



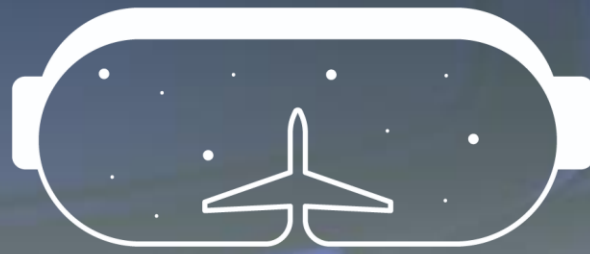
# areola

## Blended-Learning Leitfaden für die Umsetzung

---



Finanziert von der Europäischen Union. Die geäußerten Ansichten und Meinungen sind jedoch ausschließlich die des Autors/der Autoren und spiegeln nicht unbedingt die der Europäischen Union oder der Europäischen Kommission wider. Weder die Europäische Union noch die Europäische Kommission können für sie verantwortlich gemacht werden. Die Unterstützung der Europäischen Kommission für die Erstellung dieser Veröffentlichung stellt keine Billigung des Inhalts dar, der ausschließlich die Ansichten der Autoren wiedergibt, und die Kommission kann nicht für die Verwendung der darin enthaltenen Informationen verantwortlich gemacht werden.



# areola

Revision	Datum	Autor/Organisation	Beschreibung
1 <sup>st</sup>	02.10.2023	PR5 Leiter - EWF	Entwurf einer Vorlage zur Anleitung der Partner bei der Entwicklung von PR5
2 <sup>nd</sup>		Alle Partner	Beiträge zum Ergebnis
3 <sup>rd</sup>	09.02.2024	PR5-Leiter - EWF	Harmonisierung der Ergebnisse
4 <sup>th</sup>	14.02.2024	Alle Partner	Validierung des Entwurfs, der zur Peer-Review geschickt wird
5 <sup>th</sup>	19.02.2024	MTC	Peer Review
6 <sup>th</sup>	27.02.2024	Alle Partner	Endgültige Fassung

## Inhalt

1. Einführung.....	3
2. Ein Rahmen für Blended Learning .....	3
3. AREOLA-Ziele und ihre Umsetzung.....	6
3.1. Blended Learning im Internationalen Qualifizierungssystem für die Additive Fertigung - Stand der Technik.....	6
3.2 AREOLA-Vorschlag zur Umsetzung von Blended Learning im IAMQS .....	10
3.3 Empfehlungen für die Durchführung von Blended Learning mit xR-Tools .....	12
4. Übertragbarkeit und Nachhaltigkeit.....	18
5. Schlussfolgerungen.....	21
Anhang.....	22

## Tabelle der Abbildungen

Abbildung 1: Mehrwert von Blended Learning in der Ausbildung.....	4
Abbildung 2: BL/xR-Screening.....	5
Abbildung 3: Schlüsselaspekte des Leitfadens IAB - 195 zu Blended Learning.....	7
Abbildung 4: Übersicht über die Kompetenzeinheiten des Berufsprofils Metallbauer/in PBF-LB .....	14
Abbildung 5: Leitfaden für die Kompetenzeinheit 18 .....	15
Abbildung 6: Beschreibung des Prozesses der Übertragbarkeit des AREOLA-Know-hows auf andere Qualifikationen.....	20

## 1. Einführung

Ziel dieses Berichts ist es, die zukünftige europäische Ausbildung in der Additiven Fertigung (AM) mit innovativen Blended-Learning-Methoden (gemischtes/ integriertes Lernen) zu unterstützen, die den Anforderungen des International Additive Manufacturing Qualification System (IAMQS) entsprechen. Der Inhalt dieses Berichts umfasst einen ausführlichen Ansatz für die Blended-Learning-Methodik, zeigt die Lehrmethoden auf, die beim Blended Learning eingesetzt werden können, sowie den Mehrwert, der durch den Einsatz von Blended Learning in der Ausbildung entsteht.

Darüber hinaus zeigt der Bericht die Ergebnisse des AREOLA-Projekts und seine Umsetzung im IAMQS. Durch die Einbeziehung theoretischer Materialien und virtueller Schulungsinstrumente, die auf die Anlagenbedienenden von PBF-LB (PBF-LB; engl. Powder bed fusion by laser beam; Pulverbett-basiertes Schmelzen mit dem Laserstrahl) in der Luft- und Raumfahrtbranche zugeschnitten sind, steigert AREOLA die Attraktivität des IAMQS in verschiedenen Sektoren. Darüber hinaus erhöht das AREOLA-Projekt die Attraktivität der Berufsausbildung, indem es den Umfang der Ausbildung erweitert, ihre spezifischen Bedürfnisse berücksichtigt und innovative Ausbildungsmaterialien bereitstellt. Die entwickelten Extended Reality (xR) Tools (Hilfsmittel) wurden von den Lernenden während der Pilotaktivitäten durch eine praktische Bewertung und Feedback-Fragebögen validiert. Um den Ansatz zu validieren, beinhalteten die Pilotaktivitäten auch einen Vergleich zwischen den praktischen und den xR-Tools-Lehrmethoden.

Schließlich wird eine Reihe von Empfehlungen vorgestellt, die auf den Erkenntnissen aus den in Arbeitspaket PR4 - Vergleich zwischen den verschiedenen Lern- und Lehrstrategien - entwickelten Pilotaktivitäten basieren. Der Bericht schließt mit einem Schritt-für-Schritt-Ansatz, wie die AREOLA-Ergebnisse auf andere Qualifikationen übertragen werden können, um einen nachhaltigen Verwendungsplan für das AREOLA-Projekt zu erstellen.

## 2. Ein Rahmen für Blended Learning

Bei der traditionellen Blended-Learning-Methodik werden zwei Lernformen, Online-Lernen und Präsenzlernen, miteinander vermischt und didaktisch zu einem Lernkonzept zusammengeführt. In einem idealen Lernarrangement werden beide Lernformen optimal genutzt, um beispielsweise in einer Selbstlernphase mittels Online-Lernen Faktenwissen zu vermitteln und dieses dann in der Präsenzphase zu vertiefen und praktisch anzuwenden.

Als Reaktion auf die Coronavirus-Pandemie veröffentlichte die Europäische Kommission im August 2021 einen Vorschlag für eine Empfehlung des Rates zum gemischten Lernen (Blended Learning) für eine hochwertige und integrative Grund- und Sekundarschulbildung [CELEX 52021DC0455, Seite 4]. Diesem Vorschlag zufolge wurde die Definition des gemischten Lernens erweitert und gemischtes Lernen in der

formalen allgemeinen und beruflichen Bildung liegt vor, wenn eine Schule, ein Lehrrender oder ein Lernender den Lernprozess mit mehr als einem Ansatz verfolgt:

- Kombination von Schul- und Fernunterrichtsumgebung;
- Kombination verschiedener digitaler (auch online) und nicht-digitaler Lernmittel als Teil von Lernaufgaben.

Der im AREOLA-Projekt gewählte Ersatz von praktischen Tätigkeiten an den Anlagensystemen durch xR-Tools ist daher auch als Blended Learning zu verstehen, unabhängig davon, ob die Ausbildung in Präsenzform oder online an verschiedenen Lernorten stattfindet.

Es gibt verschiedene Lehrmethoden, die beim Blended Learning eingesetzt werden können:

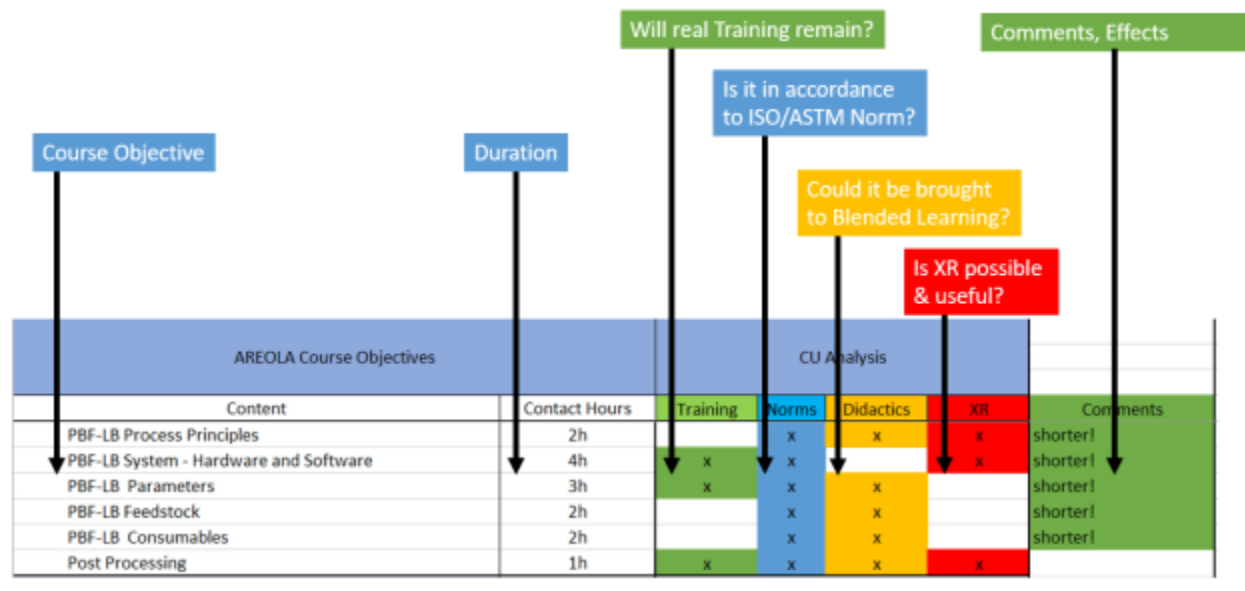
- Physische Präsenz (Präsenzunterricht, traditionelle Schüler-Lehrer-Beziehung)
- Rotation (die Lernenden wechseln von einer Station/ Aktivität zur nächsten)
- Flexibel (Lernende bestimmen ihren eigenen Lernweg - der Lehrende fungiert als Mentor/in)
- Gamification (mit Spielelementen: z. B.: Lernende treten gegeneinander an und springen von Level zu Level)
- Online-Labor (vollständiges Online-Lernen zur Vertiefung der Kenntnisse)
- Self-blend (Beteiligung interessierter Lernender an White Papers, Blogs, Video-Tutorials usw.)

Blended Learning führt innovative Ansätze in die Ausbildung ein und bietet darüber hinaus die Möglichkeit, die Ausbildung flexibler zu gestalten, die Erfahrungen der Auszubildenden zu verbessern und gleichzeitig die Qualität zu erhalten und zu gewährleisten. Eine Zusammenfassung des Mehrwerts von Blended Learning in der Ausbildung findet sich in Abbildung 1 unten dargestellt.

Globale Zusammenarbeit und Wissensaustausch	Integration innovativer Technologien	Optimierung der Schulungsressourcen
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Blended Learning überwindet geografische Barrieren.</li> <li>- Integration verschiedener Perspektiven von internationalen Experten und Expertinnen.</li> <li>- Unterstützt durch Online-Plattformen.</li> <li>- Verbessert die Vielseitigkeit von Schulungsprogrammen.</li> <li>- Der kollaborative Ansatz gewährleistet globale Relevanz.</li> <li>- Angleichung der Qualifikationen an die neuesten Entwicklungen.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nahtlose Integration von neuen Technologien in die Lehrpläne.</li> <li>• Einsatz von virtuellen Simulationen und interaktiven Modulen.</li> <li>• Hilft Fachleuten, mit den Durchbrüchen bei AM-Prozessen, Materialien und digitalen Technologien auf dem neuesten Stand zu bleiben.</li> <li>• Gewährleistet eine praktische, ansprechende und reflektierende Ausbildung.</li> <li>• Reflektiert die neuesten Fortschritte in der Branche.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Optimiert die Nutzung von Schulungsressourcen.</li> <li>• Kosteneffizienter und skalierbarer Ansatz.</li> <li>• Strategischer Einsatz von Ressourcen.</li> <li>• Gewährleistet die Zugänglichkeit für ein breiteres Publikum.</li> <li>• Eröffnet Möglichkeiten für Partnerschaften mit Branchenführern.</li> <li>• Nutzung von Fachwissen zur Verbesserung der Schulungserfahrung</li> </ul>

Abbildung 1: Mehrwert von Blended Learning in der Ausbildung

Der im Projekt AREOLA verfolgte Ansatz besteht darin, spezifische Ausbildungsinhalte der Luft- und Raumfahrt im allgemeinen PBF-LB-Anlagenbediener-Trainingsprogramm zu ergänzen und ggf. auch (Teile) der Ausbildung online vermitteln zu können. Hier kommen die xR-Tools ins Spiel, um praktische Ausbildungselemente durch Online-Lektionen ersetzen zu können. Das schrittweise Vorgehen ist in Abbildung 2 dargestellt und kann im Detail im PR1-Bericht nachgelesen werden.



AREOLA Course Objectives		CU Analysis				Comments
Content	Contact Hours	Training	Norms	Didactics	XR	
PBF-LB Process Principles	2h		x	x		
PBF-LB System - Hardware and Software	4h	x	x	x	x	shorter!
PBF-LB Parameters	3h	x	x	x		shorter!
PBF-LB Feedstock	2h		x	x		shorter!
PBF-LB Consumables	2h		x	x		shorter!
Post Processing	1h	x	x	x	x	

Abbildung 2: BL/xR-Screening

Jeder Lerninhalt wurde im Hinblick auf die folgenden Ansätze bewertet, die umgesetzt werden könnten:

- Ausbildung (physische Ausbildung von Angesicht zu Angesicht)
- Didaktik (Lernkonzepte wie eLearning)
- xR (erweiterte (augmentierte und virtuelle) Realitätseinhalte)

Darüber hinaus wurde die Konformität der jeweiligen Lerninhalte mit der Norm ISO/ASTM 52942 "Additive Manufacturing - Qualification principles - Qualification of machine operators of laser metal powder bed fusion systems and equipment used in aerospace" geprüft, soweit dies auf Basis der vorliegenden Daten möglich war. Die Tools können dann z.B. zur Ergänzung von Flipped Classrooms<sup>1</sup>/ Simulation und virtuellen (Bewertungs-)Tools oder problembasiertem Lernen eingesetzt werden.

<sup>1</sup> Flipped Classroom ist ein innovativer Lehransatz, der das traditionelle Lernmodell umkehrt, bei dem Lehrkräfte während des Unterrichts präsentieren und unterrichten. In einem Flipped Classroom erhalten die SchülerInnen vor dem Unterricht Materialien, wie z. B. Videos oder Lektüre, die sie vor der Teilnahme am Unterricht durcharbeiten können.

### 3. AREOLA-Ziele und ihre Umsetzung

Einer der Beweggründe für das AREOLA-Projekt ist die Beschleunigung des digitalen Wandels in der beruflichen Bildung. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden im Rahmen des AREOLA-Projekts online einsetzbare theoretische Materialien und virtuelle Schulungswerkzeuge entwickelt, die speziell für PBF-LB-Anlagenbediener konzipiert wurden, insbesondere für diejenigen, die im Luft- und Raumfahrtsektor arbeiten. Es wurden zwei verschiedene Testphasen durchgeführt: theoretische Piloten und praktische Piloten, letztere unter Verwendung von xR-Tools („extended reality“-Hilfsmittel). Bei der Durchführung der Piloten ging es vor allem darum, die Einhaltung der Kompetenzeinheiten und der Verfahren zur Durchführung der Ausbildung zu gewährleisten.

#### 3.1. Blended Learning im Internationalen Qualifizierungssystem für die Additive Fertigung - Stand der Technik

Die Grundlage für das AREOLA-Projekt bildet das Internationale Qualifizierungssystem für die Additive Fertigung (IAMQS). Dieses System umfasst eine Reihe von Qualifikationen, die auf unterschiedliche Kompetenzniveaus im Bereich der AM-Technologien zugeschnitten sind, die fest in den Anforderungen der Industrie verankert und von Experten und Expertinnen validiert sind. Das AM-Qualifikationssystem wird von der European Welding Federation (EWF) verwaltet und umfasst Metall-AM-Qualifikationen für Anlagenbediener, Konstrukteure, Prozessverantwortliche, Koordinatoren und Ingenieure sowie eine Polymer-AM-Qualifikation für Konstrukteure.

Das Qualifizierungssystem verwendet eine modulare Struktur, die in Lernergebniseinheiten gegliedert ist, in denen die erwarteten Kenntnisse und Fähigkeiten definiert sind, die die Teilnehmenden nach erfolgreichem Abschluss der Ausbildungskurse erwerben sollten. Für jede Qualifikationsstufe wird ein einheitlicher Lehrplan erstellt, der durch ein harmonisiertes Bewertungs- und Qualitätssicherungssystem ergänzt wird, das auf Industriestandards beruht.

Dieses harmonisierte System gewährleistet, dass Auszubildende unabhängig vom Land, in dem sie die Ausbildung absolvieren, die gleichen Qualifikationen erhalten, und fördert eine engere Zusammenarbeit zwischen den Ausbildungszentren und den am System beteiligten AM-Unternehmen. Das Internationale AM-Qualifikationssystem umfasst alle Verfahren und Richtlinien, die für die Einrichtung eines Qualitätssicherungssystems für AM-Ausbildungsanbieter in ganz Europa erforderlich sind. Es integriert internationale Ausbildungsrichtlinien, die auf der Grundlage von Rückmeldungen von Interessengruppen,

---

Während des Unterrichts beteiligen sich die Schüler aktiv an Diskussionen, Problemlösungen und der Anwendung von Wissen, wobei die Lehrer als Ratgeber fungieren.

einschließlich Berufsbildungsorganisationen, Auszubildenden und dem Internationalen AM-Qualifikationsrat, entwickelt oder angepasst werden können.

Was das Blended Learning betrifft, so sieht das IAMQS heute vor, dass alle theoretischen Kompetenzeinheiten im Blended Learning vermittelt werden können. Die Ausnahme ist die abschließende Bewertungsprüfung, die persönlich abgelegt werden muss.

Um Blended Learning durchzuführen, müssen die zugelassenen Ausbildungszentren eine Reihe von Anforderungen erfüllen, um die Qualität des Lernens zu gewährleisten. Diese Anforderungen spiegeln sich im Leitfaden IAB - 195 wider. Dieser Leitfaden wurde von der Arbeitsgruppe "Education, Training and Qualification" des International Authorisation Board (IAB) des International Institute of Welding (IIW) erstellt, evaluiert und formuliert und beschreibt den Ansatz für Blended Learning/ E-Learning-Techniken. Ein Hauptanliegen dieses Referenzdokuments ist es, zu gewährleisten, dass die Qualität von Kursen, die im Rahmen von Blended Learning durchgeführt werden, derjenigen von Präsenzveranstaltungen gleichwertig ist. Zu diesem Zweck spiegelt der Leitfaden IAB - 195 die Mindestanforderungen für die Ausbildung, Schulung, Prüfung und Qualifizierung wider. Das folgende Schema fasst die wichtigsten Punkte dieses Leitfadens zusammen (siehe Abbildung 3).

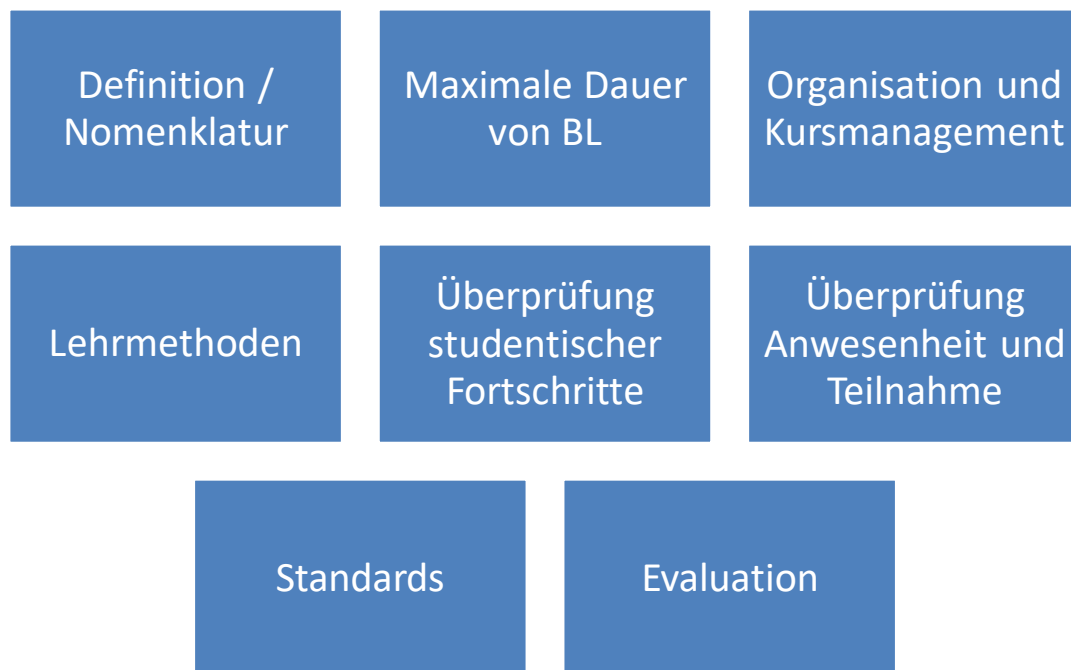


Abbildung 3: Schlüsselaspekte des Leitfadens IAB - 195 zu Blended Learning



### *Definition/ Nomenklatur*

Dieser Abschnitt stellt sicher, dass der Anwendungsbereich der Leitlinie für alle Benutzer und Benutzerinnen klar ist. Einige der Definitionen sind im Folgenden aufgeführt:

**Bewertung** - Instrument zur Überprüfung des Lernprozesses.

**Blended Learning (BL)** - Ein Begriff, der das Lernen beschreibt, bei dem verschiedene veranstaltungsbasierte Aktivitäten, einschließlich Präsentationen im Klassenzimmer, mit Selbststudium kombiniert werden.

**Präsenzunterricht** - Allgemeiner Präsenzunterricht (physische Anwesenheit der Lernenden im Unterricht), Webkonferenzen, Online-Seminare und Videokonferenzen werden als Präsenzunterricht betrachtet.

**Fernunterricht (distance learning, DL)** - Fernunterricht ist die Ausbildung (einschließlich z. B. e-Learning, Video, interaktive Multimedia) von Lernenden, die nicht physisch in einer Schule oder einem Ausbildungszentrum anwesend sind.

**E-Learning (EL)** – Diese Bildungstechnologie wird definiert als "das Studium und die ethische Praxis der Erleichterung des Lernens und der Verbesserung der Leistung durch die Schaffung, Nutzung und Verwaltung geeigneter technologischer Prozesse und Ressourcen".

**Fortschreitende Bewertung** - Verschiedene Bewertungsmethoden, einschließlich Fragebögen und Übungen, die zusätzlich zu den bereitgestellten Schulungsunterlagen eingesetzt werden, um die Fortschritte der Teilnehmenden zu überwachen. Solche Beurteilungen werden von den Teilnehmenden ausgefüllt und zur Bewertung an die Ausbildungseinrichtung zurückgeschickt.

### *Maximale Dauer von Blended Learning*

Die Dauer einer Kompetenzeinheit (CU) wird auf der Grundlage der Mindestanforderungen definiert, die zum Erreichen der beschriebenen Lernergebnisse erforderlich sind. Die CU geben die Kontaktstunden (Unterrichtsstunden) an, die für das Erreichen der Lernergebnisse aufgewendet werden müssen. Die empfohlenen Kontaktstunden verteilen sich auf Vorlesungen (A), zugewiesene Projekte/Übungen (B) und praktische Ausbildung in Workshops (C).

Gemäß den IAMQS-Richtlinien können theoretische CUs in einem BL-Kontext unter Verwendung digitaler Technologien im Fernunterricht unterrichtet werden. In AREOLA besteht die Innovation in der Nutzung dieser Technologien in der praktischen Ausbildung, sodass Teile der praktischen Ausbildung aus der Ferne unterrichtet werden können, z. B. durch den Einsatz von xR-Tools.

### *Organisation und Kursleitung*

Um Blended-Delivery-Techniken effektiv nutzen zu können, benötigen die Ausbildungszentren spezifische Ressourcen und Verfahren, um diese Kurse auf akzeptable und effektive Weise durchzuführen. Zu diesen Ressourcen und Verfahren gehören:

- ein Studienplan / detaillierter Plan für jeden Kurs
- geeignete Lernmittel für Blended Learning
- Verfahren und Materialien für die progressive Beurteilung von Lernenden
- eine wirksame Verwaltungsstruktur, die die Betreuung der Studierenden, die elektronische Kommunikation, die internen Prüfungsverfahren, die Verteilung der Lehrmaterialien und die Unterstützung der Studierenden umfasst.

Darüber hinaus sollen den Studierenden folgende Instrumente angeboten werden:

- Regelmäßige Evaluierung der Kursmaterialien und der Lehrmethoden,
- Verfahren, die sicherstellen, dass der Inhalt von Blended-Learning-/ E-Learning-Paketen den Richtlinien für die entsprechende Qualifikationsstufe entspricht.

### *Lehrmethoden*

Blended Learning kann mit verschiedenen Lehrmethoden durchgeführt werden. Diese Lehrmethoden umfassen Unterricht im Klassenzimmer, Labor und praktische Arbeit sowie Blended-Learning-Methoden. Sie können eine Kombination aus verschiedenen Optionen sein.

In den Kursen kann ein höherer Anteil an Präsenzunterricht eingesetzt werden (über die in den Leitlinien festgelegten Mindestanforderungen hinaus). Die gewählten Lehrmethoden müssen ausgewogen sein, um zu gewährleisten, dass die Lernergebnisse denen in einem herkömmlichen Klassenzimmer gleichwertig sind.

### *Überwachung der Fortschritte der Lernenden*

Zusätzlich zur Selbstevaluierung werden für jedes Modul regelmäßige Beurteilungen durchgeführt, um die Fortschritte der Studierenden zu bewerten. Diese Bewertungen liefern der Ausbildungseinrichtung ein Feedback, um die Fortschritte der Studierenden zu bewerten. Einige der Beispiele können Fragebögen oder Fallstudien sein.

### *Überwachung der Anwesenheit und Teilnahme*

Die Überwachung der Anwesenheit ist obligatorisch. Für die Anwesenheitserfüllung muss der Lernende mindestens 60 % der Unterrichtsstunden besuchen.

### *Ausbildungsstandards*

Die Ausbildung sollte sicherstellen, dass die Studierenden Zugang zu den geltenden Normen haben, sofern dies für den Anwendungsbereich der einzelnen Punkte relevant ist und wie in der entsprechenden Richtlinie gefordert.

### *Bewertung*

Die Bewertung beim Blended Learning besteht aus einer Reihe von Fragen pro Unterrichtsstunde zur Selbsteinschätzung. Die Umsetzung des Leitfadens umfasst jedoch nicht die praktische Ausbildung. Für das IAMQS besteht eine der Einschränkungen und Bedenken darin, wie gewährleistet werden kann, dass die Qualität der im Blended Learning durchgeführten Kurse gleichwertig mit der Qualität der konventionell durchgeführten Kurse ist, einschließlich der Präsenzveranstaltungen und der praktischen Ausbildung.

Die Qualifikationen des IAMQS werden auf der Grundlage der Anforderungen der Industrie entwickelt und ständig von Experten und Expertinnen validiert. Die detaillierten Kenntnisse und die Lernergebnisse im Lehrplan sind auf die von der Industrie geforderten Standards abgestimmt, und die sicherste Methode, um zu gewährleisten, dass die Ausbildung nach denselben Standards durchgeführt wird, ist ein Hauptschwerpunkt.

## 3.2 AREOLA-Vorschlag zur Umsetzung von Blended Learning im IAMQS

Im Rahmen des AREOLA-Projekts sollte untersucht werden, ob die im Rahmen des Blended Learning durchgeführten Schulungen dieselben Anforderungen erfüllen wie die Präsenzschulungen. Die wichtigsten Schlussfolgerungen aus dem AREOLA-Pilotbericht zeigen, dass die **Einbeziehung der xR-Methode in die praktische Pilotausbildung für PBF-LB-Anlagenbediener eine praktikable Strategie ist**. Die Methode kann angewandt werden, indem die xR-Methode ausschließlich für komplexe und risikoreiche Aufgaben eingesetzt wird oder indem den Auszubildenden vor dem praktischen Einsatz an der eigentlichen Maschine wichtige Informationen vermittelt werden. Dieser Ansatz zielt darauf ab, die Sicherheit zu erhöhen, Unfälle zu vermeiden und die Zeiteinteilung zu optimieren, indem die Notwendigkeit der Vermittlung grundlegender Informationen während der praktischen Einheiten

minimiert wird. Dies zeigt, dass ein gemischter Ansatz im Sinne des Blended Learning, der die xR-Technologie mit traditionellen Schulungsmethoden kombiniert, von Vorteil sein kann.

Der im Rahmen von Projektergebnis 4 erstellte Bericht über den Vergleich zwischen der xR-Methode und der praktischen Methode zeigte, dass die **Auszubildenden mit diesen beiden Methoden in der Regel das gleiche Wissen erwerben**. Außerdem waren die Auszubildenden der Meinung, dass die xR-Methode in Bezug auf **Effektivität, Interaktivität, Lernanreiz und Vertrauensbildung** pädagogisch angemessen ist. Die Methode kann in **verschiedenen Altersgruppen und mit unterschiedlichem technologischem Hintergrundwissen** eingesetzt werden. Die Auszubildenden unterstützen diese Methoden auch in Bezug auf **Interaktivität, Sicherheit und die Wirksamkeit** der xR-Materialien, die **Aufmerksamkeit** der Auszubildenden zu wecken.

Die Anwendung dieser Methode hat mehrere Vorteile. So ermöglicht die xR-Methode beispielsweise ein selbstbestimmtes Lernen, die Möglichkeit der Fernschulung, die Verringerung des Zeit- und Kostenaufwands bei der Schulung und die Vorbeugung gegen Schäden bei der ersten Begegnung mit der Maschine. Diese wahrgenommene Effektivität und die Anerkennung mehrerer Vorteile sind vielversprechend für die Integration von xR-Tools in die praktische Ausbildung.

Trotz ihrer Vorteile hat die Methode jedoch auch einige Hindernisse. Zum Beispiel müssen sich die Auszubildenden vor Beginn der Schulung mit der xR-Technologie vertraut machen. Außerdem sollte die Schulungsumgebung gut organisiert sein und genügend Platz für die Schulung bieten, und schließlich sollte das xR-Tool selbst von guter Qualität und Auflösung sein. Diese Hinweise sollten von Auszubildenden berücksichtigt werden, die planen, Schulungen mit xR-Tools durchzuführen.

Der Erfolg und die Effektivität der xR-Methode bei der praktischen Ausbildung von PBF-LB-Anlagenbedienern kann verallgemeinert werden, um einen breiteren Blended-Learning-Ansatz zu entwickeln. Die wichtigste Erkenntnis ist, dass die **Integration von immersiven Technologien wie der xR-Methode in die praktische Ausbildung zu positiven Ergebnissen führt**. Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass ein Blended-Learning-Ansatz, der traditionelle Methoden mit der xR-Technologie kombiniert, die Schulungsergebnisse verbessern kann, indem er **die Zeit optimiert, die Sicherheit erhöht und eine proaktive Lernumgebung bietet**.

Angesichts der erfolgreichen Integration der xR-Technologie in die praktische Ausbildung ergeben sich mehrere Erkenntnisse, die für einen allgemeineren Ansatz des Blended Learning genutzt werden können:

- Erstens **sollten Schulungsanbieter in verschiedenen Bereichen die Vielseitigkeit von xR erkennen und die Integration immersiver Technologien in ihre Blended-Learning-Erfahrungen in Betracht ziehen**.
- Die xR-Methode, ob sie nun ausschließlich für komplexe Aufgaben oder für die Vermittlung wichtiger Informationen vor dem praktischen Einsatz verwendet wird, **bietet ein vielversprechendes Modell für die Kombination traditioneller Methoden mit modernster Technologie**. Die Betonung von Sicherheit, Zeitoptimierung und proaktiver Vorbereitung, wie sie von xR demonstriert wird, sollte integraler Bestandteil von Blended-Learning-Strategien sein.

- Darüber hinaus sind umfassende Schulungen und Leitlinien für die Lernenden unerlässlich, damit sie die neuen Technologien sachkundig nutzen können. Der **Erfolg von xR beim selbstgesteuerten Lernen, die Möglichkeit der Fernschulung und die Kosten-/ Zeiteffizienz zeigen die Vorteile, die in verschiedenen Schulungsszenarien genutzt werden können.**
- Neben der Bewältigung von Herausforderungen wie der Einarbeitung und der Organisation des Umfelds besteht die wichtigste Erkenntnis darin, dass ein **ausgewogener, anpassungsfähiger und sich ständig weiterentwickelnder Blended-Learning-Ansatz** erforderlich ist, der die Vorteile der neuen Technologien nutzt, um die Schulungsergebnisse insgesamt zu verbessern.

### 3.3 Empfehlungen für die Durchführung von Blended Learning mit xR-Tools

Im Grunde genommen bezieht sich Blended Learning auf die Möglichkeit, die traditionelle Präsenzschulung durch Fernunterricht zu ergänzen, was heute durch moderne Breitband-Internetnetze möglich ist. Dies hat es jedem auf der Welt ermöglicht, Audio- und Videodaten mit anderen zu teilen, Präsentationen zu halten, Desktop-Inhalte gemeinsam zu nutzen und anderen Personen, die Tausende von Kilometern entfernt sind, die Kontrolle über ihre Computer zu überlassen - und das alles in Echtzeit und mit verbesserter Qualität.

Das AREOLA-Projekt ging genau von dieser Realität aus und entwickelte in seinem Rahmen Pilotaktivitäten, um zu bewerten, wie das Konzept des Blended Learning auf den Bereich der Additiven Fertigung anwendbar sein könnte. Dies basierte auf der Entwicklung und Erprobung von digitalen Inhalten und Anwendungen der erweiterten Realität (xR) mit realen Personen. In diesem Sinne hat AREOLA versucht, als "Probe" für die Möglichkeit zu fungieren, traditionelle Präsenzinhalte über digitale Methoden zu vermitteln. Ermöglicht wurde dies durch die Durchführung von zwei Arten von Pilotaktivitäten:

- Theoretische Piloten: Inhalte, die auf die Kompetenzeinheiten des PBF-LB-Profiles für Anlagenbediener im Rahmen des IAMQS-Systems abgestimmt sind, wurden entwickelt und sowohl per Fernzugriff als auch in einigen Fällen in Präsenz getestet. Auf diese Weise konnte die Fähigkeit getestet werden, technische Inhalte mit digitalen Instrumenten zu vermitteln und bereitzustellen.

Aus dieser Perspektive ist es wichtig, darauf hinzuweisen, dass der Wert dieser theoretischen Pilotprojekte nicht nur im Testen von folienbasierten Präsentationen per Fernzugriff lag. Die Methodik der Fernschulung und die Möglichkeit, Audio- und Videodaten aus zusätzlichen Quellen gemeinsam zu nutzen, waren von großer Bedeutung (bei einigen Pilotaktivitäten konnten die Ausbilder beispielsweise reale Teile während der Schulung präsentieren, indem sie Videosignale von ihren eigenen Kameras ergänzend nutzten). Im Wesentlichen **ermöglichen diese Methoden ein gewisses Maß an Echtzeit-Erstellung/ -Bearbeitung während der Schulungssitzungen und gehen über den ausschließlichen lehrerbasierten Unterricht hinaus zu einem Content-Streaming-Ansatz.**

- Praktische Pilotprojekte: Diese basierten auf der Entwicklung von Virtual-Reality-Anwendungen, die die Durchführung von Operationen in einer virtuellen Umgebung ermöglichen, die zuvor nur im realen Umfeld möglich waren.

Diese praktischen Pilotprojekte sind von großem Wert, da sie auf neuen, von den AREOLA-Projektpartnern entwickelten, Virtual-Reality-Anwendungen aufbauen. Bisherige Beispiele in diesem Bereich waren rar, sodass die Demonstration der Fähigkeit, praktische Vorgänge in einer virtuellen digitalen Umgebung nachzubilden, einen hohen exemplarischen Wert hat.

Es lohnt sich, auf diese praktische Erfahrung der Piloten näher einzugehen, da sie eine hochinnovative Komponente enthält, die ihre Ergebnisse besonders bedeutsam macht. Das AREOLA-Projekt hat in seiner PR4-Phase wichtige Arbeiten durchgeführt, die als äußerst relevant für die Bewertung der Auswirkungen der Integration digitaler Ressourcen für die Ausbildung von Kompetenzen mit einem ausgeprägten praktischen Aspekt angesehen werden können. Die Untersuchungen ergaben Folgendes:

- Die Ergebnisse der Umfragen, die mit den Teilnehmenden der Pilotversuche durchgeführt wurden, deuten darauf hin, dass es **keine signifikanten Leistungsunterschiede zwischen den Teilnehmenden der praktischen Ausbildung und denen der xR-basierten Ausbildung gab**. Sowohl in der Prüfung als auch im Bewertungsfragebogen schnitten die Teilnehmenden, die die xR-Technologie verwendeten, ähnlich ab wie die Teilnehmenden der praktischen Schulung. Außerdem berichteten die Teilnehmenden, die mit xR geschult wurden, über eine höhere Zufriedenheit mit der Schulung und eine größere Lernmotivation. Diese Ergebnisse deuten darauf hin, dass die **xR-basierte Schulung ein wirksames Instrument zur Verbesserung der Berufsausbildung in der Additiven Fertigung sein kann, das den Teilnehmenden eine zufriedenstellende praktische Lernerfahrung bietet**.
- Wenn man bedenkt, dass die xR-Anwendungen mit eigenständiger und kostengünstiger Hardware ausgeführt wurden, wird deutlich, dass die xR-Technologie erhebliche Vorteile in Bezug auf die Zugänglichkeit und Flexibilität der praktischen Ausbildung bietet. **Diese Technologie ermöglicht es den Teilnehmenden, von entfernten Standorten aus und mit flexibleren Zeitplänen an der Schulung teilzunehmen**. Darüber hinaus kann xR-basiertes Training eine sehr **immersive Lernerfahrung bieten, die die Wissensspeicherung und die Lernmotivation steigern kann**.
- Die mit Hilfe von xR-Technologien durchgeführte Ausbildung hat einen zusätzlichen Wert: Sie kann die traditionelle praktische Ausbildung ergänzen, die entweder vor oder nach der Schulung stattfindet. In diesem Sinne ist das Potenzial dieser Technologien und Anwendungen, eine Person vor ihrer Interaktion mit der realen Maschine vorzubereiten oder umgekehrt, die unbegrenzte Wiederholung von Aktivitäten nach dem "echten" Kontakt zu ermöglichen, von großem Wert.

Die Ergebnisse sind eindeutig und weisen **den xR-Technologien die Fähigkeit zu, eine echte Alternative für die Virtualisierung und Fernvermittlung von Kompetenzen zu sein, die traditionell den Zugang zu oft kostspieligen Geräten erfordern und daher traditionell persönlich durchgeführt wurden**.

In Anbetracht der obigen Ausführungen ist es offensichtlich, dass das **AREOLA-Projekt einen Meilenstein bei der Demonstration der Möglichkeit gesetzt hat, Ausbildungsprogramme zu schaffen, die die Abhängigkeit von der physischen Anwesenheit verringern und damit die Einführung von Blended-Learning-Systemen begünstigen.** Der nächste Schritt wäre zu überlegen, wie man diese Systeme im Rahmen der Ausbildung und Akkreditierung von Fachleuten der Additiven Fertigung auf standardisierte Weise weiterentwickeln kann. Das Modell, auf das sich das AREOLA-Projekt stützt, war von Anfang an das vom IAMQS angebotene Modell, bei dem das Referenzberufsprofil das Profil "Metal Additive Manufacturing Operator Powder Bed Fusion - Laser Beam" sein sollte. Wie andere Profile in diesem Anerkennungsschema ist es in erster Linie aus Ausbildungssicht durch die Kompetenzeinheiten definiert, die eine Person absolvieren muss, die mit einem solchen Profil anerkannt werden möchte. Im Falle eines Anlagenbedieners der PBF-LB-Technologie sind die Kompetenzeinheiten wie folgt definiert:

KOMPETENZEINHEITEN	I MAM O PBF-LB	
	Empfohlene Kontaktstunden	Erwartete Arbeitsbelastung **
CU 00: Überblick über den additiven Fertigungsprozess	3,5	7
CU 15: PBF-LB-Verfahren	14	28
CU 16: Qualitätssicherung (QS) in der PBF-LB	7	14
CU 17: Gesundheit, Sicherheit und Umwelt (HSE) für PBF-LB	3,5	7
CU 18: Aufbau von Hardware, Software und Baujobdateien für PBF-LB	14	28
CU 19: Überwachung und Steuerung der Herstellung von PBF-LB-Teilen	3,5	7
CU 20: Nachbearbeitung von PBF-LB-Teilen	7	14
CU 21: Wartung von PBF-LB-Systemen	7	14
<b>Zwischensumme (ohne optionale CUs)</b>	<b>60</b>	<b>120</b>
CU 48: Handhabung von Pulver	7	14
CU 49: Charakterisierung von Laserstrahlen	7	14
<b>Insgesamt</b>	<b>74</b>	<b>148</b>

Abbildung 4: Übersicht über die Kompetenzeinheiten des Berufsprofils Metallbauer/in PBF-LB

Dies ist eine erste Definitionsstufe, die auf tieferen Stufen in eine detailliertere Definition jeder Kompetenzeinheit übergeht, in der die verschiedenen Themen, die empfohlenen Kontaktstunden für jede dieser Einheiten, die damit verbundenen beruflichen Tätigkeiten und die Lernergebnisse, unterteilt in Abschnitte von Wissen und Fertigkeiten, angegeben werden.

### CU 18: Aufbau von Hardware, Software und Baujobdateien für PBF-LB

CU 18: Aufbau von Hardware, Software und Build-Dateien für PBF-LB	Empfohlene Kontaktstunden
THEMA TITEL	
Anforderungen an die Einrichtung der PBF-LB-Maschine	4
Checkliste vor Baubeginn	3
Verbrauchsmaterial, Futtermittel und Substrat	3
Dateien erstellen	1
Dokumentation der Arbeit	2
Praktische Umsetzung der HSE-Verfahren (beim Einrichten und Einrichten der Maschine)	1

<b>Insgesamt</b>	14
<b>ARBEITSLAST</b>	28

CU	EQR/EFW- EBENE	JOB- FUNKTIONEN	BERUFLICH BEDINGTE TÄTIGKEITEN	KONTAKTSTUNDEN	ARBEITSLAST
Einrichtung von Hardware, Software und Baujob-Dateien für PBF-LB	4 Unabhängig	Anpassung und Einrichtung von Hardware, Software und Baujob-Datei für PBF-LB	Überprüfung der Einrichtung des PBF-LB-Systems nach dem vom Maschinenhersteller festgelegten Verfahren und den erforderlichen Betriebsbedingungen	14	28
			Vorbereitung und Überprüfung des Bausubstrats und der Bedingungen für das Rohmaterial		
			Durchführung: Laden von Baujob-Dateien, Prozessvorbereitung, Prozessstart, Beobachtung während des Prozesses und Erkennung und Behebung von Fehlfunktionen		
			Baujobbeobachtung		
			Befolgung der HSE-Verfahren bei der Einrichtung von Maschinen und Baujobvorbereitung		

Lernergebnisse - CU 18: Aufbau von Hardware, Software und Baujob-Dateien für PBF-LB	
<b>KNOWLEDGE</b>	Tatsächliche und umfassende Kenntnisse über: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Variablen der PBF-LB und zugehörige Parameter der Betriebsbedingungen.</li> <li>- Anforderungen an die PBF-LB-Ausrüstung.</li> <li>- Materialien, die für PBF-LB verwendet werden.</li> <li>- Art der Akten und Arbeitsunterlagen.</li> <li>- HSE Maßnahmen für PBF-LB.</li> </ul>
<b>SKILLS</b>	Vorbereitung der Fertigungsmaschine gemäß der Spezifikation des AM-Verfahrens für den Betrieb Vorbereitung des Ausgangsmaterials, der Bauplattform und der Anlage entsprechend dem zu verwendenden Materials Überprüfung, ob die PBF-LB-Maschine mit den Spezifikationen des Maschinenherstellers und/oder den internen Spezifikationen übereinstimmt Laden der Dateien auf die PBF-LB-Maschine Überprüfung, ob die PBF-LB-Maschinen gemäß der Auftragspezifikation in Bezug auf die Prozessparameter arbeiten Einhaltung der HSE-Verfahren im Zusammenhang mit der PBF-LB-Maschine Interpretation der technischen Informationen in Bezug auf den PBF-LB-Prozess und die Maschine

Abbildung 5: Leitfaden für die Kompetenzeinheit 18

Von all diesen **Elementen** in der Beschreibung der verschiedenen **Kompetenzeinheiten**, aus denen sich das Profil zusammensetzt, ist der Abschnitt mit dem vielleicht **größten Potenzial für eine Analyse** unter dem Blickwinkel des Blended Learning die Definition der mit **jeder Kompetenzeinheit** verbundenen **Fähigkeiten**. Auf diese Weise können die Möglichkeiten, Vor- und Nachteile der Erwägung und Entwicklung von Instrumenten, die eine effektive Anwendung von Blended Learning in verschiedenen Fällen ermöglichen, bewertet werden.

Daher ergeben sich die Empfehlungen für die BL-Umsetzung des IAMQS aus einer Analyse, die auf der Grundlage dieser Prinzipien durchgeführt wurde, so dass für jede Fähigkeit Folgendes erfolgte:



- Es wurde eine **numerische Bewertung** durchgeführt, ob die Fähigkeit im Rahmen eines Blended-Learning-Konzepts von Nutzen sein oder erworben werden könnte, bewertet auf einer Skala von 1 bis 5, wobei 1 für minimalen oder keinen Nutzen und 5 für maximalen Nutzen steht.
- Es wurden zusätzliche **Kommentare** mit Begründungen und ergänzenden Erkenntnissen zu den Zahlenwerten der Beurteilung gegeben.

Die Bewertung wird im Folgenden in zusammengefasster Form dargestellt (die Bewertung des vollständigen Profils des PBF-LB Anlagenbedieners ist im Anhang zu finden):

CU 21: Wartung von PBF-LB-Systemen						
Fertigkeiten	Können diese von einem BL-Ansatz profitieren?					Kommentare
1. Schutzglas wechseln und Düse reinigen	1	2	3	<b>4</b>	5	Das Konzept ist einfach und durch digitale Inhalte leicht übertragbar, obwohl die direkte Visualisierung an einer realen Maschine die Fähigkeit zur Erkennung von Schmutz im System verbessert.
2. Bewertung der Notwendigkeit von Wartungsarbeiten im PBF-LB-System	1	2	3	4	<b>5</b>	Bei einer Maschine dieser Art wird der größte Teil der Wartung präventiv erfolgen, aber der Bediener / die Bedienerin muss die Ereignisse kennen, die auf die Notwendigkeit hinweisen, eine solche Wartung vorwegzunehmen oder eine korrigierende Wartung durchzuführen. Dies ist ein sehr theoretischer Wissensbestand, der durch digitale Inhalte erworben werden kann.
3. Durchführung von Wartungsarbeiten im PBF-LB-System	1	2	<b>3</b>	4	5	Diese Fertigkeit umfasst eine Reihe von Operationen, die mit digitalen Mitteln gründlich vermittelt werden können. Die Ausführung dieser Operationen kann zuweilen Kontrollen, aber auch die Veränderung verschiedener Elemente beinhalten, weshalb der vollständige Erwerb der Fertigkeit mit ausschließlich digitalen Mitteln gewisse Einschränkungen mit sich bringen kann.
4. Identifizierung der Verbrauchsmaterialien für die verschiedenen Maschinenteile	1	2	3	4	<b>5</b>	Es handelt sich um eine überwiegend theoretische Fähigkeit, die mit dem Erwerb auf digitalem Wege durchaus vereinbar ist.

5. Meldung der Notwendigkeit der Durchführung bestimmter Wartungsarbeiten	1	2	3	4	<b>5</b>	Siehe Fertigkeit 2 (die Bemerkung zu dieser Kompetenz wird als zutreffend betrachtet).
6. Unterstützung anderer Techniker bei der Systemwartung	1	2	3	<b>4</b>	5	Das für den Erwerb dieser Fähigkeit erforderliche Wissen kann sehr umfangreich sein, aber eine gute Grundlage wird als durch digitale Mittel erreichbar angesehen.
7. Überprüfung der Sauberkeit des optischen Systems	1	2	3	<b>4</b>	5	Das Konzept ist einfach und durch digitale Inhalte leicht vermittelbar, obwohl die direkte Visualisierung an einer realen Maschine die Fähigkeit zur Erkennung von Schmutz im System verbessert.
8. Überprüfung, ob das optische System korrekt funktioniert	1	2	3	<b>4</b>	5	Die Vorgänge zur Leistungsprüfung und Laserkalibrierung können theoretisch erlernt werden und sind teilweise virtualisierbar. Spezifische Prüfsysteme wie EOS SMARTCAL können jedoch den Einsatz von zusätzlicher Hardware erfordern, so dass die vollständigen Details der Nutzung und Anwendung durch praktische Erfahrung erlernt werden müssen.
9. Prozessüberwachung und Kalibrierungsstatus	1	2	3	<b>4</b>	5	Siehe Fertigkeit 8 (die Bemerkung zu dieser Kompetenz wird als zutreffend betrachtet).
10. Überprüfung des Verschleißgrades eines mechanischen Bauteils	1	2	3	<b>4</b>	5	Erforderliche Überprüfungen sind durch digitale Inhalte perfekt zu vermitteln, obwohl bestimmte Untersuchungen von praktischer Erfahrung profitieren (z. B. die Überprüfung des Verschleißgrads einer Beschichter Klinge).
11. Überprüfung des Gasflusses des Systems	1	2	3	<b>4</b>	5	Erforderliche Überprüfungen sind durch digitale Inhalte perfekt zu vermitteln, obwohl bestimmte Überprüfungen von praktischer Erfahrung profitieren (z. B. die Überprüfung von Gasdurchflussraten).
12. Angemessene Wartungsroutinen für den Materialtyp	1	2	3	<b>4</b>	5	Das für den Erwerb dieser Fähigkeit erforderliche Wissen mag umfangreich sein, aber es wird davon ausgegangen, dass die

						Grundlagen mit digitalen Mitteln erworben werden können.
13. Überprüfung des Zustands und Verwendung der persönlichen Schutzausrüstung	1	2	3	4	5	Es ist möglich, sich dieses Wissen theoretisch mit digitalen Mitteln anzueignen, aber seine praktische Anwendung erfordert ein praktisches Lernen.
Empfehlungen zu BL für diese CU						
Es ist zwar möglich, sich das gesamte in dieser Kompetenzeinheit enthaltene Wissen auf digitalem Wege anzueignen, aber zweifellos erfordern die meisten Fertigkeiten einen praktischen Einsatz an einer realen Maschine, um sicherzustellen, dass der oder die Lernende die Arbeitsabläufe versteht, die Risiken begreift und weiß, wie er oder sie die persönliche Schutzausrüstung benutzt usw.						

Zusammengefasst lauten die AREOLA-Empfehlungen für die praktische und theoretische Ausbildung wie folgt:

#### **Praktische Ausbildung:**

- Entwicklung von xR-Tools mit hervorragender Qualität und hoher Auflösung
- Vorbereitung der Teilnehmenden auf die Verwendung, Bedienung und Kontrolle des xR-Tools vor der Schulung
- Ausreichend Platz für immersive xR-Trainingsaktivitäten gewährleisten
- Integration von xR-Methoden vor der praktischen Ausbildung zur Verbesserung des Lernfortschritts
- Einsatz von xR-Methoden für die Ausbildung in risikoreichen Umgebungen und Szenarien.

#### **Theoretische Ausbildung:**

- Theoretische Schulungen sollten nicht länger als eine Stunde dauern, da die Lernenden leicht ablenkbar sind.
- Wird die theoretische Ausbildung online durchgeführt, sollten einige interaktive Lernmaterialien in die Lehreinheit integriert werden. Die Lernenden sollten keine passiven Rezipienten sein.

## 4. Übertragbarkeit und Nachhaltigkeit

Dieses Kapitel soll einen Überblick über das Übertragbarkeitspotenzial der Ergebnisse des AREOLA-Projekts geben, um ihre Nachhaltigkeit nach dem Ende des Projekts zu gewährleisten. Der Grund für die Untersuchung der Übertragbarkeit der AREOLA-Ergebnisse auf das IAMQS basiert auf der Tatsache, dass dieses Qualifizierungssystem in zehn Ländern, nicht nur in Europa, sondern auf der ganzen Welt, vorhanden ist. Die direkte und angenommene Auswirkung dieses Systems in diesen zehn Ländern ist garantiert, jedoch hat jedes Land einen anderen potentiellen Einfluss, basierend auf den einzelnen Ausbildungszentren, die sich vom Ausbildungsnetzwerk abzweigen.

Daher wurde ein Fahrplan (Abbildung 6) entworfen, der sich auf die Beschreibung des Prozesses der Übertragung des AREOLA-Know-hows auf andere Qualifikationen, die Identifizierung möglicher Qualifikationen, die für den neuen Ansatz geeignet sind, und einen Aktionsplan für die Durchführung des Transfers innerhalb des IAMQS konzentriert. Somit wird das IAMQS der Hauptpfeiler des AREOLA-Projekts für die Übertragbarkeit seiner Ergebnisse sein und deren kontinuierliche Umsetzung und Anwendbarkeit in ganz Europa sicherstellen.

Als Ausgangspunkt diente AREOLA der international harmonisierte Ausbildungsleitfaden des **Metal AM Operator PBF-LB**. Konkret geht es um die Entwicklung von xR-Tools für die Umsetzung der praktischen Teile der Ausbildung der **Competence Unit (CU) 21 Maintenance von PBF-LB-Systemen**. Die Projektpartner LZH Laser Akademie GmbH (LAK) und IDONIAL haben bereits (Teile der) Qualifizierung für den Metal AM Operator PBF-LB und/oder andere, die CU21 enthalten, implementiert, die übergreifend zur Qualifikation des International Metal AM Operator Powder Bed Fusion - Laser Beam ist. **Um die Übertragbarkeit der AREOLA-Projektergebnisse zu gewährleisten, besteht der Schritt 1 daher darin, dass diese Projektpartner die entwickelten xR-Tools in ihre eigenen Schulungsaktivitäten integrieren, wenn sie CU21 lehren.**

Da das IAMQS bereits einen PBF-LB-Operator-Lehrplan und einen Blended-Learning-Qualifizierungspfad implementiert hat, **wird der 2. Schritt darin bestehen, die Metall-AM-Operator-PBF-LB-Qualifizierung zu aktualisieren, indem AREOLA-Projektergebnisse, insbesondere in Richtung CU21-Schulung, für die Themen "Austausch von Beschichterlippen" und "Laserleistungsmessung" umgesetzt werden.** Um dies zu erreichen, wird der Vorschlag zur Integration der AREOLA Projektergebnisse in das IAMQS auf der EWF Generalversammlung (GA) vorgestellt werden.

Die Generalversammlung der EWF ist ein formelles Treffen, bei dem die EWF-Mitglieder Entscheidungen über die Entwicklung des internationalen, harmonisierten Systems für Ausbildung, Schulung und Qualifizierung im Bereich der Fügetechnologien und der Additiven Fertigung treffen. In der Generalversammlung denken die Mitglieder auch über die Innovation des Systems nach, und zu diesem Zweck werden spezialisierte Arbeitsgruppen gebildet. Die Ergebnisse von AREOLA werden auf der EWF-Vollversammlung im Mai 2024 vorgestellt werden, wo die EWF-Mitglieder darüber abstimmen werden, ob die bestehende Arbeitsgruppe (AG) die Ergebnisse übernehmen und in den bestehenden Lehrplan für PBF-LB-Anlagenbediener einbringen wird. Nach einer weiteren Abstimmung auf der EWF-Generalversammlung im Oktober 2024 werden die EWF-Mitglieder über die Integration des aktualisierten Leitfadens in das IAMQS abstimmen. Somit werden die Ergebnisse an die Ausbildungszentren weitergegeben, die sie in ihre Aktivitäten einbinden werden.

Sobald die Umsetzung der AREOLA-Projektergebnisse für die Ausbildung des Metal-AM-Operators PBF-LB abgeschlossen ist, **wird der 3. Schritt darin bestehen, die AREOLA-Ergebnisse zu replizieren und auf andere AM-Anlagenbediener-Qualifikationen (DED-LB, DED-Arc, PBF-EB) innerhalb des IAMQS zu übertragen.** Dazu wird derselbe Prozess wie oben beschrieben angewandt. Sobald dieser Plan von den EWF-Mitgliedern auf der Generalversammlung vorgestellt und genehmigt wurde, wird die Arbeitsgruppe darauf hinarbeiten, die in PR1 (Bericht über die Validierungsbedarfsanalyse) und PR4 (Vergleich zwischen den verschiedenen Lern- und Lehrstrategien) durchgeführten Analysen und Untersuchungen, den

Transfer der in PR3 (Entwicklung von VR/AR-Tools für die praktische Ausbildung von PBF-LB-Bedienern) entwickelten xR-Tools und die in PR2 (Entwicklung von Materialien für die theoretische Ausbildung von PBF-LB-Bedienern) verwendete Methodik für die theoretischen Online-Ausbildungsrichtlinien zu nutzen. Sobald der Vorschlag zur Aktualisierung der Bedienerrichtlinien von den EWF-Mitgliedern auf der nächsten Generalversammlung angenommen wird, kann er in das IAMQS übernommen werden.

Alle AREOLA-Ergebnisse (PR1 bis PR5) haben das Potenzial, auf andere AM-Qualifikationen sowie auf andere Fertigungsbereiche, wie Schweißen, Fügen und verwandte Technologien, übertragen zu werden. Aufgrund der verallgemeinerbaren Ergebnisse des AREOLA-Projekts wird es möglich sein, Exzellenz in der Berufsbildung zu fördern und die Qualitätssicherungssysteme in der Berufsbildung zu verbessern, wenn die in PR1 bis PR5 verwendeten Projektansätze als Benchmarking-Modell für andere AM-Prozesse und/oder Materialien (z. B. für den Automobilssektor) genutzt werden. Daher **wird der Schritt 4. Schritt darin bestehen, die AREOLA-Ergebnisse auf andere Berufsprofile der Metall- und Polymer-AM (IAMQS) zu übertragen**, und zwar nach demselben Verfahren, das oben für die Anlagenbediener beschrieben wurde. Zusätzlich werden alle Projektpartner und Projektpartnerinnen sicherstellen, dass geeignete Schritte unternommen werden, insbesondere durch die beteiligten Berufsbildungszentren, um dies in ihre eigenen Ausbildungsaktivitäten zu integrieren.

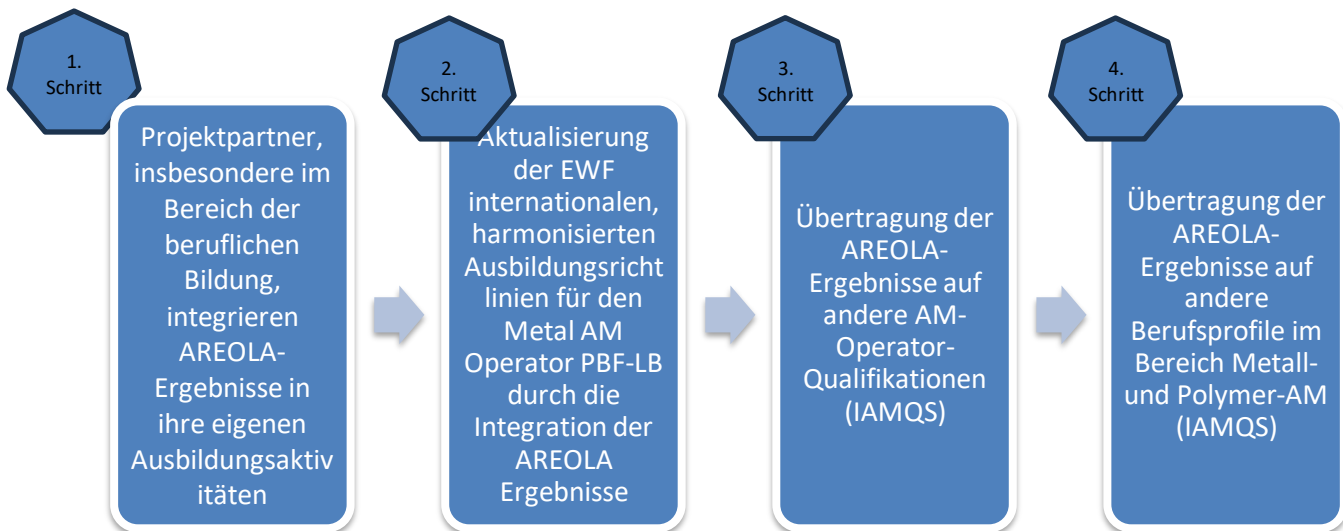


Abbildung 6: Beschreibung des Prozesses der Übertragbarkeit des AREOLA-Know-hows auf andere Qualifikationen

Insgesamt werden die Ergebnisse des AREOLA-Projekts erhebliche Auswirkungen auf das gesamte System haben, sowohl für die Auszubildenden, die Zugang zu einer innovativen Online-Qualitätsausbildung in einem aufstrebenden Sektor haben werden, als auch für die Berufsbildungsanbieter, die Zugang zu innovativen, attraktiven Ausbildungsinstrumenten haben werden, was die Gesamtqualität der AM stark

beeinflussen wird. Daher soll sichergestellt werden, dass die AREOLA-Ausbildungsmaterialien und -instrumente in das IAMQS eingebettet und weithin genutzt werden, sodass sie Teil der qualifikationsunterstützenden Dokumente und Instrumente werden, die im gesamten europäischen AM-Netzwerk von Berufsbildungsanbietern weit verbreitet sind.

Darüber hinaus wird sich das AREOLA-Konsortium an die europäischen Stakeholder im Bereich der Berufsbildung wenden, insbesondere an den Europäischen Verband der Berufsbildungsinstitute (EVBB), den Europäischen Verband für Erwachsenenbildung (EAEA) und das Europäische Forum für Berufsbildung (EfVET), mit denen die Partner und Partnerinnen bereits gute Arbeitsbeziehungen unterhalten, um sicherzustellen, dass sie mit den AREOLA-Projektergebnissen und ihrem Umsetzungspotenzial vertraut gemacht werden.

## 5. Schlussfolgerungen

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass dieser Bericht eine wichtige Ressource zur Förderung der europäischen Ausbildung in der Additiven Fertigung (AM) darstellt, indem er innovative Blended-Learning-Methoden fördert, die mit den Anforderungen des IAMQS übereinstimmen. Er bietet eine umfassende Untersuchung der Blended-Learning-Methodik und hebt ihre Lehrmethoden und ihren Wert für die Ausbildung hervor. Darüber hinaus befasst sich der Bericht mit den Zielen und der Umsetzung des AREOLA-Projekts im Rahmen des IAMQS und stellt die maßgeschneiderten theoretischen Materialien und virtuellen Schulungsinstrumente vor, die sich an PBF-LB-Anlagenbedienende in der Luft- und Raumfahrtindustrie richten. Die stufenweise Umsetzung des Projekts, die theoretische und praktische Pilotprojekte unter Verwendung von xR-Tools umfasst, unterstreicht das Engagement für die Steigerung der Attraktivität der beruflichen Bildung. Anhand der aus den Pilotaktivitäten gewonnenen Erkenntnisse werden Schlüsselempfehlungen gegeben, die den Weg für eine nachhaltige Übertragung der AREOLA-Ergebnisse auf andere Qualifikationen ebnen. Dieser schrittweise Ansatz gewährleistet die nachhaltige Wirkung und das Vermächtnis des AREOLA-Projekts bei der Gestaltung der Zukunft der AM-Ausbildung in Europa.

## Anhang

Bewertungsmatrix: Anwendbarkeit von Blended-Learning-Methoden auf das Berufsprofil "Metal Additive Manufacturing Operator Powder Bed Fusion - Laser Beam" (PFB-LB Anlagenbediener für Metalle) (International Additive Manufacturing Qualification System).

Im Folgenden wird eine umfassende Bewertung der Anwendbarkeit von Blended-Learning-(BL)-Methoden auf die Kompetenzeinheiten des Berufsprofils "Metal Additive Manufacturing Operator Powder Bed Fusion - Laser Beam" gemäß der Definition des International Additive Manufacturing Qualification System (IAQMS) vorgestellt.

CU 00: Überblick über additive Fertigungsprozesse						
Fertigkeiten	Können diese von einem BL-Ansatz profitieren?					Kommentare
1. Unterscheidung von Teilen, die mit verschiedenen AM-Verfahren hergestellt wurden	1	2	<b>3</b>	4	5	Die Unterschiede zwischen (realen) Teilen, die mit verschiedenen Technologien hergestellt wurden, mögen auf den ersten Blick sichtbar sein, aber in vielen Fällen sind sie sehr subtil. Merkmale wie Rauheit, Texturen, Fertigungsspuren usw. lassen sich nur schwer über hochwertige Fotos/Videos vermitteln. Im Rahmen eines Blended-Learning-Konzepts besteht jedoch die Möglichkeit, dass ein Auszubildender aus der Ferne einen Mustersatz von Teilen vor die Kamera hält und verschiedene Kommentare dazu abgibt.
2. Angabe von Vorteilen und Grenzen von AM-Prozessen aus der Sicht der Fertigungsprozesskette	1	2	3	4	<b>5</b>	Die Diskussion über die Vorteile und Grenzen von AM-Technologien (im Allgemeinen und im Besonderen) ist im Wesentlichen theoretisch.
3. Benennung der Anwendbarkeit verschiedener AM-Prozesse, entsprechend den Merkmalen jedes Prozesses	1	2	3	4	<b>5</b>	Die Erforschung der Anwendbarkeit verschiedener AM-Technologien ist in erster Linie theoretisch.
Empfehlungen zu BL für diese CU						
CU00 ist eine sehr theoretische Kompetenzeinheit, die darauf abzielt, einen Überblick über das Konzept der Additiven Fertigung, die Anwendbarkeit, Vor- und Nachteile zu geben und gleichzeitig die verschiedenen Technologien vorzustellen, mit denen dieses Fertigungskonzept umgesetzt werden kann. In dieser Hinsicht kann die Präsentation der Inhalte effektiv im Rahmen von Fernunterrichtsmodellen durchgeführt werden. Der "schwächste Punkt" liegt zweifellos in der Veranschaulichung und Unterscheidung von Teilen, die mit verschiedenen AM-Technologien hergestellt wurden. Diese Schwachstelle kann jedoch teilweise behoben werden, wenn der oder die Fernauszubildende den Schülern und Schülerinnen über eine Kamera und Streaming reale Teile zeigen kann, während						

er oder sie die besonderen Merkmale der einzelnen Technologien bespricht. Es ist jedoch wichtig zu beachten, dass die Studierenden die feinsten Unterschiede möglicherweise nur dann erkennen können, wenn sie die realen Teile anfassen, um alle Nuancen zu verstehen. Einige Details (Rauheit, Markierungen, Schichtdifferenzierung usw.) können durch eine Fernschulung möglicherweise nicht wahrgenommen werden.

CU 15: PBF-LB-Prozess						
Fertigkeiten	Können diese von einem BL-Ansatz profitieren?					Kommentare
1. Beschreibung von PBF-LB-Systemen, einschließlich der Komponenten und ihrer Funktionen	1	2	3	<b>4</b>	5	Eine PBF-LB-Anlage ist eine Maschine von gewisser Komplexität, mit einer großen Anzahl von Elementen und Untersystemen, so dass ein theoretischer Ansatz zwar möglich ist, der Vorteil des Zugangs zu einer realen Maschine jedoch unbestreitbar ist. Die Möglichkeit, ein virtuelles Modell einer Maschine zu erstellen, das vom Schüler oder von der Schülerin gesteuert werden kann (z. B. ein Rundgang, der das Öffnen und Schließen verschiedener Module, die Betrachtung bestimmter Grundelemente usw. ermöglicht), kann jedoch einen guten Ersatz für die reale Maschine darstellen.
2. Erkennen der Merkmale der PBF-LB-Bauplatzform, des Ausgangsmaterials und anderer Verbrauchsmaterialien	1	2	<b>3</b>	4	5	Es ist durchaus möglich, durch theoretische Ansätze ein recht umfassendes Verständnis der von der Maschine verwendeten Verbrauchsmaterialien und allgemeinen Richtlinien für deren Handhabung zu erhalten. Die Wahrnehmung von Risiken und die spezifischen Aspekte ihrer Handhabung können jedoch einen Ansatz erfordern, der eine praktische Komponente beinhaltet.
3. Erkennen der PBF-LB-Parameter und des Einflusses ihrer Anpassung auf das Bauteil	1	2	<b>3</b>	4	5	Das Verständnis von Konzepten im Zusammenhang mit Prozessparametern kann durch einen theoretischen Ansatz erreicht werden. Die Bewertung der Auswirkungen verschiedener Parameter kann jedoch die Beobachtung der Art und Weise



						erfordern, wie die Maschine diese Parameter anwendet (z. B. Applikationsmuster und Permutation des Laserpfads zwischen den Schichten) oder welche Auswirkungen sie auf die Teile haben (Oberflächen, Defekte usw.). Diese Details lassen sich nur schwer in einer virtuellen Umgebung nachbilden oder ohne physische Teile beurteilen.
4. Erkennen der Wechselwirkung zwischen der Prozesswärmequelle und dem Einsatzmaterial	1	2	<b>3</b>	4	5	Siehe Fertigkeit 4 (die Bemerkung zu dieser Kompetenz wird als zutreffend betrachtet).
5. Ermittlung der Probleme im Zusammenhang mit der unzureichenden Vorbereitung und Einrichtung der Bauplattform, der Handhabung und Lagerung von Rohstoffen und der Anwendung der im PBF-LB Prozess verwendeten Gase	1	2	<b>3</b>	4	5	Siehe Fertigkeit 2 (die Bemerkung zu dieser Kompetenz wird als zutreffend betrachtet).
Empfehlungen zu BL für diese CU						
<p>Die Kompetenzeinheit 15 hat eine bedeutende theoretische Komponente, wenn man bedenkt, dass der Erwerb jeder ihrer Fähigkeiten eine Wissensgrundlage erfordert, die perfekt theoretisch erworben werden kann. Innerhalb dieser Kompetenzeinheit gibt es jedoch mehrere Aspekte, bei denen die Möglichkeit, verschiedene Elemente physisch zu bedienen, reale Orte und Werkzeuge zu beobachten, gefertigte Teile zu untersuchen, um die Auswirkungen von Parametern zu überprüfen, usw., eine physische Anwesenheit empfehlen könnte. Die Verfügbarkeit eines umfassenden Maschinenmodells für die virtuelle Interaktion (wie in den Kommentaren zu Fertigkeit 1 beschrieben) wäre in jedem Fall eine grundlegende Unterstützung, um sich mit den physischen Eigenschaften der Maschine und ihrer Zusatzelemente vertraut zu machen.</p>						

CU 16: Qualitätssicherung (QS) für PBF-LB Prozesse						
Fertigkeiten	Können diese von einem BL-Ansatz profitieren?					Kommentare
1. Erkennen des breiteren Einsatzes von QS in der Technik	1	2	3	4	<b>5</b>	Es handelt sich um eine vorwiegend theoretische Kompetenzeinheit, die vollständig mit digitalen Mitteln erworben werden kann.
2. Erkennen des Anwendungsbereichs der PBF-LB-Bedienerqualifikation innerhalb der AM-Industrie	1	2	3	4	<b>5</b>	Es handelt sich um eine vorwiegend theoretische Kompetenzeinheit, die vollständig mit digitalen Mitteln erworben werden kann.
3. Unterstützung der Qualifizierungs- und Requalifizierungsverfahren für PBF-LB-Ausrüstung	1	2	3	<b>4</b>	5	Diese Kompetenzeinheit ist sehr theoretisch, obwohl eine direkte Visualisierung der Ausrüstung und der Einrichtungen relevant sein kann, um die damit verbundenen

						Prozesse und Konzepte zu verinnerlichen.
4. Identifizierung der wichtigsten Verfahren, Ausrüstungen und ihrer Bedeutung	1	2	3	<b>4</b>	5	Siehe Fertigkeit 4 (die Bemerkung zu dieser Kompetenz wird als zutreffend betrachtet).
5. Erstellung von Prüfberichten auf der Grundlage der vom Hersteller festgelegten Anforderungen	1	2	3	4	<b>5</b>	Obwohl die Einheit eine praktische Komponente hat, ist diese hauptsächlich dokumentarisch, so dass sie vollständig mit digitalen Mitteln erworben werden kann.
6. Lesen eines Fertigungsplans	1	2	3	4	<b>5</b>	Diese Kompetenz ist sehr theoretisch, auch wenn die direkte Visualisierung der Geräte und Anlagen für die Verinnerlichung der entsprechenden Prozesse und Konzepte von Bedeutung sein kann.
7. Vergleich der in den technischen Zeichnungen angegebenen Geometrie und Abmessungen mit den gefertigten Teilen	1	<b>2</b>	3	4	5	Die Interpretation einer technischen Zeichnung hat einen eindeutig theoretischen Aspekt, der Vergleich mit realen Teilen ist jedoch überwiegend praktisch. Dies kann insbesondere nicht durch digitale Lehrmittel ersetzt werden.
8. Verwendung einfacher Messgeräte und -techniken zur Durchführung einer grundlegenden Sichtprüfung des Bauteils im eingebauten Zustand	<b>1</b>	2	3	4	5	Die Messung eines Teils erfordert in jedem Fall eine physische Handhabung.
9. Erkennen von Problemen in den gefertigten Teilen und Unterscheidung zwischen Unvollkommenheiten und Defekten	1	<b>2</b>	3	4	5	Selbst wenn der oder die Fernauszubildende über eine Reihe von Teilen verfügt, die er oder sie vor der Kamera präsentieren kann, können verschiedene Probleme auftreten. Die Entwicklung rein digitaler Inhalte, die alle möglichen Mängel realistisch wiedergeben, ist komplex.
10. Meldung von Mängeln mit der Empfehlung, diese entweder durch Nachbearbeitungsmaßnahmen zu beseitigen, eine weitere Prüfung durchzuführen oder das Teil zu entsorgen	1	2	<b>3</b>	<b>4</b>	5	Auch wenn die Darstellung aller Defekte eine Präsenzschiulung empfehlen könnte, kann die Wissensbasis für die Reparatur oder Behebung von Defekten und Mängeln auch theoretisch vermittelt werden, was mit einem Blended-Learning-Ansatz gut vereinbar ist.

Empfehlungen zu BL für diese CU

Im Allgemeinen ist die Qualitätssicherung ein Wissensgebiet mit einer starken theoretischen Komponente, in dem grundlegende Konzepte und Methoden vollständig durch digitale Inhalte erworben werden können. Einige spezifische Fähigkeiten erfordern eindeutig einen praktischen Ansatz (z. B. alle Messvorgänge), während andere auch von der Möglichkeit profitieren können, reale Teile "anzufassen" und zu überprüfen.

**CU 17: Gesundheit, Sicherheit und Umwelt (HSE) in der PBF-LB**

Fertigkeiten	Können diese von einem BL-Ansatz profitieren?					Kommentare
	1	2	3	4	5	
1. Identifizierung der Hauptgefahren und Sicherheitsmaßnahmen im Zusammenhang mit PBF-LB-Systemen	1	2	3	<b>4</b>	5	Aus der Perspektive der ausschließlichen Identifizierung kann diese Fähigkeit zu 100 % theoretisch erworben werden und kann auch stark von der Verwendung bearbeitbarer 3D-Modelle profitieren, anhand derer bestimmte Risiken (elektrisch, Handhabung usw.) identifiziert werden können. Die Fähigkeit, Risiken im Zusammenhang mit der Handhabung von pulverförmigen Partikeln oder schweren Elementen zu erkennen, hängt jedoch von der vorherigen Erfahrung des Schülers bzw. der Schülerin mit diesen ab, so dass eine praktische/ gegenwärtige Erfahrung möglicherweise notwendig ist.

Empfehlungen zu BL für diese CU

Die wichtigsten Konzepte und Informationen dieser Kompetenzeinheit können durch nicht-gegenwärtige Aktivitäten erworben werden, die Wahrnehmung des "realen Risikos" und das Erlernen der Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung sind jedoch sehr komplizierter zu ersetzen. Selbst wenn sie digitalisiert/ virtualisiert werden könnten, können die tatsächlichen Abläufe und Empfindungen der PSA am Körper nicht nachgebildet werden.

**CU 18: Aufbau von Hardware, Software und Baujobdateien für PBF-LB**

Fertigkeiten	Können diese von einem BL-Ansatz profitieren?					Kommentare
	1	2	3	4	5	
1. Vorbereitung der Maschine gemäß der Spezifikation des AM-Verfahrens für den Betrieb	1	2	3	<b>4</b>	5	Die grundlegenden Aspekte der Einrichtung einer Maschine für den Betrieb können durch digitale Medien beschrieben und nachgebildet werden, und es können sogar virtuelle Umgebungen geschaffen werden,

						in denen der/ die Lernende verschiedene grundlegende Vorgänge durchlaufen muss. In diesem Sinne ist es zweifellos komplex oder unmöglich, alle Details oder Empfindungen nachzubilden, aber der Wert als Instrument zur Verinnerlichung des Prozesses vor dem Einsatz einer echten Maschine ist eindeutig zu erkennen.
2. Vorbereitung des Ausgangsmaterials, der Bauplattform und der Maschine entsprechend des verwendeten Materials	1	<b>2</b>	3	4	5	Der Einsatz digitaler Medien (selbst bei der Rekonstruktion mit virtuellen Mitteln) stößt an praktische Grenzen, wenn ein hoher Handhabungsanteil erforderlich ist, insbesondere bei Vorgängen, die mit der Bewegung großer Gewichte verbunden sind.
3. Überprüfung, ob die PBF-LB-Maschine mit den Spezifikationen des Maschinenherstellers und/ oder den internen Spezifikationen übereinstimmt	1	2	3	<b>4</b>	5	Diese Fähigkeit bedeutet, dass der/ die Auszubildende die Checkliste kennt, anhand derer er/ sie feststellen kann, ob eine Maschine betriebsbereit ist oder unter geeigneten Bedingungen innerhalb ihres Betriebsbereichs arbeitet. Es handelt sich um eine Fähigkeit, die vor allem auf theoretischem Wege erworben werden kann, wobei zu bedenken ist, dass die Überprüfung selbst die Möglichkeit erfordert, irgendwann einmal reale Geräte zu benutzen.
4. Laden von Dateien auf PBF-LB-Maschinen	1	2	3	4	<b>5</b>	Die Bearbeitung und das Laden von Dateien ist ein Vorgang, der durch Software ausgeführt wird, sodass die Konzepte und die damit verbundene Mechanik durch digitale Mittel erworben werden können.
5. Überprüfen, ob die PBF-LB-Maschinen in Bezug auf die Prozessparameter gemäß der Auftragspezifikation arbeiten	1	2	3	<b>4</b>	5	Siehe Fertigkeit 3 (die Bemerkung zu dieser Kompetenz wird als zutreffend betrachtet).
6. Einhaltung der HSE-Verfahren im Zusammenhang mit PBF-LB-Maschinen	1	<b>2</b>	3	4	5	Die Verwendung und Handhabung von persönlicher Schutzausrüstung hat eine theoretische Komponente (zumindest was die Definition der erforderlichen PSA betrifft), aber

						die richtige Verwendung ist ein Aspekt, der ohne praktischen Unterricht schwer zu vermitteln ist.
7. Interpretation von technischen Informationen über das PBF-LB-Verfahren und die Maschinen	1	2	3	<b>4</b>	5	Die Fähigkeit zu beobachten, wie eine PBF-LB-Maschine Echtzeitinformationen erzeugt, ist interessant, aber die meisten Informationen und Dokumentationen erfordern eine durchdachte Analyse. Daher hat diese Fähigkeit eine hohe theoretische Komponente und kann sehr gut an einen rein digitalen Ausbildungsansatz angepasst werden.
Empfehlungen zu BL für diese CU						
<p>Mehrere Aspekte des Umgangs mit oder der Interpretation von Informationen, die von einer PBF-LB-Maschine generiert werden, beinhalten eine hohe Softwarekomponente oder erfordern Kenntnisse und Verständnis von theoretischen Inhalten, sodass sie vollständig auf eine digitale Ausbildungsumgebung übertragbar sind. Andererseits gibt es in dieser Kompetenzeinheit eine sehr offensichtliche manuelle Komponente, die bis zu einem gewissen Grad mit digitalen Mitteln nachgebildet werden kann. Letztlich erfordert sie die Anwesenheit des Schülers/ der Schülerin in der Umgebung der Maschine, bei der Handhabung ihrer Zubehörelemente und bei der zugehörigen PSA.</p>						

CU 19: Überwachung und Steuerung der Herstellung von PBF-LB-Teilen						
Fertigkeiten	Können diese von einem BL-Ansatz profitieren?					Kommentare
Einfüllen von Pulver unter Beachtung der vorgeschriebenen Sicherheitsverfahren	1	<b>2</b>	3	4	5	Die Durchführung dieser Tätigkeit erfordert ein theoretisches Verständnis der Verfahren und Sicherheitsmaßnahmen, lässt sich aber (aufgrund der Beschaffenheit des Materials) nur schwer mit digitalen Medien simulieren.
Anwendung von HSE-Verfahren bei der Herstellung von Teilen	1	2	<b>3</b>	4	5	Die Umsetzung von Sicherheits- und Gesundheitsschutzmaßnahmen ist breit gefächert und reicht von allgemeinen Maßnahmen wie Belüftung, Klimatisierung usw. bis hin zur Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung für nahezu den gesamten Körper. Die theoretischen Aspekte dieses Wissens können mit Hilfe digitaler Mittel erworben werden, aber die praktische Anwendung vieler

						dieser Maßnahmen erfordert praktische Übung.
Auslegung der technischen Dokumentation in Bezug auf die Anforderungen an die fertigen Teile	1	2	3	4	<b>5</b>	Die mit den Teilen verbundenen Anforderungen können unterschiedlich sein, was zu einer Dokumentation von Messungen, Tests, Versuchen usw. führt. Diese Konzepte können durch digitale Inhalte erfasst werden.
Identifizierung der Hauptgründe für Fehler während des Herstellungsprozesses	1	2	3	<b>4</b>	5	Die meisten Ereignisse, die auf eine Störung hindeuten, können anhand von visuellen Kontrollen oder den von der Anlage erzeugten Daten interpretiert werden, so dass es sehr gut möglich ist, Listen und Beschreibungen der häufigsten Probleme und deren Erkennung zu erstellen. Einige der Probleme/ Defekte werden vielleicht deutlicher, wenn man sie an einer realen Maschine visualisiert und den Prozess (oder seine Daten) über einen bestimmten Zeitraum beobachtet.
Erstellung von Berichten über den Herstellungsprozess, einschließlich festgestellter Probleme	1	2	3	4	<b>5</b>	Dabei handelt es sich um eine Fähigkeit, die in erster Linie theoretisch und dokumentenbasiert ist und daher durch digitale Inhalte erworben werden kann.
Empfehlungen zu BL für diese CU						
Es ist unerwartet, aber auch die Überwachung und das Management eines additiven Fertigungsprozesses erfordern den Erwerb einer gewissen Menge an Wissen, wobei die wichtigsten Aspekte theoretischer Natur sind. Daher kann ein großer Teil dieser Fähigkeiten zumindest teilweise durch digitale Inhalte erworben werden. In jedem Fall ist zu bedenken, dass all jene Aufgaben, die mit manuellen Eingriffen oder dem intensiven Gebrauch von persönlicher Schutzausrüstung verbunden sind, nicht vollständig durch digitale Inhalte ersetzt werden können. Dies liegt daran, dass sie Vorgänge, Details oder sogar Empfindungen beinhalten, die ohne eine direkte praktische Erfahrung nicht wahrgenommen werden können.						

CU 20: Nachbearbeitung von PBF-LB-Teilen						
Fertigkeiten	Können diese von einem BL-Ansatz profitieren?					Kommentare
1. Entfernung/ Ausbau der eingebauten Teile und Grundplatten von/ aus der Maschine unter Anwendung der erforderlichen HSE-Verfahren	1	<b>2</b>	3	4	5	Die grundlegenden Abläufe können durch einen theoretischen oder virtuellen Ansatz verstanden werden. Die Reinigung von Pulvern oder die Wahrnehmung

						des Gewichts von Teilen und Grundplatten (obwohl die Handhabung mit einem Gabelstapler übertragbar sein könnte) ist jedoch schwer zu reproduzieren.
2. Einfache manuelle Vorbereitung des Bauteils für verschiedene Nachbearbeitungsmethoden	1	<b>2</b>	3	4	5	Der grundlegende Vorgang ist durch einen theoretischen oder virtuellen Ansatz verständlich, aber die Ausführung des Vorgangs selbst ist ohne die Verwendung von realen Teilen komplex.
3. Entfernung des Pulvers aus dem Pulverbett und von den Teilen unter Beachtung der vorgeschriebenen Sicherheitsmaßnahmen	1	<b>2</b>	3	4	5	Siehe Fertigkeit 1 (die Bemerkung zu dieser Kompetenz wird als zutreffend betrachtet).
4. Trennung der fertigen Teile von den Grundplatten und Abgrenzung der Grundplatte von dem Teil auf der Grundlage der technischen Zeichnung und den Spezifikationen mit einfachen manuellen Verfahren	1	<b>2</b>	3	4	5	Siehe Fertigkeit 2 (die Bemerkung zu dieser Kompetenz wird als zutreffend betrachtet).
Empfehlungen zu BL für diese CU						
Kenntnisse über Nachbearbeitungstechniken, die auf Teile anwendbar sind, die mit der PBF-LB-Technologie hergestellt wurden, können theoretisch (und daher mit digitalen Mitteln) erworben werden. Die tatsächliche Ausführung dieser Vorgänge kann jedoch derzeit nicht ohne weiteres digitalisiert oder virtualisiert werden, sodass eine physische Anwesenheit erforderlich ist, um die Fähigkeiten vollständig zu erwerben.						

CU 48: Handhabung von Pulver						
Fertigkeiten	Können diese von einem BL-Ansatz profitieren?					Kommentare
1. Vollständige technische Dokumentation über Pulver für Metall-AM	1	2	3	4	<b>5</b>	Die Dokumentation und Rückverfolgbarkeit von Pulver ist ein recht komplexer Prozess. Es handelt sich jedoch um ein sehr theoretisches Wissen, das vollständig digital übertragen werden kann.
2. Charakterisierung von Pulvern gemäß den Anweisungen des/ der Ingenieurs/in	1	2	<b>3</b>	4	5	Es ist möglich, ein grundlegendes Verständnis der Charakterisierungsprozesse zu erwerben, aber ihre Anwendung und das Management der generierten Informationen erfordern trotz der theoretischen Komponente praktische Erfahrung.

3. Sicherstellung der Pulverkonditionierung gemäß der AM-Verfahrensspezifikation	1	2	<b>3</b>	4	5	Siehe Fertigkeit 3 (die Bemerkung zu dieser Kompetenz wird als zutreffend betrachtet).
4. Kontrolle der Wiederverwendbarkeit von Pulvern	1	2	<b>3</b>	4	5	Die Wiederverwendbarkeit von Pulvern steht in engem Zusammenhang mit ihren Behandlungs-, Charakterisierungs- und Konditionierungsverfahren, sodass die in den Fertigkeiten 2 und 3 enthaltenen Bemerkungen auch hier anwendbar sind.
5. Handhabung von Pulvern gemäß den HSE-Verfahren	1	2	<b>3</b>	4	5	Die sichere Handhabung von Pulvern beruht auf theoretischen Kenntnissen über Risiken und Sicherheitsmaßnahmen, deren Anwendung jedoch kaum durch digitale oder virtuelle Mittel ersetzt werden kann.
Empfehlungen zu BL für diese CU						
Die Kompetenzeinheit für die Handhabung von Partikeln in Pulverform ermöglicht einen umfassenden theoretischen Wissenserwerb mit ausschließlich digitalen Mitteln. In Anbetracht der Art der Handhabungs- und Charakterisierungsprozesse ist es jedoch ratsam, eine praktische Komponente in die Ausbildung aufzunehmen.						

CU 49: Charakterisierung des Laserstrahls						
Fertigkeiten	Können diese von einem BL-Ansatz profitieren?					Kommentare
Sichere Durchführung von Leistungsmessungen einschließlich Leistungsstabilität	1	2	3	<b>4</b>	5	Die Verfahren zur Überprüfung der Leistung und der Laserkalibrierung können theoretisch und bis zu einem gewissen Grad auch virtuell erlernt werden, obwohl bestimmte Verifizierungssysteme (z. B. EOS SMARTCAL) den Einsatz zusätzlicher Hardware erfordern. Daher kann es notwendig sein, das vollständige Verständnis ihrer Verwendung und Anwendung durch direkte praktische Erfahrung zu erlangen.
Sichere Durchführung der Strahlprofilmessung in verschiedenen Bereichen der Bauplattform	1	2	3	<b>4</b>	5	Siehe Fertigkeit 1 (die Bemerkung zu dieser Kompetenz wird als zutreffend betrachtet).
Verwendung anderer Messgeräte zur Bestimmung anderer Eigenschaften des Laserstrahls	1	2	3	<b>4</b>	5	Siehe Fertigkeit 1 (die Bemerkung zu dieser Kompetenz wird als zutreffend betrachtet).



Durchführung von Messungen gemäß den bestehenden Normen und/ oder internen Spezifikationen	1	2	3	<b>4</b>	5	Siehe Fertigkeit 1 (die Bemerkung zu dieser Kompetenz wird als zutreffend betrachtet).
Empfehlungen zu BL für diese CU						
Es ist möglich, die meisten oder einen großen Teil der theoretischen Kenntnisse, die für Lasercharakterisierungsaufgaben erforderlich sind, mit digitalen Mitteln zu erwerben. Bei der praktischen Anwendung bestimmter Verfahren oder Methoden kann es jedoch ratsam sein, eine praktische Ausbildung zu erhalten.						