

| A VET centre 4.0: Action Plan draft

1/3



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.



Akronyme und Abkürzungen

AR	Erweiterte Realität
AM	Fortschrittliche Fertigung
AI	Künstliche Intelligenz
AFM	Spanischer Verband der Werkzeugmaschinenhersteller
CEDEFOP	Europäisches Zentrum für die Förderung der Berufsbildung
CLF	Fabrik für kooperatives Lernen
CPS	Cyber-physikalisches System
CoVE	Zentrum für berufliche Spitzenleistungen
DESI	Index für digitale Wirtschaft und Gesellschaft
DHBW	Duale Hochschule Baden Württemberg
EACEA	Exekutivagentur Bildung, Audiovisuelles und Kultur
EAFA	Europäische Allianz für Lehrlingsausbildung
ECTS	Europäisches System zur Übertragung und Akkumulierung von Studienleistungen
ERP	Unternehmensressourcenplanung
EXAM 4.0	Ausgezeichnete fortschrittliche Fertigung 4.0
EQR	Europäischer Qualifikationsrahmen
I4.0	Industrie 4.0
IoT	Internet der Dinge
IIoT	Industrielles Internet der Dinge
HVET	Höhere berufliche Bildung und Ausbildung
KET	Wichtige Schlüsseltechnologien
KPI	Leistungsindikator
LF	Lernende Fabrik
LLL	Lebenslanges Lernen
M2M	Maschine-zu-Maschine
OECD	Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung
OMR	Optische Erkennung von Markierungen
PHE	Professionelle Hochschulbildung
PLM	Produktlebenszyklus-Management
RFID	Radiofrequenz-Identifikation
ROC	Regionales Beschäftigungszentrum
SAT	Selbstbewertungsinstrument
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
VET	Berufliche Bildung und Ausbildung
VR	Virtuelle Realität
WBL	Arbeitsbezogenes Lernen
WP	Arbeitspaket



Inhalt

1. Zusammenfassung	4
2. Einführung.....	5
3. Leitfaden für die Umsetzung von Initiativen im Zusammenhang mit Industrie 4.0	7
3.1. Ausarbeitung von Plänen und Vorschlägen für das Berufsbildungszentrum 4.0.....	7
3.2. Verstehen der Ziele des Strategieplans.....	8
3.3. Sich der aktuellen Situation bewusst sein (Diagnose)	9
3.4. Definition der zukünftigen Situation, ehrgeizig aber erreichbar (Zielzustand).....	13
3.5. Einen Fahrplan erstellen	15
3.6. Aktionsplan, Quick Wins	16
3.7. Bewertung der Auswirkungen der Maßnahmen des Fahrplans und Berechnung des ROI	18
3.8. Skalierung von Lösungen innerhalb der Organisation und Suche nach neuen Möglichkeiten.....	19
4. Stakeholder-Perspektive.....	19
5. BERUFSBILDUNG 4.0.....	22
5.1. Berufsbildungssysteme im Vergleich zu akademischen Hochschuleinrichtungen.	24
5.2. VET 4.0 - Spanien.....	24
5.3. VET 4.0 - Deutschland	27
5.4. VET 4.0 - Niederlande.....	28
5.5. VET 4.0 - Schweden	30
5.6. Politikempfehlungen.....	31
6. Entwurfspläne Vorschlag für das Berufsbildungszentrum 4.0	32
6.1. Zusammenarbeit mit Micro-Credentialing.....	32
6.2. Plattform für die Zusammenarbeit zwischen CoVEs in der fortgeschrittenen Fertigung.....	33
6.3. Modell der Lernfabrik.....	35
6.4. Lernfabriken in der Berufsbildung/HVET.....	36
6.5. Vorbereitung auf I 4.0: Das Beispiel einer Lernfabrik in einer berufsbildenden Schule (Land Baden-Württemberg, Deutschland).....	38
6.6. EXAM 4.0 Kollaborative Lernfabrik.....	39
6.6.1. Definition und Ziele der Collaborative Learning Factory.....	39
6.6.2. Prozess der Erstellung eines CLF.....	40
6.6.3. Im Rahmen des CLF eingeführte I4.0-Technologie-Enabler	43



6.6.4.	Didaktik des CLF.....	44
6.6.5.	EXAM 4.0 Anwendungen	46
6.7.	Politikempfehlungen.....	47
7.	Referenzen	47

DISCLAIMER: Dieses Projekt wurde mit Unterstützung der Europäischen Kommission finanziert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung trägt allein der Verfasser; die Kommission haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

1. Abstrakt

Der folgende Bericht geht von der Beobachtung aus, dass die Digitalisierung in der Arbeitswelt einerseits Veränderungsprozesse auslöst, die zu Verschiebungen und neuen Konstellationen in den benötigten Qualifikationen und der institutionellen / fakultativen Entwicklung führen. Die Forschung zeigt jedoch einen Mangel an Klarheit und Spezifität in den Aussagen über mögliche Qualifikationsbedarfe, die sich aus Industrie 4.0 ergeben. Es besteht ein allgemeiner Konsens darüber, dass die Anforderungen aufgrund der Konvergenz zwischen mechanischen, elektronischen, softwarebasierten Komponenten oder Systemen steigen (Ahrens & Spöttl, 2018) .

Für die Neuordnung der I4.0-Berufe sowie die Anpassung der Curricula sind arbeitsprozessorientierte Ansätze und die Nähe zur Arbeitswelt bei der Gestaltung der Berufsbilder erforderlich.

Andererseits hängen die Auswirkungen der Digitalisierung auf die Qualifikationsanforderungen von den durch die Arbeitswelt definierten Qualifikationsanforderungen ab. Es besteht ein breiter Konsens darüber, dass sich Berufe und Tätigkeiten unter den Herausforderungen der Digitalisierung verändern werden, aber sicherlich weiterhin den grundlegenden Qualifikationsrahmen für Tätigkeiten in der digitalisierten Industrie bestimmen werden. Die technologischen Entwicklungen im Zuge von Industrie 4.0 machen deutlich, dass die Digitalisierung an bestehende Konzepte anknüpft, z.B. in der Fertigungstechnik, der Produktionslogistik oder der Unternehmenskommunikation. Damit einher geht die verbreitete Einschätzung, dass es sich bei der Digitalisierung eher um einen evolutionären als um einen revolutionären Wandel der industriellen Organisation handelt.

Dabei ist der wichtigste Bestandteil der beruflichen Bildung von Ingenieuren und Technikern nach wie vor in den traditionellen Ingenieurwissenschaften verankert, mit dem Ziel, ingenieurwissenschaftliche Grundlagen und Methoden zu vermitteln. Die Ergänzung oder Überarbeitung der traditionellen Lehrpläne wird weitgehend als geeignetes Mittel angesehen, um den aus der Digitalisierung resultierenden curricularen Anforderungen gerecht zu werden.



2. Einführung

Heutzutage wird der Begriff 4.0 überall verwendet: Gesellschaft 4.0, Wirtschaft 4.0, Industrie 4.0, Technologie 4.0, Arbeit 4.0, Schule 4.0, Qualifizierung 4.0, Landwirtschaft 4.0, Berufsbildung 4.0, etc. (Hamilton Ortiz, 2020) .

Auf europäischer Ebene trägt EXAM 4.0 durch einen kontinuierlichen Informationsaustausch zwischen Wissenschaft, Politik und Praxis zur Umsetzung der digitalen Agenda bei.

Industrie 4.0 (I4.0) stellt die traditionellen Grenzen von Disziplinen, Wissen und Kompetenzbereichen in Frage, die für die Identifizierung und Definition der Grenzen von Qualifikationen wichtig sind. So erfordert beispielsweise der Einsatz von Sensoren und Aktoren im Rahmen der Vernetzung von kybernetisch-physikalischen Systemen (CPS) interdisziplinäre individuelle und kollektive Kompetenzen, die Kenntnisse und Fähigkeiten aus den Bereichen Maschinenbau, Elektronik und Informations- und Kommunikationstechnologien integrieren (Bruhn & Hadwich, 2017) . Da sich die digitale Innovation auf die Fertigungsprozesse und die Arbeitsorganisation auswirkt, wird sie sich auch auf unterschiedliche Qualifikationsprofile auswirken.

Die digitale Steuerung der physischen Infrastruktur führt auch zu intelligenten, effektiven und effizienten digitalen Arbeitssystemen, mit denen sich die Produktionsergebnisse steigern und die Produktionskosten minimieren lassen. Sie können auch dazu beitragen, ein höheres Maß an Wohlbefinden zu erreichen und nachhaltiger zu werden. Diese Veränderungen wirken sich auf Schlüsselqualifikationen wie Kommunikation, interdisziplinäres Prozessmanagement und Verantwortung oder die Nutzung und Generierung von Informationen noch stärker aus als die Veränderungen der technologischen Qualifikationen.

Besonderes Augenmerk wird auf die Vernetzungspotenziale zwischen Menschen und zwischen Menschen und Maschinen gelegt. Es werden gut ausgebildete Mitarbeiter benötigt, die in der Lage sind, Arbeitsprozesse aktiv zu gestalten, sie kontinuierlich zu optimieren und Entwicklungen im Unternehmen bewusst zu reflektieren. Sie müssen über umfassende Kenntnisse z.B. im Projektmanagement, Lean Management oder Total Quality Management verfügen und die entsprechenden Methoden anwenden können. Weitere relevante Themen sind Softwareorientierung, technische Netzwerke, CP-Systeme und deren Einbettung in Prozesse. Darüber hinaus gewinnen soziale Kompetenzen wie Kooperation und Kommunikation in heterogenen Teams und die Übernahme von Verantwortung immer mehr an Bedeutung. Dies hat tiefgreifende Auswirkungen auf die Lehrplanentwicklung. (Hamilton Ortiz, 2020)

Die Arbeitsprozesse verändern sich derzeit als direkte Folge von CPS in allen Bereichen der Arbeitswelt tiefgreifend. Die künftige Forschungsagenda in diesem Bereich ist ebenso breit und reichhaltig wie die Auswirkungen von I 4.0 auf die Entwicklung von Qualifikationen und Qualifikationssystemen in den Sektoren der Wirtschaft und den Ländern.

Das EXAM4.0-Konsortium hat mit Unternehmen im Bereich I4.0 zusammengearbeitet, um die heutigen Anforderungen der Industrie und die Herausforderungen im Bereich der



Qualifikationen zu analysieren und die Rahmenbedingungen für I4.0-Technologien und relevante zukünftige Qualifikationen zu entwickeln. Die Forschungsstudien basierten auf einer Mischung aus quantitativen und qualitativen Erhebungen (weitere Informationen zur Methodik finden Sie in den Berichten in WP2).

Der EXAM 4.0 Qualifikationsrahmen soll weder eine starre, allgemeine Kategorisierung sein noch die anderen, allgemeineren Rahmenwerke ersetzen. Vielmehr soll er die neuesten Trends und Anforderungen in der I4.0-Wirtschaft abbilden, Qualifikationslücken vorhersagen und damit kurz- bis mittelfristige Impulse für die Bildungspolitik sowie die Hochschulen und Weiterbildungseinrichtungen liefern. Der Rahmen bildet die konzeptionelle Grundlage für die zukünftigen Qualifikationsinitiativen der EXAM 4.0-Plattform.

Darüber hinaus beginnen die I4.0-Initiativen, die eng mit der Digitalisierung der fortgeschrittenen Fertigung (AM) verbunden sind, ihre Grenzen aufzuzeigen. Die Europäische Kommission unterstützt den Übergang zu Industrie 5.0 (I5.0). Während die Technologien in 4.0 und 5.0 die gleichen sind, geht I5.0 von einer gewinnorientierten zu einer menschenzentrierten, nachhaltigen und widerstandsfähigen Industrie über. Um I5.0 zu unterstützen, muss die Berufsbildung "lernerzentrierte Ansätze" entwickeln, um den Menschen in den Mittelpunkt der AM Berufsbildung zu stellen.

Daher sollten europäische Regionen, die AM als Priorität in ihren Strategien zur intelligenten Spezialisierung haben, ihren AM-Industrien helfen, wettbewerbsfähig zu sein, und Qualifizierungs-, Weiterbildungs- und Umschulungsprogramme entwickeln, die flexiblen Wegen und innovativen Methoden folgen, um die Herausforderungen der doppelten Übergänge zu bewältigen. Dies ist der einzige Weg, um weiterhin wettbewerbsfähig zu sein und hohe Lebensqualitätsstandards für die Bürger zu gewährleisten, die sich auf die ganzheitlichen Kompetenzen der Menschen konzentrieren, die Technologien planen, verwalten, beaufsichtigen oder betreiben.

Neben der hier beschriebenen Entwicklung und den grundlegenden Fakten muss das zukünftige Verhältnis zwischen Mensch und Maschine noch geklärt werden. Die Kompetenzentwicklung muss so weit gehen, dass der Mensch seine Dominanz gegenüber der Maschine behält.

VET4.0 und Kooperationsplattformen müssen dies unterstützen. Centres of Vocational Excellence (CoVEs), verstanden als Berufsbildungs-/HBVET-Anbieter, die lernerzentrierte Ansätze verfolgen und neben der beruflichen Erstausbildung mehrere Dienstleistungen anbieten, die mit der intelligenten Spezialisierung und anderen regionalen Strategien in Einklang stehen und mit verschiedenen Akteuren im strategischen Dreieck zusammenarbeiten. Die CoVE-Plattform kann und sollte auf regionaler Ebene eine wichtige Rolle bei der Bewältigung der Herausforderungen der doppelten Übergänge in der AM spielen.

Neue Lernmethoden und -werkzeuge, der Einsatz von Lernfabriken und deren Zusammenarbeit mit anderen nationalen und internationalen Berufsbildungseinrichtungen sowie die sich verändernde Rolle von Berufsbildungslehrern und Ausbildern und deren Kompetenzentwicklung im Kontext von I 4.0 und 5.0 sind weitere wichtige Forschungsfelder.



Der Bericht befasst sich mit der Frage, was Berufsbildungseinrichtungen tun können, damit die Lehrpläne den veränderten Anforderungen der Digitalisierung unter den neuen organisatorischen Bedingungen von Industrie 4.0 entsprechen. In Kapitel 3 bietet der Bericht **einen Leitfaden für die Umsetzung von Initiativen im Zusammenhang mit Industrie 4.0**, wie z. B. die Aus- und Weiterbildung in neuen Technologien, die Entwicklung von Laboren und das Vorgehen beim Change Management. Kapitel 4 enthält eine Tabelle mit Vorschlägen und Empfehlungen des EXAM 4.0 HUB für verschiedene Interessengruppen (europäische und regionale politische Entscheidungsträger, Berufsbildungsbehörden, Berufsbildungsanbieter, AM-Unternehmen und Arbeitgeberverbände, Netzwerke) zur Bewältigung der Herausforderungen von Industrie 4.0. Kapitel 5 gibt einen Ausblick auf die Berufsbildung 4.0 und beschreibt zukünftige Gestaltungspläne. Kapitel 6 stellt Lösungen für die arbeitsplatzbasierte Ausbildung in Form von Lernfabriken für Berufsbildungszentren vor und zeigt, wie die Zusammenarbeit zwischen verschiedenen EU-Institutionen und Labors möglich ist.

3. Leitfaden für die Umsetzung von Initiativen im Zusammenhang mit Industrie 4.0

3.1. Ausarbeitung von Plänen und Vorschlägen für das Berufsbildungszentrum 4.0

Dieser Abschnitt ist der **Leitfaden für die Umsetzung von Initiativen im Zusammenhang mit Industrie 4.0**. Ein Leitfaden zur Förderung und Unterstützung europäischer Berufsbildungszentren bei der Umsetzung von Initiativen zur Einführung von Industrie-4.0-Technologien in Laboren und sogar zur Schaffung neuer Labore für fortschrittliche Fertigung. Wir verstehen diese Initiativen als Teil der digitalen Transformation der Institutionen und nicht als eine isolierte Initiative, die sich mit Technologien für Labore befasst. Dieser Leitfaden richtet sich an technische Bildungseinrichtungen, und wir müssen bedenken, dass sich die Konnotationen und Besonderheiten, wenn wir über digitale Transformation sprechen, in vielen Fällen von denen der Industrie unterscheiden.

Bei der Erstellung dieses Leitfadens haben wir uns jedoch von der Art und Weise inspirieren lassen, wie der industrielle Wandel in den fortschrittlichen Fertigungsunternehmen angegangen wird. Der Ansatz von EXAM4.0 besteht darin, hochtechnische Räume (Labore) für die Ausbildung zu schaffen. Wir möchten, dass diese Labore realen Produktionsanlagen so ähnlich wie möglich sind, um die Erfahrungen der Studierenden so bereichernd wie möglich zu gestalten.

Wenn wir in diesem Zusammenhang Pläne zur Integration von KETs für VET4.0-Zentren vorschlagen, schließen wir viele der Annahmen ein, die in der Industrie für ihre eigene digitale Transformation verwendet werden. Die folgende Aussage können wir auch für Berufsbildungszentren übernehmen: Da diese Transformation ein hochkomplexes



Unterfangen ist, kann sie mehrere Jahre dauern. Sie sollte so geplant und umgesetzt werden, dass positive Auswirkungen auf die Wirtschaftlichkeit - also auf Wachstum und Effizienz - in verschiedenen Phasen der Transformation auftreten. Die Vorteile sollten zu jedem Zeitpunkt der Transformation sichtbar gemacht werden, um den Gesamterfolg zu unterstützen. Dieser Ansatz ermöglicht Quick Wins, während er gleichzeitig das Gesamtziel der Transformation vorantreibt. (Schuh et al., 2017)

Der von uns beschriebene Leitfaden besteht aus **sieben Phasen**, die die Implementierung von Enabler-Technologien in Berufsbildungszentren unterstützen sollen. Der Leitfaden enthält auch einige Werkzeuge und Methoden, die in den verschiedenen Phasen verwendet werden können, um den Leitfaden verständlicher zu machen.

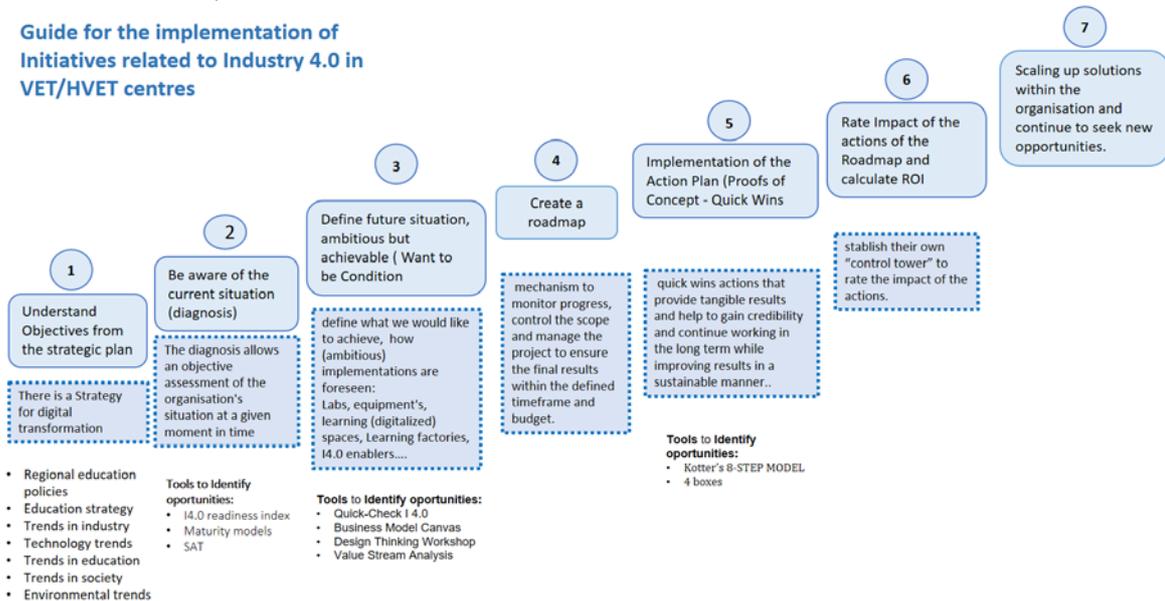


Abbildung 1. Leitfaden für die Einrichtung von Labors für fortgeschrittene Fertigung in Berufsbildungszentren Quelle: Prüfung 4.0

3.2. Verstehen der Ziele des Strategieplans

Um die Einführung von Grundlagentechnologien in Angriff zu nehmen, ist es unerlässlich, eine Strategie für die digitale Transformation zu definieren, die die Prioritäten und die durchzuführenden Projekte organisiert und ihnen eine strukturierte Bedeutung gibt, damit sie durchgeführt werden können.

Als Bildungszentren umfasst die digitale Transformation, auf die wir uns beziehen, nicht nur die technologische Transformation, sondern muss auch vollständig auf die Bildungsstrategie des Zentrums abgestimmt sein. Neben den technologischen Veränderungen in der Industrie dürfen wir den Einfluss der regionalen Bildungs- und Spezialisierungspolitik auf die Bildungsstrategien der Berufsbildungszentren nicht vergessen.

Wie in der Industrie hängt der gewünschte Zielzustand einer Einrichtung von ihrer Bildungsstrategie ab. Daher muss jede Einrichtung selbst entscheiden, welche Reifegradstufe das beste Gleichgewicht zwischen Kosten, Fähigkeiten und Nutzen für ihre individuellen Umstände darstellt. Bei der digitalen Transformation, auch in Berufsbildungszentren, sind die Faktoren, die bei der Planung zu berücksichtigen sind, sehr dynamisch. Die Technologien

entwickeln sich in sehr unterschiedlichem Tempo, was große Unterschiede in Bezug auf Reifegrad, Kosten, Einführungszeiten, Technologie und Anbieteralternativen mit sich bringt. Daher muss eine Berufsbildungseinrichtung bei der digitalen Transformation externe Faktoren berücksichtigen, die sich direkt auf sie auswirken: technologische Branchentrends, Bedürfnisse der Arbeitnehmer, soziale und ökologische Trends, Nachhaltigkeit, Bildungs- und Industriepolitik, pädagogische Trends usw.

3.3. Sich der aktuellen Situation bewusst sein (Diagnose)

Die Diagnose ermöglicht eine **objektive Bewertung** der Situation des Berufsbildungszentrums zu einem bestimmten Zeitpunkt. Es wird empfohlen, eine Diagnose unter Berücksichtigung einer **globalen Vision** der Organisation durchzuführen, um eine repräsentative Ausgangsbasis zu erhalten. Diese allgemeine Sichtweise wird uns helfen, die **Stärken und Schwächen** der Organisation zu erkennen. Sie ermöglicht es auch, sich auf die **verbesserungswürdigen Bereiche** zu konzentrieren, die zusammen mit der Strategie der Organisation den Fahrplan für die digitale Transformation bestimmen werden.

Unabhängig vom untersuchten Bereich des Berufsbildungszentrums ist es wichtig, drei Dimensionen zu berücksichtigen: die organisatorische, die technologische und die pädagogische

ORGANISATORISCH	Verwaltung von Aktivitäten, Routinen, Arbeitsdynamik, Indikatoren, erzielten Ergebnissen usw.
TECHNOLOGISCH	IT-Systeme, Grad der Digitalisierung und Automatisierung, verfügbare Anwendungen, Technologie usw.
BILDUNG	Studienprogramme, Lernergebnisse, erwartete Kompetenzen, Weiterbildungsprogramme, Lernmethoden, Qualifikationsdefizite usw.

Eine weit verbreitete Methode zur Diagnose der aktuellen (digitalen) Situation einer Organisation sind die **digitalen Reifegradmodelle oder Digital Readiness-Modelle**. Viele dieser Modelle sind in **Self-Assessment-Tools (SAT)** für digitale Diagnosezwecke eingebettet. SATs geben Unternehmen die Möglichkeit, ihre eigene Industrie-4.0-Bereitschaft zu überprüfen.

Es sind mehrere dieser Modelle veröffentlicht worden, von denen die meisten für die Industrie entwickelt wurden und die Produktionsunternehmen einschließen. Es ist interessant festzustellen, dass unabhängig vom Modell alle zumindest die folgenden Bereiche abdecken:

- Strategie
- Prozesse
- Menschen
- Technologie
- Produkte

Im Folgenden finden Sie eine nicht erschöpfende Auswahl von Modellen und Instrumenten für die digitale Reife/Bereitschaft:



- IMPULS Industrie 4.0 Readiness Online Self-Check für Unternehmen Quelle: (IMPULS, 2015)

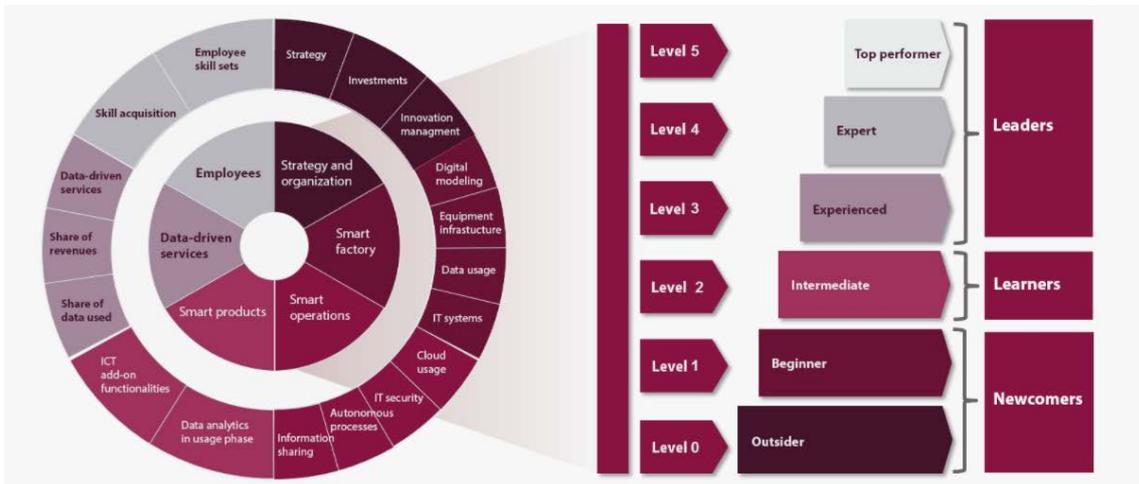


Abbildung 2. Industrie 4.0-Bereitschaft Quelle: IMPULS

- Acatech, Industrie 4.0 Reifegrad Index (Acatech, 2020)

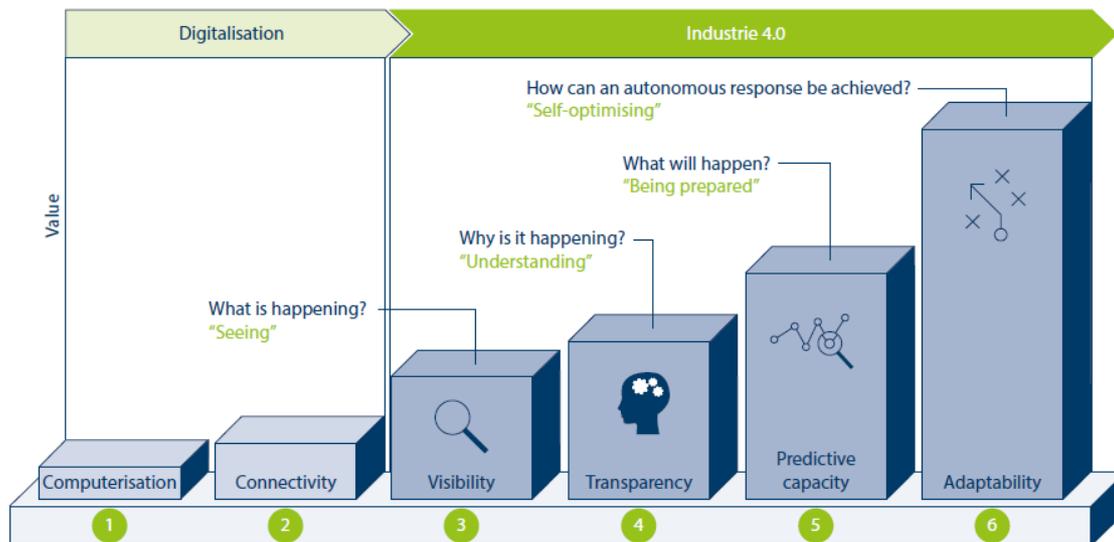


Abbildung 3. Stationen des Entwicklungspfads Industrie 4.0 Quelle: FIR e. V. an der RWTH Aachen

- ADMA European Advanced Manufacturing Unterstützung (ADMA, 2020)
- Industrie 4.0 Reifegradindex, i4.0m Zentrum (Schuh, 2017)
- Der Bereitschaftsindex für die intelligente Industrie in Singapur (SEDB, 2021)

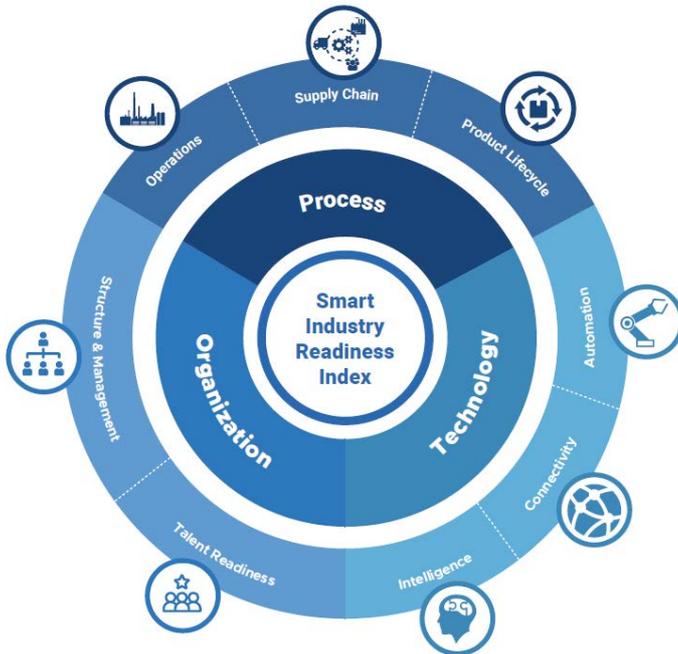


Abbildung 4. Die 3 Bausteine und die 8 Säulen des SIRI-Modells. Quelle: Singapore Economic Development Board SEDB 2021

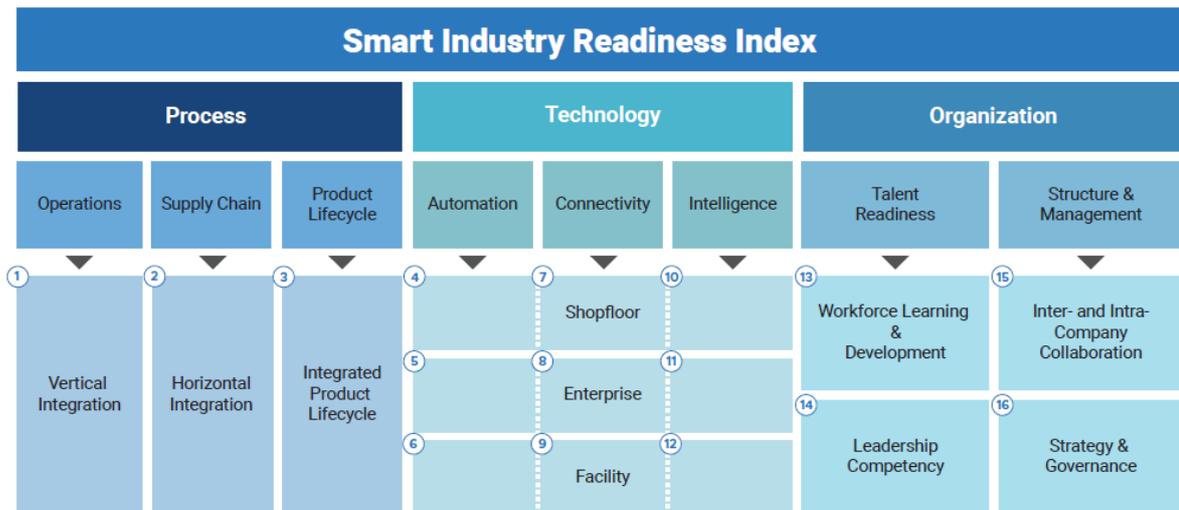


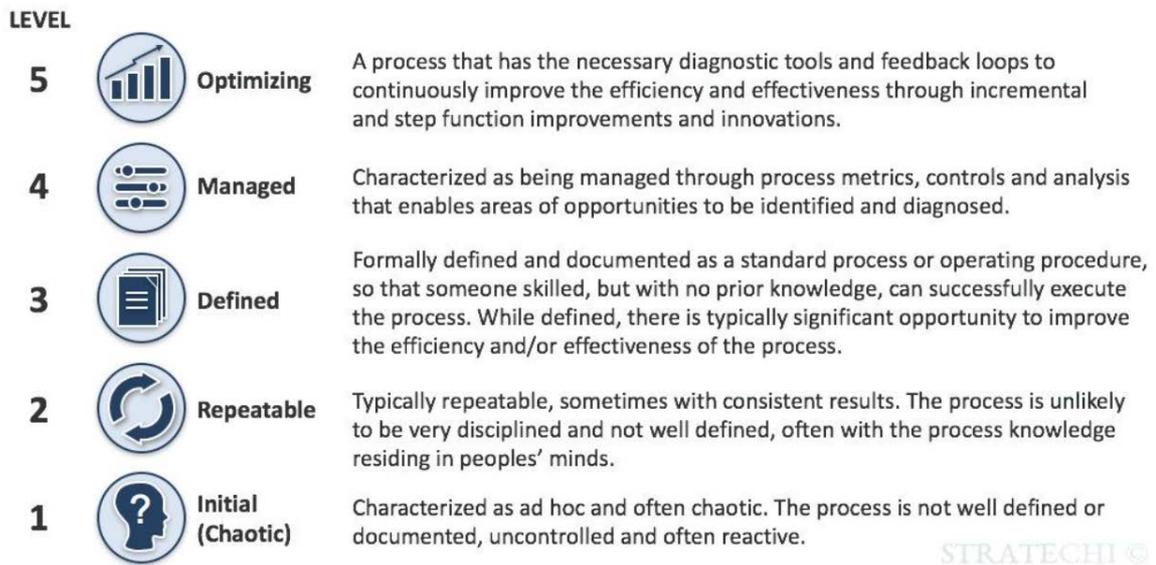
Abbildung 5. Die 16 Dimensionen der Bewertung Quelle: Singapore Economic Development Board

- HADA (Spanisch) Das fortschrittliche digitale Selbstbewertungsinstrument (HADA) Herramienta de Autodiagnóstico Digital Avanzada (Industria Connectada, 2018)



Abbildung 6. HADA-Selbstbewertungsinstrument für die digitale Transformation Quelle: Industria Conectada 4.0

- CapGemini Bewertung des Reifegrads der digitalen Fertigung (Capgemini)
- Stratechi, PROZESSREIFUNGSSTUFEN (Stratechi, 2021)



STRATECHI ©

Abbildung 7. Prozessreifegrade - Quelle: Stratechi

Reifegradmodelle und Selbstbewertungsinstrumente (SAT) für das Bildungswesen

Die EU-Kommission hat das SELFIE SAT für Studierende und Lehrkräfte in der Berufsbildung entwickelt. SELFIE (Self-reflection on Effective Learning by Fostering the use of Innovative Educational technologies) ist ein kostenloses Tool, das Schulen dabei helfen soll, digitale Technologien in das Lehren, Lernen und Bewerten einzubinden. (EUROPÄISCHE KOMMISSION 2018) . SELFIE hat eine solide Forschungsgrundlage und wurde auf der Grundlage des Rahmens der Europäischen Kommission zur Förderung des Lernens im



Aligned with the strategy

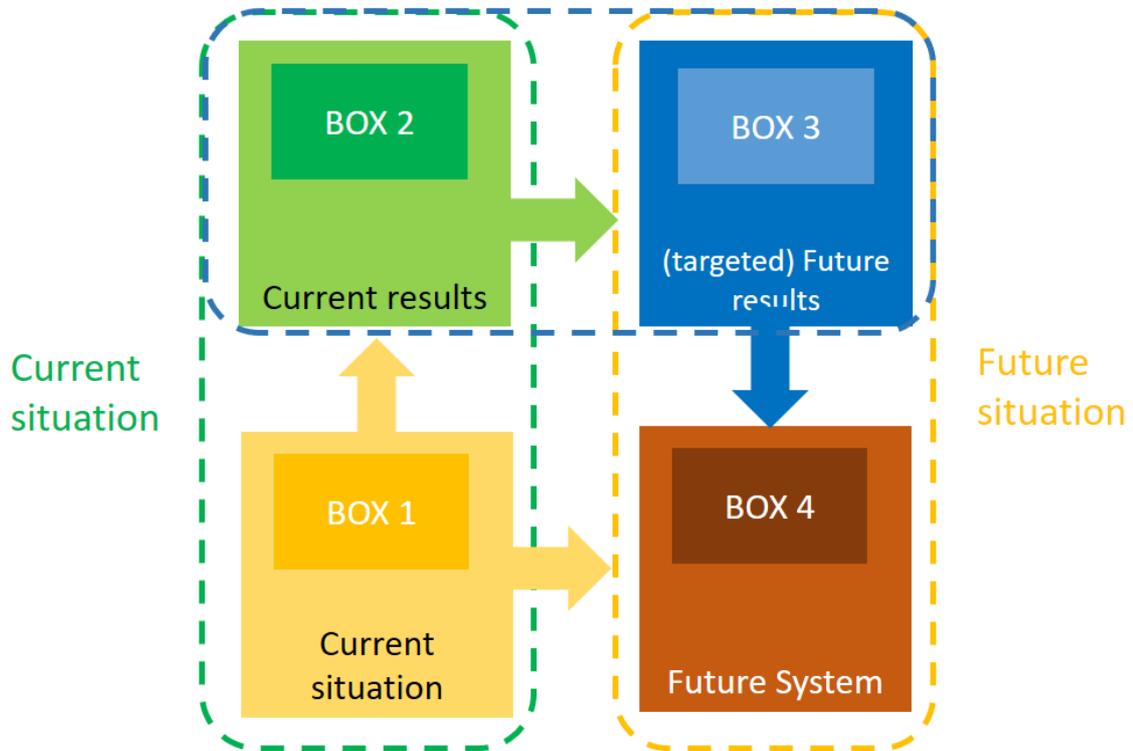


Abbildung 9. 4 Boxen, ein Instrument zur mittelfristigen Verbesserung. Quelle: Renault Consulting

<i>BOX 1 Aktuelles System (Verständnis der Funktionsweise unseres Systems)</i>	Der erste Schritt besteht darin, die aktuelle Situation unseres Systems zu ermitteln, um die Ausgangssituation zu verstehen. Es ist wichtig, alle Säulen des Systems zu berücksichtigen
<i>BOX2: Aktuelle Ergebnisse: Sie sind die Folge der Funktionsweise des Systems</i>	Ziel ist es, die Rentabilität und Wettbewerbsfähigkeit des Unternehmens nachhaltig zu verbessern. Normalerweise werden in diesem Feld die Leistungs-KPIs für Wettbewerbsfähigkeit und Rentabilität aufgeführt.
<i>BOX3: Künftige Ergebnisse: Was wir in einem bestimmten Zeitraum verbessern wollen Bedingung</i>	Die Ziele der Situation müssen sich aus der Umsetzung der Strategie ergeben. In dieses Feld müssen wir das ehrgeizige, aber erreichbare "Want to Be" einfügen, das wir als Zwischensituation festgelegt haben, um der festgelegten "Herausforderung" näher zu kommen. Es sollten die gleichen KPIs wie in Kasten 1 mit einem anderen Wert erscheinen.
<i>BOX4 Future System: Was wir in unserem System ändern müssen</i>	Wir müssen das bestmögliche System aufbauen, um zukünftige Ergebnisse zu erzielen.

Abbildung 10 - Etappen der 4-Box-Methode ; Quelle: Prüfung 4.0.

Andere Instrumente zur Identifizierung von Chancen

- Schnell-Check I 4.0
- Business Model Canvas
- Workshop zum Thema Design Thinking
- Wertstromanalyse



3.5. Einen Fahrplan erstellen

WAS IST EIN FAHRPLAN?

Ein Fahrplan ist ein Planungsinstrument, das die Abfolge der Schritte, die zur Erreichung eines Ziels unternommen werden müssen, visuell darstellt. Er kann als kurz-, mittel- und langfristiger Aktionsplan verstanden werden und ist dafür verantwortlich, strategische Ziele greifbarer und erreichbarer zu machen.

Es ist ein Mechanismus zur **Überwachung des Fortschritts**, zur Kontrolle des Umfangs und zum Management des Projekts, um die Ergebnisse innerhalb des festgelegten Zeit- und Budgetrahmens zu gewährleisten.

Es ist auch ein **Mechanismus**, um die Gesamtvision des Projekts und die erzielten Fortschritte zu **vermitteln** und die Projektbeteiligten einzubinden.

Die folgende Abbildung zeigt die wichtigsten Merkmale eines Fahrplans:

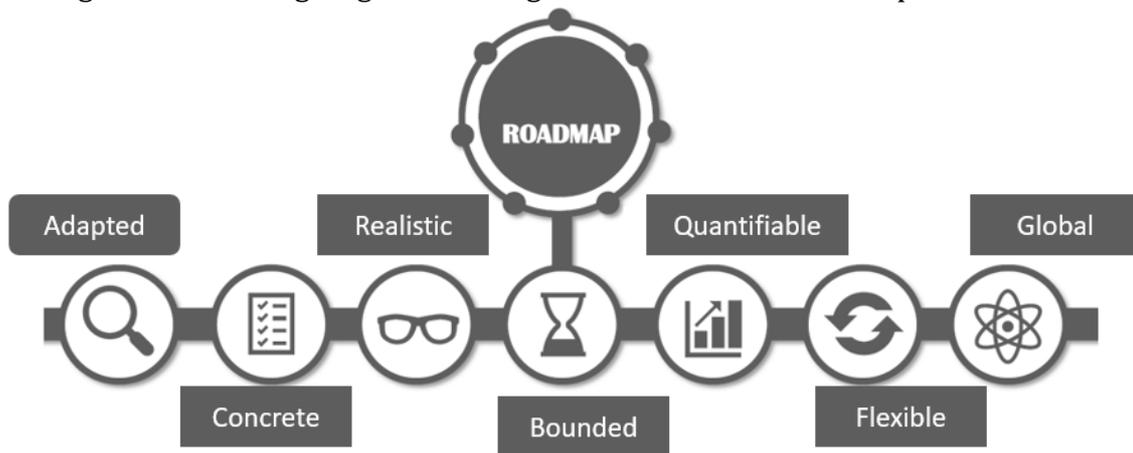


Abbildung 10. Merkmale eines Fahrplans Quelle: Renault Beratung

ANGEPASST	<p>Der Fahrplan muss an den Zeitrahmen, für den er festgelegt wurde, ANGEPASST werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Der Gesamtfahrplan für die digitale Transformation eines Unternehmens hat einen Zeitrahmen von 2-3 Jahren und die dargestellten Maßnahmen sind wenig detailliert. • Der Fahrplan für eine bestimmte digitale Herausforderung hat einen Zeitrahmen von Monaten oder einem Jahr mit detaillierteren Maßnahmen.
CONCRETE	<p>Der Fahrplan sollte KONKRET und in PHASEN unterteilt sein.</p> <p>- Der Fahrplan sollte in einfacher und konkreter Form die Schritte aufzeigen, die zur Erreichung der genannten Ziele unternommen werden sollen.</p>
REALISTISCH	<p>Der Fahrplan sollte an die verfügbaren Ressourcen angepasst werden. Wir müssen nur die Aufgaben aufnehmen, die innerhalb des festgelegten Zeitrahmens, mit den vorhandenen Kompetenzen, der Verfügbarkeit und dem Budget entwickelt werden können, um Frustrationen oder falsche Erwartungen zu vermeiden.</p>
TIME-BOUND	<p>Für jede Phase sollten bestimmte Termine festgelegt werden. Dadurch wird sichergestellt, dass sich die Einführung nicht verzögert und dass wir einen Überblick über den Zeitrahmen der Umgestaltung, des Projekts oder der digitalen Herausforderung haben.</p>



QUANTIFIZIERBAR	Die mit dem Fahrplan verbundenen Aufgaben müssen mit einer Reihe von Metriken versehen werden, die es uns ermöglichen, den Fortschritt der Maßnahmen und die Entwicklung der damit verbundenen KPIs zu messen.
FLEXIBEL UND DYNAMISCH	Sie sollte sich an Veränderungen anpassen und so flexibel wie möglich sein, damit sie nachjustiert werden kann und die richtige Ausrichtung erhält.
Global	Der Fahrplan sollte so weit wie möglich die grundlegenden Säulen der digitalen Transformation (Menschen, Prozesse und Technologie) auf koordinierte Weise berücksichtigen, damit der Fortschritt nachhaltig ist.

Tabelle 1: Merkmale eines Fahrplans Quelle: Prüfung 4.0

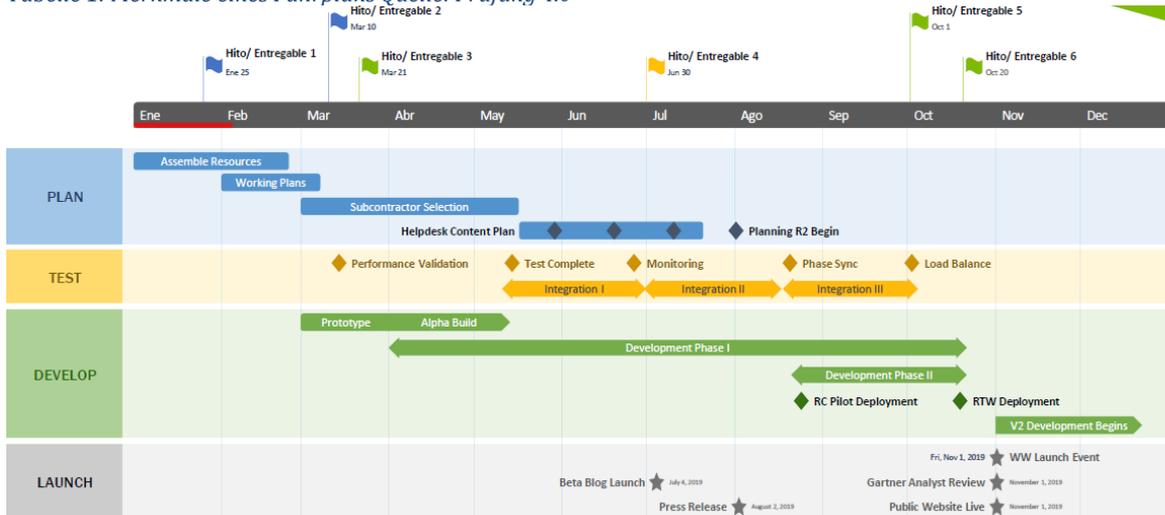


Abbildung 1211. Beispiel für Roadmaps Quelle: Renault Beratung

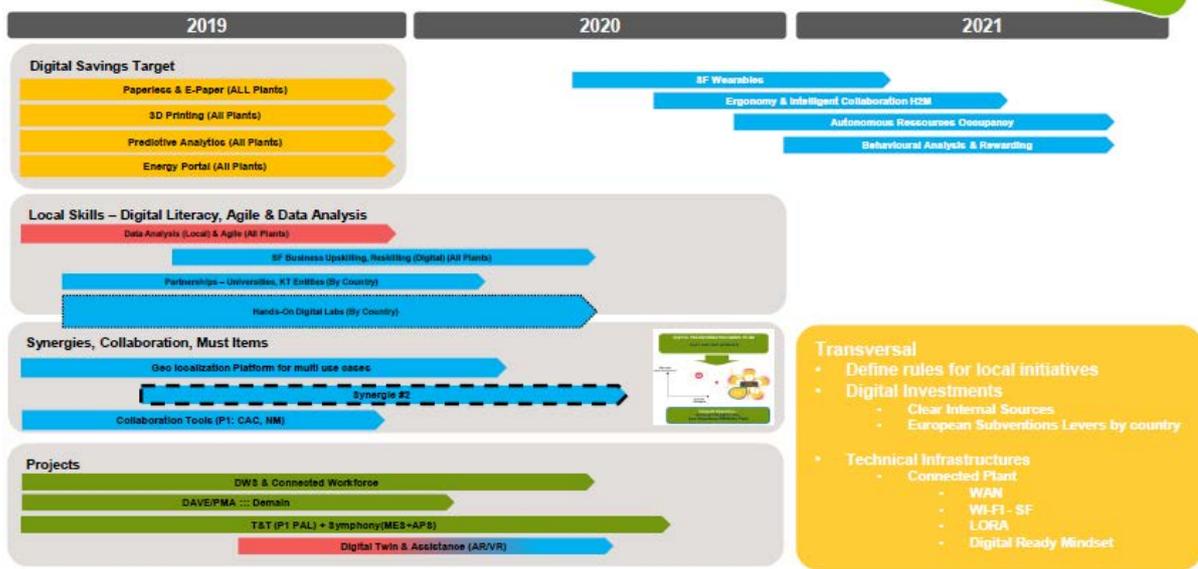


Abbildung 12. Beispiel für Roadmaps Quelle: Renault-Beratung

3.6. Aktionsplan, schnelle Erfolge

Der Fahrplan für die digitale Transformation muss einerseits übergreifende Maßnahmen vorsehen, die auf einen Kulturwandel abzielen (Verbesserung der Kompetenzen, Kommunikation, Einbeziehung aller Mitarbeiter), und andererseits gleichzeitig jene **Quick-**



Win-Maßnahmen durchführen, die greifbare Ergebnisse liefern und dazu beitragen, Glaubwürdigkeit zu gewinnen und langfristig weiterzuarbeiten, während die Ergebnisse nachhaltig verbessert werden.

Einige TIPPS:

Implantation in Doppel - Richtung
 Beginnen Sie "**von oben nach unten**", ausgehend von der strategischen Vision (Ziele und Maßnahmen, die auf verschiedenen Ebenen der Organisation umgesetzt werden sollen).

Einbeziehung eines "**Bottom-up**"-Ansatzes, indem mit der Umsetzung von Quick Wins begonnen wird.



Abbildung 13. Top-down- und Bottom-up-Implementierungen: Quelle: Exam4.0

Eine der größten Herausforderungen, mit denen alle Einrichtungen und Berufsbildungszentren konfrontiert sind, ist der **Widerstand** eines Teils des Personals **gegen Veränderungen**. In der Literatur zum Veränderungsmanagement gibt es viele Methoden; wir haben die *8 Schritte von Kotter für das Veränderungsmanagement* als Beispiel genommen (Kotter, 2016)

Kotter's 8-Schritte-Modell für Veränderungsmanagement (CHANGE MANAGEMENT)	
8. Verankerung des Wandels in der Unternehmenskultur	Sie müssen diese neuen Veränderungen institutionalisieren: Veränderungen sind "anfällig für Rückschritte und Verschlechterungen", solange sie nicht in der Struktur und der Kultur des Unternehmens verwurzelt sind. Um dies zu erreichen, müssen sie die Verbesserungen kommunizieren und sicherstellen, dass die oberste Leitung der Einrichtung sich für den Wandel einsetzt.
7. Beschleunigung aufrechterhalten	Auf ein und derselben Veränderung aufbauen. Es muss darauf geachtet werden, dass jede Verbesserung konsolidiert wird.
6. Kurzfristige Gewinne generieren	Kommunizieren Sie alle Erfolge und kleinen Erfolge. Kotter argumentiert, dass ein echter Wandel langwierig und schwierig ist und es daher wichtig ist, die Mitarbeiter mit jedem neuen Durchbruch zu motivieren. Dennoch sollte man den Sieg nicht vorschnell verkünden.
5. Ermöglichung von Maßnahmen durch Beseitigung von Hindernissen	Abbau von Hindernissen und Erleichterung des Wandels, indem alle Mitarbeiter motiviert werden, im Sinne dieser Vision zu handeln.
4. Kommunizieren Sie die Vision	Kommunizieren Sie diese Vision



3. Entwicklung einer strategischen Vision und von Initiativen	Erstellen Sie eine Vision, wie das Unternehmen digital transformiert werden soll.
2. Aufbau einer führenden Koalition	Aufbau eines guten Organisations- und Teamarbeitssystems, das ein Team von Führungspersonlichkeiten für den Wandel schafft.
1. Schaffen Sie ein Gefühl der Dringlichkeit	Helfen Sie anderen, die Notwendigkeit von Veränderungen zu erkennen, indem Sie eine kühne, ehrgeizige Aussage zu den Möglichkeiten machen, die die Wichtigkeit des sofortigen Handelns vermitteln.

Tabelle 2: Die 8 Dimensionen von Kotter Quelle: (Kotter, 2016)

3.7. Bewertung der Auswirkungen der Maßnahmen des Fahrplans und Berechnung des ROI

Jede Einrichtung muss ihren eigenen "Kontrollturm" einrichten, um die Auswirkungen der Maßnahmen zu bewerten.

In der Regel wird ein Überwachungsschema erstellt, in dem die Auswirkungen bewertet und einige Entscheidungen getroffen werden:

Zum Beispiel

- Monatliche Folgetreffen zur Überwachung laufender Projekte
- Auswirkungenrate: In der Berufsbildung muss die Methode zur Bewertung der Auswirkungen in vielen Fällen anders als in der Industrie festgelegt werden: Prozentsatz der Programme, die Labore nutzen, Anzahl der betroffenen Studenten/Mitarbeiter, prozentuale Effizienz der Labore... Auch die ROI-Berechnung unterscheidet sich von der Industrie.
- Der Ausschuss für Gewinnvalidierung prüft neue Projekte und entscheidet, ob sie angenommen werden oder nicht.

In EXAM4.0 schlagen wir Empfehlungen vor, die sich an Berufsbildungseinrichtungen richten. Da es sich um Bildungseinrichtungen handelt, sind die Parameter zur Bewertung der Auswirkungen andere als in der Industrie. Berufsbildungseinrichtungen werden nicht nur auf Effizienz und Rentabilität ausgerichtet sein. Der Return of Investment (ROI) wird in der Industrie häufig als Leistungsmaßstab verwendet. Der ROI wird verwendet, um die Effizienz einer Investition zu bewerten oder um die Effizienz verschiedener Investitionen zu vergleichen. Bei der Berechnung des ROI in Bildungseinrichtungen sollten jedoch auch einige pädagogische Aspekte berücksichtigt werden.

Wir müssen daher die richtigen KPIs definieren, um die Auswirkungen in Berufsbildungseinrichtungen zu bewerten. KPIs, die mehr mit unserer Bildungs- und Ausbildungsaktivität als mit der Effizienz von Produktionseinrichtungen zu tun haben.



3.8. Skalierung von Lösungen innerhalb der Organisation und Suche nach neuen Möglichkeiten

Der letzte Schritt in diesem Leitfaden ist die Übertragung der Ergebnisse auf andere Bereiche des Berufsbildungszentrums.

Es versteht sich von selbst, dass es sich hierbei um einen Prozess der kontinuierlichen Verbesserung handelt, dessen Skalierbarkeit nach seiner Umsetzung die Umgestaltung der gesamten Organisation umfassen wird.

4. Stakeholder-Perspektive

Die folgende Tabelle enthält Vorschläge und Empfehlungen des EXAM 4.0 HUB für verschiedene Interessengruppen (europäische und regionale politische Entscheidungsträger, Berufsbildungsbehörden, Berufsbildungsanbieter, AM-Unternehmen und Arbeitgeberverbände, Netzwerke) zur Bewältigung der Herausforderung der Industrie 4.0 (Technologien und Qualifikationsbedarf) und zu den Ansätzen zur Förderung der Einbindung neu entstehender Technologien in die Berufsbildungssysteme und AM-Unternehmen.

Interessensgruppe	Empfehlung
Europäische Entscheidungsträger	Unterstützung der Zusammenarbeit im strategischen Dreieck der fortgeschrittenen Fertigung auf europäischer Ebene durch Projekte, Ausschreibungen, Konferenzen und Workshops.
	Unterstützung der gemeinsamen Forschung mit Universitäten, Berufsbildungszentren für fortgeschrittene Fertigung, Unternehmen für fortgeschrittene Fertigung und Experten/Forschern in den Bereichen I4.0, I5.0 und fortgeschrittene Fertigung, um: <ul style="list-style-type: none"> • neue Berufsbilder im Bereich Advanced identifizieren • neue Qualifikationen zu ermitteln und Lehrpläne zu aktualisieren • Herstellung. • Definieren Sie den Paradigmenwechsel von I4.0 zu I5.0 • Digitale Kompetenzen ermitteln • Identifizierung von Soft Skills • Mikro-Anmeldeinformationen • Validierung von Vorwissen • Implementierung neuer Technologien (I4.0 enabling technologies) in Berufsbildungslabors.
	die Ausweitung von EXAM 4.0 zu unterstützen und die Einrichtung einer neuen Plattform für berufliche Exzellenzzentren im Bereich der fortgeschrittenen



	Fertigung nur dann zuzulassen, wenn sie mit dem Vorreiter EXAM4 in Verbindung steht.
	Anerkennung der Bedeutung der Berufsbildung in regionalen Strategien für intelligente Spezialisierung.
Regionale politische Entscheidungsträger	Unterstützung der Zusammenarbeit im strategischen Dreieck der fortgeschrittenen Fertigung auf regionaler Ebene durch Projekte, Ausschreibungen, Konferenzen und Workshops.
	Unterstützung der gemeinsamen Forschung mit Universitäten, Berufsbildungszentren für fortgeschrittene Fertigung, Unternehmen für fortgeschrittene Fertigung und Experten/Forschern in den Bereichen I4.0, I5.0 und fortgeschrittene Fertigung, um: <ul style="list-style-type: none"> • neue Berufsbilder im Bereich Advanced identifizieren • neue Qualifikationen zu ermitteln und Lehrpläne zu aktualisieren • Herstellung. • Definieren Sie den Paradigmenwechsel von I4.0 zu I5.0 • Digitale Kompetenzen ermitteln • Identifizierung von Soft Skills • Mikro-Anmeldeinformationen • Validierung von Vorwissen Implementierung neuer Technologien (I4.0 enabling technologies) in Berufsbildungslabors.
	Anerkennung der Bedeutung der Berufsbildung in regionalen Strategien für intelligente Spezialisierung.
	Mehr Ressourcen in die Berufsbildung im Bereich der fortgeschrittenen Fertigung investieren, insbesondere in die Modernisierung der Labors für fortgeschrittene Fertigung durch die Einführung von Spitzentechnologien und die Förderung des berufsbezogenen Lernens in all seinen Formen.
	Behalten Sie die neuesten Entwicklungen in der europäischen Berufsbildungs- und Industriepolitik im Auge und stimmen Sie Ihre regionalen Strategien darauf ab.
	Förderung der europäischen Initiative für Plattformen für berufliche Spitzenleistungen auf regionaler Ebene.
Behörden für Berufsbildung/HVET	Entwicklung neuer Lehrpläne für die fortgeschrittene Fertigung unter Einbeziehung von I4.0-Technologien und unter Berücksichtigung des Kompetenzrahmens EXAM 4.0.
	Entwicklung von Mikroqualifikationen für Arbeitnehmer in der fortgeschrittenen Fertigung.
	Unterstützung der Einführung von I4.0-Spitzentechnologien in den Labors der Berufsbildungszentren.



	<p>Behalten Sie die neuesten Entwicklungen in der europäischen Berufsbildungs- und Industriepolitik im Auge und stimmen Sie Ihre regionalen Strategien darauf ab.</p> <p>Förderung der europäischen Initiative für Plattformen für berufliche Spitzenleistungen in ihren Berufsbildungszentren.</p> <p>Unterstützung der Lehrkräfte bei der Fort- und Weiterbildung.</p>
Anbieter von Berufsbildung/HVET	<p>Verfolgen Sie lernerzentrierte Ansätze und Methoden.</p> <p>Abstimmung mit regionalen Strategien für intelligente Spezialisierung.</p> <p>Zusammenarbeit mit Universitäten und Forschungs- und Technologiezentren, die über Fachwissen im Bereich der fortgeschrittenen Fertigung und I4.0 verfügen, mit Unternehmen der fortgeschrittenen Fertigung, mit anderen Zentren der fortgeschrittenen Fertigung in der beruflichen Aus- und Weiterbildung, mit Sozialpartnern und Arbeitgebern sowie mit Bildungs- und Arbeitsbehörden.</p> <p>Anpassung der Kurse für fortgeschrittene Fertigung an die Änderungen von I4.0 und I5.0.</p> <p>Entwicklung neuer Kurse für fortgeschrittene Fertigung, die I4.0-Technologien beinhalten und dem EXAM 4.0-Kompetenzrahmen folgen.</p> <p>Entwicklung von Mikroqualifikationen für Arbeitnehmer in der fortgeschrittenen Fertigung.</p> <p>Behalten Sie die neuesten Entwicklungen in der europäischen Berufsbildungs- und Industriepolitik im Auge und richten Sie Ihre Strategien darauf aus.</p> <p>Werden Sie Mitglied der EXAM4.0-Plattform und der Gemeinschaft.</p> <p>Implementierung neuer Technologien in den Labors für fortgeschrittene Fertigung nach dem in EXAM4.0 entwickelten Modell der Collaborative Learning Factory.</p> <p>Stärkung des berufsbezogenen Lernens in all seinen Formen.</p>
	<p>Zusammenarbeit mit Berufsbildungszentren und Behörden bei der Gestaltung neuer Lehrpläne für die fortgeschrittene Fertigung, die I4.0-Technologien einschließen und dem Kompetenzrahmen EXAM 4.0 folgen.</p> <p>Zusammenarbeit mit Berufsbildungszentren und Behörden bei der Entwicklung von Mikrozertifikaten für Arbeitnehmer in der fortgeschrittenen Fertigung.</p> <p>Werden Sie Mitglied der EXAM 4.0-Plattform und der Gemeinschaft.</p> <p>Behalten Sie die neuesten Entwicklungen in der europäischen Berufsbildungs- und Industriepolitik im Auge und richten Sie Ihre Strategien darauf aus.</p> <p>Über die Auswirkungen des I5.0-Paradigmas nachdenken.</p>



	Zusammenarbeit mit Berufsbildungszentren, um das berufsbezogene Lernen in all seinen Formen zu stärken.
AM Arbeitgeberverbände	Zusammenarbeit mit Berufsbildungszentren und Behörden bei der Gestaltung neuer Lehrpläne für die fortgeschrittene Fertigung, die I4.0-Technologien einschließen und dem Kompetenzrahmen EXAM 4.0 folgen.
	Zusammenarbeit mit Berufsbildungszentren und Behörden bei der Entwicklung von Mikrozertifikaten für Arbeitnehmer in der fortgeschrittenen Fertigung.
	Werden Sie Mitglied der EXAM 4.0-Plattform und der Gemeinschaft.
	Behalten Sie die neuesten Entwicklungen in der europäischen Berufsbildungs- und Industriepolitik im Auge und richten Sie Ihre Strategien darauf aus.
	Über die Auswirkungen des I5.0-Paradigmas nachdenken.
	Zusammenarbeit mit Berufsbildungszentren und Behörden, um das berufsbezogene Lernen in all seinen Formen zu stärken.
Netzwerke	Förderung der Europäischen Initiative für Exzellenzzentren für die Berufsbildung bei ihren Mitgliedern.
	Wenn es sich um spezielle Netzwerke für die fortgeschrittene Fertigung handelt, unterzeichnen sie Absichtserklärungen mit der EXAM4.0-Plattform und der Gemeinschaft.
	Laden Sie ihre Mitglieder aus dem Bereich der fortgeschrittenen Fertigung ein, sich der EXAM 4.0-Plattform und der Gemeinschaft anzuschließen.
	EXAM 4.0 unter ihren Mitgliedern zu verbreiten.

Tabelle 3: Empfehlungen der Interessengruppen Quelle: Prüfung 4.0 2021

5. VET 4.0

In vielen europäischen Ländern wird erwartet, dass traditionelle Berufsbildungsberufe wie Bauarbeiter oder Anlagenbediener in den kommenden zehn Jahren relativ an Bedeutung verlieren werden, während Berufe, die ein höheres Qualifikationsniveau in Bereichen erfordern, die oft außerhalb des Anwendungsbereichs traditioneller Berufsbildungsprogramme liegen, aber potenziell im Rahmen von Berufsbildungssystemen angeboten werden könnten, zunehmen (CEDEFOP 2020). Da die Berufsbildungsprogramme weiterentwickelt werden müssen, um sich an den veränderten Qualifikationsbedarf anzupassen, müssen die Berufsbildungslehrer nicht nur ihr Wissen und ihre Praxis auf den neuesten Stand bringen, sondern auch neue Lehransätze nutzen, wie z. B. den Einsatz von Lernfabriken.

Mehr noch als bei anderen Bildungsformen muss die berufliche Bildung mit dem Arbeitsmarkt verbunden sein und sich an dessen Veränderungen anpassen. Aus diesem Grund werden verschiedene Formen der Interaktion und des Austauschs zwischen

berufsbildenden Schulen und der Industrie gefördert, einschließlich des Lernens am Arbeitsplatz sowohl für Schüler als auch für Lehrer.

Neue Technologien wie virtuelle/erweiterte Realität, Robotik und Simulatoren haben das Potenzial, Innovationen im Lehren und Lernen in der Berufsbildung zu fördern, um VET4.0 zu werden. Um den Einsatz von Technologie in der Berufsbildung zu erhöhen, müssen der Zugang zu digitalen Geräten, Hightech-Ausrüstung und technischer Unterstützung verbessert werden. Länder wie Dänemark und Spanien haben staatlich finanzierte Zentren eingerichtet, um die Qualität des Unterrichts in der Berufsbildung zu verbessern. Sie bieten auch hochwertige Weiterbildungen für Berufsschullehrer zu den neuesten Technologien in der Industrie an. Initiativen wie die Wissenszentren für IT im Unterricht und für Automatisierungs- und Robotertechnologie in Dänemark sowie das Zentrum für Innovation in der Berufsbildung in Aragonien und TKNIKA in Spanien zeigen, dass diese Zentren sowohl für die Berufsbildungseinrichtungen als auch für die Arbeitgeber von Nutzen sind (OECD 2020, 2020).

Der Aufbau und die Pflege eines Netzwerks von Interessenvertretern, die Förderung des strategischen Dreiecks zwischen Lernenden, der Arbeitswelt und Berufsbildungseinrichtungen und die Schaffung eines Pools von effektiven Führungskräften in der Berufsbildung wären ein großer Vorteil für die Berufsbildungseinrichtungen und die Gesellschaft insgesamt. Die EXAM4.0-Plattform und das Netzwerk für die Zusammenarbeit in der fortgeschrittenen Fertigung gehen auf diese Bedürfnisse ein.

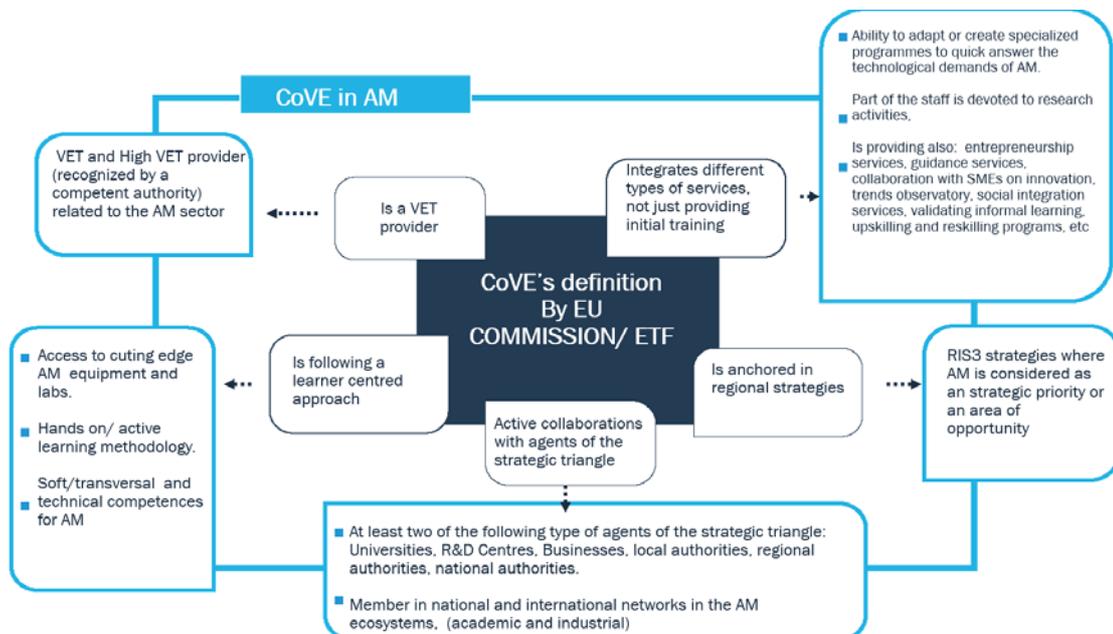


Abbildung 15: Merkmale von CoVEs für die fortgeschrittene Fertigung - Quelle: EXAM4.0



5.1. Berufsbildungssysteme im Vergleich zu akademischen Hochschuleinrichtungen

Im Gegensatz zur allgemeinen und akademischen Hochschulbildung, die (zumindest teilweise) vergleichbare Lehrpläne sowie länder- und kulturübergreifend vergleichbare Strukturen und Institutionen aufweist, ist die berufliche Bildung oft stark regional und national ausgerichtet und weist unterschiedliche Geschichten, Selbstverständnisse, Ziele, Lehrpläne, Strukturen und Praktiken auf.

Von den Berufsbildungssystemen wird heute erwartet, dass sie 'Schnellreaktionsmechanismen' entwickeln, die sowohl stabile, qualitätsgesicherte Kernqualifikationen/Qualifikationswege als auch flexible Formate für die Hinzufügung neuer oder höherer Qualifikationen umfassen, was eine starke Governance unter Einbeziehung der Sozialpartner, sowohl der Arbeitgeber als auch der Gewerkschaften, erfordert. (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2020).

Die Berufsbildung müsste ein prozessorientiertes, input- und angebotsorientiertes Modell mit einem ergebnis- und ergebnisorientierten Ansatz kombinieren und ausbalancieren, um die Erwartungen der Lernenden hinsichtlich angemessener Qualifikationen, der Arbeitgeber hinsichtlich des Qualifikationsbedarfs und der Produktivitätssteigerung sowie der Gesellschaft hinsichtlich eines Beitrags zu Wachstum und sozialem Zusammenhalt in der fortgeschrittenen Fertigung zu erfüllen.

5.2. VET 4.0 - Spanien

Im 2021 Digital Economy and Society Index (DESI) der Europäischen Kommission liegt Spanien auf Platz 9th 27 europäischen Mitgliedstaaten.

	Spain		EU
	rank	score	score
DESI 2021	9	57.4	50.7

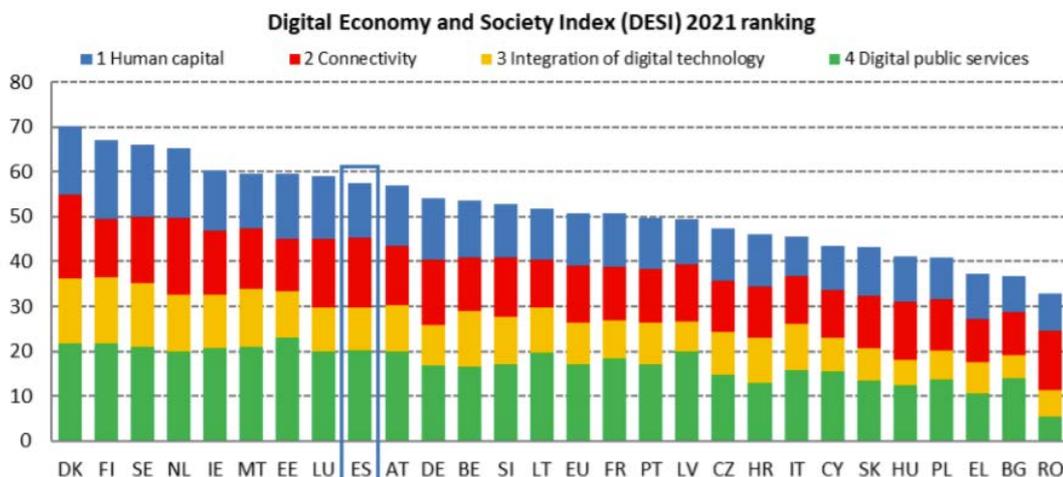


Abbildung 16: Wirtschaft und Gesellschaft Index Quelle: DESI-Index



Demselden Bericht zufolge sind die Stärken Spaniens:

- Digitale öffentliche Dienste.
- Konnektivität (mit Lücken zwischen städtischen und ländlichen Gebieten).
- Die Agenda "Digitales Spanien 2025" und andere Pläne zur Förderung der Digitalisierung, darunter ein Plan für digitale Kompetenzen, ein Plan für die Digitalisierung von KMU 2021-2025 und eine nationale KI-Strategie.

Aber es gibt noch viele Bereiche, die verbessert werden können:

- Schließen Sie die Lücke bei der Anbindung zwischen städtischen und ländlichen Gebieten.
- Verbesserung der digitalen Kompetenzen. Obwohl Spanien beim Humankapital auf Platz 12 liegtth, muss es sich verbessern: 57 % der Spanier verfügen zumindest über digitale Grundkenntnisse, das europäische Ziel sind jedoch 80 % bis 2030; 36 % der Arbeitskräfte verfügen nicht über digitale Grundkenntnisse; es gibt nicht genügend IKT-Spezialisten.
- Integration der digitalen Technologie in Unternehmen. Spanien liegt in Europa auf Platz 16-27.th

Laut dem Qualifikationspanorama des Cedefop hat Spanien 2014 begonnen, eine tiefe wirtschaftliche Depression zu überwinden. Die Beschäftigung soll bis 2030 wachsen, und obwohl Spanien immer noch viele Beschäftigungsmöglichkeiten für niedrige Qualifikationsniveaus bietet, werden die meisten künftigen Arbeitsplätze ein hohes Qualifikationsniveau erfordern. Im Jahr 2020 lag der Anteil der Beschäftigten im Hightech-Sektor bei 5,7 % und die Arbeitslosenquote bei 14,1 % im Jahr 2019 (CEDEFOP, 2021a).

VET

Generell stellt die Situation des Landes eine große Herausforderung und Nachfrage an das Berufsbildungssystem dar. Das Berufsbildungsangebot in Spanien hat zwei Formen:

1. Berufsbildung im Bildungssystem.
2. Berufszeugnisse des Arbeitsministeriums.

Berufsbildung im Bildungssystem

In Spanien bietet die Berufsbildung mehr als 150 Ausbildungszyklen in 26 Berufsfamilien an, mit theoretischen und praktischen Inhalten, die an die verschiedenen Berufsfelder angepasst sind.

Innerhalb jeder Berufsfamilie werden die folgenden Leistungen angeboten:

1. Berufliche Grundbildung (Sekundarstufe). Titel: Berufliche Grundausbildung.
2. Mittlere Berufsbildung (nach der obligatorischen Sekundarschulbildung). Titel: Techniker.
3. Höhere Berufsbildung (tertiäre Bildung). Titel: Höherer Techniker.

Die nach Abschluss der Berufsausbildung erworbenen Qualifikationen sind offiziell und haben im gesamten Staatsgebiet die gleiche akademische und berufliche Gültigkeit.

Es gibt auch einige Spezialisierungskurse, die nach Abschluss der Höheren Berufsbildung zu absolvieren sind, und einer von ihnen verdient eine besondere Erwähnung aufgrund seines



Bezugs zu den Themen des EXAM 4.0-Projekts: Der Spezialisierungskurs für intelligente Fertigung. Wir werden später darauf zurückkommen.

Es gibt verschiedene Modalitäten für den Erwerb dieser Qualifikationen:

- Duale Ausbildung,
- Studium in Teilzeit,
- Blended Studies (theoretische Fächer werden online absolviert),
- Nachts.

Die berufliche Grundausbildung, die mittlere und die höhere Berufsausbildung haben eine Mindestdauer von 2000 Stunden, aufgeteilt auf zwei Schuljahre, und ein Pflichtpraktikum in einem Unternehmen von mindestens 350 Stunden.

Berufsbildung im Beschäftigungssystem: Berufsabschlüsse

Es gibt 583 Berufsabschlüsse in denselben 26 Berufsfamilien.

Neue Entwicklungen

Das spanische Ministerium für Bildung und Berufsbildung führt eine tiefgreifende Reform des spanischen Berufsbildungssystems durch, deren Hauptelement der Plan zur Modernisierung der Berufsbildung ist (Sancha Gonzalo, 2020).

Das Hauptziel des Plans ist es:

1. Schaffung eines Ökosystems für den wirtschaftlichen Wiederaufschwung auf der Grundlage eines Engagements für Humankapital und Talente.
2. Dieser Plan beruht auf den folgenden Grundsätzen:
3. Ständige öffentlich-private Zusammenarbeit.
4. Die Einführung eines neuen, wirksamen und effizienten einheitlichen Berufsbildungssystems, das die Berufsbildung und das lebenslange Lernen während des gesamten Lebens der Auszubildenden und der Erwerbsbevölkerung gewährleistet.
5. Die Verallgemeinerung der Verfahren zur Anerkennung und Akkreditierung von Berufsangehörigen
6. Die Verallgemeinerung der Verfahren zur Anerkennung und Akkreditierung der beruflichen Fähigkeiten der Erwerbsbevölkerung, insbesondere von Personen, die während der COVID 19-Krise aus dem Arbeitsmarkt gedrängt wurden.
7. Unterstützung für Menschen, die während der Krise aus dem Arbeitsmarkt gedrängt wurden COVID 19 durch absolut flexible Berufsbildungspläne, die an außergewöhnliche Umstände angepasst sind und die akkreditierten Kompetenzen ergänzen.
8. Redimensionierung des Berufsbildungsangebots.
9. Schaffung eines kollaborativen und spezialisierten Berufsbildungsökosystems

Das spanische Ministerium (Ministerio de Educación y Formación profesional, 2020) ist auch dabei, ein Angebot an "Spezialisierungskursen" in Bezug auf einige technologische Anforderungen zu schaffen. Für die Ziele dieses Projekts sind die wichtigsten davon:

1. Cybersicherheit in betrieblichen Technologieumgebungen.
2. Aufbau von 5G-Netzen.



3. Additive Fertigung.
4. Künstliche Intelligenz und Big Data.
5. Cybersecurity in IT-Umgebungen.
6. Digitalisierung der industriellen Instandhaltung.
7. Intelligente Fertigung.

5.3. VET 4.0 - Deutschland

In Deutschland basiert die Berufsbildung auf einer engen Zusammenarbeit zwischen Staat, Unternehmen und Sozialpartnern. Die Ausbildung im dualen System ist (noch) der wichtigste Weg in die Beschäftigung für junge Menschen. Je nach Beruf ist sie auch eine weithin akzeptierte Option für junge Menschen mit Hochschulreife. Viele Unternehmen betrachten die Ausbildung als gesellschaftliche Aufgabe und sind stolz darauf, Ausbildungsbetrieb zu sein. Der relativ reibungslose Übergang in Beschäftigung und die daraus resultierende geringe Jugendarbeitslosigkeit werden als wichtige Stärken des Systems gesehen.

Die Grundlage des Systems ist das **Berufskonzept**. Auszubildende werden in einem anerkannten Ausbildungsberuf nach bundesweit gültigen Standards ausgebildet. Übergeordnetes Ziel ist es, den Einzelnen mit Fähigkeiten, Kenntnissen und Fertigkeiten - der sogenannten **beruflichen Handlungsfähigkeit** - auszustatten, die für die Ausübung einer qualifizierten beruflichen Tätigkeit in einer sich wandelnden Arbeitswelt erforderlich sind.

Kern des dualen Ausbildungssystems ist die institutionalisierte Zusammenarbeit von Bund, Ländern und Sozialpartnern auf der Grundlage eines **Konsensprinzips**. Das Angebot an betrieblichen Ausbildungsplätzen liegt in der Entscheidung der Unternehmen und unterliegt den **Marktbedingungen**.

Die Zusammenarbeit ist gesetzlich geregelt. Auszubildende im dualen System verbringen in der Regel einen Teil der Woche in der Berufsschule und den anderen Teil in einem Unternehmen, oder sie verbringen längere Zeit an jedem Ort, bevor sie sich abwechseln. Die duale Ausbildung dauert in der Regel zwei bis dreieinhalb Jahre. Die gemeinsame Verantwortung von Regierung, Arbeitgebern und Gewerkschaften hilft auch dabei, auf neue Herausforderungen wie digitale Innovationen wie das Internet der Dinge zu reagieren. Die Unternehmen bilden gemäß den Ausbildungsordnungen aus, die von den vier Beteiligten (Bund, Länder, Unternehmen und Gewerkschaften) entwickelt wurden. Diese Regelungen ermöglichen Flexibilität bei der Vereinbarung von betrieblichen Ausbildungsplänen mit den Auszubildenden. Regelmäßige Überarbeitungen der Ausbildungsordnungen gewährleisten, dass sie mit den raschen technologischen und organisatorischen Veränderungen Schritt halten.

Die Berufsbildung in Deutschland ist ein Erfolgsmodell, das weitgehend auf dem dualen System (Lehre) basiert und zu hochwertigen, auf dem Arbeitsmarkt geschätzten beruflichen Qualifikationen führt. Die Berufsausbildung ermöglicht einen reibungslosen Übergang von der Ausbildung ins Berufsleben und trägt zu einer niedrigen Jugendarbeitslosigkeit bei: 2019 lag diese bei 5,8 % der 15- bis 24-Jährigen, gegenüber 15,1 % in der EU-27. Etwa 50 % der Schüler der Sekundarstufe II nehmen an einem Berufsbildungsprogramm teil, davon 70 % an einer Lehre. Ein wachsender Anteil der Lehrlinge verfügt über eine



Hochschulzugangsberechtigung (29,2 % der Lehrlinge, die 2017 ihre Ausbildung begannen). Der Erfolg des deutschen Lehrlingssystems war auch die Haupttriebfeder für die Umsetzung der Europäischen Allianz für Lehrlingsausbildung. (CEDEFOP, 2021b)

Eine zentrale Herausforderung und die erforderlichen politischen Antworten liegen im Bereich der Steigerung der Attraktivität der Berufsbildung, um künftige qualifizierte Arbeitskräfte zu sichern, indem sie gefördert werden:

- berufliche Bildungswege bis zu den EQR-Niveaus 6 und 7 und die Betonung der Gleichwertigkeit mit der akademischen Bildung durch die neuen Bezeichnungen bachelor professional und master professional.

5.4. VET 4.0 - Niederlande

Im *Index für die digitale Wirtschaft und Gesellschaft (DESI)* der Europäischen Kommission für das Jahr 2021 liegen die Niederlande auf Platz 4thden 27 europäischen Mitgliedstaaten.

DESI 2021	Netherlands		EU
	rank	score	score
	4	65.1	50.7

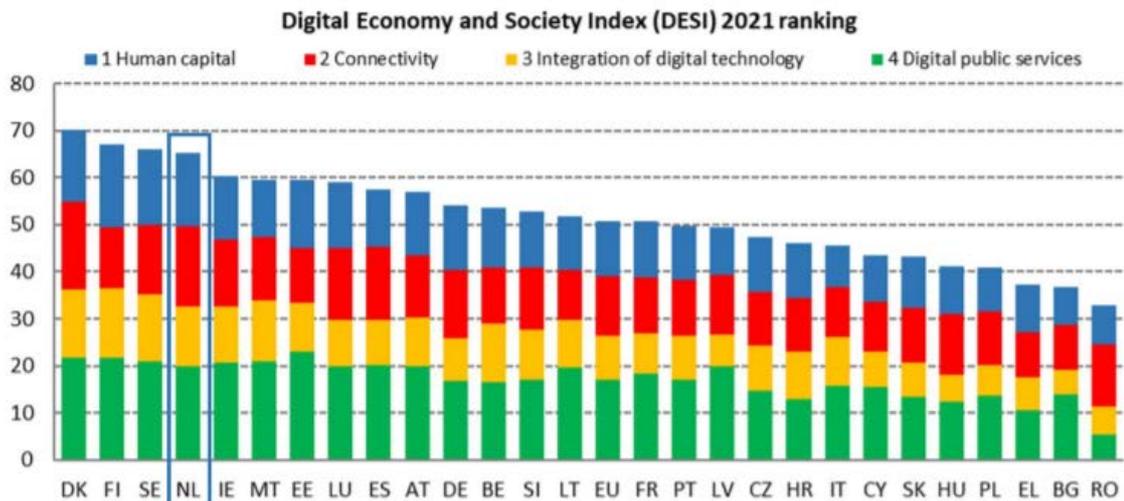


Abbildung 17: Wirtschaft und Gesellschaft Index Quelle: DESI-Index

Im Bereich Humankapital ist das Land jedoch etwas zurückgefallen. Dies spiegelt laut dem DESI-Länderbericht 2019 sowohl die steigende Nachfrage nach Fachkräften mit digitalen Fähigkeiten außerhalb der IKT-Kernbranchen als auch die von der aktuellen niederländischen Regierung und allen Interessengruppen anerkannte Schwierigkeit wider, die Bildungspolitik an die komplexen Herausforderungen der digitalen Transformation aller Sektoren anzupassen (Westerhuis, 2020)



Die Niederlande gehören zu den Spitzenreitern bei der Konnektivität, müssen aber die 5G-Abdeckung beschleunigen. Auch die Integration digitaler Technologien ist in der EU hoch. Der neue Nationale Wachstumsfonds wird genutzt, um verschiedene Initiativen, insbesondere im Bereich der KI, zu fördern.

Im Laufe der Jahre haben die Niederlande ihre Bemühungen zunehmend priorisiert und konzentriert. Die aktuellen Prioritäten der Strategie sind:

- (i) Künstliche Intelligenz (KI)
- (ii) bessere und verantwortungsvolle Nutzung von Daten
- (iii) digitale Regierung
- (iv) digitale Konnektivität,
- (v) digitale Sicherheit und Widerstandsfähigkeit
- (vi) digitale Fähigkeiten und Integration.

Die europäischen und internationalen Aspekte sind integraler Bestandteil der Strategie, und neue Themen wie die Nachhaltigkeit gewinnen an Dynamik. Um die Öffentlichkeit auf künftige Entwicklungen vorzubereiten, haben die Niederlande einen Vorausschau-Bericht "Digitalisierung 2030" veröffentlicht, der die wichtigsten wirtschaftlichen, technologischen und gesellschaftlichen Trends enthält, die sich auf den digitalen Wandel auswirken und umgekehrt. Digitale öffentliche Dienste werden immer besser. Es sollte darauf geachtet werden, dass lokale und regionale digitale öffentliche Dienste innerhalb des Landes interoperabel und gut aufeinander abgestimmt sind. Nationale Strategien für digitale öffentliche Dienste sollten auch mit dem EU-Ansatz in Einklang stehen. Es ist wichtig, dass die Niederlande bei ihrer digitalen Transformation ehrgeizig bleiben und sich mit den anderen führenden Ländern bei der Digitalisierung messen.

Berufsbildungssystem in den Niederlanden

Die folgende Abbildung zeigt das gesamte Bildungssystem in den Niederlanden. Der heterogene und multifunktionale Charakter der beruflichen Bildung im Sekundarbereich II in den Niederlanden ist einzigartig. Die wichtigsten Unterscheidungsmerkmale sind:

- Der größte Teil der öffentlich finanzierten Berufsbildung wird von großen, sektorübergreifenden regionalen Ausbildungszentren (ROCs) mit durchschnittlich 12 000 Schülern angeboten. Es gibt auch sektorspezifische Schulen und landwirtschaftliche Ausbildungszentren, die ebenfalls Berufsbildungsprogramme anbieten. Die ROCs bieten Berufsbildung für Jugendliche und Erwachsene (IVET) und allgemeine Bildung für Erwachsene an. Die ROCs sind auch auf dem Markt der beruflichen Weiterbildung tätig und bieten privat finanzierte Programme an. Staatlich geregelte berufliche Erstausbildungsprogramme werden unter bestimmten Bedingungen auch von privaten Anbietern angeboten;
- Der schulische und der duale Bildungsweg in der Sekundarstufe II führen zu den gleichen Abschlüssen. Die Teilnahme an beiden Wegen entspricht den Phasen des Wirtschaftszyklus: In Zeiten des wirtschaftlichen Aufschwungs nimmt die Zahl der Schüler im dualen Weg zu, während sie im schulischen Weg abnimmt; in Zeiten der wirtschaftlichen Rezession ist es umgekehrt;
- Die Bildungseinrichtungen haben einen relativ großen Freiheitsgrad bei der Gestaltung des Berufsbildungsangebots. Das Berufsbildungsgesetz gibt nur einen



- groben Rahmen vor, der wesentliche Elemente auf Systemebene umreißt; die Einrichtungen erhalten eine Pauschale für ihre Aufgaben;
- Die Niederlande fördern eine Kultur der faktengestützten Berufsbildungspolitik und -praxis und ermutigen zur Innovation. Zu den jüngsten Initiativen gehören die regelmäßige Versorgung der berufsbildenden Schulen mit aktuellen regionalen Arbeitsmarktinformationen und Daten über Schulabbrecher sowie die Einführung von Plan-Do-Check-Act-Mechanismen als Grundlage für die Organisations- und Programmentwicklung. Um die Kluft zwischen Forschung und Praxis im Bildungsbereich zu verringern, werden Forschung und Erkenntnisse zunehmend zur Verbesserung der Qualität und Effektivität der Berufsbildung eingesetzt, und zwar nicht nur durch die Einbeziehung professioneller Forscher, sondern auch durch die Ermutigung von Lehrern, sich an Forschungsaktivitäten zu beteiligen. Um den Wissensaustausch zu fördern, haben Berufsbildungslehrer die Möglichkeit, ihre Forschungsprojekte und -ergebnisse einem breiten Berufsbildungspublikum vorzustellen, z. B. bei Lehrertagen.

5.5. VET 4.0 - Schweden

In der Ausgabe 2021 des Digital Economy and Society Index (DESI) belegt Schweden den dritten Platz (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2021). Das Humankapital ist einer der stärksten Wettbewerbsvorteile Schwedens, das an zweiter Stelle in der EU steht. Auch wenn die Bevölkerung in Bezug auf die digitalen Fähigkeiten einen hohen Rang einnimmt, sind Maßnahmen erforderlich, um die Zahl der digitalen Experten im Land zu erhöhen, denn es wird davon ausgegangen, dass in den kommenden Jahren ein Mangel an IKT-Spezialisten auftreten wird. Schweden liegt bei der Konnektivität an fünfter Stelle. Die kürzlich abgeschlossene 5G-Auktion hat sich positiv auf die Entwicklung der Konnektivität ausgewirkt. Die Integration digitaler Technologien war in Schweden erfolgreich, und das Land liegt in diesem Bereich auf Platz drei. Die Beschleunigung des Wachstums verlangsamt sich jedoch, und andere Länder machen weiterhin Fortschritte. Schweden liegt im DESI in Bezug auf digitale öffentliche Dienste an fünfter Stelle, was auf den allgemeinen digitalen Reifegrad des Landes zurückzuführen ist (Europäische Kommission, 2021). Die Arbeitslosenquote in Schweden liegt bei 8,3 %. (SCB, 2021) und ist damit das Land mit der vierthöchsten Arbeitslosigkeit in der EU. (Europaportale, 2021). Das größte künftige Beschäftigungswachstum wird im Gesundheits- und Sozialwesen erwartet, gefolgt von den Bereichen Bildung, öffentlicher Sektor und Verteidigung (CEDEFOP, 2021a). Der Trend der letzten Jahre ist ein steigendes Erwerbssalter, und der Anteil der Menschen mit hohem Bildungsniveau ist in den letzten Jahren gestiegen, von 29 % im Jahr 2011 auf 37,6 % im Jahr 2019 (CEDEFOP, 2021a).

Die schwedische Regierung hat eine Strategie für eine neue Industrialisierung, die als Smart Industry bezeichnet wird. Smart Industry soll die Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen steigern. Smart Industry konzentriert sich auf die Bereiche I4.0, nachhaltige Produktion, Steigerung der industriellen Fähigkeiten und Testbed Sweden (Skolverket, 2020). Mit dem letztgenannten Bereich strebt Schweden eine führende Position in der Forschung an, die zur Stärkung der industriellen Produktion beitragen soll. Die Förderung industrieller



Fertigkeiten ist vor allem für den Bildungssektor und die Berufsbildung relevant. (Skolverket, 2020). Die Förderung industrieller Fertigkeiten ist ein System, das eingeführt wurde, um den Bedürfnissen des Industriesektors gerecht zu werden und die langfristige Entwicklung zu fördern. Dies geschieht in Form der Bereitstellung von Qualifikationen auf lokaler, regionaler und nationaler Ebene (Regeringen, 2016) und durch die Abstimmung zwischen den Anforderungen des Industriesektors und den Bildungsinhalten sowie durch die Sicherstellung, dass die Schüler die richtigen Kompetenzen und Fähigkeiten erwerben, die für die Arbeit in einer wissensbasierten Gesellschaft erforderlich sind. Ziel des Systems ist es, das Interesse an den Ingenieur- und Naturwissenschaften zu steigern und die Attraktivität industrienaher Studiengänge zu erhöhen (Skolverket, 2020).

Auf der Grundlage der Vorschläge, die 2016 für die Sekundarstufe II zur Verbesserung der digitalen Kompetenzen gemacht wurden, beschloss die Nationale Bildungsagentur auch, dass Programmierkenntnisse für Berufsschüler wichtig sind. Dies wurde daher in die Ausbildung aufgenommen, aber es gibt noch nicht genügend Daten, um zu bestätigen, wie die langfristigen Auswirkungen dieser Umsetzung sind (Skolverket, 2020).

Berufsbildungsprogramme bieten Studenten die Möglichkeit, ihre digitalen Fähigkeiten zu vertiefen und diese Fähigkeiten mit ihrem spezifischen Berufsbildungsbereich zu verbinden. Viele industrielle Prozesse sind hochgradig automatisiert und digitalisiert, daher werden Studierende in industriellen Technologieprogrammen in der Logik, den Werkzeugen und Technologien ausgebildet, die diese Prozesse steuern. Die Struktur der Berufsbildungsgänge wird auf nationaler Ebene festgelegt, die Bildungseinrichtungen sind jedoch relativ autonom (Skolverket, 2020). Ein Faktor, der die Kurse verändern kann, sind die Unternehmen, die sich im selben Gebiet wie die Einrichtung befinden. Ein Beispiel hierfür ist das Curt Nicolin Gymnasiet in Finspång, Schweden. Ein großes regionales Unternehmen investiert stark in die additive Fertigung und verwendet Metalldruck als Teil seiner Produktion. Das Curt Nicolin Gymnasiet bietet daher Kurse an, die sich auf diese Art von Technologie konzentrieren, und ein Labor an der Schule ist eine verkleinerte Lernfabrik der Werkstatt dieses Unternehmens. Das Curt Nicolin Gymnasiet wird von diesem Unternehmen unterstützt, und das Unternehmen sorgt gleichzeitig dafür, dass künftige Arbeitnehmer über die richtigen Kompetenzen und Fähigkeiten verfügen.

5.6. Politische Empfehlungen

Die Aufstellung einer Agenda für den politischen Wandel funktioniert am besten, wenn alle Beteiligten in der Berufsbildung - insbesondere die Leiter von Einrichtungen und die Lehrkräfte - davon überzeugt sind, dass es wichtig ist, die Entwicklung von Soft Skills und digitalen Kompetenzen sowie die Einführung von Technologien in der Berufsbildung zu fördern. Damit Reformen stattfinden können, bedarf es einer koordinierten Anstrengung zwischen politischen Entscheidungsträgern, Berufsbildungslehrern, der Industrie, Forschern und Bildungstechnologieanbietern, um den Einsatz von Technologie zu erweitern und innovative pädagogische Ansätze zu fördern (OECD 2020).

Nur wenn alle Beteiligten zusammenarbeiten, wird es möglich sein, systematische Reformen in der Berufsbildung durchzuführen und die Wahrnehmung und das Verhalten in Bezug auf



diese Fähigkeiten zu ändern. Dies ist im aktuellen Kontext von entscheidender Bedeutung, da die meisten Länder dringend systematische Maßnahmen benötigen, um Soft Skills und digitale Kompetenzen vollständig in die Ausbildung und Entwicklung von Berufsschülern einzubeziehen.

6. Entwurfspläne Vorschlag für das Berufsbildungszentrum 4.0

6.1. Zusammenarbeit mit Micro-Credentialing

Kurzstudiengänge, die mit ECTS-Mikrokrediten ausgestattet sind, wurden als Mittel angepriesen, um die Lücke zwischen den von den Berufsbildungseinrichtungen angebotenen Programmen und den von den Arbeitsplätzen geforderten Fähigkeiten zu schließen. Herkömmliche Programme sind schlecht geeignet, um dieser beispiellosen Beschleunigung der Nachfrage nach bestimmten Qualifikationen gerecht zu werden. Die Prozesse in den Berufsbildungseinrichtungen können mit den immer nuancierteren Kombinationen sich schnell verändernder Erwartungen sowohl seitens der Lernenden als auch seitens der Arbeitswelt nicht Schritt halten. Diese Herausforderungen können angegangen werden, indem man von strukturierten Abschlüssen und Kursen zu einer Reihe kleinerer Zeugnisse übergeht, die stark nachgefragte Fähigkeiten und Kompetenzen belegen, die durch nicht-formales und informelles Lernen erworben wurden.

Künftige Berufsbildungseinrichtungen werden Einrichtungen umfassen, die effizient eine qualitativ hochwertige Ausbildung in ihren Spezialgebieten anbieten (Vertiefung ihres Angebots) und sich auf Kooperationen mit anderen Einrichtungen stützen, um ihr Angebot zu ergänzen (Erweiterung ihres Angebots).

Vollzeitstudierende mit Hochschulabschluss sowie Erwachsene, die in die formale Bildung zurückkehren, um sich beruflich weiterzuentwickeln, sollten in der Lage sein, eine Reihe verschiedener Kompetenzen und Wissens- und Fähigkeitsbereiche zusammenzustellen, die mit den Anforderungen der Arbeitgeber übereinstimmen, und diese Kompetenzen aus einer Reihe von Lernquellen zu erwerben. Die Einrichtungen der beruflichen Aus- und Weiterbildung sind aufgefordert, sich den doppelten Herausforderungen der Digitalisierung und der Ökologisierung der Wirtschaft zu stellen, dies besser zu tun, indem sie den Zugang und die Personalisierung verbessern, und dies angesichts der wirtschaftlichen Erfordernisse einer alternden Bevölkerung kostengünstiger zu tun. Keine Einrichtung kann diese Herausforderungen allein bewältigen.

Die Mitglieder der EXAM 4.0-Plattform wollen gemeinsam Mikrozertifikate/Kurzkurse entwickeln und austauschen, die sich auf die Entwicklung digitaler Kompetenzen konzentrieren und die derzeitigen Arbeitskräfte darauf vorbereiten könnten, sich an die sich verändernden Rollen am Arbeitsplatz anzupassen und diese zu bewältigen. Die Zusammenarbeit wird es den Einrichtungen ermöglichen, die Chancen von entbündelten, flexiblen Lernangebotsmodellen zu nutzen.



Micro-Credential-Politiken müssen die Zusammenarbeit unterstützen, um:

- Zusammenarbeit mit der Leitung von Berufsbildungseinrichtungen, um Hindernisse für die Flexibilisierung des Kursangebots durch Mikrokreditpunkte zu ermitteln und zu beseitigen;
- Festlegung von Richtlinien und Vorschriften innerhalb des Netzes von Einrichtungen zur Anerkennung von Mikrodiplomen innerhalb des Netzes für den Zugang und den Aufstieg.
- Unterstützung der Einrichtungen bei der Erweiterung ihres Bildungsangebots in diesem Bereich durch die Integration von Modulen anderer nationaler und internationaler Anbieter.
- Einführung eines kombinierten Kursangebots, das aus Mikrokrediten besteht, die speziell auf die neuen Bedürfnisse der Industrie zugeschnitten sind.
- den Studierenden die Möglichkeit geben, virtuelle Mobilitäten zu nutzen, indem sie diese Mikrozertifikate zur Verbesserung ihres Studiums und zur Integration in ihre Abschlussqualifikationen einsetzen

6.2. Plattform für die Zusammenarbeit zwischen CoVEs in der fortgeschrittenen Fertigung

Die EXAM 4.0-Plattform soll die europäische Referenzplattform für Wissensgenerierung und -austausch, Innovation, Zusammenarbeit und Dienstleistungserbringung für Berufsbildungszentren und Unternehmen im Bereich der fortgeschrittenen Fertigung werden. Die Strategie und das Konzept der EXAM 4.0-Plattform wurden im Rahmen der europäischen Initiative für Centres of Vocational Excellence (CoVE) entwickelt, und das EXAM 4.0-Konsortium wird sie auf der Grundlage der vereinbarten Zusammenarbeit und der Arbeit in der von ihm aufgebauten kollaborativen "Leaning Factory" weiter unterstützen. Gemäß der [Europäischen Kompetenzagenda für nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit, soziale Gerechtigkeit und Resilienz](#) (Europäische Kommission 2020 c) und dem [Vorschlag der Kommission für eine Empfehlung des Rates zur Berufsbildung](#) (Europäische Kommission 2020 d) plant die Kommission, weiterhin Aufrufe zur Einreichung von Projekten für Plattformen für Zentren für berufliche Spitzenleistungen zu veröffentlichen.

Ausgehend von der Analyse des EU-Kontextes wird die EXAM 4.0-Plattform:

1. Unterstützung der EU-Initiative für Spitzenleistungen in der Berufsbildung und CoVEs.
2. Zusammenarbeit mit der ETF-Initiative für Spitzenleistungen in der Berufsbildung.
3. Einbeziehung der Ökologisierung in Bezug auf AM, Berufsbildung und Unternehmen als eine der Prioritäten der Plattform.
4. Aufnahme der Digitalisierung in Bezug auf AM, Berufsbildung und Unternehmen als eine der Prioritäten der Plattform.
5. Förderung der Zusammenarbeit zwischen dem AM-Sektor und der Berufsbildung in der AM, um die Qualifikationen zu verbessern, umzuschulen und um den Qualifikationsbedarf zu decken.



Die EXAM 4.0-Plattform könnte eine Rolle dabei spielen, Europa bei der Erreichung seiner Digitalisierungsziele zu unterstützen. Das Konsortium hat eine Vision und einen Auftrag für die Entwicklung der CoVE-Plattform in der fortgeschrittenen Fertigung definiert:

VISION: Die EXAM 4.0-Plattform soll die europäische Referenzplattform für die Wissensgenerierung und den Wissensaustausch, die Zusammenarbeit und die Bereitstellung von Dienstleistungen für Berufsbildungszentren und Unternehmen im Bereich der fortgeschrittenen Fertigung werden.

MISSION: Zusammenarbeit und Vernetzung zwischen Berufsbildungszentren und Unternehmen/Unternehmensverbänden, die im Bereich der fortgeschrittenen Fertigung tätig sind, um Qualifikationslücken in der Branche zu verringern und Wissen zwischen Berufsbildungszentren und Unternehmen zu transferieren.

Die Strategie, die Instrumente und die Dienste der Plattform haben ein großes Potenzial zur Förderung gemeinsamer Maßnahmen, um die Wirkung von Investitionen in Kompetenzen zu maximieren. Qualifikationspolitiken und -maßnahmen werden von vielen Akteuren gemeinsam durchgeführt. Ministerien, Anbieter von allgemeiner und beruflicher Bildung, die Industrie selbst, Forschungseinrichtungen, Sozialpartner, Handelskammern und Arbeitsagenturen sind nur einige von ihnen, die dazu beitragen, dass Up- und Reskilling Realität werden. Durch konzertierte Anstrengungen können Einzelpersonen und Unternehmen entlang der gesamten Wertschöpfungskette Klarheit gewinnen, Kosten senken und sich auf Prioritäten konzentrieren. (Europäische Kommission 2020 c: 6). Die Folgeprojekte müssen die Zusammenarbeit zwischen den relevanten Akteuren, vor allem AM-Unternehmen und Berufsbildungszentren, fördern, um diese Bedürfnisse zu erfüllen. Weitere Forschungsarbeiten sind erforderlich, um den branchenspezifischen Qualifikationsbedarf zu ermitteln, die neuesten Entwicklungen im Bereich der Digitalisierung zu beobachten und sie mit der Europäischen Digitalen Strategie abzustimmen. Die Auswirkungen von künstlicher Intelligenz, digitalen Kompetenzen und Arbeitsplätzen, Frauen in der IKT und die Berücksichtigung des Aspekts der Ökologisierung von Berufsbildungsunternehmen in der AM sind Gegenstand weiterer Forschungsarbeiten in kommenden Projekten.

Die Reformagenda und -politik für Qualifikationen konzentriert sich häufig auf das Qualifikationsangebot, die Reform der Qualifikationssysteme, die Einführung kompetenzbasierter Lehrpläne, die Stärkung von Ausbildungseinrichtungen und Ausbildungsmärkten, während der Nachfrage nach Qualifikationen und ihrer Rolle bei der Förderung von Beschäftigung und Wirtschaftswachstum weniger Aufmerksamkeit geschenkt wird. Die Art und Weise, wie Qualifikationen am Arbeitsplatz genutzt werden und wie sich Unternehmen in das lokale Qualifikationsökosystem einbringen, sind wichtige Faktoren, die die tatsächliche Nachfrage nach Qualifikationen prägen und sich stark auf die Lehrplangestaltung und die Systementwicklung auswirken; ein Beispiel hierfür ist die Einführung von Lernfabriken im Bildungssystem. Dies ist außerdem ein zentrales Forschungsgebiet und sollte Teil der Arbeit sein, die die Advanced Manufacturing CoVE-Plattform leistet.



6.3. Modell der Lernfabrik

Berufsbildungseinrichtungen müssen ihre Schüler auf die Nutzung von I 4.0-Technologien am Arbeitsplatz vorbereiten und dabei idealerweise die in den Einrichtungen verfügbaren neuen digitalen Technologien nutzen. Sie müssen neue Lernstrategien für die Praktiken des Lehrplans der fortgeschrittenen Fertigung in Richtung aktives und erfahrungsorientiertes Lernen umsetzen, die die neuesten globalen Trends der Industrie mit akademischen Inhalten, physischer Infrastruktur und technischen Praktiken integrieren.

Initiativen wie die Lernfabrik (Learning Factory, LF) haben versucht, Erfahrungen durch die Einbeziehung von Industrieprojekten im Rahmen des aktiven Lernansatzes in den Lehrplan einiger Ingenieurstudiengänge zu entwickeln (Abele E., 2015) . Vorläufige Studien haben gezeigt, dass die Entwicklung von Fähigkeiten und der Erwerb von Wissen besser funktioniert als bei traditionellen Ansätzen (Tisch et al., 2013) . Das LF-Konzept wurde zum ersten Mal in einer Initiative einer Gruppe von Universitäten aus den Vereinigten Staaten im Jahr 1995 erwähnt, seither gab es mehrere Vorschläge für LF; außerdem haben Institutionen wie die europäische Regierung eine offizielle Initiative für die Ausbildung von Ingenieuren angenommen (Abele E., 2015) . Derzeit wird eine LF als idealisierte Nachbildung von Teilen der Wertschöpfungskette Industrie definiert, in der informelles, nicht-formales und formales Lernen stattfindet (Enke et al., 2017) . Diese LFs wurden unter anderem für Bildungs-, Forschungs- und Ausbildungszwecke in Bereichen wie Fertigung (TU Darmstadt), Energieeffizienz (Green Factory Bavaria) und Dienstleistungsprozesse (McKinsey Capability Center Atlanta) eingesetzt.

Das Konzept der "Lernfabrik" (LF) bezieht sich auf eine Einrichtung mit Aspekten einer authentischen Produktionsumgebung, die in erster Linie für Lernzwecke konzipiert und genutzt wird.

Eine Lernfabrik ist kein einfaches Duplikat einer industriellen Fabrik, sondern so konzipiert, dass sie sich am besten für einen beabsichtigten experimentellen Lernprozess eignet und diesem dient. Die LF-Einrichtung kann physisch oder virtuell sein, oder eine Kombination aus beidem. Sie umfasst in der Regel mehr als eine Maschine oder einen Vorgang und kann auch Datenmanagement, Lieferketten und Kundendienste einschließen. Die Einrichtungen können in erster Linie bildungsbasiert oder industriebasiert sein oder Teil eines gemischten Instituts.

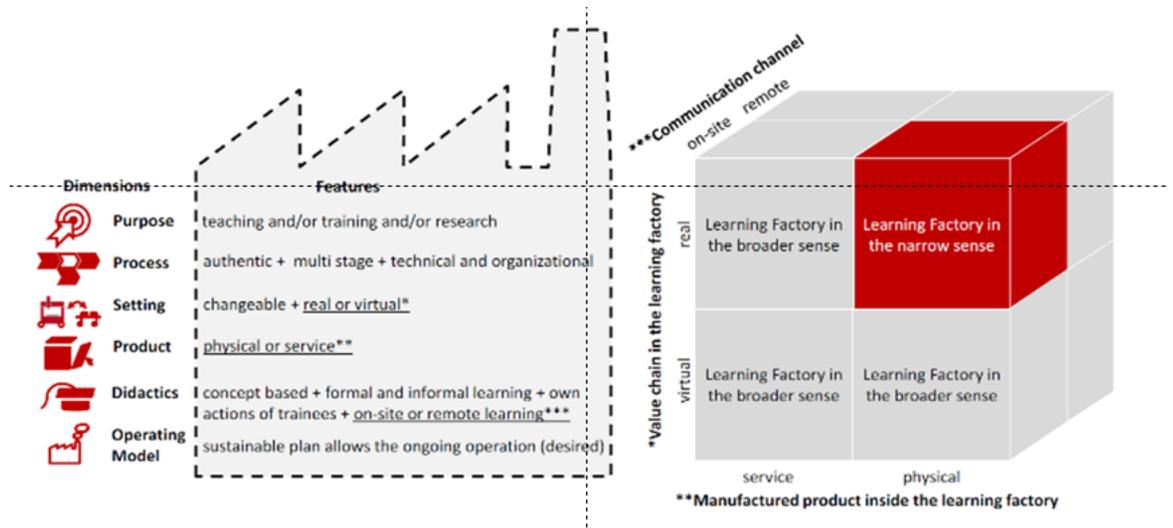


Abbildung 18: Wesentliche Merkmale und Varianten von Lernfabriken - Quelle: Abele 2015 überhaupt.

Das LF-Spektrum umfasst hauptsächlich verschiedene Lernziele:

- die akademische Ausbildung durch realistischere praktische Erfahrungen zu verbessern;
- den Erwerb von technischen und beruflichen Fertigkeiten und den damit verbundenen Verhaltens- und Sozialkompetenzen am Arbeitsplatz zu ermöglichen;
- das Bewusstsein und das Verständnis für technologische Entwicklungen und deren Auswirkungen auf den Innovationstransfer zu fördern;
- Erleichterung von Experimenten zu Forschungs-, Innovations- oder Prozessverbesserungszwecken sowie des Erwerbs der für diese Tätigkeiten erforderlichen Fähigkeiten und Kenntnisse.

Betrachtet man die internationale Praxis, so könnten Lernfabriken eine wichtige Rolle im nationalen digitalen Ökosystem spielen. Initiativen wie die Lernfabrik 4.0 im Bundesland Baden-Württemberg in Deutschland erweisen sich als gute Strategie für die Schulung von Lehrern und Schülern in Bezug auf die praktischen Auswirkungen von I 4.0 und den Einsatz neuer Technologien in der Industrie.

6.4. Lernfabriken in der Berufsbildung/HVET

Lernfabriken basieren auf einem didaktischen Konzept, das experimentelles und problemorientiertes Lernen betont. Die Philosophie der kontinuierlichen Verbesserung wird durch eigenes Handeln und interaktive Beteiligung der Teilnehmer gefördert. (Laperrière, 2015)

Andererseits ist eines der Hauptmerkmale der Berufsbildungssysteme ihr praktischer und praxisnaher Ansatz, der Ansatz des arbeitsbezogenen Lernens.

Der ausgeprägte Praxisbezug der europäischen Berufsbildungssysteme macht die LF zu einem mehr als geeigneten Szenario für die Umsetzung von Ausbildungsprogrammen in der Industrie 4.0 und speziell im Bereich Advanced Manufacturing.



In Anlehnung an die von der IALF vorgeschlagene Morphologie von LFs (IALF, 2021) vorgeschlagenen Morphologie von LFs ist es möglich, LFs zu entwerfen und zu implementieren, die auf spezifische Bedürfnisse eingehen. Die vorgeschlagene Struktur ist an ein breites Spektrum von Inhalten, Zielgruppen und Qualifikationsniveaus anpassbar. Neben der Betonung des praktischen Charakters der Berufsbildung bieten die LFs auch mehrere Vorteile:

- a) Sie bieten die Möglichkeit, die **gesamte Wertschöpfungskette** eines Produktionsprozesses nachzuvollziehen. (Vom Rohstoff bis zum Endprodukt), wodurch die Schüler einen ganzheitlichen Überblick über die Prozesse erhalten.
- b) Sie ermöglichen die Implementierung einer breiten Palette von Industrie 4.0-Technologien in der Wertschöpfungskette und bieten die Möglichkeit, sie in den gesamten Prozess zu integrieren oder isoliert zu nutzen, was eine große Vielseitigkeit beim Einsatz von LFs bietet.
- c) Es ist **skalierbar**, d.h. ausgehend von einer mehr oder weniger einfachen Basis ist es möglich, das System je nach Bedarf und Ressourcen zu erweitern.
- d) Sie bietet ein **ideales Szenario für die Virtualisierung**, was auch die Verbreitung und Zugänglichkeit des Vorschlags erleichtert.

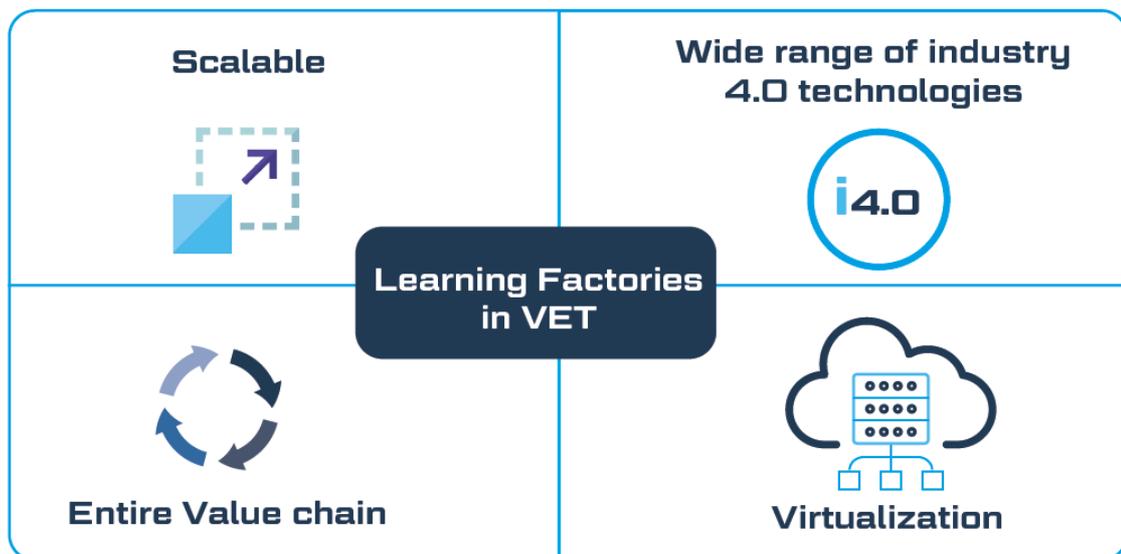


Abbildung 19: Abbildung der Vorteile von LFs: Quelle: Exam4.0

All dies deutet darauf hin, dass das Potenzial von LFs in der Berufsbildung sehr vielversprechend ist.

Richtig ist auch, dass die Implementierung von LFs in Berufsbildungseinrichtungen eine große Herausforderung darstellt. Es gibt drei wichtige Aspekte zu berücksichtigen:

- Die technische Komplexität der Umsetzung einer Reihe von Industrie-4.0-Technologien in Berufsbildungslabors: Erforderlich sind technologische Partner, fortgeschrittene Kenntnisse, die Nachrüstung vorhandener Geräte, die Fortbildung des internen Personals usw.



- Die erforderlichen Investitionen können je nach Größe und Komplexität der LFs erheblich sein. Bei der Einrichtung von LF handelt es sich um mittel- bis langfristige Projekte, die zeitlich gestaffelt sind.
- Sie erfordert ein hoch engagiertes und motiviertes Team von Lehrern und Ausbildern mit einer klaren und gut definierten Strategie und einer starken Kultur der digitalen Transformation. Die methodischen und curricularen Veränderungen, die die Einführung von LFs mit sich bringen kann, können sehr umwälzend sein.

6.5. Vorbereitung auf I 4.0: Das Beispiel einer Lernfabrik in einer berufsbildenden Schule (Land Baden-Württemberg, Deutschland)

Das Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg fördert die Einrichtung von intelligenten Lernfabriken an berufsbildenden Schulen. Um sich auf die zukünftigen Herausforderungen durch den Wandel in der industriellen Fertigung - getrieben durch Industrie 4.0 und das Internet der Dinge - vorzubereiten, hat das Land Baden-Württemberg 2015 die Allianz Industrie 4.0 gegründet, an der sich wichtige Akteure im Land beteiligen. Im Rahmen dieser Allianz entwickelte die Landesregierung mit Unterstützung des Landkreises Ludwigsburg eine "Lernfabrik 4.0" am Beruflichen *Schulzentrum BSZ Bietigheim-Bissingen* (Lernfabrik Bietigheim-Bissingen, 2020). (Lernfabrik 4.0, 2021)

Die Lernfabrik besteht aus einem verketteten Maschinensystem, einer Produktionsanlage, die vollautomatisch Modellautos unter Verwendung von realen Industriekomponenten herstellt. Sie wurde von der Firma *teamtechnik Maschinen und Anlagen GmbH* gemeinsam mit dem Lernfabrik-Team des BSZ Berufsschulzentrums entwickelt. Installiert wurden Original I 4.0-Komponenten: ein Manufacturing Execution System-Rechner, ein QR-Code-Scanner, ein Beschriftungslaser und ein kollaborativer Roboter. Das Basislabor umfasst 16 Arbeitsplätze, an denen die Schüler paarweise an Ausbildungsmodulen arbeiten. Im Rahmen ihrer Ausbildung können die Studenten Ausbildungsmodule mit speicherprogrammierbaren Steuerungen programmieren. Sie können die Funktionalität jeder einzelnen Komponente analysieren und ihre Eignung für I 4.0-Fertigungsprozesse bewerten. Alle Ausbildungsmodule sind auf mobilen Einheiten montiert, die an jedem der stationären Arbeitsplätze an das IT-Netz, die Stromversorgung und das pneumatische System angeschlossen werden können.

Viele Schülerinnen und Schüler aus den Vollzeitausbildungsgängen des BSZ und der Carl-Schaefer-Schule profitieren von der Lernfabrik, insbesondere Mechatroniker und Industriemechaniker, Fachinformatiker, Techniker und Schüler der Fachoberschule. Auch Schülerinnen und Schüler aus kaufmännischen Bildungsgängen wie Industriekaufleute und der Wirtschaftsschule profitieren von der Lernfabrik. Auch Berufsschullehrer und Fachkräfte aus der Industrie haben Zugang zu diesen Einrichtungen. Sie werden in der Regel durch Schulungen und Seminare mit der Lernfabrik und ihren Technologien vertraut gemacht.



6.6. EXAM 4.0 Kollaborative Lernfabrik

6.6.1. Definition und Ziele der Collaborative Learning Factory

Das EXAM4.0-Konsortium ist sich des Beitrags bewusst, den die Einführung von Lernfabriken für Berufsbildungseinrichtungen darstellt, und hat ein Lernfabrikenmodell entwickelt, um Lösungen für den Erwerb von Kompetenzen 4.0 und die Möglichkeiten der Zusammenarbeit, die ein CoVE-Netzwerk bietet, zusammenzuführen. Das in EXAM4.0 definierte und erprobte Modell wird als Collaborative Learning Factory (CLF) bezeichnet.

Das Modell einer kollaborativen Lernfabrik kann wie folgt definiert werden:

Es handelt sich um ein LF, das sich aus Labors, in der Regel LFs, aus entfernten Standorten zusammensetzt. Der Philosophie der LF folgend, stellt die CLF Produkte her, aber im Gegensatz zu herkömmlichen LFs erfolgt die Herstellung in der CLF auf verteilte Weise, auch geografisch. Das Produkt wird in Teilkomponenten aufgeteilt, die in den verschiedenen LFs hergestellt werden, aus denen sich die gesamte CLF zusammensetzt.

Daher wird die gesamte Wertschöpfungskette kollaborativ gestaltet und betrieben, von der Konstruktion über die Produktion, Montage, Steuerung und Logistik. Aus betrieblicher Sicht muss die entsprechende IT-Infrastruktur vorhanden sein, und zwar nach ähnlichen Richtlinien wie bei Smart Factories.

Durch diesen Ansatz verstärken wir die gemeinsame Entwicklung und Zusammenarbeit und beschleunigen den Einsatz von I4.0-Befähiger in Bildungskontexten in den lokalen LFs...

Die in EXAM4.0 getesteten Piloterfahrungen bilden die Grundlage für den Übergang von Produktionslabors für Bildung und Ausbildung zur **ersten Collaborative Learning Factory in Europa**.

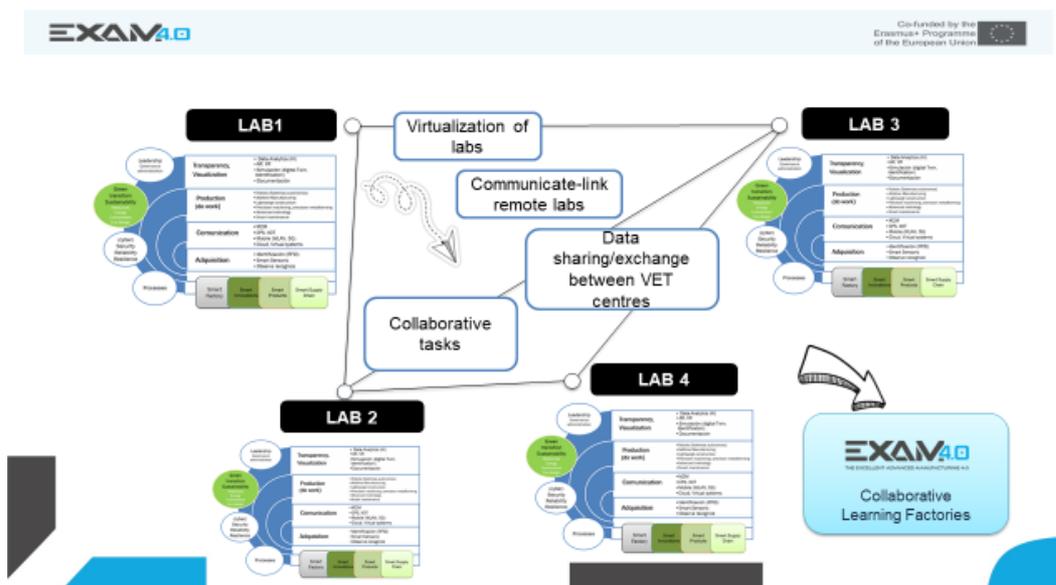


Abbildung 20.: Abbildung des schematischen Zusammenhangs zwischen den im CLF interagierenden Fernlabors: Quelle Exam4.0



Das CLF verfolgt die folgenden Ziele:

- in LF-Umgebungen zwischen internationalen Berufsbildungszentren mitgestalten.
- die regionalen LF-Vorschläge zu bereichern.
- die Umsetzung von I4.0-Technologien in den teilnehmenden Zentren zu beschleunigen.
- Formulierung eines Kooperationsmodells, an dem sich weitere berufsbildende Schulen beteiligen können.
- Verbesserung der Systeme zur Vermittlung von Qualifikationen für die fortgeschrittene Fertigung.



Abbildung 21: Abbildung der Ziele einer Collaborative Learning Factory: Quelle: Exam4

6.6.2. Prozess der Einrichtung eines CLF

Mit dem Ziel, ein Modell zu implementieren, das die Maßnahmen zur Umwandlung der bestehenden nationalen Labore der Partnerinstitutionen in Richtung einer Collaborative Learning Factory (CLF) leitet, wurde ein Forschungsprozess entwickelt. Dieser setzt sich aus den folgenden Phasen zusammen:

Identifizierung relevanter Aspekte des CLF wie: Thema, Zielgruppe, Bildungszweck, Lehr-Lern-Strategien, technologische Infrastruktur in verschiedenen nationalen LF der Partnerschaft. Die Merkmale des vorgeschlagenen CLF-Ökosystems werden in den vier Säulen definiert:

- Governance/Strategie und Organisation
- Funktionsbereiche und Kernprozesse einschließlich IT/OT-Infrastruktur
- Produktdesign/Verfahrenstechnik
- I4.0 Anwendungen und Qualifizierungsmaßnahmen

Um ein etabliertes und leicht zu vergleichendes System zur Kategorisierung von CLF zu verwenden, beschreiben wir unser vorgeschlagenes CLF anhand der von der AILF vorgeschlagenen LF-Morphologie: In diesem Modell wird die LF-Morphologie durch 7



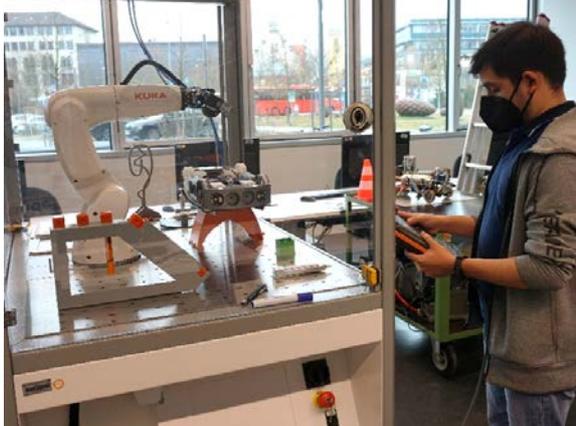
Dimensionen beschrieben: 1) Operatives Modell, 2) Ziele und Zweck 3) Prozess 4) Einstellungen 5) Produkt 6) Didaktik 7) Metriken. (Abele, Metternich, & Tisch, 2019) (LMS, 2015)

Die CLF wurde durch das Zusammenfügen mehrerer unabhängiger LFs durchgeführt. Die Summe der Beiträge der einzelnen LF bildet das Endergebnis, d.h. das in Zusammenarbeit entstandene Produkt: den autonomen Lernroboter EXAM4.0.

Bei der Beschreibung des CLF nach der von der IALF vorgeschlagenen Morphologie beziehen sich einige der geforderten Dimensionen auf regionale LFs. Dies ist der Fall bei den Dimensionen 3 Prozess, 4 Setting und teilweise 6 Didaktik. Weitere Einzelheiten zu den Definitionen der lokalen LFs, aus denen sich die CLF zusammensetzt, findet der Leser auf der EXAM 4.0-Website.

Dimension	EXAM4.0 CLF	Aspekte, die in dieser Dimension berücksichtigt werden:
1.- Operatives Modell,	Betrieben von EXAM4.0-Partnern und eingebettet in die EXAM4.0-Plattform	Für den angestrebten nachhaltigen Betrieb reicht es nicht aus, über die erforderlichen Produktionsmittel und eine Anlage zu verfügen. Um das Konzept der Lernenden Fabrik kontinuierlich betreiben und anpassen zu können, werden drei Dimensionen der Nachhaltigkeit identifiziert: <ul style="list-style-type: none"> • Wirtschaftliche oder finanzielle Nachhaltigkeit des LF-Konzepts, • Konzeptionelle oder thematische Nachhaltigkeit des LF-Konzepts, • Persönliche Nachhaltigkeit des LF-Konzepts.
2.- Ziele und Zweck	Bildung und Ausbildung	Der CLF, der in Einrichtungen der beruflichen Bildung und der höheren Berufsbildung tätig ist, ist eindeutig auf die Bildung ausgerichtet. Weiterbildungsprogramme und lebenslanges Lernen sind ebenfalls Teil der Ziele
3.- Verfahren	Summe der Prozesse der beteiligten LF	Die in der CLF hergestellten Produkte sind in Unterbaugruppen unterteilt. Jedes teilnehmende Labor/LF hat seine eigenen Prozesse und Einrichtungen, die separat beschrieben werden. Es sind jedoch einige gemeinsame Einstellungen erforderlich, um eine reibungslose Zusammenarbeit zu gewährleisten, z. B. IoT-Plattformen, Plattformen für die Zusammenarbeit von Unternehmen, Cloud-Systeme usw.



<p>4.- Einstellung en</p>	<p>Summe der Einstellungen der 4 beteiligten LFs</p>	
<p>4.- Produkt</p>	<p>Autonomer mobiler Lernroboter</p>	<p>Das in Zusammenarbeit gebaute Produkt ist ein autonomer Roboter. Es handelt sich um einen kostengünstigen autonomen Roboter oder ein Fahrzeug, das mit Steuerelektronik und einer Reihe von Sensoren ausgestattet ist, um seine Mobilität zu gewährleisten</p> <p>Das Produkt ist bis zu einem gewissen Grad anpassbar (Omniwheels, Schienen, Farben, einige zusätzliche Elemente usw.). Es ist für die Integration und Kommunikation mit anderen Arten von Elementen vorbereitet, die darauf platziert werden können (Cobots, Kameras).</p> 
<p>5.- Didaktisch</p>	<p>Die Didaktik des CLF ist unterschiedlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Auf regionaler Ebene, wo jedes Ausbildungszentrum die neuen Merkmale der CLFs an die Programme, Lehrpläne und Kompetenzen in ihren Bildungssystemen anpasst. • auf der Ebene des Konsortiums, wo es notwendig ist, einen Konsens über die Kompetenzen zu erzielen, die im Rahmen des CLF gemeinsam bearbeitet werden sollen, damit alle beteiligten Akteure diese in ihre jeweiligen nationalen Systeme integrieren können 	<p>Die "Didaktik" ist ein integraler Bestandteil der Lernfabrikkonzepte, die eines der Hauptziele der allgemeinen und beruflichen Bildung ansprechen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Was soll gelernt werden? • das Format der Lernmodule • Gibt es eine Standardisierung? • Was ist die Rolle des Ausbilders? • Kompetenzklassen, • Lernszenario-Strategie, • Grad der Autonomie der Lernenden, • Die Rolle der Ausbilder • Ebene der Bewertung • Bewertung des Lernerfolgs und anderes.



	In jedem Fall werden aktive Methoden eingesetzt. PBI, CBL, Gammifizierung und andere werden eingesetzt	
6.- Metriken	Noch nicht festgelegt	Quantitative Merkmale von LF-Konzepten werden berücksichtigt, wie z. B.: <ul style="list-style-type: none"> • Anzahl der Teilnehmer pro Lernmodul, • Teilnehmer pro Jahr • Anzahl der standardisierten Schulungen • die durchschnittliche Dauer der einzelnen Lernmodule • Verfügbarer Lernbereich. • Kapazitätsauslastung • Größe f des LF

Tabelle 4: Aspekte der CLF-Dimensionen Quelle: Exam4.0 2021

6.6.3. Im CLF eingeführte I4.0-Technologie-Enabler

Der ganzheitliche Ansatz von LFs bietet Raum für die Anwendung einer großen Anzahl von I4.0-Technologien. Darüber hinaus erfordert der abgelegene Standort der Anlagen in der CLF eine geeignete (industrielle) Kommunikationsinfrastruktur und Werkzeuge für die Zusammenarbeit.

Es ist interessant festzustellen, dass diese Umsetzungen in drei pädagogischen Bereichen Möglichkeiten bieten:

- 1) Kompetenzen im Zusammenhang mit der **Umsetzung** von I4.0-Elementen
- 2) Kompetenzen im Zusammenhang mit der **Nutzung** dieser Technologien nach ihrer Einführung in der CLF.
- 3) Verbesserung der **transversalen Fähigkeiten**

Bevor sie sich für I4.0-Technologien entscheiden, müssen die Berufsbildungseinrichtungen die folgenden Fragen beantworten: *Was will ich erreichen?* und, was noch wichtiger ist: *Warum brauche ich diese Verbesserung?* In EXAM4.0 wurden zur Ermittlung der Schlüsseltechnologien für die CLF sowohl **pädagogische Aspekte** (welche Kompetenzen sollten in der LF je nach Zielgruppe entwickelt werden) als auch **technologische Trends** in der Industrie und deren aktueller Umfang berücksichtigt. Die Berichte, die diese Analysen widerspiegeln, sind *Labs for Advanced Manufacturing, Validierungsbericht (EXAM 4.0, 2021b)* und *5.2 Das ERP, Enterprise Resource Planning, angepasst an den Projektbedarf. (EXAM 4.0, 2021a)*

Die im Rahmen des Pilotprojekts getesteten I4.0-Technologien sind in der folgenden Tabelle aufgeführt



STAGE	Tested I4.0 enabling technologies	Ongoing
Product design	PLM system. Sensor, electronic integration, communications	PLM integration; Digital twins. Eco design, virtual desktops
Process engineering	PLM-MES-ERP integration, IoT platforms, digital workplace	Integration; Digital twins, energy efficiency
Manufacturing	Machining, Additive manufacturing, IIoT, MES, PLM, ERP, Augmented Reality, RFID, digital workplace	Enhanced ERP, PLM integration, IIoT platform, data exploitation tools. Smart maintenance systems
Assembly	Automation, robotics, rfid, artificial vision, AR	Digital twins, Cobots, traceability
IT/OT tools	IIoT platform, cybersecurity	Cloud/edge computing solutions.

Tabelle 5: Getestete I4.0-Grundlagentechnologien während des Pilotprojekts; Quelle: EXAM4.0

Alle genannten Technologien sind für das reibungslose Funktionieren des CLF erforderlich. Es lohnt sich jedoch, **einige Elemente aufgrund ihres integrativen Charakters** zu erwähnen. So spielen beispielsweise PLM-MES-ERP-Systeme eine wichtige Rolle bei der Gewährleistung der Funktionsfähigkeit des kollaborativen Systems. Der derzeitige Ansatz besteht darin, lokale MES-Systeme zu implementieren, die mit einem zentralisierten und gemeinsamen PLM-ERP-System verbunden sind. Andererseits dient die IIoT-Plattform als Werkzeug für die Datenerfassung und -verwertung, sowohl lokal als auch aus der Ferne, so dass Nutzer an anderen Orten die an einem Ort erstellten Daten für verschiedene didaktische Zwecke nutzen können.

Auch virtuelle Werkzeuge sind erwähnenswert. Das Potenzial dieser Technologien ist enorm. Die Anerkennung von Virtualisierungslösungen, von virtuellen, erweiterten, gemischten Realitäten, Simulationen ... bis hin zu verschiedenen Varianten digitaler Zwillinge, führt nicht nur zu leistungsstarken didaktischen Anwendungen, sondern auch zu Möglichkeiten der Fernzusammenarbeit und -verbreitung. Augmented-Reality-Lösungen in der CLF-Umgebung der Labore werden derzeit getestet.

6.6.4. Didaktik des CLF

Das endgültige Ziel des EXAM 4.0 CLF ist es, Menschen in der fortgeschrittenen Fertigung auszubilden. Bislang wurde der technologische und operative Teil des CLF beschrieben und referenziert. Der gesamte Einsatz verfolgt ein didaktisches Ziel.

Die Analyse der im CLF benötigten Ausrüstung und Technologien wurde parallel zu den Zielkompetenzen durchgeführt. Die oben erwähnten Technologie- und Kompetenzrahmen, die in WP2 enthalten sind, definieren und messen die Sammlung von Fähigkeiten und Attributen, die für die Ausführung bestimmter Aufgaben erforderlich sind, in vielen Fällen neue Aufgaben aufgrund der digitalen Transformation.

Das Ziel des CLF ist es, ein Szenario zu schaffen, in dem die Lernenden diese vorher festgelegten Kompetenzen erwerben. Daher sind die im CLF geforderten Kompetenzen eine wichtige Voraussetzung für dessen Umsetzung. Die Didaktisierung des CLF bezieht sich auf die Anpassung von technologischen Inhalten und Lernmethoden, um sicherzustellen, dass bestimmte Schüler die vordefinierten Fähigkeiten erreichen.



Die Komplexität des CLF-Modells liegt u. a. darin begründet, dass die Kompetenzen der Schüler und die verschiedenen Bildungssysteme gemeinsam behandelt werden. Es ist zu beachten, dass sich das CLF aus Ausbildungszentren aus 4 verschiedenen Ländern zusammensetzt. Daher ist der didaktische Charakter des

Die CLF müssen auf mindestens zwei Ebenen bearbeitet werden:

- Auf **regionaler Ebene**, wo jedes Ausbildungszentrum die neuen Merkmale der CLFs an die Programme, Lehrpläne und Kompetenzen in ihren Bildungssystemen anpasst.
- Auf der **Ebene des Konsortiums**, wo es notwendig ist, einen Konsens über die Kompetenzen zu erzielen, die im Rahmen des CLF gemeinsam bearbeitet werden sollen, damit alle beteiligten Akteure sie in ihre jeweiligen nationalen Systeme integrieren können.

Die Didaktisierung des CLF für beide Niveaus beinhaltet die Entwicklung von didaktischen Lösungen für die vordefinierten Kompetenzen, die in Advanced Manufacturing bearbeitet werden. Diese didaktischen Lösungen werden Aspekte umfassen wie:

- Erstellung von spezifischen Inhalten
- Modularisierung der Inhalte, um Flexibilität zu erreichen
- Vermittlungsmechanismen/Lernmethoden je nach Inhalt und Zielgruppe: z.B. aktive Methoden, Gamification, Mikro-Learnings, Mobile-Learnings, digitale Zwillinge für die Ausbildung, pbl, cbl...
- Arbeitsmethoden für gemeinsame Aufgaben unter internationalen Studenten
- Auf bestimmte Berufe ausgerichtete Lernpfade
- -Aktualisierung von Lehrplänen und Ausbildungsprogrammen
- Einrichtung neuer Kurse
- Bewertungssysteme
- Akkreditierungs- und Microcredentialing-Systeme

In der EXAM4.0-Pilotphase wurde der Schwerpunkt auf die Bewertung der Auswirkungen der CLFs auf regionaler Ebene gelegt. Das heißt, die Auswirkungen der Umsetzung eines CLF auf die didaktischen Aspekte der betreffenden Ausbildungsprogramme zu bewerten. In dieser Phase wurde auch der Einfluss einer CLF-Implementierung auf andere Nebenprogramme der beteiligten Organisationen bewertet (EXAM 4.0)



Reference documents:

8 Report on skills acquired by the students taking part in the piloting

6 Protocol of exploitation of CLF by SMEs

7 Protocol of exploitation of CLF by Entrepreneurs



Abbildung 22: Berichte über den Einfluss einer CLF-Implementierung auf berufsbildungsbegleitende Programme; Quelle EXAM4.0

6.6.5. EXAM 4.0 Anwendungen

Wie in den Abschnitten zur Beschreibung der LF gesehen, kann jede Institution ihre LF so gestalten, wie es ihren Zielen am besten entspricht. Daher gibt es unter den Anwendungen, die von Industrie 4.0 abgedeckt werden, a priori keinen spezifischen Anwendungsbereich für LFs. Vielmehr ist es möglich, für verschiedene Anwendungen geeignete LFs zu finden. Das bedeutet, dass eine LF verschiedene Industrie 4.0-Treiber wie Smart Solutions, Smart Innovation, Smart Supply Chains, Smart Factory oder andere ansprechen kann.

Das in EXAM vorgeschlagene Modell ist eine Möglichkeit, die in den regionalen LF eingerichteten Einzelanwendungen zu erweitern. Jede Einrichtung geht von einer eigenen LF aus, die zunächst für bestimmte Anwendungen konzipiert ist. Folglich verfügt das Personal jeder LF über spezifisches Fachwissen in diesen Anwendungen.

Durch die Zusammenarbeit mit internationalen Institutionen im Rahmen des CLF ist es jedoch möglich, eine Schnittstelle zu vielleicht eher unbekanntem Industrie-4.0-Anwendungen zu schaffen.

Es ist möglich, dass LFs, die sich auf denselben Anwendungsbereich konzentrieren, z.B. Smart Factories, gemeinsam ihre Expertise in diesem Bereich vertiefen. Es kann auch der Fall sein, dass LFs mit unterschiedlichem Hintergrund (z. B. Smart Factory und Smart Logistics) zu einem bestimmten Zeitpunkt Wissen austauschen.

Es liegt auf der Hand, dass die Interdisziplinarität auch einen höheren Grad an Komplexität im CLF-Modell oder zumindest in den Interaktionen zwischen den LFs erfordert.

In jedem Fall wird ein flexibler Ansatz verfolgt, der Raum für die Beteiligung von LF unterschiedlicher Art an einem gemeinsamen Ziel lässt.



6.7. Politische Empfehlungen

Es besteht nun die Möglichkeit - die im Zusammenhang mit COVID-19 noch dringlicher geworden ist -, die Entwicklung und den Einsatz von Lernfabriken stärker zu konzentrieren. Die Möglichkeit, dass Lernfabriken einen größeren Beitrag leisten können, muss in einem Systemkontext gesehen werden und nicht nur im Hinblick auf die Kapazität und die Fähigkeiten einzelner Einrichtungen, Labors und Institutionen.

Dabei geht es nicht nur darum, den Bau und die Ausstattung weiterer Einrichtungen zu fördern. Vielmehr ist ein besser koordinierter, kooperativer Ansatz erforderlich, um den Beitrag bestehender Einrichtungen zu maximieren, Verschwendung und Doppelarbeit zu vermeiden und sich auf die Bereiche zu konzentrieren, in denen Lücken am dringendsten geschlossen werden müssen, sei es international oder lokal.

Durch die Anwendung des Konzepts der Zusammenarbeit auf einer CoVE-Plattform und die Schaffung einer "Qualifikationswertschöpfungskette" haben Lernfabriken das Potenzial, zur Verknüpfung der Qualifikations- und Innovationssysteme in einem viel breiteren Sinne beizutragen, indem sie kosteneffizient sind und als physische oder virtuelle Manifestation dieser Verknüpfung fungieren.

7. Referenzen

- Abele E. (2015). *Lernfabriken für Forschung, Lehre und Ausbildung*. TU Darmstadt.
- Acatech. (2020). *Industrie 4.0 Maturity Index Management der digitalen Transformation von Unternehmen*. Abgerufen von <https://en.acatech.de/publication/industrie-4-0-maturity-index-update-2020/download-pdf?lang=en>.
- Ahrens, D., & Spöttl, G. (2018). Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften. In H. Hirsch-Kreinsen, P. Ittermann, & J. Niehaus (Eds.), *Digitalisierung industrieller Arbeit: Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen* (2. Aufl., S. 173-194). Nomos Verlagsgesellschaft. <https://doi.org/10.5771/9783845283340-172>
- Bruhn, M., & Hadwich, K. (Eds.). (2017). *SpringerLink Bücher. Dienstleistungen 4.0: Geschäftsmodelle - Wertschöpfung - Transformation. Band 2. Forum Dienstleistungsmanagement*. Springer Gabler. <http://swbplus.bsz-bw.de/bsz485815494cov.htm> <https://doi.org/10.1007/978-3-658-17552-8>
- Capgemini. *Bewertung des Reifegrads der digitalen Fertigung*. 2021. Abrufbar unter https://capgemini-engineering.com/us/en/integrated_solution/digital-manufacturing-maturity-assessment
- CEDEFOP. (2021a). *Skills Panorama: 2021 Digital Economy and Society Index (DESI) Spain*. <https://skillspanorama.cedefop.europa.eu/en/country>
- CEDEFOP. (2021b). *Spotlight on VET - 2020 compilation: vocational education and training systems in Europe*. Luxemburg: Amt für Veröffentlichungen. CEDEFOP.
- CEDEFOP 2020. *Zukunft der Berufsbildungsberufe*. 2020. <https://skillspanorama.cedefop.europa.eu/en/dashboard/future-vet-occupations>.



- Enke, J., Glass, R., & Metternich, J. (2017). Einführung eines Reifegradmodells für Lernende Fabriken. *Procedia Manufacturing*, 9, 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.04.010>
- Europaportale. (2021). *Arbetslösheten minskar i EU - inte i Sverige*.
<https://www.europaportalen.se/2021/07/arbetslosheten-minskar-i-eu-inte-i-sverige>
- EUROPÄISCHE KOMMISSION. (2020). *Empfehlung des Rates zur beruflichen Aus- und Weiterbildung (VET) für nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit, soziale Gerechtigkeit und Widerstandsfähigkeit*. <http://edz.bib.uni-mannheim.de/edz/pdf/swd/2020/swd-2020-0123-en.pdf>
- EUROPÄISCHE KOMMISSION. (2021). *Index für die digitale Wirtschaft und Gesellschaft (DESI) 2021; Schweden*.
- EUROPÄISCHE KOMMISSION 2018. *Schools goes digital*. 2018. Abrufbar unter https://ec.europa.eu/education/schools-go-digital_en.
- EXAM 4.0. *Protokoll über die Nutzung von CLF durch KMU*. (Bericht 6). Abrufbar unter <https://examhub.eu/proposals-for-advanced-manufacturing-4-0-labs/>
- PRÜFUNG 4.0. (2021a). *Das ERP, Enterprise Resource Planning, angepasst an die Projektbedürfnisse* (Bericht 2). Abgerufen von <https://examhub.eu/the-erp-enterprise-resource-planning-adapted-to-the-project-needs/>
- PRÜFUNG 4.0. (2021b). *Labs for Advanced Manufacturing. Validierungsbericht* (Bericht 1). Abrufbar unter <https://examhub.eu/validation-report/>
- Hamilton Ortiz, J. (Hrsg.). (2020). *Industrie 4.0 - Aktueller Stand und zukünftige Trends*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.86000>
- IALF. (2021). *Morphologie der Lernfabriken*. <https://ialf-online.net/>.
- IMPULS. (2015). *Industrie 4.0 Readiness Online Self-Check*. Abgerufen von <https://www.industrie40-readiness.de/?lang=en>
- Industria Connectada. (2018). *Advanced Digital Self-Assessment Tool*. Abgerufen von <https://hada.industriaconnectada40.gob.es/hada/register>
- Kampylis, P., Punie, Y. und Devine, J. (2015). *Promoting Effective Digital-Age Learning: A European Framework for Digitally-Competent Educational Organisations*.
- Kotter, J. P. (2016). *Leading change: Wie Sie Ihr Unternehmen in acht Schritten erfolgreich verändern* ((W. Seidenschwarz, Trans.)). Vahlen.
- Laperrière, R. (2015). *CIRP* (Encyclopedia of Production Engineering).
- Lernfabrik 4.0. (2021). *Lernfabrik Bietenheim-Bissingen*. <https://www.lernfabrik-bietenheim.de/>
- Ministerio de Educación y Formación profesional. (2020). *Plan de Modernización de la Formación Profesional*. <https://www.todofp.es/dam/jcr:5d43ab06-7cdf-4db6-a95c-b97b4a0e1b74/220720-plan-modernizacion-fp.pdf>
- OECD 2020. (2020). *Bildung auf einen Blick 2020: OECD-Indikatoren*.
<https://doi.org/10.1787/888934161843>
- Regeringen. (2016). *Smart Industry - eine Strategie für eine neue Industrialisierung für Schweden*.
https://www.regeringen.se/contentassets/510322e2f439447cb52f8efc28fa260d/nist_a4_faktablad_160701_eng_web.pdf
- Sancha Gonzalo, I. (2020). *Berufliche Aus- und Weiterbildung für die Zukunft der Arbeit: Spanien*. Reihe "Thematische Perspektiven" des Cedefop ReferNet.



- http://libserver.cedefop.europa.eu/vetelib/2020/vocational_education_training_future_wor_k_Spanien_Cedefop_ReferNet.pdf
- SCB. (2021). *Arbetslöshet i Sverige*. <https://www.scb.se/hitta-statistik/sverige-i-siffror/samhallets-ekonomi/arbetsloshet-i-sverige/>
- Schuh, G. (2017). *Industrie 4.0 Maturity Index: Management der digitalen Transformation von Unternehmen (acatech STUDIE)*. München.
- Schuh, G., Anderl, R., Gausemeier, J., Hompel, M. ten, & Wahlster, W. (Eds.). (2017). *Acatech-Studie. Industrie 4.0 Reifegradindex: Wie die digitale Transformation von Unternehmen gelingt*. Herbert Utz Verlag GmbH.
http://web.archive.org/web/20170630010318/http://www.acatech.de/fileadmin/user_upload/Baumstruktur_nach_Website/Acatech/root/de/Publikationen/Projektberichte/acatech_STUDIE_Maturity_Index_eng_WEB.pdf
- SEDB. (2021). *Singapore smart industry readiness index*. Abgerufen von:
<https://www.siri.gov.sg/>
- Skolverket. (2020). *Berufliche Aus- und Weiterbildung für die Zukunft der Arbeit: Schweden*.
- Stratechi. (2021). *Prozess-Reifegrad*. Abgerufen von <https://www.stratechi.com/process-maturity-levels/>
- Tisch, M., Hertle, C., Cachay, J., Abele, E., Metternich, J., & Tenberg, R. (2013). *systematic approach on developing action-oriented, competency-based Learning Factories*. CIRP Conference on Manufacturing Systems 2.
- Westerhuis, A.F. (2020). *Berufliche Aus- und Weiterbildung für die Zukunft der Arbeit: Netherlands*. Cedefop ReferNet thematic perspectives series.
http://libserver.cedefop.europa.eu/vetelib/2020/vocational_education_training_future
- Wikipedia. (2021). *Toyota Kata*. Wikipedia. Abgerufen von https://en.wikipedia.org/wiki/Toyota_Kata