

DIGITALE KOMPETENZEN FÜR ZUKÜNFTIGE WIRTSCHAFTSINGENIEURINNEN UND -INGENIEURE – EIN STAKEHOLDERRANKING MITHILFE DES ANALYTISCHEN HIERARCHIEPROZESSES (AHP)

Fabian Lindner, Daniel Winkler, Kevin Mühlen und Sophia Keil
Hochschule Zittau/Görlitz, {fabian.lindner, daniel.winkler, kevin.muehlan, sophia.keil}@hszg.de

Abstract 1 *Vor dem Hintergrund der digitalen Transformation in Wirtschaft und Gesellschaft sowie der Industrie 4.0 schlägt der vorliegende Beitrag die Anwendung des Analytischen Hierarchieprozesses (AHP) zur Wichtung notwendiger Kompetenzen zukünftiger Wirtschaftsingenieurinnen und -ingenieure vor. Dazu wird eine entsprechende Hierarchie von Kriterien unter den Kategorien „Wissen“, „Fähigkeiten“ sowie „Einstellungen und Werte“ gebildet. Zur Durchführung des AHP wird außerdem das Konzept eines Workshops unter Beteiligung entsprechender Stakeholder erläutert.*

Keywords *Digitale Transformation, Industrie 4.0, Kompetenzen, Wirtschaftsingenieurwesen, Hochschulpädagogik, Analytischer Hierarchieprozess (AHP)*

Abstract 2 *With respect to the digital transformation in society and business, this work supposes the application of the Analytic Hierarchy Process (AHP) to weigh the required competencies of future industrial engineers. For this purpose, a suitable hierarchy of criteria under the categories “knowledge”, “skills” and “attitudes and values” is built. To conduct this AHP, the concept of a workshop with the participation of corresponding stakeholders is explained as well.*

Keywords *Digital transformation, Industry 4.0, competencies, industrial engineering, university education, Analytic Hierarchy Process (AHP)*

1 EINFÜHRUNG

Automatisierung und Digitalisierung spielen eine bedeutende Rolle in der Industrie. Einen Höhepunkt finden diese Bestrebungen heute in dem, was im deutschsprachigen Raum vor allem unter dem Begriff „Industrie 4.0“ (I4.0) [Kagermann, Wahlster, Helbig, 2013] verstanden wird: die Vernetzung und Kommunikation aller an der Produktion beteiligter Einheiten in Echtzeit – Mensch wie Maschine. Aufgrund damit einhergehender, mitunter tiefgreifender Veränderungen im gesamten Fertigungsprozess spielt auch die Frage eine Rolle, welche Kompetenzen dabei von den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern gefordert werden.

Verschiedene Autorinnen und Autoren haben sich bereits auf unterschiedliche Weise mit dieser Thematik befasst. So leiten zum Beispiel Hecklau, Galeitzke, Flachs, Kohl [2016], ausgehend von den Herausforderungen, vor denen Unternehmen im Sinne der I4.0 stehen, erforderliche Kernkompetenzen der Mitarbeiter/innen ab. Ähnlich befassen sich auch Butschan, Nestle, Munck, Gleich [2017] mit der Frage, welche Kompetenzen in der I4.0 im Produktionsbereich benötigt werden, wohingegen beispielsweise Keil, Lindner, Moser, von der Weth, Schneider [2020] solche Kompetenzen spezifisch im Kontext der Halbleiterfertigung untersuchen.

An diese Überlegungen zu Kompetenzanforderungen knüpft schließlich auch unweigerlich die Frage nach dem Aufbau dieser Kompetenzen an. In diesem Zusammenhang kommt unter anderen den Hochschulen eine bedeutende Rolle zu, weshalb sich auch der vorliegende Beitrag zunächst der folgenden Fragestellung widmet:

- (1) Welche digitalen Kompetenzen können und sollten Studierende des Wirtschaftsingenieurwesens am Ende Ihres Studiums erlangt haben?¹

In der Auseinandersetzung mit Kompetenzanforderungen im Kontext der I4.0 muss jedoch nicht notwendigerweise geschlussfolgert werden, dass „neuartige“ Kompetenzen gefordert werden, sondern eventuell vielmehr eine andere Schwerpunktsetzung dieser [Lindner, Mühlen, Winkler, Naumann, Keil, 2019]. Aus diesem Grund befassen sich die Autorin und Autoren in diesem Beitrag weiterhin mit dem Analytischen Hierarchieprozess (AHP) als mögliches Instrument zur Gewichtung jener Kompetenzen und formulieren als zweite Forschungsfrage:

- (2) Inwiefern eignet sich dabei die Anwendung des AHP als Instrument zur Erstellung eines sinnvoll gewichteten Sets an digitalen Kompetenzen für die Gestaltung des Curriculums?

Zur Beantwortung dieser Forschungsfragen (1) und (2) soll ein Workshop unter Beteiligung möglichst vieler Interessensvertreterinnen und -vertretern eines Wirtschaftsingenieurwesen-Studiengangs durchgeführt werden: mit Studierenden, Dozentinnen und Dozenten, wissenschaftlichem Personal sowie Vertreterinnen und Vertretern aus der Industrie. In dem vorliegenden Beitrag wird das Konzept dieses Workshops näher vorgestellt, indem zunächst auf die Methodik des AHP (Abschnitt 2) und die Gestaltung des Workshops eingegangen wird (Abschnitt 3), bevor abschließend ein Fazit gezogen sowie ein Ausblick auf die Thematik gegeben wird (Abschnitt 4).²

2 METHODIK

Der AHP geht auf Saaty [1977] zurück und dient der systematischen Unterstützung von Entscheidungsprozessen. Die Kriterien, die zur Entscheidungsfindung herangezogen werden, werden dabei in eine hierarchische Struktur gebracht und gegebenenfalls zu Gruppen zusammengefasst. Diesem Umstand sowie der systematisierten Vorgehensweise und der mathematisch-analytischen Auswertung verdankt die Methode ihren Namen. Der AHP beginnt dabei mit der konkreten Formulierung einer Frage- oder Problemstellung, anhand derer für die Lösung relevante Kriterien gesammelt (und gegebenenfalls gruppiert) werden. Im zweiten Schritt wird jedes dieser Kriterien jedem anderen derselben Gruppe beziehungsweise Hierarchieebene gegenübergestellt sowie seine jeweilige relative Wichtigkeit anhand einer Skala von eins bis neun bewertet. Die Ergebnisse der paarweisen Vergleiche werden in einer Matrix festgehalten. Mithilfe von Eigenvektor sowie Eigenwert werden schließlich die Gewichtungen der einzelnen Kriterien berechnet und eventuelle Inkonsistenzen in der Bewertung der paarweisen Vergleiche aufgezeigt. Werden solche Inkonsistenzen angezeigt, müssen die betreffenden paarweisen Vergleiche überdacht und die Auswahl angepasst werden. Als Resultat entsteht eine Gesamthierarchie, die die Wichtigkeit der einzelnen Kriterien zur gewünschten Zielerreichung darstellt.

Im Vergleich zu ähnlichen Methoden mit dem Ziel, komplexe Entscheidungen zu vereinfachen und rationaler zu treffen – wie zum Beispiel der Nutzwertanalyse –, wird dem AHP wegen seines ausführlichen und differenzierten Vorgehens in der Bewertung der Alternativen sowie der elaborierten Auswertungslogik

1 Unter „digitalen Kompetenzen“ verstehen die Autorin und Autoren in diesem Beitrag Kompetenzen für eine erfolgreiche Auseinandersetzung mit und Gestaltung der digitalen Transformation in Wirtschaft und Gesellschaft beziehungsweise der I4.0.

2 Wegen der Verschiebung der 15. Ingenieurpädagogischen Regionaltagung aufgrund der Coronavirus-Pandemie konnte der Workshop noch nicht wie ursprünglich geplant stattfinden.

vor allem eine größere Exaktheit in der Bestimmung der Prioritäten zugesprochen. Gleichzeitig geht damit aber auch ein höherer Aufwand einher.

Da der AHP im Kontext von zu vermittelnden Kompetenzen in der Hochschullehre nach bestem Wissen der Autorin und Autoren bisher noch kaum bis gar nicht eingesetzt respektive untersucht wurde, scheint er im Zusammenhang mit der vorliegenden Fragestellung als besonders reizvoll. Als Instrument zur Systematisierung, Nachvollziehbarkeit und damit auch Vereinfachung von Entscheidungen innerhalb einer Gruppe erscheint er außerdem hilfreich für die partizipative Gestaltung eines Curriculums unter Einbeziehung der entsprechenden Stakeholder.

Auf Basis der bisherigen Arbeiten der Autorin und Autoren [Keil et al., 2020; Lindner et al., 2019] wurde nun eine solche Hierarchie im Sinne des AHP konstruiert – mit dem Ziel, ein gewichtetes Set an digitalen Kompetenzen für zukünftige Wirtschaftsingenieurinnen und -ingenieure zu bilden (Tabelle 1). Dazu wurden einerseits verschiedene Kompetenzanforderungen für die digitale Transformation in Wirtschaft und Gesellschaft anhand bestehender Literatur herausgearbeitet [Keil et al., 2020a; Keil et al., 2020b]. Andererseits wurden zur Ergänzung dieser eigene standardisierte und teil-standardisierte Erhebungen bei Produktionsunternehmen zu Kompetenzen im Kontext der I4.0 durchgeführt [Lindner et al., 2019]. Bei der Auswertung der erhobenen Daten wurde deutlich, dass die genannten „Kompetenzen“ teilweise eher „Wissen“, „Fähigkeiten“ oder „Einstellungen und Werten“ zugeordnet werden konnten. Darum wurde diese Kategorisierung, unter anderen auch im Sinne des OECD [2018], für die Kriterien der ersten Hierarchieebene (Tabelle 1) übernommen. Demnach implizieren Kompetenzen das Zusammenspiel von Wissen, Fähigkeiten sowie Einstellungen und Werten, um komplexen Anforderungen gerecht zu werden [OECD, 2018].

Nach der endgültigen Zusammenführung der identifizierten Aspekte zu Wissen, Fähigkeiten sowie Einstellungen und Werten aus der Literatur und den Erhebungen wurden daraus schließlich die Kriterien der zweiten und letzten Hierarchieebene (Tabelle 1) gebildet.

Tabelle 1: AHP-Zielhierarchie

Ziel	Ebene 1	Ebene 2
Digitale Kompetenzen	Wissen	Fachwissen
		Methodenwissen
		Kenntnisse in Computer- und Datensicherheit
	Fähigkeiten	Umgang mit Informations- und Kommunikationstechnologien sowie Daten/Informationen
		Kommunikations- und Dialogfähigkeit
		Fähigkeit zu kritischem Fragen und Bewerten
		Motivationsfähigkeit
		Interkulturelle Fähigkeiten/globales Denken
		Analytische Fähigkeiten
		Fähigkeit zum Wissenstransfer
		Entscheidungsfähigkeit
		Kooperations- und Teamfähigkeit
		Anwendung Künstlicher Intelligenz
		Problem-/Konfliktlösungsfähigkeit
	Präsentationsfähigkeit und Storytelling	
	Einstellungen und Werte	Emotionale Intelligenz
		Kreativität und Innovationsgeist
Mobilität, Flexibilität, Offenheit		
Ethik		

3 WORKSHOPGESTALTUNG

Nach der Begrüßung und allgemeinen Einführung in das Format des Workshops sowie der Vorstellung aller Teilnehmer/innen inklusive ihrer Erwartungen, muss zunächst unbedingt über das Ziel und Zustandekommen der AHP-Hierarchie (Tabelle 1) Transparenz geschaffen werden – ähnlich der zweiten Hälfte von Abschnitt 2 dieses Beitrags. Dazu gehört aber auch insbesondere das Aufzeigen von Definitionen und/oder Beispielen zu den Kriterien der zweiten Hierarchieebene (Tabelle 1), damit alle Teilnehmer/innen eine möglichst ähnliche Vorstellung davon haben, was unter den Begrifflichkeiten zu verstehen ist. Dabei ist es auch sinnvoll, nach der Vorstellung der Zielhierarchie und den Kriterien, gemeinsam in der Gruppe mögliche Missverständnisse oder Uneindeutigkeiten in den Begrifflichkeiten zu diskutieren und gegebenenfalls Änderungen an ihnen vorzunehmen, um Klarheit zu schaffen. Diese Änderungen können dabei auch Ergänzungen, Zusammenlegungen oder im äußersten Fall sogar Änderungen in der Zuordnung von Kriterien der zweiten zu denen der ersten Ebene beinhalten. Dieser Teil des Workshops trägt damit bereits zur Beantwortung der Fragestellung (1) bei.

Erst nach dieser gemeinsamen Verständigung sollte näher auf die Methodik des AHP eingegangen werden – ähnlich der ersten Hälfte von Abschnitt 2 dieses Beitrags. Auf die konkrete mathematische Auswertung muss dabei nicht notwendigerweise im Detail eingegangen werden, da diese ausschließlich von den Workshopleiterinnen und -leitern durchgeführt wird. Aufgrund eben dieser nicht gänzlich trivialen Auswertung und des insgesamt notwendigen hohen Aufwands in der Erhebung, kann es sinnvoll sein, frei zugängliche Softwareunterstützung durch beispielsweise „AHP-OS“ [Goepel, 2018] oder „Decisor“ [Czekster, de Carvalho, Kessler, Kipper, Webber, 2019] in Anspruch zu nehmen. In diesem Fall sollte bereits vor der Anwendung des AHP durch die Teilnehmer/innen auf mögliche Fehlermeldungen oder Hinweise in der Software eingegangen werden, um Irritationen vorwegzunehmen – insbesondere in Bezug auf Inkonsistenzen in den Bewertungen und gegebenenfalls damit einhergehende, notwendige Wiederholungen von paarweisen Vergleichen. Auch auf den nicht zu unterschätzenden Aufwand beziehungsweise die notwendige Dauer aller paarweisen Vergleiche sollte unbedingt hingewiesen werden, um keine falschen Erwartungen zu wecken und Frustrationen vorzubeugen.

Nach der Bewertung der Kriterien durch jede/n einzelne/n Teilnehmer/in, erfolgt die Auswertung und Ergebnisdarstellung anhand der ermittelten Prioritäten beziehungsweise Gewichtungen. Diese Ergebnisse sollten wiederum im Plenum im Hinblick auf die Fragestellung (1), aber auch insbesondere die Forschungsfrage (2) kritisch diskutiert und die Diskussion dokumentiert werden.

4 FAZIT UND AUSBLICK

Die vorliegende Arbeit trägt unter Anwendung einer bisher kaum genutzten Methode im Kontext von Kompetenzanforderungen in der digitalen Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft sowie I4.0, dem AHP, einschließlich der Entwicklung einer entsprechenden Zielhierarchie zum weiteren Diskurs zu digitalen Kompetenzen bei. Gleichzeitig wird ein Workshopformat zur Anwendung der Methode vorgeschlagen und als Konzept näher vorgestellt.

Als Herausforderungen im Zusammenhang mit der Durchführung eines solchen Workshops könnten sich sowohl der notwendige Erklärungsbedarf der Thematik an sich (digitale Kompetenzen), als auch die Komplexität der Methode (AHP) erweisen. Nichtsdestotrotz dürfen nach einer erfolgreichen Durchführung fundierte Erkenntnisse in Bezug auf digitale Kompetenzen für zukünftige Wirtschaftsingenieurinnen und -ingenieure erwartet werden. Diese könnten als Basis zur Überprüfung, Anpassung, Weiter- oder Neuentwicklung von Curricula des Wirtschaftsingenieurwesens dienen.

ABSCHLIESSENDE BEMERKUNGEN

DANK

Die dieser Veröffentlichung zugrundeliegende Arbeit wurde durch das Projekt iDev40 unterstützt. Das Projekt iDev40 wird von ECSEL Joint Undertaking unter der Grant Agreement Nr. 783163 gefördert. Das JU wird vom EU-Programm für Forschung und Innovation Horizont 2020 unterstützt. Das Projekt wird von den Konsortiumspartnern sowie Förderungen von Österreich, Deutschland, Belgien, Italien, Spanien und Rumänien kofinanziert.

Teile der Arbeit wurden auch mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter dem Förderkennzeichen 03WIR2704 gefördert.

Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autorinnen und Autoren und gibt nicht notwendigerweise die Meinung des JU oder des BMBF wieder.



Referenzen

- Butschan, Jens; Nestle, Volker; Munck, Jan C.; Gleich, R. (2017). Kompetenzaufbau zur Umsetzung von Industrie 4.0 in der Produktion. In: Seiter, Mischa; Grünert, Lars; Berlin, Sebastian (Hg.). Betriebswirtschaftliche Aspekte von Industrie 4.0. Springer Fachmedien, Wiesbaden. S. 75–110. DOI: 10.1007/978-3-658-18488-9_4.
- Czekster, Ricardo; de Carvalho, Henrique J.; Kessler, Gabriela Z.; Kipper, Liane M.; Webber, Thais (2019). Decisor. A software tool to drive complex decisions with Analytic Hierarchy Process. In: International Journal of Information Technology & Decision Making, vol. 18, issue 1, pp. 65–86. doi: 10.1142/S0219622018500360.
- Goepel, Klaus D. (2018). Implementation of an Online Software Tool for the Analytic Hierarchy Process (AHP-OS). In: International Journal of the Analytic Hierarchy Process, vol. 10, issue 3, pp. 469–487. doi: 10.13033/ijahp.v10i3.590.
- Hecklau, Fabian; Galeitzke, Mila; Flachs, Sebastian; Kohl, Holger (2016). Holistic Approach for Human Resource Management in Industry 4.0. In: Procedia CIRP, vol. 54, pp. 1–6. doi: 10.1016/j.procir.2016.05.102.
- Kagermann, Henning; Wahlster, Wolfgang; Helbig, Johannes (Hg., 2013). Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. acatech, München.
- Keil, Sophia; Lindner, Fabian; Moser, Josef; von der Weth, Rüdiger; Schneider, Germar (2020). Competency Requirements at Digitalized Workplaces in the Semiconductor Industry. In: Keil, Sophia, Lasch, Reiner, Lindner, Fabian, Lohner, Jacob (Eds.). Lecture notes in electrical engineering. Digital Transformation in Semiconductor Manufacturing. Springer International Publishing, Cham. Pp. 88–106. DOI: 10.1007/978-3-030-48602-0_9.
- Keil, Sophia; Mühlhan, Kevin; Lindner, Fabian; Winkler, Daniel (2020). Digitale Kompetenzen in der Hochschullehre. 10.000 Schritte in den Fußstapfen eines Pickers. In: Petersen, Maren, Kammasch, Gudrun (Hg.). Technische Bildung im Kontext von <Digitalisierung>/ <Automatisierung> – Tendenzen, Möglichkeiten, Perspektiven – Wege zu technischer Bildung – 14. Ingenieurpädagogische Regionaltagung 2019. IPW, Berlin. ISBN: 978-3-9818728-3-5.
- Lindner, Fabian; Mühlhan, Kevin; Winkler, Daniel; Naumann, Franziska; Keil, Sophia (2019). Die Bedeutung «klassischer» Kompetenzen in der digitalen Transformation. Workshop on e-Learning (WeL) 2019, Leipzig. DOI: 10.13140/RG.2.2.35748.83846.
- OECD (Ed., 2018). The Future of Education and Skills. Education 2030. Positioning Paper.
- Saaty, Thomas L. (1977). A scaling method for priorities in hierarchical structures. In: Journal of Mathematical Psychology, vol. 15, issue 3, pp. 234–281. doi: 10.1016/0022-2496(77)90033-5.