

# Blinkenlights Workshop

Stephan Messlinger, Valentin Ochs

20. März 2017

# Startpunkt digitaler Output

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Blink Beispiel: File → Examples → Basics → Blink

```
void setup() {  
    pinMode(13, output);  
}  
  
void loop() {  
    digitalWrite(13, high);  
    delay(1000);  
    digitalWrite(13, low);  
    delay(1000);  
}
```

# setup

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

`pinmode(pin, modus)` wählt für den Pin mit Nummer `pin` eine von drei Betriebsarten:

- **OUTPUT:** wird für Ausgabe verwendet, z.B. um LEDs zu schalten oder mit anderen Microcontrollern zu sprechen.
- **INPUT:** die Spannung am Pin kann gelesen werden.
- **INPUT\_PULLUP:** wie INPUT, aber der Pin wird intern auf die Versorgungsspannung gezogen.

# digitalWrite und Delay

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

`digitalWrite(pin, zustand)` setzt bei einem auf OUTPUT gestellten Pin die Ausgangsspannung:

- 0 Volt für LOW
- 5 Volt für HIGH (oder was auch immer die aktuelle Versorgungsspannung ist)

`delay(ms)` tut ms Millisekunden lang nichts.

# Andere Blink Muster

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Zwei Sekunden lang an, eine halbe aus.

# Andere Blink Muster

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Zwei Sekunden lang an, eine halbe aus.

```
void setup() {  
    pinMode(13, output);  
}  
  
void loop() {  
    digitalWrite(13, high);  
    delay(2000);  
    digitalWrite(13, low);  
    delay(500);  
}
```

# Schnelleres Blinken

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Was passiert, wenn man die Zeiten ganz niedrig setzt?

# Schnelleres Blinken

## Blinkenlights Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Was passiert, wenn man die Zeiten ganz niedrig setzt?  
→ Man sieht kein Blinken mehr



# Schnelleres Blinken

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Was passiert, wenn man die Zeiten ganz niedrig setzt?

→ Man sieht kein Blinken mehr

Was passiert, wenn die Zeitverhältnisse geändert werden?

# Schnelleres Blinken

## Blinkenlights Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Was passiert, wenn man die Zeiten ganz niedrig setzt?

→ Man sieht kein Blinken mehr

Was passiert, wenn die Zeitverhältnisse geändert werden?

→ Dimmen

# analogWrite

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

**Analog Out**

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

`analogWrite(pin, wert)` schaltet den Pin automatisch an und aus, mit variablen An-/Aus-Zeiten  
→ Pulsweitenmodulation

- Frequenz: Etwa 490 Hz
- Wertebereich: 0 bis 255
- Nur auf Pins 3, 5, 6, 9, 10, und 11.
- Die PWM Pins sind auf dem Arduino mit ~ markiert.

# PWM Funktionsweise: Zähler + Vergleich

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

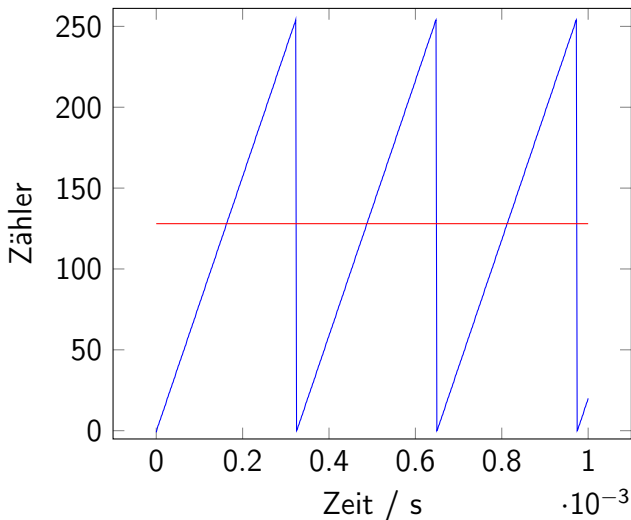
Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren



# PWM, Schwellwert 128

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

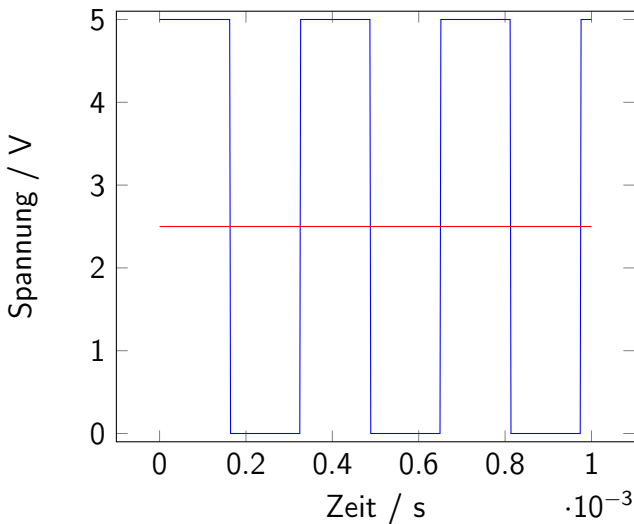
Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren



# PWM, Schwellwert 16

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

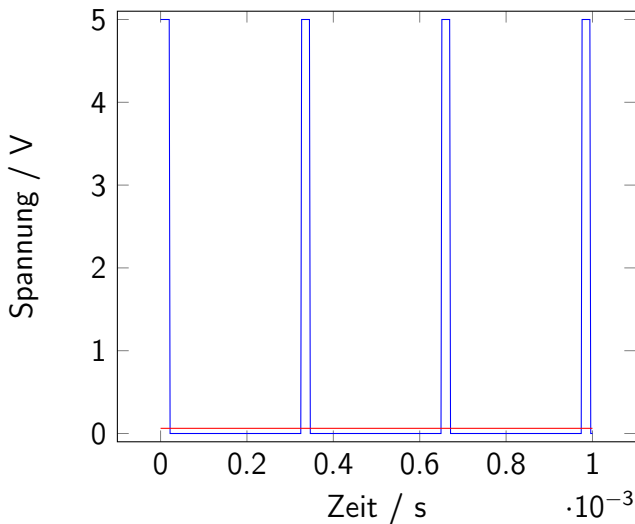
Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren



# Einfacher PWM Code

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

```
int const led_pin = 11;
void setup() {
    pinMode(led_pin, OUTPUT);
}
void loop() {
    // Zeit seit Beginn des Programms
    unsigned long time = millis();
    // Berechne eine Sägezahn mit 0.1 Hz
    int value = 255 * time / 4000;
    // Verwende den Wert als Schwellwert
    analogWrite(led_pin, value);
}
```

# Datentypen (1)

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

- `unsigned long time` und `int value` definieren Variablen.
- `unsigned long` und `int` sind die Typen, `time` und `value` die Namen, bzw. Identifier.
- Normal sind Typen vorzeichenbehaftet, durch `unsigned` haben sie einen nicht-negativen Wertebereich
- Kleinere Datentypen sind schneller

Typ	Wertebereich	unsigned Wertebereich
<code>char</code>	$-2^7$ bis $2^7 - 1$	0 bis $2^8 - 1$
<code>int</code>	$-2^{15}$ bis $2^{15} - 1$	0 bis $2^{16} - 1$
<code>long</code>	$-2^{31}$ bis $2^{31} - 1$	0 bis $2^{32} - 1$



# Datentypen (2)

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

- `float` für Gleitkommazahlen (sehr langsam!)
- `double` für genauere Gleitkommazahlen (unglaublich langsam)
- `const` Suffix (z.B. `int const`) für Werte, die sich nach ihrer Definition nicht ändern. Vorteile:
  - Etwas lesbarer
  - Kann zu schnelleren Programmen führen
- Zu große (oder kleine) Werte führen zu Überlauf:
  - Bei `char`:  $127+1 \rightarrow -128$
  - Bei `unsigned char`:  $0 - 1 \rightarrow 255$

# PWM Frequenz

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

490 Hz sind bei schnellen Bewegungen sichtbar.

Bestimmung der Frequenz:  $\text{Taktfrequenz} / \text{Vorteiler} / \text{Zählergröße}$

- Taktfrequenz: 16 MHz
- Zählergröße:
  - 256 für Pins 5 und 6
  - 510 für 3, 9, 10, 11

# PWM Vorteile: Timer 0, Pins 5 und 6

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Einstellung	Teiler	Frequenz
0x01	1	62500
0x02	8	7813
0x03	64	977
0x04	256	244
0x05	1024	61

Einstellen durch

`TCCR0B = (TCCR0B & 0b11111000) | Einstellung`

# PWM Vorteile: Timer 1, Pins 9 und 10

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Einstellung	Teiler	Frequenz
0x01	1	31373
0x02	8	3921
0x03	64	490
0x04	256	123
0x05	1024	31

Einstellen durch

`TCCR1B = (TCCR0B & 0b11111000) | Einstellung`

# PWM Vorteile: Timer 2, Pins 11 und 3

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Einstellung	Teiler	Frequenz
0x01	1	31373
0x02	8	3921
0x03	32	980
0x04	64	490
0x05	128	245
0x06	256	123
0x07	1024	31

Einstellen durch

`TCCR2B = (TCCR2B & 0b11111000) | Einstellung`

# Vorsicht

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Frequenzänderung beeinflusst nicht nur LEDs, sondern alles, was an dem Timer hängt! Servos, Tonerzeugung, etc.

Besonders wichtig: Timer 0 für `millis()` und `delay()`.  
Standardvorteiler: 64. Bei Änderungen Zeiten entsprechend anpassen (Vervierfachen bei 256...)

# Startpunkt digitaler Input

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Button Beispiel: File → Examples → Digital → Button  
Geht nicht nur mit einfachen Schaltern und Tastern,  
sondern auch z.B. einer Lichtschranke oder  
Reed-Schaltern.

`digitalRead(pin):`

- HIGH falls Spannung an pin etwa 2.6 V oder höher
- LOW falls Spannung an pin 2.1 V oder tiefer
- Nur bei 5 V Versorgungsspannung, sonst andere Werte



# Schaltplanvarianten

## Blinkenlights Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

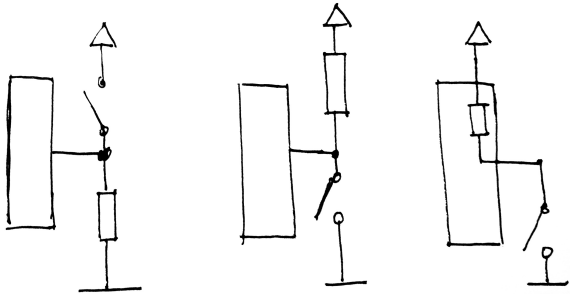
Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren



# Unterbrechbare Abläufe starten (1)

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

```
unsigned long button_time = 0;
bool running = false;
void setup() {}
void loop() {
    if(digitalRead(button_pin) == HIGH) {
        running = true;
        button_time = millis();
    }
    if(running) {
        running = do_stuff(millis() - start_time);
    }
}
```

# Unterbrechbare Abläufe starten (2)

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

```
bool do_stuff(unsigned long time_point)
{
    if(time_point < 100) {
        digitalWrite(led_pin, HIGH);
    } else if(time_point < 200) {
        digitalWrite(led_pin, LOW);
    } else if(time_point < 1000) {
        digitalWrite(led_pin, HIGH);
    } else {
        return false;
    }
    return true;
}
```

# Prellen

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

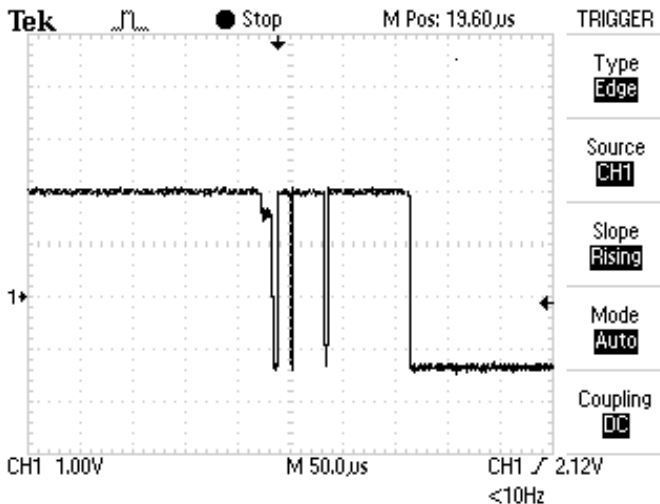
Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren



# Entprellen

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

## Auch: Debouncing

- Hardware Lösung: Tiefpassfilter mit Kondensator
- Software Lösung: Mehrmals Wert auslesen und warten, bis er sich nicht mehr ändert
- Hier ohne weitere Vertiefung, aber ihr wisst jetzt, wonach man suchen muss :)

# Startpunkt analoger Input

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

**Analog In**

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

AnalogInput Beispiel: File → Examples → Analog →  
AnalogInput

# analogRead

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

**Analog In**

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

`analogRead(pin)`: 0-1023 für 0-5 Volt an Pin `pin`.

# Kombination mit analogWrite

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

```
void setup() {  
    pinMode(3, OUTPUT);  
}  
void loop() {  
    // Teile durch 4, um den  
    // Wertebereich anzupassen  
    int value = analogRead(A0) / 4;  
    analogWrite(3, value);  
}
```



# An den PC senden

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

```
void setup() {  
    Serial.begin(115200);  
}  
void loop() {  
    Serial.print("Aktueller Wert: ");  
    Serial.println(analogRead(A0));  
}
```

Auch zur Fehlersuche nützlich!

Die Arduino IDE hat einen Plotter, mit dem man den zeitlichen Verlauf von Zahlen beobachten kann.

# Spannungsbereich

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

**Analog In**

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

## Maximale Spannung: Versorgungsspannung

# Spannungsbereich

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

**Analog In**

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Maximale Spannung: Versorgungsspannung  
Darüber: Spannungsteiler

# Macht Stephan

## Blinkenlights Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

## Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

# Diskret

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

## Vorteile:

- Einfach
- PWM (bei bis zu 6) möglich

## Nachteile:

- 1 Pin pro LED
- Ab 7 LEDs kein PWM mehr (oder nur in Gruppen)
- 1 RGB LED braucht 3 Pins

# Matrix

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

## Vorteile:

- Kann je nach Methode mit  $n$  Pins bis zu  $n^2 - n$  LEDs ansteuern

## Nachteile:

- Kompliziert
- Niedrige Wiederholrate
- Reduzierte Helligkeit
- Bei größeren Spitzenströmen werden externe Treiber benötigt
- Kein (hardware-beschleunigtes) Dimmen

# Schieberegister

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

- Englisch: Shift register
- Mehrere Ausgänge, z.B. 8
- Digitale Steuerung, z.B. SPI oder I2C
- Zu viele Werte → alte Werte werden weitergeschoben

Vorteile:

- Einfach
- Benötigt wenige (i.d.R.  $< 4$ ) Pins
- Leicht erweiterbar

Nachteile:

- Kein (hardware-beschleunigtes) Dimmen
- Wiederholrate sinkt mit  $1/n$

# WS2812, APA102...

## Blinkenlights Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

**LED Streifen**

Stromversor-  
gung

Sensoren

- Mehrere LEDs auf Streifen
- Ähnlich zu Schieberegistern
- Eingebaute Logik zum Dimmen
- Ansteuerung durch fertige Libraries



# Libraries

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

- Sketch → Include Library → Manage Libraries
- Modularer Code, bei Arduino häufig zum Ansteuern von externer Hardware
- Für WS2812: Adafruit NeoPixel
- Für APA102: APA102

# Beispielcode

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

```
#include <Adafruit_NeoPixel.h>
Adafruit_NeoPixel strip(144, 13,
                        NEO_GRB + NEO_KHZ800);

int i = 0;
void setup() { strip.begin(); }
void loop() {
    strip.setPixelColor(i, 255, 0, 0);
    strip.show();
    delay(10);
    strip.setPixelColor(i, 0, 0, 0);
    i++;
    if(i == 144) i = 0;
}
```

# Arrays

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

... speichern viele Werte gleichen Typs unter einem Namen. Das erste Element hat Index 0.

Beispiel:

```
int many_values[20];  
for(int i = 0; i < 20; i++)  
    many_values[i] = i;  
Serial.print(many_values[0]+many_values[19]);
```

# Laufender Regenbogen

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

```
#include <Adafruit_NeoPixel.h>
Adafruit_NeoPixel strip(144, 13, NEO_GRB + NEO_KHZ800);
uint32_t colors[144];
int i = 0;
void setup() {
    strip.begin();
    for(i = 0; i < 48; i++) {
        unsigned char v = i*255/48;
        colors[i] = strip.Color(255-v, v, 0);
        colors[i+48] = strip.Color(0, 255-v, v);
        colors[i+96] = strip.Color(v, 0, 255-v);
    }
}
void loop() {
    for(int j = i; j < 144-i; j++)
        strip.setPixelColor(i+j, colors[j]);
    for(int j = 144-i; j < 144; j++)
        strip.setPixelColor(i+j-144, colors[j]);
    strip.show();
    i++;
    if(i == 144) i = 0;
}
```

# Macht Stephan

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

**Stromversor-  
gung**

Sensoren

# Anschluss von Sensoren

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

- Analog: Sensor gibt eine Spannung aus, die gemessen wird
  - Unkompliziert, aber durch den Arduino eingeschränkte Genauigkeit, Präzision, Geschwindigkeit, Anzahl von Sensoren
- Digital: Sensor wird durch ein serielles Interface (häufig SPI oder I2C) an den Arduino angeschlossen.
  - Erlaubt manchmal auch Einstellungen (Messfrequenz, -bereich)
  - Etwas komplizierter zu programmieren
  - Viele Sensoren an wenigen Pins möglich

# Sensorbeispiele

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

- Beschleunigung
- Drehrate
- Magnetfeld
- Spannung
- Luftfeuchtigkeit, Temperatur, Druck
- Licht
- Position (GPS)

# Sensoren im Arduino

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Spannung (analoger Input) und Temperatur (interne Temperatur, wird über den Analog-Digital-Wandler gemessen).

```
void setup() {  
    Serial.begin(115200);  
    // Temperaturmessung einrichten:  
    ADMUX = (_BV(REFS1) | _BV(REFS0) | _BV(MUX3));  
    ADCSRA |= _BV(ADEN);  
}  
  
void loop() {  
    ADCSRA |= _BV(ADSC); // Messung starten  
    while(ADCSRA & _BV(ADSC)) { } // Warte  
    Serial.println(ADCW); // Wert ausgeben  
}
```