

Erhebung und Modellierung von Arbeitsprozessen in der metall- und elektrotechnischen Ausbildung als Basis einer didaktischen Konzeption „Lernen mit Fehlern in einer AR-angereicherten Lernumgebung“

Marvin GOPPOLD, Anna-Laura NOBIS, Martin FRENZ, Verena NITSCH

*Institut für Arbeitswissenschaft, RWTH Aachen University
Bergdriesch 27, D-52062 Aachen*

Kurzfassung: Im Rahmen der Entwicklung eines digitalen Lernsystems in der betrieblichen beruflichen Bildung wird eine empirische Fundierung der Ausgangslage sowie der Rahmenbedingungen benötigt. Dazu beschreibt der Beitrag Arbeitsprozessanalysen. Die Anforderungen an die Untersuchung und deren Ausgestaltung bestehen in der vielfältigen Folgenutzung der Ergebnisse. Die Gestaltung der Bildungsmaßnahme nutzt die Arbeitsprozessmodellierung als Basis. Außerdem lassen sich damit Fehlerfolgen von Handlungsvariationen im Arbeitsprozess ableiten. Die Ergebnisse zeigen Beispiele gängiger Arbeitsprozesse in der betrieblichen Ausbildung des dualen Systems auf. Der Beitrag endet mit einer Diskussion zur Nutzung der Ergebnisse bei der didaktischen Konzeption.

Schlüsselwörter: Arbeitsanalyse, Prozessmodellierung, Didaktisches Konzept, Berufliche Bildung

1. Einleitung

In der beruflichen Bildung besteht für die betrieblichen Partner des dualen Systems die Herausforderung, digitale Medien zur Förderung von Handlungskompetenz sinnvoll zu nutzen. Marktreife Produkte und Forschungsvorhaben (vgl. DLR Projektträger 2019) fokussieren sich mehrheitlich auf deklarative Wissensselemente. Dies steht der gegenwärtigen Auffassung gegenüber, dass Auszubildende beispielsweise Kompetenzen zur beruflichen Problemlösung entwickeln müssen (vgl. Abele, 2014; Rauner, 2017). Daher soll ein digitales Lernsystem entwickelt werden, welches die Lücke zwischen reinen Funktions- und Wirkzusammenhängen und den real vorherrschenden multiplen technischen Systemzuständen in der Erwerbsarbeit schließt.

Deshalb wird ein System mit Augmented Reality (AR) entwickelt, welches in Lernszenarien von Lernenden begangene Handlungsfehler lernwirksam für den individuellen Kompetenzerwerb nutzt. Dies basiert auf der empirischen Erkenntnis, dass Fehler gute Lerngelegenheiten bieten, um das Verständnis von realen Zusammenhängen zu verbessern (z.B. Kapur 2015).

Während der Nutzung des Systems arbeiten Lernende an einem Arbeitsplatz und können schwerwiegende, negative Handlungsfolgen in AR statt in der Realität erfahren. Fehler stehen für eine nicht vorhandene Passung des mentalen Modells der Lernenden mit den Rahmenbedingungen der Erwerbsarbeit und eignen sich daher gut für eine anschließende Reflexion. Gegenwärtig unterbindet das Ausbildungspersonal das Erfahren von Fehlern und Fehlerfolgen, um wirtschaftliche, Umwelt- und Personenschäden zu vermeiden, wodurch sie nicht für Lernprozesse zur Verfügung stehen.

Aufgrund der Nähe zur Erwerbsarbeit ist zu Beginn der Lernsystementwicklung eine intensive Auseinandersetzung mit den gegenwärtigen Lern- und Arbeitsaufgaben in der betrieblichen beruflichen Bildung notwendig, da das Lernsystem in betrieblichen Lernprozessen eingesetzt werden soll. Um Anforderungen für mehrere an der Entwicklung beteiligte Disziplinen mit unterschiedlichen Schwerpunkten zu erheben, bieten sich arbeitspsychologische Arbeitsanalyseverfahren an, welche auch die arbeitenden Personen miteinbeziehen (vgl. Dunckel 1999). Beispielsweise benötigt die Didaktik Informationen über die Lernenden und die Situation für eine begründete Auswahl eines Lernszenarios, welches von der Informatik und dem Ingenieurwesen mit ökonomisch vertretbarem Aufwand in einem definierten Arbeitssystem (vgl. Schlick et al. 2018) entwickelt wird. Die Informationen werden anschließend so aufbereitet, um sie interdisziplinär diskutieren zu können.

Der Beitrag behandelt die Forschungsfrage der Erhebung des gegenwärtigen Stands der Arbeit und der Dokumentation, um einen Sollprozess für ein AR-basiertes Lernsystem abzuleiten.

2. Methodik

Die Erhebungen sind im Modell nach Luczak et al. (1989) sowohl auf Struktur- als auch auf Verlaufebenen vorzunehmen. Die Erhebung der Strukturebenen „Subjekt-system“ und „Funktionale Mittel der Arbeitsperson“ wird mit dem Tätigkeitsanalyseinventar (TAI) (Frieling et al. 1993) durchgeführt, welches entsprechend Goppold et al. (2020) ausgewählt worden ist. Da das Motiv einer Tätigkeit (vgl. Leont'ev, 1982) als Verknüpfung der beiden Strukturebenen ein hochkomplexes Konstrukt darstellt und außerdem nicht der Intention der Zielsetzung entspricht, wird auf der Verlaufebene die zielgerichtete und bewusst regulierte Handlung mittels Arbeitsprozessmodellierung erhoben.

Für die Auswahl der Modellierungssprache haben folgende Anforderungen bestanden: Kompatibilität zur technischen Umsetzung mit Petrinetzen (Kobelt et al. 2020), Kompatibilität mit systemtheoretischen Konstrukten wie einem Arbeitssystem (Goppold et al. 2019), kostenfreie Modellierungssoftware, alleinstehende und selbst-erklärende Nutzbarkeit auch für Nichtexperten sowie ein Mehrwert für teilnehmende Unternehmen.

In die engere Auswahl sind die Modellierungssprachen UML (Object Management Group 2003 bzw. 2017), BPMN (Object Management Group 2011), PAP (Deutsches Institut für Normung e.V. 1983), K3 (z.B. Foltz et al. 2001) und ereignisgesteuerte Prozessketten (eEPK) (Keller et al. 1992; Scheer 1995) einbezogen worden. Die Wahl ist schließlich auf eEPK gefallen, da diese eine XML-Datenstruktur besitzen (Mending & Nüttgens 2003), welche in Petri-Netze überführbar sind (Langner et al. 1997). Eine Einbindung in ein Arbeitssystem ist insbesondere in der erweiterten Variante sehr gut möglich. Es existiert mit ARIS Express (Software AG 2019) eine kostenfreie Modellierungssoftware. Die grafische Darstellung der Modellierung ist im Vergleich sehr einfach verständlich und durch die historisch bedingte Nutzung in ERP (Staud 2006) ist durch die Modellierung für die teilnehmenden Unternehmen ein Mehrwert für die eigenen Arbeitsprozesse nutzbar.

Die Nachteile der ungenügend definierten Semantik und Syntax sind in der Literatur zwar in Angriff genommen worden (Nüttgens & Rump 2002), jedoch existiert kein akzeptierter Standard. Für das Forschungsvorhaben ist dies jedoch ein Vorteil, da durch die Definition eines Handlungsleitfadens, z.B. angelehnt an Erkenntnisse von

Polyvyanyy et al. (2008), die Freiräume für eine optimale Passung an die Modellierungsstrategie eines informationstechnisch eingesetzten Petri-Netzes (Kobelt et al. 2020) genutzt werden können.

Die Erhebung gliedert sich in drei Teile. Zuerst wird mittels des TAI ein Interview mit dem für den zu erhebenden Lern- und Arbeitsprozess zuständigen Ausbildungspersonal durchgeführt. Anschließend wird mit mindestens zwei Untersuchungsleitern der Lern- und Arbeitsprozess erhoben, welcher eine Zieldauer von 15 Minuten besitzt. Dabei werden weitere Items des TAI und der Arbeitsprozess für die Arbeitsprozessmodellierung dokumentiert. Diese wird danach von den Untersuchungsleitenden erstellt und dem betrieblichen Ausbildungspersonal zur Verfügung gestellt. Auf Grundlage der Prozessdokumentation in Form einer eEPK wird eine kommunikative Validierung der Erhebungsergebnisse durchgeführt und anschließend das Erfahrungswissen zu Abweichungen und Fehlern im Arbeitsprozess vom Ausbildungspersonal erfragt.

3. Ergebnisse

Im Rahmen der Erhebungen sind zunächst für das Lernsystem geeignete Handlungsfelder (vgl. Bader & Schäfer 1998) ausgewählt worden, für welche fünf Lern- und Arbeitsprozesse in Ausbildungsabteilungen sowie ein Unterrichtsbesuch an einem Berufskolleg untersucht worden sind. Darunter befinden sich je ein konventioneller und CNC Drehprozess, ein Spritzgussprozess, eine Schaltschrankverkabelung sowie eine Riemenmontage für die Maschinenbautechnik. Die Erhebung des Unterrichtsbesuchs ist mit einer abweichenden Methodik erfolgt, da während des Unterrichts keine Rückfragen an die Lehrkraft gestellt werden können.

Innerhalb der Stichprobe hat die Erhebungsdauer des Vorabinterviews im Mittel 30 Minuten betragen. Die Arbeitsprozessenerhebung durch Beobachtung mit weiterer Befragung hat im Durchschnitt 90 Minuten durch die Rückfragen und Erklärungen benötigt. Die Revision und das Interview auf Basis der eEPK hat durchschnittlich 20 Minuten gedauert.

Die Schaltschrankverkabelung beschäftigt sich mit der Montage und Inbetriebnahme eines Schaltschranks zur Steuerung eines Aktors, siehe Abbildung 1.

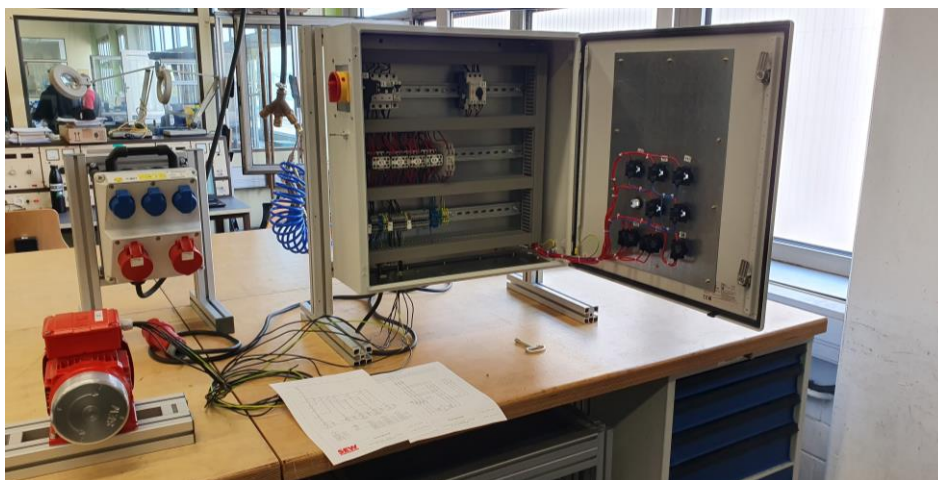


Abbildung 1: Betriebliche Ausbildungssituation der Schaltschrankmontage und Inbetriebnahme

In Abbildung 2 ist ein Ausschnitt der zugehörigen Arbeitsprozessmodellierung zu finden. Aus jeder Aktivität, die eine Teilhandlung repräsentiert, können zwei Zustände entstehen, wovon einer präferiert ist und die Sollvorgabe repräsentiert. Jeder Aktivität ist eine untergeordnete Arbeitsprozessmodellierung für die durchgeführten Operationen zuordenbar.



Abbildung 2: Ausschnitt der eEPK Modellierung zur Schaltschrankmontage und Inbetriebnahme

Einige TAI Items werden im Folgenden beispielhaft aufgeführt. Der beobachtete Arbeitsprozess ist an einem Handarbeitsplatz mit mechanischen und energetisch angetriebenen Werkzeugen durchgeführt worden (Items 2.4 12ff.). Zuvor durchlaufen die Auszubildenden Lerneinheiten mit Lerntafelaufbauten, erlernen erste einfache Schaltungen, üben diese an Laboraufbauten mit Steckbrettern und finden dann den hier beschriebenen Anwendungsfall vor (Item 7.1 23 Interviewmitschrift). Es steht Ihnen ein Computer mit Internetzugang zur Verfügung, um benötigte Dokumente zu suchen und einzusehen (Items 3.7).

Es sind keine Gefahrstoffe im Einsatz oder im unmittelbaren Arbeitsumfeld vorhanden (Item 3.5 87ff.). Die Auszubildenden tragen Sicherheitsschuhe (Items 3.5 113ff.) und sind aus Gefährdungsbeurteilungssicht insbesondere durch Spannung und Hochspannung im Schaltschrank gefährdet.

4. Diskussion

Die Erhebungsergebnisse in der Modellierung zeigen auf, dass jede Aktivität durch viele zu beachtende Randbedingungen geprägt ist. Nach Auswahl eines konkreten Arbeitsprozesses sind diese iterativ durch die Fachdisziplin, Fachdidaktik und Informatik für jede Aktivität zu definieren und mithilfe der Ergebnisse des TAI zur Struktur der Lernsituation zu spezifizieren. So lassen sich für die technische Umsetzung ereignisdiskrete Zustände für jede Aktivität festlegen, welche in eine messbare Form überführt werden müssen. Dies kann nur in Einklang mit der didaktischen Konzeption erfolgen, die sich hier an der technischen Machbarkeit orientieren muss. Das entstehende Produkt liegt nach Kobelt et al. (2020) als Petri-Netz vor, welches in eEPK Form zurückgespiegelt wird, um eine bessere Kommunikation aller an der Entwicklung beteiligter Partner zu ermöglichen.

Aus didaktischer Sicht bietet die Arbeitsprozessmodellierung eine sehr gute empirische Ausgangslage, welche zur Reflexion des Arbeitsprozesses beiträgt. So muss didaktisch jede Aktivität hinterfragt werden und einer formulierten Kompetenz zugeordnet werden. Entsprechend des Lernziels kann dann die Ausgestaltung des Lehr-Lern-Szenarios durch didaktische Reduktion oder Schaffung von Hürden für die einzelnen Aktivitäten vollzogen werden. In einem iterativen Prozess wird somit unter

Einbezug der Arbeitssituation und der curricularen Kompetenzbeschreibung der exemplarische Begründungszusammenhang geklärt. Dies kann Auswirkungen auf die technische Umsetzung haben, wenn aus didaktischer Sicht eine Aktivität kein Lernziel bietet oder eine besonders wertvolle hinzugefügt werden muss.

Alleine die dargestellte kleine Auswahl an Itemergebnissen des TAI zeigt für die didaktische und technische Umsetzung Implikationen auf. Wie bereits beschrieben, bietet die Erhebung der objektiven Anforderungen einen erheblichen Mehrwert bei der Konkretisierung des Lernszenarios für das Lernsystem, wie etwa keine Gefahrstoffe im Arbeitsumfeld, die in Fehlerfolgen verwickelt werden könnten.

Der Digitalisierungsgrad aller erhobenen betrieblichen Ausbildungssituationen ist sehr gering. Im beschriebenen Fall steht zwar ein Computer zur Verfügung, die genutzten Dokumente und die Arbeitsdokumentation sind hingegen papierbasiert. In einigen Fällen stehen keinerlei digitale Medien in der Ausbildungsabteilung zur Verfügung, da diese in der Mehrzahl der dort verorteten Ausbildungsprozesse nicht benötigt werden.

Aus methodischer Sicht lässt sich die Limitation aufzeigen, dass der Einsatz des TAI bei der Arbeitsprozesserhebung nicht vollständig objektiv eingesetzt worden ist, da einige Items aus ökonomischen Gründen schneller durch eine Beobachtung beantwortet werden, als durch Befragung des Ausbildungspersonals. Diese Schwachstelle wird durch den Einsatz mehrerer mit dem Umgang des TAI geschulter Untersuchungsleitender gedämpft, wobei auch bei Befragungen die Objektivität des Ausbildungspersonals angezweifelt werden kann.

5. Fazit

Der Beitrag zeigt die Nutzung von Arbeitsanalyseverfahren zur Entwicklung eines didaktischen Mediums auf. Die gewählte Kombination von Struktur- und Verlaufserhebungen bietet eine gute Ausgangslage für die Fachdidaktik, Erziehungswissenschaft, Fachdisziplin und Informatik, um ein lauffähiges technisches Lernsystem zu entwickeln und dieses in einem sozio-technischen System für eine didaktische Intervention in der betrieblichen Ausbildung zu nutzen. Dabei wird ein iterativer Entwicklungsprozess auf Basis der Prozessmodellierung vorgenommen, welche schrittweise die mit dem TAI erhobenen Strukturdetails in ein resultierendes Petri-Netz für die computergestützte AR-Umsetzung eingearbeitet. Der weitere Forschungsverlauf der Lernsystementwicklung wird Verbesserungsmöglichkeiten durch eventuell notwendige Nacherhebungen aufzeigen.

Basierend auf den bisherigen Erkenntnissen sind Arbeitsanalysen zur Bereitstellung einer empirischen Grundlage für die Planung didaktischer Maßnahmen in der beruflichen Bildung zu empfehlen. Die gewählte Methodenkombination ist für viele weitere Anwendungsfelder mit Bedarf einer Arbeitsanalyse zu empfehlen.

6. Literatur

- Abele S (2014), Modellierung und Entwicklung berufsfachlicher Kompetenz in der gewerblich-technischen Ausbildung. Stuttgart: Steiner.
- Bader R, Schäfer B (1998), Lernfelder gestalten. Die berufsbildende Schule:229–234.
- Deutsches Institut für Normung e.V. (1983), DIN 66001: Sinnbilder und ihre Anwendung.
- DLR Projektträger / KS-Öffentlichkeitsarbeit (2019), eQualification - Lernen und Beruf digital verbinden.

- Dunckel H (1999), Psychologische Arbeitsanalyse: Verfahrensüberblick und Auswahlkriterien. In: Dunckel H (Ed) Handbuch psychologischer Arbeitsanalyseverfahren, Zürich: Vdf-Hochschulverl., 9–30.
- Foltz C, Killich S, Wolf M, Schmidt L, Luczak H (2001), Task and Information Modeling for Cooperative Work. In: Smith MJ, Salvendy G (Eds) Systems, social and internationalization design aspects of human-computer interaction, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum, 172–176.
- Frieling E (1993), Tätigkeits-Analyse-Inventar: Theorie, Auswertung, Praxis ; Handbuch und Verfahren. Landsberg/Lech: ecomed.
- Goppold M, Nessau H, Frenz M, Nitsch V (2020), Itemanpassung im Tätigkeitsanalyseinventar (TAI) entsprechend aktueller technologieinduzierter Forschungserkenntnisse. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Ed) Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch?: GfA-Press, A.15.3.
- Goppold M, Tackenberg S, Atanasyan A, Cichon T, Kobelt D, Gamber T, Roßmann J, Frenz M (2019), Systemkonzept und Modellierung beruflicher Handlungen im FeDiNAR-AR-Lernsystem. In: Köhler T, Schoop E, Kahnwald N (Eds) Gemeinschaften in neuen Medien. Erforschung der digitalen Transformation in Wissenschaft, Wirtschaft, Bildung und öffentlicher Verwaltung, Dresden: TUD-press, 12–23.
- Kapur M (2015), Learning from productive failure. Learning: Research and Practice 1:51–65.
- Keller G, Nüttgens M, Scheer A-W (1992), Semantische Prozeßmodellierung auf der Grundlage "Ereignisgesteuerter Prozeßketten". Institut für Wirtschaftsinformatik Heft.
- Kobelt D, Herrmann J-P, Tackenberg S, Gamber T (2020), Petri-Netz Architekturen zur Modellierung von menschlichen Fehlern und Fehlerauswirkungen in Arbeitsprozessen. In: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft (Ed) Digitaler Wandel, digitale Arbeit, digitaler Mensch?: GfA-Press, B.17.1.
- Langner P, Schneider C, Wehler J, Ereignisgesteuerte Prozeßketten und Petri-Netze: Bericht Nr. 196. Hamburg.
- Luczak H, Volpert W, Raeithel A, Schwier W (1989), Arbeitswissenschaft: Kerndefinition-Gegenstandskatalog-Forschungsgebiete. Köln: TÜV Rheinland.
- Mending J, Nüttgens M (2003), XML-basierte Geschäftsprozessmodellierung. In: Uhr W, Esswein W, Schoop E (Eds) Wirtschaftsinformatik 2003/Band II: Medien - Märkte - Mobilität, Heidelberg: Physica-Verlag HD; Imprint; Physica, 161–180.
- Object Management Group (2003), Unified Modeling Language. 1.5.
- Object Management Group (2011), Business Process Model And Notation. 2.0.
- Object Management Group (2017), Unified Modeling Language. 2.5.1.
- Polyvyanny A, Smirnow S, Weske M (2008), Reducing Complexity of Large EPCs. In: Loos P, Nüttgens M, Turowski K, Werth D (Eds) Modellierung betrieblicher Informationssysteme: Modellierung zwischen SOA und Compliance Management, Bonn: Köllen Druck+Verlag, 195–208.
- Rauner F (2017), Methodenhandbuch: Messen und Entwickeln beruflicher Kompetenzen (COMET). Bielefeld: wbv.
- Scheer A-W (1995), Wirtschaftsinformatik Studienausgabe: Referenzmodelle für industrielle Geschäftsprozesse. Berlin, Heidelberg, s.l.: Springer Berlin Heidelberg.
- Schlick C, Bruder R, Luczak H (2018), Arbeitswissenschaft. Berlin: Springer Vieweg.
- Software AG (2019), ARIS Express. Darmstadt.
- Staud JL (2006), Geschäftsprozessanalyse: Ereignisgesteuerte Prozessketten und objektorientierte Geschäftsprozessmodellierung für Betriebswirtschaftliche Standardsoftware (German Edition). Dordrecht: Springer.

Danksagung: Der Beitrag entstammt dem Projekt „FeDiNAR – Fehler didaktisch nutzbar machen mit AR“. Es wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) innerhalb des Fachprogramms „Digitale Medien in der beruflichen Bildung“ gefördert und vom DLR Projektträger unter dem FKZ 01PV18005A betreut.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

Digitale Arbeit, digitaler Wandel, digitaler Mensch?

66. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

TU Berlin
Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme

HU Berlin
Professur Ingenieurpsychologie

16. – 18. März 2020, Berlin

GfA-Press

Bericht zum 66. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 16. – 18. März 2020

**TU Berlin, Fachgebiet Mensch-Maschine-Systeme
HU Berlin, Professur Ingenieurpsychologie**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.
Dortmund: GfA-Press, 2020
ISBN 978-3-936804-27-0

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 Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Kongressband 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

© 2020 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de