

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



Co-funded by the
Erasmus+ Programme
of the European Union

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



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

EXAM 4.0 partners:

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



"De steun van de Europese Commissie voor de totstandkoming van deze publicatie houdt geen goedkeuring in van de inhoud ervan, die uitsluitend de mening van de auteurs weergeeft, en de Commissie kan niet verantwoordelijk worden gesteld voor het gebruik dat eventueel wordt gemaakt van de informatie die erin is vervat".

1. Abstract

Industry 4.0 stelt nieuwe eisen aan werknemers, en nieuwe technologieën vereisen innovatieve oplossingen, en dus ook innovatieve werknemers die zich aan de vereiste aanpassingen kunnen aanpassen en de sector meerwaarde kunnen bieden. De nieuwe eisen die aan de werknemers worden gesteld, stellen op hun beurt nieuwe eisen aan het onderwijs. Curt Nicolin Gymnasiet en de partners van het EXAM 4.0-consortium hebben in het kader van Werkpakket 4 onderzoek verricht naar methoden voor de ontwikkeling van onderwijs in Industry 4.0 om aan de nieuwe eisen te voldoen. Werkpakket 4, in EXAM 4.0, bevat definities van de eisen waaraan een MBO/HBO-centrum moet voldoen om studenten sleutelvaardigheden en -competenties te kunnen bijbrengen die van cruciaal belang zijn op het gebied van Advanced Manufacturing. Modellen voor het beschrijven van instellingen en LABs worden opgenomen en getest door alle partners van het consortium. De modellen en beschrijvingen kunnen nuttig zijn bij het definiëren van nieuwe LABs, ontworpen voor excellente Advanced Manufacturing. Werkpakket 4 bevat ook informatie over relevante technologieën voor Advanced Manufacturing, belangrijke aspecten van Industry 4.0 en leerprocessen zoals methodologieën en leerinhoud met betrekking tot onderwijs in Industry 4.0. Dit verslag, werkpakket 4.3, omvat vaardigheden en competenties die essentieel zijn voor succes in de sector Advanced Manufacturing. Informatie over de belangrijkste competenties voor Industrie 4.0 en relevante vaardigheden zijn in dit verslag opgenomen. De informatie is hoofdzakelijk gebaseerd op een in het kader van EXAM 4.0 uitgevoerde studie en antwoorden van vertegenwoordigers van bedrijven in de partnerlanden van het consortium, met name Zweden, Duitsland, Nederland en Spanje.



2. Inhoudsopgave

Abstract	3
Inhoudsopgave	4
WP4.3 Taaksjabloon	5
Afkorting	6
Inleiding	7
3.1 AM zachte vaardigheden/competenties	9
3.2 Leerdoelen	12
3.3 Het effect van het onderwijs op de economie	17
3.4 AM-technologie in het onderwijs	18
3.5 Tabel van specifieke vaardigheden	19
Referenties	21



3. WP4.3 Taaksjabloon

Verwacht resultaat	Nummer	D4.3
	Titel	Lijst van AM-vaardigheden die vereist zijn om in een AM-Werkplaats 4.0 te werken
	Type	Verslag
	Beschrijving	Tabel van de specifieke vaardigheden die verband houden met de profielen van de mensen die de AM- Werkplaats 4.0 ontwerpen, rekening houdend met de reikwijdte van de uitvoering in elk partnercentrum van het project, de bestaande onderwijsomstandigheden, uitrusting en technologieën en de vaardigheidsniveaus van de leerkrachten en de leerlingen.
	Vervaldatum	M07
	Taal (talen)	Engels, Duits, Zweeds, Nederlands en Spaans
	Media	elektronica
Verspreidings niveau	Publiek	



4. Afkorting

AI= Artificial Intelligence, Kunstmatige Intelligentie
AM = Advanced Manufacturing, geavanceerde fabricage
AR = Augmented Reality
CAD = Computer Aided Design
CAM = Computer Aided Manufacturing
CoVE = Centres of Vocational Excellence
CPS = Cyber-fysieke systemen
D = Prestatie
EKK = Europees kwalificatiekader
EXAM 4.0 = Excellent Advanced Manufacturing 4.0
HBO = Hoger Beroepsonderwijs
I4.0 = Industry 4.0
ICT = Informatie- en communicatietechnologieën
IoT = internet der dingen
IIoT = industrieel internet der dingen
IT = Informatietechnologie
ST = sleuteltechnologieën
M2M = Machine-to-machine-communicatie
OT = Operationele Technologie
RFID = radiofrequentie-identificatie
MBO = Middelbaar beroepsonderwijs
VR = Virtuele Realiteit
WP = werkpakket



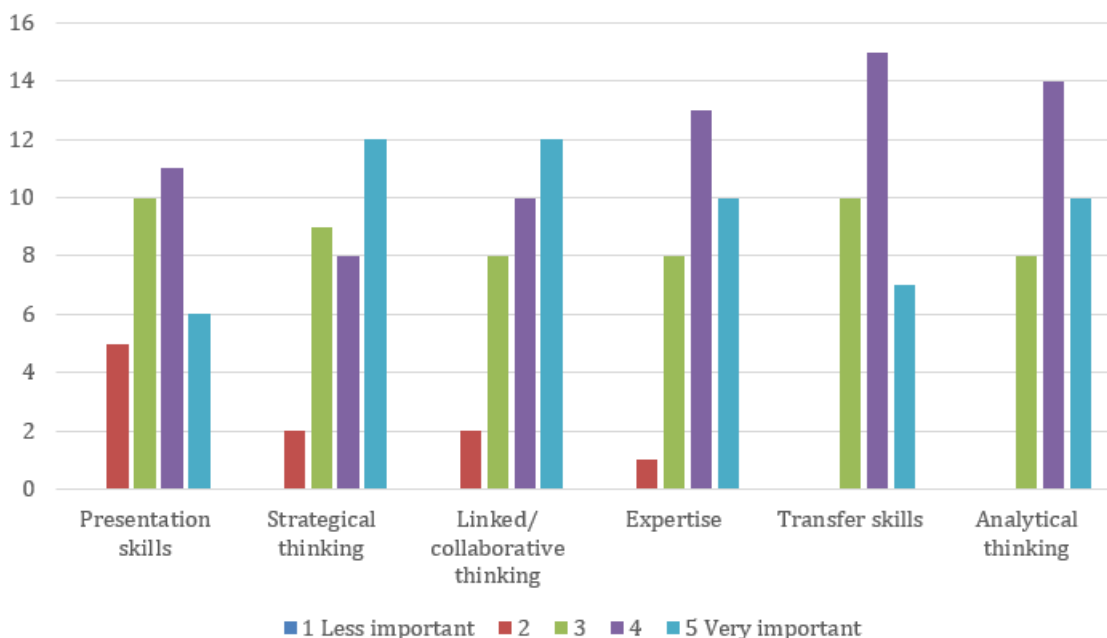
5. Inleiding

Het derde deel van het verslag omvat de vaardigheden en competenties die vereist zijn om in de Advanced Manufacturing-sector te werken. In dit deel wordt ook een tabel weergegeven met specifieke vaardigheden die belangrijke aspecten omvatten voor mensen die een AM Workshop 4.0 leiden. Informatie over de bestaande onderwijsomstandigheden die relevant zijn voor Industry 4.0 en het onderwijseffect op de industriesector worden gepresenteerd als onderdeel van D4.3.

Lijst van AM-vaardigheden die vereist zijn om in een AM-Werkplaats 4.0 te werken

3.1 AM zachte vaardigheden/competenties

In dit deel worden de gevraagde zachte vaardigheden /competenties voor Advanced Manufacturing gepresenteerd, die zijn verzameld bij belanghebbenden in de landen van de consortiumpartners. De onderstaande informatie is afkomstig van de resultaten van de vergaderingen van de EXAM 4.0-focusgroepen. Vertegenwoordigers van verschillende deelnemende bedrijven uit elk land van de consortiumpartners werd gevraagd naar het belang van verschillende harde en zachte vaardigheden met betrekking tot I4.0.



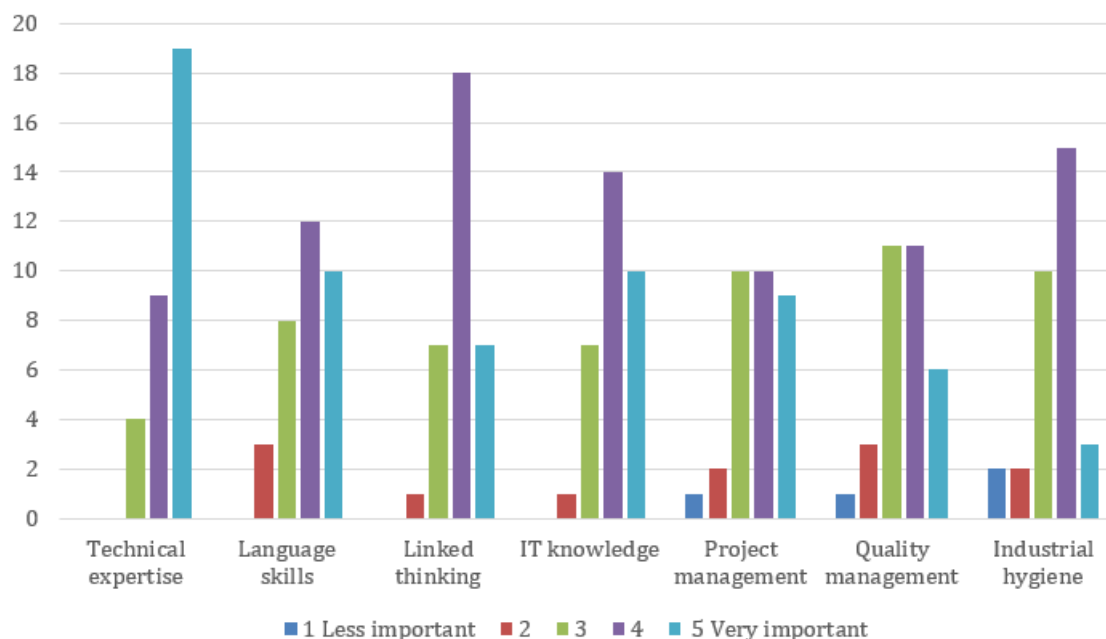
1. Grafiek: Belang van methodologische competenties met betrekking tot een toekomstige productieomgeving van I4.0

De verschillende selecteerbare methodologische competenties waren relatief even belangrijk volgens de bedrijven van de deelnemende landen. Analytisch denken vonden de vertegenwoordigers echter de belangrijkste competentie om te verwerven.

Probleemoplossing (geen selecteerbare competentie) is vaak bekend als een standaardopstelling van blokken, deze blokken worden gebruikt om een specifiek probleem te definiëren, een doel te stellen, een oplossing voor het probleem te bepalen en vervolgens de oplossing toe te passen. Industry 4.0 leidt tot complexere problemen en traditionele probleemoplossing is dan ook niet altijd een geschikte methode. De industrie heeft in deze gevallen dan ook behoefte aan meer geavanceerde denkprocessen (Aventis Learning Group 2019).

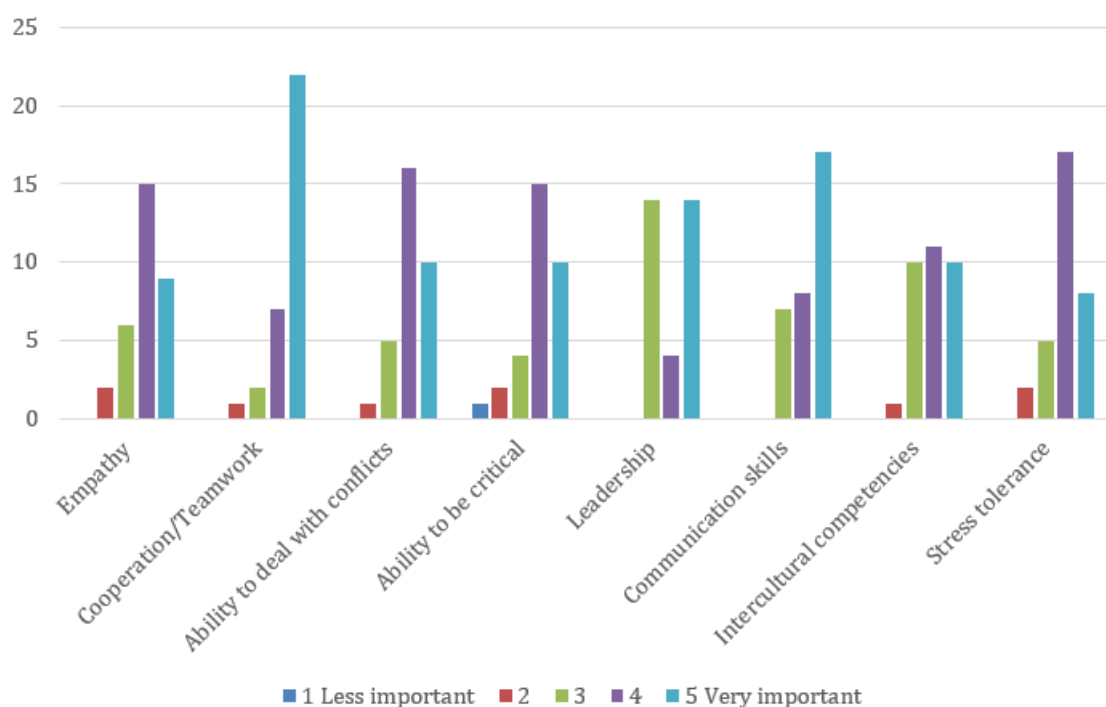
Er zijn geschikte denkprocessen die verbetering behoeven; deze methoden moeten worden toegepast om ingewikkelde I4.0-problemen doeltreffend aan te pakken. Deze denkprocessen zijn kritisch denken,

analytisch denken (dat door de vertegenwoordigers als belangrijk werd beschouwd) en systeemdenken (Aventis Learning Group 2019).



2. Grafiek: Belang van functionele bekwaamheden met betrekking tot een toekomstige productieomgeving van I4.0

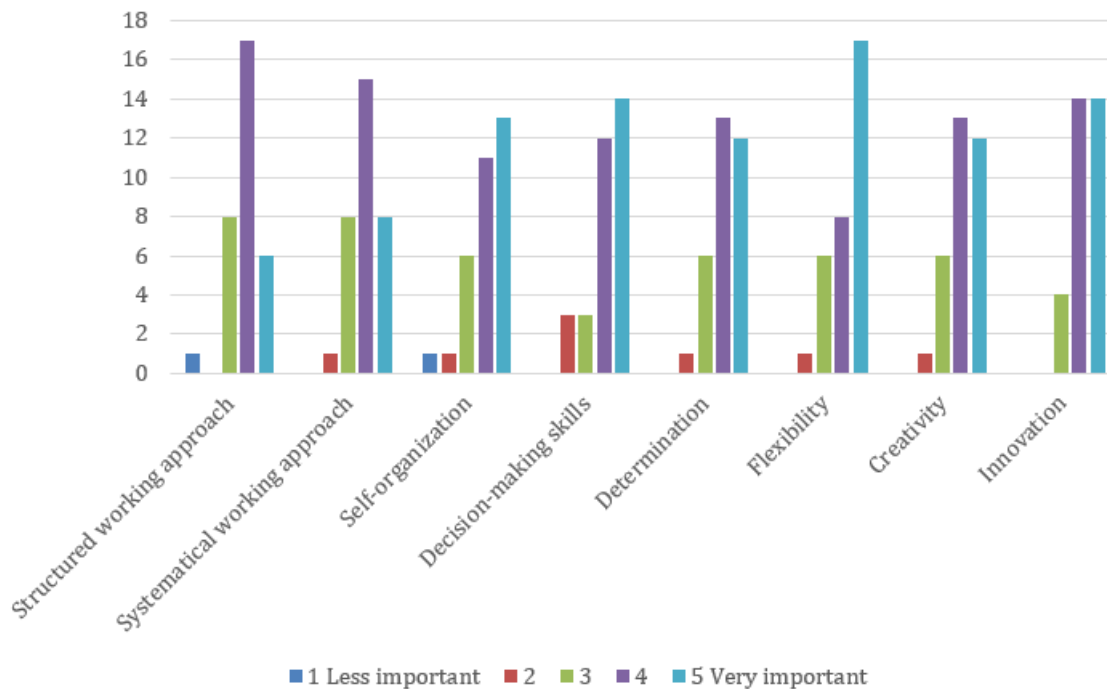
De antwoorden over het belang van de selecteerbare functionele vaardigheden waren niet even belangrijk in vergelijking met de antwoorden over methodologische vaardigheden. Technische deskundigheid werd als de meest essentiële functionele competentie beschouwd met een gemiddeld antwoord van 4,47, op een schaal van 1 tot 5 die het belang weergeeft. De vertegenwoordigers vonden arbeidshygiëne de minst belangrijke competentie, met een gemiddelde van 3,53.



3. grafiek: Belang van sociale competenties voor een toekomstige productieomgeving van I4.0



Sociale competentie is volgens de representatieve personen die aan de interviews deelnamen de belangrijkste competentie die men moet bezitten om in een team te kunnen samenwerken en arbitrair te kunnen werken. Van de 32 deelnemers antwoordden 22 personen dat de competentie "samenwerking/teamwork" voor een werknemer "zeer belangrijk" is om te verwerven. Alle andere sociale vaardigheden werden bijna even belangrijk gevonden, behalve communicatievaardigheden, die iets belangrijker waren.



4. Grafiek: Belang van persoonlijkheidscompetenties voor een toekomstige productieomgeving van I4.0

Alle verschillende persoonlijke competenties werden beschouwd als bijnaeven belangrijk. Innovatie was echter de competentie die de vertegenwoordigers het belangrijkste vonden voor een toekomstige I4.0-productieomgeving. Creativiteit werd op Lead The Change Community genoemd als de derde meest belangrijke vaardigheid (competentie) om in 2020 te bezitten met betrekking tot I4.0 (Lead The Change Community 2019), hoewel het door de vertegenwoordigers niet werd beschouwd als zeer belangrijk.

Vergelijkbare focusgroepvergaderingen zijn gehouden binnen hetzelfde vakgebied met betrekking tot belangrijke competenties voor I4.0. Bij een specifieke gelegenheid vonden deze interviews plaats in Duitsland, Oostenrijk, Nederland, Egypte en Zwitserland. De vertegenwoordigers waren docenten met ervaring op gebieden als IT, IS, economie en techniek. Deze docenten en professoren vonden gedragscompetenties het meest belangrijk; deze studie was echter voornamelijk gericht op een andere bedrijfsgroep dande door EXAM 4.0 uitgevoerde focusgroepvergaderingen. De gedragscompetenties die de vertegenwoordigers belangrijk vonden waren bijvoorbeeld communicatiecompetentie, presentatievaardigheid en samenwerken. Deze waren belangrijk omdat ze een essentiële rol spelen in teamwork (Kienegger et al., 2017). Deze competenties zijn opgenomen in het door EXAM 4.0 uitgevoerde onderzoek. Daarin worden verschillende categorieën benoemd, zoals sociale competenties en methodologische competenties.

Gedragscompetenties zullen volgens het onderzoek van de Technische Universiteit München het belangrijkste zijn voor I4.0. Zij denken dat meer onderzoek en analyse moet worden gedaan met betrekking tot hoe reeds verworven competenties van studenten en werknemers kunnen worden aangepast voor I4.0. Het onderzoek moet bovendien gaan over nieuwe eisen aan curricula en onderwijsprogramma's met betrekking tot I4.0 (Kienegger et al., 2017).

3.2 Leerdoelen:

Aanpassing van de eisen in MBO/HBO om te voldoen aan de eisen van Industry 4.0

De leerplannen in MBO/HBO zijn niet in hetzelfde tempo aangepast als de industrie. De afgestudeerden van MBO-HBO-centra voldoen volgens de belanghebbenden niet aan de directe behoeften van de industrie. Afgestudeerden kunnen niet meteen aan de slag, zij moeten een geld- en tijdverslindende praktijk training doorlopen voordat zij zonder directe begeleiding taken kunnen uitvoeren (CECIMO 2013, waarnaar wordt verwezen in PwC 2020).

Tegenwoordig overwegen tal van onderwijsaanbieders nauwelijks om zich aan te passen aan de onderwijs-eisen van industry 4.0, ook al bestaan er opeenvolgende methodologieën en worden die aangepakt. Bijwerking en verfijning van het leerplan is een mogelijke aanpak die ingewikkelde procedures met zich meebrengt. Het organiseren van studieprogramma's buiten faculteiten en afdelingen is een uitdaging vanwege administratieve complicaties. Veel faculteiten en divisies hebben beperkte netwerken en zijn vanwege "silo-denken" niet in staat om verder te werken dan kleine groepen. Om aan de eisen te voldoen, is het essentieel om faculteit- en divisie-overschrijdend te werk te gaan (Impuls Foundation 2019, waarnaar wordt verwezen in PwC 2020).

Gebieden waar verandering nodig is



Figuur 11 Collectieve ST-competenties en belangrijke aansluitverschillen (PwC 2016, waarnaar wordt verwezen in PwC 2020)

Figuur 11 toont een model van noodzakelijke veranderingen in het onderwijs die nodig zijn om de vereiste I4.0-competenties te kunnen onderwijzen.



In dit model kunnen we zien wat we moeten aanpakken met betrekking tot de leerdoelen:

6. Technische competenties:
7. Competenties op het gebied van kwaliteit, risico & veiligheid
8. Management & ondernemerscompetenties
9. Communicatievaardigheden
10. Innovatiecompetenties
11. Emotioneel & sociale intelligentie

De bestaande onderwijsprogramma's omvatten geen geschikte en gewenste niet-technische en technische vaardigheden die essentieel zijn voor deskundigen in de AM-sector. Niet-technische vaardigheden blijken even essentieel te zijn als technische vaardigheden, aangezien er altijd aanpassingen zijn in de markt-, juridische, culturele en zakelijke omgeving. Om in grotere teams service te kunnen verlenen aan afnemers van over de hele wereld zijn vaardigheden die samenhangen met probleemoplossing, ondernemerschap, onderhandelen en communicatie essentieel (Impuls Foundation 2019, waarnaar verwezen wordt in PwC 2020)

Wat de technische vaardigheden betreft, beschikken sommige studenten niet over de kennis die nodig is om in een echte organisatie te werken; dit is vaak een gevolg van verouderde software en apparatuur die in het onderwijs wordt gebruikt. Door de beperkte toegang tot nieuwe apparatuur ontbreekt het studenten aan de deskundigheid die nodig is om in de AM-sector te werken, waardoor zij niet in staat zijn zelfstandig opdrachten uit te voeren bij bedrijven die de nieuwste versies van software en apparatuur gebruiken.

FESTO wijst erop dat de scholen de ontwikkelingssnelheid van de bedrijven niet kunnen bijhouden, waardoor afgestudeerden niet over de juiste deskundigheid beschikken wanneer zij naar een baan solliciteren. Het is daarom noodzakelijk voor scholen om samen te werken met bedrijven of I4.0-organisaties (FESTO n.d.). In technische onderwijsprogramma's ontbreekt het vaak aan niet-technische vaardigheden, zoals leiderschap, innovatie, ondernemerschap, marketing- en verkoopvaardigheden. Er is te weinig aandacht voor deze vaardigheden in vergelijking met wat wordt verlangd van een technische student op het gebied van AM (PwC 2020).

Scholen richten hun onderwijs vaak op het leren van specifieke feiten en het gebruik van probleemoplossend leren binnen een beperkt kennisgebied. De onderwijsbenadering die nodig is voor AM resulteert in kennis die op meerdere gebieden kan worden gebruikt. Onderwijsprogramma's hebben nieuwe manieren van lesgeven nodig, waarmee de huidige traditionele manieren van denken moet worden veranderd. Daarmee leren studenten verbanden zien tussen niet-verbonden gebieden en zijn ze in staat daartussen verbanden te leggen. Bovendien hebben programma's vaak moeite om studenten te leren hoe ze theoretische kennis kunnen omzetten in reële industriële problemen, terwijl dit een zeer gewenste eigenschap is bij nieuw personeel voor AM en Industry 4.0 (PwC 2020).

Bestaande programma's slagen er vaak niet in een evenwicht te vinden tussen kwaliteit en kwantiteit als het gaat om educatieve inhoud en vaardigheden. De belanghebbenden voeren aan dat er geen aanpak is die altijd moet worden toegepast. Onderwijs vereist een evenwicht tussen specifieke en algemene kennis en vaardigheden; bedrijven geven de voorkeur aan afgestudeerden met verschillende niveaus van specifieke kennis (PwC 2020).

Er zijn verschillen tussen beroepsgroepen binnen AM en dus ook veel verschillen tussen de onderwijsinhouden. Voor het ene beroep is wellicht meer algemene kennis en vaardigheden nodig, terwijl een ander beroep meer specifieke kennis en vaardigheden vereist (PwC 2020).

Moderne vaardigheden op een moderne manier onderwijzen



De AM-vaardigheden die essentieel zijn in de 21^e eeuw zijn niet noodzakelijk nieuw. Deze vaardigheden bestaan al veel langer (Rotherham en Willingham 2009, waarnaar wordt verwezen in PwC 2020)

Er wordt zoveel nieuwe kennis gegenereerd dat veel belanghebbenden van mening zijn dat de feitelijke kennis van informatie er niet toe doet. Zij geloven dat het vermogen om informatie te vinden belangrijker is dan het bezitten van de informatie. Het ene is niet belangrijker dan het andere, het bezitten van de informatie is even belangrijk als het vermogen om informatie te vinden. De taak bestaat erin zowel informatie als vaardigheden te leveren om de leerdoelen voor werkgevers, werknemers en studenten met succes te verbeteren. Informatie en vaardigheden moeten daarom bij het onderwijs als gelijkwaardig worden behandeld (Rotherham en Willingham 2009, waarnaar wordt verwezen in PwC 2020).

Vaardigheden en competenties met betrekking tot Industry 4.0

Industry 4.0 creëert behoefte aan vele verschillende vaardigheden (Fitsilis, Tsoutsas en Gerogiannis, 2018). Voor de term vaardigheden in de context van Industry 4.0 wordt meestal gebruikgemaakt van de term competentie, wat onjuist is. Er is meer onderzoek gedaan naar belangrijke competenties voor Industry 4.0 dan naar specifieke vaardigheden. Het verslag is daarom vooral gericht op competenties. Belangrijke vaardigheden volgen de ontwikkeling van technologieën, in dit geval Industry 4.0, en worden in samenhang daarmee beschreven. Robotica is bijvoorbeeld een sleuteltechnologie voor AM; kennis van de programmering van robots is dan ook van essentieel belang.

De in kaart gebrachte competenties zijn in de studie van Leinweber onderverdeeld in vier groepen (Leinweber 2013, waarnaar wordt verwezen in Fitsilis, Tsoutsas en Gerogiannis 2018).

Er zijn tal van methodologische competenties waarmee technische studenten tijdens hun opleiding in de EXAM 4.0 LABs te maken krijgen. Volgens Fitsilis, Tsoutsas en Gerogiannis zijn de competenties creativiteit, ondernemend denken, probleemoplossing, conflictoplossing, besluitvorming, analytische vaardigheden, onderzoeksvaardigheden en efficiëntiegerichtheid van vitaal belang om aan te leren (Fitsilis, Tsoutsas en Gerogiannis 2018). In de EXAM 4.0 LABs moeten bepaalde competenties worden onderwezen. Dit zijn creativiteit, ondernemerschap, probleemoplossend vermogen en besluitvaardigheid. Creativiteit, ondernemerschap en probleemoplossend vermogen worden door Grzybowska en Łupicka als belangrijke competenties beschreven (Grzybowska en Łupicka 2017). Grzybowska en Łupicka stellen dat creativiteit van vitaal belang is voor een werknemer in de 21^e eeuw (Grzybowska en Łupicka 2017). Creativiteit is van cruciaal belang om uitdagingen op een nieuwe en nuttige manier te zien, nieuwe oplossingen te bedenken en verbanden te leggen tussen anders niet-gerelateerde onderwerpen (Grzybowska en Łupicka 2017).

Er is behoefte aan een groter aantal specialisten (Vieweg 2011, waarnaar wordt verwezen in Abele, Metternich en Tisch 2019). Uit studies blijkt dat er een merkbare verandering plaatsvindt in de richting van meer banen waarvoor competentie en kennis vereist zijn (CEDEFOP 2010, waarnaar wordt verwezen in Abele, Metternich en Tisch 2019).

Fitsilis, Tsoutsas en Gerogiannis stellen dat interculturele vaardigheden, taalvaardigheden, communicatievaardigheden, netwerkvaardigheden, het vermogen om in een team te werken, compromisvaardig en coöperatief te zijn, het vermogen om kennis over te dragen en leiderschapsvaardigheden en sociale competenties belangrijk zijn voor technische studenten om mee in aanraking te komen (Fitsilis, Tsoutsas en Gerogiannis 2018). De meest essentiële sociale competenties die in EXAM 4.0 LABs moeten worden aangeleerd zijn taal en communicatie, teamwork en samenwerken.

Volgens Fitsilis, Tsoutsas en Gerogiannis zijn flexibiliteit, ambiguïteitstolerantie, motivatie om te leren, vermogen om onder druk te werken, duurzame opstelling en naleefgedrag de belangrijkste persoonlijke competenties (Fitsilis, Tsoutsas en Gerogiannis 2018). De persoonlijke competenties die elke student in EXAM 4.0 LABs moet leren, zijn flexibiliteit, motivatie om te leren, een duurzame opstelling en stressbestandigheid.

Fitsilis, Tsoutsas en Gerogiannis stellen dat alle professionals die met AM werken, behoefte hebben aan voortdurende opleiding en ontwikkeling (Fitsilis, Tsoutsas en Gerogiannis 2018). Verder stellen Fitsilis, Tsoutsas en Gerogiannis dat dit komt door voortdurende verandering met betrekking tot technologische ontwikkeling, globalisering, industriële herstructurering, toenemende rol van ICT en nieuwe patronen van werkorganisatie (Fitsilis, Tsoutsas en Gerogiannis 2018). Beroepsbeoefenaren, in dit geval leraren, moeten zich voortdurend bijscholen om te kunnen blijven voldoen aan de eisen van AM-organisaties en -bedrijven. Fitsilis, Tsoutsas en Gerogiannis wijzen op de noodzaak van een leven lang leren en het belang daarvan voor individuele ontwikkeling (Fitsilis, Tsoutsas en Gerogiannis 2018).

Vereisten voor een Industry 4.0-docenten

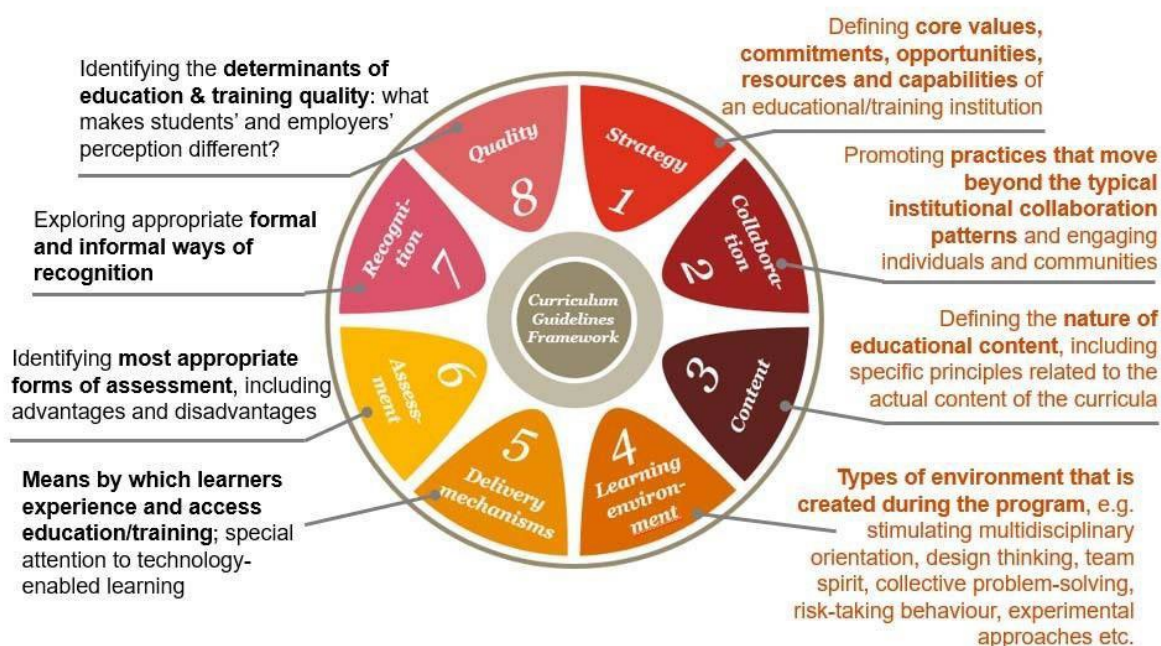
De bovenstaande paragraaf zal worden gebruikt om samen te vatten wat wordt verlangd van een docent die lesgeeft in een EXAM 4.0 LAB:

- Een docent die lesgeeft in een EXAM 4.0 LAB is verplicht om doorlopende AM-cursussen te volgen. Of anders gezegd: een leven lang leren.
- Een leraar die lesgeeft in een EXAM 4.0 LAB moet in het bezit zijn van alle competenties die in de vorige paragrafen zijn opgesomd, en gekwalificeerd zijn om les te geven.

Kader voor leerplanrichtsnoeren

EXAM 4.0 COMPETENCIES FRAMEWORK FOR ADVANCED MANUFACTURING						
	TECHNICAL	QUALITY, RISK & SAFETY	MANAGEMENT & ...	COMMUNICATION	INNOVATION	EMOTIONAL INTELLIGENCE
General competencies	• Knowledge in STEM • ICT skills • Programming • Coding • Computer skills • Design methodology • Systems analysis • Data management skills • Ability to interact with human-machine interfaces • Interdisciplinary understanding (processes/technologies/organisations) • Manufacturing skills • Modelling & simulation	• Quality management • Risk assessment • Health & safety • Industrial hygiene • Equipment safety • Emergency response & management • Data security • Ethics	• Strategic analysis • Technology strategy • Marketing • Customer orientation • Project Management • Time Management • Teamwork & ability to work in interdisciplinary environments • Change management • Risk management • Leadership	• Interpersonal skills • Verbal communication • Written communication • Presentation skills • Public communication • Virtual collaboration	• Integration skills • Continuous experimentation • Complex problem solving • Creativity • Abstraction ability • Critical thinking	• Flexibility & Adaptability • Responsibility • Stress tolerance • Ability to thrive on failures • Work-life balance • Self-control & discipline • Decision making • Mindset towards lifelong learning & continuous improvement • Self management & organisation • Cooperation & collaboration skills • Intercultural competencies • Attention to detail
Specific competencies	• Life cycle analysis • Scalability analysis • Specific lab skills • Computer aided manufacturing/engineering		• Management of Personal resources • Management of financial resources • IP management • Deal negotiation skills			

Figuur 12 AM-COMPETENTIEKADER (EXAM 4.0)



Figuur 13 Kader voor leerplanrichtsnoeren (PwC 2020)

PwC impliceert dat "er geen pasklare aanpak bestaat" (PwC 2020) in het onderwijs (PwC 2020).

PwC geeft aan dat het doel van het Kader voor leerplanrichtsnoeren is om een compleet beeld te geven van alle relevante aspecten voor het leerplan, om het leerplan te zien als het opleidingsvermogen van individuen in de loop van hun professionele leven (PwC 2020).

Het kader voor leerplanrichtsnoeren, figuur 13, is gebaseerd op acht unieke, maar met elkaar verweven fasen (PwC2020).

De eerste vier fasen worden nader beschreven omdat zij de meeste aandacht vergen om de leerplannen volgens de belanghebbenden opnieuw vorm te geven (PwC 2020).

Strategie

- Na het studieprogramma moet de student klaar zijn voor een leven lang leren, met andere woorden de bereidheid en het vermogen hebben om deel te nemen aan voortdurend leren gedurende hun loopbaan.
- Biedt volledig onderwijs, erkent de bredere kijk van hoe het leeraanbod past in het totale leertraject en de arbeidsmarkt.
- Door niet alleen rekening te houden met de maatschappelijke karakteristieke behoeften van de leerling, maar ook met de behoeften van de betrokkenen, zoals inzetbaarheid.
- Om te slagen met persoonlijke ontwikkeling, beroepsarbeid en in de kennismaatschappij moeten de lerenden kennis omzetten in competenties.
- Om relevante persoonlijke en gepersonaliseerde opleidingen te kunnen aanbieden, is het essentieel om verder te kijken dan de conventionele leerplandoelen en leerdoelen.
- Studenten betrekken bij de ontwikkeling en uitvoering van leerplannen.



Samenwerking

- Het uitbreiden en verbeteren van de samenwerking tussen scholen en belanghebbenden om het aantal samenwerkingsverbanden en de vormen van samenwerking te vergroten.
- De belanghebbenden een rol geven als partners op het gebied van werkgelegenheid, onderzoek en onderwijs en ervoor zorgen dat zij verantwoordelijkheid nemen voor de leerervaring van de studenten.
- Het voor scholen gemakkelijker maken onderling ervaringen uit te wisselen.
- Leren in groepsverband, zodat de leerlingen zowel van elkaar als samen leren.
- Belanghebbenden verbinden door het toepassen van lerende ecosystemen.
- Overgang van mens-machine-communicatie naar mens-machine-samenwerking als een vorm van zich ontwikkelende samenwerking.

Inhoud

- Om tegemoet te komen aan de onderwijsseisen van Industry 4.0, is het van essentieel belang om de technische kant van het leerplan op een hoger plan te brengen.
- Niet-technische vaardigheden in het leerplan opnemen.
- Het betrekken van kwesties van duurzaamheid, ethiek, diversiteit en sociale insluiting.
- Een volledig zicht bieden op de levensduur van systemen en producten.
- Studenten en werknemers leren om nooit te stoppen met informatie te halen uit de steeds toenemende “oceaan” van gegevens en hoe de gevonden informatie te gebruiken.
- Studenten en werknemers bewust maken van hun veiligheid en ergonomiën daarmee essentiële vereisten om een goede geestelijke en lichamelijke gezondheid te behouden. De verwachtesresultaten van risicoblootstelling onderwijzen.

De leeromgeving

- De leerling laten werken met taken zonder traditionele oplossingen om vrij te leren denken met behulp van probleemgestuurd leren.
- Creativiteit aanleren door een onderwijsomgeving te vormen die de student helpt persoonlijke standpunten en inzichten te vormen.
- Een onderwijsomgeving creëren waar falenaanvaardbaar is en wordt gezien als nuttige educatieve ervaring.
- Onderwijsomgevingen creëren waarin studenten praktijkervaring kunnen opdoen.
- Studenten virtuele en fysieke ruimten bieden voor samenwerking, zoals leren met belanghebbenden.
- Technologie-ondersteund leren aanmoedigen.

(PwC 2020).

3.3 Het effect van het onderwijs op de economie

Hier volgen enkele voorbeelden die wijzen op het belang van onderwijs binnen Industry 4.0 voor economie en welvaart:

- Vanuit economisch perspectief verbetert de kwaliteit van het onderwijs het inkomen van het individu, de concurrentie tussen bedrijven en de economische groei (Gylfason 2001, Hanushek en Woessmann 2007, Barro 1996, waarnaar wordt verwezen in Abele, Metternich en Tisch 2019).
- De kennis en kunde van managers en ingenieurs vormt de basis voor de financiële winst van de bedrijven van vandaag en morgen (O'Sullivan, Rolstad en Filos 2011, waarnaar wordt verwezen in Abele, Metternich en Tisch 2019).



- Gezegd wordt dat wanneer vaardigheden zoals onderzoeksvaardigheden, ondernemersvaardigheden en managementvaardigheden ontbreken, dit van invloed is op het innovatievermogen met betrekking tot fundamenteel nieuwe producten, procesefficiëntie en kwaliteit (Tether et al. 2005, waarnaar wordt verwezen in Abele, Metternich en Tisch 2019).
- Een groter innovatievermogen, meer flexibiliteit en meer waardetoevoegende acties zijn voorbeelden van onderwijsresultaten (Smith 2001, waarnaar wordt verwezen in Abele, Metternich en Tisch 2019).
- De industriesector is van essentieel belang voor de economie van elk land. De industrie in Europa is goed voor meer dan 26% van het aandeel van de toegevoegde waarde in de niet-financiële bedrijfseconomie (Eurostat 2016, waarnaar wordt verwezen in Abele, Metternich en Tisch 2019).
- 75% van het bbp en 70% van de banen in Europa zijn verbonden met de industrie (O'Sullivan et al. 2011, waarnaar wordt verwezen in Abele, Metternich en Tisch 2019).

Om het effect van onderwijs samen te vatten: onderwijs met betrekking tot productie en fabricage enz. is van invloed op de echte industrie die de economie beïnvloedt. De industrie heeft op haar beurt invloed op zowel de individuele als de wereldeconomie. Naar schatting 70% van de banen is verbonden aan de industrie (O'Sullivan et al. 2011, waarnaar wordt verwezen in Abele, Metternich en Tisch 2019). Het is dan ook van vitaal belang dat het onderwijs is afgestemd op de huidige en toekomstige eisen van de industrie. De kennis waarover ingenieurs en managers beschikken, beïnvloedt bedrijven in positieve of negatieve zin. Daarom is het van essentieel belang om via het onderwijs kwalitatief goede en passende kennis te verwerven om in de toekomst financiële groei te creëren voor bedrijven, personen en naties.

3.4 AM-technologie in het onderwijs

Dit is een voorbeeld van hoe Advanced Manufacturing-technologieën kunnen worden gebruikt om competenties aan te leren die essentieel zijn voor Industry 4.0.

Resultaten met betrekking tot de evaluatie van onderwijsmethoden uit een onderzoekgericht op de vierde industriële revolutie en de Korean National Competency Standards in Zuid-Korea toonden aan dat Virtual Reality de belangrijkste methode is voor de ontwikkeling van competenties (Lee en Shvetsova 2019).

Er zijn tal van games beschikbaar voor Virtual Reality om te onderwijzen en virtueel echte werktaken te trainen. De mogelijkheden van games en de onbeperkte simulatie bieden de mogelijkheid om tal van competenties te onderwijzen.

Technische deskundigheid:

Technische deskundigheid is vereist om feilloos te kunnen omgaan met geavanceerde technologie, wat van essentieel belang is in de vierde industriële revolutie. Leren omgaan met de eigenlijke VR-apparatuur, zelfs zonder games, helpt de lerenden om meer technische deskundigheid te verwerven.

IT-kennis:

Er zijn tal van soorten software voor VR/AR-leren. Het is belangrijk over IT-kennis te beschikken om VR/AR-gerelateerde software te kunnen gebruiken en om voorkomende problemen op te lossen. De tijdens VR-leren verworven IT-kennis kan worden overgedragen naar andere situaties die verband houden met IT, wat belangrijk is voor I4.0.

Communicatie- en samenwerkingsvaardigheden:

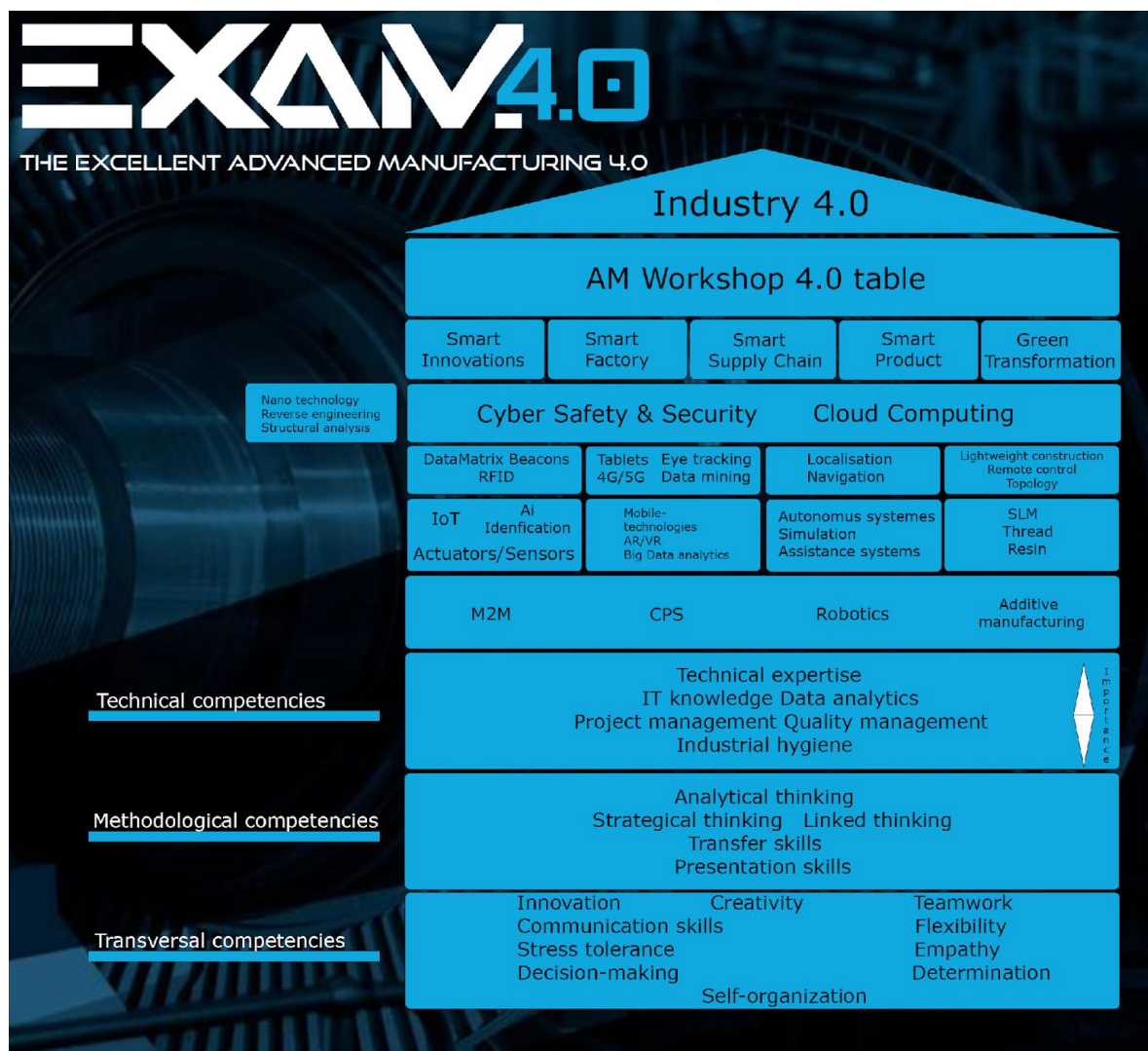
Ontwikkeling van communicatievaardigheden is noodzakelijk om samenwerking in VR te leren, aangezien communicatie een belangrijk aspect van teamwerk is. Communicatievaardigheden kunnen gemakkelijk worden aangeleerd via VR-games. VR is een nuttige methode voor het aanleren van samenwerking/teamwork. De trainer kan coöperatieve leertaken opzetten om de teamwerkvaardigheden van de leerlingen te verbeteren. De taken kunnen worden uitgevoerd in online VR-ruimten of tussen een niet-gebruikende VR-student die een VR-gebruikende student instrueert.

Problemen oplossen:

Het is van vitaal belang om in de vierde industriële revolutie een gevorderde probleemoplosser te zijn. Nieuwe technologieën vereisen innovatieve geesten om de nieuwe complexe problemen het hoofd te bieden. Het ontwikkelen van de competentie probleemoplossend vermogen past uitstekend bij VR-leren, aangezien tal van games praktisch zijn ontworpen voor het oplossen van problemen.

3.5 Tabel met specifieke vaardigheden

Tabel met de specifieke vaardigheden in verband met de profielen van de mensen die de ontwerpen van de AM-Werkplaats 4.0 uitproberen



Figuur 14 Tabel met specifieke vaardigheden(EXAM 4.0)



Competenties zijn een van de belangrijkste aspecten met betrekking tot specifieke eisen voor mensen die een AM-werkplaats 4.0 leiden, dus werknemers in de AM-sector. Competenties vormen de fundering, de basis van ons huis, van Figuur 14 betreffende Industry 4.0. De inhoud van de tabel is dat werknemers in Industrie 4.0 over vakoverschrijdende, methodologische en technische competenties moeten beschikken om te slagen in hun loopbaan. De afbeelding hierboven toont de belangrijkste competenties binnen elk van de drie groepen, verdeeld in drie verschillende rechthoeken, volgens zowel bronnen als intern onderzoek binnen EXAM 4.0. Het belang van de competenties is door de WP4-onderzoekers gerangschikt op basis van de eerder genoemde studies, de competenties zijn van boven naar beneden weergegeven van meest belangrijk tot minst belangrijk. Vakoverschrijdende competenties verwijzen naar competenties die niet gekoppeld zijn aan een specifieke baan, dus overdraagbaar zijn tussen verschillende banen (Heron 2019).

Volgens de tabel van EXAM 4.0 vormen vakoverschrijdende competenties de basis van de competenties van een werknemer in Industry 4.0. Het omvat competenties zoals creativiteit, innovatie en teamwork, die in veel banen van belang zijn voor een werknemer in Industry 4.0. Industry 4.0, AM, resulteert in nieuwe technologieën en methoden. Competenties zoals creativiteit en innovatie zijn derhalve van vitaal belang om nieuwe complexe problemen en uitdagingen het hoofd te bieden.

Methodologische competenties vormen de tweede laag van competenties in het AM-Werkplaats 4.0-model. Deze competenties zijn meer specifiek gericht op specifieke werkerterreinen dan vakoverschrijdende competenties, en de methodologische competenties in deze tabel zijn essentieel voor I4.0.

Technische of vakinhoudelijke competenties zijn competenties die verband houden met een bepaald werkgebied. Verschillende beroepssectoren vereisen specifieke kennis en dus verschillende specifieke bekwaamheden. Het is belangrijk om technische competenties te verwerven die nodig zijn voor een specifiek vakgebied om een goede werknemer te worden (Zamboni 2018). De technische competenties in de tabel houden verband met Industry 4.0.

Het middelste deel van het huis toont lagen van verschillende technologieën waarvoor de werknemer, afhankelijk van zijn werkgebied, ofwel kennis ofwel vaardigheden moet bezitten. Een werknemer die met een specifieke I4.0-technologie werkt, moet over een buitengewone kennis binnen de materie beschikken, in tegenstelling tot een werknemer die op een meer algemene manier met alle I4.0-technologieën werkt.

Voorbeeld van een technologie, Additive Manufacturing, en relevante vaardigheden

Vaardigheden:

- - 3D Techniek
- - 3D CAD: ontwerpen, repareren, wijzigen van 3D-CAD-gegevens
- - Afwerking: Monteren, verven, schuren, verbeteren van een 3D-model
- Planning: beheer van meerdere materialen, zendingen, machines, orders, enz.
- - Onderhoud: kalibreren, repareren en testen van 3D-printers
- - Materiaalbehandeling
- Onderdelen meten

(n.d).

De huidige Additive Manufacturing-ingenieurs en -ontwerpers werden opgeleid om met traditionele productietechnieken te produceren; op die manier wordt een conventionele manier van denken over techniek verankerd. Hun creativiteit wordt beperkt door deze traditionele manier van denken (Knezic 2017).

Het is bijvoorbeeld van vitaal belang dat de volgende generatie ontwerpers en ingenieurs op het gebied van Additive Manufacturing creatief denken ontwikkelen en op die manier in staat ook op andere manieren dan de het conventionele manier te denken over productietechnieken. Creatief denken is dan ook een van de essentiële competenties voor een I4.0-werkgever die met Additive Manufacturing werkt.

Het bovenste deel van het huis toont verschillende maar zeer belangrijke aspecten van Industry 4.0. De werknemer moet kennis hebben van deze aspecten om te kunnen slagen in de AM-sector. Dit zijn slimme fabrieken, slimme innovaties, slimme toeleveringsketens, slimme producten en groene transformatie.

Bijlage

Verschil tussen vaardigheden en competenties:

Bij het zoeken naar informatie over vaardigheden en competenties is het gemakkelijk de weg kwijt te raken in wat nu eigenlijk van toepassing is. De termen "vaardigheden", "harde vaardigheden", "zachte vaardigheden" en "competenties" worden vaak gebruikt, maar in verschillende contexten. Er bestaat niet echt een definitie van de specifieke betekenis van de verschillende termen en zij worden vaak in verschillende contexten gebruikt. De termen vaardigheden en harde vaardigheden worden in dit verslag als synoniemen gebruikt en zachte vaardigheden en competenties evenzo, om verwarring voor de lezer te beperken.

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

Figuur 9 VAARDIGHEDEN EN COMPETENTIES (McNeill 2019)



Figuur 10 WAT IS HET VERSCHIL TUSSEN EEN VAARDIGHEID EN EEN COMPETENTIE (McNeill 2019)

Een vaardigheid is een vermogen dat nodig is om een werktaak fysiek aan te kunnen, bijvoorbeeld coderen, lassen of schrijven (McNeill 2019).

Een competentie is meer in de context van kennis of gedrag om een persoon succesvol te laten zijn op de werkplek. Voorbeelden van competenties zijn sociale competentie, analytisch denken en creativiteit (McNeill 2019).



12. Referenties

Abele, Eberhard; Chryssolouris, George; ElMaraghy, Hoda; Hummel, Vera; Metternich, Joachim; Ranz, Fabian; Sihn, Wilfried en Tisch, Michael. (2015a). *Learning Factories for Research, Education, and Training. 5e conferentie over Leerfabrieken*. Elsevier B.V., pp. 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.02.187> (verzameld 2020-09-10).

Abele, Eberhard; Hummel, Vera; Metternich, Joachim; Ranz, Fabian en Tisch, Michael. (2015b). *Learning Factory Morphology – Study Of Form And Structure Of An Innovative Learning Approach In The Manufacturing Domain*. Turkish Online Journal of Educational Technology. [https://www.researchgate.net/publicatie/281344323_Learning_Factory_Morphology - Study Of Form And Structure Of An Innovative Learning Approach In The Manufacturing Domain](https://www.researchgate.net/publicatie/281344323_Learning_Factory_Morphology_-_Study_Of_Form_And_Structure_Of_An_Innovative_Learning_Approach_In_The_Manufacturing_Domain) (verzameld 2020-09-07).

Abele, Eberhard; Metternich, Joachim; en Tisch, Michael. (2019). *Learning Factories Concepts, Guidelines, Best-Practice Examples*. Cham: Springer Nature Switzerland AG. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-92261-4> (verzameld 2020-08-28).

Alves, A.C; Pereira, A.C en Lopes Nunes, M. (2017). *Smart products development approaches for Industry 4.0*. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.09.035> (verzameld 2020-10-17).

AM FIELD GUIDE COMPACT. (2020). *Formnext magazine fon extra*. (verzameld 2020-10-05).

Aventis Learning Group. (2019). *Skills You Must Have To Stay Relevant In Industry 4.0*. <https://aventislearning.com/skills-you-must-have-to-stay-relevant-in-industry-4-0/> (gathered 2020-09-14).

Barro, R.J. (1996). *Determinants of economic growth: A cross-country empirical study*. NBER-werkdocumenten : Vol. 5698. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.

Bilberg, A; Bogers, M; Madsen, E.S. en Radziwon, A. (2014). *Procedia Eng.*, 69 1184-1190 (verzameld 2020-10-17).

Buchner, Tilman; Knizek, Claudio; Kuhlmann, Kristian; Küpper, Daniel; Lorenz, Markus; Lässig, Ralph en Maue, Andreas. (2019). *Advanced Robotics in the Factory of the Future*. BCG Innovatiecentrum, Duitsland. <https://www.bcg.com/publications/2019/advanced-robotics-factory-future> (verzameld 2020-10-17).

Buck Institute for Education. (n.d). *What is PBL?*. <https://www.pblworks.org/wat-is-pbl> (verzameld 2020-09-28).

Burnaby schools. (2020). *RESPONSIBILITIES OF STUDENT*. <https://burnabyschools.ca/responsibilities-of-students/>. (verzameld 2020-10-15).

CECIMO. (2013) *Manifest van de Europese gereedschapsmachine-industrie over vaardigheden*.

CEDEFOP. (2010). *Skills supply and demand in Europe: Medium-term forecast up to 2020*. Luxemburg: Bureau voor publicaties van de Europese Unie.

Cherry, Kendra. (2020). *The Experiential Learning Theory of David Kolb*. <https://www.verywellmind.com/experiential-learning-2795154> (verzameld 2020-09-29).

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



(n.d). *What is Industry 4.0—the Industrial Internet of Things (IIoT)?* <https://www.epicor.com/en/resource-center/articles/what-is-industry-4-0/>. (verzameld 2020-10-15).

Eurostat. (2016). Industriestatistiek - NACE Rev. 2: Relatief belang van de be- en verwerkende industrie (NACE-sectie C), 2013 (% aandeel van de toegevoegde waarde en de werkgelegenheid in de totale niet-financiële zakelijke economie). Opgehaald van http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Manufacturing_statistics_-_NACE_Rev._2.

(n.d). *Industry 4.0 User's Guide: Educator Edition*. <https://www.festo-didactic.com/us-en/news/industry-4.0-user-s-guide-educator-edition.htm?fbid=dXMuZW4uNTc5LjE3LjE2LjU4MjA> (gathered 2020-09-08).

Fitsilis, Panos; Gerogiannis, Vassilis en Tsoutsas, Paraskevi. (2018). INDUSTRY 4.0: REQUIRED PERSONNEL COMPETENCES. *INDUSTRY 4.0*. Vol. 3, Issue 3. Bulgaria: Scientific technical union of mechanical engineering, pp. 130-133. <https://stumejournals.com/journals/i4/2018/3/130> (verzameld 2020-08-26).

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

Growth Engineering. (2017). *WHAT IS THE EXPERIENTIAL LEARNING CYCLE?* <https://www.growthengineering.co.uk/what-is-experiential-learning/> (verzameld 2020-09-29).

Grzybowska, Katarzyna, en Łupicka, Anna. (2017). Key competencies for Industry 4.0. *Economics & Management Innovations* 1(1): pp. 250-253. https://www.researchgate.net/publication/322981337_Key_competencies_for_Industry_40 (verzameld 2020-08-27).

Gylfason, Thorvaldur. (2001). Natural resources, education, and economic development. *European Economic Review* 45, 847-859.

Hanushek, E. A., en Woessmann, L. (2007). *The role of education quality in economic growth. Policy research working paper: Vol. 4122*. Washington, DC: World Bank Human Development Network Education Team.

Helbig, J; Kagermann, H en Wahlster, W. (2013). *Securing the Future of German Manufacturing Industry: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRY 4.0*, München, 2013 (verzameld 2020-10-17).

Heron, Chris. (2019). *What is a Transversal Competency?* Vivagogy. <http://vivagogy.com/2019/03/04/transversal-competencies-2/> (verzameld 2020-10-17).

Härtig, R.-C; Jozinović, P; Möhring, M; Neumaier, P; Reichstein, C en Schmidt, R. (2015). Internationale conferentie over bedrijfsinformatiesystemen. 16–27. (verzameld 2020-10-17).

Impuls Foundation (2019) "Impuls compact: Engineers for Industry 4.0", VDMA (The Mechanical Engineering Industry Association).

i-SCOOP. (n.d). *Logistics 4.0 and smart supply chain management in Industry 4.0*. <https://www.i-scoop.eu/industry-4-0/supply-chain-management-scm-logistics/> (verzameld 2020-10-15).

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

Kienegger, Harald; Knigge, Marlene; Krcmar, Helmut en Prifti, Loina. (2017). *A Competency Model for "Industry 4.0" Employees: 13th International Conference on Wirtschaftsinformatik*. St. Gallen, Zwitserland 12-15 februari 2017. https://www.researchgate.net/publication/314391765_A_Competency_Model_for_Industrie_40_Employees (verzameld 2020-09-14).

Knezic, Krno. (2017). *Creativity is the key to design for additive manufacturing*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/creativity-key-design-additive-manufacturing-krno-knezic/> (verzameld 2020-09-02).

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

Koo, Jenna. (2020). *What is a Smart Factory? (And what it means for you)*. Tulip. <https://tulip.co/blog/digital-transformation/what-is-a-smart-factory-and-what-it-means-for-you/> (verzameld 2020-10-08).



Kirchner, Matthew D. (2017). *Teaching the Industrial Internet of Things*. Mequon. <https://labmidwest.com/wp-content/uploads/2017/09/Teaching-IIoT-Preparing-Students-and-Learners-for-Industry-4.0-2.pdf> (verzameld 2020-10-15).

Kreimeier, Dieter. (2016). *Die LPS Lernfabrik Qualifizierung in einem realitätsnahen Fabrikumfeld*. Ruhr-Universität Bochum. [PowerPoint-dia's]. https://www.uni-siegen.de/smi/aktuelles/20161115_lps_lernfabrik_praesentation_kreimeier.pdf (verzameld 2020-09-10).

K3 Syspro. (n.d). *What's the Difference Between 3D Printing and Additive Manufacturing?* <https://www.k3syspro.com/advice-centre/erp-advice/whats-the-difference-between-3d-printing-and-additive-manufacturing/>. (verzameld 2020-10-1).

LAB Midwest. (2020). *How to Teach Industry 4.0 in 2020*. <https://www.youtube.com/watch?v=OhbDfAZ6JUc> (verzameld 2020-10-16).

Lead The Change Community. (2019). *KEY COMPETENCIES FOR INDUSTRY 4.0 — NEGOTIATION AND CREATIVITY*. Medium. <https://medium.com/@LeadTheChange/key-competencies-for-industry-4-0-negotiation-and-creativity-2f7685f8d49f> (verzameld 2020-09-14).

Lee, Hee Jang en Shvetsova A. Olga. (2019). *The Impact of VR Application on Student's Competency Development: A Comparative Study of Regular and VR Engineering Classes with Similar Competency Scopes*. https://www.researchgate.net/publication/332386448_The_Impact_of_VR_Application_on_Student's_Competency_Development_A_Comparative_Study_of_Regular_and_VR_Engineering_Classes_with_Similar_Competency_Scopes. (verzameld 2020-09-02).

Leinweber S. Etappe 3: Kompetenzmanagement. In: Meifert MT, red. *Strategische Personalentwicklung - Ein Programm in acht Etappen*. 3e ed. Wiesbaden: Springer Fachmedien; 2013

Linke, Rebecca. (2017). *Additive manufacturing, explained*. MIT management. <https://mitsloan.mit.edu/ideas-made-to-matter/additive-manufacturing-explained>. (verzameld 2020-10-1).

Loughborough University. (n.d). *About Additive Manufacturing*. <https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/vatphotopolymerisation/> (verzameld 2020-10-02).

Marr, Bernard. (2018). *What is Industry 4.0?* Forbes. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2018/09/02/what-is-industry-4-0-heres-a-super-easy-explanation-for-anyone/?sh=4acd83579788>. (verzameld 2020-10-15).

McNeill, Jane. (2019). *SKILLS VS. COMPETENCIES – WHAT'S THE DIFFERENCE, AND WHY SHOULD YOU CARE*. Hays. <https://social.hays.com/2019/10/04/skills-competencies-whats-the-difference/> (verzameld 2020-10-09).

Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg. (2019). *Lernfabriken 4.0 in Baden-Württemberg*. <https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/innovatie/schluesseltechnologien/industrie-40/lernfabriken-40/> (verzameld 2020-09-10).

O'Sullivan, D., Rolstadås, A., en Filos, E. (2011). Global education in manufacturing strategy. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 22(5), 663–674. <https://doi.org/10.1007/s10845-009-0326-2>.

OTTO Motors. (2019). *What Is the Smart Factory and Its Impact on Manufacturing?*. <https://ottomotors.com/blog/what-is-the-smart-factory-manufacturing>. (verzameld 2020-10-15).

Pappas, Christopher. (2014). *Instructional Design Models and Theories: The Discovery Learning Model*. <https://elearningindustry.com/discovery-learning-model> (verzameld 2020-09-29)

Prins J. Michael en Felder M Richard. (2006). *Inductive Teaching and Learning Methods: Definitions, Comparisons, and Research Bases*. *Journal of Engineering Education*. American Society for Engineering Education. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2006.tb00884.x> (verzameld 2020-10-17).

PwC. (2016). *Skills for Key Enabling Technologies in Europe State-of-Play, Supply and Demand, Strategy, Recommendations and Sectoral Pilot*. Directoraat-Generaal Interne markt, industrie, ondernemerschap en MKB (Europese Commissie). https://ec.europa.eu/growth/content/final-report-skills-key-enabling-technologies-europe-0_en (verzameld 2020-08-26).



PwC. (2020). *Skills for Industry Curriculum Guidelines 4.0 Future-proof education and training for manufacturing in Europe*. Uitvoerend Agentschap voor het midden- en kleinbedrijf (Europese Commissie). <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/845051d4-4ed8-11ea-aece-01aa75ed71a1> (verzameld 2020-09-05).

(n.d). *Duties and Responsibilities of a Teacher*. <https://ntu.edu.pk/qec/duties-and-responsibilities-of-a-teacher/> (verzameld 2020-10-15).

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

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

Serhat, Kurt. (2020). Problem-Based Learning (PBL). Educational technology. <https://educationaltechnology.net/problem-based-learning-pbl/> (verzameld 2020-09-25).

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

Spectral Engines. (2018). *Industry 4.0 and how smart sensors make the difference*. <https://www.spectralengines.com/articles/industry-4-0-and-how-smart-sensors-make-the-difference> (gathered 2020-10-01).

Tether, B., Mina, A., Consoli, D., en Gagliardi, D. (2005). *A literature review on skills and innovation: How does successful innovation impact on the demand for skills and how do skills drive innovation? A CRIC report for the department of trade and industry*. Manchester, Engeland: ESRC Centre for Research on Innovation and Competition.

Thames, L., en Schaefer, D. (2016). *Software-defined Cloud Manufacturing for Industry 4.0. Procedia CIRP*, 52, 12-17. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.041>.

The Challenge Institute. (2018). *Challenge based learning*. <https://www.challengebasedlearning.org/> (verzameld 2020-09-28).

Throughput. (2019). *Smart Supply Chain Management: Why it is Important to Implement?* <https://throughput.world/blog/smart-supply-chain-management/> (verzameld 2020-10-17).

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

University of Illinois Board of Trustees, et al. (2020). *PROBLEM-BASED LEARNING (PBL)*. [https://citl.illinois.edu/citl-101/teaching-learning/resources/teaching-strategies/problem-based-learning-\(pbl\)](https://citl.illinois.edu/citl-101/teaching-learning/resources/teaching-strategies/problem-based-learning-(pbl)) (verzameld 2020-09-25).

Vieweg, H.-G. (2011). *Study on the competitiveness of the EU mechanical engineering industry*. München: Ifo Institute

Vulkov, Volen. (n.d). *3d Printing Skills: Example Usage on Resumes, Skill Ser & Top Keywords in 2020*. Enhacv. <https://enhacv.com/resume-skills/3d-printing/>. (verzameld 2020-09-02).

Whitton, Nicola. (2012). *Games-Based Learning*. https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-1-4419-1428-6_437 (gathered 2020-09-29).

Wirtschaft digital Baden-Württemberg. (2020). *Lernfabriken*. <https://www.wirtschaft-digital-bw.de/zielgruppen/produzierendes-gewerbe/lernfabriken-industrie-40/> (verzameld 2020-09-10).

Zamboni, Jon. (2018). *What Are Examples of Technical Competencies?* Leaf Group Media. <https://careertrend.com/how-5867853-write-competency-based-resume.html> (verzameld 2020-10-17).

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

