



Learner Centric Advanced Manufacturing Platform



D3.2 - M24 - Analyse der Auswirkungen und der Entwicklungen von Berufsbildern in der fortgeschrittenen Fertigung

D3.2 - M24 - G Germany sub-report



**Co-funded by
the European Union**

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.



Co-funded by
the European Union

Die Unterstützung der Erstellung dieser Veröffentlichung durch die Europäische Kommission stellt keine Billigung des Inhalts dar, der ausschließlich die Meinung der Autoren wiedergibt, und die Kommission kann nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



This work is licensed by the LCAMP Partnership under a Creative Commons Attribution-Non-commercial 4.0 International License.

LCAMP Partner:

TKNIKA – Basque VET Applied Research Centre, CIFP MIGUEL ALTUNA Centro Integral de Formación Profesional; DHBW Heilbronn – Duale Hochschule, Baden-Württemberg, Curt Nicolin High School, AFM – Spanish Association of Machine Tool Industries, EARLALL – European Association of Regional & Local Authorities for Lifelong Learning, FORCAM, CMQE: Association Campus des Métiers et des Qualifications Industrie du Future, MV: Mecanic Vallée, KIC: Knowledge Innovation Centre, MADE Competence Centre Industria 4.0; AFIL: Associazione Fabbrica Intelligente Lombardia, SIMUMATIK AB; Association HVC Association of Slovene Higher Vocational Colleges; TSCMB: Tehniški šolski center Maribor, KPDoNE: Kocaeli Directorate of National Education; GEBKİM OIZ and CAMOSUN College.

Zusammenfassung des Dokuments

Art des Dokuments:	Öffentlicher Bericht
Titel	Analyse der Auswirkungen und der Entwicklung von Berufen in der fortgeschrittenen Fertigung
Autor	Dipl. – Ing. Ralf Steck / DHBW Heidenheim
Co-Autor	N.N.
Verteiler	AFIL, AFM, CMQElf, DHBW, KIC, KPDoNE, <i>Mecanic Vallée</i> , Simumatik, TKNIKA
Reviewer	M.Ed. Jan Stenzel / DHBW Heilbronn
Datum	30.08.2024
Dokumentenstatus	6.0
Dokumentebene	Confidential until its publication
Beschreibung des Dokuments	Dieses Dokument beschreibt die zentralen Merkmale der Entwicklung von Arbeitsplätzen im Bereich der fortgeschrittenen Fertigung in einem europäischen Land.
Zitieren Sie diese Arbeit als:	N.N.
Dokumentebene	Öffentlich

Management-Version

0.1	2023-02-29	Vorläufige Fassung
0.2	2023-03-30	Version für die Revision
0.4	2024-08-30	Revision
0.6		
0.8		
1.0		

GLOSSAR UND/ODER AKRONYME

AI	Artificial Intelligence
AM	Advanced Manufacturing (= Fortgeschrittene Fertigung)
AKF	Ablative Keyhole Fusion
B2B	Business to Business
B2C	Business to Consumer
CNC	Computer Numerical Control
CAM	Computer-Aided Manufacturing
CoVE	Centres of Vocational Excellence
EQF	European Qualification Framework
ESCO	European Skills, Competences, Qualifications and Occupations
FDM	Fused Deposition Modelling
HVET	Higher Vocational Education and Training
IOT	Internet of Things
KMU	Kleine Mittelständische Unternehmen
LCAMP	Learner-Centric Advanced Manufacturing Platform
OEE	Overall Equipment Effectiveness
SLA	Stereolithography
SLS	Selective Laser Sintering
SME	Small and Medium-sized Enterprises
VET	Vocational Education and Training

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS	5
6	
ZUSAMMENFASSUNG.....	6
1. METHODOLOGIE DES D3.2-M24 OBSERVATIONS BERICHTS.....	7
DIESER ABSCHNITT BESCHREIBT DIE STRUKTUR DES LCAMP OBSERVATORIUMS, DAS SICH AUF DIE BESCHREIBUNG VON TRENDS UND AUSWIRKUNGEN AUF AUSGEWÄHLTE ARBEITSPLÄTZE IM JAHR 2024 KONZENTRIERT.....	7
DIESE STRUKTUR FOLGT DEM PROZESSZYKLUS, DER IN „FIGURE 1: PROCESS CYCLE FOR THE OBERSAVATORY“ VISUALISERT IST.....	7
1.1. STUFE 01 DIAGNOSE UND PRIORIÄTEN	8
1.1.1. BEOBACHTUNGSFELDER.....	9
1.2. Stage 02 and 03 INFORMATIONS-BESCHAFFUNG UND aNALYSE	12
1.2.1. WERTE ERARBEITEN & BERICHTSERSTELLUNG	13
1.2.2. Validierungsverfahren.....	14
1.3. Stufe 05 KommunikatiOn	15
1.4. LoKaIE BESONDERHEITEN	15
BERUFSBILDANALYSE.....	16
VERZEICHNIS DER AUSGEWÄHLTEN berufsbilder.....	17
3d Druck TECHNIKER	19
TÄTIGKEITSBESCHREIBUNG UND UMFANG.....	19
FAKTOREN, DIE AUF EINE POSITIVE ENTWICKLUNG, STAGNATION ODER EINEN NEGATIVEN TREND FÜR KLEINE UND MITTLERE UNTERNEHMEN HINDEUTEN ...	25
VON DER HEUTIGEN ZUR ZUKÜNFTIGEN SITUATION	27
AUSWIRKUNG AUF DIE FÄHIGKEITEN.....	30
CNC MASCHINEN- und anlagen-bediener	32
TÄTIGKEITSBESCHREIBUNG UND UMFANG.....	32
ZUSAMMENHÄNGE UND GRENZEN.....	38
VON DER HEUTIGEN ZUR ZUKÜNFTIGEN situation.....	42
AUSWIRKUNG AUF DIE FÄHIGKEITEN.....	45
EXPERTEN MEINUNGEN.....	48
3D DRUCK EXPERTEN MEINUNGEN	48
CNC EXPERTEN MEINUNGEN.....	50
SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK	51
3D DRUCK schlussfolgerung und ausblick.....	51
CNC schlussfolgerung und ausblick	52
QUELLEN	53
REFERENZEN	57
ABBILDUNGSVERZEICHNIS	60
TABELLENVERZEICHNIS.....	60

ZUSAMMENFASSUNG

Ziel des Projekts LCAMP im Rahmen der CoVE-Initiative ist die Verbesserung des regionalen Ökosystems für Kompetenzen im Bereich der fortgeschrittenen Fertigung.

LCAMP plant die Einrichtung einer europäischen Plattform für berufliche Exzellenz in „Advanced Manufacturing“, die durch Zusammenarbeit die Resilienz und Innovation in den beteiligten Regionen fördern soll.

Dieser Bericht ist ein Ergebnis des LCAMP-Observatoriums, das zu den Dienstleistungen gehört, die die LCAMP-Plattform den Nutzern zur Verfügung stellen wird. Das Observatorium wird von dem französischen Zentrum Mecanic Vallée und dem französischen Berufsbildungszentrum CMQElf geleitet.

In diesem zweiten Tätigkeitsjahr hat das Arbeitspaket 3 des Observatoriums eine Analyse der Auswirkungen der Trends des digitalen und grünen Wandels auf die Berufe und Qualifikationen der Arbeitskräfte in „Advanced Manufacturing“ durchgeführt. Die Analyse konzentrierte sich auf eine Auswahl von Berufen, die hauptsächlich von Personen besetzt werden, die auf den Niveaus 3-6 des Europäischen Qualifikationsrahmens (EQF) qualifiziert sind.

Diese Analysen werden in den regionalen/nationalen Berichten von fünf Ländern - Basenland, Frankreich, Deutschland, Italien und Türkei - über 28 Arbeitsplätze in der fortgeschrittenen Fertigung detailliert beschrieben.

Trotz einiger Unterschiede in den Erhebungsmethoden und der Darstellung der Ergebnisse wurde in diesem Jahr ein gemeinsamer methodischer Ansatz und ein standardisiertes Format für die Berichterstattung über die Ergebnisse festgelegt, was den Weg für weitere Fortschritte ebnet.

Sowohl aus der Literaturrecherche als auch aus den Interviews, die wir mit in diesem Bereich tätigen Unternehmen geführt haben, haben sich eine Reihe von wichtigen Erkenntnissen ergeben.

Der vorliegende Bericht konzentriert sich auf die Analysen und Ergebnisse aus Deutschland.

Kollaborativer Arbeitsprozess :

- **Methodik:** Jedes Land stützte sich auf sein eigenes Netzwerk von Experten, die sich in ihren Fachgebieten unterschieden.
- **Rahmen:** Eine detaillierte Darstellung - in einer strukturierten Datenbank - ermöglicht eine schnelle Queranalyse auf Grundlage verschiedener Achsen: Trends, Fähigkeiten, Jobs/Aufgaben.
- **Ergebnisse:** Als Ergebnis der Analyse wurden die Trends des digitalen und grünen Wandels, die Auswirkungen auf die Berufe und die erforderlichen Kompetenzen ermittelt.
- **Jahr 3:** Um in Zukunft vollständige, aussagekräftige und validierte Ergebnisse zu erhalten, wird es notwendig sein, die Anstrengungen für gemeinsame Analysen zu bündeln. Dies könnte dazu führen, dass die Auswirkungen vergleichbarer Arbeitsplätze in einem harmonisierten Rahmen analysiert und berichtet werden.

1. METHODOLOGIE DES D3.2-M24 OBSERVATIONS BERICHTS

Um die Datenbank aufzubauen und auf dem aktuellen Stand zu halten, umfasst die Arbeitsmethodik der Beobachtungsstelle einen Prozess, der sich in fünf Phasen gliedert und in regelmäßigen Abständen durchgeführt wird.

- Phase 1: Diagnose und Prioritäten - Festlegung der Prioritäten und der zu beobachtende Berufsbilder.
- Phase 2: Recherche und Informationsbeschaffung
- Phase 3: Analyse der Informationen
- Phase 4: Wertschöpfung. Entwicklung von LCAMP-Berichten
- Phase 5: Publikation - Kommunikation.

Dieser Abschnitt beschreibt die Struktur des LCAMP Observatoriums, das sich auf die Beschreibung von Trends und Auswirkungen auf ausgewählte Arbeitsplätze im Jahr 2024 konzentriert.

Diese Struktur folgt dem Prozesszyklus, der in „*Figure 1: Process cycle for the observatory*“ visualisiert ist.

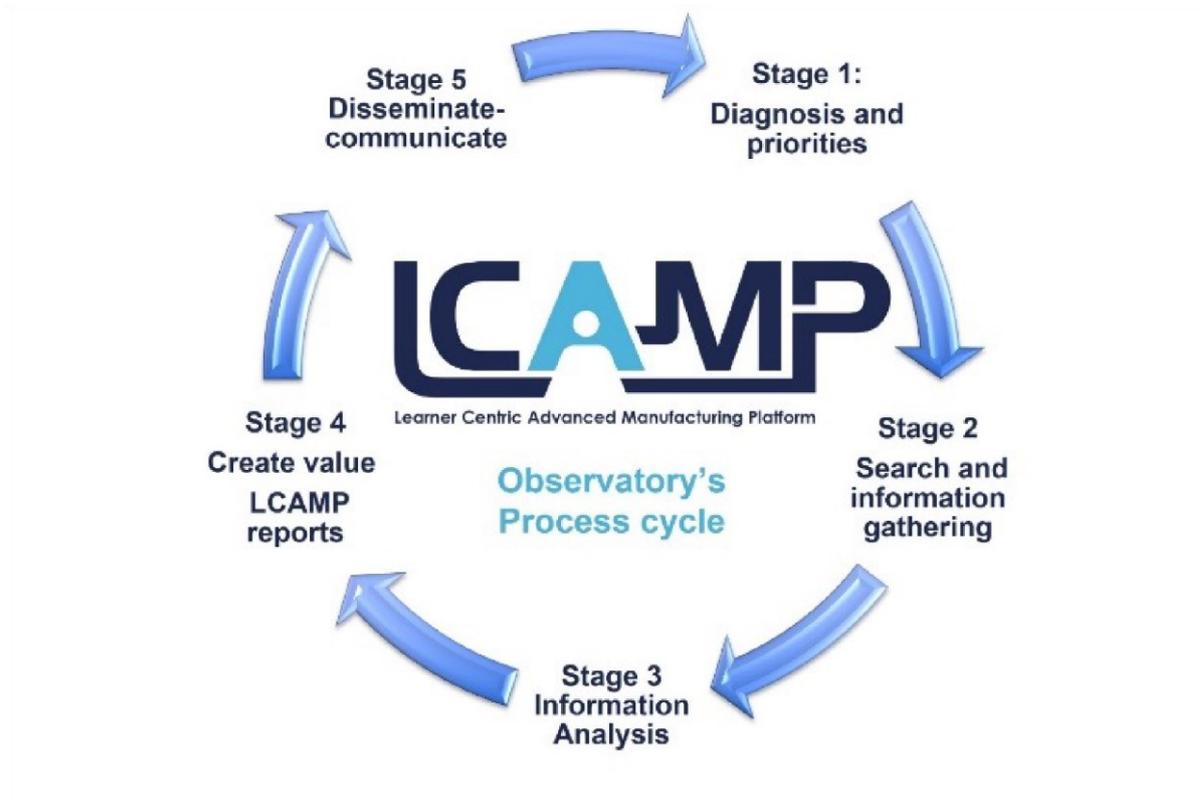


Abbildung 1 : Prozesszyklus des Observatory

1.1. STUFE 01 DIAGNOSE UND PRI-ORIÄTEN

Im Vorfeld der Untersuchung der Auswirkungen auf die Berufsbilder sowie der Zielvorgaben für die nachfolgenden Phasen wurde die Diagnosephase initiiert, in deren Verlauf Schlüsselfragen beantwortet werden. Die Fragen sind so konzipiert, dass sie sich konsequent an den Zielen, Aufgaben und Prozessen orientieren, die für die Erstellung der erwarteten Ergebnisse erforderlich sind.

1. Was sind die Erwartungen an die Beobachtungsstelle D3.2 - M24?
2. Welche Auswirkungen sind mit diesen Ergebnissen verbunden?
3. Welche Schlussfolgerungen werden aus dem Bericht Nr. 2 der Beobachtungsstelle gezogen: June 2024, D3.2 –M24?

Nachfolgend finden Sie die Antworten auf die oben gestellten Fragen:

1. Beschreiben Sie, wie sich fortgeschrittene digitale Fertigungstechnologien und der grüne Wandel auf Berufsbilder auswirken und welche Kenntnisse/Fertigkeiten entwickelt werden müssen.

2. Die Ergebnisse von D3.2 sind die Inputs für die anderen LCAMP-Dienste, vor allem für die folgenden:
 - Lerner zentrierte Qualifizierung für die fortgeschrittene Fertigung (WP 5)
 - Plattform (WP8) und Analyse der Auswirkungen
3. Die Teilberichte sind in dem obenstehenden Abschnitt 2 - Ergebnisse - aufgeführt.

1.1.1. BEOBACHTUNGSFELDER

Zur Festlegung des Beobachtungsumfangs / der Beobachtungsfelder wurde folgender Prozess durchgeführt.

- **Erste Deklaration:** In diesem Bericht wird beschrieben, welche der in D3.2 - M12 (LCAMP, 2023) identifizierten Trends des digitalen und grünen Wandels sich auf ausgewählte Berufsbilder auswirken werden, und nicht, wie sich jeder einzelne Trend des digitalen und grünen Wandels bereits auf Berufsbilder auswirkt.
Aus diesem Grund und weil es nicht möglich war, alle industriellen Berufsbilder zu analysieren, konzentriert sich die Analyse auf eine Liste von Berufsbildern, die von jedem Land ausgewählt wurden.
- **Zweite Deklaration:** Es wurde beschlossen, in der "Recherchephase" keine neuen Berufsbilder auszuwählen. Das auszuwählende Berufsbild existiert bereits in der Industrie.
Jedes Land hat eine Liste relevanter Berufsbilder ausgewählt. Diese Liste basiert auf den folgenden fünf Kriterien:
 1. **Branchenumfang:** Die ausgewählten Berufsbilder werden in den LCAMP-Branchemumfang aufgenommen.
 2. **Betroffene Berufsbilder:** Es wurde überprüft, ob die Berufsbilder im Zusammenhang mit dem digitalen und grünen Wandel von den zuvor in D3.2 - M12 identifizierten Trends beeinflusst werden.
 3. **Arbeitsmarktfähigkeit:** Bewertung der Beschäftigungsfähigkeit / Nachfrage in der Industrie.
 4. **Smart Specialisation Strategy** (<https://s3platform.jrc.ec.europa.eu/>): Die Berufsbilder müssen Industriesektoren angehören, die in den regionalen Spezialisierungsstrategien enthalten sind.
 5. **Bildungsniveau:** Damit wird bestätigt, dass die I4.0-zentrierten Qualifikationen auf den EQR-Niveaus (Europäischer Qualifikationsrahmen) 3 bis 6 umgesetzt werden.

Um die Harmonisierung zu erleichtern, wird jeder Beruf in den folgenden Tabellen mit der entsprechenden ESCO-Berufsbezeichnung und dem Code aufgeführt. Dies erleichtert die Identifizierung von Berufe, die in allen Ländern gleich sind, und von Berufen, die länderspezifisch sind. Diese werden in drei Gruppen eingeteilt:

- A: Beruf, der von 3 und mehr Ländern ausgewählt wurde.
- B: Von 2 Ländern ausgewählter Beruf.
- C: Beruf, der nur von einem Land ausgewählt wurde.

Die ursprüngliche umfassende Liste wurde gekürzt, um die Länge des Berichts zu reduzieren. Jedes Land hat eine Kurzliste von Berufsbildern zur Analyse vorgelegt.

Aus diesen Beiträgen wurde eine Auswahl getroffen. Diese wurden in den Unterberichten näher untersucht:

Branchenumfang

Bezogen auf regionale Industriebranchen werden ausgewählte Berufsbilder nach Sektoren klassifiziert:

- Werkzeugmaschinen (Maschinenbau)
- Automobilindustrie
- Luft- und Raumfahrt
- Elektrische und elektronische Industrie
- Verkehrswesen
- Maritim.

Von der Europäischen Kommission festgelegte Sektoren (Europäische Kommission, 2022).

Betroffene Berufsbilder

In der Analyse wird untersucht, welche Kompetenzen von den Trends des digitalen und des grünen Wandels betroffen sind und in welcher Weise sie von den im Vorgängerbericht identifizierten Trends betroffen sind. (icamp.eu/wp-content/uploads/sites/53/2023/07/D3.2-Observatory_reportN1-2.pdf) (Danton-a, 2023). Nachfolgend finden Sie die überprüfte Liste:

Tabelle 1 : Liste der Transition-Trends

TREND REF	DIGITALE TRANSITION TRENDS
1-1	Internet of Things (IoT) / Smart Sensors / 5G technology (Internet der Dinge (IoT) / Intelligente Sensoren / 5G-Technologie)
1-2	Artificial Intelligence (AI) / Machine learning / Big Data Analytics (Künstliche Intelligenz (KI) / Maschinelles Lernen / Big Data Analyse)
2-1	Virtual and Augmented Reality (Virtuelle und erweiterte Realität)
2-2	3D scanning (3D-Digitalisierung)
3-1	Cybersecurity (Cybersicherheit)
3-2	Edge Computing vs Cloud Computing / Blockchain for Supply Chain / Quantum Computing (Edge Computing vs. Cloud Computing / Blockchain für die Supply Chain / Quantum Computing)
4-1	3D Printing/Additive Manufacturing (3D-Druck/Additive Fertigung)
4-2	Robotics and Automation (Robotertechnik und Automatisierung)

4-3	Collaborative Robots (Cobots) (Kollaborierende Roboter (Cobots))
4-4	Digital Twins (Digitale Zwillinge)
4-5	Adaptive Manufacturing Systems (Adaptive Produktionssysteme)
4-6	Predictive Maintenance (Vorausschauende Instandhaltung)
TREND REF	GRÜNE TRANSITION TRENDS / NACHHALTIGE FERTIGUNG
5-1	Renewable Energy Integration (Integration erneuerbarer Energie)
5-2	Circular Economy (Kreislaufwirtschaft)
5-3	Energy Efficiency (Energie-Effizienz)
5-4	Waste Reduction (Abfallreduzierung)
5-5	Green Logistics and Supply Chain (Grüne Logistik und Lieferketten)
5-6	Sustainable Material Innovation (Nachhaltige Material-Innovationen)
5-7	Carbon Footprint Management (Management des CO ₂ -Fußabdrucks)
5-8	Eco-friendly Packaging (Umweltfreundliche Verpackung)
5-9	Biomimicry in Design (Design nach dem Vorbild der Natur)
5-10	Sustainable IT Infrastructure (Nachhaltige IT-Infrastruktur)
5-11	Environmental Monitoring and Reporting (Monitoring und Berichterstattung im Zusammenhang mit der Umwelt)
5-12	Corporate Social Responsibility (CSR) Initiatives (Initiativen im Bereich der sozialen Verantwortung der Unternehmen (Corporate Social Responsibility - CSR))

Arbeitsmarktfähigkeit

Auf der Grundlage europäischer Berichte, verfügbarer nationaler Studien, gebietsbezogener Erhebungen und anderer regionaler Ansätze (siehe nachfolgende Tabellen) wurde festgestellt, dass es für die nachfolgende Berufsbilder eine starke Nachfrage gibt und/oder dass die Nachfrage nach diesen Berufen rasch zunimmt.

Strategie der intelligenten Spezialisierung

Voraussetzung war die Bestätigung, dass die ausgewählten Arbeitsplätze für die Strategie der intelligenten Spezialisierung (Europäische Kommission, o.J.) in dem jeweiligen Land relevant sind.

Bildungsniveau

LCAMP konzentriert sich auf die fortgeschrittene Fertigung im Bereich europäische Berufsbildungs- und Hochschulbildungssysteme. Gemäß dem Europäischen Qualifikationsrahmen (EQR) (Europass, 2017) werden die Niveaus EQR3 bis EQR6 von den Systemen der beruflichen Bildung und der höheren Berufsbildung abgedeckt.

Es wird bestätigt, dass ausgewählte Berufe auf den Niveaus des EQR 3 bis 6 ausgeübt werden können.

1.2. PHASE 2&3 INFORMATIONSBESCHAFFUNG UND ANALYSE

Die Partner des Konsortiums wenden unterschiedliche Methoden beim Technologiemonitoring- und Wettbewerbsbeobachtung an. Die angewandte Strategie zur Informationssammlung umfasst die besten Praktiken dieser Methoden. Sie passt ihren Einsatz an die Ziele der Beobachtung an, wie im Dokument D3-1 Observatory Methodology beschrieben. (Danton-b, 2023).

In diesem Abschnitt werden die Methoden und Werkzeuge beschrieben, die von den Partnern verwendet werden. Es gibt auch einige Software- und IT-Anwendungen, die im Rahmen des Projekts verwendet werden können, wenn sie an die Anforderungen von LCAMP angepasst sind. Dieser Abschnitt ist wie folgt gegliedert:

1. Verschiedene Methoden und wie sie angewendet werden.
2. Software oder andere Instrumente, die für jede Methode verwendet werden (falls vorhanden).
3. Wann welche Methode oder eine Kombination von Methoden angewendet wird.

In diesem zweiten Projektjahr und insbesondere in der Analysephase stützt sich die Beobachtungsstelle hauptsächlich auf Sekundärforschung, um Schreibtischforschung zu betreiben, die in der Beobachtungsstelle eine vorherrschende Rolle spielt.

4. Web-Scraping, "Echtzeit"-Informationen
5. Veröffentlichungen, Fachzeitschriften, Clusterberichte usw.
6. Überprüfung der Ergebnisse von EU-Projekten.

In den LCAMP-Partnerländern Frankreich, Deutschland, Italien, Slowenien, Spanien und Türkei wurden auf nationaler Ebene Sekundärforschungsaktivitäten durchgeführt. Auf der Grundlage dieser regionalen und nationalen Sekundärforschung wurden nationale Berichte erstellt. Dies ist Teil der Phase 04: Wertschöpfung und Berichterstattung.

1.2.1.WERTE ERARBEITEN & BERICHTSERSTELLUNG

Das Verfahren besteht aus zwei Schritten:

- **Stufe 1:** Im folgenden Dokument werden alle Auswirkungen ausgewählte Berufsbilder zusammengefasst:

Tabelle 2 : Fähigkeiten und Kompetenzen, die sich auf das Berufsbild auswirken.

OCCUPATION REFERENCE (Beruf URL)	OCCUPATION TITLE (Berufsbezeichnung)	TASK (Aufgabe)	IMPACTING DIGITAL TECHNOLOGY AND/OR GREEN TRANSITION (AUSWIRKUNGEN AUF DIE DIGITALE TECHNOLOGIE UND/ODER DEN ÖKOLOGISCHEN WANDEL)	IMPACT DESCRIPTION (BESCHREIBUNG DER AUSWIRKUNG)	RELATED NEEDED SKILLS/ KNOWLEDGE IMPACTED (ERFORDERLICHE FÄHIGKEITEN/ WISSEN)	EXPECTED TENDENCY FOR SKILL EVOLUTION (ERWARTETER TREND IN BEZUG AUF DIE ENTWICKLUNG DER FÄHIGKEITEN)	SKILL TYPE (FÄHIGKEIT)	MATURITY LEVEL TO REACH (ZU ERREICHENDER REIFEGRAD)	SKILL ESCO URL (URL SKILL ESCO)	SKILL DESCRIPTION (BESCHREIBUNG DER FÄHIGKEIT)
Code of the occupation in ESCO (Kodierung der Berufsbezeichnung)	Specify the Occupation title (Preferred Term) (Berufsbezeichnung angeben (Vorzugsbezeichnung))	Name of task (Bezeichnung der Aufgabe)	References from « D3.2 M12 » reviewed (Referenzen aus „D3.2 M12“ überarbeitet)	Main impacts identified on this task (Wichtigste Auswirkungen, die im Rahmen dieser Aufgabe festgestellt wurden)	If Skill available in ESCO data base: ESCO Skill name. (Wenn die Fähigkeit in der ESCO-Datenbank verfügbar ist: Name der ESCO-Fähigkeit.)	Code of the occupation in ESCO (Kodierung der Berufsbezeichnung)	Skill/ Knowledge (Fähigkeit/ Wissen)	L4 (Expert) Bloom descriptors: (create, evaluate, analyse, apply, understand, remember) L3 (Intermediate+) Bloom descriptors: evaluate, analyse, apply, understand, remember L2 (Intermediate) Bloom descriptors: (analyse, apply, understand, remember) L1 (Basic/Beginner) Bloom descriptors: (apply, understand, remember) (Deskriptoren nach Bloom)	If Skill available in ESCO data base: http://dx.xxx (Wenn die Fähigkeit in der Datenbank der ESCO verfügbar ist: http://dx.xxx)	If Skill available in ESCO data base: ESCO Skill description. If not indicate skill description. (Wenn die Fähigkeit in der ESCO-Datenbank verfügbar ist, geben Sie die ESCO-Fähigkeitsbeschreibung ein. Wenn nicht, geben Sie eine Beschreibung des Skills an.)

- **Schritt 2:** Der entsprechende Teilbericht mit allen Detailinformationen wird erstellt.

1.2.2.VALIDIERUNGSVERFAHREN

Der Prozess der Validierung ist eine Garantie für die Qualität der von der Beobachtungsstelle erstellten Berichte.

Bei der Validierung der Ergebnisse der von der Beobachtungsstelle durchgeführten Analysen wird sehr sorgfältig vorgegangen. Die Glaubwürdigkeit der veröffentlichten Ergebnisse stützt sich auf drei Säulen:

- Die Qualität der verwendeten Quellen.
- Die Transparenz des Prozesses bei der Informationsanalyse.
- Die Validierung der Schlussfolgerungen durch Institutionen mit Fachwissen in den jeweiligen Bereichen.

Angesichts der Bedeutung des Validierungsprozesses wird dieser auf drei Ebenen durchgeführt:

- Interne Validierung auf der Ebene eines thematischen Teams und/oder auf regionaler Ebene.
- Validierung auf Konsortiumsebene.
- Externe Validierung durch Expertengremien.

Interne Validierung

Der Lenkungsausschuss der Beobachtungsstelle genehmigt die Berichte. Die abschließende interne Validierung wird vom Leiter und Co-Leiter der Beobachtungsstelle, Mecanic Vallée (MV), geleitet.

Die interne Validierung ist Voraussetzung für die Einberufung des Expertengremiums und die Fortsetzung der externen Validierungsschritte.

Expertengremium

Im ersten Projektjahr wurde ein internationales Expertengremium eingerichtet. Die Schlussfolgerungen und Ergebnisse, die in die Berichte des LCAMP-Observatoriums aufgenommen werden, müssen von diesem Gremium genehmigt werden.

Die Zusammensetzung, die Aufgaben, die Häufigkeit und der Zeitplan der Expertengruppen wurden bereits in der [D3-1-Observatory Methodology](https://lcamp.eu/wp-content/uploads/sites/53/2023/07/D3-1-Observatory-Methodolgy-Final-version-1.pdf) (https://lcamp.eu/wp-content/uploads/sites/53/2023/07/D3-1-Observatory-Methodolgy-Final-version-1.pdf) beschrieben (Dantonb, 2023).

Nachdem die Forschungsteams der LCAMP-Trendbeobachtungsstelle die wichtigsten Schlussfolgerungen und Ergebnisse, die in die Länderberichte des Observatoriums aufgenommen werden sollten, festgelegt hatten und diese Berichte von der Lenkungsgruppe des Observatoriums genehmigt worden waren, trat das regionale Expertengremium zusammen und billigte die Ergebnisse.

Über das Format und die Methodik der Sitzungen entschied jedes Gremium selbst.

Die Berichte der LCAMP-Partner dokumentierten die Ergebnisse und Schlussfolgerungen der Diskussionsrunden. Der jeweilige Partner erstellte den regionalen Abschlussbericht, der dem Lenkungsausschuss der Beobachtungsstellen vorgelegt wurde. Um die Kommunikation zu verbessern, die Zusammenarbeit zu fördern und Feedback für die abschließende Validierung zu erhalten, wurde jedes Land ermutigt, einen Überprüfungsprozess unter Verwendung gemeinsamer Instrumente einzuführen, die die Überprüfung von Dokumenten und Erklärungen erleichtern.

1.3. STUFE 05 KOMMUNIKATION

Alle Teilberichte werden von den Arbeitspaketen 5 und 8 (WP5 und WP8) gemeinsam genutzt. Sie sind so gestaltet, dass sie für die Verwendung durch WP5 und WP8 praktisch und strukturiert sind. Die folgenden Tabellen mit dem Titel "Tasks and Skills Impacted Related to Occupation" (z.B. Tabelle 12), die die Auswirkungen auf alle Arbeitsplätze zusammenfassen, dienen als Datenbank für WP5 und WP8.

1.4. LOKALE BESONDERHEITEN

Aufgrund der unterschiedlichen Gegebenheiten in den einzelnen Ländern wurde die allgemeine Methodik bei Bedarf präzisiert und/oder angepasst. Diese Änderungen werden in den jeweiligen Teilberichten ausführlich beschrieben. Im Folgenden werden diese Anpassungen zusammengefasst.

Im Baskenland kombiniert die Forschungsmethodik a) eine Analyse regionaler Berichte; b) eine Auswahl von Berufsbildern für die Analyse; c) Interviews mit Unternehmen.

Eine Kombination dieser Besonderheiten/Klarstellungen wurde in Italien und Frankreich angewandt.

In Deutschland wurde bei der Analyse ein gemischter akademischer Ansatz verfolgt, bei dem verschiedene Methoden kombiniert wurden. KI wurde eingesetzt, um einen Trend zu identifizieren und unterstützende Daten zu liefern. Um die Ergebnisse zu bestätigen und weitere Erkenntnisse zu gewinnen, wurden Unternehmensbefragungen durchgeführt. Dieser ganzheitliche Ansatz ermöglicht es, ein umfassendes Verständnis des Themas zu entwickeln und fundierte Schlussfolgerungen zu ziehen.

In der Türkei folgt die Entwicklung des Berichts einer Methodik, die mit dem Ansatz der anderen Partner übereinstimmt. Bei der Auswahl der Berufe wurde die Smart Specialisation Strategy für die Türkei als Hauptquelle verwendet, während die Umriss der in diesem Bericht untersuchten Berufe nach Diskussionen und der Verteilung unter den anderen Projektpartnern aus verschiedenen Ländern festgelegt wurden.

Die Analyse der Auswirkungen wurde von den türkischen Projektpartnern mit unterschiedlichen Hintergründen und Berufen durchgeführt, wobei eine möglichst große Vielfalt und Berücksichtigung aller Aspekte angestrebt wurden.

Der daraus resultierende Bericht wurde von Experten auf dem Gebiet der fortgeschrittenen Fertigung validiert, indem die Entwurfsversion ausgetauscht und Feedback eingeholt wurde. Zu diesem Zweck wurde ein Umfragetool verwendet, das einzelne Aussagen des Berichts in eine Umfrage umwandelte, um den Experten den Validierungsprozess zu erleichtern.

(Jensen, 2007)(Hippel, 2005)(EU commission, 2022)(Europass, 2017)(Europass, 2017)(Europass, 2017)(Europass, 2017)

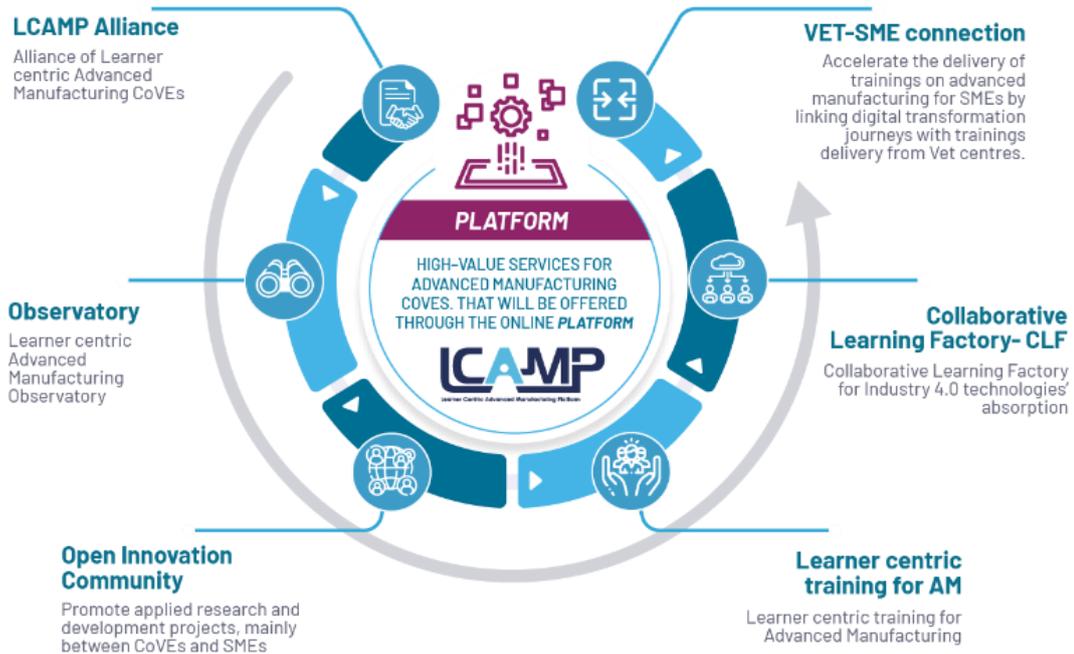


Abbildung 2 : Die von der LCAMP-Plattform zu liefernden Ergebnissen und Dienste

BERUFSBILDANALYSE

Dieser Abschnitt befasst sich mit der Analyse der ausgewählten Berufsbilder. Wie im Abschnitt Methoden dargelegt, wurden die Veränderungen, mit denen die Unternehmen konfrontiert sind, analysiert und die Hebel dieser Veränderungen, die sich auf die spezifischen Berufsbilder auswirken, identifiziert.

VERZEICHNIS DER AUSGEWÄHLTEN BERUFSBILDER

Hier ist die Liste der von Deutschland ausgewählten Berufsbilder (Herkunft "job selection list GE V10 Germany V09; 31.05.2024"):

Tabelle 3 : Liste der ausgewählten Jobs: 3D-Drucktechniker und CNC-Maschinenführer

ESCO CODE	ESCO OCCUPATION	1 - INDUSTRY SECTORS	2 - DIGITAL AND GREEN TRANSITIONS NEW TRENDS IMPACTING	3 - EMPLOYABILITY	4.RELEVANCE FOR THE SMART SPECIALISATION STRATEGY – AT REGIONAL/COUNTRY?	5 - EDUCATION LEVEL.
3118.1	3D printing technician (3D Druck Techniker im Maschinenbau mit Schwerpunkt Additive Manufacturing)	Automotive, Aerospace, Electric and electronic Industries, Machine tools (Mechanical Engineering), Maritime	1-1 Internet of Things (IoT) / Smart Sensors / 5G technology, 1-2 Artificial Intelligence (AI) / Machine learning / Big Data Analytics, 2-2 3D scanning, 4-1 3D Printing/Additive Manufacturing, 4-2 Robotics and Automation, 4-4 Digital Twins, 4-5 Adaptive Manufacturing Systems, 4-6 Predictive Maintenance, 5-4 Waste Reduction, 5-2 Circular Economy, 5-3 Energy Efficiency, 5-6 Sustainable Material Innovation, 5-11 Environmental Monitoring and Reporting	Beschäftigungsfähigkeit 2024: Die rasche Einführung der additiven Fertigung in der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie, dem Gesundheitswesen und der Konsumgüterindustrie erhöht die Nachfrage nach qualifizierten Arbeitskräften. Die Vorteile der additiven Fertigung, wie kürzere Vorlaufzeiten und Designflexibilität, erhöhen die Beschäftigungsmöglichkeiten in allen Sektoren. Es besteht eine hohe Nachfrage nach Fachkräften, die in der Verwaltung von Anlagen für die additive Fertigung, der Erstellung digitaler Modelle, der Nachbearbeitung und der Qualitätskontrolle qualifiziert sind. Beschäftigungsfähigkeit in 5 Jahren (2029) Der technologische Fortschritt erfordert, dass Bediener ihre Fähigkeiten aktualisieren, um Geschwindigkeit, Genauigkeit und Materialvielfalt zu verbessern. Stärker integrierte Rollen in hybriden Fertigungsumgebungen schaffen zusätzliche Arbeitsplätze, die traditionelle und additive Fertigungsfähigkeiten kombinieren. Die Spezialisierung auf bestimmte Arten der additiven Fertigung, wie Metall- oder Polymerdruck, bietet neue Karrieremöglichkeiten. Beschäftigungsfähigkeit in 10 Jahren (2034) Erfahrene Anwender finden Möglichkeiten in leitenden, auszubildenden oder unternehmerischen Rollen innerhalb der Branche. Die vollständige Integration von Industrie 4.0 erfordert ein tiefes Verständnis von digitalen Technologien und Datenanalyse. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, sind kontinuierliches Lernen und Anpassungsfähigkeit an moderne Technologien und Marktanforderungen erforderlich. Fazit Die Beschäftigungsaussichten im Bereich der additiven Fertigung sind vielversprechend und es wird ein schnelles Wachstum in diesem Sektor erwartet.	Die Region Baden-Württemberg betrachtet das Thema "Advanced Manufacturing" als eine der Prioritäten im Rahmen von S3. https://ec.europa.eu/regional_policy/assets/s3-observatory/regions/de1.html	EQR Stufe 4 (ausgebildete Fachkraft oder gleichwertig): Anlagen-führer/ Techniker übernehmen entsprechende Aufgaben, möglicherweise mit Aufsichtsfunktion, Fehlersuche und Prozess-optimierung.
7223.4	Computer Numerical Control machine operator (CNC Maschinen- und Anlagenführer)	Machine tools (Mechanical Engineering), Automotive, Aerospace, Maritime, Electric and electronic Industries	1-2 Artificial Intelligence (AI) / Machine learning / Big Data Analytics, 3-1 Cybersecurity, 4-2 Robotics and Automation, 4-3 Collaborative Robots (Cobots), 4-4 Digital Twins, 4-5 Adaptive Manufacturing Systems, 1-1 Internet of Things (IoT) / Smart Sensors / 5G technology, 5-3 Energy Efficiency, 5-4 Waste Reduction	Aktuelle Faktoren (2024): Die CNC-Bearbeitung ist in Branchen wie der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie, der Elektronik und der Medizintechnik von entscheidender Bedeutung und sorgt für eine anhaltende Nachfrage nach qualifizierten Fachkräften. Technologische Fortschritte in den Bereichen Automatisierung, Präzision und Effizienz erfordern hoch qualifizierte Bediener. Die Integration von Robotik und CAM-Software steigert die Effizienz und erhöht die Nachfrage nach kompetenten Bedienern. Der Fachkräftemangel hat einen wettbewerbsfähigen Arbeitsmarkt mit vielen Möglichkeiten für qualifizierte Arbeitskräfte geschaffen. Beschäftigungsfähigkeit in 5 Jahren (2029): Die zunehmende Automatisierung und die Integration von Robotern führen zu einer hohen Nachfrage nach anpassungsfähigen CNC-Bedienern. Fortgeschrittene digitale Kompetenzen, einschließlich der	Die Region Baden-Württemberg betrachtet das Thema "Advanced Manufacturing" als eine der Prioritäten im Rahmen von S3. https://ec.europa.eu/regional_policy/assets/s3-observatory/regions/de1.html	EQR-Niveau 5 (Techniker oder gleichwertiger Abschluss): CNC-Techniker/innen auf diesem Niveau verfügen über fortgeschrittene CNC-Kenntnisse, sind in der Lage, komplexe Bearbeitungen zu programmieren, beherrschen die mehrachsige Bearbeitung, die

			<p>Beherrschung von CAD/CAM-Software und CNC-Programmierung, sind unerlässlich. Eine Spezialisierung in Bereichen wie additive Fertigung, mehrachsige Bearbeitung oder Hochgeschwindigkeitsbearbeitung könnte neue Karrierewege eröffnen, die auf den Bedürfnissen der Industrie basieren. Beschäftigungsfähigkeit in zehn Jahren (2034):</p> <p>Die CNC-Bearbeitung ist nach wie vor unverzichtbar für die Fertigung und sorgt für eine anhaltende Nachfrage nach qualifizierten Bedienern. Neue Technologien wie Nanotechnologie, fortgeschrittene Werkstoffe und digitale Zwillinge sind von entscheidender Bedeutung und erfordern ständige Weiterbildung. Globale Wirtschafts- und Industrietrends werden sich auf die Beschäftigungsfähigkeit auswirken und Flexibilität und Anpassungsfähigkeit in Bezug auf Qualifikationen und Praktiken fördern.</p> <p>Schlussfolgerung</p> <p>CNC-Bediener, die ihre Fähigkeiten ständig aktualisieren und sich an innovative Technologien und Branchentrends anpassen, können davon ausgehen, dass sie in hohem Maße beschäftigungsfähig bleiben, was die aufgestellte Hypothese unterstützt.</p>	<p>adaptive Steuerung und integrierte CAD/CAM-Systeme, optimieren Werkzeugwege und führen eine umfassende Fehlersuche und -behebung durch. Sie leiten auch weniger erfahrene Bediener an und tragen zur Prozessverbesserung bei.</p>
--	--	--	--	--

3D DRUCK TECHNIKER

TÄTIGKEITSBESCHREIBUNG UND UMFANG

Tätigkeitsbeschreibung

3D Printing Technician (ESCO 3118.1) ESCO description: “3D printing technicians assist in the designing and programming of products, ranging from prosthetic products to 3D miniatures. They may also provide 3D printing maintenance, check 3D renders for customers and run 3D printing tests. 3D printing technicians can also repair, maintain, and clean 3D printers” [3D-Drucktechniker/innen helfen bei der Konstruktion und Programmierung von Produkten, die von Prothesen bis hin zu 3D-Miniaturen reichen. Sie können auch 3D-Drucker warten, 3D-Rendings für Kunden überprüfen und 3D-Drucktests durchführen. 3D-Drucktechniker/innen können auch 3D-Drucker reparieren, warten und reinigen] (ESCO, n.d.).

LCAMP Vorschlag einer Tätigkeitsbeschreibung: 3D-Druck-Techniker, auch bekannt als Techniker oder Spezialisten für additive Fertigung, sind für die Bedienung und Wartung von 3D-Druckgeräten und -verfahren zur Herstellung dreidimensionaler Objekte aus digitalen Modellen verantwortlich.

Nachstehend finden Sie die ESCO-Tabelle für die Überprüfung eines bestehenden Berufs mit dem Ziel, eine Änderung der Beschreibung des Berufs vorzuschlagen:

Tabelle 4 : ESCO Vorlage für die Überprüfung eines bestehenden Berufsbildes .

Beruf URL	Berufsbezeichnung	KOMMENTARE ZUR BEVORZUGTEN BEZEICHNUNG	NEUE BESCHREIBUNG EINES BESTEHENDEN BERUFS	ALTERNATIVE BEZEICHNUNGEN ZUM ENTFERNEN/ÄNDERN/HINZUFÜGEN	WESENTLICHE FÄHIGKEITEN UND WISSENSKONZEPTE ZUM HINZUFÜGEN/ENTFERNEN	OPTIONALE FÄHIGKEITEN UND WISSENSKONZEPTE ZUM HINZUFÜGEN/ENTFERNEN
3118.1 http://data.europa.eu/esco/occupation/4cf7be91-fed9-47a7-9ca9-e74c7eb6becb	3D printing technician (3D Druck Techniker im Maschinenbau mit Schwerpunkt Additive Manufacturing)	Beschreibung ESCO sollte jetzt „Betrieb von 3D-Druckern“ enthalten.	Der 3D-Druck ist heute Teil der Serienproduktion. Er ist nicht mehr auf die Entwurfsphase und die Herstellung von Prototypen beschränkt.	N/A	N/A	N/A

Geschäftsfeld

Das Berufsbild des 3D-Druck-Technikers erstreckt sich über verschiedene Branchen, darunter Maschinenbau, Fertigung, Medizin, Luft- und Raumfahrt, Automobilbau, Konsumgüter, Elektronik, Werkzeugbau, Vorrichtungen, kundenspezifische Maschinenteile und sogar aufstrebende Bereiche wie den Betondruck. Diese Zusammenfassung untersucht die Aufgaben und Auswirkungen von 3D-Drucktechnikern in diesen Branchen, vergleicht traditionelle Fertigungsmethoden mit additiven Fertigungsmethoden, analysiert die Vorteile für B2B- und B2C-Sektoren, diskutiert technische Entwicklungen, den Wandel zur Green Factory und die Auswirkungen auf deutsche KMU.

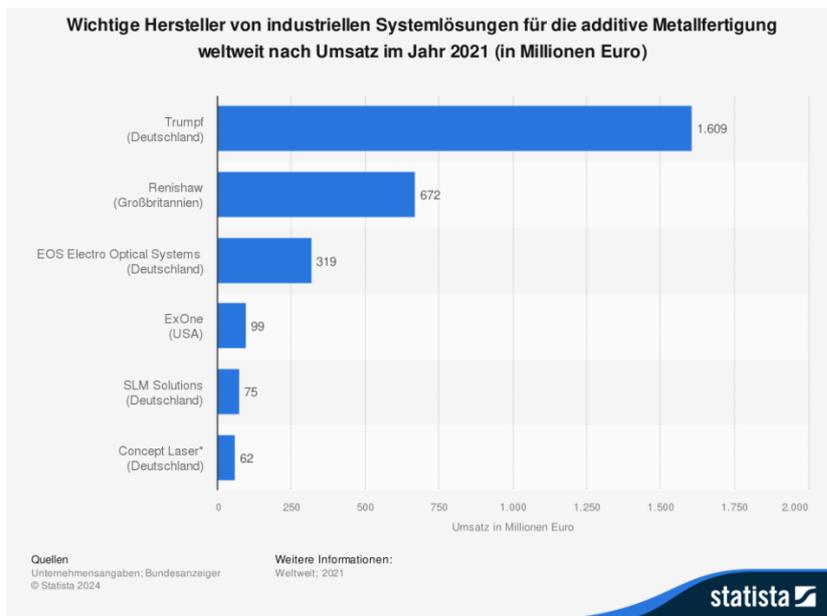


Abbildung 3 : In Statista Digital Trends Report (p. 33).

Entwicklung und Fertigung

In den Bereichen Entwicklung und Fertigung tragen 3D-Druck-Techniker zu den schnellen Prototypen, zur Werkzeugherstellung und zur Produktion der endgültigen Bauteile bei. Sie arbeiten mit Ingenieuren zusammen, um Designs für die additive Fertigung zu optimieren, geeignete Materialien auszuwählen und 3D-Drucker zu bedienen. Qualitätskontrolle, Prozessoptimierung und Fehlerbehebung sind wichtige Aspekte ihrer Arbeit, um eine effiziente Produktion zu gewährleisten. Gemäß OECD. (2018). "3D printing is transforming traditional manufacturing processes by enabling decentralised production, thus enhancing the entire value chain from design to delivery." (In Rural regions of the future: Seizing technological change) [3D-Druck verändert traditionelle Fertigungsprozesse, indem er eine dezentralisierte Produktion ermöglicht und somit die gesamte Wertschöpfungskette vom Design bis zur Lieferung verbessert].

Medizintechnik

3D-Druck-Techniker spielen im medizinischen Bereich eine wichtige Rolle bei der Herstellung patientenspezifischer Implantate, chirurgischer Instrumente und anatomischer Modelle. Sie arbeiten eng mit medizinischem Fachpersonal zusammen, um medizinische Bilddaten in 3D-gedruckte Objekte für die chirurgische Planung und Ausbildung umzusetzen. Die Einhaltung gesetzlicher Vorschriften und die Qualitätskontrolle sind bei medizinischen Anwendungen von größter Bedeutung. Wie von Conner et al. (2014), "The medical sector is significantly benefiting from 3D printing technologies, which allow for the creation of customized medical devices tailored to individual patient needs" (Rural regions of the future: Seizing technological change) [Der medizinische Sektor profitiert in hohem Maße von 3D-Drucktechnologien, die die Herstellung maßgeschneiderter medizinischer Geräte ermöglichen, die auf die individuellen Bedürfnisse der Patienten zugeschnitten sind].

Luft- & Raumfahrt und Automobil

In der Luft- & Raumfahrt sowie in der Automobilindustrie tragen 3D-Drucker zum Leichtbau, zur Bauteilkonsolidierung und zum Rapid Prototyping bei. Sie nutzen die additive Fertigung, um komplexe Geometrien herzustellen und so den Materialabfall und die Montagezeit zu reduzieren. Zu den Anwendungen gehören Triebwerkskomponenten, Luftkanäle, Halterungen und Innenausstattungen, bei denen die additive Fertigung Designfreiheit und Leistungsvorteile bietet. Beyer (2014) schreibt, "Boeing has integrated 3D printing into their manufacturing process, producing over 20,000 parts, thus illustrating the significant impact of additive manufacturing on

reducing production time and costs" [Boeing hat den 3D-Druck in seinen Herstellungsprozess integriert und mehr als 20.000 Teile produziert. Dies zeigt, dass die additive Fertigung einen erheblichen Einfluss auf die Reduzierung von Produktionszeiten und -kosten hat].

Konsumgüter und elektronische Geräte

3D-Druck-Techniker in der Konsumgüter- und Elektronikindustrie stellen maßgeschneiderte Produkte, tragbare Geräte und Elektronikgehäuse her. Sie nutzen die additive Fertigung für Varianten, Kleinserien und die Personalisierung von Produkten. Von Smartphone-Gehäusen bis hin zu Haushaltsgeräten ermöglicht die additive Fertigung die effiziente Herstellung komplexer Designs mit minimalem Werkzeugeinsatz. As mentioned in *"Introduction to Digital Economics," "Additive manufacturing allows for high customization and rapid production cycles, making it ideal for consumer goods and electronics sectors"* (Ebin, 2021) [Die additive Fertigung ermöglicht einen hohen Individualisierungsgrad und schnelle Produktionszyklen, was sie ideal für die Konsumgüter- und Elektronikindustrie macht.].

Werkzeuge, Vorrichtungen und kundenspezifische Maschinenteile

Bei Werkzeugen, Vorrichtungen und spezifischen Maschinenteilen stellen 3D-Drucker Werkzeuge, Vorrichtungen und Komponenten her, um Produktionsprozesse zu optimieren. Die additive Fertigung bietet im Vergleich zu herkömmlichen Bearbeitungsmethoden Vorteile in Bezug auf die Komplexität der Konstruktion, die Verkürzung der Vorlaufzeiten und die Kosteneffizienz. Nach OECD (2018), *"The ability to produce custom tools and fixtures quickly and at a lower cost gives manufacturers a competitive edge in optimizing production workflows."* (Rural regions of the future: Seizing technological change) [Die Fähigkeit, kundenspezifische Werkzeuge und Vorrichtungen schnell und kostengünstig herzustellen, verschafft Herstellern einen Wettbewerbsvorteil bei der Optimierung von Produktionsprozessen].

Betondruck

Aufstrebende Bereiche wie der Betondruck fallen ebenfalls in den Aufgabenbereich von 3D-Druck-Technikern. Sie tragen zur Entwicklung und zum Einsatz von großformatigen 3D-Druckern bei, mit denen Gebäude, Infrastrukturen und architektonische Elemente aus Betonwerkstoffen hergestellt werden können. Dieser innovative Ansatz bietet potenzielle Vorteile in Bezug auf Baugeschwindigkeit, Kosteneffizienz und Designflexibilität. Wie beschrieben von Conner et al. (2014), *"Concrete 3D printing has the potential to revolutionize the construction industry by enabling faster, more cost-effective building methods while allowing for complex architectural designs"* [Der 3D-Druck von Beton hat das Potenzial, die Bauindustrie zu revolutionieren, indem er schnellere und kostengünstigere Bauverfahren ermöglicht und gleichzeitig komplexe architektonische Entwürfe zulässt].

Holzdruck

Der 3D-Druck mit Holz ermöglicht die Herstellung von Objekten aus zwei Hauptmaterialien: Filamenten oder Pulvern. Die Technologie bietet den Vorteil, dass Objekte mit natürlichem Aussehen und Anmutung hergestellt werden können und gleichzeitig komplexe Formen möglich sind. Die Technologie kann in den Bereichen Kunst, Handwerk und Bildung eingesetzt werden.

Diese Beispiele zeigen die breite Anwendbarkeit der additiven Fertigung in verschiedenen Branchen. Laufende Forschungsarbeiten zielen darauf ab, die Technologie und ihre Integration in grüne Fabrikpraktiken voranzutreiben. Wie beschrieben von Chinga-Carrasco (2020), *"Biocomposite filaments, including those derived from wood, offer the potential for sustainable 3D printing applications due to their natural aesthetics and versatility in design"* [Biokomposit-Filamente, einschließlich solcher auf Holzbasis, bieten aufgrund ihrer natürlichen Ästhetik und Designvielfalt das Potenzial für nachhaltige 3D-Druckanwendungen].

Traditionelle Fertigung vs. Additive Fertigungsverfahren

Während herkömmliche Fertigungsverfahren wie Spritzgießen, CNC-Bearbeitung und Gießen gut etabliert sind, bietet die additive Fertigung einzigartige Vorteile, wie z. B. die Freiheit bei der Gestaltung, weniger Materialabfall und die Möglichkeit der Produktion nach Bedarf. Wie Balubaid and Alsaadi (2023) sagten, "*Additive manufacturing (AM) has been widely adopted in various industries to enhance new product development with minimal time constraints, offering significant advantages in terms of design flexibility and reduced waste*" [Die additive Fertigung (AM) hat sich in verschiedenen Branchen durchgesetzt, um die Entwicklung neuer Produkte mit minimalem Zeitaufwand zu verbessern. Sie bietet erhebliche Vorteile in Bezug auf Designflexibilität und Abfallvermeidung.]. Additive Fertigungsverfahren wie Fused Deposition Modelling (FDM) und Selective Laser Sintering (SLS) ermöglichen die Herstellung komplexer Geometrien und kundenspezifischer Bauteile ohne teure Werkzeuge.

Vorteile für den B2B- und B2C-Sektor

Die additive Fertigung bietet sowohl dem B2B- als auch dem B2C-Sektor eine Reihe von Vorteilen. Für Unternehmen bietet sie eine schnellere Markteinführung, niedrigere Produktionskosten und eine bessere Produktpassung, was zu einer höheren Wettbewerbsfähigkeit und Rentabilität führt. Nach Perifanis und Kitsios (2023), "*The integration of advanced manufacturing technologies such as additive manufacturing enhances business agility, reduces lead times, and allows for greater product customization, which are critical factors for maintaining competitiveness in today's fast-paced market*" [Die Integration fortschrittlicher Fertigungstechnologien wie der additiven Fertigung erhöht die Flexibilität der Unternehmen, verkürzt die Vorlaufzeiten und ermöglicht eine bessere Produktpassung - alles entscheidende Faktoren, um auf dem heutigen schnelllebigen Markt wettbewerbsfähig zu bleiben]. Die Verbraucher profitieren vom Zugang zu personalisierten Produkten, On-Demand-Fertigung und nachhaltigen Lösungen, die auf ihre Wünsche zugeschnitten sind.

Technologische Entwicklungen und Zukunftserwartungen

Zu den jüngsten Fortschritten in der additiven Fertigung zählen die Entwicklung von Hochleistungsmaterialien, der Multimaterialdruck und eine verbesserte Prozessautomatisierung. Innovationen wie Bioprinting, 4D-Druck und In-situ-Überwachungssysteme sind vielversprechend für Anwendungen im Gesundheitswesen, im Bauwesen und in der Luftfahrt. Künftige Entwicklungen könnten sich auf die Verbesserung der Druckgeschwindigkeit, der Skalierbarkeit und der Nachhaltigkeit additiver Fertigungsverfahren konzentrieren. Wie beschrieben von Tuvayanond and Prasittisopin (2023), "*The integration of advanced technologies such as bioprinting and 4D printing is set to revolutionize sectors like healthcare and construction, offering unprecedented capabilities in design and functionality*" [Die Integration fortschrittlicher Technologien wie Bioprinting und 4D-Druck wird Sektoren wie das Gesundheitswesen und das Bauwesen revolutionieren und beispiellose Möglichkeiten für Design und Funktionalität bieten].

Sie tragen auch zu aufstrebenden Bereichen wie dem Beton- und Holzdruck bei, wo additive Fertigungsverfahren innovative Lösungen für die Bau- und Möbelindustrie bieten. Folgend dem Bericht The Business Research Company (2023), "*The use of 3D printing in construction, including concrete printing, is expected to grow significantly, driven by the need for efficient, sustainable building practices*" [Der Einsatz des 3D-Drucks im Bauwesen, einschließlich des Betondrucks, wird voraussichtlich erheblich zunehmen, angetrieben durch den Bedarf an effizienten und nachhaltigen Baupraktiken.].

Transformation zur grünen Fabrik

Die additive Fertigung trägt durch die Reduzierung von Materialverlusten, Energieverbrauch und Kohlendioxidemissionen im Vergleich zu herkömmlichen Produktionsmethoden zum Übergang

zu einer grünen Fabrik bei. Nach Gopal, Lemu, and Gutema (2023), "Using additive manufacturing over traditional subtractive technologies may result in considerable material and energy resource savings, especially if the component is appropriately designed for manufacture." [Der Einsatz der additiven Fertigung im Vergleich zu herkömmlichen subtraktiven Technologien kann zu erheblichen Material- und Energieeinsparungen führen, insbesondere wenn das Bauteil für die Fertigung entsprechend ausgelegt ist]. Materialrecycling, die Verwendung biobasierter Harze und lokale Produktion verbessern die Nachhaltigkeit additiver Fertigungsverfahren weiter und stehen im Einklang mit der wachsenden Bedeutung von Umweltverantwortung in der Produktion.

Auswirkungen auf deutsche KMUs

Der deutsche Mittelstand nutzt zunehmend additive Fertigungstechnologien, um auf den globalen Märkten wettbewerbsfähig zu bleiben. Nach Angaben des Verbands Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) steigt die Zahl der Unternehmen, die additive Fertigungsverfahren in Deutschland einsetzen, kontinuierlich an. KMU nutzen die additive Fertigung, um ihre Produktion zu rationalisieren, maßgeschneiderte Lösungen anzubieten und sich von der Konkurrenz abzuheben. Hervorgehoben von Yaqub and Alsabban (2023), "Industry 4.0 technologies, including additive manufacturing, are key drivers of digital transformation, enhancing competitiveness and operational efficiency for contemporary organizations." [Industrie 4.0-Technologien, einschließlich der additiven Fertigung, sind wichtige Triebkräfte der digitalen Transformation, die die Wettbewerbsfähigkeit und betriebliche Effizienz moderner Unternehmen verbessern.] In Zukunft ist mit einer weiteren Integration der additiven Fertigung in die Arbeitsabläufe deutscher KMU zu rechnen, was Innovation und Wirtschaftswachstum fördern wird. Nach Zhang et al. (2021), "The continuous evolution of smart manufacturing paradigms, driven by advanced information technologies and digital twins, will enable SMEs to innovate and scale their operations more effectively". [Die kontinuierliche Entwicklung intelligenter Fertigungsparadigmen, die durch fortgeschrittene Informationstechnologien und digitale Zwillinge vorangetrieben wird, wird KMU in die Lage versetzen, innovativ zu sein und ihre Tätigkeiten effizienter zu skalieren].

Meistgenutzte 3D-Druck-Technologien im Jahr 2022

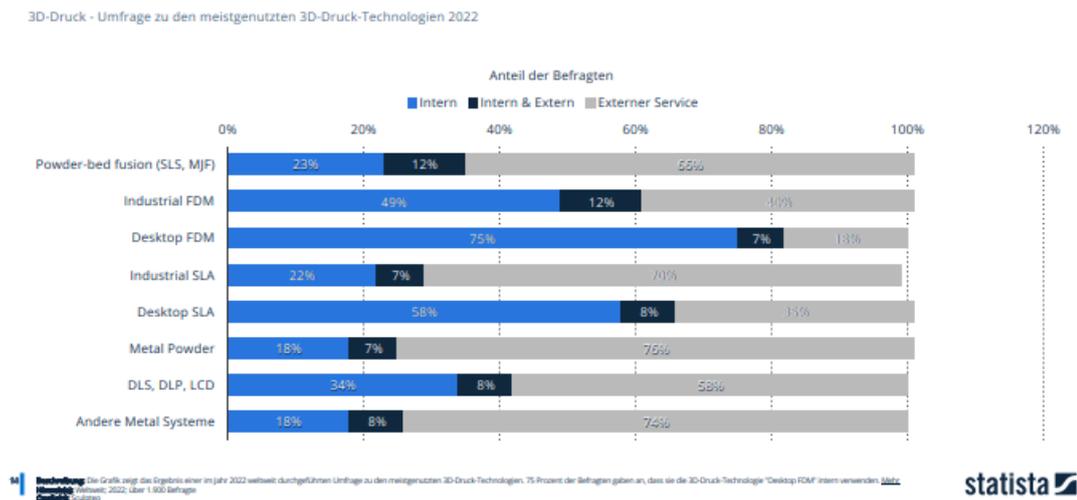


Abbildung 4 : In Statista Digital Trends: Additive Fertigung (p. 14).

Diese Grafik stammt aus dem Bericht "Statista Digital Trends: Additive Manufacturing". Sie bietet wertvolle Einblicke in die vorherrschenden 3D-Drucktechnologien und basiert auf einer weltweiten Umfrage mit mehr als 1.900 Befragten im Jahr 2022.

Die Grafik hebt einige wichtige Punkte hervor:

- **Desktop FDM:** 75% der Befragten gaben an, Desktop-FDM intern einzusetzen.

- **Powder-bed Fusion:** Ein weiteres Beispiel dafür sind Technologien wie SLS und MJF, die in verschiedenen Sektoren im Einsatz sind.
- **Industrial FDM and SLA:** Beide sind von großer Bedeutung und werden sowohl intern als auch extern in nennenswertem Umfang genutzt.

Zahlen und Fakten

- **Beschäftigungsentwicklung in der Additiven Fertigung weltweit:** Der Beschäftigungstrend in der additiven Fertigung ist in den letzten zehn Jahren weltweit stark angestiegen. Branchenberichten zufolge lag das Marktwachstum im Bereich der additiven Fertigung in den letzten Jahren bei rund 20 %. Dies deutet auf einen starken Aufwärtstrend bei den Beschäftigungsmöglichkeiten in der additiven Fertigungsindustrie hin, der durch die zunehmende Akzeptanz in verschiedenen Branchen wie der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie, dem Gesundheitswesen und der Konsumgüter-industrie gefördert wird.
- **Patententwicklung für additive Fertigung weltweit:** Die Entwicklung von Patenten im Bereich der additiven Fertigung hat weltweit zugenommen und spiegelt die anhaltende Innovation und Investition in 3D-Drucktechnologien wider. Nach Angaben des Europäischen Patentamts war die jährliche Wachstumsrate der Patentanmeldungen im Bereich der additiven Fertigung in den letzten zehn Jahren beeindruckend. Dies deutet auf eine starke Zunahme des Schutzes geistigen Eigentums und des technologischen Fortschritts im Bereich der additiven Fertigung hin.
- **Die Entwicklung der 3D-Drucktechnologien:** Die 3D-Drucktechnologien haben sich in den letzten zehn Jahren erheblich weiterentwickelt, mit Fortschritten bei Geschwindigkeit, Genauigkeit, Materialvielfalt und Skalierbarkeit. Die jährliche Wachstumsrate des technologischen Fortschritts im 3D-Druck ist laut einer Branchenanalyse atemberaubend. Dazu gehören Verbesserungen bei additiven Fertigungsverfahren wie dem selektiven Lasersintern (SLS), dem Fused Deposition Modeling (FDM), der Stereolithografie (SLA) und dem Binder-Jetting sowie die Entwicklung neuer Materialien und Software-Tools zur Verbesserung von Funktionalität und Effizienz.

Während diese Zahlen einen allgemeinen Hinweis auf die Trends geben, können die spezifischen Prozentsätze je nach Quelle und Zeitraum der analysierten Daten variieren (siehe Abbildung 5).

ZUSAMMENHÄNGE UND GRENZEN

Hintergrund und Entwicklung

In den letzten zwei Jahrzehnten hat die Additive Manufacturing (AM)-Industrie in Deutschland ein erhebliches Wachstum und eine bedeutende Entwicklung erfahren. Ursprünglich wurde die additive Fertigung vor allem für das Rapid Prototyping und die Kleinserienfertigung eingesetzt. Fortschritte in der Technologie und bei den Werkstoffen haben die Anwendungen jedoch auf Endprodukte, Werkzeuge und sogar Komponenten für kritische Branchen wie die Luft- und Raumfahrt und die Automobilindustrie ausgeweitet. Nach The Business Research Company, *"The growth observed in the additive manufacturing market can be attributed to the increasing demand for prototyping, the necessity for customization, and handling complex geometries, especially in the aerospace and automotive industries."* (Additive Manufacturing Global Market Report, 2024). [Das Wachstum auf dem Markt für additive Fertigung ist auf die steigende Nachfrage nach Prototypen, die Notwendigkeit kundenspezifischer Anpassungen und die Handhabung komplexer Geometrien zurückzuführen, insbesondere in der Luft- und Raumfahrt- sowie in der Automobilindustrie.] Obwohl industrielle Großbetriebe die additive Fertigung rasch übernommen haben, stehen kleine und mittlere Unternehmen (KMU) vor besonderen Aufgaben bei

der Nutzung dieser Technologie. Hervorgehoben durch IMARC Group (2023), "*Despite the rapid adoption of additive manufacturing technologies by large industrial firms, SMEs encounter both challenges and opportunities that require addressing specific technological, financial, and skill-related barriers to fully leverage AM's potential*". [Trotz der raschen Einführung additiver Fertigungstechnologien durch große Industrieunternehmen sehen sich KMU sowohl mit Herausforderungen als auch mit Chancen konfrontiert, die die Überwindung spezifischer technologischer, finanzieller und qualifikatorischer Hindernisse erfordern, um das Potenzial der additiven Fertigung voll auszuschöpfen].

Entwicklung verschiedener Anwendungen der additiven Fertigung

- **Rapid-Prototyping:** Die additive Fertigung hat in Deutschland für das Rapid Prototyping an Bedeutung gewonnen und ermöglicht es Unternehmen, Designs schnell zu iterieren und Konzepte zu validieren
- **Allgemein:** Rapid Prototyping ist leichter zugänglich und erschwinglicher geworden, was zu einer zunehmenden Verbreitung in allen Branchen geführt hat.
- **Herstellung von Endverbrauchsteilen:** Fortschritte bei Werkstoffen und Prozesssicherheit haben die additive Fertigung für die Herstellung von Endprodukten in Branchen wie der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie und der Medizintechnik möglich gemacht.
- **Entwicklung:** Kürzere Vorlaufzeiten, Kosteneinsparungen und Designflexibilität sind das Ergebnis des Einsatzes additiver Fertigung für Endprodukte.
- **Werkzeug- und Vorrichtungsbau:** Die additive Fertigung wird zunehmend für die Herstellung kundenspezifischer Werkzeuge, Vorrichtungen und Halterungen eingesetzt und bietet Vorteile in Bezug auf die Komplexität der Konstruktion und die Verkürzung der Durchlaufzeiten.
- **Prozessentwicklung:** Die Einführung der additiven Fertigung für Werkzeuge hat es den Herstellern ermöglicht, ihre Herstellungsprozesse daran anzupassen, diese optimieren und Ausfallzeiten zu reduzieren.

FAKTOREN, DIE AUF EINE POSITIVE ENTWICKLUNG, STAGNATION ODER EINEN NEGATIVEN TREND FÜR KLEINE UND MITTLERE UNTERNEHMEN HINDEUTEN

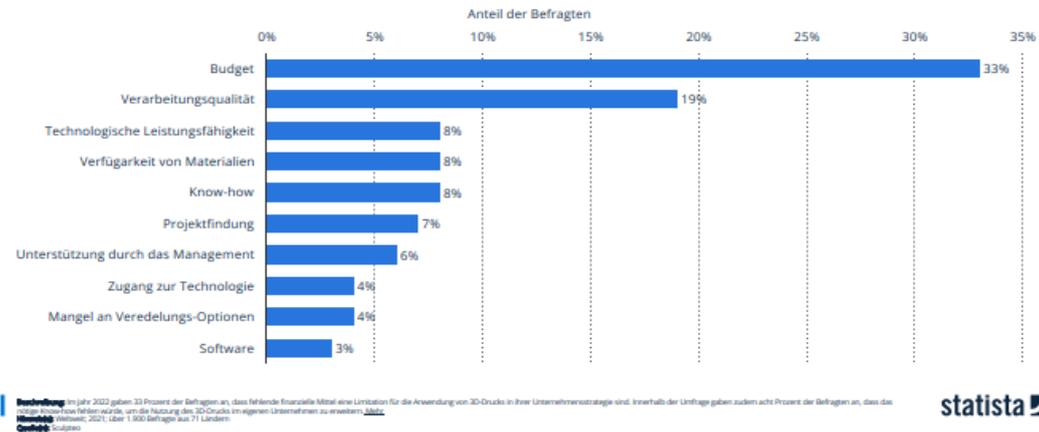
Positive Faktoren für die Entwicklung von KMU

- **Zugänglichkeit:** Kostengünstige 3D-Drucker und leicht zugängliche Materialien haben die additive Fertigung für KMU erschwinglicher gemacht.
- **Individualisierung:** Additive Fertigung ermöglicht es KMU, hochgradig individualisierte Produkte anzubieten, ohne dass teure Werkzeuge benötigt werden.
- **Innovation:** KMU sind oft sehr flexibel bei der Einführung neuer Technologien und der Förderung von Innovationen in ihren jeweiligen Branchen.

Abbildung 5: In Statista Digital Trends: Additive Fertigung (p. 22).

Was sind die Limitationen von 3D-Druck in Ihrer Unternehmenstrategie?

3D-Druck - Umfrage zu Hindernisse in der Unternehmenstrategie 2021



Die Grafik Abb. 5 bietet wertvolle Einblicke in die Herausforderungen, denen sich Unternehmen bei der Einführung von 3D-Drucktechnologien gegenübersehen, basierend auf einer weltweiten Umfrage, die im Jahr 2022 unter mehr als 1.900 Befragten aus 71 Ländern durchgeführt wurde.

Die Grafik zeigt mehrere wichtige Punkte auf:

- **Budgetrestriktionen:** 33 % der Befragten gaben an, dass finanzielle Einschränkungen ein großes Hindernis darstellen.
- **Mangelndes Know-how:** 8 % der Befragten gaben an, dass sie nicht über die erforderlichen Fachkenntnisse für eine Ausweitung der Nutzung des 3D-Drucks verfügen.
- **Technologische Leistungsfähigkeit und Materialverfügbarkeit:** Weitere wichtige Hemmnisse sind die Verarbeitungsqualität, die technologische Leistungsfähigkeit und die Verfügbarkeit von Materialien.

Für KMU stagnierende bzw. negative Entwicklungstendenzen

- **Ressourcenknappheit:** KMU verfügen möglicherweise nicht über die finanziellen Mittel und das Know-how, um in additive Fertigungstechnologien zu investieren und deren Potenzial voll auszuschöpfen.
- **Skalierbarkeit:** Die Skalierung additiver Fertigungsverfahren für die Massenproduktion kann für KMU aufgrund begrenzter Ressourcen und Infrastruktur eine Herausforderung darstellen.
- **Skill Gap:** KMU haben unter Umständen Schwierigkeiten bei der Rekrutierung von qualifiziertem Personal mit Fachkenntnissen im Bereich des additiven Designs und der additiven Fertigung, was die Einführung und Umsetzung verlangsamen könnte.

VON DER HEUTIGEN ZUR ZUKÜNFTIGEN SITUATION

Im Folgenden werden die wichtigsten Aufgaben beschrieben, die von der digitalen Technologie und/oder dem ökologischen Wandel betroffen sind, sowie die Veränderungen und Entwicklungen der damit verbundenen erforderlichen Fähigkeiten.

Tabelle 5 : Aufgaben und Fähigkeiten, die mit dem Beruf des 3D-Druck Technikers verbunden sind.

Aufgabe	AUSWIRKUNGEN AUF DIE DIGITALISIERUNG U./O. DEN ÖKOLOGISCHEN WANDEL	WIRKUNGS-BESCHREIBUNG	ERFORDERLICHE FÄHIGKEITEN/KENTNISSE	ERWARTETER TREND DER FÄHIGKEITSENTWICKL.	SKILL TYPE	ZU ERREICHENDER REIFEGRAD	SKILL ESCO URL	SKILL BESCHREIBUNG
Materialhandhabung	5-6 Sustainable Material Innovation	Einschränkungen bei der Materialhandhabung	Material Science	+	Knowledge	L2	http://data.europa.eu/esco/skill/142f3f7f-f15f-412e-a5fe-f75755b5dbe0	Ein Gebiet der Wissenschaft und Technik, das sich mit der Erforschung neuer Materialien auf der Grundlage ihrer Struktur, ihrer Eigenschaften, ihrer Synthese und ihrer Leistungsfähigkeit für verschiedene Zwecke, einschließlich der Verbesserung des Feuerwiderstandes von Baustoffen, befasst.
			Data Analysis		Skill	L3	http://data.europa.eu/esco/skill/2b92a5b2-6758-4ee3-9fb4-b6387a55cc8f	Sammeln von Daten und Statistiken, um sie zu untersuchen und auszuwerten, um Aussagen und Modellprognosen zu erstellen, mit dem Ziel, nützliche Informationen für die Entscheidungsfindung zu erhalten.
Bedienen, Steuern & Überwachen	1-1 Internet of Things (IoT) / Smart Sensors / 5G technology	Führen von Anlagen und Maschinen	IOT Integration		Knowledge	L2	http://data.europa.eu/esco/skill/f049d050-12da-4e40-813a-2b5eb6df6b51	Allgemeine Prinzipien, Kategorien, Anforderungen, Einschränkungen und Schwachstellen intelligenter, vernetzter Geräte (die meisten davon mit beabsichtigter Internet-Verbindung).

	1-2 Artificial Intelligence (AI) / Machine learning / Big Data Analytics	Qualität	Real Time Data Analytics			L3	http://data.europa.eu/esco/skill/97bd1c21-66b2-4b7e-ad0f-e3cda590e378	Die Wissenschaft der Analyse und Entscheidungsfindung auf der Grundlage von Rohdaten aus verschiedenen Quellen. Dazu gehört auch die Kenntnis von Techniken, die Algorithmen verwenden, um aus diesen Daten Erkenntnisse oder Trends abzuleiten und damit Entscheidungsprozesse zu unterstützen.
		CAD/CAM	AI Applications				http://data.europa.eu/esco/skill/7a757fa5-9a6f-43ab-9e66-f8f4dba1ffc	Einsatz von computergestützten Fertigungsprogrammen (CAM) zur Steuerung von Maschinen und Werkzeugmaschinen bei der Erstellung, Änderung, Analyse oder Optimierung von Fertigungsprozessen für Werkstücke.
	4-6 Predictive Maintenance	Funktionale Sicherheit	Dynamic Risk Management			L2	http://data.europa.eu/esco/skill/96550830-539b-4746-96aa-92aa4959945d	Ermittlung der Risiken und Anwendung eines Risikomanagementverfahrens, z. B. der Gefahrenanalyse und Überwachung kritischer Kontrollpunkte (Hazard Analysis and Critical Control Points - HACCP).
Problemlösung		Fehlersuche und -behebung	Predictive Maintenance				http://data.europa.eu/esco/skill/334e3e49-fb02-4051-809a-f06adfdc1c40	Betriebliche Probleme erkennen und entscheiden, was zu tun ist. Entsprechende Berichte erstellen.
	3-1 Cybersecurity	Funktionale Sicherheit	Advanced Creative Problem Solving			L3	http://data.europa.eu/esco/skill/adc6dc11-3376-467b-96c5-9b0a21edc869	In einem breiten Spektrum von Zusammenhängen Lösungen für praktische, operative oder konzeptionelle Probleme zu finden.
Analgen & Prozesssicherheit			Cybersecurity Basics				http://data.europa.eu/esco/skill/a4346013-a967-4a58-a533-6b32ad1364c5	Kenntnisse in den Grundsätzen und ethischen Fragestellungen des Datenschutzes sowie in den entsprechenden Regeln und Protokollen.

Advanced Manufacturing	4-1 3D Printing/Additive Manufacturing	Advanced Manufacturing Prozessen	Digital Literacy	Skill		http://data.europa.eu/esco/skill/c8fa4313-80b0-4f37-8b1b-1739707bc362	Vermittlung theoretischer und praktischer (grundlegender) Computer- und IKT-Kenntnisse, z. B. effizientes Tippen, Arbeiten mit grundlegenden Online-Technologien und Abrufen von E-Mails. Dazu gehört auch das Coaching der Lernenden im richtigen Umgang mit Computerhardware und -software.
Arbeit in multidisz. Teams		Teamarbeit und Kunden-interaktionen	Enhance Collaboration		L2	http://data.europa.eu/esco/skill/e4da156d-a6c4-4b29-935b-eff9c9553cf1	Selbstbewusst in einer Gruppe arbeiten, in der jeder seinen Beitrag leistet, um das Ganze zu unterstützen. Die Rollen und Kompetenzen der anderen Teammitglieder werden verstanden und respektiert.

AUSWIRKUNG AUF DIE FÄHIGKEITEN

In der vorangegangenen Analyse wurden die Auswirkungen auf die erforderlichen Fähigkeiten und Kenntnisse beschrieben. An dieser Stelle wird nun nach neuen Fähigkeiten sowie nach einer notwendigen Anpassung der bereits in der ESCO-Datenbank identifizierten Fähigkeiten/Kenntnisse geforscht.

Tabelle 6: Impact on Skills - 3D Printing Technician

VORHANDENE FÄHIGKEITEN/ WISSEN URI	NAME DER NEUEN RELEVANTEN FÄHIGKEIT / DES NEUEN RELEVANTEN WISSENS HINZUGEFÜGT	GRUNDLEGENDE FÄHIGKEIT	BESCHREIBUNG NEUER EINSCHLÄGIGER FÄHIGKEITEN/KENNTNISSE	Vorhandene Fähigkeiten/Kenntnisse werden nicht verknüpft sind	HINZUZUFÜGENDE/ ENTFERNENDE BERUFE
http://data.europa.eu/esco/skill/f049d050-12da-4e40-813a-2b5eb6df6b51	IOT Integration	Skill	Bleiben Sie auf dem Laufenden mit den neuesten I4.0 - Anwendungen	No	Production Engineers Process Engineers R&D Engineers SCM
http://data.europa.eu/esco/skill/8d4271ca-c9fd-40b3-875f-15f78332a49e	Real Time Data Analytics	Knowledge	Bleiben Sie auf dem Laufenden mit Echtzeit-Qualitätskontrolle	No	Production Management Quality Management Process Engineers
http://data.europa.eu/esco/skill/cb1b0777-0388-4b01-a0cf-7c6bbfbbd61d	AI Applications	Skill	Bleiben Sie auf dem Laufenden mit den neuesten I4.0 - Anwendungen	No	Production Engineers Process Engineers R&D Engineers SCM
http://data.europa.eu/esco/skill/d55e3866-3ec1-4bbb-b946-2c16696d0dcb	Material Science	Skill	Bleiben Sie auf dem Laufenden mit den neuesten Materialspezifikationen	Ergänzung ESCO Database: "material specification"	Process Engineer R&D Engineer

http://data.europa.eu/escoskill/2b92a5b2-6758-4ee3-9fb4-b6387a55cc8f	Data Analysis	Skill	Sammeln von Daten und Statistiken, um sie zu testen und zu analysieren, um Aussagen und Modellprognosen zu erstellen, mit dem Ziel, wertvolle Informationen für den Entscheidungsprozess zu entdecken.	No	Process Engineer Quality Engineer
http://data.europa.eu/escoskill/13d301d0-98cb-414f-a8f9-a3f059228133	Advanced Creative Problem Solving	Skill	Die Fähigkeit zur Entwicklung innovativer Lösungen für komplexe technische Herausforderungen. Dies umfasst das kritische Denken, um neue Ansätze in der Maschinenprogrammierung, Prozessoptimierung und Produktionsplanung zu identifizieren und anzuwenden, mit dem Ziel, die Effizienz, Qualität und Leistung in modernen Fertigungsumgebungen zu verbessern.	Ergänzung ESCO Database: "Ability to develop innovative solutions to complex engineering challenges"	Production Management Process Engineers R&D

CNC MASCHINEN- UND ANLAGEN-BEDIENER

TÄTIGKEITSBESCHREIBUNG UND UMFANG

Tätigkeitsbeschreibung

CNC Machine Operator (ESCO 7223.4) [CNC Maschinen und Anlagenbediener] ESCO Beschreibung : “Computer numerical control machine operator’s set-up, maintain and control a computer numerical control machine to execute the product orders. They are responsible for programming the machines, ensuring the required parameters and measurements are met while maintaining quality and safety standards”[Der Maschinenbediener richtet eine numerisch gesteuerte Maschine ein, wartet sie und bedient sie, um Produktaufträge auszuführen. Sie sind für die Programmierung der Maschinen verantwortlich und stellen sicher, dass die erforderlichen Parameter und Maße unter Einhaltung der Qualitäts- und Sicherheitsnormen eingehalten werden] (ESCO, n.d.).

Nachstehend finden Sie die ESCO-Tabelle für die Überprüfung eines bestehenden Berufs mit dem Ziel, eine Änderung der Beschreibung des Berufs vorzuschlagen:

Tabelle 7 : ESCO-Vorlage für die Überprüfung eines bestehenden Berufsbildes

Beruf URL	Berufsbezeichnung	KOMMENTARE ZUR BEVORZUGTEN BEZEICHNUNG	NEUE BESCHREIBUNG EINES BESTEHENDEN BERUFS	ALTERNATIVE BEZEICHNUNGEN ZUM ENTFERNEN/ÄNDERN/HINZUFÜGEN	WESENTLICHE FÄHIGKEITEN UND WISSENSKONZEPTE ZUM HINZUFÜGEN/ENTFERNEN	OPTIONALE FÄHIGKEITEN UND WISSENSKONZEPTE ZUM HINZUFÜGEN/ENTFERNEN
7223.4 <a href="http://data.europa.eu/esco/occupation/5c082067-<u>ea18-4ccb-8c43-e70b18ad8120</u>">http://data.europa.eu/esco/occupation/5c082067-<u>ea18-4ccb-8c43-e70b18ad8120</u>	Computer Numerical Control machine operator (CNC Maschinen- und Anlagenführer)	Erweiterung der Smart Factory-Inhalte	Der CNC Maschinen- und Anlagenführer sollte I4.0-Inhalte enthalten.	N/A	Advanced Machining Enhance Collaboration Advanced Creative Problem Solving Advanced Creative Trouble Shooting Adapt To Changing Situations Predictive Maintenance Advanced Coding Robotics And Automation Data Analysis	Cybersecurity Basics

Geschäftsfeld

- CNC Maschinen- und Anlagenbediener bedienen hochentwickelte Maschinen zur Herstellung präziser Teile und Komponenten. Sie sind in einer Vielzahl von Branchen tätig, u. a. in den Bereichen Maschinenbau und Fertigung, Medizin, Luft- und Raumfahrt, Automobilbau, Konsumgüter und Elektronik, Werkzeug- und Vorrichtungsbau sowie Sondermaschinenbau. Die Vorteile für den B2B- und B2C-Sektor werden ebenso aufgezeigt wie aktuelle technische Entwicklungen, der Wandel zur Green Factory und seine Auswirkungen auf den deutschen Mittelstand.

Tätigkeitsbeschreibung CNC Maschinen- und Anlagenbediener über industrielle Branchen

- **Entwicklung und Fertigung:** Der CNC-Maschinen- und Anlagenbediener steht immer im Mittelpunkt von CNC-gestützten Fertigungsprozessen. Vor der Fertigung steht stetig das Auswerten anspruchsvoller technischer Vorgaben, neben Zeichnungen auch Arbeitspläne, und daraus ergibt sich, dass die gefertigten Teile in Übereinstimmung mit den Vorschriften kommen. Sein Fachwissen garantiert, dass alle Bauteile den geforderten Präzisions- und Qualitätsstandards entsprechen. Nach U.S. Bureau of Labor Statistics (2023), "*CNC operators play a critical role in the manufacturing process by interpreting complex technical drawings and ensuring that the produced parts meet stringent specifications*" [CNC-Bediener spielen eine entscheidende Rolle im Herstellungsprozess, indem sie komplexe technische Zeichnungen interpretieren und sicherstellen, dass die hergestellten Teile den strengen Spezifikationen entsprechen].
- **Medizintechnik:** In der Medizintechnik sind CNC Maschinen- und Anlagenbediener/innen für die Präzisionsfertigung zuständig. Sie verwenden biokompatible Materialien und halten strenge Qualitätsstandards ein, um die Zuverlässigkeit der Medikalprodukte abbilden zu können. Notiert ebenfalls von Legg (2024), "*The high precision and accuracy of CNC machining allow for the creation of custom implants and surgical instruments that meet stringent medical standards, ensuring the safety and effectiveness of these critical medical products*" [Die hohe Präzision und Genauigkeit der CNC-Bearbeitung ermöglicht die Herstellung von maßgefertigten Implantaten und chirurgischen Instrumenten, die strenge medizinische Standards erfüllen und die Sicherheit und Wirksamkeit dieser wichtigen medizinischen Produkte gewährleisten].
- **Luft- und Raumfahrt:** CNC-Maschinen- und Anlagenbediener in der Luft- und Raumfahrttechnik stellen Schlüsselkomponenten für diese her, die strenge Anforderungen an Festigkeit, Haltbarkeit und Zuverlässigkeit erfüllen müssen. Sie arbeiten mit modernen Werkstoffen und komplexen Geometrien, um die Normen der Luft- und Raumfahrtindustrie zu erfüllen. Dokumentiert von U.S. Bureau of Labor Statistics (2023), "*CNC machinists play a pivotal role in aerospace manufacturing by producing components with high precision and tight tolerances, essential for ensuring the safety and reliability of aircraft and spacecraft*" [CNC-Maschinenführer spielen eine zentrale Rolle in der Luft- und Raumfahrtindustrie, da sie Komponenten mit hoher Präzision und engen Toleranzen herstellen, die für die Sicherheit und Zuverlässigkeit von Flugzeugen und Raumfahrzeugen unerlässlich sind].
- **Automobilindustrie:** In der Automobilindustrie sind CNC-Maschinenbediener für die maschinelle Präzisionsbearbeitung wichtiger Fahrzeugkomponenten wie Antriebsstränge, Teile für Elektro- und Verbrennungsmotoren und viele andere Bauteile verantwortlich. Durch ihre Arbeit stellen sie sicher, dass die hergestellten Fahrzeuge den strengen Sicherheits-, Leistungs- und Wirtschaftlichkeitsanforderungen entsprechen. Durch die Einhaltung enger Toleranzen während des Bearbeitungsprozesses tragen sie wesentlich zur Gesamtqualität und Zuverlässigkeit der Automobilprodukte bei. Nach Mastercam (2023), "*CNC machining is essential in the automotive industry for manufacturing complex parts such as engine components and transmission systems, ensuring high precision and adherence to stringent safety and performance requirements*" [Die CNC-

Bearbeitung ist in der Automobilindustrie für die Herstellung komplexer Teile wie Motorkomponenten und Getriebesysteme unverzichtbar und gewährleistet hohe Präzision und die Einhaltung strenger Sicherheits- und Leistungsanforderungen].

- **Konsumgüter und elektronische Geräte:** CNC Maschinen- und Anlagenbediener/innen stellen hoch entwickelte Teile für Unterhaltungselektronik, Haushaltsgeräte und Gadgets her. Durch den sorgfältigen Zusammenbau von Komponenten verbessern sie die Funktionalität und das Aussehen von Konsumgütern. Nach Grand View Research (2023), "*The demand for CNC machines in the consumer electronics sector is driven by the need for precision in manufacturing intricate components, which are essential for the functionality and aesthetic appeal of modern electronic devices*" [Die Nachfrage nach CNC-Maschinen in der Unterhaltungselektronik wird durch den Bedarf an Präzision bei der Herstellung komplizierter Komponenten angetrieben, die für die Funktionalität und Ästhetik moderner elektronischer Geräte unerlässlich sind].
- **Werkzeug und Vorrichtungen:** CNC-Maschinenbediener/innen stellen Werkzeuge (e.g. Spritzgusswerkzeuge, etc.), Formen und Vorrichtungen her, die in verschiedenen Fertigungsverfahren eingesetzt werden. Durch die Herstellung anspruchsvoller Werkzeuge für die Massenproduktion tragen sie wesentlich zur Steigerung der Rentabilität in den Unternehmen bei. Nach Yusof and Latif (2019), "*CNC machining is essential for creating precise tooling and fixtures, which significantly enhances manufacturing efficiency and productivity by ensuring accurate and repeatable processes*" [Die CNC-Bearbeitung ist für die Herstellung von präzisen Werkzeugen und Vorrichtungen unerlässlich, was die Effizienz und Produktivität der Fertigung erheblich steigert, da genaue und wiederholbare Prozesse gewährleistet werden].
- **Kundenspezifische Maschinenbauteile:** CNC Maschinen- und Anlagenbediener/innen erfüllen die Anforderungen der verschiedenen Industriezweige, indem sie spezielle Bauteile nach Kundenspezifikation herstellen. Durch ihre Kompetenz in der CNC-Programmierung und in den Bearbeitungsverfahren bieten sie hochgradig individuelle und präzise Lösungen. Wie auch notiert von Prakash (2022), "*The ability of CNC machinists to produce customised, precision parts are vital across multiple sectors, including automotive, aerospace, and consumer electronics, ensuring that specific customer requirements are met with high accuracy*" [Die Fähigkeit von CNC-Maschinenbedienern, kundenspezifische Präzisionsteile zu fertigen, ist in vielen Branchen wie der Automobilindustrie, der Luft- und Raumfahrt und der Unterhaltungselektronik von entscheidender Bedeutung, um sicherzustellen, dass spezifische Kundenanforderungen mit hoher Genauigkeit erfüllt werden].

Verteilung des Umsatzes im deutschen Maschinenbau nach ausgewählten Sektoren im Jahr 2023

Deutscher Maschinenbau - Umsatzverteilung nach Sektoren 2023

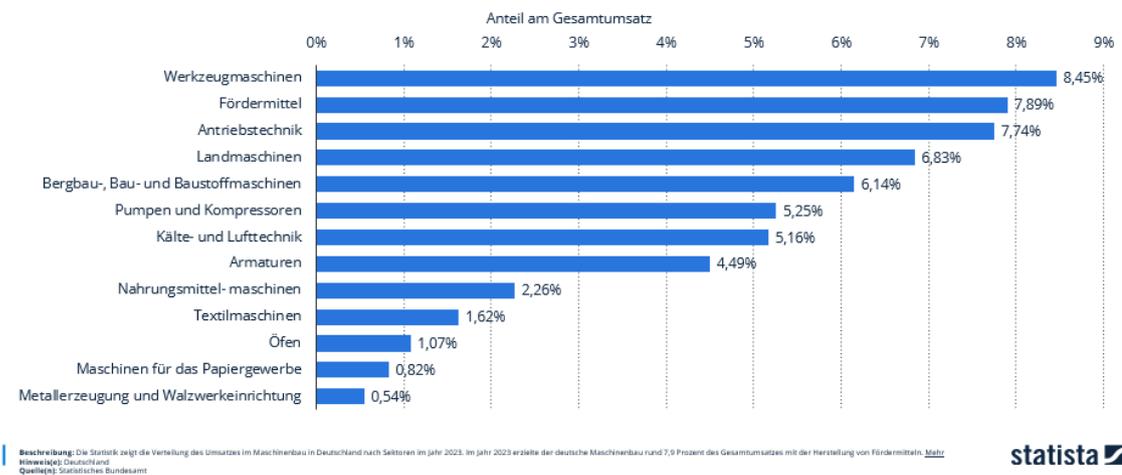


Abbildung 6: In Statista Industrien & Märkte: Werkzeugmaschinen in Deutschland (p. 5).

Traditionelle CNC gesteuerte Fertigungsmaschinen

- **CNC - Fräsen:** CNC-Fräsmaschinen werden zum Zerspanen und Bearbeiten fester Werkstoffe eingesetzt und ermöglichen die Herstellung komplexer Formen mit hoher Präzision.
- **CNC - Drehen:** Auf CNC-Drehmaschinen werden die Werkstücke gedreht, während die Schneidwerkzeuge das Material abtragen, so dass zylindrische Teile mit präzisen Abmessungen hergestellt werden können.
- **CNC - Drahterodieren:** Bei der Funken erosiven Bearbeitung mittels Drahts wird ein dünner Draht als Elektrode verwendet, der unter Spannung steht. Dieser Draht wird durch das Werkstück geführt und erzeugt durch Funkenentladungen in einer dielektrischen Flüssigkeit einen Materialabtrag, wodurch präzise Formen geschnitten werden. Der Prozess wird von einer numerischen Steuerung (CNC) kontrolliert, um hochpräzise und komplexe Schnitte zu ermöglichen.
- **CNC - Erodieren:** Die Funkenerosion ist ein Fertigungsverfahren, bei dem durch elektrische Entladungen zwischen einer Elektrode und einem leitenden Werkstück winzige Materialpartikel abgetragen werden. Dies geschieht in einer dielektrischen Flüssigkeit, die die Funken kontrolliert und die Abtragspartikel abführt. Die CNC-Steuerung sorgt für präzise Bewegungen der Elektrode, um komplexe Formen und feine Details zu erzeugen.
- **CNC - 3D - Messung:** Zur Prüfung und Verifizierung der Maßhaltigkeit der bearbeiteten Bauteile werden moderne Messtechniken wie z.B. 3D-Messsysteme eingesetzt.

Vorteile für den B2B- und B2C-Sektor

- **B2B Sektor:** Die CNC-Bearbeitung bietet B2B-Kunden wirtschaftliche Lösungen für die Herstellung kundenspezifischer Teile, reduziert die Lieferzeiten und verbessert die Effizienz der kundenspezifischen Versorgung. Hervorgehoben von Attar et al. (2022), "The integration of CNC machining into B2B operations has streamlined production processes, allowing for greater customization and efficiency in supply chains, which are critical for maintaining competitiveness" [Die Integration der CNC-Bearbeitung in die B2B-Akti-

vitäten hat die Produktionsprozesse rationalisiert und ermöglicht eine größere Individualisierung und Effizienz in den Lieferketten, die für die Erhaltung der Wettbewerbsfähigkeit entscheidend sind].

- **B2C Sektor:** Vom Einsatz der CNC-Bearbeitung profitieren die Verbraucher in erheblichem Maße. So lassen sich u.a. Produkte herstellen, die eine verbesserte Funktionalität aufweisen und darüber hinaus noch auch in ihrer visuellen Wertigkeit ansprechend gestaltet werden können. Nach Perifanis and Kitsios (2023), "*CNC machining enables the production of consumer goods with high precision and quality, enhancing the functionality and aesthetic appeal of products, thus meeting the growing demand for high-standard consumer items*" [Die CNC-Bearbeitung ermöglicht die Herstellung von Konsumgütern mit hoher Präzision und Qualität, wodurch die Funktionalität und Ästhetik der Produkte verbessert und die wachsende Nachfrage nach hochwertigen Konsumgütern erfüllt wird].

Technologische Entwicklungen und Zukunftserwartungen

- **Automatisierung und Robotertechnik:** Erweiterte Automatisierung in die CNC-Bearbeitung zu integrieren, bietet den Herstellern die Möglichkeit, die Produktivität erheblich zu steigern, indem Prozesszeiten, nicht nur Zerspanungszeiten, verkürzt und somit Arbeitseinsatzkosten allgemein gesenkt werden. Dies unterstreicht auch Monzón et al. (2024), "*Combining advanced automation with CNC machining enhances productivity by reducing cycle times and labour costs, while improving the overall efficiency of manufacturing processes*" [Die Kombination aus fortschrittlicher Automatisierung und CNC-Bearbeitung steigert die Produktivität, indem sie Zykluszeiten und Arbeitskosten reduziert und gleichzeitig die Gesamteffizienz der Fertigungsprozesse verbessert].
- **Werkstoffe der Zukunft:** Das Innovations- und Entwicklungspotenzial in der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie und anderen High-Tech-Branchen wird durch den CNC-gestützten Bearbeitungsvorgang moderner Werkstoffe wie Verbundwerkstoffe und Hochleistungslegierungen erheblich mit gesteigert. Die Herstellung komplexer und hochpräziser Bauteile wird durch diesen technologischen Fortschritt ermöglicht. Monzón et al. (2024) hat dies ebenfalls unterstrichen "*the use of CNC machining to process advanced materials, including composites and high-performance alloys, opens up new possibilities in aerospace, automotive, and other high-tech industries*" [der Einsatz von CNC-Bearbeitung zur Bearbeitung fortschrittlicher Materialien, einschließlich Verbundwerkstoffen und Hochleistungslegierungen, eröffnet neue Möglichkeiten in der Luft- und Raumfahrt, der Automobilindustrie und anderen High-Tech-Industrien].
- **Digitalisierung:** Industrie 4.0-Technologien ermöglichen Simulationen, Echtzeit-monitoring, prädiktive Wartungsansätze wie auch datengestützte Entscheidungsfindung in CNC-Bearbeitungsprozessen, steigern somit die Wirtschaftlichkeit und darüber hinaus die Qualität der Produkte. Dies belegt auch die Studie von Yu et al. (2024), "*The integration of digital twin frameworks and AI algorithms in CNC systems significantly enhances the accuracy and efficiency of machining processes by enabling real-time monitoring and predictive maintenance*" [Die Integration von Digital Twin Frameworks und KI-Algorithmen in CNC-Systeme verbessert die Genauigkeit und Effizienz von Bearbeitungsprozessen erheblich, indem Echtzeitüberwachung und vorausschauende Wartung ermöglicht werden].
- **Hybride Produktion:** Die Integration der additiven Fertigung mit traditionellen CNC-Bearbeitungsverfahren ermöglicht hybride Fertigungslösungen, die die Vorteile beider Techniken für komplexe Geometrien und Rapid Prototyping kombinieren. Das "Open-Hybrid Projekt" demonstrierte dies "*hybrid machines equipped with both subtractive and additive manufacturing technologies provide unmatched flexibility and efficiency in producing complex parts, reducing the overall production time and costs*" [Hybridmaschinen, die sowohl mit subtraktiven als auch mit additiven Fertigungstechnologien ausgestattet sind, bieten unübertroffene Flexibilität und Effizienz bei der Herstellung komplexer Teile und reduzieren die Gesamtproduktionszeit und -kosten] (3DPrint.com, 2021).

- **Nachhaltige Verfahren:** CNC-Anwender tragen allgemein zur Nachhaltigkeit bei, indem sie ihre Bearbeitungsverfahren optimieren, Materialverluste reduzieren und ihre Herstellungsprozesse auf deren Umweltfreundlichkeit durchleuchten und daraus entsprechende nachhaltige Maßnahmen ableiten. Wie auch hervorgehoben von der Energy Efficiency Directive (2023), "*Optimizing energy usage and adopting advanced manufacturing techniques are crucial for improving sustainability in industrial operations, which significantly contributes to reducing waste and conserving resources*" [Die Optimierung des Energieverbrauchs und die Einführung fortschrittlicher Produktionstechniken sind entscheidend für die Verbesserung der Nachhaltigkeit in der Industrie und leisten einen wichtigen Beitrag zur Verringerung des Abfallaufkommens und zur Schonung der Ressourcen].
- **Energie Effizienz:** Energieeffiziente Technologien und erneuerbare Energien in CNC-Bearbeitungsprozesse zu integrieren, spielt eine wichtige Rolle, um die Energienutzung und die Umweltauswirkungen in der Fertigung zu reduzieren. Durch die Umsetzung dieser Ansätze wird es den Herstellern ermöglicht, ihre CO₂-Emissionen erheblich zu reduzieren und die Nachhaltigkeit ihrer Produktion zu verbessern. Nach Félix and Mena (2023), "*Incorporating energy-efficient technologies and renewable energy in CNC machining processes is vital for minimizing energy consumption and lowering the carbon footprint of manufacturing activities*" [Die Einbeziehung energieeffizienter Technologien und erneuerbarer Energien in CNC-Bearbeitungsprozesse ist von entscheidender Bedeutung für die Minimierung des Energieverbrauchs und die Verringerung des CO₂-Fußabdrucks der Fertigungsaktivitäten].

Auswirkungen auf deutsche KMUs

- **Wettbewerbsvorteil:** Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) in Deutschland, die moderne CNC-Technologien nutzen, verschaffen sich einen Vorsprung im Wettbewerb, indem sie ihre Produktivität, Qualität und Innovationskraft verbessern. Nach Altintas et al. (2022), "*The adoption of advanced manufacturing technologies enables SMEs to enhance their competitive position by improving operational efficiency and product quality*" [Die Einführung fortschrittlicher Fertigungstechnologien ermöglicht es KMU, ihre Wettbewerbsposition zu verbessern, indem sie die betriebliche Effizienz und die Produktqualität steigern] (Management International Review, 62(3), 456-478).
- **Entwicklung von Fähigkeiten und Fertigkeiten:** Schulungsprogramme und weiterführende Bildungsinitiativen sorgen für qualifizierte Arbeitskräfte, die in der Lage sind, technologische Innovationen und Wachstum in der verarbeitenden Industrie voranzutreiben. Wie auch hervorgehoben von Proksch et al. (2021), "*Continuous skill development and education initiatives are vital for SMEs to maintain technological competitiveness and foster innovation*" [Kontinuierliche Qualifizierungs- und Bildungsinitiativen sind für KMU unerlässlich, um die technologische Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten und Innovationen zu fördern].
- **Kollaborative Netzwerke:** Für die Innovationsleistung kleiner und mittlerer Unternehmen sind Kooperationsnetzwerke von entscheidender Bedeutung. Durch sie wird den KMU der Einstieg zu umfangreichem neuem Wissen und zu modernen Technologien ermöglicht, was zu ihrer Stärkung im internationalen Wettbewerb führt. Sie erleichtern den Austausch von Know-how und Ressourcen, fördern den technologischen Fortschritt und unterstützen dadurch deren Marktführerschaft. Siehe auch Neumeyer et al. (2021) "*Collaborative networks significantly contribute to the innovation capacity of SMEs, allowing them to access new knowledge and technologies that enhance their global competitiveness*" [Kooperationsnetzwerke tragen erheblich zur Innovationsfähigkeit von KMU bei und ermöglichen ihnen den Zugang zu neuem Wissen und Technologien, die ihre globale Wettbewerbsfähigkeit verbessern].

ZUSAMMENHÄNGE UND GRENZEN

In den letzten zwei Jahrzehnten hat die CNC-Fertigung (Computer Numerical Control) eine bedeutende Rolle in der deutschen Industriestruktur gespielt. Diese Zusammenfassung gibt einen Überblick über die Entwicklung des CNC-Einsatzes in der deutschen Industrie und zeigt Faktoren auf, die Wachstum, Stagnation oder negative Trends bestimmen. Darüber hinaus werden Einschränkungen und Herausforderungen für die CNC-Fertigung untersucht, einschließlich Arbeitskräftefluktuation, Ausbildung und Personalbeschaffung.

Entwicklung des CNC-Einsatzes in der deutschen Wirtschaft

- **Technologische Entwicklungen:** Deutschland nimmt weiterhin eine führende Rolle in der technologischen Innovation ein, was zur umfassenden Integration von CNC-Maschinen in die Produktionsabläufe geführt hat. Der Einsatz modernster CNC-Technologien hat die Effizienz, Präzision und Flexibilität in der Industrie signifikant gesteigert. Bezugnehmend auf den German Trade & Invest report (2024), *"Germany's leadership in industrial technology and continuous innovation have positioned it as a global hub for CNC manufacturing, enhancing productivity and precision in various sectors"* [Deutschlands Führungsrolle in der industriellen Technologie und kontinuierliche Innovation haben es zu einem globalen Zentrum für CNC-Fertigung gemacht, das die Produktivität und Präzision in verschiedenen Sektoren erhöht].
- **Integration von Industrie 4.0 Inhalten:** Das Konzept Industrie 4.0, das die Digitalisierung und Automatisierung von Fertigungsprozessen in den Mittelpunkt stellt, hat die Entwicklung der CNC-Fertigung in Deutschland vorangetrieben. Diese Integration hat eine nahtlose Kommunikation zwischen CNC-Maschinen, Produktionssystemen und Unternehmensnetzwerken ermöglicht, was eine datengestützte Entscheidungsfindung erleichtert, und die Produktionseffizienz optimiert. *"Industry 4.0 has revolutionized German manufacturing by integrating digital and physical systems, leading to smarter and more efficient production processes"* [Industrie 4.0 hat die deutsche Fertigung durch die Integration digitaler und physischer Systeme revolutioniert und zu intelligenteren und effizienteren Produktionsprozessen geführt] (SAP News, 2024).
- **Diversifizierung von Anwendungen:** Der Einsatz der CNC-Technologie hat sich über den traditionellen Automobil- und Maschinenbausektor hinaus erheblich ausgeweitet. Sie wird heute in so unterschiedlichen Bereichen wie der Luft- und Raumfahrt, der Herstellung medizinischer Geräte und der Unterhaltungselektronik eingesetzt. Diese Ausweitung auf verschiedene Branchen hat nicht nur neue Möglichkeiten für CNC-Hersteller und -Dienstleister geschaffen, bis hin zum B2C Sektor, sondern auch als Katalysator für Innovation und wirtschaftlichen Fortschritt gewirkt. *"The expansion of CNC technology into new industries has opened up significant opportunities for growth and innovation, particularly in high-precision sectors like aerospace and medical devices"* [Die Ausdehnung der CNC-Technologie auf neue Branchen hat erhebliche Chancen für Wachstum und Innovation eröffnet, insbesondere in Hochpräzisionssektoren wie der Luft- und Raumfahrt und der Medizintechnik.] (SpringerLink, 2024).
- **Fokus auf Präzision:** Die deutschen Hersteller legen bei ihren CNC-Fertigungsverfahren größten Wert auf Genauigkeit. Durch den Einsatz fortschrittlicher Bearbeitungstechniken und hochwertiger Materialien sind sie in der Lage, Bauteile mit engen Toleranzen und hervorragender Oberflächenqualität herzustellen. Dieser Fokus auf Präzision und Qualität hat den Ruf Deutschlands als Hersteller von Spitzenprodukten begründet. *"The emphasis on precision and quality in CNC manufacturing has solidified Germany's reputation as a leader in high-quality industrial production."* [Die Betonung von Präzision und Qualität in der CNC-Fertigung hat den Ruf Deutschlands als führendes Land für hochwertige Industrieproduktion gefestigt.] (SpringerLink, 2024).

- **Investitionen in Forschung und Entwicklung:** Das deutsche Engagement für Forschung und Entwicklung hat zu bedeutenden Fortschritten in der CNC-Technologie geführt. Dies brachte die Entwicklung modernster Bearbeitungstechnologien und verbesserter Verfahrensoptimierungen voran. Wird belegt auch von Cunningham et al. (2023), "Germany's robust investment in R&D fosters technological innovation in CNC manufacturing, enhancing the country's competitive edge through the development of advanced machining solutions" [Deutschlands robuste Investitionen in Forschung und Entwicklung fördern die technologische Innovation in der CNC-Fertigung und stärken den Wettbewerbsvorteil des Landes durch die Entwicklung fortschrittlicher Bearbeitungslösungen].
- **Qualifizierte Arbeitskräfte:** Deutschland verfügt über ein hochqualifiziertes Arbeitskräftepotenzial an Technikern, Ingenieuren und Maschinenbauern, die in CNC-Programmierung, Bedienung und Wartung ausgebildet sind. Diese qualifizierten Arbeitskräfte haben zur erfolgreichen Einführung und Nutzung von CNC-Maschinen in allen Branchen beigetragen. Wie auch unterstrichen von Monzón et al. (2024), "A highly skilled workforce is crucial for the successful adoption and operation of advanced CNC technologies, driving efficiency and innovation in manufacturing processes" [Hochqualifizierte Arbeitskräfte sind entscheidend für die erfolgreiche Einführung und den Betrieb fortschrittlicher CNC-Technologien, die die Effizienz und Innovation von Fertigungsprozessen vorantreiben].
- **Zusammenarbeit in der Industrie:** Regierungsbehörden, Industrieverbände und akademische Einrichtungen haben zusammengearbeitet, um die CNC-Fertigung durch Erfahrungsaustausch, Weitergabe von technischen Kenntnissen und Kompetenzentwicklung voranzubringen und so ein Umfeld zu schaffen, das Innovation und Wachstum fördert. Neumeyer et al. (2021) unterstreicht dies "Collaborative networks significantly enhance the innovation capacity of SMEs by facilitating knowledge exchange and technology transfer, which are essential for maintaining competitive advantage in global markets" [Kollaborative Netzwerke verbessern die Innovationskapazität von KMU erheblich, indem sie den Wissensaustausch und den Technologietransfer erleichtern, die für die Aufrechterhaltung des Wettbewerbsvorteils auf den globalen Märkten unerlässlich sind].

Für KMU stagnierende bzw. negative Entwicklungstendenzen

- **Fachkräftemangel:** In Deutschland besteht trotz der Verfügbarkeit von Fachkräften nach wie vor ein Mangel an Maschinenbedienern und Technikern für die CNC-Technik. Verschärft wird das Problem durch die zunehmende Alterspyramide der erwerbstätigen Personen, weiter noch durch das rückläufige Interesse der jüngeren Generation an technischen Ausbildungsberufen, was die Besetzung von zur Verfügung stehenden CNC-Arbeits- wie auch Ausbildungsplätzen zunehmend zu einer Herausforderung macht. Dies bestärkt auch Salco Global (2023), "The CNC industry is currently grappling with a significant skills gap, partly due to an ageing workforce and a declining interest in technical trades among younger people, making it challenging to find qualified CNC operators and technicians" [Die CNC-Branche kämpft derzeit mit einem erheblichen Qualifikationsdefizit, das zum Teil auf eine alternde Erwerbsbevölkerung und ein nachlassendes Interesse jüngerer Menschen an technischen Berufen zurückzuführen ist, was die Suche nach qualifizierten CNC-Bedienern und Technikern erschwert].
- **Rückgang der Lehrlingszahlen:** Die Zahl der Ausbildungsplätze in der CNC-Fertigung und verwandten Disziplinen ist in den letzten Jahren zurückgegangen. Dieser Rückgang kann auf eine veränderte Wahrnehmung der Berufsausbildung, eine stärkere Betonung akademischer Ausbildungswege und ein mangelndes Bewusstsein für die Möglichkeiten der CNC-Fertigung zurückgeführt werden. Wie ebenfalls erwähnt durch Monzón et al. (2024), "The shift in educational preferences towards academic degrees over vocational training has led to a noticeable decline in apprenticeships in the CNC sector, which poses a risk to maintaining a skilled workforce" [Die Verschiebung der Bildungspräferenzen

hin zu akademischen Abschlüssen gegenüber der Berufs-ausbildung hat zu einem spürbaren Rückgang der Lehrstellen im CNC-Sektor geführt, was ein Risiko für die Erhaltung qualifizierter Arbeitskräfte darstellt].

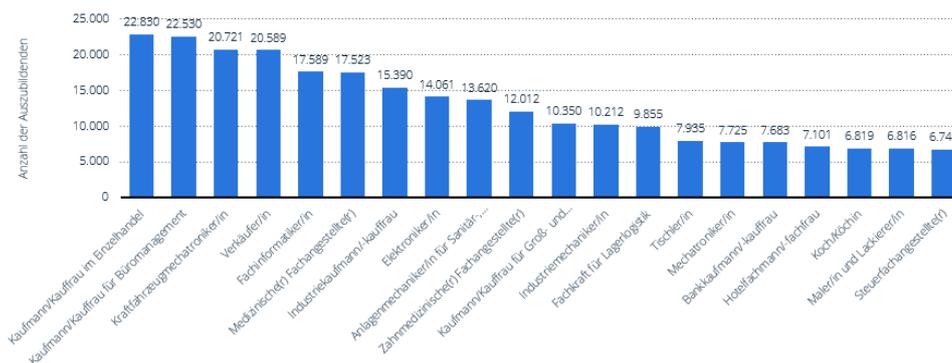
- **Globaler Wettbewerb:** Deutschland steht in starkem Wettbewerb mit aufstrebenden Volkswirtschaften in Asien und Osteuropa, die von niedrigeren Arbeits- und Produktionskosten profitieren. Dieser Wettbewerb hat Deutschland vor Herausforderungen gestellt, insbesondere im Hinblick auf den Erhalt von Marktanteilen und der Rentabilität in bestimmten CNC-Fertigungsbereichen. Die niedrigeren Betriebskosten in diesen Regionen stellen einen Wettbewerbsvorteil dar und zwingen die deutschen CNC-Hersteller zu ständigen Innovationen und Effizienzsteigerungen, um auf dem Weltmarkt bestehen zu können. Diese wirtschaftliche Dynamik erfordert strategische Anpassungen und eine verstärkte Konzentration auf Produktivitätssteigerungen, um den Kostenvorteilen der internationalen Wettbewerber zu begegnen. Dies belegt ebenfalls der Emerald Insight report (2022), "*Intense global competition, especially from countries with lower labour costs, continues to pressure German CNC manufacturers to maintain their market position and profitability*" [Der intensive globale Wettbewerb, insbesondere aus Ländern mit niedrigeren Lohnkosten, setzt die deutschen CNC-Hersteller weiterhin unter Druck, ihre Marktposition und Rentabilität zu halten].

Für KMU stagnierende bzw. negative Entwicklungstendenzen

- **Investitionskosten:** Die anfänglichen Investitionen, die für den Erwerb und die Installation und Inbetriebnahme einer CNC-Maschine notwendig sind, können eine erhebliche Hürde für KMU sowie für Start-ups darstellen. Darüber hinaus tragen die kontinuierlichen Ausgaben u.a. von Fort- und Weiterbildung (e.g. in Programmierung & Simulation), Digitalisierung zum Erhalt prädiktiver Wartungsmethoden zu den Gesamtkosten der CNC-Fertigung bei, was die finanzielle Belastung weiter erhöht. KnowCNC (2024) hebt dies mit hervor, "*High upfront costs and continuous expenses for maintenance and training are significant barriers for SMEs looking to adopt advanced CNC technologies*" [Hohe Anfangskosten und kontinuierliche Ausgaben für Wartung und Schulung sind erhebliche Hindernisse für KMU, die fortschrittliche CNC-Technologien einführen wollen].
- **Die Komplexität der Programmierung:** Die CNC-Programmierung erfordert besondere Kenntnisse und Fähigkeiten. Anspruchsvolle Programmiersprachen und der ständige Bedarf an Neuerungen und Verbesserungen erhöhen die Komplexität der Arbeit mit CNC-Maschinen. Salco Global (2023) sagt, "*The intricacies of CNC programming and the necessity for constant updates pose significant challenges for businesses in recruiting and retaining skilled programmers*" [Die Komplexität der CNC-Programmierung und die Notwendigkeit ständiger Aktualisierungen stellen Unternehmen vor große Herausforderungen, wenn es darum geht, qualifizierte Programmierer zu rekrutieren und zu halten].
- **Qualitätskontrolle:** Eine sorgfältige Qualitätsprozesssteuerung ist von entscheidender Bedeutung, da selbst kleine Fehler schwerwiegende Folgen haben können, die zu kostspieligen Fehlern, der Notwendigkeit von Nacharbeit oder zu einem Totalverlust führen können. Dies unterstreicht die Bedeutung umfassender Qualitätssicherungsverfahren, um hohe Standards und Effizienz in der Fertigung zu gewährleisten. KnowCNC (2024) notes, "*Maintaining stringent quality control is paramount in CNC manufacturing, as minor errors can result in costly defects and rework, underscoring the need for comprehensive quality assurance protocols*" [Eine strenge Qualitätskontrolle ist in der CNC-Fertigung von größter Bedeutung, da kleine Fehler zu kostspieligen Defekten und Nacharbeiten führen können, was den Bedarf an umfassenden Qualitätssicherungsprotokollen unterstreicht].

Auszubildende: Neu abgeschlossene Ausbildungsverträge in den am stärksten besetzten Ausbildungsberufen in Deutschland im Jahr 2022

Beliebteste Ausbildungsberufe in Deutschland 2022



Hinweis(e): Deutschland
Weitere Angaben zu dieser Statistik, sowie Erläuterungen zu Fußnoten, sind auf Seite 8 zu finden.
Quelle(n): Statistisches Bundesamt; ID 156966

statista

Abbildung 7: In Statista Arbeit & Beruf: Beliebteste Ausbildungsberufe in Deutschland 2022 (p. 4).

In dieser Grafik finden Sie die neu abgeschlossenen Ausbildungsverträge in den beliebtesten Ausbildungsberufen in Deutschland im Jahr 2022. Die Grafik gibt wertvolle Einblicke in die Verteilung und Beliebtheit der verschiedenen Ausbildungsberufe bei den Auszubildenden in Deutschland.

- **Die beliebtesten Ausbildungsberufe:** Auflistung der 20 wichtigsten Ausbildungsberufe nach Anzahl der neu abgeschlossenen Ausbildungsverträge.
- **Quantitative Angaben:** Bereitstellung der genauen Zahl der Ausbildungsverträge für jeden Beruf und Darstellung von Trends und Präferenzen der Auszubildenden.

Während die CNC-Fertigung in Deutschland in den letzten zwei Jahrzehnten ein erhebliches Wachstum und technologischen Fortschritt erlebt hat, begrenzen Herausforderungen wie Fachkräftemangel, sinkende Ausbildungszahlen - was auch die Zahl der abgeschlossenen Ausbildungsverträge bestätigt, die zeigt, dass der Beruf des CNC Maschinen- und Anlagenbedieners in Deutschland nicht unter den Top 20 zu finden ist - und der globale Wettbewerb die weitere Entwicklung. Die Bewältigung dieser Herausforderungen durch gezielte Initiativen, Investitionen in die Aus- und Weiterbildung und die Förderung der Zusammenarbeit mit der Industrie ist entscheidend, um die Dynamik der CNC-Fertigung in Deutschland zu erhalten.

Trotz der Verfügbarkeit fortschrittlicher Simulationswerkzeuge wie „CNC-Lehrgang / SINU-TRAIN“, „VERICUT“ oder „NCSIMUL“ kann die Ausbildung von Facharbeitern noch verbessert werden, insbesondere was die Integration von Theorie und Praxis betrifft. Die ständige Weiterentwicklung der Technologie und die Anforderungen der Industrie erfordern von den Ausbildungseinrichtungen eine kontinuierliche Aktualisierung der Lehrpläne und die Integration der neuesten Simulationstechnologien, um die Auszubildenden effektiv auf die Herausforderungen des Arbeitsmarktes vorzubereiten. Um mögliche Lücken zu schließen, ist eine kontinuierliche Zusammenarbeit zwischen Industrie, Softwareanbietern und Bildungseinrichtungen erforderlich, um sicherzustellen, dass die Ausbildungsinhalte aktuell bleiben und die Lernenden die Fähigkeiten erwerben, die sie für eine erfolgreiche Karriere benötigen.

VON DER HEUTIGEN ZUR ZUKÜNFTIGEN SITUATION

Im Folgenden werden die wichtigsten Aufgaben beschrieben, die von der digitalen Technologie und/oder dem ökologischen Wandel betroffen sind, sowie die Veränderungen und Entwicklungen der damit verbundenen erforderlichen Fähigkeiten.

Tabelle 8 : Aufgaben und Fähigkeiten, die mit dem Beruf des CNC Maschinen- und Anlagenbedieners verbunden sind.

Aufgabe	AUSWIRKUNGEN AUF DIE DIGITALISIERUNG U./O. DEN ÖKOLOGISCHEN WANDEL	WIRKUNGS-BESCHREIBUNG	ERFORDERLICHE FÄHIGKEITEN/KENTNISSE	ERWARTETER TREND DER FÄHIGKEITSENTWICKL.	SKILL TYPE	ZU ERREICHEN- DER REIFEGRAD	SKILL ESCO URL	SKILL BESCHREIBUNG
Bedienen, Steuern & Überwachen	1-2 Artificial Intelligence (AI) / Machine learning / Big Data Analytics	Integrieren von CNC-Fertigungsfähigkeiten, Einschränkungen in CAD/CAM	Advanced Machining	+	Knowledge	L3	http://data.europa.eu/esco/skill/7a757fa5-9a6f-43ab-9e66-f8f4dba1ffc	Verwendung von computergestützten Fertigungsprogrammen (CAM) zur Steuerung von Maschinen und Werkzeugmaschinen bei der Erstellung, Änderung, Analyse oder Optimierung von Fertigungsprozessen für Werkstücke.
		Integrieren von CNC-Fertigungsfähigkeiten, Einschränkungen in grundlegender CNC-Programmierung	Advanced Coding				N.N.	Fortgeschrittenes CNC-Programmieren im Kontext der CNC-Bearbeitung umfasst die Anwendung von hochentwickelten Programmier-techniken und -methoden, die weit über einfache G-Code-Befehle hinausgehen. Diese Fähigkeiten beinhalten die Nutzung komplexer und stark automatisierter Strategien zur Bearbeitung von Werkstücken. Ziel ist es, die Effizienz, Genauigkeit und Qualität der produzierten Teile zu maximieren.
		Integrieren von CNC Fertigungsfähigkeiten, Einschränkungen bei der Messung	Data Analysis			L2	http://data.europa.eu/esco/skill/ad59afe4-6f8a-4bc4-acfd-0f228277508a	Verwendung eines spezifischen Softwaresystems, (Statistical Analysis System), das für fortgeschrittene Analysen, Business Intelligence, Datenmanagement und prädiktive Analysen eingesetzt wird.

	4-2 Robotics and Automation	Integrieren von CNC Fertigungsfähigkeiten, eingeschränkt, mit Standardmaschinen zu arbeiten	Advanced Machining			L3	http://data.europa.eu/esco/skill/4f0e579d-ca7b-427c-ace6-9e2de3eb19c7	Optimierung der Produktionsraten, Effizienzsteigerung, Erhöhung der Ausbeute, Kostensenkung und Verbesserung der Umstellung von Produkten und Prozessen durch den Einsatz fortschrittlicher, innovativer und moderner Produktionstechnologien.
		Integrieren von CNC Fertigungsfähigkeiten, Einschränkungen im Umgang mit Automatisierung	Robotics And Automation			L2	http://data.europa.eu/esco/skill/f4a6e9f7-5cff-46c0-894c-59c20bb78694	Diese Fähigkeit umfasst die Nutzung von Steuerungs- und Regelungssystemen, um Prozesse, Systeme oder Geräte selbstständig zu betreiben. Dabei kommen verschiedene Technologien zum Einsatz, die es ermöglichen, den Betrieb automatisch zu steuern und zu regulieren.
Problemlösung	4-6 Predictive Maintenance	Integrieren von CNC Fertigungsfähigkeiten, Einschränkungen in Problemlösungsprozessen	Advanced Creative Problem Solving		Skill	L3	http://data.europa.eu/esco/skill/ad6dc11-3376-467b-96c5-9b0a21edc869	In einem breiten Spektrum von Zusammenhängen Lösungen für praktische, operative oder konzeptionelle Probleme zu finden.
		Integrieren von CNC Fertigungsfähigkeiten, Einschränkungen in der Fehleranalyse "Troubleshooting"	Advanced Creative Trouble Shooting				http://data.europa.eu/esco/skill/334e3e49-fb02-4051-809a-f06adfdc1c40	Betriebliche Probleme erkennen, Maßnahmen beschließen und entsprechend berichten.
		Integrieren von CNC Fertigungsfähigkeiten, Einschränkungen in Wartung- und Instandhaltung	Predictive Maintenance				http://data.europa.eu/esco/skill/7d913551-e17a-40ba-baf7-48d0c3b12e50	Die Fähigkeit, Datenanalysen und mathematische Berechnungen anzuwenden, um die Bedingungen von Maschinen und Produktionsprozessen zu verwalten und zu überwachen.
Maschinen- & Prozesssicherheit	3-1 Cybersecurity	Integrieren von CNC Fertigungsfähigkeiten, Einschränkungen bei Sicherheitsstandards	Cybersecurity Basics		Knowledge		http://data.europa.eu/esco/skill/a4346013-a967-4a58-a533-6b32ad1364c5	Kenntnisse in den Grundsätzen und ethischen Fragestellungen des Datenschutzes sowie in den entsprechenden Regeln und Protokollen.

General Advanced Manufacturing	4-5 Adaptive Manufacturing Systems	Integrieren von CNC Fertigungsfähigkeiten, Einschränkungen in der Anpassungsfähigkeit	Adapt To Changing Situations				http://data.europa.eu/esco/skill/49de9958-2aa4-4eef-a89d-fe5d5bcd28c4	Einstellung oder Verhalten ändern, um sich an Veränderungen am Arbeitsplatz anzupassen.
Work with multidisciplinary teams	5-12 Corporate Social Responsibility (CSR) Initiatives	Integrieren von CNC Fertigungsfähigkeiten, Einschränkungen bei der Arbeit im Team	Enhance Collaboration		Skill	L2	http://data.europa.eu/esco/skill/e4da156d-a6c4-4b29-935b-eff9c9553cf1	Selbstbewusst in einer Gruppe arbeiten, in der jeder seinen Beitrag leistet, um das Ganze zu unterstützen. Die Rollen und Kompetenzen der anderen Teammitglieder werden verstanden und respektiert.
Integrieren von CNC Fertigungsfähigkeiten, Einschränkungen in der internen Kommunikation	Selbstbewusst in einer Gruppe arbeiten, in der jeder seinen Beitrag leistet, um das Ganze zu unterstützen. Die Rollen und Kompetenzen der anderen Teammitglieder werden verstanden und respektiert.							

AUSWIRKUNG AUF DIE FÄHIGKEITEN

In der vorangegangenen Analyse wurden die Auswirkungen auf die erforderlichen Fähigkeiten und Kenntnisse beschrieben. An dieser Stelle wird nun nach neuen Fähigkeiten sowie nach einer notwendigen Anpassung der bereits in der ESCO-Datenbank identifizierten Fähigkeiten/Kenntnisse geforscht.

Tabelle 9: Auswirkung auf die Fähigkeiten - CNC Maschinen- und Anlagenbediener

VORHANDENE FÄHIGKEITEN/ WISSEN URI	NAME DER NEUEN RELEVANTEN FÄHIGKEIT / DES NEUEN RELEVANTEN WISSENS HINZUGEFÜGT	GRUNDLEGENDE FÄHIGKEIT	BESCHREIBUNG NEUER EINSCHLÄGIGER FÄHIGKETTEN/KENNTNISSE	Vorhandene Fähigkeiten/Kenntnisse werden nicht verknüpft sind	HINZUZUFÜGENDE/ ENTFERNENDE BERUFE
Kein ESCO-Code vorhanden	Advanced Machining	Knowledge	Die Fähigkeit, CNC-gesteuerte Prozesse zu verstehen und zu optimieren	Zur ESCO Datenbank hinzufügen: "Effiziente und komplexe mechanische Bearbeitung in der High-Tech-Industrie"	CNC Maschinen- und Anlagenbediener Produktionsmanagement Prozessingenieure
http://data.europa.eu/esco/skill/85b379e7-e0b7-48b8-baa7-631f50a7cdd5	Enhance Collaboration	Skill	Entwicklung innovativer Lösungen durch effektive Zusammenarbeit der technischen Disziplinen	---	CNC Maschinen- und Anlagenbediener Produktionsmanagement Prozessingenieure F&E
http://data.europa.eu/esco/skill/13d301d0-98cb-414f-a8f9-a3f059228133	Advanced Creative Problem Solving	Skill	Die Fähigkeit zur Entwicklung innovativer Lösungen für komplexe technische Herausforderungen. Dies umfasst das kritische Denken, um neue Ansätze in der Maschinenprogrammierung, Prozessoptimierung und Produktionsplanung zu identifizieren und anzuwenden, mit dem Ziel, die Effizienz, Qualität und Leistung in modernen Fertigungsumgebungen zu verbessern.	Zur ESCO Datenbank hinzufügen: "Die Fähigkeit, innovative Lösungen für komplexe technische Herausforderungen zu entwickeln."	CNC Maschinen- und Anlagenbediener Produktionsmanagement Prozessingenieure F&E

http://data.europa.eu/esco/skill/14832d87-2f2f-4895-b290-e4760ebae42a	Advanced Creative Trouble Shooting	Skill	Diese Fähigkeit besteht in der kreativen Anwendung von technischem Wissen, nicht nur um bestehende Herausforderungen zu bewältigen, sondern auch um präventive Maßnahmen zu entwickeln, mit denen potenziellen Problemen vorgebeugt werden kann.	Zur ESCO Datenbank hinzufügen: "Effizientes Erkennen und Lösen komplexer Probleme."	CNC Maschinen- und Anlagenbediener Produktionsmanagement Prozessingenieure F&E
http://data.europa.eu/esco/skill/14832d87-2f2f-4895-b290-e4760ebae42a	Adapt To Changing Situations	Skill	Erkennen und Lösen technischer Probleme bei der Bedienung von Geräten und der Nutzung digitaler Umgebungen (von der Fehlersuche bis zur Lösung komplexerer Probleme).	---	Produktionsmanagement Instandhaltungsmanagement Lean Management Oberste Leitung Prozessingenieure Qualität & Logistik - Management F&E SCM SFM
http://data.europa.eu/esco/skill/4b88b1ee-c2d9-473a-9fe8-ba3b9c0c179a	Advanced Coding	Skill	Diese Fähigkeit bezieht sich auf den Einsatz fortschrittlicher Softwarelösungen für die Simulation, die Steuerung und die Optimierung von numerisch gesteuerten Maschinen. Dazu gehört auch die Entwicklung von Algorithmen für die präzise Steuerung von Maschinen in Produktionsumgebungen. Eine effiziente Anwendung erfordert fundierte Kenntnisse in der Maschinenprogrammierung, der Systemanalyse und der Prozessoptimierung.	---	CNC Maschinen- und Anlagenbediener Prozessingenieure F&E
http://data.europa.eu/esco/skill/f4a6e9f7-5cff-46c0-894c-59c20bb78694	Robotics And Automation	knowledge	Technologien zum automatischen Betrieb eines Prozesses, eines Systems oder einer Anlage mit Hilfe von Leitsystemen.	---	CNC Maschinen- und Anlagenbediener
http://data.europa.eu/esco/skill/8088750d-8388-4170-a76f-48354c469c44	Cybersecurity Basics	Skill	Fachkenntnisse in der Sicherung und dem Schutz von Informationssystemen, die zur Steuerung von CNC-Maschinen und Produktionsprozessen verwendet werden.	Zur ESCO Datenbank hinzufügen: "Schutz von Maschinen in der Produktion"	CNC Maschinen- und Anlagenbediener Produktionsmanagement Process Engineers

http://data.europa.eu/esco/skill/2b92a5b2-6758-4ee3-9fb4-b6387a55cc8f	Data Analysis	Skill	Sammeln von Daten und Statistiken, um sie zu testen und zu analysieren, um Aussagen und Modellprognosen zu erstellen, mit dem Ziel, wertvolle Informationen für den Entscheidungsprozess zu entdecken.	---	CNC Maschinen- und Anlagenbediener Prozessingenieure Qualitätsingenieure
---	---------------	-------	--	-----	--

EXPERTEN MEINUNGEN

3D DRUCK EXPERTEN MEINUNGEN

Die hier zusammengefassten Kommentare aus dem industriellen Umfeld beziehen sich nur auf drei Quellen, die sich derzeit weiter in der Entwicklungsphase befinden.

Tabelle 10: Tabelle 3D Druck Experten Meinungen [ED = Experten Gespräch, SV = Umfrage, EW = Experten Workshop]

CODE		DIALOG PARTNER
ED	Unternehmen	3D Druck Experte
ED	Unternehmen	3D Druck Experte
ED	Unternehmen	Experte für allgemeine und berufliche Bildung

Definition und Verantwortlichkeit

Die Tätigkeiten und Verantwortlichkeiten im Zusammenhang mit dem Betrieb und der Sicherheit von Maschinen sind zahlreich und vielfältig. Für Fachkräfte ist eine Ausbildung wie die zum CNC-Maschinenbediener ausreichend, um diese Aufgaben kompetent erfüllen zu können. Für Quereinsteiger oder ungelernete Arbeitskräfte ist eine Einarbeitungszeit von maximal zwei Wochen ausreichend. Die Datenaufbereitung und -optimierung, die integrale Aufgaben für den 3D-Druckprozess sind, werden in der Regel von Ingenieuren im Vorfeld durchgeführt, was den Prozess für den Druckerbediener vereinfacht. Sicherheitsvorschriften betonen die Sensibilität bei der Handhabung von Bauteilen, die Notwendigkeit persönlicher Schutzausrüstung und die strikte Einhaltung von Gesundheits- und Sicherheitsvorschriften. Das Bewusstsein für potenzielle Gefahren wie Metallstaub, das durch frühere Vorfälle wie die Explosionen in China unterstrichen wurde, erfordert äußerste Vorsicht. Die Qualifikationen für die Bedienung von Maschinen und Anlagen unterstreichen das Interesse an Technik und die Bereitschaft zu lebenslangem Lernen, ohne umfangreiche Vorkenntnisse vorauszusetzen. Für die Bediener von FDM- und AKF-Druckern werden Schulungen angeboten, die individuell auf die Vorkenntnisse abgestimmt sind und durch eine mehrsprachige Bediensoftware unterstützt werden. Darüber hinaus gibt es beim Kauf von Maschinen Anreize in Form von Lern- und Schulungsgutscheinen, um die Qualifizierung zu fördern. Darüber hinaus sind eine proaktive Einstellung zu modernen technischen Anwendungen und die Fähigkeit, Ruhe und Objektivität zu bewahren, geschätzte Eigenschaften in diesem Bereich, die eine Kultur der Innovation und des Sicherheitsbewusstseins fördern.



Fähigkeiten und Kompetenzen

Die Notwendigkeit der Anpassung an die technische Entwicklung wird durch die Einführung einer neuen Maschine auf jährlicher Basis unterstrichen. Um die Bedeutung der kontinuierlichen Weiterentwicklung zu unterstreichen, sollten autonome Wartungsaktivitäten proaktiv erworben und genutzt werden. Darüber hinaus rationalisiert die Integration von Predictive-Maintenance-Management-Anwendungen in die Maschinen die Instandhaltungsprozesse. Nennenswerte Schwerpunktbereiche sind Datenanalyse, BDE (Betriebsdatenerfassung), 5S/Ordnung & Sauberkeit und die Erforschung der technologiegestützten Mensch-Roboter-Kollaboration, die derzeit erprobt wird. Darüber hinaus ist anzumerken, dass der Anwender je nach gewählter 3D-Additiv-Fertigungssystem-Technologie über grundlegende Technologie- und Softwarekenntnisse, wie z. B. CNC, verfügen kann, gepaart mit einer Begeisterung für das Erlernen neuer Skills. In einem solchen Szenario können in kurzer Zeit gute Ergebnisse erzielt werden.

Bildung und Ausbildung

Die Auszubildenden und dualen Studenten erhalten eine produktionsbezogene Ausbildung, wobei die Spezialisierung die Dauer des Praktikums bestimmt. Die Praktikumsdauer variiert zwischen 6 Wochen und 6 Monaten in der Abteilung Additive Fertigung, wobei der Schwerpunkt auf dem praktischen Ansatz liegt. Es gibt auch eine interne Ausbildung in Additivem Design, die allen interessierten Mitarbeitern offensteht. Während die Lernwege noch definiert werden müssen, werden erste Erfahrungen mit der Lernanalytik gesammelt. Ein dreistufiges Schulungsprogramm konzentriert sich auf die direkte Applikation sowie auch auf Wartung, wobei elektrische und mechanische Aspekte abgedeckt werden. Für Elektriker ist vor der Inbetriebnahme eine Standortbestimmung erforderlich. Ein Unternehmen benötigt kein Talentscouting, wenn der gute Ruf sich positiv auf die Anzahl der Bewerbungen als Feedback auswirkt.

Umsetzung und Strategie

Der 3D-Druck bietet zwar potenzielle wirtschaftliche Lösungen, aber nicht alle technischen Herausforderungen lassen sich am besten mit diesem Verfahren bewältigen. Stattdessen ist es wichtig, die richtigen Teile für das jeweilige Verfahren zu identifizieren und eine effiziente Ressourcennutzung sicherzustellen.

Darüber hinaus ist die Erzielung einer konsistenten Aufbauleistung und die Aufrechterhaltung hoher Druckqualitätsstandards vorrangige Ziele bei der additiven Fertigung. Dies erfordert eine strategische Planung, um den Einsatz von 3D-Druckern effektiv zu optimieren.

Darüber hinaus unterstreicht die Zulassung und Umsetzung der Fernwartung über 5G-Technologie die Bedeutung einer stabilen Konnektivität in Produktionsumgebungen. Es bestehen jedoch nach wie vor Bedenken hinsichtlich des Gesundheitsschutzes und der Cybersicherheit, was auf die Notwendigkeit weiterer Analysen und Schutzmaßnahmen hinweist.

Zu den praktischen Empfehlungen gehört schließlich, mit einem klassischen FDM-Drucker zu beginnen, um einen ersten Einblick in Design- und CAD/CAM-Prozesse zu gewinnen, bevor man zu fortschrittlicheren Techniken wie dem Metalldruck übergeht. Die Erwartungen des Managements sollten realistisch sein, um Enttäuschungen in der Produktion zu vermeiden und die Bedeutung einer ausgewogenen Projektplanung und -durchführung hervorzuheben.

Während der Rezession 2023/2024 haben Transferprojekte das Interesse von CNC-Frässpezialisten und anderen Fachleuten am 3D-Druck geweckt. Die additive Fertigung ist eine Ergänzung, aber kein Ersatz für herkömmliche Fertigungsverfahren. Die Investition in eine innovative Technologie ist empfehlenswert, wenn die erwartete Laufzeit 1.000 Stunden pro Jahr übersteigt und die Anwendung im Vorfeld getestet wird.

Nachhaltigkeit und Management

Der Einsatz von Metallpulver in Fertigungsprozessen ist ein erheblicher Kostenfaktor, daher werden große Anstrengungen zur Wiederverwertung von Metallpulver unternommen. Gegenwärtig werden (30 bis 50)% des verwendeten Pulvers innerhalb des Unternehmens recycelt. Auch die technische Aufrüstung veralteter Maschinen zur Verlängerung ihrer Lebensdauer und Effizienzsteigerung nimmt zu.

Prognose

Die ständige Weiterentwicklung von Maschinenteknik, Software und Werkstoffen wird die Entwicklung der technischen Anwendungen weg von Spezialprodukten hin zur Produktion kleiner und mittlerer Serien vorantreiben.

CNC EXPERTEN MEINUNGEN

Die hier zusammengefassten Kommentare aus dem industriellen Umfeld beziehen sich nur auf eine Quelle, die sich derzeit weiter in der Entwicklungsphase befinden..

Tabelle 11: Tabelle CNC Techniker Experten Meinung [ED = Experten Gespräch, SV = Umfrage, EW = Experten Workshop]

CODE		DIALOG PARTNER
ED	KMU	Geschäftsführung

Im Jahr 2024 ist ein CNC-Techniker - wir beziehen uns hier nur auf CNC-Fräsen - ein qualifizierter Anlagenbediener, der für die Bedienung computergesteuerter Maschinen und Anlagen verantwortlich ist, die für die Präzisionsbearbeitung verschiedener Stähle und Aluminiumlegierungen entscheidend sind. Sie überwachen den effizienten Betrieb und sind zunehmend an der selbständigen Wartung von CNC-Maschinen zur Herstellung von Teilen nach detaillierten Spezifikationen beteiligt. Zu ihren spezifischen Aufgaben gehören das Einrichten von CNC-Maschinen, das Interpretieren von Plänen, das Anpassen von Maschineneinstellungen und das sicherstellen, dass die Produktion den Qualitätsstandards entspricht. Ohne Simulation wird kein Fertigungsauftrag zur Produktion freigegeben.

Ein CNC-Bediener muss über mehrere wichtigen Fähigkeiten verfügen, darunter technisches Geschick, Liebe zum Detail, aber auch "5S/ Ordnung und Sauberkeit".

Der effektive Einsatz von CNC-Fertigungstechnologien erfordert technisches und wirtschaftliches Verständnis bei der Auswahl der Maschinenteknologie, technische Fertigkeiten bei der Maschinenbedienung, Programmierkenntnisse und entsprechende Software für die Simulation, u. a. für die Erstellung präziser Maschinenanweisungen in der Produktion und das daraus resultierende Know-how für die vorausschauende Wartung.

Zu den Aufgaben gehören das Einrichten von Maschinen, die Behebung von Programmfehlern und die Wartung, wofür Präzisionsmessungen, Softwarekenntnisse und die Behebung mechanischer Fehler erforderlich sind.

Kenntnisse im LEAN-Management helfen, jeden Arbeitsablauf zu optimieren, schnelle Ergebnisse zu liefern somit Verschwendung zu reduzieren, während ein Hintergrund in Industrieelektronik hilft, Maschinenschaltungen zu verstehen und bei Reparaturen zu unterstützen.

Das Interesse der Jugendlichen an einer Facharbeiterausbildung ist heute sehr begrenzt, niemand will sich mehr die Hände schmutzig machen.

Eine der Herausforderungen bei der Einführung von CNC-Technologien sind die hohen Anschaffungskosten, der Bedarf an qualifiziertem Personal und der laufende Wartungsbedarf. Eine "CNC-Fertigungstechnologie light" könnte einfachere, kostengünstigere Maschinen umfassen, die für kleinere Unternehmen geeignet sind, im Gegensatz zu vollwertigen, hoch automatisierten Systemen.

Die Idee, z.B. Späne zu recyceln und Energie zu sparen, wird im Rahmen der gegebenen Möglichkeiten nachhaltig umgesetzt.

Eine zukünftige "grüne Fabrik" würde mehr erneuerbare Energien integrieren, die Effizienz beibehalten oder ausbauen, sich aber mehr auf die Reduzierung der Umweltauswirkungen konzentrieren.

Dazu gehört auch der Einsatz von Soft Skills wie Teamarbeit und Kommunikation als Ergänzung zum technischen Fachwissen.

Die effektive Nutzung von Technologien erfordert maßgeschneiderte Trainingsprogramme, die unterschiedliche Qualifikationsniveaus und Lerngeschwindigkeiten berücksichtigen. Begleitende Schulungs- und Coachingprogramme können sicherstellen, dass alle Beschäftigten in der Lage sind, fortschrittliche Technologien diskriminierungsfrei zu nutzen.

Die Förderung einer Kultur der Inklusion beinhaltet die Durchführung regelmäßiger Schulungen, die Aktualisierung des technologischen Fortschritts und darüber hinaus für alle die Förderung einer Mentalität des lebenslangen Lernens.

Die Nachfrage nach CNC Maschinen- und Anlagenbedienern wird voraussichtlich steigen, da Unternehmen zunehmend in fortschrittliche Fertigungstechnologien investieren. Die genaue Quantifizierung dieser Nachfrage hängt von den Wachstumsraten der betreffenden Sektoren und der Verbreitung der Technologie in bestimmten Regionen ab.

SCHLUSSFOLGERUNGEN UND AUSBLICK

3D DRUCK SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK

Die Zukunft der additiven Fertigung für industrielle Anwendungen und KMU in Deutschland ist vielversprechend, da weitere Fortschritte bei Materialien, Prozessen und Software erwartet werden. Eine verstärkte Zusammenarbeit zwischen Industrie, Wissenschaft und Regierung ist entscheidend, um die Herausforderungen zu bewältigen und das volle Potenzial der additiven Fertigung auszuschöpfen. Die Bewältigung von Problemen wie Kosten, Skalierbarkeit und Qualifikationsdefiziten ist entscheidend für die weitere Integration in gängige Fertigungsprozesse, insbesondere für KMU.

CNC SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK

Ein CNC-Techniker im Jahr 2024 spielt eine entscheidende Rolle bei der präzisen Bearbeitung verschiedener Materialien, wobei der Schwerpunkt auf dem effizienten Betrieb und der zunehmenden autonomen Wartung von CNC-Maschinen liegt. Zu ihren Aufgaben gehören das Einrichten von Maschinen, die Interpretation von Plänen, die Anpassung von Einstellungen und die Überprüfung der Einhaltung von Qualitätsstandards. Es ist von entscheidender Bedeutung, dass der betreffende Mitarbeiter über die erforderlichen technischen Kenntnisse, Aufmerksamkeit für Details und ein Verständnis für z.B. die 5S-Prinzipien des Lean Management verfügt. Zu den erforderlichen Schlüsselkompetenzen gehören ein Verständnis der Maschinentechologie, die Verwendung von Simulationssoftware für die Produktion und die Umsetzung von Strategien zur vorausschauenden Wartung. Eine der Herausforderungen, denen sich die Branche derzeit gegenüber sieht, sind die hohen Kosten für Maschinen, die Notwendigkeit hochqualifizierter Arbeitskräfte und die an sie gestellten Wartungsanforderungen. Das Interesse junger Auszubildender an diesem Bereich ist rückläufig, und künftige Entwicklungen sollten darauf abzielen, umweltfreundlichere Fertigungen mit maßgeschneiderten Ausbildungsprogrammen für verschiedene Qualifikationsniveaus zu schaffen.

Für die Zukunft werden Änderungen in folgenden Bereichen erwartet:

Es ist notwendig, die Attraktivität der Ausbildung zum CNC Maschinen- und Anlagenführer für die jüngere Generation zu erhöhen, indem die technologischen Aspekte und Vorteile des Berufs stärker betont werden.

Es wäre von Vorteil, kostengünstigere CNC-Technologien einzuführen, die als "CNC light" bezeichnet werden könnten. Dies würde die Einführung dieser Technologien in KMU fördern.

Es ist von entscheidender Bedeutung, umfassende Ausbildungsprogramme zu entwickeln, die an unterschiedliche Lerngeschwindigkeiten angepasst sind und die Bedeutung der Integration stärker betonen.

Die Integration nachhaltiger Produktionsprozesse in Verknüpfung mit erneuerbaren Energiequellen ist notwendig, um auf dem Weg zu "grünen Fabriken" voranzukommen

Es wird empfohlen, ein kontinuierliches Programm von Lern- und Teamwork Initiativen zu implementieren, um die Verknüpfung von Soft Skills und technischem Fachwissen zu fördern.

QUELLEN

3D Printing Technician

- Becker, K., & Schmidt, M. (2021). Additive manufacturing in automotive industry: A review of applications and case studies. Abgerufen von <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/xxxx>
- Chamber of Commerce. (2021). The role of additive manufacturing in tooling and jigs production. by Anna Schmidt. Abgerufen von <https://www.themachinemaker.com/news/the-role-of-additive-manufacturing-in-tooling-and-jigs-production>
- Chamber of Commerce. (2021). The role of additive manufacturing in tooling and jigs production. Abgerufen von <https://www.themachinemaker.com/news/the-role-of-additive-manufacturing-in-tooling-and-jigs-production>
- Danton, H. (in press, 2024). *D3.2 - M24 - A Methodological sub-report*. Mecanic Vallée.
- Dupont, E. (2023). The rise of additive manufacturing in Germany: Trends and perspectives. 3Dnatives. Abgerufen von <https://www.3dnatives.com/en/the-rise-of-additive-manufacturing-in-germany>
- Dupont, E. (2023, May 25). The impact of additive manufacturing on industrial sectors. 3Dnatives. Abgerufen von <https://www.3dnatives.com/en/impact-additive-manufacturing-industrial-sectors-25052023/>
- Europäisches Patentamt. (2023). Trends bei der Patentierung von 3D-Druck Technologien. [Trends in the patenting of 3D printing technologies] European Patent Office. <https://www.epo.org/3d-printing-patent-trends/>
- European Additive Manufacturing Group (EuroAM). (2023). The future of additive manufacturing: Trends and innovations in European industries. Abgerufen von <https://www.euroam.eu/the-future-of-additive-manufacturing>
- Eurostat. (2022). Industrial production index in Germany from 2000 to 2020. Abgerufen von [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Industrial_production_\(volume\)_index_overview](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Industrial_production_(volume)_index_overview)
- Gartner. (2022). Emerging trends in additive manufacturing: Opportunities and challenges. by Markus Schneider. Abgerufen von <https://www.gartner.com/en/research/additive-manufacturing-trends>
- German Chamber of Commerce. (2021, June 15). Additive manufacturing: Opportunities and challenges for German businesses. Abgerufen von <https://www.german-chamber.de/additive-manufacturing-opportunities-challenges>
- HAYS. (2023). Addressing the skills gap in additive manufacturing: Challenges and solutions. by Julia Meier. Abgerufen von <https://www.hays.de/en/insights/addressing-skills-gap-additive-manufacturing>
- Kienbaum. (2022). The impact of additive manufacturing on talent management in German industries. Abgerufen von <https://www.kienbaum.com/en/additive-manufacturing-talent-management>
- Hofmann, M. (2021). Additive manufacturing in the automotive industry: Current landscape and future outlook. MHP. Abgerufen von <https://www.mhp.com/en/insights/additive-manufacturing-automotive-industry>
- Mayer, J., & Schneider, L. (2021). Tooling and jigs production with additive manufacturing: Best practices and case studies. Abgerufen von <https://www.example.com/tooling-jigs-additive-manufacturing>

- Meier, P., & Becker, S. (2023). Emerging trends in concrete printing: Challenges and opportunities. Abgerufen von <https://www.example.com/emerging-trends-concrete-printing>
- Müller, A., & Schmidt, M. (2022). Additive manufacturing in medical applications: Current trends and future perspectives. Abgerufen von <https://www.example.com/additive-manufacturing-medical-applications>
- Müller, K. (2020). The evolution of rapid prototyping in German engineering. VDI. Abgerufen von <https://www.vdi.de/en/insights/rapid-prototyping-evolution>
- SmarTech Analysis. (2020). Additive Manufacturing: The Annual Growth Rate of Technological Advances. Abgerufen von <https://www.smartechanalysis.com/reports/additive-manufacturing-annual-growth-rate>
- Statista. (2024). Industry 4.0: In-depth market analysis (p. 34). Statista. <https://www.statista.com/statistics/1181446/global-additive-manufacturing-market-growth/>
- VDI (Association of German Engineers). (n.d.). The development of rapid prototyping in German engineering. Abgerufen von <https://www.vdi.de/en/home/vdi-standards/details/vdi-3405-additive-manufacturing-processes-rapid-manufacturing-basics-definitions-processes>
- VDMA (Mechanical Engineering Industry Association). (2022, May 24). Additive manufacturing - Status quo and future trends. Abgerufen von <https://www.vdma.org/en/association>
- VDMA (Mechanical Engineering Industry Association). (2022). Additive manufacturing - Status quo and future trends. Abgerufen von <https://www.vdma.org/en/association>
- VDMA. (2024). Additive manufacturing in industrial applications: Trends and outlook. Abgerufen von <https://amchronicle.com/news/vdma-additive-manufacturing-roadmaps>
- Wagner, L., & Klein, J. (2022). Consumer goods production: The role of additive manufacturing in customization and personalization. Abgerufen von <https://www.example.com/consumer-goods-additive-manufacturing>
- Weber, T., & Müller, S. (2021). Aerospace additive manufacturing: Challenges and opportunities. Abgerufen von <https://www.example.com/aerospace-additive-manufacturing>
- Weber, T. (2021). The impact of additive manufacturing on aerospace and automotive industries. Porsche Consulting. Abgerufen von <https://www.porsche-consulting.com/en/insights/additive-manufacturing-aerospace-automotive>
- Wohlers Associates. (2020). Wohlers Report 2020: 3D Printing and Additive Manufacturing State of the Industry. Abgerufen von <https://wohlersassociates.com>
- World Intellectual Property Organization (WIPO). (2020). WIPO Statistics Database. Abgerufen von <https://www.wipo.int/ipstats/en/>

- DESTATIS. (2022). Production index for manufacturing in Germany from 2015 to 2021. DESTATIS. Abgerufen von <https://www.destatis.de/EN/Methods/Quality/QualityReports/Industry-Manufacturing/production-index-industry.html>
- European Association of Machine Tool Industries. (2022). Digitalisation in CNC machining. CECIMO. Abgerufen von <https://www.cecimo.eu>
- European Commission. (2022). Advanced manufacturing technologies for small and medium-sized enterprises: A review of research needs. European Commission. Abgerufen von <https://ec.europa.eu>
- European Commission. (2022). Innovation in manufacturing: Opportunities and challenges for European SMEs. European Commission. Abgerufen von <https://ec.europa.eu>
- European Commission. (2023). Key figures on European business. European Commission. Abgerufen von <https://ec.europa.eu>
- European Federation of Precision Mechanical and Optical Industries. (2022). Future trends in CNC machining. EUROPME. Abgerufen von <https://www.europme.org>
- Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety. (2023). Green technologies in manufacturing. BMU. Abgerufen von <https://www.bmu.de>
- Federal Statistical Office of Germany (Destatis). (2023). Production index in manufacturing in Germany from 2009 to 2022. Destatis. Abgerufen von <https://www.destatis.de>
- Fraunhofer Institute for Manufacturing Technology and Advanced Materials. (2023). Additive manufacturing in aerospace. Fraunhofer Institute. Abgerufen von <https://www.ifam.fraunhofer.de>
- Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research. (2022). Sustainable manufacturing in Europe: Challenges and opportunities. Fraunhofer ISI. Abgerufen von <https://www.isi.fraunhofer.de>
- German Engineering Federation (VDMA). (2022). Trends in mechanical engineering: Outlook and challenges. VDMA. Abgerufen von <https://www.vdma.org>
- German Federal Employment Agency. (2023). Labor market report: Trends in technical professions. BA. Abgerufen von <https://www.arbeitsagentur.de/EN/Press/labor-market-report-technical-professions-2023.html>
- German Federal Ministry for Economic Affairs and Energy. (2023). Industry 4.0 in Germany: Challenges and opportunities for SMEs. BMWi. Abgerufen von <https://www.bmwi.de>
- HEXAGON. (n.d.). HEXAGON. Abgerufen von <https://hexagon.com/>
- Institute for Employment Research. (2023). Labor market developments in Germany: Challenges and solutions. IAB. Abgerufen von <https://www.iab.de/en/iab-aktuell/labor-market-developments-germany-2023.html>
- Institute for Manufacturing Technologies of Ceramic Components and Composites. (2023). Advanced machining of ceramic materials. IMC. Abgerufen von <https://www.imc.uni-stuttgart.de>
- KfW Research. (2023). SMEs in Germany: Challenges and opportunities. KfW. Abgerufen von <https://www.kfw.de/KfW-Research/SMEs-in-Germany-challenges-opportunities-2023.pdf>

SIEMENS CNC4U. (n.d.). SinuTrain for SINUMERIK Operate 4.95 Ed.2. Abgerufen von

<https://new.siemens.com/global/en/products/automation/sinumerik/sinutrain.html>

Statista. (2023). Industry revenue of "Manufacture of metal products" in Germany from 2002 to 2022. Statista. Abgerufen von <https://www.statista.com/statistics/industry-revenue-of-manufacture-of-metal-products-in-germany/>

Statista. (2023). Industry revenue of "Manufacture of metal products" in Germany from 2012 to 2024. Statista. Abgerufen von <https://www.statista.com/statistics/industry-revenue-of-manufacture-of-metal-products-in-germany/>

VDMA. (2023). Robotics and automation in German manufacturing. VDMA. Abgerufen von <https://www.vdma.org>

REFERENZEN

3D-Printing Technician

- Attar, R. W., Almusharraf, A., Alfawaz, A., & Hajli, N. (2022). New Trends in E-Commerce Research: Linking Social Commerce and Sharing Commerce: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 14(23), 16024. <https://doi.org/10.3390/su142316024>
- Balubaid, M., & Alsaadi, N. (2023). Achieving Sustainability in Manufacturing through Additive Manufacturing: An Analysis of Its Enablers. *Sustainability*, 15(12), 9504. <https://doi.org/10.3390/su15129504>
- Chinga-Carrasco, G. (2020). Biocomposites of Bio-Polyethylene Reinforced with a Hydrothermal-Alkaline Sugarcane Bagasse Pulp and Coupled with a Bio-Based Compatibilizer. *Molecules*, 25(9), 2158. <https://doi.org/10.3390/molecules25092158>
- Ebin.pub. (2021). Introduction to Digital Economics: Foundations, Business Models and Case Studies (2nd ed.). Abgerufen von <https://ebin.pub/introduction-to-digital-economics-foundations-business-models-and-case-studies-2nd-ed-3030782360.html>
- Espinar, M., & Company, J. (2001). Empowering SMEs through Skills Development. *Emerald Insight*, 23. <https://doi.org/10.1108/9781787696439>
- Farhikhteh, S., Kazemi, A., & Shahin, A. (2020). How competitiveness factors propel SMEs to achieve competitive advantage? *Competitiveness Review*, 30(3), 315-338. <https://doi.org/10.1108/CR-12-2018-0090>
- Gopal, M., Lemu, H. G., & Gutema, E. M. (2023). Sustainable Additive Manufacturing and Environmental Implications: Literature Review. *Sustainability*, 15(1), 504. <https://doi.org/10.3390/su15010504>
- IMARC Group. (2023). Aerospace Additive Manufacturing Market Size | Trends 2032. Abgerufen von <https://www.imarcgroup.com/aerospace-additive-manufacturing-market>
- Langefeld, B. (2022). Sustainability – Is Additive Manufacturing a green deal? Roland Berger. Abgerufen von <https://www.rolandberger.com/en/Insights/Publications/Sustainability-Is-Additive-Manufacturing-a-green-deal.html>
- OECD. (2018). OECD Green Growth Studies: SMEs in a Green Economy. Abgerufen von https://www.oecd.org/greengrowth/GGSD_2018_SME%20Issue%20Paper_WEB.pdf
- OECD. (2018). Rural regions of the future: Seizing technological change. OECD iLibrary. Abgerufen von <https://www.oecd-ilibrary.org/rural-regions-of-the-future>
- Perifanis, N.-A., & Kitsios, F. (2023). Investigating the Influence of Artificial Intelligence on Business Value in the Digital Era of Strategy: A Literature Review. *Information*, 14(2), 85. <https://doi.org/10.3390/info14020085>
- The Business Research Company. (2023). 3D Printing Building Construction Market Share, Growth Rate And Forecast 2033. Abgerufen von <https://www.thebusinessresearch-company.com/report/3d-printing-building-construction-market>
- The Business Research Company. (2023). 3D Printing Materials Market Growth, Latest Trends, Share Analysis, Report 2033. Abgerufen von <https://www.thebusinessresearch-company.com/report/3d-printing-materials-market>

- The Business Research Company. (2023). Additive Manufacturing Global Market Report 2024. Abgerufen von <https://www.researchandmarkets.com/reports/5807051/additive-manufacturing-global-market-report>
- Tuvayanond, W., & Prasittisopin, L. (2023). Design for Manufacture and Assembly of Digital Fabrication and Additive Manufacturing in Construction: A Review. *Buildings*, 13(2), 429. <https://doi.org/10.3390/buildings13020429>
- Yaqub, M. Z., & Alsabban, A. (2023). Industry-4.0-Enabled Digital Transformation: Prospects, Instruments, Challenges, and Implications for Business Strategies. *Sustainability*, 15(11), 8553. <https://doi.org/10.3390/su15118553>
- Zhang, W.-J., Wu, C., Luo, C., & Xu, L. (2021). Generic Design Methodology for Smart Manufacturing Systems from a Practical Perspective, Part I—Digital Triad Concept and Its Application as a System Reference Model. *Machines*, 9(10), 207. <https://doi.org/10.3390/machines9100207>

CNC Operator

- 3DPrint.com. (2021). OpenHybrid Project Complete: Hybrid Machines with CNC Machining and DED 3D Printing Capabilities. Abgerufen von <https://www.3dprint.com>
- Altintas, G., St-Pierre, J., & Biga-Diambeidou, M. (2022). Dynamic Capabilities, Internationalization, and Growth of Small- and Medium-Sized Enterprises: The Roles of Research and Development Intensity and Collaborative Intensity. *Management International Review*, 62(3), 456-478. <https://doi.org/10.1007/s11575-022-00459-6>
- Attar, R. W., Almusharraf, A., Alfawaz, A., & Hajli, N. (2022). New Trends in E-Commerce Research: Linking Social Commerce and Sharing Commerce: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 14(23), 16024. <https://doi.org/10.3390/su142316024>
- Cunningham, J. A., Damij, N., Modic, D., & Olan, F. (2023). MSME technology adoption, entrepreneurial mindset and value creation: A configurational approach. *The Journal of Technology Transfer*, 48(5), 1574-1598. <https://doi.org/10.1007/s10961-023-10022-0>
- Emerald Insight. (2022). Manufacturing internationalization: from distance to proximity? A longitudinal analysis of offshoring choices. Abgerufen von <https://www.emerald.com>
- European Commission. (2023). Energy Efficiency Directive. Abgerufen von <https://energy.ec.europa.eu>
- Félix, R. A., & Mena, L. J. (2023). Role of Digital Transformation for Achieving Sustainability: Mediated Role of Stakeholders, Key Capabilities, and Technology. *Sustainability*, 15(14), 11221. <https://doi.org/10.3390/su151411221>
- German Trade & Invest. (2024). Germany - The World's Leading Industrie 4.0 Nation. Abgerufen von <https://www.gtai.de>
- Grand View Research. (2023). Computer Numerical Control Machines Market Report, 2030. Abgerufen von <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/computer-numerical-control-machines-market>
- KnowCNC. (2024). 2024's Top Innovations in CNC Machining: What's New and Next? Abgerufen von <https://www.knowcnc.com>

- Legg, R. (2024). CNC Technology Produces Precision Implants. Medical Design Briefs. Abgerufen von <https://www.medicaldesignbriefs.com>
- Mastercam. (2023). Automotive CNC Machining: What You Need to Know. Abgerufen von <https://www.mastercam.com>
- Monzón, E., Bordón, P., Paz, R., & Monzón, M. (2024). Dimensional Characterization and Hybrid Manufacturing of Copper Parts Obtained by Atomic Diffusion Additive Manufacturing, and CNC Machining. *Materials*, 17(6), 1437. <https://doi.org/10.3390/ma17061437>
- Neumeyer, X., Santos, S. C., & Morris, M. H. (2021). Collaborative Networks and Knowledge Exchange in SMEs: Leveraging Innovation for Competitive Advantage. *Journal of Business Research*, 127, 585-599. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.02.018>
- Perifanis, N.-A., & Kitsios, F (2023). Investigating the Influence of Artificial Intelligence on Business Value in the Digital Era of Strategy: A Literature Review. *Information*, 14(2), 85. <https://doi.org/10.3390/info14020085>
- Prakash, A. (2022). Customization in CNC Machining for Diverse Industrial Applications. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 118(3), 789-802. <https://doi.org/10.1007/s00170-021-07682-1>
- Proksch, D., Stranz, W., & Rosenbusch, N. (2021). SME Competitiveness: The Role of Networking and Technological Capabilities. *Journal of Small Business Management*, 59(2), 274-298. <https://doi.org/10.1080/00472778.2021.1881561>
- SAP News (2024). Industry 4.0 in Manufacturing and the Industrial Landscape. Abgerufen von <https://news.sap.com>
- Salco Global (2023). 2023 Trends for the CNC Manufacturing Industry. Abgerufen von <https://www.salcoglobal.com/blog/2023-trends-for-the-cnc-manufacturing-industry/>
- SpringerLink. (2024). Industry 4.0 Technologies Impacts in the Manufacturing and Supply Chain Landscape. Abgerufen von <https://link.springer.com>
- U.S. Bureau of Labor Statistics (2023). Occupational Outlook Handbook: CNC Operators. Abgerufen von <https://www.bls.gov/ooh/production/computer-numerical-control-operators.htm>
- Yusof, Y., & Latif, K. (2019). CNC Machining of High Precision Components: A Case Study in the Application of Process Control. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 101(1-4), 85-95. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-2853-5>
- Yu, D., et al. (2024). A Hybrid-Model-Based CNC Machining Trajectory Error Prediction and Compensation Method. *Electronics*, 13(6), 1143. <https://doi.org/10.3390/electronics13061143>

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1 : Prozesszyklus des Observatory	8
Abbildung 2 : Die von der LCAMP-Plattform zu liefernden Ergebnissen und Dienste.....	16
Abbildung 3 : In Statista Digital Trends Report (p. 33).....	20
Abbildung 4 : In Statista Digital Trends: Additive Fertigung (p. 14).	23
Abbildung 5: In Statista Digital Trends: Additive Fertigung (p. 22).	26
Abbildung 6: In Statista Industrien & Märkte: Werkzeugmaschinen in Deutschland (p. 5).	35
Abbildung 7: In Statista Arbeit & Beruf: Beliebteste Ausbildungsberufe in Deutschland 2022 (p. 4).	41

TABELLENVERZEICHNIS

<i>Tabelle 1 : Liste der Transition-Trends</i>	10
<i>Tabelle 2 : Fähigkeiten und Kompetenzen, die sich auf das Berufsbild auswirken.</i>	13
<i>Tabelle 3 : Liste der ausgewählten Jobs: 3D-Drucktechniker und CNC-Maschinenführer.....</i>	17
<i>Tabelle 4 : ESCO Vorlage für die Überprüfung eines bestehenden Berufsbildes</i>	19
<i>Tabelle 5 : Aufgaben und Fähigkeiten, die mit dem Beruf des 3D-Druck Technikers verbunden sind. ...</i>	27
Tabelle 6: Impact on Skills - 3D Printing Technician.....	30
Tabelle 7 : ESCO-Vorlage für die Überprüfung eines bestehenden Berufsbildes	32
Tabelle 8 : Aufgaben und Fähigkeiten, die mit dem Beruf des CNC Maschinen- und Anlagenbedieners verbunden sind.	42
Tabelle 9: Auswirkung auf die Fähigkeiten - CNC Maschinen- und Anlagenbediener	45
Tabelle 10: Tabelle 3D Druck Experten Meinungen [ED = Experten Gespräch, SV = Umfrage, EW = Experten Workshop].....	48
Tabelle 11: Tabelle CNC Techniker Experten Meinung [ED = Experten Gespräch, SV = Umfrage, EW = Experten Workshop].....	50

LCAMP

Learner Centric Advanced Manufacturing Platform



Co-funded by
the European Union

The European Commission's support for the production of this publication does not constitute an endorsement of the contents, which reflect the views only of the authors, and the Commission cannot be held responsible for any use which may be made of the information contained therein.