

# Füllstandsmesser für 3m<sup>3</sup>-Grube

Gerd Heinz

[info@gheinz.de](mailto:info@gheinz.de)

- Überblick
- Aufbau
- Funktion
- Kalibrierung
- Schaltpläne

3m<sup>3</sup> Grube der Fa. Graf

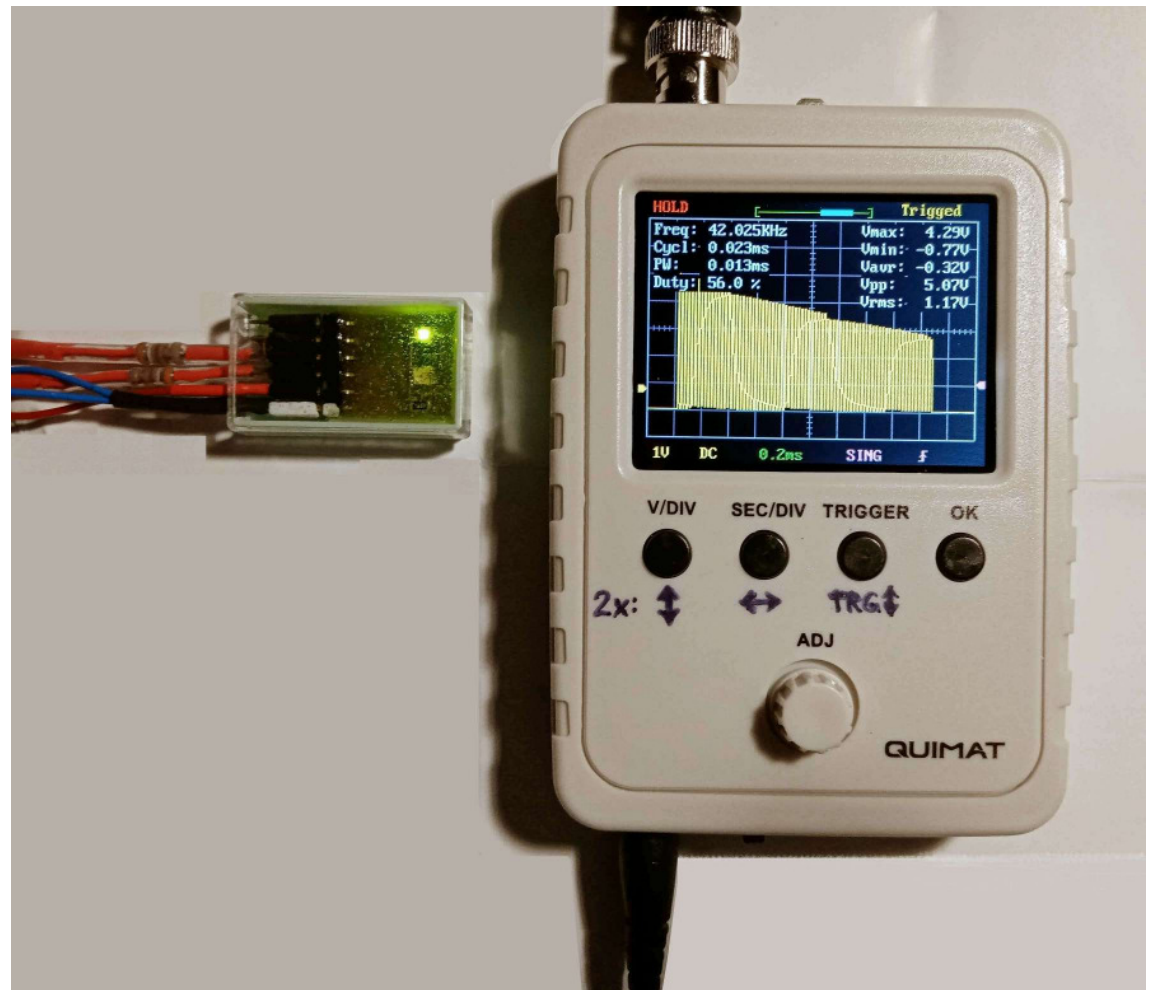


# Überblick

- Für die Füllstandsanzeige einer 3m<sup>3</sup>-Grube war ein kapazitiver Sensor zu entwickeln
- Zwischen Gartenhaus und Grube sind etwa 15 Meter zu überbrücken, die Anzeige ist im Gartenhaus
- Kapazitiver Sensor und Displayeinheit wurden deshalb getrennt aufgebaut
- Der kapazitive Sensor ist am Grubenschacht außen befestigt, er wandelt die gemessene Kapazität eines Adernpaares "Strickleiter" in ein UART-Signal um
- Das Signal geht über ein 3-adriges Elektro-Installationskabel ins Haus zu einer UAE-Dose
- Die Displayeinheit zeigt den aktuellen Füllstand in Metern sowie die Grubenfüllung in Prozent und in Kubikmetern an
- Zur Kalibrierung des Systems dienen zwei hinter der Frontblende verborgene Tasten (min und max), bei leerer Grube ist die min-Taste zu drücken, bei voller Grube die max-Taste
- Über eine OK-Taste werden alle Abfragen bestätigt

# Meßverfahren

- Das verwendete Ladungsbalanceverfahren wurde bereits an anderer Stelle beschrieben, siehe z.B.  
<http://www.gheinz.de/techdocs/index.htm#qmess>



# Aufbau



Kapazitiver Sensor  
am Grubenschacht  
mit ATtiny13



Messelektroden-  
"Strickleiter" im  
Grubenschacht  
hängend



UAE-Dose  
im Haus

Netzteil 5Volt=

zum Display



Displayeinheit mit  
ATmega328  
(Arduino-proMini)

# Funktion

- Der Grubensensor mißt die Kapazität mit einem Ladungsbalanceverfahren
- Die Kapazität ist proportional zum Füllstand und indirekt proportional zur gemessenen Zahl von Ladungsbalance-Iterationen (i-Wert)
- Die Iterationen pro Meßintervall werden ununterbrochen zur Displayeinheit gesendet
- Die Displayeinheit bestimmt aus der gemessenen Strickleiterkapazität – diese liegt grob zwischen 70 und 400 pF – den Füllstand
- Bei der Grube handelt es sich um einen liegenden Zylinder, bei diesem sind Füllhöhe und Füllvolumen nicht proportional zueinander
- Aus dem Füllstand (Pegel in %) werden Füllvolumen in Kubikmetern (qm) sowie in Volumenprozent (%) berechnet
- Grubensensor, Displayeinheit und Netzteil sind an eine UAE-Telefondose angeschlossen
- Displayeinheit und Netzteil besitzen RJ-Stecker
- Kalibriert wird auf die Anzahl gemessener Iterationen
- Tankdurchmesser (1.35) und Tanklänge (2.10) wären bei Bedarf als Konstanten in der Software zu ändern (display.ino)

# Displayeinheit

- Nach Anlegen der Betriebsspannung meldet sich das Display mit einem Startbild
  - Beim Drücken der OK-Taste erscheint jeweils das nächste Meßergebnis
  - Nach zehn Minuten Ruhe wird die Hintergrund-Beleuchtung abgeschaltet und eine grüne LED geht an
- 
- The image shows a black rectangular display unit with a USB cable connected to the left. The monochrome screen displays the following text: "Fuellstandsmesser mit Ladungspumpe", "USB-UCP 115200 8n1n", and "WWW.GHEINZ.DE". Below the screen, there is a small green LED and a circular button. Red lines point from the labels "Grüne LED" and "OK-Taste" to these components respectively.
- Kann keine Verbindung zum Sensor hergestellt werden, erscheint diese Warnmeldung:
  - Hinweis: Die USB-Schnittstelle zum seriellen Monitor läuft mit 115200 Baud
- 
- The image shows the same display unit, but the screen now displays an error message: "Iterationen: 0", "Kein Signal.", "Sensor pruefen?", and "Verbindung defekt?". The green LED is not visible in this image.

# Kalibrierung

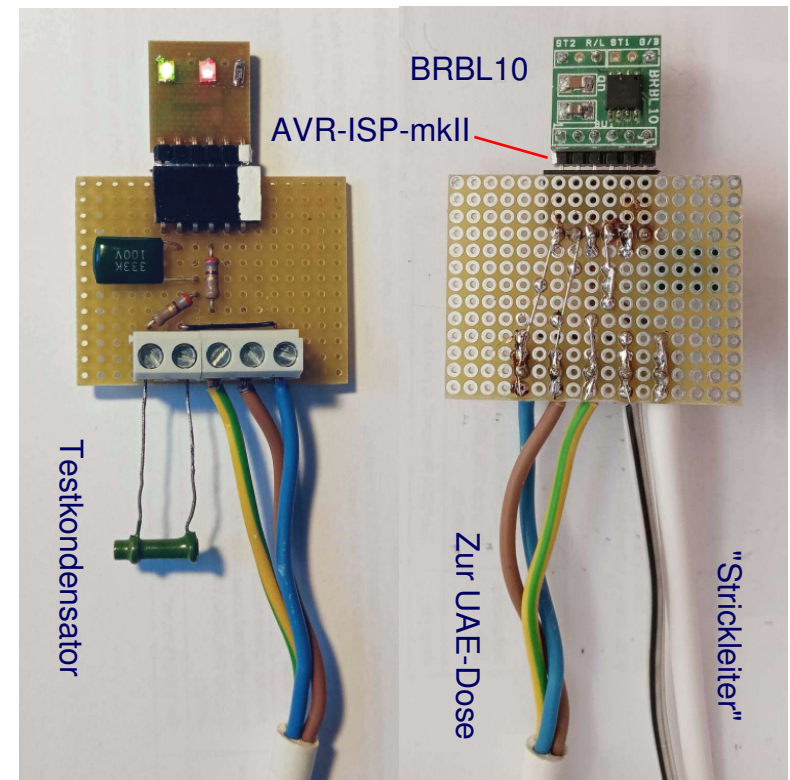
- Zur allerersten min-Kalibrierung wird die "Strickleiter" am besten im Freien über eine Wäscheleine gehängt
  - Zur ersten max-Kalibrierung genügt es, den maximalen Füllstand an der Strickleiter zu markieren und die Strickleiter bis zu dieser Marke in ein mit Wasser gefülltes Faß zu legen, der Dialog ist in beiden Fällen identisch
  - Die Frontblende wird abgezogen, min- oder max-Taste wird gedrückt
  - Innerhalb von 3 Sekunden ist die OK-Taste zu drücken, siehe Bild
- 
- Liegt die gemessene Kapazität außerhalb des min/max Bereiches, erscheint eine Warnung:  
Falsch kalibriert?  
Cmin 100.0 pF  
Cmess 22.0 pF  
Cmax 392.3 pF





# Gestaltung Grubensensor

- Großer Wert ist auf perfekte Abdichtung des Grubensensors zu richten
- Der ATtiny13 ist auf ein Standardbort (BRBL10) gelötet
- Die Kabel sind an eine Adapterplatte angeschraubt
- Die Einheit wurde in einem passenden Plastgehäuse komplett mit Wachs vergossen
- Das Gehäuse wurde mit Silikon verschlossen, an den Grubendom angeschraubt und mit Silikon ringsherum abgedichtet
- Für das Material der Strickleiter liegen noch keine Langzeiterfahrungen vor
- Es wurde zweiadrige 0,75 mm<sup>2</sup> Kupferlitze (Lautsprecherkabel) benutzt
- Die Sensorleitung der Strickleiter ist an der Zuführung stärker isoliert





# "Strickleiter" als Meßkapazität

- Als Meßkapazität dienen zwei isolierte Drähte, die mit je etwa 8cm langen Plaststreifen auf Abstand gehalten werden
- Die Plaststreifen kann man aus dünnen Plastplatten (0,5mm) schneiden, die am Rand mit einem Locher gelocht oder gebohrt werden
- Die Leitungen werden mit Kabelbindern an den Plaststreifen befestigt
- Je nach Füllstand ist zwischen den Leitungen eine Kapazität zwischen etwa 70pF und 400pF zu messen
- Um die Strickleiter straff zu halten, sind die Drähte unten in ein mit Sand und Kunstharz gefülltes Gefäß (Kappe einer Farbsprühdose) isoliert eingeklebt
- Im Bild ist die Strickleiter an einem Drahthaken an einer Tür aufgehängt
- Zu erkennen sind Gewicht, Strickleiter, Sensor und UAE-Dose



# Einbau in den Grubendom



Zur Montage  
wird der Dom  
abgenommen

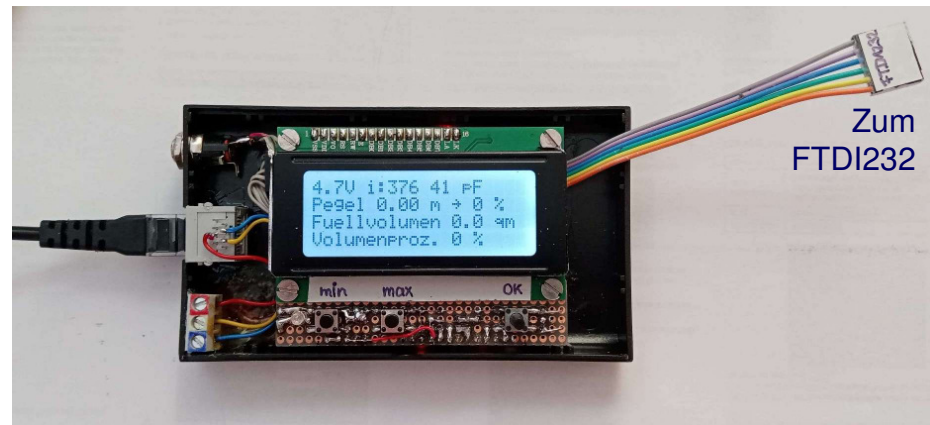
Dom  
aufgesetzt





# Entwicklungsumgebung und Programmierung

- Der Grubensensor mit dem ATtiny13 (5V) wurde in C unter AVR-Studio4 v4.19, b730 entwickelt
- Der Code wird mit AVR-ISP-mkII Programmer hochgeladen, dazu wird die Prozessor-Platine abgezogen
- Die Displayeinheit mit ATmega328 (als Arduino-proMini, 16 MHz, 5V) mit FTDI232 als Programmer wurde compiliert mit Arduino v1.8.9
- Zur Datenübertragung zwischen Sensor und Display erhielt der Sensor eine sendende Soft-UART, in der Displayeinheit wird die Library SoftwareSerial.h als Empfänger genutzt, weil die Hardware-Serial-Schnittstelle zum Upload und zur Fehlersuche an den USB-VCP-Monitor vergeben ist
- Das 4x20-Zeichen Display LCD2004B wird über einen I<sup>2</sup>C-Adapter PCF8574 angesteuert



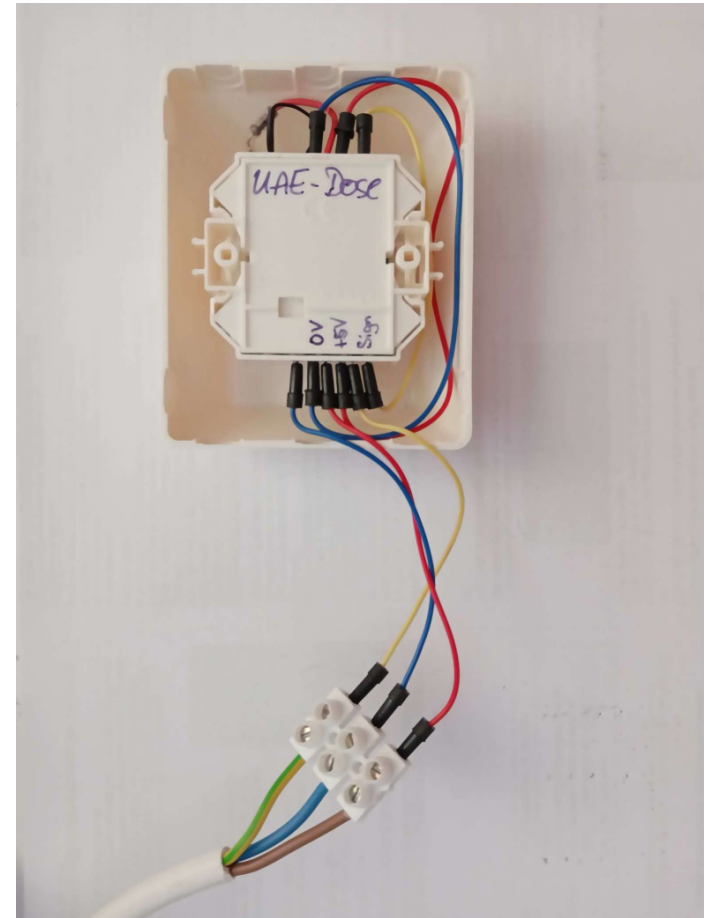
# Erprobung

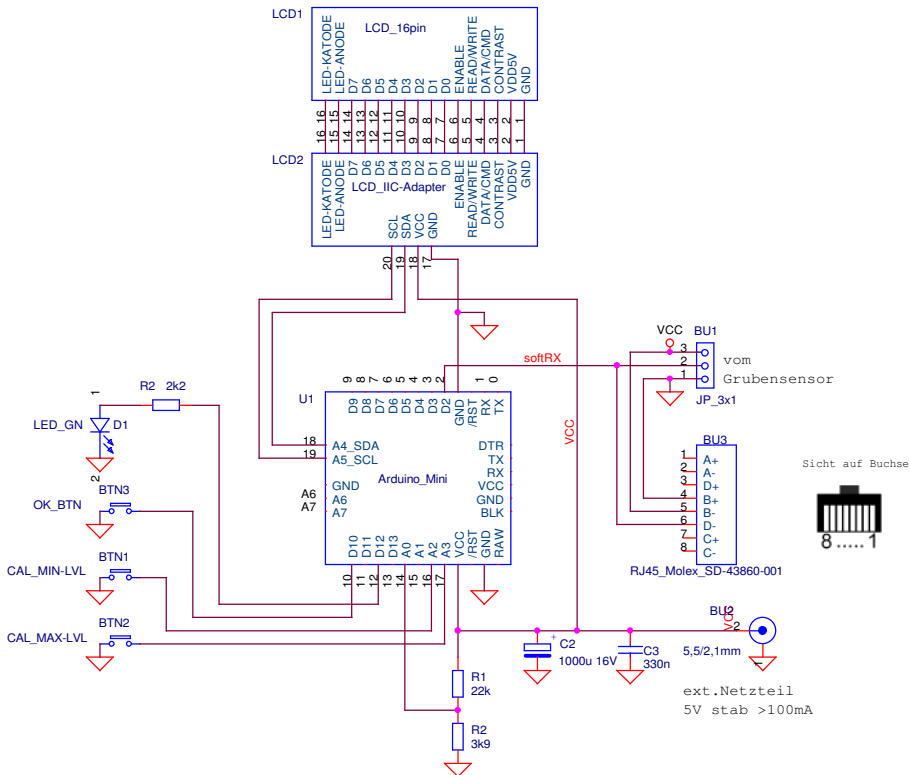
- Um sicher zu stellen, daß Leitungslängen von 20 Metern sicher getrieben werden können, wurde die Verbindung zwischen Sensor und Display mit einer 50-Meter-Rolle des zu verwendenden Installationskabels 1,5 mm<sup>2</sup> bei 9600 Baud erprobt, siehe Bild
- Erprobung verlief ohne Probleme
- Das Kabel wurde in einem Panzerrohr im Erdreich verlegt



# Schaltpläne

- Displayeinheit
- UEA-Dose
- Sensoreinheit

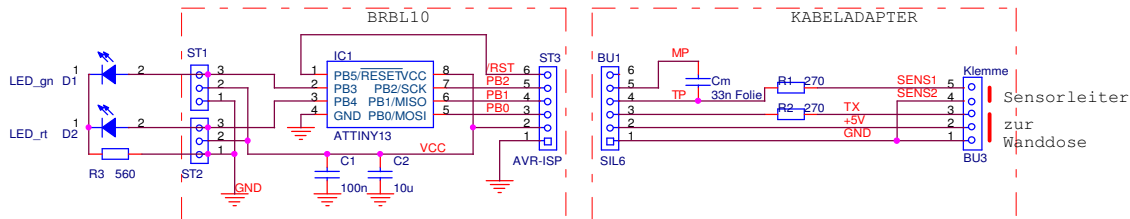




```
VREF = 1,1V: analogReference(INTERNAL)
setzen
Skalierung: 1.1V/3.9k = x/(22k+3.9k)
--> x = 7.3V ~ 1023
```

Title		
Fuellstandsmesser Displayeinheit		
Size	Document Number	Rev
A4	info@gheinz.de	1





#### AVR-ISP mkII

6 /RESET	PB5
5 SCK	PB2
4 MISO	PB1
3 MOSI	PB0
2 VCC	+5V
1 GND	0V

#### Kabeladapter BU1

5 PB2	MP
4 PB1	TP -> Sensor
3 PB0	UART-TX
2 VCC	+5V
1 GND	0V

zu messender Kapazitätsbereich  
80...400 pF (min...max)

Title

Füllstandsmesser Sensoreinheit

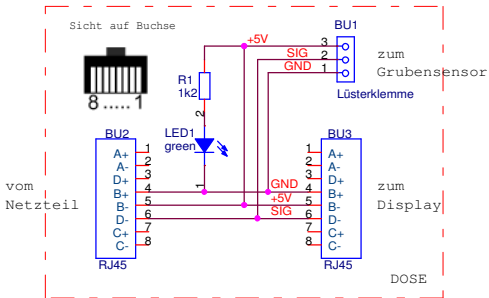
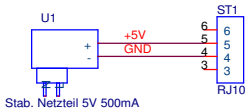
Size

A4

Document Number  
info@gheinze.de

Rev

2



Title

Wanddose zur Spannungsversorgung

Size  
A4

Document Number  
info@gheinz.de

Rev  
1