



Demonstrator für einen Schrittmotor

Portionierer zur Pflanzenbewässerung

Autor:	Maik Theilmann, Jannik Grönke, Enno Stein, Lars Hanneken, Jan ter Veen
Matrikel-Nr.:	7021861, 7022006 7021960, larsfehlnoch 7022071
Studiengang:	Maschinenbau und Design
Erstprüfer:	Prof. Dr. Elmar Wings
Abgabedatum:	4. April 2024

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	i
Abbildungsverzeichnis	iii
Tabellenverzeichnis	v
Liste des Listings	vii
Acronyms	ix
1 Erstes Kapitel	1
2 CAGD	3
3 Projektbeschreibung	5
4 Beschreibung der Hardware des Arduino Nano 33 BLE Sense Lite	7
4.1 Aufbau des Arduinos	7
4.2 Elektronik inklusive aller Sensoren und Aktoren	9
4.3 Beschreibung der Schnittstellen	11
4.4 Digitale Ein- und Ausgangspins	12
4.4.1 Analoge Eingangspins:	12
4.4.2 UART:	12
4.4.3 I2C:	12
4.4.4 PI:	13
4.4.5 USB:	13
4.4.6 Andere Pins:	13
4.5 Beschreibung der Firmware	14
4.6 Bezugsquellen	14
5 Beschreibung der Software IDE	15
6 Beschreibung des Schrittmotors 28BYJ-48	17
7 Beschreibung des Programms auf dem Arduino	19
8 Testdurchläufe	21

9 Offene Punkte	23
10 Literatur	25
11 Materialliste	27
12 Materialliste2	29
13 SBOM	31
14 Methodology	33
15 doxygen - Example	35
Literaturverzeichnis	37
Index	39

Abbildungsverzeichnis

4.1	Arduino Nano 33 BLE Sense	7
4.2	Arduino Nano Pinboard	11

Tabellenverzeichnis

11.1	Materialliste	27
12.1	Materialliste2	29

Liste des Listings

Abkürzungen

CNC Computerized Numerical Control

SPS Speicherprogrammierbare Steuerung

1 Erstes Kapitel

...

Eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) ist ...

Eine Computerized Numerical Control (CNC) benötigt eine SPS (SPS)
zur ...

Ich hab das hier hinzugefügt, um auszuprobieren, wie ein Pull request funktioniert.

2 CAGD

Dies hier ist ein Blindtext zum Testen von Textausgaben. Wer diesen Text liest, ist selbst schuld. Der Text gibt lediglich den Grauwert der Schrift an. Ist das wirklich so? Ist es gleichgültig, ob ich schreibe: „Dies ist ein Blindtext“ oder „Huardest gefburn“? Kjift – mitnichten! Ein Blindtext bietet mir wichtige Informationen. An ihm messe ich die Lesbarkeit einer Schrift, ihre Anmutung, wie harmonisch die Figuren zueinander stehen und prüfe, wie breit oder schmal sie läuft. Ein Blindtext sollte möglichst viele verschiedene Buchstaben enthalten und in der Originalsprache gesetzt sein. Er muss keinen Sinn ergeben, sollte aber lesbar sein. Fremdsprachige Texte wie „Lorem ipsum“ dienen nicht dem eigentlichen Zweck, da sie eine falsche Anmutung vermitteln.

Das Buch CAGD von Gerald Farin ist ein Klassiker über Splines. [Far02]

Die Norm 66025 zur Programmierung von CNC-Maschinen ist ebenfalls ein Klassiker; sie behandelt allerdings keine Splines. [DIN66025-2]

Herr F. Farouki hat sich sowohl mit der Programmierung von CNC-Maschinen als auch mit Splines beschäftigt. Sein Artikel¹ über einen Echtzeitinterpolator zeigt dies auch. [FS17]

Ein neue Dimension der Werkzeugmaschinen sind durch die Erfindung von 3D-Drucker entstanden. [Rus+07]

Ein anderer Aspekt der Automatisierungstechnik ist die Kommunikation. Durch die 5G-Technik ist hier ein weiterer Meilenstein erreicht worden.²

¹Mitautor ist J. Srinathu

²Zaf+20.

3 Projektbeschreibung

4 Beschreibung der Hardware des Arduino Nano 33 BLE Sense Lite

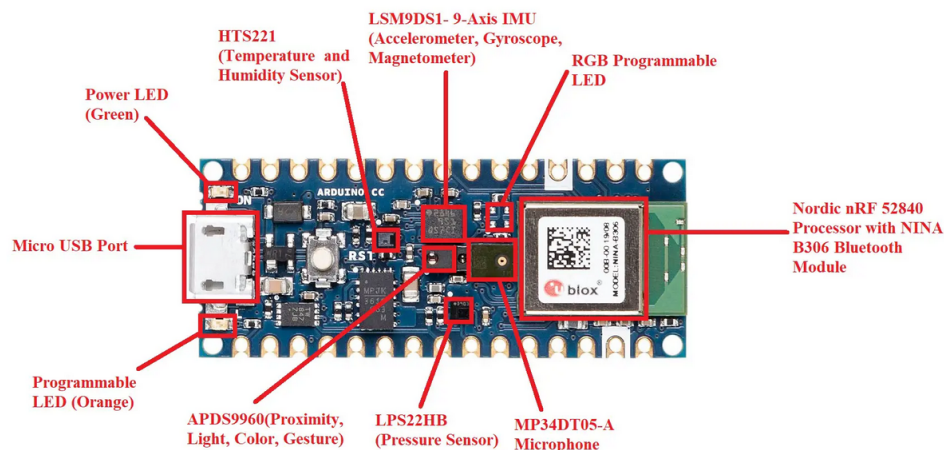


Abbildung 4.1: Arduino Nano 33 BLE Sense
[eTech.2021]

4.1 Aufbau des Arduinos

[eTech.2021][ArdSense.2023]

Der Arduino Nano 33 BLE Sense Lite ist ein kleiner Mikrocontroller basierend auf dem Nordic nRF52840-SoC (System-on-a-Chip) und verfügt über verschiedene integrierte Sensoren, Aktoren und konnektive Schnittstellen (siehe Abbildung 4.1). Im Folgenden wird die verbaute Hardware und die wichtigsten Merkmale aufgelistet:

(Hinweis: Der Arduino Nano 33 BLE Sense Lite ist eine komprimierte Variante vom ursprünglichen Arduino Nano 33 BLE Sense, welcher zusätzlich noch über einen Temperatur- und Feuchtigkeitssensor verfügt!)

- **Abmessungen:** Der Arduino Nano 33 BLE-Sense Lite ist sehr kompakt und misst nur 45 mm x 18 mm.

- **Prozessor:** Der Arduino Nano 33 BLE-Sense Lite verwendet den Nordic nRF52840 SoC, der auf einer ARM-Cortex-M4F-CPU basiert und mit einer Taktrate von 64 MHz arbeitet.
- **Speicher:** Es verfügt über 1 MB Flash-Speicher und 256 KB SRAM, die zur Speicherung von Programmen und Daten verwendet werden können.
- **Integrierte Sensoren:** Der Arduino Nano 33 BLE-Sense Lite enthält eine Vielzahl von Sensoren, darunter einen 9-Achsen-IMU (Beschleunigungsmesser, Gyroskop und Magnetometer), einen Drucksensor, einen Temperatursensor, ein Mikrophon und einen Lichtsensor.
- **Konnektivität:** verschiedene Konnektivität's Optionen sind möglich, darunter Bluetooth Low Energy (BLE), NFC und eine USB-Schnittstelle.
- **Stromversorgung:** Das Board kann über USB oder einen externen 3,7 V Lithium-Ionen-Akku betrieben werden.
- **Anschlüsse:** Es verfügt über 22 digitale Ein- und Ausgangspins, von denen 12 PWM-fähig sind, sowie 8 analoge Eingänge.
- **4 LED-Lampen:**

Power-LED (grün): Sie zeigt an, dass das Arduino-Board eingeschaltet ist.

Programmierbare LED (orange): Das Board verfügt wie jedes andere Arduino-Board über eine eingebaute LED, die programmiert werden kann.

Programmierbare RGB-LED: Das Board wird mit einer programmierbaren LED geliefert, die mit den Pin 22 (ROT), 23 (Grün) und 23 (Blau) verbunden ist.

4.2 Elektronik inklusive aller Sensoren und Aktoren

Der Arduino Nano 33 BLE-Sense Lite verfügt über eine Vielzahl von integrierten Sensoren und Aktoren, diese werden im folgenden aufgezeigt [ArdSense.2023]:

- **IMU für die Bewegungserkennung (LSM9DS1-9):**

Die Trägheitsmesseinheit LSM9DS1-9 ist ein System-in-Package, d.h. auf engsten Raum werden mehrere elektronische Komponenten oder Chips in einem Paket miteinander kombiniert. [Wagner.2013] Die IMU verfügt über einen 3D-Linearbeschleunigungsmesser, ein 3D-Gyroskop und einen 3D Magnetometer. Außerdem beinhaltet das System eine serielle I2C-Bus Schnittstelle, die einen Standard und einen Fast Mode (100/400 kHz) bereit stellt außerdem eine serielle SPI-Standardschnittstelle. Der Sensor hat einen linearen Beschleunigungsmesser (Accelerometer) mit wählbarer Skala von $\pm 2\text{g}/\pm 4\text{g}/\pm 8/\pm 16\text{ g}$, es misst die lineare Beschleunigung in drei Achsen (x, y, z) und ermöglicht die Erfassung von Änderungen der Geschwindigkeit und Position. Das Magnetfeld ist mit einer wählbaren Skala von $\pm 4/\pm 8/\pm 12/\pm 16\text{ Gauß}$ ausgestattet, damit misst es das magnetische Feld in den drei Achsen und ermöglicht die Bestimmung der Ausrichtung relativ zur Erdmagnetfeldrichtung. Das 3-achsige Gyroskop ist mit wählbarem Skalenendwert: $\pm 125/\pm 250/\pm 500/\pm 1000/\pm 2000\text{ dps}$ und ist dafür zuständig, die Winkelgeschwindigkeit bzw. Drehbewegung um die drei Achsen zu erfassen. [StmicrElec.2015]

Mögliche Anwendungsbereiche wären zum Beispiel: Bewegungssteuerungen (Spielesteuerungen, Drohnensteuerung, Robotik und industrielle Automatisierung), Schwingungsüberwachung und -kompensation, Antennen, Plattformen, optische Bild- und Objektivstabilisierung

- **Näherungs-,Umgebungslicht-, Farb- und Gestensensor (APDS9960):**

Hierbei handelt sich um einen sehr umfangreichen Sensor. Er dient zur Gestenerkennung, Farberkennung, Abstandsmessung und Umgebungslichtmessung. Die Gestenerkennung nutzt vier gerichtete Fotodioden, um die reflektierte IR-Energie (die von der integrierten LED stammt) zu erfassen um die physischen Bewegungsinformationen (d.h. Geschwindigkeit, Richtung und Entfernung) in digitale Informationen zu übersetzen.

Die Näherungserkennung ermöglicht die Messung der Entfernung (z. B. beim Smartphone die Distanz vom Mikrophone zum Ohr des

Benutzers), durch die Erkennung der reflektierten IR-Energie, (von der integrierten LED) mit Hilfe einer Fotodiode. Erkennungsergebnisse sind interruptgesteuert und treten immer dann auf, wenn das Näherungsergebnis die oberen und/oder unteren Schwellenwerte überschreitet. Der Sensor verfügt zudem über Offset-Einstellregister, um den System-Offset zu kompensieren, der durch unerwünschte IR-Energier reflexionen am Sensor entsteht. Die IR-LED-Intensität ist werksseitig eingestellt, so dass eine Kalibrierung der Endgeräte aufgrund von Bauteilschwankungen nicht erforderlich ist.

Die Farb- und Umgebungslichterkennung liefert Daten zur roten, grünen, blauen Farbspektrum und Daten zur klaren Lichtintensität. Jeder der Kanäle R, G, B, C hat einen UV- und IR-Sperrfilter und einen speziellen Datenkonverter, der gleichzeitig 16-Bit-Daten erzeugt. Diese Architektur ermöglicht Anwendungen eine genaue Messung des Umgebungslichts zu messen und die Farbe zu erkennen, was es den Geräten wiederum ermöglicht, die Farbtemperatur zu berechnen und die Hintergrundbeleuchtung des Displays dementsprechend anzupassen.[Avago:2015]

- **Barometrischer Drucksensor (LPS22HB):**

Der LPS22HB ist ein sehr kompakter Absolutdrucksensor, der auf dem piezoresistiven Prinzip basiert. Er fungiert als Barometer und verfügt über einen digitalen Ausgang. Das Gerät besteht aus einem Sensorelement und einer IC-Schnittstelle, die eine Kommunikation zwischen der Sensoreinheit und der Anwendung über I2C oder SPI ermöglicht. Das Sensorelement erfasst den absoluten Druck und besteht aus einer speziell hergestellten, aufgehängten Membran. Der LPS22HB ist in einem vollständig vergossenem LGA-Gehäuse (HLGA) untergebracht, das kleine Löcher aufweist. Durch diese Öffnung gelangt der externe Druck auf das Sensorelement. Der Betrieb des Sensors ist über einen Temperaturbereich von -40 °C bis +85 °C gewährleistet.[StmicElec.2017]

Anwendungsbereiche für diesen Sensor wären zum Beispiel: Wetterstationen, Höhenmesser, Luftdrucküberwachung in industriellen Prozessen oder tragbare smarte Geräte, wie Sportuhren oder Smartphones.

- **Digitales Mikrofon (MP34DT05):**

Das MP34DT05-A ist ein kleines, energiesparendes Mikrofon mit kapazitiven Sensor. Es verwendet ein spezielles Silizium-Mikrobearbeitungsverfahren, um Schallsignale zu erkennen. Das Mikrofon hat eine Schnittstelle, die ein digitales Signal in einem speziellen Format bereitstellen kann. Darüber hinaus ist es ein hochwertiges

Mikrofon mit geringer Verzerrung, gutem Signal-Rausch-Abstand von 64 dB und hoher Empfindlichkeit von $-26 \text{ dBFS} \pm 3 \text{ dB}$. Es ist in einem kompakten Gehäuse erhältlich und funktioniert bei Temperaturen im Bereich von $-40 \text{ }^{\circ}\text{C}$ bis $+85 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Abmessungen des Gehäuses HCLGA-4 LD sind $3 \times 4 \times 1$ (in mm).[StmicElec.2021]

4.3 Beschreibung der Schnittstellen

Der Arduino Nano 33 BLE-Sense bietet eine Vielzahl von Schnittstellen, die das Board mit anderen Komponenten und Geräten einfach verbinden lassen. Hier sind einige Details zu den wichtigsten Schnittstellen des Boards:

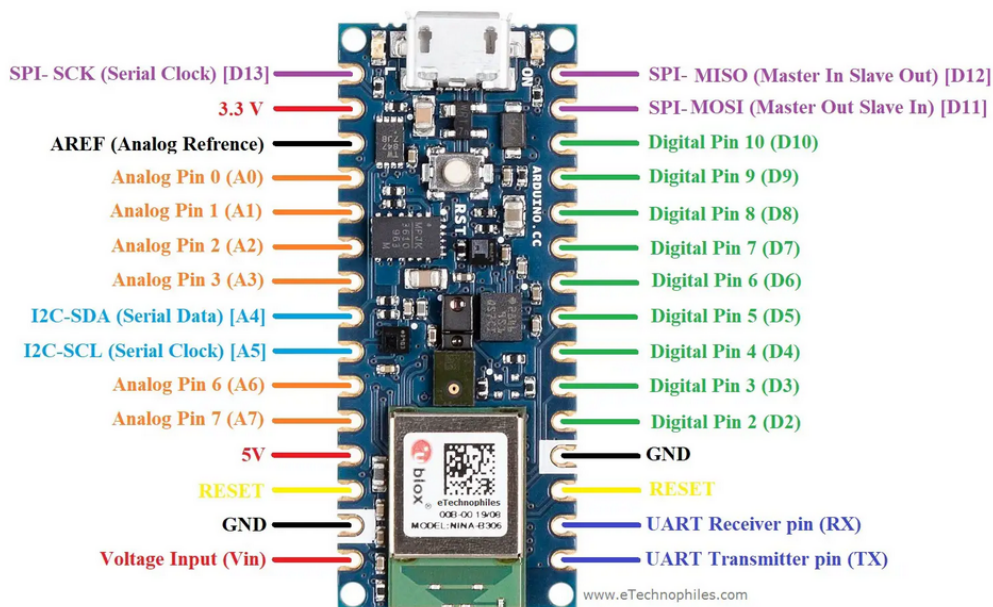


Abbildung 4.2: Arduino Nano Pinboard

[Arduino2023]

4.4 Digitale Ein- und Ausgangspins

Das Board verfügt über 14 digitale Ein- und Ausgangspins. Die digitalen Arduino-Pins können nur zwei Zustände lesen: wenn ein Spannungssignal vorliegt und wenn kein Signal vorhanden ist. Diese Art der Eingabe wird normalerweise als digital (oder binär) bezeichnet, und diese Zustände werden als HIGH und LOW oder 1 und 0 bezeichnet. Alle digitalen Pins mit den Nummern D0 bis D13 sind PWM-fähige Pins, was bedeutet, dass sie in der Lage sind, ein Pulsweitenmodulationssignal mit einer Auflösung von 8 Bit zu erzeugen. Mit der Funktion `analogWrite()` kann ein PWM-Signal auf diesen Pins erzeugt werden.[eTech.2021][ArdSense.2023]

4.4.1 Analoge Eingangspins:

Die Platine hat zusätzlich 8 analogen Eingangspins (A0 bis A7), diese analogen Ausgänge können nur über PWM-Pins erreicht werden. Das bedeutet, dass wir bis zu 8 analoge Eingangssensoren an die Platine anschließen können. Die Funktion von analogen Pins besteht darin, den Wert der analogen Sensoren zu lesen, die in der Schaltung verwendet werden. Jeder dieser analogen Pins verfügt über einen eingebauten ADC mit einer Auflösung von 212 Bits.

4.4.2 UART:

Das Board hat eine UART-Schnittstelle, die für die serielle Kommunikation mit anderen Geräten oder Mikrocontrollern verwendet werden kann. Diese Schnittstelle verwendet die Pins D0 und D1.

4.4.3 I2C:

Die Platine verfügt über eine I2C-Schnittstelle, die zur Kommunikation mit verschiedenen Geräten wie Sensoren und Displays verwendet werden kann. Diese Schnittstelle nutzt die Pins A4 und A5. Das I2C-Protokoll ist ein serieller Zweidraht-Kommunikationsstandard, steht für Inter-Integrated Circuits. Zur Übertragung von Daten werden zwei Pins verwendet: ein serieller Uhren-pin (SCL) und ein serieller Daten-pin (SDA). Der SCL-Pin (Serial Clock) überträgt die Taktdaten und synchronisiert die Übertragung von Daten zwischen den beiden Geräten. Der Master-Gerät generiert die serielle Uhr. Der SDA-Pin (Serial Data) dient als Datenleitung, die von Slave- und Master-Geräten zum Senden und Empfangen von Daten verwendet werden. Im Gegensatz dazu wird der SCL als Taktleitung bezeichnet. Die I2C-Pins auf der Platine sind A4 (SDA) und A5 (SCL).

4.4.4 PI:

Das Akronym SPI steht für Serial Peripheral Interface. Dieses Protokoll wird von Mikrocontrollern genutzt, um eine schnelle Kommunikation mit einem oder mehreren Peripheriegeräten zu ermöglichen. Es gibt drei gemeinsame Pins für alle Peripheriegeräte:

- **SCK:** Dies steht für Serial Clock und erzeugt Taktpulse zur Synchronisation der Datenübertragung.
- **MISO:** Dies steht für Master Input/Slave Output und wird genutzt, um Daten an den Master zu senden.
- **MOSI:** Dies steht für Master Output/Slave Input und wird genutzt, um Daten an die Slaves/Peripheriegeräte zu senden.

Die SPI-Pins auf der Platine sind D13 (SCK), D12 (MISO) und D11 (MOSI). RXD und TXD werden für die serielle Kommunikation genutzt. Der TXD-Pin wird zur Übertragung von Daten genutzt. Die RXD-Pin für den Empfang von Daten, während der seriellen Kommunikation. Die Pins stellen auch den erfolgreichen Datenfluss vom Computer zur Platine her. Die UART-Pins auf der Platine sind D0 (TX) und D1 (RX).

4.4.5 USB:

Das Board kann über einen Micro-USB Anschluss mit einem Computer verbunden werden, um es zu programmieren oder Daten zu übertragen.

4.4.6 Andere Pins:

- **3,3 V:** Der 3,3-V-Pin arbeitet als geregelte Ausgangsspannung von 3,3 V.
- **5V:** Der 5V-Pin gibt 5V an die externen Komponenten ab. Die Stromquelle von 5 V für das Arduino Nano-Board erfolgt über den USB-Anschluss und den Vin-Pin.
- **RST-Pin:** Wird genutzt, um eine Reset-Taste zur Verbindung hinzuzufügen, mit der der Mikrocontroller zurückgesetzt werden kann.
- **AREF-Pin:** Der AREF-PIN (analoge Referenz), liefert die Spannungsreferenz, die der Mikrocontroller zur Zeit verwendet. Das Senden eines Signals an diesen Pin hat keinen Effekt.

4.5 Beschreibung der Firmware

Die Firmware des Arduino ist eine spezielle Software, die fest im elektronischen Gerät implementiert und eng mit der Hardware verbunden ist. Im Gegensatz zur klassischen Software ist es untrennbar mit der Hardware verbunden und kann in der Regel nicht einfach vom Benutzer ausgetauscht werden. Firmware wird häufig auf Flash-Speicher, ROM, EPROM oder EEPROM gespeichert. Allgemein ist die Firmware ein wichtiger Bestandteil von elektronischen Geräten, da sie die Funktionen der Hardware steuert und die Interaktion zwischen Hardware und Software erleichtert. Einige der wichtigsten Funktionen der Firmware des Arduino Nano 33 BLE-Sense sind:

[Bruhmann.2012]

- **Fehlerbehebung:** Firmware enthält Diagnose- und Fehlerbehebungsfunktionen, die dazu beitragen, Probleme zu erkennen und beheben, die in der Hardware auftreten können. Diese Funktionen sind wichtig, um sicherzustellen, dass das Gerät ordnungsgemäß funktioniert und dass Probleme schnell behoben werden können.
- **Aktualisierung:** Firmware kann aktualisiert werden, um neue Funktionen hinzuzufügen oder bestehende zu verbessern. Die Aktualisierung kann auch dazu beitragen, Sicherheitsprobleme zu beheben und die Leistung des Gerätes zu verbessern.
- **Kommunikation:** Die Firmware kann die Kommunikation zwischen verschiedenen Geräten erleichtern, indem sie die Protokolle und Standards implementiert, die für die Kommunikation erforderlich sind.

4.6 Bezugsquellen

Für die Beschreibung der Hardware des Arduino Nano 33 wurde sorgfältig recherchiert und auf mehrere zuverlässige Bezugsquellen zurückgegriffen. Diese Quellen umfassten offizielle Datenblätter des Herstellers, um detaillierte technische Informationen über die Komponenten des Arduino Nano 33 zu erhalten. Denn jede Komponente und jeder Sensor ist mit einer eindeutigen Kennzeichnung versehen, die zur Identifikation und zum Auffinden der entsprechenden Datenblätter dient. Diese Datenblätter bieten eine umfassende Dokumentation über die Spezifikationen, Funktionen und Eigenschaften der Hardwarekomponenten.

5 Beschreibung der Software IDE

PLATZHALTERTEXT

6 Beschreibung des Schrittmotors 28BYJ-48

PLATZHALTERTEXT

7 Beschreibung des Programms auf dem Arduino

8 Testdurchläufe

9 Offene Punkte

10 Literatur

11 Materialliste

Pos.	Stk.	Bezeichnung	Artikel-Nr.	Preis[€]	Bestelladresse
1	1	Schrittmotor und Steuerung	—	—	www.reichelt.de
2	1	Arduino Lern-Kit: - Arduino Nano Sense BLE 33 BLE Lite - USB-A-Micro Verbindungskabel - Klemmboard	ARD KIT TINYML	52,40	www.reichelt.de
3	1	Steckbrückenkabel 4P female Jumper to Grove 4P	SS05005	5,30	www.eckstein-shop.de
4	1	2-Tasten-Modul	DEBO BUTTON2	2,20	www.reichelt.de
5	1	USB-Netzteil 5V, 1A	GOOBAY 44947	4,20	www.reichelt.de
6	6	Schrauben + Scheibe & Mutter	—	—	—
7	1	PLA Filament schwarz 1.75 mm	B071DM81ZK	16,99	www.amazon.de
8	1	Linearführung MGN15H 350mm	RBS12930	25,59	www.roboterbausatz.de
9	1	Entwicklerboards - Steckbrückenkabel, 40 Pole, f/m, 15 cm	DEBO KABELSET10	1,99	www.reichelt.de
10	2	Zahnrad	—	—	www.reichelt.de
11	1	Zahnriemen	—	—	www.reichelt.de
12	1	Kugellager	—	—	www.reichelt.de

Tabelle 11.1: Materialliste

12 Materialliste2

Pos.	Stk.	Bezeichnung	Artikel-Nr.	Preis[€]	Bestelladresse
1	1	Schrittmotor und Steuerung	—	—	www.reichelt.de
2	1	Arduino Lern-Kit: - Arduino Nano Sense BLE 33 BLE Lite - USB-A-Micro Verbindungskabel - Klemmboard	ARD KIT TINYML	52,40	www.reichelt.de
3	1	2-Tasten-Modul	DEBO BUTTON2	2,20	www.reichelt.de
4	1	USB-Netzteil 5V, 1A	GOOBAY 44947	4,20	www.reichelt.de
5	1	PLA Filament schwarz 1.75 mm	B071DM81ZK	16,99	www.amazon.de
6	3	Rillenkugellager 693ZZ (D=8; d=3; t=4)	B07BGD9PJH	2,45	www.amazon.de
7	1	Silikonschlauch (1,5 x 3 x 2000) mm	B07T22RHZJ	6,14	www.amazon.de
8	1	Steckbrückenkabel 4P female Jumper to Grove 4P	SS05005	5,30	www.eckstein-shop.de
9	6	Schrauben + Scheibe & Mutter	—	—	—

Tabelle 12.1: Materialliste2

13 SBOM

requirements.txt

14 Methodology

Domain Knowledge:

- Part Domain, e.g. HW, application
- Part technologies, e.g. algorithms
- Part Tools, e.g. IDE

15 doxygen - Example

Literatur

- [DIN66025-2] DIN Deutsches Institut für Normung e.V. *DIN 66025-2:1988-09: Programmaufbau für numerisch gesteuerte Arbeitsmaschinen: Wegbedingungen und Zusatzfunktionen*. Norm. Berlin, Sep. 1988.
- [FS17] R. Farouki und J. Srinathu. “A real-time CNC interpolator algorithm for trimming and filling planar offset curves”. In: *Computer-Aided Design* 86 (Jan. 2017). DOI: **10.1016/j.cad.2017.01.001**.
- [Far02] G. Farin. *Curves and Surfaces for CAGD*. 5. [\[pdf\]](#). San Diego, CA: Academic Press, 2002.
- [Rus+07] D. Russell u. a. *Apparatus and Methods for 3D Printing*. United States Patent, Patent N0.: US 7,291,002 B2. 2007.
- [Zaf+20] A. Zafeiropoulos u. a. “Benchmarking and Profiling 5G Verticals’ Applications: An Industrial IoT Use Case”. In: *IEEE Conference on Network Softwarization, NetSoft 2020*. 2020. DOI: **10.1109/NetSoft48620.2020.9165393**.

Index

3D-Drucker, 3

5G, 3

Speicherprogrammierbare Steuerung,
1

CAGD, 3

 Splines, 3

CNN, ix, 1

Computerized Numerical Control
 siehe CNN, ix, 1

Speicherprogrammierbare Steuerung
 siehe SPS, ix, 1

SPS, ix, 1, *siehe* Speicherprogram-
 mierbare Steuerung