



ENGINEER  
NEXT

VIP2017

The logo features the words "ENGINEER" and "NEXT" in a bold, white, sans-serif font, stacked vertically. A yellow graphic element, resembling a stylized 'N' or a folded ribbon, is positioned between the two words. To the left of the word "NEXT" is a white rectangular box containing the text "VIP2017" in a white, sans-serif font. The entire logo is set against a blue background with diagonal stripes in various shades of blue, orange, and green.

# Praktikum to go: Lehrprojekte mit LabVIEW und Physical-Computing-Plattformen

**Hochschule München**

Fakultät für angewandte Naturwissenschaften und Mechatronik

**Prof. Dr. Georg Eggers**



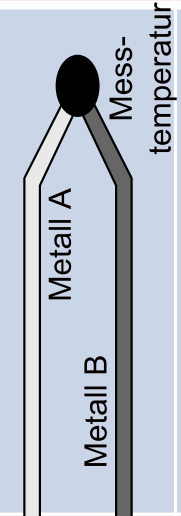
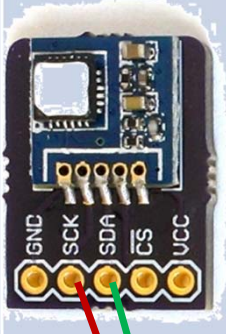
fk06.hm.edu

# Inhalt

1. Studium Mechatronik: Analog → digital
  - Aktuelle und selbständige Lernkonzepte
  - Das Klapp-Lab
2. Arduino: Eine Physical Computing Plattform
  - Schaltung & Möglichkeiten
  - Verfügbarkeit:
3. Arduino und LabVIEW
  - LINX: (K)eine einfache Lösung
  - Datenlogger: CF-Card und CSV-Datei
  - Distanzsensor: NI VISA und der COM-Port
  - Beschleunigungssensor: Serieller Bluetooth-Port

# 1. Studium Mechatronik: Analog → digital

# Sensorik

|               | Klassisch                                                                                                                                                     | Aktuell                                                                                                                                                                                                                     |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Schema        |  <p><b>Sensor:</b><br/>Physikalische Größe<br/>↓<br/>elektrisches Signal</p> | <p><b>Sensormodul:</b><br/>Physikalische Größe<br/>↓<br/>elektrisches Signal<br/>↓<br/>Signalverarbeitung<br/>↓<br/>Digitalisierung</p>  |
| Sensor-signal | Analog (U, R, Q)                                                                                                                                              | Digital: I <sup>2</sup> C, SMBUS, CAN, SPI, DIO seriell/parallel                                                                                                                                                            |
| Auswertung    | Analoge Verstärker<br>Anzeigeeinstrumente<br>ADC                                                                                                              | Embedded-Prozessor-Systeme                                                                                                                                                                                                  |

Fehlt in vielen Lehrbüchern

1.  
analog  
→ digital

2.  
Arduino

3.  
Arduino  
&  
LabVIEW

# Problemstellung

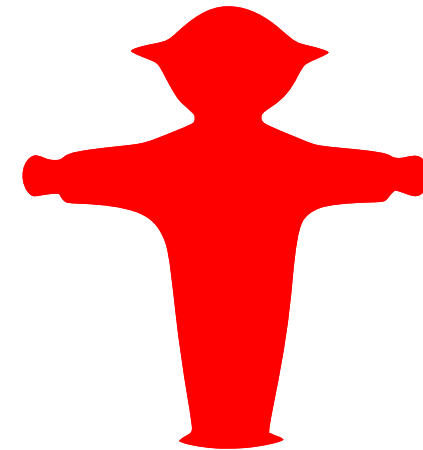
- **Module „Messtechnik“ und „Sensorik“  
„Signalverarbeitung“**

- Erfordern unbedingt praktische Erfahrungen
- Sollen selbständige Projektumsetzung vermitteln
- Besitzen i.d.R. > 40 Teilnehmer
- Sollen moderne, digitale Messtechnik behandeln
- Sollen Anwendung von LabVIEW mit realer Datenaufnahme erlauben

- **Vorhandene klassische Laborpraktikums-Versuche**

- Sind aufgrund Kosten und Raumaufwand nur einzeln vorhanden
- Bieten wenig Raum für freie Gestaltung
- Sind oft technisch überholt

➔ Lernziele mit vorhandenen Konzepten und Ressourcen nicht erreichbar



1.  
analog  
→ digital

2.  
Arduino

3.  
Arduino  
&  
LabVIEW

# Lösungsansatz

## ■ Konzept „Praktikum to go“

- Mikroprozessorbasierte Messtechnik-Plattform
- **Ausleihe an Kleingruppen** ca. 2-3 Teilnehmer
- Verwendung mit **eigenen PCs/Notebooks**
- Nach angeleiteter Einarbeitung  
**freie Umsetzung von Messtechnik-Projekten**



## ■ Anforderungen

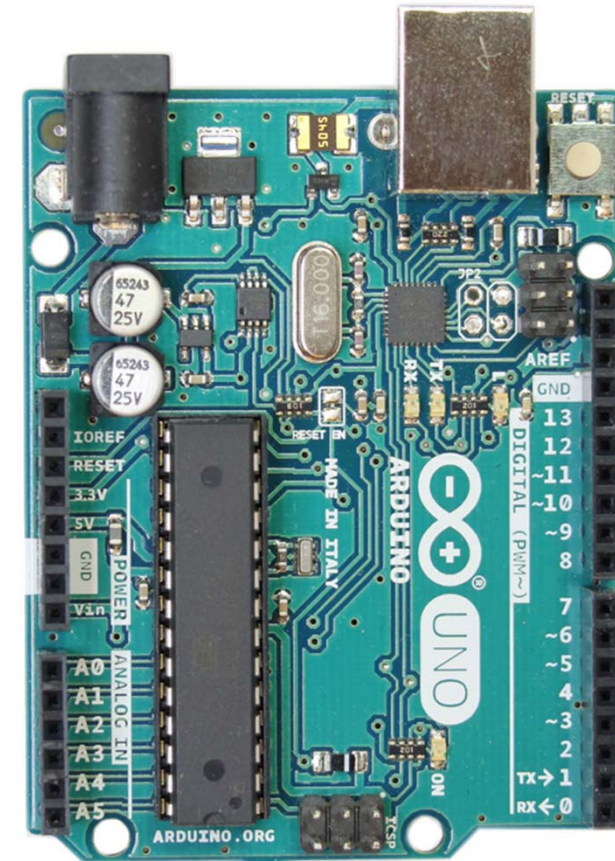
- Kompakt → transportabel
- Preiswert → größere Anzahl beschaffbar
- Open Source Plattform → mit eigenen PCs nutzbar
- Robust → zuverlässige Erfolgserlebnisse
- Vielseitig → kreative Eigenprojekte möglich

## 2. Arduino® : Eine Physical Computing Plattform



# Arduino® UNO: Physical Computing Plattform

- **Atmel ATMEGA328PU 8-Bit MPU,**
  - Max 20 MIPS @ 20MHz
  - 32KBytes Flash 1KBytes EEPROM 2KBytes RAM
  - 14 Programmable I/O Lines, davon 6 PWM Channels
  - 6-channel 10-bit ADC
- **Unterstützt zahlreiche Standard-Interfaces**
  - I<sup>2</sup>C, SPI
  - UART, Serial Port (COMx) zum PC (via USB)
- **Open-Source-Projekt**
  - IDE zur Programmierung mit einfachem C-Dialekt
  - Schaltpläne verfügbar
  - Große Zahl von „Shields“ zum Aufstecken
  - Zahlreiche Bibliotheken



1.  
analog  
→ digital

2.  
Arduino

3.  
Arduino  
&  
LabVIEW

# Arduino® UNO

## ATMEGA16U2-MU

- 8-Bit MC
- USB-Controller  
(Bei Nachbauten oft andere Typen)

## ATMEGA328PU

- 8-Bit MC
- 14 DIO, 6 PWM
- 6 Analog In 10 Bit

Stecker  
→ Shields

USB → PC

UART

ATMEGA16U2-MU(R)

ATMEGA328PU

1.  
analog  
→ digital

2.  
Arduino

3.  
Arduino  
&  
LabVIEW

# Arduino® UNO: Angebote

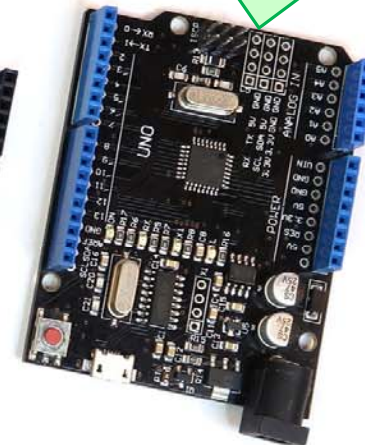
Arduino/Genuino UNO  
Original, Ca. € 25,-



eHaJo Gscheidduino  
Ca. € 25,-



No Brand/China  
SMD, Ca. € 2,50



Digilent Chipkit Uno32  
abgekündigt



No Brand/China  
DIP-Sockel, Ca. € 4,-



Nano / China  
Ca. € 1,50



# Lösungsansatz „Praktikum to go“

## ■ Entwicklung Experimentierkoffer

- Auf Grundlage des „Protcase“ der Firma **eHaJo** Elektronik Hannes Jochriem
- Kompatibel zur Arduino® Physical Computing-Plattform
- Mechatronische Grundkomponenten
  - Prozessorplatine
  - Steckboard für lötfreien Schaltungsaufbau
  - Schraubbraster für Mechanikaufbauten
  - Zwei-Zeilen-Display
  - Autonome Energieversorgung
- Integration in Transportkoffer



# Das Klapp-Lab



Transportkoffer mit  
lasergeschnittener  
Holzeinsatz

„Gscheiduino“  
Arduino-kompatibeler  
Microcontroller

Energieversorgung  
durch Powerbank

Steckboard für  
lötfreien Aufbau  
von Schaltungen

Schraubbraster für  
mechanische  
Aufbauten

Sortierfächer  
unter Holzplatte

2x16 LCD Display  
Mit I2C-Treiber

1.  
analog  
→ digital

2.  
Arduino

3.  
Arduino  
&  
LabVIEW

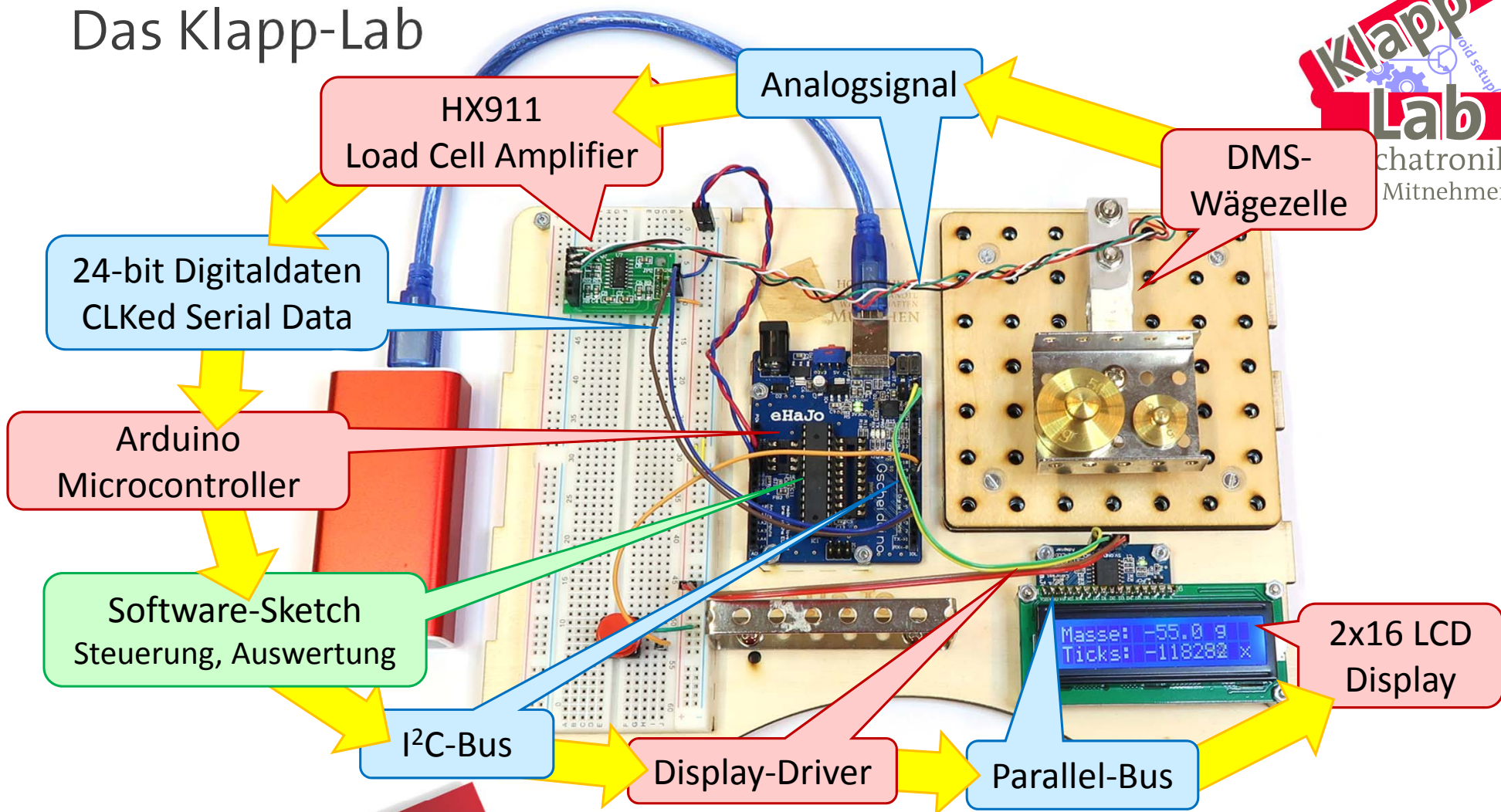
# Das Klapp-Lab



1.  
analog  
→ digital

2.  
Arduino

3.  
Arduino  
&  
LabVIEW



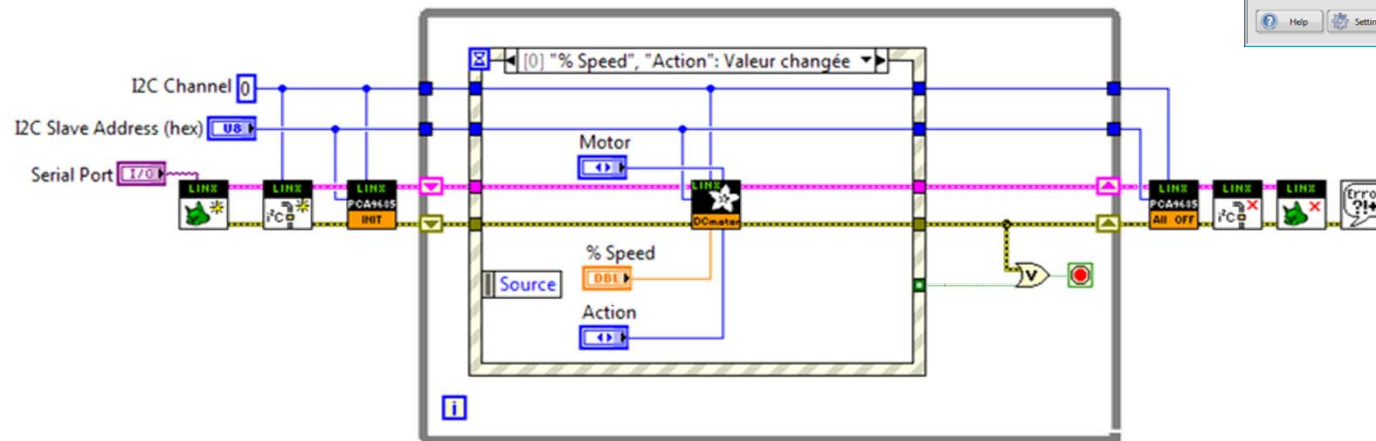
# 3. Arduino® und LabVIEW

## 3.1 LINX: (K)eine einfache Lösung



# LabVIEW und Arduino: LYNX

- LabVIEW-Treibermodell für Arduino
- Erfordert Installation einer Firmware
  - Erfahrung: Schlägt bei Nicht-Originalen oft fehl
  - Spätere Berufsrelevanz unklar
  - Verhindert Nutzung von Arduino Libraries
- Hier nicht weiter verfolgt



# 3. Arduino® und LabVIEW

## 3.2 Datenlogger: CF-Card und CSV-Datei

# Datenlogger: Komponenten

## ■ SDCard-Shield

- Aufstecken auf UNO-Steckverbinder
- SPI zur SD-Card mit Pegelwandlung
- PC-Lesbares Dateisystem
- Häufig mit Real-Time-Clock
- Preis (China) < € 2,-

## ■ Bosch BME 280 Sensor

Temperatur, Luftfeuchte, Druck

- Kommunikation per I2C oder SPI
- Arduino-Libraries Verfügbar
- Auf Breakout-Board erhältlich, ca. € 15,-

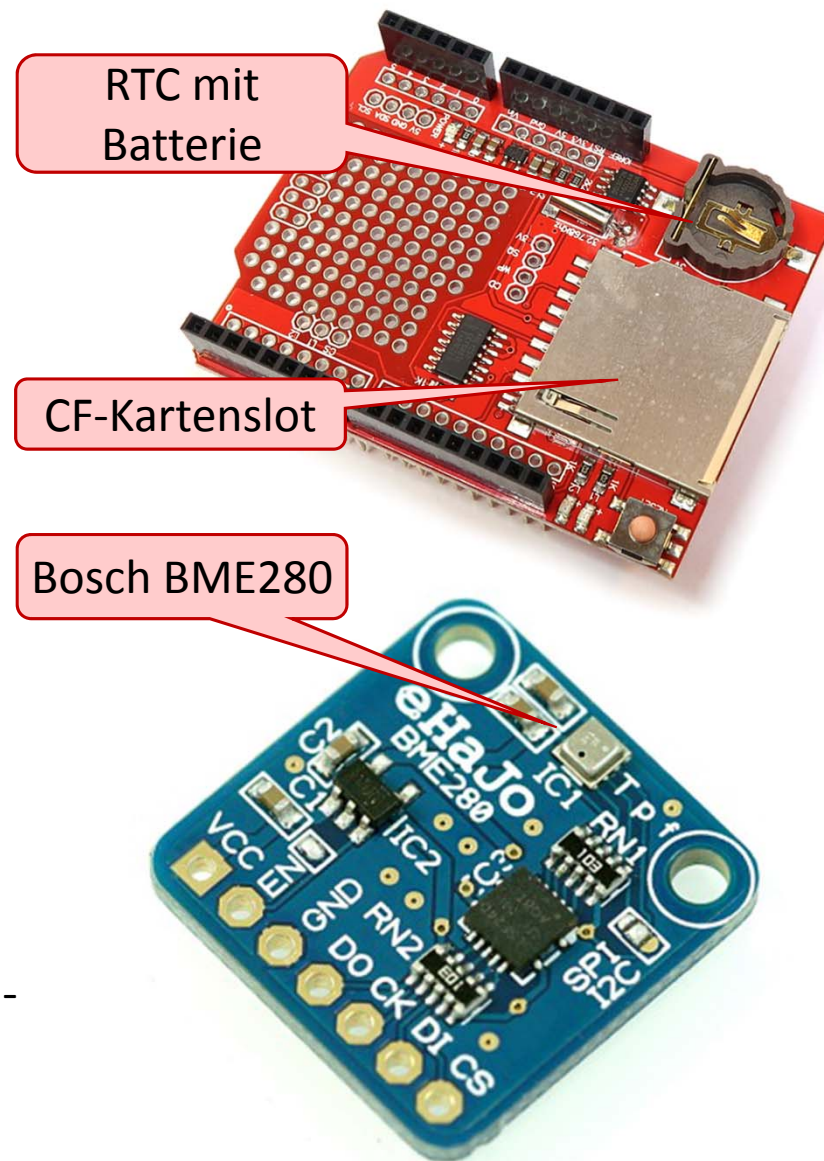
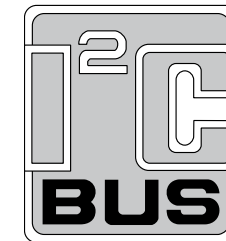
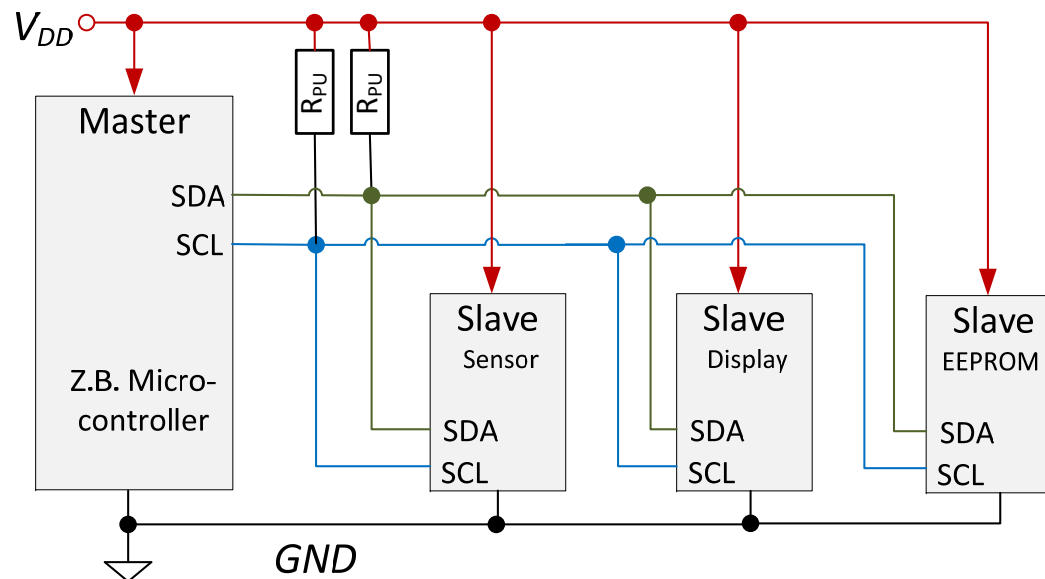


Foto: eHaJo.de

# I2C-Bus



Grafik: NXP

1.  
analog  
→ digital

2.  
Arduino

3.  
Arduino  
&  
LabVIEW

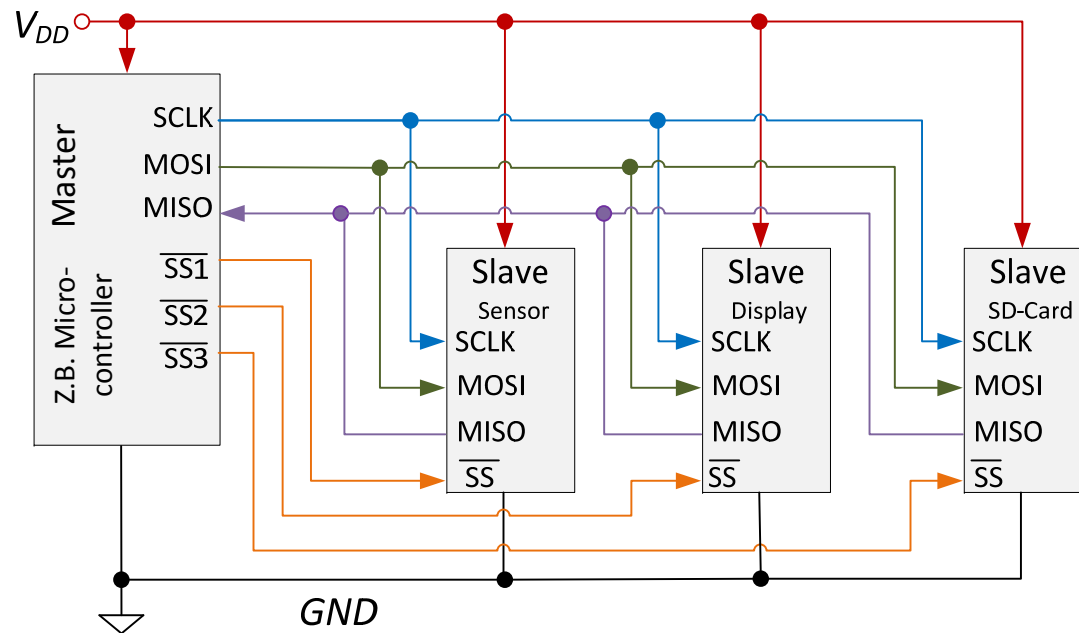
## ■ „Inter-Integrated Circuit“ Bus

- SDA: Serial Data, Datenleitung, bidirektional
- SCL: Serial Clock, Taktsignal, Standard: 100 kHz
- Parallelverdrahtung von SDA, SCL mit Pullup-Widerstand
- Bis zu 112 Slaves über 7-bit-Adresse ansprechbar

# SPI

## ■ „Serial Peripheral Interface“

- MOSI: Master Out Slave In, Datenleitung, unidirektional Master → Slave
- MISO: Master In Slave Out
- SCLK: Serial Clock, Taktsignal vom Master



- „Serial Peripheral  $\overline{SS}$ : Slave Select, separate Auswahlleitung für jeden Slave,

## ■ Standard-Interface für **SD-Karten**

- Als „SD Library“ in Arduino-IDE verfügbar
- Schreibt PC-lesbare ASCII-Dateien

1.  
analog  
→ digital

2.  
Arduino

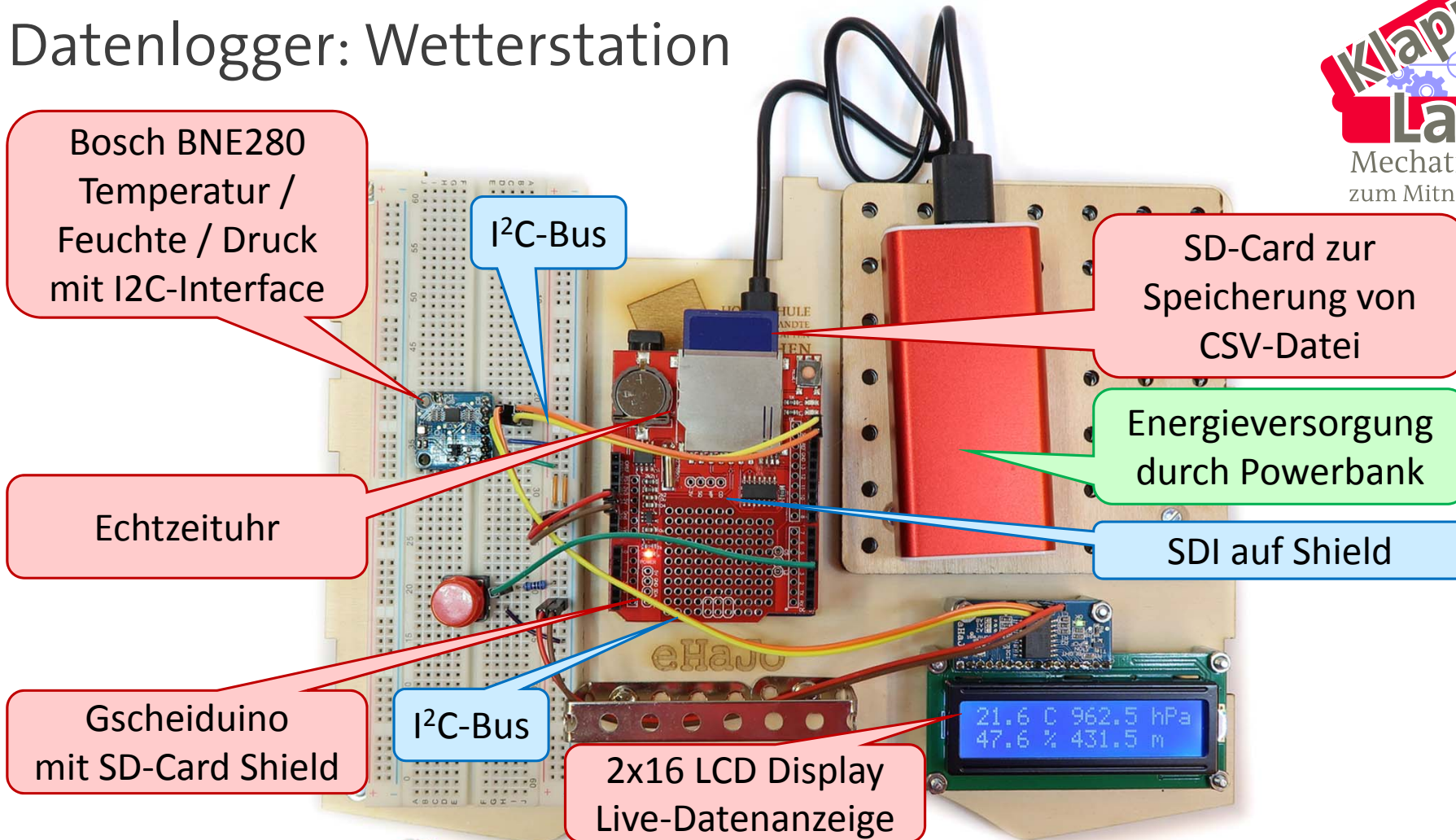
3.  
Arduino  
&  
LabVIEW

# Datenlogger: Wetterstation

1.  
analog  
→ digital

2.  
Arduino

3.  
Arduino  
&  
LabVIEW



# Datenlogger: Arduino Sketch

## ■ Datei öffnen

- Library „SD“
- Unbenutzten Namen ermitteln
- SD.open

```
#include <SD.h>
...
// Dateinamen für neues File LOGGERxy.CSV
erzeugen
for (uint8_t i = 0; i < 100; i++) {
    filename[6] = i/10 + '0';
    filename[7] = i%10 + '0';
    if (!SD.exists(filename)) {
        logfile = SD.open(filename, FILE_WRITE);
        break; }
} ...
```

## ■ Daten schreiben

- Print-Kommando
- .flush schreibt auf SD-Karte

```
now = RTC.now();
logfile.print(now.unixtime()); // s seit 1.1.1970
logfile.print(", ");
logfile.print(bme.readTemperature());
logfile.print(", ");
logfile.print(bme.readHumidity());
...
logfile.flush();
```

# Datenlogger: CSV-Datei

1. Zeile: Bezeichnung

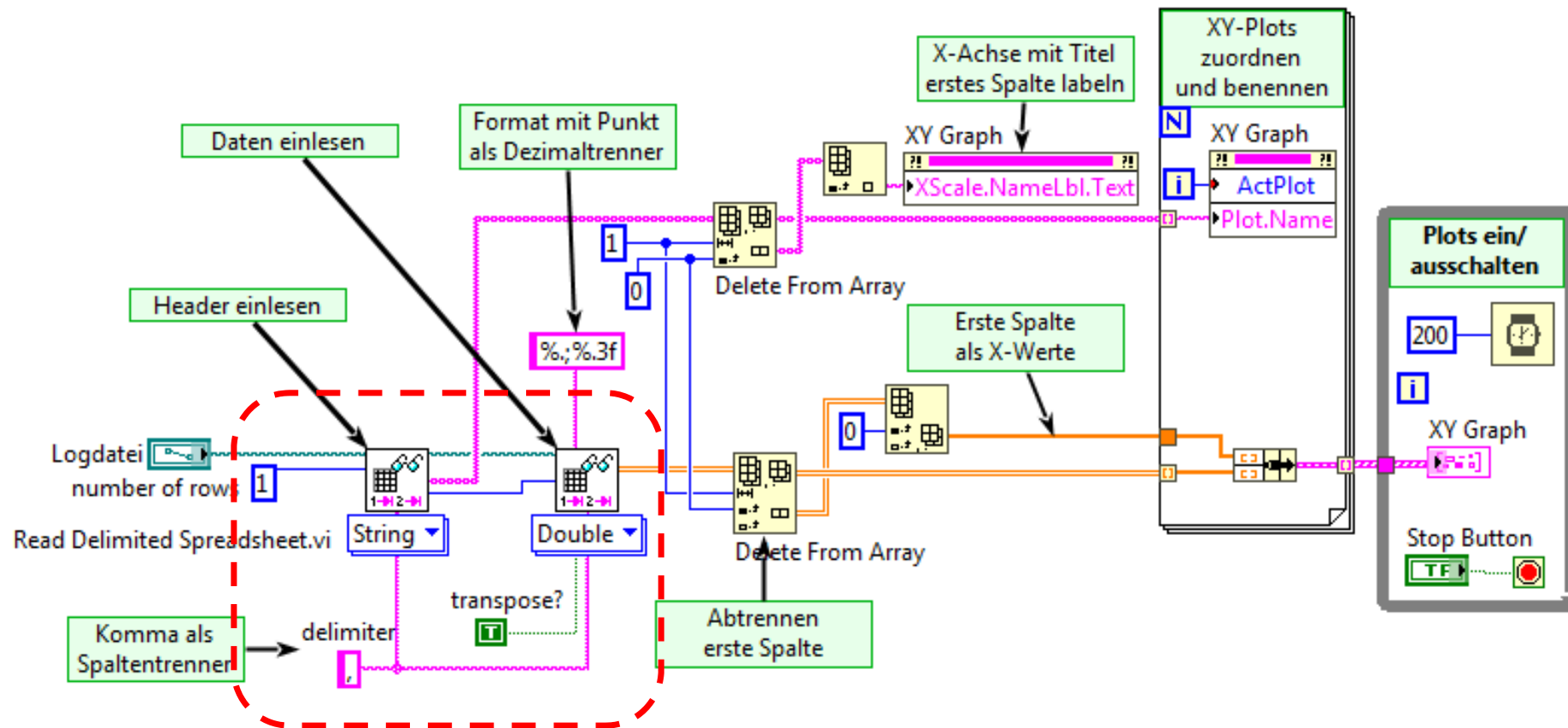
UNIX-Zeitstempel  
der Echtzeituhr

```
t[ms], UNIX-t, Temp [°C], Feuchte[%], Druck [hPa], Hoehe[mNN]
2999, 1508105425, 19.58, 53.60, 966.80, 394.10
3999, 1508105426, 19.60, 53.46, 966.85, 393.70
4999, 1508105427, 19.60, 53.31, 966.87, 393.47
6000, 1508105428, 19.60, 53.15, 966.79, 394.23
6999, 1508105429, 19.62, 52.98, 966.84, 393.76
7999, 1508105430, 19.63, 52.89, 966.83, 393.85
8998, 1508105431, 19.64, 52.98, 966.86, 393.56
... ..
```

Trennung der Spalten  
durch Komma

Punkt als  
Dezimaltrenner

# Datenlogger: Auswertung mit LabVIEW

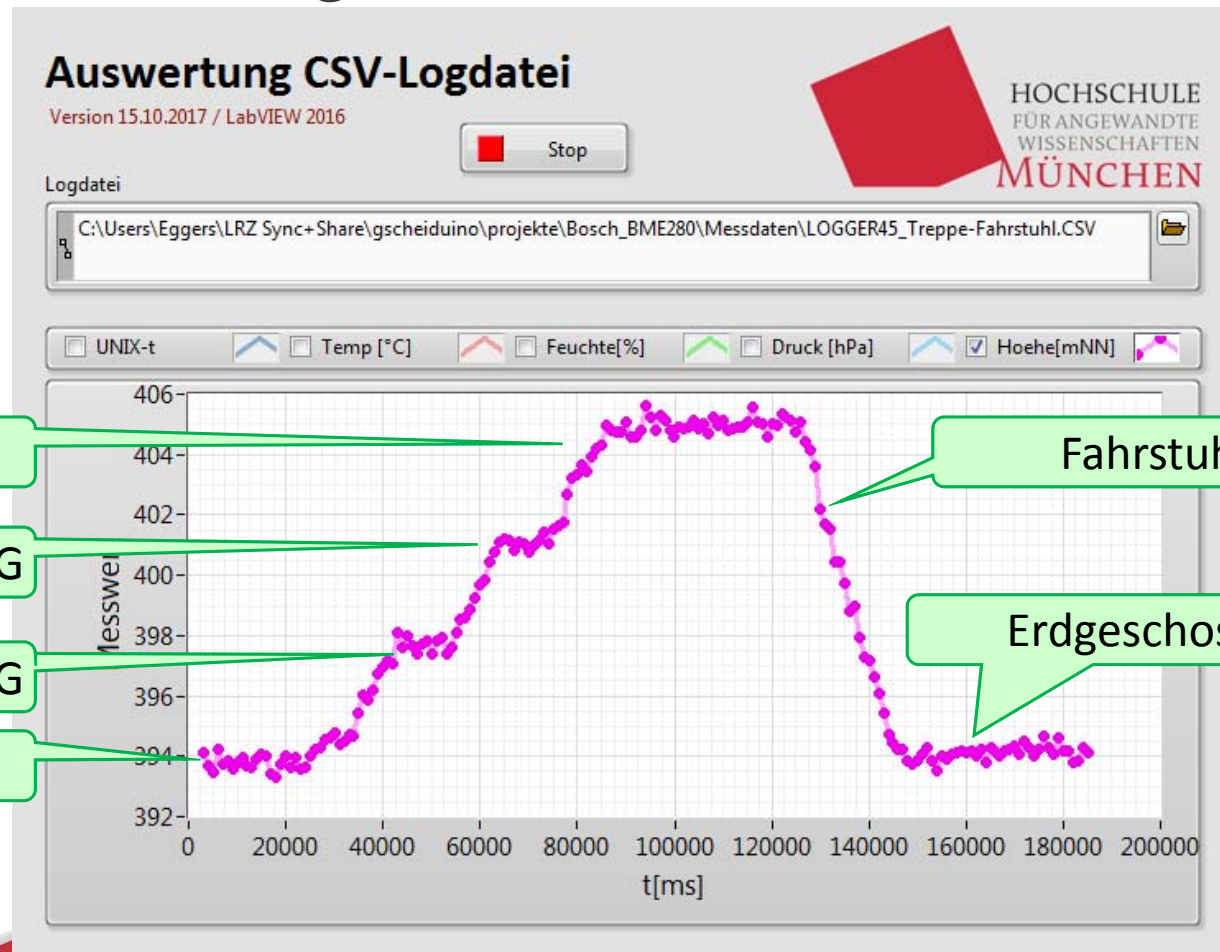


1.  
analog  
→ digital

2.  
Arduino

3.  
Arduino  
&  
LabVIEW

# Datenlogger: Auswertung mit LabVIEW



1.  
analog  
→ digital

2.  
Arduino

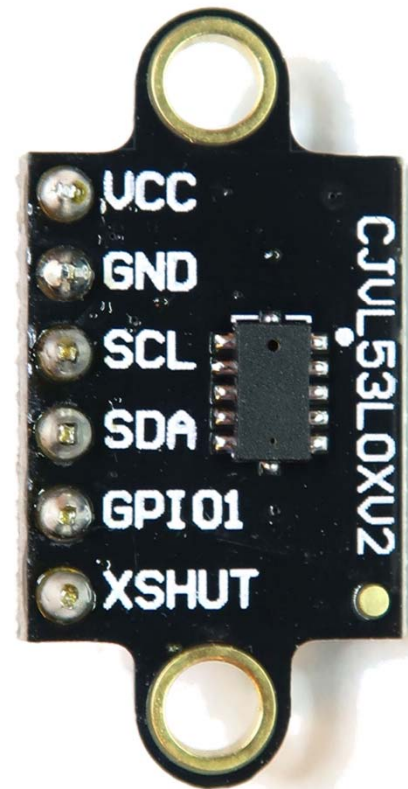
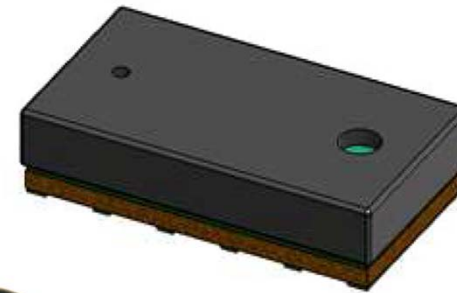
3.  
Arduino  
&  
LabVIEW

# 3. Arduino® und LabVIEW

## 3.3 Distanzsensor: COM-Port via USB

# Distanzsensor: Time-of-Flight

- VL53LOX, STMicroelectronics
  - Time-of-Flight (ToF) laser-ranging module
  - 940 nm Laser, Klasse 1
  - Bis 2,5 m Reichweite
  - I2C-Bus
- Als Breakout-Board erhältlich
  - Mehrere Libraries verfügbar
  - Ab ca. € 5,-



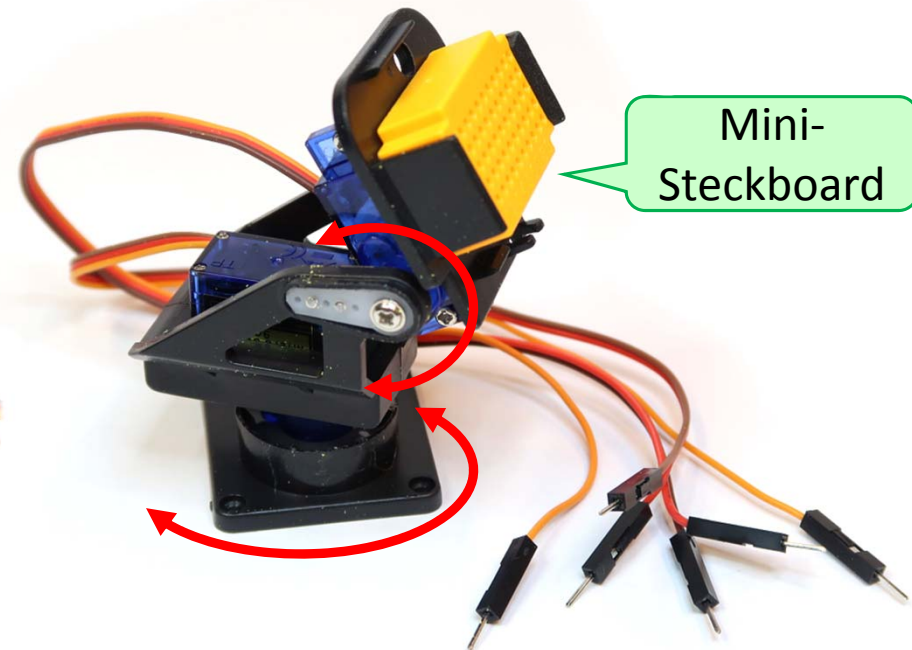
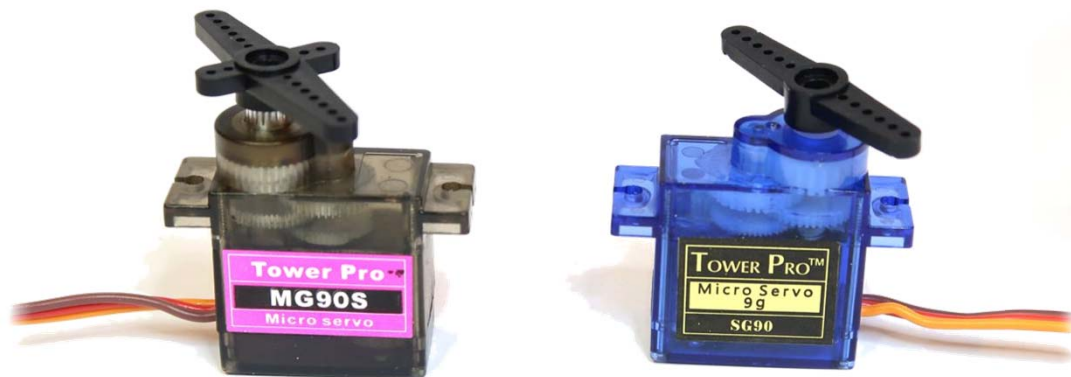
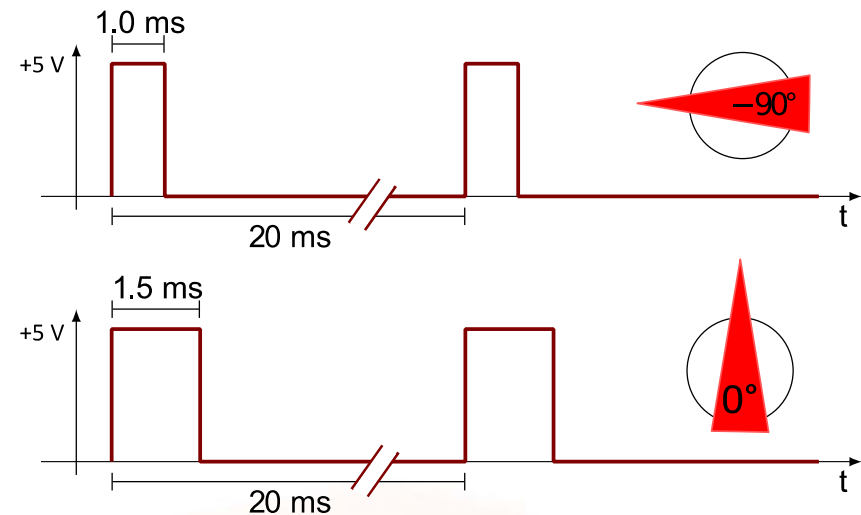
1.  
analog  
→ digital

2.  
Arduino

3.  
Arduino  
&  
LabVIEW

# Servomotoren

- Bis zu 6 Servos direkt steuerbar
- Tastverhältnis bestimmt Drehwinkel
- Separate Spannungsversorgung nötig!
- Einfache Schwenk-/Kipp-Systeme für Sensoren verfügbar



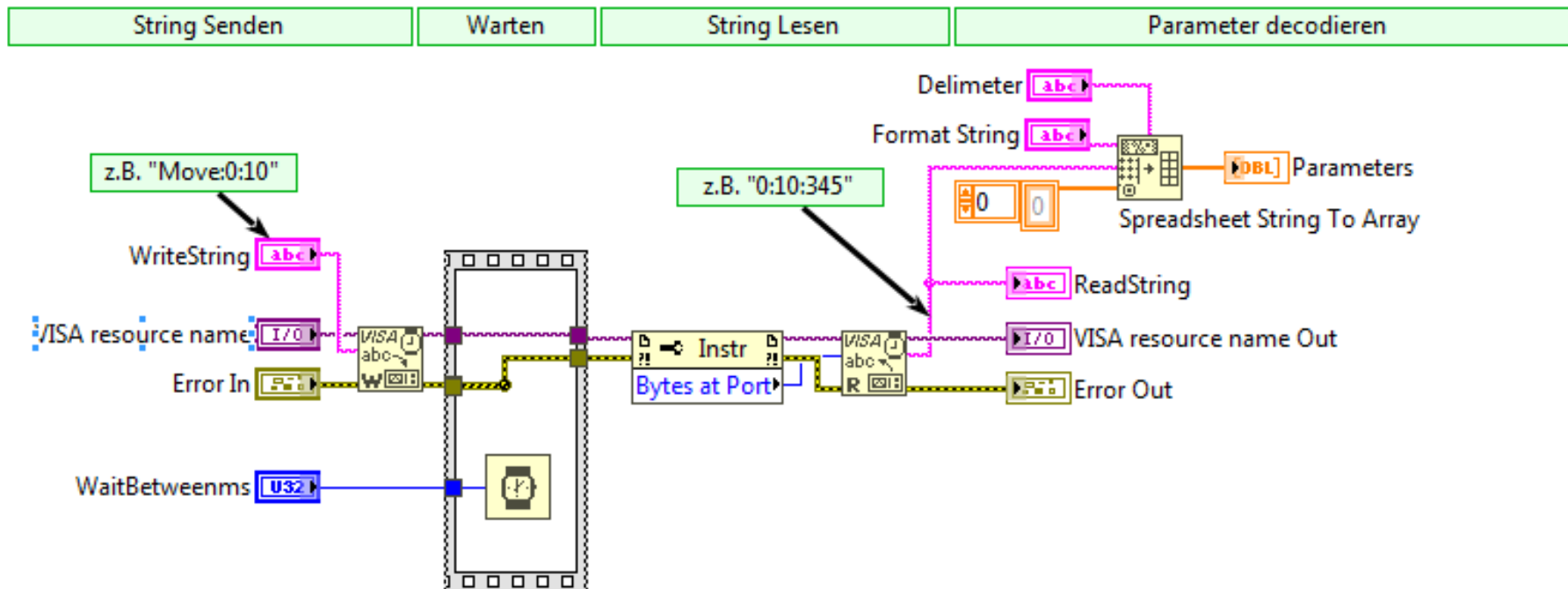
# ToF-Sensor: Arduino Sketch

- Anlehnung an SCPI-Syntax
- Kommando  
Move:0:10
  - Setzt Panwinkel 0°
  - Setzt Tiltwinkel 10°
  - Antwortet mit  
Pan:Tilt:Dist

```
#include <VL53L0X.h>
#include <Servo.h>

...
if (Serial.available()>0) {
    Command = Serial.readStringUntil(':');
    if (Command == "Move")
    {
        Pan = Serial.parseInt();
        Tilt = Serial.parseInt();
        PanServo.write(Pan+90);
        TiltServo.write(Tilt+90);
        delay(100);
        Dist = sensor.readRangeSingleMillimeters();
        Output = String(Pan) + "; " + String(Tilt)
                  + "; " + String(Dist);
        Serial.println(Output);
    }
}
```

# ToF: Auswertung mit LabVIEW

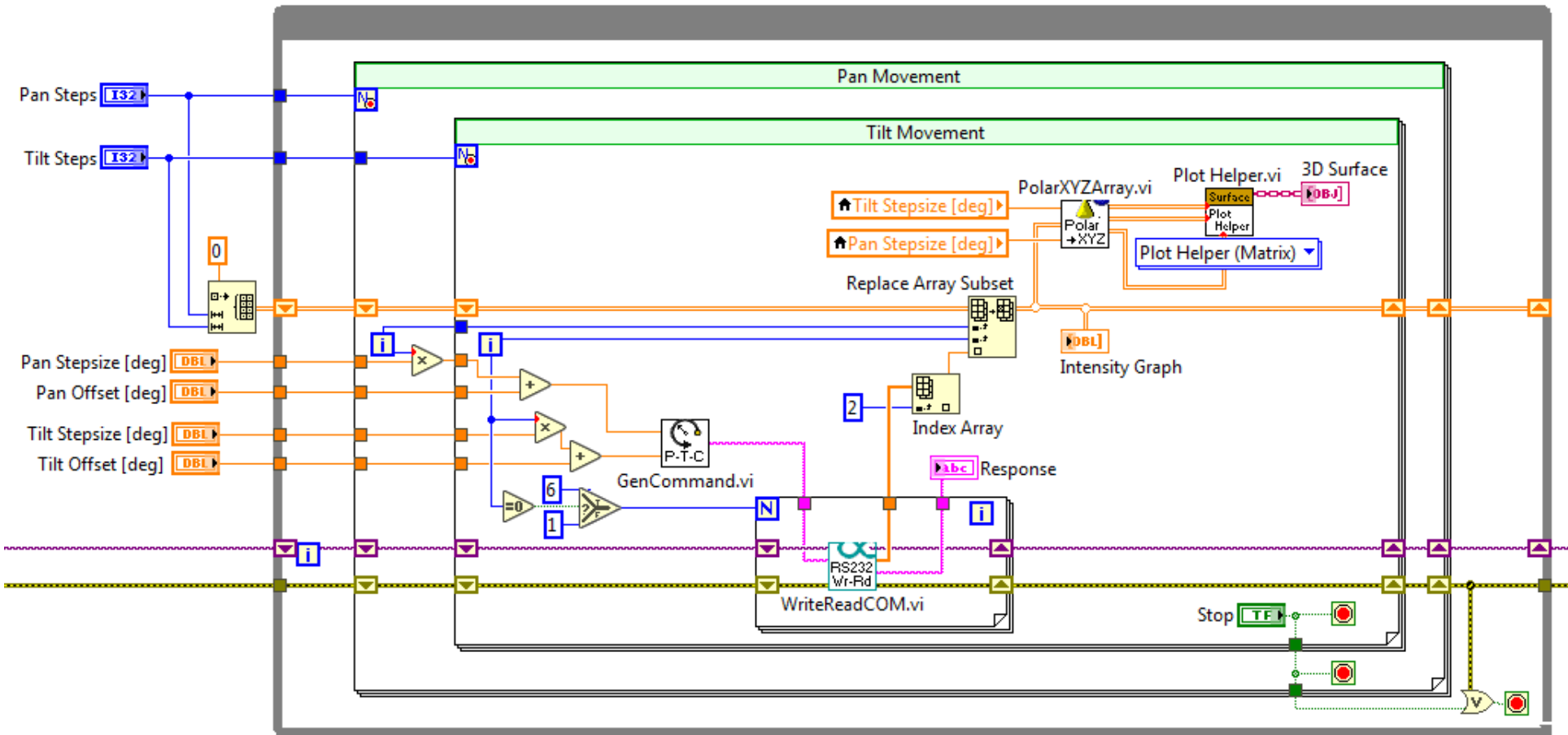


1.  
analog  
→ digital

2.  
Arduino

3.  
Arduino  
&  
LabVIEW

# ToF: Auswertung mit LabVIEW

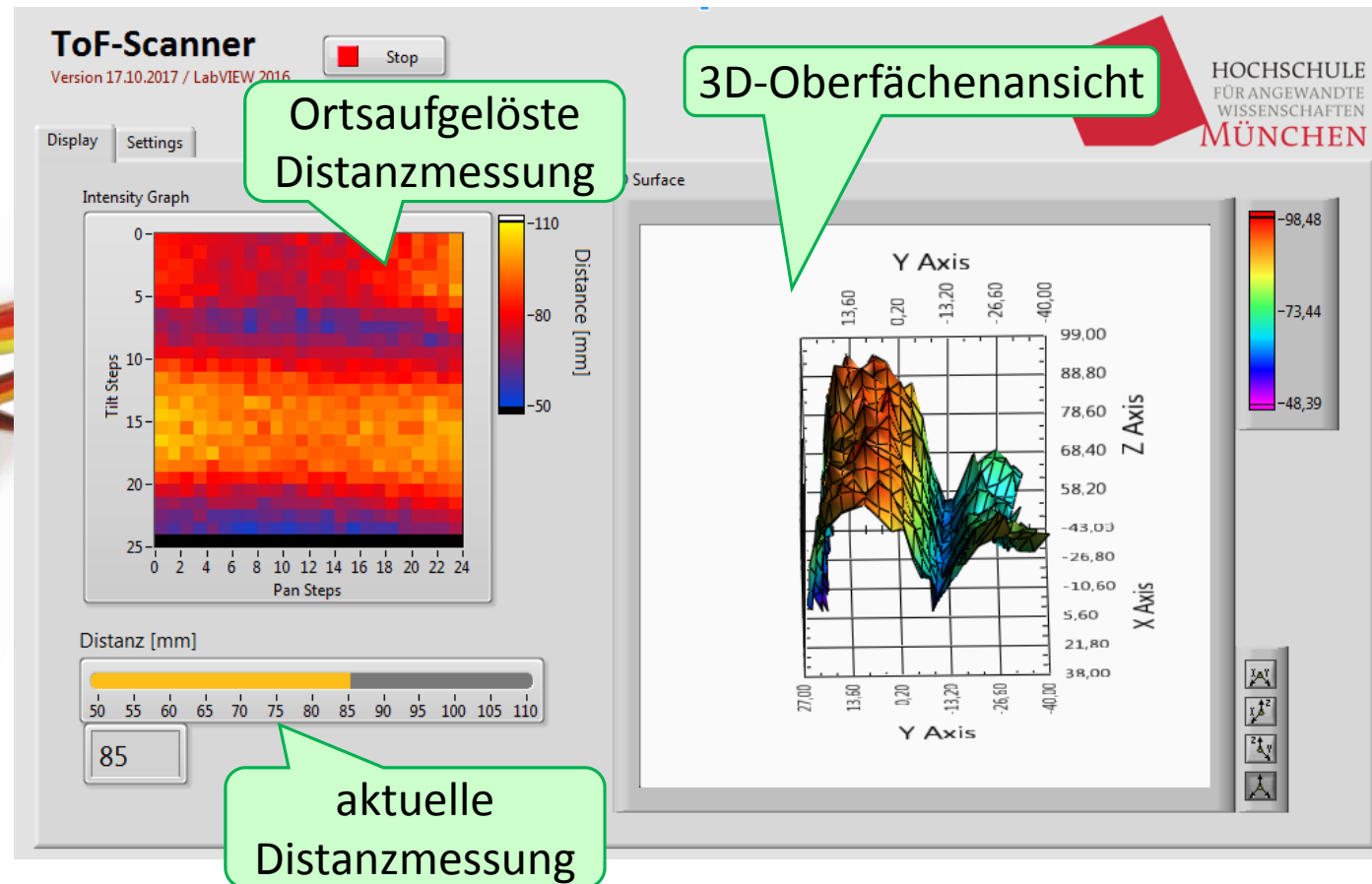
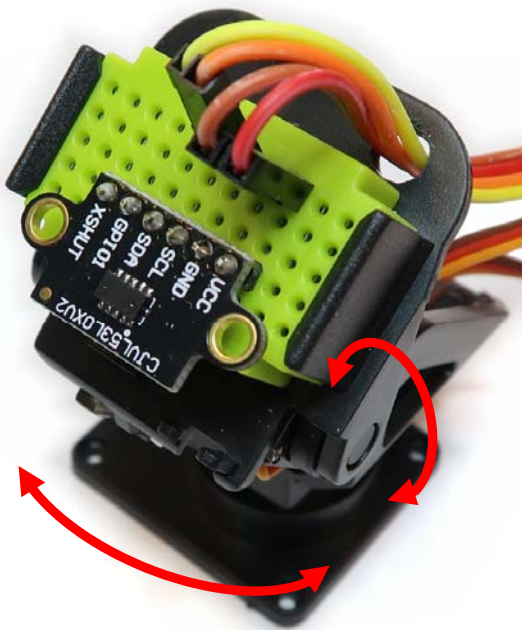


1.  
analog  
→ digital

## 2. Arduino

### 3. Arduino & LabVIEW

# ToF: Auswertung mit LabVIEW



1.  
analog  
→ digital

2.  
Arduino

3.  
Arduino  
&  
LabVIEW

# 3. Arduino® und LabVIEW

## 3.4 Beschleunigungssensor: Bluetooth

# Beschleunigungssensor Bosch BNO055

- 9-Achsen Orientierungssensor
  - Lineare Beschleunigung
  - Winkelbeschleunigung
  - Erdmagnetfeld
  - Prozessor integriert
    - Euler-Winkel Orientierung im Raum
    - lineare Beschleunigung
  - I2C-Interface
- Als Breakout-Board erhältlich
  - Libraries verfügbar
  - ca. € 30,-

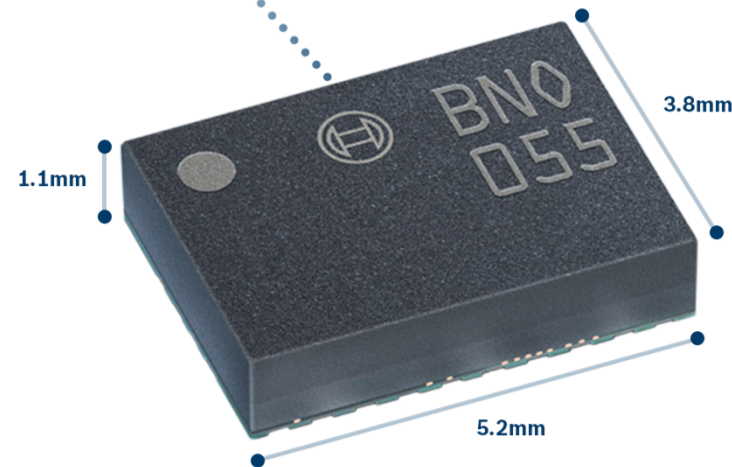


Abb: Bosch Sensortec GmbH

## Main features



**Absolute Orientation**  
Integrates accelerometer, gyroscope and magnetometer



**Accelerometer**  
Detects linear motion and gravitational forces



**Gyroscope**  
Measures the rate of rotation in space (roll, pitch, yaw)

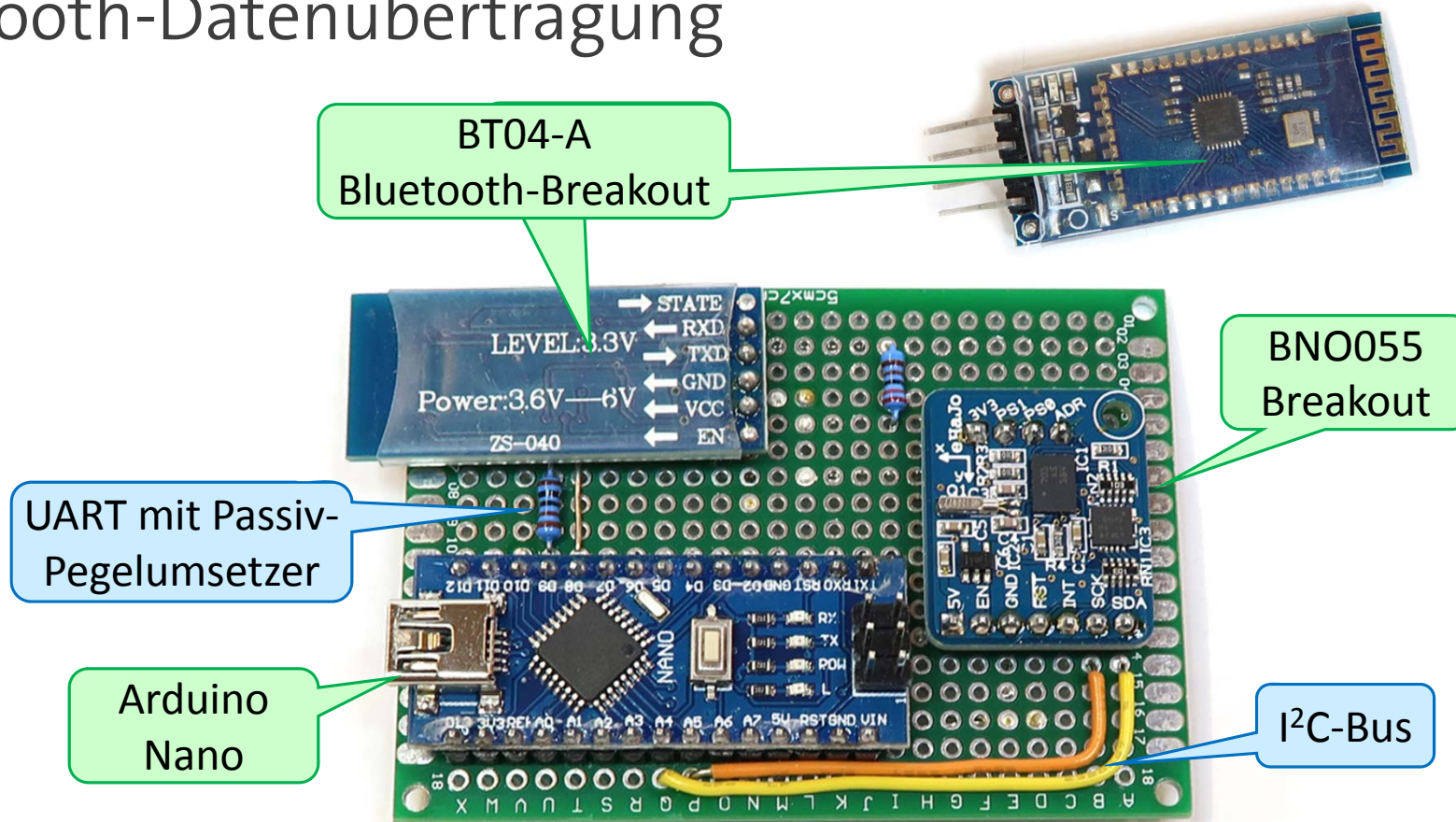


**Magnetometer**  
Measures the terrestrial earth's magnetic fields



**Software**  
Intelligently fuses raw data from multiple sensors

# Bluetooth-Datenübertragung



1.  
analog  
→ digital

2.  
Arduino

3.  
Arduino  
&  
LabVIEW

# ToF-Sensor: Arduino Sketch

- Daten werden „blind“ in die Schnittstellen gespeist
- Synchronisation über Zeilenende

```
#include <Adafruit_Sensor.h>
#include <Adafruit_BN0055.h>

...
imu::Vector<3> euler =
    bno.getVector(Adafruit_BN0055::VECTOR_EULER);

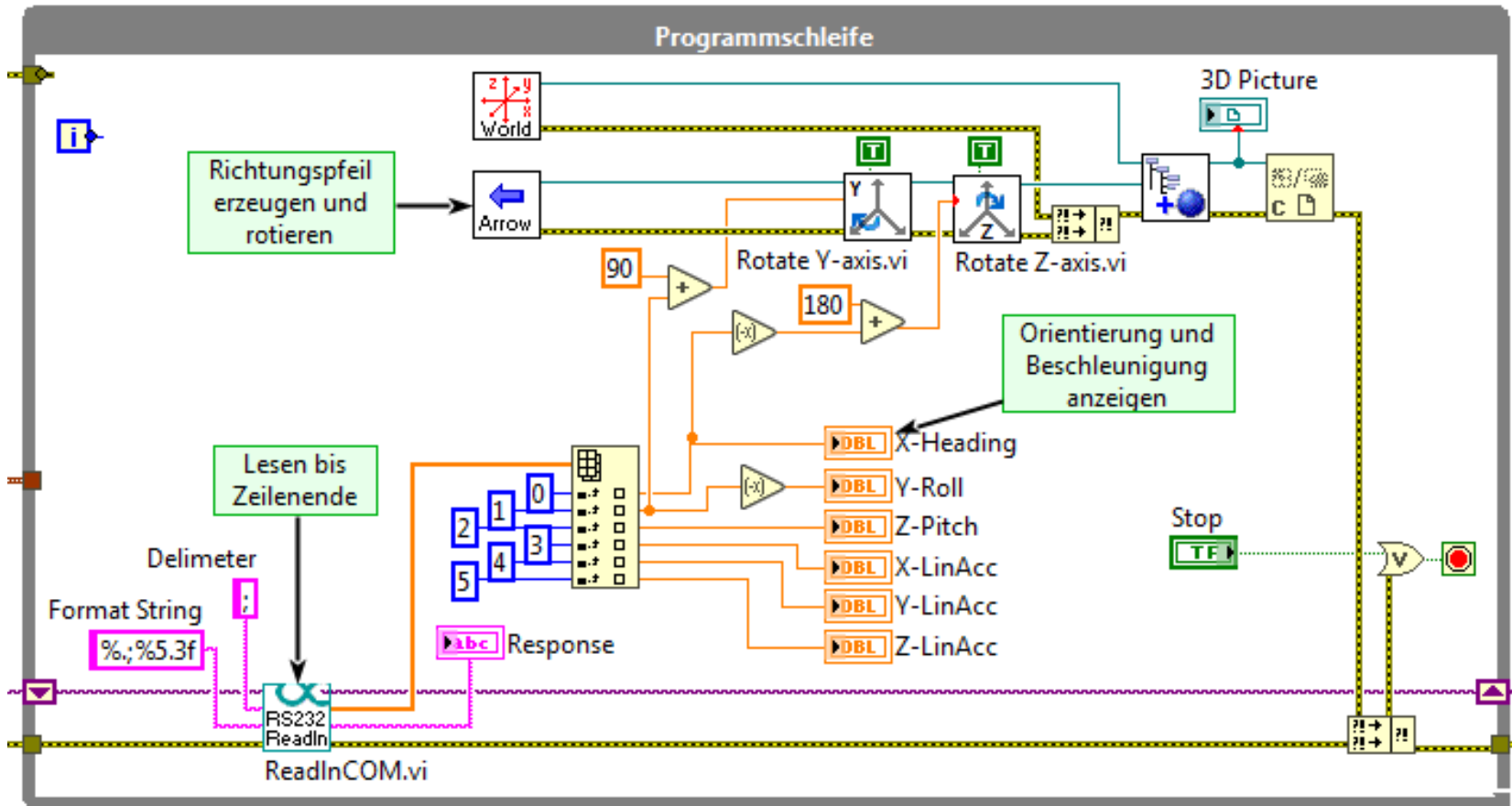
String Output;
Output = String(euler.x())+"; "+
String(euler.y(),DEC)+"; "+String(euler.z);
BTSerial.println(Output);
Serial.println(Output);
```

1.  
analog  
→ digital

2.  
Arduino

3.  
Arduino  
&  
LabVIEW

# BN0055: Auswertung mit LabVIEW

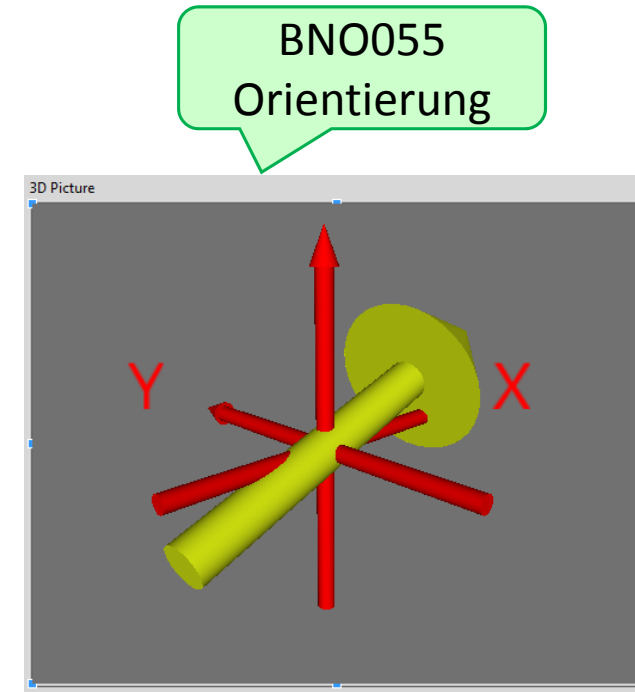
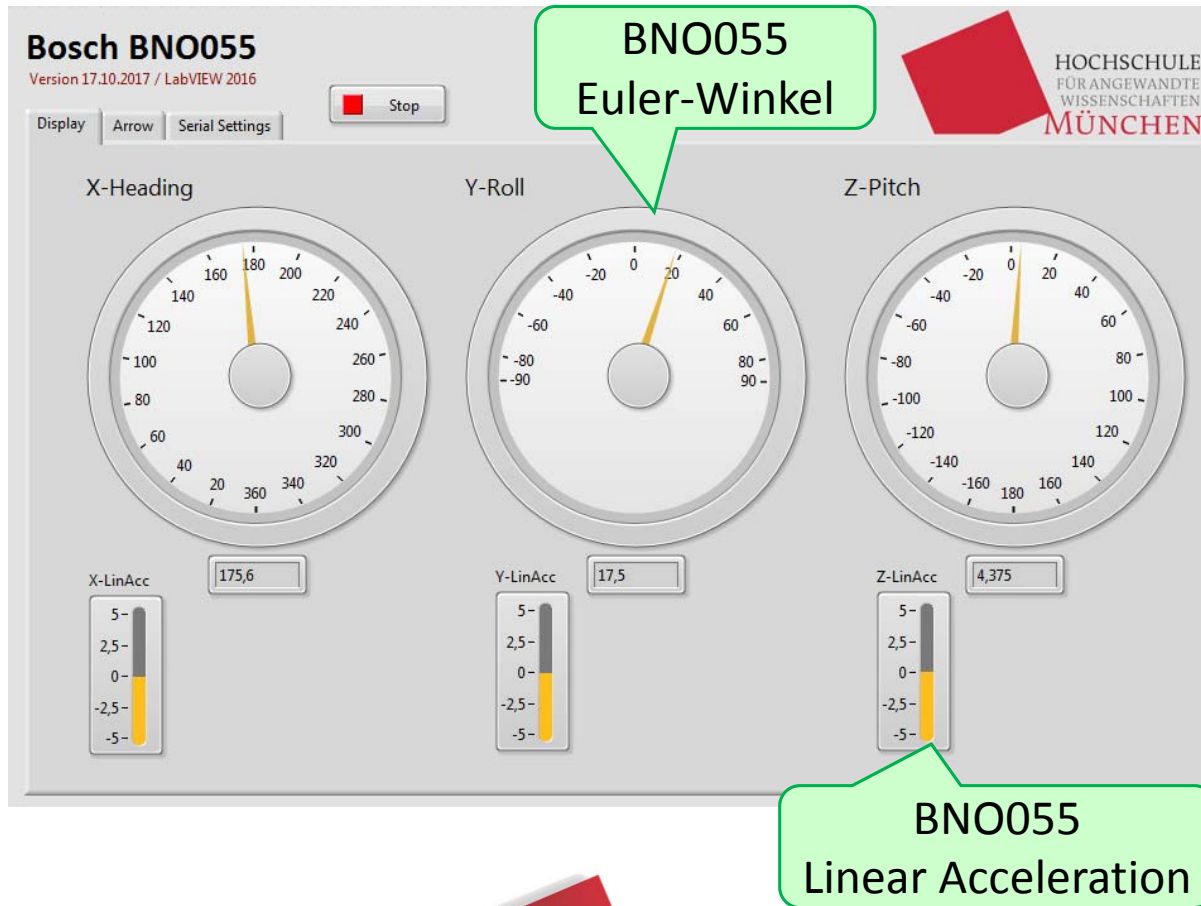


1.  
analog  
→ digital

## 2. Arduino

### 3. Arduino & LabVIEW

# BNO055: Auswertung mit LabVIEW



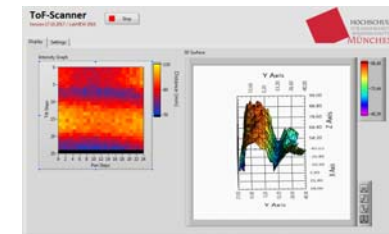
1.  
analog  
→ digital

2.  
Arduino

3.  
Arduino  
&  
LabVIEW

# Fazit

- Konzept „Praktikum to go“
- Anforderungen
  - Kompakt → transportabel
  - Preiswert → größere Anzahl beschaffbar
  - Open Source Plattform → mit eigenen PCs nutzbar
  - Robust → zuverlässige Erfolgserlebnisse
  - Vielseitig → kreative Eigenprojekte mit Einsatz von LabVIEW möglich



# Dank & Referenzen

## Vielen Dank:

- HM-Studierende Mechatronik, Bioingenieurwesen, Chemische Technik als Beta-Tester
- Jan Kniewasser (NI Germany Academic Field Sales)
- **Das Publikum des Academic Forums**

## Weblinks

- Presentation and LabVIEW-Programme: [www.georg-eggers.de/dozententag](http://www.georg-eggers.de/dozententag)

## Software und Datenblätter:

- eHajo Gscheiduino: <https://www.ehajo.de/boards.html>
- eHajo Sensor-Breakouts: <https://www.ehajo.de/bauelemente/sensoren.html>
- Bosch BME280: [https://www.bosch-sensortec.com/bst/products/all\\_products/bme280](https://www.bosch-sensortec.com/bst/products/all_products/bme280)  
Library & Breakout: <https://www.adafruit.com/product/2652>
- VL53LOX, STMicroelectronics: <http://www.st.com/en/imaging-and-photonics-solutions/vl53l0x.html>  
Library & Breakout: <https://www.pololu.com/product/2490>
- Bosch BNO055: [https://www.bosch-sensortec.com/bst/products/all\\_products/bno055](https://www.bosch-sensortec.com/bst/products/all_products/bno055)  
Library & Breakout: <https://learn.adafruit.com/adafruit-bno055-absolute-orientation-sensor>

