

## **Yes, I can: Auffrischungsmaßnahmen für Nicht-Routine Situationen in hoch-automatisierten Arbeitsumgebungen der chemischen Produktion**

Marina KLOSTERMANN<sup>1</sup>, Stephanie CONEIN<sup>2</sup>, Thomas FELKL<sup>2</sup>, Annette KLUGE<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Fakultät für Psychologie, Lehrstuhl für Arbeits-, Organisations-, und  
Wirtschaftspsychologie, Ruhr-Universität Bochum  
Universitätsstraße 150, D-44780 Bochum*

<sup>2</sup> *Bundesinstitut für Berufsbildung  
Robert-Schuman-Platz 3, D-53175 Bonn*

**Kurzfassung:** Der vermehrte Einsatz von hoch-automatisierten Anlagen kann die Bediener:Innenperformanz beeinflussen, indem zuvor erlernte Kompetenzen über einen längeren Zeitraum nicht angewandt werden. Diese seltene Anwendung kann zu einem erschwerten Abruf relevanter Wissens- und Fertigkeitselemente führen. Auffrischungen können den Abruf dieser und die Bediener:Innenperformanz in hoch-automatisierten Bereichen erhöhen. Erste Ergebnisse zeigen, dass vor allem Wissen um den Produktionsprozess und Erfahrungswissen in der chemischen Produktion essenziell sind. Mentale Modelle können hierbei eine zentrale Rolle einnehmen. Es wird daher eine systematische Gestaltung von Auffrischung zur Erhöhung des Abrufs von Wissens- und Fertigkeitselementen in mentalen Modellen vorgeschlagen.

**Schlüsselwörter:** Mentale Modelle, komplexe kognitive Fertigkeit, Refresher, Nicht-Routine Situation, chemische Produktion, Automation

### **1. Einleitung: Hintergrund und Relevanz**

Die Aufgabe von Bediener:Innen an hoch-automatisierten Anlagen, z.B. in der chemischen Produktion, besteht zunehmend darin, automatisch gesteuerte Systemelemente zu überwachen, um Systemausfälle oder Störungen frühzeitig zu erkennen, zu diagnostizieren und zu kompensieren (Kluge 2014; Rouse & Morris 1986). Hierfür sind komplexe kognitive Fertigkeiten notwendig. Komplexe kognitive Fertigkeiten bestehen aus unterschiedlichen Wissens- und Fertigkeitskomponenten, die erlernt, verarbeitet, gespeichert und integriert werden müssen (van Merriënboer & Kirschner 2018). In Routine Situationen an hoch-automatisierten Anlagen werden eine Vielzahl der zuvor erlernten Wissens- und Fertigkeitskomponenten nicht benötigt. In Nicht-Routine Situationen müssen diese jedoch ad-hoc mobilisiert und angewendet werden. Eine seltene Anwendung von Wissens- und Fertigkeitskomponenten ohne Möglichkeit auf Wiederholung, kann einen Abruf dieser in Nicht-Routine Situationen erschweren, was einen Einfluss auf die Sicherheit haben kann (Kluge 2014; Bainbridge 1983). Dieser Beitrag zeigt auf, was bei der Gestaltung von Wiederholungsmöglichkeiten (z.B. durch Auffrischungen) zur Erhöhung des Abrufs relevanter Wissens- und Fertigkeitskomponenten für hoch-automatisierte und Nicht-Routine Situationen zu berücksichtigen ist.

Um die Sicherheit in Nicht-Routine Situationen für BedienerInnen an hoch-automatisierten Anlagen zu erhöhen, ist eine Reduktion der Belastung des Arbeitsgedächtnisses und eine reibungslose Verarbeitung von Umgebungsinformationen entscheidend. Durch die Verknüpfung von Wissens- und Fertigkeitskomponenten in mentalen Modellen kann die Belastung des Arbeitsgedächtnisses reduziert (Kluge 2014) und Hinweise können in der Umgebung erkannt, interpretiert und verarbeitet werden (Vandenbosch & Higgins 1996). Mentale Modelle sind interne Repräsentationen von Bediener:Innen eines Systems und/oder Aufgabe, die auf Grundlage vorangegangener Erfahrung und aktueller Beobachtung gebildet werden und das System- bzw. Aufgabenverständnis bestimmen (Wilson & Rutherford 1989). Mentale Modelle können BedienerInnen dabei helfen Systemzustände an hoch-automatisierten Anlagen zu beschreiben, zu erklären, und vorherzusagen (Rouse & Morris 1986) und ermöglichen es einzelnen BedienerInnen Informationen zu filtern, um eine Überlastung des Arbeitsgedächtnisses zu vermeiden (Kraiger & Wenzel 2009).

Mentale Modelle unterstützen BedienerInnen bei der Verarbeitung und Anwendung von Wissens- und Fertigkeitskomponenten, jedoch können diese durch eine seltene Anwendung erschwert abrufbar sein. Eine Erklärung dafür ist, dass Wissens- und Fertigkeitselemente in mentalen Modellen nur so gut gespeichert werden wie diese auch zuvor erlernt und verarbeitet wurden (Bjork & Bjork 2020). Ist beispielsweise eine Lücke im Lernprozess im Umgang mit Nicht-Routine Situationen entstanden und wurden verwandten Wissens- und Fertigkeitskomponenten nicht zu einem mentalen Modell verknüpft, so können diese für BedienerInnen erschwert zugänglich sein. Wenn relevante Wissens- und Fertigkeitskomponenten in einem mentalen Modell jedoch häufiger abgerufen werden, steigt auch deren Zugänglichkeit (Bjork & Bjork 2020).

Durch das seltene Auftreten und die Möglichkeit Nicht-Routine Situationen zu wiederholen, ist es besonders in diesen Situationen wichtig eine hohe Abrufleistung von Wissens- und Fertigkeitskomponenten in mentalen Modellen zu erhalten (Kluge 2014). Eine hohe Abrufleistung kann durch Wiederholungen in Form von Auffrischungen erhöht werden. Das Ziel von Auffrischungen ist die Wiedererlangung eines spezifischen Wissens- und Fertigkeitslevels, welches einmal erlernt aber über einen längeren Zeitraum nicht angewandt wurde (Kluge et al. 2012).

Im Rahmen des durch das Bundesinstitut für Berufsbildung geförderten Projektes KONDITION (Conein & Felkl 2021) wird in einem ersten Schritt erstmalig für Arbeitsplätze in der chemischen Produktion die Problematik des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes, z.B. dem Verlust von Wissen, Fertigkeiten und individuellen Einstellungen, empirisch untersucht. In einem zweiten Schritt werden Auffrischungsinterventionen als mögliche Lösungen der Problematik getestet. Im vorliegenden Beitrag wird die Gestaltung dieser Interventionen zur Erhöhung der Abrufstärke von mentalen Modellen für Nicht-Routine Situationen näher ausgeführt. Dabei fließen Ergebnisse aus der ersten Phase ein, welche aufzeigen, dass vor allem Wissen um den Produktionsprozess und Erfahrungswissen als relevante Kompetenzen zur Bewältigung von Nicht-Routine Situationen durch BedienerInnen benannt wurde (Conein & Felkl 2021). Dies steht in einer Argumentationslinie zu mentalen Modellen, welche durch die individuelle Erfahrung und Interaktion mit der Umwelt entstehen und durch Verknüpfungen mit Wissens- und Fertigkeitskomponenten verändert werden können. Dies und kognitionstheoretische Überlegungen fließen in die Gestaltung der Auffrischungsinterventionen ein, was im Folgenden näher ausgeführt wird.

## **2. Design und Auffrischung mentaler Modelle**

Für die Gestaltung von Auffrischungen für die Erhöhung der Abrufstärke von mentalen Modellen in Nicht-Routine Situationen in hoch-automatisierten Umgebungen wie der chemischen Produktion, sind verschiedene Prinzipien zu berücksichtigen. Bei dem Design einer Auffrischungsintervention für mentale Modelle wird ein systematischer Ansatz verfolgt, indem ein Vorschlag zur Ermittlung des Auffrischungsbedarfs, zur Konzeption und Evaluation der Auffrischungsintervention abgeleitet werden (Cannon-Bowers et al. 1991).

### *2.1. Mentale Modelle und Kognitive Aufgabenanalyse*

Um zu ermitteln welche Wissens- und Fertigkeitskomponenten in mentalen Modellen für Nicht-Routine Situationen in hoch-automatisierten Umgebungen nötig sind, um ein gewünschtes Performanz Level von Bediener:Innen zu erreichen, ist eine Festlegung des Auffrischungsbedarfs notwendig (Kluge & Burkolter 2013). Auffrischungsbedarfe sollten auf Job-/Aufgabenanalysen basieren. Eine dieser Analyseform ist die kognitive Aufgabenanalyse, welche die Expertise, Kognition und mentale Modelle betrachtet (Kluge & Burkolter 2013). Diese hat das Ziel, Inhalt und Struktur des Wissens zu spezifizieren, was für eine erfolgreiche Aufgabenerfüllung erforderlich ist (Cannon-Bowers et al. 1991). Darüber hinaus gibt die kognitive Aufgabenanalyse Aufschluss über die Organisation der erforderlichen Wissenskomponenten und den Beziehungen zwischen wichtigen Konzepten und bezieht sich auf die Entwicklung der Wissensstruktur von Anfänger:Innen und ExpertInnen. Eine Unterscheidung zwischen AnfängerInnen und ExpertInnen ist relevant, da die Organisation von Wissenskomponenten stark abweichen kann: während ExpertInnen Wissenskomponenten in tief unterliegenden Prinzipien organisieren, organisieren AnfängerInnen Wissenskomponenten eher um „oberflächliche“ Merkmale (Chi et al. 1981). Dies lässt sich durch unterschiedliche Lernstadien erklären. Während AnfängerInnen zunächst deklaratives Wissen aufbauen (Wissen über Fakten, Beziehungen, Elementregeln), wird mit fortschreitendem Lernen die Organisation des mentalen Modells verändert, sodass Wissen prozeduraler wird (Fokus, wie die Aufgabe ausgeführt wird) (Anderson 1982; Cannon-Bowers et al. 1991).

### *2.2. Mentale Modelle und Auffrischung - Konzeption und Didaktik*

Sind die relevanten Wissens- und Fertigkeitskomponenten in mentalen Modellen einer Nicht-Routine Situation ermittelt, können unterschiedliche Maßnahmen ExpertInnen und AnfängerInnen bei der Erhöhung der Abrufstärke mentaler Modelle unterstützen und BedienerInnen auf dem Weg zur Expert:Innenperformanz bestärken. Hierfür wird auf didaktische Maßnahmen zurückgegriffen, die das Erfahrungsbasierte Lernen und die kognitive Lehre (engl. Cognitive apprenticeship) fokussiert. Dabei wird BedienerInnen die Möglichkeit gegeben durch eine Transformation der individuellen Erfahrung Wissens- und Fertigkeitskomponenten aufzubauen, indem Strategien von Expert:Innen beobachtet, angewandt, und entdeckt und eigene Konzepte entwickelt werden können (Collins 2006; Kolb 1984).

Methoden, die die Beobachtung und Anwendung von Wissens- und Fertigkeitskomponenten fokussieren und den Aufbau dieser unterstützen, sind Modellierung, Coaching und das Scaffolding. Modellierung beschreibt eine Möglichkeit

Expert:Innenperformanz bei der Lösung einer Nicht-Routine Situation zu beobachten und eigene konzeptuelle Modelle zu entwickeln, die notwendig sind, um diese Situationen bewältigen zu können (Collins 2006). Coaching und Scaffolding sind unterstützende Maßnahmen, in denen BedienerInnen während der Ausführung einer Übung z.B. Hinweise, Feedback oder angeleitete Unterstützung bei der Durchführung einer Nicht-Routine Situation erhalten. Während des Coachings und Scaffoldings können BedienerInnen eigene Erfahrungen sammeln, die weitere Verknüpfungen von Wissens- und Fertigkeitskomponenten hervorrufen und BedienerInnen näher an Expert:Innenperformanz führen sollen (Collins 2006).

Methoden, die eine Feststellung der eigenen und/oder Expert:Innenperformanz fokussiert, sind Artikulation und Reflexion. Artikulation beschreibt, dass BedienerInnen angehalten werden, ihr Wissen, Überlegungen und Problemlöseprozesse explizit zu äußern. Dies kann das Wissen vertiefen und das Verständnis über die Problemlösung weiterentwickeln. Reflexion beschreibt eine Methode, indem das eigene Verhalten während einer Übung mit der von Expert:Innen, anderen BedienerInnen oder dem mentalen Modell der Expert:Innenperformanz verglichen wird. Durch den Vergleich der eigenen Performanz in einer Nicht-Routine Situation mit der von ExpertInnen oder anderen BedienerInnen, kann ein bewusster Zugang und Kontrolle zu der eigenen Problemlösestrategie hervorgehoben werden (Collins 2006).

Die Methode, die die Konzeption des Verständnisses der zu lösenden Aufgabe fördert und bei der Durchführung von ExpertInnen-Problemlösungsprozessen unterstützt, ist die Exploration. Bei der Exploration können BedienerInnen angeleitet werden selbstständig an Problemlöseprozessen zu arbeiten, indem allgemeine Ziele gesetzt und BedienerInnen ermutigt werden, sich auf bestimmte Subziele zu konzentrieren. Die Methode der Exploration fördert die Autonomie durch sowohl das eigenständige Ausführen von Problemlöseprozessen von Expert:Innen als auch durch das explizite Definieren des zu lösenden Problems (Collins 2006).

### *2.3. Mentale Modelle in der Evaluation*

Um die Effektivität von Auffrischungen für den Aufbau und Erhalt mentaler Modelle zu überprüfen, sollte nach der Auffrischung eine Evaluation durchgeführt werden. Der Erhalt der Abrufstärke mentaler Modelle kann durch einen Vergleich prä-post bezogen auf die Auffrischung und/oder durch einen Vergleich der individuellen mentalen Modelle von Bediener:Innen mit denen von ExpertInnen durchgeführt werden. Es ist zu erwähnen, dass mentale Modelle prozessorientiert und durch die Abstraktion schwierig zu erfassen sind, sodass es sinnvoll sein kann mehrere Instrumente zur Erfassung mentaler Modelle in die Evaluation einzubeziehen (Jonassen 1994). Instrumente zur Erfassung mentaler Modelle können in kognitive, visuelle und verbale Methoden unterschieden werden. Kognitive Methoden beschreiben Instrumente, die die kognitiven Strukturen und Organisation der Wissenskomponenten von Bediener:Innen in einer bestimmten Aufgabe erfassen (Williams 1998). Unter visuellen Methoden werden Instrumente verstanden, die die Interpretation und Anwendung der Wissens Elemente einbeziehen (integratives Wissen) (Fiore et al. 2003), indem z.B. ein abstraktes Diagramm einer Systemstörung BedienerInnen vorgelegt wird und diese angehalten werden, das Diagramm zu spezifizieren. Es können auch Muster verbaler Antworten durch lautes Denken während der Durchführung einer Aufgabe ausgewertet werden (verbale Methode), um festzustellen, welches mentale Modell BedienerInnen zur Problemlösung anwenden (Cannon-Bowers et al. 1991). Durch die Erfassung mentaler Modelle, können mögliche fehlerhafte Schlussfolgerungen durch einen

Vergleich prä-post der Auffrischung und zwischen AnfängerInnen und ExpertInnen beim Problemlösen einer Nicht-Routine Situation erkannt und neue Bedarfe ermittelt werden.

### 3. Diskussion

In diesem Beitrag haben wir aufgezeigt, was bei der Gestaltung von Auffrischungen zur Erhöhung des Abrufs relevanter Wissens- und Fertigkeitskomponenten für hoch-automatisierte und Nicht-Routine Situationen zu berücksichtigen ist. Der Fokus der systematischen Gestaltung von Auffrischungen liegt auf dem Erhalt der Abrufstärke mentaler Modelle wie sie typischerweise in hoch-automatisierten Bereichen wie der chemischen Produktion in Nicht-Routine Situationen notwendig sind.

Im Rahmen der Entwicklung von Auffrischungen und der didaktischen Entscheidung von geeigneten Maßnahmen in der Praxis kann die vorgeschlagene Gestaltung einen ersten Anhaltspunkt liefern, die Auffrischung systematisch an komplex kognitive Aufgaben in einer Nicht-Routine Situation anzupassen. Es ist zu beachten, dass das Erfahrungslevel von Bediener:Innen z.B. mit dem individuellen Lernstil, der didaktischen Maßnahme und kognitiven Anstrengung verbunden ist. Das bedeutet, dass unterschiedliche Maßnahmen zur Auffrischung von Wissens- und Fertigkeitskomponenten je nach individuellem Lernstil und Erfahrungslevel einen Einfluss auf die mentale Anstrengung der einzelnen BedienerInnen und somit auf die Bediener:Innenperformanz haben kann. Zum Beispiel kann eine Durchführung von komplexen Aufgaben zu Anfang der Auffrischung, unerfahrene BedienerInnen kognitiv überlasten, sodass der Lernerfolg und somit der Erhalt der Abrufstärke minimiert wird. Darüber hinaus ist es wichtig zu beachten, dass weitere individuelle Unterschiede wie u.a. die kognitive Fähigkeit, Selbstwirksamkeit und die allgemeine Motivation zu lernen einen großen Einfluss auf den Einsatz der mentalen Anstrengung in einer Auffrischung haben und somit den Erhalt von Wissens- und Fertigkeitskomponenten zudem beeinflussen kann. Dies gilt es, in weiteren Forschungen zu Auffrischungsinterventionen für komplex kognitive Aufgaben in hoch-automatisierten Bereichen zu berücksichtigen.

Der hier vorgestellte systematische Ansatz zur Gestaltung einer Auffrischungsintervention versteht sich als erster konzeptioneller Schritt, um die Gestaltung mit Fokus auf den Abruf mentaler Modelle in Nicht-Routine Situationen anzuleiten. Eine empirische Überprüfung der Effektivität der Auffrischung auf Basis der systematischen Gestaltung, z.B. in einem Prä- Post-Posttest Design scheint als nächste Aufgabe naheliegend.

### 4. Literatur

- Anderson JR (1982) Acquisition of cognitive skill. *Psychological Review* 89 (4):369–406.  
Bainbridge L (1983) Ironies of automation. *Automatica* 19:775–779.  
Bjork RA, Bjork EL (2020) Desirable Difficulties in Theory and Practice. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition* 9:475–479.  
Cannon-Bowers JA, Tannenbaum SI, Salas E, Converse SA (1991) Toward an Integration of Training Theory and Technique. *Human Factors* 33:281–292.  
Chi MT, Glaser R, Rees E (1981) Expertise in problem solving. Pittsburg: University of Pittsburgh Learning Research and Development Center (Hrsg).  
Collins A (2006) Cognitive Apprenticeship. In: Sawyer RK (Ed): *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences*: Cambridge University Press.

- Conein S, Felkl T (2021) Projekt (KONDITION): Kompetenzerhalt für Nicht-Routine-Tätigkeiten in digitalen Arbeitsumgebungen - Studien anhand der Berufe Chemikant/in und Pharmakant/in - Fragestellung, Methodik und erste Ergebnisse. In: Gesellschaft für Arbeits-wissenschaft (Hrsg) Arbeit HUMAINE gestalten. Bochum: GfA-Press.
- Fiore SM, Cuevas HM, Oser RL (2003) A picture is worth a thousand connections: the facilitative effects of diagrams on mental model development and task performance. *Computers in Human Behavior* 19:185–199.
- Jonassen DH (1994) Operationalizing mental models: Strategies for assessing mental models to support meaningful learning and design-supportive learning environments. Pennsylvania, USA: Pennsylvania State University (Hrsg).
- Kluge A (2014) The Acquisition of Knowledge and Skills for Taskwork and Teamwork to Control Complex Technical Systems. A Cognitive and Macroergonomics Perspective. Dordrecht: Springer.
- Kluge A, Burkolter D (2013) Enhancing Research on Training for Cognitive Readiness. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making* 7:96–118.
- Kluge A, Burkolter D, Frank B (2012) “Being prepared for the infrequent”: A comparative study of two refresher training approaches and their effects on temporal and adaptive transfer in a process control task. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting* 56:2437–2441.
- Kolb DA (1984) *Experiential Learning. Experience as the source of learning and development*. Prentice-Hall: Englewood Cliffs.
- Kraiger K, Wenzel LH (2009) Conceptual Development and Empirical Evaluation of Measures of Shared Mental Models as Indicators of Team Effectiveness. In: Brannick, MT, Salas, E, Prince C (Ed): *Team performance assessment and measurement. Theory, methods, and applications*. New York, London: Psychology Press, 75–96.
- Rouse WB, Morris NM (1986) On looking into the black box: Prospects and limits in the search for mental models. *Psychological Bulletin* 100:349–363.
- van Merriënboer JG, Kirschner PA (2018) *Ten steps to complex learning. A systematic approach to four-component instructional design*. Third edition. New York, London: Routledge Taylor & Francis Group.
- Vandenbosch B, Higgins C (1996) Information Acquisition and Mental Models: An Investigation into the Relationship Between Behaviour and Learning. *Information Systems Research* 7 (2):198–214.
- Williams CG (1998) Using Concept Maps to Assess Conceptual Knowledge of Function. *Journal for Research in Mathematics Education* 29:414–421.
- Wilson JR, Rutherford A (1989) Mental Models: Theory and Application in Human Factors. *Human Factors* 31:617–634.



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## Technologie und Bildung in hybriden Arbeitswelten

68. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und  
Fabrikautomatisierung IFF, Magdeburg

02. – 04. März 2022

---

## GfA-Press

---

**Bericht zum 68. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 02. – 04. März 2022**

**Otto-von Guericke-Universität Magdeburg;  
Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF, Magdeburg**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Sankt Augustin: GfA-Press, 2022  
ISBN 978-3-936804-31-7

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle (s. u.) erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Sankt Augustin**

**Schriftleitung: Prof. Dr. Rolf Ellegast**

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.

### **Geschäftsstelle der GfA**

Simone John, Tel.: +49 (0)30 1300-13003

Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin

[info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de](mailto:info@gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de) · [www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de](http://www.gesellschaft-fuer-arbeitswissenschaft.de)

### **Screen design und Umsetzung**

© 2022 fröse multimedia, Frank Fröse

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