EXAM 4.0

THE EXCELLENT ADVANCED MANUFACTURING 4.0

DE

List of AM relevant skills required to work in an AM Workshop 4.0

Advanced manufacturing 4.0 LABs

03

EXAM 4.0
THE EXCELLENT ADVANCED MANUFACTURING 4.0

Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of 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.

This work is licensed by the EXAM 4.0 Partnership under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

EXAM 4.0 partners:

TKNIKA – Basque VET Applied Research Centre, CIFP Miguel Altuna, DHBW Heilbronn – Duale Hochschule Baden-Württemberg, Curt Nicolin High School, Da Vinci College, AFM – Spanish Association of Machine Tool Industries, 10XL, and EARLALL – European Association of Regional & Local Authorities for Lifelong Learning.

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

Abstrakt

Industrie 4.0 stellt neue Anforderungen an die Arbeitnehmer, neue Technologien erfordern innovative Lösungen, also innovative Arbeitnehmer, die sich an die erforderlichen Anforderungen anpassen können und einen Mehrwert für den Industriesektor bieten. Die neuen Anforderungen an die Arbeitnehmer erzeugen wiederum neue Anforderungen an die Bildung. Wegen der neuen Anforderungen haben das Curt Nicolin Gymnasiet und die Partner des EXAM 4.0 Konsortiums im Rahmen des Arbeitspaketes 4 Forschungen bezüglich der Methoden für die Entwicklung der Industrie 4.0 Ausbildung durchgeführt. Das Arbeitspaket 4 in EXAM 4.0 beinhaltet Definitionen von Anforderungen, die ein Berufsbildungszentrum erfüllen muss, um den Schülern Schlüsselqualifikationen und -kompetenzen vermitteln zu können, die im Advanced Manufacturing Sektor von entscheidender Bedeutung sind. Modelle zur Beschreibung von Institutionen und LABs sind enthalten und wurden von allen Partnern des Konsortiums getestet. Die Modelle und Beschreibungen können bei der Definition neuer LABs, die für exzellente Advanced Manufacturing konzipiert sind, von Nutzen sein. Arbeitspaket 4 enthält auch Informationen über relevante Advanced Manufacturing Technologien, wichtige Aspekte von Industrie 4.0 und Lernprozesse, wie z.B. Methoden und Lerninhalte in Bezug auf Industrie 4.0 Bildung. Dieser Bericht, Arbeitspaket 4.3, beinhaltet Fähigkeiten und Kompetenzen, die für den Erfolg im Bereich Advanced Manufacturing unerlässlich sind. Informationen über die wichtigsten Kompetenzen für Industrie 4.0 und relevante Fähigkeiten sind in diesem Bericht enthalten. Die Informationen basieren hauptsächlich auf einer Studie, die im Rahmen von EXAM 4.0 durchgeführt wurde, Antworten von Vertretern aus Unternehmen in den Ländern der Konsortialpartner, also Schweden, Deutschland, Niederlande und Spanien.

Inhaltsübersicht

Abstrakt 2

Inhaltsübersicht 3

Abkürzung 4

Einführung 5

3.1 AM Soft Skills/Kompetenzen 6

3.2 Lernergebnisse 9

3.3 Bildungseffekt auf die Wirtschaft 15

3.4 AM-Technologie in der Ausbildung 16

3.5 Tabelle der spezifischen Fähigkeiten 17

Anhang 19

Referenzen 20

Abkürzung

AM = Advanced Manufacturing

AR = Augmented Reality (Erweiterte Realität)

CAD = Computer Aided Design

EXAM 4.0 = Excellent Advanced Manufacturing 4.0

HVET = Higher Vocational Education and Training

I4.0 = Industrie 4.0

ICT = Informations- und Kommunikationstechnologien

IoT = Internet der Dinge

IIoT = Industrielles Internet der Dinge

KETs = Key Enabling Technologies

VET = Vocational Education and Training (Berufsbildung)

VR = Virtuelle Realität

WP = Arbeitspaket

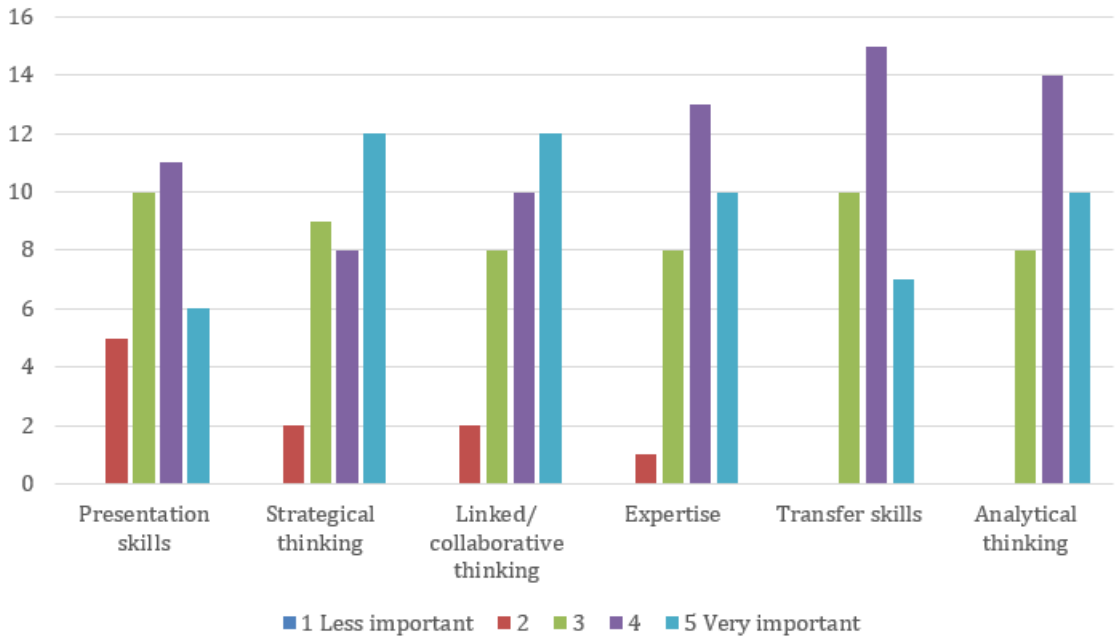
Einführung

Der dritte Abschnitt des Berichts umfasst Fähigkeiten und Kompetenzen, die für die Arbeit im Bereich Advanced Manufacturing erforderlich sind. Eine Tabelle mit spezifischen Fähigkeiten, die wichtige Aspekte für Personen enthalten, die einen AM-Workshop 4.0 leiten, wird in diesem Abschnitt dargestellt. Informationen zu den bestehenden Bildungsbedingungen, die für Industrie 4.0 relevant sind, und den Bildungseffekt auf den Industriesektor werden als Teil eines früheren EXAM 4.0-Berichts dargestellt.

Liste der AM-relevanten Fertigkeiten, die für die Arbeit in einer AM-Werkstatt erforderlich sind 4.0

○ 3.1 AM-Soft Skills

In diesem Abschnitt werden die geforderten Soft Skills für Advanced Manufacturing vorgestellt, die von den Stakeholdern in den Ländern der Konsortialpartner gesammelt wurden. Die darunter liegenden Informationen stammen aus den Ergebnissen der EXAM 4.0 Fokusgruppentreffen. Vertreter verschiedener teilnehmender Unternehmen aus den Ländern der Konsortialpartner wurden nach der Bedeutung verschiedener Hard- und Soft Skills in Bezug auf I4.0 befragt.

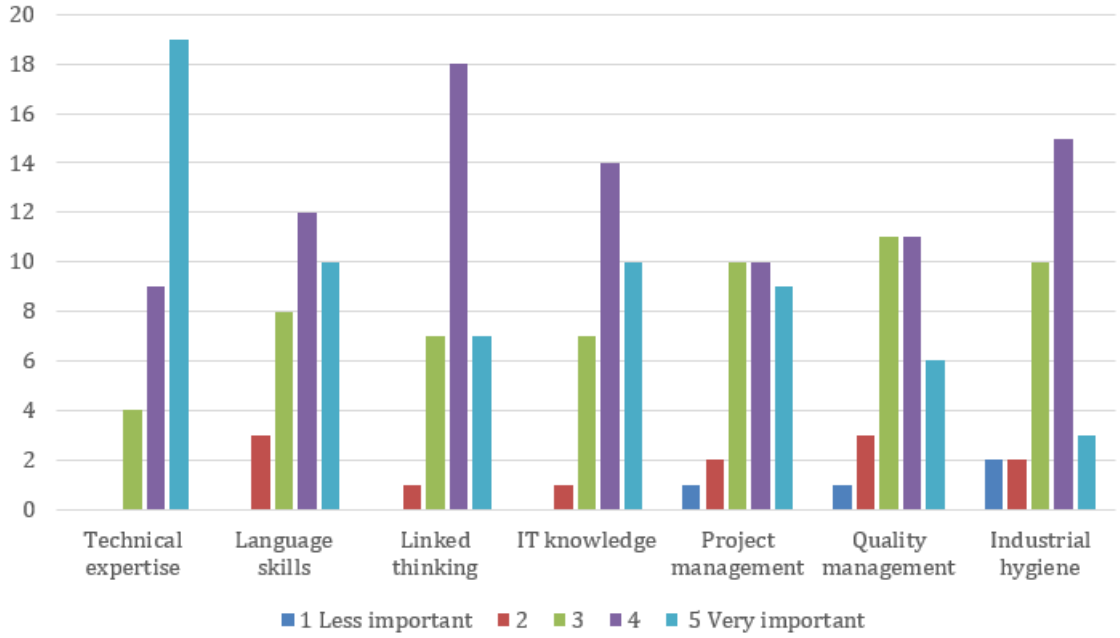


1. Grafik: Wichtigkeit von Methodenkompetenzen im Hinblick auf eine zukünftige Produktionsumgebung von I4.0

Die verschiedenen wählbaren Methodenkompetenzen waren nach Ansicht der Unternehmen der teilnehmenden Länder relativ gleich wichtig. Analytisches Denken war jedoch das, was die Vertreter als die wichtigste zu erwerbende Kompetenz empfanden.

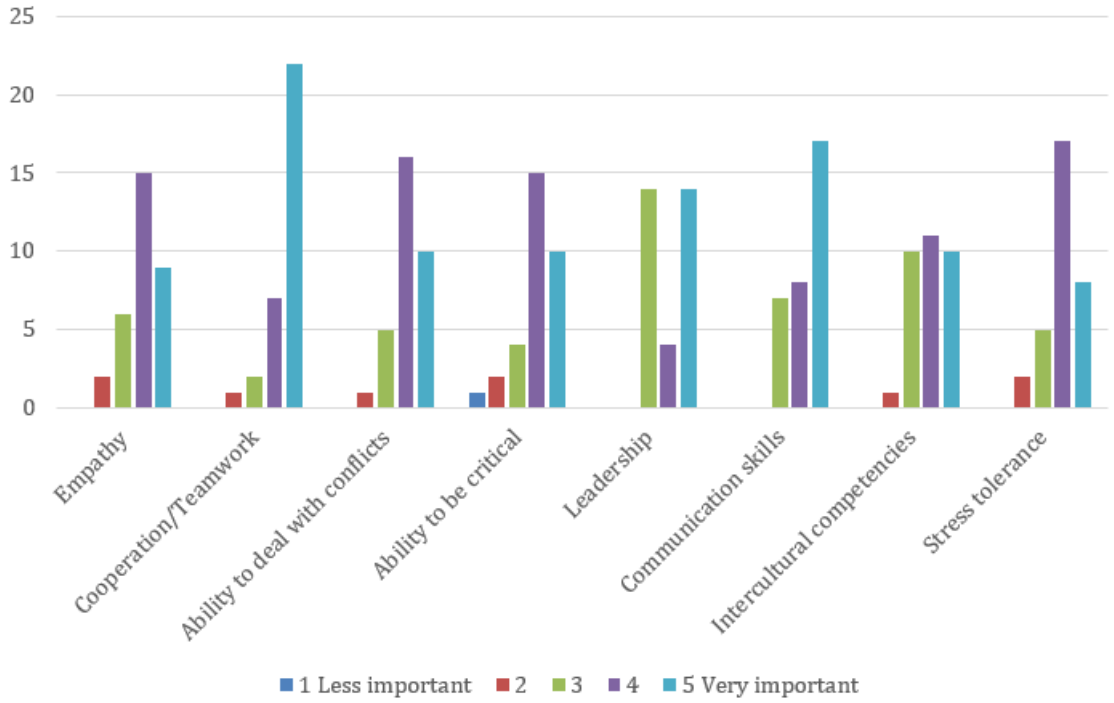
Problemlösung (die keine wählbare Kompetenz war) ist oft als Standardaufbau von Blöcken bekannt, diese Blöcke werden verwendet, um ein spezifisches Problem zu definieren, ein Ziel zu setzen, eine Lösung für das Problem zu entscheiden und dann die Lösung anzuwenden. Durch Industrie 4.0 entstehen komplexere Probleme, die traditionelle Problemlösung ist daher nicht immer eine geeignete Methode. Die Industrie benötigt daher in diesen Fällen fortschrittlichere Denkprozesse (Aventis Learning Group 2019).

Es gibt geeignete Denkprozesse, die verbesserungsbedürftig sind, diese Methoden sollten angewendet werden, um komplizierte I4.0-Probleme effektiv anzugehen. Diese Denkprozesse sind kritisches Denken, analytisches Denken (was von den Vertretern als wichtig beobachtet wurde) und systematisches Denken (Aventis Learning Group 2019).



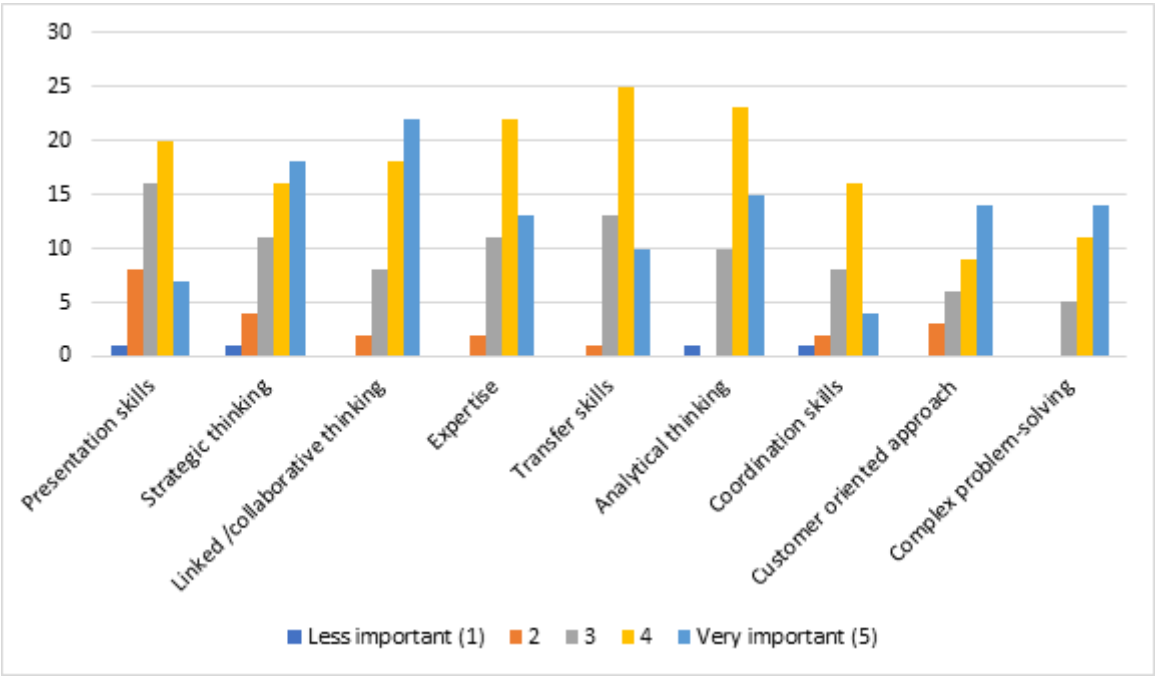
2. Grafik: Wichtigkeit der Fachkompetenzen im Hinblick auf eine zukünftige Produktionsumgebung von I 4.0

Die Antworten der Wichtigkeit bezüglich der auswählbaren Fachkompetenzen waren nicht gleich wichtig im Vergleich zu den Antworten bezüglich der methodischen Kompetenzen. Technisches Fachwissen wurde mit einer durchschnittlichen Antwort von 4,47 auf einer Skala von 1 bis 5, die die Bedeutung darstellt, als die wesentlichste Fachkompetenz angesehen. Die Vertreter glaubten, dass Arbeitshygiene die am wenigsten wichtige Kompetenz sei, mit einem Durchschnitt von 3,53.



3. Grafik: Wichtigkeit sozialer Kompetenzen im Hinblick auf eine zukünftige Produktionsumgebung von I 4.0

Soziale Kompetenz ist nach Ansicht der repräsentativ befragten Personen die wichtigste Kompetenz, die man besitzen muss, um in einem Team kooperativ und eigenverantwortlich arbeiten zu können. Von den 32 Teilnehmern antworteten 22 Personen, dass die Kompetenz "Kooperation/Teamarbeit" für einen Mitarbeiter "sehr wichtig" ist. Alle anderen sozialen Kompetenzen wurden als fast gleich bedeutend beantwortet, mit Ausnahme der Kommunikationsfähigkeit, die etwas wichtiger war.



4. Grafik: Wichtigkeit von Persönlichkeitskompetenzen im Hinblick auf eine zukünftige Produktionsumgebung von I 4.0

Alle verschiedenen persönlichen Kompetenzen wurden als fast gleich wichtig erachtet. Innovation war jedoch die Kompetenz, die die Vertreter im Hinblick auf eine zukünftige I4.0-Produktionsumgebung am wichtigsten fanden. Kreativität wurde auf Lead The Change Community als die drittwichtigste Fähigkeit (Kompetenz) aufgeführt, die man im Jahr 2020 in Bezug auf I4.0 besitzen sollte (Lead The Change Community 2019), obwohl sie von den Vertretern nicht als sehr bedeutend eingestuft wurde.

Ähnliche Fokusgruppentreffen wurden im gleichen Bereich, wichtige Kompetenzen in Bezug auf I4.0, durchgeführt. Bei einem konkreten Anlass fanden diese Interviews in Deutschland, Österreich, den Niederlanden, Ägypten und der Schweiz statt. Die Vertreter waren Dozenten mit Erfahrung in Bereichen wie IT, IS, Wirtschaft und Ingenieurwesen. Diese Dozenten und Professoren fanden Verhaltenskompetenzen als die wichtigsten, diese Studie richtete sich jedoch hauptsächlich an eine andere Unternehmensgruppe als die von EXAM 4.0 durchgeführten Fokusgruppentreffen. Die Verhaltenskompetenzen, die die Vertreter als wichtig empfanden, waren zum Beispiel Kommunikationskompetenz, Präsentationsfähigkeit und Kollaboration, diese waren wichtig, weil sie eine wichtige Rolle in der Teamarbeit spielen (Kienegger et al., 2017). Diese Kompetenzen werden in der Befragung von EXAM 4.0 in verschiedenen Kategorien genannt, z. B. soziale Kompetenzen und Methodenkompetenzen.

Verhaltenskompetenzen werden laut der Umfrage der Technischen Universität München im Hinblick auf I4.0 am wichtigsten sein. Sie sind der Meinung, dass mehr Forschung und Analysen darüber gemacht werden müssen, wie bereits erworbene Kompetenzen, die Studenten und Mitarbeiter haben, für I4.0 angepasst werden können. Die Forschung sollte sich zudem mit neuen Anforderungen an Curricula und Bildungsprogramme bezüglich I4.0 befassen (Kienegger et al., 2017).

○ 3.2 Lernergebnisse

Bedarfsanpassungen in der Berufsbildung an die Anforderungen von Industrie 4.0

Die Lehrpläne in der Berufsbildung haben sich nicht im gleichen Tempo wie die Industrie angepasst. Die Absolventen der Berufsbildungszentren entsprechen laut den Interessenvertretern nicht den direkten Bedürfnissen der Industrie. Die Absolventen können nicht sofort mit der Arbeit beginnen, sie müssen eine geld- und zeitaufwändige Trainingspraxis durchlaufen, bevor sie Aufgaben ohne direkte Anleitung erfüllen können (CECIMO 2013, referenziert in PwC 2020).

Heutzutage denken zahlreiche Bildungsanbieter kaum daran, sich weiterzuentwickeln, um den Bildungsanforderungen von Industrie 4.0 gerecht zu werden, obwohl sukzessive Methoden existieren und angesprochen werden. Die Aktualisierung und Verfeinerung des Lehrplans ist ein möglicher Ansatz, der komplizierte Verfahren beinhaltet. Die Organisation von Studiengängen über Fakultäten und Abteilungen hinweg ist aufgrund der administrativen Komplikationen eine Herausforderung. Viele Fakultäten und Abteilungen haben nur begrenzte Netzwerke und sind daher nicht in der Lage, über kleine Gruppen hinaus zu arbeiten, weil sie in "Silos" denken. Um den Anforderungen sukzessive begegnen zu können, ist es notwendig, fakultäts- und bereichsübergreifend zu arbeiten (Impuls Foundation 2019, referenziert in PwC 2020).

Bereiche, in denen eine Änderung erforderlich ist

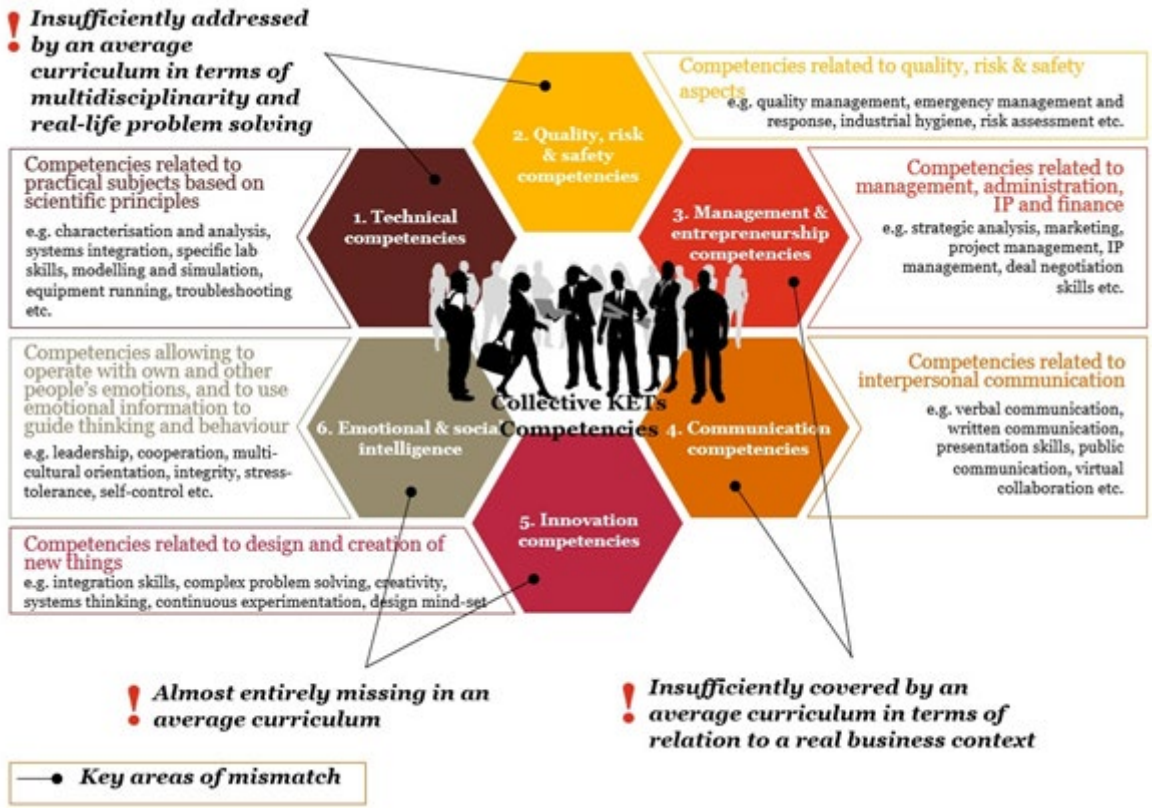


Abbildung 11 *Kollektive KETs-Kompetenzen und Schlüsselbereiche des Mismatch* (PwC 2016, referenziert in PwC 2020)

Abbildung 11 zeigt ein Modell der notwendigen Veränderungen in der Ausbildung, die erforderlich sind, um die geforderten I4.0-Kompetenzen erfolgreich zu vermitteln.

In diesem Modell können wir sehen, was wir bezüglich der Lernergebnisse ansprechen müssen:

1. Technische Kompetenzen
2. Qualitäts-, Risiko- und Sicherheitskompetenzen
3. Management & unternehmerische Kompetenzen
4. Kommunikationskompetenzen
5. Innovationskompetenzen
6. Emotionale & soziale Intelligenz

Bestehende Bildungsprogramme beinhalten keine geeigneten und begehrten nicht-technischen und technischen Fähigkeiten, die für Experten im fortschrittlichen Fertigungssektor unerlässlich sind. Nicht-technische Fähigkeiten haben sich als ebenso essentiell herausgestellt wie technische Fähigkeiten, da es immer wieder Anpassungen im Markt-, Rechts-, Kultur- und Geschäftsumfeld gibt. Um Kunden aus aller Welt in größeren Teams bedienen zu können, sind Fähigkeiten in Bezug auf Problemlösung, Unternehmertum, Verhandlung und Kommunikation unerlässlich (Impuls Foundation 2019, referenziert in PwC 2020)

Was die technischen Fähigkeiten betrifft, so verfügen einige Schüler nicht über das Wissen, das für die Arbeit in einem tatsächlichen Unternehmen erforderlich ist; dies ist oft eine Folge der veralteten Software und Ausrüstung, die in der Ausbildung verwendet wird. Mit eingeschränktem Zugang zu neuen Geräten fehlt den Schülern das Fachwissen, das für die Arbeit im fortschrittlichen Fertigungssektor erforderlich ist, so dass sie nicht in der Lage sind, selbstständig Aufgaben in Unternehmen auszuführen, die die neuesten Versionen von Software und Geräten verwenden.

FESTO weist darauf hin, dass die Schulen nicht mit der Entwicklungsgeschwindigkeit der Unternehmen mithalten können, die Absolventen werden daher bei einer Bewerbung nicht über das richtige Fachwissen verfügen. Es ist daher notwendig, dass Schulen mit Unternehmen oder I4.0-Organisationen kooperieren (FESTO o.J.). In technischen Bildungsprogrammen fehlen oft nicht-technische Fähigkeiten wie Führungs-, Innovations-, Unternehmer-, Marketing- und Vertriebsfähigkeiten. Diese Fähigkeiten werden im Vergleich zu dem, was für einen technischen Schüler in Bezug auf fortschrittliche Fertigung gewünscht wird, nicht ausreichend anerkannt (PwC 2020).

Schulen konzentrieren sich in ihrer Ausbildung häufig auf das Erlernen spezifischer Fakten und das problemlösende Lernen innerhalb eines begrenzten Wissensgebiets. Der Bildungsansatz, der für die fortschrittliche Fertigung benötigt wird, führt zu einem Wissen, das in mehreren Bereichen verwendet werden kann. Bildungsprogramme brauchen neue Wege des Unterrichtens, diese neuen Methoden müssen die derzeitigen traditionellen Denkweisen verändern. Als Ergebnis werden die Studenten lernen, Verbindungen zwischen unverbundenen Feldern zu sehen und in der Lage sein, Verknüpfungen zwischen diesen herzustellen. Darüber hinaus tun sich die Studiengänge oft schwer damit, den Studenten beizubringen, wie sie theoretisches Wissen auf reale industrielle Probleme übertragen können, obwohl dies eine höchst wünschenswerte Eigenschaft für neue Mitarbeiter im Bereich der fortschrittlichen Fertigung, Industrie 4.0, ist (PwC 2020).

Bestehenden Programmen gelingt es oft nicht, ein Gleichgewicht zwischen Qualität und Quantität zu finden, wenn es um Bildungsinhalte und Fähigkeiten geht. Stakeholder argumentieren, dass es keinen Ansatz gibt, der immer gelten sollte. Bildung erfordert ein Gleichgewicht zwischen spezifischem und allgemeinem Wissen und Fähigkeiten, Unternehmen bevorzugen Absolventen mit unterschiedlichen Graden an spezifischem Wissen (PwC 2020).

Es gibt Unterschiede zwischen den Berufsgruppen innerhalb der fortgeschrittenen Fertigung, daher auch viele Unterschiede zwischen den Bildungsinhalten. Ein bestimmter Beruf kann mehr allgemeine Kenntnisse und Fähigkeiten erfordern, während ein anderer Beruf mehr spezifische Kenntnisse und Fähigkeiten benötigt (PwC 2020).

Moderne Fähigkeiten auf moderne Art und Weise vermitteln

Die fortschrittlichen Fertigungsfähigkeiten, die im 21. Jahrhundert unerlässlich sind, sind nicht unbedingt neu. Diese Fähigkeiten gab es schon im Laufe der Geschichte (Rotherham und Willingham 2009, referenziert in PwC 2020)

Es wird so viel neues Wissen generiert, dass viele Beteiligte glauben, dass das tatsächliche Wissen über Informationen keine Rolle spielt. Sie glauben, dass die Fähigkeit, Informationen zu finden, wichtiger ist als der Besitz der Informationen. Das eine ist nicht wichtiger als das andere, der Besitz der Informationen ist genauso wichtig wie die Fähigkeit, Informationen zu finden. Die Aufgabe besteht darin, sowohl Informationen als auch Fähigkeiten zu vermitteln, um die Lernergebnisse für Arbeitgeber, Arbeitnehmer und Studenten erfolgreich zu verbessern. Informationen und Fähigkeiten sollten daher beim Unterrichten gleichwertig behandelt werden (Rotherham und Willingham 2009, referenziert in PwC 2020).

Fähigkeiten und Kompetenzen, die im Hinblick auf Industrie 4.0 angesprochen werden müssen

Industrie 4.0 schafft einen Bedarf an einer reichhaltigen und vielfältigen Menge an Fähigkeiten (Fitsilis, Tsoutsa und Gerogiannis, 2018). Der Begriff Skills wird im Kontext von Industrie 4.0 meist als Kompetenzbegriff verwendet, also falsch eingesetzt. Es gibt mehr Forschung zu wichtigen Kompetenzen für Industrie 4.0 als zu spezifischen Fähigkeiten. Der Bericht konzentriert sich daher hauptsächlich auf

Kompetenzen. Wichtige Kompetenzen folgen der Entwicklung von Technologien, in diesem Fall Industrie 4.0, und werden in Bezug auf diese beschrieben. Die Robotik ist zum Beispiel eine Schlüsseltechnologie für die fortschrittliche Fertigung, Kenntnisse über die Programmierung von Robotern sind daher unerlässlich.

Die identifizierten Kompetenzen werden in der Studie von Leinweber (Leinweber 2013, referenziert in Fitsilis, Tsoutsa und Gerogiannis 2018) in vier Gruppen unterteilt.

Es gibt viele methodische Kompetenzen, die für technische Studenten während der Ausbildung in den EXAM 4.0 LABs wesentlich sind. Laut Fitsilis, Tsoutsa und Gerogiannis sind die Kompetenzen Kreativität, unternehmerisches Denken, Problemlösung, Konfliktlösung, Entscheidungsfindung, analytische Fähigkeiten, Forschungsfähigkeiten und Effizienzorientierung entscheidend für die Ausbildung (Fitsilis, Tsoutsa und Gerogiannis 2018). Es gibt bestimmte Kompetenzen, die in den EXAM 4.0 LABs vermittelt werden müssen. Diese sind Kreativität, Unternehmertum, Problemlösung und Entscheidungsfindung. Kreativität, Unternehmertum und Problemlösung werden laut Grzybowska und Łupicka als wichtige Kompetenzen beschrieben (Grzybowska und Łupicka 2017). Grzybowska und Łupicka behaupten, dass Kreativität für einen Mitarbeiter im 21. Jahrhundert entscheidend ist (Grzybowska und Łupicka 2017). Kreativität ist entscheidend, um Herausforderungen auf eine neue und hilfreiche Art und Weise zu sehen, neue Lösungen zu finden und Verknüpfungen zwischen ansonsten nicht zusammenhängenden Themen herzustellen (Grzybowska und Łupicka 2017).

Es besteht ein Bedarf an einer größeren Anzahl von Fachkräften (Vieweg 2011, zitiert in Abele, Metternich und Tisch 2019). Studien zeigen, dass es eine spürbare Veränderung in Richtung mehr Arbeitsplätze gibt, die Kompetenz und Wissen erfordern (CEDEFOP 2010, referenziert in Abele, Metternich und Tisch 2019).

Fitsilis, Tsoutsa und Gerogiannis behaupten, dass interkulturelle Fähigkeiten, Sprachkenntnisse, Kommunikationsfähigkeiten, Netzwerkfähigkeiten, Teamfähigkeit, Kompromiss- und Kooperationsfähigkeit, Fähigkeit zum Wissenstransfer und Führungsqualitäten, soziale Kompetenzen für technische Studenten wichtig sind (Fitsilis, Tsoutsa und Gerogiannis 2018). Die wichtigsten sozialen Kompetenzen, die in EXAM 4.0 LABs geschult werden müssen, sind Sprache und Kommunikation, Teamarbeit und Kooperation.

Laut Fitsilis, Tsoutsa und Gerogiannis sind Flexibilität, Ambiguitätstoleranz, Lernmotivation, Belastbarkeit, nachhaltige Denkweise und Compliance die wichtigsten persönlichen Kompetenzen (Fitsilis, Tsoutsa und Gerogiannis 2018). Die persönlichen Kompetenzen, die für jeden Schüler in EXAM 4.0 LABs erforderlich sind, sind Flexibilität, Aufgeschlossenheit gegenüber lebenslangem Lernen, eine nachhaltige Denkweise und Stresstoleranz zu haben.

Fitsilis, Tsoutsa und Gerogiannis behaupten, dass alle Fachleute, die mit fortschrittlicher Fertigung arbeiten, ständige Weiterbildung und Entwicklung benötigen (Fitsilis, Tsoutsa und Gerogiannis 2018). Weiter behaupten Fitsilis, Tsoutsa und Gerogiannis, dass dies aufgrund des ständigen Wandels in Bezug auf die technologische Entwicklung, die Globalisierung, die industrielle Umstrukturierung, die zunehmende Rolle der IKT und neue Muster der Arbeitsorganisation geschieht (Fitsilis, Tsoutsa und Gerogiannis 2018). Fachkräfte, in diesem Fall Lehrer, müssen sich ständig weiterentwickeln, um mit den Anforderungen von fortschrittlichen Produktionsorganisationen und Unternehmen Schritt zu halten. Fitsilis, Tsoutsa und Gerogiannis weisen auf die Notwendigkeit des lebenslangen Lernens hin und auf die Notwendigkeit, die es für die individuelle Entwicklung hat (Fitsilis, Tsoutsa und Gerogiannis 2018).

Anforderungen an einen Industrie 4.0-Ausbilder

Im obigen Absatz wird zusammengefasst, was von einer Lehrkraft, die in einem EXAM 4.0 LAB unterrichtet, verlangt wird:

- Ein Lehrer, der sich **in einem EXAM 4.0 LAB** weiterbildet**, muss fortlaufend Fortbildungskurse absolvieren. Alternativ auch als lebenslanges Lernen bezeichnet.**
- Eine Lehrkraft, die in einem EXAM 4.0 LAB ausbildet, muss **über alle in den vorhergehenden Absätzen aufgeführten Kompetenzen verfügen und qualifiziert sein, diese zu unterrichten.**

Curriculum Framework

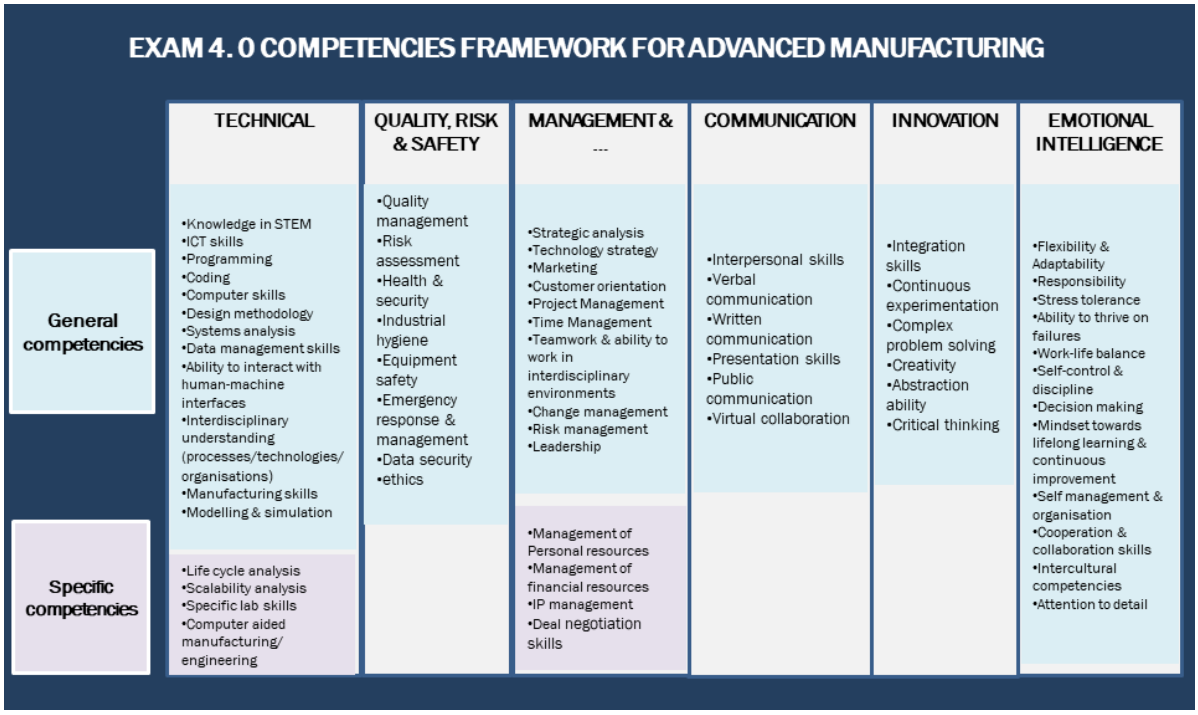


Abbildung 12 *KOMPETENZRAHMEN FÜR FORTGESCHRITTENE FERTIGUNG* (PRÜFUNG 4.0)

Abbildung 13 *Rahmen der Curriculum Guidelines* (PwC 2020)

PwC impliziert, dass es in der Bildung "keinen One-Size-Fits-All-Ansatz" (PwC 2020) gibt (PwC 2020).

PwC gibt an, dass das Ziel mit dem Curriculum Guidelines Framework darin besteht, eine vollständige Sicht über alle relevanten Aspekte für das Curriculum zu liefern, um das Curriculum als die Bildungsfähigkeit von Individuen im Laufe ihres Berufslebens zu betrachten (PwC 2020).

Das Rahmenwerk der Curriculum Guidelines, Abbildung 13, basiert auf acht einzelnen, aber miteinander verflochtenen Phasen (PwC2020).

Die ersten vier Phasen werden näher beschrieben, da sie die größte Aufmerksamkeit erforderten, um die Curricula entsprechend der Interessengruppen umzugestalten (PwC 2020).

Strategie

- Nach dem Studium sollte der Student bereit sein für lebenslanges Lernen, d.h. er sollte die Bereitschaft und Fähigkeit besitzen, im Laufe seines Berufslebens an endlosem Lernen teilzunehmen.
- Bietet eine vollständige Ausbildung, erkennt die breitere Sichtweise an, wie das Lernangebot in den gesamten Lernweg und den Arbeitsmarkt passt.
- Berücksichtigung nicht nur der gesellschaftlichen und charakteristischen Bedürfnisse des Lernenden, sondern auch der Bedürfnisse der Stakeholder, wie z. B. der Beschäftigungsfähigkeit.
- Um in der persönlichen Entwicklung, im Beruf und in der Wissensgesellschaft erfolgreich zu sein, müssen die Lernenden Wissen in Kompetenzen umwandeln.
- Um relevantes persönliches und personalisiertes Training zu präsentieren, ist es wichtig, über die konventionellen Lehrplanziele und Lernergebnisse hinauszugehen.
- Einbindung der Studenten in die Lehrplanentwicklung und -umsetzung.

Zusammenarbeit

- Erweiterung und Verbesserung der Zusammenarbeit zwischen Schulen und Interessenvertretern, um die Anzahl der Kooperationen und die Formen der Zusammenarbeit zu erhöhen.
- Den Stakeholdern eine Rolle als Beschäftigungs-, Forschungs- und Bildungspartner zuzugestehen und zu garantieren, dass sie Verantwortung für die Lernerfahrung der Studenten übernehmen.
- Um den Erfahrungsaustausch zwischen den Schulen zu erleichtern.
- Peer-to-Peer-Lernen zu implementieren, um die Schüler sowohl voneinander als auch miteinander lernen zu lassen.
- Stakeholder durch die Anwendung von Lernökosystemen zu verbinden.
- Übergang von der Mensch-Maschine-Kommunikation zur Mensch-Maschine-Kollaboration als eine sich entwickelnde Form der Zusammenarbeit.

Inhalt

- Um den Bildungsanforderungen für Industrie 4.0 gerecht zu werden, ist es unerlässlich, die technische Seite des Curriculums zu verbessern.
- Nicht-technische Kompetenzen in den Lehrplan zu implementieren.
- Fragen der Nachhaltigkeit, Ethik, Vielfalt und sozialen Integration einzubeziehen.
- Einen vollständigen Blick auf die System- und Produktlebensdauer zu bieten.
- Studenten und Arbeitnehmern beizubringen, dass sie nie aufhören, Informationen aus dem immer größer werdenden "Ozean" von Daten abzurufen, und wie sie die abgerufenen Informationen nutzen können.
- Studenten und Arbeiter zu erziehen, sich ihrer Sicherheit und Ergonomie bewusst zu sein, also die wesentlichen Anforderungen zur Erhaltung einer guten geistigen und körperlichen Gesundheit. Die wahrscheinlichen Folgen der Risikoexposition zu lehren.

Die Lernumgebung

- Den Schüler dazu zu bringen, sich mit Aufgaben ohne traditionelle Lösungen zu beschäftigen, um mit Hilfe des problembasierten Lernens zu lernen, frei zu denken.
- Kreativität zu lehren, indem man ein pädagogisches Umfeld schafft, das dem Schüler hilft, persönliche Ansichten und Verständnisse zu bilden.
- Schaffung eines pädagogischen Umfelds, in dem Scheitern akzeptabel ist und als nützliche pädagogische Erfahrung verinnerlicht wird.
- Bildungsumgebungen zu schaffen, die den Studenten praktische Erfahrungen vermitteln können.
- Den Studenten virtuelle und physische Räume für die Zusammenarbeit zu bieten, z. B. für das Lernen mit Stakeholdern.
- Förderung des technologiegestützten Lernens.

(PwC 2020)

3.3 Bildungseffekt auf die Wirtschaft

Hier einige Beispiele, die die Bedeutung von Bildung im Rahmen von Industrie 4.0 für Wirtschaft und Wohlstand verdeutlichen:

- Aus ökonomischer Sicht verbessert die Qualität der Bildung das individuelle Einkommen, den Wettbewerb zwischen Unternehmen und das Wirtschaftswachstum (Gylfason 2001, Hanushek und Woessmann 2007, Barro 1996, referenziert in Abele, Metternich und Tisch 2019).

- Das Wissen und Können von Managern und Ingenieuren schafft die Basis für den finanziellen Gewinn heutiger und zukünftiger Unternehmen (O'Sullivan, Rolstadås und Filos 2011, referenziert in Abele, Metternich und Tisch 2019).

- Es heißt, wenn Fähigkeiten wie Forschungskompetenzen, unternehmerische Fähigkeiten sowie Managementfähigkeiten fehlen, beeinträchtigt dies die Innovationsfähigkeit in Bezug auf grundlegend neue Produkte, Prozesseffizienz und Qualität (Tether et al. 2005, referenziert in Abele, Metternich und Tisch 2019).

- Verbesserte Innovationsfähigkeit, höhere Flexibilität sowie mehr wertschöpfende Handlungen sind Beispiele für Bildungsergebnisse (Smith 2001, referenziert in Abele, Metternich und Tisch 2019).

- Der Industriesektor ist essentiell für die Wirtschaft in jeder Nation. Die Industrie steht in Europa für über 26 % des Wertschöpfungsanteils am nichtfinanziellen Sektor der gewerblichen Wirtschaft (Eurostat 2016, referenziert in Abele, Metternich und Tisch 2019).

- 75 % des BIP und 70 % der Arbeitsplätze in Europa sind mit dieser Branche verbunden (O'Sullivan et al. 2011, referenziert in Abele, Metternich und Tisch 2019).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass der Einfluss der Bildung auf die Wirtschaft, die Bildung in Bezug auf Produktion und Fertigung usw., sich auf die reale Industrie auswirkt. Die Industrie wirkt sich wiederum sowohl auf die individuelle als auch auf die weltweite Wirtschaft aus. Es wird geschätzt, dass 70% der Arbeitsplätze mit der Industrie verbunden sind (O'Sullivan et al. 2011, referenziert in Abele, Metternich und Tisch 2019). Daher ist eine angemessene Ausbildung für die aktuellen und zukünftigen Anforderungen der Branche unerlässlich. Das Wissen von Ingenieuren und Managern ist das, was sich positiv oder negativ auf Unternehmen auswirkt. Es ist daher unerlässlich, qualitativ hochwertiges und angemessenes Wissen durch Bildung zu erwerben, um zukünftiges finanzielles Wachstum für Unternehmen, Einzelpersonen und Nationen zu schaffen.

3.4 AM-Technologie in der Ausbildung

Dies ist ein Beispiel dafür, wie Advanced Manufacturing-Technologien genutzt werden können, um Kompetenzen auszubilden, die für Industrie 4.0 unerlässlich sind.

Ergebnisse bezüglich der Bewertung von Lehrmethoden aus einer Untersuchung mit Fokus auf die vierte industrielle Revolution und die koreanischen Nationalen Kompetenzstandards in Südkorea zeigten, dass Virtual Reality die wichtigste Methode für die Entwicklung von Kompetenzen ist (Lee und Shvetsova 2019).

Es gibt zahlreiche Spiele für Virtual Reality, es ist möglich, über diese Spiele zu unterrichten und reale Arbeitsaufgaben virtuell zu trainieren. Die Möglichkeiten der Spiele und die nicht vorhandenen Beschränkungen der Simulation bieten die Möglichkeit, zahlreiche Kompetenzen zu schulen.

Technisches Fachwissen:

Technisches Fachwissen ist erforderlich, um mit einer hochmodernen Technologie, die in der vierten industriellen Revolution unerlässlich ist, fehlerfrei umgehen zu können. Das Erlernen des Umgangs mit dem eigentlichen VR-Equipment, auch ohne Spiele, hilft den Lernenden, mehr technisches Know-how zu erhalten.

IT-Kenntnisse:

Es gibt zahlreiche Arten von Software für VR/AR-Lernen. Es ist wichtig, IT-Kenntnisse zu besitzen, um VR/AR-assoziierte Software nutzen und auftretende Probleme lösen zu können. IT-Kenntnisse, die beim VR-Lernen erworben werden, können auf andere Situationen im Zusammenhang mit IT übertragen werden, was für I4.0 wichtig ist.

Kommunikations- und Kooperationsfähigkeit:

Die Entwicklung von Kommunikationsfähigkeiten ist notwendig, um Kooperation in VR zu lernen, da ein wichtiger Aspekt der Teamarbeit die Kommunikation ist. Kommunikationsfähigkeiten können leicht über VR-Spiele trainiert werden. VR ist eine nützliche Methode zum Erlernen von Kooperation/Teamarbeit. Der Trainer kann kooperative Lernaufgaben aufstellen, um die Teamwork-Fähigkeiten der Schüler zu verbessern. Die Aufgaben können in Online-VR-Räumen oder zwischen einem Schüler, der keine VR nutzt, und einem Schüler, der VR nutzt, durchgeführt werden.

Problemlösung:

In der vierten industriellen Revolution ist es unerlässlich, ein fortschrittlicher Problemlöser zu sein. Neue Technologien erfordern innovative Köpfe, um die neuen komplexen Probleme zu bewältigen. Die Entwicklung der Problemlösungskompetenz passt hervorragend zum VR-Lernen, da zahlreiche Lernspiele praktisch für das Problemlösen konzipiert wurden.

○ 3.5 Tabelle der spezifischen Fähigkeiten

Tabelle der spezifischen Fähigkeiten in Verbindung mit den Profilen der Personen, die die AM-Workshop 4.0-Designs steuern

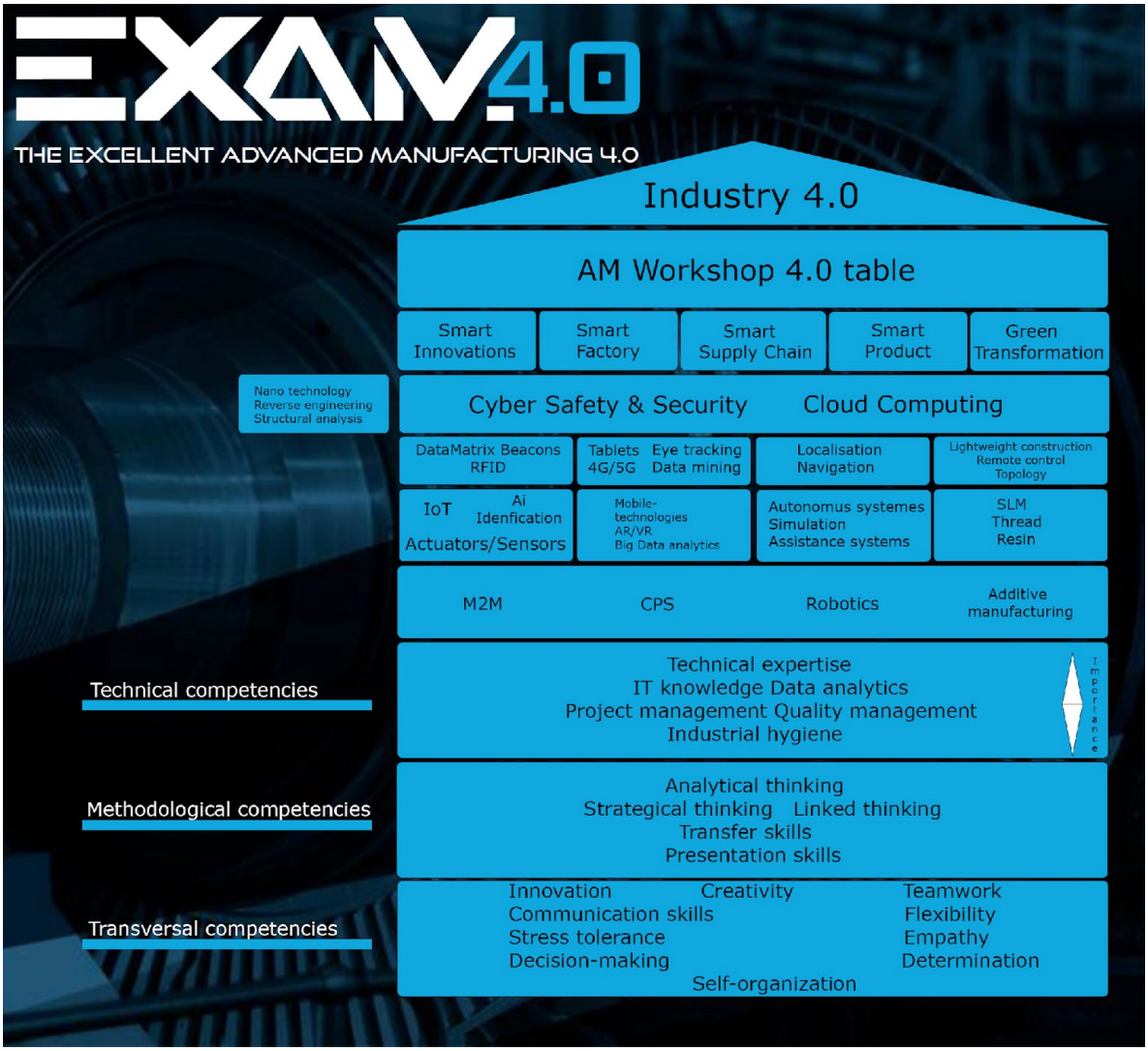


Abbildung 14 *Tabelle der spezifischen Fähigkeiten* (EXAM 4.0)

Kompetenzen sind einer der wichtigsten Aspekte in Bezug auf die spezifischen Anforderungen an die Menschen, die einen AM-Workshop 4.0 steuern, also an die Beschäftigten im Bereich Advanced Manufacturing. Kompetenzen bilden das Fundament, die Basis unseres Hauses, der Abbildung 14 bezüglich Industrie 4.0. Der Inhalt der Tabelle ist, dass Arbeiter innerhalb von Industrie 4.0 über transversale, methodische und technische Kompetenzen verfügen müssen, um in ihrer Karriere erfolgreich zu sein. Das Bild oben zeigt die wichtigsten Kompetenzen innerhalb jeder der drei Gruppen, die in drei verschiedene Rechtecke aufgeteilt sind, sowohl nach Quellen als auch nach internen Untersuchungen innerhalb von EXAM 4.0. Die Wichtigkeit der Kompetenzen wird von EXAM 4.0-Forschern auf der Grundlage der oben genannten Studien eingestuft, die Kompetenzen werden von oben nach unten als am wichtigsten bis am unwichtigsten dargestellt. Transversale Kompetenzen beziehen sich auf Kompetenzen, die nicht an einen bestimmten Job gebunden sind, also zwischen verschiedenen Jobs übertragbar sind (Heron 2019).

Querschnittskompetenzen bilden das Fundament der Kompetenzen für einen Industrie 4.0-Mitarbeiter gemäß der Tabelle von EXAM 4.0. Dazu gehören Kompetenzen wie Kreativität, Innovation und Teamarbeit, die in vielen Berufen für einen Industrie 4.0-Mitarbeiter folglich wichtig sind. Industrie 4.0, die fortschrittliche Fertigung, führt zu neuen Technologien und Methoden. Kompetenzen wie Kreativität und Innovation sind daher unerlässlich, um neuen komplexen Problemen und Herausforderungen zu begegnen.

Methodische Kompetenzen bilden die zweite Schicht der Kompetenzen im AM Workshop 4.0-Modell. Diese Kompetenzen sind spezifischer auf bestimmte Arbeitsbereiche ausgerichtet als übergreifende Kompetenzen und die methodischen Kompetenzen in dieser Tabelle sind wesentlich für I4.0.

Fachkompetenzen sind Kompetenzen, die mit einem bestimmten Arbeitsbereich verbunden sind. Verschiedene Arbeitsbereiche erfordern spezifisches Wissen und daher verschiedene spezifische Kompetenzen. Es ist wichtig, technische Kompetenzen zu erwerben, die für einen bestimmten Bereich erforderlich sind, um ein gut ausgebildeter Mitarbeiter zu werden (Zamboni 2018). Die technischen Kompetenzen in der Tabelle stehen im Zusammenhang mit Industrie 4.0.

Der mittlere Teil des Hauses zeigt Schichten verschiedener Technologien, in denen der Arbeiter, abhängig von seinem Arbeitsbereich, entweder Kenntnisse oder Fähigkeiten haben muss. Ein Arbeiter, der mit einer spezifischen I4.0-Technologie arbeitet, muss über außergewöhnliche Kenntnisse innerhalb der Materie verfügen, im Gegensatz zu einem Mitarbeiter, der mit allen I4.0-Technologien in einer allgemeineren Weise arbeitet.

Beispiel für eine Technologie, Additive Manufacturing, und relevante Fähigkeiten

Fertigkeiten:

- 3D-Technik
- 3D-CAD: Konstruieren, Reparieren, Ändern von 3D-CAD-Daten
- Fertigstellung: Zusammenbauen, Lackieren, Schleifen, Verbessern eines 3D-Modells
- Planen: Verwalten mehrerer Materialien, Sendungen, Maschinen, Aufträge usw.
- Wartung: Kalibrieren, Reparieren und Testen von 3D-Druckern
- Materialhandhabung
- Teile Messen

(Vulkov n.d)

Die heutigen Additive Manufacturing-Ingenieure und -Designer wurden ausgebildet, um mit traditionellen Produktionstechniken zu fertigen, so dass sie auch dieses konventionelle Technikdenken verinnerlicht haben. Ihre Kreativität ist aufgrund dieser traditionellen Denkweise eingeschränkt (Knezic 2017).

Es ist zum Beispiel von entscheidender Bedeutung, dass die nächste Generation von Designern und Ingenieuren der Additiven Fertigung kreatives Denken entwickelt und auf diese Weise in der Lage ist, über das konventionelle Denken in Bezug auf Produktionstechniken hinaus zu denken. Kreatives Denken ist daher eine der wesentlichen Kompetenzen für einen I4.0-Arbeitgeber, der mit Additive Manufacturing arbeitet.

Der obere Teil des Hauses zeigt verschiedene, aber sehr wichtige Aspekte von Industrie 4.0. Der Arbeitnehmer muss Kenntnisse innerhalb dieser Aspekte haben, um im Bereich Advanced Manufacturing erfolgreich zu sein. Diese sind Smart Factories, Smart Innovations, Smart Supply Chains, Smart Products und Green Transformation.

• Anhang

Unterschied zwischen Fähigkeiten und Kompetenzen:

Bei der Suche nach Informationen über Fähigkeiten und Kompetenzen kann man leicht den Überblick verlieren, was eigentlich zutrifft. Die Begriffe "Skills", "Hard Skills", "Soft Skill" und "Kompetenzen" werden häufig verwendet, allerdings in unterschiedlichen Zusammenhängen. Es gibt keine wirkliche Definition der spezifischen Bedeutung der verschiedenen Begriffe und sie werden häufig in unterschiedlichen Zusammenhängen verwendet. Die Begriffe "Skills" und "Hard Skills" werden in diesem Bericht als Synonyme definiert und "Soft Skills" und "Kompetenzen" ebenfalls, um Verwirrung beim Leser zu vermeiden.

	Definition	Examples
Skills	Specific learned abilities that you will require to perform a given job successfully	Handling accounts; coding; welding; writing tenders; computer programming; foreign language proficiency
Competencies	Knowledge and behaviours that lead you to be successful in a job	Analytical ability; problem-solving; initiative; negotiation; improving business processes; strategic planning; data-based decisions

Abbildung 9 *SKILLS VS. KOMPETENZEN* (McNeill 2019)

Abbildung 10 *WAS IST DER UNTERSCHIED ZWISCHEN EINER FÄHIGKEIT UND EINER KOMPETENZ* (McNeill 2019)

Eine Fertigkeit ist eine Fähigkeit, die notwendig ist, um eine Arbeitsaufgabe physisch zu bewältigen, zum Beispiel Codieren, Schweißen oder Schreiben (McNeill 2019).

Eine Kompetenz steht eher im Kontext von Wissen oder Verhalten, damit eine Person am Arbeitsplatz erfolgreich sein kann. Beispiele für Kompetenzen sind soziale Kompetenz, analytisches Denken und Kreativität (McNeill 2019).

• Referenzen

Abele, Eberhard; Chryssolouris, George; ElMaraghy, Hoda; Hummel, Vera; Metternich, Joachim; Ranz, Fabian; Sihn, Wilfried und Tısch, Michael. (2015a). Lernfabriken für Forschung, Lehre und Training. *5th Conference on Learning Factories*. Elsevier B.V, S. 1-6. https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.187 (abgerufen am 2020-09-10).

Abele, Eberhard; Hummel, Vera; Metternich, Joachim; Ranz, Fabian und Tısch, Michael. (2015b). *Learning Factory Morphology - Studie zu Form und Struktur eines innovativen Lernansatzes im Fertigungsbereich*. The Turkish Online Journal of Educational Technology. https://www.researchgate.net/publication/281344323_Learning_Factory_Morphology_-_Study_Of_Form_And_Structure_Of_An_Innovative_Learning_Approach_In_The_Manufacturing_Domain (abgerufen am 07.09.2020).

Abele, Eberhard; Metternich, Joachim; und Tisch, Michael. (2019). *Lernfabriken Konzepte, Richtlinien, Best-Practice-Beispiele*. Cham: Springer Nature Schweiz AG. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92261-4 (abgerufen am 28.08.2020).

Alves, A.C; Pereira, A.C und Lopes Nunes, M. (2017). *Smart products development approaches for Industry 4.0. https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.035* (abgerufen am 17.10.2020).

AM FELDFÜHRER KOMPAKT. (2020). *Formnext Magazin fon extra.* (gesammelt 2020-10-05).

Aventis Learning Group. (2019). *Skills You Must Have To Stay Relevant In Industry 4.0.* https://aventislearning.com/skills-you-must-have-to-stay-relevant-in-industry-4-0/ (abgerufen am 14.09.2020).

Barro, R. J. (1996). Determinanten des Wirtschaftswachstums: *A cross-country empirical study. NBER Working Paper Series: Vol. 5698.* Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.

Bilberg, A; Bogers, M; Madsen, E.S und Radziwon, A. (2014). Procedia Eng., 69 1184-1190 (abgerufen am 17.10.2020).

Buchner, Tilman; Knizek, Claudio; Kuhlmann, Kristian; Küpper, Daniel; Lorenz, Markus; Lässig, Ralph und Maue, Andreas. (2019). *Advanced Robotics in der Fabrik der Zukunft.* BCG Innovation Center, Deutschland. https://www.bcg.com/publications/2019/advanced-robotics-factory-future (abgerufen am 17.10.2020).

Buck Institute for Education. (n.d). *What is PBL?.* https://www.pblworks.org/what-is-pbl (abgerufen am 28.09.2020).

Burnaby Schulen. (2020). *VERANTWORTLICHKEITEN DER SCHÜLER. https://burnabyschools.ca/responsibilities-of-students/.* (gesammelt 2020-10-15).

CECIMO. (2013) The European machine tool industry's Manifesto on skills.

CEDEFOP. (2010). *Qualifikationsangebot und -nachfrage in Europa: Medium-term forecast up to 2020.* Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen der Europäischen Union.

Cherry, Kendra. (2020). *The Experiential Learning Theory of David Kolb.* https://www.verywellmind.com/experiential-learning-2795154 (abgerufen am 29.09.2020).

Duch, B. J., Groh, S. E und Allen, D. E. (Eds.). (2001). The power of problem-based learning. Sterling

Epicor. n.d. *Was ist Industrie 4.0 - das industrielle Internet der Dinge (IIoT)?* https://www.epicor.com/en/resource-center/articles/what-is-industry-4-0/. (abgerufen am 15.10.2020).

Eurostat. (2016). Statistik des verarbeitenden Gewerbes - NACE Rev. 2: Relative Bedeutung des verarbeitenden Gewerbes (NACE-Abschnitt C), 2013 (%-Anteil an der Wertschöpfung und Beschäftigung im nichtfinanziellen Sektor der gewerblichen Wirtschaft insgesamt). Abgerufen von http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Man ufacturing_statistics_-_NACE_Rev._2.

FESTO (n.d). *Industrie 4.0 User's Guide: Educator Edition.* https://www.festo-didactic.com/us-en/news/industry-4.0-user-s-guide-educator-edition.htm?fbid=dXMuZW4uNTc5LjE3LjE2LjU4MjA (abgerufen am 08.09.2020).

Fitsilis, Panos; Gerogiannis, Vassilis und Tsoutsa, Paraskevi. (2018). INDUSTRIE 4.0: ERFORDERLICHE PERSONALKOMPETENZEN. *INDUSTRIE 4.0*. Vol. 3, Issue 3. Bulgarien: Wissenschaftlich-technische Vereinigung des Maschinenbaus, S. 130-133. https://stumejournals.com/journals/i4/2018/3/130 (eingesehen 2020-08-26).

Gewerbliche Schule Crailsheim. (n.d). *WAS IST EINE LERNFABRIK 4.0.* https://www.gscr.de/index.php?id=203 (abgerufen am 2020-09-09).

Growth Engineering. (2017). *WHAT IS THE EXPERIENTIAL LEARNING CYCLE?* https://www.growthengineering.co.uk/what-is-experiential-learning/ (abgerufen am 29.09.2020).

Grzybowska, Katarzyna, und Łupicka, Anna. (2017). Schlüsselkompetenzen für Industrie 4.0. *Economics & Management Innovations 1(1*): S. 250-253. https://www.researchgate.net/publication/322981337_Key_competencies_for_Industry_40 (abgerufen am 2020-08-27).

Gylfason, Thorvaldur. (2001). Natürliche Ressourcen, Bildung und wirtschaftliche Entwicklung. *European Economic Review*: EER, 45, 847-859.

Hanushek, E. A., und Woessmann, L. (2007). *Die Rolle der Bildungsqualität für das Wirtschaftswachstum. Policy Research Working Paper: Vol. 4122.* Washington, DC: World Bank Human Development Network Education Team.

Helbig, J; Kagermann, H und Wahlster, W. (2013). Die Zukunft der deutschen Fertigungsindustrie sichern: *Empfehlungen zur Umsetzung der Strategischen Initiative INDUSTRIE 4.0*, München, 2013 (eingesehen am 17.10.2020).

Heron, Chris. (2019). *What is a Transversal Competency? Vivagogy.* http://vivagogy.com/2019/03/04/transversal-competencies-2/ (abgerufen am 17.10.2020).

Härting, R.-C; Jozinović, P; Möhring, M; Neumaier, P; Reichstein, C und Schmidt, R. (2015). International Conference on Business Information Systems. 16–27. (gesammelt 2020-10-17).

Stiftung Impuls (2019) "Impuls kompakt: Ingenieure für Industrie 4.0", VDMA (Verband der Maschinenbauer).

i-SCOOP. (n.d). *Logistik 4.0 und Smart Supply Chain Management in der Industrie 4.0.* https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/supply-chain-management-scm-logistics/ (abgerufen am 15.10.2020).

Karukapadath Haffees, Rasim und Parekattil, Aswin Kumar. (2019). *A literature review on learning factory*. Diss, Chalmers University of Technology. https://hdl.handle.net/20.500.12380/256553 (abgerufen am 2020-09-09).

Kienegger, Harald; Knigge, Marlene; Krcmar, Helmut und Prifti, Loina. (2017). *A Competency Model for "Industrie 4.0" Employees: 13. Internationale Konferenz für Wirtschaftsinformatik*. St. Gallen, Switzerland February12-15,2017. https://www.researchgate.net/publication/314391765_A_Competency_Model_for_Industrie_40_Employees (abgerufen am 14.09.2020).

Knezic, Kruno. (2017). *Kreativität ist der Schlüssel zum Design für additive Fertigung.* LinkedIn. https://www.linkedin.com/pulse/creativity-key-design-additive-manufacturing-kruno-knezic/ (abgerufen am 2020-09-02).

Kolb, D. A. (1984). *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*. New Jersey: Prentice-Hall.

Koo, Jenna. (2020). *Was ist eine Smart Factory? (Und was es für Sie bedeutet)*. Tulip. https://tulip.co/blog/digital-transformation/what-is-a-smart-factory-and-what-it-means-for-you/ (abgerufen am 08.10.2020).

Kirchner, Matthew D. (2017). *Teaching the Industrial Internet of Things*. Mequon. https://labmidwest.com/wp-content/uploads/2017/09/Teaching-IIoT-Preparing-Students-and-Learners-for-Industry-4.0-2.pdf (abgerufen am 15.10.2020).

Kreimeier, Dieter. (2016). *Die LPS Lernfabrik Qualifizierung in einem realitätsnahen Fabrikumfeld*. Ruhr-Universität Bochum. [PowerPoint-Folien]. https://www.uni-siegen.de/smi/aktuelles/20161115_lps_lernfabrik_praesentation_kreimeier.pdf (abgerufen am 10.09.2020).

K3 Syspro. (n.d). *Was ist der Unterschied zwischen 3D-Druck und additiver Fertigung*? https://www.k3syspro.com/advice-centre/erp-advice/whats-the-difference-between-3d-printing-and-additive-manufacturing/. (gesammelt 2020-10-1).

LAB Mittlerer Westen. (2020). *How to Teach Industry 4.0 in 2020. https://www.youtube.com/watch?v=OhbDfAZ6JUc* (abgerufen am 2020-10-16).

Lead The Change Community. (2019). *SCHLÜSSELKOMPETENZEN FÜR INDUSTRIE 4.0 - VERHANDLUNG UND KREATIVITÄT*. Medium. https://medium.com/@LeadTheChange/key-competencies-for-industry-4-0-negotiation-and-creativity-2f7685f8d49f (abgerufen am 14.09.2020).

Lee, Hee Jang und Shvetsova A. Olga. (2019). *The Impact of VR Application on Student's Competency Development: A Comparative Study of Regular and VR Engineering Classes with Similar Competency Scopes.* https://www.researchgate.net/publication/332386448_The_Impact_of_VR_Application_on_Student's_Competency_Development_A_Comparative_Study_of_Regular_and_VR_Engineering_Classes_with_Similar_Competency_Scopes. (gesammelt am 02.09.2020).

Leinweber S. Etappe 3: Kompetenzmanagement. In: Meifert MT, Herausgeber. Strategische Personalentwicklung - Ein Programmem in acht Etappen. 3. Aufl. Wiesbaden: Springer Fachmedien; 2013

Linke, Rebecca. (2017). *Additive Fertigung, erklärt.* MIT Management. https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/additive-manufacturing-explained. (gesammelt 2020-10-1).

Universität Loughborough. (n.d). *About Additive Manufacturing.* https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/vatphotopolymerisation/ (abgerufen am 2020-10-02).

Marr, Bernard. (2018). *Was ist Industrie 4.0?* Forbes. https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/?sh=4acd83579788. (abgerufen am 15.10.2020).

McNeill, Jane. (2019). *SKILLS VS. COMPETENCIES - WHAT'S THE DIFFERENCE, AND WHY SHOULD YOU CARE*. Hays. https://social.hays.com/2019/10/04/skills-competencies-whats-the-difference/ (abgerufen am 09.10.2020).

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg. (2019). *Lernfabriken 4.0 in Baden-Württemberg.* https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/innovation/schluesseltechnologien/industrie-40/lernfabrik-40/ (abgerufen am 10.09.2020).

O'Sullivan, D., Rolstadås, A., und Filos, E. (2011). Globale Ausbildung in der Fertigungsstrategie. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 22(5), 663-674. https://doi.org/10.1007/s10845-009-03 26-2.

OTTO Motoren. (2019). *Was ist die Smart Factory und ihre Auswirkungen auf die Fertigung? https://ottomotors.com/blog/what-is-the-smart-factory-manufacturing.* (abgerufen am 15.10.2020).

Pappas, Christopher. (2014). *Instructional Design Modelle und Theorien: The Discovery Learning Model*. https://elearningindustry.com/discovery-learning-model (gesammelt 2020-09-29)

Prinz J. Michael und Felder M. Richard. (2006). *Induktive Lehr- und Lernmethoden: Definitions, Comparisons, and Research Bases.* Journal of Engineering Education. American Society for Engineering Education. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x (abgerufen am 17.10.2020).

PwC. (2016). *Skills for Key Enabling Technologies in Europe State-of-Play, Supply and Demand, Strategy, Recommendations and Sectoral Pilot*. Generaldirektion für Binnenmarkt, Industrie, Unternehmertum und KMU (Europäische Kommission).

https://ec.europa.eu/growth/content/final-report-skills-key-enabling-technologies-europe-0_en (abgerufen am 26.08.2020).

PwC. (2020). *Skills for Industry Curriculum Guidelines 4.0 Future-proof education and training for manufacturing in Europe*. Exekutivagentur für kleine und mittlere Unternehmen (Europäische Kommission). https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/845051d4-4ed8-11ea-aece-01aa75ed71a1 (abgerufen am 2020-09-05).

QEC. (n.d). *Duties and Responsibilities of a Teacher.* https://ntu.edu.pk/qec/duties-and-responsibilities-of-a-teacher/ (abgerufen am 15.10.2020).

Raji, R.S. (1994). IEEE Spectr. 31 (6) 49-55 (eingesehen 2020-10-17).

Rotherham A.J. und Willingham D. (2009) "21st Century Skills: The Challenges Ahead".

Serhat, Kurt. (2020). Problembasiertes Lernen (PBL). Educational Technology. https://educationaltechnology.net/problem-based-learning-pbl/ (abgerufen am 25.09.2020).

Smith, A. (2001). *Return on Investment in Training: Research readings.* Leabrook, S. Aust: NCVER

Spectral Engines. (2018). *Industrie 4.0 und wie intelligente Sensoren den Unterschied machen.* https://www.spectralengines.com/articles/industry-4-0-and-how-smart-sensors-make-the-difference (abgerufen am 2020-10-01).

Tether, B., Mina, A., Consoli, D., und Gagliardi, D. (2005). *Eine Literaturübersicht über Fähigkeiten und Innovation: Wie wirkt sich erfolgreiche Innovation auf die Nachfrage nach Fähigkeiten aus und wie treiben Fähigkeiten die Innovation voran? Ein CRIC-Bericht für das Ministerium für Handel und Industrie.* Manchester, England: ESRC Centre for Research on Innovation and Competition.

Thames, L., und Schaefer, D. (2016). *Software-defined Cloud Manufacturing für Industrie 4.0. Procedia CIRP, 52, 12-17.* https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.041.

The Challenge Institute. (2018). *Challenge based learning.* https://www.challengebasedlearning.org/ (abgerufen am 28.09.2020).

Durchsatz. (2019). *Smart Supply Chain Management: Why it is Important to Implement?* https://throughput.world/blog/smart-supply-chain-management/ (abgerufen am 17.10.2020).

University of Illinois Board of Trustees, et al. (2020). *JUST-IN-TIME TEACHING.* https://citl.illinois.edu/citl-101/teaching-learning/resources/teaching-strategies/just-in-time-teaching (abgerufen am 2020-09-25).

University of Illinois Board of Trustees, et al. (2020). *PROBLEM-BASED LEARNING (PBL).* https://citl.illinois.edu/citl-101/teaching-learning/resources/teaching-strategies/problem-based-learning-(pbl) (abgerufen am 25.09.2020).

Vieweg, H.-G. (2011). *Studie zur Wettbewerbsfähigkeit der EU-Maschinenbauindustrie.* München: ifo Institut

Vulkov, Volen. N.d. 3d Printing Skills: *Beispielverwendung in Lebensläufen, Skill Ser & Top Keywords in 2020.* Enhacv. *https://enhancv.com/resume-skills/3d-printing/.* (gesammelt 2020-09-02).

Whitton, Nicola. (2012). *Games-Based Learning.* https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4419-1428-6_437 (abgerufen am 29.09.2020).

Wirtschaft digital Baden-Württemberg. (2020). *Lernfabriken.* https://www.wirtschaft-digital-bw.de/zielgruppen/produzierendes-gewerbe/lernfabriken-industrie-40/ (abgerufen am 10.09.2020).

Zamboni, Jon. (2018). *Was sind Beispiele für technische Kompetenzen?* Leaf Group Media. https://careertrend.com/how-5867853-write-competency-based-resume.html (abgerufen am 17.10.2020).

Zhong, R. Y; Xu, X; Klotz, E; und Newman, S. T. (2017*). Intelligent Manufacturing in the Context of Industry 4.0: A Review. Engineering, 3(5), 616-630.* https://doi.org/10.1016/J.ENG.2017.05.015

EXAM 4.0

THE EXCELLENT ADVANCED MANUFACTURING 4.0