

## Mitarbeiterorientiertes Qualifizierungskonzept für die ressourcenorientierte spanende Fertigung

Leif GOLDHAHN, Sebastian ROCH, Robert ECKARDT, Christina PIETSCHMANN

*Hochschule Mittweida – University of Applied Sciences,  
Fakultät Ingenieurwissenschaften,  
InnArbeit – Zentrum für innovative Arbeitsplanung und Arbeitswissenschaft  
Technikumplatz 17, D-09648 Mittweida*

**Kurzfassung:** Zur Sensibilisierung und Weiterentwicklung der Mitarbeiter für einen nachhaltigen Umgang mit Ressourcen wie Energie und Rohmaterial wurde ein Qualifizierungskonzept für spanende Fertigungsprozesse entwickelt. Mit einem modularen Ansatz sollen die notwendigen Mitarbeiterkompetenzen bedarfskonform entwickelt werden. Durch das Planen, Realisieren und Auswerten von alternativen Fertigungsprozessen eines Referenzbauteiles werden wichtige Zusammenhänge vermittelt, z. B. zur Auswahl eines geeigneten spanenden Fertigungsverfahrens oder der Kombination unterschiedlicher Fertigungsverfahren mit dem dafür notwendigen Material-, Energie- und Zeitbedarf. So erschließen sich konstruktive Auswirkungen, Änderungen im CNC-Programm, bei Aufspannungen oder den resultierenden Kosten.

**Schlüsselwörter:** Arbeitsplanung, Zerspanung, Mitarbeiter, Qualifizierung, Ressourceneffizienz, Nachhaltigkeit

### 1. Einführung

Aufgrund des zunehmenden globalen Wettbewerbs sind hohe Flexibilität, schnelles Reaktionsvermögen und hohe Zuverlässigkeit für heutige Produktionsbetriebe der spanenden Fertigung wichtig. Um dies zu ermöglichen ist es notwendig, die Mitarbeiter flexibel einsetzen zu können und die Einarbeitungszeit in neue Tätigkeiten so gering wie möglich zu halten. Somit stehen Unternehmen in der Pflicht, die Mitarbeiter entsprechend der wechselnden Anforderungen möglichst zeitsparend weiterzubilden. (Pfeiffer I. 2018)

Hinzu kommt ein steigendes Bewusstsein zur Ressourceneinsparung, sowohl bei den Produktionsbetrieben als auch den Kunden. Gründe hierfür sind unter anderem angestrebte Kostensenkungen und gesetzliche Restriktionen. Das Image von Unternehmen und Produkten ist hier ausschlaggebend. (Hesselbach J. 2012; IHK Berlin 2015; Neugebauer R. 2011)

Um Ressourcenverbräuche zu reduzieren, lassen sich verschiedene Ansätze verfolgen. So kann man z. B. durch Anpassung des Fertigungsprozesses und des Rohmaterials einsparen. Die Menschen im Planungs- und Fertigungsbereich müssen durch gezielte Weiterbildungen motiviert und befähigt werden, die Ressourceneffizienz zu erhöhen. So wird das Unternehmen ertüchtigt, Einsparpotenziale selbst zu erkennen und zu erschließen (Bakir D. C. 2015; Müller E. et al. 2013, Goldhahn, L., Eckardt, R. 2014). – Im folgenden Beitrag wird ein Pilot-Qualifizierungskonzept zur Mitarbeiterqualifizierung vorgestellt. Dieses zielt auf eine ressourceneffiziente Teile-

fertigung ab und soll Planern und zukünftigen Planern Ansätze zur Ressourcenreduzierung darlegen sowie verschiedene Potenziale zur Ressourceneinsparung quantifizieren. Das Qualifizierungskonzept richtet vorrangig an der spanenden Fertigung aus, speziell zielt es auf die Aufgaben der Arbeitsplanung.

## 2. Grundlagen

### 2.1 Spanende Fertigung

Die Verfahrenshauptgruppe Trennen wird nach DIN 8580 als eine Änderung der Form eines festen Körpers beschrieben. Es werden sechs verschiedene Gruppen unterschieden: Zerteilen, Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide, Spanen mit geometrisch unbestimmter Schneide, Abtragen, Zerlegen und Reinigen. Da sich das Pilot-Qualifizierungskonzept primär mit den Verfahren Drehen und Fräsen auseinandersetzt, spielt hierbei vor allem das Spanen mit geometrisch bestimmter Schneide eine wichtige Rolle. Dieses ist dadurch definiert, dass die Schneidenanzahl, die Form der Schneidenkeile und die Lage der Schneide zum Werkstück bekannt und genau beschreibbar sind. (DIN 8580 2003)

### 2.2 Qualifizierungskonzept

Als Qualifizierungskonzept wird ein modularisiertes, wissensbasiertes Baukastensystem zur methodisch-didaktischen Weiterentwicklung individueller Ressourcen von Mitarbeitern für Arbeitssysteme unter Berücksichtigung von organisatorischen und fachlichen Rahmenbedingungen bezeichnet. (Goldhahn L. et al. 2018)

Ein Qualifizierungskonzept soll dazu beitragen, Wissen innerhalb eines Unternehmens aufzubauen und zu erhalten. Der Bezug für diesen Beitrag liegt im Bereich der spanenden Fertigungsverfahren. Dabei steht die Reduzierung von Ressourcenverbräuchen im Vordergrund.

Für die Entwicklung eines Qualifizierungskonzeptes sind drei Fragen von entscheidender Bedeutung:

- Was soll gelernt werden?
- Wie soll gelernt werden?
- Wo und wann soll gelernt werden?

Ersteres beschäftigt sich mit den Lerninhalten sowie deren fachlich notwendige Tiefe bei der Wissensvermittlung. (Pfeiffer I. 2018)

Die einzusetzenden Lernmittel werden durch die Frage „Wie gelernt werden soll“ ergründet. Dabei ist darauf zu achten, dass die eingesetzten Lernmittel für den betrachteten Arbeitsprozess sinnvoll anwendbar sind. (Pfeiffer I. 2018)

Welche Arbeitsplätze als Orte zum Lernen geeignet sind und wie die zeitliche Einordnung des Lernens eingerichtet werden soll wird mit der letzten Frage abgedeckt. (Pfeiffer I. 2018)

Aus diesen Überlegungen heraus wurde ein 3-Stufenkonzept abgeleitet. Die erste Stufe definiert den Anwendungsbereich des Qualifizierungskonzeptes. Ziel ist es, für die zu qualifizierende Aufgabe ein geeignetes Qualifizierungskonzept zur Verfügung zu stellen. In der zweiten Stufe erfolgt die Analyse der Mitarbeiterkompetenz. Hierbei wird mithilfe einer Bewertungsmatrix eine Einstufung des Qualifizierungsniveaus der Mitarbeiter vorgenommen. Aus den Ergebnissen dieser zwei Stufen wird abschließend in der letzten Stufe das Qualifizierungskonzept abgeleitet. Für die Erstellung

eines konkreten Qualifizierungskonzeptes werden folgende sechs Schritte abgehandelt:

1. Definition des Lerninhaltes
2. Erarbeitung des Lösungsfeldes
3. Konzeptentwicklung auf Grundlage des standardisierten Vorgehens
4. Entwicklung der Lernunterlagen/ -Medien
5. Erprobung des Konzeptes
6. Durchführung und Erfolgskontrolle. (Goldhahn L. et al.2018)

### **3. Pilot-Qualifizierungskonzept am Referenzbauteil „Koordinatensystem“**

Anhand des Referenzbauteils „Koordinatensystem“ wurde an der Fakultät Ingenieurwissenschaften der Hochschule Mittweida ein spezifiziertes Qualifizierungskonzept erstellt. Ziel ist das Schaffen eines Bewusstseins und die Ausbildung von Kenntnissen, Fähigkeiten und Fertigkeiten zur Planung energie- und materialeffizienter spanender Fertigungsprozesse.

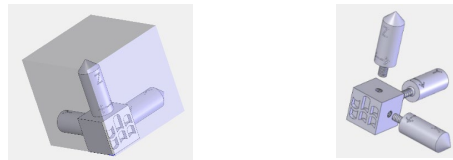
Als Lehr-Methode wurde für das Qualifizierungskonzept ein Integrationskonzept spezifiziert, bei dem sich multimedial unterstützte Präsenz- und Onlinephasen abwechseln. So wurde für die Präsenzphase zunächst ein Video erstellt, welches den Teilnehmern als kurze Einleitung, aber auch zur Motivation und ersten Sensibilisierung für das Thema Ressourceneffizienz dient. Des Weiteren wurde eine Power-Point-Präsentation erstellt. Diese basiert auf verschiedenen vorangegangenen Forschungen und stellt Erkenntnisse aus der Praxis dar. So sollen die Kenntnisse der Teilnehmer vertieft werden. Darüber hinaus wird für die Onlinephase eine Webpräsenz auf Basis von HTML aufgebaut. Diese soll die Teilnehmer bei der Wiederholung und Vertiefung von notwendigen Schwerpunkten der Bereiche Fertigungstechnik und Arbeitsplanung sowie der Vor- und Nachbereitung der Präsenzphasen unterstützen. Neben relevanten alphanumerischen Dokumenten und multimedialen Dateien werden so auch Erklärfilme, und Selbsttests z. B. in Form von Multiple Choice Fragen bereitgestellt.

Den Teilnehmern werden das Referenzbauteil und die Aufgabenstellung vorgelegt. Anschließend erstellen sie mit Hilfe des Lehrpersonals den Arbeitsplan für eine Musterlösung und das NC-Programm, richten die Maschinen ein, nehmen wichtige Verbrauchs-Parameter auf und werten diese aus. Darauf aufbauend erarbeiten die Teilnehmer eigenständig eine Alternativlösung, setzen diese um und bewerten diese, insbesondere im Vergleich zur Musterlösung. Das Referenzbauteil „Koordinatensystem“ wird als CAD-Modell in zwei Versionen bereitgestellt (Abbildung 2). Version eins bildet dabei die Musterlösung ab, welche als ein gesamtes Bauteil konzipiert ist und als solches auch gefertigt wird. In Version zwei (Alternativlösung) wird das Referenzbauteil aus vier Bauteilen erstellt, welche den Grundkörper und die drei Einzelachsen als Bauteile umfassen und zusammen die Baugruppe „Koordinatensystem“ ergeben.

Für die Muster-, als auch der Alternativlösung erfolgen die vier Schritte der Prozessgestaltung Planungsvorbereitung, Prozessplanung (Arbeitsplanerstellung), Operationsplanung und NC-Programmierung.

Innerhalb der Planungsvorbereitung gilt es zunächst das Bauteil zu analysieren und die prinzipiell möglichen Fertigungsverfahren zu diskutieren. Die potenziellen Vor- und Nachteile in Abhängigkeit des Energie-, Material- und Auftragszeitbedarfs sind herauszustellen. Bei der Auswahl der Fertigungsverfahren ist zu berücksichti-

gen, dass ausschließlich die Maschinen der „Trainingsfabrik 4.0“ der Fakultät Ingenieurwissenschaften der Hochschule Mittweida zum Einsatz kommen sollen. Somit stehen eine Säge zum Rohteilzuschnitt, eine 3-Achs CNC-Fräsmaschine EMCO Concept Mill 55 (kurz CM 55) und eine CNC-Drehmaschine EMCO Concept Turn 60 (kurz CT 60) zur Verfügung. Im Fall der Musterlösung (Abbildung 2, Bild links) wurde als Fertigungsverfahren das vertikale Stirnumfangsfräsen nach DIN 8589-3 ausgewählt (DIN 8589-3 2003). Mit diesem Verfahren kann die Musterlösung komplett auf der CM 55 bearbeitet werden.



**Abbildung 1:** Versionen des CAD-Modells für das Referenzbauteil „Koordinatensystem“

Sowohl für die Muster-, als auch für die Alternativlösung erfolgt die Bearbeitung der Aufgabe entsprechend dem in Abbildung 3 dargestellten Stufenmodell.



**Abbildung 2:** Bearbeitung des Qualifizierungskonzeptes im Stufenmodell





Im Anschluss an die Planungsvorbereitung folgt die Prozessplanung. Diese soll mit Hilfe der ERP-Software Prodat SQL bearbeitet werden. Im ersten Teil der Prozessplanung wird eine Fertigungsmittelauswahl vorgenommen und die benötigte Maschine, das Spannmittel und die Werkzeuge aufgelistet (Tabelle 1).

Auf die Fertigungsmittelauswahl folgt die Prozessfolgeermittlung bei der die möglichen Bearbeitungsreihenfolgen aufgelistet werden. Hierbei stellt sich heraus, dass für die Bearbeitung der Musterlösung mit dem ausgewählten Fertigungsverfahren fünf bis sechs Aufspannungen benötigt werden. Nach Auswahl einer geeigneten Bearbeitungsreihenfolge erstellt man in Vorbereitung der Operationsplanung einen groben Arbeitsplan.

Die Operationsplanung bildet nach der Prozessplanung den nächsten Schritt. Dazu wenden die Teilnehmer neben der Kalkulationssoftware Excel die CAM-Software

SolidWorks CAM an. In SolidWorks CAM werden die Spannlagen bestimmt, die Werkzeuge ausgewählt und die genaue Operationsreihenfolge festgelegt. Für jeden daraus gewonnenen Arbeitsschritt werden nun noch die Schnittparameter ermittelt. Des Weiteren werden für jeden Arbeitsschritt ressourcenrelevante Informationen generiert. Dazu gehören die Bearbeitungszeit, das Halbzeuggewicht und der Energiebedarf.

**Tabelle 1:** Werkzeugliste als Teilresultat der Fertigungsmittelauswahl

Werkzeugbezeichnung	Prinzipdarstellung des Werkzeugs
Walzenstirnfräser Ø40 mm	
Schaftfräser Ø12 mm	
Schaftfräser Ø16 mm	
Winkelfräser 16 x 45°	
Gravierfräser 1 mm	

Für die Berechnung des Energiebedarfs wird den Teilnehmern ein Maschinenmodell mittels Excel zur Verfügung gestellt, mithilfe dessen zunächst der Leistungsbedarf (Formel 1) und daraus der Energiebedarf berechnet wird. Dieser ist abhängig von der Maschine sowie der Bearbeitungsaufgabe und besteht im Wesentlichen aus der Addition der berechneten Schnittleistung ( $P_C$ ), der spezifischen Leistung der Spindel ( $P_S$ ) und des Leistungsbedarfs für die Verfahrbewegungen der Achsen ( $P_A$ ). Des Weiteren bezieht man den Grundbedarf der Maschine ( $P_G$ ) und verschiedenen Korrekturfaktoren ( $P_K$ ), die in Abhängigkeit zur Bearbeitungsaufgabe stehen, ein.

$$P_{mb} = P_G + P_S + P_A + P_C + P_{K1} + P_{K2} + P_{K...} + P_{Ki} \rightarrow \text{Formel 1}$$

Im Anschluss folgt die NC-Programmgenerierung in SolidWorks CAM, bei der durch einen Postprozessorlauf ein maschinenspezifisches NC-Programm erstellt wird. Sind diese Schritte erfolgreich umgesetzt, folgt die praktische Umsetzung und Fertigung des Referenzbauteils.

Abschließend wird von den Teilnehmern ein Variantenvergleich vorgenommen, bei dem die Musterlösung und die Alternativlösung auf ihren Ressourceneinsatz miteinander verglichen werden.

#### 4. Fazit und Ausblick

Mit dem vorgestellten Pilot-Qualifizierungskonzept wurde die Umsetzbarkeit des allgemeinen Qualifizierungskonzeptes auf ein spezifiziertes Problem innerhalb der spanenden Fertigung belegt.

Die Teilnehmer erhalten Kenntnisse über ressourcenorientierte Aufgaben der Prozessgestaltung, z. B. zur Planung von Rohteilabmessungen und -arten, Fertigungsverfahren, Auswahl von Maschinen und Werkzeugen, Festlegung von Schnittpara-

metern. Des Weiteren werden Fähigkeiten zum Vergleich technologischer Varianten in Bezug auf Material und Energie auf Basis technologischer Planungsalgorithmen und energetischer Maschinenmodelle ausgebildet. Durch das Pilot-Qualifizierungskonzept werden zudem das systematische, ressourcenorientierte und analytische Denken sowie das kreative, ressourcenorientierte Arbeiten gefördert.

Quantitativ wird durch die Bearbeitung des Pilot-Qualifizierungskonzeptes verdeutlicht, dass sich mit einer ressourcenorientierten Fertigungsstrategie der Materialverbrauch deutlich reduzieren lässt. So wird bei dem verwendeten Aluminium als Rohstoff für die Musterlösung über 1450g Rohmaterial benötigt. Wohingegen der Rohmaterialereinsatz für die Alternativlösung lediglich 158g beträgt. Somit ergibt sich eine Rohmaterialersparnis von insgesamt 1292g (89%) pro gefertigtem Koordinatensystem.

Im weiteren Verlauf soll die Wirksamkeit der vorgestellten Methodik zur Ressourceneinsparung in der spanenden Fertigung analysiert werden. Hierzu folgen weitere Arbeiten zur Spezifizierung, Validierung und Evaluierung des Qualifizierungskonzeptes, vor allem in Hinblick auf die multimediale Lernumgebung und den praktischen Versuchen.

## 5. Literatur

- Bakir, D. C. (2015) KMU-taugliche Methodik zur Erhöhung der innerbetrieblichen ökonomischen und ökologischen Ressourceneffizienz, Dissertation Universität Aachen, Lehrstuhl für Produktionssysteme. Aachen.
- DIN 8580, Deutsches Institut für Normung (2003) Fertigungsverfahren: Begriffe, Einteilung. Berlin.
- DIN 8589-3, Deutsches Institut für Normung (2003) Fertigungsverfahren Spanen – Teil 3: Fräsen; Einordnung, Unterteilung, Begriffe. Berlin.
- Goldhahn, L.; Eckardt, R. (2014) Potentiale der Arbeitsvorbereitung zur Steigerung der Ressourceneffizienz produzierender Unternehmen. In: Müller, E.: TBI'14 Produktion und Arbeitswelt 4.0, TBI 2014, Chemnitz, 237-247.
- Goldhahn L, Eckardt R, Pietschmann C, Roch S (2018) Qualifizierungskonzept für die ressourcenorientierte Teilefertigung. In: Scientific Reports: Digitalisierung in Industrie und Gesellschaft – Arbeiten und Leben im Umfeld der 4. Industriellen Revolution, Nr. 3, 2018 Mittweida S. 43-47.
- Hesselbach, J. (2012) Energie- und klimaeffiziente Produktion. Grundlagen, Leitlinien und Praxisbeispiele. 1. Aufl.: Vieweg+ Teubner (GWV).
- IHK Berlin (2015) Wettbewerbsvorteil Energieeffizienz. verfügbar am Nov 27, 2018. <http://www.upl-lichtenberg.de/fileadmin/files/upl/ver-anstaltugen/Energieeffizienz/IHK.pdf>.
- Müller, E., Engelmann, J., Löffler, T., Strauch, J. (2013) Energieeffiziente Fabriken planen und betreiben. Heidelberg, Springer, Berlin.
- Neugebauer, R. (2011) Methoden der energetisch-wirtschaftlichen Bilanzierung und Bewertung in der Produktionstechnik. Methodenworkshop der Querschnittsarbeitsgruppe 1 "Energetisch-wirtschaftliche Bilanzierung" des Spitzentechnologieclusters eniPROD; Tagungsband. TUC; Verl. Wiss. Scripten. Chemnitz.
- Pfeiffer, I. (2018) Bewältigung gesteigener Anforderungen im Unternehmen. Forschungsinstitut Betriebliche Bildung (f-bb) gemeinnützige GmbH, verfügbar am Nov 26, 2018. <http://qib.fbb.de/qib/zie-le/anforderungen/anforderungen.rsys>.
- Pfeiffer, I. (2018) Warum arbeitsprozessorientiertes Lernen?, Forschungsinstitut Betriebliche Bildung (f-bb), verfügbar am Nov 27, 2018. [http://qib.fbb.de/qib/planen\\_umsetzen/qualifizierung/lernen.rsys](http://qib.fbb.de/qib/planen_umsetzen/qualifizierung/lernen.rsys).

**Danksagung:** Die Autoren danken dem Europäischen Sozialfonds (ESF) und dem Freistaat Sachsen für die Förderung der Nachwuchsforschergruppe Entwicklung innovativer Verfahrens- und Betriebsmittelmodelle sowie Qualifizierungskonzepte für die ressourceneffiziente Fertigung hochbeanspruchter Bauteile – „MoQuaRT“ und dem Projektträger Sächsische Aufbaubank – Förderbank – (SAB).



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## **Arbeit interdisziplinär analysieren – bewerten – gestalten**

65. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Professur Arbeitswissenschaft  
Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme  
Technische Universität Dresden

Institut für Arbeit und Gesundheit  
Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

27. Februar – 1. März 2019

---

## **GfA-Press**

---

**Bericht zum 65. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 27. Februar – 1. März 2019**

**Professur Arbeitswissenschaft, Institut für Technische Logistik und Arbeitssysteme,  
Technische Universität Dresden;  
Institut für Arbeit und Gesundheit, Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Dresden**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Dortmund: GfA-Press, 2019  
ISBN 978-3-936804-25-6

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

**Schriftleitung: Matthias Jäger**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Konferenzband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Konferenzband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

**Screen design und Umsetzung**

© 2019 fröse multimedia, Frank Fröse

[office@internetkundenservice.de](mailto:office@internetkundenservice.de) · [www.internetkundenservice.de](http://www.internetkundenservice.de)