

Die elektrisch betriebene Gartenbahn

Die Elektrifizierung der Gartenbahn zum Schnäppchenpreis

2. Teil Vorwärts/Rückwärts-Umsteuerung für 12/24 V Drehzahlsteller mit nur einer Motordrehrichtung. Die Umschaltung erfolgt aus Sicherheitsgründen nur beim stehenden Motor

von Dieter Werner, Hörstel

Die elektrisch betriebene Gartenbahn

Inhaltsverzeichnis

1	Vorwort	3
1.1	Schaltungsbeschreibung Relaisumschaltung	4
1.2	Funktionstabelle der Relaisumschaltung	4
1.2.1	Motor- und Relaisanschluss	5
1.2.2	Motorentstörung	5
1.2.3	Schalteranschluss	5
1.2.4	Absicherung	5
1.3	Schaltplan eines Drehzahlsteller mit der Relaisumschaltung	6
1.3.1	Stückliste Relaisumschaltung	7
1.4	Die Umschalt-Automatik	8
1.4.1	Schaltungsbeschreibung Umschalt-Automatik	8
1.4.2	12 V Drehzahlsteller	8
1.4.3	24 V Drehzahlsteller	8
1.4.4	Funktionstabelle der Umschalt-Automatik	9
1.4.5	Schaltplan Umschalt-Automatik	10
1.4.6	Stückliste Umschalt-Automatik	10
1.5	Nachbaubedingungen	11
1.6	© Copyright	11

1 Vorwort

In GARTENBAHNEN Heft 4/2005 hatte ich über die kostengünstige Elektrifizierung der Gartenbahn berichtet und darauf hingewiesen, dass der Drehzahlsteller nur für eine Motordrehrichtung ausgelegt ist. Ein handels-üblicher Drehzahlsteller mit nur einer Motordrehrichtung lässt sich in der Regel leicht auf die Vor-wärts/Rückwärts-Umsteuerung erweitern. Dazu ist nur ein Relais mit 2 Umschaltkontakten (alternativ zwei Relais mit jeweils 1 Umschaltkontakt) und ein einpoliger Schalter zum Schalten des Relais notwendig.

Das Problem bei der Umsteuerung ist, dass sich das Relais auch beim drehenden Motor umschalten lässt. Macht man das bei hohen Motorumdrehungen, dann kracht es gewaltig, Totalausfall des Drehzahlstellers, Kabelbrände, Motor- und Getriebeschäden können die Folge sein. Damit das nicht passiert, habe ich eine kleine elektronische Schaltung entwickelt, die das verhindern soll.

Die elektrisch betriebene Gartenbahn

1.1 Schaltungsbeschreibung Relaisumschaltung

Die Schaltung wurde so ausgelegt, dass sie sowohl an 12 V als auch an 24 V Drehzahlsteller angeschlossen werden kann. Mit dem Spannungsregler IC1 wird die Versorgungsspannung der Elektronik auf 9 V stabilisiert. Das Herzstück der Schaltung ist das IC2 vom Typ CD 4042. Es ist ein „Transparent Latch“ mit 4 Dateneingängen, von denen aber nur ein Dateneingang benutzt wird. Die 3 unbenutzten Dateneingänge liegen auf Masse. Das Transparent Latch merkt sich die Datenvorgabe am Eingang Pin 4 (Schalterstellung von S1), leitet die Information aber erst dann auf seinen Ausgang weiter, wenn die Datenfreigabe am Eingang Pin 5 (stehender Motor) das erlaubt. Solange die Datenfreigabe ausbleibt, wird die gespeicherte Datenvorgabe (alte Schalterstellung von S1) am Ausgang Pin 2 beibehalten. Pin 6 legt die Polarität der Datenfreigabe fest.

Die Motorspannung wird am Drain des FET-Transistors T (Endstufe im Drehzahlsteller) mit R1 abgegriffen, mit T1, T2, R2, R3, R4, C8 aufbereitet und dem IC2 am Pin 5 als Datenfreigabe zugeführt. Am Pin 2 liegt das Ausgangssignal an, das T3 zur Ansteuerung für das 2pol Umschaltrelais verstärkt. Mit dem IC2 und seiner Beschaltung ist sichergestellt, dass die Umschaltung vom Schalter S1 beim laufenden Motor erst beim Motorstopp erfolgt. Auch wenn der Potiknopf am Drehzahlsteller auf neutral gestellt wird, solange sich der Motor noch dreht erfolgt keine Umschaltung. In diesem Fall wird der Motor als Generator benutzt um die Sperrung der Datenfreigabe an Pin 5 zu generieren. Der Ruhestrom der Elektronik ist in nur ca. 5 mA (Richtung vorwärts, das Umschaltrelais hat nicht angezogen).

1.2 Funktionstabelle der Relaisumschaltung

Mit der Datenvorgabe vom Schalter S1 (Pin 4 IC2) und der Datenfreigabe vom Motor (PIN 5 IC2) sind folgende Zustände möglich:

Motor Schalter S1 (IC2 Pin 4) Auswirkung auf Relais und Motordrehrichtung

Steht Minus Ausgeschaltet, Richtung vorwärts.

Steht Plus Eingeschaltet, Richtung rückwärts.

Dreht War Minus, bleibt Minus War ausgeschaltet und bleibt auch beim Stillstand des Motors ausgeschaltet. War Richtung vorwärts bleibt vorwärts.

Dreht War Plus, bleibt Plus War eingeschaltet und bleibt auch beim Stillstand des Motors eingeschaltet. War Richtung rückwärts bleibt rückwärts.

Dreht War Minus, jetzt Plus Bleibt bis zum Stillstand des Motors ausgeschaltet und wird dann eingeschaltet. War Richtung vorwärts jetzt rückwärts.

Dreht War Plus, jetzt Minus Bleibt bis zum Stillstand des Motors eingeschaltet und wird dann ausgeschaltet. War Richtung rückwärts jetzt vorwärts.

Die elektrisch betriebene Gartenbahn

1.2.1 Motor- und Relaisanschluss

Beim Motoranschluss ist darauf zu achten, dass sich der Motor beim abgefallenen Relais in Vorwärtsrichtung dreht. Den Zustand habe ich im Schaltplan dargestellt. Tipp: Elektromotoren haben eine Vorzugsdrehrichtung, die in den Datenblättern mit Blickrichtung auf die Antriebswelle angegeben ist. Deshalb sollte der Motor so im Fahrzeug eingebaut sein, dass er bei Vorwärtsfahrt mit seiner Vorzugsdrehrichtung betrieben wird.

Die Relaispulenanschlüsse an F1 und T3 lassen sich verlängern, die Schutzdiode D1 muss dabei so kurz wie möglich über die Relaispule angeschlossen sein. Tipp: Immer die Relaispulenanschlüsse verlängern und niemals die Motoranschlüsse zu den Relaiskontakten. Das Relais muss deshalb in unmittelbarer Nähe der Motoranschlüsse befestigt werden. Die Motoranschlüsse zum Relais und die Verdrahtung der Relaiskontakte sind mit entsprechend dicken Kabeln so kurz wie möglich herzustellen, um Spannungsabfälle an den Kabeln zu vermeiden. Hierzu eignen sich hochflexible Lautsprecherkabel mit einem Querschnitt von 4 - 25 mm² je nach Motorstrom. In früheren Ausgaben von GARTENBAHNEN hatte ich unter der Rubrik „Die elektrisch betriebene Gartenbahn“ ausführlich über die Berechnung entsprechender Kabelquerschnitte berichtet.

1.2.2 Motorentstörung

Die 3 Kondensatoren C1 - C3 sind Entstörkondensatoren, sie können bereits am Motor angeschlossen sein. Evtl. sind auch Kondensatoren mit anderen Werten angeschlossen, das ist egal. Wichtig ist, sie sind vorhanden. Tipp: Die 3 Kondensatoren müssen so nahe wie möglich am Motorgehäuse und den Motoranschlüssen angelötet sein, dazu sind die Anschlussdrähte der Kondensatoren auf minimale Länge zu kürzen.

1.2.3 Schalteranschluss

Zur einfacheren Bedienung lassen sich die 3 Schalteranschlüsse von S1 auf ca. 2 Meter aus der Schaltung herausführen, dabei sind die drei Anschlusslitzen zu verdrillen. Achtung: R5 und C9 müssen unbedingt direkt am Eingang Pin 4 vom IC2 angeschlossen bleiben, sie dürfen nicht mit dem Schalter S1 aus der Schaltung herausgeführt werden.

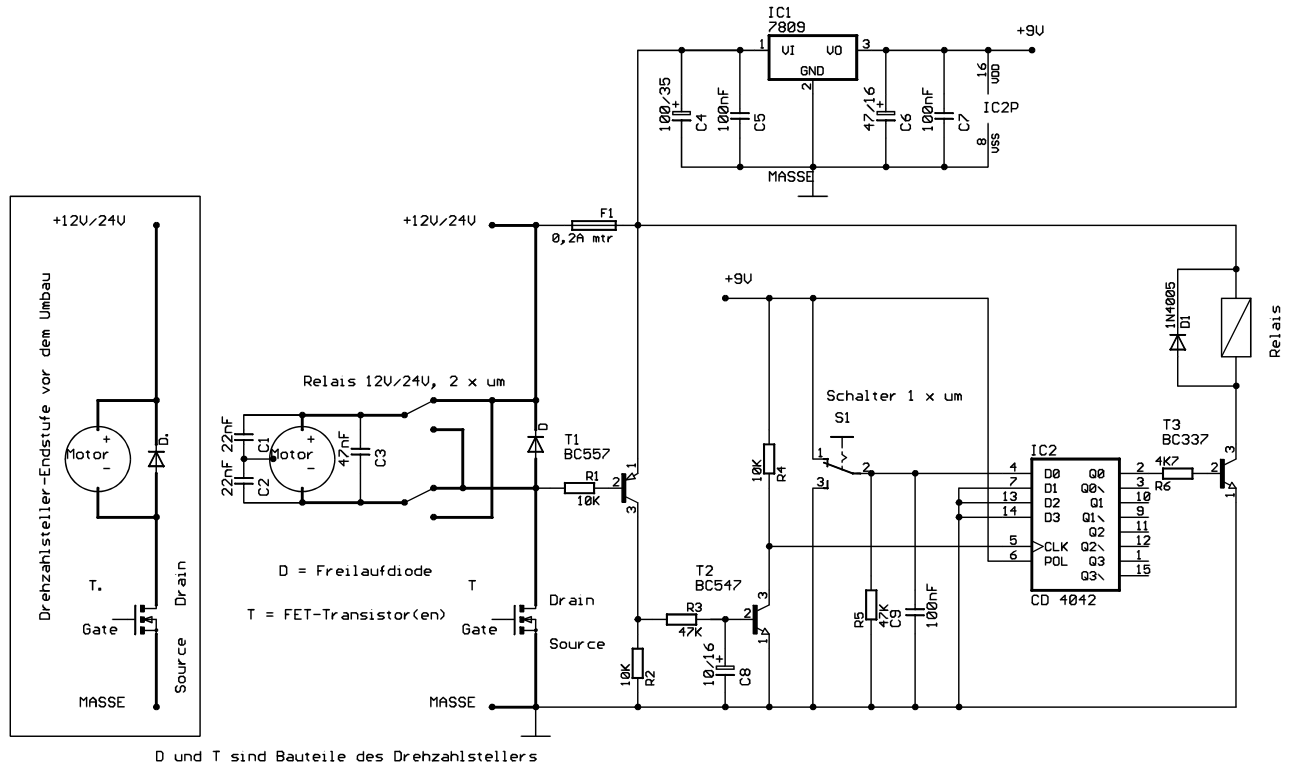
1.2.4 Absicherung

Die Sicherung F1 schützt die Elektronik, sie wird im Normalfall nie ausgelöst. Wenn aber das Relais angezogen hat (rückwärts) und aus irgendeinem Grund gibt es einen Kurzschluss in der Elektronik (die Sicherung F1 wird ausgelöst), dann fällt das angezogene Relais ab und der Motor wird sofort auf vorwärts umgeschaltet. Das gleiche kann auch bei einem Wackelkontakt der Elektronik passieren. Die aus der Relaisumschaltung beim laufenden Motor resultierenden Folgen hatte ich im Vorwort ausführlich beschrieben. Darum ist unbedingt auf einen sicheren Aufbau der Schaltung zu achten.

Die elektrisch betriebene Gartenbahn

1.3 Schaltplan eines Drehzahlsteller mit der Relaisumschaltung

Vorwärts/Rückwärts-Relaisumsteuerung nur bei Stillstand des Motors
(C) by Dieter Werner, Ostring 9, 48477 Hörstel, Tel 05454-99858



Hinweis

Jeder Drehzahlsteller ist anders aufgebaut, deshalb ist die Schaltung evtl. nicht an alle Drehzahlsteller anschließbar. Wenn die Endstufe des Drehzahlstellers der linken eingerahmten Skizze entspricht, dann sollte es klappen.

Die elektrisch betriebene Gartenbahn

1.3.1 Stückliste Relaisumschaltung

1 Spannungsregler 7809 IC1
1 Transparent Latch CD 4042 IC2
1 Diode 1N4005 D1
1 Transistor BC 557 T1
1 Transistor BC 547 T2
1 Transistor BC 337 T3
2 Vielschichtkondensator 22 nF C1, C2, sind evtl. schon vorhanden
1 Vielschichtkondensator 47 nF C3, ist evtl. schon vorhanden
3 Vielschichtkondensator 100 nF C5, C7, C9
1 Elko 100 uF/35 V C4
1 Elko 47 uF/16 V C6
1 Elko 10 uF/16 V C8
3 Metallschicht Widerstand 10K R1, R2, R4
2 Metallschicht Widerstand 47K R3, R5
1 Metallschicht Widerstand 4K7 R6
1 Feinsicherung 0,2 A mtr F1
2 Sicherungshalter zum Einlöten
1 IC Fassung 16polig
1 Schalter 1 x um
1 Relais 12 V, 2 x um, oder 24 V, 2 x um, Leistung nach Motorstrom
oder
2 Relais 12 V, 1 x um, oder 24 V, 1 x um, Leistung nach Motorstrom
1 kleine Lochrasterplatine zum Aufbau der Schaltung
1 kleines Kunststoffgehäuse zum Einbau der Schaltung
1 Litze 3adrig, für den Schalter S1
1 Litze 2adrig, für den Anschluss der Relaispule
Flexible Lautsprecherkabel Querschnitt nach Motorstrom, zur Verdrahtung der
Relaiskontakte und für den Motoranschluss

Die elektrisch betriebene Gartenbahn

1.4 Die Umschalt-Automatik

Um es gleich vorweg zu sagen, für den Aufbau und den Anschluss der Umschalt-Automatik an den Drehzahlsteller benötigt man fundierte elektronische Kenntnisse, denn die Umschalt-Automatik greift in die Drehzahlsteller-Elektronik ein und kann den Drehzahlsteller bei falscher Ansteuerung zerstören. Da es keine einheitliche Ansteuerung der Drehzahlsteller-Endstufe gibt, sind Bericht und Schaltplan lediglich ein Hinweis wie man es machen kann. Den Schaltplan habe ich so erstellt, wie ich die Umschalt-Automatik an drei 12 V Drehzahlstellern mit Erfolg getestet habe.

Bei der Relaisumschaltung lässt sich das Relais mit dem Schalter S1 nur dann umschalten wenn der Potiknopf am Drehzahlsteller auf neutral gestellt wird und auch der Motor sich nicht mehr dreht. Um zur Relaisumschaltung den Potiknopf am Drehzahlsteller nicht erst auf neutral zu stellen und zu warten bis der Motor steht, habe ich als Erweiterung die Umschalt-Automatik entwickelt.

Wird mit der Umschalt-Automatik bei einer beliebigen mit dem Potiknopf am Drehzahlsteller eingestellten Motordrehzahl das Relais mit dem Schalter S1 betätigt, dann unterbricht die Umschalt-Automatik das Taktsignal zur Drehzahlsteller-Endstufe und der Motor wird ausgeschaltet. Wenn der Motor steht, wird das Relais automatisch umgeschaltet und der Motor dreht dann wieder in die vom Schalter S1 vorgegebene Drehrichtung mit der Drehzahl die vom Potiknopf am Drehzahlsteller vorgegeben war.

1.4.1 Schaltungsbeschreibung Umschalt-Automatik

Das IC1A ist ein 4fach XNOR-Gatter vom Typ CD 4077 mit jeweils 2 Eingängen, von dem nur ein Gatter ($\frac{1}{4}$ IC) benutzt wird. Alle anderen unbenutzten Eingänge des IC's (Pin 5, 6, 8, 9, 12 und 13) sollten zur Störunterdrückung auf Plus gelegt werden. Die beiden Eingänge vom IC1A vergleichen die Spannungen am IC2 Pin 2 (Ausgang) und Pin 4 (Schalterstellung von S1) der Relaissteuerung. Der Ausgang von IC1A Pin 3 steuert den Transistor T1 an, der das Taktsignal an die Endstufe des Drehzahlstellers (T) durchlässt oder unterbricht. Der Widerstand R1 legt die definierte Abschaltung der Endstufe beim nicht angesteuerten Transistor T1 fest. Die beiden Inverter INVA und INVB sorgen für die notwendige Polarität und gute Flankensteilheit des Taktsignals am Gate des Endstufentransistors T.

1.4.2 12 V Drehzahlsteller

Beim 12 V Drehzahlsteller kann man als Inverter INVA und INVB z.B. ein CD 4093 einsetzen (4fach NAND SCHMITT-TRIGGER mit jeweils 2 Eingängen). Beim Einsatz für INVA und INVB sind vom CD 4093 die bei-den Eingänge vom Gatter 1 und 2 jeweils parallel zu legen. Zur Verbesserung der Flankensteilheit am Gate des Endstufentransistors T sind alle 3 Anschlüsse der Gatter 3 und 4 parallel zum Gatter 2 (INVB) zu legen. Achtung: Dioden, Zenerdioden oder Transildioden zur Spannungsbegrenzung und Schutz des Endstufen-transistors T sind nicht im Schaltplan dargestellt.

1.4.3 24 V Drehzahlsteller

Beim 24 V Drehzahlsteller kann man für INVA und INVB kein CMOS IC wie z. B. das CD 4093 (max. 18 V) als Inverter einsetzen. Hier sollte man 2 NPN Transistoren mit Basis und Kollektorwiderständen einbauen. Beim Einsatz von Transistoren ist unbedingt auf gute Flankensteilheit des Taktsignals am Gate des Endstufentransistors T zu achten (am Oszilloskop prüfen). Tipp: Eine sehr gute Flankensteilheit zur Ansteuerung des Endstufentransistors T erhält man z. B. durch das Zusammenschalten von einem NPN und einem PNP Transistor, wie im rechten Rahmen dargestellt. Achtung: Dioden,

Die elektrisch betriebene Gartenbahn

Zenerdioden oder Transildioden zur Spannungsbegrenzung und Schutz des Endstufentransistors T sind nicht im Schaltplan dargestellt.

Achtung: Je nach Aufbau des Drehzahlstellers kann statt dem XNOR-Gatter IC1A auch ein XOR-Gatter vom Typ CD 4070 und statt der 2 Inverter INVA und INVB können auch 2 nichtinvertierende Buffer erforderlich sein, siehe Logiktablelle des CD 4070 (XOR) und CD 4077 (XNOR).

Logiktablelle IC1A CD 4070 (XOR) und CD 4077 (XNOR) der Umschalt-Automatik

IC2 Pin 2	IC2 Pin 4	IC1A, XOR CD 4070 Ausgang Pin 3	IC1A, XNOR CD 4077 Ausgang Pin 3
Plus	Plus	0 V	Plus
0 V	0 V	0 V	Plus
Plus	0 V	Plus	0 V
0 V	Plus	Plus	0 V

1.4.4 Funktionstabelle der Umschalt-Automatik

Motor Schalter S1 (IC2 Pin 4) Auswirkung auf Relais und Motordrehrichtung

Steht Minus Ausgeschaltet, Richtung vorwärts.

Steht Plus Eingeschaltet, Richtung rückwärts.

Dreht War Minus, bleibt Minus War ausgeschaltet und bleibt auch beim Stillstand des Motors ausge-schaltet. War Richtung vorwärts bleibt vorwärts.

Dreht War Plus, bleibt Plus War eingeschaltet und bleibt auch beim Stillstand des Motors eingeschaltet. War Richtung rückwärts bleibt rückwärts.

Dreht War Minus, jetzt Plus Der Motor wird zum Stillstand gebracht, dann wird automatisch das Relais eingeschaltet und der Motor wird wieder auf die mit dem Potiknopf am Drehzahlsteller vorgegebene Drehzahl beschleunigt. War Richtung vorwärts jetzt rückwärts.

Dreht War Plus, jetzt Minus Der Motor wird zum Stillstand gebracht, dann wird automatisch das Relais ausgeschaltet und der Motor wird wieder auf die mit dem Potiknopf am Drehzahlsteller vorgegebene Drehzahl beschleunigt. War Richtung rückwärts jetzt vorwärts.

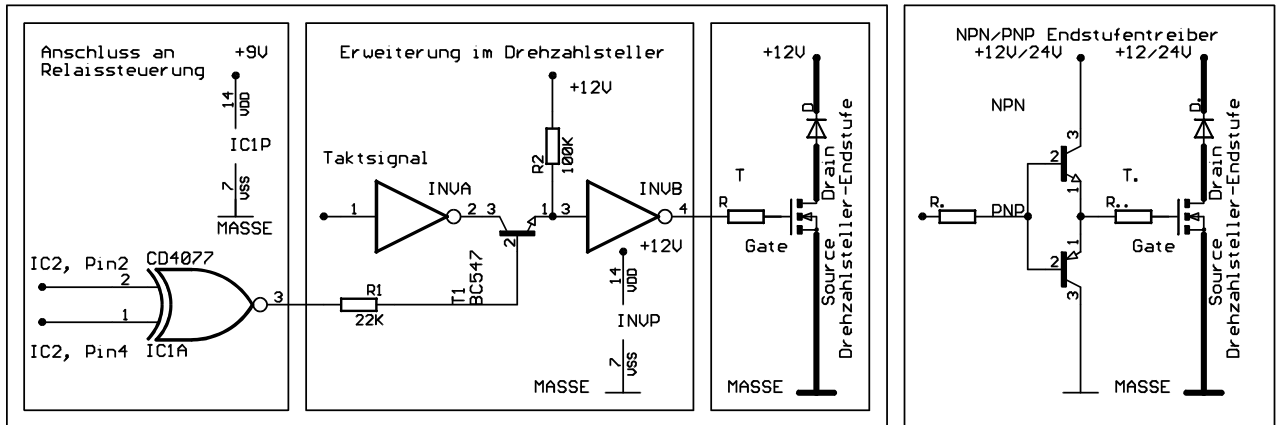
Hinweis: Die Umschalt-Automatik beschleunigt nach dem Umschalten von S1 und stehendem Motor, den Motor sofort wieder auf die vom Potiknopf am Drehzahlsteller vorgegebene Drehzahl. Eine langsame, rampenartige Beschleunigung der Drehzahl ist nur mit einigem elektronischen Aufwand zu erreichen. Die ausführliche Beschreibung der elektronischen Rampenbeschleunigung würde den Rahmen dieses Berichtes sprengen, zumal jeder Drehzahlsteller anders aufgebaut ist.

Die elektrisch betriebene Gartenbahn

1.4.5 Schaltplan Umschalt-Automatik

Erweiterung Umschalt-Automatik

(C) by Dieter Werner, Ostring 9, 48477 Hörstel, Tel 05454-99858



1.4.6 Stückliste Umschalt-Automatik

1 Metallschichtwiderstand	22K	R1
1 Metallschichtwiderstand	100K	R2
1 Transistor	BC 547	T1
1 XNOR IC	CD 4077	IC1A, siehe Logiktablelle und Text oder
1 XOR IC	CD 4070	IC1A, siehe Logiktablelle und Text oder
2 Inverter, z.B.	CD 4093	INVA und INVB, siehe Text oder
2 nicht invertierende Buffer		Siehe Text

Die elektrisch betriebene Gartenbahn

1.5 Nachbaubedingungen

Der Bericht und die Schaltpläne verstehen sich als Tipp ohne jegliche Gewähr. Die Schaltpläne wurden nicht nach den geltenden VDE, CE, EMV und den sonstigen vom Gesetzgeber vorgeschriebenen Normen entwickelt und geprüft. Die Schaltungen werden nur für den privaten ideellen Nachbau freigegeben, eine kommerzielle Nutzung wird ausdrücklich untersagt. Der Ersteller der Anlage muss eine Fachkraft sein, die vor dem Einbau die Schaltungen auf sichere und gefahrlose Funktion gem. den geltenden Vorschriften prüft. Der Ersteller der Anlage trägt allein das gesamte Risiko des Einbaus und des Einsatzes.

1.6 © Copyright

Trotz der Veröffentlichung bleibt mir das © Copyright an diesem Bericht allein und uneingeschränkt vorbehalten. Eine Nutzung meines Berichtes, auch auszugsweise, benötigt für jegliche Art der Publikation mein schriftliches Einverständnis.

Diesen Bericht veröffentlichte ich bereits in der Zeitschrift GARTENBAHNEN in Heft 1/2006.

Bei Fragen helfe ich gerne weiter.

Dieter Werner
Ostring 9
48477 Hörstel-Riesenbeck
Tel 05454-99858
Ausland Tel +5454-99858

Mai 2005