

Dreifahrzeugbetrieb auf der Carrera Servo – die Zweite

Lange habe ich mit der Dreifahrzeug-Lösung von Helmut geliebäugelt, habe immer wieder vorgehabt, mir das ganze einmal nachzubauen, letztendlich aber mit vielen Ideen aus Helmut's Lösung meine eigene Lösung gefunden, die ich Euch hier so gut es geht vorstellen möchte. Vielleicht hat der eine oder andere ja Spaß daran und möchte seine Bahn entsprechend umbauen.

Ich stelle hier ausschließlich meine gebastelten Lösungen vor. Diese sind natürlich nicht original Carrera, auch am Namen habe ich keine Rechte. Jeder Umbau geschieht auf eigene Verantwortung, für die ich keine Haftung oder Garantie übernehme. Schade, dass man heutzutage auf sowas hinweisen muss. Jetzt aber zum Inhalt:

Zunächst einmal sei gesagt, dass ich alle bisherigen Funktionen beibehalten konnte. Es fahren weiterhin etliche Hindernis-Fahrzeuge auf beiden Spuren, der originale Racing-Computer ist eingebunden und verwaltet jetzt drei statt zwei Fahrzeuge (mit Ausnahme der Stromabschaltung bei erreichter Rundenzahl für die 3. Spur, dafür verfügt der Computer über keine Anschlüsse). Die Fahrzeuge müssen nicht umgebaut werden, jedes Servo-Fahrzeug bleibt kompatibel, lediglich für die Spur C müssen die Schleifer entsprechend getauscht werden, beide in Fahrtrichtung nach rechts weisend.

Die Hindernis-Autos werden mit einer Adapterschiene je Spur mit der Schleiferstellung nach links weisend je Fahrbahnseite getrennt mit Strom versorgt (siehe Helmut's Homepage). Wie schon erwähnt, eine Verbindung linke Spur mit rechter Spur muss konsequent vermieden werden, sonst klappt das ganze System nicht mehr. Da wo es nicht anders geht, helfen Schottky-Dioden, dazu aber mehr im Kapitel 7 beim Umbau der Tankstelle.

Die Drücker werden umgebaut, um von der störanfälligen Kontaktplatine im Inneren weg zu kommen – die originale Optik und das Fahrgefühl bleiben, nur die inneren Werte werden angepasst. Die Kabellänge kann dabei natürlich beliebig angepasst werden. Und zu guter Letzt ist auch die originale Tankstelle mit einer eigenen Boxengassenlösung eingebaut, die die Probleme der originalen Lösung (Auffahrunfälle beim Tanken, man steht den Hindernis-Autos im Weg usw.) nachhaltig löst, die 3. Spur, also Fahr-Mode C ist aktuell noch in Arbeit.

Gleichzeitig habe ich eine neue Zeitmessung aufgestellt, die ein bisschen zeitgemäßer als der Computer ist und mit Android, Apple, Tablet, PC usw. funktioniert und auf mobilen Endgeräten auch wie eine App eingebunden werden kann. Trotzdem funktioniert der originale Computer natürlich parallel weiter und wird gleichzeitig von der angepassten Kontakt- bzw. Zeitmess-Schiene mit Informationen versorgt.

Sämtliche Daten, Infos, Apps und Quelltexte stelle ich Euch natürlich zur Verfügung.

Da ich hier gleichzeitig viele Themen angehe komme ich um paar Überschriften der Themen nicht drum rum:

1. Grundlagen und Ideen von Helmut
2. Umbau Stromschiene und Hindernis-Adapter
3. Umbau Drücker, Schalteinheit mit Arduino

Wer es bis hierhin geschafft hat, kann mit drei Autos und Hindernisfahrzeugen fahren. Der große Spaß beginnt aber hier erst:

4. Zeitmessung Kontaktschiene Umbau auf 3 Spuren A/B/C
5. Zeitmessung Racing Computer 3 Spuren
6. Zeitmessung mit Tablet/ PC
7. Einbindung und Anpassung Tankstelle, Boxengasse

An der Einbindung einer zweiten Zapfsäule, die die Spur C dann noch bedienen kann arbeite ich aktuell noch, die Stromflüsse werden mit jeder Erweiterung nicht unbedingt einfacher und übersichtlicher :-)

Und als kleine Stand-Alone Lösung habe ich noch ein kleines Schmankerl im Angebot:

8. Kleines Gimmik.. für alle, die noch nicht genug gebastelt haben

Grundlagen und Ideen von Helmut

Zunächst mal zu den Ideen und den Grundlagen von Helmut, wie eine Servo mit drei Fahrzeugen überhaupt funktionieren kann, ihm und seiner Homepage habe ich die Idee zu verdanken und auf seine Ideen baue ich hier auf.

<https://www.servospeedway.de/Basteleien/DFB-Technik/dfb-technik.html>

Wichtig ist, dass auf der gesamten Strecke alle Verbindungen zwischen den 8 Leitern entfernt werden. Im Original sind über die Stromanschluss-Schiene folgende Leiter miteinander verbunden: 1-5, 2-6, 3-7, 4-8. Das sorgt dafür, dass in der originalen Ansteuerung der Fahrzeugstrom für die Spuren A und B immer auf beiden Bahnseiten gleichzeitig anliegt und nur die Polung geändert wird.

Für den Betrieb mit drei Fahrzeugen ist es zwingend erforderlich, dass der Strom für die jeweilige Spur nur auf der Seite der Fahrbahn anliegt, auf der das Fahrzeug auf bewegt wird und fahren soll.

Wie Helmut schon geschrieben hat, ist hier aber das große Problem in der Umsetzung versteckt. Um die Spur zu wechseln kann man nicht die Polung am Fahrzeug-Motor umdrehen und einfach gleichzeitig auf die andere Spur umschalten, dann bleibt das Auto einfach stehen. Die Einhaltung gewisser Schaltzeiten ist unabdingbar.

In der Praxis sieht der Spurwechsel von links nach rechts beim Dreifahrzeug-Betrieb wie folgt aus, Beispiel für Spur B, breite Leiter, die Leiter sind in Fahrtrichtung von von links aus gezählt mit (1)-(8) durchnummeriert:

- Strom liegt für B nur an der linken Fahrbahnseite an, Plus auf (1) und Minus auf (4)
- Das Lenkrad wird auf rechts gedreht, der Mikroschalter im Drücker (siehe Kapitel 3 gibt den Impuls auf die rechte Fahrbahnseite wechseln zu wollen
- Die Polung auf der linken Fahrbahnseite wird umgedreht (erstes Relaisklicken), der Motor dreht entsprechend andersrum, die Lenkung schlägt nach rechts ein, das Fahrzeug beginnt den Spurwechsel, Minus liegt in dem Moment auf (1) und Plus auf (4)
- Wenn das Auto die Leitplanke verlassen hat, wird der Bahnstrom der linken Fahrbahn abgeschaltet, pauschal nach derzeit noch 200 msec. (zweites Klicken, die finalen Einstellwerte muss ich noch rausfahren, wie weit man hier die Dauer reduzieren kann)
- In diesem Moment ist die Fahrzeugspur B auf beiden Seiten komplett stromlos, kein Problem, das Auto schafft den Spurwechsel so oder so durch das Freilaufgetriebe wie im normalen 2-Fahrzeug-Modus frei rollend.

- 80 msec später schalten die Relais das dritte Mal hörbar und der Bahnstrom wird auf die rechte Fahrbahn geschaltet, die bestromte rechte Fahrbahnseite erwartet das Fahrzeug und es geht direkt Vollgas weiter, sobald das Auto an der Leitplanke angekommen ist. Die Polung ist dann Minus auf (5) und Plus auf (8).
- Damit ist der Spurwechsel abgeschlossen, sobald man auf links lenkt, geht der Prozess entsprechend von vorne los. Die Spuren A und C funktionieren nach demselben Prinzip.

Umbau Stromschiene und Hindernis-Adapter

Ich empfehle dringend an verschiedenen Stellen der Bahn eine 8-adrige Zusatzeinspeisung vorzusehen, dass man überall genug Strom und Kontakt auf der Bahn hat. Dabei natürlich darauf achten, dass man immer nur Leiter (1) mit Leiter (1) usw. verbindet, klar, die Trennung der 8 Leiter in einzelne Leiter darf man natürlich nicht durch die Zusatzeinspeisung anfassen.

Die Stromschiene und der Anschluss der Hindernis-Adapter ist ausführlich auf Helmut's Homepage beschrieben, alle Brücken zwischen Leiter (1) und (5), (2) und (6) usw. müssen raus, jede Fahrspur bekommt einen eigenen Anschlussblock für die Hindernisfahrzeug-Stromversorgung.

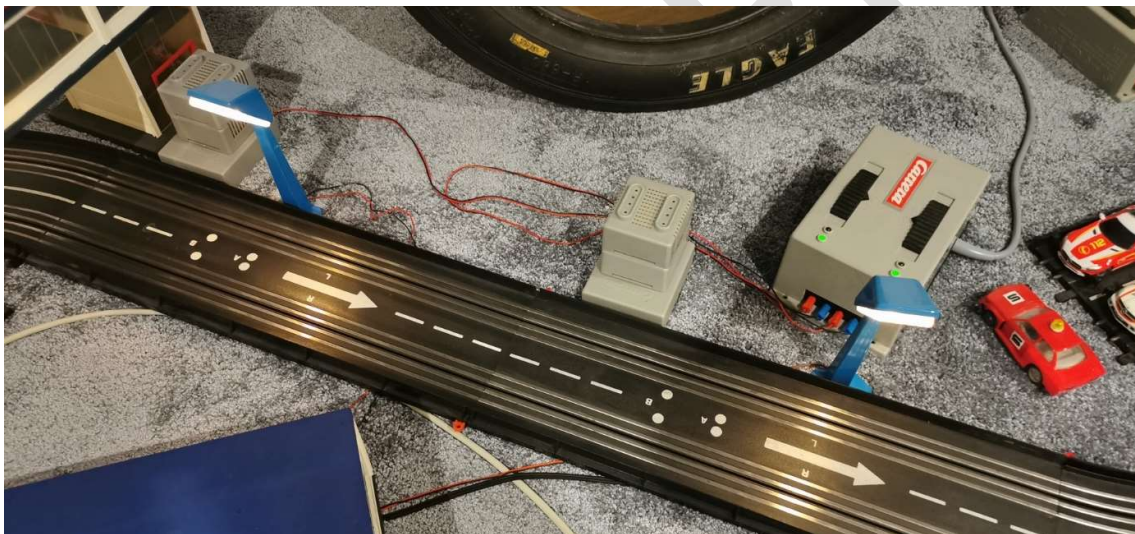


Abbildung 1: Versorgung Hindernis-Fahrzeuge - 2 Adapter, 2 Spuren

Ich habe mir eine eigene Anschluss-Schiene gebastelt, an der alle 3 Drücker angeschlossen sind, wie man das umsetzt ist natürlich jedem frei überlassen, man kann auch an verschiedenen Stellen der Bahn Anschluss-Schienen einsetzen, es geht ja nur darum die von den Arduinos gesteuerten Spannungen auf die Leiter zu bekommen. Wo das passiert ist schlichtweg egal.



Abbildung 2: neue Anschlusschiene mit 3 Drückern

Umbau Drücker und Schalteinheit mit Arduino

Um die beschriebenen Abläufe und Zeiten beim Wechseln der Spur einhalten zu können habe ich mit der Programmierung von kleinen Arduinos begonnen. Die Teile gibt es incl. der nötigen Relaiskarten z.B. bei Roboter-Bausatz.de zu kaufen, der Quelltext ist im Anhang, auf die Programmierung bzw. wie man den Quelltext auf die Arduinos bekommt gehe ich hier nicht ein, den Quelltext gibt's unten im Anhang zum Aufspielen, weiter entwickeln oder oder oder.

Trotzdem ein kleiner Hinweis zu den von mir verwendeten Arduinos: Die mögen es, wenn man zum Übertragen des Quelltexts den Knopf gedrückt hält, bis im Compiler-Fenster die weiße Schrift nach dem Umwandeln des Quelltextes erscheint. Dann loslassen und die Files werden problemlos übertragen. Mit der automatischen Funktion über den Dongle wollte es bei mir nicht klappen. Wieso auch immer.

Erst einmal kurz die Funktionen zusammengefasst, danach gehe ich ins Detail.

Der Drücker bekommt eine 4-adrige Leitung. Ader 1 versorgt den Widerstandsdraht, mit dem die Geschwindigkeit geregelt wird mit Strom, Ader 2 liefert die entsprechend reduzierte oder volle Spannung zurück zur Schalteinheit, klar, wenn man nicht drückt kommt über diese Leitung auch kein Strom. Ader 3 ist mit 5V Plus der Arduino-Versorgung angeschlossen und liefert über einen Mikroschalter ein 0V oder 5V Signal auf die vierte Ader, je nachdem in welche Richtung das Lenkrad gedreht ist (Schaltsignal für den Spurwechsel).

Was macht der Arduino mit dem Lenksignal? Er steuert die Relais auf der Relais-Karte an. 6 Relais sind ausreichend für die Steuerung, es gibt handelsüblich aber nur fertige Karten mit 8 Relais zum günstigen Preis, also werden zwei Relais einfach nicht verwendet, Ersatz sozusagen.

Der Arduino wertet das Lenkrad-Signal aus, bei einer Änderung wird wie schon erklärt zunächst die Spannung an der Schiene umgepolt, im zweiten Schritt die Spannung der zuletzt befahrenen Spur abgeschaltet und im dritten Schritt die Spannung auf die neue Spur aufgeschaltet.

Die Relais sind so verdrahtet, dass zwei Relais für das Wechseln der Polung zuständig sind, die anderen 2x2 Relais sind für die Verteilung der Spannung auf die linke und rechte Fahrbahnseite zuständig, in der Grafik habe ich festgehalten, wie was verkabelt wird. Die Spuren B und C werden sinngemäß angeschlossen, für A wandert das Kabel vom 1. Leiter auf den 2. Leiter, das vom 4. auf den 3. usw. Wer das hier alles baut, hat damit kein Problem ;-)

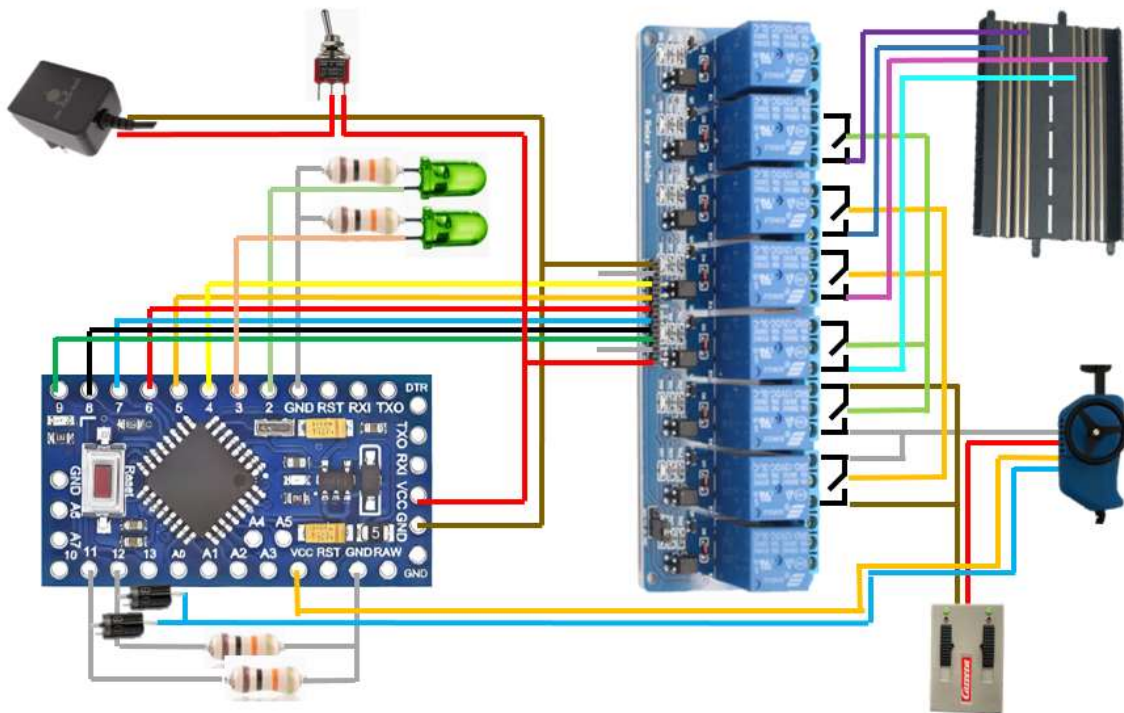


Abbildung 3: Verdrahtung Arduino

Das Innenleben des Drückers ist ebenfalls angepasst. Klar kann man auch auf andere Hersteller oder Formen umschwenken, ich wollte aber Look & Feel der originalen Drücker aufrechterhalten. Auf den Bildern des Innenlebens erkennt man gut, dass der Boppel, in den die Feder eingehängt wird jetzt auch dafür zuständig ist, den Mikroschalter zu bedienen. Insgesamt passt das alles ganz ordentlich in den Drücker rein, ohne dass große Umbaumaßnahmen vorzunehmen sind.

Entsprechend zu Abbildung 3 werden die rot und grau dargestellten Kabel an den Widerstand, die beiden Kabel orange und blau an den Mikroschalter angeschlossen, siehe auch Abbildung 4.

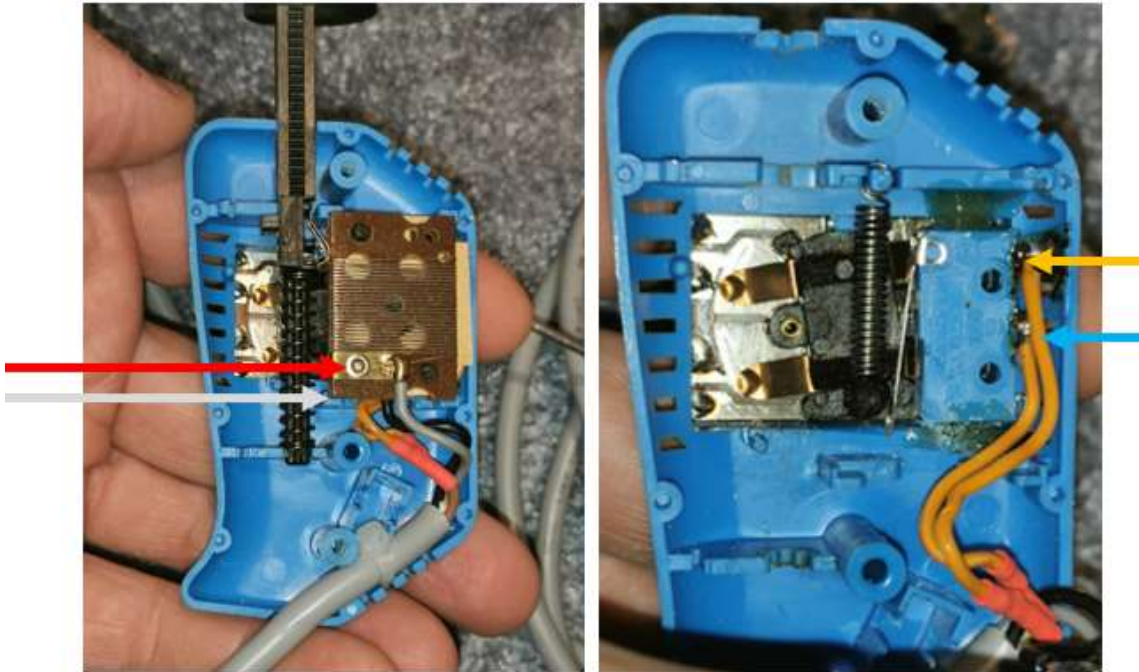


Abbildung 4: Umbau der Drücker

Zeitmessung Kontaktschiene Umbau

Todo

Zeitmessung Racing Computer 3 Spuren

Zeitmessung mit Tablet/ PC

Die umgebaute Kontaktschiene besitzt, einen Schaltausgang, der eine USB- oder Funk-Tastatur bedient und damit beim Überfahren der Kontakte quasi einen Buchstaben auf der Tastatur tippt. Das ist zumindest das Signal, das im Laptop, PC, Tablet oder Handy ankommt.

Mittels dieser Tastatur (die wahlweise an einem alten PC, Laptop oder über einen OTG Adapter oder Bluetooth an ein Handy oder Tablet angeschlossen sein kann werden die Stoppuhren bedient, die ich passend zu meiner Bahn auf der Seite <http://www.base44.com> erstellt habe. Kl und der schönen neuen Welt sei Dank – ich hätte das nie selber programmieren können.

Der Link zur Stoppuhr ist für jedermann nutzbar und lautet (ggf. muss man sich anmelden, das versuche ich noch dahingehend abzuändern, dass man keine Anmeldung benötigt):

<https://split-timer-pro-28008ba4.base44.app>

Die App kann auf nahezu beliebigen Geräten in jedem Internet Browser geladen werden, unter Android kann man über das Browser-Menü, Shortcut auf dem Homescreen erstellen, die App wie eine normale App in die Menüs des Android-Gerätes einbinden und bekommt einen Startknopf, der fest auf dem Homescreen verankert werden kann.

Zur Bedienung und Anzeige innerhalb der App (auch hier wird es noch Updates geben, die Funktionen wachsen ständig weiter, wenn ich bissl Zeit habe):

Die Schaltflächen oben rechts führen zu den Einstellungen bzw. setzen die Uhr komplett zurück auf Null.

Die Farben der Uhren habe ich passend zu meiner Bahn gestaltet,

der **rote** Drücker ist die schmale Spur **A**,

blau ist die **breite** Spur **B** und ein

grauer Drücker ist bei mir Spur **C**.

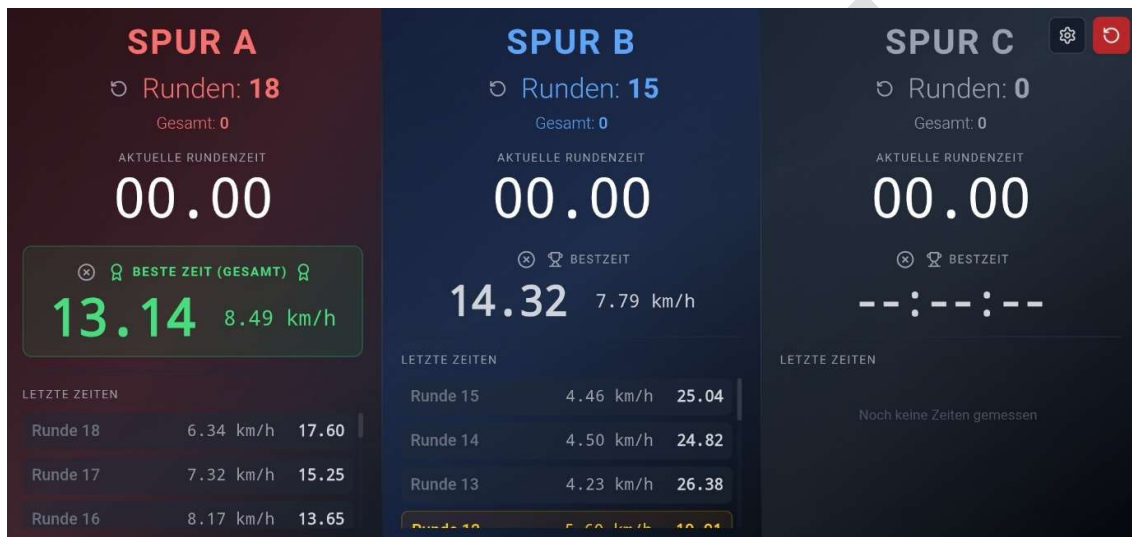


Abbildung 5: Zeitmessung über App/PC/Tablet

Beim Start der App läuft die Stoppuhr erst los, wenn das jeweilige Fahrzeug die Kontaktstelle das erste Mal überfahren hat. Der Rundenzähler steht logischerweise auf Null.

Man kann jede Spur einzeln zurücksetzen, die Anzahl der Gesamtrunden wird jedoch erst mit dem Button oben rechts gelöscht.

Erst beim zweiten Überfahren ist eine komplette, auswertbare Runde gefahren, der Rundenzähler springt eine Runde hoch, die Zeit wird in die Liste der letzten Zeiten geschrieben und wenn eine Bestzeit erreicht wird, wird diese ebenfalls aktualisiert. Zur optischen Rückmeldung leuchtet die Anzeige in der passenden Farbe kurz auf, bei Erreichen einer absoluten Bestzeit über alle Spuren gibt's ein wenig mehr Leuchten und die passende grüne Markierung in den Bestzeiten. Ich denke, das ist alles ganz gut selbsterklärend. Zu den Geschwindigkeiten komme ich noch in den Einstellungen:

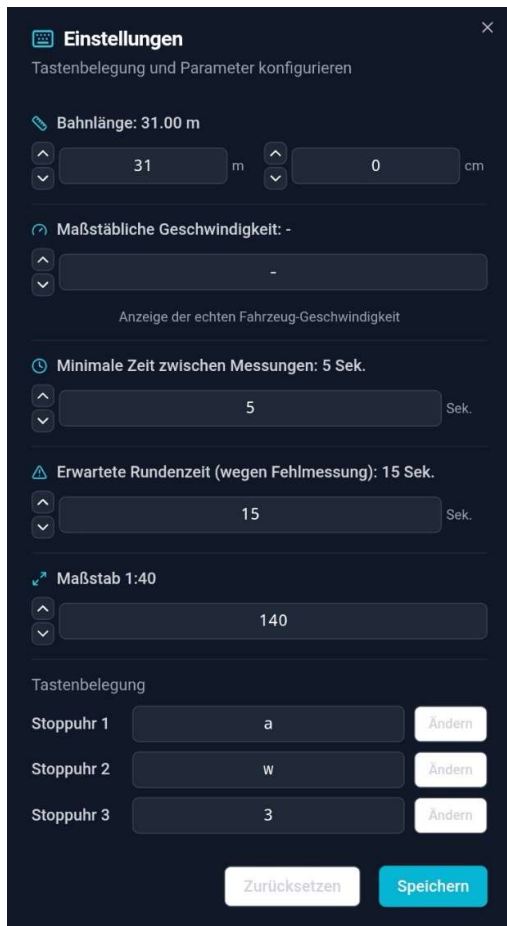


Abbildung 6: Zeitmessung Einstellungen

Einige Werte sind selbsterklärend, wie z.B. die Bahnlänge. Diese wird in Metern und cm eingegeben, Slotman lässt grüßen, da kann man sich die Bahnlänge sehr exakt anzeigen lassen.

Die maßstäbliche Geschwindigkeit.. Hier wird aus der Bahnlänge und den gefahrenen Zeiten eine auf reale Fahrzeuge passende Geschwindigkeit berechnet. Stellt man 100% ein merkt man mal, wieso einem die 140er Autos so extrem schnell vorkommen, obwohl sie tatsächlich nur ca. 8-10km/h fahren. Das macht umgerechnet aber etwa 300km/h im Schnitt.

Wer will kann den Wert in 5% Schritten nach unten oder oben korrigieren, um auf Werte zu kommen, die dem jeweiligen Geschmack entsprechen. Ist halt bissl Schnick-Schnack, nur für den Spass. Stellt man hier ein „-“, ein wird die reale Geschwindigkeit der Fahrzeuge angezeigt, so schnell wie die Autos nun mal so fahren, 7-10km/h...

Genauso wirkt sich der Maßstab auf die angezeigten maßstäblichen Geschwindigkeiten aus. Ich habe hier typische Carrera-Maßstäbe hinterlegt – 124, 132, 140 und 160. Die Umrechnung erfolgt automatisch im Hintergrund.

Die minimale Zeit zwischen zwei Messungen sorgt dafür, dass Preller und Fehlmessungen vermieden werden, wenn z.B. das Relais leicht prellt und innerhalb kürzester Zeit zweimal auf die „Taste“ drückt. Es wird nur ein Tastendruck akzeptiert, eine Messung einer Rundenzeit kleiner als dieser Wert ist nicht möglich, auch wenn man es provozieren möchte.

Die erwartete Rundenzeit sollte einer normal gefahrenen Runde entsprechen. Mit dieser Angabe kann ich mögliche Fehlmessungen, bei der der Kontakt ggf. nicht ausreichend war und ein

Tastendruck fehlt erkennen. Falls das auftritt werden beim nächsten Auslösen der Zeitmessung zwei Runden gezählt und die gefahrene Zeit durch 2 geteilt und als mittlere Rundenzeiten in der Liste geführt. Diese Runden werden in der Liste dann gelb markiert, dass man weiss, hier hat eine Auslösung der Zeitmessung gefehlt (in Abbildung 5 kann man das noch knapp am unteren Bildrand sehen und erahnen, ich muss mal bessere Bilder machen).

Die Zuordnung der Tasten ist auch einfach, ändern anklicken, das Auto einmal über die Messstelle ziehen, schon wird der entsprechende Impuls erkannt und die passende Taste gespeichert, beim Testen am Laptop kann man natürlich auch jede beliebige Taste drücken.

Einbindung und Anpassung Tankstelle und Boxengasse

Erst einmal ein kurzer Ausflug in die Funktion und Technik der originalen Tankschiene:



Abbildung 7: Aufbau originale Tankschiene

Es gibt eine linke Spur (blau) und eine rechte Spur (grün), die ganz normal befahren werden können und natürlich auch befahren werden. Bleibt man hier zum Tanken stehen kommt es unweigerlich zu Auffahrunfällen, sei es durch das zweite gelenkte Auto oder durch die fest auf der Spur verankerten Hindernisautos. In meinen Augen eine ziemlich unbefriedigende Lösung, die den Fahrspaß sehr einschränkt. Der Tankvorgang sollte besser auf einem Streckenabschnitt stattfinden, der im normalen Fahrbetrieb nicht befahren wird und durch die Hindernisfahrzeuge nicht erreichbar ist. Bewegliche Leitplanken usw. waren mir dafür zu kompliziert und anfällig, es musste was einfacheres her.

Dazu habe ich auf meiner Bahn diese Lösung umgesetzt (im Original auf dem Dachboden natürlich deutlich länger ausgebaut, aber fürs Prinzip reicht diese Darstellung, rot dargestellt ist die Leitplanke zwischen ein- und zweispuriger Fahrbahn, in Fahrtrichtung links die selteneren einspurigen Geraden, rechts die normalen zweispurigen Schienen).

Die Ein- und Ausfahrt muss man natürlich aus originalen Schienen aus seinem Bestand selber bauen. Wichtig ist, dass der seitliche Abstand der Spuren eingehalten wird.

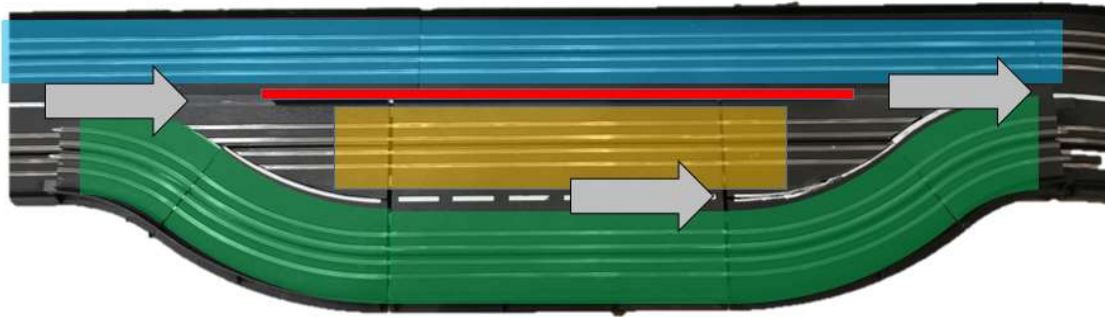


Abbildung 8: neues Konzept Boxengasse 3-spurig

Das neue Konzept:

Die linke, blaue Spur ist die Ideallinie, die in der Regel gefahren wird. Diese Spur wird über einspurige Geraden links an der Tankstelle vorbeigeführt. Die rechte, grüne Spur führt durch die Tankstelle und bietet folgende Möglichkeiten:

1. Man lässt das Lenkrad rechts, dann wird die Tankstelle einfach auf der rechten Spur durchfahren (kann sinnvoll sein, um z.B. ein Hindernisauto, das links fährt zu überholen). Genau so fahren auch alle Hindernis-Fahrzeuge der rechten Spur durch den Tankstellenbereich.
2. Man lenkt in der Tankstelle nach links und bleibt auf der mittleren Spur stehen, dann ist man auf dem gelben Bereich, und nur hier kann getankt werden. Völlig in Ruhe und weg vom normalen Verkehr. Kein Unfälle mehr, kein Chaos. Ist der Tankvorgang beendet steht das Lenkrad und die Vorderräder auf links, man gibt einfach Gas, am Ende der Tankstelle wechselt man dann ja automatisch auf die ganz linke Spur und ist wieder auf der Ideallinie unterwegs.

Eine Schienenlösung für die Kurve habe ich auch, leider gibt es ja nur einspurigen Kurven 1 und 2, die zusammen eine normale Kurve 1 ergeben. Mit dieser Lösung sind aber Boxeneinfahrten um die Kurve oder um die Ecke – mit Ausnahme der Verzweigung von zwei auf drei Spuren, die man selber bauen muss – mit dem herkömmlichen Schienenmaterial der Servo möglich. Verwendet werden die zweispurige Kurve 2 aussen und die einspurige Kurve 2 für die innerste Bahn.



Abbildung 9: Prinzip Tankstelle, Einfahrt um die Kurve

Bleibt nur die Frage der Umsetzung und Verdrahtung. Hier gibt es zwei Varianten, einmal, wenn man eine ganz normale Bahn hat mit zwei Fahrzeugen, die gelenkt werden, also so, wie die Servo ausgeliefert wurde. Diese Variante ist einfach, es müssen nur die Kabel von der originalen

Tankschiene sinngemäß an die neuen Schienen angelötet werden, also die Kabel von der alten Schiene aus dem gelben Bereich an die Leiter der neuen Schiene im gelben Bereich usw. Einfach...

Wird die Tankstelle in den Dreifahrzeugbetrieb eingebettet sind ein paar Änderungen in der Verkabelung durchzuführen und die oben beschriebenen Dioden müssen eingebaut werden, um Fehlbestromungen zu vermeiden.

Dadurch, dass die Tankstelle auf den Stromverbrauch bzw. die am Leiter anliegende Spannung beider Fahrspuren reagiert und damit der Verbrauch der Autos berechnet bzw. simuliert wird muss dafür gesorgt werden, dass beide Fahrbahnseiten die entsprechende Spannung in die Tankstelle einspeisen können. Klemmt man einfach so beide Seiten an ist die Trennung der linken und rechten Seite Geschichte und nix klappt mehr.

Das Zauberwort heisst an diese Stelle Diode, damit können die Spannungen beider Fahrbahnseiten in die Tankstelle eingespeist werden, ohne dass es zu Komplikationen kommt. Der Einbau ist einfach, kann direkt an der Schiene zwischen den 8 Leitern und den Kabeln dorthin erfolgen. 8 Dioden werden benötigt, ich habe robuste Schottky Dioden genommen, die auch einiges an Strom aushalten – überdimensioniert, aber klappt, Schaltplan und Bild folgt noch.

Kleines Gimmik.. für alle, die noch nicht genug gebastelt haben

In Arbeit

Anhang

Bezugsquellen und Bauteile

Eine gute Bezugsquelle für alles rund um den Arduino ist www.roboter-bausatz.de, hier habe ich beispielsweise meine Relaiskarten und Arduinos her.

<https://www.roboter-bausatz.de/p/pro-mini-atmega328-5v-16mhz-mwc-arduino-kompatibles-board>

<https://www.roboter-bausatz.de/p/4-kanal-relais-5v>

<https://www.roboter-bausatz.de/p/yourdroid-netzteil-5v-3a-5-5x2-1mm-dc-stecker>

Gehäuse, LED, Schalter, Kabel, Dioden etc. gibt es beispielsweise bei www.reichelt.de.

Arduino-Quelltext für die Drucker-Steuerung

Dieser Quelltext darf gerne verwendet und angepasst werden. Sicherlich wird es bessere Methoden geben, so etwas zu programmieren, aber ich bin nun mal kein Programmierer und habe das nie gelernt – aber es funktioniert.

Wir das genau mit der Arduino IDE funktioniert möchte ich hier nicht ausführlich erklären, dazu gibt es unzählige Anleitungen im Netz.

```
// Variablendeklaration
```

```

// =====

int Spur = 0;           // welche Spur wird gefahren?
int LW_1 = 0;          // Lenkwunsch 0 = links, 1 = rechts
int LW_2 = 0;          // zweiter Kanal zur Auswertung
(Fehlerreduzierung)

// Schaltzeiten Relais
int t_aus = 200;       // solange wird die umgepolte Spannung auf
der alten Spur gehalten
int t_an = 80;        // Zeitverzug, bis die neue Spur bestromt
wird

int LED_bl = 2;       // optionale LED Spuranzeige rechts
int LED_ge = 3;       // optionale LED Spuranzeige links

int ReL_L1 = 4;       // Relais für Schaltung Bahnstrom auf Linke
Spur
int ReL_L2 = 5;
int ReL_R1 = 6;       // Relais für Schaltung Bahnstrom auf
rechte Spur
int ReL_R2 = 7;
int ReL_SW_2 = 8;     // Relais für Umpolung und damit
Motordrehrichtung
int ReL_SW_1 = 9;

int Lenkrad_1 = 11;   // Anschluss Microschalter Lenkrad
int Lenkrad_2 = 12;   // zweiter Kanal Mikroschalter Lenkrad

// Setup
// =====

void setup()
{
// Festlegung input und output Pins
pinMode(Lenkrad_1, INPUT);
pinMode(Lenkrad_2, INPUT);
pinMode(ReL_SW_1, OUTPUT);
pinMode(ReL_SW_2, OUTPUT);
pinMode(ReL_L1, OUTPUT);
pinMode(ReL_L2, OUTPUT);
pinMode(ReL_R1, OUTPUT);
pinMode(ReL_R2, OUTPUT);
pinMode(LED_bl, OUTPUT);
pinMode(LED_ge, OUTPUT);

// Initialwerte schreiben
digitalWrite(ReL_SW_1, HIGH);
digitalWrite(ReL_SW_2, HIGH);
digitalWrite(ReL_L1, LOW);
digitalWrite(ReL_L2, LOW);

```

```
digitalWrite(ReL_R1, HIGH);
digitalWrite(ReL_R2, HIGH);
digitalWrite(LED_ge, HIGH);
digitalWrite(LED_bl, HIGH);
}

// Programmstart
// =====
void Loop()
{

// Linke Spur
// =====
while(Spur<HIGH)
{
// Spur halten
// =====
digitalWrite(LED_ge, LOW);
digitalWrite(LED_bl, HIGH);
digitalWrite(ReL_SW_1, HIGH);
digitalWrite(ReL_SW_2, HIGH);
digitalWrite(ReL_L1, LOW);
digitalWrite(ReL_L2, LOW);
digitalWrite(ReL_R1, HIGH);
digitalWrite(ReL_R2, HIGH);

// Lenkrad auslesen
// =====
LW_1 = digitalRead(Lenkrad_1);
delay(2);
LW_2 = digitalRead(Lenkrad_2);
delay(2);
Spur = LW_1 && LW_2;
delay(10);
}

// Spurwechsel
// =====
digitalWrite(ReL_SW_1, LOW);
digitalWrite(ReL_SW_2, LOW);
delay(t_aus);
digitalWrite(ReL_L1, HIGH);
digitalWrite(ReL_L2, HIGH);
delay(t_an);
digitalWrite(ReL_R1, LOW);
digitalWrite(ReL_R2, LOW);
delay(10);

// rechte Spur
// =====
while(Spur>LOW)
```

```
{  
// Spur halten  
//=====  
digitalWrite(LED_ge, HIGH);  
digitalWrite(LED_bl, LOW);  
digitalWrite(ReL_SW_1, LOW);  
digitalWrite(ReL_SW_2, LOW);  
digitalWrite(ReL_L1, HIGH);  
digitalWrite(ReL_L2, HIGH);  
digitalWrite(ReL_R1, LOW);  
digitalWrite(ReL_R2, LOW);  
  
// Lenkrad auslesen  
//=====  
LW_1 = digitalRead(Lenkrad_1);  
delay(2);  
LW_2 = digitalRead(Lenkrad_2);  
delay(2);  
Spur = LW_1 && LW_2;  
delay(10);  
}  
  
// Spur wechseln  
// =====  
digitalWrite(ReL_SW_1, HIGH);  
digitalWrite(ReL_SW_2, HIGH);  
delay(t_aus);  
digitalWrite(ReL_L1, LOW);  
digitalWrite(ReL_L2, LOW);  
delay(t_an);  
digitalWrite(ReL_R1, HIGH);  
digitalWrite(ReL_R2, HIGH);  
delay(10);  
} // zurück zum Schleifenanfang
```