Bauanleitung jaeker-shutter

> ⚠️ **Nachbau auf eigene Verantwortung.** Lies vorher den Abschnitt Sicherheit. Bei falscher Verdrahtung können Kamera, Blitz oder Board beschädigt werden.

Inhalt

1. Stückliste
2. Schaltplan & Pinout
3. Aufbau Schritt für Schritt
4. Kamera anschließen
5. Blitz anschließen
6. Lichtschranke & Tropfen
7. Stromversorgung, Ein/Aus & Laufzeit
8. Firmware flashen
9. Erste Schritte & Tipps
10. Sicherheit

Stückliste

Alle Ein- und Ausgänge sind **galvanisch getrennt**. Kamera, Blitz und der 24-V-Kreis haben keine elektrische Verbindung zum ESP32.

Grundgerät (Fern- und Timelapse-Auslöser)

Anz.	Teil	Hinweis
1	Heltec WiFi LoRa 32 **V3**	ESP32-S3 mit OLED; LoRa wird nicht genutzt
1	LiPo-Akku 1S 3,7 V, z. B. 1100 mAh, **mit Schutzschaltung**	Stecker JST 1,25 mm (passend zum Heltec, Polarität prüfen!)
2	Optokoppler **PC817** (DIP-4)	Fokus, Auslösen
2	Widerstand 330 Ω	Vorwiderstand LED
1	Klinkenbuchse 3,5 mm **Stereo**	Kameraausgang
1	Fernauslöserkabel 3,5 mm → Kamera	z. B. „3,5 mm auf MC-DC2“ oder „… auf 10-Pol“
1	Schiebeschalter (optional)	trennt den Akku komplett, für Lagerung

Erweiterung Highspeed (Blitz, 24-V-Lichtschranke, Ventil)

Anz.	Teil	Hinweis
1	PhotoMOS-Relais **AQY214** (400 V)	Blitz, auch für alte Blitze mit hoher Zündspannung
1	Widerstand 220 Ω	Vorwiderstand AQY214-LED
1	Klinkenbuchse 3,5 mm Mono oder PC-Sync	Blitzausgang
2	Optokoppler **PC817**	Lichtschranken-Eingang, Ventil
1	Widerstand 4,7 kΩ / 0,5 W	Vorwiderstand Lichtschranken-Eingang (24 V)
1	Diode 1N4148	Verpolschutz LED Lichtschranken-Eingang
1	Widerstand 4,7 kΩ	Pull-up GPIO 7
1	Widerstand 330 Ω	Vorwiderstand Ventil-Optokoppler
1	MOSFET **IRF540N** (100 V)	schaltet das Ventil (24-V-Seite)
1	Widerstände 4,7 kΩ und 10 kΩ	Gate-Spannungsteiler
1	Diode **1N4007**	Freilaufdiode am Ventil – **Pflicht**
1	Z-Diode 24 V / 1,3 W, z. B. 1N4749A (optional)	Ventil schließt schneller (siehe unten)
1	Lichtschranke / Reflexions-Lichttaster **24 V DC**, PNP oder NPN	Ansprechzeit im Datenblatt beachten
1	Magnetventil **24 V DC**, stromlos geschlossen (NC)	gleiches Netzteil wie Lichtschranke
1	Netzteil 24 V DC, ≥ 1 A	versorgt Lichtschranke und Ventil

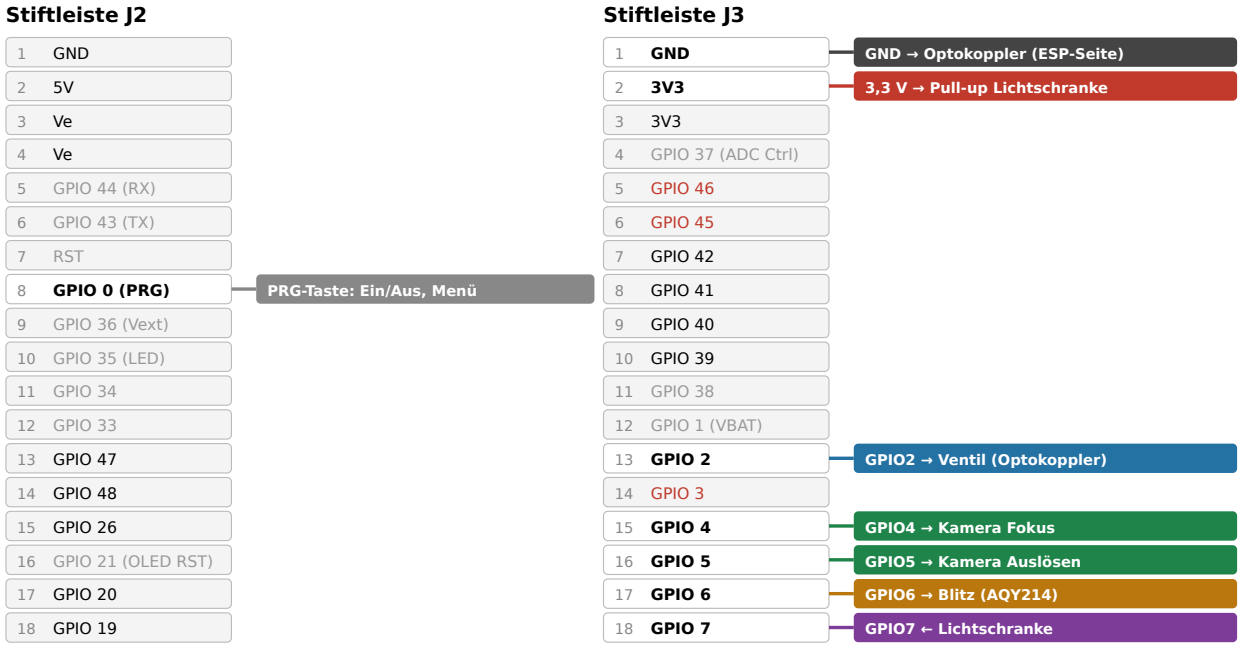
> **Alternative SFH 620A:** Dieser Optokoppler hat zwei antiparallele LEDs (AC-Eingang). Für die Kamera eignet er sich genauso gut wie der PC817. Bei der Variante **-1** (kleinster Übertragungsfaktor) einen Vorwiderstand von **220 Ω** statt 330 Ω nehmen. Als **Lichtschranken-Eingang** ist er sogar ideal: Die Polarität ist egal (PNP oder NPN), und die 1N4148 entfällt.
>
> **Tipp:** Statt 4× PC817 passt auch ein **PC847** (vier Optokoppler in einem DIP-16-Gehäuse). Der Aufbau wird dadurch kompakter.

Schaltplan

Pinout

Heltec WiFi LoRa 32 V3 – Belegung für jaeker-shutter

Pin 1 jeder Leiste ist GND. Die Pins sind auf der Platine beschriftet – vor dem Löten mit dem Aufdruck abgleichen.



Legende: farbig = von jaeker-shutter benutzt · grau = auf der Platine belegt (OLED, LED, Vext, USB-Seriell, Akku) · rot = Strapping-Pin, nicht beschalten

Alle genutzten Anschlüsse liegen auf **J3, Pins 1, 2 und 13–18**. Intern belegt (nicht herausgeführt): OLED SDA 17 / SCL 18, LoRa SX1262 GPIO 8–14.

Frei für Erweiterungen: GPIO 19, 20, 47, 48 (J2). GPIO 33–38 nicht verwenden (interner Flash/SPI).

jaeker-shutter · foto-jaeker.de · CC BY-SA 4.0 · Quelle Pinbelegung: Heltec-Doku / Schaltplan V3

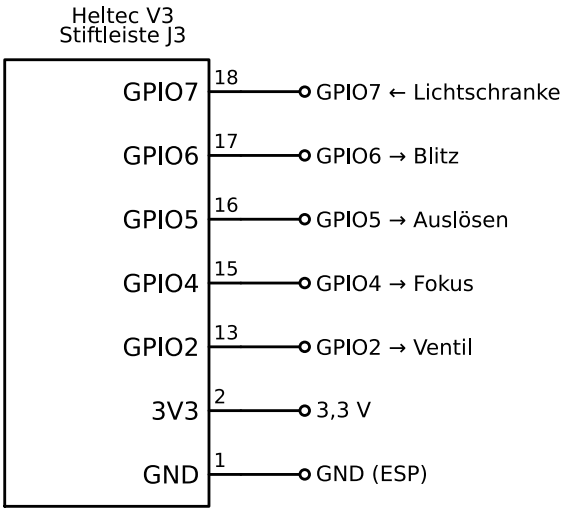
Alle Anschlüsse liegen auf der Stiftleiste **J3**:

J3-Pin	Signal	Funktion	Bauteil
1	GND	Masse der ESP-Seite (alle Optokoppler-LEDs, Lichtschranken-Ausgang)	–
2	3V3	Pull-up für den Lichtschranken-Eingang	4,7 kΩ
13	GPIO 2	Magnetventil	PC817 → IRF540N
15	GPIO 4	Kamera Fokus	PC817 / SFH 620A
16	GPIO 5	Kamera Auslösen	PC817 / SFH 620A
17	GPIO 6	Blitz	AQY214
18	GPIO 7	Lichtschranke (Eingang)	PC817 / SFH 620A
J2-8	GPIO 0	PRG-Taste (auf dem Board)	–

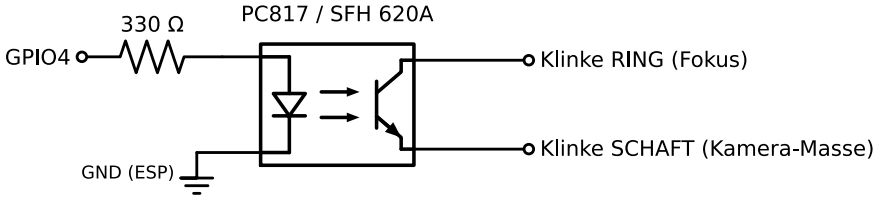
Die Pins sind in `jaeker_shutter/config.h` definiert. **Vor dem Löten mit dem Aufdruck auf der Platine abgleichen.**

Gesamtschaltplan

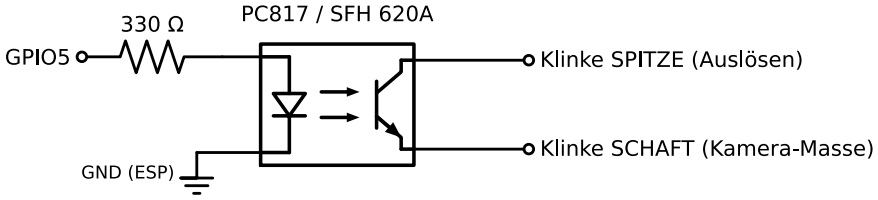
Teil 1: Stiftleiste, Kamera und Blitz



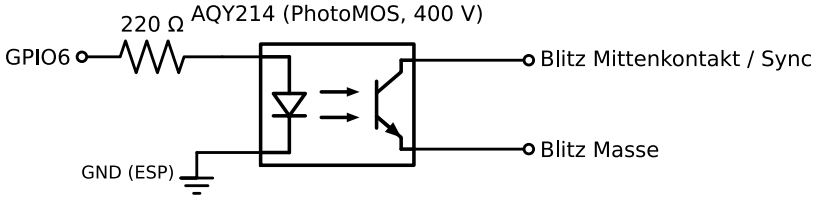
① Kamera Fokus



② Kamera Auslösen



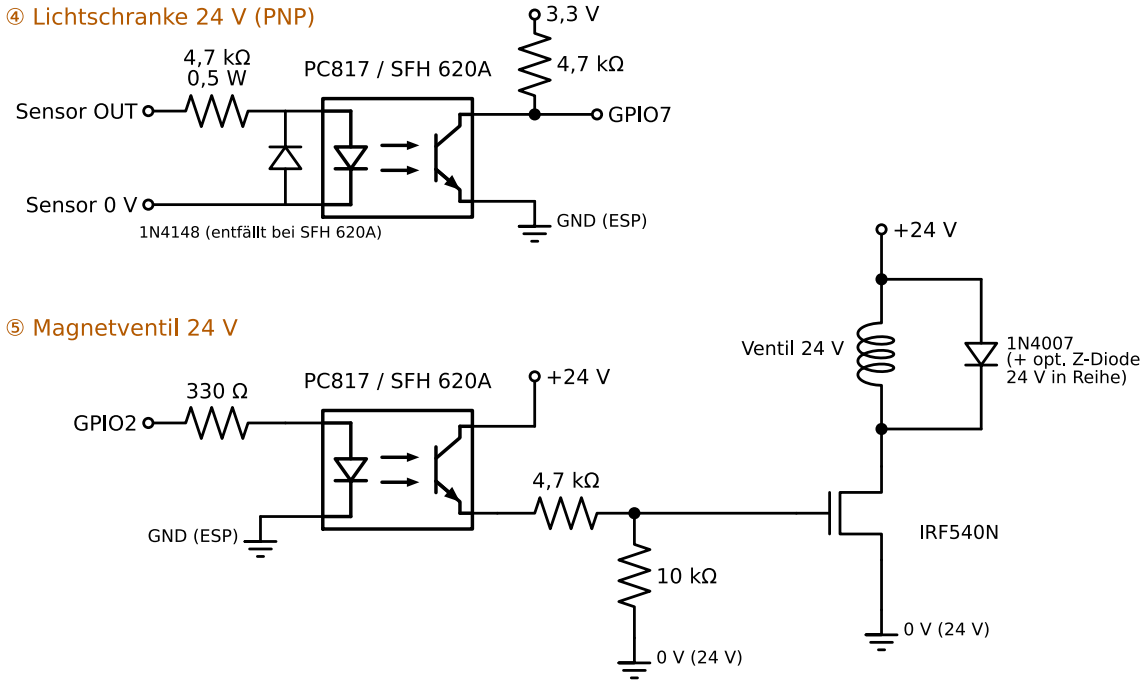
③ Blitz



Fortsetzung: Lichtschranke und Ventil → Schaltplan Teil 2. Alle Optokoppler trennen galvanisch.
AQY214: Symbol vereinfacht (PhotoMOS mit MOSFET-Ausgang, keine Polarität).

jaeker-shutter · foto-jaeker.de · CC BY-SA 4.0

Teil 2: Lichtschranke 24 V und Magnetventil



Alle Optokoppler trennen galvanisch: Kamera, Blitz und 24-V-Kreis haben KEINE Verbindung zur ESP-Masse.
AQY214: Symbol vereinfacht (PhotoMOS mit MOSFET-Ausgang, keine Polarität). Lichtschranke NPN: siehe Bauanleitung.
Freilaufdiode 1N4007 am Ventil ist Pflicht. jaeker-shutter · foto-jaeker.de · CC BY-SA 4.0

Erläuterungen

① + ② Kamera: Fokus und Auslösen

LED-Strom ca. 6 mA. **Fokus und Auslösen gebrückt** (nur ein Optokoppler) geht auch: dann nur GPIO 5 verwenden und in der Weboberfläche *Vorfokus = 0* einstellen. Fokus gleich mitzuschalten ist für Timelapse mit manuellem Fokus ohnehin unnötig. Die Kameraseite liefert selbst wenige Volt bei sehr kleinem Strom. Polarität beachten: Kollektor an den Kontakt, Emitter an die Kamera-Masse.

③ Blitz

Das PhotoMOS hat keine Polarität am Ausgang und hält bis 400 V. Ein einfacher PC817 würde bei alten Blitzen mit hoher Zündspannung zerstört.

④ Lichtschranke 24 V (Eingang)

Variante PNP (schaltet +24 V, in Europa am häufigsten): wie im Schaltplan.

Variante NPN (schaltet nach 0 V): Vorwiderstand an **+24 V**, LED-Kathode an **Sensor OUT**. Die Ausgangsseite bleibt gleich.

- LED-Strom ≈ (24 V − 1,2 V) / 4,7 kΩ ≈ 4,9 mA. Am Widerstand fallen ca. 0,11 W ab, deshalb ein 0,5-W-Typ.
- Die 1N4148 schützt die LED, falls die Leitung verpolt angeschlossen wird.
- Sensoreingang aktiv: Optokoppler leitet, GPIO 7 = LOW.

- Die **Flanke** in `config.h` passend zum Sensor einstellen:
  - **hellschaltend** (Ausgang aktiv bei freiem Strahl): Unterbrechung = steigende Flanke, `LIGHTGATE_EDGE RISING` (Standard)
  - **dunkelschaltend**: `LIGHTGATE_EDGE FALLING`
- Die Weboberfläche zeigt live „Strahl frei / unterbrochen“. Damit lässt sich die Einstellung leicht prüfen.

⑤ Magnetventil 24 V über Optokoppler + MOSFET

- Optokoppler an: Gate ≈ 24 V × 10/(10 + 4,7) ≈ **16 V**. Das schaltet den MOSFET voll durch und bleibt unter dem Grenzwert von 20 V.
- Optokoppler aus: Der 10-kΩ-Widerstand entlädt das Gate, der MOSFET sperrt nach ca. 20–30 µs.
- **Freilaufdiode 1N4007 ist Pflicht.** Ohne sie zerstört die Abschaltspannung der Spule den MOSFET.
- **Schneller schließen (optional):** Mit der Diode allein fällt das Ventil einige Millisekunden verzögert ab. Eine 24-V-Z-Diode in Reihe zur 1N4007 (Anode an Anode) begrenzt die Spannung auf ca. 48 V statt ca. 1 V. Das Magnetfeld baut sich dadurch viel schneller ab, die Tropfen werden gleichmäßiger. Der IRF540N (100 V) verträgt das.
- Das Ventil zieht bei 24 V typisch 0,2–0,5 A. Der IRF540N braucht dafür keinen Kühlkörper.

Ein Netzteil für alles: Lichtschranke und Ventil hängen am selben 24-V-Netzteil. Dessen 0 V wird **nicht** mit der ESP-Masse verbunden.

Aufbau Schritt für Schritt

Jede Stufe einzeln aufbauen und testen, bevor die nächste dazukommt. So lassen sich Fehler leicht eingrenzen.

1. **Firmware flashen, ohne Beschaltung** (siehe Firmware flashen). Mit dem Handy verbinden und die Weboberfläche öffnen.
2. **Stiftleisten** an das Heltec-Board löten, falls noch nicht geschehen.
3. **Kamera-Kanäle ① + ②** auf Lochraster aufbauen. *Test:* Multimeter (Durchgang) zwischen Klinke Spitze und Schaft. „Auslösen“ in der Weboberfläche drücken, der Durchgang muss kurz piepen. Dann die Kamera anschließen und ein Bild auslösen.
4. **Blitz ③** aufbauen. *Test:* „Blitz testen“ im Tab Lichtschranke.
5. **Lichtschranken-Eingang ④** aufbauen und die 24-V-Lichtschranke anschließen. *Test:* Die Anzeige „Strahl frei / unterbrochen“ im Tab Lichtschranke muss beim Unterbrechen umspringen. Springt sie verkehrt herum, die Flanke in `config.h` umstellen.
6. **Ventil ⑤** aufbauen. *Test:* „Ventil 50 ms“ im Tab Tropfen, das Ventil muss hörbar klicken. Danach mit „Spülen 2 s“ den Schlauch füllen.
7. Alles ins **Gehäuse** einbauen und den Akku anschließen. **Polarität des JST-Steckers prüfen!**

Kamera anschließen

Das Gerät hat eine 3,5-mm-Stereo-Klinkenbuchse in der verbreiteten Belegung:

Klinke	Funktion
Spitze	Auslösen
Ring	Fokus
Schaft	Masse

Passende Adapterkabel „3,5 mm auf Kamera“ gibt es für viele Kameras (Nikon MC-DC2, Nikon 10-Pol und andere Hersteller). So bleibt das Gerät universell.

Belegung immer prüfen: Multimeter auf Durchgang, Kabel an die Kamera. Fokus gegen Masse brücken, die Kamera muss fokussieren. Danach Auslösen gegen Masse brücken.

Alternativ kannst du einen günstigen Kabelfernauslöser aufschneiden und die Adern durchmessen:

- halb drücken = Fokus + Masse
- ganz drücken = Auslösen + Masse

> Kameras ohne Kabel-Fernauslöserbuchse (nur USB/Bluetooth) werden nicht unterstützt.

Blitz anschließen

- **Systemblitz:** über einen Blitzschuh-Adapter mit PC-Sync- oder Klinkenbuchse, oder direkt per PC-Sync-Kabel.
- **Mehrere Blitze:** einen auslösen, die anderen per optischem Slave-Modus.
- Für Tropfen und Schüsse einen Blitz auf **kleine Leistung** stellen (1/32 bis 1/128). Je kleiner die Leistung, desto kürzer der Blitz und desto schärfer das eingefrorene Motiv.

Lichtschranke & Tropfen

Lichtschranke

- Einweg-Lichtschranke (Sender + Empfänger) oder Reflexions-Lichttaster quer zur Flugbahn montieren.
- **Ansprechzeit** im Datenblatt prüfen: Industriesensoren haben oft 0,2–1 ms. Das ist kein Problem, solange die Zeit **konstant** ist. Sie geht einfach in die eingestellte Verzögerung ein. Für sehr schnelle Objekte (Projektile) einen Sensor mit ≤ 0,1 ms wählen.
- Die Verzögerung über Testreihen in kleinen Schritten finden.

Tropfen

- Ventil über einen Behälter hängen (Fallhöhe ca. 30–50 cm), darunter eine Schale mit Wasser.
- Startwerte: Tropfen 1 = 40 ms, Blitz nach ≈ 300 ms. Dann in 1–5-ms-Schritten anpassen.
- **Tropfenkollision:** Tropfen 2 = 30 ms, Pause 60–100 ms.
- Etwas Guarkernmehl oder Milch im Wasser ergibt schönere Formen.

Stromversorgung, Ein/Aus & Laufzeit

Versorgung: 1S-LiPo an der JST-Buchse des Heltec. Das Board lädt den Akku über USB-C. Alternativ läuft es direkt an einer Powerbank.

Ein/Aus mit der PRG-Taste:

Aktion	Taste
Einschalten	PRG **2 s** halten
Ausschalten	PRG **3 s** halten (Display zeigt „Aus“, dann loslassen)
Auslösen / Stopp	PRG 1–3 s halten, dann loslassen
Display-Seite wechseln	PRG kurz drücken

„Aus“ bedeutet Deep-Sleep. ESP32, WLAN, OLED und LoRa-Chip sind dann abgeschaltet. Ein kurzer Druck in der Fototasche weckt das Gerät nicht auf, dafür muss die Taste 2 s gehalten werden.

Laufzeit mit 1100 mAh (Schätzwerte, bitte mit einem USB-Messgerät nachmessen):

Zustand	Stromaufnahme	Laufzeit
Betrieb, WLAN an, Display an	ca. 100–130 mA	**ca. 7–9 h**
Betrieb, Display aus (nach 60 s)	ca. 90–110 mA	ca. 8–10 h
Timelapse im Sparmodus	ca. 1–3 mA	**ca. 1–3 Wochen**
Aus (Deep-Sleep)	ca. 20–50 µA	rechnerisch > 2 Jahre

Sparmodus für Timelapse (Häkchen im Timelapse-Tab):

- 1 Minute nach der letzten Bedienung zeigt das Display „Sparmodus“. Danach gehen WLAN und Display aus, und der ESP32 schläft zwischen den Aufnahmen (Light-Sleep, 80 MHz).
- Solange die Weboberfläche offen ist, bleibt das Gerät wach.
- **PRG kurz drücken** schaltet WLAN und Display wieder ein. Nach 1 Minute ohne Bedienung geht es zurück in den Sparmodus.
- Nach dem letzten Bild **schaltet sich das Gerät aus**. Zum Weiterarbeiten PRG 2 s halten.
- Bei unbegrenzter Bildanzahl läuft es, bis du es per PRG weckst und stoppst.
- Tipp: **Vorfokus = 0** spart zusätzlich Strom.
- Der größte Verbraucher ist das **WLAN**. Ein Access-Point kann das Funkmodul nicht schlafen legen. Display und Optokoppler fallen kaum ins Gewicht.
- Bei langer Bulb-Belichtung kommen ca. 12 mA für die beiden Kamera-Optokoppler hinzu. Lichtschranken-Eingang und Ventil werden aus dem 24-V-Netzteil versorgt und belasten den Akku nicht.

- Im Deep-Sleep begrenzt praktisch die **Selbstentladung** des Akkus die Laufzeit (einige % pro Monat). Bei Lagerung alle 2–3 Monate nachladen oder den Akku per Schiebeschalter trennen. **Nur Akkus mit Schutzschaltung verwenden**, sonst droht Tiefentladung.

Gehäuse: Ein 3D-druckbares Gehäuse folgt in `hardware/`.

Firmware flashen

Variante A: Arduino IDE (2.x)

1. *Datei → Einstellungen → Zusätzliche Boardverwalter-URLs*: `https://espressif.github.io/arduino-esp32/package_esp32_index.json`
2. *Werkzeuge → Board → Boardverwalter*: **esp32** (Espressif Systems) installieren. Getestet sind 2.0.17 und 3.3.x.
3. *Werkzeuge → Bibliotheken verwalten*: **U8g2** (olikraus) installieren.
4. Repository als ZIP herunterladen, entpacken und **`jaeker_shutter/jaeker_shutter.ino`** öffnen. Die anderen Dateien im Ordner erscheinen automatisch als Tabs.
5. *Werkzeuge → Board*: **Heltec WiFi LoRa 32(V3)** wählen, dazu den Port.
6. **Hochladen**. Falls der Upload nicht startet: PRG-Taste gedrückt halten, RST kurz drücken, PRG loslassen (Bootloader-Modus).
7. Seriellen Monitor öffnen (115200 Baud). Dort stehen WLAN-Name und Passwort.

Variante B: PlatformIO

1. VS Code und die Erweiterung **PlatformIO IDE** installieren.
2. Den Repository-Ordner (mit `platformio.ini`) in VS Code öffnen.
3. Heltec V3 per USB-C anschließen, unten in der Statusleiste **→ Upload** klicken (oder `pio run -t upload`).

Erste Schritte & Tipps

1. Nach dem Start zeigt das Display einen **WLAN-QR-Code**. Mit der Handykamera scannen, dann verbinden.
2. Die Bedienseite öffnet sich meist automatisch (Captive Portal). Falls nicht: PRG-Taste kurz drücken, den zweiten QR-Code scannen oder `http://192.168.4.1` öffnen.
3. **PRG-Taste:** kurz = Display-Seite wechseln, lang (> 1 s) = Auslösen bzw. laufende Aktion stoppen.

Timelapse-Tipps

- Kamera auf **M** (manuell), manuellen Fokus, feste ISO und Weißabgleich. Sonst flackert das Video.
- Faustregel: Intervall ≥ Belichtungszeit + 1–2 s, damit die Kamera speichern kann.
- Für Nachtaufnahmen > 30 s: Kamera auf **Bulb** und „Belichtung (Bulb)“ einstellen.
- Bildschirm der Kamera ausschalten, Akkugriff oder Netzteil verwenden.

Sicherheit

- **Hochspannung bei älteren Blitzgeräten:** Manche Blitze haben am Mittenkontakt **mehrere hundert Volt**. Nur das PhotoMOS (≥ 400 V) verwenden, keinen PC817, und nie direkt an GPIOs anschließen. Im Zweifel die Zündspannung vorher messen.
- **Nur die Fernauslöser-Kontakte** der Kamera verwenden. Niemals Spannung in die Kamera einspeisen.
- **Magnetventil:** Freilaufdiode nicht vergessen. Wasser von Elektronik, Netzteil und Kamera fernhalten.
- **Laser:** Nur Laser der Klasse 1 oder 2 verwenden und **nie** in Augen oder auf spiegelnde Flächen richten.
- **Projektile:** Geltende Gesetze beachten (z. B. Waffengesetz), nur in sicherer Umgebung, mit Kugelfang und Schutzbrille.
- **LiPo-Akku:** siehe oben. Beschädigte Akkus nicht weiter verwenden.
- Eingriffe an der Kamera können die Garantie berühren. Nutzung auf eigenes Risiko.