

# HANDBUCH

## Eisenbahn Simulatorpult Pico 1 - USB HID Tastatur-Modul

**Version 2.0**

Raspberry Pi Pico (RP2040)  
USB HID Keyboard | DFPlayer Mini | Metzler-Taster  
TinyUSB | Pico SDK (C++)

*Erstellt: 08.06.2026*

*Automatisch generiert vom Pico-Eisenbahn Firmware Generator*

# Inhaltsverzeichnis

## 1 Systemuebersicht

## 2 Hardware-Komponenten

- 2.1 Raspberry Pi Pico
- 2.2 Metzler-Taster (19mm)
- 2.3 Schluesselschalter
- 2.4 DFPlayer Mini
- 2.5 BC547 LED-Treiber

## 3 Pinbelegung

## 4 Verdrahtung und Schaltplan

- 4.1 Tasterschaltung (Eingang)
- 4.2 LED-Treiberschaltung (Ausgang)
- 4.3 DFPlayer-Anschluss
- 4.4 Vollstaendiger Schaltplan

## 5 Firmware-Funktionen

- 5.1 SiFa (Sicherheitsfahrerschaltung)
- 5.2 Getriebesteuerung (V/N/R)
- 5.3 Sand-Taster
- 5.4 PZB-Taster
- 5.5 Profilumschaltung
- 5.6 DFPlayer Audio

## 6 Inbetriebnahme

## 7 Firmware-Kompilierung

## A Anhang: Schaltplan (Grossformat)

# 1. Systemuebersicht

---

Das Eisenbahn Simulatorpult 'Pico 1' ist ein USB-HID-Tastatur-Modul auf Basis des Raspberry Pi Pico (RP2040). Es emuliert eine Standard-USB-Tastatur und sendet konfigurierbare Tastencodes an den Host-PC. Der Host erkennt das Geraet als normale Tastatur - es sind keine speziellen Treiber erforderlich.

Version 2.0 verzichtet bewusst auf ein LCD-Display und eine Stoerlogik. Alle Zustandsanzeigen (SiFa, Getriebe, Sand) erfolgen ausschliesslich ueber beleuchtete Metzler-Taster. Dies reduziert die Komplexitaet und erhoehrt die Zuverlaessigkeit des Systems.

## **Kerneigenschaften:**

- USB HID Keyboard (Plug & Play, keine Treiber noetig)
- 20 von 26 GPIOs belegt
- 5 LED-Ausgaenge ueber BC547-Transistortreiber
- DFPlayer Mini fuer akustisches Feedback (UART)
- 4 Schluesselschalter fuer Profilwahl
- SiFa-Timer mit LED-Blinken (30s / 32,5s / 35s)
- Getriebesteuerung V/N/R mit Software-Verriegelung

## 2. Hardware-Komponenten

### 2.1 Raspberry Pi Pico (RP2040)

Der Pico ist ein kostenguenstiger Mikrocontroller mit nativem USB-Support. Die Firmware nutzt TinyUSB fuer die HID-Keyboard-Emulation. Der Pico wird ueber USB mit 5V versorgt. Die 3,3V-Versorgung fuer die internen Pull-Up-Widerstaende wird vom integrierten Spannungsregler bereitgestellt.

- Betriebsspannung: 5V ueber USB (VBUS)
- GPIO-Pegel: 3,3V (max. 12mA pro Pin)
- Interne Pull-Ups: ca. 50-80 kOhm

### 2.2 Metzler-Taster (19mm, IP67)

Fuer das Simulatorpult werden Metzler-Edelstahl-Taster (19mm Einbau) verwendet. Alle Taster sind momentan (federnd), nicht rastend. Der aktive Zustand wird ausschliesslich ueber die integrierten LEDs per Firmware angezeigt.

Funktion	LED-Farbe	Typ	Anzahl
SiFa	Rot	Momentan	1x
Getriebe V	Weiss (Punkt)	Momentan	1x
Getriebe N	Weiss (Punkt)	Momentan	1x
Getriebe R	Weiss (Punkt)	Momentan	1x
Sand	Gelb (Ring)	Momentan	1x

### 2.3 Schluesselschalter (19mm, IP50)

Die Profilwahl erfolgt ueber 4 Metzler-Schluesselschalter (rastend). Jeder Schalter ist einem Simulator-Profil zugeordnet:

- Profil 1: Zusi 3
- Profil 2: TrainSimClassic A
- Profil 3: TrainSimClassic B
- Profil 4: TrainSimWorld

### 2.4 DFPlayer Mini

Der DFPlayer Mini ist ein kompakter MP3-Player mit SD-Kartenslot. Er wird ueber Software-UART (9600 Baud, nur TX) angesteuert. Der DFPlayer gibt akustische Signale bei Systemstart und Profilwechsel aus. Die SiFa-Warnung erfolgt ausschliesslich ueber den Simulator.

- Anschluss: GP16 (TX) an DFPlayer RX
- Versorgung: 5V (VBUS) + GND
- Audio: MP3-Dateien auf SD-Karte (0001.mp3, 0002.mp3, ...)

## 2.5 BC547 LED-Treiber

Die Metzler-LEDs werden nicht direkt vom Pico-GPIO angesteuert (3,3V / max. 12mA), sondern ueber BC547 NPN-Transistoren mit 5V Versorgung geschaltet. Pro LED wird ein GPIO als Ausgang konfiguriert.

### Schaltung pro LED:

- GPIO (3,3V) -> 1 kOhm Basiswiderstand -> BC547 Basis
- BC547 Kollektor -> Metzler-LED (Kathode)
- Metzler-LED (Anode) -> +5V (VBUS)
- BC547 Emitter -> GND

Hinweis: Die Metzler-LEDs sind fuer 6-24V spezifiziert und haben eine integrierte Strombegrenzung. Bei 5V leuchten sie etwas gedaempft, sind aber problemlos sichtbar.

### 3. Pinbelegung

Alle 20 belegten GPIO-Pins des Raspberry Pi Pico:

GPIO	Funktion	Richtung	Beschreibung
0	Getriebe V Taster	Eingang	Momentan, Pull-Up
1	Getriebe V LED	Ausgang	Weiss, BC547-Treiber
2	Getriebe N Taster	Eingang	Momentan, Pull-Up
3	Getriebe N LED	Ausgang	Weiss, BC547-Treiber
4	Profil Zusi	Eingang	Schluesselschalter, Pull-Up
5	Getriebe R Taster	Eingang	Momentan, Pull-Up
6	Profil TSC A	Eingang	Schluesselschalter, Pull-Up
7	Profil TSC B	Eingang	Schluesselschalter, Pull-Up
8	Profil TSW	Eingang	Schluesselschalter, Pull-Up
9	Getriebe R LED	Ausgang	Weiss, BC547-Treiber
10	Sand Taster	Eingang	Momentan, Pull-Up
11	Sand LED	Ausgang	Gelb, BC547-Treiber
14	SiFa Taster	Eingang	Momentan, Pull-Up
15	SiFa LED	Ausgang	Rot, BC547-Treiber
16	DFPlayer TX	Ausgang	Software-UART, 9600 Baud
17	PZB Befehl	Eingang	Momentan, Pull-Up
18	PZB Frei	Eingang	Momentan, Pull-Up
19	Makrofon Push	Eingang	Momentan, Pull-Up
20	Makrofon Pull	Eingang	Momentan, Pull-Up
22	PZB Wachsam	Eingang	Momentan, Pull-Up

## 4. Verdrahtung und Schaltplan

### 4.1 Tasterschaltung (Eingang)

Alle Taster und Schluesselschalter schalten gegen GND. Die internen Pull-Up-Widerstaende des Pico ziehen die GPIO-Pins auf 3,3V. Wenn ein Taster gedruickt wird, wird der Pin auf GND (LOW) gezogen.

```

3,3V (interner Pull-Up)
|
GPIO --- [Taster] -- GND
|
Nicht gedruickt: HIGH (3,3V)
Gedruickt:      LOW  (0V)

```

### 4.2 LED-Treiberschaltung (Ausgang)

Jede LED wird ueber einen BC547 NPN-Transistor geschaltet. Der GPIO liefert das Steuersignal (3,3V HIGH = LED ein).

```

+5V (VBUS)
|
Metzler-LED (Anode)
|
Metzler-LED (Kathode)
|
Kollektor (BC547)
|
GPIO -[1kOhm]- Basis (BC547)
|
Emitter (BC547)
|
GND

```

### 4.3 DFPlayer-Anschluss

Der DFPlayer Mini wird mit 3 Leitungen angeschlossen:

- Pico GP16 (TX) -> DFPlayer RX
- Pico VBUS (+5V) -> DFPlayer VCC
- Pico GND -> DFPlayer GND

Ein Lautsprecher (4-8 Ohm, min. 0,5W) wird direkt an die SPK-Pins des DFPlayer angeschlossen. Keine externe Verstaerkung noetig.

### 4.4 Vollstaendiger Schaltplan

Der folgende Schaltplan zeigt alle Verbindungen des Pico 1 Moduls. Eine hochaufloesende Version

befindet sich im Anhang (Kapitel A) sowie als separate SVG/PNG-Datei zum Download.

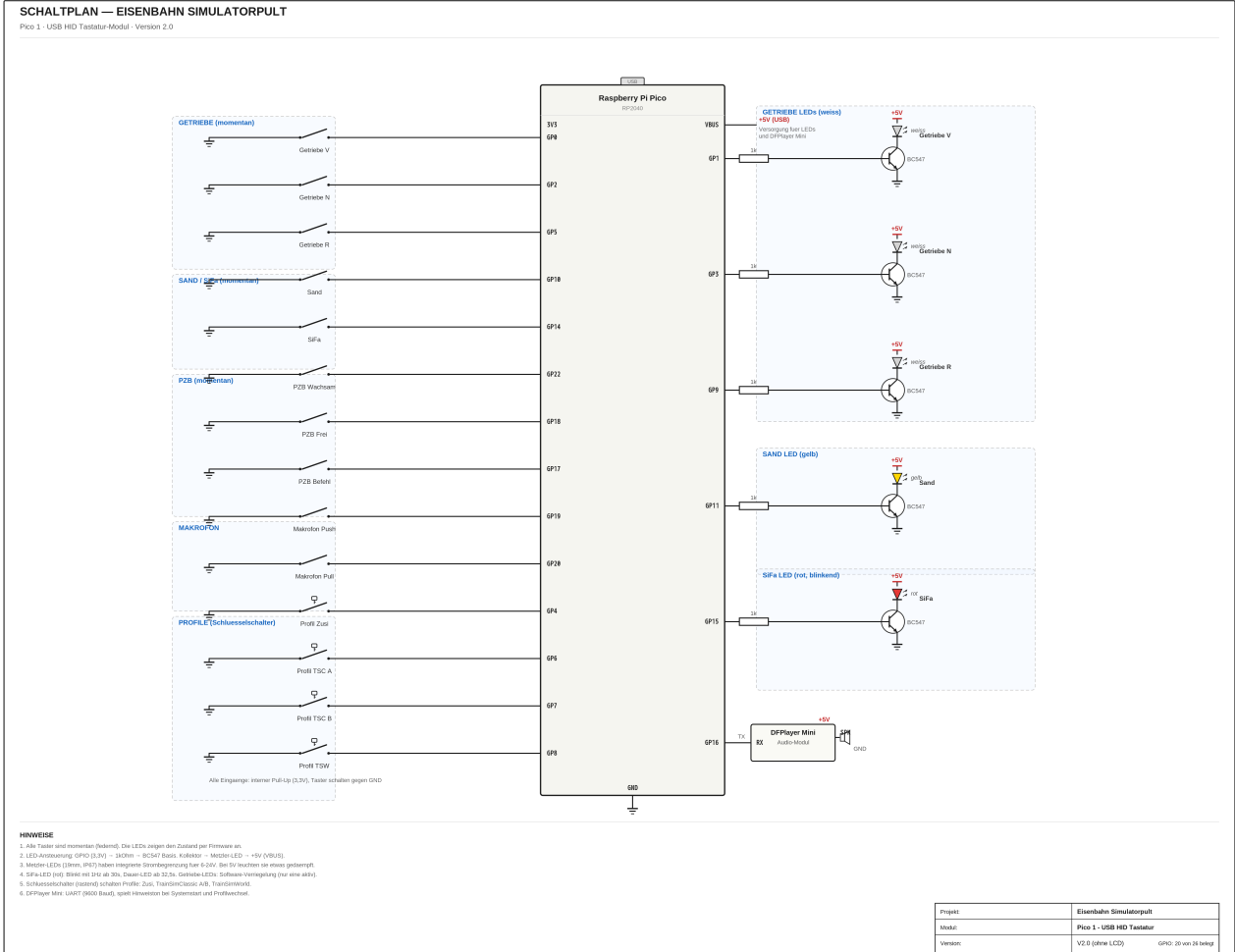


Abb. 1: Vollstaendiger Schaltplan Pico 1 (USB HID Tastatur-Modul)

## 5. Firmware-Funktionen

### 5.1 SiFa (Sicherheitsfahrerschaltung)

Die SiFa ueberwacht die Aufmerksamkeit des Bedieners. Nach dem Druucken des SiFa-Tasters startet ein interner Timer. Die rote LED zeigt den Zustand:

Zeit	LED-Status	Aktion
0 - 30s	AUS	Normalbetrieb, Timer laeuft
30 - 32,5s	BLINKEN (1Hz)	Leuchtmelder: SiFa druecken
32,5 - 35s	Schnell blinken	Warnung (nur LED)
> 35s	DAUER-AN	Zwangsbremmung (Taste gesendet)

Durch Druucken des SiFa-Tasters wird der Timer zurueckgesetzt. Die Zwangsbremmung sendet eine konfigurierbare Tastenkombination an den Simulator.

### 5.2 Getriebesteuerung (V/N/R)

Die drei Getriebe-Taster (Vorwaerts, Neutral, Rueckwaerts) sind software-verriegelt. Nur eine Getriebestellung kann gleichzeitig aktiv sein. Beim Druucken eines Tasters wird der vorherige deaktiviert.

#### Verhalten:

- Druecke V: V-LED an, N/R-LEDs aus. Taste 'V' an Host.
- Druecke N: N-LED an, V/R-LEDs aus. Taste 'N' an Host.
- Druecke R: R-LED an, V/N-LEDs aus. Taste 'R' an Host.

Nach Systemstart ist standardmaessig 'N' (Neutral) aktiv.

### 5.3 Sand-Taster

Der Sand-Taster arbeitet als Toggle: Erstes Druucken aktiviert Sand (gelbe LED an, Taste gesendet), erneutes Druucken deaktiviert Sand (LED aus, Release gesendet).

### 5.4 PZB-Taster

Die drei PZB-Taster (Wachsam, Frei, Befehl) senden ihre Tasten-Codes solange sie physisch gedruickt gehalten werden. Beim Loslassen wird ein Release-Report gesendet. Keine LEDs, rein elektrisch.

### 5.5 Profilumschaltung

Die 4 Schluesselschalter waehlen das aktive Tastatur-Profil. Jedes Profil definiert eigene Tastenbelegungen fuer den jeweiligen Simulator. Die Firmware erkennt den aktiven Schluesselschalter beim Systemstart und bei Aenderungen im Betrieb.

- Position 0 (kein Schluessel): Standardprofil
- Profilwechsel: DFPlayer spielt Bestaetigung
- Mehrfachkontakt: Erster erkannter Schalter gewinnt

## 5.6 DFPlayer Audio

Der DFPlayer Mini gibt akustische Signale ueber einen externen Lautsprecher aus. Die Audio-Dateien liegen als MP3 auf der SD-Karte.

- Track 0001: Systemstart-Bestaetigung
- Track 0002: Profilwechsel-Bestaetigung

## 6. Inbetriebnahme

---

### Schritt 1: Hardware vorbereiten

- Alle Taster und Schliessschalter gemaess Schaltplan verdrahten
- BC547-Transistoren und 1kOhm-Widerstaende fuer LED-Ausgaenge einloeten
- DFPlayer Mini anschliessen (GP16, 5V, GND)
- Lautsprecher an DFPlayer SPK+/SPK- anschliessen
- SD-Karte mit Audio-Dateien in DFPlayer einsetzen

### Schritt 2: Firmware flashen

- Firmware (.uf2) aus dem Export herunterladen
- Pico im BOOTSEL-Modus starten (Taste beim Einstecken halten)
- UF2-Datei auf das Pico-Laufwerk kopieren
- Pico startet automatisch neu

### Schritt 3: Funktionstest

- SiFa-Taster: Rote LED muss nach 30s blinken
- Getriebe V/N/R: Nur eine weisse LED gleichzeitig aktiv
- Sand: Gelbe LED toggled bei jedem Tastendruck
- PZB: Tasten muessen im Simulator ankommen
- Profile: Schliessschalter muss Profil wechseln
- Audio: Systemstart-Sound muss abgespielt werden

## 7. Firmware-Kompilierung

---

Die Firmware wird mit dem Pico SDK (C++) kompiliert. Der Firmware Generator erzeugt alle benoetigten Quelldateien als ZIP-Archiv.

### Voraussetzungen:

- Pico SDK (PICO\_SDK\_PATH Umgebungsvariable gesetzt)
- CMake >= 3.13
- ARM GNU Toolchain (arm-none-eabi-gcc)
- Ninja oder Make als Build-System

### Build-Anleitung:

```
# ZIP entpacken
unzip pico_firmware_export.zip -d firmware
cd firmware

# pico_sdk_import.cmake kopieren
cp $PICO_SDK_PATH/external/pico_sdk_import.cmake .

# Build-Verzeichnis erstellen
mkdir build && cd build

# CMake konfigurieren und bauen
cmake -G Ninja ..
ninja

# Ergebnis: pico_eisenbahn.uf2
```

Die erzeugte .uf2-Datei kann direkt auf den Pico kopiert werden (BOOTSEL-Modus). Der Pico wird nach dem Kopieren automatisch als USB-HID-Tastatur erkannt.

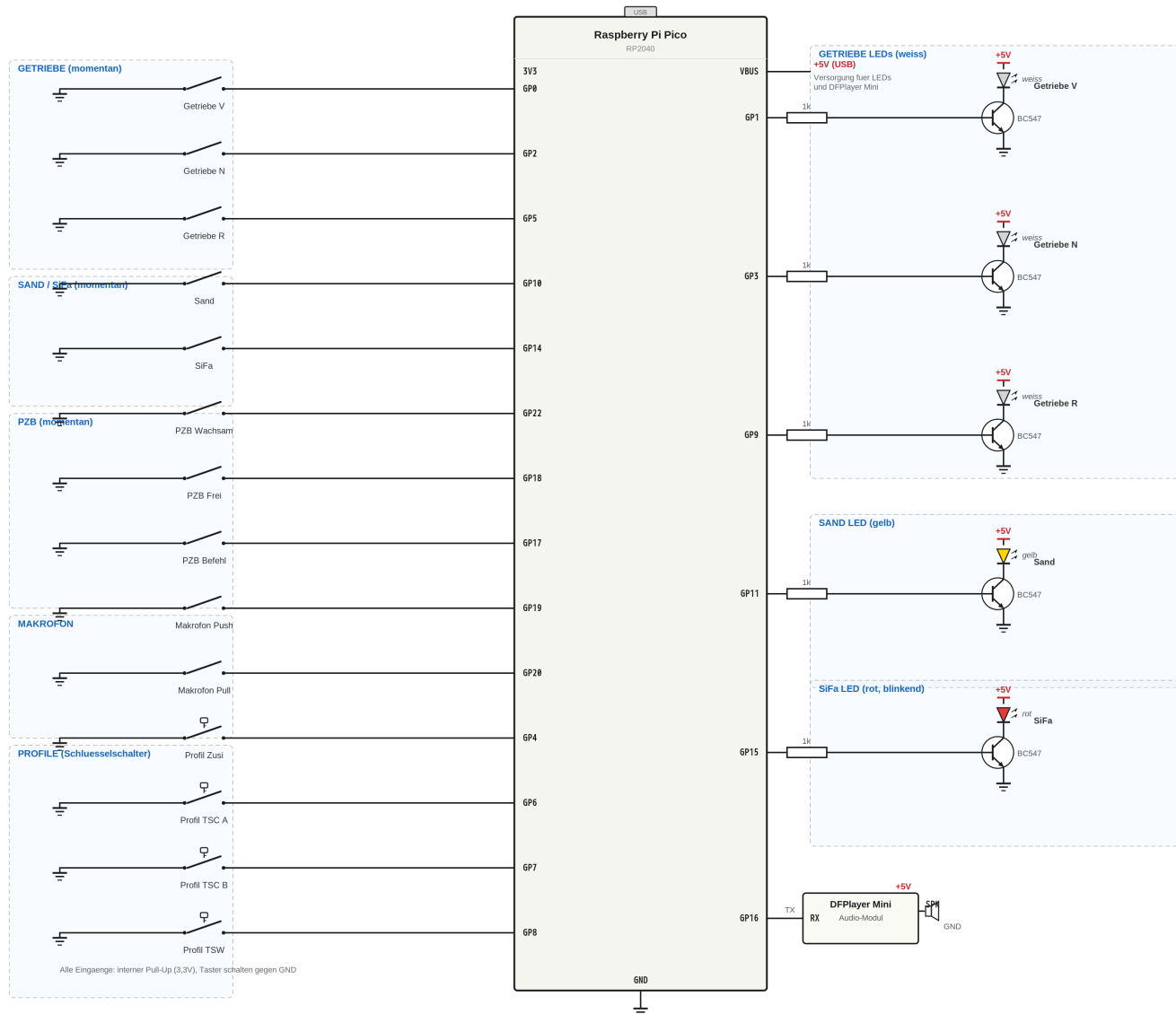
## **A. Anhang: Schaltplan (Grossformat)**

---

Vollstaendiger Schaltplan des Pico 1 USB HID Tastatur-Moduls. Auch als separate SVG- und PNG-Datei zum Download verfuegbar.

### SCHALTPLAN — EISENBAHN SIMULATORPULT

Pico 1 - USB HID Tastatur-Modul - Version 2.0



**HINWEISE**

1. Alle Taster sind momentan (federrnd). Die LEDs zeigen den Zustand per Firmware an.
2. LED-Ansteuerung: GPIO (3.3V) - 1kOhm - BC547 Basis. Kollektor - Metzier-LED - +5V (VBUS).
3. Metzier-LEDs (19mm, IP67) haben integrierte Strombegrenzung fuer 6-24V. Bei 5V leuchten sie etwas gedaempft.
4. SiFa-LED (rot): Blinkt mit 1Hz ab 30s, Dauer-LED ab 32.5s. Getriebe-LEDs: Software-Verriegelung (nur eine aktiv).
5. Schluesselschalter (rastend) schalten Profile: Zusi, TrainSimClassic A/B, TrainSimWorld.
6. DFPlayer Mini: UART (9600 Baud), spielt Hinweisen bei Systemstart und Profilwechsel.

Stand: 08.06.2026 | Pico-Eisenbahn Firmware Generator V2

Projekt:	Eisenbahn Simulatorpult
Modul:	Pico 1 - USB HID Tastatur