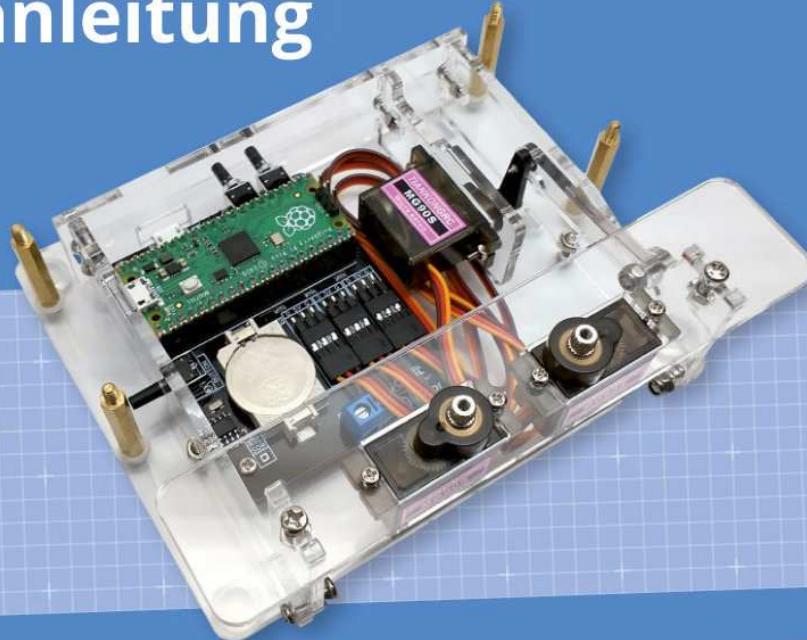


# Sand Clock Bauanleitung



SKU 20679

joy-it  Elektor  
design > share > earn

## Hinweis

Dieses Set ist für Personen mit mittleren Vorkenntnissen im Zusammenbau von Elektronik und Mechanik konzipiert.

Wenn Sie das Set für zu kompliziert halten, versuchen Sie bitte nicht, es zusammenzubauen. Nehmen Sie sich Zeit – der Zusammenbau dauert ca. 1,5–2 Stunden.

Achten Sie auf einen gut beleuchteten (vorzugsweise Tageslicht) und sauberen Arbeitsbereich.

Bauen Sie die Sanduhr in der angegebenen Reihenfolge zusammen. Lesen und verstehen Sie jeden Schritt, bevor Sie ihn ausführen.

Für den Zusammenbau der Uhr benötigen Sie folgende Werkzeuge und Materialien:

- Ein Set Kreuzschlitz-Schraubendreher oder einen Akkuschrauber mit entspr.-Bits.
- Spitzzange.
- Pinzette.
- Anspitzer.
- Computer mit installierter Arduino IDE (**dazu gibt es in Schritt 2 gesonderte Hinweise**)
- Micro-USB-Netzteil (5 V/1,5 A).

In dieser Anleitung sind Befehle fett gedruckt, z. B. **svml 1800**  
(Servo bewegt sich nach links, 1800 Mikrosekunden).

Die Position eines Servomotors entspricht der Pulsbreite des steuernden PWM-Signals und wird in Mikrosekunden ( $\mu$ s) angegeben.

# Montage

Elektronik und Servos montieren und testen

## Schritt 1

Befestigen Sie den Raspberry Pi Pico auf der Grundplatte und schließen Sie die drei Servomotoren an.

Das braune Kabel kommt an „G“ (rechts), das gelb/orange Kabel an „D“ (links).

Setzen Sie die CR2032 3V Lithium-Knopfzelle in den Batteriehalter auf der Grundplatte ein.



## Schritt 2

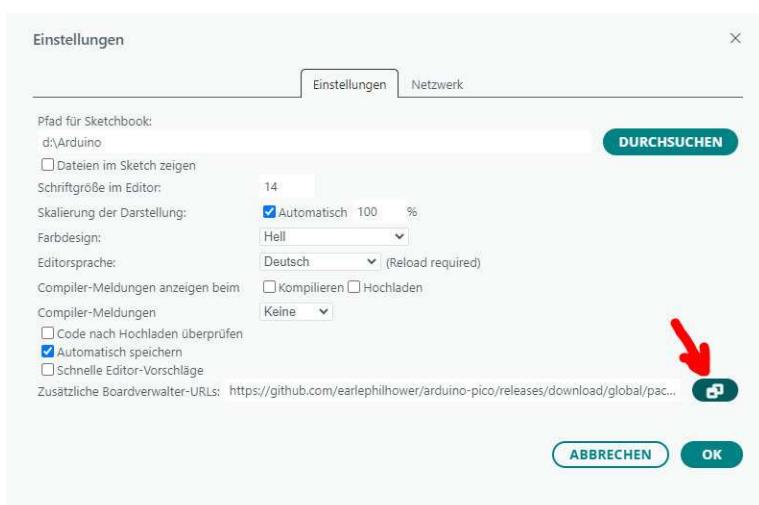
Es wird nun die Arduino-IDE auf dem Computer benötigt. Zur Installation gehen Sie bei Arduino auf: <https://www.arduino.cc/en/software/> und laden die neueste Version herunter. Starten Sie die exe-Datei und folgen den Installationsschritten. Nach dem ersten Öffnen des Programms stellen Sie die Sprache wie folgt auf ‚deutsch‘ ein:

\* Gehen Sie im Menu *File* auf *Preferences*, wählen als *Language* DEUTSCH.

\* Als nächstes können Sie gleich noch eine zusätzliche Boardverwalter-URL in der untersten Zeile eintragen. Klicken Sie dazu unten rechts auf das Symbol und tragen die URL ein:

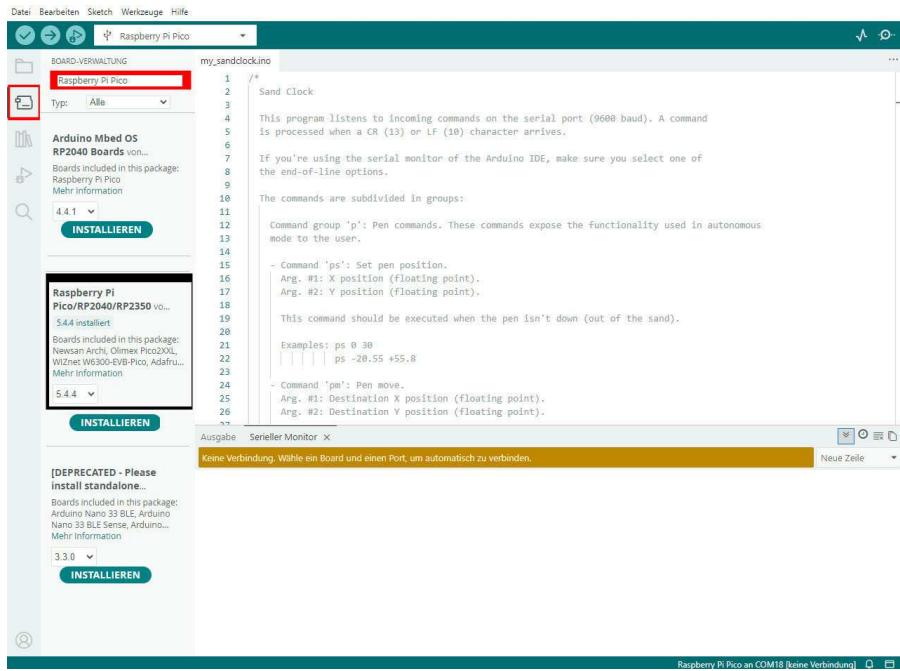
[https://github.com/earlephilhower/arduino-pico/releases/download/global/package\\_rp2040\\_index.json](https://github.com/earlephilhower/arduino-pico/releases/download/global/package_rp2040_index.json)

Anschießend bestätigen Sie zwei mal mit **OK**.

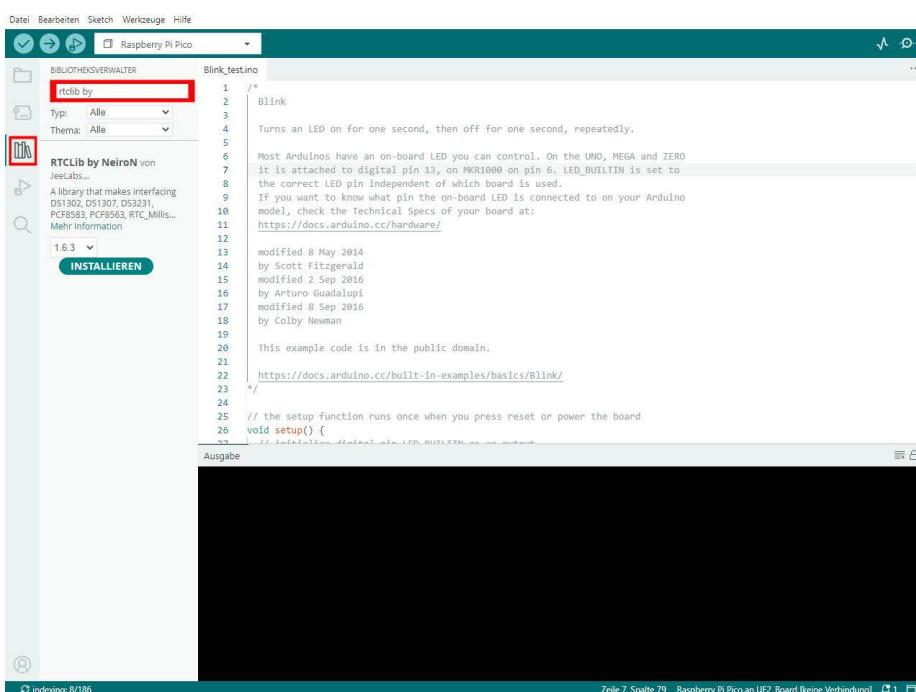


## Schließen Sie ein Micro-USB-Netzteil an die Basisplatine an. Drücken Sie auf dem Raspberry Pi-Pico die Boot-Sel Taste und verbinden den Pico ebenfalls über ein Micro-USB-Kabel mit Ihrem PC. Jetzt lassen Sie die Boot-Sel Taste los.

Nun müssen Sie noch das Board-Paket „Raspberry Pi Pico/RP2040 von Earle F. Philhower“ im „Board-Manager“ installieren und den angeschlossenen Raspberry Pi Pico sowie dessen Port auswählen. Klicken Sie links auf das zweite Symbol von oben (siehe Bild) und geben oben unter BOARD-VERWALTUNG „ Raspberry Pi Pico“ ein. Jetzt sehen Sie das Modul und klicken auf „INSTALLIEREN“.



Anschließend installieren Sie noch die Bibliothek ,RTCLib by NeiroN. Dazu klicken Sie auf das Bibliothek-Symbol (links, drittes von oben) und geben unter der Zeile BIBLIOTHEKSVERWALTER den Begriff *rtclib* by ein. In der angezeigten Bibliothek klicken Sie auf INSTALLIEREN.



Als nächstes laden Sie das Programm für die Sanduhr von der Elektor-Website herunter (<https://www.elektor.com/20679>).

In Ihrem Download-Ordner befindet sich dann eine zip-Datei

*Software\_Sand\_Clock\_Kit\_V1.4.zip*.

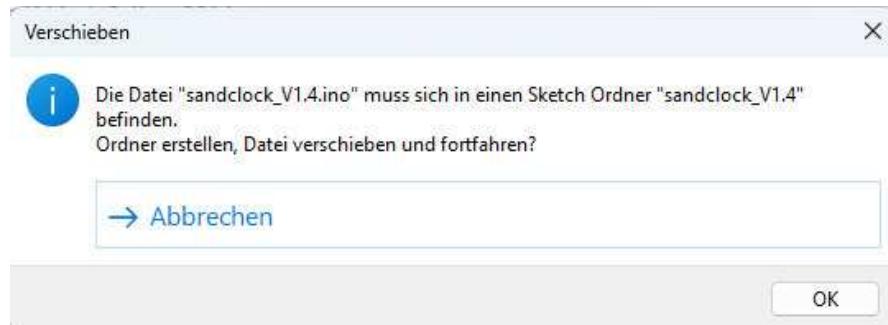
Diese entpacken Sie und kopieren



- \* die Datei **sandclock\_V1.4.ino** in Ihren Ordner **Dokumente/Arduino** und
- \* den Ordner **RTCLib\_by\_NeiroN** nach **Dokumente/Arduino/libraries**

## So geht es weiter:

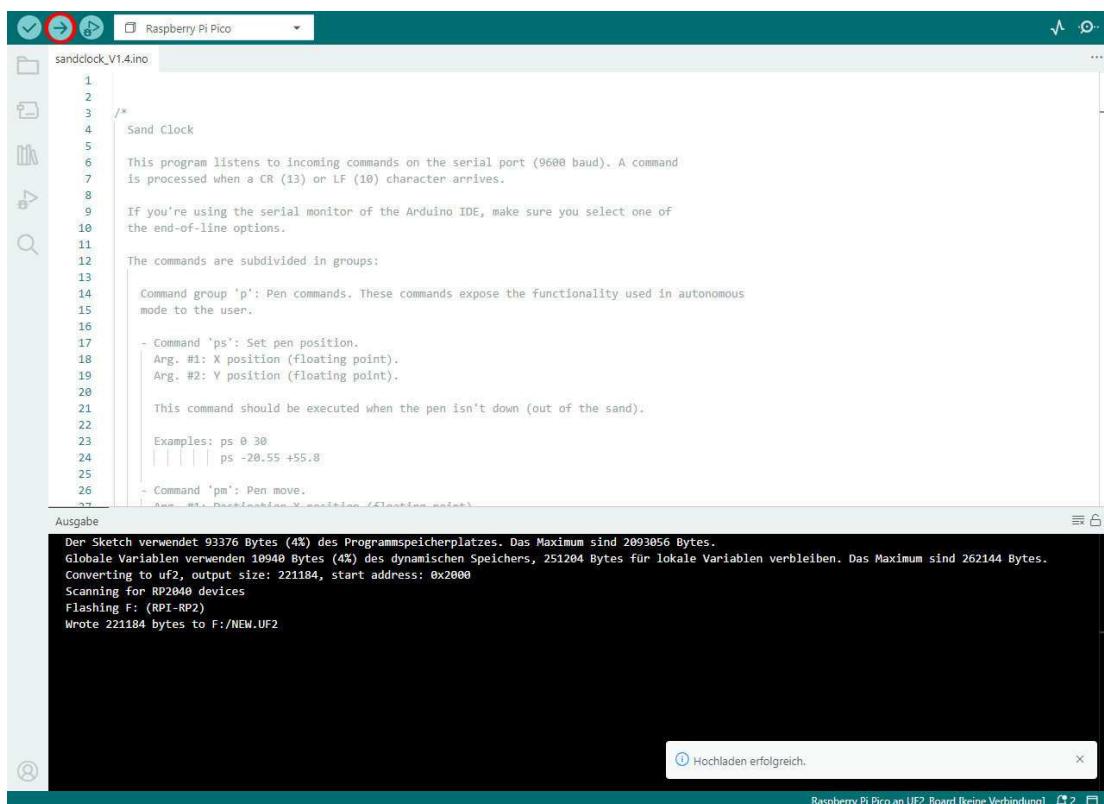
Doppelklicken Sie die Datei **sandclock\_V1.4.ino**. Es öffnet sich die Arduino IDE mit der Meldung



die Sie mit **OK** bestätigen.

## Komplizieren Sie nun das Programm und laden es auf den Raspberry Pi Pico hoch.

Dazu klicken Sie auf den Button HOCHLADEN (siehe Bild) und warten, bis die Meldung „Hochladen erfolgreich“ angezeigt wird.

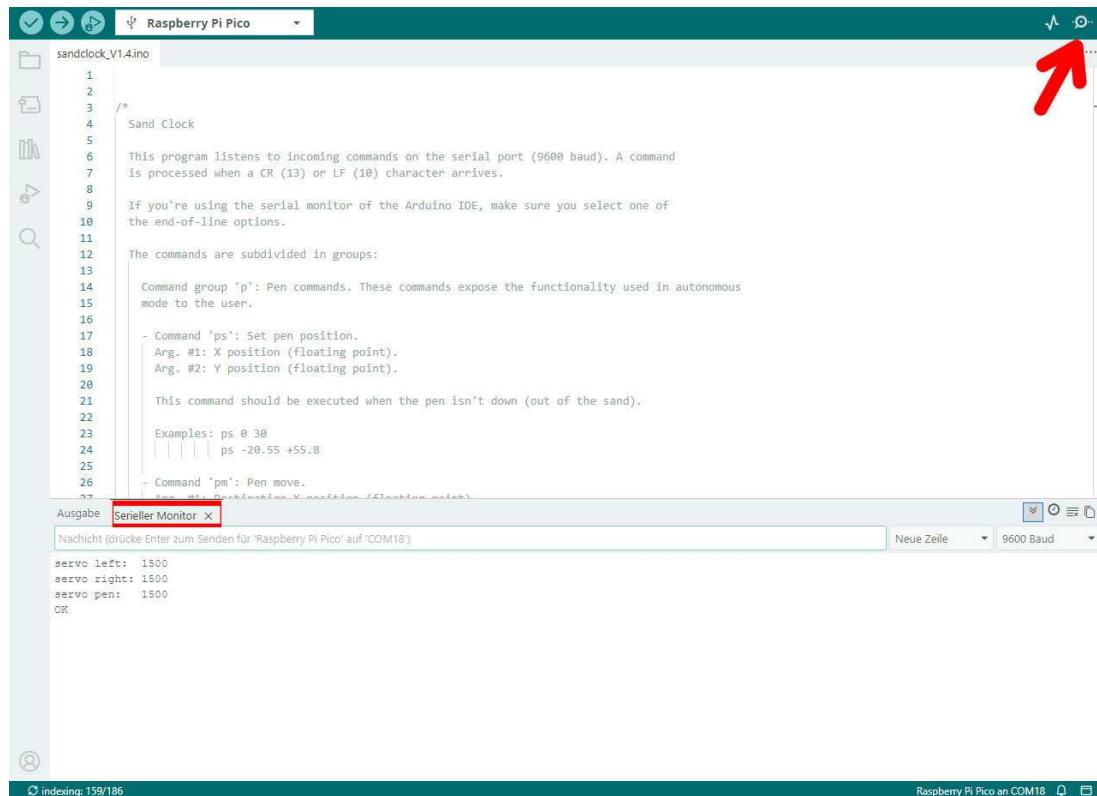


Wenn der Sketch startet, prüft er zunächst, ob gültige Kalibrierungsdaten im EEPROM vorhanden sind. Andernfalls werden bei der ersten Nutzung alle drei Servomotoren in Mittelstellung (d.h. eine Pulsweite von 1500 µs) gefahren.

Falls gewünscht, können Sie die Position der Servomotoren wie folgt überprüfen:

Dazu öffnen Sie den seriellen Monitor in der Arduino IDE wie folgt:

Klicken Sie oben rechts auf Das Symbol Serieller Monitor und dann im unteren Bereich auf den Reiter „Serieller Monitor“.



Geben Sie in der Kommandozeile den Befehl `svd` ein. Die Antwort sollte anzeigen, dass alle drei Servomotorkanäle eine Impulsbreite von 1500 µs haben. Falls nicht, können Sie die Servomotoren manuell in die Mittelposition bringen, indem Sie die Befehle `svml 1500`, `svmr 1500` und `svmp 1500` senden. Schalten Sie die Stromversorgung aus und trennen Sie die Servomotoren.

Bis hierher können Sie auf die Servomotoren zugreifen. Also kann der Aufbau der Sand Clock fortgesetzt werden.

## Schritt 3

### Mechanische Montage

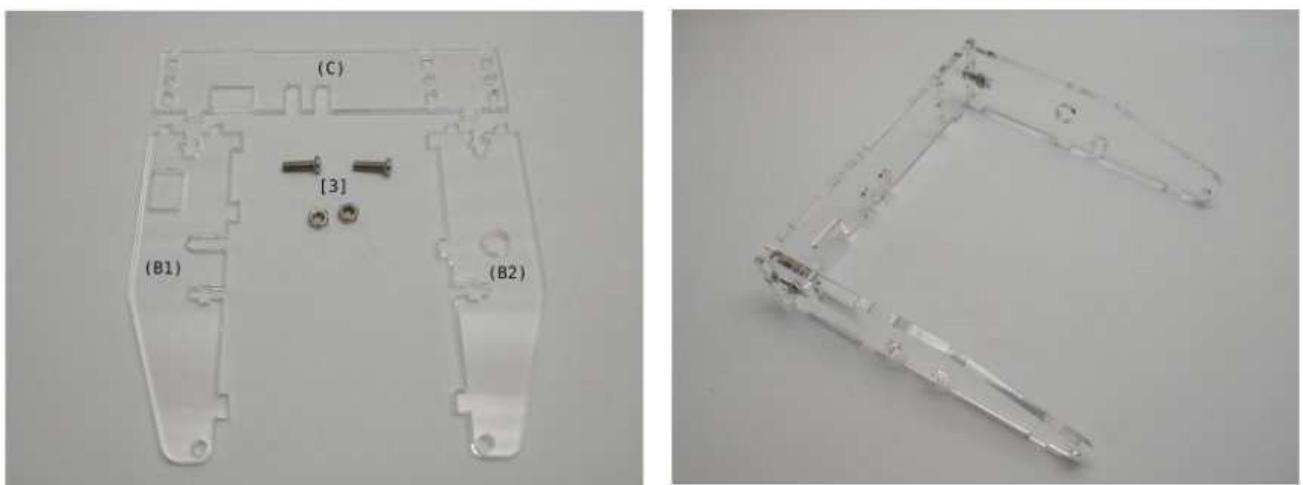
Entfernen Sie jeweils die Schutzfolie von beiden Seiten aller Acrylteile.

Unter die Bodenplatte (A) kleben Sie 4 selbstklebende Gummipuffer [1] an die Ecken. Achten Sie auf die richtige Ausrichtung der Bodenplatte, da es recht schwierig ist, die Gummipuffer bei falscher Positionierung zu entfernen und neu zu positionieren.

Montieren Sie die 4 Abstandshalter [2] für den Sandkasten mit M3x10 Maschinenschrauben [3] und M3 Kunststoffscheiben [3]. (Nur handfest anziehen).



Verschrauben Sie die Seitenwände (B1, B2) und der Rückwand (C) des Rahmens. Verschrauben Sie die Wände im rechten Winkel mit einer M3x10-Maschinenschraube [3] und einer M3-Mutter [3]. Ziehen Sie die Schrauben nicht zu fest an, da das Acrylglas sonst brechen kann.



## Schritt 4

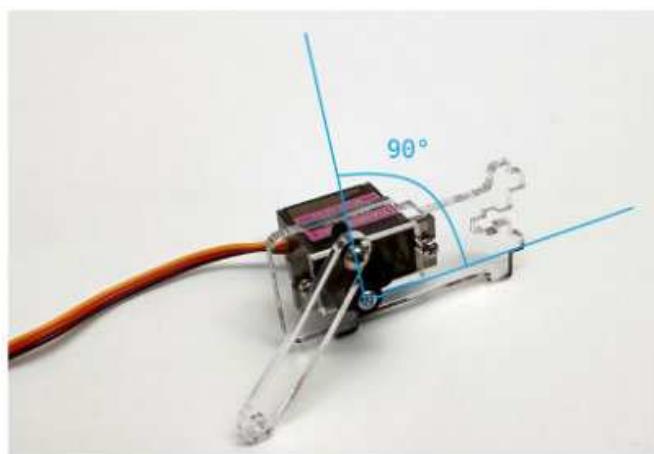
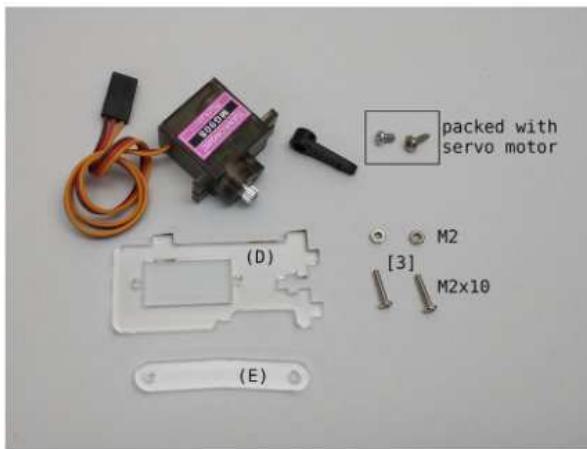
Befestigen Sie den Hub servo mit zwei M2x10-Maschinenschrauben [3] und M2-Muttern [3] an der Hub servoplatte (D).

Befestigen Sie den Servoarm mit der M2,5-Maschinenschraube, die dem Servozubehör beiliegt, an der Servowelle. Der Servoarm sollte annähernd senkrecht in einem Winkel von 90° stehen. (Es ist unproblematisch, wenn der Winkel aufgrund der Verzahnung von Servowelle und Servoarm nicht exakt 90° beträgt.)

Der Acryl-Hub servohebel (E) hat zwei Löcher. Verschrauben Sie ihn mit dem kleineren Loch mithilfe einer selbstschneidenden Kunststoffschaube aus dem Zubehörbeutel mit dem Servoarm.

Ziehen Sie die Schraube so fest, dass sich der Hebel leichtgängig und mit möglichst wenig Spiel drehen lässt. Der Abstand zwischen der Mitte der Servowelle und dem Befestigungspunkt des Hebels sollte +/- 13 mm betragen. Dies ist üblicherweise das vorletzte oder drittletzte Loch im Servoarm.

(siehe Bilder unten)



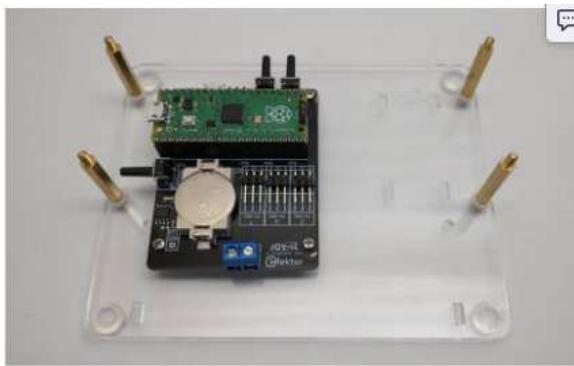
## Schritt 5

Befestigen Sie den Hubservomechanismus mit einer M3x10 Maschinenschraube und einer M3 Mutter am Rahmen.



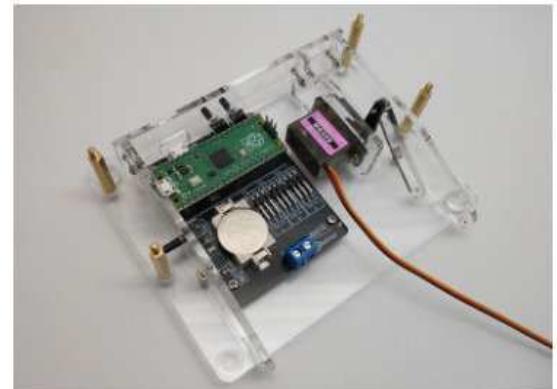
Befestigen Sie die Grundplatte mit M2,5x8 Maschinenschrauben und 3 mm Kunststoffabstandshaltern an der Grundplatte. Ziehen Sie die Schrauben nur locker an, damit sich die Platte noch etwas bewegen kann. Beachten Sie, dass die Schrauben in die Grundplatte eingeschraubt werden, Muttern sind nicht erforderlich.





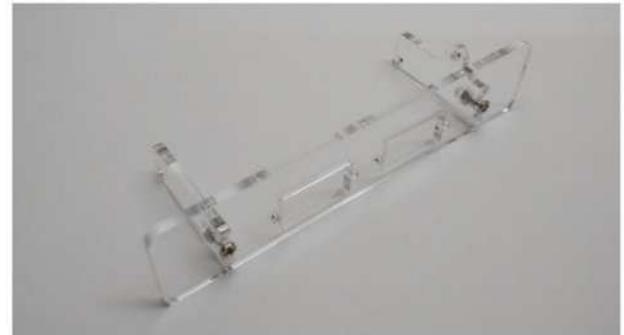
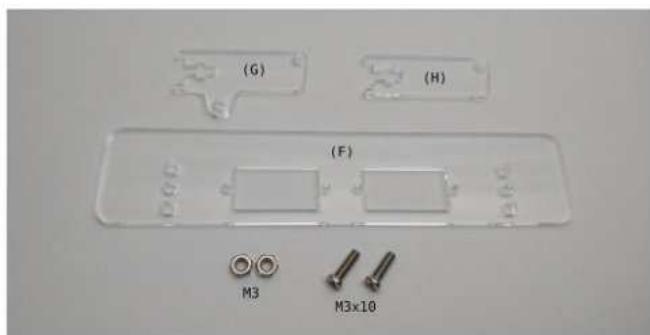
Befestigen Sie nun den Rahmen mit dem Hubservomechanismus an der Grundplatte. Verwenden Sie dazu zwei M3x10-Maschinenschrauben und eine M3-Mutter.

Ziehen Sie anschließend die Befestigungsschrauben der Grundplatte fest.



## Schritt 6

Befestigen Sie die Scharniere (H) und (G) mit M3x10-Maschinenschrauben und M3-Muttern an der Montageplatte (F) der Pantografen-Servomotoren.

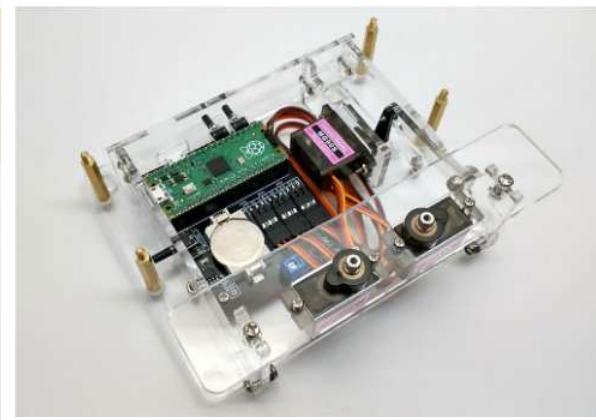


Montieren Sie beide Servomotoren mit M2x10-Maschinenschrauben und M2-Muttern.



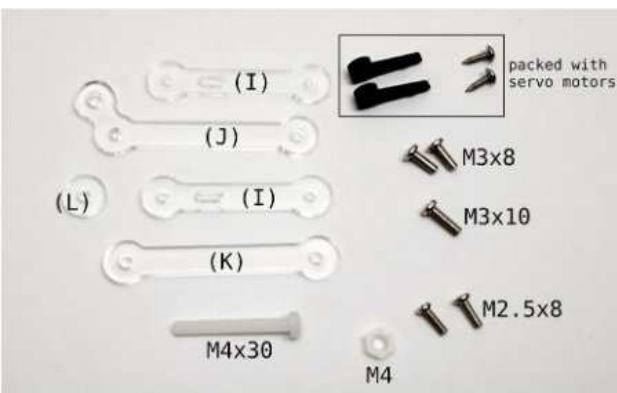
## Schritt 7

Befestigen Sie den Pantografen-Servomechanismus mit zwei M3x10-Maschinenschrauben und zwei M3-Sicherungsmuttern am Uhrensockel. Ziehen Sie die Schrauben nur so fest, dass sich der Pantografenmechanismus mit möglichst wenig Spiel frei drehen lässt. Verlegen Sie die Servokabel unter dem Hubservo und verbinden Sie sie mit der Grundplatte. Achten Sie dabei auf die Polarität. Drehen Sie den Pantografen-Servomechanismus aufrecht und befestigen Sie ihn mit einer M3x10-Maschinenschraube und einer M3-Sicherungsmutter am Hubservohebel. Ziehen Sie die Schraube nur so fest, dass sich der Mechanismus mit möglichst wenig Spiel frei bewegen lässt.



## Schritt 8

### Montage des Stifthalter:



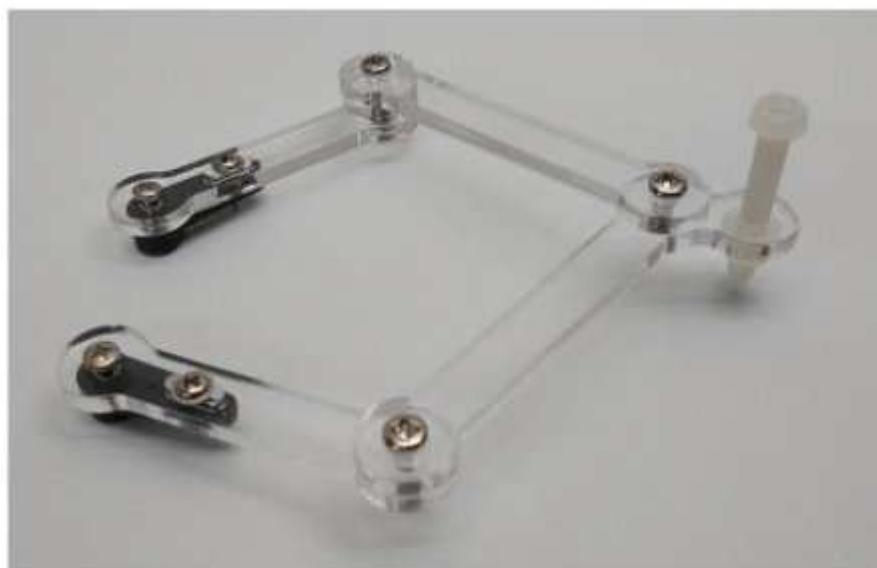
Montieren Sie die Arme für die „Stifthalterung“. Schrauben Sie Teil (J) mit einer M3x8-Maschinenschraube auf eines der Teile (I). Schrauben Sie anschließend Teil (K) mit einer M3x8-Maschinenschraube auf Teil (J). Zum Schluss schrauben Sie die andere Seite von Teil (K) mit einer M3x10-Maschinenschraube auf das zweite Teil (I), wobei sich die runde Acrylscheibe (L) dazwischen befindet.

Achten Sie darauf, dass die Ausrichtung von Teil (J) der Abbildung entspricht. Ziehen Sie die Schrauben nur so fest an, dass sich die Arme möglichst spielfrei drehen lassen.

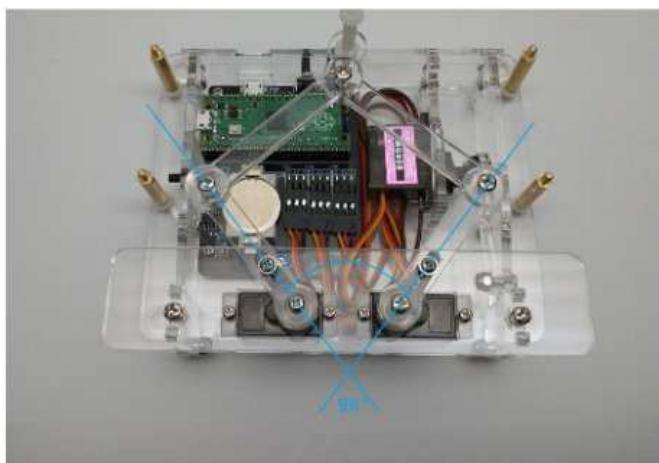
Schließen Sie die Montage der Stiftarme ab, indem Sie die Servoarme anbringen.

Führen Sie provisorisch eine M2,5x8-Maschinenschraube durch die Löcher im Acryl und die Servohebel. Befestigen Sie anschließend die Servoarme mit den beiden mitgelieferten Kunststoffschrauben an den Acrylarmen (I).

Spitzen Sie die Kunststoff-Maschinenschraube M4x30 vorsichtig mit einem Anspitzer an und montieren Sie sie zusammen mit einer M4-Mutter an der Stifthalterbaugruppe.



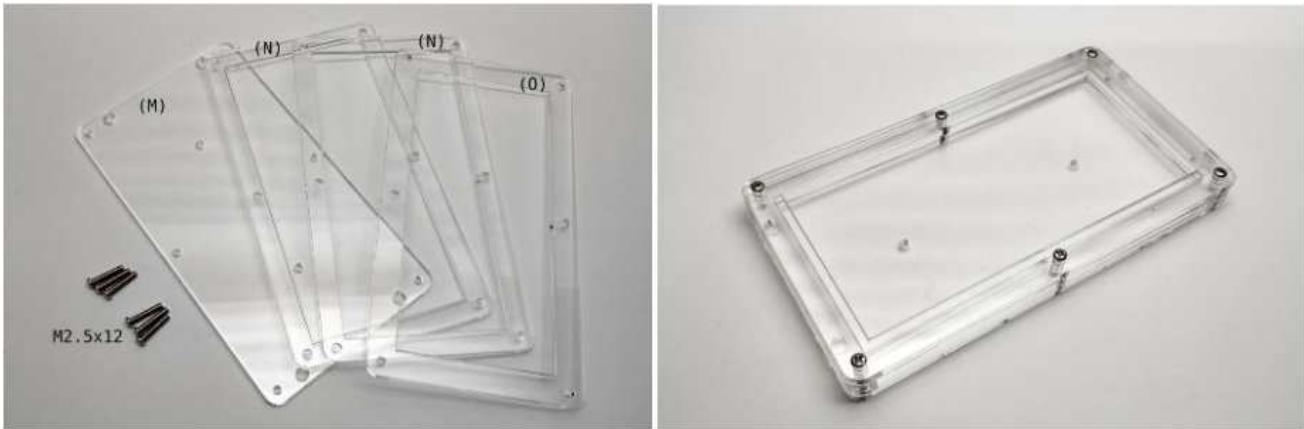
Befestigen Sie den Stifthaltermechanismus auf den Wellen der Servomotoren mithilfe der M2,5x8-Maschinenschrauben. Montieren Sie die Arme so, dass sie einen Winkel von 90 Grad bilden. Sollten Sie aufgrund der Verzahnung der Servomotorwellen und der Servoarme nicht exakt 90 Grad erreichen, ist das kein Problem. Dies wird nach der Kalibrierung ausgeglichen.



## Schritt 9

### Zusammenbau des Sandkastens:

Das Teil mit dem breitesten Rand (O) kommt nach oben. Verschrauben Sie die Platten mit 6 M2,5x12-Maschinenschrauben. Achten Sie darauf, dass die Platten fest aneinander sitzen, ohne die Schrauben zu überdrehen.



## Schritt 10

### Kalibrierung:

Die Kalibrierung erfolgt durch das Senden von Befehlen an die Uhr.

Öffnen Sie die Arduino IDE am PC. Dann schließen Sie ein Micro-USB-Netzteil an die Basisplatine an und verbinden den Raspberry Pi Pico mit dem Computer mithilfe eines zweiten USB-Kabels.

Alle Servos sollten nun auf 1500  $\mu$ s eingestellt sein (dies ist möglicherweise nicht der Fall, wenn Sie zuvor Einstellungen in den EEPROM geschrieben haben).

[Öffnen Sie wie bereits in Schritt 2 beschrieben die serielle Schnittstelle mit dem seriellen Monitor der Arduino IDE.](#)

Jetzt können Sie Befehle senden.

Während des Vorgangs können Sie jederzeit die aktuellen Einstellungen und die Position der Servomotoren mit den Befehlen `sed` bzw. `svd` abfragen.

### Arbeiten Sie die folgenden Kalibrierungsschritte ab:

- Bewegen Sie den linken Servomotor in seine vertikale Position (Richtung 1000  $\mu$ s), z. B. **svml 1080**. Senden Sie diesen Befehl mit verschiedenen Werten, bis Sie die genaueste Position ermittelt haben.  
Speichern Sie die Einstellung: **svslv**.
- Bewegen Sie den rechten Servomotor in seine vertikale Position (Richtung 2000  $\mu$ s), z. B. **svmr 2050**. Senden Sie diesen Befehl mit verschiedenen Werten, bis Sie die genaueste Position ermittelt haben.

Speichern Sie die Einstellung: **svsrv**.

- Bewegen Sie den linken Servomotor in seine horizontale Position (Richtung 2000 µs), z. B. **svml 1940**. Senden Sie diesen Befehl mit verschiedenen Werten, bis Sie die genaueste Position ermittelt haben.

Speichern Sie die Einstellung: **svslh**.

- Bewegen Sie den linken Servomotor mithilfe von **svml** mit dem zuvor ermittelten Wert zurück in seine vertikale Position. Den korrekten Wert können Sie mit **sed** abfragen.

Bewegen Sie den rechten Servomotor in seine horizontale Position (Richtung 1000 µs), z. B. mit **svmr 1080**. Senden Sie diesen Befehl mit verschiedenen Werten, bis Sie die genaueste Position gefunden haben.

Speichern Sie die Einstellung: **svsrh**.

Bewegen Sie den Stift nach oben: **svmp 2000**.

Setzen Sie die Stiftposition: **ps 0 40**.

- Platzieren Sie den teilweise fertiggestellten Sandkasten auf den Abstandshaltern und stellen Sie sicher, dass er plan auf allen vier Abstandshaltern aufliegt. Falls der Sandkasten wackelt, drehen Sie ihn leicht diagonal, bis er plan aufliegt.

Bewegen Sie den Stiftservomotor in die untere Position (Richtung 1500 µs),

z. B. **svmp 1525**. Senden Sie diesen Befehl mit verschiedenen Werten, bis Sie die genaueste Position ermittelt haben. Die Uhr bewegt den Stift in die untere Position, wenn er etwas in den Sand schreiben soll. Die Pantographenarme sollten perfekt horizontal sein und die Stiftspitze sollte etwa 1–2 mm über dem Boden des Sandkastens schweben. Falls nötig, justieren Sie den Stift mechanisch durch Hoch- oder Runterschrauben. Verwenden Sie die M4-Mutter, um ihn zu fixieren.

- Speichern Sie die Einstellung: **svspd**.

- Überprüfen Sie die Stiftposition relativ zum Sandkasten:

- Stiftposition 1: **ps 0 30**

- Stiftposition 2: **ps 0 55**

- Justieren Sie den Stiftservomotor bei Bedarf.

- Stellen Sie den Stift in eine neutrale Position: **ps 0 40**.

- Bewegen Sie den Stiftservomotor in die mittlere Position (ca. 1800 µs),

z. B. **svmp 1700**. Senden Sie diesen Befehl mit verschiedenen Werten, bis Sie die genaueste Position ermittelt haben. Die Uhr bewegt den Stift in die mittlere Position, wenn er zwischen den Strichen über dem Sand bewegt werden muss.

Speichern Sie die Einstellung: **svspm**.

Bewegen Sie den Stiftservomotor in die obere Position (ca. 2100 µs),

z. B. **svmp 2150**. Senden Sie diesen Befehl mit verschiedenen Werten, bis Sie die genaueste Position ermittelt haben. Ihr Ziel ist es, den Stift in die höchstmögliche Position zu bewegen

(Servohebel in Linie mit dem Acrylhebel). Die Uhr bewegt den Stift in die obere Position, wenn sie nicht die Zeit schreibt.

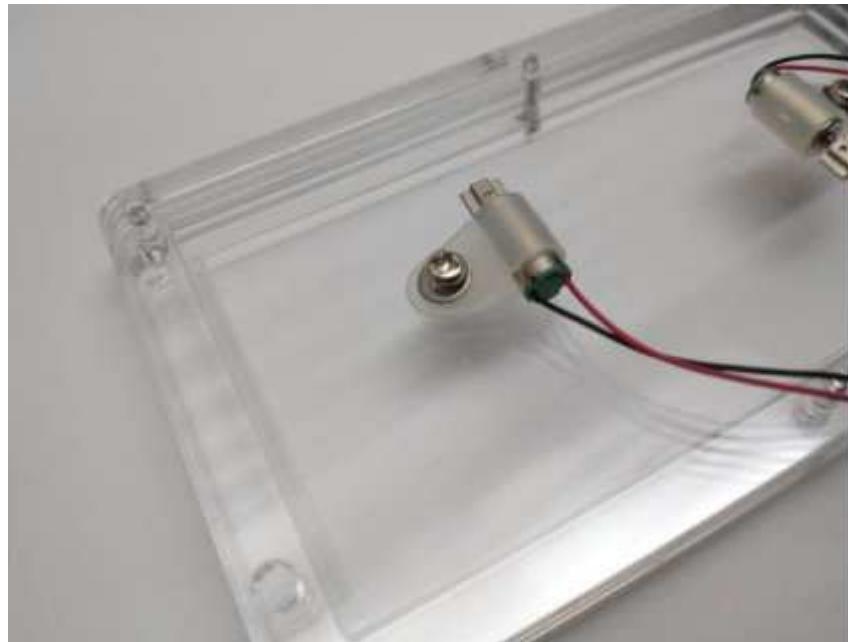
Speichern Sie die Einstellung: **svspu**.

- Stellen Sie die Vibrationsperiode (Sekunden) ein, z. B. **vms 5**.
- Überprüfen Sie die Einstellungen mit **sed**. Passen Sie die Einstellungen bei Bedarf an. Beachten Sie, dass der Startprogrammmodus auf „Befehl“ (**msc**) eingestellt sein sollte. Ändern Sie den Modus an dieser Stelle nicht.
- Speichern Sie die Einstellungen im EEPROM: **sew**.
- Stellen Sie Datum und Uhrzeit in der Echtzeituhr ein. Dazu ist die Syntax: *Jahr Monat Tag Stunde Minute Sekunde* - z. B. **cw 2025 01 10 18 40 00**. Beachten Sie, dass eine CR2032-Batterie eingelegt sein muss.
- Überprüfen Sie Datum und Uhrzeit mit **cr**.
- Heben Sie den Stift mit **plu** an.
- Schalten Sie die Sanduhr aus.

## Schritt 11

### Vibrationsmotoren Befestigen

Befestigen Sie die Kunststoffclips mit 2 M3x6-Maschinenschrauben und 2 M3-Stahlscheiben an der **Unterseite** des Sandkastens. Ziehen Sie die Schrauben noch nicht vollständig fest. Schieben Sie die Vibrationsmotoren in die Clips und positionieren Sie sie wie in der Abbildung unten gezeigt.



## Schritt 12

Verbinden Sie die Kabel der Vibrationsmotoren miteinander und schließen Sie sie an den Anschluss auf der Grundplatte an. Achten Sie auf die Polarität.

## Schritt 13

Stellen Sie den Sandkasten auf die Abstandshalter und stellen Sie sicher, dass die Kabel die rotierenden Teile der Vibrationsmotoren nicht berühren. Testen Sie die Uhr ohne Sand, um sicherzustellen, dass alles einwandfrei funktioniert.

## Schritt 14

Füllen Sie den Sand in den Sandkasten. Eine Schicht von 4–5 mm ist ausreichend. Verteilen Sie den Sand gleichmäßig.

Wählen Sie den Startmodus. Dieser Modus wird jedes Mal aktiviert, wenn Sie die Uhr einschalten oder zurücksetzen.

Senden Sie den Befehl

**msa** für den autonomen Modus (normales Uhrenverhalten) oder

**msc** für den Befehlsmodus (verwenden Sie den seriellen Monitor zur Steuerung des Geräts).

Senden Sie den Befehl

**sew**, um den ausgewählten Startmodus und weitere Einstellungen in den EEPROM zu programmieren.

Senden Sie den Befehl **ma**, um sofort vom Befehlsmodus in den autonomen Modus zu wechseln.

**Herzlichen Glückwunsch, Ihre Sanduhr ist fertig!**