

# 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

Basteln

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

Basteln

`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

Basteln

`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

Zwei Sekunden lang an, eine halbe aus.

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Basteln

# 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

Basteln

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

Basteln

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

Basteln

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

Basteln

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

Basteln

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

Basteln

`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

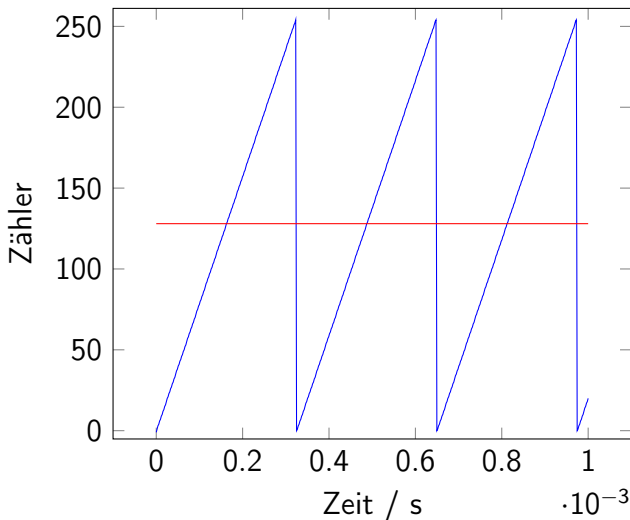
Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Basteln



# PWM, Schwellwert 128

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

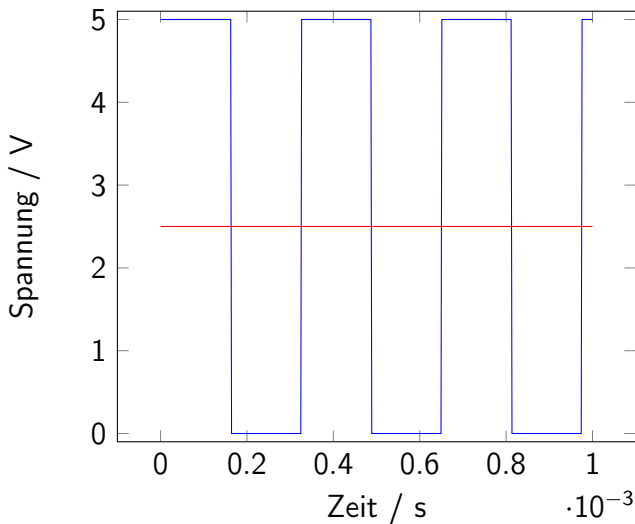
Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Basteln



# PWM, Schwellwert 16

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

**Analog Out**

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

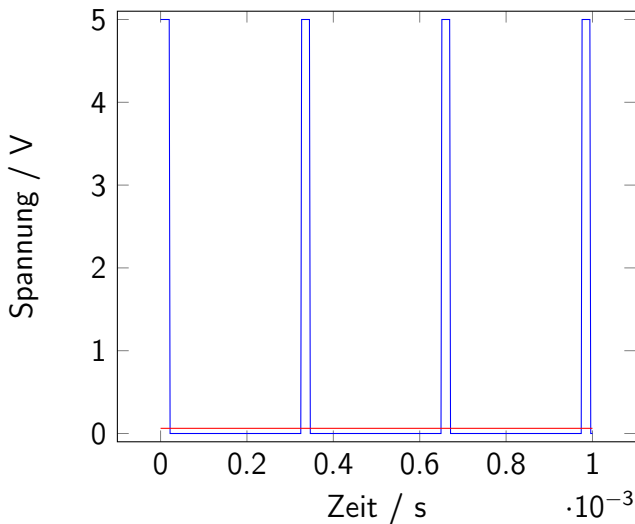
Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Basteln



# 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

Basteln

```
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

Basteln

- `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

Basteln

- `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

Basteln

490 Hz sind bei schnellen Bewegungen sichtbar.

Bestimmung der Frequenz: Taktfrequenz / Vorteiler /  
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

Basteln

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

Basteln

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

Basteln

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

Basteln

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

Basteln

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

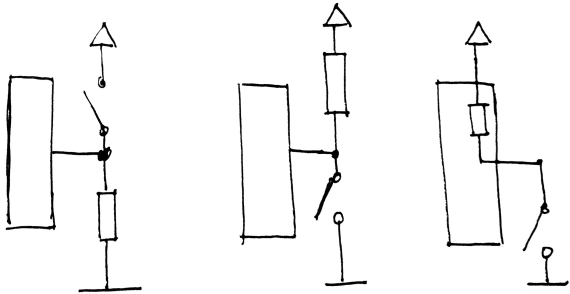
Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Basteln



# 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

Basteln

```
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

Basteln

```
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

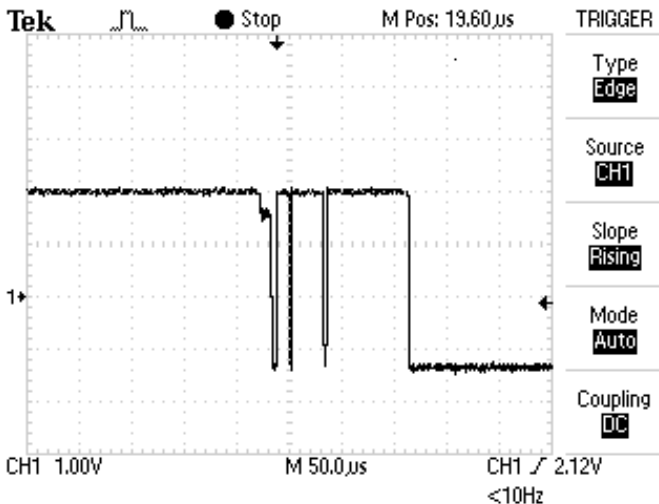
Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Basteln



# Entprellen

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Basteln

## 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

Basteln

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

Basteln

`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

Basteln

```
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

Basteln

```
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

Basteln

## 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

Basteln

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

Basteln

# Diskret

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Basteln

## 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

Basteln

## 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

Basteln

- 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

Basteln

- 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

Basteln

- 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

Basteln

```
#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

Basteln

... 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

Basteln

```
#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

Basteln

# 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

Basteln

- 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

Basteln

- 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

Basteln

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  
}
```



# Basteln

Blinkenlights  
Workshop

Stephan  
Messlinger,  
Valentin Ochs

Digital Out

Analog Out

Digital In

Analog In

Bunte Dinge

Mehrere LEDs

LED Streifen

Stromversor-  
gung

Sensoren

Basteln

## Vorschläge?

Mehr als ausreichend vorhanden:

- NTC Widerstände
- Analoge Hall-Sensoren

Nicht ganz so viel auf Vorrat:

- IR Empfänger
- Gyroskop, Beschleunigungssensor, Luftdruck
- Ultraschall Sensor
- PIR Sensor
- Kurze LED-Streifen
- Anderes