

# Varianten der elektrischen Steuerung von Gartenbahnen

JOACHIM UHLIG

Auf jeder Gartenbahn, insbesondere auf öffentlichen Anlagen, sind der Duft und der Sound einer Dampflokomotive der Anziehungspunkt. Da schlagen Kinder- und Männerherzen höher. Aber es gibt dort auch die Lokomotivmodelle, die im Original elektrisch oder dieselektrisch angetrieben werden. Auch aus dieser Gruppe von Fahrzeugen existieren sehr viele schöne Modelle. Sie haben gegenüber der Dampflokomotive den Vorteil, dass sie (bei geladenem Akku) ohne nennenswerte Vorbereitungszeit sofort einsetzbar sind. Deshalb sind auch diese Fahrzeuge mindestens gleichberechtigt auf den vielen privaten und Vereinsanlagen zu finden. Nicht jeder Modellbauer ist auch ein Fuchs auf dem Gebiet der Elektrotechnik und gar in der Elektronik. Deshalb möchte ich nachfolgend einige vergleichende Betrachtungen zu den Möglichkeiten des elektrischen Antriebs vorstellen, um diesem Modellbauerkreis die Auswahl der zur Verfügung stehenden Steuerungsvarianten zu erleichtern.

## Die Widerstandssteuerung

Die klassische Form der Steuerung unserer elektrisch betriebenen Gartenbahnfahrzeuge ist die Widerstandssteuerung. Dabei wird über einen Fahrswitch (Stufenschalter) die Akkuspannung über einzeln zu- und abschaltbare Hochleistungswiderstände an den Fahrmotor angelegt. Je nach Widerstandswert fällt ein Teil der Akkuspannung am Widerstand ab und der Motor läuft langsamer oder schneller. Die durch den Widerstand verbrauchte Leistung wird in Wärme umgesetzt und ist verloren. Gebremst wird

bei dieser Steuerungsart, indem die gleichen Widerstände statt in Reihe zur Batterie parallel zum Motor geschaltet werden. Der Motor arbeitet in diesem Fall als Generator, dessen Strom durch die Widerstände fließt und somit bremst. Diese Bremsenergie wird an den Widerständen in Wärme umgesetzt und ist verloren. Für die Richtungs- umkehr ist ein Umschalter notwendig. Oft ist ein weiterer Schalter für Fahrbetrieb (24 V) und Rangierbetrieb (12 V) eingebaut. Die Prinzipschaltung der Widerstandssteuerung zeigt Bild 1.

Diese Form der Steuerung ist vielfach bewährt, robust und zuverlässig. Die Einzelteile sind z.B. bei [www.knupfershop.de](http://www.knupfershop.de) für etwa € 290,- zu haben. Aber die Widerstandssteuerung hat auch Nachteile: Der Platzbedarf ist recht groß. Die Widerstände können warm werden, benötigen also Abstand und Belüftung. Und der Energieverlust durch den in Wärme umgewandelten Strom ist groß – die Batterien sind dementsprechend schneller leer. Sie ist nicht mehr zeitgemäß, aber eine Alternative für den, der Platz in seiner Lokomotive hat und/oder mit Elektronik nichts zu tun haben will.

## Die analoge elektronische Steuerung

Die analoge elektronische Steuerung spielt heute keine Rolle mehr und soll nur der Vollständigkeit halber kurz erwähnt werden. Dabei wurden meist mehrere Hochleistungstransistoren in die Motorzuleitung geschaltet und mehr oder weniger aufgeregelt. Wie bei der Widerstandssteuerung fällt somit mehr oder weniger Spannung über

den Transistor ab und die Geschwindigkeit verändert sich. Aber die erhebliche Verlustleistung am Transistor erfordert enorme Kühlflächen und der Wirkungsgrad ist sehr gering. Manchmal finden diese veralteten Steuerungen aus aus-ge-sond-er-ten elektrischen Rollstühlen Einsatz in Gartenbahnlokomotiven. Eine Prinzipschaltung zeigt Bild 2.

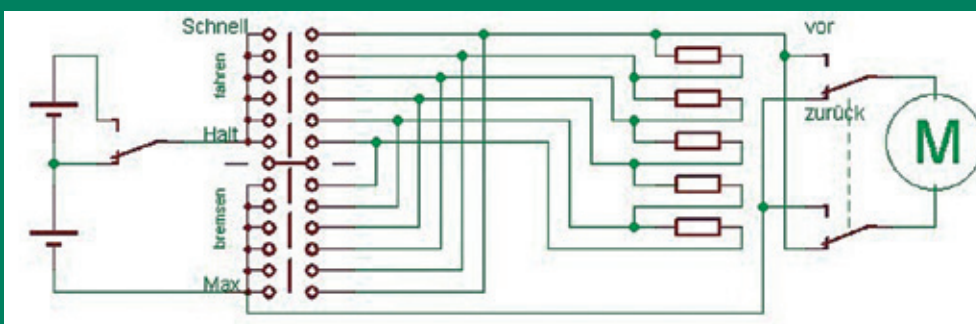


Bild 1: Klassische Widerstandssteuerung

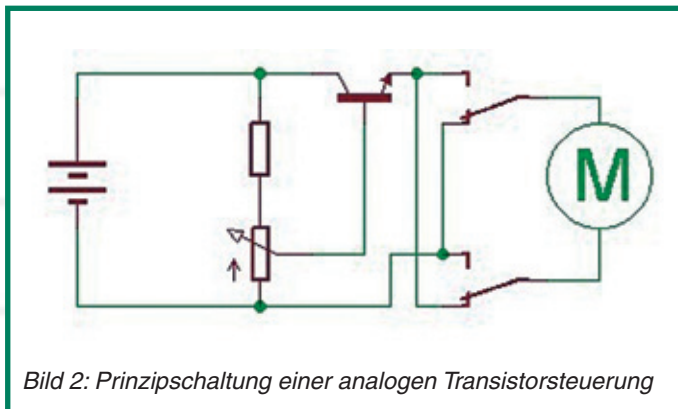


Bild 2: Prinzipschaltung einer analogen Transistorsteuerung

## Die Impulssteuerung

Die moderne und effektive Form der Steuerung von Elektromotoren ist die Impulssteuerung. Hierbei erhält der Motor keinen kontinuierlichen Strom, sondern einzelne, schnell aufeinanderfolgende Impulse. Da die Wicklung im Motor als Integrator wirkt, dreht sich der Motor bei richtiger Dimensionierung trotzdem kraftvoll und gleichmäßig. Das Besondere dabei ist, dass das schaltende Element (meist ein Feldeffekttransistor FET) in extrem kurzer Zeit ein- bzw. ausschaltet. Im Ein-Zustand ist der Transistor komplett durchgeschaltet. Es gibt also (fast) keinen Spannungsabfall – die Verlustleistung am Transistor ist extrem gering. Im Aus-Zustand fließt kein Strom, also auch keine Verlustleistung am Transistor. Eine Verlustleistung tritt nur dann auf, wenn der Transistor nur teilweise aufgesteuert ist. Dieser Umschaltvorgang dauert aber nur wenige Mikrosekunden – dadurch ist die resultierende Verlustleistung am Transistor sehr gering. Das hat zur Folge, dass statt der bei der analogen Steuerung notwendigen vielen parallelen Transistoren meist nur ein Transistor ausreicht und der Kühlkörper viel kleiner dimensioniert werden kann. Wie erfolgt nun die Geschwindigkeitsregelung? Die Höhe der Impulsspannung ist immer gleich (etwa Betriebsspannung oder null). Variabel ist aber die Breite dieser Impulse. Kommen breite (= lange) Impulse, dann läuft der Motor schneller, bei schmalen Impulsen langsamer. Die Breite der Impulse ist also entscheidend für die Motordrehzahl. Diese Art der Steuerung wird Pulsweitenmodulation (PWM) genannt (siehe dazu Bild 3). Die Häufigkeit der Impulse wird durch eine Steuerelektronik erzeugt. Diese sichert eine stufenlose, kontinuierliche Einstellung der Geschwindigkeit. Auch das Anfahrverhalten wird besser, denn auch im langsamen Betrieb bekommt

der Motor Impulse, deren Wert der vollen Betriebsspannung entspricht. Das ermöglicht einen kraftvollen Anlauf des Motors.

Oft wird bei den Impulssteuerungen gleich die Richtungsumkehr mit realisiert, so dass der Richtungswahlschalter entfallen kann. Das erfolgt bei älteren Modellen mit einem Relais, bei moderneren Lösungen durch eine 4-Quadranten-Brücke. Dabei wird der Stromfluss (Vorwärts/Rückwärts) durch die Aktivierung des jeweiligen Brückenzeiges ohne Einsatz von Relais eingestellt. Auf die schaltungstechnischen Details will ich hier nicht weiter eingehen.

Seit Jahren ist auf dieser Basis eine Steuerung aus England – die 4QD-Steuerung – in der Modellbahnerszene eingeführt. Sie ist u.a. bei [www.lok-waggonbau.de](http://www.lok-waggonbau.de) und bei [www.zeilsheimer-kleinbahn.de](http://www.zeilsheimer-kleinbahn.de) erhältlich. Die grundsätzliche Einsatzschaltung zeigt Bild 4.

Im Modellbaupark Markkleeberg bestand darüber hinaus seit geraumer Zeit ein Bedarf an Steuerungen, die moderner (sprich kleiner und flexibler) sind, wesentlich mehr Funktionen realisieren können und preiswerter sind. Die existierenden Steuerungen waren bisher ausschließlich auf die Standardfunktionen Vorwärtsfahrt und Rückwärtsfahrt sowie Signalhorn über ein Leistungsrelais ausgelegt. Wir wünschten uns mehr – insgesamt folgende Möglichkeiten:

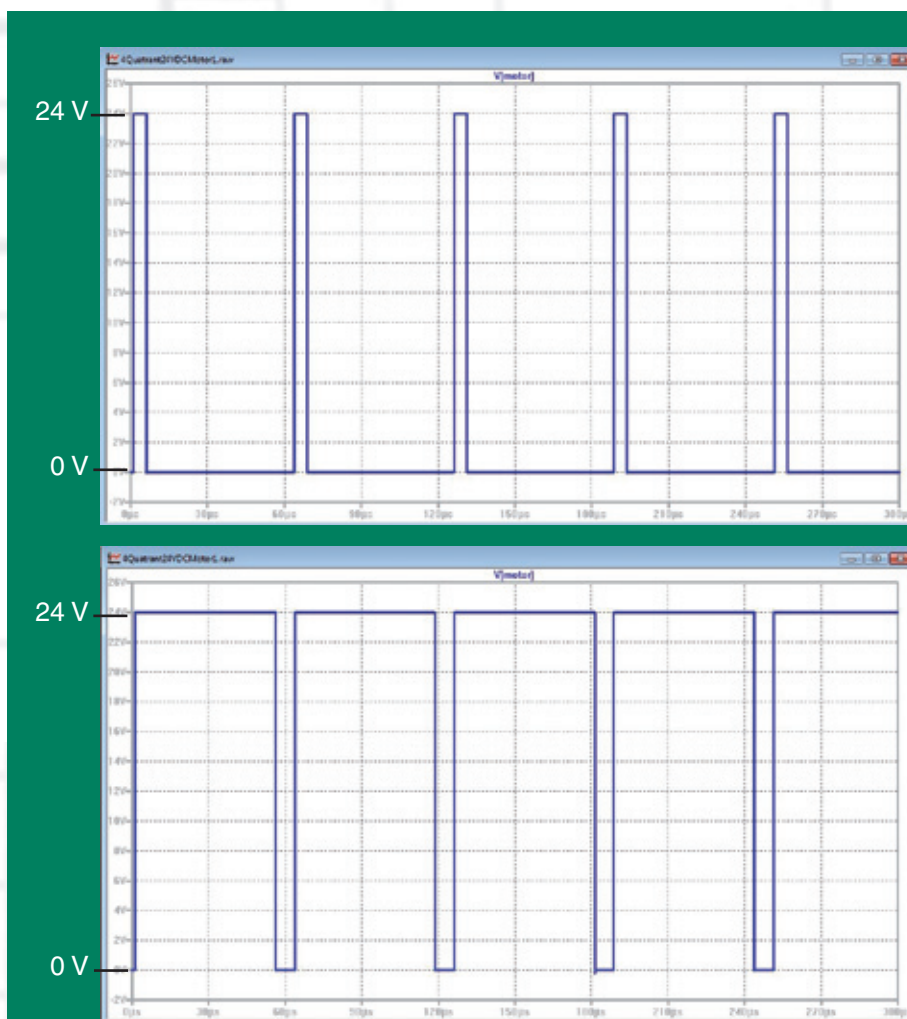


Bild 3: Der Zusammenhang zwischen Tastverhältnis und Motorgeschwindigkeit bei der Pulsweitensteuerung (PWM)  
Motorspannung bei 10% Tastverhältnis (oben) und bei 90% Tastverhältnis (unten)

- stufenlose Geschwindigkeitsregelung
- stufenloses Bremsen
- relaislose Ansteuerung eines Signalhorns
- relaisloses, richtungsabhängiges Schalten der Beleuchtung
- Totmannschaltung (kann deaktiviert werden)
- Reduzierung der Maximalgeschwindigkeit bei Bedarf (Kindermodus)
- Geschwindigkeitsanpassung bei Doppeltraktion
- Notbremsfunktion

und das Ganze flexibel – also auf Mikroprozessorbasis – und deutlich preiswerter als bisher verfügbare Produkte. Entstanden ist so in Zusammenarbeit mit der Firma RBM-Elektronik die Steuerung 4Q\_FAG. Wir verfügen nun über eine einheitliche, erprobte Steuerung für alle unsere elektrisch betriebenen Lokomotiven und sind überzeugt, die modernste momentan verfügbare Steuerung einsetzen zu können. Diese Steuerung ist nur 80 mm x 100 mm x 55 mm groß und die technischen Daten sind:

Eingangsspannung: 12 V bis max. 30 V Gleichspannung

4-Quadranten-Brücke: bis ca. 80 A Effektivstrom mit dem vorhandenen Kühlkörper belastbar, bei vergrößertem Kühlkörper bis mindestens 100 A Effektivstrom (theoretisch max. 190 A) belastbar.

- automatische Temperaturabschaltung bei Überhitzung der Brückentransistoren > 100 °C
- Anfahr- und Bremsrampe vorwärts/rückwärts
- Notbremsfunktion (maximale Bremswirkung ohne Rampe)
- Sicherheitsmechanismus für Potenziometerstellung beim Einschalten (der Regler liefert erst Strom, nachdem das Steuer-Potenziometer auf null gestellt und dann hochgeregelt wurde)
- Sicherheitsmechanismus bei Ausfall der Spannung (z.B. durch Kurzschluss). Der eingesetzte Rechner sperrt die 4-Quadranten-Brücke. Es kann erst wieder angefahren werden, nachdem das Steuer-Potenziometer auf null gestellt wurde.
- maximaler Strom für den Signalhornkompressor kurzzeitig 30 A
- Gesamtstrom für die Beleuchtung max. 1 A
- Totmannsignal nach 24 Sekunden für 3 s, Zwangsbremsung nach weiteren 3 Sekunden.
- Totmannschaltung abschaltbar

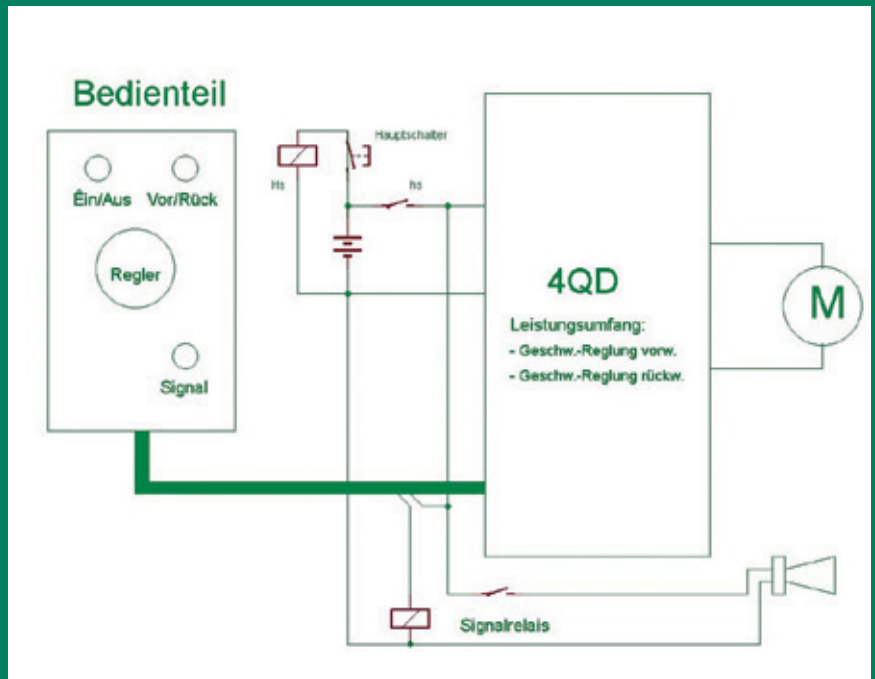


Bild 4: Prinzipschaltung und Einsatzmöglichkeiten der Steuerung 4QD

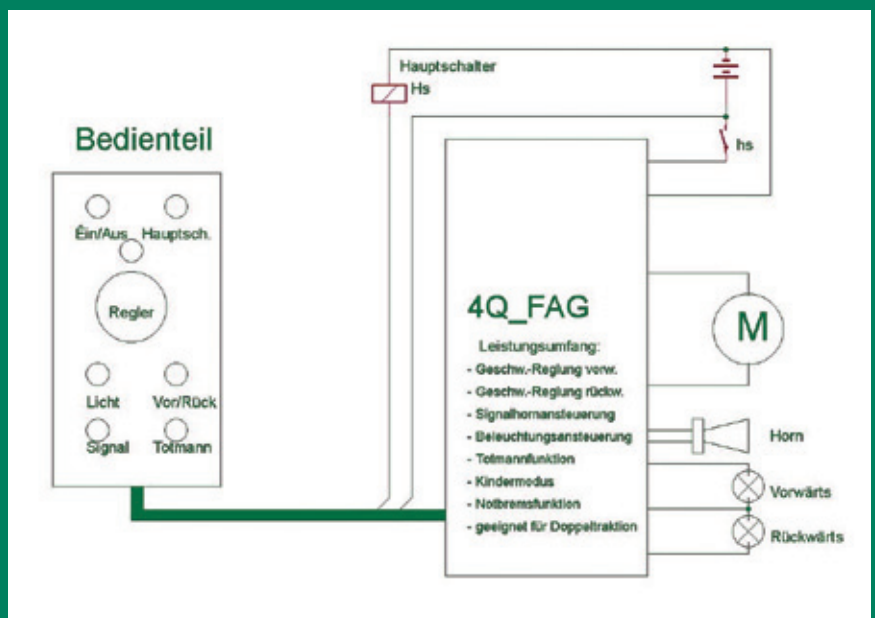


Bild 5: Prinzipschaltung und Einsatzmöglichkeiten der Steuerung 4Q\_FAG

- reduzierte Höchstgeschwindigkeit (Kindermodus) ca. 67 % der Maximalgeschwindigkeit
- Geschwindigkeitsanpassung bei Doppeltraktion über ein Potenziometer

Der größte Teil der Funktionen wird bei dieser Lösung durch einen kleinen Mikroprozessor realisiert. Der ist frei programmierbar, so dass wir ohne Änderungen an der Leiterplatte nur durch neue Software nahezu alle Funktionsparameter individuell einstellen können. Diese Lösung und die Tatsache, dass sie vollständig ohne Relais auskommt, hat auch den Materialaufwand und somit die Größe und den Preis positiv beeinflusst. Die grundsätzliche Einsatzschaltung der Steuerung 4Q\_FAG zeigt Bild 5.

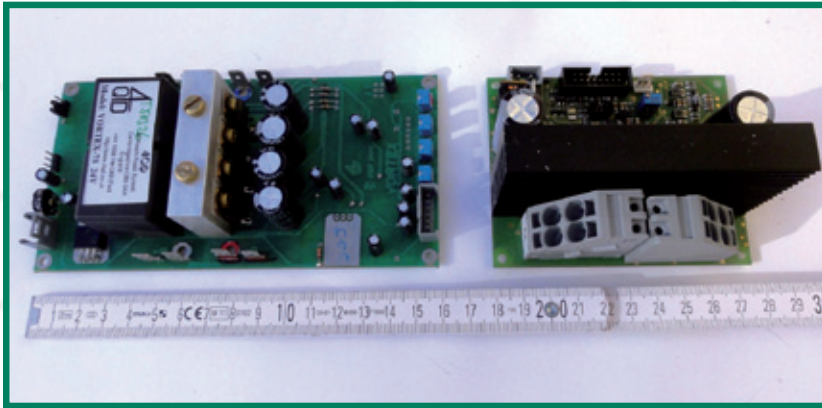


Bild 6: Vergleich der Steuerung 4QD (links) und 4Q\_FAG (rechts)

Wir haben eine Kleinserie zur Erprobung der Entwicklung hergestellt. Dieser neue Regler 4Q\_FAG hat seine Leistungsfähigkeit im harten täglichen Fahrbetrieb im Modellbaupark bewiesen und bewährt sich inzwischen in vielen unterschiedlichen Lokomotiven. Weitere Informationen dazu sind unter [webmaster@modellbaupark.de](mailto:webmaster@modellbaupark.de) erhältlich. Bild 6 zeigt die beiden Steuerungen 4QD und 4Q\_FAG im Vergleich.

## Die Ansteuerung

Bei der klassischen Widerstandssteuerung müssen die Bedienelemente in der Regel in der Lokomotive eingebaut

werden, da über die Kabel sehr große Ströme fließen. Alle elektronischen Lösungen haben den Vorteil, dass das Bedienteil abgesetzt betrieben werden kann. Meist besteht das Bedienteil aus einem kleinen Handgerät, was über ein Kabel mit der Lokomotive verbunden ist.

Alle modernen elektronischen Steuerungen verfügen über dieses kabelgebundene Steuerteil. Das ist zuverlässig und hat einen Sicherheitsvorteil: Wenn die Verbindung der Lok zum Zug abreißt, so zerreißt auch das Kabel oder der Stecker rutscht aus der Kupplung und die Lok bleibt stehen.

Zunehmend finden sich mittlerweile auch Freunde der Funkfernsteuerung. Diese ist (bei Einsatz guter Technik) inzwischen so zuverlässig geworden, dass deren Betrieb auch auf Publikumsanlagen vertretbar ist. Für die 4QD-Steuerung ist ein Funk-Erweiterungsmodul verfügbar, für unsere neue 4Q\_FAG ebenfalls. Unser Funkmodul deckt auch die genannten Zusatzfunktionen mit ab.

Ich hoffe mit dieser Gegenüberstellung der möglichen Steuerungen für personenbefördernde, elektrisch betriebene Gartenbahnen eine Entscheidungshilfe für diejenigen Modellbauer, die mit der Elektrik/Elektronik „auf Kriegsfuß“ stehen, gegeben zu haben.

## Anzeigen

### SBB Elektrolokomotive Re 420-230-5, Spur 5“



Unser neuestes Modell gezeigt am Hallendampftreffen in Karlsruhe vom 13.1.-15.1.2012

Art.Nr. 8500000 - 04, Re 4/4 II im Massstab 1:11, Spur 5 Zoll, LÜP 1401 mm, Breite 268 mm, Höhe 435 mm, Gesamtgewicht mit 2 Batterien 60 Ah: 150 kg, Fahrstanz mit einer Batterieladung auf relativ ebenem Gelände bis zu 100 km, Zugkraft ca. 20-30 Erwachsene Personen je nach Steigung, min. Kurvenradius 5 m.

Dieses Modell ist eine sehr genaue Nachbildung des Originals der Elektrolokomotive Re 4/4 II, welche von der SLM (Schweizerischen Lokomotivfabrik Winterthur) gebaut wurde. 273 Lokomotiven dieses Typs wurden zwischen 1964 und 1985 gebaut für die Schweizerische Bundesbahn SBB. Das Bild oben zeigt das Modell Re 420-230-5 aus dem Projekt LION. Es werden 30 Lokomotiven die bereits 40 Jahre im Einsatz standen, einer grossen Revision unterzogen und auf den S-Bahnen im Raume Zürich für weitere 20-30 Jahre zum Einsatz kommen. Das zeigt, dass diese Lokomotiven des Typ Re 4/4 II sehr zuverlässig und robust gebaut wurden.

Folgende Re 4/4 II - Modelle in 5-Zoll sind erhältlich:

**Grundausrüstung:**

**Bausatz:** mit Pos. 1-6 der Zusatzausrüstung : Art.Nr. 8500001 (nur Montage)

**Fertigmodell:** mit Pos. 1-6 der Zusatzausrüstung : 8500000, **Rot**

**Fertigmodell:** mit Pos. 1-6 der Zusatzausrüstung: 8500002, **Grün**

**Fertigmodell:** mit Pos. 1-6 der Zusatzausrüstung: 8500003, **Cargo**

**Fertigmodell:** mit Pos. 1-6 der Zusatzausrüstung: 8500004, **Rot/Schwarz**

Preise und Liefermöglichkeit bitte anfragen.

Erhältlich als Bausatz wie oben beschrieben, oder als Fertigmodell komplett montiert und lackiert, mit elektronischer Steuerung.

Weitere Infos unter: [www.orbetech.ch](http://www.orbetech.ch)

**ORBETECH AG, Keltenweg 6, CH- 6312 Steinhausen**

Tel. 0041 41 743 02 72, Fax 0041 41 743 02 74, mail: [info@orbetech.ch](mailto:info@orbetech.ch)

## Rohrwalzen

Tube Expanders  
Dudgeons

Wir beraten Sie gerne  
in allen Einwalzfragen.

**Wilhelm Schlechtriem e.K.**  
Parkstrasse 44  
D - 42857 Remscheid  
Telefon 02191 / 973323  
Fax 02191 / 973324  
[www.slechtriem.de](http://www.slechtriem.de)