum Einsatz der „Profi Lights“.

## Quellen

- [1] Seeed Studio: [WS2812B Data Sheet](#).
- [2] Harbaum, Till: [fischertechnik compatible „Profi Lights“](#) auf Thingiverse.
- [3] Almdick, Harm: [WS2812 FX Library for Arduino and ESP8266](#) auf GitHub.

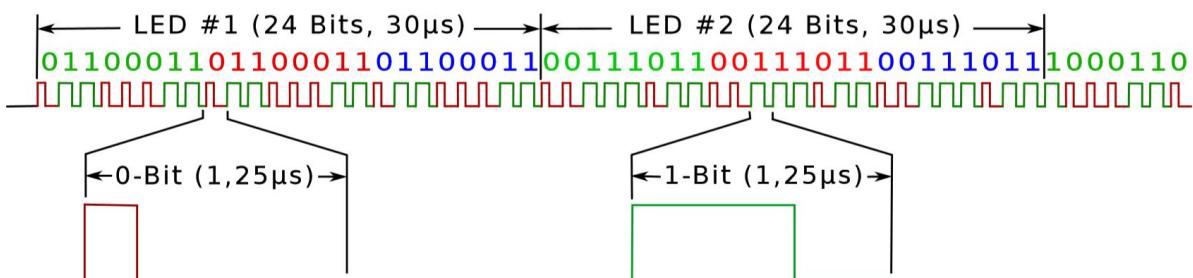


Abb. 8: Signalverlauf

## Modell

# Geländegängiges Fahrzeug mit 4-Rad-Antrieb

Daniel Canonica

Fahrzeuge mit Allradantrieb dienen vielen Zwecken, z. B. in der Landwirtschaft oder auf schwierigen Bergstrecken. Hier wird ein relativ leicht gebautes Modell vorgestellt.

## Die Entwicklung des Jeeps

Schon früh in der Geschichte des Automobils erkannte man, dass man die Antriebskraft besser nutzen kann, wenn vier oder noch mehr Räder angetrieben werden. Abgesehen von frühen zivilen Nutzungen waren – wie bei vielen anderen Entwicklungen – Anforderungen und Beschaffungsprogramme des Militärs von großer Bedeutung für die Serienfertigung von strapazierfähigen Fahrzeugen mit Allradantrieb.

Nachdem bereits in den 1930er Jahren erste Entwürfe verfügbar waren, startete die US-Armee 1940 eine große Ausschreibung für den späteren „Jeep“ – ein relativ leicht gebautes, geländegängiges Fahrzeug mit Vierrad-Antrieb und bis zu 250 kg Zuladung. Bis Kriegsende wurden von verschiedenen Herstellern mehrere 100.000 Stück produziert [1].



Abb. 1: Jeep von 1945 [2]

Die militärische Entwicklung ging dann über verschiedene Zwischenstufen bis zum HMMWV (umgangssprachlich „Humvee“) weiter, als Straßenfahrzeuge wurden viele Modelle bis zum Jeep Cherokee gefertigt und verkauft.

## Das Modell mit 4-Rad-Antrieb

Das Modell entspricht in der Form weitgehend dem Jeep von 1945 (siehe Abb. 2 und 3):



Abb. 2: Das Modell

Die Sitze sind mit Verbindern 45 am seitlichen Rahmen der Karosserie befestigt, welche sich, wie wir weiter unten sehen, mit einem Handgriff entfernen lässt.

Abb. 4 zeigt das Fahrzeug mit hochgeklappter Karosserie. Die (immer wieder mal nötigen) Wartungsarbeiten werden dadurch enorm erleichtert.

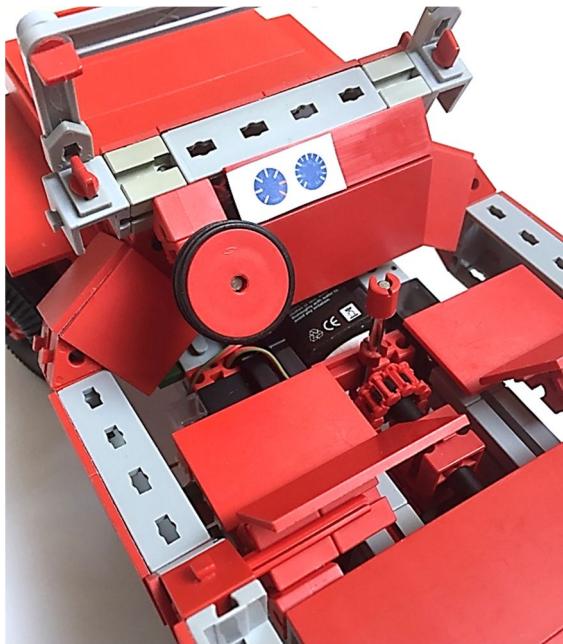


Abb. 3: Der Innenraum

Die Karosserie ist vorne mit einer Achse mit dem Fahrgestell verbunden (siehe Abb. 5).

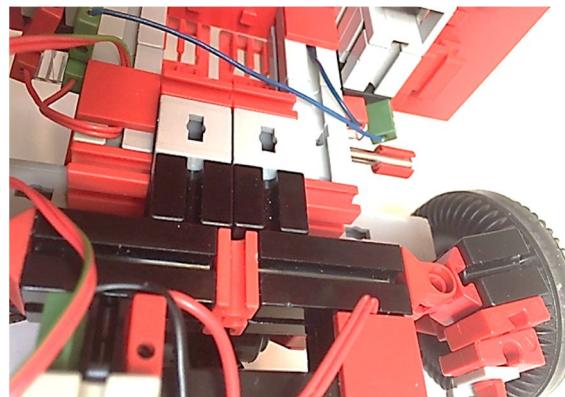


Abb. 5: Verbindung Karosserie - Fahrgestell

Die Achse führt durch die beiden BS30 mit Loch, welche die Karosserie halten, und die unteren Nuten der beiden BS7,5, welche mit der Vorderseite des Fahrgestells verbunden sind.

Abb. 6 zeigt nochmals die ganze Karosserie von unten. Weil ich anfänglich einen schwächeren Akku verwendet habe, habe ich alles sehr leicht gebaut.

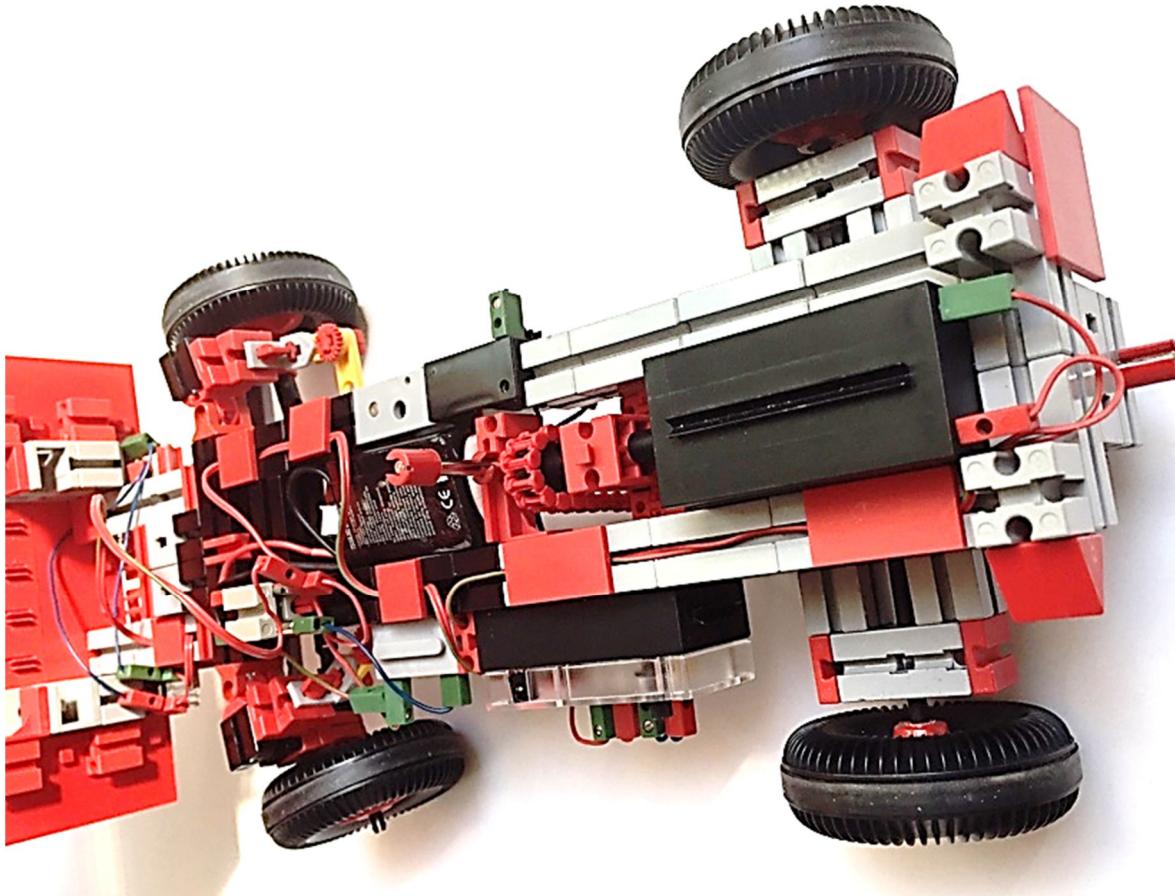


Abb. 4: Die Karosserie ist hochgeklappt

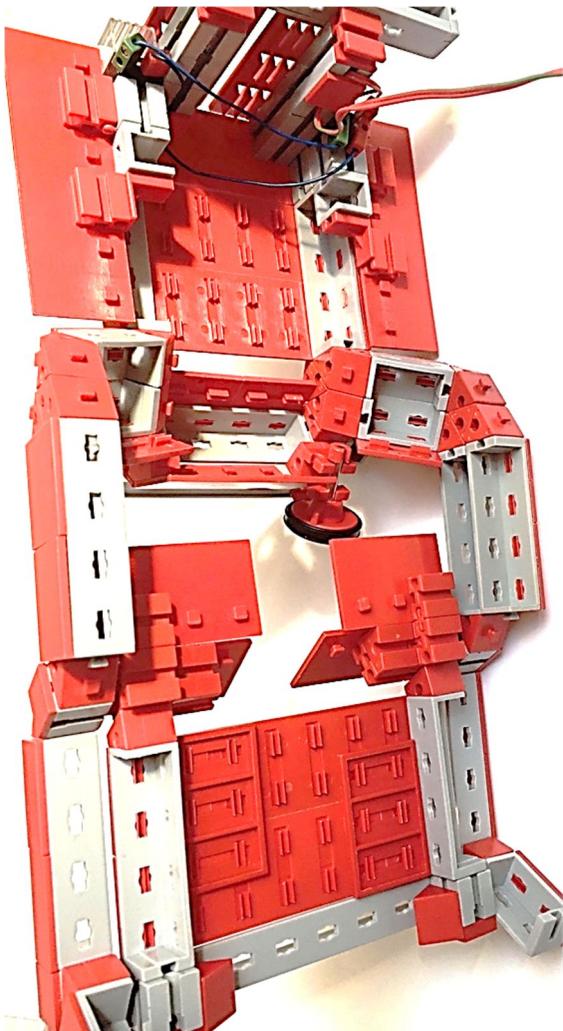


Abb. 6: Karosserie Unterseite

Der Motor treibt über eine kurze Kette die Antriebswelle an, welche die Kraft auf beide Differentialen überträgt (Abb. 7). Der zur Dekoration montierte Schalthebel ist sinnigerweise direkt vorne dran.

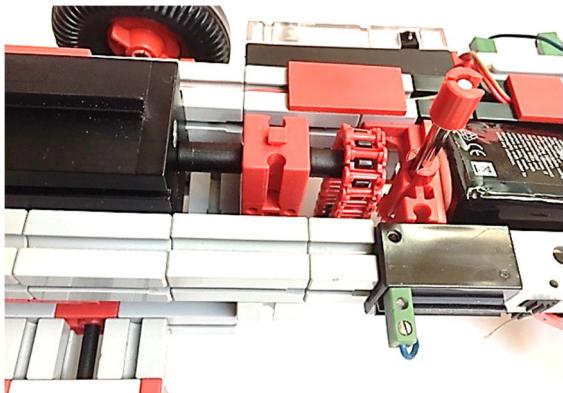


Abb. 7: Antrieb

Ein Wort zum Akku: Um kleine und leichte Modelle zu bauen, verwende ich nun einen zweizelligen (2S) LiPo-Akku. Die Nennspannung ist 7,4 V, voll aufgeladen gibt er etwa 8,4 V ab und speichert 800 mAh.

### Antrieb und Lenkung

Die folgende Abbildung zeigt das Fahrgestell von unten mit den beiden Differentialen und der Lenkung.

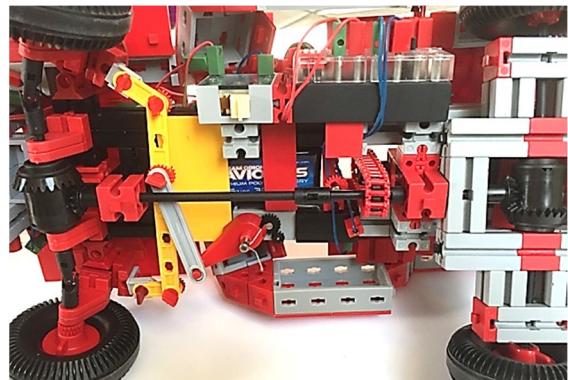


Abb. 8: Unterseite

Die Abbildungen 9 und 10 zeigen die Details der Lenkung und der Vorderradaufhängung.

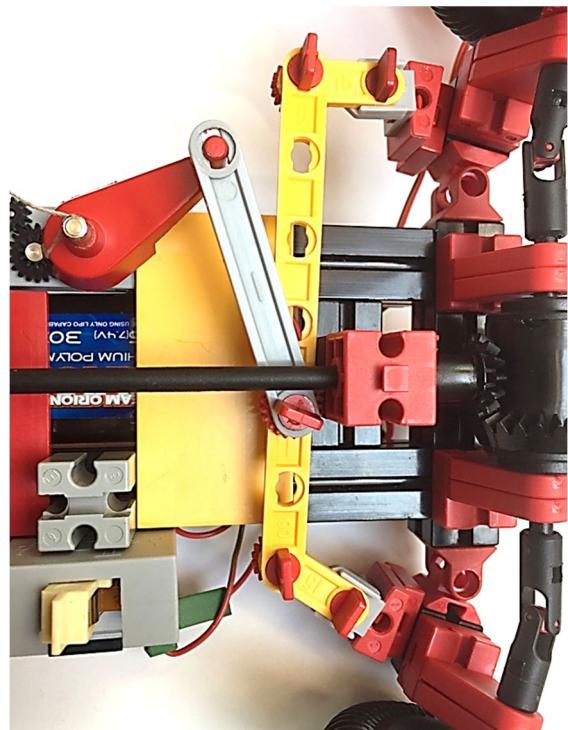
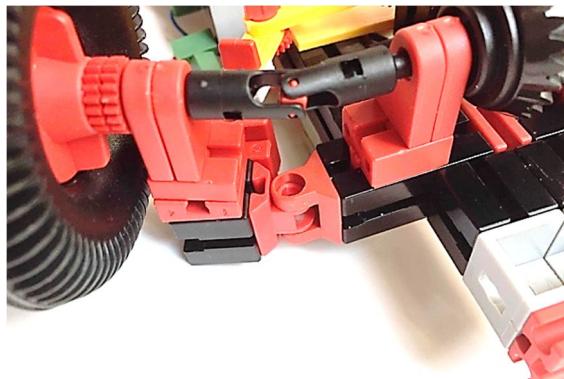


Abb. 9: Lenkung

Die Lenkung mit der Handkurbel aus den uralten fischertechnik-Kästen sieht etwas improvisiert aus, sie funktioniert aber recht gut und spricht schnell an. (Mit dem Servo ginge es natürlich ebenso gut, aber mein Servo funktioniert nicht mehr einwandfrei.)



*Abb. 10: Vorderradaufhängung*

Weil die roten Gelenke unter Last immer etwas nachgeben, habe ich am äußeren BS15 einen kleinen Winkelstein angebracht. Dadurch ergibt sich ein erwünschter Radsturz (das Rad steht leicht schief). Unter Last oder nach einigen Kollisionen mit Möbeln gleicht sich das wieder aus.

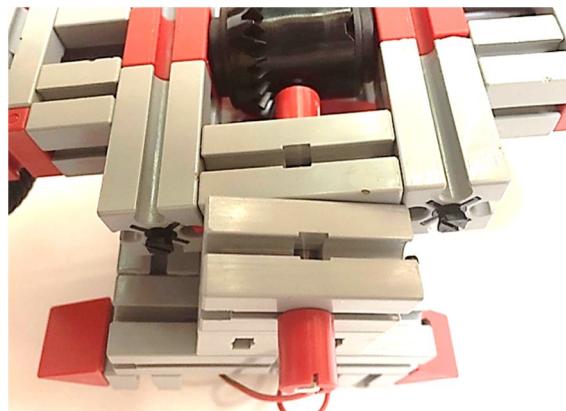
## Pendelachse

Um Hindernisse gut zu überwinden, ist die Hinterachse als sogenannte Pendelachse ausgeführt, d. h. sie ist um die Antriebswelle drehbar gelagert (siehe dazu auch verschiedene interessante Modelle im Bilderpool). Abb. 11 zeigt den starken Niveaustausgleich:

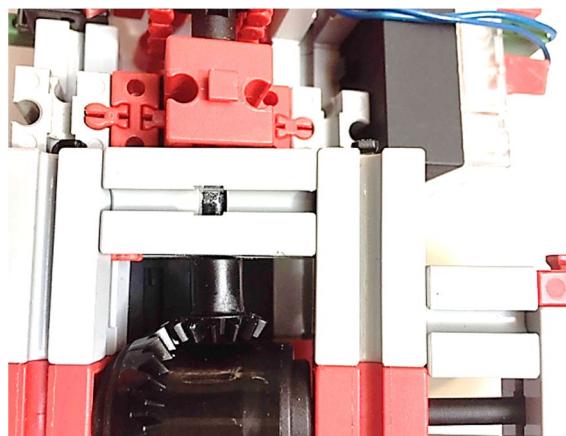


*Abb. 11: Pendelachse*

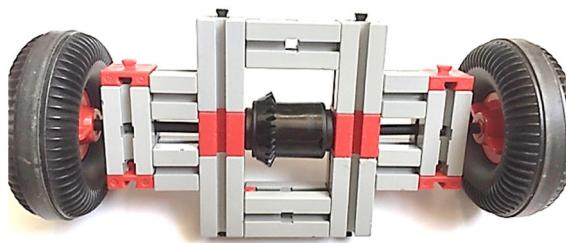
Die Abbildungen 12 bis 14 zeigen die Lagerung der Pendelachse (von unten) sowie die ausgebauten Pendelachsen.



*Abb. 12: Pendelachse Lager hinten*



*Abb. 13: Pendelachse Lager vorne*



*Abb. 14: Pendelachse ausgebaut*

## Fazit

Dank dem Allradantrieb bewegt sich das Auto recht flink über Boden und Teppiche hinweg. Ebenso überwindet es Hindernisse mit einigem Anlauf gut. Die Lenkung tendiert aber zum Einsteuern bei Hindernissen. Hier wäre eine Lenkung mit der Schneckenmutter (oder eben dem Servo) robuster.

Weil ich über keinen Powermotor verfüge, habe ich bisher keine Tests bezüglich der Steifigkeit gemacht. Auch habe ich es weder im Sandkasten noch im Schlamm getestet. Für derartige harte Einsätze sind die neueren Reifen mit dem guten Profil sicher besser geeignet.

## Quellen

- [1] Wikipedia: [Jeep](#)
- [2] Wikimedia: [Jeep Willys MB 1945](#)  
(Foto: Pahu)

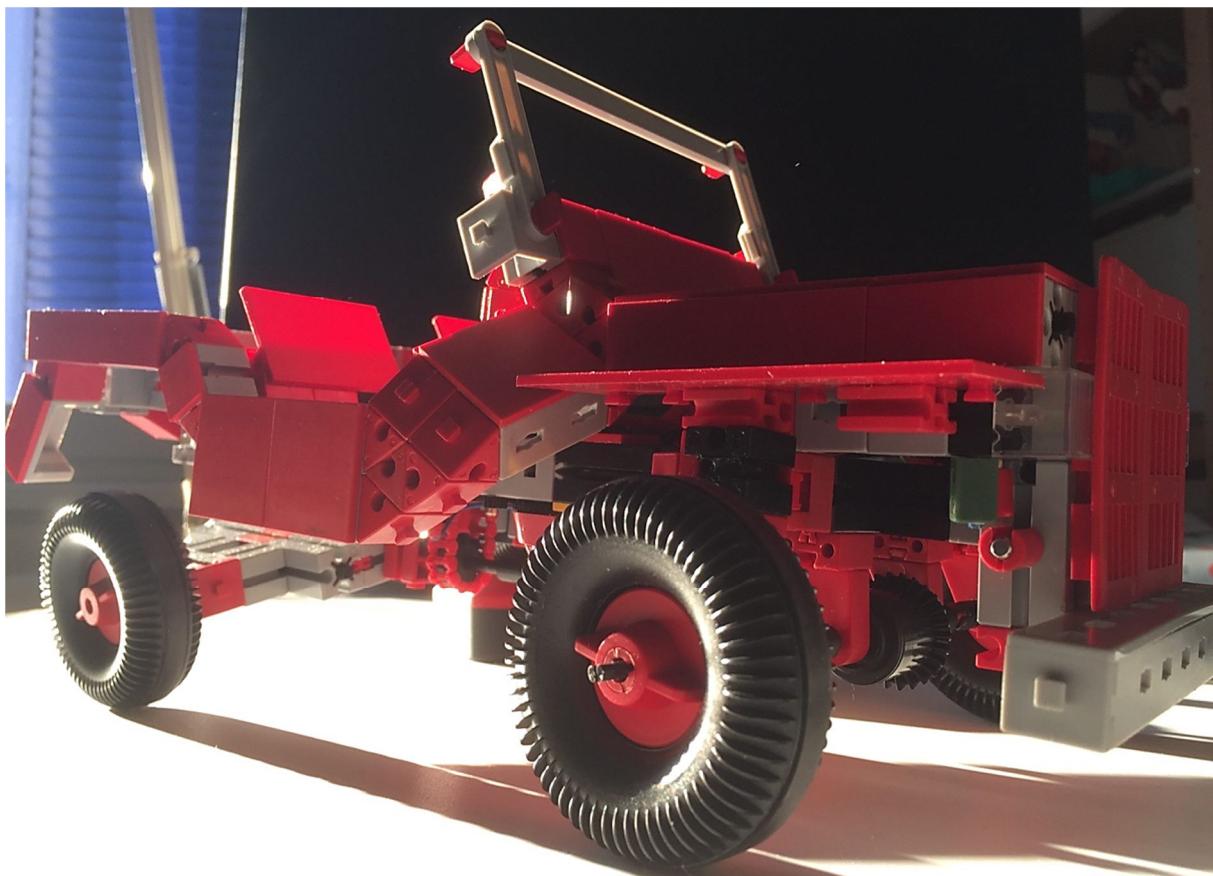


Abb. 15: Einsatz bei Nacht

## Grundlagen

# Elektrische Uhren

Rüdiger Riedel

Sowohl in der ft:pedia als auch im Bilderpool der ft:community gibt es großartige und perfekt funktionierende Uhren. Viele davon sind auch noch ausgesprochen dekorativ. Mit diesen Vorbildern möchten sich die Uhren dieses Beitrags nicht messen – hier geht es um Funktionsmodelle für einige ganz besondere Uhrenvarianten. Alltagstauglich sind die Modelle überwiegend nicht; sie sollen in erster Linie das Funktionsprinzip veranschaulichen.

Am einfachsten macht man eine Uhr „elektrisch“, indem der mechanische Energiespeicher (Federwerk oder Gewichtsantrieb) durch einen Elektromotor ersetzt oder ergänzt wird. Die früheren Autouhren hatten beispielsweise ein Federwerk mit geringer Gangreserve (ca. eine Minute bei einer VDO-Uhr), das bei Entlastung durch einen Elektromagneten wieder gespannt wurde.

Bevor ich loslege, vorab noch ein Hinweis zu den unterschiedlichen Definitionen der *Schwingungsdauer* in Uhrmacherkreisen und in der Physik: Für einen Uhrmacher ist das die Zeit vom einen (z. B. linken) Maximalausschlag zum anderen (z. B. rechten) Maximalausschlag eines Pendels oder einer Unruh. In der Physik ist das nur die halbe Schwingungsdauer, hier kommt die Rückkehr zum Ausgangspunkt hinzu. Das „Sekundenpendel“ (eines Uhrmachers) hat also eine physikalische Frequenz von 0,5 Hz, und entsprechend eine (physikalische) Schwingungsdauer von zwei Sekunden.

## **Der Drehmomentgeber**

Für meine Modelle habe ich folgende Antriebsvariante gewählt: Die Nutzung des Drehmomentes eines E-Motors aus dem Stillstand heraus. Damit der Motor nicht elektrisch überlastet wird (XS-Motor mit Getriebe), habe ich ein Glühbirnchen vorgeschaltet (9 V, 100 mA, Nr. 37869). Schaltet man nun den Motor ein und hält die

Getriebeachse fest, spürt man das Drehmoment, und gleichzeitig leuchtet das Birnchen hell. Lässt man die Getriebeachse los, läuft der Motor und das Birnchen wird dunkler.



Abb. 1: „Wallingford-Hemmung“ von Thomas Püttmann

Nicht ratsam ist es, z. B. bei der Waagbalken-Hemmung in Abb. 1, 2 die Motor-Getriebeachse direkt mit der Antriebsachse zu verbinden. Die Hemmung dreht das Räderwerk immer auch ein Stück rückwärts, wodurch Stöße auf die Getriebeachse und die Zahnräder erfolgen würden.

Ausprobiert habe ich eine Rutschkupplung aus einer Seiltrommel 15 (31016), in die von einer Seite zur Hälfte die Antriebsachse und von der anderen Seite zur Hälfte die Abtriebsachse ragen (Abb. 4), sowie eine Flexkupplung aus einem Stück Silikon-

Pneumatikschlauch und zwei Pneumatik-T-Stücken (31642), siehe Abb. 2.

Ist die Rutschkupplung gut eingestellt, dann überträgt sie das Drehmoment sehr gleichmäßig. Die flexible Kupplung in Abb. 2 wirkt dagegen stoßweise: Wenn der Motor arbeitet, verdrillt sich der Schlauch etwas, bis das Gegenmoment den Motor zum Stillstand zwingt. Der Waagbalken arbeitet weiter, wenn auch ungleichmäßig, das Verdrillungsmoment wird aufgebraucht bis der Motor wieder anläuft. Der Betrieb ist vergleichbar mit der oben erwähnten Auto-uhr, nur braucht das An-Aus des Motors hier keinen Schaltkontakt.



Abb. 2: Drehmoment-Antrieb

Für die Hemmung (engl. *escapement*) in Abb. 1 hat Thomas Püttmann Winkelsteine benutzt. Die Einstellung der Stifträder dazu ist etwas knifflig. Einfacher ist eine Hemmung aus einem BS15 und einer Bauplatte 30x45 wie in Abb. 2.

### Schwingen und Umschlingen

Ein ungewöhnliches Uhrenkonzept, das *Flying Pendulum* (fliegendes Pendel), habe ich vor vielen Jahren bei einem Uhrmacher als sein Meisterstück bewundert. Es ist auch als Spielzeug bekannt, z. B. als *Slingerding* oder *Slinger Machine*. Das Video eines fischertechnik-Modells davon findet man

unter [4]. Hierfür eignet sich der Drehmoment-Antrieb ebenfalls; zweckmäßig ist die Rutschkupplung.



Abb. 3: Flying Pendulum (youtube)

Ebenso wie der Waagbalken hat das Fliegende Pendel keine Eigenfrequenz, der Zeitablauf hängt entscheidend von dem Antriebsmoment ab. Der XS-Motor mit U-Getriebe läuft gut mit etwa 6 V Spannung.

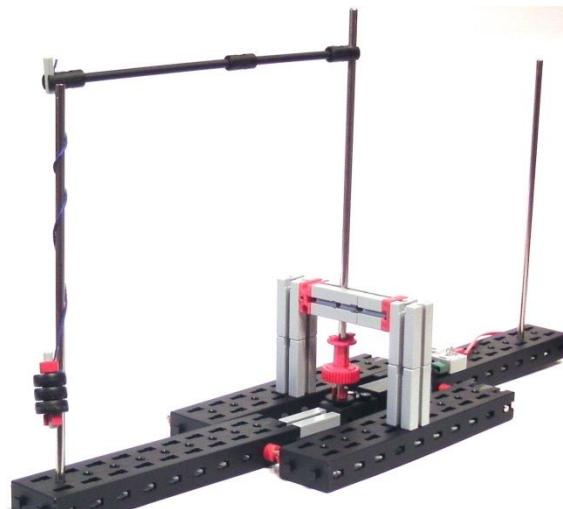


Abb. 4: Das fliegende Pendel

In Abb. 4 sieht ihr eine vereinfachte Variante: Das Seil wird herumgeschwenkt, windet sich um eine der beiden Stangen, windet sich zurück und wird zur anderen Stange geschwenkt. Für eine vollständige Umdrehung braucht der Antriebsstab etwa zehn Sekunden.

In Abb. 3 erfolgt eine zusätzliche Umschlingung an den beiden herabhängenden Stabstücken.

## Die Quarzuhr

### Das Vorbild

Die meisten preisgünstigen Quarzuhren nutzen die Frequenz eines Quarzkristalls von 32768 Hz. Diese wird von Frequenzteilern 16-mal halbiert, sodass eine Frequenz von 0,5 Hz entsteht. In der Endstufe wird diese Frequenz so umgeformt, dass der Synchronmotor von einem positiven und einem negativen Impuls angetrieben wird.

Dabei wird ein Lavet-Motor eingesetzt, benannt nach dem französischen Erfinder, dem Ingenieur *Marius Lavet* (1894-1980). Näher betrachtet habe ich eine einfache Wanduhr für wenige Euro.



Abb. 5: Uhrwerk

Die Batterie in Abb. 5 ist entnommen, sie befindet sich sonst im Fach unten. Mit der schwarzen Rändel links werden die Zeiger eingestellt. Das weiße Räderwerk schimmt durch, ebenso der Antriebsmotor mit seiner großen Kupferspule.

Nach Öffnen der Rückwand und Entfernen des Räderwerkes wird der Antriebsmotor sichtbar. Die Pole sind so geformt, dass der Rotor stromlos zwei stabile Positionen einnimmt, in Abb. 6 ist die zweite Position hineinkopiert. Ein magnetischer Pol des Rotors ist markiert. Erhält die Spule einen positiven Impuls, springt der Rotor in die eine Position, erhält sie einen negativen Impuls, dreht der Rotor sich um 180° in die andere Position.

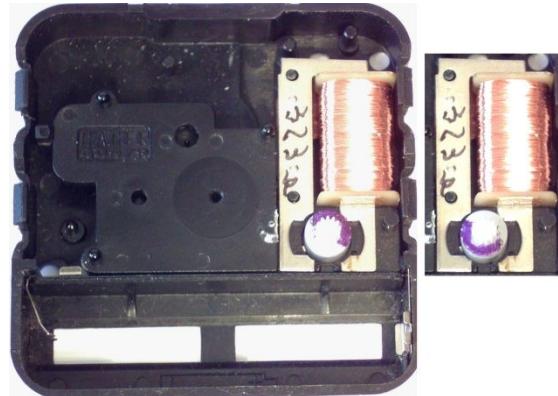


Abb. 6: Der Lavet-Motor mit zwei verschiedenen Rotorpositionen

Die Drehrichtung ist rechts, sie ist durch die Form der Stator-Pole vorgegeben, wodurch der Rotor stromlos um etwa 30° gegen die Symmetriechse gedreht ist.

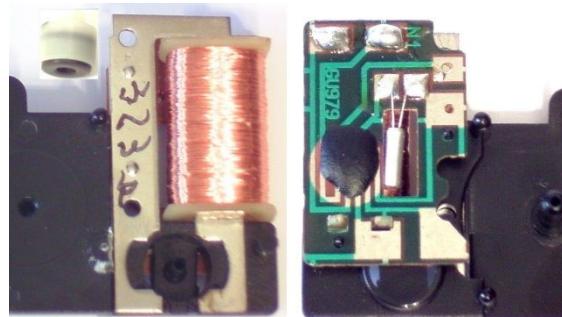


Abb. 7: Hinter dem Antriebsmagneten befindet sich auf der Rückseite die Elektronik

Der Rotor ist in Abb. 7 herausgenommen und oben links zu sehen. Im rechten Teil der Abbildung sieht man die Platine und erkennt den Zylinder, der den Quarz enthält, und links daneben den schwarzen Fleck, unter dem sich die Elektronik verbirgt.

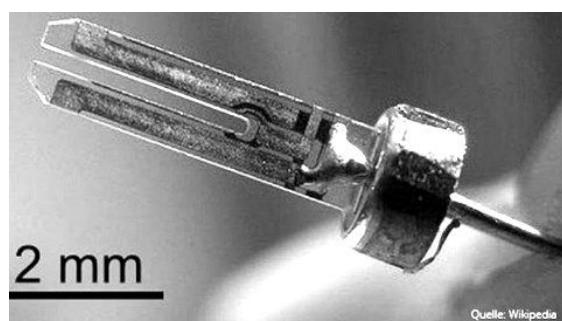


Abb. 8: Der Quarz

Das zeitbestimmende Element ist ein Quarzkristall, wegen seiner besonderen

Form Stimmgabel-Quarz genannt. Durch diese Form kann er bei kleinen Abmessungen mit der relativ niedrigen Frequenz von 32768 Hz schwingen. Die Schwingungen werden von der Elektronik angeregt und vom Quarz stabil gehalten. Die Elektronik enthält die Frequenzteiler.

Die Endstufe liefert auf einen positiven Impuls nach einer Sekunde einen negativen und nach einer weiteren Sekunde wieder einen positiven Impuls. Nach jedem Impuls hat der Rotor sich um 180° gedreht. Das Räderwerk macht daraus durch Untersetzung um den Faktor 30 den Sekunden-Antrieb und weiter den Minuten- und den Stunden-Antrieb.

### **Das Quarzuhr-Modell**

Wir beginnen mit der Konstruktion des Lavet-Motors.



Abb. 9: Lavet-Motor im Modell

Er besteht aus einem Elektromagneten (Nr. 32363 oder 31324), einer Schnecke M1 (35977) mit Rastadapter (36227) und darin einem Neodym-Magneten mit 4 mm Durchmesser und 10 mm Länge. Das Ganze wird sehr leichtgängig gelagert in zwei S-Kupplungen 15 (38253) und mit einem Klemmring gegen Verschieben gesichert. Zu der Achse 30 im Vordergrund kommen wir gleich.

Zur besseren Darstellung habe ich in den Abb. 10 bis 12 zwei der Stabmagneten eingesetzt, die eine Gesamtlänge von 20 mm haben.

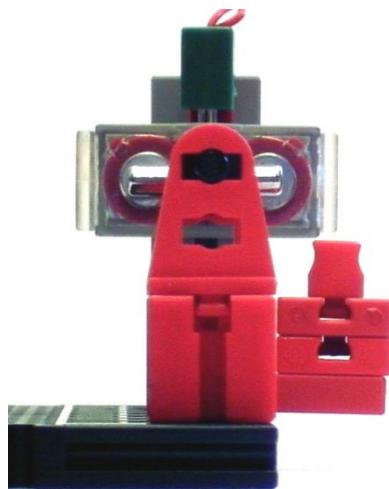


Abb. 10: Stromlos richtet sich der Stabmagnet waagerecht aus.

Schieben wir nun eine Achse 30 in die Klemmhülse 7,5 ein (35980), wird sich der Stabmagnet in der stromlosen Position etwas verdrehen (Abb. 11).

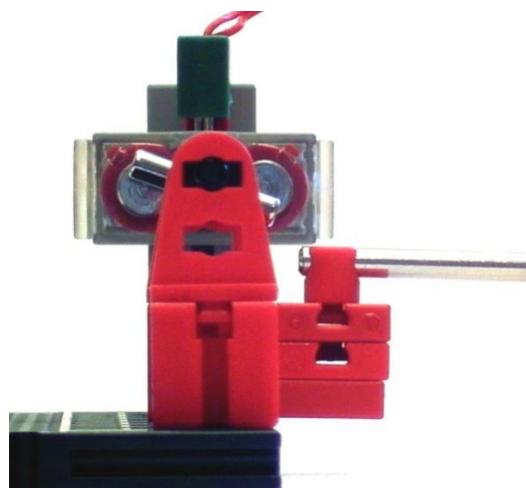


Abb. 11: Ausgangsposition des Rotors

Wird jetzt der Elektromagnet eingeschaltet, dreht sich der Stabmagnet bei richtiger Polung der Spannung um den großen Winkel nach rechts und verharrt nach Abschaltung in der nur scheinbar gleichen Position wie vorher, aber jetzt sind Nord- und Südpol des Stabmagneten vertauscht. Polt man die Spannung am Elektromagneten um, erfolgt die nächste Halbdrehung des Stabmagneten usw.

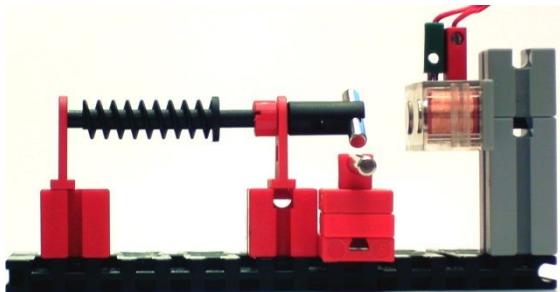


Abb. 12: Stromlose Position des Stabmagneten

Abb. 13 zeigt nochmal den betriebsbereiten Motor mit dem kleinen Stabmagneten. Zur Funktionsprobe schaltet man einen Umschalter zwischen Batterie bzw. Netzgerät und E-Magnet. Auch beim raschen Umschalten soll der Rotor saubere Drehungen vollführen; die günstigste Stellung der Achse 30 wird durch Versuche ermittelt.



Abb. 13: Der Lavet-Motor ist betriebsbereit

Nun brauchen wir noch das zeitbestimmende Element, den Stimmgabel-“Quarz“.

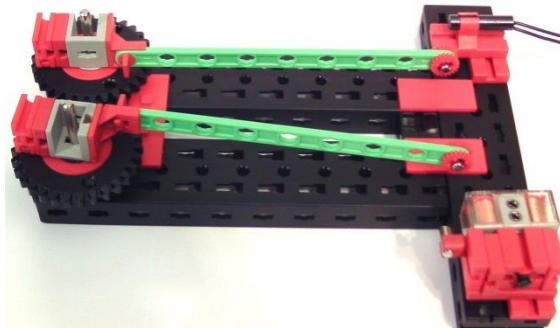


Abb. 14: Die Stimmgabel

Wie Abb. 14 zeigt, kämmen zwei Z30 ineinander, so dass die beiden Arme gemeinsam nach innen oder nach außen schwingen können. Als federndes Element erhalten die beiden I-Streben 120 je einen Stabmagneten am Ende, mit Riegelscheiben gesichert und so gepolt, dass sie sich abstoßen.

Die Streben sind mit Statik-Adapterlaschen (31674) an je einem Winkelträger 15 (mit einem Zapfen) befestigt. Über einen BS5, einen BS7,5 und einen Strebenadapter (31848) wird das Ganze in eines der drei Löcher am Umfang des Z30 eingeklinkt. Da der Strebenadapter nicht satt aufliegt, habe ich je eine Scheibe (105195) auf die Achse unter den Winkelträger gelegt; eine kleine Unterlegscheibe tut es auch. Das Ganze ist auf drei U-Trägern 150 (32854) aufgebaut.

Oben rechts in Abb. 14 sieht man den verschiebbaren Reedkontakt (36120 oder 36783), unten rechts den ebenfalls verschiebbaren Elektromagneten (31324 oder 32363, wahrscheinlich geht auch der Topfmagnet). Rechts am E-Magneten befindet sich ein Stabmagnet in einer Klemmhülse 7,5. Er ist so gepolt, dass er den schwungenden Arm abstoßt und so die anziehende Wirkung des Eisenkerns vom E-Magneten aufhebt.

Die Schwingungs-Anregung der „Stimmgabel“ kann wie bei den Gleichstrommotoren in [2] erfolgen. Ich habe hier den BT Smart Controller (161944) mit dem Programm von Abb. 15 und mit dem Reed-Kontakt an I1 sowie dem Magneten an M1 benutzt (nach offizieller Auskunft von fischertechnik, Herrn Haizmann, ist das ohne weitere Maßnahmen zulässig). Einstellung M1 auf V = 3, damit wird eine Schwingfrequenz von etwa 3 Hz erreicht. Die Polung des E-Magneten ist so eingestellt, dass er den Schwingarm abstoßt.

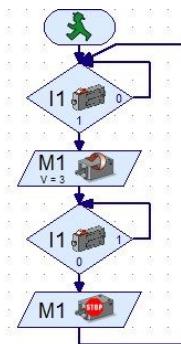


Abb. 15: Schwingungs-Anregung

Wenn wir jetzt noch den Lavet-Motor einbinden, haben wir die Grundbausteine der „Quarz“-Uhr zusammen. Dazu wird der E-Magnet des Lavet-Motors an M2 angeschlossen und das Programm entsprechend Abb. 16 erweitert. Mit zwei Schneckenge trieben können wir die Drehzahl am einfachsten herabsetzen, also z. B.  $10:1 \cdot 10:1 = 100:1$ . Damit erreichen wir grob 30 Sekunden für eine Umdrehung; für einen Sekundenzeiger müssen wir noch einmal halbieren.

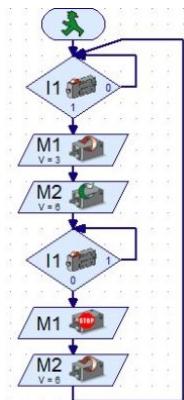


Abb. 16: Betrieb der „Quarz“-Uhr

Statt die Drehzahl zu halbieren können wir auch die Frequenz durch zwei teilen. Das geht leicht mit ROBO Pro Light, wie Abb. 17 zeigt. Es wird einfach ein Schwingtakt eingefügt ohne den Motor anzusteuern.

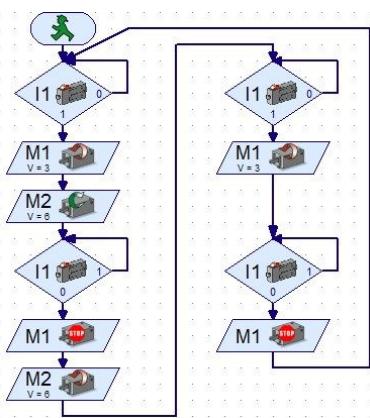


Abb. 17: Frequenzteilung

Oben rechts in Abb. 18 ist die Antriebsachse zu sehen mit der Schnecke M1 und Rastadapter sowie darin dem Neodym-Magneten.

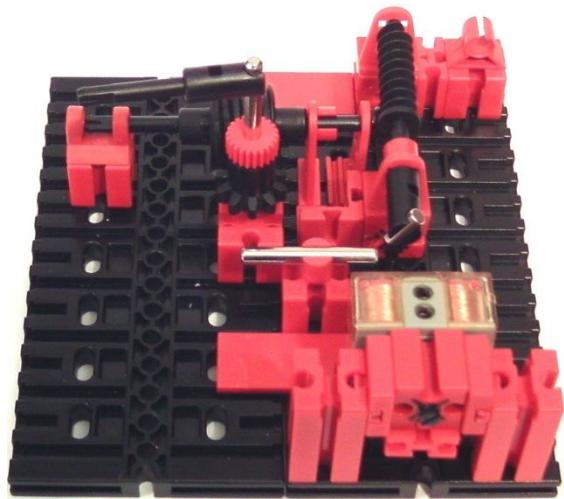


Abb. 18: Lavet-Motor mit Sekundenzeiger

Die Schnecke treibt eine Rastachse 30 mit Kegelzahnrad Z10 (35061) und daran eine Rastschnecke (35072), die ein Z10 mit der senkrechten Sekundenachse antreibt. Alles muss sehr leichtgängig montiert werden.

## **Elektromechanische Uhr mit Unruhmotor**

### **Unruhmotor**

Vorbild des folgenden Funktionsmodells sind die elektromechanischen Uhren der 1960er und '70ger Jahre, z. B. von der Firma Junghans. Eine sehr schöne Seite mit diesen Uhren und deren ausführlicher Funktionsbeschreibung von Hartmut Wynen findet sich in [3].



Abb. 19: Elektrisch angetriebene Unruh

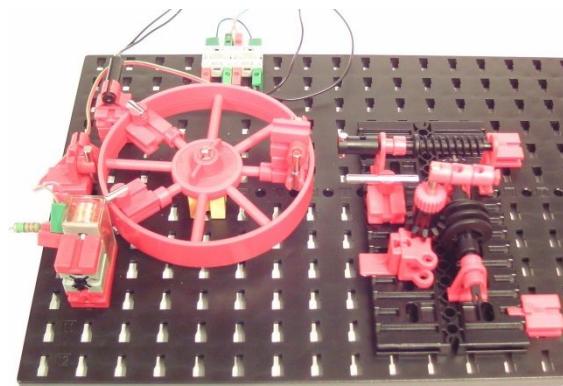
Die vergrößerte und aus zwei Scheiben bestehende Unruh in Abb. 19 trägt Dauermagnete, die bei der Schwingung über eine Spule geführt werden. Die dabei induzierte Spannung wird von einem Transistor

verstärkt und setzt den zweiten Teil der Spule so unter Strom, dass die Schwingung angefacht wird. Über das Schaltrad mit Sperrklinke (hier nicht zu sehen) wird die Schwingung in die Drehbewegung umgesetzt, die dann mit dem üblichen Räderwerk die Zeiger antreibt.

### **Die fischertechnik-Unruh**

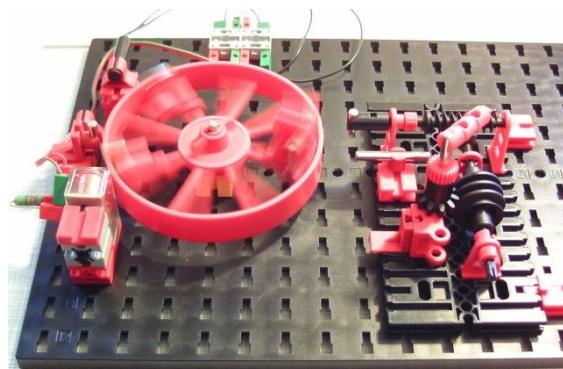
Eine funktionsfähige Unruh mit Hemmung wurde in [1] vorgestellt.

Als rückstellendes Element stelle ich hier ein Magnetsystem vor, das die sonst übliche Spiralfeder ersetzt. Diese Unruh kann zu einem Antriebselement erweitert werden.



*Abb. 20: Links die Unruh mit magnetischer Rückstellung, rechts der Lavet-Motor*

Statt Schaltrad mit Sperrklinke verwende ich den magnetisch angetriebenen Lavet-Motor, denn das wechselnde Magnetfeld muss nicht von einem geschalteten E-Magneten kommen, es kann auch durch schwingende Dauermagnete erzeugt werden.



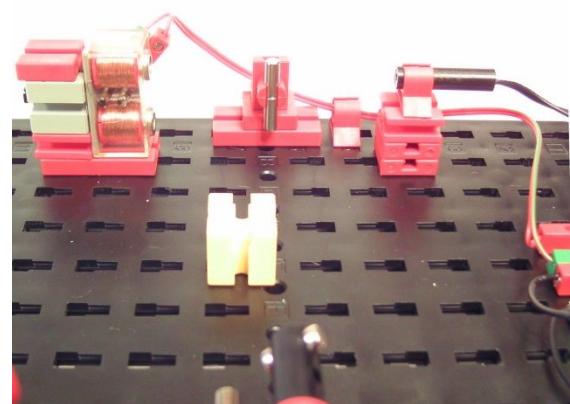
*Abb. 21: Unruhmotor in Betrieb*

Die Unruh besteht aus einem Speichenrad (19317 oder 36916). Hinten in Abb. 22 sieht man die „Federmagnete“, es sind vier Stück, die von Klemmhülsen 7,5 gehalten werden. Die wiederum stecken oben und unten in zwei BS7,5, die auf je eine Speiche geschoben und durch einen Klemmring gesichert werden. Die Magnete werden über den Rand des Speichenrades geschoben, dadurch ist sicherer Halt gewährleistet. Die beiden oberen Magnetpole sind gleich ausgerichtet, die beiden unteren mit umgekehrter Polung ebenfalls.



*Abb. 22: Die Unruh*

Vorne in Abb. 22 sieht man die Magnete für den Lavet-Motor-Antrieb. Zunächst werden zwei gegensätzlich gepolte Magnete in Klemmhülsen in einen BS7,5 gesteckt. Dieser wird senkrecht auf die Speiche geschoben und hinten von einem Klemmring gesichert. Um den Polabstand zu vergrößern, werden zwei weitere Magnete auf die ersten gesetzt und durch Klemmhülsen und BS7,5 gesichert.



*Abb. 23: Einbauplatz der Unruh*

Die Unruh wird in der rechten Bohrung des BS15 in Abb. 23 gelagert. Hinten sieht man zwei Magnete, die genauso gepolt sind wie die „Federmagnete“ der Unruh. Gehalten werden sie von einer Klemmhülse in einem Winkelstein (38423), einem BS5 und einem Baustein 5 15x30 (35049).



Abb. 24: Unruh eingebaut

Der Elektromagnet (31324) sitzt verschiebar auf einem Baustein 5 15x30. Er ist so gepolt, dass er den Unruh-Magneten abstößt sobald er vom Reed-Kontakt eingeschaltet wird. Zum Schutz des Reed-Kontaktes gegen Überspannungen ist ein Widerstand von  $220\ \Omega$  parallel zum Elektromagneten geschaltet [2]. Alternativ kann die Schwingungs-Anregung wie weiter oben beschrieben vom BT Smart Controller erfolgen, dann entfällt der Widerstand.

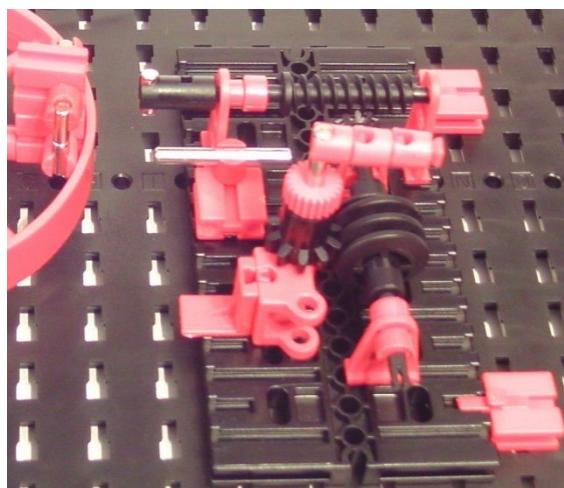


Abb. 25: Umwandlung der Schwingung in eine Drehbewegung

Wie beim Quarzuhr-Modell besteht der Lavet-Motor aus einer Schnecke M1 (35977) mit Rastadapter (36227) und darin

einem Neodym-Magneten. Die Achse 30 zur Einstellung der magnetischen Grundposition des Läufers ist hier parallel dicht am Lager angeordnet.

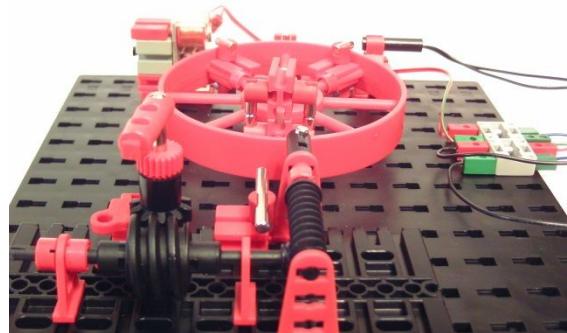


Abb. 26: Rückseite des Lavet-Motors

Die Schnecke M1 treibt eine Rastachse 30 mit Kegelzahnrad Z10 (35061) und daran eine Rastschnecke (35072), die wiederum ein Z10 mit der senkrechten Sekundenachse antreibt. Alles muss wieder sehr leichtgängig montiert werden.

### Justierung

Die Abstimmung zwischen sauberer Schwingung der Unruh und ordentlichem Arbeiten des Lavet-Motors ist etwas knifflig. Deshalb habe ich den Motor auch komplett auf einer eigenen Platte aufgebaut; so kann der Abstand zur Unruh in kleinen Schritten angepasst werden.

Zunächst muss aber die Unruh ans Schwingen gebracht werden. Dazu benutze ich eine Spannung von etwa 8 V. Wechselweise werden E-Magnet und Reed-Kontakt verschoben, bis die Unruh heftig mit ungefähr 3 Hz schwingt. Bringt man jetzt den Magnet des Lavet-Motors in die Nähe der Unruh-Antriebsmagneten, wird deren Schwingung gedämpft. Bei zu großer Annäherung bleibt sie stehen, bei zu großem Abstand pendelt der Motor ohne sich zu drehen. Das Modell in den obigen Abbildungen hat eine Schwingfrequenz von annähernd 1,7 Hz, so dass durch die Untersetzung 100:1 der Sekundenzeiger 50 bis 60 Sekunden für eine Umdrehung braucht.

## Synchronuhr

In der ft:community und in der ft:pedia wurden bereits zahlreiche, wunderschöne Synchronuhren vorgestellt, angetrieben vom 50 Hz-Netz. Allen gemeinsam ist die Notwendigkeit, den Motor von Hand anzuwerfen.

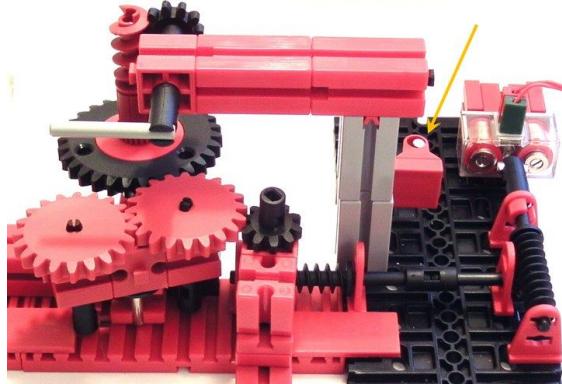


Abb. 27: Selbst anlaufender Synchronmotor

Hier stelle ich das Grundprinzip einer selbst anlaufenden Synchronuhr vor. Entscheidend für die Funktion ist das sehr geringe Trägheitsmoment des Motors, der wie der Lavet-Motor (s. o.) aus einer Schnecke M1 mit Rastadapter und darin einem Neodym-Magneten besteht sowie einem Elektromagneten. Statt der Achse 30 wird hier ein lose aufgehängter Stabmagnet aus zwei Einzelmagneten in einer Gelenkwürfel-Klaue (31436) verwendet, mit einer Klemmhülse gegen Herunterfallen gesichert, siehe den Pfeil in Abb. 27. Nach Anschluss an 6 bis 10 V Wechselspannung (z. B. von dem alten fischertechnik-Transformator 814 (30173) mit dem seitlichen Wechselspannungsausgang) beginnt der Rotor zu schwingen und durch Kopplung mit dem losen Magneten kommt es zu chaotischen Ausschlägen, die den Rotor rasch auf die Synchrondrehzahl „springen“ lassen. Wegen der beiden Pole des Rotors (Polpaarzahl ist eins) beträgt die Drehzahl 3000 U/min. Mit einer vierstufigen Unterstzung (dreimal Schnecke zu Z10, einmal 1:3, ergibt 3000:1) beträgt die Drehzahl am grauen Zeiger eine Umdrehung pro Minute.

Leider ist die Drehrichtung dabei nicht festgelegt, sondern zufallsbedingt. Deswegen benötigen wir einen mechanischen Gleichrichter, der hier aus der Zahnradwippe mit den beiden roten Rast-Z20 besteht. Je nach Drehrichtung des Rast-Z10 greift das rechte oder das linke Z20 in das Z30 ein, siehe Abb. 28.

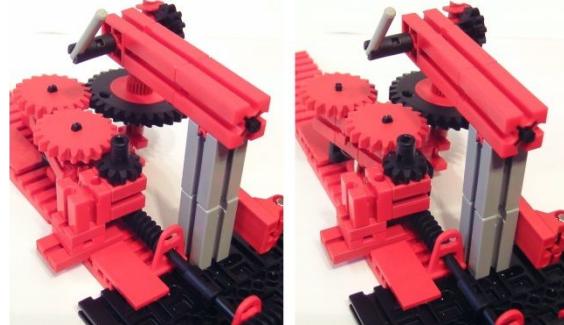


Abb. 28: Zahnradwippe

Im linken Teil der Abbildung dreht sich vorne das Rast-Z10 links herum und drückt so das obere Z20 an das Z30. Im rechten Teil dreht sich das Rast-Z10 rechts herum und drückt das untere Z20 an das Z30, welches sich auf diese Weise immer rechts herum dreht (siehe auch [7]). Diese Art der „Gleichrichtung“ wurde auch kurzzeitig in den mechanischen Automatik-Uhren genutzt [5], durchgesetzt haben sich aber die Sperrklinken in verschiedenster Form, ein Beispiel findet sich in [6].

### **Magnetische Gleichrichtung der Drehrichtung**

Wie wir bei der elektrischen Unruh gesehen haben, dreht der Lavet-Motor immer in die gleiche Richtung, unabhängig davon, woher das antreibende Magnetfeld kommt. Das können wir uns auch hier zunutze machen.

Zunächst wird die Drehzahl des Synchronmotors links in Abb. 29 zweimal 10:1 unterstellt auf 30 Umdrehungen pro Minute. Damit wird eine Rastachse 30 mit Kegelzahnrad Z10 (35061) und einer damit verbundene Rastaufnahmehose 22,5 (130593) und daran ein BS5 angetrieben.

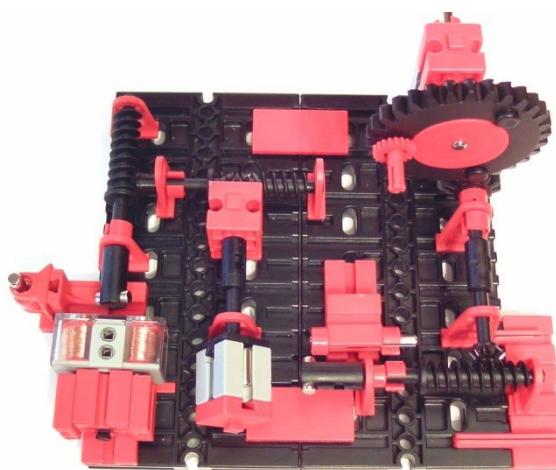


Abb. 29: Magnetische Gleichrichtung

In dem Baustein befinden sich zwei Stabmagneten in gegenüber liegenden Bohrungen, mit gegensätzlicher Polung. Seitlich davon ist der Lavet-Motor angeordnet mit Rastadapter, Stabmagneten und Schnecke M1. Dieser „sieht“ bei Drehung des BS5 ein wechselndes Magnetfeld und dreht sich seinerseits mit der konstruktiv festgelegten Drehrichtung. Diese bestimmt wieder eine Achse 30, befestigt mit zwei Klemmbuchsen in einem BS7,5 und dieser auf einem BS5 15x30. Die Drehrichtung ist dadurch links, auf den Magneten blickend. Die Drehzahl des Lavet-Motors beträgt wieder 30 U/min und wird 10:1 und 3:1 unterstellt. Somit dreht sich das Z30 in genau einer Minute einmal um seine Achse.

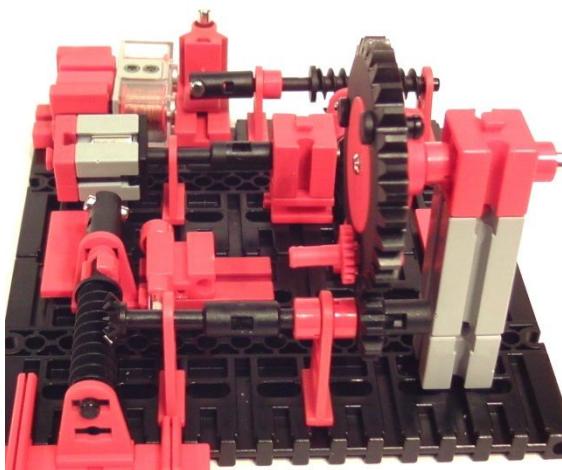


Abb. 30: Synchronmotor mit Lavet-Motor

In Abb. 30 ist die Kombination aus Synchronmotor und Lavet-Motor aus einer anderen Perspektive zu sehen.

Beim Nachbau des Modells muss darauf geachtet werden, dass alle Schnecke-Zahnrad- und die Zahnrad-Zahnrad-Übersetzungen genügend Luft haben und sehr leichtgängig sind.

Eine besondere Eigenschaft hat die Konstruktion: Der Synchronmotor ist erstaunlich laut! Und das liegt nicht an dem rappenden Stabmagneten daneben.

## Quellen

- [1] Dirk Fox, Thomas Püttmann: *Technikgeschichte mit fischertechnik*. dpunkt-Verlag, 2015, Seite 63.
- [2] Rüdiger Riedel: *Funktionsmodelle von Gleich- und Wechselstrommotoren*. [ft:pedia 4/2016](#), S. 52-58.
- [3] Hartmut Wynen: [Junghans ATO-Mat W794](#).
- [4] Video: [\*Slinger machine van fischertechnik, een model van Walther Eigeman\*](#).
- [5] Gisbert L. Brunner: [\*Die moderne ETA-Automatik ... und was dahintersteckt\*](#).
- [6] John Davis: [\*The Seiko Diver's 200 Meter SKX779\*](#).
- [7] Thomas Püttmann: *Handaufzug-Mechanismus*. [ft:pedia 4/2012](#), S. 22-23.

Computing

## Das Universal-Interface am LPT-Port

Helmut Jawtusch

*Wer noch ein Universal-Interface sein eigen nennt (und über einen PC mit Parallelport verfügt), kann ihm ohne große Klimmzüge sogar unter den aktuellen Windows-Betriebssystemen neues Leben einhauchen...*

Viele fischertechnik-Freunde besitzen noch PCs mit einem echten LPT-Port (Parallelport). Lässt sich damit noch das alte Universal-Interface (Abb. 1) von fischertechnik auch unter Windows 7 oder Windows 10 nutzen? Kann man dann vielleicht sogar den alten fischertechnik-Plotter damit betreiben?



Abb. 1: Universal-Interface mit LPT-Anschluss

Die Antwort auf beide Fragen lautet: Ja, es geht. Man benötigt dazu die folgenden Treiber:

- winrt.sys V.3.5.1.2 (6.3.2001) und
- umFish.dll V. 1.3.5.12 (5.6.2001)

Beide Treiber können im [Download-Bereich](#) der ft:Community im Paket umfish.zip heruntergeladen werden.

Die Installation des LPT-Treibers ist einfach:

- WinRT.SYS kopieren in das Verzeichnis Windows\System32\Driver
- Eintrag in die Registry durch Doppelklick auf WinRTSYS.REG

- Booten

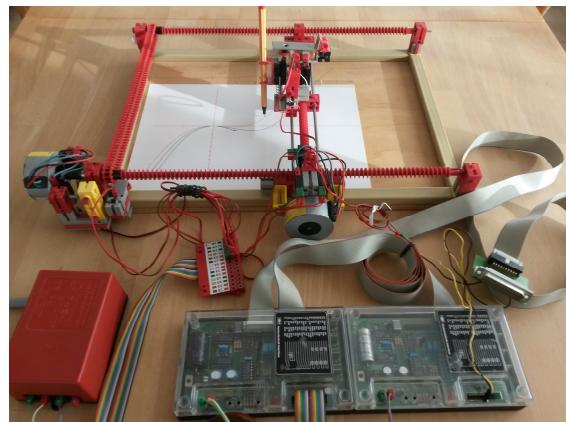


Abb. 2: fischertechnik-Plotter, gesteuert vom Universal-Interface

Um die Sache interessanter zu machen habe ich auf der Basis von umFish.dll den Treiber umfishcount.dll entwickelt, der bereits den Kontrollblock enthält und zusätzlich die folgenden Befehle zur Verfügung stellt:

- GetCounter(Nr) bei Verwendung der Eingänge 1 bis 4 als Countereingänge; je nach Drehrichtung wird vor oder zurück gezählt;
- xStepperV, xStepperZ, yStepperV, yStepperZ zum Betrieb der großen Schrittmotoren des Plotters; ein Parameter ermöglicht die Anpassung der nötigen Pausen an die Geschwindigkeit des PCs, um eine gleichmäßige und zügige Bewegung der Schrittmotoren zu erreichen.

Die übrigen Basis-Befehle sind:

- OpenInterface (BYTEARRAY Portname)
- CloseInterface()
- GetInput (DWORD InputNr)
- GetInputs()
- ClearMotors()
- SetMotors (DWORD MotorStatus)
- SetLamp (DWORD LampNr, DWORD OnOff)
- SetMotor (DWORD MotorNr, DWORD Direction)
- GetAnalog (DWORD AnalogNr)

Da `umFish.dll` den Master-Slave-Betrieb unterstützt, stehen mit einem zweiten Parallelinterface weitere vier Motorausgänge und zusätzliche acht Tastereingänge zur Verfügung. Dann ist auch die Ansteuerung des Magneten für den Plotter-Stift möglich.

Außerdem habe ich eine Wrapper-Datei sowie eine Java-Bibliothek entwickelt, so dass auch der Betrieb des Universal Interfaces unter Java möglich ist.

Ich habe kleine Testprogramme in Java und mit Terrapin Logo geschrieben und war erstaunt, wie flott sich der Plotterstift bewegt. Den Treiber `umfishcount.dll` und die Beispielprogramme habe ich ebenfalls im [Download-Bereich](#) der ft:Community zur Verfügung gestellt.

Ich habe die Implementierung unter Windows 7 und Windows 10 (32 bit) getestet. Wer ein 64-bit-System hat, muss auf einer Partition ein 32-bit-System installieren. Mit einem Bootmanager kann man dann eines der Betriebssysteme wählen. Den Treiber `WinRT.SYS` gibt es leider nur in einer 32-Bit-Version. Bei einigen Windows-Systemen sind für Java-Programme noch die Systemdateien `msjava.dll` und `msvcr110d.dll` (in `system32`) erforderlich, die man aber kostenlos im Netz herunterladen kann. Ich

habe in einen neueren PC (ohne LPT-Port) die Karte Longshine LCS-6320 PCI Express mit Parallel-Port (Preis: 11 €) eingesetzt und auf einer Partition Windows XP (32-bit) installiert. Nur die Treibersuche war etwas mühsam. Vor dem Aufruf von `WinRTSYS.reg` habe ich in dieser Registrierungsdatei in der Zeile „`IoPortAddress`“= `dword:378` die Adresse 378 in die aktuelle Portadresse (E050) geändert, die im Geräte-Manager angezeigt wird.

Wegen der 5V/3,3V Problematik verweise ich auf [2]. Dort wird erklärt, wie man durch den Einbau eines 47 kOhm-Widerstandes erreicht, dass das Universal-Interface auch an neueren Parallelports funktioniert, die die 3,3V-Technik verwenden. Ich habe den Widerstand unten an der Platine angelötet, da dies dort mit einem normalen Lötkolben einfacher ist (Abb. 3).

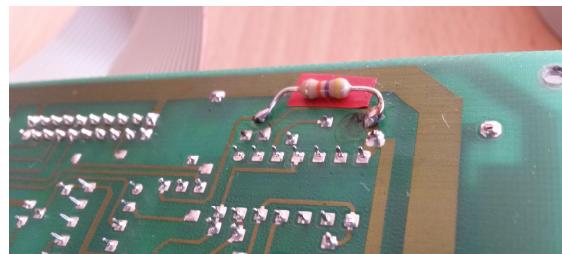


Abb. 3: Einlöten des Widerstands

Zwei Anmerkungen zum Schluss:

Die Robo Connect Box (USB-zu-Interface-Adapter) ermöglicht zwar den Anschluss eines Universal-Interfaces, aber sie unterstützt nicht den Master-Slave-Betrieb. Außerdem ist die Übertragungsgeschwindigkeit für die Steuerung der Schrittmotoren zu gering. Auch der Einsatz eines USB-LPT-Adapters ist nicht geeignet, da dies die Geschwindigkeit stark reduziert.

## Quellen

- [1] Helmut Jawtusch: *Der alte fischertechnik-Plotter mit neuen Treibern*. [ft:pedia 3/2017](#), S. 53-56.
- [2] Ulrich Keller: [fischertechnik-Computing-Ecke](#). NachHackers Homepage.

Computing

## V. I. P. – Ein I<sup>2</sup>C-nach-Computing-Interface-Umsetzer (Teil 3)

René Trapp

*Interface-Technik: Die Eingänge, deren Abfrage und ein Wachhund.*

Im letzten Teil der Reihe ging es um den Leistungsteil, also die Stromversorgung und die Motorenstufen mitsamt Ansteuerung [54]. Diesmal kommen die diversen Eingänge dran. Und den Wachhund besuchen wir auch in seiner Hütte. Keine Sorge, der will nur spielen, nicht beißen.

### Die Schaltereingänge

Die Schaltereingänge sind bei allen Interfaces identisch aufgebaut. Dieser Schaltungsteil wurde nie verändert – wenn man mal von den ergänzenden LEDs der CVK-Versionen absieht. Die Eingänge E1...E8 für die Schalter sind mit jeweils einem Widerstand von 1 kΩ nach GND geschaltet. Ein offener Eingang wird als „0“ erkannt. Gibt es eine leitende Verbindung zwischen einem Eingang und der 5 V-Sammelschiene „COM“, wird dieser Eingang als „1“ erkannt. Dabei fließt ein Strom von 5 mA durch die Verbindung über den jeweiligen Widerstand nach GND.

Nun ist bei den Interfaces 30565 und 30567 im weiteren Signalpfad zum Computer noch ein Inverter vorhanden. Speziell bei diesen Interfaces wird der offene Eingang als „1“ gelesen, der geschlossene Schalter dagegen als „0“.

Ist anstelle eines Schalters beispielsweise ein Fototransistor angeschlossen, so wird der Wechsel von „0“ und „1“ irgendwo zwischen 30 % und 70 % der Betriebsspannung stattfinden. Genau lässt sich das

nicht vorhersagen, da die Schaltschwellen des Schieberegisters nicht auf einen derartigen Analogbetrieb optimiert sind [55].

ST2 = Motors & Sensors

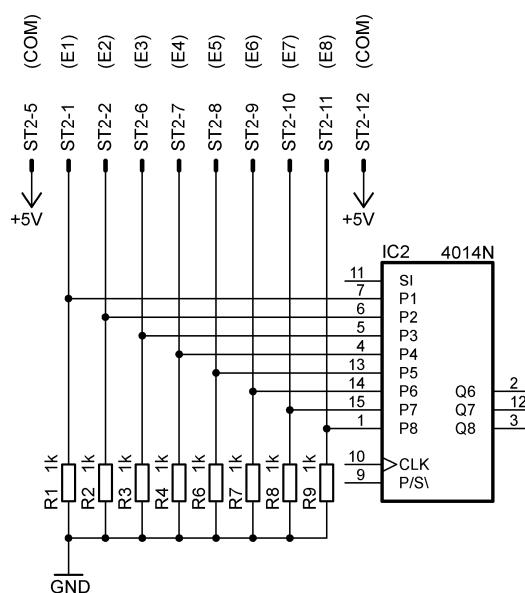


Abb. 25: Beschaltung der Schaltereingänge

Im Gegensatz zu den vollmundigen Aussagen in der Begleit-Literatur, z. B. [56], sind die Eingänge allerdings *nicht* gegen eine Überspannung oberhalb 5V geschützt.

Es ist zwar richtig, dass ICs aus der CMOS-Familie 4000 (IC2) im Betriebsspannungsbereich von 3 V bis 15 V arbeiten und daher mit 9 V an einem Eingang durchaus zureckkommen können. Trotzdem werden Schäden auftreten, wenn die Eingangsspannung die Betriebsspannung um mehr als 0,5 V übersteigt (siehe *Absolute Maximum Ratings* im Datenblatt des 4014

[55]). Um den Mechanismus zu verstehen, muss man sich die Schutzschaltungen der ICs gegen statische Aufladung anschauen.

In CMOS-ICs sind MOSFETs enthalten. Diese reagieren sehr empfindlich auf Spannungen über 20 V zwischen ihren Gate- und Source-Anschlüssen. Es kommt bei Überspannung zur Zerstörung der Isolationsschicht zwischen Gate und dem Kanal. Daher sind überall entsprechende Schutzstrukturen an den Außenanschlüssen der ICs angebracht. Abb. 26 zeigt das Prinzip. Tritt am Anschluss „In“ eine Spannung über der Betriebsspannung VDD auf, so werden die beiden oberen Dioden leitend. Die Diode hinter dem Widerstand wird weniger Strom führen als ihre Schwester davor. Ist die Spannung niedriger als das Potential an VSS, übernehmen die beiden unteren Dioden die gegengleiche Aufgabe. Die Ableitung statischer Elektrizität gelingt so ohne besondere Maßnahmen und erleichtert die Handhabung der ICs. VSS ist übrigens im Interface mit GND identisch.

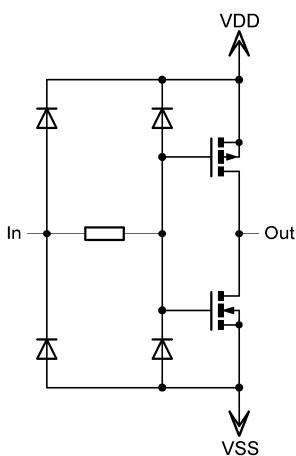


Abb. 26: CMOS-Schutzschaltung [57]

Handelt es sich bei der Überspannungsquelle aber um ein leistungsfähiges Netzteil, so wird über diese Schutzstruktur ein Strom vom Eingang „In“ zur VDD-Leitung abfließen. Im Interface ist diese mit dem Spannungsregler 7805 verbunden und führt 5 V. Der Spannungsregler ist nicht dafür gebaut, eine zu hohe Spannung am Ausgang zu reduzieren. Die Spannung auf der 5 V-

Versorgung wird also durch diesen Strom in einen Eingang „hochgehoben“. Nun vertragen die verwendeten ICs zwar eine Betriebsspannung bis zu 15 V, aber der fließende hohe Dauerstrom zerstört zuverlässig die Schutzdiode im 4014. Der Eingang wird dauerhaft auf „1“ zurückgelesen.

Weiterhin sind alle Ausgänge zum Computer nun ebenfalls überversorgt und geben als „1“ ihre volle, und in diesem Fall überhöhte, Betriebsspannung an den Computer ab. Die ICs im Computer vertragen das keinesfalls und der Computer nimmt Schaden.

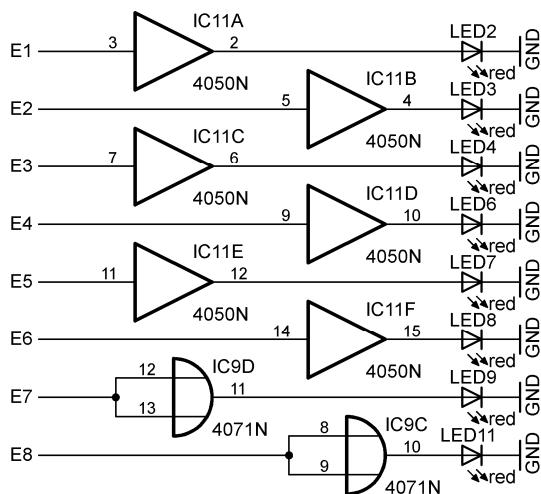
Der schädliche Effekt auf den angeschlossenen Computer ist der gleiche, wenn versehentlich COM mit der Netzteilspannung verbunden wird.

Durch eine derartige „Misshandlung“ kann auch der 7805 Schaden leiden und seine Regelfunktion für die 5 V verlieren. Meist kommt dann dauerhaft die volle Netzteilspannung auf die 5 V-Versorgung. Auch hier wird der angeschlossene Computer beschädigt.

Bei der Verkabelung jedes Modells ist daher immer besonders sorgfältig zu arbeiten.

Bei den CVK-Versionen sind für die Schalttereingänge noch LEDs zur Statusanzeige vorgesehen. Um die an den Eingängen angeschlossenen Schalter bzw. entsprechende Elektronik nicht anders zu belasten als ohne LEDs, sind eigene Treiberstufen dafür vorgesehen (Abb. 27).

Jede LED wird von einem Gatterausgang angesteuert. Sie leuchtet, wenn der Eingang per Schalter mit der Sammelschiene COM verbunden ist. Vorwiderstände sind entbehrlich, da der jeweilige Gatterausgang nur einen begrenzten Strom abgibt. Laut Datenblatt darf er 12 mA nicht überschreiten [58], [59].

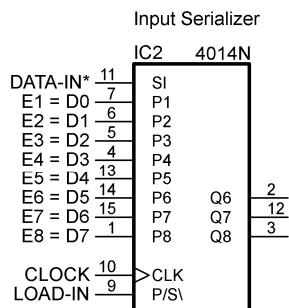


*Abb. 27: LEDs für die Schaltereingänge*

# **Das Schieberegister für die Schalter**

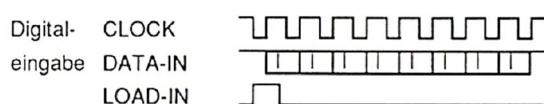
Das IC2 vom Typ 4014 setzt ein parallel eingelesenes Datenwort (ein Byte, D7...D0) in einen seriellen Datenstrom um. Es ist damit das Gegenstück zu IC4, dem 4094 der Motorsteuerung.

In Teil 1 haben wir schon gesehen, dass für diese Übertragung lediglich die 3 Leitungen CLOCK, DATA-IN und LOAD-IN benötigt werden. Die Schaltung zeigt Abb. 28.



*Abb. 28: Schieberegister 4014 für die Schaltereingänge*

Im Handbuch zum 67319 [32] (und in den anderen Handbüchern auch) ist der serielle Ablauf wie folgt angegeben:



*Abb. 29: Serielles Protokoll der Schaltereingänge [32]*

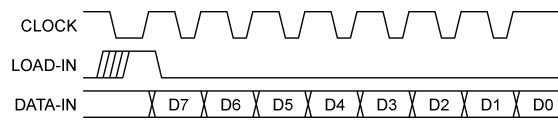
Im Ruhezustand liegen CLOCK auf „1“, LOAD-IN auf „0“ und der Pegel an DATA-IN ist im Ruhezustand uninteressant.

Die Übertragung beginnt mit einer fallenden Flanke auf CLOCK. Bereits kurz zuvor, zeitgleich oder unmittelbar danach wird LOAD-IN auf „1“ geschaltet. Mit der nächsten steigenden Flanke an CLOCK wird das parallele Datenwort von den Eingängen P1 bis P8 ins Schieberegister übernommen. Die Pegel von P6...P8 stehen unmittelbar an den Ausgängen Q6 bis Q8 an. Die IC-Ausgänge Q6 und Q7 werden im Interface nicht benutzt. LOAD-IN wird nun wieder auf „0“ gesetzt um die gewünschte Schiebefunktion zu erhalten. Das Einlesen des Bits von DATA-IN in den Computer rundet die Aktion ab.

Der Zyklus aus fallender Flanke auf CLOCK, steigender Flanke auf CLOCK und rücklesen eines Bits auf DATA-IN wiederholt sich für jedes weitere Bit.

Ist das letzte Bit abgeholt, wurde das Byte zum Computer übertragen.

Es ergibt sich der Impulszug gemäß Abb. 30:



*Abb. 30: Schöneres Protokoll der Schaltereingänge*

Diese Sequenz ist ein kleines bisschen anders als die Sequenz aus dem Handbuch (dort sind nämlich 9 Taktimpulse für den gleichen Ablauf dargestellt), entspricht aber den Anforderungen des 4014 [55].

Der Eingang DATA-IN\* wird mit dem Ausgang DATA-IN eines eventuell angegeschlossenen Slave-Interfaces verbunden.

LOAD-IN wird zeitgleich an alle Slaves verteilt. Daher übernehmen alle Eingänge der Slave-Kette auch gleichzeitig die anliegenden Pegel. Auf diese Art ist sicher gestellt, dass alle Eingangspegel vom exakt gleichen Abtastzeitpunkt stammen.

Bei den Interfaces 30565 und 30567 ist zusätzlich noch ein Inverter in die Datenleitung geschaltet. Die Schalterzustände „1“ und „0“ sind daher beim Auslesen vertauscht. Im Kapitel über die Analogeingänge wird auf diese Eigenheit näher eingegangen.

# Schieberegister im Slave-Betrieb

Wie das mit der seriellen Kommunikation im Slave-Betrieb funktioniert, hat Dirk Uffmann in der ft:pedia 2/2014 ausführlich dargestellt [4]. Der interessierte Leser sei daher auf diese Publikation verwiesen.

## Auf den Hund gekommen

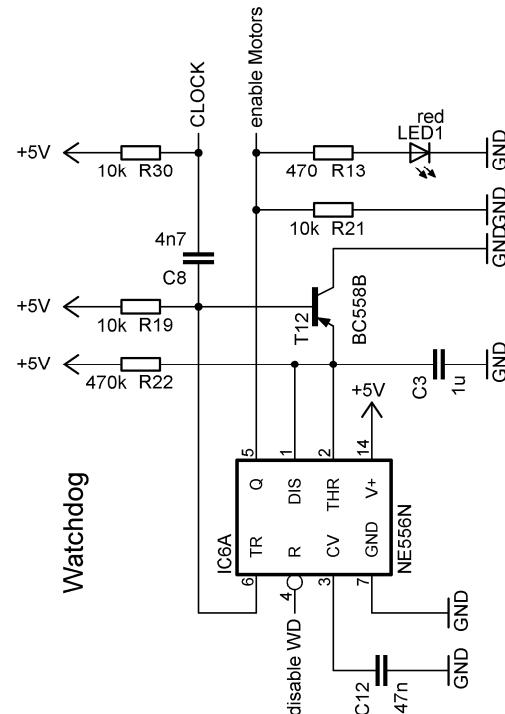
Heutzutage als *Watchdog*, früher auch als *Totmann-Schaltung* bezeichnet, ist es die Aufgabe dieses Schaltungsteils, unkontrolliert laufende Motoren abzuschalten.

Ohne den Watchdog wäre es möglich, einen Schaltbefehl an die Motoren zu senden, das Programm zu beenden und die Motoren auf diese Art einfach weiterlaufen zu lassen, bis irgend etwas an einen Anschlag fährt, Getriebe überlastet werden oder sonstige unerwünschten Dinge passieren. Auch Programmabstürze werden so abgefangen.

Es gibt heutzutage sehr hochentwickelte Möglichkeiten, zu erkennen, ob ein Programmzugriff eine gezielte Aktion darstellt. Der damaligen einfachen Technik angemessen wird lediglich die generelle Aktivität auf der Taktleitung CLOCK überwacht. Läuft das Programm ordnungsgemäß, werden die Schieberegister regelmäßig bedient. Läuft das Programm nicht, bleiben auch die Taktimpulse für die Schieberegister aus, so die Überlegung.

Die Schaltung des Watchdog, Abb. 31, sieht zunächst unübersichtlich aus, ist aber doch recht einfach zu verstehen. IC6A, eine Hälfte eines MC3456, entspricht dem NE556 und noch ganz vielen weiteren ICs, die alle unter dem Oberbegriff 556 zusammengefasst werden können. Der 556 ist

nichts anderes als zwei der legendären Timer 555 in einem Gehäuse [60]. Die Geschichte der Entwicklung dieses Schaltkreises und noch einiges mehr ist vom Designer selbst in seinem Buch beschrieben [61]. Zurück zur Schaltung.



*Abb. 31: Watchdog*

Zunächst entspricht die Kernschaltung aus IC6A, C3 und R22 der bekannten Schaltung der monostabilen Kippstufe des 555. Im Ruhezustand liegt der Ausgang Q auf „0“; LED1 ist aus. Am Eingang TR (TRigger) liegt eine Spannung oberhalb 1/3 der Betriebsspannung, da über R19 dieser Knoten an 5 V liegt. Am Eingang THR (THReshold) liegen nahezu 0 V an, der Ausgang DIS (DIScharge) ist nach GND durchgeschaltet und hält den Kondensator C3 entladen. Das Flipflop im IC ist zurückgesetzt und die Leitung CLOCK liegt auf „1“. Beide Seiten von C8 sind daher auf 5 V gelegt, dieser Kondensator ist entladen. Ebenso liegt die Leitung disable WD auf „1“ und gibt das Flipflop frei.

C12 entkoppelt den internen Referenzknoten und hat keine weitere Funktion.

R30 simuliert eine „1“ auf CLOCK, wenn kein Computer angeschlossen ist.

C8 überträgt nun jede Flanke auf CLOCK an den Eingang TR. Mit der ersten fallenden Flanke fällt die Spannung am Eingang TR (Trigger) unter 1/3 der Betriebsspannung und das Flipflop in IC6A wird gesetzt. Der Ausgang DIS wird hochohmig und C3 wird über R22 aufgeladen. Gleichzeitig schaltet der Ausgang Q auf „1“, LED1 leuchtet und die Motoren werden freigegeben.

Passiert nun nichts weiter, erreicht die Spannung am Kondensator C3, und damit auch am Eingang THR, nach etwa 1/2 s die Schaltschwelle bei etwa 2/3 der Betriebsspannung. Dadurch wird das Flipflop wieder in den Ruhezustand zurückgesetzt, LED1 verlischt und die Motorausgänge schalten ab. DIS schaltet wieder durch und entlädt C3.

Über Transistor T12 jedoch entlädt jede fallende Flanke von CLOCK auch den Kondensator C3 und die Zeit bis zum Erreichen der THR-Schwelle verlängert sich entsprechend.

Der Fachmann spricht hier von einem „retriggerbaren Monoflop“.

Liegt die Leitung disable WD auf „0“, wird unverzüglich das Flipflop in den Ruhezustand zurückgesetzt, LED1 verlöscht und die Motoren werden abgeschaltet.

Abb. 32 zeigt prinzipiell den Ablauf.

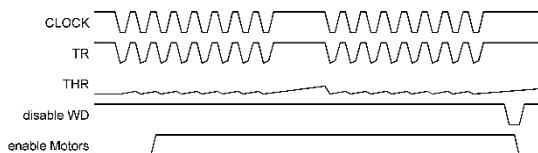


Abb. 32: Watchdog-Signale

Ohne C8 würde eine dauerhafte „0“ an CLOCK direkt auf TR wirken und den Watchdog unmittelbar nach Ablauf der Zeit sofort wieder starten. Ein Programmabsturz

kann solch einen statischen Zustand durchaus bewirken. C8 wird sich in dem Fall innerhalb einer sehr kurzen Zeit aufladen, so dass am Eingang TR die „1“ anliegt obwohl CLOCK (noch) auf „0“ steht. So wird verhindert, dass eine Dauer-„0“ auf CLOCK die Motoren weiterlaufen lässt.

In Abb. 33 ist dieses Verhalten skizziert, allerdings sind die Zeiten nicht maßstäblich dargestellt.

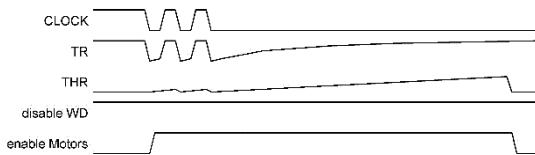


Abb. 33: Watchdog bei CLOCK = „0“

Auch der Watchdog ist bei allen Interfaces gleich aufgebaut und wurde nie verändert. Es gibt allerdings in der Umbauanleitung des Herrn Merkert einen Hinweis auf eine Änderung an C8 [14]. Demnach könnte es einige Exemplare der Interfaces mit C8 = 1 nF anstelle 4,7 nF geben.

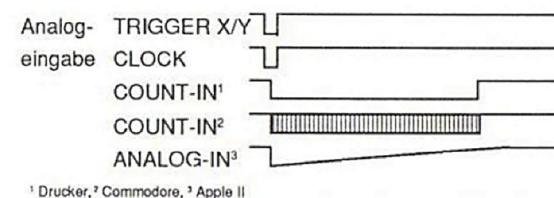
Auf eine Besonderheit sei hier noch hingewiesen: Wird von der Schutzschaltung der diskreten Endstufen ein verbotener Zustand erkannt, so wird der Watchdog über die Leitung *disable WD* sofort ausgelöst. *enable Motors* geht daraufhin auf „0“ und sperrt die Motorausgänge. Dadurch verschwindet aber auch der verbotene Zustand und die Schutzschaltung gibt den WD wieder frei. Die nächste fallende Flanke auf CLOCK startet den Watchdog, die Motorausgänge werden wieder freigegeben, haben aber noch den verbotenen Zustand gespeichert, die Schutzschaltung schaltet den Watchdog und damit die Motorausgänge sofort wieder ab. Jedes Mal, wenn die Ausgänge des 4094 niederohmig werden, schalten auch die diskreten Motorendstufen auf Kurzschluss und es gibt eine Stromspitze, die so lange dauert, bis der Watchdog erneut auf die Notabschaltung reagiert.

Dieses Spiel wiederholt sich mit jeder fallenden Flanke auf CLOCK, bis ein neues Bitmuster ohne verbotenen Zustand in IC4 gespeichert wird. Der Watchdog kann dann allerdings erst mit der nächsten fallenden CLOCK-Flanke erneut starten und die Motoren endlich freigeben.

## Die Analogeingänge

Wenn man mal vom Interface für den Apple (30563) absieht, wird auch für die Abfrage der Potis an den Analogeingängen EX und EY jeweils eine Hälfte eines 556 in der beschriebenen monostabilen Applikation verwendet. Die Schaltung darf diesmal allerdings ein bisschen einfacher sein.

Im Handbuch zum 67319 ist diese Übersicht für die Signale der analogen Eingänge angegeben:



<sup>1</sup> Drucker, <sup>2</sup> Commodore, <sup>3</sup> Apple II

Abb. 34: Analoge Eingabe [32]

Man sieht in Abb. 34 schon, dass es drei unterschiedliche Verfahren gibt, die verschiedenen Computern zugeordnet werden. Dabei ist die Liste der Computer etwas zu kurz und ältere Modelle wie der Acorn B sind gar nicht mehr aufgeführt. Außerdem verwenden einige Commodore-Modelle das Schema „Drucker“.

## 30563

Fangen wir mal mit dem 30563 für den Apple II an. Beim Apple II sind die Monoflops schon im Computer integriert, und so sind im Interface 30563 nur die Zeitglieder vorhanden, an die die Potis angeschlossen sind. Die Knoten POTI\_X und POTI\_Y sind direkt mit dem Innenleben des Apple verbunden.

Der Ablauf ist an sich der gleiche wie mit dem 556, aber im Computer selbst ver-

borgen. Das entsprechende Steuerprogramm wird daher diese internen I/O-Anschlüsse bedienen, um die Widerstandswerte zu ermitteln.

Gibt es eine Überspannung auf einen der Eingänge EX oder EY, kann aus dem Apple ganz schnell ein Bratapfel werden.

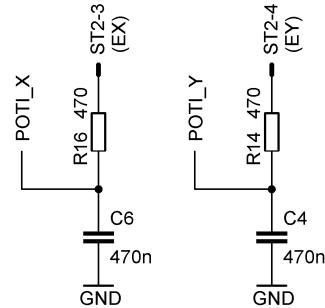


Abb. 35: Analogeingänge bei Apple II

## 30561

Beim nächsten Interface, dem 30561 für die Commodore CBM 4xxx / CBM 8xxx und vermutlich auch den VC20, und auch allen weiteren Interfaces kommt IC7 hinzu. Auch hier ist es eine Hälfte eines 556 in der Applikation als monostabile Kippstufe. Die Funktion beider Kanäle für EX und EY ist gleich, so dass anhand EX die Funktion erklärt wird, siehe Abb. 36.

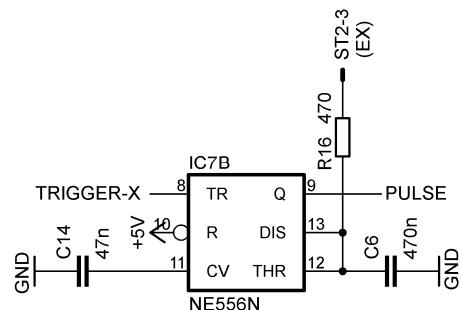


Abb. 36: Analogeingang-Prinzip

Von der Beschreibung des Watchdog ist die Funktion eines monostabilen Multivibrators bereits bekannt, hier sind allerdings keine Zusätze für den Retrigger oder die Sperre gegen Dauer- $0^\circ$  auf der Leitung TRIGGER-X nötig. Daher ist die Schaltung auf das nötige Minimum reduziert.

C14 puffert den internen Referenzknoten.

Am Eingang TRIGGER-X liegt im Ruhezustand eine „1“. Der Ausgang PULSE liegt auf „0“ und der Kondensator C6 wird via DIS entladen. Durch R16 und das angeschlossene Poti fließt ein Strom von bis zu 10 mA.

Das Computerprogramm zieht nun gezielt und für einige wenige Mikrosekunden den Eingang TRIGGER-X auf „0“. Dies wiederum löst das Monoflop aus, der Ausgang PULSE geht auf „1“, DIS wird hochohmig (das entspricht einem geöffneten Schalter) und C6 wird über R16 plus das Poti aufgeladen. Dabei bestimmt der Widerstand des Potis zusammen mit R16 die Zeitdauer, bis die Spannung am Pin THR die kritische Schwelle erreicht und das Monoflop ablaufen lässt. PULSE geht wieder auf „0“ und der Kondensator wird über DIS wieder entladen. Das Computerprogramm misst die Zeitdauer während der PULSE auf „1“ liegt. Der Startzeitpunkt liegt dabei in der Hand des Programmierers.

Für drei ausgewählte Potistellungen ergeben sich diese typischen Zeitdauern:

Potis-Widerstand / kΩ	Pulsdauer / µs
0	240
2,5	1530
5	2820

Tab. 5: Typische Impulsdauern 30561

Bedingt durch Bauteiltoleranzen weichen die tatsächlich erzeugten Pulslängen von den angegebenen Werten ab.

Ist an EX nichts angeschlossen, fließt kein Ladestrom zu C6. Lediglich die Leckströme aus IC7B laden C6 sehr langsam auf und der erzeugte Impuls dauert extrem lange. Daher wird in der Anleitung empfohlen, unbenutzte Analogeingänge immer mit einer Drahtbrücke (oder zumindest einem

Widerstand nicht höher als 5 kΩ) mit COM zu verbinden.

Für das Poti an EY gibt es eine identische Schaltung mit der zweiten Hälfte von IC7. Um nun aber nicht für jedes Poti einen eigenen Impulseingang am Computer zu belegen, teilen sich die beiden Monoflops eine gemeinsame Rückleitung. Die komplette Schaltung ist in Abb. 37 dargestellt.

Die Sammelleitung zum Computer hat je nach Unterlagen unterschiedliche Namen. MMV\_PULSES wird einheitlich für die weiteren Beschreibungen verwendet.

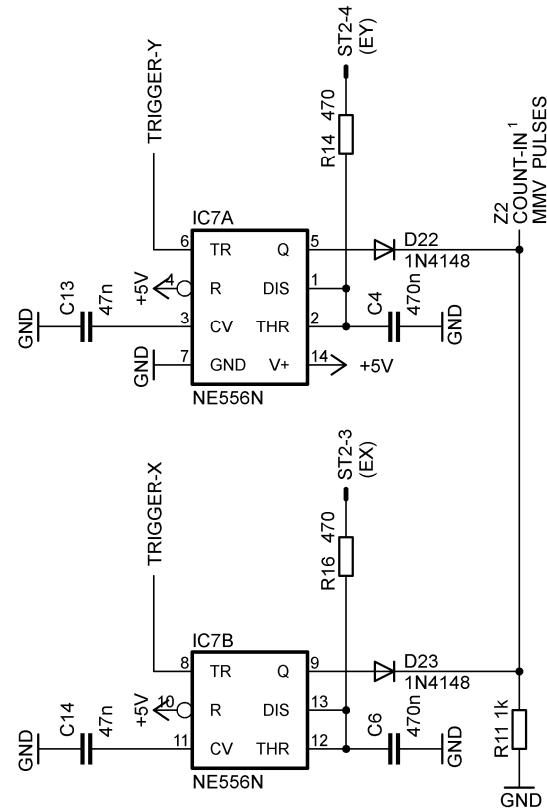


Abb. 37: Beide Analogeingänge

Weil die Ausgänge Q des verwendeten 556 sowohl „0“ als auch „1“ niederohmig treiben, kommt es bei unterschiedlichen Ausgangspegeln zu einem Kurzschluss. Der wird dadurch vermieden, dass jeweils eine Diode (D22, D23) in Reihe zum Ausgang liegt. Dadurch kann nur eine „1“ vom jeweiligen Ausgang Q aktiv zur Sammelschiene gereicht werden. Liegt der Ausgang auf „0“

ist er von der Sammelschiene entkoppelt. Liegen alle Ausgänge Q auf „0“ sorgt R11 dafür, dass die Sammelschiene MMV\_PULSES ebenfalls die „0“ führt.

Diese Schaltung der Ausgänge auf die Sammelschiene gemäß Abb. 38 nennt sich Wired-OR.

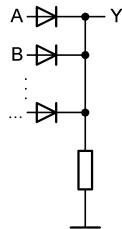


Abb. 38: Wired-OR

Die dazu gehörende logische Verknüpfung ist in Tab. 6 aufgeführt.

Alternativ kann natürlich auch ein „echtes“ OR-Gatter Verwendung finden; in den Interfaces mit diskreten Motorenstufen ist die Sammelschiene mittels eines 4071 entsprechend gebaut.

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Tab. 6: OR-Kombinatorik

Es dürfte sofort klar sein, dass durch die OR-Verknüpfung immer nur ein Monoflop aktiv sein kann. Über den Programmablauf ist jedoch ebenso klar definiert welches der beiden Monoflops ausgelöst wurde und gerade die Pulsdauer bestimmt.

### 30564

Die nächste Erweiterung kommt mit dem Interface 30564 für den Acorn B. Die noch freie Hälfte des IC6, IC6B, ist als Rechteck-

Oszillator verschaltet, Abb. 39. Diese Schaltung wird auch als astabile Kippstufe bezeichnet.

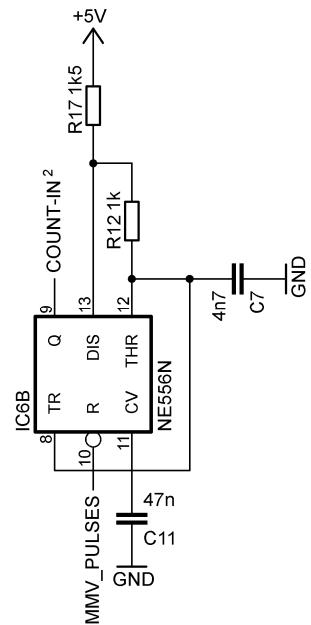


Abb. 39: Astabile Kippstufe

C11 puffert den internen Referenzknoten an CV (Control Voltage).

Mit einer „0“ auf der Leitung MMV\_PULSES wird der Oszillator über den Eingang R (Reset) angehalten. Der Ausgang Q liegt auf „0“ und Ausgang DIS entlädt den Kondensator C7 über R12 nach GND. Beide Eingänge TR und THR liegen damit unterhalb der Schaltschwelle bei 1/3 der Betriebsspannung.

Sobald MMV\_PULSES auf „1“ springt, ist der Oszillator freigegeben. Weil TR unter der Schaltschwelle liegt, springt das Flipflop im 556 um; Q geht auf „1“, DIS wird hochohmig, C7 lädt sich über die Reihenschaltung R12 und R17 auf. Erreicht die Spannung über C7, und damit der Steuereingang THR, 2/3 der Betriebsspannung, schaltet das Flipflop zurück. Q geht auf „0“, DIS schaltet wieder auf GND durch, und C7 entlädt sich, allerdings nur über R12. Unterschreitet die Spannung die Schaltschwelle von TR, beginnt der Zyklus erneut. Die erzeugten Impulse stoppen sofort, wenn MMV\_PULSES wieder auf „0“ wechselt.

Wegen des Schaltverhaltens ist der erste erzeugte Impuls etwas länger. Nominal liegt die Frequenz der abgegebenen Impulse bei etwa 85 kHz, ist aber von den Bauteiltoleranzen abhängig. Abb. 40 skizziert die Abläufe in der Schaltung.

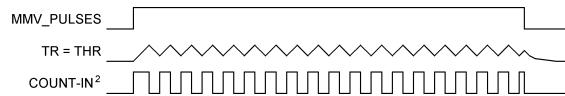


Abb. 40: Astabile Kippstufe Spannungsverläufe

Abhängig von der Zeitdauer des „1“-Impulses auf MMV\_PULSES werden nun unterschiedlich viele Taktimpulse auf der Leitung COUNT-IN<sup>2</sup> abgegeben. Das Computerprogramm, eventuell unterstützt von einem Hardware-Zähler, muss nun nicht die Zeitdauer der Impulse ausmessen, sondern es zählt die Anzahl der ankommenen Taktimpulse. Je höher der Widerstandswert des Potis ist, umso mehr Taktimpulse werden erzeugt. Tabelle Tab. 7 zeigt typische Werte, die wegen der Bauteiltoleranzen allerdings auch abweichen können.

Poti-Widerstand / kΩ	Impulsanzahl
0	20
2,5	130
5	240

Tab. 7: Typische Impulsanzahlen

Je nach benutztem Dokument wird der Ausgang COUNT-IN<sup>2</sup> auch als COUNT\_IN oder Z2 bezeichnet. Die Funktion ist jeweils identisch.

## 30562

Beim Interface 30562 sind alle diese Schaltungsteile auch vorhanden, es funktioniert also prinzipiell wie das Interface für den Acorn B. Zusätzlich ist allerdings noch eine Baugruppe vorhanden, die die erzeugten Zählimpulse Z2 über ein AND-Gatter

und einen Transistor invertiert weiterreicht. Abb. 41 zeigt die Schaltung.

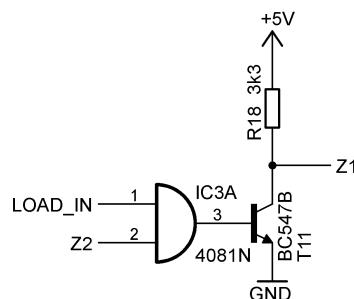


Abb. 41: Erzeugung Z1

Liegt an einem der Eingänge von IC3A, LOAD-IN oder Z2, eine „0“ so ist auch am Ausgang des Gatters eine „0“ zu sehen und der Transistor sperrt. Z1 wird durch R18 zur „1“ hochgezogen. Nur wenn LOAD-IN auf „1“ liegt, kommen die Zählimpulse auf Z2 auch zum Ausgang des Gatters durch. Immer wenn an Z2 eine „1“ liegt, ist Z1 auf „0“ und umgekehrt. Der Transistor macht aus dem AND-Gatter ein NAND-Gatter. Die entsprechenden Tabellen wurden schon in Teil 2 der Reihe vorgestellt (Tab. 3, Tab. 4) [54].

Es ist nicht unbedingt die feine Art, die Basis des Transistors direkt mit dem Gatterausgang anzusteuern, weil dann ein sehr hoher Basisstrom fließt. Der Kollektorstrom wird normalerweise durch R18 auf einen geringeren Wert begrenzt, und ein derart hoher Basisstrom erscheint völlig unnötig.

Der Sinn und Zweck dieser Schaltung liegt im Dunkeln. Gemäß den Handbüchern wird LOAD-IN nur zu Beginn des seriellen Transfers kurz auf „1“ gelegt und steht sonst immer auf „0“. Wegen dieser „0“ kommen allerdings keine Impulse auf Z1 durch, die Potistellungen können so nicht erfasst werden. Eventuell wird bei den Programmen der Commodore-Computer LOAD-IN hier gezielt manipuliert um die Impulse zum Computer sperren zu können.

## 30565 und 30567

Abgesehen vom Anschluss an den Computer sind diese beiden Interfaces baugleich.

Die Analogeingänge werden mittels der gleichen Schaltung wie im 30561 abgefragt, siehe Abb. 37.

Weil aber die Schneider Computer, als damaliges Maß der Dinge, nur einen einzigen Eingang BUSY am Centronics-Port zur Verfügung stellen, muss die Rücklesung der Schaltereingänge und der Impulsdauern über eben diese eine gemeinsame Leitung erfolgen. Beim IBM-PC gibt es zwar mehrere Eingangssignale vom Drucker, das wird aber leider nicht vom Interface 30567 unterstützt.

Um nun die Impulsdauern der Monoflops mit den Daten aus dem Schieberegister zu vereinen, wird das Wired-OR mit einer zusätzlichen Diode (D27) um einen Eingang erweitert, so wie in Abb. 38 schon vorweggenommen. Die Analogabfrage wird wie sonst auch mit TRIGGER-X und TRIGGER-Y gestartet, die Impulslänge wird auf der gleichen Leitung gemessen, wie auch die Daten von den Schaltern seriell eingelesen werden. Abb. 42 gibt eine übersichtliche Darstellung.

Um nun jeweils den gewünschten Ausgang per Sammelschiene abfragen zu können, ist es unbedingt nötig, die anderen beiden Ausgänge sicher auf „0“ zu halten. Und genau hier liegt das Problem. Solange wenigstens eines der Monoflops aus IC7 oder das Schieberegister IC2 eine „1“ an seinem Ausgang führt, wird auch die Sammelschiene DATA-IN eine „1“ abgeben.

Das Schieberegister IC2 ist hier relativ unproblematisch. Normalerweise liegt sein serieller Eingang SI über einen Widerstand oder eine Drahtbrücke auf „0“-Pegel. Oder aber er ist an einem Slave angeschlossen. Das Computerprogramm muss dann entsprechend 8 Bits mehr von den Interfaces abholen. Mit einem extra Impuls auf

CLOCK erscheint dann dieser „0“-Pegel vom letzten SI am Ausgang von IC2.

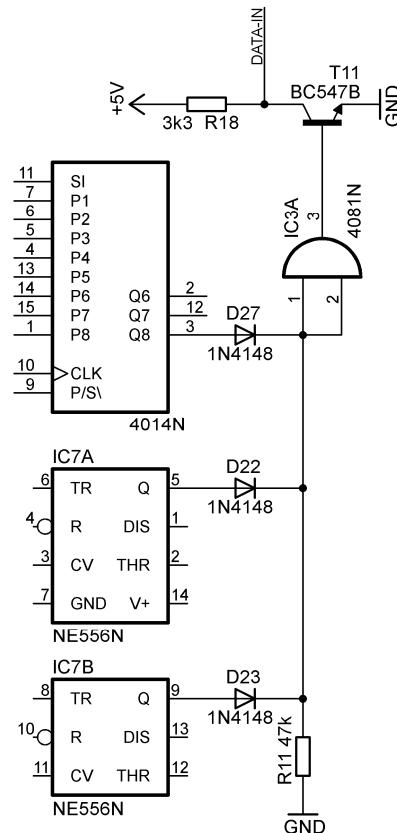


Abb. 42: Kombiniertes DATA-IN bei 30565

Aber nun machen sich offene Eingänge EX und EY extrem unangenehm bemerkbar! Wie schon erklärt, verlängert sich die Impulsdauern, also die Zeitdauer der „1“ auf einem der Q-Ausgänge von IC7, proportional zum Widerstand zwischen EX bzw. EY und COM. Ein offener Eingang entspricht einem unendlich hohen Widerstandswert und der Timer läuft ewig. In der Praxis gibt es Leckströme, und irgendwann ist der jeweilige Timer dann doch mal abgelaufen. Diese Zeitdauer wird allerdings jenseits mehrerer Sekunden, manchmal im Bereich über einer Minute liegen. Im Computerprogramm ist üblicherweise ein Timeout eingebaut, der die Zeitdauermessung begrenzt und das Programm dann abbricht.

Während einer der Timer (Monoflop) ausgelöst ist und läuft, ist allerdings keine Abfrage der Schaltereingänge möglich, denn vom noch laufenden Timer wird die

Sammelschiene auf „1“ festgehalten. Die Schaltzustände aus IC2 haben über das Wired-OR keine Chance. Und es ist nicht möglich, einen noch laufenden Timer gezielt vom Programm aus anzuhalten. So hilft auch ein Neustart des Programms nichts, denn die Schalterzustände werden vom laufenden Timer immer noch maskiert. Nur genug Wartezeit, Spannungsausfall am Interface oder ein Widerstand an EX bzw. EY helfen hier noch.

Erstmals in den Interfaces 30565 und 30567, sowie dann später auch bei 30566, 39319, 30520 und 66843, ist genau deswegen an jedem Analogeingang ein Widerstand von je  $100\text{ k}\Omega$  vorgesehen. Abb. 43 zeigt die Ergänzung. Im Vergleich mit Abb. 36 ist alles andere gleichgeblieben, R33 wurde ergänzt.

Ist nun kein Widerstand an EX angeschlossen, so fließt doch ein minimaler Ladestrom über die Reihenschaltung aus R33 und R16 in den Kondensator C6. Der bekannte Ablauf spielt sich auch hier ab, die Zeitdauer des Impulses liegt allerdings bei etwa 50 ms. Tab. 8 gibt die erweiterte Übersicht.

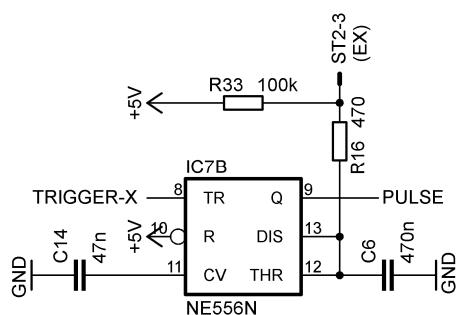


Abb. 43: Monoflop mit  $100\text{ k}\Omega$  dazu

R33, und auch sein Kollege R34 an EY, sind auf einen Kompromiss hin ausgewählt. Sind sie zu hochohmig, verlängern sich die Zeitdauern unerwünscht, sind sie zu niederohmig, verändern sie wegen der Parallelschaltung zum Poti dessen lineare Kennlinie spürbar.

Vergleicht man die Werte aus Tab. 8 mit denen aus Tab. 5, fällt der Einfluss von R33 beziehungsweise R34 durchaus auf.

Poti-Widerstand / $\text{k}\Omega$	Pulsdauer / $\mu\text{s}$
0	240
2,5	1500
5	2700
$\infty$	51900

Tab. 8: Typische Impulsdauern 30565 / 30567

Nun dürfte ganz klar sein, warum in einigen Anleitungen ausdrücklich darauf hingewiesen wird, nicht benutzte Analogeingänge mit einer Drahtbrücke an COM zu legen; oder irgendeinen Widerstand bis  $5\text{ k}\Omega$  als Abschluss zu verwenden.

Ein letzter Schaltungsteil ist jetzt noch offen. Da ist in Abb. 42 zunächst IC3A, das AND-Gatter mit den verbundenen Eingängen. Weil beide Eingänge so immer den gleichen Zustand haben, reicht es den Pegel der Sammelschiene einfach nur an seinen Ausgang weiter. Immer wenn dort eine „1“ anliegt, wird der Transistor durchgesteuert, und die Leitung zum Computer, DATA-IN, geht auf „0“. Liegt am Ausgang von IC3A eine „0“, ist der Transistor gesperrt und DATA-IN leitet „1“ an den Computer. Warum der Transistor als Inverter zwischengeschaltet wurde, ist nicht nachzuvollziehen. Laut Centronics-Standard (IEEE 1284) wird die Leitung BUSY im Computer nicht nochmals invertiert [62]. Vermutlich war es aber die preisgünstigste Möglichkeit einen leistungsschwachen CMOS-Ausgang an einen TTL Eingang im Computer anzubinden.

### 30566, 39319, 30520 und 66843

Die Interfaces 30566, 39319, 30520 und 66843 können mit ihrer universellen Steckerbelegung jedes der vorgenannten Interfaces ersetzen, die entsprechende Verdrahtung vorausgesetzt. Allerdings wurden erst 30520 sowie 66843 als „Universal-Interface“ vermarktet.

Einzig der spezielle Ausgang Z1 des 30562 ist nicht vorhanden. Es ist, wie schon ausgeführt, völlig unklar, wofür der genau benötigt wurde.

Potentiometer-Widerstand / kΩ	Pulsdauer / µs	Impulsanzahl
0	240	20
2,5	1500	127
5	2700	229
∞	51900	4409

Tab. 9: Analogeingänge ,Universal‘

Die Analogeingänge sind grundsätzlich mit jeweils 100 kΩ gegen vergessene Potis bzw. Drahtbrücken gesichert. Zum Abschluss zeigt Tab. 9 noch die typischen Zeiten und Impulsanzahlen dieser Interfaces.

Die Unterschiede zu den Interfaces ohne R33/R34 dürften keine wahrnehmbare Auswirkung auf das angeschlossene Modell haben, wenn man zum Beispiel am C64 sein 30562 durch ein 66843 ersetzt.

### Alle Zusammen

Die Leitung CLOCK wird für die Abfrage der Analogeingänge eigentlich nicht benötigt. Der in Abb. 34 dargestellte Impuls wirkt auf den Watchdog und verlängert dessen Ablaufzeit erneut um 0,5 s. Zusätzlich stellt er bei den Interfaces 30565 und 30567 sicher, dass der Ausgang von IC2 den nötigen „0“-Pegel einnimmt um die Abfrage der Pulslängen zu ermöglichen.

### Und so geht es weiter

Im nächsten Teil der Artikelserie wird der I²C-nach-Interface-Adapter V. I. P. vorgestellt.

### Quellen

- [1] Dirk Fox: *I²C mit TX und Robo Pro – Teil 1: Grundlagen*. [ft:pedia 3/2012](#), S. 32
- [2] Dirk Fox: *I²C mit dem TX(T) – Teil 12: Temperatursensor*. [ft:pedia 4/2015](#), S. 44
- [3] Jens Lemkamp: *Parallel-Interface durch Arduino gesteuert (1)*. [ft:pedia 1/2014](#), S. 24
- [4] Dirk Uffmann: *Nutzung des Universal-Interfaces 30520 als Port-Erweiterung an einem Mikrocontroller*. [ft:pedia 2/2014](#), S. 30
- [5] Dirk Uffmann: *Altes FT Universal-Interface (Parallelschnittstelle) gesteuert durch AVR Mikrocontroller*.
- [6] Thomas Kaiser: [C-64 Interface an RoboPro](#).
- [7] Forumsdiskussion: [I²C clock stretching am TXT](#).
- [8] Forumsanfrage an fischertechnik: [Unterstützung von i2c clock stretching beim TXT controller?](#).
- [9] Erneute Forumsanfrage an fischertechnik: [Unterstützung von i2c clock stretching beim TXT controller?](#).
- [10] Forumsdiskussion: [TXT und clock-stretching](#).
- [11] J. P. M. Steeman: *Robotik mit dem Homecomputer*. Aachen: Elektor, 1987
- [12] Klaus Merkert: [Zwei Schaltpläne](#).
- [13] Holger Howey: [Kombi-Schaltplan](#).
- [14] Klaus Merkert: [Umbau Apple II-Interface auf PC](#).
- [15] Ulrich Müller: [Übersicht der Interfaces](#).

- [16] fischertechnik-Datenbank: [30561 \(Interface CBM\)](#).
- [17] fischertechnik-Datenbank: [30562 \(Interface Commodore\)](#).
- [18] fischertechnik-Datenbank: [30563 \(Interface Apple\)](#).
- [19] fischertechnik-Datenbank: [30564 \(Interface Acorn\)](#).
- [20] fischertechnik-Datenbank: [30565 \(Interface Schneider\)](#).
- [21] fischertechnik-Datenbank: [30567 \(Interface IBM\)](#).
- [22] fischertechnik-Datenbank: [30566 \(Interface Centronics\)](#).
- [23] fischertechnik-Datenbank: [39319 \(Centronics Schul-Interface CVK\)](#).
- [24] fischertechnik-Datenbank: [66843 \(Universal Schul-Interface CVK\)](#).
- [25] fischertechnik-Datenbank: [30520 \(Interface Universal\)](#).
- [26] Fischertechnikclub Nederland: *Twee robotarmen om je fantasie te prikkelen.* [Clubblad 2/1992](#), S. 6
- [27] Gerhard Bader: *Fischer-Technik und Computer: Programme für Atari ST, Commodore 64/128, Schneider CPC, IBM PC u. Kompatible.* [CHIP-SPECIAL 1987](#), Vogel Verlag, Würzburg, 1987
- [28] CPC Wiki: [Foto eines 30562](#).
- [29] CPC Wiki: [Foto eines 30567](#).
- [30] C. Hehr: [Platine eines 30566](#). fischertechnik community.
- [31] Fischertechnikclub Nederland: [Computing Dozen](#).
- [32] fischertechnik: [CVK-fischertechnik Schul-Interface \(67319\)](#).
- [33] C64 Wiki: [C64 Userport](#).
- [34] A2wiki: [Apple II Game-IO](#).
- [35] Chris Whytehead: [Acorn Pinouts](#).
- [36] Larry Davis: [PC Parallel Port Pin-Out](#).
- [37] CPC Wiki: [CPC Printerport](#).
- [38] fischertechnik-Datenbank: [32680 \(Stecker-Netzgerät 220V:6,8V 1,5A Computing Experimental\)](#).
- [39] alldatasheet: [Datenblatt 1N4001 \(NXP\)](#).
- [40] Texas Instruments Incorporated: [Datenblatt 7805](#).
- [41] René Trapp: *V. I. P. – Teil 1.* [ft:pedia 2/2017](#), S. 63
- [42] alldatasheet: [Datenblatt BD135 \(NXP\)](#).
- [43] alldatasheet: [Datenblatt BD136 \(NXP\)](#).
- [44] alldatasheet: [Datenblatt BC547 \(NXP\)](#).
- [45] alldatasheet: [Datenblatt TLE4201 \(Siemens\)](#).
- [46] Stefan Falk: *Motorsteuerungen (Teil 1).* [ft:pedia 1/2011](#), S. 4
- [47] Dirk Uffmann: *PWM-Motorsteuerung am fischertechnik-Universal-Interface.* [ft:pedia 4/2015](#), S. 30
- [48] Wikipedia: [Induktion](#).
- [49] Wikipedia: [Freilaufdiode](#).
- [50] alldatasheet: [Datenblatt 1N4148 \(Vishay\)](#).
- [51] alldatasheet: [Datenblatt 4011 \(NXP\)](#).
- [52] alldatasheet: [Datenblatt 4081 \(NXP\)](#).
- [53] alldatasheet: [Datenblatt 4094 \(NXP\)](#).
- [54] René Trapp: *V. I. P. – Teil 2.* [ft:pedia 3/2017](#), S. 57
- [55] alldatasheet: [Datenblatt 4014 \(NXP\)](#).
- [56] fischertechnik-Datenbank: [39485 \(Interface Commodore Computer\)](#).

- [57] U. Tietze, C. Schenk: Halbleiter-Schaltungstechnik. Berlin, Heidelberg, New York: Springer, 1993, 10. Auflage, S. 215
- [58] alldatasheet: [Datenblatt 4050 \(NXP\)](#).
- [59] alldatasheet: [Datenblatt 4071 \(NXP\)](#).
- [60] alldatasheet: [Datenblatt 556 \(ON\)](#).
- [61] H. Camenzind: [Designing Analog Chips](#).
- [62] Wikipedia: [IEEE\\_1284](#).

Nächste Seite: 19,7 m lange „Tischtennisball-Weitergabemaschine“ aus fischertechnik auf dem [2. fischertechnik-Tag](#) der fischertechnik-AGs Karlsruher Grundschulen am 08.07.2017

