# Ausstattungs- und Trainingsequipment

**Hintergrund zur Ausschreibung**

Zur Stärkung und Strukturierung des togoischen Ökosystems dient die Einrichtung eines MakerLabs bei der Partnerinstitutionen „Djanta Tech Hub“ als operativer Hebel. Das MakerLab schafft einen Raum für Experimentieren, Prototyping und Co-Creation zwischen öffentlichen Akteuren, Unternehmern, Entwicklerinnen/Entwicklern und Innovatorinnen/Innovatoren. Es ermöglicht die Entwicklung konkreter Lösungen, stimuliert Open Innovation und verbindet Kompetenzen, Technologien und Marktbedarfe unmittelbar.

Die zu beschaffenden Materialien dienen der Ausstattung von Räumen für digitale Fertigung und Prototyping (MakerLabs) in der Partnerinstitution „Djanta Tech Hub“, gesteuert durch die Agence Togo Digital (ATD) und das Digitalministerium. Die MakerLabs sind als modulare, flexible Innovationsräume konzipiert und ermöglichen praxisorientiertes Lernen, Rapid Prototyping und kollaborative Entwicklung digitaler und physischer Lösungen. Die Ausstattung wird in dafür vorgesehene Räume bzw. in entsprechend angepassten Bereiche (z.B. in Containern) installiert und soll Start-ups, Studierenden und Innovatorinnen/Innovatoren im lokalen Ökosystem zugänglich sein.

Komponente Druck & Modellierung: Das MakerLab wird mit 3D-Druckern, 3D-Scannern und CAD-Arbeitsplätzen ausgestattet, um digitales Design und Additive Fertigung zu unterstützen. Nutzerinnen und Nutzer werden praxisnahe Trainings in 3D-Modellierung, Prototyping und Produktentwicklung erhalten, um Konzepte in greifbare Objekte zu überführen. Die Infrastruktur fördert Innovation in Sektoren wie Bildung, Landwirtschaft, Gesundheit und Industrie, stärkt lokale Produktionskapazitäten und reduziert Abhängigkeiten von Importlösungen.

Komponente Elektronik & Robotik: Das MakerLab umfasst ebenso Mikrocontroller-Kits, Sensoren, Embedded-Systeme und Robotik-Plattformen zur Entwicklung intelligenter Systeme. Trainings sollen Elektronik-Prototyping, Programmierung und Automatisierung abdecken und zur Entwicklung funktionsfähiger Prototypen (z. B. IoT-Geräte, smarte Systeme, Robotikanwendungen) beitragen. Die Räume fördern interdisziplinäre Zusammenarbeit und Experimentieren und tragen zur Entstehung lokal angepasster technologischer Lösungen im Einklang mit den Bedarfen der togolesischen Wirtschaft bei.

| **Los 1: DRUCK- UND MODELLIERBEREICH** | | | |
|---|---|---|---|
| **Positionen** | **Menge** | **Bezeichnung** | **Beschreibung** |
| 1 | 1 | Hochgeschwindigkeits-FDM-3D-Drucker | **Mindestanforderungen:**<br>• Technologie/Extrusion: FDM (oder gleichwertig); 1× Direct-Drive-Extruder; automatische Bett-Nivellierung (Auto Bed Leveling)<br>• Bauraum/Schichtauflösung: ≥ 220 × 220 × 250 mm; Schichthöhe ≤ 0,10 mm<br>• Temperaturen: Düse ≥ 260 °C; beheiztes Druckbett ≥ 100 °C<br>• Druckoberfläche: Abnehmbare Federstahlplatte mit Haftbeschichtung (z. B. PEI/PC) oder gleichwertig<br>• Geschwindigkeit: max. Druck-/Bewegungsgeschwindigkeit ≥ 250 mm/s; Beschleunigung ≥ 2.500 mm/s²<br>• Materialien: mindestens PLA; kompatibel mit gängigen Filamenten gemäß Temperaturanforderungen<br>• Elektronik/Sicherheit: 32-bit Steuerung mit „Thermal Runaway Protection“; CE-Konformität<br>• Konnektivität/Software: USB und/oder SD-/MicroSD-Karte; kompatibel mit gängigen Slicern (z. B. Cura, PrusaSlicer)<br>• Stromversorgung: 220–240 V AC, 50/60 Hz<br>• Bedienung: integriertes Farbdisplay (≥ 3 Zoll)<br>**Leistungsumfang**:<br>• Gebrauchsfertiger 3D-Drucker<br>• Stromkabel<br>• Grundlegendes Werkzeugset<br>• ≥ 0,5 kg PLA-Filament (1,75 mm)<br>• Federstahlplatte mit Griffffläche<br>• Benutzerdokumentation in EN/FR<br>**Nachweise**<br>• Detailliertes Datenblatt, das alle Mindestanforderungen bestätigt (Volumen, Geschwindigkeiten, Temperaturen, Slicer-Kompatibilität, thermische Schutzmaßnahmen usw.)<br>• EU-Erklärung zur CE-Konformität<br>• Sicherheitshinweis/Technisches Handbuch mit Zusammenfassung der Sicherheitsmerkmale<br>• Elektrische Informationen: 220–240 V Wechselstromversorgung, 50/60 Hz |
| 2 | 100 | PLA-Filament-Set für FDM-3D-Druck (geeignet für Lithophanen) | **Mindestanforderungen:**<br>• Material: PLA (Polylactic Acid), 1,75 mm ± 0,05 mm, hohe Maßhaltigkeit und Formstabilität<br>• Spule: Standard-Spulenformat, kompatibel mit gängigen FDM-Druckern sowie AMS-/Multi-Spulen-Systemen<br>• Farben: Weiß, Gelb, Pink, Blau (je 1 Spule)<br>• Druckeigenschaften: gleichmäßige Transluzenz für Lithophanen; konstante und stabile Extrusion ohne Verstopfungen oder Durchmesserschwankungen<br>**Leistungsumfang**:<br>• 4 Spulen ≥ 1 kg (Weiß, Gelb, Rosa, Blau), 1,75 mm<br>• Versiegelte Schutzverpackung<br>**Nachweise** :<br>• Technisches Datenblatt, das die Durchmesser-Toleranz ±0,05 mm und empfohlene Temperaturen bestätigt<br>• CE-Erklärung und/oder SDS (SDS), falls zutreffend,<br>• Nachweis der Kompatibilität mit Mehrspulen-/AMS-Systemen |
| 3 | 1 | Hochsicherer geschlossener 3D-Drucker | **Mindestanforderungen:**<br>• Technologie / Materialien: FDM; kompatibel mit 1,75 mm PLA und verstärkten PLA- |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | für lernzwecke (FDM) | ähnlichen Filamenten<br>• Bauraum: ≥ 150 × 150 × 150 mm<br>• Druckparameter: Schichthöhe 0,10–0,40 mm (optimal ca. 0,20 mm); 0,5 mm Düse<br>• Sicherheit / Gehäuse: vollständig geschlossenes System; Türverriegelung (Door Interlock); Überhitzungs- bzw. Thermal-Runaway-Schutz; CE-konform<br>• Dateiformate: Standard G-Code oder offene, flottenfähige Druckformate<br>• Konnektivität: USB, Ethernet und WLAN<br>• Stromversorgung: 100–240 V AC, 50/60 Hz<br>**Leistungsumfang**:<br>• Gebrauchsfertiger Drucker, AC-Kabel<br>• Grundlegendes Werkzeugset<br>• ≥ 0,5 kg PLA (1,75 mm)<br>• Dokumentation EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Bestätigtes Spezifikationsblatt: geschlossener Lautsprecher, Türverriegelung, thermischer Runaway, G-Code-Formate, USB/Ethernet/WiFi<br>• EG-Konformitätserklärung<br>• Beweisverstärkte PLA/PLA-ähnliche Kompatibilität |
| 4 | 1 | Verstärkter Desktop-FDM-3D-Drucker (strukturierte Bauweise) | **Mindestanforderungen:**<br>• Technologie / Materialien: FDM; 1,75 mm Filament; Unterstützung von PLA (inkl. hochauflösender Varianten) sowie verstärktem / „Tough“-PLA<br>• Druckqualität: Schichthöhe ≤ 0,10 mm; Positioniergenauigkeit ≤ 11 µm (XY-Achse) und ≤ 2,5 µm (Z-Achse)<br>• Extrusion: Druckkopf mit Filament-Ende-/Filament-Auslaufsensor; schnell wechselbares Hotend/Düsen-System (Standard- und Hochfestigkeitsdüsen)<br>• Rahmen: steife Konstruktion mit gegossenen Aluminium- oder Metall-Extrusionsprofilen für hohe Stabilität<br>• Konnektivität / Betriebssystem: USB, Ethernet, WLAN; Slicer- und Job-Management mindestens kompatibel mit Windows (7/10) und macOS (10.9+); Unterstützung von STL/OBJ sowie Standard-G-Code<br>• Stromversorgung: 100–240 V AC, 50/60 Hz<br>• Überwachung: integrierte Kamera zur Fernüberwachung des Druckprozesses (≥ 640 × 480 px)<br>**Leistungsumfang**:<br>• Gebrauchsfertiger Drucker<br>• Stromkabel, Grundwerkzeuge<br>• ≥ 0,5 kg PLA<br>• Standard- und Hochfestdüsen (Schnellwechselsystem)<br>• Dokumentation EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Bestätigung: XY ≤ 11 µm, Z-≤ 2,5 µm Genauigkeit; Filament-Endsensoren; eingebaute Kamera; Schnittstellen (USB/Ethernet/WiFi); Betriebssystemkompatibilität<br>• CE-Erklärung |
| 5 | 1 | Hochpräziser Hand-3D-Scanner (Bildung / Ingenieurwesen) | **Mindestanforderungen:**<br>• Genauigkeit / Leistung: Einzelmessgenauigkeit ≤ 0,10 mm; Volumetrische Genauigkeit ≤ 0,25 mm/m; Mesh-Auflösung ≤ 0,25 mm ; Scangeschwindigkeit ≥ 80 s/m² (oder schneller)<br>• Messfähigkeit: Erkennung von Details mindestens bis<br>▪ Nadel-Ø ≥ 1,5 mm<br>▪ Loch-Ø ≥ 3,0 mm<br>▪ Stufenhöhe ≥ 0,10 mm<br>▪ Wandstärke ≥ 1,0 mm<br>• Arbeitsbereich: Empfohlene Objektgröße ca. 0,1 – 3,0 m; Arbeitsabstand 250 – 550 mm<br>• Optik / Lichtquelle: Augensichere IR-VCSEL-Technologie mit strukturierter bzw. codierter Projektion oder gleichwertig |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | • Farb-/Datenerfassung: Farberfassung mit 50–200 DPI<br>• Gerät / Ergonomie: Handgerät (handheld); Gewicht ≤ ≤1000g bzw. ≤1Kg; Integriertes Touchscreen-Interface<br>• Konnektivität**:** USB 3.0 (SuperSpeed)<br>• Exportformate: STL, OBJ, PLY (und gängige Standardformate)<br>**Lieferumfang**:<br>• Handscanner<br>• Strom-/USB-Kabel<br>• Kalibrierplatte/-kit<br>• Transport-Hartschale<br>• Dokumentation EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (Genauigkeiten, Auflösung, Geschwindigkeit, Exportformate, USB 3.0)<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Nachweis augensichere IR-Quelle (VCSEL) |
| 6 | 1 | Hochpräzises $CO_2$ Laser-Gravier- und Schneidsystem | **Mindestanforderungen:**<br>• Laserquelle / Leistung: $CO_2$-Röhre luftgekühlt (z. B. Metall- oder Keramikröhre): Leistung 30–60 W<br>• Betriebsmodi: Rastergravur; Vektorschneiden; Kombinierter Modus (Gravur + Schnitt)<br>• Auflösung: Einstellbar von 100 bis 1000 DPI<br>• Arbeitsfläche: ≥ 610 × 305 mm (24" × 12")<br>• Max. Materialhöhe: ≥ 197 mm (mit geeignetem Tisch/Fixture)<br>• Luftunterstützung: Integriertes Air-Assist-System<br>• Stromversorgung: 110–240 V AC, 50/60 Hz<br>• Abmessungen / Gewicht: Ca. 950–1050 × 650–750 × 350–450 mm; Gewicht ≥ 60 kg ≤ 70<br>• Sicherheit / Konformität: Vollständig geschlossener Strahlengang; Verriegelter Deckel (Interlock-System); Not-Aus-Schalter; CE-konform<br>**Lieferumfang**:<br>• Maschine komplett<br>• Anschlüsse für Absaugung und Air Assist<br>• Netzkabel<br>• Basis-Linsen-/Düsensatz<br>• Fokuswerkzeug<br>• Startermaterialien (Acryl-/Holzproben)<br>• Dokumentation EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (30–60 W; Raster/Vektor/Kombimodus; 100–1000 DPI; Arbeitsfläche ≥ 610×305 mm; Sicherheitsfunktionen)<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Hinweise zur Absaug-/Filterintegration |
| 7 | 1 | Präzisions-CNC-Fräsanlage mit Kugelgewindetrieb | **Mindestanforderungen:**<br>• Arbeitsbereich/Verfahrwege: X ≥ 1200 mm, Y ≥ 600 mm, Z ≥ 100 mm<br>• Positioniergenauigkeit: ≤ ±0,15 mm<br>• Spindel: maximale Drehzahl ≥ 24.000 U/min; Leistung ≥ 1 HP; luft- oder flüssigkeitsgekühlt<br>• Werkzeugaufnahme: Präzise Spannzangen- oder Werkzeugaufnahmesystem mit geeigneter Aufnahme für Werkzeuge im Bereich der vorgesehenen Durchmesser; ER11 oder technisch gleichwertig.<br>• inklusive mindestens 1/8" und 1/4" Spannzangen<br>• Vorschubgeschwindigkeit: ≥ 3.810 mm/min<br>• Antriebssystem: Präzisionsantriebssystem für X/Y/Z mit hoher Positioniergenauigkeit, z. B. Kugelgewindetriebe oder technisch gleichwertiges System.<br>• Steuerung: akzeptiert Standard-G-Code; kompatible Steuerungssoftware/-schnittstelle enthalten |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | • Stromversorgung: einphasig 115–240 V AC, 50/60 Hz; Stromaufnahme bis ca. 13 A<br>• Konstruktion/Gewicht: steifer Rahmen für Tischinstallation geeignet; Gesamtgewicht ca. 130–140 kg<br>• Sicherheit/Normen: Not-Aus-Schalter; Endschalter; CE-Konformität<br>**Lieferumfang**:<br>• Maschine und Steuerung<br>• Netzkabel<br>• Grund-Werkzeugsatz<br>• Spannzangen mind. 1/8" und 1/4"<br>• Dokumentation EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (Verfahrwege ≥ 1200×600×100 mm; Positioniergenauigkeit ≤ ±0,15 mm; Spindel ≥ 24.000 U/min, ≥ 1 HP; Vorschub ≥ 3810 mm/min; G-Code)<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Elektrische Spezifikation (115–240 V, 50/60 Hz, ~13 A) |
| 8 | 1 | Hochpräzisions-CNC-Fräse in Portalbauweise, Tischgerät | **Mindestanforderungen:**<br>• Struktur/Tisch: steifer geschweißter Stahlrahmen oder Aluminium-Gussrahmen; T-Nuten-Arbeitstisch<br>• Z-Verfahrweg: ≥ 152,4 mm (6")<br>• Antrieb/Führungen:<br>• Präzisionsantriebssystem für X/Y/Z-Achsen (z. B. Kugelgewindetriebe oder technisch gleichwertig) sowie geeignete Linearführungen zur Gewährleistung der geforderten Positioniergenauigkeit und Stabilität<br>• Bauweise**:** Portalbauweise oder technisch gleichwertige Konstruktion, geeignet für die geforderten Arbeitsbereiche und Genauigkeitsanforderungen.<br>• Motoren: Schrittmotoren mit Microstepping<br>• Leistung: Vorschubgeschwindigkeit ≥ 3.810 mm/min; Eilgang ≥ 5.000 mm/min; Wiederholgenauigkeit ≤ ±0,05 mm<br>• Steuerung: Handsteuergerät (DSP) oder PC-Schnittstelle; kompatibel mit Standard-G-Code<br>• Stromversorgung: einphasig 110–240 V AC, 50/60 Hz<br>• Masse: ≥ 110 kg ≤ 120 kg<br>**Lieferumfang**:<br>• Maschine, Steuer-/Schnittstelle (DSP oder PC)<br>• Netzkabel<br>• Grund-Werkzeugsatz<br>• Dokumentation EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (Z ≥ 152,4 mm; Vorschub ≥ 3810 mm/min; Eilgang ≥ 5000 mm/min; Wiederholgenauigkeit ≤ ±0,05 mm; Kugelgewindetriebe/äquivalent; Linearführungen)<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• G-Code-Kompatibilität und Netzparameter (110–240 V) |
| 9 | 1 | Hochleistungs-Tisch-Vakuum-Thermoformsystem | **Mindestanforderungen):**<br>• Formfläche: ≥ 430 × 280 mm; Plattengröße: ≥ 450 × 300 mm.<br>• Ziehtiefe / Materialstärke: maximale Ziehtiefe ≥ 160 mm; maximale Plattenstärke ≥ 6 mm.<br>• Heizung: Quarzheizelemente; ≥ 4 unabhängig steuerbare Heizzonen.<br>• Steuerung: integriertes Bedienfeld mit Rezept- / Programmspeicher für reproduzierbare Zyklen.<br>• Stromversorgung: 208–240 V AC, 50/60 Hz, ≤ 13 A; Leistungsaufnahme ca. ≤ 2,5 kW.<br>• Abmessungen / Gewicht: ca. 600–700 × 500–600 × 900–1000 mm; Gewicht ca. 70–80 kg.<br>• Konstruktion / Sicherheit: stabiles Industriegehäuse; Sicherheitsverriegelungen; CE-Konformität.<br>**Lieferumfang**: |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | • Maschine<br>• Formrahmen/Spannvorrichtungen<br>• Vakuumanschlüsse<br>• Netzkabel<br>• Basisausstattung Zubehör<br>• Dokumentation EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (Formfläche ≥ 430×280 mm; Ziehtiefe ≥ 160 mm; Plattenstärke ≥ 6 mm; ≥ 4 Heizzonen)<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Leistungsaufnahme ≤ 2,5 kW; 208–240 V |
| 10 | 1 | Großformatiger Vinyl-Schneideplotter (mit Standfuß), 720-mm-Klasse | **Mindestanforderungen:**<br>• Material- / Zuführbreite: maximale Zuführbreite ≥ 720 mm (28"); effektive Schnittbreite gemäß Datenblatt anzugeben.<br>• Mechanik / Rahmen: stabiles Aluminiumgehäuse; Bodenständer im Lieferumfang enthalten.<br>• Antrieb / Motor: Schrittmotor oder gleichwertige Technologie zur Gewährleistung der angegebenen Geschwindigkeit und Präzision.<br>• Schneidleistung: Geschwindigkeit 10–800 mm/s; Wiederholgenauigkeit ≤ ±0,1 mm.<br>• Messersystem: kompatibel mit branchenüblichen Messertypen (z. B. Standard-Messersysteme); einstellbare Schneidkraft; Stifthalter zum Plotten.<br>• Steuerung / Sprache: unterstützt HPGL und/oder DMPL.<br>• Konnektivität / Software: USB (und/oder Seriell/Ethernet); Schneidesoftware im Lieferumfang enthalten; Import gängiger Vektorformate über Plug-in oder Software (z. B. SVG / EPS / AI / PDF).<br>• Betriebssystem-Kompatibilität: Windows 10/11 (mindestens); Treiber und Software bereitzustellen.<br>**Lieferumfang**:<br>• Plotter mit Standfuß<br>• ≥ 3 Schneidemesser, Messerhalter<br>• Stifthalter<br>• Schnittstellen- und Netzkabel<br>• Benutzerhandbuch EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (Geschwindigkeit 10–800 mm/s; Wiederholgenauigkeit ≤ ±0,1 mm; HPGL/DMPL; USB/Ethernet optional)<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Software und Windows 10/11 Treiber |
| 11 | 1 | Hochpräzises industrielles Faserlaser-Schneidsystem in Portalbauweise (vollständig gekapselt, Laserklasse 1) | **Mindestanforderungen:**<br>• Laser / Verfahren: Faserlaser zum Schneiden von Metallen; vollständig gekapseltes Schutzgehäuse; Lasersicherheitsklasse 1.<br>• Mechanik / Portal: robustes Portalsystem; modulare Portalbreite passend zur Arbeitsfläche wählbar; bis zu 2 Schneidköpfe / Brennerhalter.<br>• Arbeitsbereich / Aufstellfläche: nutzbare Schnittbreite proportional zur gewählten Portalbreite (vom Anbieter anzugeben); gesamte Maschinenaufstellfläche zu spezifizieren; erforderliche Mindestfreiräume im Datenblatt auszuweisen.<br>• Bewegung / Antrieb: AC-Servoantriebe auf allen Bewegungsachsen.<br>• Leistung: Schnittgeschwindigkeit bis ca. 18.000 mm/min (abhängig von Leistung und Konfiguration); schneidbare Materialstärken abhängig von Laserleistung und Optik (Anbieter stellt Leistungs- bzw. Materialtabellen für gängige Metalle bereit).<br>• Stromversorgung: 400 V AC, 50 Hz (Drehstrom).<br>• Steuerung / Überwachung: integrierte visuelle Unterstützung (z. B. CCD-Kamera) zur Prozessbeobachtung und Ausrichtung; CNC-Steuerung zur Verarbeitung standardisierter Schneidpfade (z. B. DXF / DWG über CAM-Postprozessor).<br>• Sicherheit / Konformität: verriegeltes Schutzgehäuse, Not-Aus-Funktion, Anschlussmöglichkeit für Absaugung von Rauch und Partikeln; CE-Konformität. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | **Lieferumfang**:<br>• Maschine, Steuerungseinheit<br>• Vollständig gekapseltes Schutzgehäuse<br>• Erforderliche Verkabelung<br>• Basis-Düsen- und Linsensatz<br>• Benutzer- und Wartungsdokumentation EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (Arbeitsbereichsoptionen, AC-Servos, Schnittgeschw. ~18.000 mm/min, Material-/Leistungstabellen, CNC-Workflow DXF/DWG)<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Installationsanforderungen: 400 V AC, 50 Hz; Absaugung für Rauch/Partikel |
| 12 | 1 | Kompakter FDM-3D-Drucker mit hoher Druckqualität (Desktop-Format) | **Mindestanforderungen):**<br>• Bauraum: ≥ 180 × 180 × 180 mm; Schichthöhenbereich: 0,05–0,25 mm.<br>• Extrusion: 1,75-mm-Filament; Standarddüse 0,4 mm; Unterstützung austauschbarer Düsendurchmesser.<br>• Materialien: mindestens PLA, PETG, ASA/ABS; Fähigkeit zur Verarbeitung von Stützmaterialien (z. B. PVA/BVOH) sowie ausgewählten technischen und flexiblen Filamenten gemäß Datenblatt.<br>• Temperaturen: Düsentemperatur ≥ 280 °C; beheiztes Druckbett ≥ 100 °C.<br>• Extruder: Bowden-System oder gleichwertig mit Getriebeantrieb (ca. 3:1) zur Gewährleistung einer gleichmäßigen Materialzufuhr.<br>• Druckoberfläche: beheiztes Druckbett; abnehmbare magnetische Federstahlplatte mit Haftbeschichtung; Funktion zur Kompensation von Temperaturabweichungen in den Ecken („Cold Corner Compensation“) oder gleichwertige Technologie zur Gewährleistung einer gleichmäßigen Bett-Temperaturverteilung.<br>• Bedienung / Anzeige: integriertes Farbdisplay mit Vorschau der Druckdateien (G-Code) (ca. 2,8" oder größer).<br>• Konnektivität: USB und Ethernet (RJ45); optional WLAN; kompatibel mit gängigen Remote-Management- und Slicing-Lösungen.<br>• Bauform: Tischgerät (Desktop-Format); Gewicht ≥ 4 kg ≤ 5kg.<br>• Sicherheit / Konformität: Schutz vor thermischem Durchgehen („Thermal Runaway Protection“); CE-Konformität.<br>**Lieferumfang**:<br>• Betriebsbereiter Drucker<br>• Netzkabel, Basiswerkzeug<br>• ≥ 0,5 kg PLA<br>• Magnetische Federstahlplatte mit Haftbeschichtung<br>• Dokumentation EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (≥ 180×180×180 mm; 0,05–0,25 mm; Materialien PLA/PETG/ASA-ABS, PVA/BVOH; 280 °C/100 °C; Cold Corner Compensation; USB+Ethernet)<br>• CE-Konformitätserklärung |
| 13 | 1 | Ultrahochauflösender MSLA-3D-Drucker (Harzverfahren), native XY-Auflösung ≤ xx µm | **Mindestanforderungen):**<br>• Bauraum: ≥ 130 × 82 × 165 mm.<br>• XY-Auflösung: LCD-Display der (native XY-Auflösung ≤ xx µm<br>• ca. min. 13.000 × 5.000 Pixel); Pixelgröße ≤ 17 × 25 µm (ca.).<br>• Schichtdicke: ≥ 0,01 mm (10 µm).<br>• Druckgeschwindigkeit: ≥ 130 mm/Stunde bei 0,1 mm Schichthöhe.<br>• Belichtungseinheit: Lichtquelle mit hoher Gleichmäßigkeit (z. B. z. B. COB oder technisch gleichwertig mit Optik) zur Sicherstellung einer konsistenten Belichtung.<br>• Harzbehälter / Bauplattform: Bauplattform aus Aluminium; Harzbehälter mit FEP-Folie oder gleichwertiger Trennfolie.<br>• Nivellierung: manuelle oder unterstützte Nivellierung.<br>• Bedienung / Anzeige: integrierter Touchscreen (z.B. mindestens 7 Zoll<br>• Software: kompatibel mit gängigen MSLA-Slicer-Programmen; unterstützt |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | Standarddateiformate (z. B. STL / OBJ) und erzeugt druckfertige Dateien.<br>• Stromversorgung: 110–240 V AC, 50/60 Hz; interne 24-V-DC-Versorgung.<br>• Konnektivität: USB (mindestens); Netzwerkverbindung optional.<br>• Funktionen: automatische Harznachfüllung sowie grundlegende Selbstprüf- / Diagnosefunktionen (oder gleichwertige Workflow-Funktionen).<br>• Materialien: kompatibel mit gängigen Photopolymer-Harzen (z. B. Standard-, Hochgeschwindigkeits-, starre, biokompatible, transparente oder ABS-ähnliche Harze) gemäß Datenblatt.<br>• Bauform: Tischgerät (Desktop-Format); Abmessungen z.B. mindestens 200 x 200 x 400 mm; Gewicht ≥ 7 ≤ 10 kg.<br>• Sicherheit / Konformität: geschlossener Lichtpfad; CE-Konformität.<br>**Lieferumfang**:<br>• Drucker, Bauplattform<br>• Harzbehälter (FEP o. ä.)<br>• Netzkabel<br>• Basiswerkzeugsatz<br>• Testharz/Probenmaterial<br>• Dokumentation EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (Baur., native LCD-Auflösung inkl. Pixelmaß, Schichtdicke ≥ 0,01 mm, ≥ 130 mm/h, Auto-Harznachfüllung, Diagnosefunktionen)<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• SDS für mitgeliefertes Testharz |
| 14 | 1 | Hochauflösender Standalone-3D-Scanner (Infrarot-Technologie) | **Mindestanforderungen:**<br>• Infrarot-Structured-Light-Verfahren; Multi-IR-Kamera-System.<br>• Genauigkeit / Leistung: Einzelaufnahme-Genauigkeit ≤ 0,05 mm; Hochpräzisionsmodus ≤ 0,02 mm; Scangeschwindigkeit bis ≥ 15 fps.<br>• Erfassungsmodi: Einzelaufnahme und kontinuierliche Erfassung.<br>• Sichtfeld (FOV): Nahbereich ca. ≥ 28 × 53 mm; Fernbereich ca. ≤ 975 × 775 mm (Arbeitsabstand gemäß Herstellerangaben zu spezifizieren).<br>• Daten / Ausgabe: Export in STL, OBJ und PLY; kompatibel mit 3D-Druck-Workflows.<br>• Gerät / Standalone-Funktion: integriertes Betriebssystem (z. B. Android / Linux / proprietär); RAM ≥ 4 GB; Speicher ≥ 64 GB; integrierte Benutzeroberfläche.<br>• Hardware: 8-Kern-Prozessor ≥ 2,4 GHz oder vergleichbar in der Mindestleistung.<br>• Akku ≥ 5.000 mAh für ≥ 2 Stunden Scanbetrieb; Gewicht ≤ 0,75 kg.<br>• Schnittstellen / Drahtlos: USB-C; WLAN gemäß IEEE 802.11ax (Wi-Fi 6) oder höher; kompatibel mit Windows 10/11 (64 Bit) sowie macOS-Softwareanbindung.<br>• Optik / Beleuchtung: Infrarot-Fill-Lights und zusätzliche LEDs; Unterstützung von Scanspray für transparente, dunkle oder reflektierende Objekte.<br>**Lieferumfang**:<br>• 3D-Scanner<br>• USB-C-/Ladekabel<br>• Kalibrier-/Referenztargets (falls erforderlich)<br>• Transportkoffer, Basiszubehör<br>• Dokumentation EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (Genauigkeit ≤ 0,05 mm; High-Precision ≤ 0,02 mm; ≥ 15 fps; FOVs; STL/OBJ/PLY; 8-Kern ≥ 2,4 GHz; RAM ≥ 4 GB; Speicher ≥ 64 GB)<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Nachweis Wi-Fi 6, Schnittstellen, Akkulaufzeit ≥ 2 h |
| 15 | 50 | Pack mit 8 PETG-Filamentrollen | **Mindestanforderungen:**<br>• Material: PETG-Filament, geeignet für FFF/FDM-3D-Drucker.<br>• Durchmesser/Toleranz: 1,75 mm (±0,02–0,05 mm) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | • Druckparameter: Gemäß Herstellerdatenblatt; typischer Bereich Düse 220–250 °C, Heizbett 60–90 °C (abweichende Profile zulässig, wenn herstellerseitig empfohlen).<br>• Haftung/Druckoberflächen: Sichere Haftung auf Standardflächen (z. B. PEI, Glas, beschichtete Federstahlplatte); Angaben zu empfohlenen Haftvermittlern beilegen.<br>• Fließverhalten/Prozessstabilität: Gleichmäßiger Extrusionsfluss; geeignet für erhöhte Druckgeschwindigkeiten im Rahmen der Herstellerempfehlungen; geringe Neigung zu Stringing/Blobs bei sachgemäßer Trocknung.<br>• Mechanische Eigenschaften: Kennwerte (z. B. Zugfestigkeit, Bruchdehnung, Schlagzähigkeit, Wärmeformbeständigkeit) gemäß Datenblatt (ISO/ASTM).<br>• Feuchtigkeitsmanagement: Lieferung trocken; Filament feuchtigkeitsarm verpackt; Herstellerhinweise zum Trocknen (Temperatur/Zeit) beilegen.<br>• Maßhaltigkeit/Oberfläche: Konstante Rundheit, keine Überlappungen/Knoten; saubere Wicklung.<br>**Lieferumfang**:<br>• 8 Rollen PETG 1,75 mm in Schutzverpackung<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (Durchmessertoleranz, Druckparameter, mechanische Kennwerte gem. ISO/ASTM)<br>• Hinweise zum Feuchtigkeitsmanagement (Trocknung)<br>• CE, falls anwendbar |
| 16 | 2 | Formulierung: Hochgeschwindigkeits-FDM-Drucker mit Mehrmaterial- oder Mehrfarbendruck. Nicht den Bewegungsmechanismus (CoreXY), sondern die geforderte Leistung beschreiben | **Mindestanforderungen:**<br>• Hochgeschwindigkeits-FDM-Drucker mit Mehrmaterial- oder Mehrfarbendruck einsatzbereit.<br>• Druckgeschwindigkeit: Maximale Geschwindigkeit ≥ 500 mm/s; Geeignet für eine effiziente und zügige Herstellung von Prototypen min. 20.000 mm/s².<br>Kalibrierung: Integriertes automatisches Kalibrierungssystem; intelligentes Tuning.<br>• Düsentemperatur: ≥ 350 °C.<br>• Druckvolumen: mindestens 256 × 256 × 256 mm.<br>• Multicolor-Druck: 4-Farben-Druck mit intelligenter Filamenterkennung und sofortigem Farbwechsel.<br>• Materialvielfalt: Kompatibel mit einer breiten Palette von Materialien mit präziser Temperaturkontrolle.<br>• Konnektivität: USB und/oder SD-Karte;<br>• Stromversorgung: 220–240 V AC, 50/60 Hz.<br>• Betrieb: Muss reibungslos und ohne technische Komplikationen funktionieren.<br>**Lieferumfang**:<br>• Betriebsbereiter Drucker<br>• Werkzeuge, Ersatzdüse 0,4 mm, Schmiermittel/Anleitung<br>• Haftoberfläche oder kompatibles System<br>• ≥ 250 g Filament (1,75 mm) für Funktionstest (Materialtyp angeben)<br>• Slicer-Profile/Voreinstellungen (Download/Datenträger)<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (≥ 500 mm/s; ≥ 20.000 mm/s²; Auto-Kalibrierung; T° ≥ 350 °C; Bauraum ≥ 256³ mm; 4-Farben mit Filamenterkennung)<br>• CE-Konformitätserklärung, RoHS<br>• Slicer-Kompatibilität, Schnittstellen |
| 17 | 5 | High-Performance Fast UV-Curable 3D Printing Resin | **Mindestanforderungen:**<br>• Harztyp: Standard-Fotopolymerharz für 3D-Druck mit mechanischen Eigenschaften vergleichbar mit ABS (Nachweis/Prüfwerte angeben).<br>• Härtung: UV-härtend, kompatibel mit 405 nm.<br>• Prozessfähigkeit: Viskosität geeignet für erhöhte Druckgeschwindigkeiten; stabile Prozessqualität.<br>• Mechanik: Kombination aus Steifigkeit und Zähigkeit; stoßbeständig (Prüfstandard und Kennwerte angeben).<br>• Emissionen: geringer Geruchsausstoß während des Druckprozesses. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | • Reinigung: Reinigung mit Druckluft und Isopropanol möglich.<br>• Präzision: hohe Maßhaltigkeit und Detailabbildung (Toleranzen angeben).<br>• Oberfläche/Schichtauflösung: feine Schichtauflösung; glatte Oberflächen (z. B. Rauheitswert Ra angeben).<br>• Kompatibilität: kompatibel mit den meisten 405-nm LCD- und DLP-3D-Druckern; geeignet für hohe Maskenauflösungen (z. B. 8K).<br>• Anwendungen: geeignet u. a. für Tischmodelle, funktionale Prototypen und industrielle Musterteile.<br>**Lieferumfang**:<br>• UV-geschützte Flasche(n) mit Originalversiegelung<br>• Gebindegröße (z. B. 1.000 ml)<br>• MHD ≥ 12 Monate bei 20–25 °C<br>**Nachweise**:<br>• Sicherheitsdatenblatt (SDS) gem. REACH/CLP<br>• Datenblatt (405 nm, Viskosität, Maßtoleranzen, mechanische Eigenschaften mit Norm/Prüfwerten)<br>• Hinweis: CE i. d. R. nicht anwendbar |
| 18 | 2 | Virtual Reality Headset | **Mindestanforderungen:**<br>• Produkttyp: Standalone-VR-Headset mit Mixed-Reality-Funktionen (hochwertiger Passthrough, mind. Farb-Passthrough) mit min. 512 GB Speicher. die Kapazität muss ausreichend für lokale Installation und Ausführung der vorgesehenen Schulungs-/Demoinhalte sein (Anbieter bestätigt Eignung<br>• Anzeige: Weites Sichtfeld (mind. 95° horizontal); Bildwiederholrate mind. 90 Hz.<br>• Auflösung: Mindestens 2064 × 2208 Pixel pro Auge (oder höher).<br>• Ergonomie: Ausgewogene Gewichtsverteilung, verstellbares Kopfband; geeignet für längere Nutzung (>60 Min.) inkl. Brillenträger-kompatibler Abstandshalter.<br>• Speicher: Mindestens 256 GB interner Speicher (oder höher).<br>• Konnektivität: WLAN (mind. Wi-Fi 6) und Bluetooth; USB-C; Kompatibilität mit gängigen VR-Standards/Plattformen (z. B. OpenXR) und regelmäßige Firmware-/Software-Updates.<br>• Tracking und Controller: Inside-Out-Tracking ohne externe Sensoren; zwei 6DoF-Controller oder Handtracking.<br>• Sicherheit/Datenschutz: Lokale Benutzerverwaltung, Möglichkeit zum Abschalten von Telemetrie.<br>**Lieferumfang**:<br>• VR-Headset inkl. Standardzubehör (Controller, Kopfband, Lade-/Datenkabel, Netzteil) in Schutzverpackung<br>• Betriebsbereit<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (FOV ≥ 95° horiz., ≥ 90 Hz; ≥ 2064×2208 px/Auge; Speicher ≥ 256/512 GB; Wi-Fi 6, BT, USB-C; OpenXR; Inside-Out; 6DoF)<br>• CE-Kennzeichnung und Konformitätserklärung<br>• Erklärung zur lokalen Benutzerverwaltung und deaktivierbarer Telemetrie; Update-Policy |
| [2] | | | |

| **Los 2: Elektronik- und Robotikbereich** | | | |
|---|---|---|---|
| **Positionen** | **Menge** | **Bezeichnung** | **Beschreibung** |
| 19 | 1 | Hochpräzises, geregeltes DC-Labor- | **Mindestanforderungen:**<br>• Ausgangsbereich: 0–30 V DC, 0–5 A DC; Betrieb im Konstantspannungsmodus (CV) und Konstantstrommodus (CC).<br>• Anzeige: 4-stellige Anzeige für Spannung und Strom.<br>• Eingangsspannung: 115/230 V AC ±10 %, 50/60 Hz (umschaltbar oder automatische |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | Netzgerät | Bereichsanpassung).<br>• Leistungsdaten (CV): Spannungsstabilität ≤ 0,1 % ± 3 mV; Lastregelung ≤ 0,2 % ± 3 mV; Restwelligkeit ≤ 0,5 % Spitze-Spitze.<br>• Leistungsdaten (CC): Stromstabilität ≤ 0,1 % ± 3 mA; Lastregelung ≤ 0,2 % ± 3 mA; Restwelligkeit ≤ 0,5 % Spitze-Spitze.<br>• Dynamisches Verhalten: Erholzeit ≤ 500 µs; Temperaturkoeffizient ≤ 100 ppm/°C.<br>• Schutzfunktionen: Überspannungsschutz (OVP), Überstromschutz (OCP), Kurzschlussschutz, Übertemperaturschutz; sicherer Abschaltmodus und automatische Wiederherstellung.<br>• Zusätzliche Anschlüsse: USB-A- und USB-C-Schnellladeanschlüsse.<br>• Schnittstellen: Frontseitige Sicherheitsausgänge (4-mm-Bananenbuchsen / Sicherheitsklemmen).<br>• Sicherheit / Konformität: CE-Konformität.<br>**Lieferumfang**:<br>• Labor-Netzgerät<br>• AC-Netzkabel<br>• Benutzerhandbuch EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Technisches Datenblatt (Ausgangsbereich, CV/CC, Stabilität/Regelung, Restwelligkeit, Erholzeit, Schutzfunktionen, USB-A/C, Frontausgänge, Eingang 115/230 V) |
| 20 | 1 | Kontinuierlich zoomendes Stereo-Inspektionsmikroskop für Inspektion und Analyse | **Mindestanforderungen:**<br>• Anwendungsbereich: geeignet für Qualitätskontrolle sowie allgemeine Laboranwendungen (z. B. Zoologie/Botanik, Präparation, Dissektion, Gewebevorbereitung, Parasitenanalyse).<br>• Optik / Zoom: kontinuierlicher Zoombereich ca. 7×–45× (Objektiv- und Okularkombination zur Erreichung dieses Bereichs); achromatische oder höherwertige Optik für klare Bildwiedergabe.<br>• Beleuchtung: integrierte Auflicht- (Epi-) und Durchlicht-LED-Beleuchtung mit einstellbarer Intensität.<br>• Stativ / Arbeitsbereich: ergonomisches Stativ mit stabilem, großem Arbeitsbereich; Fokussierung mit Grob- und Feintrieb oder gleichwertigem Mechanismus mit einstellbarer Fokusspannung.<br>• Okulare: Weitfeldokulare (z. B. WF10×) mit einstellbarem Augenabstand sowie Dioptrienausgleich.<br>• Arbeitsabstand: geeignet für manuelle Manipulation unter dem Objektiv; Arbeitsabstand (WD) bei mittlerer Vergrößerung vom Anbieter anzugeben.<br>• Stromversorgung: 100–240 V AC, 50/60 Hz.<br>**Lieferumfang**:<br>• Mikroskopkopf<br>• Stativ mit Auflicht-/Durchlicht-LED<br>• Weitfeldokulare<br>• Staubschutzhaube<br>• Netzteil<br>• Benutzerhandbuch EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Datenblatt (Zoombereich, Optik, Beleuchtung, Arbeitsabstand, Stromversorgung) |
| 21 | 1 | Zweikanaliges digitales Tisch-Oszilloskop | **Mindestanforderungen:**<br>• Bandbreite: ≥ 110 MHz.<br>• Kanäle: 2 unabhängige analoge Eingänge; Kopplung AC/DC/GND; einstellbare Eingangsimpedanz sowie einstellbare Tastkopf-Dämpfungsfaktoren.<br>• Abtastrate: ≥ 500 MS/s (mindestens auf einem Kanal; Interleaving-Verhalten vom Anbieter zu spezifizieren).<br>• Speichertiefe: ≥ 10 kpts pro Kanal.<br>• Anzeige: ≥ 7-Zoll-Farbdisplay mit automatischen Messfunktionen und Cursor-Funktion.<br>• Erfassungsfunktionen: Wellenformspeicherung und -wiedergabe (≥ 16 Datensätze); |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | mindestens Flankentrigger; mathematische Funktionen sowie FFT-Analyse oder gleichwertige Funktionalität.<br>• Schnittstellen: USB-Device und USB-Host zur PC-Anbindung sowie Datenexport (Screenshots / Wellenformen).<br>• Strommessung: kompatibel mit externen Stromzangen/-sonden; Skalierungsfaktoren einstellbar (z. B. 100 mA/V bis 1 kA/V).<br>• Stromversorgung: 100–240 V AC, 50/60 Hz.<br>• Sicherheit / Konformität: CE-Konformität.<br>**Lieferumfang**:<br>• Oszilloskop<br>• Netzkabel<br>• 2 passive, bandbreitenangepasste Tastköpfe<br>• USB-Kabel<br>• Benutzerhandbuch EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Datenblatt (Bandbreite, Kanäle, Abtastrate, Speichertiefe, Display, Trigger/Mathe/FFT, USB-Host/Device) |
| 22 | 10 | Standard-Entwicklungs-Mikrocontroller für Prototyping | **Mindestanforderungen:**<br>• Mikrocontroller: 8-Bit-RISC-Architektur, ca. 16 MHz; 5 V Logikpegel.<br>• Programmierung: USB-Schnittstelle; ICSP-Programmierheader.<br>• Ein-/Ausgänge: ≥ 14 digitale GPIO-Pins (davon ≥ 6 PWM-fähig); ≥ 6 analoge Eingänge (10 Bit Auflösung).<br>• Speicher: ≥ 16 KB Flash; ≥ 1 KB SRAM; ≥ 0,5 KB EEPROM (oder gleichwertige Speicherarchitektur).<br>• Stromversorgung: USB- oder externe DC-Versorgung; integrierter Spannungsregler.<br>• Formfaktor / Anschlüsse: 2,54-mm-Pin-Header; kompatibel mit gängigen Entwicklungsumgebungen und Toolchains.<br>**Lieferumfang**:<br>• Entwicklungsboard<br>• USB-Kabel<br>• Schnellstartanleitung EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Datenblatt (Takt, I/O, Speicher, Programmierung USB/ICSP, Formfaktor/Headers) |
| 23 | 10 | 40W Präzisions-Analog-Lötstation | **Mindestanforderungen:**<br>• Leistung / Spannung: Versorgung 230 V AC; Ausgangsleistung ≥ 40 W.<br>• Temperaturbereich: einstellbar 200–400 °C über analoge Regelung (Potentiometer / Drehregler).<br>• Sicherheit: galvanisch getrenntes Niederspannungs-Lötelement; ESD-sichere Ausführung; CE-Konformität.<br>• Handstück / Ergonomie: leichtes Lötkolben-Handstück mit wärmeisoliertem Griff; stabile Ablage mit Reinigungsmöglichkeit der Lötspitze (Schwamm oder Messingwolle).<br>• Lötspitzen: austauschbare Standard-Lötspitzen; mindestens eine Feinspitze im Lieferumfang enthalten.<br>**Lieferumfang**:<br>• Lötstation (Netzteil/Station)<br>• Handstück<br>• Halterung<br>• Reinigungselement (Schwamm/Messingwolle)<br>• Mindestens 1 Ersatzspitze<br>• Netzkabel<br>• Benutzerhandbuch EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• CE-Konformitätserklärung |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | • Datenblatt (Leistung/Spannung, Temperaturbereich, ESD/Isolation, Spitzenkompatibilität) |
| 24 | 1 | Hochpräzises industrielles Digitalmultimeter (True RMS) | **Mindestanforderungen:**<br>• Messfunktionen: AC/DC-Spannung bis ≥ 1000 V; AC/DC-Strom bis ≥ 10 A dauerhaft (≥ 20 A für 30 s); Widerstand bis ≥ 50 MΩ; Temperaturmessung inklusive (Fühler im Lieferumfang enthalten).<br>• Genauigkeit / Signalverarbeitung: True-RMS-Messung für Wechselgrößen; Tiefpassfilter für Spannung/Frequenz bei frequenzvariablen Antrieben; Hochauflösungsmodus ≥ 20.000 Counts.<br>• Anzeige: hintergrundbeleuchtetes LCD-Display mit analoger Balkenanzeige.<br>• Temperaturmessbereich: ca. −200 °C bis ≥ 1090 °C (oder gleichwertig laut Herstellerangabe; Temperaturfühler und Einheit wählbar °C/°F).<br>• Sicherheit / Konformität: Messkategorie CAT III ≥ 1000 V und CAT IV ≥ 600 V (oder höher); CE-Konformität.<br>• Zusatzfunktionen: Durchgangsprüfung und Diodentest; Data-Hold-Funktion; automatische/manuelle Bereichswahl; abgesicherte Eingänge (Sicherungsschutz für A-/mA-Eingänge).<br>**Lieferumfang**:<br>• Multimeter<br>• Messleitungen<br>• Temperaturfühler<br>• Eingesetzte Sicherungen<br>• Batterie<br>• Benutzerhandbuch EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Datenblatt (Messfunktionen/Genauigkeit, CAT-Kategorien, Zusatzfunktionen, Hochauflösungsmodus) |
| 25 | 1 | Hochpräzises Labor-Digitalmultimeter (6,5-stellig) | **Mindestanforderungen:**<br>• Auflösung / Genauigkeit: 6,5 Stellen; Grundgenauigkeit DC-Spannung ≤ 0,0024 %<br>• Gleichspannungsmessung (DCV): Messbereiche von ≥ 100 mV bis ≥ 1000 V; Auflösung bis ≤ 100 nV.<br>• Gleichstrommessung (DCI): Messbereiche von ≥ 100 µA bis ≥ 10 A; Auflösung bis ≤ 100 pA.<br>• Widerstandsmessung: Messbereiche von ≥ 10 Ω bis ≥ 1 GΩ; Auflösung bis ≤ 10 µΩ.<br>• Zusatzmessungen: Frequenz, Periodendauer, Kapazität und Temperaturmessung.<br>• Anzeige / Analyse: grafische Trendanzeige sowie integrierte statistische Funktionen (z. B. Mittelwert, Standardabweichung).<br>• Sicherheit / Konformität: Messkategorie CAT I 1000 V, CAT II 600 V; CE-Konformität.<br>• **Schnittstellen (empfohlen):** USB und/oder LAN (Ethernet) oder gleichwertig zur Fernsteuerung und Datenaufzeichnung; Unterstützung von SCPI-Befehlen oder gleichwertigem Steuerprotokoll<br>**Lieferumfang**:<br>• Messgerät<br>• Messleitungen<br>• Temperaturfühler/Sensor<br>• Netzkabel<br>• Werkskalibrierzertifikat (min. 1 Jahr gültig)<br>• Benutzerhandbuch EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Datenblatt (DCV/DCI/Ω-Bereiche und Auflösungen, Grundgenauigkeit, Zusatzmessungen, Schnittstellen/SCPI) |
| 26 | 10 | Hochleistungs-Single-Board- | **Mindestanforderungen:**<br>• SoC / Prozessor: 64-Bit-Quad-Core-Prozessor mit ≥ 2,4 GHz oder vergleichbar in der Mindestleistung.<br>• Arbeitsspeicher: ≥ 8 GB RAM. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | Computer (SBC) – 8 GB RAM | • Grafik: GPU mit Unterstützung für 4K-Videoausgabe; HDMI-Displayausgang unterstützt.<br>• Konnektivität (kabelgebunden / drahtlos): Gigabit-Ethernet; WLAN 802.11ac Dual-Band; Bluetooth 5.0.<br>• Schnittstellen (I/O): ≥ 2× USB 3.0 und ≥ 2× USB 2.0; Unterstützung für Display-Schnittstellen (z. B. HDMI).<br>• Speicher: bootfähiges, entnehmbares Speichermedium oder integrierter Speicher (vom Anbieter zu spezifizieren).<br>• Stromversorgung: SBC-spezifisch; Spannung und Anschlussart vom Anbieter anzugeben; CE-Konformität.<br>• Software: Unterstützung gängiger Betriebssysteme für SBC-Plattformen; entsprechende Dokumentation bereitzustellen.<br>**Lieferumfang**:<br>• SBC-Board<br>• Netzteil<br>• Kühlkörper/Lüfter (falls erforderlich)<br>• Schnellstartanleitung EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Datenblatt (CPU/GPU, RAM, I/O, Ethernet/WLAN/BT, Speicheroption, OS-Support, Versorgung) |
| 27 | 10 | Erweitertes Entwicklungs-Mikrocontroller-Board – ARM Cortex-M4 Klasse (mit FPU) | **Mindestanforderungen:**<br>• Mikrocontroller: ARM Cortex-M4 mit FPU; Kerntaktfrequenz ≥ 170 MHz.<br>• Speicher (on-chip): ≥ 128 KB Flash; ≥ 32 KB SRAM.<br>• Schnittstellen: USB-C (Device oder OTG); CAN-Bus; ≥ 3× SPI; ≥ 3× I²C; ≥ 3× USART/UART.<br>• Analoge Funktionen: ≥ 18 Kanäle ADC mit 12 Bit Auflösung; ≥ 2 DAC mit 12 Bit Auflösung.<br>• Betriebsspannung (VCC): 1,7–3,6 V; Pegelverträglichkeit der Pins gemäß Datenblatt (z. B. −0,3 bis 5,5 V unter spezifizierten Bedingungen).<br>• GPIO-Ansteuerung: Strombelastbarkeit pro Pin bis ±25 mA (gemäß Datenblattgrenzen).<br>• Debug-Schnittstellen: SWD und/oder JTAG.<br>• Stromversorgung / ESD: integrierte Spannungsregelung über USB-C oder externe Versorgung; ESD-Schutz für USB- und I/O-Schnittstellen gemäß CE-Anforderungen.<br>• Entwicklungsunterstützung: kompatibel mit gängigen IDEs und Toolchains; CMSIS-Unterstützung; Bootloader oder Debug-Programmierfunktion.<br>**Lieferumfang**:<br>• Entwicklungsboard<br>• USB-C-Kabel<br>• Pin-Header (falls nicht vormontiert)<br>• Schnellstartanleitung EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Datenblatt (Takt, Speicher, Schnittstellen, ADC/DAC, ESD/Versorgung, Debug, IDE/Toolchains, BSP/Pinout) |
| 28 | 10 | Hochpräziser digitaler Umweltsensor (Temperatur & Luftfeuchtigkeit) | **Mindestanforderungen:**<br>• Messprinzip: integrierter kapazitiver Feuchtesensor (RH) sowie Halbleiter-Temperatursensor.<br>• Betriebsspannung: 1,8–3,6 V.<br>• Schnittstelle: I²C.<br>• Temperaturmessung: Messbereich −40 °C bis +85 °C; Auflösung ≤ 0,01 °C; Genauigkeit ≤ ±0,3 °C.<br>• Luftfeuchtigkeitsmessung: Messbereich 0–100 % rF; Auflösung ≤ 0,024 % rF; Genauigkeit ≤ ±2 % rF.<br>• Energieverbrauch: niedriger Energieverbrauch; typische Stromaufnahme im Aktiv- und Standby-Betrieb vom Anbieter anzugeben.<br>**Lieferumfang**: |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | • Sensor (IC oder Modul)<br>• Kurz-Datenblatt<br>• Anwendungshinweise<br>• Dokumentation EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• CE-Konformitätserklärung (falls Modul/Endgerät)<br>• Datenblatt (Messbereiche, Auflösungen, Genauigkeiten, I²C, Versorgung, Stromaufnahme) |
| 29 | 10 | Kontinuierlich rotierender Hochleistungs-Servo-Motor (Metallgetriebe) | **Mindestanforderungen:**<br>• Drehbewegung: kontinuierliche Rotation (0–360° ohne mechanische Begrenzung).<br>• Geschwindigkeit (ohne Last): ≤ 0,20 s/60° bei 4,8 V; ≤ 0,17 s/60° bei 6,0 V.<br>• Haltemoment (Stall Torque): ≥ 9 kg·cm bei 4,8 V; ≥ 11 kg·cm bei 6,0 V.<br>• Betriebsspannung: 4,8–7,2 V.<br>• Betriebstemperatur: 0–55 °C.<br>• Getriebe: Metallgetriebe (vollständiger Metallzahnradsatz).<br>• Steuerung: standardisiertes RC-PWM-Signal (3-Leiter-System: GND / Versorgung / Signal).<br>• Anschlusskabel: ca. 300 mm Länge mit kodiertem Steckverbinder.<br>**Lieferumfang**:<br>• Servo-Motor<br>• Servoarme (Hörner)<br>• Befestigungsschrauben<br>• Dokumentation EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Datenblatt (Geschwindigkeit, Haltemoment, Spannung, Temperatur, PWM/Anschluss) |
| 30 | 10 | Hochmoment-Industrie-Schrittmotor (NEMA 23) | **Mindestanforderungen:**<br>• Bauform / Typ: NEMA 23, bipolar.<br>• Schrittwinkel: 1,8° (200 Schritte/Umdrehung).<br>• Phasenstrom: ≥ 2,8 A pro Phase.<br>• Haltemoment: ≥ 1,2 Nm.<br>• Anschluss: 4-Leiter-Ausführung.<br>• Anwendungsbereich: geeignet für CNC-Maschinen, 3D-Drucker, Gravurmaschinen, Robotik und Präzisionspositionierungssysteme.<br>**Lieferumfang**:<br>• Motor<br>• Datenblatt (inkl. Verdrahtungsschema, Drehmoment-Drehzahl-Kennlinie)<br>• Dokumentation EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Datenblatt (Schrittwinkel, Phasenstrom, Haltemoment, Anschluss, Einsatzbereich) |
| 31 | 10 | Digitale Achssteuerungs-Schnittstelle (CNC-Shield + Leistungs-Treiber) | **Mindestanforderungen:**<br>• Funktion / Shield: CNC-Erweiterungsboard zur Steuerung von bis zu 4 Schrittmotorachsen; kompatibel mit Logikpegeln 3,3 V und 5 V.<br>• Treiber: 4× Schrittmotor-Treibermodule; Versorgungsspannung 9–35 V DC; einstellbare Strombegrenzung.<br>• Mikroschrittbetrieb: Vollschritt, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16.<br>• Schutz- und Betriebsfunktionen: Überstromschutz, Übertemperaturschutz (thermische Abschaltung), Kurzschlussschutz, Schutz vor Querstrom, Erdschlussüberwachung; Unterspannungsschutz (UVLO); niedriger RDS (on); Stromregelung mit Misch-/Slow-Decay-Modus; automatische Decay-Modus-Auswahl; Phasenoptimierung und energieeffizienter Betrieb.<br>• Schnittstellen: Standardisierte STEP/DIR/ENABLE-Signale; kompatibel mit gängiger CNC-Firmware und Steuerungssystemen.<br>• Betriebshinweis: Hot-Plugging der Treiber nicht zulässig (Motoranschluss nur im spannungsfreien Zustand). |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | **Lieferumfang**:<br>• CNC-Shield<br>• 4 Treibermodule mit Kühlkörpern<br>• Jumper-Set<br>• Dokumentation EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Datenblatt (Achszahl, Spannungen/Ströme, Microstepping, Schutzfunktionen, STEP/DIR/ENABLE, Hinweise zu Hot-Plugging) |
| 32 | 1000 | Standard-Präzisions-Durchsteckwiderstand (THT), 220 Ω | **Mindestanforderungen:**<br>• Widerstandswert: 220 Ω<br>• Nennleistung: ≥ 0,25 W (¼ W).<br>• Toleranz: ±1 % oder ±5 %.<br>• Technologie: Kohleschicht- oder Metallschichtwiderstand; isolierte Schutzbeschichtung.<br>• Bauform / Anschluss: axialer Durchsteckwiderstand (THT), kompatibel mit Breadboard und Leiterplatten.<br>• Abmessungen: ca. 6,5 × 2,5 mm (oder Standard-¼-W-THT-Baugröße).<br>**Lieferumfang**:<br>• Eindeutig gekennzeichnete Widerstände (Wert/Toleranz)<br>• Datenblatt EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• CE (sofern anwendbar)<br>• Datenblatt (Wert, Nennleistung, Toleranz, Technologie, Abmessungen) |
| 33 | 1000 | Radialer Elektrolytkondensator 220 µF / 25 V | **Mindestanforderungen:**<br>• Kapazität: 220 µF<br>• Nennspannung: ≥ 25 V DC<br>• Toleranz: ±20 %<br>• Temperaturbereich: −40 °C bis +105 °C<br>• Bauform / Typ: radialer Elektrolytkondensator, THT (Durchsteckmontage); Standardabmessungen für 220 µF / 25 V (Ø × Höhe sowie Rastermaß vom Anbieter anzugeben).<br>• Lebensdauer / Zuverlässigkeit: Angabe der Lebensdauer bei 105 °C (z. B. ≥ 1.000 h oder höher) sowie des zulässigen Ripple-Stroms durch den Anbieter.<br>**Lieferumfang**:<br>• Eindeutig gekennzeichnete Bauteile (Kapazität, Spannung, Polarität)<br>• Datenblatt EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (Kapazität, Spannung, Toleranz, Temperaturbereich, Abmessungen, Lebensdauer, Ripple-Strom) |
| 34 | 1000 | Allzweck-NPN-Bipolar-Signaltransistor (TO-92) | **Mindestanforderungen:**<br>• Typ / Polarität: NPN-Bipolartransistor (BJT)<br>• Gehäuse: TO-92 (Durchsteckmontage).<br>• Elektrische Grenzwerte: Kollektorstrom Ic ≥ 100 mA; Kollektor-Emitter-Spannung VCE ≥ 45 V; Kollektor-Basis-Spannung VCB ≥ 50 V; Basis-Emitter-Spannung / Emitter-Basis-Spannung gemäß Datenblatt.<br>• Verlustleistung: Pd ≥ 500 mW bei 25 °C (Derating gemäß Datenblatt).<br>• Stromverstärkung (hFE): Bereich 110–800 (typisch ca. 200 bei Ic ≈ 10 mA), gemäß Sortierklassen des Herstellers.<br>• Betriebstemperatur: −55 °C bis +150 °C.<br>• Anschlüsse: 3 Pins; Pinbelegung (E/B/C) eindeutig im Datenblatt spezifiziert.<br>**Lieferumfang**:<br>• Eindeutig gekennzeichnete Bauteile<br>• Datenblatt EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (Grenzwerte, hFE-Bereiche vs. Ic, Pinbelegung, thermisches Derating) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 35 | 1000 | Einphasen-Brückengleichrichter (GBU-Gehäuse), 8 A / 800 V Klasse | **Mindestanforderungen:**<br>• Typ / Funktion: Einphasen-Brückengleichrichter (Graetz-Schaltung mit 4 integrierten Dioden).<br>• Gehäuse: GBU-Flachgehäuse (für Leiterplattenmontage oder Kühlkörpermontage geeignet).<br>• Elektrische Nennwerte:<br>○ Durchschnittlicher Vorwärtsstrom IF(AV) ≥ 8 A (bei angegebenen Umgebungs-/Gehäusetemperaturen gemäß Datenblatt)<br>○ Wiederkehrende Spitzensperrspannung VRRM ≥ 800 V<br>• Thermische / mechanische Eigenschaften: Durchsteckanschlüsse; Montageoption für Kühlkörper (falls vorgesehen); Sperrschichttemperaturbereich gemäß Datenblatt (typisch ≥ −55 °C bis +150 °C).<br>• Elektrische Eigenschaften: Vorwärtsspannung und Sperrstrom bei Nennbedingungen im Datenblatt spezifiziert.<br>**Lieferumfang**:<br>• Eindeutig gekennzeichnete Bauteile<br>• Datenblatt EN/FR (mit Gehäusezeichnung, Pinbelegung)<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (Grenzwerte, VRRM ≥ 800 V, IF(AV) ≥ 8 A, thermische Daten, Vorwärtsspannung/Sperrstrom) |
| 36 | 100 | 2-Kanal-12V-Relaismodul | **Mindestanforderungen:**<br>• Kanäle: 2 unabhängige Relaisausgänge.<br>• Versorgungsspannung: 12 V DC.<br>• Spulenstrom: ≤ 20 mA pro Relais (typisch 15–20 mA).<br>• Kontaktbelastbarkeit: AC bis 250 V / 10 A; DC bis 30 V / 10 A.<br>• Isolation: galvanische Trennung (Optokoppler) zwischen Steuereingängen und Relaisspulen.<br>• Steuereingänge: kompatibel mit Logikpegeln; aktiver Pegel und Eingangsstrom vom Anbieter zu spezifizieren.<br>• Anzeige: LED-Statusanzeige pro Relaiskanal.<br>• Anschlüsse: Schraubklemmen für Last- und Versorgungskreise; Stiftleisten/Headers für Steuersignale.<br>• Sicherheit / Konformität: CE-Konformität; ausreichende Kriech- und Luftstrecken gemäß spezifizierten Spannungen.<br>**Lieferumfang**:<br>• Relaismodul<br>• Kurzanleitung EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Datenblatt (Kontaktlasten, Isolation/Optokoppler, Eingänge, LED-Anzeigen, Kriech-/Luftstrecken) |
| 37 | 100 | 8-Kanal-12V-Relaismodul | **Mindestanforderungen:**<br>• Kanäle: 8 unabhängige Relaisausgänge.<br>• Versorgungsspannung: 12 V DC.<br>• Spulenstrom: ≤ 20 mA pro Relais (typisch 15–20 mA).<br>• Kontaktbelastbarkeit: AC bis 250 V / 10 A; DC bis 30 V / 10 A.<br>• Isolation: galvanische Trennung (Optokoppler) zwischen Steuereingängen und Relaisspulen.<br>• Steuereingänge: kompatibel mit Logikpegeln; aktiver Pegel sowie Eingangsstrom vom Anbieter zu spezifizieren.<br>• Anzeige: LED-Statusanzeige für jeden Relaiskanal.<br>• Anschlüsse: Schraubklemmen für Last- und Versorgungskreise; Stiftleisten/Headers für Steuersignale.<br>• Sicherheit / Konformität: CE-Konformität; ausreichende Kriech- und Luftstrecken gemäß den angegebenen Spannungen.<br>**Lieferumfang**:<br>• Kupferplatten gemäß Spezifikation |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | • Materialzertifikat/Datenblatt EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Materialnachweis nach EN o. ä. (Legierung, Dicke, Toleranzen, Oberfläche, Planheit/Kanten) |
| 38 | 100 | Kupferplatte 20 × 30 cm | **Mindestanforderungen:**<br>• Abmessungen: ≥ 200 × 300 mm (Schnitt- bzw. Fertigungstoleranz gemäß üblichen Blechbearbeitungsstandards).<br>• Material: Kupfer (Legierung / Güte anzugeben, z. B. ETP C110 oder gleichwertig).<br>• Dicke: vom Anbieter zu spezifizieren (z. B. 0,8–1,6 mm); Dickentoleranz gemäß Herstellerangabe.<br>• Oberfläche: Walz- bzw. Standardoberfläche (mill finish); frei von tiefen Kratzern, Beulen oder Korrosion; Schutzfolie optional.<br>• Planheit / Kanten: ebene Platte; entgratete Kanten.<br>**Lieferumfang**:<br>• Kupferplatten gemäß Spezifikation<br>• Materialzertifikat/Datenblatt EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Materialnachweis nach EN o. ä. (Legierung, Dicke, Toleranzen, Oberfläche, Planheit/Kanten) |
| 39 | 100 | Rapid-Prototyping-Steckboard (ca. 830 Kontaktpunkte) | **Mindestanforderungen:**<br>• Kontaktpunkte: ca. 830 Gesamtpunkte (inklusive 2 Versorgungsschienen).<br>• Rastermaß: 2,54 mm (0,1").<br>• Drahtkompatibilität: für massive Drähte (solid core) im Bereich 20–29 AWG geeignet.<br>• Konstruktion: ABS-Gehäuse mit Kontakten aus Phosphorbronze oder Nickel-Silber.<br>• Rückseite: selbstklebend und/oder mit Metallrückplatte (falls vorgesehen).<br>• Layout: klar gekennzeichnete Reihen/Spalten sowie Versorgungsschienen; optional mit mechanischen Verbindungs- und Ausrichtungsmechanismen für modulare Erweiterbarkeit.<br>**Lieferumfang**:<br>• Steckboard gemäß Spezifikation<br>• Kurzes Datenblatt EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (Kontaktpunkte, Rastermaß, Materialien, unterstützter Drahtquerschnitt) |
| 40 | 100 | Lötzinn (Draht auf Spule) | **Mindestanforderungen:**<br>• Drahtdurchmesser: 0,8–1,0 mm.<br>• Flussmittelkern: Kolophonium-basiert (R / RMA) oder No-Clean-Flussmittel.<br>• Legierung: entweder Sn60/Pb40 oder bleifreie Legierung SAC305 (je nach Anforderung eindeutig festzulegen).<br>• Verpackung: Spule; eindeutig gekennzeichnet hinsichtlich Legierung, Durchmesser und Flussmitteltyp.<br>**Lieferumfang**:<br>• Spule(n) gemäß Spezifikation<br>• SDS und technisches Datenblatt EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (Legierung, Flussmitteltyp/-anteil, Durchmessertoleranz) |
| 41 | 30 | Hochgeschwindigkeits-Interfacekabel – USB Typ A auf USB Typ B | **Mindestanforderungen:**<br>• Steckertypen: USB Typ A (Stecker) auf USB Typ B (Stecker).<br>• Standard: USB 2.0 konform; abwärtskompatibel zu USB 1.1.<br>• Funktion: Unterstützung von Datenübertragung (Programmierung/Debugging) sowie Stromversorgung für Peripheriegeräte.<br>• Kabelaufbau: geschirmt zur Reduzierung elektromagnetischer Störungen (EMI); robuste, flexible PVC-Außenisolierung.<br>• Länge: 0,5–1,8 m.<br>**Lieferumfang**:<br>• Kabel gemäß Spezifikation, mit Typ/Standard/Länge gekennzeichnet<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (USB-Standard, Schirmung, Materialien, Länge) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 42 | 1000 | Flexible Steckbrücken (Jumper Wires), Buchse–Buchse, ca. 20–22 cm | **Mindestanforderungen:**<br>• Typ / Anschlüsse: Buchse–Buchse (female–female), Dupont-kompatible Steckbrücken.<br>• Länge: ≥ 22 cm pro Kabel.<br>• Leiter: flexible Litzenleitung (mehrdrähtig), geeignet für häufige Handhabung im Laborbetrieb.<br>• Rastermaß: kompatibel zu 2,54 mm Stecksystemen (Header/Pins).<br>• Haltbarkeit: wiederverwendbar; Isolierung beständig gegenüber typischer Laborbeanspruchung.<br>• Farbcodierung: mehrere Farben zur eindeutigen Identifikation von Signalen.<br>**Lieferumfang**:<br>• Jumper-Set gemäß Spezifikation<br>• Kurz-Datenblatt EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (Steckertyp, Länge, Leiteraufbau, Rastermaß, Farbcodierung) |
| 43 | 1000 | Flexible Steckbrücken (Jumper Wires), Stecker–Stecker, ca. 20–22 cm | **Mindestanforderungen:**<br>• Typ / Anschlüsse: Stecker–Stecker (male–male), Dupont-kompatible Steckbrücken.<br>• Länge: ≥ 22 cm pro Kabel.<br>• Rastermaß: kompatibel zu 2,54 mm Pin-Header-Systemen.<br>• Leiter: flexible Litzenleitung (mehrdrahtig), geeignet für häufige Handhabung im Laborbetrieb; wiederverwendbare Isolierung.<br>• Farbcodierung: mehrere Farben zur einfachen Signaldifferenzierung.<br>**Lieferumfang**:<br>• Jumper-Set gemäß Spezifikation<br>• Kurz-Datenblatt EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (Steckertyp, Länge, Leiteraufbau/Litzen, Rastermaß, Farbcodierung) |
| 44 | 1000 | Modulares Interfacekabel – Grove-System (4-polig) | **Mindestanforderungen:**<br>• Steckverbinder: 4-polige Grove-kompatible Stecker an beiden Enden; verpolungssicher (gekeyed), um Fehlsteckungen zu verhindern.<br>• Leiter: flexible mehrdrahtige Leitung; Flachband- oder gleichwertige Bauform zur sauberen Kabelführung im Labor- und Robotikaufbau.<br>• Polzahl: 4-polig.<br>• Kompatibilität: Grove-Standard-Pinbelegung (Signal / Signal / VCC / GND); geeignet für gängige Grove-Module.<br>• Haltbarkeit: ausgelegt für wiederholte Nutzung in Labor-, Bildungs- und Robotikumgebungen.<br>**Lieferumfang**:<br>• Kabel gemäß Spezifikation<br>• Kurz-Datenblatt EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• Datenblatt (Steckertyp, Pinbelegung, Kabelaufbau, Länge, Verpolsicherheit) |
| 45 | 10 | Hochdichte Embedded-Computing-Plattform (Dual-Core MCU mit Wi-Fi/BLE) | **Mindestanforderungen:**<br>• Mikrocontroller (MCU): Dual-Core ARM Cortex M7/M4, ≥ 480 MHz (M7) und ≥ 240 MHz (M4).<br>• Speicher (on-chip): ≥ 2 MB Flash, ≥ 1 MB RAM.<br>• Funkverbindungen: 2,4 GHz Wi-Fi 802.11 b/g/n sowie Bluetooth Low Energy (BLE).<br>• Sicherheit: Hardware-Sicherheitsmodul / Kryptoprozessor (z. B. ATECC-Klasse oder gleichwertig).<br>• USB: USB-C für Gerät/Programmierung (HID oder CDC); USB-A Host-Funktionalität.<br>• Ein-/Ausgänge (I/O):<br>  ○ ≥ 76 digitale GPIO<br>  ○ ≥ 12 analoge Eingänge<br>  ○ ≥ 12 PWM-Ausgänge<br>  ○ ≥ 2 DAC-Kanäle<br>• Schnittstellen:<br>  ○ ≥ 4× UART |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | ○ ≥ 3× I²C<br>○ ≥ 2× SPI<br>○ CAN (externer Transceiver erforderlich)<br>• Medien / Erweiterung: Kamera-Schnittstelle (I²C + parallele Datenleitungen); Display-Schnittstelle (differenzielle Takt-/Datenleitungen gemäß Hersteller-Pinbelegung); Audioausgabe über DACs bzw. Kopfhörerausgang.<br>• Stromversorgung: Betriebsspannung 3,3 V; Eingangsspannung VIN 6–24 V mit integrierter Spannungsregelung; Ausgangsstrom pro Pin ≥ 8 mA (innerhalb der MCU-Spezifikationen).<br>• Formfaktor: ca. ≤ 53 × 101 mm.<br>• Software: Unterstützung gängiger Embedded-IDE- und Toolchain-Umgebungen; Bereitstellung von Board Support Package (BSP) und vollständiger Pinbelegungsdokumentation.<br>• Sicherheit / Konformität: CE-Konformität.<br>**Lieferumfang**:<br>• Entwicklungsboard<br>• USB-C-Kabel<br>• Schnellstartanleitung EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Datenblatt/Pinout (MCU-Leistung, Speicher, Funk, Sicherheit, I/O, Schnittstellen, Versorgung, Formfaktor, BSP/Toolchains) |
| 46 | 1 | Leiterplattenfräsmaschine (PCB Milling Machine) | **Mindestanforderungen:**<br>• Spindel: maximale Drehzahl ≥ 40.000 U/min.<br>• Arbeitsbereich (XYZ): ≥ 305 × 229 × 5 mm.<br>• Maximale Werkstückgröße (XYZ): ≥ 310 × 230 × 10 mm.<br>• Mechanik / Präzision:<br>○ mechanische Auflösung (X/Y) ≤ 0,8 µm<br>○ Wiederholgenauigkeit ≤ ±5 µm<br>○ doppelseitige Ausrichtgenauigkeit ≤ ±0,02 mm<br>• Bohrleistung: ≥ 100 Bohrungen pro Minute.<br>• Software: integrierte CAM-/Isolation-Routing-Software; Import von Gerber- und Exelon-Dateien; Unterstützung für doppelseitige Ausrichtungsprozesse.<br>• Formfaktor: Gesamtabmessungen ca. ≤ 370 × 300 × 450 mm (B × H × T).<br>• Sicherheit / Konformität: CE-Konformität; Schnittstelle oder Vorbereitung für Staubabsaugung.<br>**Lieferumfang**:<br>• Maschine<br>• Steuerung/Interface<br>• Starterset Fräser/Bohrer (Collets & Bits)<br>• Ausrichtwerkzeuge/Positionierstifte<br>• Netzkabel<br>• Dokumentation EN/FR<br>**Nachweise**:<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Datenblatt (Spindel, Arbeitsbereich, Präzision, Bohrleistung, Software/Import, Formfaktor, Absaugvorbereitung) |
| 47 | 10 | Rechenmodul 5 | **Mindestanforderungen:**<br>• Prozessor: Quad-Core 64-Bit CPU, mind. 2,4 GHz Basistakt (oder äquivalente Gesamtleistung).<br>• Grafik/Video: Integrierte GPU mit Hardware-Decoding für H.264/H.265 (HEVC) bis 4K@60 Hz; Unterstützung von OpenGL ES/Vulkan oder vergleichbar.<br>• Arbeitsspeicher: Mindestens 8 GB RAM.<br>• USB: Mindestens 4 USB-Anschlüsse, davon 2× USB 3.x und 2× USB 2.0 (oder besser).<br>• Videoausgang: Mindestens ein digitaler Display-Ausgang (z. B. HDMI 2.0 oder DisplayPort) mit 4K@60 Hz.<br>• Netzwerk: Gigabit-Ethernet (RJ45).<br>• WLAN: Dual-Band Wi-Fi (mind. 802.11ac). |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | • Bluetooth: Mindestens Bluetooth 5.0 mit BLE.<br>• Massenspeicher: Boot von wechselbarem Medium (z. B. microSD) oder von USB; optional eMMC/SSD-Unterstützung.<br>• Energieversorgung: Standardnetzteil (z. B. USB-C, 5 V ≥ 5 A oder gemäß Herstelleranforderung); Schutz gegen Überspannung/Überstrom.<br>• Betriebssystemsupport: Unterstützung gängiger Linux-Distributionen (64-Bit) und Bereitstellung<br>**Lieferumfang**:<br>• Einplatinen-Computer/Modul inkl. Standardzubehör für Inbetriebnahme (Netzteil, Gehäuse, Kühlung falls erforderlich), betriebsbereit verpackt<br>**Nachweise**:<br>• CE-Kennzeichnung, Konformitätserklärung, RoHS<br>• Vollständige technische Spezifikation (CPU/GPU, RAM, USB, Videoausgang, Ethernet, WLAN/BT, Massenspeicher, Energieversorgung, OS-Support) |
| 48 | 5 | KI-Entwicklungskit | **Mindestanforderungen:**<br>• Rechenleistung: bis zu 40 TOPS (Angabe bei INT8; Messbedingungen angeben).<br>• Temperatur**:** 20-25 °C<br>• Stromversorgung**:** 12V, 5A<br>• Arbeitslast**:** MobileNetV2, BERT<br>• Testdauer**:** min. 24 Stunden<br>• Umgebung**:** Kontrolliert ohne Störungen<br>• Kühlsystem**:** Aktiv, falls zutreffend<br>• Unterstützte Software**:** TensorRT, PyTorch, TensorFlow<br>• Formfaktor: kompakt; mehrere E/A-Schnittstellen.<br>• Prozessor: ARM-CPU mit 6 Kernen; GPU-Architektur Ampere.<br>• Modul: NVIDIA Jetson Orin Nano 8 GB.<br>• Kamera-Interfaces: zwei MIPI-CSI Anschlüsse; Unterstützung bis zu 4 Kanälen (Lane-/Bandbreitenangaben ergänzen).<br>• Anzahl der Ports: Zwei MIPI-CSI Ports verfügbar, zur Verbindung von Kameras.<br>• Unterstützung von Kanälen: Unterstützung von bis zu 4 Kanälen für erhöhte Anwendungsflexibilität.<br>• Lanes: Jeder Port muss mindestens 2 Lanes pro Kamera haben. / Übertragungsgeschwindigkeit: bis zu 1 Gbps pro Lane.<br>• Bandbreite: Theoretische Gesamtbandbreite von 2 Gbps pro Kamera (mit 2 Lanes). / Fähigkeit, eine Gesamtbandbreite von 8 Gbps für 4 Kameras in gleichzeitiger Konfiguration zu verwalten.<br>• Auflösungsanforderungen: Muss in der Lage sein, Auflösungen von bis zu 4K bei 30 fps und 1080p bei 60 fps zu unterstützen, wobei eine angemessene Bandbreite erforderlich ist.<br>• Zielanwendungen: Geeignet für Anwendungen in der Computer Vision, Gesichtserkennung und Objektnachverfolgung.<br>• Modelleinsatz: Ausführung aktueller KI-Modelle, inkl. Robotik-Anwendungen (unterstützte Frameworks angeben, min. TensorRT, PyTorch).<br>**Lieferumfang**:<br>• Kit aus Rechenmodul und Trägerplatine inkl. Netzteil, Kühlung (falls erforderlich), Kabeln; einsatzbereit verpackt<br>**Nachweise**:<br>• CE-Kennzeichnung, Konformitätserklärung, RoHS<br>• Technische Spezifikation (TOPS, Messbedingungen, Strom/Temp, Workloads, Laufzeit, Kühlsystem, Software-Frameworks; Jetson Orin Nano 8 GB; CSI-Ports/Lanes/Bandbreite/4K/1080p) |
| 49 | 3 | Digitale Mikroskop 4K | **Mindestanforderungen:**<br>• Video: 3840×2160 (4K) bei 30 fps.<br>• Standbilder: Mind. 12 MP effektive Sensorauflösung (keine Interpolation).<br>• Display: IPS, mind. 1280×800.<br>• Vergrößerung: Optisch und digital getrennt angeben; Gesamtbereich nachvollziehbar.<br>• Anschlüsse: HDMI (z. B. 2.0) und USB (z. B. USB 3.x).<br>• Beleuchtung: Dimmbare LED, CRI ≥ 80. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | **Lieferumfang**:<br>• Digitalmikroskop/Inspektionssystem inkl. Kameraeinheit, Optik/Objektiv(e), Ständer, Beleuchtung<br>• Netzteil<br>• HDMI/USB-Kabel<br>• Integriertes Display oder optional externer Monitor<br>• Betriebsbereit verpackt<br>**Nachweise**:<br>• CE-Kennzeichnung, Konformitätserklärung, RoHS<br>• Technische Spezifikation (4K@30 fps, Fotos ≥ 12 MP effektiv, Display, Vergrößerungsbereich, Schnittstellen, Beleuchtung/CRI) |
| 50 | 30 | ESP32 Mikrocontroller Entwicklungsboard | **Mindestanforderungen:**<br>• Prozessor: 32-Bit Dual-Core MCU, bis zu 240 MHz (äquivalente Gesamtleistung).<br>• Konnektivität: 2,4 GHz WLAN (mind. IEEE 802.11 b/g/n) und Bluetooth (mind. BT 4.2/BLE).<br>• Energieeffizienz: Unterstützte Energiesparmodi mit dynamischer Takt-/Leistungsanpassung.<br>• Schnittstellen: GPIO, UART, SPI, I2C (weitere gängige Peripherie zulässig).<br>**Lieferumfang**:<br>• Board mit Zubehör in sicherer Verpackung<br>**Nachweise**:<br>• CE-Kennzeichnung/Erklärung<br>• Spezifikation (CPU, WLAN/BT, Energiesparmodi, Schnittstellen) |
| 51 | 10 | Schrittmotorsteuerung | **Mindestanforderungen:**<br>• Typ: Digitale 2-Phasen-Schrittmotorsteuerung (Bipolar) für Hybrid-Schrittmotoren.<br>• Kompatibilität: Geeignet für NEMA-23 und NEMA-34 Motoren; Nennstrombereich einstellbar (z. B. bis ≥ 5 A/Phase); Versorgungsspannung z. B. 24–80 VDC (Angabe als Mindestbereich).<br>• Schutzfunktionen: Überstrom-, Kurzschluss-, Unter-/Überspannungs- und Übertemperaturschutz.<br>• Betriebsmerkmale: Mikroschritt-Einstellung (z. B. bis ≥ 1/256), einstellbarer Phasenstrom, Ruhestrom-Absenkung; Schritt- und Richtungs-Eingänge (TTL/Optokoppler).<br>**Lieferumfang**:<br>• Steuerung in sicherer Verpackung<br>**Nachweise**:<br>• CE-Kennzeichnung/Erklärung<br>• Spezifikation (Kompatibilität NEMA 23/34, Strom/Spannung, Schutzfunktionen, Mikroschritt, Steuer-Inputs) |
| 52 | 30 | Neodym-Magnete | **Mindestanforderungen:**<br>• Material/Beschichtung: NdFeB, vernickelt (Ni-Cu-Ni) oder gleichwertig Korrosionsschutz.<br>• Abmessungen: 30 × 15 × 6 mm ± Toleranz (z. B. ±0,1 mm).<br>• Magnetgüte: z. B. N42 (oder gleichwertig); Angabe Remanenz/Koerzitivfeld.<br>• Haftkraft: ≥ 10 kg unter definierten Bedingungen (planparallel, Stahl S235, Dicke ≥ 10 mm, senkrechter Zug).<br>• Dauerbetrieb bis **≥ 80°C**; bei Temperaturen von **100-150°C** entsprechende Hochtemperaturmagnete verwenden (H bis 120°C, SH bis 150°C)<br>• Die Haftkraft kann bei hohen Temperaturen abnehmen; nicht mehr als **80%** der maximalen Haftkraft bei hohen Temperaturen überschreiten.<br>• Eine kontinuierliche Nutzung bei Temperaturen über **80°C** vermeiden und vorsichtig handeln, um Verletzungen zu vermeiden.<br>**Lieferumfang**:<br>• Pack mit 5 Magneten, sicher verpackt (Abstandshalter/Abschirmung)<br>**Nachweise**:<br>• RoHS/REACH-Erklärung<br>• Technische Daten (Material/Beschichtung, Abmessungen/Toleranzen, Güte N-Klasse, Remanenz/Koerzitivfeld, Haftkraftbedingungen, Temperaturhinweise) |
| 53 | 2 | Handwic | **Mindestanforderungen:** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | kelmasc hine | • Rahmen: Stabiler Metallrahmen (z. B. Gusseisen/Stahl) für vibrationsarmes Arbeiten.<br>• Bedienung: Rutschhemmender Handgriff, links/rechts montierbar.<br>• Drahtbereich: Geeignet für Lackdraht ca. 0,02–2,6 mm (AWG angeben); einstellbare Zug-/Spannvorrichtung.<br>**Lieferumfang**:<br>• Maschine in sicherer Verpackung<br>**Nachweise**:<br>• CE (sofern anwendbar)<br>• Technische Daten (Rahmenmaterial, Bedienung/Griff, Drahtbereich, Zug-/Spannvorrichtung) |
| 54 | 20 | ESC BEC ohne Bürsten | **Mindestanforderungen:**<br>• Brushless Drehzahlregler (ESC) für RC-Flugzeuge, wählen Sie zwischen einem integrierten BEC (mit einem Strom ≥ 3 A) oder einem OPTO-Modell (ohne BEC).<br>• Eingangsspannungsbereich: kompatibel mit 2S bis 6S LiPo (indikative Nennspannung 7,4–22,2 V; Toleranzen gemäß Herstellerangaben).<br>• Dauerstrom: ≥ 30 A.<br>• Spitzenstrom: ≥ 45 A; die zulässige Dauer ist vom Anbieter anzugeben.<br>• Integriertes BEC: Typ und Topologie nach Wahl des Bieters; Mindestausgangsspannung 5,0 V oder 6,0 V; Dauerstrom ≥ 3 A (Spitzenstrom ist anzugeben); integrierte Schutzfunktionen gegen Überstrom/Überspannung/Übertemperatur.<br>• Steuerung/Signal: kompatibel mit Standard-PWM (z. B. 50–400 Hz); optionale Schnellprotokolle können angeboten werden und sind zu dokumentieren.<br>• Verkabelung/Anschlüsse: Leitungsquerschnitt für den Nennstrom ausgelegt (z. B. ≥ AWG 14 für 30 A); Anschlusstypen sind vom Bieter zu spezifizieren.<br>• Unterspannungsschutz: LiPo-Cut-off parametrierbar.<br>• Betriebstemperaturbereich: indikativ −10 °C bis +60 °C (oder besser); eine ggf. erforderliche Stromreduzierung bei höheren Temperaturen ist anzugeben.<br>• Parametrierung: Möglichkeit zur Einstellung (z. B. Timing, Bremse, LVC-Schwellen) via Programmierkarte/Software.<br>• Konformität: Erfüllung der einschlägigen Anforderungen (z. B. CE Kennzeichnung, RoHS) ist durch Lieferantendokumentation nachzuweisen.<br>• BEC (falls vorhanden): Schalt-BEC, Ausgangsspannung 5–6 V (fix/umschaltbar), Dauerstrom ≥ 3 A.<br>• Schnittstelle: Standard PWM-Steuersignal (1–2 ms), optional Protokolle (z. B. OneShot/DShot – falls gefordert).<br>• Funktionen: Soft-Start, Motorbremse ein/aus, Timing einstellbar, Throttle-Range-Kalibrierung.<br>• Sicherheit: Startschutz (kein sofortiger Anlauf), Unterspannungsabschaltung/LiPo-Schutz, Überstrom/Übertemperaturschutz.<br>**Lieferumfang**:<br>• ESC in sicherer Verpackung<br>**Nachweise**:<br>• CE/ROHS-Nachweise<br>• Technische Daten (Eingangsspannungsbereich 2S–6S, Dauer-/Spitzenstrom, BEC-Typ/Spannung/Strom, Schutzfunktionen, PWM/optionale Protokolle, Verkabelung/Querschnitte, LVC, Temperaturbereich/Derating, Parametrierung) |
| 55 | 10 | Lackdra ht | **Mindestanforderungen:**<br>• Thermoklasse: 220 °C (z. B. gemäß IEC 60317), geeignet für Dauerbetrieb bei hoher Temperatur.<br>• Isolierung: Emaillelack (z. B. Polyesterimid/Polyamidimid oder gleichwertig); Mindest-Durchschlagspannung gemäß Norm;<br>**Lieferumfang**:<br>• Spule in sicherer Verpackung<br>**Nachweise**:<br>• Technische Daten (Thermoklasse 220 °C gem. IEC 60317 o. ä., Isolationssystem, Durchschlagspannung, Leiterspezifikation)<br>• CE (sofern anwendbar) |
| 56 | 3 | RC-Fernbedi | **Mindestanforderungen:** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | enung mit Empfänger | • Typ: 12-Kanal 2,4-GHz Fernbedienung mit Empfänger oder vergleichbare Leistungsklasse.<br>• Reichweite: Bis 4.000 m (Sichtlinie, Standardbedingungen).<br>• Modellspeicher: ≥ 50 Modelle.<br>• Telemetrie: Bidirektional, mind. RSSI und Spannung.<br>**Lieferumfang**:<br>• Fernbedienung und Empfänger in sicherer Verpackung<br>**Nachweise**:<br>• CE/EMV/Funkrecht (z. B. RED) Konformitätserklärung<br>• Technische Daten (Kanäle, Reichweite, Modellspeicher, Telemetrie Funktionen, Frequenzband 2,4 GHz, zulässige Sendeleistung) |
| 57 | 1 | Kondensator-Schweißgerät | **Mindestanforderungen:**<br>• Typ: Punkt-Schweißgerät (Kondensatorentladung).<br>• Leistung/Parameter: min. 10 kW<br>• Betriebsmodi: Automatik- und Fußpedal-Modus.<br>• Anwendung: Geeignet für Zellverbinder/Nickelband (z. B. 0,1–0,3 mm).<br>• Gehäuse: Robustes Metallgehäuse (z. B. Aluminium).<br>**Lieferumfang**:<br>• Schweißgerät mit Zubehör (z. B. Schweißspitzen, Fußpedal, Netzkabel) in sicherer Verpackung<br>**Nachweise**:<br>• CE-Konformitätserklärung<br>• Technische Daten (Typ Kondensatorentladung, min. 10 kW, Betriebsmodi, Anwendungsbereich Nickelband 0,1–0,3 mm, Gehäusematerial, Sicherheitsfunktionen) |

## I. ALLGEMEINE INFORMATIONEN: VERBINDLICHE ANFORDERUNGEN FÜR ALLE MATERIALPOSTEN

**Normen**

- Produkte und Dienstleistungen müssen den geltenden internationalen oder europäischen Normen entsprechen, einschließlich:
  - ISO/IEC (internationale Normen)
  - EN (einschließlich DIN, VDE) (europäische Normen)
  - Sofern nicht anders angegeben, müssen Materialien, Ausrüstung, Ausführung und Prüfungen den jeweils neuesten anwendbaren Fassungen der ISO-, IEC-, EN-, DIN- und VDE-Normen entsprechen.

**Anforderungen an Material und Ausrüstung**

- Alle Artikel müssen neu, unbenutzt und in aktueller Produktion sein; Auslaufmodelle sind nicht zulässig, sofern bereits ein Nachfolgemodell am Markt verfügbar ist.
- Alle Artikel müssen geprüft und getestet werden, um die Einhaltung der technischen Spezifikationen nachzuweisen: Eine dokumentenbasierte Verifikation ist im Rahmen des Angebots geplant (technische Datenblätter, CE/RoHS-Deklarationen, bestehende Testberichte). Eine funktionale Demonstration ist bei Lieferung mit Hilfe einer Vor-Ort-Abnahme-Checkliste vorgesehen. Über diese Kontrollen hinaus sind keine umfangreichen Labortests erforderlich.
- Der Lieferant muss folgende Dokumentation bereitstellen:
- Konformitätserklärung des Herstellers (DoC)
- Relevante Produktzertifikate (z. B. CE-/EN-Zertifikate, Prüfberichte akkreditierter Stellen, sofern zutreffend)
- Dokumentsprache: Englisch oder Französisch.

***Lieferung, Installation und Schulung – Digitale Fertigungsarbeitsstation (Modellierung, 3D-Druck, Robotik) für MakerLab***

**Zu Los 1: Lieferung, Installation und Schulung - DRUCK- UND MODELLIERBEREICH**

- Leistungsumfang:
  - Lieferung von Geräten und Werkzeugen für Modellierung (CAD/CAM) und 3D-Druck
  - Vollständige Entpackung, Installation vor Ort und Inbetriebnahme
  - Training of Trainers (ToT) in English o. Französisch jeweils im B2-Niveau
  - Technische Dokumentation und Schulungsunterlagen
- Leistungsort:

- Entpacken der Waren, Installation und Schulung vor Ort: Lomé

- Anforderungen an Installation und Inbetriebnahme:
  - Installation durch Fachpersonal des Anbieters
  - Erstkonfiguration der Maschinen und Software
  - Funktionstests und erfolgreiche Aktivierungsphase als Nachweis der Betriebsbereitschaft in der bestehenden Infrastruktur
  - Übergabe eines von Auftraggeber und Auftragnehmer unterzeichneten Inbetriebnahmeprotokolls
- Schulung der Teilnehmenden (bezugnehmend auf Modellierung/3D-Druck):
  - o Zielgruppe: bis zu 4 Mitarbeitende (Französisch; vor Ort in Lomé; Gesamtdauer 3 Arbeitstage).
  - o Durchführungsmodus und Traineranforderungen:
    - 3 Tage Präsenzschulung in Lomé, durchgeführt vor Ort von 2 Trainerinnen/Trainern des Anbieters.
    - Zusätzlich 12 Stunden Remote-Support für Rückfragen/Beratung zur Bedinung in den ersten 12 Monaten nach Abschluss Installation/Schulung.
    - Die beiden vor Ort eingesetzten Trainerinnen/Trainer müssen Englisch sicher beherrschen (Arbeits- und Rücksprachefähigkeit in Englisch ist erforderlich);
    - Schulungsmaterialien in FR/EN.
  - o Inhalte: – Sicherheit und Best Practices bei der Nutzung der Maschinen (Modellierung, 3D-Druck)
    - Parametrierung und Betrieb der Geräte und Software (Druckprofile, Materialien, Kalibrierung, Workflows)
    - Didaktische Integration der Werkzeuge (vom Design zur Fertigung, Ablaufplanung)
    - Präventive Erstwartung und grundlegende Verfahren zur Fehlerbehebung
  - Hinweis: Keine zusätzliche Quelle erforderlich; Ergänzung basiert auf Ihrer vorgegebenen Spezifikation. Für interne Verifizierung empfehlen wir, die geänderte Schulungsanforderung im Schulungsplan und im Installations-/Inbetriebnahmeplan des Anbieters zu spiegeln und im Angebotsformular explizit bestätigen zu lassen (Trainerzahl, Sprachanforderung, 3Tage Präsenz). Erwartete Ergebnisse:
    - Sachgemäße und sichere Nutzung der Maschinen für Modellierung und 3D-Druck
    - Beherrschung wesentlicher Parameter und Möglichkeiten von Modellierung und 3D-Druck für den Einsatz in Unterricht/Labor
    - Fähigkeit zur Wissensweitergabe (ToT)
    - Sichere Durchführung von Erstwartung
- Dokumentation:
  - Benutzerhandbücher und Sicherheitsleitfäden (FR/ENG) für Modellierung/3D-Druck
  - Leitfäden zur präventiven Wartung (FR/ENG)
  - Schulungsunterlagen (Präsentationen, Tutorials, Übungen, Beispieldateien) in digitaler Form
  - Liste empfohlener Verbrauchsmaterialien und Verschleißteile (z. B. Filamente, Düsen)
  - Installations-Checkliste und Inbetriebnahmeprotokoll
  - Schulungsplan (Programm, Anwesenheit, Lernerfolgskontrolle)
- Konformität und Qualität:
  - CE-Konformität und einschlägige Sicherheitsnormen
  - Gewährleistung Hardware/Software: 24 Monate gem. GIZ AEB
  - After-Sales-Support: Remote (per E-Mail und Telefon) während der Gewährleistungszeit. Bitte geben Sie entsprechende Adressen u. Kontaktdaten zu den jeweiligen Positionen im Angebot mit an.
  - Verfügbarkeit von Ersatzteilen/Verbrauchsmaterialien: mind. 24 Monate nach Lieferung
- Indikativer Zeitplan:
  - Installation unmittelbar gefolgt von Schulung (Abstimmung mit Auftraggeber)
- In der Angebotsabgabe bereitzustellende Informationen:
  - Detaillierte technische Beschreibung (Datenblätter, Referenzen) der Modellierungs-/3D-Druck-Ausstattung
  - Liste der enthaltenen Software (Versionen, Lizenzen, Laufzeiten, Aktivierung) für CAD/CAM/Slicer etc.
  - Installationsmethodik, Test- und Inbetriebnahmeplan
  - Schulungsprogramm (Ziele, Module, Dauer je Modul, Trainerprofile)
  - Wartungs- und Supportkonzept (SLA, Kontaktwege)
  - Zeitplan Lieferung/Installation/Schulung
  - Garantiebestimmungen

**Zu Los 2: Lieferung, Installation und Schulung - Elektronik- und Robotikbereich**

- Leistungsumfang:
  - Lieferung von Geräten und Werkzeugen für Robotik (Kits, Steuerungen, Sensoren, Werkzeug)
  - Vollständige Entpackung, Installation vor Ort und Inbetriebnahme
  - Training of Trainers (ToT) in English o. Französisch jeweils im B2-Niveau
  - Technische Dokumentation und Schulungsunterlagen

## Ausstattungs- und Trainingsequipment

- Leistungsort:
  - Entpacken der Waren, Installation und Schulung vor Ort: Lomé
- Anforderungen an Installation und Inbetriebnahme:
  - Installation durch Fachpersonal des Anbieters
  - Erstkonfiguration der Hardware/Steuerungen und zugehörigen Software
  - Funktionstests und erfolgreiche Aktivierungsphase als Nachweis der Betriebsbereitschaft in der bestehenden Infrastruktur
  - Übergabe eines von Auftraggeber und Auftragnehmer unterzeichneten Inbetriebnahmeprotokolls
- Schulung der Teilnehmenden (bezugnehmend auf Elektronik/Robotik):
  - Zielgruppe: bis zu 4 Mitarbeitende (Französisch; vor; Dauer mind. 3 Arbeitstage, davon 1 Tag online und 2 Tage vor Ort)
  - Inhalte:
    - Sicherheit und Best Practices bei der Nutzung der Robotik-/Elektroniksysteme
    - Parametrierung und Betrieb der Geräte und Software (Controller-Setup, Sensorik, Kalibrierung, Workflows)
    - Didaktische Integration der Werkzeuge (vom Design zur Umsetzung, Ablaufplanung in Lernsettings)
    - Präventive Erstwartung und grundlegende Verfahren zur Fehlerbehebung
  - Erwartete Ergebnisse:
    - Sachgemäße und sichere Nutzung der Robotik-/Elektroniksysteme
    - Beherrschung wesentlicher Parameter und Möglichkeiten der Systeme für den Einsatz in Unterricht/Labor
    - Fähigkeit zur Wissensweitergabe (ToT)
    - Sichere Durchführung von Erstwartung
  - Zusätzlich 12 Stunden Remote-Support für Rückfragen/Beratung zur Bedienung in den ersten 12 Monaten nach Abschluss Installation/Schulung.
- Dokumentation:
  - Benutzerhandbücher und Sicherheitsleitfäden (FR/ENG) für Elektronik/Robotik
  - Leitfäden zur präventiven Wartung (FR/ENG)
  - Schulungsunterlagen (Präsentationen, Tutorials, Übungen, Beispieldateien) in digitaler Form
  - Liste empfohlener Verbrauchsmaterialien und Verschleißteile (z. B. Sensoren, Kabel, Servos)
  - Installations-Checkliste und Inbetriebnahmeprotokoll
  - Schulungsplan (Programm, Anwesenheit, Lernerfolgskontrolle)
- Konformität und Qualität:
  - CE-Konformität und einschlägige Sicherheitsnormen
  - Gewährleistung Hardware/Software: 24 Monate gem. GIZ AEB.
  - After-Sales-Support: Remote (per E-Mail und Telefon) während der Gewährleistungszeit. Bitte geben Sie entsprechende Adressen u. Kontaktdaten zu den jeweiligen Positionen im Angebot mit an.
  - Verfügbarkeit von Ersatzteilen/Verbrauchsmaterialien: mind. 24 Monate nach Lieferung
- Indikativer Zeitplan:
  - Lieferzeit nach Auftragserteilung: vom Bieter anzugeben
  - Installation unmittelbar gefolgt von Schulung (Abstimmung mit Auftraggeber)
- In der Angebotsabgabe bereitzustellende Informationen:
  - Detaillierte technische Beschreibung (Datenblätter, Referenzen) der Elektronik-/Robotik-Ausstattung
  - Liste der enthaltenen Software (Versionen, Lizenzen, Laufzeiten, Aktivierung) für Programmiertools/Controller
  - Installationsmethodik, Test- und Inbetriebnahmeplan
  - Schulungsprogramm (Ziele, Module, Dauer je Modul, Trainerprofile)
  - Wartungs- und Supportkonzept (SLA, Kontaktwege)
  - Zeitplan Lieferung/Installation/Schulung
  - Garantiebestimmungen