

Pumpensteuerung für eine Zisterne

Projektbeschreibung



Gegenstand des Projekt ist eine Pumpensteuerung für eine Zisterne oder einen Regenwassersammler.

Ich besitze eine 1m tiefe Betonzisterne mit einem Fassungsvermögen von 1m³, die mit Regenwasser vom Dach gespeist wird. Hier muss sichergestellt sein, dass diese nicht überläuft. Andererseits muss es möglich sein, gezielt Wasser abzupumpen, um dieses im Garten zu verrieseln oder Fässer zur allgemeinen Wasserentnahme zu füllen. Daraus ist dieses Projekt entstanden.

Kernstück der Anlage ist ein Steuergerät für eine Brunnenpumpe. Die Steuerung erfolgt mit einem Arduino Nano, dessen Firmware unter VSCode/PlatformIO mittels Arduino-Plattform entwickelt wurde und hier abgelegt ist. Die Anzeigefunktion erfolgt über ein HD44780/1602 LCD-Display. Angeschlossen sind ein Konduktivsensord (Leitfähigkeitssensor), der über fünf Sonden, in verschiedenen Wassertiefen, den Wasserstand im Behälter erfasst. Die Pegelstände werden angezeigt. Ein jahreszeitlich abhängiger Maximalpegel kann ausgewählt werden, der automatisch durch die Pumpensteuerung konstant gehalten wird.

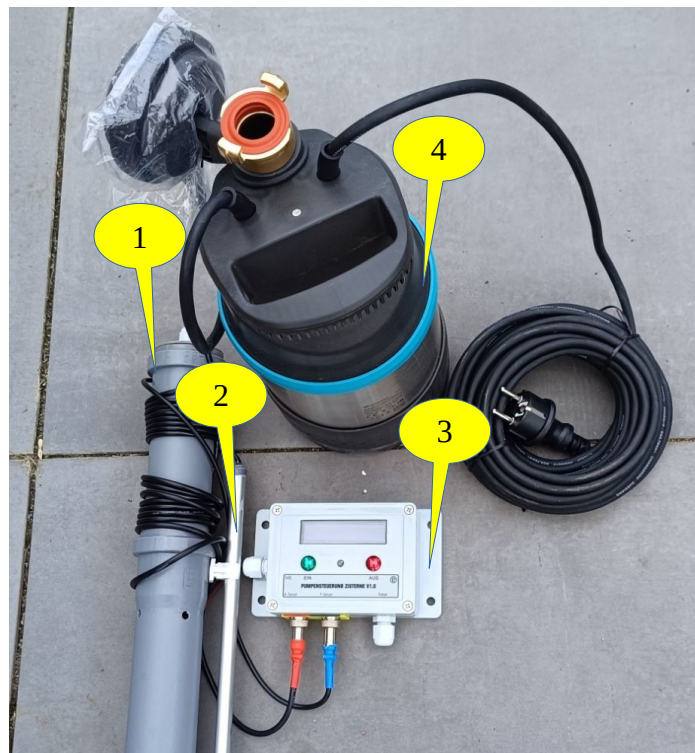
Über zwei Taster EIN/AUS, kann die Pumpe manuell gesteuert werden, um Wassers gezielt zu entnehmen. Hier muss ein Trockenlaufen der Pumpe sicher unterbunden werden.

Ein weiterer Sensor überwacht die Temperatur und schaltet bei Frostgefahr die Anlage ab.

Eine Anpassung der Anlage, insbesondere des Konduktivsensors, auf eigene Belange, ist jederzeit möglich.

Die Gesamtanlage besteht aus vier Komponenten:

1. **Konduktivsensor**
2. **Temperatursensor**
3. **Pumpensteuerung**
4. **Pumpe**

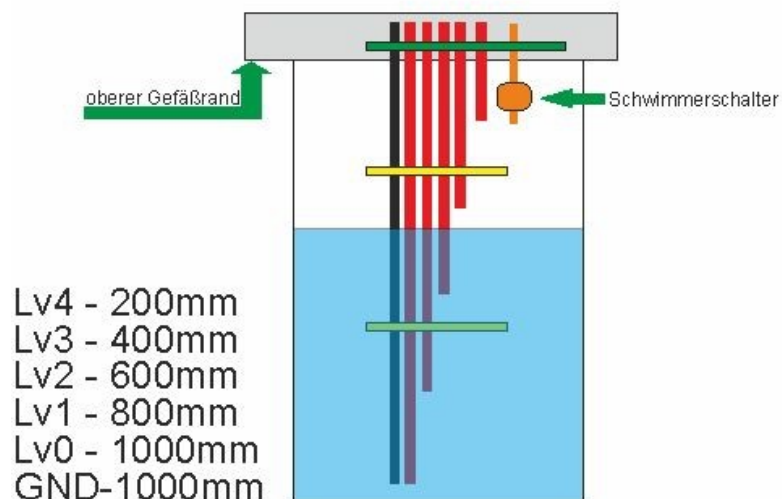


Die ersten drei Komponenten wurden von mir entwickelt und sind Gegenstand des hier beschreibenden Projekts. Komponente 4 ist ein Kaufteil und muss nach individuellen Gegebenheiten ausgewählt werden.

Konduktivsensor

Der Konduktivsensor (Leitfähigkeitssensor) erfasst die Höhe des Wasserstandes im Behälter. Er nutzt dazu die elektrische Leitfähigkeit des Wassers aus, die bei Regenwasser im Bereich $30\ldots 70\mu\text{S}/\text{cm}$ beträgt. Das entspricht einem spezifischen Widerstand von ca. $15\ldots 33\text{k}\Omega\text{mcm}$. Regenwasser ist also relativ „hochohmig“ im Vergleich zu Trink- oder gar Salzwasser. Dieser Umstand muss bei der Konstruktion des Sensors und insbesondere des Messsystems berücksichtigt werden.

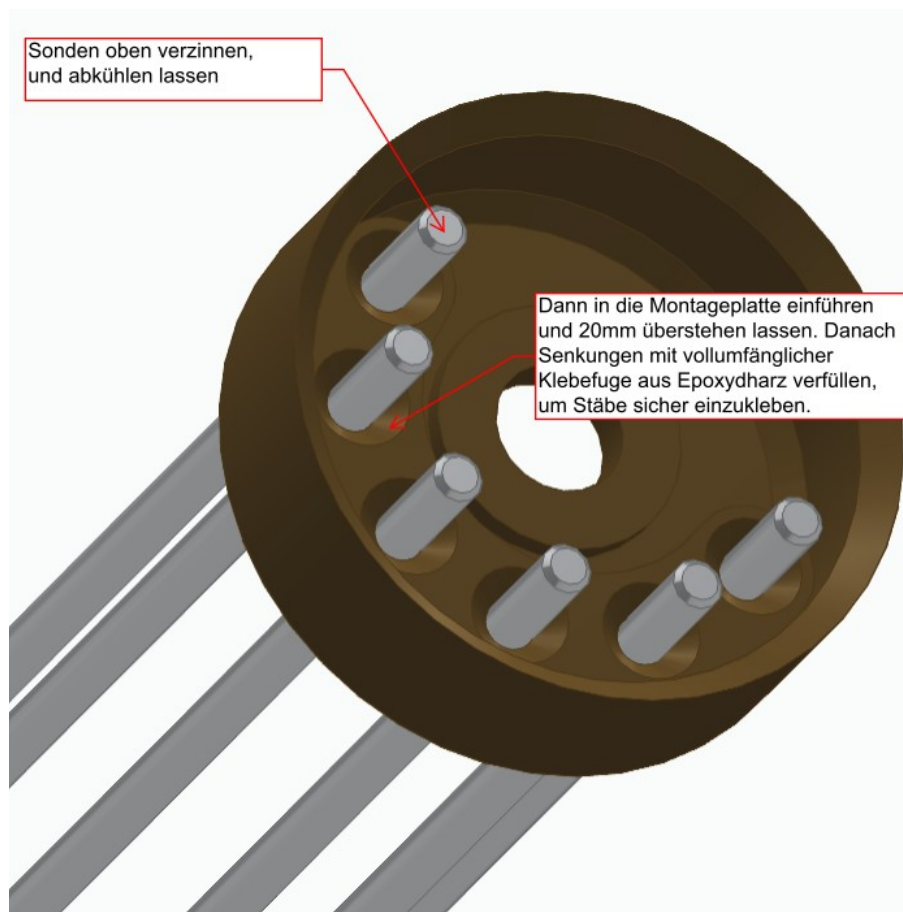
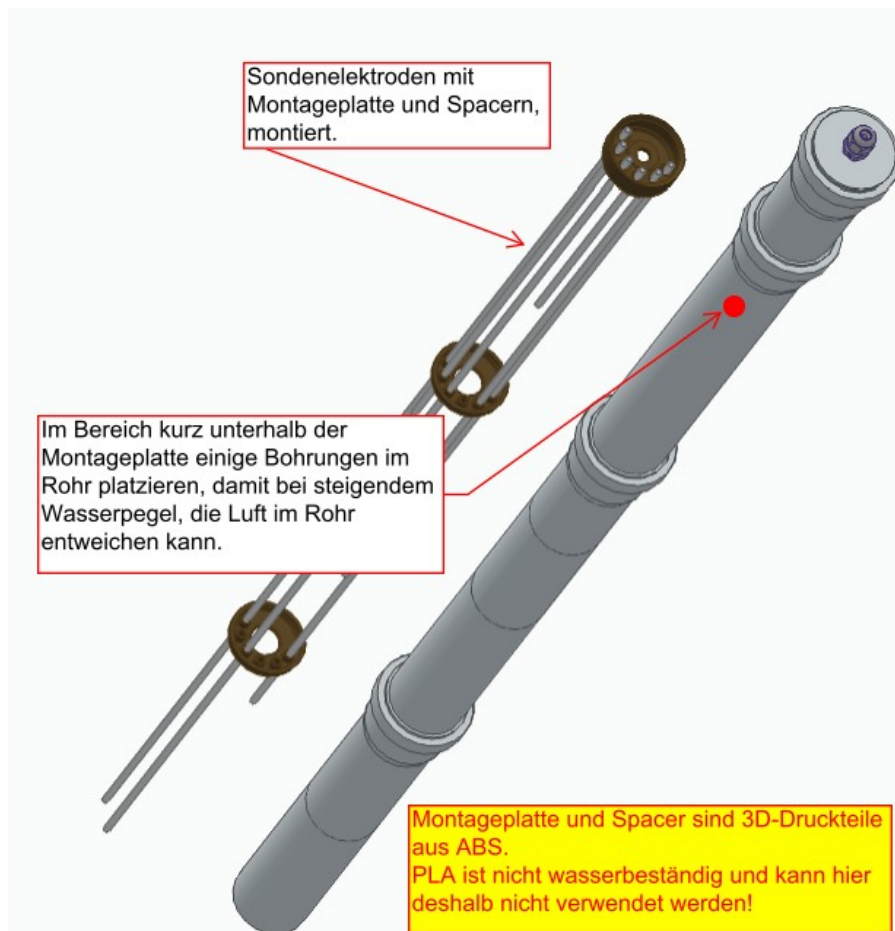
Bei meinen speziellen Gegebenheiten ist ein Wasserstand bis maximal 1m Höhe möglich. Der Sensor wurde so konstruiert, dass gleichmäßig im Abstand von 200mm, der Wasserstand ermittelt werden kann. Das erfolgt mit fünf Levelsonden Levelsonden in entsprechend abgestufter Länge und einer Gegenelektrode von 1m Länge, die GND-Potential führt. Alle Elektroden sind voneinander isoliert angeordnet. Die GND-Elektrode steht immer im Wasser. Sobald eine weitere Sonde mit Wasser in Berührung kommt wird der Widerstand durch die Wasserleitfähigkeit deutlich verringert. Dieser Umstand wird ausgenutzt, um den Wasserstand zu erfassen.

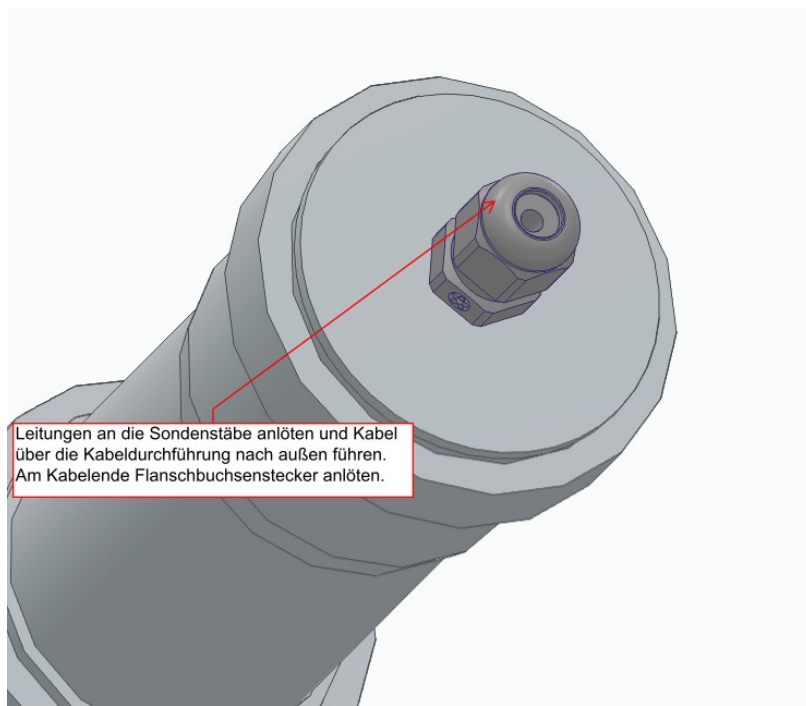
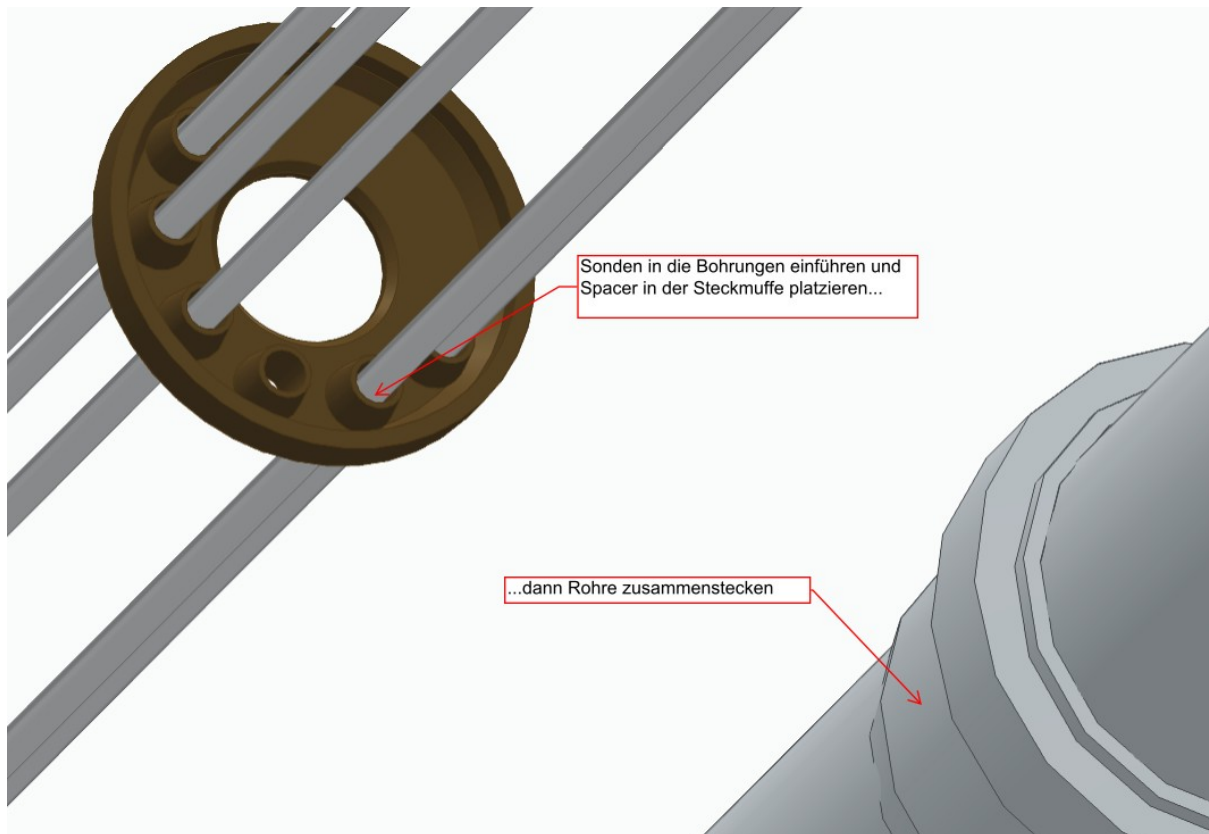


Um in jedem Fall die Pumpe einzuschalten, wenn der Obere Pegel erreicht ist, ist aus Redundanzgründen auch noch ein Schwimmerschalter vorhanden. Ein Pol wird mit auf die GND-Sonde gelötet, der andere Pol als sechste Signalleitung im Kabel herausgeführt.

Die Montage und Verklebung aller dieser Teile, erfolgt in einer oberen Montageplatte und mit 2 Spacern, die das Stabbündel korrekt ausrichten und vor Kurzschluss schützen. Sie sind als 3D-Druckteile aus ABS (PLA ist nicht für Einsatz im Wasser geeignet!) gefertigt und so konstruiert, dass das Wasser zwischen den Sonden zuverlässig und schnell ablaufen kann. Dieses Stabbündel wird in einem Schutzrohr montiert, dass aus mehreren kurzen HT-Rohren DN50 besteht. Montageplatte und Spacer werden dabei im Muffenbereich eingefügt. Nachdem die Rohre Stück für Stück zusammengesteckt wurden wird das Rohr oben mit einem Muffenstopfen mit zentrischer Kabeldurchführung verschlossen. Hier wird das 7polige Kabel herausgeführt, dessen Drähte vor der Montage, an die jeweiligen Sondenstäbe angelötet wurden. Kurz unterhalb der Montageplatte sollte 3 bis 4 umlaufend verteilte Bohrungen in das HT-Rohr eingebracht werden, damit bei Wasserstandsänderung die Luft aus dem kompakten Sensorrohr entweichen bzw. zulaufen kann.

Die folgenden Zeichnungen veranschaulicht den Aufbau des Konduktivsensors noch mal:





Am anderen Kabelende ist die Flanschbuchse anzulöten, mit der der Sensor mit dem Steuergerät verbunden wird. Die Verkabelung ist dem Stromlaufplan (Blatt 2) zu entnehmen.

Temperatursensor

Der Aufbau dieses Sensors ist relativ einfach. Verwendet wird ein digitaler Sensor vom Typ DALLES DS18B20 mit OneWire-Interface. Diese sind als wasserdicht gekapselte Version, mit Kabeln in verschiedenen Längen, erhältlich. Diesen habe ich in fast bis zum anderen Ende eines 1m langes Alu-Rohr, mit 12mm Außendurchmesser, eingeschoben und die Öffnungen mit MS-Polymer-Kleber wasserdicht verschlossen. Dieser Kleber ist 100% wasserdicht, dauerelastisch und unempfindlich gegen Umwelteinflüsse.

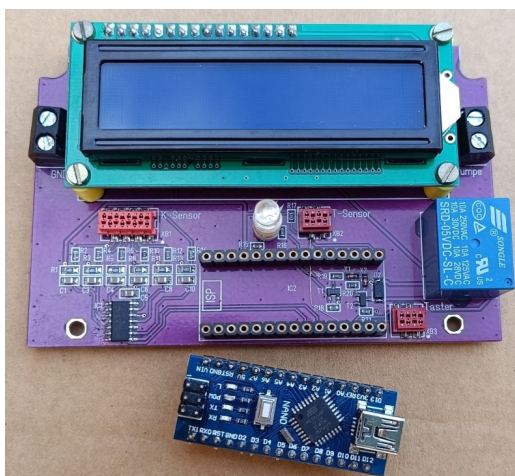
Es ist zweckmäßig, den T-Sensor mittels 12mm-Rohrclips am Rohr des K-Sensors zu befestigen.

Auch hier wurde am Kabelende eine Flanschbuchse entsprechend Schaltplan (Blatt 2), angelötet.



Zur besseren Unterscheidung der beiden Flanschbuchsen, habe ich den Kabeleintritt jeweils mit unterschiedlich farbigen Schrumpfschlauch überzogen.

Pumpensteuerung



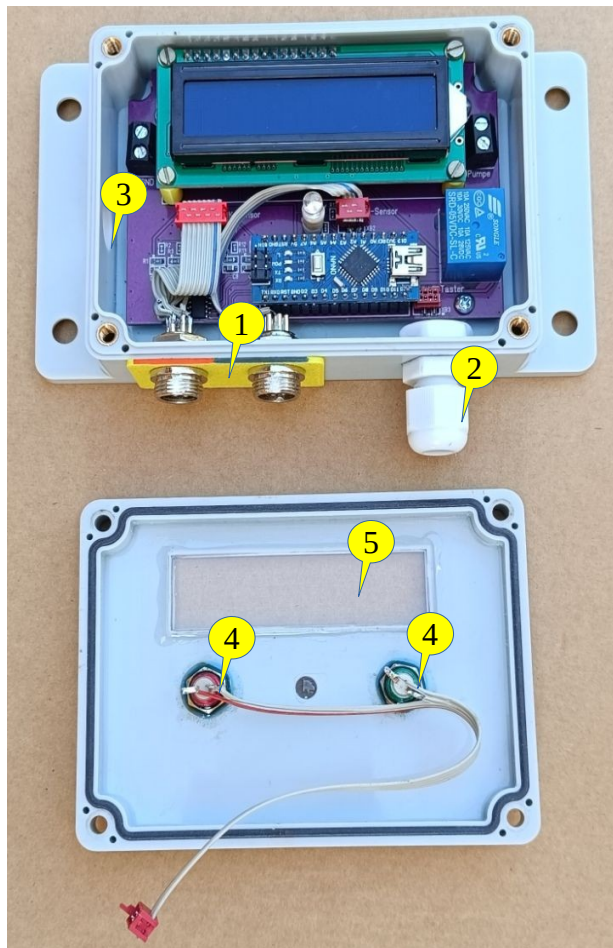
Die Schaltung ist auf einer Leiterplatte aufgebaut, die in ein Kunststoffgehäuse eingebaut wird. Zunächst werden alle SMD-Bauelemente bestückt, dann die Durchsteckbauelemente. Das LCD-Display wird über vier Abstandhülsen und M2,5-Schrauben auf dem PCB befestigt und die 4pol. Stiftleiste direkt eingelötet. Der Jumper für die Hintergrundbeleuchtung muss gesetzt werden. Der Regler für die Kontrasteinstellung ist von der Rückseite her zugänglich. Der ARDUINO Nano wird über einen Buchsenleistensockel eingesteckt. Das ermöglicht auch ein separates flashen.

Die Verbindung zu den Flanschsteckern und den Tastern erfolgt über Micromatch-IDC-Buchsen. Eingangsseitig werden die fünf Sondenstäbe und der Schwimmerschalterkontakt an invertierende CMOS-Schmitt-Trigger-Gatter geführt. An deren

Ausgängen stehen dann saubere Digitalpegel zur Verfügung. Unter Umgehung des Arduino, wird das Schaltersignal vom Schwimmerschalter zusätzlich direkt an die Relaischaltstufe geführt. Damit wird sichergestellt, dass bei eventuellem Ausfall der

Mikrocontrollersteuerung, in jedem Fall bei oberer Pegelüberschreitung die Pumpe eingeschaltet wird. In diesem Fall leuchtet die rote LED.

Die beiden Taster EIN/AUS schalten die Pumpe manuell in die entsprechende Betriebsart. Werden beide Taster gleichzeitig gedrückt, wird zwischen Sommer- und Winterbetrieb umgeschaltet. Das Schaltsignal wird über eine Transistorschaltung an das Pumpenrelais geführt. An der zweipoligen Klemme steht der Betriebsschalter für die Pumpe zur Verfügung. Die Anbindung von Konduktiv- und Thermosensor erfolgt über zwei Flanschstecker, die im Gehäuse eingebaut sind. Auch diese und die Taster sind mit IDC-Wannensteckern mit dem PCB zu verbinden. 5VDC/0,5A-Betriebsspannung muss extern bereitgestellt werden.



Das Kunststoffgehäuse hat die Schutzart IP67. Es sind entsprechende Durchbrüche für Flanschbuchsen (1), Kabeldurchführungen für Pumpenschalter (2) und Betriebsspannungszuführung (3), Taster (4) sowie Sichtfenster (5) vorzunehmen. Das Sichtfenster wird wieder mit Acrylglas vollumfänglich verklebt.

Firmware- und Funktionsbeschreibung

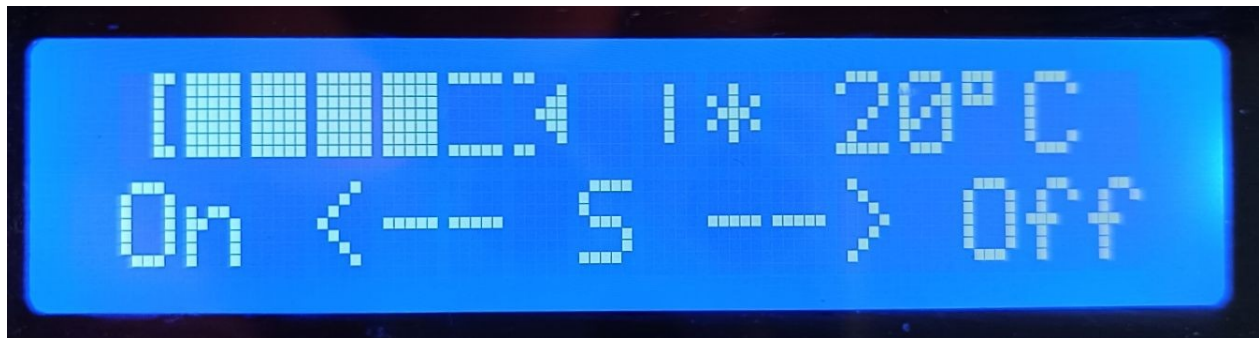
Die Firmware wurde mit Visual Studio Code/PlatformIO im ARDUINO-Framework für einen ARDUINO nano entwickelt.

Nach dem Einschalten erscheint ein Einschaltscreen mit Versionsanzeige, der nach 3 Sekunden ausgeblendet wird. Jetzt wird der Informationsbereich angezeigt. In der oberen Zeile links erscheinen die fünf Zisternenabschnitte, symbolisiert durch leere oder gefüllte Rechtecke. Daneben befindet sich das Zeichen für den Pumpenstatus. Ein senkrechter starrer Balken "|" zeigt an, dass das Pumpenrelais inaktiv ist. Bei eingeschaltetem Relais wird hier ein animiertes Symbol angezeigt.

Unmittelbar neben diesem Zeichen wird das Symbol für den Temperaturzustand der Zisterne ausgegeben "*" bedeutet OK. Werden hingegen zwei Ausrufezeichen "!!" angezeigt, bedeutet das Frostgefahr und die Pumpenfunktionen sind deaktiviert.

Ganz rechts wird die Wassertemperatur in der Zisterne angezeigt.

In der unteren Zeile wird ein Bedienmenü für die Taster ausgegeben. Links befinden sich der EIN-Taster "On", rechts der AUS-Taster "Off". Werden beide Taster gleichzeitig gedrückt, so erfolgt jeweils die Umschaltung in den Sommerbetrieb "S" oder in den Winterbetrieb "W".



Im Sommerbetrieb wird der Wasserstand an der obersten Levelsonde LV4 geregelt. Im Winter soll der Stand auf einem tieferen Niveau gehalten werden. Hier wird auf der Höhe von Sonde LV2 geregelt. Das verhindert maßgeblich das Einfrieren des verbliebenen Wassers.

Wurden keine Tasten gedrückt, erfolgt die Regelung des Wasserstandes am jeweils eingestellten oberen Niveau. Sobald dieses erreicht ist, schaltet die Pumpe ein. Um Schaltschwingungen um den Schaltpunkt zu vermeiden, wird die Pumpe erst nach einer Nachlaufzeit von 60s wieder abgeschaltet (zeitliche Hysterese).

Um ein Überlaufen bei eventuellem Versagen der Regelung in jedem Fall zu vermeiden, schaltet der Schwimmerschalter das Pumpenrelais, unter Umgehung des Mikrocontrollers, auch direkt. In diesem Fall wird die rote LED aktiv.

Um der Zisterne gezielt Wasser zu entnehmen, werden die beiden Taster On/Off verwendet. "On" schaltet das Pumpenrelais an. Ist die gewünschte Wassermenge entnommen, wird über "Off" die Pumpe wieder abgeschaltet. Unterschreitet der Wasserpegel das Niveau von Levelsonde LV1, tritt wieder die Automatikfunktion in Kraft und schaltet nach 60s die Pumpe ab. Ein erneutes Drücken von "On" schaltet die Pumpe jetzt für 60s erneut ein. Das kann solange wiederholt werden, bis die Pumpe Luft zieht.

Pin-Zuordnung/Signale

DEFINITION	ARDUINO-Bezeichnung	GPIO	FUNKTION
ONSWITCH	D10	Input/Pullup	Taster EIN, links
OFFSWITCH	D11	Input/Pullup	Taster AUS, rechts
SKIM	D2	Input	Skimmerschalter, H-aktiv
LV0	D7	Input	Konduktivsonde für Level 0; H-aktiv
LV1	D6	Input	Konduktivsonde für Level 1; H-aktiv
LV2	D4	Input	Konduktivsonde für Level 2; H-aktiv
LV3	D5	Input	Konduktivsonde für Level 3; H-aktiv
LV4	D3	Input	Konduktivsonde für Level 4; H-aktiv
REL	D12	Output	Pumpenrelais; H-aktiv
SCL	A5	I ² C vordefiniert	I ² C-Taktung
SDA	A4	I ² C vordefiniert	I ² C-Daten
ONE_WIRE_BUS	D9	OneWire	OneWire-Kommunikation

Lizenzierung

Die Firmware wird unter MIT-Lizenz veröffentlicht.

Steuergerät, Konduktivsensor und der Temperatursensors sind meine Eigenentwicklungen und damit mein geistiges Eigentum. Diese Teile dürfen ausschließlich für private Anwendungen gebaut und verwendet werden. Ich gestatte auch die Nutzung der bereitgestellten Entwicklungsunterlagen, die ich zum Download anbiete. Eine kommerzielle Nutzung schließe ich definitiv aus! Es ist nicht gestattet, Kennzeichnungen, die auf den geistigen Ursprung der Projekte hinweisen (Copyrights, Logos, Namen,...) aus Entwicklungsunterlagen der Anlage und Anlagenteilen zu entfernen. Nachbau und Nutzung erfolgen auf eigenes Risiko. Ich hafte nicht für Schäden, die durch die Nutzung der Software, der Anlage oder Anlagenkomponenten entstehen.