

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.



Abstrakt

Industri 4.0 ställer nya krav på arbetstagare, ny teknik kräver innovativa lösningar och därmed innovativa arbetstagare som kan anpassa sig till de nödvändiga justeringarna och ge värde till industrisektorn. De nya kraven på arbetare skapar i sin tur nya krav på utbildning. Forskning kring metoder för utveckling av Industry 4.0-utbildning har utförts av Curt Nicolin Gymnasiet och EXAM 4.0-konsortiets partner inom arbetspaket 4 på grund av de nya kraven. Arbetspaket 4, i EXAM 4.0, innehåller definitioner av krav som ett VET / HVET-center måste uppfylla för att kunna förse studenter med nyckelfaktorer och kompetenser som är avgörande i den avancerade tillverkningssektorn. Modeller för att beskriva institutioner och labb ingår i rapporten samt testas av alla konsortiets partners. Modellerna och beskrivningarna kan vara fördelaktiga när man definierar nya labb, utformade för utmärkt avancerad tillverkning. Arbetspaket 4 innehåller också information om relevant avancerad tillverkningsteknik, viktiga aspekter av Industry 4.0 och inlärningsprocesser, såsom metoder och utbildningsinnehåll avseende Industry 4.0-utbildning. Denna rapport, Arbetspaket 4.3, innehåller färdigheter och kompetenser som är väsentliga för framgång inom avancerad tillverkningssektor. Information om de viktigaste kompetenserna för Industry 4.0 och relevanta kompetens ingår i denna rapport. Informationen baseras huvudsakligen på en studie utförd inom EXAM 4.0, svar från företrädare från företag i konsortiets partnerländer, följaktligen Sverige, Tyskland, Nederländerna och Spanien.



Innehållsförteckning

Abstrakt	4
Innehållsförteckning	5
WP4.3 Uppgiftsmall	6
Förkortningar	7
Introduktion	8
3.1 AM mjuka färdigheter / kompetenser	9
3.2 Lärandemål	12
3.3 Utbildningseffekt på ekonomin	18
3.4 AM-teknik inom utbildning	19
3.5 Tabell över specifika färdigheter	19
Referenser	23



WP4.3 Uppgiftsmall

Förväntat resultat	Nummer	D4.3
	Titel	Lista över AM-relevanta färdigheter som krävs för att arbeta i en AM Workshop 4.0
	Typ	Rapport
	Beskrivning	Tabell över de specifika färdigheterna som är kopplade till profilerna för personer som styr AM Workshop 4.0-designen, med hänsyn till genomförandets omfattning i varje projektpartners centrum, befintliga utbildningsförhållanden, utrustning och teknik och lärarnas och elevernas skicklighetsnivåer.
	Förfallodatum	M07
	Språk	Engelska, tyska, svenska, nederländska och spanska
	Media	Elektronisk
Spridningsnivå	Publik	



Förkortningar

AI= Artificial Intelligence
AM = Advanced Manufacturing
AR = Augmented Reality
CAD = Computer Aided Design
CAM = Computer Aided Manufacturing
CoVE = Centres of Vocational Excellence
CPS = Cyber-Physical systems
D = Deliverable
EQF = European Qualifications Framework
EXAM 4.0 = Excellent Advanced Manufacturing 4.0
HVET = Higher Vocational Education and Training
I4.0 = Industry 4.0
ICT = Information and communications technologies
IoT = Internet of Things
IIoT = Industrial Internet of Things
IT = Information Technology
KETs = Key Enabling Technologies
M2M = Machine to machine communication
OT = Operational Technology
RFID = Radio Frequency Identification
VET = Vocational Education and Training
VR = Virtual Reality
WP = Work Package



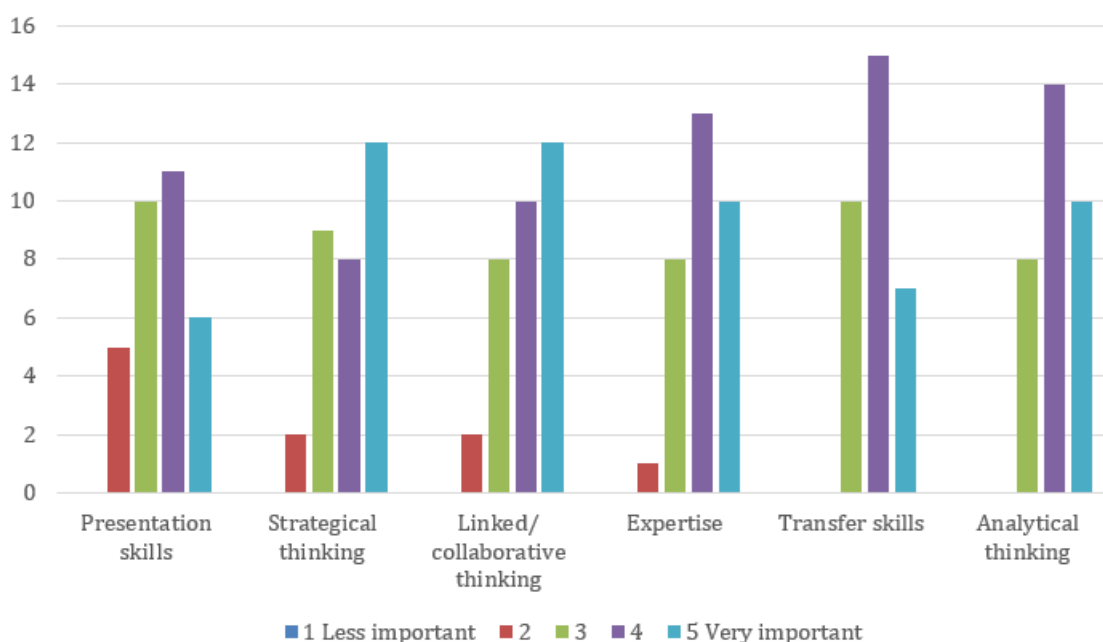
Introduktion

Den tredje delen av rapporten innehåller färdigheter och kompetenser som krävs för att arbeta inom avancerad tillverkningssektor. En tabell över specifika färdigheter som innehåller viktiga aspekter för personer som styr en AM Workshop 4.0 visas i detta avsnitt. Information om befintlig status för utbildning som är relevant för industri 4.0 och den pedagogiska effekten på industrisektorn presenteras som en del av D4.3.

Lista över AM-relevanta färdigheter som krävs för att arbeta i en AM Workshop 4.0

3.1 AM mjuka färdigheter / kompetenser

I detta avsnitt presenteras mjuka avancerad tillverknings kompetens/kompetenser, samlad från intressenter i konsortiets partners länder. Informationen nedan samlas från resultaten som genererats av EXAM 4.0-”fokusgruppsmöten”. Representanter från olika deltagande företag från varje EXAM-partners land svarade på frågor gällande vikten av olika hårda och mjuka färdigheter angående I4.0.



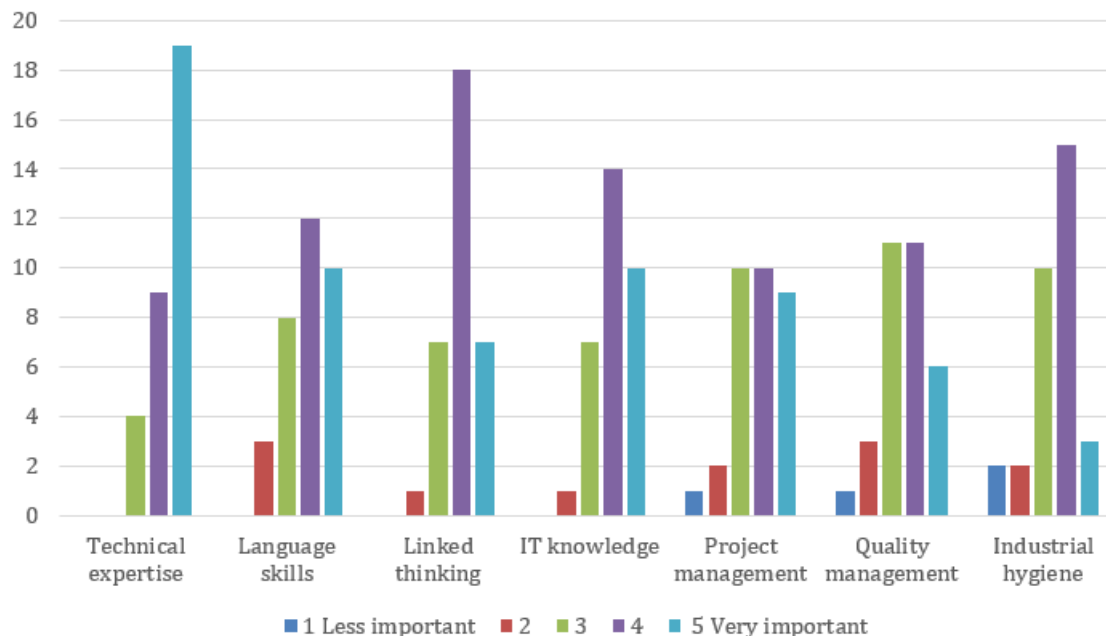
1. Graph: Importance of methodological competencies regarding a future production environment of I4.0

De olika valbara metodiska kompetenserna var relativt lika viktiga enligt de deltagande ländernas företag. Analytiskt tänkande var dock det som företrädarna fann som den viktigaste kompetensen att få.

Problemlösning (som inte var en valbar kompetens) är ofta känd som en standarduppsättning av block. Dessa block används för att definiera ett specifikt problem, sätta ett mål, besluta om en lösning på problemet och sedan använda lösningen. Industri 4.0 leder till mer komplexa problem, traditionell problemlösning är följaktligen inte alltid en adekvat metod. I dessa fall behöver branschen därför en mer avancerad tankeprocess (Aventis Learning Group 2019).

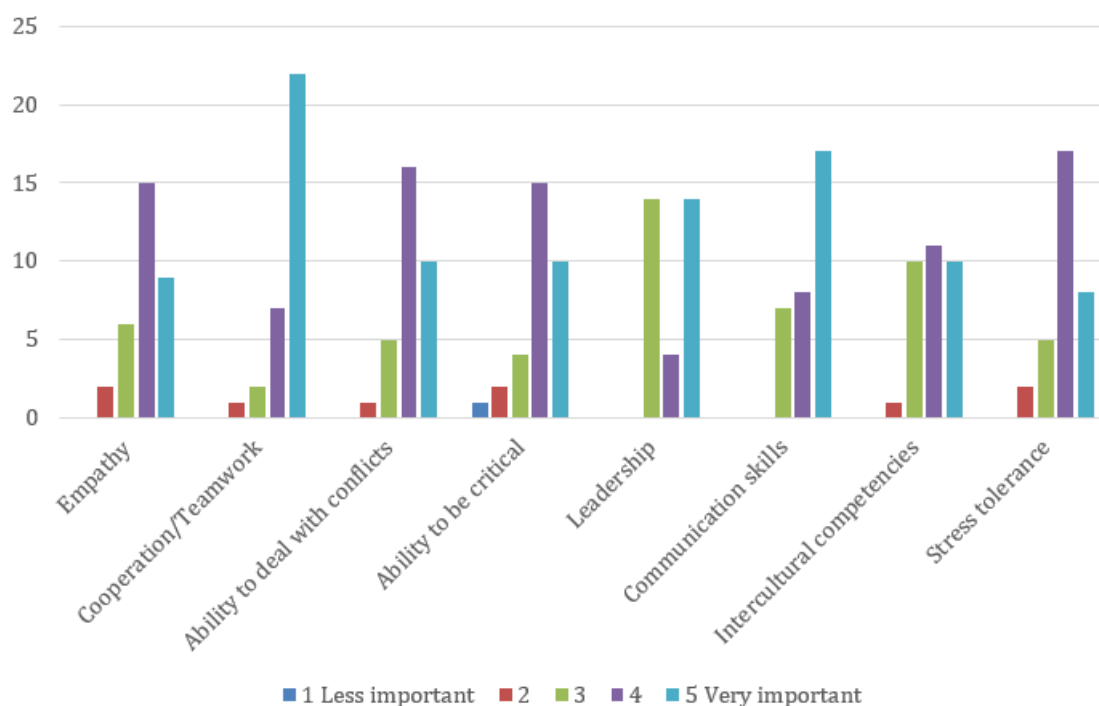


Det finns lämpliga tankeprocesser som behöver förbättras. Dessa metoder bör tillämpas för att effektivt hantera invecklade I4.0-problem. Dessa processer är kritiskt tänkande, analytiskt tänkande (vilket observerades som viktigt av representanterna) och systemtänkande (Aventis Learning Group 2019).



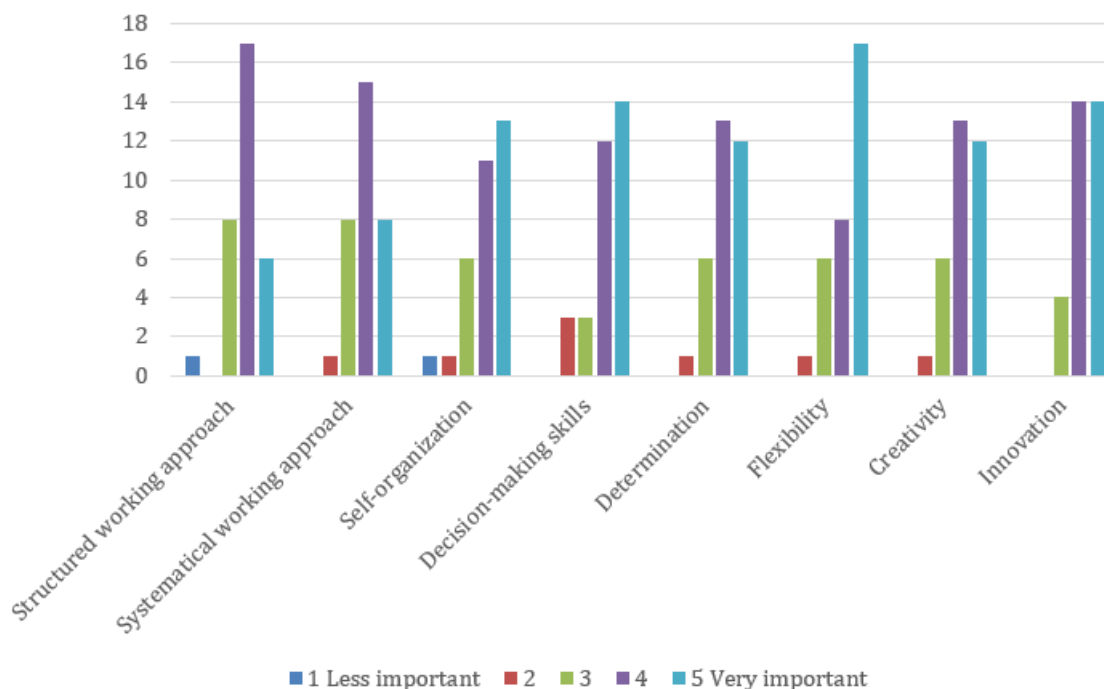
2. Graph: Importance of functional competencies regarding a future production environment of I 4.0

Svaren gällande hur betydelsefulla de valbara funktionella kompetenserna var uppkom inte lika högt som svaren angående metodologiska kompetenser. Teknisk expertis ansågs vara den viktigaste funktionella kompetensen med ett genomsnittligt svar på 4,47, på en skala från 1 till 5 som representerade vikten av kompetensen. Representanterna ansåg att industrihygien var den minst viktiga kompetensen, med ett genomsnitt på 3,53.



3. Graph: Importance of social competencies regarding a future production environment of I 4.0

Social kompetens är den viktigaste kompetensen att ha för att kunna samarbeta samt arbeta bra i ett team enligt de representativa individer som deltar i intervjuerna. Av de 32 deltagarna svarade 22 individer att kompetensen "samarbete / lagarbete" är "mycket viktigt" för en anställd att få. Alla andra sociala kompetenser besvarades som nästa intill lika viktiga förutom kommunikationsförmåga som var något viktigare.



4. Graph: Importance of personality competencies regarding a future production environment of I 4.0



Alla olika personliga kompetenser ansågs i stort sett vara lika viktiga. Innovation var dock den kompetens som företrädarna ansåg vara viktigast för en framtida I4.0-produktionsmiljö. Kreativitet listades på *Lead The Change Community* för att vara den tredje viktigaste färdigheten (kompetens) att ha i 2020 när det gäller I4.0 (Lead The Change Community 2019), även om den inte identifierades som mycket viktig av representanterna.

Liknande "fokusgruppsmöten" har utförts inom samma område, viktiga kompetenser avseende I4.0. Vid ett specifikt tillfälle ägde dessa intervjuer rum i Tyskland, Österrike, Nederländerna, Egypten och Schweiz. Representanterna var föreläsare med erfarenhet inom områden som IT, IS, ekonomi och teknik. Dessa föreläsningar och professorer fann beteendekompetens som den viktigaste. Denna studie var dock huvudsakligen riktad till en annan företagsgrupp än "fokusgruppsmöten" som utförs av EXAM 4.0. De beteendekompetenser som representanterna tyckte var viktiga var till exempel kommunikationskompetens, presentationskunskap och samarbete, dessa var viktiga eftersom de spelar en viktig roll i lagarbete (Kienegger et al., 2017). Dessa kompetenser ingår i undersökningen utförd av EXAM 4.0, nämnd i olika kategorier, till exempel sociala kompetenser och metodologiska kompetenser.

Beteendekompetenser kommer att vara viktigast när det gäller I4.0 enligt undersökningen utförd av Technical University Munich. De tror att mer forskning och analys behöver göras angående hur redan erhållna kompetenser som studenter och anställda har kan anpassas för I4.0. Forskningen bör dessutom handla om nya krav på läroplaner och utbildningsprogram som rör I4.0 (Kienegger et al., 2017).

3.2 Lärandemål

Krav på justeringar i VET / HVET för att möta industri 4.0 krav

Läroplanerna i VET / HVET har inte anpassats i samma takt som branschen. Studenterna från VET / HVET-centret matchar inte branschens direkta behov enligt intressenter. Utexaminerade kan inte börja arbeta direkt, de måste gå igenom en tids- och ekonomisk dyr vidareutbildning innan de kan utföra uppgifter utan direkt vägledning (CECIMO 2013, refererad i PwC 2020).

Numera överväger många utbildningsleverantörer knappt att utvecklas för att matcha utbildningskraven i industri 4.0, även om successiva metoder finns och tas upp. Uppdatering och förfining av läroplanen är en möjlig metod som innebär komplicerade förfaranden. Att organisera utbildningar utöver fakulteter och divisioner är utmanande på grund av administrativa komplikationer. Många fakulteter och divisioner har begränsade nätverk och kan därför inte arbeta utöver små grupper på grund av "silotänkande". För att successivt möta kraven är det viktigt att arbeta över fakulteter och divisioner (Impuls Foundation 2019, refererad till PwC 2020).

Områden där förändring är nödvändig



Figure 11 Collective KETs competencies and key areas of mismatch (PwC 2016, referenced in PwC 2020)

Figur 11 visar en modell av nödvändiga förändringar i utbildningen som krävs för att lyckas undervisa I4.0 nödvändiga kompetenser.

I den här modellen kan vi se vad vi behöver ta itu med avseende på lärandemål:

1. Tekniska kompetenser
2. Kvalitets-, risk- och säkerhets-kompetenser
3. Lednings- och entreprenörskaps-kompetenser
4. Kommunikations-kompetenser
5. Innovations-kompetenser
6. Emotionell och social intelligens

Befintliga utbildningsprogram innehåller inte lämpliga och eftertraktade icke-tekniska och tekniska färdigheter som är viktiga för experter inom den avancerade tillverkningssektorn. Icke-tekniska färdigheter har visat sig vara lika viktiga som tekniska färdigheter eftersom det alltid finns justeringar i marknads-, juridisk-, kultur-, affärsmiljön. För att kunna tillhandahålla tjänster för köpare från hela världen i större team är färdigheter förknippade med problemlösning, entreprenörskap, förhandlingar och kommunikation viktigt (Impuls Foundation 2019, refererad i PwC 2020)



När det gäller tekniska färdigheter har vissa studenter inte den kunskap som krävs för att arbeta i en verklig organisation, detta är ofta ett resultat av föråldrad programvara och utrustning som används i utbildningen. Med begränsad tillgång till ny utrustning kommer studenter att sakna den kompetens som krävs för att arbeta inom den avancerade tillverkningssektorn, och kan därför inte självständigt utföra uppdrag hos företag som använder de senaste versionerna av programvara och utrustning.

FESTO påpekar att skolor inte kan hålla jämna steg med företagets utvecklingshastighet, akademiker kommer därför inte att ha rätt expertis när de söker jobb. Det är därför nödvändigt för skolor att samarbeta med företag eller I4.0-organisationer (FESTO nd). Tekniska utbildningsprogram saknar ofta icke-tekniska färdigheter som ledarskap, innovation, entreprenörskap, marknadsföring och försäljning. Dessa färdigheter får inte tillräckligt med erkännande jämfört med vad som önskas av en teknisk student angående avancerad tillverkning (PwC 2020).

Skolor fokuserar ofta sin utbildning på att lära sig specifik fakta och använda problemlösande lärande inom ett begränsat kunskapsområde. Det pedagogiska tillvägagångssätt som behövs för avancerad tillverkning resulterar i en kunskap som kan användas inom flera områden. Utbildningsprogram behöver nya sätt att undervisa, dessa nya metoder måste förändra de nuvarande traditionella tankesätten. Som ett resultat kommer eleverna att lära sig att se kopplingar mellan icke-anslutna fält och kunna skapa kopplingar mellan dessa. Dessutom kämpar program ofta för att lära eleverna hur man förvandlar teoretisk kunskap till verkliga industriella problem, men detta är ett mycket önskvärt attribut i ny avancerad tillverkning, industri 4.0, rekryter (PwC 2020).

Befintliga program misslyckas ofta med att hitta balans mellan kvalitet och kvantitet när det gäller pedagogiskt innehåll och färdigheter. Intressenter hävdar att det inte finns något tillvägagångssätt som alltid bör gälla. Utbildning kräver en balans mellan specifik, även en allmän kunskap och färdigheter. Företag föredrar akademiker med olika grader av specifik kunskap (PwC 2020).

Det finns skillnader mellan olika yrkesgrupper inom avancerad tillverkning, vilket innebär skillnader mellan utbildningsinnehållet. Ett specifikt yrke kan kräva mer allmän kunskap och färdigheter medan ett annat yrke behöver mer specifika kunskaper och färdigheter (PwC 2020).

Undervisa moderna färdigheter på ett modernt sätt

De avancerade tillverknings kunskaperna som är essentiella under 2000-talet är inte nödvändigtvis nya. Dessa färdigheter har funnits och använts tidigare (Rotherham och Willingham 2009, refererad i PwC 2020)

Det skapas så mycket ny kunskap att många intressenter tror att den faktiska kunskapen om information inte spelar någon roll. De tror att förmågan att hitta information är viktigare än att besitta informationen.

Det ena är inte viktigare än det andra, att ha informationen är lika viktigt som förmågan att hitta information. Uppgiften är att leverera information såväl som färdigheter för att framgångsrikt förbättra lärandemålen för arbetsgivare, anställda och studenter. Information och färdigheter bör därför behandlas som lika vid undervisning (Rotherham och Willingham 2009, refererad till PwC 2020).

Färdigheter och kompetenser att ta itu med avseende på bransch 4.0

Industri 4.0 skapar behov av en omfattande och olika mängd färdigheter (Fitsilis, Tsoutsas och Gerogiannis, 2018). Termen färdigheter inom ramen för industrin 4.0 används oftast som begreppet kompetens och används således felaktigt. Mer forskning har gjorts om viktiga kompetenser för industrin 4.0 än specifika färdigheter. Rapporten fokuserar därför främst på kompetens. Viktiga färdigheter följer utvecklingen av teknik, i detta fall industri 4.0, och beskrivs med avseende på dem. Robotics är till exempel en nyckel som möjliggör teknik för avancerad tillverkning, kunskap om programmering av robotar är därför nödvändig.

De identifierade kompetenserna är indelade i fyra grupper i Leinwebers studie (Leinweber 2013, refererad i Fitsilis, Tsoutsas och Gerogiannis 2018).



Det finns många metodiska kompetenser som är nödvändiga för tekniska studenter att möta under utbildning i EXAM 4.0 labb. Enligt Fitsilis, Tsoutsas och Gerogiannis är kompetensen kreativitet, entreprenörstänkande, problemlösning, konfliktlösning, beslutsfattande, analytiska färdigheter, forskningsförmåga och effektivitetsorientering viktiga att utbilda (Fitsilis, Tsoutsas och Gerogiannis 2018). Det finns vissa kompetenser som är nödvändiga för att undervisa i EXAM 4.0 LABB. Dessa är kreativitet, entreprenörskap, problemlösning och beslutsfattande. Kreativitet, entreprenörskap och problemlösning beskrivs som viktiga kompetenser enligt Grzybowska och Łupicka (Grzybowska och Łupicka 2017). Grzybowska och Łupicka hävdar att kreativitet är avgörande för en anställd under 2000-talet (Grzybowska och Łupicka 2017). Kreativitet är avgörande för att se utmaningar på ett nytt och användbart sätt, komma med nya lösningar och knyta kopplingar mellan annars icke-relaterade ämnen (Grzybowska och Łupicka 2017).

Det finns behov av ett större antal specialister (Vieweg 2011, refererad i Abele, Metternich och Tisch 2019). Studier visar att det finns en märkbar förändring i riktning mot fler jobb som kräver kompetens och kunskap (CEDEFOP 2010, refererad till Abele, Metternich och Tisch 2019).

Fitsilis, Tsoutsas och Gerogiannis hävdar att interkulturella färdigheter, språkkunskaper, kommunikationsförmåga, nätverksförmåga, förmåga att arbeta i ett team, förmåga att kompromissa och samarbeta, förmåga att överföra kunskap och ledarskap, social kompetens är essentiella för tekniska studenter att förvärva (Fitsilis, Tsoutsas och Gerogiannis 2018). De viktigaste sociala kompetenserna som behöver utbildas i EXAM 4.0 labb är språk och kommunikation, lagarbete och samarbete.

Enligt Fitsilis, Tsoutsas och Gerogiannis är flexibilitet, tvetydighetstolerans, motivation att lära sig, förmåga att arbeta under press, hållbar inställning och efterlevnad de viktigaste personliga kompetenserna (Fitsilis, Tsoutsas och Gerogiannis 2018). De personliga kompetenserna som är viktigast att utbilda elever i ett EXAM 4.0 labb är flexibilitet, motivation att lära sig, att ha en hållbar inställning och förmågan att hantera press.

Fitsilis, Tsoutsas och Gerogiannis hävdar att alla yrkesverksamma personer som arbetar med avancerad tillverkning behöver kontinuerlig utbildning och utveckling (Fitsilis, Tsoutsas och Gerogiannis 2018). Ytterligare Fitsilis, Tsoutsas och Gerogiannis hävdar att detta beror på ständiga förändringar vad gäller teknisk utveckling, globalisering, industriell omstrukturering, ökande roll för ICT och nya mönster för arbetsorganisation (Fitsilis, Tsoutsas och Gerogiannis 2018). Yrkespersoner, som i detta fall är lärare, har ständigt behov av utveckling för att hålla jämna steg med kraven från avancerad tillverkningsorganisationer och företag. Fitsilis, Tsoutsas och Gerogiannis påpekar nödvändigheten av livslångt lärande och nödvändigheten för individuell utveckling (Fitsilis, Tsoutsas och Gerogiannis 2018).

Krav för en Industri 4.0-lärare

Avsnittet ovan kommer att användas för att sammanfatta vad som krävs av en lärare som undervisar i en EXAM 4.0 LAB:

- En lärare som utbildar sig i en EXAM 4.0 LAB måste genomgå kontinuerliga avancerade kurser gällande tillverkning. Alternativt anges som livslångt lärande.
- En lärare som utbildar sig i en EXAM 4.0 LAB krävs att alla har de kompetenser som anges i tidigare angivna stycken samt att vara kvalificerade i att undervisa dem.

Läroplanens riktlinjer

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 & security •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			

Figure 12 COMPETENCIES FRAMEWORK FOR ADVANCED MANUFACTURING (EXAM 4.0)

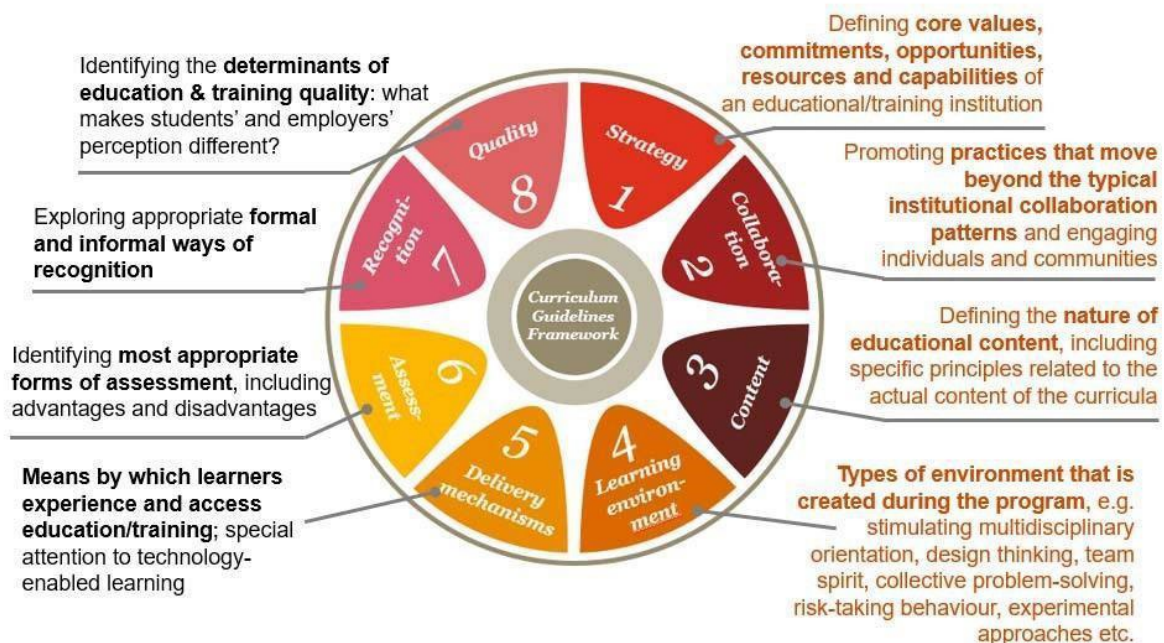


Figure 13 Curriculum Guidelines framework (PwC 2020)

PwC antyder att "det finns ingen strategi för alla storlekar" (PwC 2020) inom utbildning (PwC 2020).



PwC indikerar att målet med Curriculum Guidelines Framework är att ge en fullständig bild av alla relevanta aspekter för läroplanen, att se läroplanen som individers utbildningskapacitet under deras yrkesliv (PwC 2020).

Läroplanens riktlinjer, figur 13, baseras på åtta unika men sammanflätade faser (PwC2020).

De fyra första faserna beskrivs ytterligare då de krävde uppmärksamhet för att omforma läroplanerna enligt intressenter (PwC 2020).

Strategi

- Efter utbildningen ska studenten vara redo för det livslånga lärandet, med andra ord inneha viljan och förmågan att delta i kontinuerligt lärande under sin karriär.
- Erbjuder fullständig utbildning, erkänner den bredare synen på hur erbjudanden för inläring passar in i den övergripande inläringen och på arbetsmarknaden.
- Att ta hänsyn till inte bara elevens sociala och karaktäristiska behov utan också intressenterna behöver såsom anställbarhet.
- För att lyckas med personlig utveckling, sysselsättning och närvaro av ett kunskapssamhälle behöver eleverna omvandla kunskap till kompetens.
- För att presentera relevant personlig utbildning är det viktigt att nå utöver konventionella läroplanens mål och utbildningsmål.
- Att involvera studenter i läroplanens utveckling och genomförande.

Samarbete

- Att utvidga och förbättra samarbetet mellan skolor och intressenter för att öka antalet samarbeten och formerna för samarbete.
- Att medge den berörda delen som sysselsättning, forskning och utbildningspartner, vilket garanterar att de tar ansvar för elevernas "lärande".
- För att göra det lättare för skolor att dela erfarenheter bland dem.
- Att genomföra peer-to-peer-lärande för att få eleverna att lära sig av varandra såväl som tillsammans.
- Att ansluta intressenter genom att tillämpa lärande ekosystem.
- Övergång från människa-maskin-kommunikation till människa-maskin-samarbete som en utvecklande form av samarbete.

Innehåll

- För att möta utbildningskraven för Industri 4.0 är det viktigt att uppgradera den tekniska sidan av läroplanen.
- Att implementera icke-tekniska kompetenser i läroplanen.
- Att involvera frågor om hållbarhet, etik, mångfald och social inkludering.
- Att erbjuda en fullständig syn på system- och livslängden på produkter.
- Att utbilda studenter och arbetstagare att aldrig sluta hämta information från det ständigt ökande "oceanen" av data samt hur man använder informationen som hämtas.
- Att utbilda studenter och arbetstagare att vara medvetna om deras säkerhet och ergonomi, och därmed de grundläggande kraven för att upprätthålla god mental och fysisk hälsa. Att lära ut de troliga resultaten av riskexponering.



Inlärningsmiljön

- Att få eleven att arbeta med uppgifter utan traditionella lösningar för att lära sig att tänka fritt, med hjälp av problembaserat lärande.
- Att lära ut kreativitet genom att bilda en utbildningsmiljö som skulle hjälpa eleven att bilda personliga åsikter och förståelser.
- Att skapa en pedagogisk miljö där misstag är acceptabelt, memoreras som användbara pedagogiska erfarenheter.
- Att skapa utbildningsmiljöer som kan ge eleverna praktisk erfarenhet.
- Att erbjuda eleverna virtuella och fysiska utrymmen för samarbete, till exempel att lära sig med intressenter.
- Att uppmuntra teknik i involverat lärande.

(PwC 2020)

3.3 Utbildningseffekt på ekonomin

Här är några exempel som pekar på vikten av utbildning inom industrin 4.0 när det gäller ekonomi och välbefinnande:

- Ur ett ekonomiskt perspektiv förbättrar utbildningens kvalitet individens inkomster, konkurrens mellan företag och ekonomisk tillväxt (Gylfason 2001, Hanushek och Woessmann 2007, Barro 1996, refererad i Abele, Metternich och Tisch 2019).
- chefer ' och ingenjörer ' kunskap och förmåga skapar basen för ekonomisk vinst för dagens och framtidens företag (O'Sullivan, Rolstadås och Filos 2011, refererade i Abele, Metternich och Tisch 2019).
- Det sägs att när färdigheter som forsknings-kunskaper, entreprenörskaps-kunskaper och ledarskapsfärdigheter saknas, påverkar det innovationsförmågan när det gäller fundamentalt nya produkter, processeffektivitet och kvalitet (Tether et al. 2005, refererad i Abele, Metternich och Tisch 2019).
- Förbättrad innovationsförmåga, högre flexibilitet och fler mervärdes åtgärder är exempel på utbildningsresultat (Smith 2001, refererad i Abele, Metternich och Tisch 2019).
- Industrisektorn är avgörande för ekonomin i varje nation. Industrin i Europa står för mer än 26% av mervärdes andelen i den icke-finansiella företagsekonomin (Eurostat 2016, refererad i Abele, Metternich och Tisch 2019).
- 75% av BNP och 70% av arbetstillfällena i Europa är associerade med industrin (O'Sullivan et al. 2011, refererad till Abele, Metternich och Tisch 2019).

Sammanfattningsvis har utbildning gällande produktion och tillverkning etc, en effekt på den verkliga industrin som har en effekt på ekonomin. Branschen påverkar i sin tur både den enskilda ekonomin och den globala. 70% av jobben beräknas vara associerade med branschen (O'Sullivan et al. 2011, refererad i Abele,



Metternich och Tisch 2019). Det är därför viktigt att ha lämplig utbildning för branschens faktiska och framtida krav. Kunskapen som ingenjörer och chefer har är det som påverkar företag på ett positivt eller negativt sätt. Det är därför viktigt att skaffa god kvalitet och lämplig kunskap från utbildning för att skapa framtida ekonomisk tillväxt för företag, individer och nationer.

3.4 AM-teknik inom utbildning

Detta är ett exempel på hur avancerad tillverkningsteknik kan användas för att utbilda kompetenser som är viktiga för Industry 4.0.

Resultat avseende utvärdering av undervisningsmetoder från en forskning med fokus på den fjärde industriella revolutionen och de koreanska nationella kompetens standarderna i Sydkorea visade att Virtual Reality är den främsta metoden för kompetensutveckling (Lee och Shvetsova 2019).

Det finns många spel tillgängliga för Virtual Reality, det är möjligt att utbildas via dessa spel och praktiskt taget träna riktiga arbetsuppgifter. Möjligheterna till spel och icke-begränsningar av simulering ger möjlighet att utbilda många kompetenser.

Teknisk expertis:

Teknisk expertis krävs för att felfritt kunna hantera en toppmodern teknik som är nödvändig i den fjärde industriella revolutionen. Att lära sig att hantera den faktiska VR-utrustningen, även utan spel, hjälper eleverna att få mer teknisk expertis.

IT-kunskap:

Det finns många typer av programvara för VR / AR-lärande. Det är viktigt att ha IT-kunskap för att kunna använda VR / AR-associerad programvara och för att lösa problem som uppstår. IT-kunskap som erhållits under VR-lärande kan överföras till andra situationer relaterade till IT, vilket är viktigt för I4.0.

Kommunikations- och samarbetsförmåga:

Utveckling av kommunikationsförmåga är nödvändig för att lära sig samarbete i VR eftersom en viktig aspekt av lagarbete är kommunikation. Kommunikationsförmåga kan enkelt utbildas via VR-spel. VR är en användbar metod för att utbilda samarbete / lagarbete. Tränaren kan sätta upp uppgifter gällande samarbete för att förbättra elevernas lagarbete. Uppgifterna kan utföras i VR-rum online eller mellan en icke-använd VR-student som instruerar en student att använda VR.

Problemlösning:

Det är viktigt att vara en avancerad problemlösare i den fjärde industriella revolutionen. Ny teknik kräver innovativa sinnen för att möta de nya komplexa problemen. Utveckling av kompetensen problemlösning passar utmärkt med VR-lärande eftersom många inlärningspel praktiskt taget är utformade för problemlösning.

3.5 Tabell över specifika färdigheter

Tabell över de specifika färdigheter som är kopplade till profilerna för personer som styr AM Workshop 4.0-designen

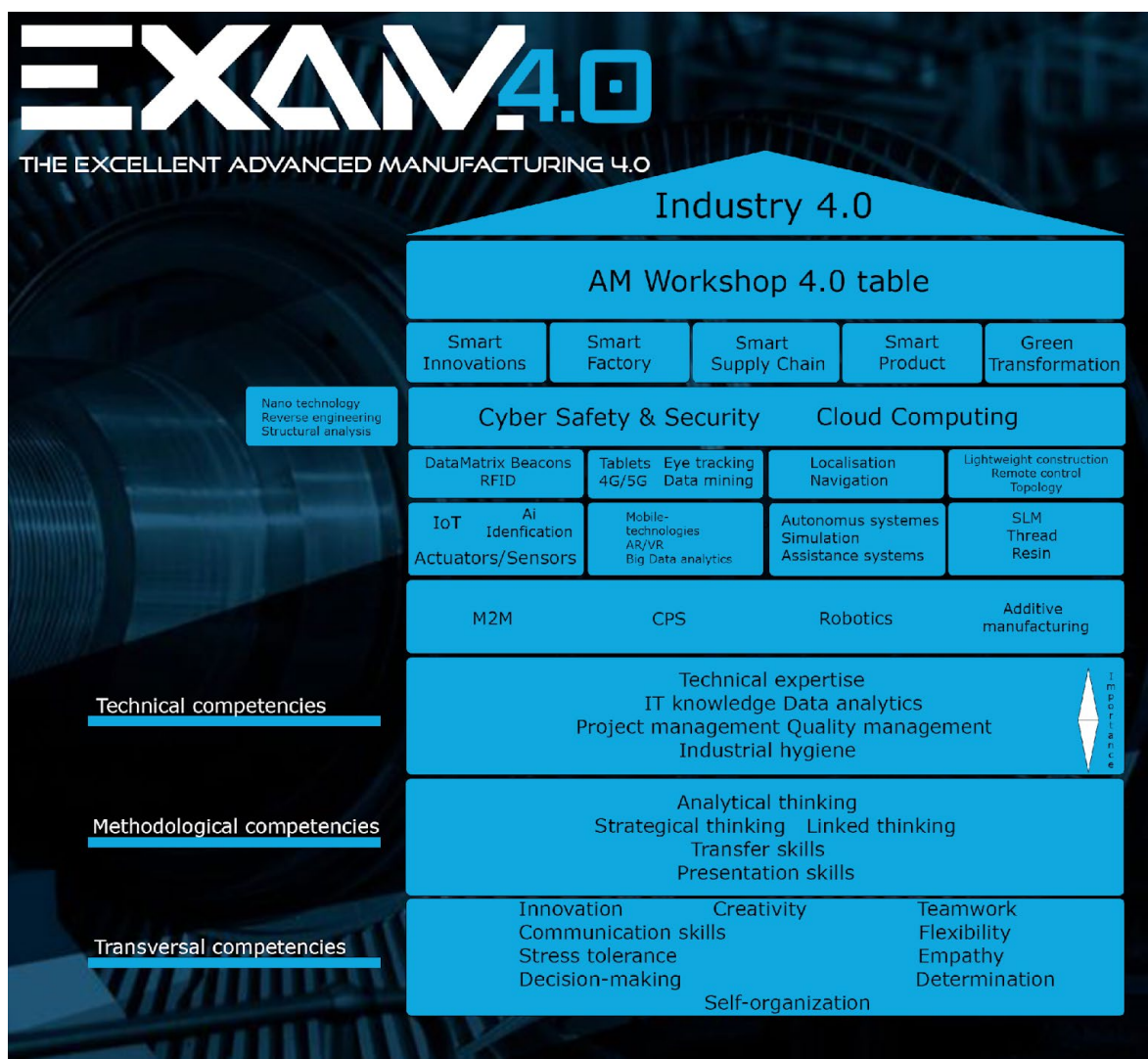


Figure 14 Table of specific skills (EXAM 4.0)

Kompetenser är en av de viktigaste aspekterna när det gäller specifika krav för personer som leds en AM Workshop 4.0, därmed arbetare inom den avancerade tillverkningssektorn. Kompetenser utgör grunden, basen för vårt hus, i figur 14 angående Industry 4.0. Innehållet i tabellen är att arbetare inom Industry 4.0 måste ha tvärgående, metodiska och tekniska kompetenser för att lyckas i sin karriär. Bilden ovan visar de viktigaste kompetenserna inom var och en av de tre grupperna, separerade i tre olika rektanglar, enligt både källor och intern forskning inom EXAM 4.0. Kompetensens betydelse rankas av WP4-forskare baserat på de ovannämnda studierna, kompetenserna presenteras viktigast till minst viktig från topp till botten. Tvärgående kompetenser avser kompetenser som inte är kopplade till ett specifikt jobb och därmed överförbara mellan olika jobb (Heron 2019).

Tvärgående kompetenser utgör grunden för kompetenser för en Industry 4.0-anställd enligt EXAM 4.0s tabell. Det inkluderar kompetenser som kreativitet, innovation och lagarbete som är viktiga i många jobb följaktligen för en Industry 4.0-anställd. Industri 4.0, avancerad tillverkning, resulterar i ny teknik och metoder. Kompetenser som kreativitet och innovation är därför avgörande för att möta nya komplexa problem och utmaningar.

Metodiska kompetenser utgör det andra lagret av kompetenser i AM Workshop 4.0-modellen. Dessa kompetenser är mer specifikt riktade mot specifika arbetsområden än tvärgående kompetenser och metodologiska kompetenser i denna tabell är väsentliga för I4.0.

Tekniska kompetenser är kompetenser som är kopplade till ett visst arbetsområde. Olika arbetssektorer kräver specifik kunskap och därför olika specifika kompetenser. Det är viktigt att erhålla tekniska



kompetenser som krävs för ett visst område för att bli en stor anställd (Zamboni 2018). De tekniska kompetenserna i tabellen är kopplade till Industry 4.0.

Den mellersta delen av huset visar lager av olika tekniker som arbetare, beroende på sitt arbetsområde, måste ha antingen kunskap eller färdigheter inom. En arbetare som arbetar med en specifik I4.0-teknik behöver ha extraordinär kunskap inom saken till skillnad från en anställd som arbetar med all I4.0-teknik på ett mer allmänt sätt.

Exempel på teknik, additiv tillverkning och relevanta färdigheter

Skills:

- 3D-teknik
- 3D CAD: Designa, reparera, modifiera 3D CAD-data
- Efterbehandling: Montering, målning, slipning, förbättring av en 3D-modell
- Schemaläggning: Hantering av flera material, leveranser, maskiner, order, etc.
- Underhåll: Kalibrera, reparera och testa 3D-skrivare
- Materialhantering
- Mätning av delar

(Vulkov n.d)

Dagens Additive Manufacturing-ingenjörer och designers utbildades för att använda traditionella produktionstekniker för att tillverka. På detta sätt har de också detta konventionella tänkande gällande teknik inbäddat. Deras kreativitet är begränsad på grund av detta traditionella tänkande (Knezic 2017).

Det är till exempel viktigt att nästa generation av Additive Manufacturing-designers och ingenjörer utvecklar kreativt tänkande och på detta sätt kan tänka bortom konventionellt tänkande om produktionstekniker. Kreativt tänkande är därför en av de viktigaste kompetenserna för en I4.0-arbetsgivare som arbetar med Additive Manufacturing.

Den övre delen av huset visar olika men mycket viktiga aspekter av industrin 4.0. Arbetaren måste ha kunskap inom dessa aspekter för att lyckas inom avancerad tillverkningssektor. Dessa är smarta fabriker, smarta innovationer, smarta leveranskedjor, smarta produkter och grön transformation.

Bilaga

Skillnad mellan färdigheter och kompetenser:

När du söker efter information om färdigheter och kompetenser är det lätt att gå vilse i vad som faktiskt gäller. Termerna "färdigheter", "hårda färdigheter", "mjuka färdigheter" och "kompetenser" används ofta, men i olika sammanhang. Det finns inte exakt en riktig definition av den specifika betydelsen av de olika termerna och de används ofta i olika sammanhang. Termerna färdigheter och hårda färdigheter definieras i denna rapport som synonymer till mjuka färdigheter och kompetenser för att minska förvirring för läsaren.

	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

Figure 9 *SKILLS VS. COMPETENCIES* (McNeill 2019)



Figure 10 *WHAT'S THE DIFFERENCE BETWEEN A SKILL AND A COMPETENCY* (McNeill 2019)

En färdighet är en förmåga som är nödvändig för att fysiskt hantera en arbetsuppgift, till exempel kodning, svetsning eller att skriva (McNeill 2019).

En kompetens är mer i samband med kunskap eller beteende för att en person ska lyckas på arbetsplatsen. Exempel på kompetenser är social kompetens, analytiskt tänkande och kreativitet (McNeill 2019).



Referenser

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

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

Abele, Eberhard; Metternich, Joachim; and 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> (gathered 2020-08-28).

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

AM FIELD GUIDE COMPACT. (2020). *Formnext magazine fon extra*. (gathered 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 working paper series: Vol. 5698*. Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research.
- Bilberg, A; Bogers, M; Madsen, E.S and Radziwon, A. (2014). *Procedia Eng.*, 69 1184–1190 (gathered 2020-10-17).
- Buchner, Tilman; Knizek, Claudio; Kuhlmann, Kristian; Küpper, Daniel; Lorenz, Markus; Lässig, Ralph and Maue, Andreas. (2019). *Advanced Robotics in the Factory of the Future*. BCG Innovation Center, Germany. <https://www.bcg.com/publications/2019/advanced-robotics-factory-future> (gathered 2020-10-17).
- Buck Institute for Education. (n.d). *What is PBL?*. <https://www.pblworks.org/what-is-pbl> (gathered 2020-09-28).
- Burnaby schools. (2020). *RESPONSIBILITIES OF STUDENT*. <https://burnabyschools.ca/responsibilities-of-students/>. (gathered 2020-10-15).
- CECIMO. (2013) The European machine tool industry's Manifesto on skills.
- CEDEFOP. (2010). *Skills supply and demand in Europe: Medium-term forecast up to 2020*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Cherry, Kendra. (2020). *The Experiential Learning Theory of David Kolb*. <https://www.verywellmind.com/experiential-learning-2795154> (gathered 2020-09-29).
- Duch, B. J., Groh, S. E and Allen, D. E. (Eds.). (2001). *The power of problem-based learning*. Sterling
- Epicor. 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/>. (gathered 2020-10-15).
- Eurostat. (2016). Manufacturing statistics - NACE Rev. 2: Relative importance of manufacturing (NACE Section C), 2013 (% share of value added and employment in the non-financial business economy total). Retrieved from http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Manufacturing_statistics_-_NACE_Rev._2.
- FESTO (n.d). *Industry 4.0 User's Guide: Educator Edition*. <https://www.festo-didactic.com/us-en/news/industry-4.0-user-guide-educator-edition.htm?fbid=dXMuZW4uNTc5LjE3LjE2LjU4MjA> (gathered 2020-09-08).
- Fitsilis, Panos; Gerogiannis, Vassilis and 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> (gathered 2020-08-26).
- Gewerbliche Schule Crailsheim. (n.d). *WAS IST EINE LERNFABRIK 4.0*. <https://www.gscr.de/index.php?id=203> (gathered 2020-09-09).
- Growth Engineering. (2017). *WHAT IS THE EXPERIENTIAL LEARNING CYCLE?* <https://www.growthengineering.co.uk/what-is-experiential-learning/> (gathered 2020-09-29).
- Grzybowska, Katarzyna, and 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_4_0 (gathered 2020-08-27).
- Gylfason, Thorvaldur. (2001). Natural resources, education, and economic development. *European Economic Review: EER*, 45, 847–859.
- Hanushek, E. A., and 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 and Wahlster, W. (2013). *Securing the Future of German Manufacturing Industry: Recommendations for Implementing the Strategic Initiative INDUSTRIE 4.0*, München, 2013 (gathered 2020-10-17).



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

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

Impuls Foundation (2019) "Impuls compact: Engineers for Industrie 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/> (gathered 2020-10-15).

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

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

Knezic, Kruno. (2017). *Creativity is the key to design for additive manufacturing*. LinkedIn. <https://www.linkedin.com/pulse/creativity-key-design-additive-manufacturing-kruno-knezic/> (gathered 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/> (gathered 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> (gathered 2020-10-15).

Kreimeier, Dieter. (2016). *Die LPS Lernfabrik Qualifizierung in einem realitätsnahen Fabrikumfeld*. Ruhr-Universität Bochum. [PowerPoint slides]. https://www.uni-siegen.de/smi/aktuelles/20161115_lps_lernfabrik_praesentation_kreimeier.pdf (gathered 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/>. (gathered 2020-10-1).

LAB Midwest. (2020). *How to Teach Industry 4.0 in 2020*. <https://www.youtube.com/watch?v=OhbDfAZ6JUc> (gathered 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> (gathered 2020-09-14).

Lee, Hee Jang and 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. (gathered 2020-09-02).

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

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

Loughborough University. (n.d). *About Additive Manufacturing*. <https://www.lboro.ac.uk/research/amrg/about/the7categoriesofadditivemanufacturing/vatphotopolymerisation/> (gathered 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>. (gathered 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/> (gathered 2020-10-09).
- Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Wohnungsbau Baden-Württemberg. (2019). *Lernfabriken 4.0 in Baden-Württemberg*. <https://wm.baden-wuerttemberg.de/de/innovation/schluesselfabrik/industrie-40/lernfabrik-40/> (gathered 2020-09-10).
- O’Sullivan, D., Rolstadås, A., and 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>. (gathered 2020-10-15).
- Pappas, Christopher. (2014). *Instructional Design Models and Theories: The Discovery Learning Model*. <https://elearningindustry.com/discovery-learning-model> (gathered 2020-09-29)
- Prince J. Michael and 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> (gathered 2020-10-17).
- PwC. (2016). *Skills for Key Enabling Technologies in Europe State-of-Play, Supply and Demand, Strategy, Recommendations and Sectoral Pilot*. Directorate-General for Internal Market, Industry, Entrepreneurship and SMEs (European Commission). https://ec.europa.eu/growth/content/final-report-skills-key-enabling-technologies-europe-0_en (gathered 2020-08-26).
- PwC. (2020). *Skills for Industry Curriculum Guidelines 4.0 Future-proof education and training for manufacturing in Europe*. Executive Agency for Small and Medium-sized Enterprises (European Commission). <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/845051d4-4ed8-11ea-aece-01aa75ed71a1> (gathered 2020-09-05).
- QEC. (n.d). *Duties and Responsibilities of a Teacher*. <https://ntu.edu.pk/qec/duties-and-responsibilities-of-a-teacher/> (gathered 2020-10-15).
- Raji, R.S. (1994). IEEE Spectr. 31 (6) 49–55 (gathered 2020-10-17).
- Rotherham A.J. and 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/> (gathered 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., and 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, England: ESRC Centre for Research on Innovation and Competition.
- Thames, L., and 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/> (gathered 2020-09-28).
- Throughput. (2019). *Smart Supply Chain Management: Why it is Important to Implement?* <https://throughput.world/blog/smart-supply-chain-management/> (gathered 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> (gathered 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)) (gathered 2020-09-25).

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

Vulkov, Volen. N.d. *3d Printing Skills: Example Usage on Resumes, Skill Set & Top Keywords in 2020*. Enhancv. <https://enhancv.com/resume-skills/3d-printing/>. (gathered 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/> (gathered 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> (gathered 2020-10-17).

Zhong, R. Y; Xu, X; Klotz, E; and 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>

