Welcome to · Bienvenue à · پف مكب ابحرم · La bienvenida a · Hoş geldiniz 水地 · Καλώς ήρθατε στο · Benvenuto · دىدمآ شوخ · Добро пожаловать Willkommen am ・ヘようこそ · Zapraszamy do



Lernen in einer digital vernetzten Welt:

Transformation von Industrie 4.0 in berufliche Bildung 4.0

Ausarbeitung anlässlich der Auftaktveranstaltung "Fit in Ausbildung - Perspektive 4.0" am 31.01.2018 in der Industrie- und Handelskammer zu Köln

Karl-Georg Nöthen, OStD

Hans-Böckler-Berufskolleg Eitorfer Str. 18/20

50679 Köln

Tel.: 0221 221-91145 Fax.: 0221 221-91110 noethen@schulen-koeln.de

www.hbbk-koeln.de

Inhaltsverzeichnis

1	Schla	gworte 4.0	3
2	Die 4	. Industrielle Revolution	4
	2.1	Industrie 4.0	5
	2.2	Arbeiten 4.0	8
3	Beruf	liche Bildung 4.0 für die Teilhabe an einer digital vernetzten Welt	9
	3.1	Qualifizierung für Industrie 4.0	9
	3.2	Neue Antworten auf bekannte Fragestellungen der beruflichen Bildung	. 12
	3.3	Drei Handlungsstränge eines Medienkonzepts für Bildung 4.0	. 15
	3.4	Digitale Infrastruktur für den Klassenraum 4.0	. 18
4	Litera	turverzeichnis	21

1 Schlagworte 4.0

Kaum eine Fachzeitschrift aus den Bereichen Wirtschaft, Industrie, Verwaltung oder Bildung geht heute ohne Schlagworte mit der Erweiterung "4.0" in Druck. Die zugehörigen Artikel versuchen zu erklären, welche Veränderungen sich mit der zunehmenden Digitalisierung einstellen werden. Je nach Zielgruppe in der Leserschaft werden die zu erwartenden Veränderungsprozesse entweder als Bedrohung oder als Chance bewertet: "Wenn der Wind der Veränderung weht, bauen die einen Mauern und die anderen Windmühlen." (Chinesisches Sprichwort)

Jedoch folgen hinter einem Schlagwort "4.0" in der Titelzeile oftmals auch Artikel, die beim Leser die Hoffnung schüren, dass man mit dem Status-Quo bereits wesentliche Ziele der sogenannten "digitalen Revolution" erreicht hat. Im Bildungsbereich sind dies zum Beispiel Berichte über Schulen, die ihre Kreidetafeln durch eine digitale Medienausstattung ergänzt oder ersetzt haben. Dieser Schritt ist aber nur ein Etappenziel auf dem Weg zu einer "beruflichen Bildung 4.0", keinesfalls jedoch der Endpunkt der anstehenden Digitalisierungsprozesse im Bildungssektor.

Pro- und Contra-Diskussionen sowie Widerstände gegen Neuerungen sind für Veränderungsprozesse typisch. Die vorliegende Bestandsaufnahme aus der Perspektive eines Berufskollegs mit maschinenbautechnischen Bildungsgängen möchte einen Beitrag dazu leisten, eine eigene Bewertungsgrundlage zum Themenbereich "4.0" im Bereich Bildung zu finden.



Abbildung 1: Schlagworte der 4. Industriellen Revolution. Oder doch eher Worthülsen?

2 Die 4. Industrielle Revolution

Der Begriff "Revolution" beschreibt Umwälzungsprozesse, in denen das Neue notfalls auch gegen den Widerstand des Bestehenden eingeführt wird. Die Analogie des Begriffs "Industrielle Revolution" zu politischen Revolutionen ist insofern auch für die Digitalisierung zutreffend, weil dieser radikale Veränderungsprozess vom globalen Wettbewerb der Industrienationen erzwungen wird.

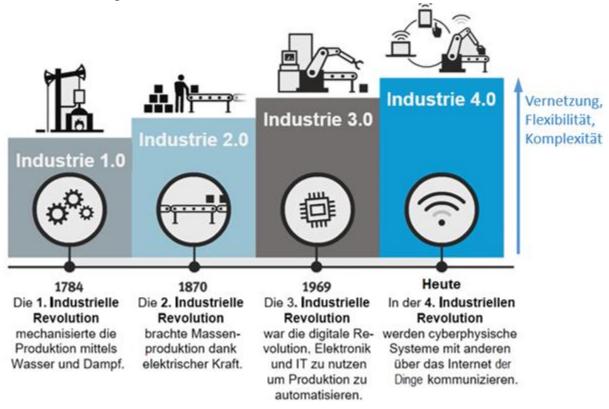


Abbildung 2: Wie positioniert sich berufliche Bildung in der 4. Industriellen Revolution?

Allerdings beschreibt der Begriff der industriellen Revolution kein punktuelles Ereignis, sondern längere Zeiträume, in denen charakteristische Veränderungen in Industrie und Gesellschaft stattfinden. Somit wird man nicht von einer plötzlich eintretenden Umwälzung überrascht. Vielmehr kann man sich auf einen längeren Veränderungsprozess einstellen und sich entsprechend positionieren. Indem man die Etappen der Veränderungsprozesse mitgestaltet, kann aus der industriellen Revolution eine industrielle und gesellschaftliche Reform oder Evolution werden. Der Begriff "Reform" steht hierbei für eine planvolle und strukturierte Veränderung bestehender Verhältnisse. Aber auch die Analogie zur Darwin'schen Evolutionstheorie "Survival of the Fittest" ist durchaus zutreffend: "Es ist nicht die stärkste Spezies die überlebt, auch nicht die intelligenteste, es ist diejenige, die sich am ehesten dem Wandel anpassen kann."

Wie in der biologischen Evolution werden digitale Veränderungsprozesse nicht immer linear verlaufen. Auch hier wird es zu Fehlentwicklungen kommen, die sich als nicht praxistauglich erweisen werden. Dies zeigt auch die Entwicklung von Industrie 1.0 bis zur Industrie 4.0. Die Entwicklungsstufen von der Dampfmaschine hin zur Digitalisierung sowie der Integration cyberphysischer Systeme beschreiben Zeiträume, in denen der technologische Fortschritt zur kontinuierlichen Steigerung der industriellen Produktion bzw. Produktivität geführt hat. Für diese technologischen und gesellschaftlich-kulturellen Veränderungsprozesse existierte zu

Beginn der 1. Industriellen Revolution kein Masterplan. Ein Indiz hierfür ist, dass die Entwicklungsstufen Industrie 1.0, 2.0, 3.0 und 4.0 erst rückwirkend so strukturiert und benannt wurden.

"Wege entstehen dadurch, dass man sie geht." (Franz Kafka). Statt revolutionärem Umsturz ist für die in Abbildung 2 zusammengefassten Veränderungsprozesse der stete Wandel mit dem Ziel der kontinuierlichen Verbesserung kennzeichnend. Die für solche eher zirkular verlaufenden Veränderungsprozesse notwendige Flexibilität der Beteiligten ist eine immer wieder zitierte Kernkompetenz auf dem Arbeitsmarkt 4.0. Hierauf muss Bildung 4.0 junge Menschen und etablierte Fachkräfte vorbereiten. An dieser Forderung wird deutlich, dass die Digitalisierung - über die Ausstattung mit digitalen Medien hinaus - zu einer umfassenden Neuordnung der Aus- und Weiterbildung führen wird. Die zögerlichen und nur punktuellen Entwicklungsvorhaben zur Digitalisierung von Schule lassen jedoch vermuten, dass die von Industrie 4.0 ausgelösten radikalen Veränderungen derzeit noch die Vorstellungskraft der in den Bildungsinstitutionen Tätigen übersteigt: "Wenn ich die Menschen gefragt hätte, was sie wollen, hätten sie gesagt, schnellere Pferde." (Henry Ford)

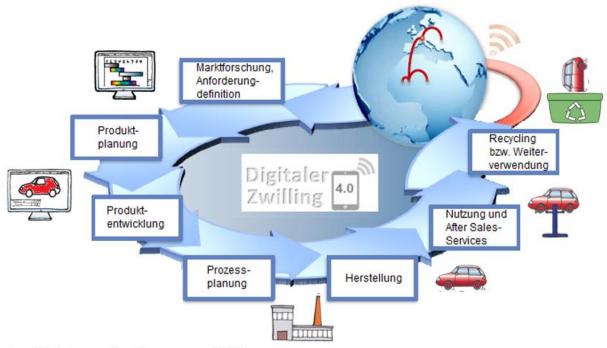
Mit den Begriffen "Industrie 4.0" und "Arbeiten 4.0" aus dem Schlagwortkatalog werden im folgenden Kapitel die anstehenden Veränderungsprozesse der "4. Industriellen Revolution" exemplarisch beschrieben.

2.1 Industrie **4.0**

Im Mittelpunkt einer Industrie 4.0 "steht eine Vernetzung von autonomen, sich situativ selbst steuernden, sich selbst konfigurierenden, wissensbasierten, sensorgestützten und räumlich verteilten Produktionsressourcen (Produktionsmaschinen, Roboter, Förder- und Lagersysteme, Betriebsmittel) inklusive deren Planungs- und Steuerungssystemen. Ein Kernelement des Szenarios ist die sogenannte "Smart Factory". (Plattform Industrie 4.0, 2013) Dieses Schlagwort von Industrie 4.0 beschreibt hierbei die Vision einer Produktionsumgebung, in der die Produktionsmittel und Logistiksysteme über ein "Internet der Dinge" (Internet of Things) miteinander vernetzt sind und sich weitgehend autonom organisieren.

In einer Smart Factory können Produkte flexibel auf individuelle Kundenanforderungen zugeschnitten und in der "Losgröße 1" effizient gefertigt werden. Grundlage hierfür ist die Speicherung aller für die Herstellung relevanten Informationen auf einem Chip, der das Produkt durch den gesamten Herstellungsprozess begleitet. Auf diese Weise wird sichergestellt, dass das Produkt in der richtigen Reihenfolge bzw. entsprechend der Kundenanforderungen gefertigt wird und dann auch fristgerecht beim richtigen Auftraggeber ankommt.

Mit der technologischen Weiterentwicklung in der Digitalisierung, insbesondere im Management immenser Datenmengen, können zukünftig in einer Industrie 4.0-Umgebung alle am oder mit dem Produkt durchgeführte Prozesse (Herstellung, Betrieb, Instandsetzung, Entsorgung etc.) während des gesamten Produkt-Lebenszyklus erfasst und dokumentiert werden. Dieses Zukunftsszenario wird durch das Konzept des digitalisierten "Product Lifecycle Managements (PLM)" mit einem sogenannten "digitalen Zwilling" (Abbildung 3) zur Simulation von realen Prozessen beschrieben.



Produkt-Lebenszyklus-Management (PLM):

Datengestütztes, produktbezogenes und unternehmensübergreifendes Informationsmanagement im gesamten Produktlebenszyklus

Digitaler Zwilling:

Computergestützte Simulation von realen Prozessen, Produkten oder Dienstleistungen

Abbildung 3: Zukunftsszenario "Digitalisiertes Produkt-Lebenszyklus-Management": Reichen für die Digitalisierung sämtlicher Prozesse die Kompetenzen aus Industrie 3.0? (NTT DATA Deutschland GmbH) (Fraunhofer IPK)

Eine Zwischenstufe zur "Smart Factory" stellen IT-basierte Produktionsleitsysteme dar, sogenannte "Manufacturing Execution Systems (MES)". MES ist die Schnittstelle zwischen der IT-basierten Auftrags- und Ressourcenplanung in der Leitungsebene von Unternehmen sowie deren ebenfalls IT-basierten Steuerungssystemen in der Fertigungsebene (Abbildung 4).

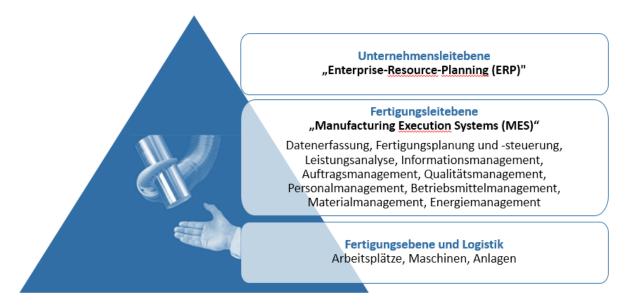


Abbildung 4: MES-Pyramide: Wie können Kompetenzen für die digitalisierte und vernetzte Fertigungsplanung und –steuerung praxisnah und lernwirksam im Unterricht erworben werden? (Verein deutscher Ingenieure, 2018)

Mit dem MES werden Produktionsdaten wie Material-, Maschinen-, Prozess- und Milieuzustände über Sensoren in Echtzeit erfasst und über automatisierte Verfahren ausgewertet. Mit den Ergebnissen können Fehler im Produktionsprozess sofort erkannt und umgehend beseitigt werden. Darüber hinaus sollen aber auch aus Auffälligkeiten im aktuellen Systemverhalten potentielle Fehler und zukünftige Störquellen prognostiziert werden.

Dieses Szenario lässt sich mit bereits heute vorhandener Technologie realisieren. Ein Marketingprojekt der Robert Bosch GmbH zeigt anschaulich, wie eine ca. 130 Jahre alte "Drehbank" aus der Ära von Industrie 1.0 ins Zeitalter von Industrie 4.0 der vernetzten Produktion transformiert werden kann. Die ursprünglich für die Werkstattfertigung konstruierte Drehbank mit Pedalantrieb wurde mit Sensoren für die kontinuierliche Zustandsüberwachung aufgerüstet (Abbildung 5). Dem Maschinenbediener wird zum Beispiel auf einem Monitor angezeigt, ob er die Drehfrequenz über das Fußpedal erhöhen oder verringern muss, um die für die Oberfläche und die Standzeit des Werkzeugs optimale Schnittgeschwindigkeit einzuhalten. Die Messtechnik an der Drehbank erfasst den Schlupf am Treibriemen. Überschreitet dieser einen vorgewählten Schwellenwert (zum Beispiel 2%), wird über die Vernetzung automatisch die Instandhaltung mit dem Austausch des Antriebriemens beauftragt. Auch ein unregelmäßiger Energieverbrauch oder veränderte Schallemissionen können Indikatoren für eine sich anbahnende Störung sein.

Darüber hinaus kann die Drehbank über entsprechende Informationstechnologie (Hard- und Software) in vernetzte Produktionsprozesse integriert werden. Durch die Prozessüberwachung kann auf potentielle Störungen frühzeitig reagiert werden. Auf diese Weise können plötzlich auftretende Ausfallzeiten vermieden und die Qualitätsanforderungen des Kunden eingehalten werden.

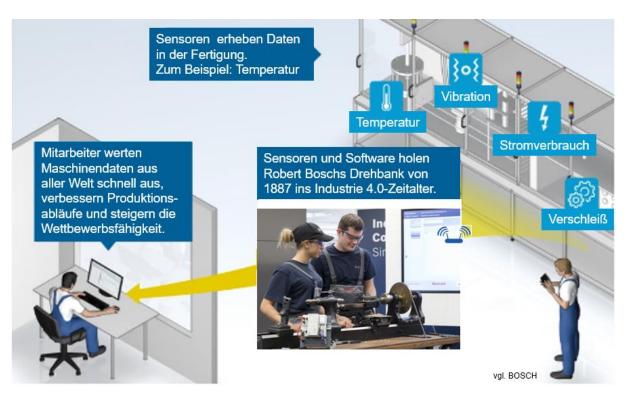


Abbildung 5: Sensoren und Software machen alte Werkzeugmaschinen fit für Industrie 4.0 (Robert Bosch GmbH).

Die Technologie ist aus Industrie 3.0 bekannt. Wie aber wird Industrie 4.0 die Fachdidaktik verändern?

2.2 Arbeiten 4.0

Das Schlagwort "Arbeiten 4.0" fasst die umfassenden Veränderungsprozesse der Arbeitsweisen und Arbeitsverhältnisse zusammen, die von einer Industrie 4.0 initiiert und durch die Digitalisierung möglich werden. Schon heute geht in innovativen Branchen der Trend weg von starren Hierarchien hin zu vernetzten betriebsübergreifenden Arbeitsgruppen, die für die jeweiligen Projektanforderungen neu zusammengestellt werden. Die projektbezogenen Arbeitsformen werden deshalb in vielen Bereichen zu temporären Arbeitsverhältnissen ohne feste Bindung an ein Unternehmen führen.

Die Digitalisierung wird, soweit es die jeweiligen Arbeitsbereiche zulassen, die Flexibilisierung von Arbeit durch zeit- und ortsunabhängige Arbeitsformen forcieren. Arbeitsplätze mit überwiegend starren Arbeitsabläufen werden automatisiert und wegfallen. Dagegen wird in der Industrie 4.0 der Bedarf an Arbeitskräften in der Rolle als Ideengeber, Produktentwickler, Erfahrungsträger, Überwacher von Prozessen und Maschinen, Problemlöser sowie Entscheider zunehmen. Die folgende Übersicht (Abbildung 6) fasst Veränderungsszenarien einer Arbeitswelt 4.0 zusammen:



- Hohe Komplexität und Diversität
- Liquide statt starre Organisation
- · Auflösung von Hierarchien
- · Cloud- und Crowdworking
- Kollaboration und Schwarmintelligenz
- Der Roboter als "Kollege"
- Flexible Arbeitszeiten und Arbeitsorte
- Verschmelzung von Privat- und Berufsleben
- Partizipation verschiedener Stakeholder (Nutzer)
- Daten lesen und interpretieren als Kernkompetenz
- Wissens- und Kompetenzmanagement als Differenzierungsfaktor

Abbildung 6: Veränderungsszenarien einer Arbeitswelt 4.0 (Werning, Ellena , 2017):

Beschreibt dies die zukünftige Arbeitswelt unserer Schülerinnen und Schüler?

3 Berufliche Bildung 4.0 für die Teilhabe an einer digital vernetzten Welt

3.1 Qualifizierung für Industrie 4.0

Die derzeitige Aus- und Weiterbildung wird sich inhaltlich und didaktisch an die geänderten Anforderungen von Industrie 4.0 anpassen müssen, um jungen Menschen und Fachkräften eine Teilhabe an der digital vernetzten Welt zu ermöglichen. Eine solche "Bildung 4.0" wird die aus Industrie 4.0 abgeleiteten neuen Inhalte und Kompetenzanforderungen im Unterricht aus technologischer, anwendungsbezogener sowie gesellschaftlich-kultureller Perspektive beleuchten (Abbildung 6). Dieses mehrdimensionale Gestalten von Unterricht sowie die Einbindung neuer Fachinhalte mit Zukunftsbedeutung für die Lernenden hat in der Handlungsorientierung der beruflichen Bildung Tradition. Mit dieser Erfahrung ist die berufliche Bildung für die Qualifizierung von jungen Menschen für eine Industrie 4.0 gut aufgestellt.

Ein Professor händigte die Unterlagen für das Abschlussexamen aus und verursachte einige Verwirrung bei den Studierenden. Einer von ihnen sprang auf und rief aufgeregt: "Aber, Herr Professor, das sind ja die gleichen Fragen, die Sie uns bei der letzten Klausur gestellt haben!". Der Professor entgegnete: "Das stimmt! Aber die Antworten haben sich geändert." (Unbekannter Verfasser)



Abbildung 7: Fragestellungen für die Transformation von Industrie 4.0 in Bildung 4.0 (Dagstuhl-Erklärung, 2016): Wie unterrichte ich Industrie 4.0?

Viele Technologien von Industrie 4.0 sind im Grundsatz bereits in den curricularen Ordnungsmitteln verankert und in Lernprozesse transformiert. Das Neue wird in der beruflichen Bildung 4.0 vor allem die Vernetzung der etablierten Technologien von Industrie 4.0 sein. Neu ist darüber hinaus die Vermittlung von typischen "Soft Skills" einer Arbeitswelt 4.0. Dementsprechend sind für eine berufliche Bildung 4.0 die geltenden curricularen Ordnungsmittel um neue informatische Inhalte, fachübergreifende Kompetenzen und Vermittlungsmethoden zu erweitern, um die Lernenden auf eine Tätigkeit in einer digital vernetzten Welt bestmöglich vorbereiten zu können.

Auch die Lehrmittelindustrie passt ihr Angebot für eine Bildung 4.0 an. Der Lehrmittelmarkt bietet mittlerweile eine Vielzahl von digitalen Medien an, mit denen die für Industrie 4.0 typischen Technologien aus der Automatisierungstechnik, der Fertigungstechnik und der Informationstechnik sowie deren Vernetzung anschaulich und praxisnah vermittelt werden sollen. Abbildung 8 zeigt dies exemplarisch am Beispiel einer "Lernfabrik 4.0", deren Module typische duale Ausbildungsberufe eines gewerblich-technischen Berufskollegs zugeordnet wurden.

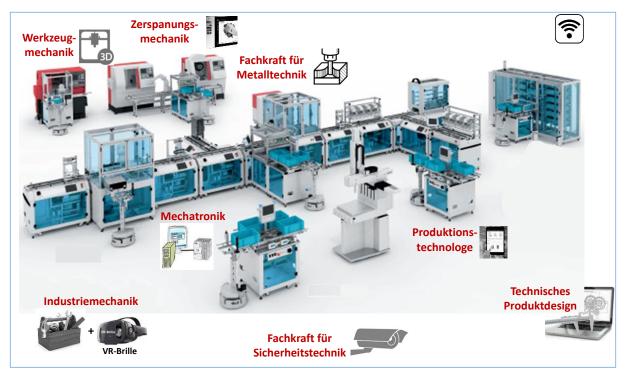


Abbildung 8: Ausbildungsberufe des Hans-Böckler-Berufskollegs in einer Lernfabrik für Industrie 4.0 (Festo-Didactic, 2017): Bedarf es für berufliche Bildung 4.0 einer solchen Lernfabrik 4.0?

Die im Unterricht gewerblich-technischer Bildungsgänge für die Vermittlung von Industrie 4.0 angestrebten Handlungsziele, inhaltlichen Schwerpunkte und Kompetenzen lassen sich in Form von sechs typischen Szenarien übersichtlich beschreiben:

- (1) Produktentwicklung und Produktionsplanung
- (2) Flexible Fertigung
- (3) Manufacturing Execution System (MES)
- (4) Service und Instandhaltung
- (5) Energiemanagement
- (6) Vernetzung und Datensicherheit (Landesinstitut für Schulentwicklung (LS), 2016)

In der dualen Ausbildung sind die Anforderungen und das Niveau dieser Szenarien in Zusammenarbeit mit den Ausbildungsbetrieben auf die beruflichen Handlungsfelder der jeweiligen Ausbildungsberufe anzupassen. Bei der Unterrichtsplanung können drei typische Anforderungsbereiche eine Hilfestellung bei der Konkretisierung der Szenarien für die unterschiedlichen Ausbildungsberufe leisten. Im unteren Anforderungsbereich I geht es im Wesentlichen um die Reproduktion einfacher Sachverhalte und Fachmethoden. Der mittlere Anforderungsbereich II erweitert dies um die Reorganisation komplexer Sachverhalte und Fachmethoden. Im oberen Anforderungsbereich III werden dann zusätzlich die Bewertung von

komplexen Sachverhalten und Fachmethoden und deren selbstständiger Transfer auf neue Problemstellungen erwartet.

In der Abbildung 9 ist die Zuordnung von dualen Ausbildungsberufen und beruflicher Weiterbildung zu den Anforderungsbereichen der sechs Szenarien exemplarisch dargestellt. Eine solche Zuordnung ist dann zum Beispiel in der Didaktischen Jahresplanung mit Bezug auf die geltenden curricularen Ordnungsmittel sowie auf die konkreten betrieblichen Handlungsfelder der Lernenden zu konkretisieren.

Szenarien	wicl Pro	① odukte klung oduktio olanun	und ons-		② Flexible ertigur	-	Ex	③ nufactu kecutic ems (N	on Ö	und	④ Service I Insta naltung	nd-		⑤ inergie nagem		un	⑥ rnetzu d Date cherhe	n-
Anforderungsbereiche	I	П	Ш	I	II	III	I	П	Ш	I	II	III	I	II	Ш	I	П	Ш
	Reproduktion	Reorganisation	Transfer	Reproduktion	Reorganisation	Transfer	Reproduktion	Reorganisation	Transfer	Reproduktion	Reorganisation	Transfer	Reproduktion	Reorganisation	Transfer	Reproduktion	Reorganisation	Transfer
Industriemechaniker	Х			X						X			X					
Mechatroniker	Х				X		X				X		Х			Х		
Produktionstechnologe	Х				Χ		Χ				X		X			Х		
Fachschule für Technik		X				X		X				X		Х			X	

Anforderungsbereich I	Anforderungsbereich II	Anforderungsbereich III
 Reproduktion und Anwendung einfacher Sachverhalte und Fachmethoden Darstellen von Sachverhalten in vorgegebener Form Darstellen einfacher Bezüge 	 Reorganisation und Übertragen komplexerer Sachverhalte und Fachmethoden Situationsgerechte Anwendung von technischen Kommunikationsformen Wiedergabe von Bewertungsansätzen 	 Herstellen von Bezügen, um technische Problemstellungen entsprechend den allgemeinen Richtlinien der Technik zu lösen Problembezogenes Anwenden und Transfer komplexer Sachverhalte und Fachmethoden Situationsgerechte Auswahl von Kommunikationsformen Herstellen von Bezügen und das Bewerten von Sachverhalten

Abbildung 9: Szenarien für das Unterrichten von Industrie 4.0 in der dualen Ausbildung (Landesinstitut für Schulentwicklung (LS), 2016)

Die folgende Übersicht zeigt exemplarisch eine mögliche Konkretisierung dieser Szenarien für die Unterrichtsplanung. Sie nimmt Bezug zu den in der Abbildung 4 dargestellten Elementen eines Manufacturing Execution Systems (MES):

Szenario (3): Manufacturing Execution System (MES)						
Kernkompetenz	Funktionsbeschreibung					
Die Schülerinnen und Schüler besitzen die Kompetenz, das Einsatzgebiet sowie die Funktion eines Manufacturing Execution System (MES) zu beschreiben, dieses gegenüber anderen datenbankbasierenden Systemen abzugrenzen, sowie dessen Kommunikationsschnittstellen zu kennen und zu projektieren.	Ausgehend von der im Szenario 2 "Flexible Fertigung" beschriebenen Funktionsbeschreibung werden von dem Steuerungssystem produktspezifische Fertigungsinformationen am MES über standardisierte Schnittstellen angefragt. Der Datenstamm des MES resultiert aus den Auftragsdaten des Kunden, sowie aus den Produkt-/Produktionsdaten. Das MES ermittelt entsprechend der Anfrage daraufhin die für das Steuerungssystem notwendigen Produktdaten und sendet diese wiederum an das Steuerungssystem zurück. Nach erfolgter Ausführung des Fertigungsschrittes durch das Steuerungssystem, werden die aktuellen Prozessdaten an das MES zurückgeliefert und vom MES in dessen Datenbank abgelegt. Diese Daten stehen für das weitere Controlling des Produktlebenszyklus zur Verfügung.					

Abbildung 10: Beispiel einer Operationalisierung des Szenarios MFS (Landesinstitut für Schulentwicklung (LS), 2016)

3.2 Neue Antworten auf bekannte Fragestellungen der beruflichen Bildung

Worin besteht das eigentlich Neue in der beruflichen Bildung 4.0, wenn doch viele Technologien von Industrie 4.0 bereits in der tradierten beruflichen Bildung etabliert sind? Eine allgemeine Antwort liefert der in Abbildung 7 eingebettete kurze Dialog zwischen einem Studenten und dessen Professor: Ein Professor händigte die Unterlagen für das Abschlussexamen aus und verursachte einige Verwirrung bei den Studierenden. Einer von ihnen sprang auf und rief aufgeregt: "Aber, Herr Professor, das sind ja die gleichen Fragen, die Sie uns bei der letzten Klausur gestellt haben!". Der Professor entgegnete: "Das stimmt! Aber die Antworten haben sich geändert."

Neuer Antworten für die Vermittlung von Industrie 4.0 bedarf es vor allem bei Fragestellungen zu anwendungsbezogenen und gesellschaftlich-kulturellen Perspektiven der Digitalisierung. Zum Beispiel müssen junge Menschen darauf vorbereitet werden, sich in einer Arbeitswelt 4.0 selbst managen zu können. In eher projektbezogenen Arbeitsformen und temporären Arbeitsverhältnissen entfällt die durch Hierarchie erzeugte Strukturierung von Arbeitsprozessen. Diese Strukturierung muss man nun selbst erarbeiten und einhalten. Auch wird man nur durch lebenslanges Lernen und durch Selbstmarketing im Wettbewerb um neue Projekte bestehen können.

Wie befähige ich junge Menschen und gestandene Fachkräfte, sich selbst zu managen und ihre Attraktivität auf dem Arbeitsmarkt ein Arbeitsleben lang zu erhalten? Zu dieser Fragestellung fasst Abbildung 11 erste Ideen und Lösungsansätze exemplarisch zusammen. In der linken Spalte dieser tabellarischen Zusammenstellung sind die Anforderungen aus der anwendungsbezogenen und gesellschaftlich-kulturellen Perspektive von Industrie 4.0 erfasst, die dann in der rechten Spalte exemplarisch in mögliche Anforderungen und Fachmethoden an einen Kompetenzaufbau im Rahmen von beruflicher Bildung 4.0 transformiert werden.

Anforderungen in der Industrie 4.0	Kompetenzaufbau in der Bildung 4.0
- Mitarbeiter als Ideenfinder	- Kreativitätstechniken Thema Variation Improvisation Das Rad der Kreativität (M. Sommerhoff)
 Mitarbeiter als Entwickler für neue bzw. geänderte Produkte und vernetzte Prozesse 	-Entwicklungs- und Konstruktionsmethoden (z.B. VDI 2222)
- Mitarbeiter als Entscheider	 Methoden zur Entscheidungsfindung Verantwortung für Entscheidungen übernehmen Entscheidungen kommunizieren und evaluieren
- Mitarbeiter als Erfahrungsträger	- Wissens- und Erfahrungstransfer managen
- Mitarbeiter als Problemlöser	- Methodengeleitetes Problemlösen (z.B. Ishikawa-Diagramm) Milieu Maschine Mensch Problem Problem Ursache Wirkung
- Arbeit mit Unterstützung kollaborativer Technologien (z.B. Mensch-Roboter Kollaboration)	 Kollaborative Roboter handhaben und als Mitarbeiter akzeptieren Im Wettbewerb Mensch- Maschine bestehen
- Vernetzung und Kommunikation exklusiv über den Einsatz digitaler Technologien	 Mensch-Maschine-Kommunikation beherrschen Bidirektionale Kommunikation mit Datenverarbeitungssystemen Systematisches Arbeiten mit Wissensdatenbanken Teilhabe am Informationsfluss in komplexen Systemen Kommunikationsmanagement (z.B. Filtern von relevanten Informationen) Netiquette

Fortsetzung auf der folgenden Seite

Anforderungen in der Industrie 4.0	Kompetenzaufbau in der Bildung 4.0
- Mitarbeiter als Mitglied (Netzwerker) in globalen Netzwerkstrukturen (z.B. interdisziplinär zusammengesetzte Teams)	 Methoden des Projektmanagements Teamprozesse und -ergebnisse bewerten Marktwert für potentielle Arbeitgeber erhalten und steigern Rechnungslegung bei Selbständigkeit Fähigkeit zur Potentialanalyse von Teammitgliedern und der eigenen Person Wissen Sie, welche Persönlichkeit Sie besitzen? Finden Sie es heraus. Mit DISG®.
- Prozessbegleitendes Überwachen und Beeinflussen von Produktions- und Dienstleistungsprozessen über die kontinuierliche Erfassung und Auswertung von Daten	 Anwendung von Hard- und Software zur kontinuierlichen Erfassung und statistischen Auswertung von Produkt- und Prozessdaten Mit der Rolle als "gläserner" Mitarbeiter umgehen lernen Dilemma aus vollständiger Transparenz der persönlichen Arbeitsleistung und dem Streben nach höherer Produktivität aushalten Bewältigung von Informationsflut Methoden des Total-Quality-Management (TQM) (z.B. Quality-Function-Deployment) Faktoren des Reserve-Management
- Vollautomatisierte Herstellung individualisierter Produkte	 Handhabung von Fertigungsmanagement- systemen und deren Schnittstellen 3D-Druck und Rapid Prototyping Digitalisiertes Produkt-Lifecycle-Management mit "digitalem Zwilling" Strategien des Customer-Relationship- Managements
- Eigenverantwortliches Fort- und Weiterbildungs- management (Lebenslanges Lernen 4.0)	 Lernen mit Hilfe digitaler Lernplattformen (Blended-Learning, Cloud-Learning, Crowd- Learning) Learning on demand Eigenverantwortliche Fortbildungsplanung

Abbildung 11: Transformation von Industrie 4.0 in "Bildungsprozesse 4.0" (Hans-Böckler-Berufskolleg, 2017)

3.3 Drei Handlungsstränge eines Medienkonzepts für Bildung 4.0

Der Entwicklungsprozess eines Medienkonzepts für die Digitalisierung in einer Schule lässt sich grob in drei Handlungsstränge strukturieren: 1. Infrastruktur, 2. Inhalt und Didaktik sowie 3. Fortbildung (Abbildung 12). Ein naheliegender Einstieg in den Entwicklungsprozess ist hierbei die Bestandsaufnahme bzw. die Bereitstellung der elementaren Infrastruktur für vernetzte Arbeitsformen.

Drei Handlungs	stränge eines Medienkonzepts	für Bildung 4.0				
1 Infrastruktur	2 Inhalt und Didaktik	3 Lehrerfortbildung				
 Breitband-Zugang WLAN im gesamten Schulgebäude Plattformunabhängige Cloud- Services nach deutschem Datenschutzrecht Digitale Unterrichtsmedien im Klassenraum (z.B. Laptops, Whiteboard mit interaktivem Beamer, Dokumentenkamera) Mobile Endgeräte (z.B. Smart- phone, Tablet) Wireless-HDMI-Dongle zur Anbindung von BYOD Digitalisierung in der Schulver- waltung: (z.B. Sekretariat, Schulleitung, digitales Schwarzes Brett, digitales Klassenbuch, Wizard für die didaktische Jahresplanung, digitales Notizbuch (z.B. OneNote, Lernplattformen) Rechtlicher Rahmen (Datenschutz, Urheberrecht) Freiräume fürs Experimentieren 	 Schulindividuelles Medienkonzept für alle Lernbereiche Definieren der neuen Rolle von Lehrenden Planen, Durchführen, Bewerten und Beurteilen von Unterricht in einer digitalen Lernumgebung Individualisierung von Unterricht über E-Learning (z.B. Web-Based Training (WBT), Computer Based Training (CBT)) Lernprogramme und Lernsoftware zur individuellen Förderung Einbindung einer informationstechnischen Grundbildung in die Curricula Förderung von Medienkompetenz Virtual Reality-Lerninhalte 	 Schulintern abgestimmte Fortbildungsplanung für den Einstieg in Bildung 4.0 (Handhabung digitaler Technik, lernförderliche Gestaltung von digitalem Lehr-/Lernmaterial, Akzeptanz der neuen Rolle als Lehrende, rechtlicher Rahmen) Fachkompetenz "Industrie 4.0" Schulinterne Angebote über Multiplikatoren Angebote der staatlichen Fortbildung, der Kompetenzzentren, der Schulbuchverlage und der Lehrmittelhersteller E-Learning-Angebote 				

Abbildung 12: Drei Handlungsstränge für den Eintritt einer Schule in die Digitalisierung

Das Vorhandensein der technischen Grundlage für den Entwicklungsprozess erleichtert dann die Führungsaufgabe, alle Beteiligten in der Schule für die Entwicklung eines schuleigenen Medienkonzepts für Bildung 4.0 zu gewinnen. Mit einem funktionierenden Projektmanagement können auch mehrere Elemente der drei Handlungsstränge parallel zueinander bearbeitet werden, ohne dass die Entwicklungsziele aus dem Blick geraten. Unterstützung kann die Schulleitung über eine Steuergruppe erhalten. Möchte man zu den für das Kollegium wichtigen Fragestellungen kommen, sollten sich hier eher potentielle Nutzer als Systemadministratoren zusammenfinden.

Die sogenannte "Formel für Veränderung" (Abbildung 13) beschreibt, dass eine Vision bzw. eine gemeinsame Haltung zu anstehenden Veränderungen die Energie für einen komplexen Entwicklungsprozess erzeugt. Die Veränderungsenergie wird gespeist aus der Unzufrieden-

heit mit dem Ist-Zustand, verbunden mit realistischen Entwicklungszielen sowie konkreten Schritten zu deren Realisierung. Mit dieser Energie lassen sich Widerstände im Entwicklungsprozess gegen absehbare Veränderungen lösungsorientiert überwinden. Vor allem aber stabilisiert die Veränderungsenergie Entwicklungsprozesse, die das für solch komplexe Entwicklungsprozesse typische "Tal der Tränen" durchschreiten, welches häufig nach der Anfangseuphorie beim Auftreten erster Widrigkeiten und Enttäuschungen in Erscheinung tritt (Abbildung 14). Widrigkeiten können unter anderem durch potentielle Rollenkonflikte zwischen Kollegium und Systemadministration erwachsen, zum Beispiel durch unterschiedliche Vorstellungen über Zugriffsrechte im Schulnetz.



Abbildung 13: Formel für Veränderung nach Beckhard und Harris (1987) (wissensdialoge.de, 2018)

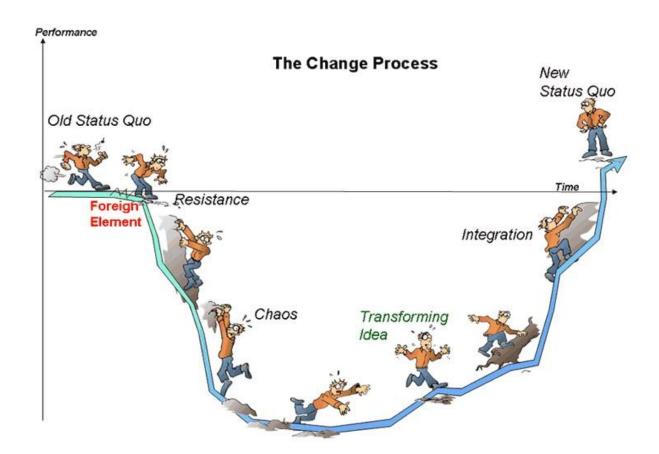


Abbildung 14: Welche Managementstrategie hilft durch das Tal der Tränen und stabilisiert bzw. implementiert einen kontinuierlichen Entwicklungsprozess? (vgl. Virginia Satir change process by Michael Erickson, 2013)

Eine gemeinsame Haltung zu einem Medienkonzept für Bildung 4.0 kann entstehen, wenn von Beginn an alle Bereiche der schulischen Arbeit in den Entwicklungsprozess einbezogen werden. Dies gilt insbesondere für die erweiterte Schulleitung, die bei der Digitalisierung von Verwaltungsprozessen mit gutem Beispiel vorrangehen sollte. Am Hans-Böckler-Berufskolleg optimiert zum Beispiel das Team der erweiterten Schulleitung seine Koordinierungskonferenzen mit Hilfe eines digitalen Notizbuchs (OneNote von MICROSOFT). Parallel werden in einer sogenannten "Steuergruppe 4.0" Varianten einer digitalen Klassenraumausstattung erprobt und bewertet. In dieser Steuergruppe werden somit die Handlungsstränge "Inhalt und Didaktik" sowie "Fortbildung" zusammengeführt.

Bereits die Erprobungsphase von Bildung 4.0 in der Steuergruppe zeigt, dass bewährte Lernsituationen durch die Möglichkeiten der Digitalisierung bereichert werden können, zum Beispiel durch orts- und zeitunabhängige Angebote für die Lernenden (Abbildung 15). Über die IT-Infrastruktur in Verbindung mit einer didaktisch-methodischen Konzeption können Lernende darin unterstützt werden, individuelle Ziele und Lernwege zu definieren und prozessbegleitend ("learning on demand") zu dokumentieren bzw. zu evaluieren. Darüber hinaus werden die von den jeweiligen Lehrerteams über geeignete Online-Plattformen (OneNote, Didaktischer Wizard etc.) eingestellten Unterrichtsplanungen für alle Beteiligten transparent. Dies wird unter anderem die Kooperation mit Ausbildungsbetrieben, Praktikumsbetrieben und Trägern vorberuflicher Maßnahmen erleichtern. Bei dem beschriebenen Vorgehen werden im Rahmen von schulinterner Fortbildung digitalisierte Materialen für den konkreten Unterricht entwickelt (Abbildung 15).

Desktop einer digitalen Lernsituation: Sortenreines Sortieren von Werkstücken nach individuellen Kundenanforderungen



Phasen	Texte	Medien
Information	Problemstellung und betrieblicher Arbeitsauftrag Vorlage Zuordnungsliste	Foto der Sortierstation Video der Sortierstation
Planung	Sensoren Funktionstabelle KV-Diagramm GRAFCET	Recherche im Internet Lösen und Dokumen- tieren in der Gruppe am interaktiven Whiteboard
Ausführung und Kontrolle	Schaltplan Stromlaufplan	"Fluidsim" (Simulationssoftware)
Dokumentation und Kontrolle	Digitale Mappe mit: individuellen Zielvereinbarungen; konkretisier- tem Arbeitsauftrag; Planungs- und Schaltungsunterlagen; Betriebs- und Wartungsanleitung. Rollensimulation: "Übergabe an den Kunden"	Präsentation (webbasiert)

Abbildung 15: Entwurf einer digitalisierten Lernsituation für Industriemechaniker/innen (Hans-Böckler-Berufskolleg, 2017)

3.4 Digitale Infrastruktur für den Klassenraum 4.0

Medienkonzepte von Schulen und Schulträgern orientieren sich immer an der jeweiligen Schulform und den spezifischen Bedingungen der Lernorte. In der Vielzahl unterschiedlicher Konzepte gibt es jedoch eine Schnittmenge. So wird in einigen Medienkonzepten von Schulen das Ende der Kreidetafeln eingeläutet. (Abbildung 16)



Abbildung 16: Medienkonzept 4.0 eines Berufskollegs (von Steinbeis Schule, 2018)

Die Vermittlung von Industrie 4.0 ohne entsprechende digitale Ausstattung im Klassenraum erscheint weder glaubwürdig noch praktikabel. Dennoch ist der Austausch von Kreidetafeln durch digitale Medien unter Pädagogen und Lernforschern nicht unumstritten. Die Pro- und Contra-Diskussion setzt sich auch in den Schulen fort. So weist die Hausordnung an manchen Schulen - trotz vorhandener WLAN-Infrastruktur - noch ein sogenanntes "Handyverbot" zur Vermeidung von Störungen, Missbrauch und Ablenkung aus. Trotz dieser Vorbehalte wird sich die Digitalisierung im Klassenraum sicher nicht aufhalten lassen. Denn bereits heute wird das Smartphone während des Unterrichts schon rege genutzt, entweder mit Billigung der Lehrkraft oder eben heimlich.

Die in der Abbildung 17 dokumentierte Befragung einer Berufsschulklasse zeigt exemplarisch, wofür diese Lernenden ihr Smartphone im Unterricht nutzen, obwohl an der Schule zu dem Zeitpunkt der Befragung noch ein "Handyverbot" galt. Natürlich ist diese Befragung nicht repräsentativ. Sie zeigt aber, dass zumindest den Lernenden dieser Klasse durchaus auch die Nachteile der Nutzung von digitalen Endgeräten im Unterricht bewusst sind. Gleichzeitig haben die Lernenden aber auch Rahmenbedingungen und Optimierungsvorschläge für eine Freigabe der "Handynutzung" im Unterricht genannt.

Die regelbasierte Freigabe von Smartphones oder Tablets der Lernenden im Unterricht wäre ein Einstieg in ein Medienkonzept nach dem Modell "Bring Your Own Device (BYOD)". Dieses Modell ließe sich zügig umsetzen. Denn laut den Ergebnissen einer Studie nutzen 88% der Jugendlichen in der Altersgruppe 16-18 Jahre ein Smartphone (Abbildung 18). In der in Abbildung 17 befragten Berufsschulklasse besitzen bereits 100% der Lernenden ein relativ leistungsfähiges Smartphone.

Wofür wird das Smartphone heute schon im Unterricht eingesetzt? Nachrichten Übersetzer · Internetrecherche (z.B. Fachbegriffe, Ergänzungen Kommunikation mit anderen Schülern (WhatsApp) zum Fach- und Tabellenbuch) · Datenaustausch (z.B. Dropbox) Erstellen von Dokumentationen (Skizze, Notizen) · Zeitplanung (Terminplan für Klassenarbeiten), Präsentationen (über Beamer oder TV) Stunden-/Vertretungsplan Fotos (z.B. Tafelbild, Arbeitsblätter, Lösungen) Unterhaltung, Zeitvertreib (Spiele, Musik) Taschenrechner Wofür könnte man das Smartphone noch einsetzen, wenn es offiziell im Unterricht erlaubt wäre? Nutze jetzt schon alle Möglichkeiten · Digitale Bearbeitung von Informationen · Erstellen von Dokumentationen · Digitale Klassenarbeiten Präsentationen (über Beamer oder TV) · Austausch von Lehrmaterial zwischen Schülern und E-Books (Fachbücher) Lehrern · Digitale Unterrichtsdokumente statt Arbeitsblätter Würden Sie Ihr privates Smartphone im Unterricht einsetzen? · Eher nicht, da es eine schlechte Leitung hat · Ja, für gelegentliche Anwendungen • Ein Schultablet würde sicher weniger ablenken · Ja. Wieso denn nicht? Ein privates Smartphone und ein Schulhandy wären · Ja, aber nur mit kostenlosem WLAN zu aufwendig · Lieber ein zusätzliches "Schulhandy" mit Sperren für Facebook etc. Welche Technik sollte die Schule für den unterrichtlichen Einsatz privater Smartphones bereitstellen? Kostenloses WLAN · Schuleigene App für Vernetzung Schnelles WLAN Stunden- und Vertretungsplan · Ladestation mit Mehrfachsteckdosen Schreibprogramme · Ladekabel für unterschiedliche Hersteller · Apps von Schulbuchverlagen · Schultablet mit Präsentationssoftware Verbindung zum Monitor (Kabel oder Funk) Kopfhörer 5 Lenkt Sie das Smartphone im Unterricht ab? · Eher nicht Ja (wenn ich es nicht f ür Schulzwecke nutze) · Nicht, wenn der Unterricht interessant gestaltet ist Ja (Nachrichten, Pop-up von Apps) · Mich nicht, aber meine Mitschüler · Nur in Ausnahmefällen · Ja, aber der Nutzen überwiegt · Sollte bei Berufsschulklassen nicht der Fall sein Nein

Abbildung 17: Befragung einer Berufsschulklasse und Auswertung zur Nutzung von Smartphones im Unterricht trotz "Handyverbot" in der Hausordnung (Hans-Böckler-Berufskolleg, 2017)

Mit einem Medienkonzept BYOD lässt sich der Einstieg in die Medienkonzepte "Tablet-Klasse" oder "Lean Your Own Device (LYOD)" erproben, die bereits an einigen Schulen implementiert sind. Vor der Freigabe von Smartphones im Unterricht müssten von schulischer Seite jedoch die Mindestanforderungen an eine digitale Infrastruktur (WLAN, gemeinsame Lernplattform bzw. Cloud, Unterrichtskonzepte, Konsens im Lehrer/innen-Team, Nutzungsvereinbarung, Datenschutz, Haftung, Support bei Störungen und Defekten etc.) bereitgestellt werden. Es müsste auch sichergestellt werden, dass keinem Lernenden aufgrund fehlender oder unzureichender Hardware der Zugang zum Bildungsgang verwehrt wird.

Ein Medienkonzept nach dem oben beschriebenen Modell "BYOD" kann – je nach Haushaltslage des Schulträgers – in ein Medienkonzept "Klassenraum 4.0" integriert werden. Die digitale Infrastruktur eines solchen Klassenraums könnte zum Beispiel aus den in Abbildung 19 genannten Komponenten bestehen. Am Hans-Böckler-Berufskolleg sollen nach Möglichkeit zukünftig alle Kreidetafeln durch eine solche digitale Infrastruktur ersetzt werden.

Fragestellung: Welche der folgenden Geräte nutzt Du zumindest ab und zu? 88% in der Altersgruppe 16 – 18 Jahre nutzen ein Smartphone

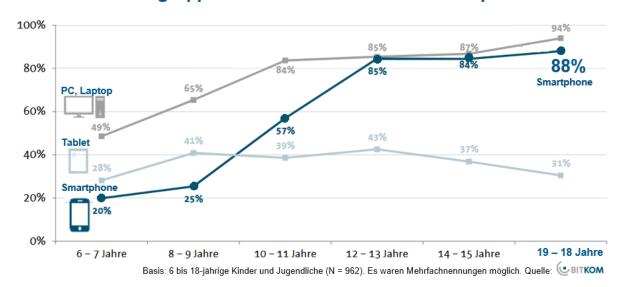


Abbildung 18: Smartphones als Einstieg in das Konzept "Bring Your Own Device (BYOD)" (bitcom, 2017)

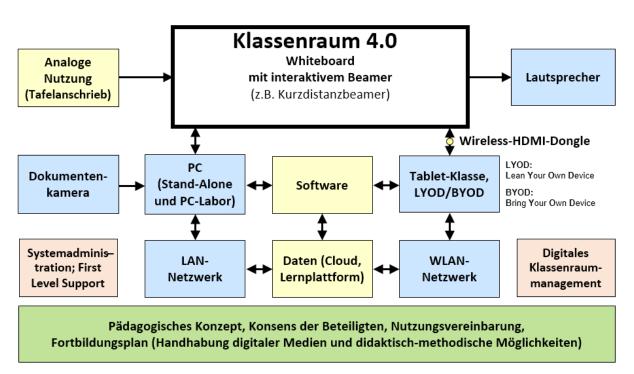


Abbildung 19: Medienkonzept für einen Klassenraum 4.0 (Hans-Böckler-Berufskolleg, 2017)

Ein exemplarischer Einsatz dieses Medienkonzepts im Rahmen schulinterner Lehrerfortbildung zeigt den Beteiligten, wie man in einem so ausgestatteten "Klassenraum 4.0" das Portfolio mit bewährten Materialen und Sozialformen um die Möglichkeiten erweitern kann, die die Digitalisierung bietet. Hierzu wird am Hans-Böckler-Berufskolleg ein agiles Fortbildungskonzept entwickelt und erprobt, zum Beispiel zur Einführung des §D-Ducks in vorberufliche Bildungsgänge.

4 Literaturverzeichnis

- b.telligent GmbH & Co. KG. (kein Datum). *Industrie 4.0*. Abgerufen am 22. 01 2018 von Von der Dampfmaschine zum Internet der Dinge: http://www.btelligent.com/themen/industrie-40/
- bitcom. (2017). Kinder und Jugend in der digitalen Welt. Berlin.
- Dagstuhl-Erklärung. (2016). *Bildung in der digitalen vernetzten Welt.* Berlin: Gesellschaft für Informatik e.V.
- Ericson, M. (2013). Virginia Satir change process by Michael Erickson. Abgerufen am 2017 von http://10minutehr.com/2013/11/11/chaos-in-the-organisational-change-process-dont-try-to-avoid-it-manage-it/virginia-satir-change_process-by-michael-erickson/
- Festo-Didactic. (2017). Qualifikation für Industrie 4.0.
- Fraunhofer IPK. (kein Datum). *Produktdaten- und Produktlebenszyklus-Management*. Abgerufen am 22. 01 2018 von https://www.ipk.fraunhofer.de/geschaeftsfelder/virtuelle-produktentstehung/fachabteilungen/informations-und-prozesssteuerung/
- Hans-Böckler-Berufskolleg. (2017). Medienpaket 4.0. Köln: Hecker, Nöthen.
- Landesinstitut für Schulentwicklung (LS). (2016). *Industrie 4.0: Umsetzung im Unterricht*. Stuttgart: Landesinstitut für Schulentwicklung (LS).
- NTT DATA Deutschland GmbH. (kein Datum). *PLM als Enabler für Industrie 4.0*. Abgerufen am 22. 01 2018 von http://www.plmportal.org/de/ntt-data-plm-als-enabler-fuer-industrie-4-0.html
- Plattform Industrie 4.0. (2013). *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftprojekt Industrie 4.0.* Frankfurt: Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e. V.
- Robert Bosch GmbH. (kein Datum). *Industrie 4.0-Retrofit-Projekt*. Abgerufen am 22. 01 2018 von https://www.bosch-si.com/de/fertigung/aktuelles/events/event-page-hmi.html
- Verein deutscher Ingenieure. (22. 01 2018). VDI-Fachbereich Informationstechnik: Manufacturing Execution Systems. Abgerufen am 22. 01 2018 von https://www.vdi.de/technik/fachthemen/produkt-und-prozessgestaltung/fachbereiche/informationstechnik/themen/mes-manufacturing-execution-systems/
- von Steinbeis Schule. (22. 01 2018). Industrie 4.0. Von http://www.fvss-muehlacker.de/ abgerufen
- Werning, Ellena . (2017). *Arbeitswelt 4.0: Zwischen Hype und Wirklichkeit.* Pulheim: Fachhochschule des Mittelstands FHM.
- wissensdialoge.de. (22. 01 2018). *Das Geheimnis der Veränderungsformel* . Von https://www.wissensdialoge.de/veraenderungsformel/ abgerufen