

NETKOM 4.0

Netzkompetenz
für eine digitalisierte
Arbeitswelt 4.0



Finanziert von der
Europäischen Union



Geistige Leistung O7

Entwicklung von Industrie 4.0-Kompetenzen im EU-Kontext

Dieses Dokument beinhaltet ein Ergebnis aus dem Projekts NetKom_4.0_v2.

Es wurde von der Europa-Universität Flensburg erstellt.

Autoren: Axel Grimm, Maik Jepsen

Das Dokument inklusive der Lernmaterialien stehen unter der Lizenz

[CC BY SA 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)



Kontakt: <https://netkom.web.uni-flensburg.de>

Studien / Analysen - Leitfäden gute Praxis / Bericht

Allgemeine Angaben zum Projekt NetKom_4.0_v.2

Projektbezeichnung:	Netzkompetenz für eine digitalisierte Arbeitswelt 4.0 v.2
Kurzbezeichnung:	NetKom_4.0_v.2
Förderungskennzeichen:	2020-1-DE02-KA202-007393
Beginn:	01.11.2020
Ende:	31.08.2023
Beteiligte Partner:	ATEC – Training Academy – Portugal Vilnius College of Technologie and Design - Litauen HTL St. Pölten - Österreich Fachschule Kongsberg - Norwegen Gewerbliche Schule Dillenburg - Deutschland Eckener-Schule Flensburg - Deutschland
Koordination:	Europa-Universität Flensburg

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung.....	1
2	Gelingensbedingungen von Lehrkräfteschulungen über Industrie 4.0 Lernkonzepte.....	2
2.1	Pädagogischer Doppeldecker in der Lehrkräfteweiterbildung	2
2.2	Passgenaue Adressierung von Lehrkräften.....	3
2.3	Gemeinsames Lernen im internationalen Team	5
2.4	Transferpotential der neuen Lernkonzepte	9
2.5	Positive Auswirkung auf gastgebendes Lehrkräfteteam.....	9
2.6	Enge Verzahnung mit der Arbeitswelt.....	11
2.7	Internationale „community of practice“	12
2.8	Kultur, Sprache und gemeinsame Wertebildung	13
3	Berufsarbeit in der Industrie 4.0	15
3.1	Berufswissenschaftlicher Forschungsansatz.....	15
3.2	Spezialisten/Spezialistinnen für Industrie 4.0.....	15
3.3	Ergebnisse der empirischen Arbeitsanalyse zum Einsatz von Cobots	19
4	Industrie 4.0 Lernkonzepte.....	22
4.1	Netzkompetenz und gesellschaftliche Aspekte von Industrie 4.0	22
4.2	NetKom 4.0 Qualifikationen im EQR-Kontext	23
4.3	Adressierte Kompetenzbereiche der NetKom4.0 Lernkonzepte	26
4.4	Ansatz zur kompetenzorientierten Leistungsfeststellung	36
5	Resümee	38
	Literaturverzeichnis.....	39

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2-1: Feedbackfragebogen zum Pre-Workshop Webinar: Interessen und Wünsche in der Schulungswoche	4
Abbildung 2-2: Feedbackfragebogen zum Pre-Workshop: Offene Antworten	5
Abbildung 2-3: Bewertung der Pre-Workshop Webinare aus Anbietersicht.....	5
Abbildung 2-4: Reflexion des didaktischen Doppeldeckers aus Sicht der teilnehmenden Lehrkräfte.....	6
Abbildung 2-5: Reflexion des didaktischen Doppeldeckers aus Sicht der wissenschaftlichen Begleitung.....	7
Abbildung 2-6: Reflexion der Schulungswoche aus Sicht der wissenschaftlichen Begleitung	8
Abbildung 2-7: Anregungen für zukünftige Schulungswochen aus Sicht der wissenschaftlichen Begleitung.....	8
Abbildung 2-8: Positive Erfahrungen aus der Schulungswoche aus Sicht der teilnehmenden Lehrkräfte.....	8
Abbildung 2-9: Anregungen für zukünftige Schulungswochen aus Sicht der teilnehmenden Lehrkräfte.....	9
Abbildung 2-10: Reflexion des didaktischen Doppeldeckers aus Sicht der teilnehmenden Lehrkräfte zur Umsetzung der Konzepte	9
Abbildung 2-11: Bewertung der organisatorischen Aspekte in der Schulungswoche	10
Abbildung 2-12: Feedbackfragebogen zur Schulungswoche, offene Antwort	10
Abbildung 2-13: Auswirkung der Schulungswoche auf die gastgebenden Lehrkräfte.....	11
Abbildung 2-14: Feedback zum "joint staff training event"	13
Abbildung 2-15: Verbesserungsmöglichkeiten zur Lehrkräftefortbildung	13
Abbildung 2-16: Kompetenzzuwächse in den Bereichen Sprache, Kultur und Werte	14
Abbildung 3-1: Spezialisten/Spezialistinnen für Industrie 4.0 in der deutschen Berufssystematik KldB2010	16
Abbildung 3-2: Auszüge aus dem BERUFENET-Datensatz „Spezialisten/Spezialistinnen für Industrie 4.0“ (BA 2023).....	18
Abbildung 3-3: Abstrahierter Arbeitsprozess zur Darstellung beruflicher Arbeitsaufgaben (ESFL 2023a, S. 8).....	19
Abbildung 3-4: Arbeitsprozess zur Einführung und Betrieb einer Automatisierungslösung mit Hilfe von Cobots (ESFL 2023a, S. 8 ff.)	21
Abbildung 4-1: Der EQR als Meta-Rahmen zur Schaffung und Förderung von Verbindungen zwischen nationalen Qualifikationsrahmen und –Systemen (EK 2005, S. 15 f.).....	24
Abbildung 4-2 Relevante Bildungsangebote der NetKom-Lernkonzepte im EQF verortet	26

Abbildung 4-3: Kollaborative Roboter in der Industrie 4.0 - Kompetenzen	29
Abbildung 4-4: Industrie 4.0 mit „Science Shops“ - Kompetenzen	30
Abbildung 4-5: Internet of Things (IoT)- Sicherheit - Kompetenzen.....	31
Abbildung 4-6: Augmented Reality mit Echtzeit-Daten - Kompetenzen.....	32
Abbildung 4-7: Produktionsplanung und Fertigungssteuerung in authentischen Industrie 4.0 Umgebungen - Kompetenzen	34
Abbildung 4-8: Konzepte zur Lernortkooperation 4.0 - Kompetenzen	35

1 Einleitung

Das Anliegen dieser Analyse steht im Zusammenhang mit dem übergeordneten Ziel des NetKom 4.0 Projekt, Lehrkräfte für die Anforderungen der Industrie 4.0 zu professionalisieren. Es besteht das Interesse an Bedingungen, die zum Gelingen der Lehrkräfteprofessionalisierung beitragen. Welche organisatorischen und infrastrukturellen Maßnahmen sind z. B. im Rahmen von Lehrkräfteschulungen förderlich? Wie kann der Transfer in den Kontext der eigenen Institution gelingen? Inwieweit wirkt sich das gemeinsame Lernen von Lehrkräften, die aus verschiedenen Ländern stammen, auf die Professionalisierung aus? Welche Schwierigkeiten werden ggf. auch sichtbar? Diese Erkenntnisse sind zum einen für die beteiligten Lehrkräfte von Bedeutung, die nach Abschluss des Projekts als Multiplikatoren fungieren und weitere Schulungsmaßnahmen in ihren eigenen Institutionen oder darüber hinaus durchführen. Im weiteren Sinne können die Ergebnisse generell zur Verbesserung der Effektivität von Lehrkräfteschulungen beitragen und z. B. in Fortbildungskonzepte von Schulen einfließen.

Gleichzeitig äußerten die Projektpartner im vorausgegangenen Projekt Informationsbedarf über tatsächlich auf dem Arbeitsmarkt nachgefragten Kompetenzanforderungen im Kontext der Industrie 4.0, um entsprechende Lernkonzepte zu begründen. Die Autoren von Studien zur Qualifikationsforschung im Bereich von Industrie 4.0 teilen diese Problematik und betonen, dass weiterhin ein Bedarf existiert, Qualifikationsanforderungen zu identifizieren und insbesondere Kompetenzentwicklungsmöglichkeiten zu diskutieren (vgl. Ahrens & Spöttl 2015). D. h. die Verbindung zwischen mehr oder weniger gesicherten Erkenntnissen über zukünftige Anforderungen des Arbeitsmarktes und den hier vorgestellten Lernwegen, die auf diese Anforderungen vorbereiten sollen, ist bisher nur unzureichend geklärt. Der vorliegende Beitrag kann zu einer Klärung des Problems beitragen. Darüber hinaus trägt eine bessere Abstimmung von intendierten Lernergebnissen von beruflichen Bildungsprogrammen mit den tatsächlichen sowie zukünftigen Anforderungen des Beschäftigungssystems zu weniger Mismatch bei und sichert langfristig eine höhere Beschäftigungsfähigkeit der Absolventen beruflicher Bildungsgänge. Ferner ist es erforderlich, die intendierten Lernergebnisse mit geeigneten Deskriptoren auf den Anforderungsebenen im Kontext des europäischen Qualifikationsrahmens zu verorten. Dies kann zu mehr Transparenz beitragen und die Weiterentwicklung von Curricula beruflicher Bildungsprogramme in diesem Kontext unterstützen. Die Zielgruppe sind in diesem Falle Bildungsplaner auf unterschiedlichen Ebenen.

Aus Sicht der Lehrkräfte besteht zudem das Interesse zu erfahren, inwieweit sich die innovativen Lernkonzepte eignen, Leistungsüberprüfungen abzubilden. Eine obligatorische Aufgabe, die neben der Bereitstellung von Lernwegen allerdings meist vernachlässigt wird. Insbesondere mangelt es an Verfahren, die dargestellten „neuen“ Industrie 4.0 Kompetenzbereiche valide zu überprüfen. Die hier erwarteten Ergebnisse können den Lehrkräften „good practice“ Beispiele insbesondere auch durch die kollegiale Reflexion näherbringen, um sie in ihren eigenen Kontext zu übertragen.

2 Gelingensbedingungen von Lehrkräfteschulungen über Industrie 4.0 Lernkonzepte

Zur Identifizierung von förderlichen und hemmenden Faktoren von Lehrkräfteschulungen tragen verschiedene qualitative und quantitative Methoden wie z. B. berufswissenschaftliche Beobachtung, Befragung und Auswertung der zur Verfügung gestellten Dokumente der Partner bei. Dies schließt auch den Prozess zur passgenauen Adressierung von relevanten Lehrkräften sowie der nötigen Vorbereitung mit ein. Ebenso ist angedacht, dass Vertreter des biats zusätzlich selbst an der Schulungsmaßnahme teilnehmen und eine Eigenbewertung als teilnehmende Beobachter vornehmen können. Im Vorfeld werden Fragebögen mit zum Teil vorstrukturierten Bereichen (Organisation, Durchführung, Inhalte) sowie offenen Kategorien vorbereitet. Die Ergebnisse adressieren sowohl organisatorische als auch inhaltlich/methodische Aspekte.

2.1 Pädagogischer Doppeldecker in der Lehrkräfteweiterbildung

Absolventen vieler Aus- und Weiterbildungen haben häufig ein gemeinsames Problem: Sie wenden ihr erworbenes Expertenwissen nur unzureichend an (vgl. Wahl 2013, S. 9). WAHL kommt aufgrund seiner eigenen Lehrerfahrung so auf Basis unterschiedlicher Quellen zur Erkenntnis, dass dieses Problem unabhängig von der jeweiligen Disziplin besteht. So haben Studierende der Betriebswirtschaft gleichfalls Schwierigkeiten, ihr wirtschaftliches Wissen in Problemsituationen umzusetzen, genauso wie es in der Mediziner Ausbildung Studierende schwer fällt, trotz ausreichendem theoretischem Wissen eine angemessene Diagnose durchzuführen (vgl. Wahl 2013). Der Lehrkräfte Aus- und Weiterbildung wird ebenso diese Problematik angelastet, Teilnehmende bilden gewöhnlich „träges Wissen“, das zur Lösung von komplexen Praxisproblemen nicht genutzt wird. WAHLs Erkenntnis zur Diskrepanz zwischen Wissen und Handeln im Bereich der Lehrerbildung fällt noch beunruhigender aus. Lehrpersonen besitzen offenbar sehr stabile subjektive Theorien, auf deren Basis sie Handlungen vollziehen. Als „subjektive Theorien“ bezeichnet Wahl das biografisch erworbene Wissen einer Person (vgl. ebd., S. 17 f.). Diese Theorien erweisen sich als resistent, Fort- und Weiterbildungsvorhaben entfalten selten eine Veränderung. WAHL führt biografische Gründe an. Lehrkräfte beharren häufig in ihrem unterrichtlichen Handeln auf bewährten Mustern, neue handlungssteuernde Strukturen bewirken nur in Ausnahmefällen eine Veränderung (vgl. ebd., S. 12). Die Theorien aus der Lehramtsausbildung an den Universitäten scheinen in der Praxis nur wenig Berücksichtigung zu finden. Für WAHL sind die Erfahrungen aus der eigenen Schulzeit von Bedeutung, in der die heutigen Lehrkräfte dominierende Methoden z. B. fragend-entwickelnden Unterricht als Lernende selbst erlebten und heute entsprechend selbst weiterführen. Alternative didaktische Konzepte haben es schwer, sich zu behaupten.

Wie kann nun diese Kluft zwischen trägem Wissen und kompetentem Handeln überwunden werden? WAHL kommt zur Erkenntnis, dass es einer entsprechend gestalteten, handlungspsychologisch begründeten Lernumgebung bedarf (vgl. ebd., S. 16). Er beschreibt sieben verschiedene Zugänge, um die „subjektiven Theorien“ bearbeitbar zu machen (siehe Wahl 2013, S. 45).

Der „Pädagogische Doppeldecker“ ist davon ein Prinzip, dass in der Bildungsarbeit eine besondere Bedeutung erfährt (vgl. Geissler 1985; Wahl 2013, S. 65). Der Grund ist die Dopplung von Lehr- und Lernprozessen. In der Lehrkräfteausbildung wird der zu besprechende Inhalt unmittelbar im Seminar erprobt (vgl. Wahl 2013, S. 64 ff.). Die kognitive Auseinandersetzung mit einem

Thema erfolgt über das eigene Erleben. „Eigene subjektive Theorien wie auch hinzugefügte wissenschaftliche Theorien werden zur Interpretation des erlebten Geschehens herangezogen.“ (ebd., S. 66) WAHL verweist bei dieser Methode auf eine hohe „Bewusstmachungs-Chance“ durch Verbindung von zwei subjektiven Theorien. Auf einer Ebene erfolgt das reale Handeln, welches Denken, Fühlen und Agieren hervorruft. Auf der anderen Ebene wird das erlebte Geschehen - unter Einbeziehung eigener subjektiver sowie weiterer wissenschaftlicher Theorien – reflektiert. „Die Teilnehmenden erleben am eigenen Leibe, wie sich das angestrebte Handeln ‚anföhlt‘“ (ebd., S. 66). Die Übertragung in den eigenen Arbeitsbereich und dessen Reflexion lässt nach WAHLS Ansicht alternative Handlungsweisen viel schneller verstehen als wenn diese nur auf theoretischer Ebene verharren (vgl. ebd., S. 67).

2.2 Passgenaue Adressierung von Lehrkräften

Ein Element der Lehrkräftefortbildung sind so genannte „Pre-Workshop Webinare“. Sie bilden den Einstieg in das übergeordnete Lehrkräftefortbildungskonzept. In Anlehnung an das Prinzip des „Pädagogischen Doppeldeckers“ wird mit den Pre-Workshop Webinaren beabsichtigt, das ganzheitliche Erleben der durchzuführenden praktischen Übungen durch vorauslaufendes „Planungshandeln“ zu flankieren (vgl. Wahl 2002, S. 236).

Pre-Workshop Webinare sind Online-Veranstaltungen. Sie werden durch die jeweiligen Partnerinstitutionen durchgeführt. Die Webinare werden in einem zeitlichen Vorlauf von ca. 1-3 Monaten vor der gemeinsamen Lehrkräfteschulung (Joint Staff Training Event) abgehalten. Ein übergeordnetes Ziel der Workshops besteht darin, passgenaue Adressaten in den teilnehmenden Institutionen zu finden. Der Grund besteht zum einen darin, dass vielfältige Themenbereiche im Kontext von I4.0 angeboten werden und verschiedene Lehrkräfte ansprechen. Zum anderen wird durch das Projekt beabsichtigt, möglichst viele Lehrkräfte an der internationalen Kooperation zu beteiligen. Das sichert eine höhere Verbreitung und ermöglicht, zusätzlich den zeitlichen Zusatzaufwand in den Kollegien zu verteilen.

Der Inhalt eines Pre-Workshop Webinars besteht gewöhnlich aus den folgenden Elementen:

- Vorstellung der Partnerinstitution u. a. mit Bildungsangeboten, Schülerzahlen, Kollegium, Partner, geografische Lage
- Vorstellung des Lehrkräfteteams mit fachlichen Hintergründen und Einsatzbereichen
- Vorstellung der inhaltlichen Thematik, Einordnung in Schulformen
- Vorstellung des Ablaufs der Schulungswoche (Joint Staff Training Event)
- Erläuterung der Kompetenzanforderungen der teilnehmenden Lehrkräfte
- Erläuterung von Aufgaben, die durch die teilnehmenden Lehrkräfte vor der Schulungswoche durchzuführen sind
- Notwendiges Material/Geräte, das zur Schulungswoche durch die Teilnehmenden mitzubringen sind.

Die Agenda des Webinars wird mit der Einladung im Vorfeld an alle Lehrkräfte der beteiligten Partnerorganisationen versendet. Dies ermöglicht einen großen Teilnehmerkreis, der aufgrund der Onlinedurchführung nicht auf eine bestimmte Teilnehmeranzahl begrenzt ist.

Erkenntnisse aus den Pre-Workshop Webinaren

Aufgrund des Online-Formates der Pre-Workshop Webinare wurden alle Lehrkräfte der beteiligten Institutionen über die Veranstaltungen informiert bzw. Interessierte dazu eingeladen. Im Ergebnis zeigt sich, dass zunächst die nah am Projekt beteiligten bzw. verantwortlichen Lehrkräfte die Veranstaltungen besuchten. Darüber hinaus wurden weitere, nicht unmittelbar an dem Projekt beteiligte Lehrkräfte in den jeweiligen Institutionen erreicht.

Nach den abgehaltenen Webinaren wurden sowohl die teilnehmenden als auch die vortragenden Lehrkräfte zum Webinar befragt. Ca. 95 % der Befragten gaben an, dass sie durch das Webinar die Relevanz der folgenden Schulungsveranstaltung für ihre eigene Tätigkeit beurteilen können. Rund 90 % sehen diese Art der Vorankündigung verglichen mit herkömmlichen Formaten als besser geeignet, um Schulungsangebote zu beurteilen. Das Webinar schafft bei den Lehrkräften Motivation und ermöglicht frühzeitig administrative Aspekte zu klären.

Inhaltliche Anpassung

Ein weiterer Vorteil des vorgelagerten Webinars besteht in der Aufnahme von gewünschten Inhalten. Die teilnehmenden Lehrkräfte konnten in individuellen Rückmeldungen spezifische Interessen und Wünsche zur Präsenzveranstaltung mitteilen.

<p>Please add aspects you are interested in to be discussed/worked on in the joint staff training week.</p> <p>„Safety in work with cobots“</p> <p>“I am interested to get more informations and have first practice steps over this possibility”</p> <p>“Hands on”, “technical aspect“</p> <p>„Neben der Technik interessiert mich, wie die Softskills angesprochen bzw. integriert werden bzw. sind sie überhaupt integriert?“</p>

Abbildung 2-1: Feedbackfragebogen zum Pre-Workshop Webinar: Interessen und Wünsche in der Schulungswoche

Ferner lassen sich durch die Befragung sowohl hemmende als auch förderliche Aspekte zur Schulungsveranstaltung identifizieren. Die gastgebende Institution kann die Informationen nutzen und entsprechend in die Vorbereitung der Schulungswoche einfließen lassen. Die offene Antwortkategorie enthält u. a. folgende Anregungen:

<p>Please share your comments, worries and suggestions on the webinar.</p> <p>„In agenda to show CET time:))) (we connected three times:))))))“</p> <p>“The webinar was perfect. I´m looking forward the joint staff training event in Kongsberg. Thank you for your work.”</p> <p>“Good and very precise information.”</p> <p>“Looking forward to attend the joint staff event”</p> <p>“It was a good opportunity to see what is goin on in Portugal.”</p> <p>„Technical preparations were very well organized. It would be an advantage to open the virtual room 30 minutes beforehand so that you can test your own equipment.”</p> <p>“Testing the access to the webinar a day earlier would be a good idea.”</p> <p>“I think the ability to work self-motivated and independently, must be good developed already at the students. I've worries that this method is not suitable yet for our students (school based VET, Age ~15-</p>

19, EQF~4/5 (Level 6, after final exam. & 3Y. of practice) / short-term appointment for joint staff training event, personal time resources (??)“

Abbildung 2-2: Feedbackfragebogen zum Pre-Workshop: Offene Antworten

Die dargestellten Rückmeldungen beinhalten einerseits organisatorische Aspekte. Andererseits wird eine inhaltliche Einschätzung zur Eignung einer Schulungsmethode vor dem Hintergrund der Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler in der eigenen Organisation reflektiert.

Auswirkung auf die gastgebenden Lehrkräfte

Aus der Befragung der gastgebenden Lehrkräfte lassen sich weitere Wirkungen identifizieren.

8. Please rate from a lectures view todays webinar.

[Weitere Details](#)

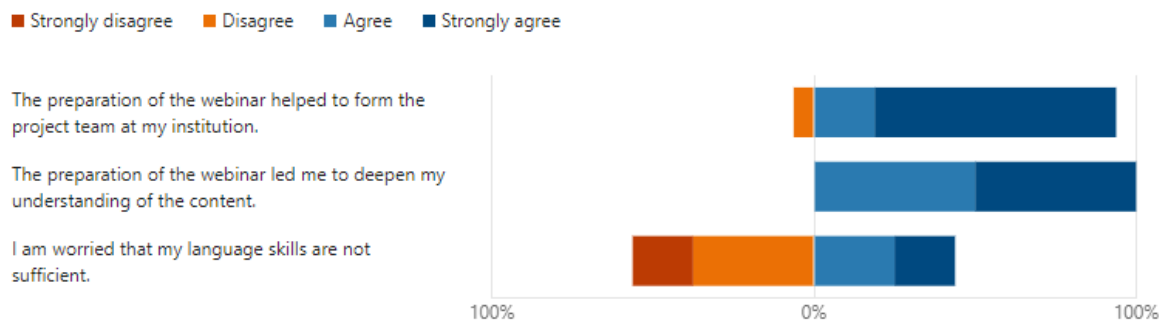


Abbildung 2-3: Bewertung der Pre-Workshop Webinare aus Anbietersicht

Knapp 94 % der für das stattfindende Webinar verantwortlichen Lehrkräfte gaben an, dass die Vorbereitung zum Abhalten des Webinars zur Teambildung an der eigenen Institution beigetragen hat. Alle Befragten stimmten der Aussage zu, dass die Vorbereitung auf das Webinar zur eigenen inhaltlichen Weiterbildung in dem spezifischen Thema beigetragen hat. Die sprachlichen Kompetenzen der Lehrkräfte sind zudem heterogen. Knapp die Hälfte der Befragten hat Zweifel, dass ihre eigenen Sprachkenntnisse ausreichend sind.

Aus der Projektdurchführung wird ersichtlich, dass ein Pre-Workshop Webinar kostengünstig und kurzfristig eine große Anzahl von Lehrkräften mit den Inhalten einer nachfolgenden Schulungswoche umfänglich informieren kann. Dadurch lässt sich die inhaltliche Passgenauigkeit einer Lehrkräftefortbildung erheblich steigern. Der Aufwand ist im Vergleich zum Nutzen sehr gering. Die beteiligten Lehrkräfte vertreten erstmals in einem internationalen Umfeld ihre eigene Institution. Es wird ersichtlich, dass sich dadurch das Lehrkräfteteam stärken lässt und sich sprachliche Barrieren abbauen lassen. Die Vorbereitung und Vorstellung der Unterrichtskonzepte vor einem Lehrkräfteteam ruft eine tiefere Auseinandersetzung mit der Schulungsthematik durch die gastgebenden Lehrkräfte hervor und befördert somit deren Professionalisierung.

2.3 Gemeinsames Lernen im internationalen Team

Das Lehrkräftefortbildungskonzept im Rahmen des NetKom4.0 Projekts erfolgt in Anlehnung an den „Pädagogischen Doppeldecker“. Neben der Erstellung von „good practice Lernkonzepten“ zur Industrie 4.0 erfolgt ebenfalls deren Erprobung im Rahmen von „Joint staff training events“.

Darin werden die teilnehmenden Lehrkräfte mit genau den Methoden und Materialien unterrichtet, die sie später selbst als Unterrichtende einsetzen können. Die gemeinsamen Schulungsveranstaltungen werden jeweils in den einzelnen Partnerinstitutionen durchgeführt. Die gastgebende Institution übernimmt dabei die Organisation und Durchführung der Schulung. Die Fachlehrkräfte der übrigen Partnerinstitutionen nehmen an den Schulungen teil.

Die gemeinsamen Joint Staff Training Events wurden einerseits teilnehmend durch Vertreter des biats begleitet, andererseits wurden die teilnehmenden Lehrkräfte im Anschluss an die Veranstaltung mittels Fragebogen befragt. Dabei erfolgt eine weitere Differenzierung durch Befragung der gastgebenden Institution, um die Sichtweise als Schulungsanbieter zu ermitteln.

Rollenwechsel im Pädagogischen Doppeldecker

Ein Frageblock widmet sich der Methode des Pädagogischen Doppeldeckers. Überwiegend konnte der Rollenwechsel von der Lehrkraft in die Schülerrolle vollzogen werden, so die Einschätzung der teilnehmenden Lehrkräfte (vgl. Abbildung 2-4). Die Lehrkräfte sowie wissenschaftliche Begleitung des biat vollzogen den Rollenwechsel und bearbeiteten mit großer Motivation die Aufgaben. „I really enjoyed tinkering with Arduino.“ (biat Feedback).

Es zeigt ein großes Interesse der Lehrkräfte, neue Technologien aus der praktischen Sicht zu erfahren. Die Schulungen zeigten ein „normales“ Unterrichtsgeschehen, wie es mit Schülerinnen und Schülern üblich ist. Fragen, Probleme und Schwierigkeiten beim Lösen der Aufgaben traten auf und wurden durch Instruktoren oder Teammitglieder gelöst. Bemerkenswert ist das Reflexionsvermögen der Lehrkräfte während der Schulungen. Die Sinnhaftigkeit von einzelnen Übungen wurde kontinuierlich reflektiert, Übertragungsmöglichkeiten in die eigene Institution oder des eigenen Unterrichts wurden diskutiert. Im Falle von Problemen entwickelte das Team teil unmittelbar Verbesserungsmöglichkeiten der Lernaufgaben.

11. Please rate the training event from the view of a participant

[Weitere Details](#)

■ Strongly disagree ■ Disagree ■ Agree ■ Strongly agree

In the training, I was able to take on the role of a student and experience the content for myself.

The teacher training enabled me to discuss possibilities of adapting the topic in my institution.

The teacher training motivated me to work on the topic.

During the training week, I experienced learning concepts to meet competence requirements in the...

The presented procedures for assessment of performance within the framework of I4.0 have give...

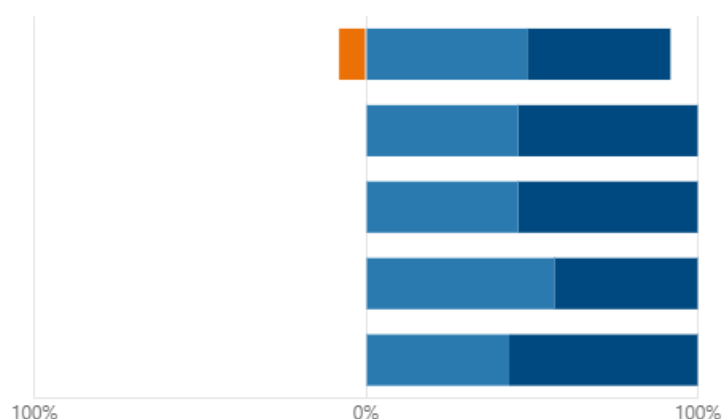


Abbildung 2-4: Reflexion des didaktischen Doppeldeckers aus Sicht der teilnehmenden Lehrkräfte

Die abweichende Zustimmung der Lehrkräfterrückmeldungen bezieht sich auf eine Schulungswoche, in der das Prinzip nur wenig umgesetzt wurde. Die gastgebenden Lehrkräfte stellten überwiegend ihre Konzepte und Materialien vor, die aktive Beteiligung der Schulungsteilnehmer im Sinne

des Pädagogischen Doppeldeckers war eingeschränkt. Die teilnehmenden wissenschaftlichen Begleiter konnten diesen nicht vollzogenen Rollenwechsel deutlicher beobachten (vgl. Abbildung 2-5). Hier lassen sich die von WAHL berichteten Schwierigkeiten in der Umsetzung des „pädagogischen Doppeldeckers“ bestätigen (vgl. Wahl 2013, S. 66). Lehrpersonen fällt es offenbar leichter „nur“ über die Unterrichtskonzepte zu sprechen, als sie konkret umzusetzen. Allerdings ist festzuhalten, dass sich bestimmte Konzepte auch nur schwierig bzw. in einer abgeschwächten Form im Sinne des Doppeldeckers umsetzen lassen. Das Erleben des Themas „Lernortkooperation 4.0“ erfolgte z. B. durch eine intensive Betriebsbesichtigung inklusive Diskussion mit den beteiligten Kooperationspartnern und teilnehmenden Schülerinnen und Schülern.

Die Reflexionsphase im Pädagogischen Doppeldecker, das Erlernte auf die eigene Institution zu übertragen bzw. deren Möglichkeit zu eruieren, wurde durchgeführt (siehe Abbildung 2-4, Abbildung 2-5). Aus der Beobachtung geht hervor, dass der Reflexionsprozess auch ohne aktive Einforderung erfolgte. Die auswärtigen Lehrpersonen führten kontinuierlich Vergleiche mit den Gegebenheiten ihrer eigenen Institution durch. Dabei war es förderlich, wenn mehrere Beteiligte einer Institution an einer Schulungswoche teilnahmen. Es erfolgte ein intensiverer Austausch und es wurden unmittelbar Ideen und Änderungswünsche für die eigene Institution diskutiert.

Inhaltliche und methodische Vielfalt

Inhaltlich bestätigen die Beteiligten, dass sie neue Lernkonzepte im Kontext von Industrie 4.0 erlernen konnten. Zusätzlich wurden neue Möglichkeiten zur Leistungsüberprüfung sichtbar, die das eigene Lehren bereichern können (vgl. Abbildung 2-5).

15. Please rate the training event from the bias view (researcher)

[Weitere Details](#)

■ Strongly disagree ■ Disagree ■ Agree ■ Strongly agree

The topic is in the context of Industry 4.0 and its educational requirements

The participating teachers have made the role change into the student role.

The participating teachers were motivated to work on the tasks.

The participating teachers have dealt with the transfer to their own institution

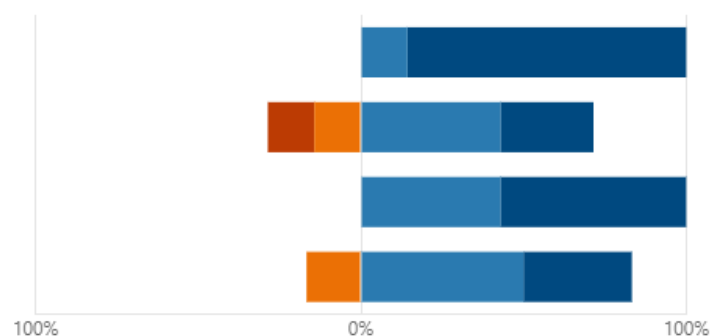


Abbildung 2-5: Reflexion des didaktischen Doppeldeckers aus Sicht der wissenschaftlichen Begleitung

Die wissenschaftliche Begleitung hebt positiv hervor, dass sich die Lehrkräfte in neuen Methoden „ausprobieren“, um geänderte Kompetanzanforderungen der Industrie 4.0 in Lernkonzepten umzusetzen (vgl. Abbildung 2-6).

What I liked about the training event was that...

“There were no great expectations for the participants regarding content and skills.”

“Trainers have new ideas ("dreams") concerning realization of transferring industrial knowledge to education. They implement real-world problems in their curriculum that led to competences regarding problem-orientation.”

“The different method to implement technical knowledge with different kind of equipment.”

”I really enjoyed tinkering with Arduino.”

Abbildung 2-6: Reflexion der Schulungswoche aus Sicht der wissenschaftlichen Begleitung

Ebenso positiv wird der niederschwellige Zugang zu den Schulungsinhalten bewertet. Die dargestellten Lernkonzepte weisen unterschiedlichste Anforderungsebenen auf und bieten durchgehend niederschwellige Einstiegsmöglichkeiten.

Für zukünftige Veranstaltungen wird kritisch angemerkt, dass das Konzept des Pädagogischen Doppeldeckers im Vorfeld intensiver zu transportieren ist, so dass eine stringendere Umsetzung erfolgt (vgl. Abbildung 2-7).

In a future training event I would do the following differently:

“The idea of the role change could be improved, if more parts of the workshop would have been actively doable for the participants.”

“Unfortunately, the didactic double-decker approach was not followed, so there should be more practice opportunities.”

Abbildung 2-7: Anregungen für zukünftige Schulungswochen aus Sicht der wissenschaftlichen Begleitung

Handlungsorientiertes Lernen

Aus den Rückmeldungen der teilnehmenden Lehrkräfte geht hervor, dass der handlungsorientierte Lernansatz als positiv empfunden wird. Lernen durch selbst machen bzw. das reale Unterrichtsmaterial zu verwenden, wird als förderlich empfunden (vgl. Abbildung 2-8). In den kritischen Rückmeldungen wurde angemerkt, dass dieser Ansatz in Zukunft noch stärker berücksichtigt werden sollte (Abbildung 2-9).

What I liked about the training event was that...

„We learn by doing.“

“we could see learning materials and projects for/of students.”

“Help understand the topic from different viewpoints (technical, economical)”

“Discuss Ideas from different points of view.”

“Good interaction between different realities.”

“ ... we worked together in different groups ... we worked on real student-exercises ... we visited several companies and institutions beside working in the seminar”

“The access to the topic of big data is now much more clear now. Rasmus presented it so well structured and easily to understand. I would like to be a student of him :-) Concepts of the production line in the ID Lab are very informativ and useful for me.”

„Practical training“

„ Hands on experience”

Abbildung 2-8: Positive Erfahrungen aus der Schulungswoche aus Sicht der teilnehmenden Lehrkräfte

In a future training event I would do the following differently:

“Even more practical training and project presentations.”

“Longer trainings on the topic.”

Abbildung 2-9: Anregungen für zukünftige Schulungswochen aus Sicht der teilnehmenden Lehrkräfte

2.4 Transferpotential der neuen Lernkonzepte

Ein grundlegendes Ziel von Lehrkräftefortbildungen besteht darin, neue Lernkonzepte nachhaltig in die Berufsbildungspraxis zu implementieren. Das gilt zum einen für die beteiligten Lehrkräfte an den durchgeführten Schulungen und zum anderen für weitere Lehrkräfte, die veröffentlichtes Lernmaterial nutzen bzw. an zukünftigen Schulungsmaßnahmen in der eigenen Institution oder darüber hinaus teilnehmen. Während der Projektlaufzeit wurden die beteiligten Lehrkräfte diesbezüglich befragt. Die Frage nach der Einschätzung zur Umsetzung des neuen Lernkonzepts in der eigenen Institution wurde größtenteils als sehr wahrscheinlich eingestuft (vgl. Abbildung 2-10).

12. Please rate the training regarding transfer /adaption.

[Weitere Details](#)

■ Not likely ■ Somewhat likely ■ Very likely

I will take aspects from the teacher training with me which I will transfer to my institution/teaching.

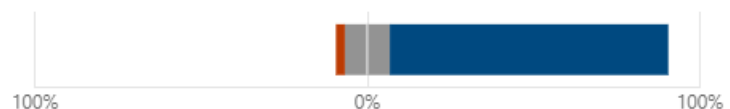


Abbildung 2-10: Reflexion des didaktischen Doppeldeckers aus Sicht der teilnehmenden Lehrkräfte zur Umsetzung der Konzepte

Während der Projektlaufzeit wurden bereits neu erlernte Konzepte in einigen Institutionen umgesetzt. Sichtbar wurde dies u. a. in der Abschlussveranstaltung des Projekts, in der die interessierte Öffentlichkeit über die Projektergebnisse informiert wurde. Vertreter der beteiligten Partnerinstitutionen reflektierten jeweils ihre entwickelten Lernansätze sowie die gesammelten Lernerfahrungen während der Schulungswochen. Sie informierten über Multiplikatoren-Schulungen im eigenen Land auf Basis der NetKom Unterrichtskonzepte. Der Ansatz des „Pädagogischen Doppeldeckers“ wird in einer landesweiten Fortbildung zu Cobots fortgeführt. Das Scienceshop-Konzept wurde z. B. in Portugal im Rahmen einer landesweiten Fortbildung weiterverbreitet. In Norwegen basieren neue Roboteranschaffungen auf den Erkenntnissen der Cobot-Schulung der Eckener-Schule in Flensburg. Ferner trug eine Lehrkraft vor, dass sie in Zukunft ebenfalls projektorientierte Unterrichtsformen praktizieren werde. Bislang waren diese nicht üblich, die erlebten, projektförmigen Unterrichtsbeispiele überzeugten jedoch.

2.5 Positive Auswirkung auf gastgebendes Lehrkräfteteam

Die Durchführung einer Schulungswoche für Lehrkräfte wirkt sich positiv auf die Professionalisierung der gastgebenden Lehrkräfte aus. Diese Einschätzung geht aus dem Ergebnis der Umfrage

sowie den Beobachtungen während der Schulungswoche hervor. Aus den Rückmeldungen lässt sich folgern, dass die gastgebenden Lehrkräfte ihre eigenen Themenbereiche in der Vorbereitung zur Schulungswoche vertieften und ihr Schulungsmaterial überarbeiteten. Neue Technologien wurden didaktisch bewertet und für Lernzwecke aufbereitet. Die Reflexion der Umsetzungsbeispiele durch die internationalen Fachlehrkräfte war sehr intensiv. Die beteiligten Lehrkräfte hatten viele Fragen und zeigten großes Interesse an den Inhalten. Das hat bei den Gastgebern zu weiteren Impulsen geführt, die Umsetzungsbeispiele zu optimieren.

Die Unterrichtsumsetzungen sind z. T. mit Anschaffungen von Lehrmitteln seitens der Schule verknüpft, die ebenfalls durch die beteiligten Lehrkräfte koordiniert wurden. Zudem etablierte sich ein Lehrkräfteteam, das neben den inhaltlichen Aspekten die Organisation der Schulungswoche übernahm. Hierzu gehört die zeitliche Planung der Veranstaltung im Rahmen des Schulalltags, die Unterstützung der Gäste bzgl. Unterbringung, Ausstattung einer geeigneten Lernumgebung.

Die Bewertung der Schulungswoche hinsichtlich der Organisation verläuft größtenteils positiv (vgl. Abbildung 2-11).

3. Please rate the training event.

[Weitere Details](#)

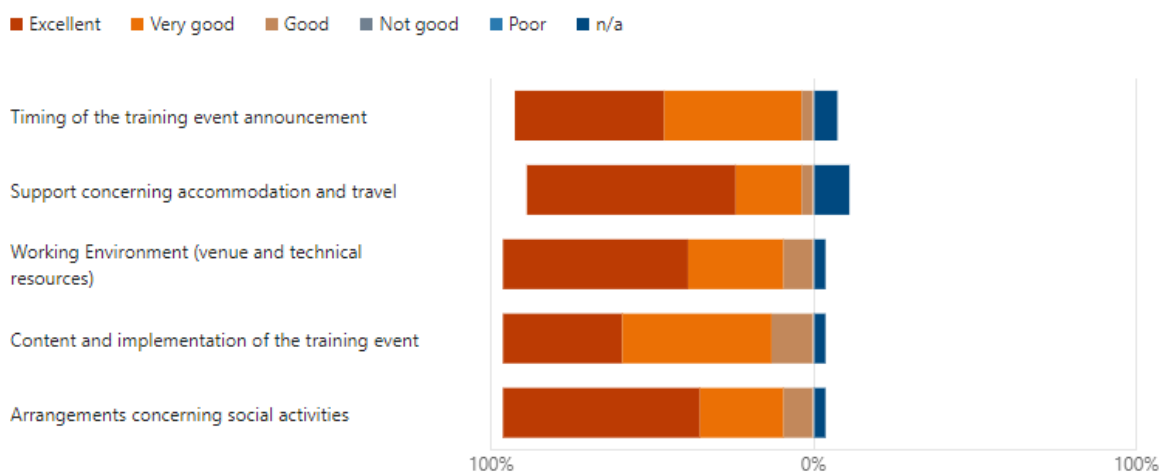


Abbildung 2-11: Bewertung der organisatorischen Aspekte in der Schulungswoche

Es wurde festgestellt, dass die Teilnahme einer Schule an dem NetKom-Projekt, die Zusammenarbeit unter den Lehrkräften einer Institution fördert und positiv zu deren Entwicklung beiträgt. In diesem Zusammenhang werden jedoch ebenso Herausforderungen sichtbar. Lehrkräfte berichten über Schwierigkeiten, motivierte Kolleginnen und Kollegen zur Mitarbeit in dem NetKom Projekt zu gewinnen. Die Umsetzung von organisatorischen Aufgaben gelingt offenbar leichter, als fachliche Beiträge zu generieren (vgl. Abbildung 2-12).

In a future training event would do the following differently

„I have learned that do the organizational stuff with less team members and do the work with more team members. Build two teams in the end. Very valuable experience.“

Abbildung 2-12: Feedbackfragebogen zur Schulungswoche, offene Antwort

Die beteiligten Lehrkräfte melden zurück, dass sie überwiegend keine Erfahrung in der Lehrkräftebildung haben. Aus den Rückmeldungen geht hervor, dass durch die Vorbereitung und Durchführung der Schulungswoche für Lehrkräfte, sich die beteiligten Lehrkräfte in der Lage fühlen,

zukünftig weitere Lehrkräfteschulungen anzubieten (siehe Abbildung 2-13). Das ist bereits während der Projektlaufzeit eingetreten. Auf Basis der entwickelten Netkom-Fortbildung wurden weitere Schulungen für externe Lehrkräfte durchgeführt bzw. sind in landesweite Fortbildungsprogramme eingeflossen.

8. Please rate the training event from your view as the governing institution.

[Weitere Details](#)

■ Strongly disagree ■ Disagree ■ Agree ■ Strongly agree

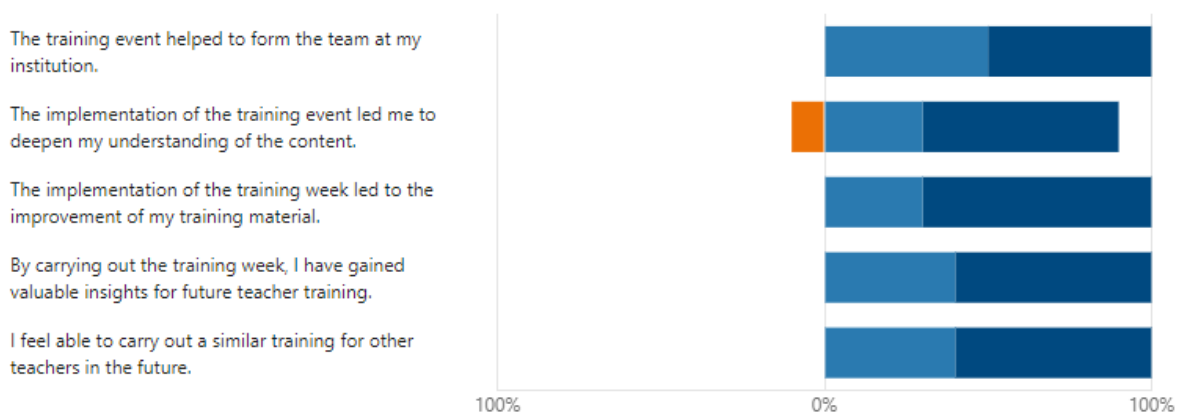


Abbildung 2-13: Auswirkung der Schulungswoche auf die gastgebenden Lehrkräfte

2.6 Enge Verzahnung mit der Arbeitswelt

Die enge Verzahnung der beruflichen Bildung mit der Arbeitswelt wird bei allen Projektpartnern sichtbar. Nahezu alle teilnehmenden Institutionen organisierten an ihren Standorten Besichtigungen in Betrieben, die im Zusammenhang mit der Industrie 4.0 Thematik stehen. Die Besichtigungen waren im Projekt nicht obligatorisch, sondern entstanden auf eigene Initiative der Gastgeber. Der Zusammenhang zwischen den Unterrichtskonzepten und der betrieblichen Praxis wurde sichtbar, nicht nur an den jeweiligen Standorten. Beispielsweise konnten die Unterrichtsinhalte aus Portugal in der betrieblichen Praxis einer Firma in Norwegen unmittelbar wiedergefunden werden.

Die beteiligten Lehrkräfte zeigten ein großes Interesse an den Besichtigungen. Gleichfalls zeigten sich die Betriebe offen gegenüber den Gästen und ermöglichen einen inhaltlichen Austausch. Sie formulierten u. a. aktuelle und aus ihrer Sicht zukünftige Anforderungen an Fachkräfte. Das internationale Team an Fachlehrkräften wurde mit Interesse wahrgenommen.

Es konnten gemeinsame Kooperationsformen zwischen Betrieben und beruflichen Schulen in den verschiedenen Ländern identifiziert werden. Häufig werden z. B. Abschlussarbeiten durch Schülerinnen und Schüler in den Betrieben durchgeführt. An einigen Standorten übernehmen die Schulen spezifische Entwicklungsaufgaben für spezielle Produkte. Die beteiligten Lehrkräfte konnten so neue Kooperationsformen erfahren.

Schließlich wurde der Vorteil von Alumni-Netzwerken deutlich. Der Zugang zu den Betrieben konnte mit Hilfe von ehemaligen Schülerinnen und Schülern einfacher und zielgerichteter realisiert werden.

Die Kooperation mit der beruflichen Praxis geht mit den arbeitsorientierten, didaktischen Ansätze in der beruflichen Bildung einher (vgl. Petersen 1996). Die Auswahl von Unterrichtsgegenständen erfolgt in Abstimmung mit den realen Aufgaben und Anforderungen der Arbeitswelt. Das „real world problem“ wird in das Zentrum des Lernsettings transformiert und kann so zu einer höheren Lernmotivation führen. JAHNKE verweist auf die Erkenntnisse von LAVE und WENGER, die für den situierten Lernansatz eintreten (vgl. Jahnke 2016, S. 116 f.; Lave & Wenger 2008). Darauf aufbauend empfiehlt JAHNKE, Probleme aus der realen Welt bezüglich folgender Charakteristiken auszuwählen, um sie als Lernaufgaben zu gestalten und dabei dem situierten Lernansatz zu genügen. Die Probleme basieren auf authentischen Fällen, sind hinreichend komplex, bieten mehrere Perspektiven, benötigen eine Gruppeninteraktion sowie Artikulation und Reflexion, um eine richtige Lösung zu finden (Jahnke 2016) (2016, S. 116 f.).

Zusammenfassend sind Betriebsbesichtigungen im Kontext einer Lehrkräftefortbildung ein gewinnbringendes Element. Die Analyse der betrieblichen Realität erfolgt in unmittelbarer Verknüpfung mit dem Fortbildungsgegenstand. Das führt zu einer höheren Motivation bei den beteiligten Lehrkräften und trägt zum Gelingen der Lehrkräfteprofessionalisierung bei.

2.7 Internationale „community of practice“

Die Mehrheit der Teilnehmenden gibt an, dass sie bisher nur über wenig internationale Erfahrung in der Zusammenarbeit mit Lehrkräften verfügt. Gewöhnlich finden Schulungen auf nationaler Ebene statt, Lehrkräfte erhalten wenig Einblicke in andere Schulungsinstitutionen im Ausland. Das Zusammenbringen von Lehrkräften einer gemeinsamen Disziplin aus unterschiedlichen Ländern führt zu einer internationalen „community of practice“ von Lehrkräften (vgl. Lave & Wenger 2008, S. 98). Die Beteiligten zeigen gemeinsame Interessen in der beruflichen Bildung sowie in ihrem gemeinsamen fachlichen Bereich. Sie bewegen sich auf unterschiedlichen Niveaus und teilen in der Praxisgemeinschaft ihr Wissen und entwickeln es so weiter. Aus den Beobachtungen und Rückmeldungen geht hervor, dass sich die Lehrkräfte in einer „inspirierenden Atmosphäre“ sehr offen zeigten, ihr Material und ihre Erfahrungen im beruflichen Bildungsbereich zu teilen (vgl. Abbildung 2-14). Dazu gehört Mut und Vertrauen. Letzteres hat sich während der Projektlaufzeit kontinuierlich gefestigt. Es konnte beobachtet werden, wie das gegenseitige Vertrauen im Projektverlauf zunahm. Die Offenheit, Lernmaterialien auch über das Projekt hinaus zu teilen, ist bemerkenswert. Das beinhaltet z. B. Fragen zur Schulorganisation, Finanzierung, Maßnahmen zur Rekrutierung von Schülerinnen und Schülern, Lernraumausstattung.

What I liked about the training week was that...

„Most participants was very interested in training, asked a lot of questions, was very active feedback of trainings.“

“The group was very nice, people were very engaged, they were really willing to try something new and use offered training techniques.“

“Exchange with teachers from other countries“

“*) Exchange of (technical) knowledge on "digitization topics"; *) strengthen existing contacts (and getting new contacts); *) relaxed atmosphere;“

„Open communication“

„exchange with the other teachers“

“Offenes Klima, Partnerschaft und guter Einblick in Arbeit bei Atec. Keine Geheimnisse“

“Very interesting equipment, excellent connections to companies, perfect interaction between school and company”

“The nice an inspired athmosphere.”

“To see the school, the workshops and how the teachers are doing their work.”

“The working methods and attitudes of the students”

“we could see learning materials and projects for/of students.”

Abbildung 2-14: Feedback zum "joint staff training event"

Die Community diskutierte ebenfalls Beispiele, die in der Praxis nicht erfolgreich sind. Sie schätzte den ehrlichen Austausch in einer „open communication“ über Hintergründe und Schwierigkeiten frei von politischen Zwängen (Abbildung 2-14). Die Teilnehmenden stellten ähnliche Probleme in der beruflichen Bildung in den verschiedenen Ländern fest, konnten aber auch Lösungen entdecken, die im eigenen Land nicht existieren. Es wurden Lernmaterialien über den spezifisch behandelten Themenbereich hinaus besprochen und geteilt.

Positiv wurde ebenfalls der direkte Zugang zu den Schülerinnen und Schülern vor Ort bewertet, die ihre Lernergebnisse dem Konsortium vorstellten. Die Gäste suchten den direkten Austausch mit den Schülerinnen und Schülern und überzeugten sich von deren tatsächlichen Lernergebnissen und Lerneinstellungen (vgl. Abbildung 2-14). Diesem Austausch sollte in Zukunft noch mehr Raum gegeben werden (vgl. Abbildung 2-15).

In a future training event I would do the following differently:

„A longer phase of cooperation with the students”

Abbildung 2-15: Verbesserungsmöglichkeiten zur Lehrkräftefortbildung

Insgesamt lässt sich feststellen, dass die internationale Beteiligung von Lehrkräften an einer Fortbildungsreihe zu einer Praxisgemeinschaft führen kann und sich positiv auf den Lernprozess der beteiligten Lehrkräfte auswirkt.

2.8 Kultur, Sprache und gemeinsame Wertebildung

Die Teilnehmenden bewerteten auch die Schulungswoche hinsichtlich der Aspekte Kultur, Gemeinsame Wertebildung sowie Sprachkompetenz. Im Ergebnis sehen sie Kompetenzzuwächse in allen Bereichen (vgl. Abbildung 2-16). Es wird deutlich, dass neben den fachlichen Aspekten auch kulturelle Inhalte von großer Bedeutung sind. Die gastgebenden Lehrkräfte boten Einblicke in die Kultur ihres Landes und den örtlichen Besonderheiten. Das Interesse hierüber war hoch und der damit im Zusammenhang stehende Austausch wurde intensiv geführt. Die Lehrkräfte diskutierten gemeinsame Werte, historische Entwicklungen sowie nationale Besonderheiten. Die großen internationalen Krisen während der Projektlaufzeit (Pandemie und Krieg in der Ukraine) verdeutlichen die Bedeutung des internationalen Austausches und einer gemeinsamen Wertebildung.

Die offenen Antworten untermauern diese Einschätzung:

What I liked about the training event was that...

„The training week led to the improvement of my language skills and I gained new knowledge and values about foreign cultures.“

“Everything fine, enough time for "networking". The "german danish friendship tour" was also very interesting!”

Die Weiterentwicklung der eigenen Sprachkompetenz umrahmt die Lehrkräfteschulung. Aus den Beobachtungen und Rückmeldungen geht hervor, dass einige Lehrkräfte aufgrund ihrer eigenen Einschätzung zur Sprachkompetenz zögerten, an den Schulungen teilzunehmen. Hierbei existieren nationale Unterschiede. Diejenigen Lehrkräfte, die dennoch die vermeintlich unsichere sprachliche Barriere auf sich nahmen, wurden mit einem höheren Selbstwertgefühl nach der Projektteilnahme belohnt.

5. Please rate the training week.

[Weitere Details](#)

■ Strongly disagree ■ Disagree ■ Agree ■ Strongly agree

The training week led to the improvement of my language skills.

During the training week I gained new knowledge and values about foreign cultures.

The training week helped to share common values and build trust.

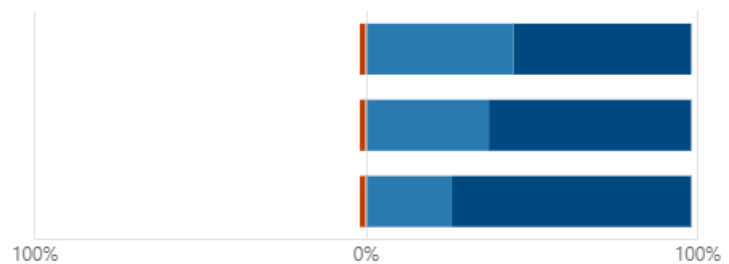


Abbildung 2-16: Kompetenzzuwächse in den Bereichen Sprache, Kultur und Werte

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass sich durch Lehrkräfteschulungen weitaus mehr als rein fachliche Kompetenzen fördern lassen. Gemeinsame Werte, kulturelle Bildung und Sprache sind Aspekte, die in der vernetzten Arbeitswelt von heute eine große Bedeutung haben und im Rahmen der durchgeführten internationalen Lehrkräftefortbildung entwickelt werden können. Es wird deutlich, dass diese Aspekte in einer derartigen Fortbildung zu berücksichtigen sind und erheblich zur Motivation und dem Gelingen insgesamt beitragen.

3 Berufsarbeit in der Industrie 4.0

3.1 Berufswissenschaftlicher Forschungsansatz

Die Veränderungen hervorgerufen durch die Industrie 4.0 haben Auswirkungen auf die Berufsarbeit in verschiedensten Berufen. Es entstehen neue Arbeitsaufgaben und Anforderungen an die Fachkräfte. In der beruflichen Praxis können die neuen Aufgaben in unterschiedlicher Weise in den Zuständigkeitsbereich der Arbeitskräfte gelangen. Zum einen kann sich der Aufgabenbereich bisheriger Berufsinhaber verändern. Neue Aufgaben können hinzukommen, andere können wegfallen. Zum anderen können ganz neue berufliche Profile entstehen (vgl. Dostal 2005).

Die Identifizierung von veränderten Arbeitsinhalten in der Erwerbsarbeit kann mit Hilfe berufswissenschaftlicher Qualifikationsforschung erfolgen. Deren Ergebnisse sind vor dem Hintergrund der Prozesse und Inhalte des Lernens, gesellschaftlicher Anforderungen und persönlicher Entwicklung der Lernenden zu bewerten. BECKER und SPÖTTL fassen den Forschungsbereich wie folgt zusammen:

„Die berufswissenschaftlich ausgerichtete Qualifikationsforschung verfolgt das Ziel, die für einen Beruf charakteristischen Arbeitsaufgaben und die in diesen inkorporierten Qualifikationsanforderungen zu identifizieren und zu untersuchen, welchen didaktischen Stellenwert diese Aufgaben für die Kompetenzentwicklung haben.“ (Becker & Spöttl 2006, S. 4)

Verschiedene berufswissenschaftliche Forschungsmethoden haben sich entwickelt, sie reichen z. B. von Fallstudien über Expertenbefragungen und Workshops, die unmittelbar in den Arbeitszusammenhängen durchgeführt werden (vgl. Jepsen 2022, S. 85). Problematisch ist jedoch der hohe empirische Aufwand der Verfahren, um valide und repräsentative Ergebnisse zu liefern.

Im NetKom-Projekt wird ein neuer Ansatz verfolgt. Die Auswertung von Arbeitsmarkt- und Berufsinformationen der Arbeitsagenturen dienen als Basis, um Anforderungen aus der Erwerbsarbeit zu identifizieren. Arbeitsagenturen stellen kontinuierlich Arbeitsinhalte und Arbeitsanforderungen für Erwerbsberufe zur Verfügung. Die Daten lassen sich im Rahmen der Qualifikationsforschung gewinnbringend nutzen (vgl. Jepsen 2022). Der große Mehrwert liegt in der Aktualität der Daten sowie dem forschungsökonomischen Verfahren (vgl. Jepsen 2022).

Zusätzlich fließen die Erkenntnisse der Projektpartner in die Ergebnisse ein. Dazu werden exemplarische Ergebnisse aus den empirischen Analysen zum Cobot-Einsatz in der Industrie 4.0 dargestellt (ESFL 2023a, S. 5 ff.).

3.2 Spezialisten/Spezialistinnen für Industrie 4.0

Stellvertretend für einen typischen Erwerbsberuf im gewerblich technischen Bereich der Industrie 4.0 Arbeit werden „Spezialisten/Spezialistinnen für Industrie 4.0“ gewählt. Das Berufsprofil ist in der deutschen Berufssystematik KldB 2010 unterhalb des Berufsbereichs „2 Rohstoffgewinnung, Produktion und Fertigung“ verortet (siehe Abbildung 3-1, vgl. BA 2021)3.2. Die weitere Gliederung erfolgt mit zunehmender, spezifischer Berufsfachlichkeit über die Ebenen Berufshauptgruppen, Berufsgruppen, Berufsuntergruppen und Berufsgattungen (siehe Abbildung 3-1).

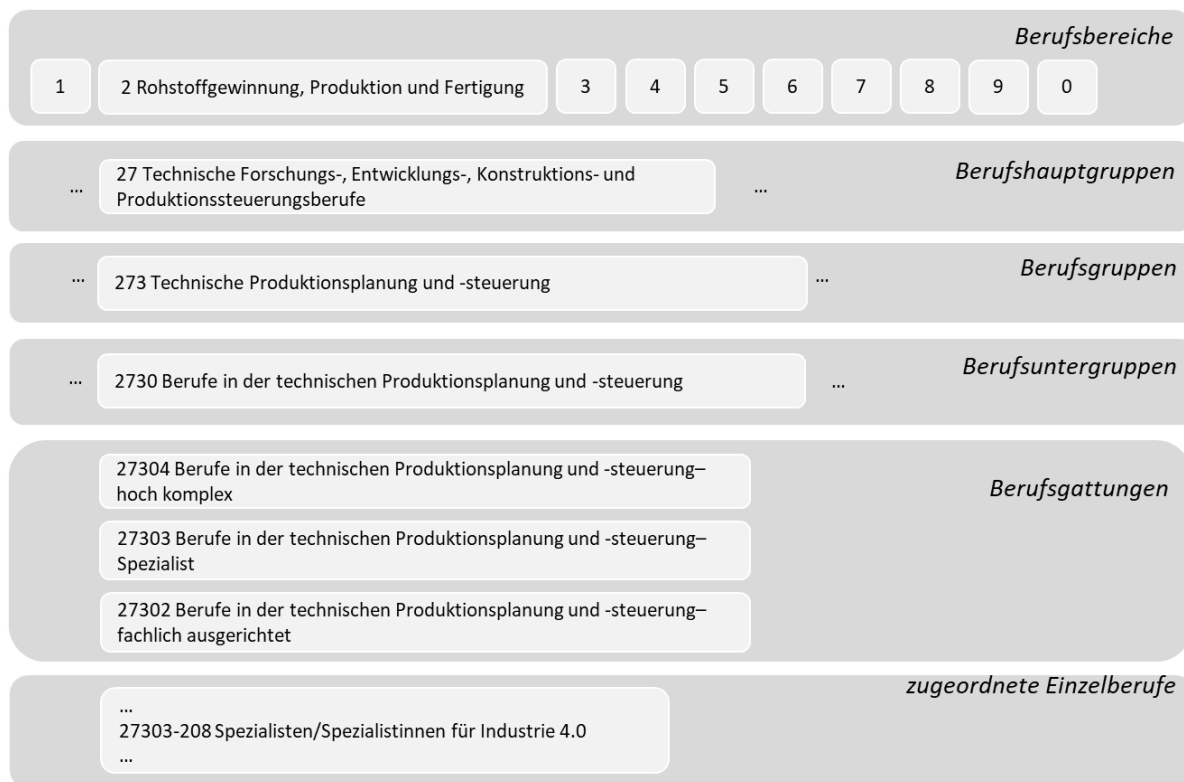


Abbildung 3-1: Spezialisten/Spezialistinnen für Industrie 4.0 in der deutschen Berufssystematik KldB2010

Spezialisten/Spezialistinnen für Industrie 4.0 sind der untersten Ebene „27303 Berufe in der technischen Produktionsplanung und -steuerung– Spezialist“ mit der Systematiknummer B 27303-208 zugeordnet.

Die Berufsgattung repräsentiert das dritte von vier aufsteigenden Anforderungsniveaus - komplexe Spezialistentätigkeiten. Diese Ebene entspricht dem intendierten Anspruchsniveau der beruflichen Qualifikationen, die durch Bildungsprogramme der NetKom-Partner erworben werden können (vgl. Abbildung 4-2).

Die folgenden beruflichen Informationen beinhalten ausgewählte Inhalte des BERUFENET-Datensatzes der „Spezialisten/Spezialistinnen für Industrie 4.0“ (BA 2023).

Aufgaben und Tätigkeiten kompakt

Spezialisten/Spezialistinnen für Industrie 4.0 vereinen kaufmännisches und technisches Wissen, um die Digitalisierung von Prozessen und die Einführung neuer Technologien zu planen. Zunächst erfassen sie die Geschäfts- bzw. Produktionsprozesse und identifizieren Optimierungspotenzial, wie z.B. die Digitalisierung von Fertigungsschritten oder die Automatisierung wiederkehrender Geschäftsvorgänge. Wenn sie Produktionsprozesse vernetzen, analysieren die Spezialisten/Spezialistinnen für Industrie 4.0, wie sich Anlagen erweitern oder durch angepasste Programmierungen die Systeme effizienter gestalten lassen. Dazu wählen sie Technologien wie beispielsweise digitales Supply-Chain-Management, Machine Learning oder IoT-Plattformen aus. Mithilfe von Big-Data-Analysen kann nicht nur die Produktion verbessert werden, sondern es lassen sich daraus auch weitere Ansatzpunkte für den Einsatz künstlicher Intelligenz eruieren. Sind die Spezialisten/Spezialistinnen für Industrie 4.0 mit der Optimierung von Geschäftsprozessen betraut, prüfen und konzipieren sie, wie sich Arbeitsschritte durch Automatisierung umgestalten lassen. Business-Intelligence-Tools helfen ihnen, große Mengen an kaufmännischen Daten zu verwalten, aufzubereiten und auszuwerten, um diese anschließend zielgerichtet zu visualisieren.

Um Produktions- und Arbeitsprozesse zu optimieren, nutzen Spezialisten/Spezialistinnen für Industrie 4.0 Methoden, wie z.B. das agile Projektmanagement. Sind die konzipierten Veränderungsmaßnahmen

angestoßen, verfolgen sie deren Umsetzung, erstellen Schulungsmaterialien und informieren Fach- und Führungskräfte über geänderte Arbeitsabläufe sowie den Umgang mit neuen Technologien.

Die Tätigkeit im Überblick

Spezialisten/Spezialistinnen für Industrie 4.0 erarbeiten Konzepte und Pläne für die digitale Transformation von Unternehmen und betreuen deren Umsetzung.

Aufgaben und Tätigkeiten im Einzelnen

- Prozesse erfassen und analysieren
 - bestehende Geschäfts- und Produktionsprozesse erfassen und visualisieren
 - Daten sammeln, analysieren und aufbereiten
 - Optimierungspotenzial hinsichtlich Digitalisierung/Vernetzung identifizieren
- Produktionsprozesse, Maschinen und Anlagen optimieren
 - Fertigungsabläufe und -einrichtungen auf Digitalisierungs- und Vernetzungsmöglichkeiten prüfen, technische Machbarkeit mit Technik- und IT-Teams klären
 - passende Technologien auswählen, z.B. [digitales Supply-Chain-Management](#), [Augmented Reality](#), [Machine Learning](#) oder [IoT-Plattformen](#)
 - mithilfe von [Big-Data-Analysen](#) Produktionsprozesse optimieren bzw. Einsatzmöglichkeiten künstlicher Intelligenz eruieren
 - Entwicklungsfortschritte überwachen bzw. die Einführung neuer Technologien begleiten
 - bei der Montage, Einrichtung, Programmierung und Vernetzung neuer Maschinen und Anlagen mitwirken
 - Maschinendaten auswerten, um die Produktivität zu verbessern oder Qualität zu sichern
- Geschäftsprozesse und Arbeitsschritte weiterentwickeln
 - wiederkehrende Arbeitsabläufe auf ihr Automatisierungspotenzial hin prüfen und deren Automatisierung vorantreiben
 - Konzepte zur Prozessoptimierung erarbeiten und Realisierungsmöglichkeiten aufzeigen
 - große Mengen an Geschäftsdaten, z.B. mithilfe von [Business-Intelligence-Tools](#) oder [Data-Warehousing](#) sammeln und verwalten
 - Geschäftsdaten analysieren, aufbereiten und für verschiedene Zwecke visualisieren
 - Potenzial für digitale Marketingmaßnahmen erschließen
- Umsetzung von Prozessoptimierungen monitoren und Mitarbeiter/innen anleiten
 - betriebliche Veränderungen aktiv mitgestalten, z.B. durch Einsatz von [agilen Projektmanagement](#)- oder [Changemanagement](#)-Methoden
 - Dokumentationen für geänderte Abläufe und Arbeit mit neuen Maschinen und Anlagen erstellen
 - Mitarbeiter/innen fachlich anleiten und bei Veränderungsprozessen begleiten
 - kontinuierlich nach Optimierungsmöglichkeiten durch den Einsatz künstlicher Intelligenz suchen
- sich über innovative Konzepte, Trends und Marktentwicklungen im Bereich Industrie 4.0 auf dem neuesten Stand halten
- Datenschutz und Datensicherheit berücksichtigen

Arbeitsgegenstände/Arbeitsmittel

<p>Anlagen, Geräte und technische Systeme, z.B.: Automatisierungsanlagen, Anlagen für die additive Fertigung (3-D-Druck), CNC-Maschinen, Collaborative Robots (Cobots), Augmented-Reality-Datenbrillen, vernetzte Produktionssysteme, Embedded Systems, SPS-Systeme, Sensoren</p> <p>Unterlagen und Software, z.B.: Prozessoptimierungskonzepte, Ablauf-, Material-, Maschineneinsatz-, Budget- und Terminpläne, Konstruktionszeichnungen, SPS-Programme, Software für computersimulierte Produktionsabläufe, Maschinendaten, Qualitätsrichtlinien, Kalkulationssoftware, Business-Intelligence-Tools, Big-Data-Analysen, Data-Warehouse-Systeme, Dashboards</p> <p>Büroausstattung, z. B.: PC, Internetzugang, Telefon</p>	
<p>Kernkompetenzen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Agiles Projektmanagement • Arbeitsvorbereitung • Automatisierungstechnik, Prozessautomatisierung • Change-Management • Datenkompetenz, Data Literacy • Edge Computing • Enterprise Resource Planning (ERP) • Fertigungstechnik 	<ul style="list-style-type: none"> • Industrial Internet of Things (IIoT) • Informationstechnik, Computertechnik • Machine Learning • Produktionsplanung • Projektmanagement • Sicherheitssysteme (IT), Datensicherheit • Supply-Chain-Management • Vernetzte Produktionssysteme
<p>Weitere bedeutsame Kompetenzen</p> <ul style="list-style-type: none"> • 3D-Drucken • 3D-Simulation • Aktorik • Anwendungstechnik, Anwendungsberatung • Augmented Reality • Betriebsmitteleinsatz planen • Datenschutz • Embedded Microcontroller, Embedded Systems 	<ul style="list-style-type: none"> • Entwicklung • Fertigungs-, Auftragssteuerung • Konstruktion • Mechatronik • Personalplanung • Produktionslogistik • Roboter- und Handhabungstechnik • Sensorik • Wartung, Reparatur, Instandhaltung

Abbildung 3-2: Auszüge aus dem BERUFENET-Datensatz „Spezialisten/Spezialistinnen für Industrie 4.0“ (BA 2023)

Der dargestellte Datensatzauszug „Aufgaben und Tätigkeiten im Einzelnen“ konkretisiert verschiedenste Aufgaben der Berufsinhaber. Typische Arbeitsgegenstände und Arbeitsmittel sind z. B. collaborative Robots (Cobots) oder Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS). Der Abschnitt Kernkompetenzen enthält diverse Schlagwörter u. a. Managementaufgaben (Change- Management, Projektmanagement, Agiles Projektmanagement, Supply-Chain-Management) und Technologien (Datenkompetenz, Data Literacy, Machine Learning, 3D-Simulation) (vgl. Abbildung 3-2).

3.3 Ergebnisse der empirischen Arbeitsanalyse zum Einsatz von Cobots

Als weitere Konkretisierung und empirische Fundierung der zuvor dargestellten Arbeitsaufgaben in der Industrie 4.0 dienen die Ergebnisse aus dem Intellectual Outcome „O1 Kollaborierende Roboter in der Industrie 4.0“ der Eckener-Schule Flensburg (ESFL 2023a). Die Entwicklung von Lernaufgaben erfolgte bei diesem NetKom Partner auf Basis von analysierten Arbeitsprozessen eines Kooperationsbetriebs. Das untersuchte Unternehmen hat sich auf die Herstellung von Klebeband und Folienprodukten sowie Verpackungs- und Drucklösungen spezialisiert. Die Lehrkräfte der Eckener-Schule ermittelten auf der Grundlage von Arbeitsanalysen und Expertengesprächen Arbeitsaufgaben zur Einführung und Betrieb einer Automatisierungslösung mit Hilfe von Cobots. Die Ergebnisse sind in einem generischen Arbeitsprozess dargestellt. Der Prozess folgt einer abstrahierten Struktur durch die Schritte PLAN (Planungsaspekte), BUILD (entwickeln und implementieren der Lösung) sowie RUN (betreiben der Cobot-Automatisierung).

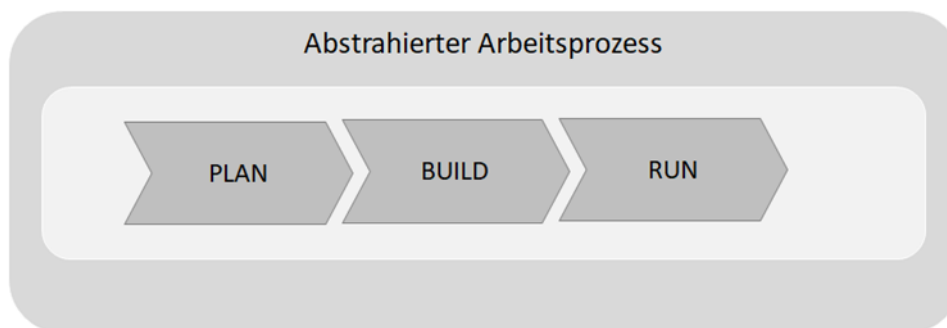
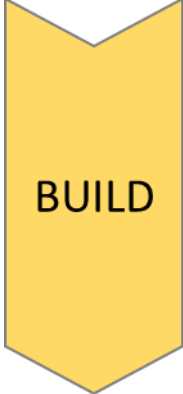


Abbildung 3-3: Abstrahierter Arbeitsprozess zur Darstellung beruflicher Arbeitsaufgaben (ESFL 2023a, S. 8)

In der nachfolgenden Tabelle sind die Arbeitsaufgaben sowie ihre Anforderungen konkretisiert und mit Beispielen versehen.

	<p>Fachkräfte können...</p> <p>bestehende oder neue Fertigungsprozesse analysieren, um Optimierungspotential durch den Einsatz von Cobots zu ermitteln.</p> <p>Zu automatisierende Prozesse identifizieren:</p> <ul style="list-style-type: none"> • bisherige Prozessstruktur analysieren, um Probleme im gegenwärtigen Prozess (Qualität, Durchsatz, Verletzung, Unfälle, Ergonomie, Ermüdung von Mitarbeitern, Umgebungsbedingung) zu identifizieren, • Teilprozesse (z. B. Verpackung, Palettierung, Qualitätssicherung) identifizieren, sich zur Automatisierung mittels Cobot eignen, bezüglich technischer Umsetzbarkeit und Wirtschaftlichkeit bewerten, Vorkalkulation durchführen, • mit der Unternehmensführung Projekt zur Einführung abstimmen. <p>Werkzeuge, Verfahren und Anforderungen in diesem Aufgabenbereich:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arbeitsbeobachtungsverfahren, Zeiterfassung von Prozessen, • Simulation des automatisierten Teilprozesses mit einer Software, • Automatisierter Teilprozess darf die gesamte Prozesskette nicht verlangsamten (Schichtleistung als Indikator),
--	---

	<ul style="list-style-type: none"> • möglichst kostengünstige Lösung. <p>Vorläufige Risikobeurteilung durchführen und bei Planung berücksichtigen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Platzbedarf, Abstände zu Menschen bewerten etc., • Umgebungsanalyse, Korrosionsumgebung, Explosionsschutz usw. <p>Geeignetes Material auswählen und beschaffen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cobot-Produktvergleich durchführen, • Greiferwerkzeuge, Sensoren, weitere Anbauteile, Komponenten, Features etc. nach Bedürfnissen bestimmen, • ggf. SPS auswählen, • Angebotsanfragen erstellen, • mit Einkauf die Beschaffung abstimmen. <p>Anforderung: Firmenphilosophie beachten, z. B. Verwendung von Normteilen festgelegter Hersteller.</p> <p>Anschlussplanung erstellen</p> <ul style="list-style-type: none"> • elektrische, pneumatische Voraussetzungen, Standortvoraussetzungen wie Gewicht, Arbeitsraum klären.
	<p>Automatisierte Lösung entwickeln</p> <ul style="list-style-type: none"> • mechanische, elektrische und pneumatische Komponenten herstellen, zusammenbauen, anschließen, in Betrieb nehmen, • Signalcheck durchführen. <p>Programmierung des Cobots durchführen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cobot vorbereiten (ggf. Passwörter zurücksetzen, alte Programme löschen, aktuellen Softwarestand herstellen), • mit dem Bedienpanel Ablaufprogramm erstellen, testen und anpassen, • Ggf. Cobot-Programmablauf mit SPS-Programm verzahnen, • Programm im Code dokumentieren, • unberechtigten Zugriff auf Programmcode sicherstellen, • Testreihen parallel zum Fertigungsprozess fahren, Lösung überarbeiten. <p>Cobot-Automatisierung in den Fertigungsprozess implementieren</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bedienpersonal einweisen/schulen, • Implementierung möglichst ohne Unterbrechung des Fertigungsprozesses. <p>Abschließende Dokumentation erstellen</p> <ul style="list-style-type: none"> • Symboltabelle, • Programmablaufplan.

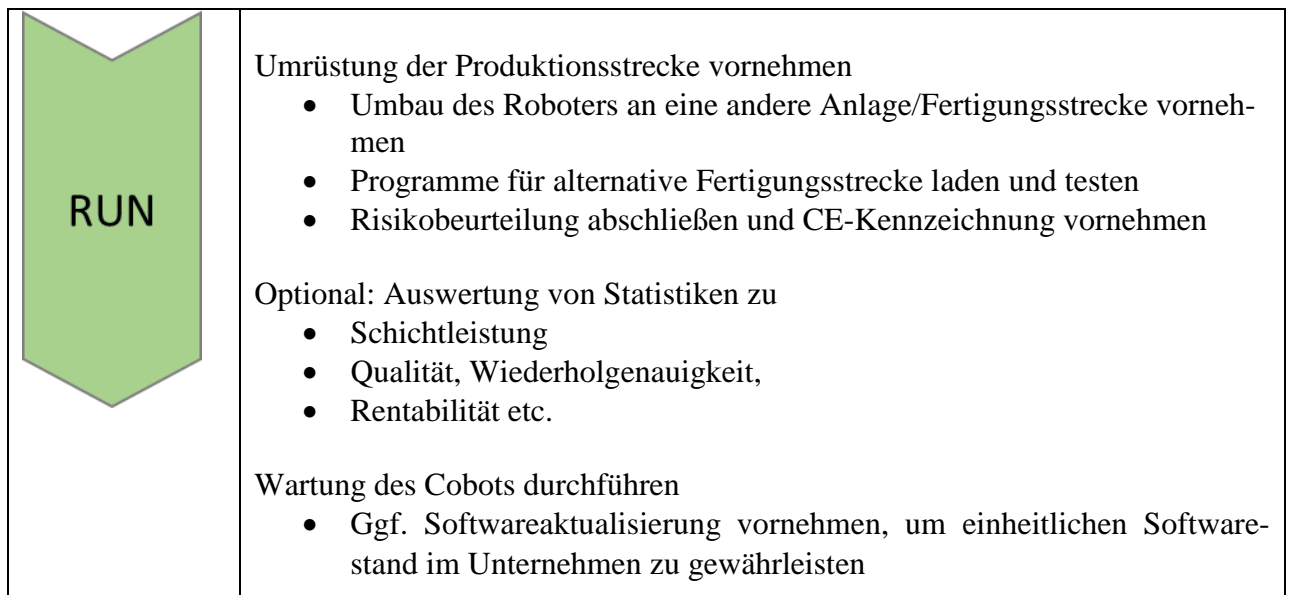


Abbildung 3-4: Arbeitsprozess zur Einführung und Betrieb einer Automatisierungslösung mit Hilfe von Cobots (ESFL 2023a, S. 8 ff.)

Die konkretisierten Aufgaben sind ergebnisorientiert beschrieben. Sie beinhalten neben konkreten Aufgaben auch genutzte Werkzeuge, Verfahren und Anforderungen.

Ergebnisse der empirischen Untersuchung im Vergleich zum Referenzberuf

Die dargestellten beruflichen Arbeitsaufgaben aus der empirischen Analyse der Eckener-Schule lassen sich dem Referenzberuf „Spezialisten/Spezialistinnen für Industrie 4.0“ zuordnen (vgl. Abschnitt 3.2). Eines der übergeordneten Aufgaben „Prozesse erfassen und analysieren“ mit dem Ziel „Produktionsprozesse, Maschinen und Anlagen optimieren“ steht gleichfalls bei dem untersuchten Industrieunternehmen im Vordergrund. Die Beschreibungen liefern einen konkreten Kontext.

Im Referenzprofil haben Planungsaufgaben einen hohen Umfang, die eigentliche Umsetzung der Automatisierungslösung wird von „Spezialisten/Spezialistinnen für Industrie 4.0“ nur untergeordnet wahrgenommen „bei der Montage, Einrichtung, Programmierung und Vernetzung neuer Maschinen und Anlagen mitwirken“. Die Spezialisten übernehmen hauptsächlich die Leitungsfunktion „Mitarbeiter/innen fachlich anleiten und bei Veränderungsprozessen begleiten“. Im untersuchten Betrieb hat die Fachkraft die Umsetzung der Cobot-Automatisierung selbst übernommen und stellt den sicheren Betrieb der Anlage nach dessen Einführung sicher.

Die empirische Untersuchung zeigt nur einen geringen Anteil von Aufgaben, die sich mit der Datenanalyse befassen. Im Referenzprofil wird dieser Thematik wesentlich mehr Raum gegeben - „mithilfe von Big-Data-Analysen Produktionsprozesse optimieren bzw. Einsatzmöglichkeiten künstlicher Intelligenz eruieren“ (siehe Abbildung 3-2). Diesbezüglich leisten die durchgeführten Betriebsbesichtigungen im NetKom-Projekt einen Beitrag. Hervorzuheben ist das „Smart Factory“ Konzept, das im Rittal-Werk (<https://www.rittal.com/de-de>) während der „Lernortkooperation 4.0“ in Dillenburg thematisiert wurde. Die Besuche des Spritzgussmaschinenherstellers Engel (<https://www.engelglobal.com>) in Österreich sowie GKN Aerospace (<https://www.gknaerospace.com/>) in Norwegen zeigen weitere Beispiele zur Analyse von Daten in der Arbeitspraxis.

4 Industrie 4.0 Lernkonzepte

4.1 Netzkompetenz und gesellschaftliche Aspekte von Industrie 4.0

Industrie 4.0, Wirtschaft 4.0, Arbeit 4.0 und Berufsbildung 4.0 werden Veränderungen in der Facharbeit auf allen Ebenen zur Folge haben. Der gewerblich-technische Bereich ist dahingehend betroffen, dass sich Arbeitsformen, Arbeitsinhalte und Arbeitsbereiche verändern werden. Der Kerngedanke des 4.0-Fortschrittes lässt sich technologisch auf wenige Elemente zusammenfassen: Datenerfassung, Datenmanagement und intelligente Nutzung der Daten.

Ausgehend von der Automatisierungspyramide wird es Veränderungen im traditionellen Ebenenmodell geben. Im Produktionsnetzwerk spielt die Manufacturing Execution eine immer wichtigere Rolle. Es wird zu einer stärkeren Verknüpfung des Manufacturing Execution Systems (MES) mit der Automatisierungsebene kommen. Dadurch werden Ebenen und somit Schnittstellen verschwinden und Daten aus der Produktion direkt in die betriebswirtschaftliche Standardsoftware (z. B. SAP) integriert. Somit geschieht die Integration der ERP (Enterprise Resource Planning) mit der MES-Ebene. Damit sind alle erforderlichen Informationen unternehmensübergreifend in Echtzeit verfügbar. Das Ziel, eine Produktion auch mit der „Losgröße 1“ wirtschaftlich zu ermöglichen, erfordert das Zusammenwachsen von Produkt- und Produktionslebenszyklus auf Basis eines einheitlichen Datenmodells. Dadurch lassen sich die Anforderungen, die sich aus individualisierter Produktion und immer kürzer werdenden Produktlebenszyklen ergeben, technisch und wirtschaftlich gestalten. Soll in einer intelligenten Produktion die Kommunikation von Maschine zu Maschine unter Anwendung IP-adressierter Sensorik und Aktuatorik umgesetzt werden, so bedarf es Cyber-Physical Systems (CPS), die einen Verbund informationstechnischer und softwaretechnischer Komponenten mit mechanischen und elektronischen Teilen beispielsweise auf der Basis des Internets ermöglichen. Der technische Fortschritt ist daher an die fortschreitende Diffusion informationstechnischer Inhalte geknüpft. Ohne Informationstechnik und Informatik wird Industrie 4.0 nicht umgesetzt werden können.

Durch die bereits begonnene und noch weiter fortschreitende Diffusion informationstechnischer Inhalte und Techniken in alle Berufe, wird im Rahmen von Industrie 4.0 der kompetente Umgang mit IT weiterhin an Bedeutung gewinnen. IT-Kompetenzen werden von GRIMM in Anlehnung an WORDELMANN als Teil einer Netzkompetenz gesehen, die außerdem auch Kooperieren, Kommunizieren, Lernen und reflektiertes Informieren in Netzen beinhaltet (vgl. Grimm 2016; Wordelmann 2000). Unter Netzkompetenz werden fachliche und methodische Einzelkompetenzen subsumiert, die gebraucht werden könnten, um in einer sich verändernden Arbeitswelt anschlussfähig zu bleiben. Sie sind zugleich eine Voraussetzung, um die Kommunikation in heterogenen Teams überhaupt zu ermöglichen. Mit dem Konstrukt der Netzkompetenz soll eine individuelle Disposition entwickelt werden, auf deren Grundlage Personen heute und in der Zukunft in einer digitalen Gesellschaft und Arbeitswelt Orientierung und Halt finden. Datennetze sind ein unverzichtbares Kommunikationsmedium für den Datenaustausch in einer Mensch-Mensch-, Mensch-Maschine- und – zunehmend – Maschine-Maschine-Interaktion. Der Datenaustausch findet im privaten und gesellschaftlichen Umfeld statt sowie in der Vernetzung von Produktionsanlagen und -komponenten. Die Gestaltung dieser Netzkompetenz ist als ein entwicklungs- und inhaltsoffener Prozess zu verstehen.

Aufbauend auf AP1, AP2 und AP3 werden die Gelingensbedingungen sowie die Lernergebnisse auch im entwicklungs-offenen theoretischen Konstrukt der Netzkompetenz (u. a. Grimm 2016) verortet. Der Terminus Netzkompetenz reduziert dabei den Netzbegriff und das kompetente Handeln von Menschen nicht alleinig auf den Umgang mit Technik oder informationstechnischen Netzwerken. Netzkompetenz begreift in den Ursprüngen die Herausforderung einer vernetzten Arbeit mit dem Internet und den damit neu entstehenden Zusammenhängen und Netzwerken. Im Kontext von 4.0 ist von einer zunehmenden Virtualisierung von Tätigkeiten und der Vernetzung interpersonaler Kommunikation auszugehen. Schlussfolgernd bedürfen Fachkräfte der Informationsgesellschaft eine Netzkompetenz als Querschnittskompetenz. Durch die komplexer werdenden Produktionsprozesse in der Industrie 4.0 wachsen Menschen, Maschinen, Produkte und Prozesse auf logischen und physikalischen Ebenen immer weiter zusammen.

Ein Bildungsziel für die Entwicklung und didaktische Implementierung dieser Querschnittskompetenz kann es sein, Personen und ihr Handeln in den neu entstehenden Netzwerken, in der Arbeitswelt und im gesamtgesellschaftlichen Umfeld, zu stärken. Mit dieser Stärkung gelingt es den Menschen die neuen Zusammenhänge ganzheitlicher zu verstehen. Der Konvergenzgrad dieser Kompetenz und ihrer aktiven Teilhabe in diesen Netzwerken, sozialer und/oder technologischer Natur, in der Arbeitswelt und der Gesellschaft, könnte sich somit parallel zu dem steigenden Innovationsgrad der künstlichen Netzwerke mitentwickeln.

Das reflektierte netzkompetente Handeln ist ein fester Bestandteil der beruflichen Bildung und dient der Stärkung beruflicher und persönlicher Entwicklungen in einer Wissensgesellschaft und dies sowohl bei Lernenden als auch bei Lehrenden gleichermaßen.

4.2 NetKom 4.0 Qualifikationen im EQR-Kontext

Die jeweils relevanten nationalen Bildungsangebote der beteiligten Institutionen im NetKom 4.0 Projekt sind vielfältig. Sie werden durch Befragung der Teilnehmer bzw. auf Basis der zur Verfügung gestellten Dokumente ermittelt. Die Bildungsangebote erstrecken sich von der Berufsorientierung über die berufliche Erstausbildung bis zur beruflichen Weiterbildung. Alle Schulen bieten Bildungsangebote in den gewerblich-technischen Fachrichtungen und zum Teil darüber hinaus an (vgl. ATEC 2023a; ESFL 2023b; FTO 2023a; GSD 2023a; HTL St. Pölten 2023b; VTDK 2023b). Entsprechend groß ist die Vielfalt der an den Schulen zu erlangenden formalen Qualifikationen. Die Fachschule in Norwegen ist abweichend nur spezialisiert auf die berufliche Weiterbildung. Die ATEC Training Academy in Portugal ist eine private non-profit Organisation mit einem staatlich geförderten Bildungsauftrag. Die Zusammensetzung der im NetKom Projekt vertretenen Partner spiegeln ein typisches Bild über die gewerblich-technischen Qualifikationsangebote von beruflichen Bildungsinstitutionen in Europa wider. Die im übergeordneten Kontext stehende Industrie 4.0-Thematik ist für alle Partner relevant. Insgesamt lassen sich daher die Ergebnisse auf weitere berufliche Bildungsinstitution übertragen.

Mit Hilfe des Europäischen Qualifikationsrahmen (EQR) lassen sich die formalen Qualifikationen der einzelnen Länder vergleichen. Der EQR kann als Metareferenz für die verschiedenen nationalen Qualifikationsrahmen genutzt werden (vgl. Abbildung 4-1).

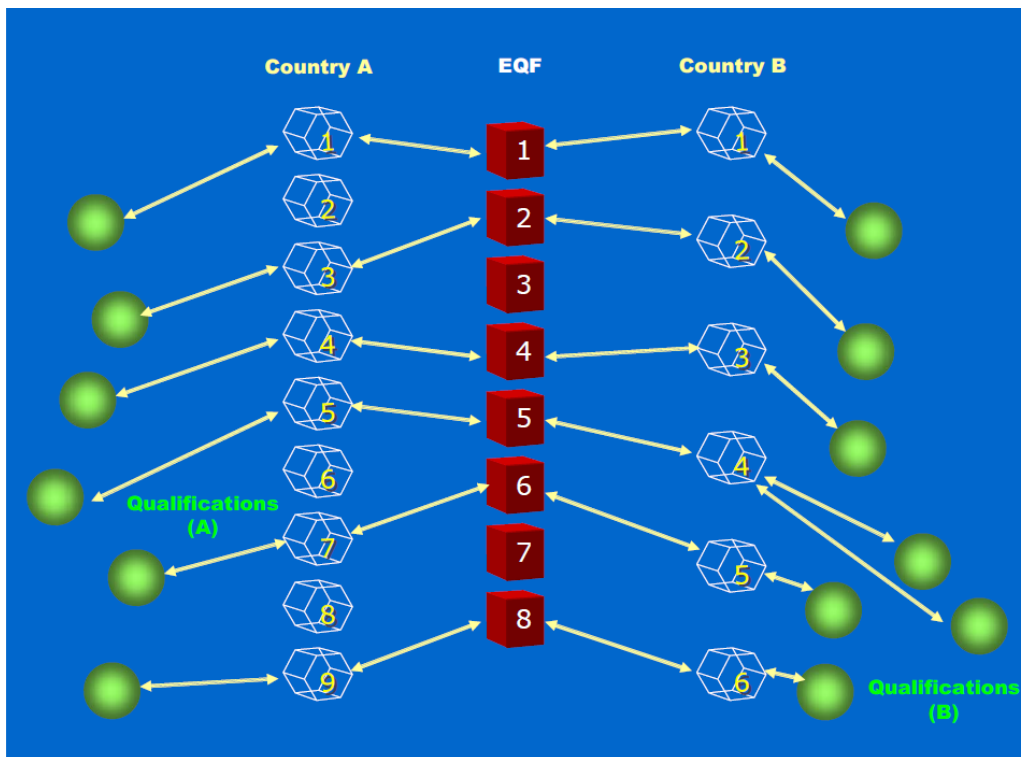


Abbildung 4-1: Der EQF als Meta-Rahmen zur Schaffung und Förderung von Verbindungen zwischen nationalen Qualifikationsrahmen und -Systemen (EK 2005, S. 15 f.)

Der Rahmen gliedert Lernkontexte in acht Niveaustufen (siehe Abbildung 4-1, vgl. EK 2005, S. 28 ff.). Für nationale Bildungsangebote erfolgt gewöhnlich eine Zuordnung zum nationalen Qualifikationsrahmen, der wiederum den Bezug zum EQF herstellt.

Die Qualifikationsangebote der im NetKom Projekt beteiligten Partner sind den Referenzstufen des EQF zugeordnet (siehe Abbildung 4-2). Die dargestellten Bildungsgänge bzw. Bildungsangebote beziehen sich auf die im NetKom-Projekt entwickelten Lernkonzepte. Die Konzepte stammen gewöhnlich aus Initiativen von Lehrkräften in einzelnen Bildungsgängen, wurden dort erprobt. Die beteiligten Lehrkräfte nutzen die Konzepte ebenso in anderen Bildungsgängen bzw. weiten sie auf andere Bildungsangebote sukzessiv aus.

O1 Kollaborative Roboter in der Industrie 4.0		
Bildungsgang	Bildungsprogramme	EQF-Level
Fachschule für Technik	Techniker/Technikerin (Staatlich geprüfter) - Bachelor Professional in Technik in den Fachrichtungen <ul style="list-style-type: none"> • Mechatronik • Maschinenteknik/Maschinenbautechnik • Elektrotechnik • Windtechnik 	6
Berufsschule	verschiedenste duale Ausbildungsgänge in den Bereichen Metall-, Elektro- und IT-Technik	4
Berufsfachschule I	Ausbildungsgänge in den Fachrichtungen Elektrotechnik, Metalltechnik	3
Berufsfachschule III	Technischer Assistent/-in für Informationstechnik	4
O2 Interdisziplinäres Denken fördern in der Industrie 4.0 mit „Science Shops“		

Studienangebote in den Fakultäten	Professional Bachelor of Engineering Sciences in <ul style="list-style-type: none"> • Automotive Electronics Systems • Automotive Technical Operation • Civil • Smart Building • Business and Customs • Information Systems • Mechanical • Electrical and Automation, Railway Transport • Renewable Energy • Energy 	6
O3 Lernkonzepte zur Internet of Things (IoT)- Sicherheit		
Berufsausbildung	Ausbildungsgänge <ul style="list-style-type: none"> • Car Mechatronics, • Industrial Maintenance, • Mechatronics, • IT Network Management, • Programming 	4
Technological Specialization	<ul style="list-style-type: none"> • IT Networks and System Management, • Cybersecurity, • Mechatronics Technology, • Automation, Robotics and Industrial Control, • Technology and Programming of IT-Systems, • Energy Management and Control 	5
Adult Training	<ul style="list-style-type: none"> • Car Mechatronics, • Electronics, • Automation and Control 	4
O4 Augmented Reality mit Echtzeit-Daten		
Fachschule	<ul style="list-style-type: none"> • Industrial Engineering, • Informatics – Cyber Security, • Electrical Engineering, Electronics & Computer Science, • Mechanical Engineering 	5
Abendschule	<ul style="list-style-type: none"> • Electrical Engineering, • Mechanical Engineering 	5/6
Berufsschule	<ul style="list-style-type: none"> • Electrical Engineering, • Electronics & Computer Science, • Mechanical Engineering 	4
O5 Produktionsplanung und Fertigungssteuerung in authentischen Industrie 4.0 Umgebungen		
Higher Vocational School	<ul style="list-style-type: none"> • Batterieschule • Automatisierung • Infrastrukturtechnik für Rechenzentren • Elektrische Energie 	5.1
Fachbereich Elektrotechnik		5.2

	• Industrie 4.0	
O6 Konzepte zur Lernortkooperation 4.0		
Berufsorientierungsworkshops	Angebot für SuS der E-Phase der Wilhelm-von-Oranien-Schule Dillenburg	2
Fachoberschule Technik	Durchgängiges Unterrichtsprinzip gemäß der Rahmenlehrpläne	4
Berufsschule	verschiedenste duale Ausbildungsgänge in den Bereichen Metall-, Elektro- und IT-Technik	4
	Wahlunterrichtsangebot "Digitale Fertigungsprozesse"	4
	Wahlunterrichtsangebot "Technik für Kaufleute"	4
Fachschule für Technik	Durchgängiges Unterrichtsprinzip in den Fachrichtungen Maschinentechnik- und Elektrotechnik	6
Kooperation mit der IHK Lahn-Dill	Anpassungsqualifizierung: "Fit für Industrie 4.0"	

Abbildung 4-2 Relevante Bildungsangebote der NetKom-Lernkonzepte im EQF verortet

Das Lernmaterial zu „O1 Kollaborative Roboter in der Industrie 4.0“ wurde beispielsweise in der Fachschule auf EQR-Level sechs entwickelt und erprobt (siehe Abbildung 4-2, vgl. ESFL 2023a). Gleichfalls beinhaltet das Lernpaket Sequenzen, die sich unmittelbar in anderen Bildungsgängen nutzen lassen. Der Nutzungsumfang kann dabei variieren. So eignen sich beispielsweise die Einstiegslernsequenzen zur Robotik in den Bildungsangeboten der Berufsfachschule (vgl. ESFL 2023a). Der Ansatz „O2 Interdisziplinäres Denken fördern in der Industrie 4.0 mit ‚Science Shops‘“ ist bisher nur für Studienangebote auf dem Level sechs verortet (vgl. VTDK 2023a). Eine mögliche Ausweitung des Konzepts auf weitere Bildungsprogramme ist noch zu prüfen bzw. weiterzuentwickeln. Der SMART-Ansatz im Rahmen von „O3 Lernkonzepte zur Internet of Things (IoT)- Sicherheit“ wird derzeit hauptsächlich in Bildungsprogrammen des EQR-Level 5 praktiziert (vgl. ATEC 2023b). Der Beitrag „O6 Konzepte zur Lernortkooperation 4.0“ hat eine schulweite Ausdehnung (vgl. GSD 2023b). Lernortkooperationen zwischen beruflichen Bildungseinrichtungen und den Betrieben sind grundsätzlich von großer Bedeutung. Deren Ausgestaltung kann je nach Bildungsgang unterschiedlich erfolgen. Die Schule in Dillenburg ist diesbezüglich eng mit der örtlichen Industrie verzahnt. Der norwegische Ansatz „O5 Produktionsplanung und Fertigungssteuerung in authentischen Industrie 4.0 Umgebungen“ zielt aufgrund des Bildungsangebots in Kongsberg auf die höhere berufliche Bildung. Abweichend kann das in Österreich entwickelte Lernmaterial auch in Bildungsgängen unterhalb der „Bachelor Professional-Qualifikation“ genutzt werden.

Die im NetKom Projekt exemplarisch adressierten Bildungsangebote lassen sich im Ergebnis mit Hilfe des EQR vergleichen. Weitere Institutionen können auf dieser Basis ihre eigenen Bildungsangebote verorten und von den Lernkonzepten profitieren.

4.3 Adressierte Kompetenzbereiche der NetKom4.0 Lernkonzepte

Die Europäische Kommission hat vorgeschlagen, Qualifikationen anhand von Lernergebnissen zu beschreiben, um sie vergleichen zu können. Lernergebnisse werden verstanden als „Aussagen

darüber, was ein Lernender weiß, versteht und in der Lage ist zu tun, nachdem er einen Lernprozess abgeschlossen hat. Sie werden als Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen definiert“ (EP & Rat 2008). Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen dienen als Deskriptoren, um Lernergebnisse differenzierter zu beschreiben.

Die Europäischen Kommission definiert die Deskriptoren wie folgt:“

Im Europäischen Qualifikationsrahmen werden Kenntnisse als Theorie- und/oder Faktenwissen beschrieben;

Im Europäischen Qualifikationsrahmen werden Fertigkeiten als kognitive Fertigkeiten (logisches, intuitives und kreatives Denken) und praktische Fertigkeiten (Geschicklichkeit und Verwendung von Methoden, Materialien, Werkzeugen und Instrumenten) beschrieben;

Im Europäischen Qualifikationsrahmen wird Kompetenz im Sinne der Übernahme von Verantwortung und Selbstständigkeit beschrieben.“ (EP & Rat 2008)

Die Identifizierung der Lernergebnisse erfolgt auf Basis von den zur Verfügung gestellten Dokumenten sowie der Analyse während der Durchführung der Schulung. Die im NetKom-Projekt entwickelten Lernkonzepte unterstützen die Kompetenzentwicklung in allen Bereichen der dargestellten Deskriptoren. Die Schwerpunkte sind jedoch unterschiedlich. Die Beschreibung der Kompetenzen erfolgt in unterschiedlicher Weise, abstrahiert durch Einzelbegriffe sowie als Lernergebnis.

Nachfolgend erfolgt eine exemplarische Darstellung der in den entwickelten Lernkonzepten adressierten Kompetenzbereiche. Die dargestellten Kompetenzen sind nicht vollständig, der Fokus liegt auf Kompetenzen in dem Industrie 4.0 Kontext.

O1 Kollaborative Roboter in der Industrie 4.0

Kenntnisse	
<ul style="list-style-type: none"> • Robotik • Computer Aided Planning • Prozessmodell • Prozessvisualisierung • ABC-Analyse • Vorgangsliste • Gantt-Diagramm 	<ul style="list-style-type: none"> • Netzplantechnik • Ressourcenplanung • Durchlaufzeit • Rüstzeit • Pufferzeit • Maschinesicherheit • ...
Fertigkeiten	
<p>Die Schülerinnen und Schüler</p> <ul style="list-style-type: none"> • analysieren komplexe Sortier- und Packprozesse, um Optimierungspotential durch den Einsatz von Cobots zu ermitteln. <ul style="list-style-type: none"> ○ Analysieren eines Sortier- und Packprozesses ○ Definieren von Teilprozessen als „Vorgänge“ ○ Aufstellen einer Vorgangsliste mit Angabe aktueller Zeiten („Dauer“) ○ Aufstellen eines Netzplans zum Abbilden des aktuellen Prozesses ○ Abgleichen zwischen tatsächlicher und errechneter Durchlaufzeit 	

- Ermitteln von Teilprozessen (aus dem Netzplan), deren Automatisierung besonders effektiv ist
- Nutzen von CAP-Systemen (Computer Aided Planning)

Die Schülerinnen und Schüler

- unterscheiden Begriffe im Zusammenhang mit einer Einkaufspreiskalkulation, wie z. B. Einkaufsfreibetrag, Einkaufsrabatt, Einkaufskosten,
- führen eine Einkaufspreiskalkulation mit Hilfe einer Tabellenkalkulationssoftware durch,
- identifizieren Kriterien, die für die Lieferantenauswahl relevant sind,
- führen mit Hilfe einer Tabellenkalkulationssoftware eine Nutzwertanalyse durch,
- identifizieren Vor- und Nachteile sowie Anwendungsmöglichkeiten der Nutzwertanalyse.

Die Schülerinnen und Schüler

- Beschreiben die Motivation für (Maschinen-)Sicherheit,
- unterscheiden zwischen Arbeitssicherheit und Sicherheit von Maschinen,
- identifizieren das relevante nationale Recht auf der Grundlage der europäischen Richtlinien zur Maschinensicherheit,
- erklären den Anwendungsbereich und den Hauptzweck der CE-Kennzeichnung und der Maschinenrichtlinie,
- unterscheiden zwischen den Begriffen „Maschine“ und „unvollständige Maschine“ im Sinne der Maschinenrichtlinie und benennen die daraus folgenden Anforderungen an den Kauf eines Cobots.

Die Schülerinnen und Schüler

- programmieren einen Bewegungsablauf unter Verwendung der passenden Bewegungsarten und Berücksichtigung von Randbedingungen wie etwa die Form und Position des Werkstücks,
- binden mehrerer Sensoren an die Steuerung des Roboters an und binden Sensorsignale in den Programmablauf ein,
- verwenden vorgefertigte Programmblöcke, in diesem Fall die Paletten-Funktion.

Die Schülerinnen und Schüler

- realisieren einen komplexen Sortier- und Verpackungsprozess mit Hilfe des Roboters,
- erstellen eine geeignete Dokumentation.

Die Schülerin und Schüler

- nehmen eine Prozessauswertung und -optimierung anhand eines Netzplans vor
 - Anpassen der Vorgangsliste,
 - Aufnehmen aktueller Durchlaufzeiten
 - Ermitteln einer neuen Durchlaufzeit
 - Auswerten und Durchführen einer Erfolgskontrolle

Die Schülerinnen und Schüler

- beschreiben den Prozess der CE-Kennzeichnung,

<ul style="list-style-type: none"> • identifizieren die wichtigsten Fragen im Zusammenhang mit diesem Prozess am Beispiel der Implementierung eines Roboters, • erklären den Prozess der Risikobewertung, • identifizieren Aspekte, die während des Risikobewertungsprozesses zu berücksichtigen sind.
Kompetenz
<ul style="list-style-type: none"> • Probleme lösen • Optimieren • Eigenverantwortliche Entscheidungen treffen • ...

Abbildung 4-3: Kollaborative Roboter in der Industrie 4.0 - Kompetenzen

Das von der Eckener-Schule Flensburg entwickelte Lernpaket „O1 Kollaborative Roboter in der Industrie 4.0“ zeichnet sich durch einen ganzheitlichen Ansatz aus. Ein Lehrkräfteteam arrangiert in dem moodle-Kurs verschiedenste Lernaufgaben zur Einführung von kollaborativen Robotern in der Industrie (<https://moodle.esfl.de/course/view.php?id=4762>). Die Lernabschnitte orientieren sich in ihrer Struktur an dem zuvor analysierten Arbeitsprozess in dem Kooperationsunternehmen. Die Anforderungen an Fachkräfte in der realen Arbeitswelt wurden exemplarisch erfasst und didaktisch bewertet. Das beinhaltet zum einen, die Inhalte vor dem Hintergrund des Bildungsauftrags der beruflichen Schule zu bewerten und ggf. Aspekte zu ergänzen. Die Inhalte zur Maschinensicherheit wurden beispielsweise ergänzt. Zum anderen erfolgt die didaktische Aufbereitung und Entwicklung der Lernaufgaben. Cobots bilden in den Lernaufgaben einen fachlichen Schwerpunkt in Bezug zur Industrie 4.0 umrahmt von Planungs-, Entwicklung-, und Implementierungsaufgaben zur Lösung eines Automatisierungsproblems mit Hilfe von Cobots. Die Lernentwicklungsschritte werden dargestellt. Das PLAN-BUILD-RUN-Modell ermöglicht die Strukturierung von Lernaufgaben, die dem realen Arbeitsprozess folgen (vgl. Abschnitt 3.3).

O2 Interdisziplinäres Denken fördern in der Industrie 4.0 mit „Science Shops“

Kenntnisse	
Im Kontext der jeweiligen Aufgabe	
Fertigkeiten	
<ul style="list-style-type: none"> • Fähigkeit zu beobachten, zu bewerten und Schlussfolgerungen zu ziehen • Angemessene Bewertung der eigenen Person und des Umfelds usw. • Angemessene Präsentation der geleisteten Arbeit, rhetorische Fähigkeiten • Vielfältige und interkulturelle Kommunikation bei der Arbeit mit dem Kunden und im Team • Fähigkeit zu handeln • Fähigkeit, die Auswirkungen von Teamlösungen und -aktionen abzuschätzen • ... 	
Kompetenz	
<ul style="list-style-type: none"> • Suche nach Antworten und Erweiterung des Horizonts 	<ul style="list-style-type: none"> • Fokussierte Verfolgung von Zielen • Fähigkeit zur Anpassung und Bewältigung von Herausforderungen

<ul style="list-style-type: none"> • Toleranz und Einfühlungsvermögen, ethisches Denken • Soziales Engagement und Teilnahme am öffentlichen Leben • Anderen helfen • Engagiertheit • Kreatives Denken bei der Lösung von technischen Problemen und Suche nach alternativen Lösungen 	<ul style="list-style-type: none"> • Umgang mit Konflikten • Emotionale Stabilität • Offenheit und Transparenz • Übernahme von Verantwortung • Initiierung und Generierung von neuen Ideen • ...
--	--

Abbildung 4-4: Industrie 4.0 mit „Science Shops“ - Kompetenzen

Der vom VTDK entwickelte „Science Shops“ Ansatz ermöglicht besonders überfachliche Kompetenzen zu fördern. Die Fähigkeit, in interdisziplinären Teams mit Hilfe von kreativen Denkverfahren Probleme zu lösen, zeichnet diesen innovativen Ansatz aus. Selbstorganisierte Teamarbeit steht im Vordergrund. Das VTDK verortet die in „Science Shops“ hauptsächlich adressierten Kompetenzbereiche im OECD Learning Compass (vgl. OECD 2019). Ferner werden die Kompetenzen vor dem Hintergrund der Industrie 4.0 Anforderungen reflektiert (vgl. VTDK 2023a, S. 15). Der Schwerpunkt der zu erwerbenden Kompetenzen liegt auf den Europäischen Qualifikationsrahmen beziehend, im Bereich der Skills sowie der Übernahme von Verantwortung und Selbstständigkeit. Der Science Shop Lernansatz kann verschiedenste Problemstellungen adressieren und ermöglicht – je nach Anwendungsfall - ebenso den Erwerb von fachlichen Kenntnissen.

O3 Lernkonzepte zur Internet of Things (IoT)- Sicherheit

Kenntnisse	
<ul style="list-style-type: none"> • Cyber physische Systeme, Architektur • RAMI 4.0 Referenzmodell • IIRA Architektur, OPC UA • Internet of Things (IoT) • Cybersecurity • Types of Cyberattacks • Denial of Service (DoS) • Distributed Denial of Services (DDoS) • Man-in-the-middle (MITM) 	<ul style="list-style-type: none"> • SQL Injection • ... • Risk Management Konzepte • Digital Transformation • node-red • python • grafana • influx db • ...
Fertigkeiten	
<ul style="list-style-type: none"> • IoT-Sicherheitsrisiken in einem Industriesektor zu bewerten; • Industriestandardmodelle zu verwenden, um Sicherheitsanforderungen in IoT-Systemen zu erklären. • Bedrohungsmodelle zu erkennen, um Sicherheitsschwachstellen von physischen Geräten in IoT-Systemen zu bewerten. • Bedrohungsmodelle zu erkennen, um Sicherheitsschwachstellen der Kommunikation in IoT-Systemen zu bewerten. • Bedrohungsmodelle zu erkennen, um Sicherheitsschwachstellen von Anwendungen in IoT-Systemen zu bewerten. 	

<ul style="list-style-type: none"> • Bedrohungsmodelle und Rahmenwerke für das Risikomanagement zu nutzen, um Maßnahmen zur Risikominderung zu empfehlen. • die Auswirkungen neuer Technologien auf die IoT-Sicherheit zu erklären. • Automatisierungsprojekte entwickeln
Kompetenz
<ul style="list-style-type: none"> • Problemlösefähigkeit • Teamfähigkeit • Interdisziplinäre Zusammenarbeit • ...

Abbildung 4-5: Internet of Things (IoT)- Sicherheit - Kompetenzen

Die Beispiele zur lernergebnisorientierten Beschreibung von Kompetenzen bei ATEC beinhalten ferner taxonomische Abstufungen (ATEC 2023b, S. 13).

Neben den fachspezifischen Aspekten zur IoT-Sicherheit zeichnet sich der durch ATEC entwickelte Lernansatz „SMART“ durch einen Methodenmix aus Challenge-Based Learning (CBL) und Project-Based Learning (PBL) aus.

„Challenge Based Learning is an engaging multidisciplinary approach to teaching and learning that encourages students to leverage the technology they use in their daily lives to solve real-world problems. Challenge Based Learning is collaborative and hands-on, asking students to work with peers, teachers, and experts in their communities and around the world to ask good questions, develop deeper subject area knowledge, accept and solve challenges, act, and share their experience.” (ATEC 2023b, S. 72)

“Project Based Learning, or PBL, is an instructional approach built upon learning activities and real tasks that have brought challenges for students to solve. These activities generally reflect the types of learning and work people do in the everyday world outside the classroom. PBL is generally done by groups of students working together toward a common goal.”

Der SMART-Lernansatz findet hauptsächlich in den Bereichen Automation, Robots, IoT, Supervision & Virtualization sowie AR, VR und Cybersecurity statt (vgl. ATEC 2023b, S. 71).

Schülerinnen und Schüler aus IT-Bildungsgängen arbeiten in gemeinsamen Teams mit Schülerinnen und Schülern aus Automatisierungsbildungsgängen in Projekten, die sich an realen Problemen orientieren. Dazu wurden vernetzte Labore zu verschiedenen Schwerpunkten genutzt. Offene und neue Aufgabenstellungen lassen sich durch diesen Ansatz bearbeiten. Die Lehrkräfte finden sich in einer neuen Rolle als Lernbegleiter wieder. Sie bringen sich entsprechend ihrer eigenen Kompetenzen zielgerichtet ein. Der SMART-Ansatz integriert ebenfalls Schülerinnen im internationalen Austausch und ermöglicht dadurch sprachliche und kulturelle Kompetenzen der Teilnehmenden zu fördern.

O4 Augmented Reality mit Echtzeit-Daten

Kenntnisse	Fertigkeiten	Kompetenz
<ul style="list-style-type: none"> • Cyber Physische Systeme • Software Entwicklungsumgebung • Sensorik 	<ul style="list-style-type: none"> • Animation • Anlegen von Thingworks-Projekten 	<ul style="list-style-type: none"> • Problemlösung • ...

<ul style="list-style-type: none"> • Virtual- und Augmented-Reality-Systeme • 3D-Devices • MQTT • ... 	<ul style="list-style-type: none"> • Schreiben und Lesen von Daten • CAD-Modelle erstellen • Visualisierung von Daten • ... 	
---	---	--

Abbildung 4-6: Augmented Reality mit Echtzeit-Daten - Kompetenzen

Das Lernmaterial der HTL St. Pölten bietet die Möglichkeit, Augmented-Reality-Anwendungen mit Echtzeitdaten selbst zu erstellen. Dadurch können Teilnehmende die komplexen Zusammenhänge dieser Technologie verstehen und selbst mitgestalten. Das umfangreiche Lernmaterial unterstützt die Lernenden, umfassende Fachkenntnisse u. a. im Bereich Sensorik, Cyber Physische Systeme und Internet of Things zu erwerben. Die ausführlich beschriebenen und mit Video Links versehenen Lernaufgaben sind in wachsender Komplexität zusammengestellt. Lernende erhalten Zugang zum Hintergrundwissen und Vertiefungsaufgaben (vgl. HTL St. Pölten 2023a).

O5 Produktionsplanung und Fertigungssteuerung in authentischen Industrie 4.0 Umgebungen

Kenntnisse
<p>Der Kandidat/ die Kandidatin</p> <ul style="list-style-type: none"> • verfügt über Kenntnisse relevanter Maschinen und Systeme, die Teil eines Unternehmens sind, das auf den Prinzipien von Smart Production, Industrie 4.0 und industrieller Digitalisierung basiert. • verfügt über Kenntnisse zu Betriebs- und Wartungsstrategien sowie Projekt- und Qualitätsmanagement, die Teil der Prinzipien von Smart Production, Industrie 4.0 und industrieller Digitalisierung sind. • verfügt über Kenntnisse über die Möglichkeiten der Zustandsüberwachung, Nachverfolgung, Datenerfassung und -analyse bei der Optimierung von Produktionssystemen sowie über die Bedeutung der Datensicherheit. • verfügt über Kenntnisse über Konzepte, Theorien, Berechnungsmodelle, Produktionsprozesse, Konstruktionswerkzeuge und Dokumentation, die zur Entwicklung automatisierter Produktionssysteme verwendet werden, einschließlich Mechanik, Elektrotechnik, Elektronik, Computertechnik und industrielle Digitalisierung • verfügt über Branchenkenntnisse in der intelligenten Automatisierung und Produktion und ist mit dem Berufsfeld vertraut. • verfügt über Kenntnisse über Funktionsweise und physikalische Prinzipien sowie über Systemverständnis verschiedener bestehender technischer Komponenten und Lösungen, die in modernen industriellen Kontexten und in der Produktion üblich sind. • verfügt über Kenntnisse der allgemeinen Prinzipien der Logistik und des Produktionsflusses. • verfügt über Kenntnisse in Finanzmanagement, Organisation, HR-Funktion und -Management sowie Marketingmanagement. • kann die eigene Arbeit anhand von Normen, Standards, Gesetzen und Vorschriften, die in modernen industriellen Kontexten und in der Produktion relevant sind, beurteilen und ob die notwendigen Umweltaspekte berücksichtigt wurden.

- kennt die Geschichte, Tradition, Einzigartigkeit und Stellung der industriellen Produktion auf lokaler, nationaler und internationaler Ebene.
- kann sein berufliches Wissen in modernen industriellen Kontexten mit Fachliteratur und relevanten Foren innerhalb der Branche aktualisieren.
- hat Einblick in die eigenen Entwicklungsmöglichkeiten und steigert seine Kompetenz entsprechend der technologischen Entwicklung.
- verfügt über Kenntnisse über die Bedeutung von Gesundheit/Sicherheit/Umwelt für automatisierte Prozesse.

Fertigkeiten

Der Kandidat/ die Kandidatin

- kann Zustandsüberwachung, Nachverfolgung, Datenerfassung und -analyse darlegen und erläutern, wie diese zur Optimierung von Produktionssystemen gemäß den Prinzipien von Smart Production, Industrie 4.0 und industrieller Digitalisierung genutzt werden können.
- kann Werkzeuge und Komponenten verwenden, um moderne Industriesysteme auf der Grundlage moderner Industrieprozesse und -technologien aufzubauen.
- kann die Wahl der Wartungsstrategie erklären.
- kann die Auswahl von Werkzeugen, Methoden und Prinzipien in den Bereichen Produktionsplanung, Logistik, Datensicherheit und Produktionsfluss erläutern.
- kann die eigene berufliche Praxis im Bereich der intelligenten Automatisierung und Produktion reflektieren und unter Anleitung anpassen
- kann Informationen und Themen im Zusammenhang mit modernen industriellen Prozessen finden und nachschlagen und deren Relevanz für ein berufliches Problem beurteilen.
- kann fachliche Fragestellungen beim Aufbau und Betrieb moderner industrieller Produktionsanlagen sowie den Bedarf zur Umsetzung von Maßnahmen abbilden und identifizieren.
- kann die Bedeutung von HSE für automatisierte Prozesse erläutern.
- kann die finanzielle Situation, die Markt- und Managementherausforderungen des Unternehmens berücksichtigen und angemessene und begründete Entscheidungen treffen.

Kompetenz

Der Kandidat/ die Kandidatin

- kann in Zusammenarbeit mit anderen Berufsgruppen Anlagen für moderne Industrieprozesse auf der Grundlage eines ganzheitlichen Systemverständnisses, ethischer, ökologischer, Gesundheit/Sicherheit/Umwelt- und Datenschutzerfordernungen sowie einer nachhaltigen Entwicklung planen, projektieren, implementieren und betreiben.
- kann Arbeiten entsprechend den Bedürfnissen des Unternehmens und/oder des Kunden ausführen.
- kann durch die Bildung und Entwicklung von Teams und Netzwerken Beziehungen zu Kollegen in modernen Industriebetrieben über Disziplinen hinweg wie Elektrotechnik, Maschinenbau und Computertechnik sowie zu externen Zielgruppen wie Behörden und Kommunen aufbauen.
- kann sich mit anderen, die über Erfahrung in diesem Bereich verfügen, über Themen moderner Industriebetriebe austauschen und an Diskussionen über die Entwicklung bewährter Verfahren teilnehmen.

- kann zur Organisationsentwicklung beitragen, indem sie mit neuen Technologien in modernen industriellen Prozessen Schritt halten, die zu neuen Kreationen und Innovationen führen können.

Abbildung 4-7: Produktionsplanung und Fertigungssteuerung in authentischen Industrie 4.0 Umgebungen - Kompetenzen

Die authentische Industrie 4.0 Lernumgebung steht im Zentrum des in Norwegen entwickelten Lernansatzes (vgl. FTO 2023c). In dem aufwändigen Labor können Studierende besonders Kenntnisse und Fertigkeiten zum Systemverständnis komplexer Anlagen der Industrie 4.0 erwerben. Studierende lernen Prozesse – die nicht unmittelbar greifbar sind – nachzuvollziehen, zu beurteilen und darauf begründete Entscheidungen zu treffen. Das Bildungsprogramm „Industrie 4.0“ der Fachschule in Kongsberg beinhaltet die dargestellten Lernergebnisse (vgl. FTO 2023b). Der Beitrag aus Norwegen gibt Aufschluss über die historische Entwicklung zur Industrie 4.0 in der Region der Fachschule. Zudem verschafft der Beitrag einen umfassenden Überblick zu den treibenden Technologien (vgl. FTO 2023c).

O6 Konzepte zur Lernortkooperation 4.0

Kenntnisse
<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagen Automatisierungstechnik • Fertigungsprozesse • Vernetzung • Identifikationstechnologien RFID, QR • CPS - Factory • Speicherprogrammierbare Steuerungen (SPS) • Digitaler Zwilling • Datenanalyse • IT-Sicherheit • Ethik im Kontext von Industrie 4.0 • ...
Fertigkeiten
<ul style="list-style-type: none"> • Systemverständnis demonstrieren • Prozesse analysieren • Fehersuche durchführen • Digitalen Zwilling entwickeln • Steuerungen in Simulation umsetzen • Cyber-Physical Systems integrieren • CAD Software bedienen • ...
Kompetenz
<ul style="list-style-type: none"> • Kollaboration im digitalen Zwilling • Reflexion • Präsentation • Probleme lösen • Teamfähigkeit

- Ethische Aspekte, Rolle des Menschen in der digitalen Transformation bewerten
- Mitgestaltung der Digitalisierung
- ...

Abbildung 4-8: Konzepte zur Lernortkooperation 4.0 - Kompetenzen

Der Beitrag der Gewerbliche Schulen Dillenburg (GSD) adressiert die grundsätzliche Notwendigkeit zur Kooperation zwischen beruflichen Bildungsanbietern und den Unternehmen. Je nach Bildungsprogramm kann die Zusammenarbeit unterschiedlich ausgestaltet sein. In gemeinsamen Bildungsprogrammen – wie z. B. der dualen Ausbildung - ist eine engere Abstimmung notwendig. Weiterbildungsprogramme profitieren von einer Kooperation, indem sie regionale Anforderungen berücksichtigen und die Aktualität der Lerninhalte sicherstellen. Zu den Erfolgsfaktoren einer gelungenen Lernortkooperation zählen nach Angaben der GSD

- offene Kommunikation
- gemeinsame Planung
- qualifizierte Lehrkräfte und Ausbilder und Ausbilderinnen
- praxisnahe Ausstattung (vgl. GSD 2023b, S. 5 f.).

Zur Umsetzung von Lernortkooperationen empfehlen die Lehrkräfte folgende Aspekte zu berücksichtigen:

- Etablierung von Kooperationsstrukturen
- gemeinsame Projekte und Praxisphasen
- Praktikums- und Ausbildungspläne
- gemeinsame Fortbildungen und Weiterbildungen
- Einsatz digitaler Medien und Lernplattformen
- Feedback und Evaluation (vgl. GSD 2023b, S. 6 ff.).

Die im Dillenburger Beitrag aufgeführten Beispiele illustrieren, wie die Kooperation ausgestaltet werden kann, ebenfalls werden hinderliche Faktoren benannt.

Die GSD sieht aufgrund der digitalen Transformation in der Gesellschaft und Industrie die Notwendigkeit einer fachdidaktischen Reflexion in der beruflichen Bildung. Sie diskutiert den Lerngegenstand „Digitalisierung“ und erläutert einen Ansatz zur prozessorientierten Didaktik. Daraus resultieren zentrale Herausforderungen, digitale Werkzeuge oder digitale Technik in konkrete Arbeits- und Lernaufgaben zu integrieren (vgl. GSD 2023b, S. 8 ff.). In den weiteren Ausführungen wird die Umsetzung an der Schule in Dillenburg dargelegt. Besonders die Lösung zur umgesetzten IT-Infrastruktur und -Dienste können auf andere Institutionen übertragen werden (GSD 2023b, S. 16 ff.).

Eine konkrete Unterrichtsumsetzung zum „Digitalen Zwilling“ erfolgt mit Hilfe der Software Factory IO. Die Chancen zur Nutzung des Mediums im beruflichen Unterricht sind vielfältig. Fach- und Methodenkompetenzen (Programmierung, Robotik, CAD), Problemlösekompetenzen, Teamarbeit- und Kommunikation sowie Kompetenzen zur Datenanalyse können gefördert werden (vgl. ebd.).

Die ethischen Aspekte im Kontext der Industrie 4.0 bilden den abschließenden Themenbereich. „Welche Rolle spielt der Mensch in der digitalen Transformation?“ und „Wie müsste die Bildung

darauf reagieren?“ sind exemplarische Fragen, die durch Dillenburger Vertreter aufgeworfen werden. Das zweifellos wichtige Thema wird durch diverse Beispiele besonders vor deren Herausforderungen illustriert. Es gilt Ansätze zu finden, um die Menschen dahingehend zu befähigen, die Digitalisierung von morgen zu verstehen und mitzugestalten. An die Darstellung ethischer Aspekte im Industrie 4.0 Kontext knüpft Forderung an die Berufsbildung 4.0. an. Ethische Aspekte sind integrativ in die Lernkonzepte aufzunehmen (GSD 2023b).

4.4 Ansatz zur kompetenzorientierten Leistungsfeststellung

Die Formate zur Leistungsfeststellung der NetKom Partnerschaft enthalten sowohl formative als auch summative Elemente.

Die Leistungsfeststellung erfolgt im Kontext der beabsichtigten Lernergebnisse eines Fachs. Die norwegischen Vorgaben zur Prüfung werden beispielhaft dargestellt:

„In jedem Fach muss eine abschließende Beurteilung des Studierenden in Bezug auf die Lernergebnisbeschreibungen des Fachs vorgenommen werden. Nach Abschluss des gesamten Faches erfolgt eine Gesamtbeurteilung der Kenntnisse, Fertigkeiten und allgemeinen Kompetenzen des Studierenden.“ (FTO 2023b)

Es erfolgt eine festgeschriebene Gewichtung aus formativen und summativen Prüfungsergebnissen.

Die Prüfungen können mit Hilfe unterschiedlicher Methoden gestaltet werden.

Die Fachschule in Kongsberg verwendet zur Leistungsüberprüfung beispielsweise:

- Schriftliche Prüfung mit Betreuung, durchgeführt am Studienort
- Unbeaufsichtigte schriftliche Prüfung, beispielsweise eine Hausprüfung
- Mündliche Prüfung
- Fähigkeitstests
- Laborübungen
- Projektarbeit
- Praxis
- Mündliche Präsentation (ebd.).

Auch digitale Prüfungsformate gehören zum Repertoire. Der Moodle-Kurs der Eckener-Schule enthält hierzu Beispiele. Die Lernsequenzen beinhalten neben Übungen kurze Zwischenprüfungen, die mit Hilfe der moodle-Prüfungswerkzeuge erstellt wurden (siehe <https://moodle.esfl.de/course/view.php?id=4762>).

Die Benotungssysteme enthalten je nach Land verschieden Skalen. Die Studienpläne legen jeweils fest, inwieweit Einzelnoten oder Gruppennote vergeben werden.

Eine konkrete Prüfungsausgestaltung zur Bewertung von Fertigkeiten zeigt der Beitrag zur Cobots (vgl. ESFL 2023b, S. 21). In einer Prüfungszeit von 60 Minuten besteht das Ziel, einen Cobot in Betrieb zu nehmen und nach Kundenvorgaben einzurichten.

Der zu skizzierende Programmablaufplan und die Funktionsüberprüfung gemäß Kundenanforderung erfolgt gemeinsam mit den Prüflingen und der Prüfer (vgl. ESFL 2023b, S. 21 f.).

5 Resümee

Im nun beendeten Projekt NetKom_4.0_v2 konnte erfolgreich gezeigt werden, dass aktuelle und innovative technologische Veränderungen in didaktisierten Lehrkräfteweiterbildungen erfolgreich einen multifunktionalen Mehrwert erbringen. Mit den technischen Entwicklungen zur Industrie 4.0 kündigt sich kein Paradigmenwechsel in der Facharbeit und Lehrerbildung an. Der stetige technische Fortschritt in privatem und beruflichem Umfeld offenbart die konvergierenden Entwicklungen hinsichtlich einer informationstechnischen Durchdringung weitestgehend aller Lebensbereiche. Um darauf nachhaltig, demographiefest und verantwortlich Antworten geben zu können, ist das Konstrukt der „Netzkompetenz“ erdacht und bemüht worden. Eine umfassende Netzkompetenz kann als Grundlage angesehen werden, um eine Sensibilisierung, ein Verständnis und eine kritische Reflexionsfähigkeit in einer digitalisierten Lebens- und Arbeitswelt zu entwickeln.

Netzkompetenz wurde in den von den Projektpartnern ausgerichteten Workshops bei den Teilnehmenden entwickelt. Durch das Prinzip des Pädagogischen Doppeldeckers wurden die Teilnehmenden dazu angeleitet, diese Kenntnisse, Fähigkeiten und Fertigkeiten in ein Selbstkonzept zu integrieren und als Multiplikatoren in die eigene Bildungsinstitution hineinzutragen sowie inhaltlich und methodisch den eigenen Unterricht daran weiterzuentwickeln. Weiterhin konnte festgestellt werden, dass die Bildungsinitiativen des Projektes NetKom_4.0_v2 einen Mehrwert in der Weiterentwicklung der Bildungsinstitutionen insgesamt vollbracht haben. Demnach besteht ein Mehrwert auf der Metaebene der Schulentwicklung, der Mesoebene der Unterrichtsgestaltung und auf der Mikroebene der Unterrichtsdurchführung.

Aus Sicht der Projektbegleitung durch das biat der Europa-Universität Flensburg konnte trotz der Corona-bedingten Startschwierigkeiten das Projekt erfolgreich und zielführend durchgeführt werden. Die gesetzten Ziele wurden erreicht und die Reflexionen verdeutlichen den qualitativen Mehrwert.

Literaturverzeichnis

Ahrens, Daniela; Spöttl, Georg (2015): Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften. In: Hartmut Hirsch-Kreinsen, Peter Ittermann & Jonathan Niehaus (Hrsg.): *Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen*. 1. Auflage. Baden-Baden: Edition sigma in der Nomos Verlagsgesellschaft, S. 184–205.

ATEC (2023a) - ATEC – Training Academy: *ATEC – Training Academy*. Homepage. Online verfügbar unter <https://www.atec.pt/>, zuletzt geprüft am 16.10.2023.

ATEC (2023b) - ATEC – Training Academy: *Internet of Things (IoT) - Security*. Intellectual Outcome O3. Erasmus + Projekt NetKom_4.0_v2. Unter Mitarbeit von Alberto Rufino, Manuel Costa, Ricardo Costa und João Alves.

BA (2021) - Bundesagentur für Arbeit: *Klassifikation der Berufe 2010 - überarbeitete Fassung 2020*. Band 2: Definitorischer und beschreibender Teil. vorläufige Ausgabe. Nürnberg. Online verfügbar unter <https://statistik.arbeitsagentur.de/DE/Statischer-Content/Grundlagen/Klassifikationen/Klassifikation-der-Berufe/KldB2010-Fassung2020/Printausgabe-KldB-2010-Fassung2020/Generische-Publikationen/KldB2010-PDF-Version-Band2-Fassung2020.pdf?blob=publicationFile&v=11>, zuletzt geprüft am 10.02.2022.

BA (2023) - Bundesagentur für Arbeit: *BERUFENET*. Spezialist/in - Industrie 4.0. Systematikposition: B 27303-208. Online verfügbar unter <https://web.arbeitsagentur.de/berufenet/beruf/134853>, zuletzt geprüft am 15.10.2023.

Becker, Matthias; Spöttl, Georg (2006): Berufswissenschaftliche Forschung und deren empirische Relevanz für die Curriculumentwicklung. In: *bwp@* (Ausgabe Nr. 11). Online verfügbar unter http://www.bwpat.de/ausgabe11/becker_spoettl_bwpat11.pdf, zuletzt geprüft am 31.07.2015.

Dostal, Werner (2005): *Berufsgenese*forschung. Vortrag auf dem Kontaktseminar deutschsprachiger Institute für Berufsbildungsforschung am 10. März in Nürnberg: **IAB**, 2005. Online verfügbar unter http://doku.iab.de/veranstaltungen/2005/ks_berufe_2005_wernerdostal_folien.pdf, zuletzt geprüft am 13.04.2016.

EK (2005) - Europäische Kommission: *Auf dem Weg zu einem europäischen Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen*. Arbeitsunterlage der Kommissionsdienststellen. Brüssel.

EP; Rat (2008) - Europäisches Parlament; Rat der Europäischen Union: *Empfehlung des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. April 2008 zur Einrichtung des Europäischen Qualifikationsrahmens für lebenslanges Lernen*. (2008/C 111/01) (Amtsblatt der Europäischen Union).

ESFL (2023a) - Eckener-Schule Regionales Berufsbildungszentrum Flensburg: *Kollaborierende Roboter in der Industrie 4.0*. Gesitige Leistung O1. Erasmus + Projekt NetKom_4.0_v2. Unter Mitarbeit von Birte Carstensen, Dietmar Post, Karsten Hinz, Constantin Spöttl, Marc Kleinschmidt und Maik Jepsen.

ESFL (2023b) - Eckener-Schule Regionales Berufsbildungszentrum Flensburg: *RBZ Eckener-Schule Flensburg*. Homepage. Online verfügbar unter <https://www.eckener-schule.de>, zuletzt geprüft am 16.10.2023.

FTO (2023a) - Fagskolen I Viken: *Fagskolen i Viken*. Homepage. Online verfügbar unter <https://fagskolen-viken.no/>, zuletzt geprüft am 16.10.2023.

FTO (2023b) - Fagskolen I Viken: *Indisti 4.0*. Studiengangsstruktur. Online verfügbar unter <https://studiekatalog.edutorium.no/viken/nb/program/EITINDK#Studiets-struktur-og-oppbygning>, zuletzt geprüft am 16.10.2023.

FTO (2023c) - Fagskolen I Viken: *Production planning and production control in authentic Industrie 4.0 environments*. Intellectual outcome O5. Erasmus + Projekt NetKom_4.0_v2. Unter Mitarbeit von Tommy Hvidsten, Endre Jamtveit, Hjörtur D. Jonsson, Rasmus Trovåg, Helene Mallasvik, Andreas S. Hernandez und Emil Moholth.

Geissler, Karlheinz A. (1985): Lernen in Seminargruppen. In: *Studienbrief 3 des Fernstudiums Erziehungswissenschaft „Pädagogisch-psychologische Grundlagen für das Lernen in Gruppen“*. Tübingen.

Grimm, Axel (2016): Auf dem Weg zur Industrie 4.0. In: *lernen & lehren Elektrotechnik-Informationstechnik-Metalltechnik-Fahrzeugtechnik*, 31. Jahrgang (Heft 121), S. 2–3.

GSD (2023a) - Gewerbliche Schulen Dillenburg: *Gewerbliche Schulen Dillenburg*. Homepage. Online verfügbar unter <https://www.gs-ldk.de/>, zuletzt geprüft am 16.10.2023.

GSD (2023b) - Gewerbliche Schulen Dillenburg: *Lernortkooperation 4.0*. Handbuch zur Implementierung von Lernortkooperationen im Kontext von Industrie 4.0. Erasmus + Projekt NetKom_4.0_v2. Unter Mitarbeit von Felicitas Balzer, Jonas Dormagen, Thomas Grove, Wolfgang Hill und Bruno Weihrauch.

HTL St. Pölten (2023a) - Höhere Technische Bundeslehr- und Versuchsanstalt St. Pölten: *Augmentend Reality mit Echtzeitdaten*. Skriptum zum Vortrag und den Übungen. Erasmus + Projekt NetKom_4.0_v2. Unter Mitarbeit von Heinz Peterschofsky.

HTL St. Pölten (2023b) - Höhere Technische Bundeslehr- und Versuchsanstalt St. Pölten: *HTL St. Pölten*. Homepage. Online verfügbar unter <https://www.htlstp.ac.at/>, zuletzt geprüft am 16.10.2023.

Jahnke, Isa (2016): *Digital Didactical Designs*. Teaching and Learning in CrossActionSpaces. New York: Routledge.

Jepsen, Maik (2022): *Arbeitsmarkt- und Berufsinformationen als Datenbasis für eine verbesserte Abstimmung zwischen Bildung und Beschäftigung*. Ein Verfahren zur Entwicklung beruflicher Curricula am Beispiel des Bereichs der Informations- und Kommunikationstechnologien: Peter Lang (Perspektiven auf Berufsbildung, Arbeit und Technik, Bd. 6).

Lave, Jean; Wenger, Étienne (2008): *Situated learning*. Legitimate peripheral participation. 19th printing. Cambridge: Cambridge Univ. Press (Learning in doing).

OECD (2019) - Organisation for Economic Co-operation and Development: *OECD Learning Compass 2030*. A Series of Concepts and Notes. OECD Future of Education And Skills 2030. Online verfügbar unter https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/learning-compass-2030/OECD_Learning_Compas_2030_Concept_Note_Series.pdf.

Petersen, A. Willi (1996): Berufs- und fachdidaktische Aspekte einer arbeitsorientierten Erstausbildung im Berufsfeld ‚Elektrotechnik‘. In: Jörg-Peter Pahl (Hrsg.): *Perspektiven gewerblich technischer Erstausbildung Ansichten - Bedingungen - Probleme*. Seelze-Velber: Kallmeyer’sche Verlagsbuchhandlung, S. 199–223.

VTDK (2023a) - Vilnius College of Technologies and Design: *Promoting interdisciplinary thinking with “Science Shops” in Industry 4.0*. Erasmus + Projekt NetKom_4.0_v2. Unter Mitarbeit von Ana Aleknavičienė, Deividas Navikas, Jolanta Pileckienė und Airida Tylienė.

VTDK (2023b) - Vilnius College of Technologies and Design: *Vilnius College of Technology*. Homepage. Online verfügbar unter <https://vtdko.lt/en/>, zuletzt geprüft am 16.10.2023.

Wahl, Diethelm (2002): Mit Training vom trägen Wissen zum kompetenten Handeln? In: *Zeitschrift für Pädagogik*, 48 (2), S. 227–241.

Wahl, Diethelm (2013): *Lernumgebungen erfolgreich gestalten*. Vom trägen Wissen zum kompetenzen Handeln. 3. Auflage mit Methodensammlung. Bad Heilbrunn: Verlag Julius Klinkhardt. Online verfügbar unter <http://www.socialnet.de/rezensionen/isbn.php?isbn=978-378-15190-7-7>.

Wordelmann, P. (2000): Internationalisierung und Netzkompetenz. In: *BIBB* (Bundesinstitut für Berufsbildung) (Hrsg.): *BWP Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis*. *Zeitschrift des Bundesinstituts für Berufsbildung*. 29. Jahrgang.