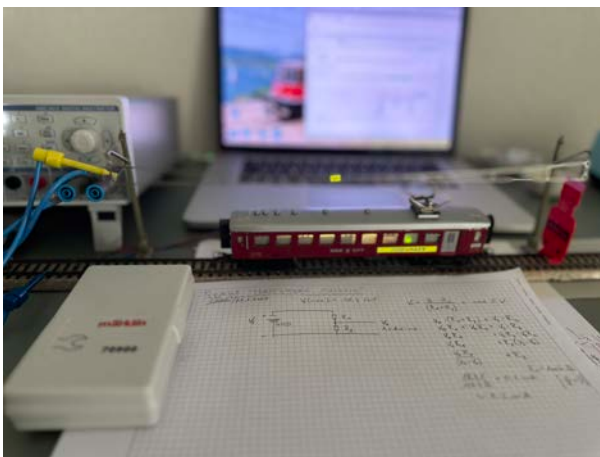


Märklin

Messwagen H0

Für Oberleitungsbetrieb



Märklin

Messwagen H0

Für Oberleitungsbetrieb

Die Idee war es, ein einfaches Messsystem zur Spannungsmessung an der Oberleitung über die gesamte Anlage der Modelleisenbahn zu entwickeln.

Dies wurde in einer Messschaltung mit dem Messeingang des Arduino Nano ESP32 (~ 4mV Auflösung) und dem Einbau in einen älteren Speisewagen der SBB mit eigenem Pantographen mit Erfolg realisiert, (Wagen der Märklin N° 4035 im Massstab 1/87, H0).

Das Vorbild war natürlich die richtige Eisenbahn, die ja auch so genannte Messwagen betreibt, um den Zustand der Bahninfrastruktur auf der ganzen Strecke zu messen, zu überprüfen, zurückzumelden und auch zu dokumentieren. Auch hier wurden Personen oder Speisewagen zu Messwagen umgebaut.

Es gibt viele Vorteile die E-Loks auf einer Modellbahnanlage tatsächlich mit elektrisch **funktionsstüchtiger Oberleitung** und digital oder analog gesteuerter fahren zu lassen:

- alle E-Loks fahren (ohne PuKo*)-Schleifer) wesentlich besser über alle Schienen und besonders Weichen. Die Plastikclips der PuKo-Schleifer sind nicht so stabil und halten die Spur nicht Immer so präzise wie man das gerne wünschen würde.
- die Oberleitung verdreckt wesentlich weniger als die Schienen (oder PuKos)
- falls mal ein Fahrdrabtstück oxidiert ist (nach der Sommerpause), zieht der Pantograph einen deutlichen Funken (wie echt 😊) und kann leicht geputzt werden.
- Die aufgebaute Oberleitung kann im Analog-Betrieb (AC und DC) und im Digital-Betrieb genutzt werden. Sowohl 2L als auch 3L Betrieb lassen sich sogar nachträglich einrichten.
- die Dynamik des rauf- und runterfedernden Pantographen bei Fahrbetrieb sieht super aus. (... besonders im Video)
- Ober- und Unterleitung werden mit dem gleichen Digitalstrom versorgt aber mit getrennten Boostern, damit fährt eine E-Lok weiter, auch wenn auf der Unterleitung (PuKo) gerade mal eine Diesel oder Dampflok Kurzschluss macht.

- die Motorola, mfx oder DCC Protokollsignale werden sicher übermittelt. (Auch Lichtsignale in Speisewagen über Pantograph)
- ... und es gibt viel Spass beim Bauen.
- *) PuKo = Punktkontakte zwischen den Schienen von Modelleisenbahnen (System Märklin wurde hier verwendet). Dies hat den grossen Vorteil, dass Kehrschleifen ohne (kUrzschluss-) Probleme auf der Anlage gebaut werden können.*

Für den **mechanischen Aufbau der Oberleitung** gibt es verschiedene Lehren, um die Fahrdrabtleitung auch in Kurven und auf Weichen möglichst mechanisch innerhalb der vorgeschriebene Toleranzen zu montieren.

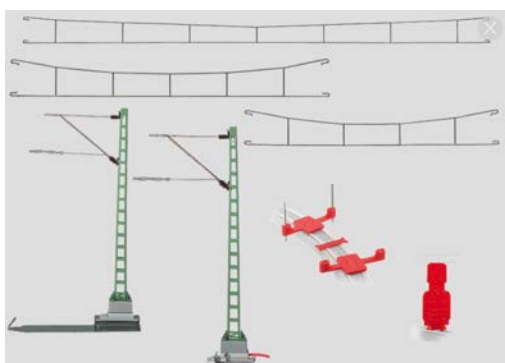


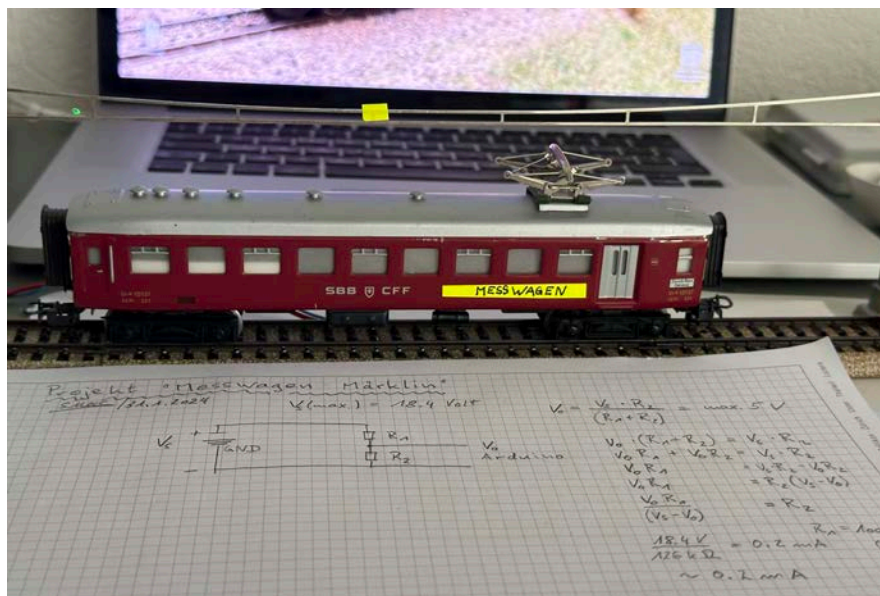
Bild aus der web page von Märklin, Juni 2024

Für den **elektrischen Aufbau der Oberleitung** gibt es (nach meinem Kenntnisstand, Mai 2024) keine brauchbaren Hilfsmittel. Deshalb haben ich hier einen Vorschlag zum Einbau eines Messgerätes, basierend auf einem Arduino Microprocessor, das es erlaubt die korrekte Spannung an der Oberleitung zu messen. Wie bei der richtigen Eisenbahn (SBB, DB, etc.) wurde ein älterer



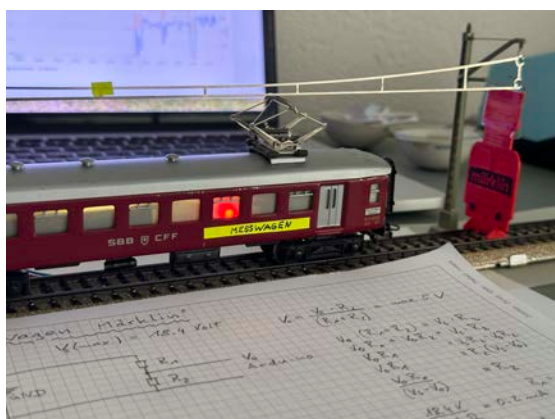
Speisewagen (Märklin Speisewagen D-Zug N° 4035) zum MESSWAGEN umgebaut. Wichtig dabei ist, dass ein Wagen mit eigenem Pantographen benutzt wird. Natürlich kann die gleiche Technik auch auf einen PuKo-Schleifer angewendet werden oder auch auf die Spannung zwischen linkem und rechten Gleis (2L-System). Die verwendete Hardware und Software wäre die gleiche (Arduino und Gleichrichter).

Der **realisierte Messwagen** hat sich sehr bewährt. Er besteht aus einer Kombination von Gleichrichterelektronik, dem Arduino Nano ESP32 und einer für diesen Zweck geschriebenen Software in C++. Alle Messwerte und Zustände können per WiFi (oder Bluetooth-Netzwerk) auf einen Computerbildschirm oder ein Smartphon (iPad) übertragen werden und im zeitlichen Verlauf angezeigt und

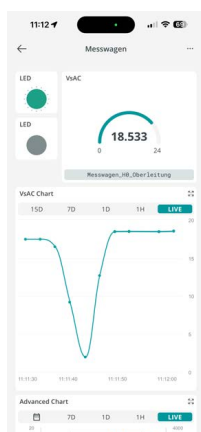
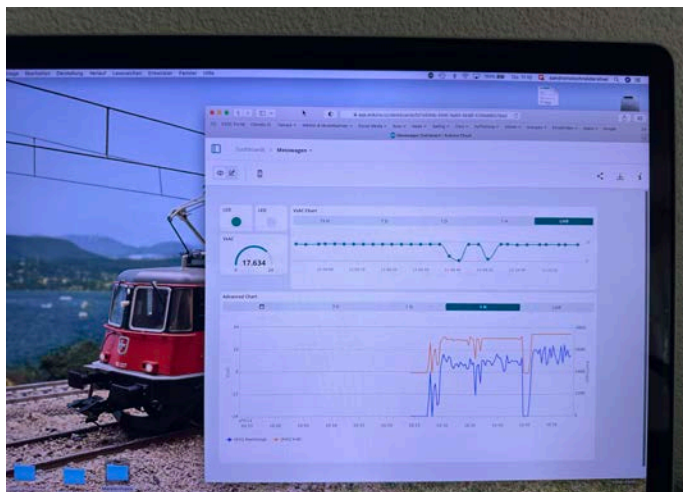


gespeichert werden.

Die Spannung an der Oberleitung kann an jedem beliebigen Ort der Anlage gemessen werden. Dabei zeigt eine grüne LED, die aus den Fenstern leuchtet, dass die Spannung innerhalb der gesetzten Toleranzen ist. Die rote LED und ein akustisches Signal aus dem Messwagen geben an, dass die Spannung zu tief ist, Die gelbe LED, zusammen mit der Grünen LED zeigen an, dass die Spannung im oberen aber noch akzeptablen Bereich ist und das Aufleuchten der gelben und roten LED zeigt an, dass die Spannung zu hoch ist und die Decoder in den Lokomotiven evtl. beschädigt werden könnten.



Bei der richtigen **Beurteilung der gemessenen Spannung** können leicht Massnahmen zur Verbesserung der Spannung an der Oberleitung ergriffen werden. Dabei ist nicht nur auf den momentanen, absoluten Wert, sondern auch auf dessen zeitlichen Verlauf zu achten. Der zeitliche Verlauf entspricht natürlich dem Ort auf der Anlage während der Fahrt des Wagens. Diese Werte können auch auf einem mobilen Gerät über WiFi-Kommunikation verfolgt



werden.

Dabei ist es besonders vorteilhaft und realitätsnah, wenn eine Diesellok den Messwagen über die Anlage zieht oder schiebt. Da die Diesellok keinen Pantographen hat und ihren Strom über die PuKos bezieht, wird die Oberleitung und damit die Messung am Messwagenpantographen weder mechanisch noch elektrisch beeinflusst. In Schattenbahnhöfen ist das sehr spannend und hilfreich.



Es gibt unterschiedliche, mögliche Gründe, die die gemessene Spannung beeinflussen können. Entsprechend können oder müssen unterschiedliche Massnahmen zur Verbesserung ergriffen werden, siehe Tabelle:

	Symptom	Mögliche Ursache	Grund	Massnahme
1	Signal bricht kurz ein, ohne akustisches Signal	schlechter Kontakt auf dem Gleis (Masse)	Verschmutzung auf den Rädern	Räder reinigen, Massefeder an Achse oder Räder montieren
1.1			Verschmutzung auf den Gleisen	Gleise reinigen; entweder von Hand oder mit Putzwagen (polieren + saugen)
1.1.2		Schlechter Kontakt an der Oberleitung	Isolierende Rückstände an Oberleitung (Fingerfett, Klebstoff von Verpackung, o.ä)	Reinigen mit Wischtuch und Benzin (Vorsicht)
1.1.3			Anpressdruck des Pantographen ist zu schwach und hebt (fast unsichtbar) ab.	Distanz der Oberleitung zum Gleis mit Lehre messen und auf Sollmass korrigieren
1.1.4			Federkraft des Pantographen ist zu schwach oder der Federweg zu kurz	Pantograph ersetzen, Feder austauschen oder Anschlag des Holms so korrigieren, dass der Federweg grösser wird
2	.. bricht immer wieder an unterschiedlichen Stellen ein, ohne akustisches Signal, evtl wird Pantograph warm	Hoher Übergangswiderstand des Pantographen, evtl. intermittierend	Der Pantograph leitet in den Gelenken schlecht (hoher Übergangswiderstand)	Anschluss eines hochflexiblen Kupferdrahtes von der Kontaktschraube auf dem Dach zum Kontaktbügel), sieh nicht schlecht aus. Die richtigen, grossen Loks haben das auch
3	Signal bricht länger und immer an den gleichen Stellen ein, mit akustischem Signal	Schlechter Kontakt an der Oberleitung	Distanz der Oberleitung zum Gleis stimmt nicht	Distanz der Oberleitung zum Gleis mit Lehre messen und auf Sollmass korrigieren
3.1			Oberleitung ist oxidiert oder hat sonstigen isolierenden Belag	Oberleitung reinigen, evtl. leicht schmirgeln, Schmirgelrückstände nicht auf Gleis streuen oder entfernen (mit Putzwagen)

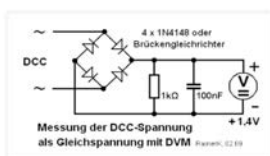
Anhang 1 Datenblatt Messwagen

Speisewagen von Märklin N°4035 (*ganz aus Metal*)

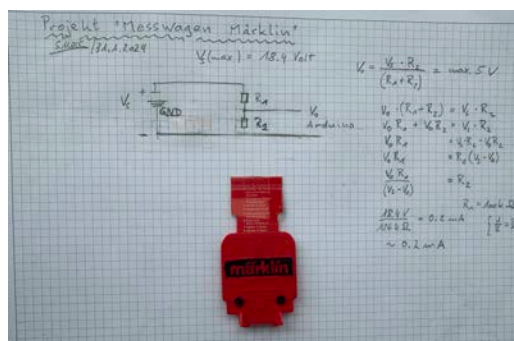
- Spannungsmessung: 0 -24VAC sinus, AC digital (DCC, max, MM, etc.), DC
- Messung: zwischen Oberleitung und Schienenmasse; Umbau auf Schiene 2L oder PuKo 3L ist mögliche
- Beleuchtung: Weisslicht für Innenbeleuchtung (direkter Bahnstrom),
 - rote LED für zu tiefe digital Spannung,
 - Ein akustisches Signal wird abgegeben wenn die Spannung zu tief ist. Die Tonhöhe (Frequenz) ist proportional zur Spannung.
 - grüne LED für gute digital Spannung, Im grünen Bereich wird kein akustische Signal ausgegeben.
 - gelbe&grüne LED für digital am der oberen Grenze und
 - gelbe&rote LED für zu hohe digital Spannung (ältere Decoder könnten Schaden nehmen).

Anhang 2 Schaltschema für Gleichrichter-Arduino-Messwagen

Ausreichend genaue Ergebnisse sind auch mit sehr preiswerten Messgeräten zu erzielen. Dazu muss lediglich dem im Gleichspannungs-Betrieb verwendeten Messgerät eine sehr einfach zu realisierende Spitzenwert-Gleichrichtung vorgeschaltet werden.



Die Verluste in dieser Schaltung liegen bei ca. 1,4V, sodass immer nur dieser Wert als feste Korrektur zum Ablesewert des Messgerätes addiert werden muss.



Da der Analogeingang des Arduino Nano „nur“ 3.3V verträgt, muss ein Spannungsteiler eingebaut werden. Dieser sollten auf den maximalen Wert ausgelegt werden, da sonst der Analogeingang des Arduino zerstört werden kann; also für Analogwerte gilt oft 24V als Maximum, allerdings sollten man an den Umschaltimpuls denken. Dieser kann bei alten Trafos ziemlich hoch sein. Bei einer modernen DCC Steuerung (CS3 oder ECoS) ist die maximale Spannung einstellbar und sehr konstant. In diesem Beispiel wurde auf 18.4 Volt (DCC Spannung) dimensioniert. Die Auflösung des analogen Eingangs ist 12 bit (4096).

(Ich bin gerne bereit die Stückliste und das *Arduino Nano* Programm (in C++, IDE) zur Verfügung zu stellen (ohne Gewähr); smol.schneider@bluewin.ch

Anhang 3 benutzte Schaltpegel und Toleranzbänder

```
...
const float baseLineVs = 16.8; // threshold VsAC Voltage
.....
// if the voltage Vs is lower than the baseline turn on red LED
int pitch = map(VsAC, 0.0, 23.9, 50, 4000); // akustisches Signal, proportional zur
Spannung
if (VsAC < baseLineVs) {
    digitalWrite(2, LOW);
    digitalWrite(3, LOW);
    digitalWrite(4, HIGH); // RED
    tone(8, pitch, 20);
    delay(30);
} // if the voltage rises between 18.1 – 18.6, turn green LED on
else if (VsAC >= baseLineVs && VsAC < baseLineVs + 2.0) {
    digitalWrite(2, HIGH); // GREEN
    digitalWrite(3, LOW);
    digitalWrite(4, LOW);
} // if the voltage rises between 18 Vac and 20 Vac, turn a second LED on yellow
else if (VsAC >= baseLineVs + 2.0 && VsAC < baseLineVs + 3.0) {
    digitalWrite(2, HIGH); // GREEN
    digitalWrite(3, HIGH); // YELLOW
    digitalWrite(4, LOW); // RED
} // if the voltage rises over, turn yellow and red LEDs on
else if (VsAC >= baseLineVs + 3.0) {
    digitalWrite(2, LOW); // GREEN
    digitalWrite(3, HIGH); // YELLOW
    digitalWrite(4, HIGH); // RED
}
}
```



Anhang 4 Literaturhinweise

- https://modellbahn.mahrer.net/elektronik/digitalspannung_messen/
- <https://www.arduino.cc/>
- <https://www.youtube.com/@MoBa-TV>

Jeden Sonntag gute Ideen vom MMC TV (Meises Moba Center TV)

