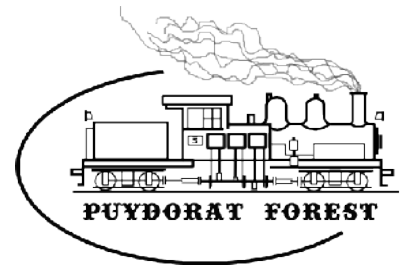


# Mein Switcher

Peter Bickel, Frankreich

Im amerikanischen Eisenbahn-Englisch ist ein *switch* eine Weiche und ein *switcher* eine Rangierlok. Und weil ich ja an einer Waldbahn nach US-Vorbild baue, ist meine erste Lok logischerweise ein Switcher. Der sollte natürlich eine Dampflokomotive sein, aber so weit bin ich noch lange nicht. Vielleicht als überübernächstes Projekt?



Die Art, wie ich vorgegangen bin, ist möglicherweise etwas gewöhnungsbedürftig. Am Anfang standen weder ein Vorbild der grossen Eisenbahn noch eine Vorstellung des fertigen Fahrzeugs, sondern schlicht zwei Elektromotoren: Nach einem Auffahrunfall mit meiner Camionette hielt ich zwei Ventilatormotoren in den Händen, wirklich wie gemacht zum Antrieb meiner ersten Lok: Sie leisten rund 150 Watt bei 2800 Umdrehungen pro Minute.

Für mich standen bei dieser Arbeit zwei Dinge im Vordergrund: Einerseits wollte ich ein erstes, kleines Triebfahrzeug für meine *Puydorat Forest* [1] haben, zum anderen suchte ich Ideen und handwerkliche Erfahrungen. Herausgekommen ist ein wirklich brauchbarer Rangiertraktor mit - in meinen Augen - durchaus originellem Design. Sehen Sie selber!

## das Chassis

Dem Entwurf standen die Überlegungen zum Archbar-Drehgestell Pate: Es sollten immer alle vier Räder Schienenkontakt haben, denn es gibt nur dieses Rezept gegen Entgleisungen. Dafür kenne ich drei Lösungen: Federung, Ausgleichshebel oder Kippachse. Diese letzte kannte ich aus meinen H0-Zeiten, sie schien mir die einfachste, weil sie eine Achse samt Antrieb in einen Kipprahmen legt und ich auf eine Federung verzichten kann. Bild 1 zeigt, wie ich das realisiert habe: Oben links im Bild erkennen Sie die Kippachse, die Achse vorn ist fest im Rahmen. Über dieser Achse habe ich später den Sitz eingerichtet.

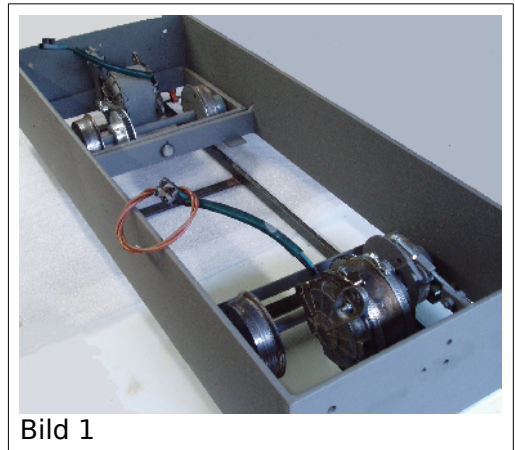


Bild 1

Das Chassis machte seine Probefahrten (Bild 2) ohne Probleme. Der Zahnriemenantrieb lief total lautlos und war den Belastungen durchaus gewachsen, obwohl die Riemen sehr stark gespannt werden mussten, damit sie nicht hüpften. Die Sache hatte aber zwei entscheidende Fehler:

- 1 Mit der einstufigen Untersetzung von 5:1 lief die Maschine wie ein TGV und nicht wie eine Waldbahn. Offenbar war ein zweistufiges Getriebe nötig.
- 2 Der Kipprahmen machte das Aufsteigen zum Balanceakt. Wenn ich nicht genau zentral aufstieg, kippte das ganze Fahrzeug unter meinem Hintern weg. Der Kipprahmen hatte viel zuviel Freiheit, er durfte nur um zwei, drei Millimeter kippen, die Bewegung sollte vielleicht sogar abgefedert werden.

## zwei neue Motoren

Ich sah keine Möglichkeit, an die beiden Ventilator-Motoren ein zweistufiges Getriebe zu bauen - sie waren einfach zu voluminös. Ich fand aber bei MatCon [2] Motoren für Elektro-Fahrräder, die in grossen Stückzahlen hergestellt werden und darum sehr billig sind. Elektrisch gleichen sie den Ventilator-Motoren, sie sind aber viel schlanker. Ob sie sich im Dauerbetrieb bewähren, kann ich noch nicht beurteilen. Sie können sich aber auf der Webseite von MatCon davon überzeugen, dass sie in vielen Gartenbahn-Fahrzeugen laufen.



Bild 2

## die Geschwindigkeit

Sowohl die Ventilatormotoren aus meiner Camionette als auch die bei MatCon gekauften Fahrradmotoren drehen unter Last mit 2400 bis 2700 Umdrehungen pro Minute. Wie ich

festgestellt habe, scheint diese Nenndrehzahl für solche Kollektormotoren weit verbreitet zu sein. Zwar bietet der Markt auch Motoren mit angeflanschem Getriebe an, allerdings zu gesalzenen Preisen.

Bei meinem Raddurchmesser von 90 mm ergeben 470 U/min eine Geschwindigkeit von 8 km/h, was mir für so ein Fahrzeug angemessen erscheint. Die dafür nötige Übersetzung von  $2800:470 = 6:1$  lässt sich aber mit einem einstufigen Getriebe nicht verwirklichen. So sind die auf den Bildern zu sehenden Getriebe mit den Übersetzungen 40:16 und 60:25, insgesamt also die gewünschten 6:1 entstanden. Die Höchstgeschwindigkeit habe ich mangels Messeinrichtung nicht gemessen, sie ist gefühlt sehr angenehm und lässt sich mit der PWM-Steuerung wunderbar regeln.

### die Getriebe

Für die Getriebe besorgte ich mir Acetalharz-Zahnräder Modul 1 (50 Zähne: 23 73 88) und begann zwei Getriebe zu bauen, das eine mit Gleitlagern, das andere mit Kugellagern.

Das Gleitlager-Getriebe (Bild 3) hat Wangen von 10mm Dicke, in die ich mit der nötigen Genauigkeit die Lagerbohrungen schneiden sollte. Doch wie macht man so etwas, wo es doch auf Zehntelmillimeter ankommt? Genau nach Lehrbuch kommt sogar ein Anfänger zum Erfolg: Anreissen und Körnern mit der Lupe, vorbohren mit 4mm und aufbohren auf den gewünschten Durchmesser. Leider fehlte mir an dieser Stelle eine Reibahle, aber es ging auch mit Schleifpapier und Feile. Die Lager haben Bohrungen für das Öl, die Zahnräder öle ich mit dem Pinsel.

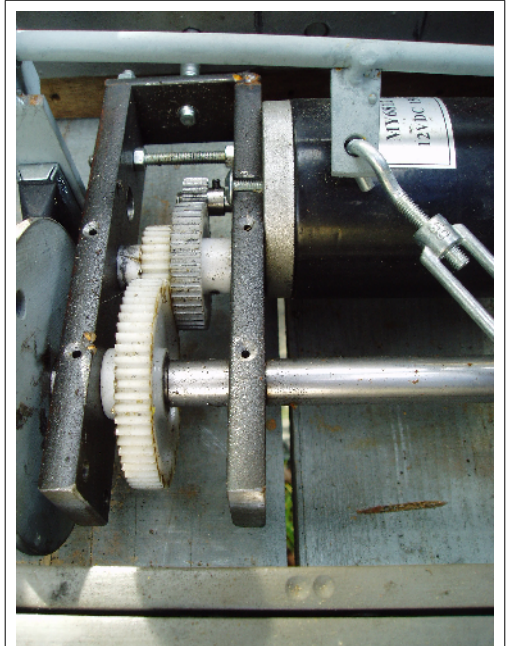


Bild 3

Das Kugellager-Getriebe hat Wangen aus 2mm-Blech, die Kugellager sitzen in Ringen, die ich von Gasrohren abgeschnitten und auf die Wangen geklebt habe. Das tönt vielleicht nicht vertrauenerweckend, aber es hält. Und es gab mir die Freiheit, den Achsabstand ohne viel Aufwand genau einzustellen.

Kunststoff-Zahnräder laufen lautlos, so hatte ich erwartet. Aber die beiden Getriebe machen viel mehr Krach als der Zahnriemenantrieb, der schlicht flüsterleise lief. Ich werde wohl bei meinem nächsten Projekt wieder auf die Zahnriemen zurückgreifen. Sie brauchen allerdings – wie die Ketten – eine Spannvorrichtung, was die Sache auch kompliziert macht.

### die Karosserie

Ich hatte eine zweiachsige Feldbahnlokomotive vor Augen. Gleichzeitig hörte ich von Klaus Rabensdorf den Satz, dass schliesslich nicht die Antriebsleistung, sondern allein das Adhäsionsgewicht über die Steigfähigkeit entscheidet. Was lag also näher, als dieses alles entscheidende Gewicht um meine hundert Kilos Lebendgewicht zu ergänzen: Mein Platz ist *auf* der Lok und *nicht im Begleitwagen*! Einzige Schwierigkeit war es jetzt, ein geeignetes Design zu finden.



Bild 4

Just in diesem Augenblick hörte ich von der Bahn von Wolfgang Knoth (Gartenbahnen 2012/1) und seiner wunderbaren JUNG (Bild 4) - das war die Lösung. Da ich weder so schlank noch so beweglich wie Herr Knoth bin und mir auch so ein zeitloser Drehstuhl abgeht, habe ich meine eigene Lösung gesucht. Die Karosserie ist aus Brettern gebaut, die ich aus der hiesigen Sägerei beziehe, und mit einem Imprägnierungsmittel behandle. Sie besteht aus einem Stück und kann für Wartungsarbeiten problemlos vom Chassis abgehoben werden (Bild 5).

## die Steuerung

Die Geschwindigkeitssteuerung übernimmt ein PWM zwei-Quadrant-Regler von 4QD [4], ein Uni4 (24V/40A) . Er erlaubt eine feinfühligke Regelung der Fahrgeschwindigkeit und kann im Gefälle auch bremsen, besitzt aber weder Umsteuerung noch Rekuperation. Er braucht darum für den Fahrtrichtungswechsel einen Umpolschalter, den Sie aber auf keinen Fall unter Last betätigen dürfen.

Wenn Sie ein wirklich disziplinierter Mensch sind, genügt ein kräftiger zweipoliger Kippschalter als Wendeschalter. In diesem Fall brauchen Sie auch diese Ausführungen zur Steuerung nicht zu lesen. Für den anderen Fall stelle ich Ihnen hier einen *mitdenkenden Wendeschalter* vor: Vier Relais schalten die Fahrtrichtung um, ein fünftes legt die Motoren in der Neutralstellung des Wendeschalters an einen Bremswiderstand.

Bild 6 zeigt das Schaltbild. Dieses Schaltbild und den Verdrahtungsplan des Steuerteils können Sie von [1] im Format A4 herunterladen. Meine Steuerung besteht neben dem Akku aus zwei Baugruppen, der *Handbox* mit Wendeschalter, Regler und optional einer Ladekontrolle, und dem eigentlichen *Steuerteil* mit der Uni4 und den Relais des Wendeschalters. Die beiden Teile sind über ein neunpoliges Kabel miteinander verbunden. Keinesfalls weglassen sollten Sie den Hauptschalter am Pluspol des Akkus, er dient zum Abtrennen des Akkus von der Steuerung, wenn Sie Ihr Fahrzeug abstellen, und schaltet in meinem Vorschlag auf einen Ladestecker um.

Die Motorenstrom führenden Leitungen sind dick rot (2.5mm<sup>2</sup>), die Steuerleitungen des Wendeschalters dünn blau (0.5mm<sup>2</sup>) gezeichnet. Das Potentiometer für die Geschwindigkeitsregelung ist durch ein dreipoliges Kabel (rot-blau-grün) direkt mit der Uni4 verbunden.

Die Betriebsspannung ist 24V. Die beiden 12V-Motoren sind in Serie geschaltet und laufen an zwei ebenfalls hintereinander geschalteten Autoakkus. Wenn Sie es wünschen, regelt die Steuerung die Beschleunigung des Fahrzeugs selbsttätig, also unabhängig davon, wie schnell Sie den Regler öffnen. In meinen Augen ist das eine sehr praktische Einrichtung. Die zwei Trimpptis auf der Platine erlauben eine Einstellung zwischen 0.3 und 7 Sekunden Beschleunigungszeit - ich bin mit 7 Sekunden sehr zufrieden, es könnte sogar noch geruhsamer zugehen. Für weitere Einstellmöglichkeiten verweise ich Sie auf das dem Controller beiliegende *Instruction Manual*.

Denken Sie bei den Verdrahtungsarbeiten daran: Ihre Lok ist kein Auto! Verbinden Sie darum niemals den Minuspol des Akkus mit den Metallteilen des Fahrzeugs, sondern schliessen Sie alle Verbraucher zweipolig an. Sie gehen damit vielen Gefahren aus dem Weg.

## die Handbox

Als Geschwindigkeitsregler für die Uni4 dient ein einfaches lineares Potentiometer von 10K $\Omega$  (45 00 16), das Sie natürlich mit einem möglichst eindrucksvollen Drehknopf bestücken sollten. Wie Sie in Bild 7 sehen, habe ich einen Schieberegler verwendet (44 18 17), weil bei diesem die Stellung besser sichtbar ist. Als Wendeschalter habe ich einen grossen Kippschalter mit drei Stellungen ausgesucht (70 11 65). Die drei Stellungen sind belegt mit den Funktionen: Fahrt vorwärts - Halt/Bremsen - Fahrt rückwärts.

Die beiden Dioden bilden eine einfache ODER-Schaltung, sodass Relais 3 in beiden Stellungen



Bild 5

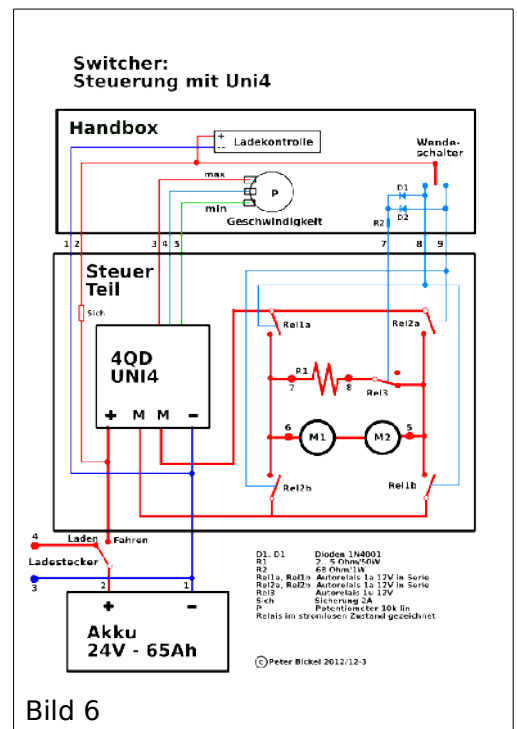


Bild 6

des Wendeschalters anzieht, den Bremswiderstand also abschaltet. R2 (68Ω/1W) lässt das 12V-Relais unter 24V arbeiten.

Die Uni4 besitzt keinen Schutz vor Tiefentladung des Akkus. Damit ich dessen Ladezustand im Auge behalten kann, habe ich schliesslich eine Ladekontrolle eingebaut. Sie arbeitet mit einer LED-Zeile und ist für den Alltag genügend genau. Sie finden eine Bauanleitung dazu auf meiner Webseite oder einen Bausatz (19 71 65) im Handel.

Steuerteil und Handbox sind über ein neunpoliges Computerkabel miteinander verbunden. Solche Kabel wurden für die serielle PC-Schnittstelle gebraucht und liegen in jeder Bastelkiste herum. Die passenden Chassisstücke sind: ♀ 74 20 82 und ♂ 74 20 66.

### der Steuerteil

Betrachten wir zuerst die Wendeschaltung. Sie besteht aus den vier Relais 1a, 1b, 2a und 2b, die zusammen eine H-Brücke bilden. Sind die Relais 1a und 1b geschlossen, drehen die Motoren in die eine Richtung, sind 2a und 2b geschlossen, drehen sie in die andere Richtung.

Der Kippschalter in der Handbox steuert diese vier Relais. Über die beiden Dioden ist bei Fahrt gleichzeitig das Relais 3 angezogen und öffnet den Bypass über den Bremswiderstand R1.

Geht der Wendeschalter in die Mittelstellung, fallen alle Relais ab, die Motoren werden stromlos und Relais 3 schliesst sie über den Bremswiderstand R1 kurz. Der Wendeschalter ist also gleichzeitig eine Art

Notschalter: Er schaltet die Motoren aus und bremst sie ab. Dasselbe passiert natürlich auch bei Stromausfall.

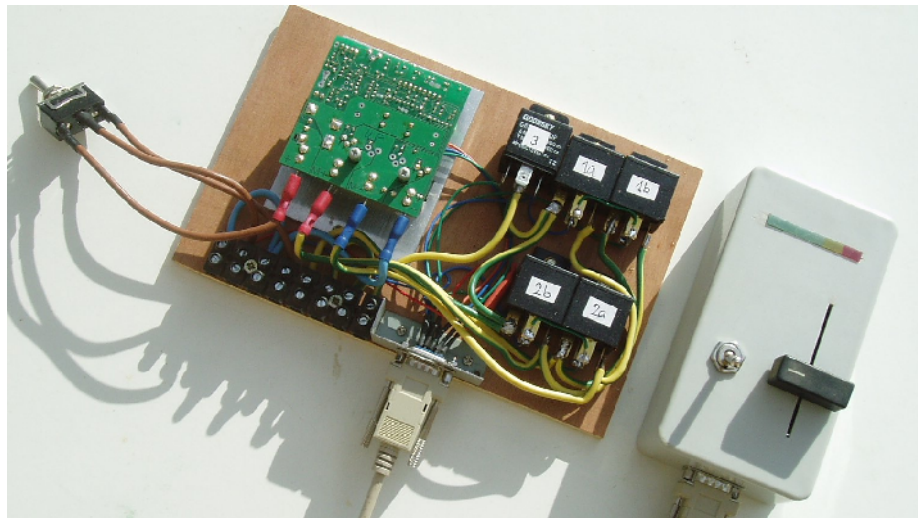


Bild 7

Der Wert des Bremswiderstands R1 liegt beim ein- bis dreifachen Wert der Ankerwiderstände, die typisch knapp 1Ω betragen, und muss ausprobiert werden. 2 bis 5Ω sind ein guter Anfangswert. Je kleiner der Widerstand, desto grösser die Bremswirkung. Diesen Widerstand können Sie aus Blumendraht selber herstellen (GARBA 2011/4) oder kaufen (zB 1Ω/50W: 42 15 45).

Bild 7 zeigt den Aufbau auf einem Brett von etwa 15x24cm, das Sie irgendwo im Fahrzeug verstecken können. Vergessen Sie nicht, beim Prüfen des Aufbaus in die Plusleitung des Akkus zwei hintereinander geschaltete Autolampen (12V/40W) zu legen, sie schützen bei Kurzschluss.

### die Bremse

Auf Bild 3 nicht gut zu sehen: Fahrrad-Bremsgummis als Bremsklötze. Die Idee habe ich in Karlsruhe am Stand der 7¼-Society geklaut. Der Erfinder war wohl der Herr, der den Stand betreute, leider kenne ich seinen Namen nicht. Der Rest ist kaum aufregend: Vom Hebel mit Ratsche wird die Kraft über eine Gestänge auf die Bremsklötze übertragen.

### die Dekoration

Auf den Bildern sehen Sie ausser der Geländerstange keinerlei Dekoration. Ich möchte gelegentlich vier Radlager-Attrappen nachrüsten, auch ein Scheinwerfer und eine Glocke sollten noch kommen. Und natürlich überlege ich mir, wie ich zu bezahlbaren Puydorat Forest-Schildern kommen könnte. Funktionalität ist mir allerdings wichtiger als Dekoration - es kann also noch dauern mit der Schönheit.

### Fazit

Jeder 7¼-Zöller weiss, dass das Ein- und Aussteigen bei diesen Fahrzeugen eine Turnübung ist: Der 1:1-Lokführer ist auch für ein 1:3-Fahrzeug einfach zu gross. Wie wir diesen Widerspruch abfedern, bleibt eine Herausforderung. Vielleicht ist ja mein Switcher eine Hilfe dabei.

Die Idee mit dem Kipprahmen ist nicht schlecht, ich werde in meiner nächsten Konstruktion aber doch eher Ausgleichshebel wählen oder gleich eine Archbar-ähnliche Konstruktion. Ich erhoffe mir ein sorgenfreieres Aufsteigen, wenn das Fahrzeug nicht mehr seitlich kippen kann.

Mein Switcher läuft dank der Dreipunktaufhängung sicher und entgleisungsfrei über meine Gleise. Die Fahrt ist etwas hart, man spürt die Unausgeglichenheit des Gleises sehr unmittelbar im Hintern, der vielleicht sensibler als jeder Gleismesswagen reagiert. Die Geschwindigkeit ist mit knapp 10km/h mehr als genügend, es soll ja eine Wald- und keine Schnellbahn sein.

Die Motorisierung mit 2x150Watt ist mehr als ausreichend. Klar ist das nicht einmal ein halbes Pferd, aber Gleichstrommotoren haben ja eine ganz andere Drehzahl/Drehmoment-Charakteristik als Dampfmaschinen oder Verbrennungsmotoren: Sie starten aus dem Stillstand mit ihrem grössten Drehmoment.

Zur Uni4 hat mich mein Hang zur Sparsamkeit geführt, ich werde das nächste Mal eine Vier-Quadrant-Variante wählen, obwohl sie mehr als doppelt so teuer ist. Sie macht die doch recht aufwendige Umsteuerung mit Relais überflüssig, erlaubt weiche Umsteuerung während der Fahrt und Rekuperation, was auf den Gefällestrecken meiner Anlage nur nützlich ist.

Der Uni4 verträgt ohne Kühlung 30A Dauer- und 85A Einminutenbelastung, meine Motoren brauchen maximal 12A. Sie können also gern auf eine Kühlung des Controllers verzichten.

Wenn Sie Ihr Fahrzeug vor Missbrauch schützen wollen, können Sie entweder die Handbox abnehmen oder für den Lade-/Fahrschalter einen Schlüsselschalter einbauen.

Die Karosserie ist zugegebenerweise gewöhnungsbedürftig, es war aber nie meine Absicht, ein Vorbild der grossen Eisenbahn zu kopieren. Ich mag das rohe Holz und kann auf Hochglanz und die mühsame Lackiererei gern verzichten. Ich werde also auch in Zukunft meinen eigenen - hölzernen - Weg gehen.

[1] <http://GB.Puydorat.fr>

meine Gartenbahn-Seite mit weiterführenden Angaben zu diesem Switcher-Projekt, Sie finden da auch Hinweise zum Bau der Ladestands-Anzeige

[2] <http://shop.mat-con.net>

GleichstromMotoren mit und ohne Getriebe, Steuerungen

[3] <http://conrad.de> oder <http://conrad.ch>

elektrische, elektronische und mechanische Bauteile für dieses Projekt, die sechsstelligen Nummern in Klammern sind Conrad-Artikelnummern

[4] <http://4qd.co.uk>

PWM-Steuerungen für GleichstromMotoren; sehr informativ ist die FAQ-Seite mit Antworten auf fast alle Fragen rund um PWM-Steuerungen (englisch, auf meiner Webseite teilweise übersetzt).

Vielen Dank an Herrn Knoth für das topaktuelle Winterbild vom Januar 2013.