

Analyse vorausgehender Bedingungen für die Unterstützung makrokognitiver Prozesse in Teams in der industriellen Instandhaltung

Britta M. Grauel* Annette Kluge**
Lars Adolph***

*Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Human Factors und Ergonomie, 44149 Dortmund, Deutschland (E-Mail: grauel.britta@baua.bund.de).

**Universität Duisburg-Essen, Fakultät für Ingenieurwissenschaften, Abteilung für Informatik und Kognitionswissenschaft, Fachgebiet Wirtschafts- und Organisationspsychologie, 47057 Duisburg (E-Mail: annette.kluge@uni-due.de)

*** Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, Human Factors und Ergonomie, 44149 Dortmund, Deutschland (E-Mail: adolph.lars@baua.bund.de).

Abstract: Instandhaltungstätigkeiten umfassen Arbeiten bei laufenden Prozessen und mit engem Maschinenkontakt. Zur Instandhaltung gehören häufig ungewohnte Arbeiten und Nicht-Routineaufgaben, welche zudem unter außergewöhnlichen Bedingungen ausgeführt werden. Charakteristisch ist der Wechsel von Aufgaben und Arbeitsumfeld sowie Zeitdruck. Insbesondere die Diagnose und Behebung von Störungen ist eine schwierige und langwierige Aufgabe. Derartig komplexe und schwierige Aufgaben werden häufig von Teams ausgeführt. Obwohl Teamarbeit viele Vorteile bietet, ergeben sich aus der Interaktion von komplexen Systemen, Teamcharakteristiken (z. B. räumlich verteilt, heterogen, asynchron) und Aufgaben (z. B. Störungsdiagnose) auch fehlerbegünstigende Faktoren. Neben mikrokognitiven Prozessen der Informationsverarbeitung sind daher makrokognitive Prozesse (z. B. Wissensgenerierung im Team) nötig, um die Tätigkeiten der Teammitglieder zu koordinieren und Informationen zu konvergieren. Insbesondere örtlich verteilte Teams sind daher auf kollaborative Technologien angewiesen, welche z. B. den Aufbau eines gemeinsamen Situationsbewusstseins fördern können. Negative Implikationen sind jedoch möglich, wenn die Unterstützungstechnologie nicht auf Grundlage empirischer Forschungsergebnisse auf die Teamaufgabe sowie die -prozesse zugeschnitten ist. Daher ist ein hoher Grad an Detailwissen über das zu unterstützende Team notwendig.

Keywords: Makrokognition, Teams, Instandhaltung, Arbeitshilfen

1. EINLEITUNG

1.1 Teams in der industriellen Instandhaltung

Instandhaltung wird definiert als „Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Betrachtungseinheit zur Erhaltung des funktionsfähigen Zustands oder der Rückführung in diesen, so dass sie die geforderte Funktion erfüllen kann“ (DIN 31051: 2012-09). Instandhaltung ist ein komplexer Prozess, welcher durch Anlagenstörungen oder geplante Maßnahmen ausgelöst wird (Duffuaa, Ben-Daya, Al-Sultan & Andijani, 2001).

Produktionssysteme stellen aus Eingabegrößen (z.B. Rohmaterialien, Arbeitsleistung oder Energie) Produkte her, welche die Bedürfnisse von Kunden decken. Das Instandhaltungssystem, bestehend aus Wissen, Arbeitskraft, Ersatzteilen und anderen Ressourcen, verfolgt die Zielsetzung, Anlagen und Equipment in einem Zustand zu

erhalten, welcher die Aufrechterhaltung eines adäquaten Produktionslevels erlaubt.

Die vorliegende Studie konzentriert sich auf den Prozess der Störungsbehebung – beginnend bei der Identifikation von Symptomen bzw. des Eingangs einer Störungsmeldung bis hin zur Ausführung von geeigneten korrektiven Maßnahmen (vgl. Schaafstal, Schraagen & van Berl, 2000). Mit der Komplexität von Anlagen steigt auch die Wahrscheinlichkeit von Störungen und ihre Diagnose wird aufwändiger, da mehr Fehlersuche und Entscheidungen erforderlich sind (Bergmann & Wiedemann, 1997). Das wichtigste Ziel der Instandhaltung während störungsbedingter Unterbrechungen der Produktion ist die Wiederherstellung der Produktionsfähigkeit der Anlage. Häufig findet keine Planungsphase statt und die erforderlichen Arbeiten werden schnellstmöglich ausgeführt. Die Reaktions- und Ausführungszeit sind somit gering (Manzini, Regattiere, Pham & Ferrari, 2010).

Derartig komplexe und schwierige Aufgaben werden häufig von Teams statt von einzelnen Individuen ausgeführt. In

Anlehnung an die Zielsetzung des Instandhaltungssystems ist stellt das Sicherstellen einer hohen Anlagenverfügbarkeit die Hauptaufgabe von Instandhaltungsteams dar. Anforderungen an diese Teams sind derartig hoch, dass die Fähigkeit, diese Ansprüche zu bewältigen als Hochleistung beschrieben werden kann (Pawlowsky & Steigenberger, 2012).

Während die Verfügbarkeit der Anlagen hauptsächlich aus Kostendruck gewährleistet werden soll, bergen auch typische Instandhaltungsfehler das Risiko großer Katastrophen und Unfälle wie beispielsweise die Explosion auf der Piper Alpha Öl- und Gasplattform im Jahr 1988 zeigte (Reason & Hobbs, 2003).

1.2 Makrokognitive Prozesse in Teams

Obwohl Teamarbeit viele Vorteile bietet (z.B. die Möglichkeit gegenseitiger Hilfe, Arbeitsteilung) ergeben sich durch Teamprozesse auch fehlerbegünstigende Faktoren. Schwierigkeiten bei der Störungsdiagnose werden etwa durch die Mitarbeit vieler verschiedener Personen verstärkt. Informationen und Aufgaben können verloren gehen (Endsley & Robertson, 2000). „Problem-solving in high-stakes, time-sensitive environments necessitates processes beyond behavioral coordination“ (Lyons, Lum, Fiore, Salas, Warner & Letsky, 2012). Insbesondere das Lösen von Problemen in neuartigen Situationen erfordert internalisierte und externalisierte Prozesse auf höchster Ebene, um Wissen zu generieren. Diese Prozesse werden mit Makrokognition in Teams beschrieben (Letsky, Warner, Fiore & Smith, 2008). Genauer beschreibt Makrokognition in Teams den Prozess der Transformation internalisierten Teamwissens in externalisiertes Teamwissen durch Prozesse des individuellen Wissensaufbaus und des Wissensaufbaus im Team (Fiore, Smith-Jentsch, Salas, Warner & Letsky, 2010). Das Forschungsgebiet der Makrokognition beschäftigt sich mit der Frage, wie Teams lernen sowie bedeutungsvolles Wissen aufbauen und anwenden, um herausfordernde Probleme zu lösen (Pawlowski & Steigenberger, 2012). Fiore, Rosen et al. 2010 beschreiben die fünf makrokognitiven Prozesse (1) individueller Wissensaufbau, (2) Wissensaufbau im Team, (3) Internalisiertes Wissen, (4) externalisiertes Wissen und (5) Ergebnisse des Problemlösens (siehe Abbildung 1). Individueller Wissensaufbau beschreibt die Tätigkeiten der einzelnen Mitglieder des Teams, aufgabenrelevantes Wissen aufzubauen (z.B. Dokumente sichten). Wissensaufbau im Team beschreibt das Teilen dieses Wissens mit den anderen Teammitgliedern, um geteiltes Aufgabenwissen herzustellen. Internalisiertes Wissen des Teams beschreibt das Wissen, welches bei den einzelnen Teammitgliedern (z.B. Expertenwissen) vorhanden ist, während externalisiertes Wissen jenes Wissen beschreibt, welches vom Team geteilt wird (z.B. gemeinsam abgestimmte Fakten). Die Ergebnisse des Problemlösens im Team sind je nach Aufgabe zum Beispiel Lösungswege für die Behebung einer Störung in einer Industrieanlage.

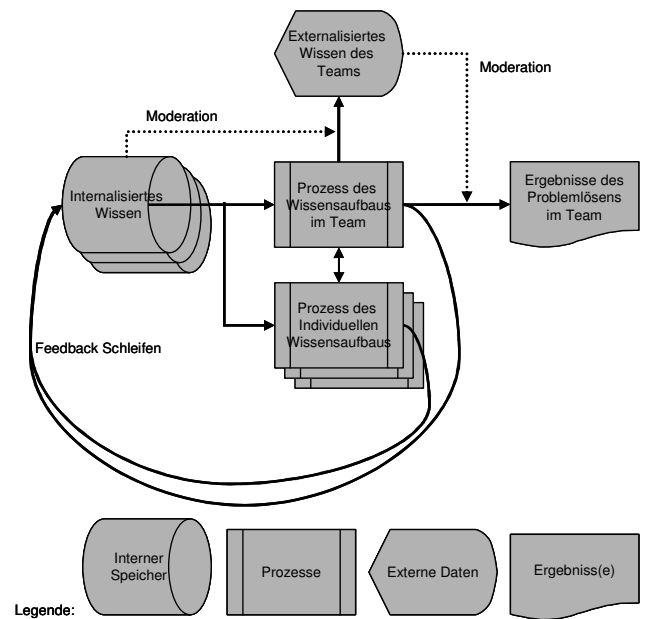


Fig. 1. Prozessmodell der Makrokognition (Fiore, Rosen, Smith-Jentsch, Salas, Letsky & Warner, 2010)

1.3 Analyse der vorausgehenden Bedingungen für die Unterstützung makrokognitiver Prozesse

Technologien können makrokognitive Prozesse in Teams unterstützen und somit die Leistung bei der Störungsbehebung verbessern, indem sie zum Beispiel relevante Informationen für alle Teammitglieder zur Verfügung stellen und somit ein geteiltes Situationsbewusstsein fördern sowie die Anforderungen an das Arbeitsgedächtnis reduzieren (Jenkins, Salmon, Stanton & Walker, 2010). Die Bereitstellung von Technologien erhöht jedoch nicht notwendigerweise die Leistung eines Teams, sondern muss das Produkt eines grundsätzlichen Verständnisses deren Bedürfnisse und Möglichkeiten sein (Salas, Cooke & Rosen, 2008). Neue Technologien zur Unterstützung makrokognitiver Prozesse sollten daher auf empirischer Forschung beruhen (Warner & Letsky, 2008). Insbesondere örtlich verteilte Teams sind auf kollaborative Technologien angewiesen, um Informationen auszutauschen und ein gemeinsames Verständnis der Situation aufzubauen (Bolstad & Endsley, 2003).

Um eine gute Entscheidung treffen zu können, wie makrokognitive Prozesse Teams in der industriellen Instandhaltung bei der Störungsbehebung unterstützt werden können, müssen zunächst die vorausgehenden Bedingungen (z.B. Charakteristiken der Teams, Umgebungsbedingungen) analysiert werden.

2. METHODIK

Im Rahmen der Analyse der vorausgehenden Bedingungen für die Unterstützung makrokognitiver Prozesse in Teams in der industriellen Instandhaltung wurde eine Anforderungsanalyse bestehend aus den zwei

Hauptkomponenten (1) Beobachtungen von Instandhaltungsteams während der Störungsbehebung in einem Walzwerk und (2) schriftliche Befragung des Instandhaltungspersonals durchgeführt.

2.1 Beobachtungen von Instandhaltungsteams während der Störungsbehebung

Im Vorfeld der Beobachtungen wurden offene Interviews mit zwei Fachexperten durchgeführt, um sich mit der Aufgabe der Störungsbehebung sowie Fachbegriffen etc. vertraut zu machen. Im Anschluss wurden Instandhaltungsteams in einem Walzwerk über verschiedene Schichten hinweg bei der Störungsbehebung beobachtet (siehe Tabelle 1). Sämtliche Beobachtungen wurden von derselben Person durchgeführt. Die Teams wurden vom Eingang einer Störungsmeldung bis hin zur Behebung der Störung begleitet. Dabei wurden insbesondere Teamprozesse sowie die Verwendung von Arbeitshilfen betrachtet.

Tab. 1. Beobachtungszeitraum

Datum	Beschreibung	Uhrzeit
08.02.2012	Frühschicht	05:30 – 14:30
09.02.2012	Frühschicht	05:30 – 14:30
10.02.2012	Nachtschicht	21:30 – 06:30
13.02.2012	Spätschicht	13:30 – 22:30
15.02.2012	Spätschicht	13:30 – 22:30
16.02.2012	Spätschicht	13:30 – 22:30

2.2 Schriftliche Befragung des Instandhaltungspersonals

Im Anschluss an die Beobachtungen fand eine schriftliche Befragung des Instandhaltungspersonals statt. Eingesetzt wurde der Fragebogen zum Informationsfluss für Arbeitsplatzinhaber (Hacker, 2008). Ein Beispielitem aus dem Fragebogen lautet: „Ich kann mich darauf verlassen, dass die Information, die ich für meine Aufgaben brauche, da ist.“ (1 = „nie“; 2 = „fast nie“; 3 = „überwiegend“; 4 = „meistens“; 5 = „immer“). Zusätzlich wurden Fragen zu verwendeten Arbeitshilfen sowie möglichen Ursachen für menschliche Fehler gestellt.

An der Fragebogenstudie haben 21 Instandhalter des Walzwerkes teilgenommen. Davon waren 8 Personen Mechniker/Schlosser (38.1%), 12 Personen Elektriker (57.1%) und eine Person (4.8%) gab an, in der Arbeitsvorbereitung zu arbeiten. Die Mitarbeiter waren zum Befragungszeitpunkt im Mittel seit 20.9 Jahren bei der Organisation ($SD = 14.84$; Min. = 0.4; Max. = 45.0) und seit 13.15 Jahren ($SD = 13.48$; Min. = 0.4; Max. = 42.0) in ihrem jetzigen Arbeitsbereich beschäftigt. Keiner der Befragten gab an, nie im Team zu arbeiten, während die Antworten der restlichen Mitarbeiter zwischen „fast nie im Team“ (28,6 %) und „immer im Team“ (19 %) schwankten (siehe Abbildung 2).

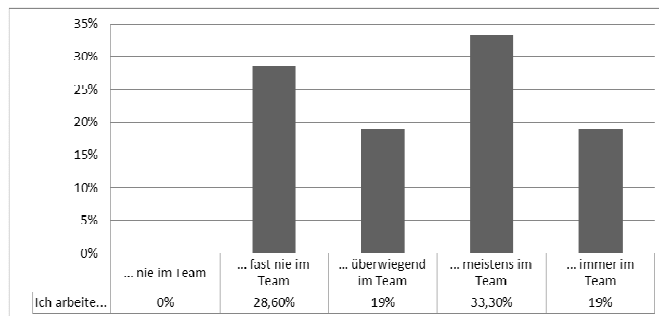


Fig. 2. Angaben zur Teamarbeit

Im Folgenden sind typische Aufgaben aufgelistet, welche die Instandhalter nach eigenen Angaben im Rahmen ihrer Arbeitstätigkeit erledigen:

- Reparatur/Instandsetzung/Störungsbehebung (15 Nennungen)
- Instandhaltung/Wartung (8 Nennungen)
- Arbeitsvorbereitung (7 Nennungen)
- Bürotätigkeiten (6 Nennungen)
- Fehlersuche (5 Nennungen)
- Materialbeschaffung (2 Nennungen)
- Montage (2 Nennungen)
- Teile auswechseln (2 Nennungen)
- Kommunikation mit Betrieben (1 Nennung)
- Kontrollgänge durchführen (1 Nennung)
- Lehrgangsplanung (1 Nennung)
- Messtechnik (1 Nennung)
- Programmierung an Anlagen (1 Nennung)
- Schaltarbeiten (1 Nennung)
- Serviceleistungen für die Produktion (1 Nennung)
- Sonderaufgaben (1 Nennung)

3. ERGEBNISSE

3.1 Beobachtung von Instandhaltungsteams während der Störungsbehebung

Charakteristiken des Problembereichs

Die Beobachtung der Instandhaltungsteams während der Störungsbehebung zeigte, dass Instandhaltungstätigkeiten häufig bei laufenden Prozessen und immer mit engem Maschinenkontakt durchgeführt werden. Die Aufgaben sind keine Routineaufgaben und manchmal ungewohnt. Es findet ein häufiger Wechsel zwischen Aufgaben (z.B. Kontrollgänge, geplante Reparaturen und Störungsbehebung) statt. Vor allem die Störungsbehebung an Hauptaggregaten findet unter enormen Zeitdruck statt.

In Anlehnung an Warner und Letsky (2008) lässt sich der Problembereich, in welchem makrokognitive Prozesse auftreten anhand der Parameter (1) Situation, (2) Team und (3) Aufgabe beschreiben. Tabelle 2 beschreibt die Ausprägungen dieser Parameter für den Beobachtungsgegenstand der Störungsbehebung in einem Walzwerk. Die Situation lässt sich anhand von großem Zeitdruck, großen erforderlichen Wissensmengen (Anlagen

sind teilweise neu, teilweise ca. 50 Jahre alt; viele zu betreuende Anlagen) sowie extremen Umgebungsbedingungen charakterisieren. Die Teams sind heterogen in Bezug auf Wissen (häufig aus Schlossern und Elektrikern sowie erfahrenen und neuen Mitarbeitern zusammengesetzt) und bestehen aus wechselnden Mitgliedern. Je nach Art der Aufgabe setzten sich die Teams ad-hoc zusammen. Die Aufgabe der Störungsbehebung beginnt jeweils mit der Annahme einer Störung über ein Computerprogramm (InstandhaltungsManagementsSystem) durch einen Instandhalter, der Zusammenstellung eines geeigneten Teams, der Fehlersuche vor Ort und endet mit der Fehlerbehebung sowie des Anschließenden Testens der Funktion. Bei der Störungsbehebung findet eine enge Kommunikation mit den Bedienern der Anlage statt.

Tab. 2. Charakteristiken des Problembereichs

<i>Situation</i>	<i>Team</i>	<i>Aufgabe</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Zeitdruck • Große Wissensmen-gen erforderlich • Extreme Umgebungsbedingungen (Hitze, Staub, Lärm) 	<ul style="list-style-type: none"> • Heterogenes Wissen • Wechselnde Mitglieder • Häufig ad-hoc Zusammensetzung • Häufig räumlich getrennt • Kommandostruktur: <ul style="list-style-type: none"> • Leitung • Meister • Vorarbeiter • Werker 	<ul style="list-style-type: none"> • Störungsbehebung • Annahme der Störungsmeldung • Fehlersuche • Fehlerbehebung • Testen der Funktion • Austragen der Störungsmeldung

Verwendung von Arbeitshilfen

Neben den Teamprozessen wurde besonderes Augenmerk auf die Verwendung von Arbeitshilfen gelegt. Es konnte beobachtet werden, dass häufig Pläne (Schaltpläne, Hydraulikpläne) sowie technische Zeichnungen in Papierform verwendet wurden. Diese schriftlichen Arbeitshilfen waren häufig mit handschriftlichen Kommentaren und Änderungen versehen. Je nach Anlage waren die Arbeitshilfen in mehreren Ordnern untergebracht und mussten vor der Verwendung gesucht werden. Teilweise herrschte Unklarheit über die Aktualität der Pläne sowie Zeichnungen.

3.2 Schriftliche Befragung des Instandhaltungspersonals

Die Dauer der Betriebszugehörigkeit hat einen signifikanten Einfluss auf die Angaben zur Teamarbeit ($r = -.561$, $p = .008$), dies bedeutet, dass Mitarbeiter mit einer längeren Betriebszugehörigkeit angaben, seltener im Team zu arbeiten als Mitarbeiter mit einer kürzeren Betriebszugehörigkeit.

Tabelle 3 zeigt die deskriptiven Statistiken des Fragebogens zum Informationsfluss für Arbeitsplatzinhaber nach Hacker (2008).

Tab. 3. Deskriptive Statistiken des Fragebogens zum Informationsfluss für Arbeitsplatzinhaber (Hacker, 2008)

Item	<i>n</i>	<i>M</i>	<i>SD</i>
Informationen, die ich für meine Aufgaben brauche, erhalte ich... ¹	20	3.40	0.75
Für meine Aufgaben beschaffe ich mir die erforderlichen Informationen... ²	21	2.62	0.92
Die verfügbaren Informationen sind für meine Aufgaben... ³	21	4.29	0.72
Die Informationen, die ich für meine Aufgaben erhalte, sind... ⁴	21	3.00	0.63
Die Informationen, die ich für meine Aufgaben erhalte, sind... ⁵	21	3.1	0.54
Informationen zu meinen Aufgaben erhalte ich... ⁶	21	3.33	0.67
Ich kann mich darauf verlassen, dass die Information, die ich für meine Aufgaben brauche, da ist... ¹	21	3.29	0.56
Bei meiner Arbeit muss ich Entscheidungen fällen, ohne eigentlich nötige Informationen zu haben... ⁷	21	3.29	0.78
Um meine Aufgaben auch künftig gut erfüllen zu können, würde ich Informationen/Wissen/Können brauchen, das ich im Unternehmen nicht erhalte... ⁸	21	3.57	0.87
Gelegentlich habe ich Ideen, was man bei uns besser machen sollte... ⁹	21	2.95	0.59
Nach meinen Verbesserungsideen fragt mich keiner... ⁹	20	3.0	1.21
An meinem Arbeitsplatz muss ich auf Informationen (z.B. Schaltpläne, Handbücher, Anweisungen) warten, bevor ich weitermachen kann... ¹	21	2.62	1.12
Bei meiner Arbeit muss ich nach Informationen, Personen, Materialien usw. suchen, um weiterarbeiten zu können... ¹	21	3.52	0.98
An meinem Arbeitsplatz kommt Doppelarbeit bzw. Nacharbeit vor, weil nötige Information nicht rechtzeitig bzw. vollständig bekannt war... ¹	20	2.45	0.95

Anmerkungen: ¹Skala von 1 = „nie“ bis 5 = „immer“; ²Skala von 1 = „nie selbst“ bis 5 = „immer selbst“; ³Skala von 1 = „nie wichtig“ bis 5 = „immer wichtig“; ⁴Skala von 1 = „nie vollständig“ bis 5 = „immer vollständig“; ⁵Skala von 1 = „nie genau“ bis 5 = „immer genau“; ⁶Skala von 1 = „nie rechtzeitig“ bis 6 = „immer rechtzeitig“; ⁷Skala von 1 = „immer (die nötige Info fehlt mir stets)“ bis 5 = „nie (die nötige Info ist stets vorhanden)“; ⁸Skala von 1 = „trifft völlig zu“ bis 5 = „trifft überwiegend nicht zu“; ⁹Skala von 1 = „trifft überhaupt nicht zu“ bis 5 = „trifft völlig zu“

Tabelle 4 listet die Angaben der Mitarbeiter zu ihren Informationsquellen auf.

Tab. 4. Informationsquellen

Item	Nennungen
Woher, in welcher Form erhalten Sie Informationen zu Ihrem Arbeitsauftrag?	
Von Vorgesetzten	21
Aus dem InstandhaltungsManagementsSystem	9
Von Kollegen	8
Von Anlagebedienern	4
Aus Büchern	2
Aus dem Internet	2
Mündlich	2
Aus Dokumentationen	1
Per E-Mail	1
Per Fax	1
Von Firmen	1
Bei der Schichtübergabe	1
Telefonisch	1

Von den befragten Mitarbeitern ($n = 21$) geben 28.6 Prozent an, dass sie sich nicht selbst Informationen beschaffen müssen, während 66.7 Prozent der Mitarbeiter angeben, dass sie sich selbst Informationen beschaffen müssen. Tabelle 5 zeigt, welche Informationen sich diese Mitarbeiter nach eigenen Angaben beschaffen müssen.

Tab. 5. Informationsarten

Item	Nennungen
Müssen Sie sich selbst Informationen beschaffen? Falls ja, welche?	
Fehlerursache/Fehlerbeschreibung	4
(Zu beschaffendes) Material/Werkstoffe	3
Vorschriften	2
Anlagensperrungen	1
Benötigte Werkzeuge	1
Beschreibungen	1
Bezugsquellen	1
Bisherige Arbeiten (bei Schichtwechsel)	1
Datenblätter	1
Details	1
Funktionen	1
Programme	1
Verfügbarkeit von Ersatzteilen	1
Vorkommnisse seit der letzten Schicht	1
Zeichnungen	1
Zu erledigende Arbeiten	1

Alle befragten Mitarbeiter ($n = 21$) geben an, dass sie andere Personen über die Ausführung der Tätigkeit und/oder über das Ergebnis informieren müssen.

Tab. 6. Informieren über Arbeitsergebnis

Item	Nennungen
Müssen Sie andere Personen über die Ausführung der Tätigkeit und/oder über das Ergebnis informieren? Falls ja, auf welche Weise geschieht das?	
Mündlich	12
Vorgesetzte informieren	9
E-Mail	4
Schriftlich	4

Telefonisch	4
Bei der Schichtübergabe	2
Änderungen	1
Fax	1
InstandhaltungsManagementsSystem	1
Infozettel	1
Mitarbeiter	1
Zettel	1

Tabelle 7 stellt dar, in welcher Form Zwischenergebnisse bei Arbeitsunterbrechungen fest gehalten werden.

Tab. 7. Arbeitsunterbrechungen

Item	Nennungen
Wenn Sie unterbrochen werden oder Sie unterbrechen die Arbeit selbst, in welcher Form halten Sie die Zwischenergebnisse fest?	
Im Kopf	7
Schriftlich/Notizen	7
Gar nicht	5
Im PC	2
Info an den Vorgesetzten	1
Mündlich	1
Gut	1
Info an Teammitglieder (falls greifbar)	1
Informationsweitergabe	1
Schriftlich bei Schichtwechsel	1

Tabelle 8 listet auf, welche verwendeten Arbeitshilfen die befragten Instandhalter weiterempfehlen würden.

Tab. 8. Weiterempfohlene Arbeitshilfen

Item	Nennungen
Welche Arbeitshilfen, die Sie verwenden, würden Sie Anderen besonders weiterempfehlen?	
Schaltpläne	9
InstandhaltungsManagementsSystem	4
Technische Zeichnungen	3
Handbücher	3
Dokumentationen	2
Internet	2
Hinweise von Arbeitskollegen	2
Bedienungsanleitung	1
Digitalkamera	1
Handy	1
Hydraulikpläne	1
Intranet	1
PC	1
Programmauszüge	1
Störungsanzeigen/Störungsbücher	2

Tabelle 9 listet Arbeitshilfen auf, über welche sich die befragten Mitarbeiter manchmal ärgern.

Tab. 9. Ärgerliche Arbeitshilfen

Item	Nennungen
Über welche Arbeitshilfen ärgern Sie sich manchmal?	
Unvollständige/nicht aktuelle Schaltpläne/technische Zeichnungen/Hydraulikpläne	13

Kein/defektes/verschmutztes Werkzeug	6
Falsch weitergeleitete Arbeit	1
Falsche Informationen	1
Fehlendes Programmiergerät	1
Keine Bedienungsanleitung an den Maschinen	1
Langsames Programmiergerät	1
Nicht vorhandenes Übergabeprotokoll	1
SAP	1
Schwer auffindbare, schriftliche Arbeitshilfen	1
Unvollständige Dokumentationen	1
Unzureichende Beschreibungen von Ort	1

Tabelle 10 stellt dar, welche Arbeitshilfen sich die Befragten zusätzlich wünschen würden, damit ihre Arbeit erleichtert wird.

Tab. 10. Gewünschte Arbeitshilfen

Item	Nennungen
Welche Arbeitshilfen würden Sie sich zusätzlich wünschen, damit Ihre Arbeit erleichtert wird?	
Besseres/mehr Werkzeug	3
Internet	3
Smartphone/Tablet-PC	2
Bessere Lagerhaltung für Verbrauchsmaterial	2
Mehr Programmiergeräte zur Fehlersuche	2
Aktuelle Beschriftungen	1
Aktuelle Zeichnungen	1
Baugruppen bezogene Reserveteilliste mit Zeichnungsvollschnitt und dazugehörigen Warennummern auf dem PC	1
Benutzerfreundliche PC-Programme	1
Mehr Informationen	1
Mehr Personal	1
Stör- bzw. Reparaturliste an jeder Maschine	1
Übergabeprotokoll	1

Tabelle 11 listet auf, welche Arbeitshilfen sich die befragten Mitarbeiter für Anfänger in Ihrem Beruf wünschen würden.

Tab. 12. Gewünschte Arbeitshilfen für Berufsanfänger

Item	Nennungen
Welche Arbeitshilfen wünschen Sie sich für Anfänger in Ihrem Beruf?	
Jemanden, der einem alles vernünftig beibringen kann	2
Übersichtplan der Anlagen im zuständigen Bereich	2
Baugruppen bezogene Reserveteilliste mit Zeichnungsvollschnitt und dazugehörigen Warennummern auf dem PC	1
Bessere Einarbeitungsphase	1
Grundlagenliteratur	1
Internet	1
Mehr Hilfsbereitschaft vom Vorarbeiter	1

Abbildung 3 stellt prozentual dar, wie viele Mitarbeiter schlechte Absprachen als Fehlerursache in ihrem Bereich sehen.

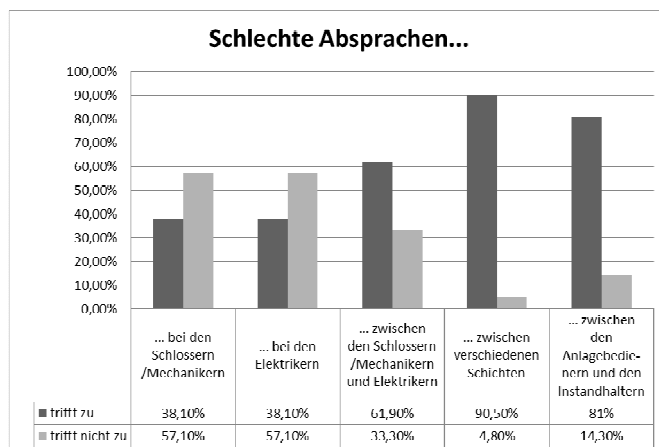


Fig. 3. Schlechte Absprachen als Fehlerursache

Abbildung 4 stellt prozentual dar, wie viele Mitarbeiter die Einstellung „Alles kein Problem! Ich kann und mach das schon!“ als Fehlerursache in ihrem Bereich sehen.

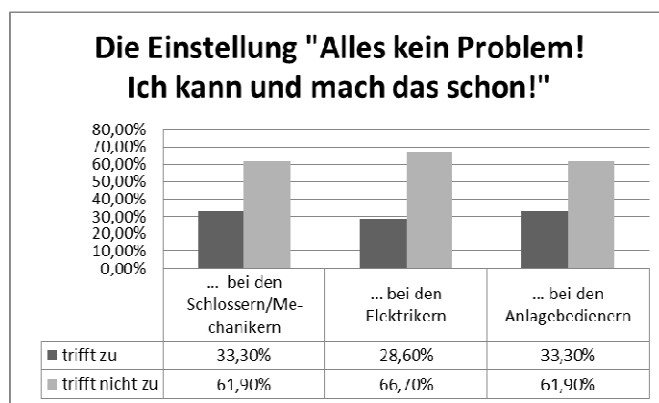


Fig. 4. Einstellung als Fehlerursache

Tabelle 12 listet weitere Ursachen für Fehler auf, welche von den befragten Mitarbeitern genannt wurden.

Tab. 32. Ursachen für Fehler

Item	Nennungen
Ausgehend von Ihren Erfahrungen, was denken Sie, sind die häufigsten menschlichen Faktoren, die im Bereich der Instandhaltung zu Fehlern führen können?	
Zeitdruck	2
Ausblenden von Gefahren aufgrund von Jahren der Unfallfreiheit	1
Desinteresse	1
Eigeninteresse vor Werksinteresse	1
Falsche oder nicht kontrollierte Reserveteile im Magazin	1
Falsche oder schlechte Anweisungen	1
Inkompetenz	1
Inkompetenz mancher Vorgesetzter	1
Mangel an Informationen	1
Menschenführung	1
Nicht teamfähige Mitarbeiter	1
Persönliche Differenzen zwischen Kollegen	1
Stress	1

Überforderung	1
Wann wird die Anlage fertig?	1
Zu viel Arbeit/Schichten je Mitarbeiter (kaum Ruhephasen)	1

5. DISKUSSION

Pawlowsky und Steigenberger (2012) beschreiben, dass eine hohe Anlagenkomplexität zu der Neuartigkeit der meisten Störungen für Instandhaltungsteams führt und daher kaum Standardlösungen zur Verfügung stehen. Zudem liegen eine große Komplexität, hohe Umweltdynamik und geringe Überschaubarkeit vor. Diese Beschreibungen decken sich mit den Beobachtungen von Instandhaltungsteams während der Störungsdiagnose in einem Walzwerk. Ein weiteres Ergebnis der Beobachtung ist, dass die Störungsdiagnose häufig von örtlich getrennten Teams durchgeführt wird. Beispielsweise befindet sich ein Mitarbeiter in einem Schaltraum und ein anderer Mitarbeiter in der Anlage. Die Kommunikation erfolgt über Mobiltelefone.

Die Befragung der Mitarbeiter ergab, dass als Arbeitshilfe hauptsächlich in gedruckter Form verwendet werden und häufig nicht verfügbar sind, wenn sie gebraucht werden. Ein wichtiges Ergebnis ist, dass schlechte Absprachen zwischen den Anlagebedienern und den Instandhaltern von 81 % der Befragten als Ursache für menschliche Fehler angesehen werden. Die Prozesse der Instandhaltung finden jedoch in Synergie mit den Prozessen des Produktionssystems statt und Kommunikation mit den Anlagebedienern ist daher unerlässlich (Manzini, Regattieri, Pham & Ferrari, 2010). Weiterhin ergab die Befragung, dass Arbeitsunterbrechungen zumeist nicht schriftlich festgehalten werden und Arbeitsergebnisse auch in der Regel mündlich weitergegeben werden. Laut Endsley und Robertson (2003) ist jedoch die Koordination von Aktivitäten und die Informationsweitergabe zwischen verschiedenen Teams und Schichten eine signifikante Aufgabe für Instandhaltungsteams.

Auf Grundlage der Analyse der Vorbedingungen kann festgehalten werden, dass Technologien zur Unterstützung örtlich getrennter Störungsbehebung die Arbeit der Instandhaltungsteams verbessern und erleichtern könnten. Daher wird eine Fallstudie mit einem Head Mounted Display durchgeführt. Desweiteren werden Interventionen analysiert, um die Informationsweitergabe zwischen verschiedenen Schichten sowie die Kommunikation mit den Anlagebedienern zu verbessern.

LITERATUR

Bergmann, B. and Wiedemann, J. (1997). Beschreibung der Störungsdiagnosekompetenz bei Instandhaltungstätigkeiten in der flexibel automatisierten Fertigung. In: *Störungsmanagement und Diagnosekompetenz*. (Schaper, K. and Sonntag, N. (Eds)), 95 - 119. Vdf Hochschulverlag, Zürich.

Bolstad, C. A. and Endsley, M. R. (2003). Tools for supporting team collaboration. In *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 47rd Annual Meeting, Denver, 13.10.-17.10.03*, 374-378. DIN 31051 (2012). *Grundlagen der Instandhaltung*. Beuth Verlag, Berlin.

Duffuaa, S.O., Ben-Daya, M., Al-Sultan, K.S. and Andijani, A.A. (2001) A generic conceptual simulation model for maintenance systems. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, **7**, 207 - 219.

Endsley, M.R. and Robertson, M.M. (2000). Situation awareness in aircraft maintenance teams. *International Journal of Industrial Ergonomics*, **26**, 301-325.

Fiore, S. M., Rosen, M. A. Smith-Jensch, K. A., Salas, E., Letsky, M. & Warner, N. (2010). Toward an understanding of macrocognition in teams: predicting processes in complex collaborative contexts. *Human Factors*, **52**, 203-224.

Fiore, S.M., Smith-Jentsch, K.A., Salas, E., Warner, N. and Letsky, M. (2010). Towards an understanding of macrocognition in teams: developing and defining complex collaborative processes and products. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, **11**, 250-271.

Hacker, W. (2003). *Informationsflussgestaltung als Arbeits- und Organisationsoptimierung. Jenseits des Wissensmanagements*. vdf Hochschulverlag, Zürich

Jenkins, D. P., Salmon, P. M., Stanton, N. A. and Walker, G. H. (2010). A new approach for designbing cognitive artefacts to support disaster management. *Ergonomics*, **53**, 617-635.

Manzini, R., Regattieri R., Pham, H. and Ferrari, E. (2010). *Maintenance for Indstrial Systems*. Springer Verlag, London.

Pawlowsky, P. and Steigenberger, N. (2012). *Die HIPE-Formel: Empirische Analysen von Hochleistungsteams*. Verlag für Polizeiwissenschaft, Frankfurt am Main.

Reason, J. and Hobbs, A. (2003). *Managing Maintenance Error: A Practical Guide*. Ashgate Publishing Company, Hampshire.

Schaafstal, A., Schraagen, J.M. and van Berl, M. (2000). Cognitive Task Analysis and Innovation of Training: The Case of Structured Troubleshooting. *Human Factors*, **42**, 75-86.

Salas, E., Cooke, N.J. and Rosen, M.A. (2008) On teams, teamwork, and team discoveries and developments. *Human Factors*, **50**, 540-547.

Warner, N. W. and Letsky, M. (2008). Empirical model of team collaboration focus on macrocognition. In Letsky, M. P., Warner, N., Fiore, S. M. and Smith, C. A. P. (Eds.) *Macrocognition in Teams: Theories and Methodologies* (pp 15-33). Hampshire: Ashgate.