

Spezifikationen

Los 1:

Maschinen zum Bearbeiten von Materialien; Produktionsmaschinen; elektrische Maschinen Gesamtstückzahl: 13 Artikel

1.1 Kompakte Desktop CNC-Fräsmaschine – 1 Stück

- Zweck: Tisch-CNC-Fräsen für Prototypen und die Herstellung kleiner Teile.
- Arbeitsvolumen: mindestens 175 × 225 × 80 mm. Die Mindestabmessungen müssen jeweils einzeln erreicht werden.
- Spindel: drehzahlgeregelte Spindel mit einem vom Anbieter anzugebenden Drehzahlbereich. Die maximale Drehzahl muss mindestens 10.000 U/min betragen. Die Nennleistung der Spindel muss mindestens 250 W betragen oder hinsichtlich der für die geforderten Bearbeitungen verfügbaren Zerspanungsleistung nachweislich gleichwertig sein..
- Genauigkeit: Wiederholungsgenauigkeit $\leq \pm 0,025$ mm. Der Anbieter hat die zugrunde liegende Spezifikation sowie das Mess-/Prüfverfahren anzugeben.
- Steuerung: computerunterstützte CNC; kompatibel mit gängigen G-Code-Workflows.
- Materialien: geeignet für Kunststoffe, Holz, Wachs, Leiterplatten (z. B. FR1) und weiche Metalle wie Aluminium, Kupfer, Messing.
- Sicherheit: Geschlossene bzw. geeignete Schutzeinrichtung mit verriegelter Zugangssicherung und Not-Halt-Einrichtung.
- Standards: Sicherheit gemäß den für den Maschinentyp einschlägigen harmonisierten EN-/ISO-Normen in ihrer jeweils geltenden Fassung oder gleichwertig; CE-konform.
- Werkzeugwechsel und Absaugung können integriert oder über geeignete externe Einrichtungen realisiert werden, sofern die sichere und bestimmungsgemäße Nutzung gewährleistet ist.
- Dokumentation: vollständiges Benutzerhandbuch und Dokumentation in EN und/oder FR.
- Betriebsbedingungen: Umgebung ca. 10–35 °C, RH 20–80% nicht kondensierend.

1.2 Faserlaser-Metallmarkierungs- und Graviermaschine – 1 Stück

- Technologie: gepulster Faserlaser; eine MOPA-Konfiguration oder technisch gleichwertige Technologie ist zulässig.
- Laserleistung: ≥ 30 W.
- Markierfeld: mindestens 200 × 200 mm.
- Maximale Markiergeschwindigkeit: mindestens 7.000 mm/s. Der vom Anbieter angegebene Wert ist durch das technische Datenblatt zu belegen. Zusätzlich sind die Bedingungen bzw. Parameter, unter denen dieser Wert erreicht wird, anzugeben.
- Positionier-/Wiederholbarkeit: maximal $\pm 0,01$ mm gemäß Herstellerangabe. Der Anbieter hat anzugeben, ob es sich um Positioniergenauigkeit, Wiederholungsgenauigkeit oder eine andere Kenngröße handelt und nach welchem Prüfverfahren sie bestimmt wurde.
- Ausrichtung: optische oder elektronische Werkstück-/Strahlausrichtung mit vergleichbarer Funktionalität; z.B. doppelte Rotlichtpositionierung oder gleichwertig.

- **Steuersoftware:** Unterstützung gängiger Laser-Markier- und Gravursoftware bzw. standardisierter Import-/Steuerschnittstellen; proprietäre Software darf eingesetzt werden, sofern die geforderten Funktionen vollständig unterstützt werden..
- **Konfiguration:** Kompakte industrielle Bauweise; die Anordnung von Laserquelle und Markieroptik ist freigestellt, sofern die geforderten Leistungs- und Sicherheitsmerkmale erreicht werden.
- **Sicherheit/Compliance:** CE und relevante EU-Laser-Sicherheitsstandards oder gleichwertig.
- **Dokumentation:** vollständiges Benutzerhandbuch und Dokumentation in EN und/oder FR.

1.3 Laser-Schneid- und Graviermaschine mit Klimaanlage/Kühlung – 1 Stück

- **Arbeitsbereich:** mindestens 1300 × 900 mm; alternativ zulässig sind andere Abmessungen, sofern die für die vorgesehenen Bearbeitungsaufgaben erforderliche nutzbare Bearbeitungsfläche nachweislich gleichwertig ist.
- **Laserquelle** für die geforderten Schneid- und Gravuranwendungen: Faserlaser oder technisch gleichwertige Technologie.
- **Leistung** mindestens 150 W.
- **Maximale Bewegungsgeschwindigkeit:** ≥1500 mm/s.
- **Materialien:** geeignet für Leder, Acryl, MDF, Holz, Kunststoffe, Textilien, Kristall, Stoff, Gummi, Keramik, Papier (oder gleichwertig).
- **Laserleistungsregelung:** einstellbar 1–100%, manuell und/oder softwaregesteuert.
- **Positioniergenauigkeit:** maximal 0,01 mm
- **Strahl-/Bearbeitungsauflösung:** für präzise Schneid- und Gravuranwendungen geeignet.
- **Sicherheit:** geschlossene oder anderweitig geeignete Schutzvorrichtung gegen den bestimmungsgemäßen Austritt von Laserstrahlung; sicherheitsrelevante Verriegelungen und Schutzfunktionen sind vorzusehen. Ein für den bestimmungsgemäßen Betrieb geeignetes Abluft-/Absaugsystem ist Bestandteil des Lieferumfangs.
- **Kühlung:** integriertes oder dediziertes Kühlsystem für den Dauerbetrieb.
- **Standards:** EN ISO 11553 (Sicherheit von Laserbearbeitungsmaschinen) oder gleichwertig; CE oder gleichwertig.
- **Dokumentation:** vollständiges Benutzerhandbuch und Dokumentation in EN und/oder FR.

1.4 Tisch-Vakuumformmaschine – 1 Stück

- **Formbereich:** mindestens 450 × 400 mm.
- **Heizung:** integriertes Heizsystem mit elektronischer bzw. digitaler Temperaturregelung und für den vorgesehenen Thermoformprozess ausreichender Heizleistung. Temperaturbereich und Heizleistung sind anzugeben.
- **Betrieb:** manuelle Formung mit automatischem Kühlsystem.
- **Spannrahmen:** geeignet für Kunststoffplatten bis mindestens 6 mm Dicke.
- **Steuerung:** digitales Bedienfeld mit Timer, Temperatur- und Vakuumeinstellungen.
- **Integrierte Vakuumpumpe;** Sicherheitsdeckel; durchbrochener Formtisch.
- **Konformität:** CE oder gleichwertig und relevante Sicherheitsstandards.
- **Dokumentation:** vollständiges Benutzerhandbuch und Dokumentation in EN und/oder FR.

1.5 Vakuumkammer mit Pumpe – 1 Stück

- Kammervolumen: mindestens 10 Liter.
- Pumpe: Vakuumpumpe mit einer für die vorgesehenen Anwendungen geeigneten Förderleistung; bei Verwendung einer volumetrischen Angabe mindestens ca. 4 CFM bzw. nachweislich gleichwertige Vakuumleistung,.
- **Stromversorgung:** geeignet für den vorgesehenen Einsatzort; bei Netzbetrieb 220–240 V AC bzw. geeigneter Spannungsbereich und EU-konformer Netzanschluss.
- Deckel: transparent oder mit geeigneter Sichtmöglichkeit; Glas, Polycarbonat oder technisch gleichwertiges Material zulässig.
- Endvakuum: mindestens 0,98 bar Unterdruck relativ oder gleichwertige Vakuumleistung
- Zubehör: Schlauch, Manometer, Silikonmatte, Öl, Dichtungen (oder gleichwertig) enthalten.
- Anwendungsfälle: Harzentgasung, Holzstabilisierung, Silikon-/Epoxidformgebung.
- Konformität: CE und relevante EU-Sicherheitsstandards oder gleichwertig.
- Dokumentation: vollständiges Benutzerhandbuch und Dokumentation in EN und/oder FR.

1.6 Vertikale Extrusionsspritzgussmaschine (Tischmodell) – 1 Stück

- Verfahren: Vertikales Schneckenplastifizieren und Spritzgießen für Labor-, Entwicklungs- und Prototypenanwendungen.
- Stromversorgung: 220 V oder 110 V.
- Schneckendurchmesser: 20–30 mm als bevorzugter Bereich. Abweichende Werte sind zulässig, sofern der Anbieter nachweist, dass der vorgesehene Labor-/Prototypendurchsatz erreicht wird. Der Schneckendurchmesser ist anzugeben.
- Schneckendrehzahl: regelbar, mindestens 0–50 U/min oder ein funktional gleichwertiger Regelbereich.
- Temperatur: mindestens 300 °C regelbare Verarbeitungstemperatur.
- Kühlung: integrierte oder externe Luftkühlung, soweit für einen stabilen und sicheren Betrieb erforderlich.
- Design: kompakt, Tischmodell.
- Konformität: CE und relevante EU-Maschinen-/elektrische Sicherheitsstandards.
- Dokumentation: vollständiges Benutzerhandbuch und Dokumentation in EN und/oder FR.

1.7 Hochgeschwindigkeits-FDM-3D-Drucker – 1 Stück

- Technologie: extrusionsbasierte additive Fertigung, z. B. Fused Deposition Modeling (FDM) / FFF oder technisch gleichwertig.
- Bauvolumen: mindestens 300 × 300 × 300 mm.
- Druckgeschwindigkeit: Maximalgeschwindigkeit mindestens 600 mm/s oder nachweislich gleichwertige Hochgeschwindigkeitsdruckfunktion.
- Bewegungssteuerung: Unterstützung geeigneter Verfahren zur Schwingungs-/Resonanzkompensation, z. B. Input Shaping oder eine technisch gleichwertige Funktion.
- Düse: bis zu 300 °C;
- Druckbett bis mindestens 100 °C.
- Nivellierung: Automatische oder unterstützte Kalibrierung der Druckplatte bzw. ersten Druckschicht.

- Materialien: kompatibel mit PLA, PETG, TPU, ABS, PC (Materialfähigkeit hängt von Düse/Hotend ab).
- Abmessungen (Drucker): ca. 500 × 500 × 500 mm.
- Zubehör: Bauplatte; Trocknungslösung wie Filamenttrockner; ≥2 × 1 kg PLA-Spulen (oder gleichwertig).
- Konformität: CE und relevante EU-Sicherheitsstandards oder gleichwertig.
- Dokumentation: vollständiges Benutzerhandbuch und Dokumentation in EN und/oder FR.

1.8 Heißluft- und Lötstation (2-in-1) – 1 Stück

- LötKolben: elektrische Heizleistung mindestens 70 W
- Heißluft: elektrische Heizleistung mindestens 600 W oder gleichwertige thermische Leistungsfähigkeit)
- Temperaturregelung: elektronisch geregelt, z.B. PID- oder gleichwertig.
- Temperaturbereiche: Heißluft mindestens ca. 100–480 °C; LötKolben mindestens ca. 200–480 °C.
- Luftstrom: mindestens 120 l/min; bürstenloser Lüfter oder technisch gleichwertige Ausführung.
- Thermische Stabilität: ±10 °C oder besser.
- Ergonomie: digitales Bedienfeld; unabhängige Kanäle; antistatisches Gehäuse; Sicherheitsstandby/Schlafmodus.
- Abmessungen/Gewicht: kompakte Tischbauweise; konkrete Maße und Gewicht sind anzugeben, ohne dass eine bestimmte Gehäuseform verlangt wird.
- Konformität: EN 60335, EN 61010; CE oder gleichwertig.
- Dokumentation: vollständiges Benutzerhandbuch und Dokumentation in EN und/oder FR.

1.9 Integriertes Löt- und EntlötSet mit Zubehör – 2 Stück

- Station: ausgelegt für das Löten/Entlöten von elektronischen Komponenten.
- LötKolben: ≥60 W; einstellbar 200–480 °C; schnelles Aufheizen.
- Heißluft/Heißluftpistole: ≥60 W; einstellbar bis 450 °C.
- **Entlötfunktion:** Integrierte bzw. elektrisch betriebene Absaugpumpe mit austauschbaren Düsen und Filtern.
- Zubehör: mindestens eine ESD-geeignete Präzisionspinzette, eine verstellbare Leiterplattenhalterung und eine ESD-geeignete Arbeitsunterlage mit Erdungsmöglichkeit oder jeweils funktional gleichwertige Ausstattung.
- **Lötmaterial:** Bleifreies Lötmedium, RoHS-konform bzw. für RoHS-Anwendungen geeignet.
- Sicherheit/Ergonomie: antistatisches Gehäuse; isolierte Griffe; digitales/analoges Temperaturdisplay; Standby/Schlafmodus.
- Konformität: EN 60335, EN 61010 (elektrische Sicherheit), EN 61340 (ESD); CE oder gleichwertig.
- Dokumentation: vollständiges Benutzerhandbuch und Dokumentation in EN und/oder FR.

1.10 Multiprozess MIG/MAG-Schweißmaschine – 1 Stück

- Multiprozess-Schweißmaschine, die MIG, MAG, TIG, MMA, FCAW unterstützt,

- Unterstützte, synergistische oder anderweitig automatisierte Parameter-Einstellfunktion, die eine vereinfachte Anpassung der relevanten Schweißparameter ermöglicht.
- Geeignet für einen Netzspannungsbereich, der den vorgesehenen Einsatzort abdeckt, insbesondere 230 V; Mehrspannungsbetrieb ist zulässig.
- Digitales Display oder vergleichbare elektronische Anzeige zur Einstellung und Überwachung der relevanten Schweißparameter.
- Portabel, mit einstellbarem Strom und Sicherheitsfunktionen.
- Konformität: EN/IEC 60974 oder gleichwertig.
- Geeignet für Werkstatt- und Außeneinsätze.
- CE-gekennzeichnet und konform mit relevanten EU-Sicherheitsstandards oder gleichwertig.
- Vollständige Dokumentation und Benutzerhandbuch in Englisch und/oder Französisch bereitgestellt.

1.11 Tisch-Bohrmaschine – 1 Stück

- Tisch-Bohrmaschine mit regelbarer Spindeldrehzahl mit mindestens zwei nutzbaren Drehzahlbereichen oder technisch gleichwertiger stufenloser Drehzahlregelung Motorleistung mindestens 700 W oder nachweislich gleichwertige Bohrleistung,
- Bohrfutter: Spannbereich mindestens 1,5 bis 13 mm oder technisch gleichwertiger Spannbereich.
- Bohrhub mindestens 90 mm.
- Digitale Tiefenanzeige oder gleichwertiges System.
- Präzises Bohren für Holz, Kunststoffe und leichte Metalle.
- Abmessungen geeignet für den Tischgebrauch.
- Konform mit den geltenden aktuellen europäischen/internationalen Sicherheitsstandards für transportable Bohrmaschinen oder gleichwertige Standards.
- Elektronische Steuerung, digitale Anzeige.
- CE-gekennzeichnet und konform mit relevanten EU-Sicherheitsstandards oder gleichwertig.
- Vollständige Dokumentation und Benutzerhandbuch in Englisch und/oder Französisch.

1.12 Desktop-FDM-3D-Drucker – 1 Stück

- Drucktechnologie: extrusionsbasierte additive Fertigungstechnologie, z.B. FFF/FDM oder technisch gleichwertig.
- Bauvolumen: mindestens 200 × 200 × 200 mm,
- Druckauflösung ≤ 100 Mikrometer oder gleichwertig.
- Unterstützt mehrere Filamentmaterialien, einschließlich PLA, ABS und mindestens einem weiteren geeigneten Polymer/Biokunststoffmaterial.
- Multi-Material-/Multi-Farb-Funktion: automatisierte Auswahl und Zuführung von mindestens vier unterschiedlichen Filamentquellen oder technisch gleichwertige Funktion zur automatisierten Verarbeitung mehrerer Materialien/Farben.
- Heizbare, automatisch oder assistiert nivellierende Druckplatte.
- Druckgeschwindigkeit: maximale Geschwindigkeit mindestens 500 mm/s oder gleichwertig.
- Konformität mit der aktuellen Version der ISO/ASTM 52900 (Additive Manufacturing – Allgemeine Prinzipien), wo anwendbar.

- CE-gekennzeichnet und konform mit relevanten EU-Sicherheitsstandards oder gleichwertig.
- Vollständige Dokumentation und Benutzerhandbuch in Englisch und/oder Französisch bereitgestellt.

Los 2:**Sensortechnologie: Gesamtstückzahl: 10 Artikel****2.1 Leitfähigkeitssensor – 1 Stück**

- Bereich: 0–2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (erweiterbar oder gleichwertig).
- Messzelle: für den Messbereich geeignete Zellkonstante; ca. $K = 1,0 \text{ cm}^{-1}$ zulässig, aber nicht zwingend.
- Temperaturkompensation: ATC oder manuell; kompatibel mit NTC 10k oder PT100/PT1000.
- Betriebstemperatur: 0–100 °C.
- Druck: bis ca. 6 bar bei 25 °C.
- Benetzte Materialien: chemisch beständig (z.B. Edelstahl, Graphit, Titan, PVC, PEEK, Glas).
- Kabel: $\geq 1,5 \text{ m}$; Anschluss BNC oder verzinnte Leitungen.
- Montage: tauchfähig, inline oder Durchfluss.
- Konformität: relevante IEC/EN-Sensorstandards; CE oder gleichwertig.
- Dokumentation EN/FR.

2.2 Temperatursonde (Thermoelement, RTD oder Thermistor) – 2 Stück

- Typen: Thermoelement (Typ K/J oder gleichwertig), RTD (PT100/PT1000), Thermistor (NTC/PTC).
- Bereiche (typ.): Thermoelement ca. –200 bis +1200 °C; RTD ca. –50 bis +250 °C; Thermistor ca. –40 bis +125 °C.
- Genauigkeit: RTD $\pm 0,1 \text{ °C}$ (Klasse A) oder $\pm 0,3 \text{ °C}$ (Klasse B); Thermoelement $\pm 1,5 \text{ °C}$ oder $\pm 0,4\%$ des Wertes.
- Reaktionszeit: $< 5 \text{ s}$ in Flüssigkeit (abhängig von Mantel/Durchmesser).
- Bauweise: Einzel- oder Doppelsensor; Mantel aus Edelstahl 304/316, Inconel oder Teflon-beschichtet (nach Bedarf).
- Abmessungen: Manteldurchmesser ca. 3–6 mm; Sondenlänge ca. 50–500 mm (anpassbar).
- Anschluss: Anschlussdrähte (PVC/PTFE/Fiberglas) oder Stecker (Mini/Standard-Thermoelement, M12 usw.); Kabel $\geq 2 \text{ m}$.
- IP-Bewertung: IP65/IP67/IP68 (je nach Design).
- Montage: Eintauchen, Oberfläche oder Gewinde (z.B. G1/4, NPT).
- Konformität: relevante IEC/EN-Standards; CE oder gleichwertig.
- Dokumentation EN/FR.

2.3 Kompakter optischer Abstands-Sensor – 2 Stück Technologie: laserbasiert (z.B. 905 nm sicheres IR oder gleichwertig).

- Messbereich: mindestens ca. 0,05–40 m unter den vom Hersteller spezifizierten Referenzbedingungen.
- Genauigkeit: $\leq \pm 2,5 \text{ cm}$ für Messentfernungen $> 1 \text{ m}$ oder besser.
- Auflösung: $\leq 1 \text{ cm}$.
- Messrate: mindestens 100 Hz; höhere konfigurierbare Messraten sind zulässig.

- Schnittstelle: mindestens eine gängige digitale Schnittstelle, z. B. I²C, UART, PWM oder technisch gleichwertig.
- Kompatibilität: gängige Mikrocontroller-Plattformen.
- Stromversorgung: für eine Versorgungsspannung von ca. 5 V DC geeignet; typischer Strom ≤130 mA.
- Formfaktor: kompaktes embedded Modul.
- Konformität: CE oder gleichwertig.
- Dokumentation EN/FR.

2.4 Kompaktes Stereo-Kameramodul für eingebettete KI-Plattformen –2 Stück

- Stereo-Kamerasystem: zwei synchronisierte Bildsensoren mit Global Shutter oder technisch gleichwertiger Technologie.
- Auflösung: mindestens ca. 1,5 MP je Sensor.
- Tiefe: Echtzeit-Stereo-Tiefenkarte.
- Horizontales Sichtfeld: mindestens 90°; horizontales und vertikales Sichtfeld sind anzugeben.
- Schnittstelle: MIPI CSI-2 oder technisch gleichwertig.
- Optional: integrierte IMU (wo verfügbar).
- Kompatibilität: kompakte ARM-basierte oder gleichwertige CSI-Plattformen.
- Bildrate: mindestens 30 FPS (konfigurationsabhängig).
- Konformität: CE und relevante EU-Sicherheitsstandards oder gleichwertig.
- Dokumentation EN/FR.

2.5 Kompakte Tiefensensor-Kamera mit integrierter IMU –2 Stück

- Tiefenerfassung: Stereo-, ToF- oder technisch gleichwertige 3D-Tiefenerfassung mit hardwareseitiger oder softwareseitiger Tiefenberechnung.
- IMU: integrierte inertielle Messeinheit mit mindestens sechs Freiheitsgraden oder technisch gleichwertig.
- Tiefenbereich: mindestens ca. 0,1–10 m.
- FOV: Tiefe ~85° (H) × 55° (V); RGB ~70° × 40° (oder gleichwertig).
- Bildrate: mindestens 30 FPS bei der vorgesehenen Betriebsauflösung.
- Schnittstellen: USB 3.x oder technisch gleichwertig, USB-C ist zulässig, aber nicht zwingend.
- Synchronisierung: Unterstützung für hardwareseitige Synchronisierung.
- Software: dokumentierte SDK/API für Zugriff auf Tiefen-, RGB- und IMU-Daten.
- Konformität: CE und relevante EU-Sicherheitsstandards oder gleichwertig.
- Dokumentation EN/FR.

2.6 Outdoor Smart Agriculture Monitoring Kit (Multi-Sensor) – 1 Stück

- Hub/Logger: 4G (oder gleichwertige drahtlose Verbindung) für entfernte Daten; wiederaufladbarer Akku für autonome Nutzung.
- Sensoren:
 - PAR-Sensor für Solarstrahlung.
 - Bodenprobe: Feuchtigkeit, Temperatur, EC.
 - Blattfeuchte- und Temperatursensor (industrietauglich; MODBUS-RTU RS485-kompatibel).
 - Kompakter Wettersensor: ≥7 Parameter einschließlich Lufttemperatur, RH, Druck, Windgeschwindigkeit/-richtung, Niederschlag, Solarstrahlung.
- Stromversorgung: hocheffizientes, wasserdichtes Solarpanel ca. 12 W mit Montagehaltern.

- Gehäuse: wetterfest mit mindestens Schutzart IP65 oder technisch gleichwertigem Schutz gegen Staub und Wasser; für den Außenbereich geeignete Kabel/Steckverbinder.
- Datenzugriff: Cloud oder lokaler Endpunkt; Export in gängigen Formaten (CSV/JSON) oder über MODBUS/MQTT (oder gleichwertig).

Los 3:

IT-Hardware Gesamtstückzahl: 27 Artikel

3.1 Mikrocontroller-Entwicklungsboard (32-Bit ARM Cortex-M) – 5 Stück

- MCU: 32-Bit-Mikrocontroller auf ARM-Cortex-M- oder technisch gleichwertiger Architektur; Leistungsfähigkeit mindestens vergleichbar mit einem Mikrocontroller der angegebenen Leistungsklasse.
- Speicher: mindestens 512 KB Flash und mindestens 64 KB SRAM.
- .
- Schnittstellen: mindestens UART/USART, SPI, I²C und 12-Bit-ADC oder technisch gleichwertige Peripherie.
- Erweiterung: standardisierte Erweiterungssteckverbinder, z. B. 2,54-mm-Header; proprietäre Header dürfen verwendet werden, sofern mindestens die geforderten Signale zugänglich sind. Debug: SWD, JTAG, CMSIS-DAP oder technisch gleichwertig.
- USB: USB-Schnittstelle zur Programmierung und/oder Datenkommunikation.
- Konformität: CE (oder gleichwertig).
- Dokumentation EN/FR.

3.2 Wi-Fi- und Bluetooth-Mikrocontroller-Entwicklungsboard – 5 Stück

- Mikrocontroller: 32-Bit-Mikrocontroller mit mindestens zwei Rechenkernen oder technisch gleichwertiger Rechenleistung; geeignet für Embedded-Control-, Sensorik- und Entwicklungsanwendungen.
- Rechenleistung: für die vorgesehenen Anwendungen geeignete Rechenleistung; CPU-Takt und relevante Leistungsmerkmale sind anzugeben.
- Arbeitsspeicher: interner SRAM von mindestens 500 KB oder technisch gleichwertig;
- Programmspeicher: mindestens 4 MB nichtflüchtiger Speicher oder technisch gleichwertige Möglichkeit zur Bereitstellung bzw. Erweiterung des Programmspeichers.
- Energieeffizienz: Unterstützung von Niedrigstrombetriebsarten, insbesondere Tiefschlaf- bzw. vergleichbaren Energiesparmodi; Unterstützung einer stromsparenden Verarbeitung bzw. Reaktivierung aus einem Niedrigstromzustand.
- .
- Integrierte WLAN-Funktion im 2,4 GHz-Band nach IEEE 802.11 b/g/n oder technisch gleichwertig;
- Bluetooth Classic und/oder Bluetooth Low Energy mit vergleichbaren Kommunikationsfähigkeiten;
- Unterstützung geeigneter Sicherheits- und Verschlüsselungsverfahren, insbesondere WPA/WPA2 sowie TLS oder technisch gleichwertiger Verfahren.
- Digitale und analoge Schnittstellen: Mindestens 20 programmierbare GPIOs, mindestens 8 analoge Eingänge mit mindestens 12-Bit-Auflösung.

- Peripherie: ADC, PWM, UART, SPI und I²C; zusätzlich mindestens eine weitere für die Anwendung geeignete Audio-, Digital- oder Busschnittstelle, z. B. CAN, I²S, DAC, oder technisch gleichwertig.
- Bauform und Anschlüsse: kompakte Bauform als Entwicklungsboard; herausgeführte Anschlüsse über Rastermaß 2,54 mm oder technisch gleichwertige, für Steckbrett- bzw. Breadboard-Aufbauten geeignete Anschlüsse; USB-Schnittstelle zur Programmierung bzw. zum Aufspielen von Software sowie zur seriellen Kommunikation bzw. Datenübertragung; geeignet für den Einsatz auf Standard-Breadboards bzw. mit handelsüblichen Steckbrettaufbauten.
- .
- Stromversorgung: USB 5 V oder geregelte 3,3 V; Integrierte Spannungsregelung auf 3,3 V Regler, sofern für den Betrieb der vorgesehenen Komponenten erforderlich.
- Konformität: CE (oder gleichwertig).
- Dokumentation EN/FR.

3.3 Einplatinencomputer mit PSU und Kühlgehäuse – 6 Stück

- CPU: 64-Bit-Prozessor mit mindestens vier Prozessorkernen und vergleichbarer Rechenleistung zu aktuellen oberen Mittelklasse-Embedded-Prozessoren.
- Arbeitsspeicher: mindestens 8 GB RAM (LPDDR4X oder gleichwertig).
- Speicher: microSD (UHS-I); Unterstützung für PCIe-Erweiterung, direkt oder über einen Erweiterungsstecker.
- Grafikausgabe: Unterstützung von mindestens zwei digitalen Displays oder gleichwertiger Mehrfachanzeige; mindestens eine digitale Ausgabe muss eine Auflösung von 3840 × 2160 Pixeln (4K UHD) unterstützen.
- Konnektivität: Mindestens 1 × Gigabit Ethernet; Dualband-Wi-Fi (2,4/5 GHz, 802.11ac oder neuer); Bluetooth 5.0/BLE; mindestens zwei USB-3.x- und zwei USB-2.x-Schnittstellen oder funktional gleichwertige USB-Konnektivität; integrierte Schnittstellen für den Anschluss kompatibler Kameras und Display-Module.
- GPIO: mindestens 40 zugängliche digitale/Multifunktions-I/O oder technisch gleichwertige Erweiterungsschnittstelle.
- Stromversorgung: USB-C-Netzteil mit ausreichender Leistung für den vollständigen Betrieb des Systems unter maximaler Last, geeigneter EU-Netzstecker.
- Wärme: Passive oder aktive Kühlungslösung, die einen nachhaltigen Betrieb ohne thermisches Drosseln gewährleistet.
- OS: Unterstützung mindestens einer aktuellen verbreiteten Linux-Distribution.
- Größe (Board): Kompakte Embedded-Platine; Abmessungen sind anzugeben.
- Konformität: CE und relevante EU-Sicherheitsstandards oder gleichwertig.
- Dokumentation EN/FR.

3.4 Kompaktes Embedded AI-Entwicklungs-Kit (min. 8 GB) – 4 Stück

- **AI-Beschleunigung:** integrierte GPU, NPU, TPU oder vergleichbarer Hardwarebeschleuniger für AI-Inferenz.
- CPU: 64-Bit-ARM-Prozessor oder technisch gleichwertige Architektur mit mindestens sechs CPU-Kernen und vergleichbarer Rechenleistung.
- Arbeitsspeicher: ausreichende Speicherbandbreite für Echtzeit-AI-Verarbeitung.
- Speicher: NVMe-Unterstützung (oder gleichwertig); microSD-Steckplatz.
- Kameras: mindestens zwei digitale Kameraschnittstellen für Embedded-Vision-Anwendungen.
- Erweiterungsschnittstellen für SSDs und drahtlose Module.

- I/O/Konnektivität: Mindestens 4 × USB 3.x Ports; mindestens 1 × USB Type-C Port (UFP); mindestens 1 × Gigabit Ethernet Port.
- Anzeige: Mindestens ein digitaler Videoausgang (z. B. DisplayPort, HDMI oder gleichwertig).
- GPIO: Universelle GPIO-Schnittstelle mit mindestens 40 Pins oder gleichwertige Erweiterungsschnittstelle.
- Stromversorgung: Externe Gleichstromversorgung über einen standardisierten Anschluss, passend zur Leistungsaufnahme des Systems.
- Formfaktor: Kompakte Trägerplatine / Carrier Board mit integriertem Rechenmodul.
- Konformität: CE und relevante EU-Sicherheitsstandards oder gleichwertig.
- Dokumentation EN/FR.

3.5 Hochpräzises 3D-Scanning-System – 1 Stück

- Technologie: strukturiertes Licht und/oder Lasertriangulation oder eine gleichwertige kontaktlose Messmethode
- Genauigkeit: $\leq 0,05$ mm (konfigurationsabhängig).
- Objektgrößenbereich: ca. 10 mm bis 2000 mm.
- Ausgabeformate: OBJ, STL, PLY (oder gleichwertig).
- OS: kompatibel mit Windows und macOS.
- Schnittstelle: USB 3.0 oder gleichwertige Hochgeschwindigkeit.
- Konformität: CE und relevante EU-Sicherheitsstandards oder gleichwertig.
- Dokumentation EN/FR.

3.6 Bildungs-Elektronik und IoT-Entwicklungskit – 3 Stück

- Kompatibilität: Das Kit muss mit gängigen Bildungs-Mikrocontroller- und/oder Einplatinen-Computing-Plattformen über standardisierte Hardware- und Software-Schnittstellen kompatibel sein. Die Kompatibilität muss die Unterstützung für mindestens zwei weit verbreitete Plattformarchitekturen oder gleichwertige Funktionen umfassen.
- Integrierte Sensoren und Module: Mindestens 30 unterschiedliche Lern- und Experimentierfunktionen, die die Bereiche Umweltsensorik, Bewegungserfassung, Abstandsmessung, Anzeige, Eingabe/Bedienung und Aktorik abdecken, entweder über integrierte Sensoren, Erweiterungsmodule oder angeschlossene Komponenten und mehrere Anzeigen (z. B. 7-Segment, LCD, OLED, TFT oder gleichwertig).
- Steuerungsschnittstellen: Integrierte Eingabe- und Steuerelemente einschließlich Schalter, Tasten, Potentiometer, Drehgeber, Joystick, Relais und Berührungssensoren.
- Aktorschnittstellen: Müssen Schnittstellen für Servomotoren und Schrittmotoren, Vibrationsmotor und PWM-Steuerung bereitstellen.
- Messung & Umwandlung: Integrierter ADC, Pegelwandler, Echtzeituhr (RTC), EEPROM oder gleichwertig und Mehrspannungs-Ausgänge (3,3V, 5V, 12V und variabel).
- Konnektivität: USB (2.0 und/oder 3.0), HDMI (micro oder Standard), Ethernet (≥ 1 Gbps), Wi-Fi und Bluetooth.
- Lernplattform: Mindestens 10 vollständig beschriebene Projektbeispiele einschließlich Lernziel, Aufbau, erforderlicher Software und Durchführung, geführten Übungen und Dokumentation in Englisch und/oder Französisch.
- Zusätzliche Komponenten: für typische IoT-/Robotik-Experimente geeignete Komponenten, darunter mindestens einen Servomotor, einen Schrittmotor oder

technisch gleichwertige Aktoren, RFID/NFC-Funktionalität, LEDs, Taster, Widerstände und eine Experimentierplattform.

- Stromversorgung: Integriertes geregeltes Netzteil, mindestens 36 W, das stabile 12V/5V/3.3V Ausgänge bereitstellt.
- Kompakte Box, die Komponenten integriert, mit Abmessungen von ca. 300 × 200 × 50 mm und einem Gewicht von ca. 3 kg.
- CE-Kennzeichnung und konform mit relevanten EU-Sicherheitsstandards.
- Vollständige Dokumentation und Benutzerhandbuch in Englisch und/oder Französisch.

3.7 Kompaktes Embedded AI-Entwicklungsboard (8 GB) – 2 Stück

- Prozessor: 64-Bit-Prozessorarchitektur mit einer für die vorgesehenen Embedded-AI-Anwendungen geeigneten Rechenleistung. Die Leistungsfähigkeit ist durch geeignete technische Daten oder reproduzierbare Benchmark-Ergebnisse nachzuweisen..
- AI-Beschleunigung: dedizierte oder integrierte Hardwarebeschleunigung für AI-/ML-Inferenz.
- AI-Leistung: Hardwarebeschleunigte AI-/ML-Inferenz mit einer für die vorgesehenen Anwendungen geeigneten Rechenleistung. Sofern eine Leistungsangabe in TOPS verwendet wird, ist eine Rechenleistung von mindestens 20 TOPS bei einem vom Hersteller spezifizierten Integer- oder vergleichbaren Präzisionsformat nachzuweisen. Das verwendete Rechenformat (z. B. INT8), die Messmethode und gegebenenfalls zugrunde liegende Annahmen sind anzugeben. Gleichwertige Leistungsangaben oder Messverfahren sind zulässig, sofern deren Vergleichbarkeit nachvollziehbar nachgewiesen wird..
- Arbeitsspeicher: Mindestens 8 GB für die Ausführung des Betriebssystems und der vorgesehenen AI-/ML-Anwendungen nutzbarer Arbeitsspeicher. Der Speichertyp und die Speicheranbindung sind freigestellt, sofern die geforderte Funktionalität und Leistungsfähigkeit erreicht werden.
- Speicher: Möglichkeit zur Bereitstellung bzw. Erweiterung des nichtflüchtigen Speichers über eine geeignete interne oder externe Speicherschnittstelle. Ein microSD-Kartensteckplatz ist zulässig, aber nicht zwingend erforderlich; optionale eMMC-Unterstützung je nach Konfiguration.
- Konnektivität: Gigabit Ethernet; Erweiterungsschnittstelle für drahtlose Konnektivität oder gleichwertige integrierte drahtlose Funktionalität; mindestens eine USB-Schnittstelle, die USB 3.x oder gleichwertige Hochgeschwindigkeitsperipheriekonnektivität unterstützt, USB 2.0, HDMI (oder gleichwertiger digitaler Videoausgang).
- Kamera-Schnittstellen: Unterstützung der gleichzeitigen Anbindung von mindestens zwei digitalen Kameras. Die Schnittstellen müssen eine für die vorgesehenen AI-/Computer-Vision-Anwendungen geeignete Datenrate und Funktionalität bereitstellen. MIPI CSI-2 oder technisch gleichwertige Kameraschnittstellen sind zulässig.
- I/O-Schnittstellen: Unterstützung der Schnittstellen GPIO, I²C, I²S, SPI und UART oder technisch gleichwertiger Schnittstellen mit vergleichbarer Funktionalität
- Energieverwaltung: mindestens ein energieoptimierter Betriebsmodus; konkrete Leistungsmodi des Herstellers sind nicht vorgeschrieben.
- Softwarekompatibilität: Unterstützung eines Linux-basierten Betriebssystems sowie Bereitstellung geeigneter Softwareentwicklungswerkzeuge, Bibliotheken und Schnittstellen zur Entwicklung und Ausführung von AI-/ML-, Computer-Vision- und Robotikanwendungen.
- Formfaktor: Kompakte Platine, die für Embedded- und Edge-AI-Anwendungen geeignet ist.

- CE-Kennzeichnung und konform mit relevanten EU-Sicherheitsstandards oder gleichwertig.
- Vollständige Dokumentation und Benutzerhandbuch in Englisch und/oder Französisch.

3.8 Hochleistungs-Embedded-AI-Entwicklungskit (64 GB) 1 Stück

- Rechenmodul: Embedded-AI-Rechenmodul
- Arbeitsspeicher: Mindestens 64 GB für die Ausführung des Betriebssystems und der vorgesehenen AI-/ML-Anwendungen nutzbarer Arbeitsspeicher. Der konkrete Speichertyp und die Speichertechnologie sind freigestellt.
- AI-Verarbeitung: Geeignete Hardwareunterstützung für die beschleunigte Ausführung von AI-/ML-Inferenz sowie für die parallele Verarbeitung der vorgesehenen AI-Anwendungen..
- Trägerplatine: Trägerplatine mit den für Entwicklung, Test und Integration erforderlichen Schnittstellen, insbesondere für Stromversorgung, USB, Netzwerk, digitale Ein-/Ausgänge und die vorgesehenen Peripheriegeräte.
- Kühlung: integrierte oder externe Wärmeabfuhr, die den bestimmungsgemäßen Dauerbetrieb ermöglicht.
- WLAN: integrierte oder über Erweiterungsmodul bereitgestellte drahtlose Kommunikation mit mindestens Wi-Fi 5 (IEEE 802.11ac) oder technisch gleichwertiger Leistungsfähigkeit.
- Zubehör: zur Inbetriebnahme erforderliches Netzteil und erforderliche Verbindungskabel.
- Formfaktor und Einsatzbereich: Kompaktes Entwicklungssystem, das die unter dieser Leistungsbeschreibung geforderten Funktionen und Schnittstellen für AI-/ML-, Robotik- und Computer-Vision-Anwendungen bereitstellt.
- CE-Kennzeichnung und konform mit relevanten EU-Sicherheitsstandards oder gleichwertig.
- Vollständige Dokumentation und Benutzerhandbuch in Englisch und/oder Französisch.

Installation, Montage, Training zum jeweiligen Los

Zu Los 1: Maschinen zum Bearbeiten von Materialien; Produktionsmaschinen; elektrische Maschinen Gesamtstückzahl: 13 Artikel

Installation	Vollständige Installation, Prüfung und Inbetriebnahme aller Maschinen und Materialien
Trainingsziele und Inhalte	Schulung zu Betrieb und Sicherheit, Wartung und Fehlersuche einschließlich: - Arbeitssicherheit - Inbetriebnahme - Maschinenaufbau und Bedienung - Prozessplanung - Qualitätssicherung - Wartung, Pflege - Fehlerdiagnose
Trainingstage vor Ort	Reise nach Biskra/Algerien für 1 Person für 3 Tage zur Installation vor Ort und Schulung - 1 internationale Flugreise nach Algier inkl. Flughafentransfer

	1 Inlandsflug Algier – Biskra
Sprache für Dokumente und Trainingsmaterial	Englisch und/oder Französisch
Sprache für Training	Englisch oder Französisch
Anzahl der Trainingsteilnehmer	5 Personen
Weitere Informationen	Die Installation soll spätestens 6 Wochen nach Anlieferung an den Endverwendungsort beginnen

Zu Los 2: Sensortechnologie: Gesamtstückzahl: 10 Artikel

Installation	Vollständige Installation, Prüfung und Inbetriebnahme aller Geräte
Trainingsziele und Inhalte	Schulung zu Auswahl von Sensoren, Anschließen und Kalibrieren der Sensoren, Funktionen, Bedienung, Anwendungsfällen, Auswertung von Messdaten, Wartung und Fehlersuche
Trainingstage online/remote	1 Tag Online-Coaching
Sprache für Dokumente und Trainingsmaterial	Englisch und/oder Französisch
Sprache für Training	Englisch oder Französisch
Anzahl der Trainingsteilnehmer	5 Personen
Weitere Informationen	Die Installation soll spätestens 6 Wochen nach Anlieferung an den Endverwendungsort beginnen

Zu Los 3: IT-Hardware Gesamtstückzahl: 27 Artikel

Installation	Vollständige Installation, Prüfung und Inbetriebnahme aller Maschinen und Materialien
Trainingsziele und Inhalte	Schulung zu Betrieb und Sicherheit, Wartung und Fehlersuche einschließlich: - Arbeitssicherheit - Inbetriebnahme, Installation - Funktionen, Konfiguration, Programmierung, Kalibrierung - Wartung, Pflege - Fehlerdiagnose
Trainingstage vor Ort	Reise nach Biskra/Algerien für 1 Person für 3 Tage zur Installation vor Ort und Schulung - 1 internationale Flugreise nach Algier inkl. Flughafentransfer - 1 Inlandsflug Algier – Biskra
Sprache für Dokumente und Trainingsmaterial	Englisch und/oder Französisch
Sprache für Training	Englisch oder Französisch
Anzahl der Trainingsteilnehmer	5 Personen
Weitere Informationen	Die Installation soll spätestens 6 Wochen nach Anlieferung an den Endverwendungsort beginnen