

Erhöhung der Einsatzflexibilität operativer Mitarbeiter durch Differenzielles Lehren und Lernen – Adaption und Validierung motorischer Lerntheorien für die industrielle Montage

Kirsten WEISNER¹, Jochen DEUSE¹, Thomas JAITNER²

¹ *Institut für Produktionssysteme, Technische Universität Dortmund
Leonhard-Euler-Straße 5, D-44227 Dortmund*

² *Institut für Sport und Sportwissenschaft, Technische Universität Dortmund
Otto-Hahn-Straße 3, D-44227 Dortmund*

Kurzfassung: Kurze Produktlebenszyklen, eine steigende Produkt- und Prozessdiversifikation sowie die zunehmende Digitalisierung der Arbeitswelt führen zu oftmals hoch komplexen und durch eine geringe Wiederholhäufigkeit gekennzeichneten Produktionsprozessen. Diese wiederum erfordern eine hohe Flexibilität und Anpassungsfähigkeit der Beschäftigten sowie neue Anlernkonzepte zur Befähigung derselben. Basierend auf motorischen Lerntheorien wurde daher ein innovatives Anlernkonzept, das konkret die Anpassungs- und Adaptionfähigkeit der Beschäftigten an unterschiedliche Rahmenbedingungen fördert, entwickelt und empirisch validiert. Die Beschreibung des Untersuchungsdesigns sowie die Ergebnisdarstellung und -diskussion sind Gegenstand des vorliegenden Beitrags.

Schlüsselwörter: Einsatzflexibilität, Motorisches Lernen, Qualifizierung operativer Beschäftigter, Differenzielles Lernen, REFA-Vier-Stufen-Methode

1. Qualifizierung von Beschäftigten in der industriellen Fertigung und Montage

In der industriellen Praxis und fachwissenschaftlichen Literatur existieren zahlreiche Ansätze und Methoden für das Anlernen bzw. die Qualifizierung von Beschäftigten in der industriellen Fertigung und Montage (z.B. Training Within Industry). Diese dienen jedoch vornehmlich dem Erlernen neuer Fertigkeiten und weniger der gezielten Förderung der Flexibilität und Adaptionfähigkeit der Beschäftigten. Auch die in der jüngeren Vergangenheit oftmals thematisierte Kompetenzentwicklung durch sog. Planspiele und Lernfabriken fokussiert nur bedingt den flexiblen Einsatz von Beschäftigten, sondern stattdessen vielmehr die Optimierung von Arbeitssystemen unter Einbezug des Wissens und der Fertigkeiten operativer Beschäftigter. Eine gezielte, systematische und vom Arbeitsprozess ausgehende Förderung der Flexibilität und Anpassungsfähigkeit erfolgt jedoch nicht.

Aus diesem Grund wurde an der TU Dortmund ein neuer Ansatz zur Befähigung industrieller Beschäftigter entwickelt. Mittels dessen werden Beschäftigte systematisch zur Ausführung differenzierter, stets variierender Arbeitsaufgaben bei gleichbleibender Leistung befähigt. Die Basis hierfür bildet ein integrativer, systemdynamischer Ansatz aus den Bewegungswissenschaften (Action Approach) (Weisner et al. 2015). Eine Übertragung des Ansatzes in ein Konzept des Bewegungslernens ist das sog. Differenzielle Lernen (DL). Ein wesentliches Merkmal dessen ist das konstruktivistische Verständnis von Variabilität. So werden die Orientierung an einer definierten Standard-/Idealbewegung bewusst in Frage gestellt und die Variabilität und Flexi-

bilität gezielt als erforderliche Voraussetzung für das Lernen selbst genutzt. Ziel des DL ist die Verbesserung der Selbstorganisation der Lernenden und somit die Fähigkeit bei wechselnden Rahmenbedingungen bestmöglich auf diese zu reagieren. Fokus des Ansatzes ist zusammenfassend das „Lernen des Anpassens“ und nicht das Lernen einer wiederholbaren Idealbewegung (Schöllhorn et al. 2015). In verschiedenen Disziplinen des Sports konnten durch das DL positive Effekte nachgewiesen werden (z.B. Leistungssteigerung, Stabilisierung des Outputs, verbesserte Anpassungsfähigkeit sowie Optimierung und zeitliche Stabilisierung von Fertig- und Fähigkeiten) (u.a. Beckmann 2013; Jaitner und Schinz 2012). Für eine detaillierte Beschreibung des systemdynamischen Ansatzes respektive des DL sei auf Schöllhorn 1999 und Beckmann 2013 verwiesen.

1.1 Anlernen nach der REFA-4-Stufen-Methode

Die REFA-4-Stufen-Methode ist ein direktives Ausbildungsverfahren und an dem Prinzip des Vormachens und Nachmachens orientiert (Paulik 1984; Pätzold 1996). Sie findet vornehmlich beim Anlernen manueller, kurzyklischer und einfach strukturierter Tätigkeiten Anwendung, die gemäß eines Standards bzw. idealtypischen Verlaufs in einer definierten Abfolge durchzuführen sind (REFA 1991). Kennzeichnend für die Methode ist die starke Segmentierung der auszuführenden Tätigkeit in Teilschritte sowie die Definition von Kernpunkten (Pätzold 1996). Die Methode ermöglicht einen schnellen Wissenstransfer, ein sofortiges Erfolgserlebnis sowie eine unmittelbare Erfolgskontrolle. Sie beeinträchtigt mitunter jedoch auch ein selbstverantwortetes bzw. -gesteuertes Lernen. Die Transfer-, Problemlöse-, Dispositions- und Entscheidungsfähigkeit der Lernenden wird nicht gezielt gefördert (Keller 1995; Ruschel 2008). Die erste Stufe (Vorbereitung) umfasst u.a. die fachlich methodische Vorbereitung, die Ermittlung der Vorkenntnisse der Lernenden, die Nennung der Lernziele sowie das Wecken von Interesse durch den Lehrenden umfasst. Das eigentliche Erlernen der Montageaufgabe erfolgt in den Stufen zwei bis vier (2: Vorführung, 3: Ausführung, 4: Abschluss).

Während der empirischen Untersuchung erfolgte zunächst die Vorführung der Montagetätigkeit durch den Versuchsleiter (VL). Während der Vorführung wurden den Versuchspersonen (Vpn) der gesamte Bewegungsablauf und die definierten Kernpunkte erläutert (Stufe 2). Auf diese Weise konnte ein Verständnis für den Gesamtablauf geschaffen werden. In der dritten Stufe führten die Vpn die Montage selbstständig durch und erläuterten parallel ihr Vorgehen. Die somit vollzogene Verknüpfung zwischen Handeln und Sprechen war eine wesentliche Voraussetzung für die Festigung des Gelernten. Der VL stand den Vpn in dieser Phase helfend, beratend und korrigierend zur Seite. In der vierten Stufe übten die Vpn die Montagetätigkeit eigenständig; der VL führte lediglich (Intervall-)Kontrollen durch. Auf diese Weise wurden die Vpn zur Selbstkontrolle befähigt.

Zusammenfassend lag der Fokus des Anlernens auf der Vermittlung eines im Vorfeld definierten Standards der Arbeitsausführung (u.a. Reihenfolge der Prozessschritte, beidhändige Arbeitsausführung). Dies erfolgte durch eine enge Begleitung der Vpn durch den VL, durch regelmäßige Kontrollen und durch detaillierte Erläuterungen und intensive Diskussionen der Kernpunkte sowie der eigentlichen Montagetätigkeit.

1.2 Differenzielles Lehren und Lernen in der industriellen Montage (DiMo)

Die REFA-Vier-Stufen-Methode fokussiert die Ausführung eines definierten Ideal-/Standardablaufs durch hohe Wiederholzahlen und detaillierte Korrekturanweisungen. Abweichungen von dem vorgegebenen Ideal werden als Fehler verstanden und sind zu vermeiden. Im Gegensatz dazu werden beim DL Variationen im Sinne von Fluktuationen bzw. Intermittenzen als Voraussetzung für adaptive und lernfähige Systeme verstanden. Statt der Vorgabe einer Idealbewegung wird den Lernenden ein größtmöglicher Lösungsraum aufgezeigt, innerhalb dessen die jeweils optimale Bewegungsausführung situationsspezifisch ausgewählt werden kann. Durch die ständige Konfrontation mit wechselnden Aufgaben werden die dynamischen Fähigkeiten des Menschen gestärkt, so dass dieser befähigt wird, auf neue Aufgaben und geänderte Rahmenbedingungen schnell und adäquat zu reagieren. Für die Bewegungswissenschaften definiert Schöllhorn (1999) folgende Variationsbereiche: Gelenkwinkel, Gelenkwinkelgeschwindigkeit, Gelenkwinkelbeschleunigung, Randbedingungen der Bewegung sowie die Aufmerksamkeitslenkung auf einzelne Bewegungsaspekte.

Für die industrielle Montage wurden daran angelehnt nachstehende Parameter variiert: Art der Bewegungsausführung (Anfangs- und Endbedingungen, Umfang), zu verwendende Materialien und Geräte sowie die Umgebungsgestaltung. Um eine Änderung der Bewegungsausführung zu erzielen, wurden die Vpn an unterschiedlichen Arbeitsplätzen angelehrt. Diese waren durch eine jeweils unterschiedliche Materialbereitstellung gekennzeichnet. So erfolgte die Bereitstellung z.T. in unterschiedlichen Behältern, die Behälter wurden an differenzierten Flächen am Arbeitsplatz bereitgestellt oder das Material war entweder vermischt, vereinzelt oder vorkommissioniert. Zudem wurde die Höhe der Arbeitsplätze und der Ebene für die Materialbereitstellung variiert sowie wechselnde Vorrichtungen, Werkstückträger und Werkzeuge verwendet. Änderungen in der Umgebungsgestaltung wurden durch das Tragen von Gehörschutz und Sonnenbrille simuliert. Um zudem die Gelenkwinkelgeschwindigkeit und -beschleunigung zu variieren, wurde die Vpn in ihrer Bewegungsfreiheit mitunter eingeschränkt. Dies erfolgte durch das Tragen von Kitteln, Handschuhen oder Augenklappen, durch das Montieren auf sog. Balance Pads oder das Montieren mit Gewichten an den Unterarmen bzw. mit der nicht dominanten Hand. Zudem erfolgte die Montage sowohl im Stehen als auch im Sitzen auf unterschiedlichen Stühlen. Es ist herauszustellen, dass den Vpn lediglich die Vorgabe gegeben wurde das Produkt fehlerfrei zu montieren. Die Freiheitsgrade, die der entsprechende Vorranggraph des Produkts zulässt, konnten bzw. sollten ausgenutzt werden. Es gab keine Vorgabe eines idealen Ablaufs. Darüber hinaus wurden die dargestellten Variationen über die Zeit variiert. Die Vpn führten die Montagezyklen mit den jeweiligen Variationsausprägungen jeweils nur einmal durch.

2. Untersuchungsdesign

Das Ziel der empirischen Untersuchung war die Validierung des differenziellen Lernkonzepts für die industrielle Montage. Im Fokus stand dabei die *Leistungsänderung über die Zeit* in Abhängigkeit des verwendeten Anlernkonzepts. Zu diesem Zweck war es erforderlich ein Design mit mind. zwei Messpunkten (Pre-/Posttest) zu definieren. Darüber hinaus wurde die *zeitliche Stabilität der Leistungsänderung* in Abhängigkeit des Lernkonzepts untersucht. Dies erfolgte durch die zusätzliche

Durchführung eines Retentionstests. Da die gezielte Förderung der Flexibilität und Anpassungsfähigkeit industrieller Beschäftigter das wesentliche Ziel der Adaption des DL war, wurde ferner die *Anpassungsfähigkeit der Leistung auf andere Kontexte* untersucht. Hierzu wurden zwei Transfertests dem Untersuchungsdesign hinzugefügt. Abschließend galt es die *Konstanz der Leistung* während der einzelnen Tests zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurden neben reinen Lageparameter zusätzlich Dispersionsmaße (z.B. Standardabweichung) ausgewertet. Das gewählte Untersuchungsdesign ist schematisch in Tabelle 1 dargestellt. Beide Versuchsgruppen montierten in der Aneignungsphase die gleiche Anzahl an Produkten (28).

Tabelle 1: Schematischer Ablauf des Untersuchungsdesigns

Einführung	Aneignungs-/Interventionsphase							Retentionsphase	
Woche 1		Woche 2		Woche 3		Woche 4		Woche 5 + 6	
Termin 1	Termin 2	Termin 3	Termin 4	Termin 5	Termin 6	Termin 7	Termin 8	Termin 9	
<ul style="list-style-type: none"> • Motivation • Organisatorisches • Übung 	<ul style="list-style-type: none"> • Pretest 	<ul style="list-style-type: none"> • Randomisierte Einteilung der Probanden in zwei Gruppen • Anlernen der Montageaufgabe an insg. 5 Terminen 					<ul style="list-style-type: none"> • Posttest • Transfer-test 1 		<ul style="list-style-type: none"> • Posttest • Transfer-test 2
ca. 60 min	ca. 60 min	Je Termin ca. 60 min, dies umfasst ca. 6 Stunden (360 min)					ca. 90 min		ca. 90 min

2.1 Durchführung und Ablauf

Die empirische Untersuchung fand von September bis Dezember 2017 im Labor für Arbeits- und Zeitstudium des Instituts für Produktionssysteme (IPS) in Dortmund statt. Die aufgebauten Arbeitsplätze wurden gemäß DIN EN ISO 6385:2016 gestaltet und einer Gefährdungsbeurteilung unterzogen. Im Rahmen des Pre-, Post-, und Retentionstest montierten die Vpn in sechs Zyklen je ein 2-Stufen-Getriebe. Aufgabe der Transfertests war die Montage einer Pumpe (1) bzw. die Montage einer Lampe (2) in sechs (1) bzw. vier (2) Zyklen. Während der Tests wurden die Zykluszeiten und Montagefehler erfasst. Da die Vpn kein Feedback während der Tests erhielten, wurden folgende Fehlerarten (Punkte) erfasst: ein Fehler (0), Wiederholfehler (0,5), Fehler (1). Zusätzlich wurde nach jedem Test die psychische Beanspruchung der Vpn erfasst (RSME, NASA-TLX, HRV).

2.2. Zusammensetzung der Stichprobe

An der Untersuchung nahmen n = 22 Probanden teil. Neben den demografischen Daten wurden die Vpn zu ihrer Vorerfahrung im Bereich der Montage befragt. Dies erfolgte durch eine sechsstufige Likert-Skala (1 = keine Erfahrung, 6 = umfangreiche Erfahrung). Die Zusammensetzung der Stichprobe(n) ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Zusammensetzung der untersuchten Stichprobe

Gruppe	n	w	m	Alter (Median) [Jahre]	Spannweite (min – max) [Jahre]	Vorerfahrung (Median)
REFA	11	4	7	27	40 (21 – 61)	3
DiMo	11	4	7	25	42 (22 – 64)	2
Gesamt	22	8	14	27	43 (21 – 64)	2,5

3. Ergebnisse

Aufgrund der Größe der Stichprobe und der Verteilung der erhobenen Daten wurden für die interferenzstatistische Auswertung parametrische Verfahren verwendet. Für den Vergleich der Mittelwerte bzgl. der Zykluszeiten, Fehlerpunkte und Beanspruchung wurde ein t-Test eingesetzt. Dieser wurde für den Vergleich der erhobenen Daten im Pre-, Post- und Retentionstest um eine ANOVA mit Messwiederholung ergänzt. Eine Anpassung von Ausreißern hat nicht stattgefunden. Die Irrtumswahrscheinlichkeit für den α -Fehler wurde bei zweiseitiger Testung für alle Analysen auf 5 % festgelegt.

Bezogen auf den Pre-, Post-, und Retentionstest wurden die Erwartungen an das entwickelte Anlernkonzept erfüllt. Die Kontrollgruppe (REFA) weist eine signifikante zeitliche Leistungssteigerung (in sek.) zwischen Pretest (T_0) und Posttest (T_1) von 26 % auf ($\bar{x}(T_0) = 382,33$; $\bar{x}(T_1) = 279,22$; $p = .000$). Der Vergleich von T_0 mit dem Retentionstest T_2 zeigt einen signifikanten Leistungsanstieg von 21 % ($\bar{x}(T_0) = 382,33$; $\bar{x}(T_2) = 292,62$; $p = .000$). Dies entspricht einem Leistungsverlust über die Retentionsphase von fünf Prozentpunkten. Die Interventionsgruppe (DiMo) weist eine signifikante zeitliche Leistungssteigerung zwischen Pretest (T_0) und Posttest (T_1) von 24 % auf ($\bar{x}(T_0) = 358,23$; $\bar{x}(T_1) = 270,90$; $p = .000$). Der Vergleich von T_0 mit dem Retentionstest T_2 zeigt einen signifikanten Leistungsanstieg von 22 % ($\bar{x}(T_0) = 382,33$; $\bar{x}(T_2) = 292,62$; $p = .000$). Dies entspricht einem Leistungsverlust über die Retentionsphase von zwei Prozentpunkten. Ein signifikanter Unterschied der Leistungsänderungen zwischen den Versuchsgruppen besteht nicht. Analog verhalten sich die Standardabweichung der Versuchsgruppen sowie die erfasste subjektive Beanspruchung mittels RSME. Während je Versuchsgruppe ein signifikanter Unterschied zu den erhobenen Zeitpunkten besteht, kann im Vergleich der Gruppen keine statistische Signifikanz festgestellt werden. Für den Retentionstest stehen noch zwei Datenreihen für die Kontrollgruppe sowie drei Datenreihen für die Interventionsgruppe aus.

Bei der Auswertung der ersten Transfertests zeigte sich hinsichtlich des Mittelwerts der Zykluszeiten keine klare Tendenz ($\bar{x}(\text{REFA}) = 388,81\text{s}$; $\bar{x}(\text{DiMo}) = 360,01\text{s}$; $p = .29$). Bei der Untersuchung der Konstanz der Leistung ist hingegen festzustellen, dass die Standardabweichung (SD) der Kontrollgruppe im Mittel deutlich höher ist als die der Interventionsgruppe ($\text{SD}(\text{REFA}) = 120,48\text{s}$; $\text{SD}(\text{DiMo}) = 88,78\text{s}$; $p = .0204$). Ein signifikanter Unterschied bei der noch nicht vollständigen Untersuchungsgruppe liegt allerdings nicht vor. Gleiches gilt für die erhobene mittlere subjektive Beanspruchung ($\text{RSME}(\text{REFA}) = 98,82$; $\text{RSME}(\text{DiMo}) = 77,36$; $p = .119$).

4. Zusammenfassung und Diskussion

Für die Ergebnisinterpretation ist zwischen den Ergebnissen des Pre-, Post- und Retentionstest sowie den Ergebnissen des Transfertests zu differenzieren. Bezogen auf den ersten Aspekt ist festzustellen, dass die Vpn durch beide Lernkonzepte eine signifikante Steigerung in ihrer Montageleistung erfahren. Es ist somit zu konstatieren, dass das neu entwickelte Anlernkonzept zur REFA-Vier-Stufen-Methode vergleichbare Ergebnisse generiert. Wesentliches Ziel des Konzepts ist jedoch die Erhöhung der Anpassungsfähigkeit der Beschäftigten auf andere Kontexte. Die Auswertung des ersten Transfertests zeigt zwar keine signifikanten Unterschiede bei der noch nicht vollständig erhobenen Stichprobe, jedoch besteht eine positive Tendenz

im Falle des neu entwickelten Anlernkonzepts. Dies gilt analog für den zweiten durchgeführten Transfertest. Nach Abschluss der vollständigen Datenerhebung sind detaillierte statistische Auswertungen der vorliegenden Daten vorzunehmen. So sind die u.a. Zusammenhänge zwischen der subjektiven Beanspruchung und der Leistungsentwicklung (Zykluszeit und Fehler) zu analysieren.

Aufgrund der bereits vorliegenden positiven Befunde des entwickelten Anlernkonzepts, gilt es dieses mit weiteren Vpn empirisch zu validieren. Ferner ist zu untersuchen, inwieweit der Umfang bzw. der Grad einer Variation quantifiziert werden kann, so dass darauf aufbauend eine Definition des optimalen Variationsgrads für eine vorliegende Montageaufgabe möglich ist.

5. Literatur

- Beckmann H (2013) Untersuchung der Auswirkungen verschiedener Variationsbereiche des Differenziellen Lernens und Lehrens im weiten Sinn auf ausgewählte technische Grundfertigkeiten im Hallenhockey. Dissertation Universität Mainz
- Jaitner T, Schinz F (2012) Effects of increased variability during motor learning of the short serve in recreational and competitive BadmintonPlayers. In: Meeusen R, Duchateau J, Roelands B, Klass M, De Geus B, Baudry S, Tsolakidis E. (Hrsg.): 17th Annual congress of the European College of Sport Science (ECSS 2012). 562.
- Pätzold, G. (1996) Lehrmethoden in der beruflichen Bildung. 2., erw. Aufl. Heidelberg: Sauer (Heidelberger Fachbücher für Praxis und Studium).
- Paulik H. (1984) Der Ausbilder im Unternehmen. 10., völlig überarb. u. erw. Aufl. Landsberg am Lech: Moderne Industrie.
- REFA (1991) Methodenlehre der Betriebsorganisation. Arbeitspädagogik. 3. Aufl. München: Carl Hanser.
- Ruschel A (2008) Arbeits- und Berufspädagogik für Ausbilder in Handlungsfeldern. 2., völlig neue Aufl. Ludwigshafen (Rhein): Kiehl (Lernen).
- Schöllhorn WI (1999) Individualität – ein vernachlässigter Parameter. Leistungssport 29 (2):5-12.
- Schöllhorn WI, Eekhoff, A., Hegen, P. (2015) Systemdynamik und differenzielles Lernen. In: Sportwissenschaft. 45:127-137.
- Weisner K., Deuse J., Jaitner T (2015) Erhöhung der Einsatzflexibilität operativer Mitarbeiter – Adaption eines Trainingsansatzes aus den Sport und Bewegungswissenschaften zur Entwicklung eines individuellen Mitarbeitertrainings. ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 110 (9):537-541.



Gesellschaft für
Arbeitswissenschaft e.V.

ARBEIT(s).WISSEN.SCHAF(F)T
Grundlage für Management & Kompetenzentwicklung

64. Kongress der
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

FOM Hochschule für
Oekonomie & Management gGmbH

21. – 23. Februar 2018

GfA Press

Bericht zum 64. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 21. – 23. Februar 2018

FOM Hochschule für Oekonomie & Management

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Dortmund: GfA-Press, 2018

ISBN 978-3-936804-24-9

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.

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

USB-Print:

Prof. Dr. Thomas Heupel, FOM Prorektor Forschung, thomas.heupel@fom.de

Screen design und Umsetzung

© 2018 fröse multimedia, Frank Fröse

office@internetkundenservice.de · www.internetkundenservice.de