



► **2.2.343 – „Kompetenzerhalt für Nicht-Routine-Tätigkeiten in digitalen Arbeitsumgebungen (KONDITION): Studien anhand der Berufe Chemikant/in und Pharmakant/in“ – Forschungsprojekt: Abschlussbericht**

Teil 1

Dr. Stephanie Conein

Thomas Felkl

Thomas Blum

Laufzeit I/20 bis II/24
Bonn II/2024

Mehr Informationen unter:

www.bibb.de

Zitiervorschlag:

Conein, Stephanie et al: Kompetenzerhalt für Nicht-Routine-Tätigkeiten in digitalen Arbeitsumgebungen (KONDITION): Studien anhand der Berufe Chemikant/in und PharmakIn Bonn, 2024.



© Bundesinstitut für Berufsbildung, 2024

Dieses Dokument gehört zu der VET Repository-Sammlung „BIBB Projektberichte“.

Herausgeber:

Bundesinstitut für Berufsbildung
Friedrich-Ebert-Allee 114-116
53113 Bonn
Internet: www.vet-repository.info/
E-Mail: repository@bibb.de

CC Lizenz

Der Inhalt dieses Werkes steht unter Creative-Commons-Lizenz (Lizenztyp: Namensnennung – Keine kommerzielle Nutzung – Keine Bearbeitung – 4.0 International).

Weitere Informationen finden Sie im Internet auf unserer Creative-Commons-Infoseite

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Diese Netzpublikation wurde bei der Deutschen Nationalbibliothek angemeldet und archiviert.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis.....	3
Das Wichtigste in Kürze.....	4
Praktische Relevanz.....	4
1 Problemdarstellung, Projektziele, Forschungsfragen.....	4
2 Bisheriger Stand der Forschung und forschungsleitende Annahmen (theoretischer Zugang).....	9
2.1 Erkenntnisse aus bisherigen Forschungsarbeiten zum Thema Kompetenzverlust ...	9
2.2 Das Kompetenzkonzept der vorliegenden Forschungsarbeit	12
3 Methodische Vorgehensweise.....	14
4 Ergebnisse	17
4.1 In welcher Weise ist die Problematik des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes bei den beruflichen Tätigkeiten von Chemikanten/Chemikantinnen und Pharmakanten/Pharmakantinnen anzutreffen?.....	17
4.1.1 Gibt es automatisierungsbedingten Kompetenzverlust auch an den Arbeitsplätzen von Chemikanten/Chemikantinnen und Pharmakanten/Pharmakantinnen und wie verbreitet ist er?.....	18
4.1.2 Bei welchen Arbeitsaufgaben und damit verbundenen Tätigkeiten tritt der automatisierungsbedingte Kompetenzverlust auf?	28
4.1.3 Welche Kompetenzen sind betroffen?	29
4.1.4 Was sind die Folgen?.....	35
4.2 Welche Faktoren haben einen Einfluss auf den Kompetenzverlust/-erhalt?.....	37
4.2.1 Individuelle Faktoren.....	37
4.2.2 Faktoren außerhalb des Individuums.....	40
4.3 Welche Auffrischungsinterventionen werden an den Arbeitsplätzen der Chemikanten/Chemikantinnen und Pharmakanten/Pharmakantinnen bereits eingesetzt und welche weiteren werden gewünscht?	42
5 Zusammenfassung und Diskussion	46
5.1 Zusammenfassung.....	46
5.2 Diskussion der Ergebnisse	48
5.2.1 Verschärfung der Problematik	48
5.2.2 Wichtige Rolle von Aus- und Weiterbildung	49

5.3	Weitere Forschung	52
	Veröffentlichungen	54
	Vorträge.....	55
	Literaturverzeichnis.....	56

Abbildungs- und Tabellenverzeichnis

Abbildungen

Abbildung 1:	Kompetenzkonzept des vorliegenden Forschungsvorhabens	14
Abbildung 2:	Routine und verschiedene Arten von Nicht-Routine	19
Abbildung 3:	Vorkommen von NRS-Typen im Arbeitsalltag von Fach- und Führungskräften (in %).....	21
Abbildung 4:	Was fällt Fach-/Führungskräften in NRS schwer (in %)?.....	23
Abbildung 5:	Gründe für den Kompetenzverlust in NRS von Fach- und Führungskräften (in %).....	25
Abbildung 6:	Einschätzung des Vorbereitetseins auf NRS von Fach- und Führungskräften (in %).....	27
Abbildung 7:	Einschätzung des Vorbereitetseins auf NRS von Fach- und Führungskräften mit unterschiedlicher Berufserfahrung (in %).....	28
Abbildung 8:	Einschätzung der Relevanz von Kompetenzen zur Bewältigung einer NRS (in %).....	33
Abbildung 9:	Folgenabschätzung defizitär bewältigter NRS (in %)	36
Abbildung 10:	Welche Kolleginnen und Kollegen bewältigen NRS besser (Kompetenzeinschätzung in %)?	39
Abbildung 11:	Eingesetzte bzw. (un)erwünschte Maßnahmen im (vorbeugenden) Umgang mit NRS in den Betrieben (in %).....	44
Abbildung 12:	Eingesetzte bzw. (un)erwünschte Trainingsformate für NRS in den Betrieben (in %).....	46

Tabellen

Tabelle 1:	Bei der Literaturanalyse verwendete Suchbegriffe und deren Synonyme/alternative Begriffe	15
Tabelle 2:	Anzahl der im Rahmen der Literaturanalyse gefundenen relevanten Artikel nach Kategorien	15

Das Wichtigste in Kürze

Mit fortschreitender Digitalisierung wurden zahlreiche Studien zur Identifizierung neuer Kompetenzanforderungen durchgeführt. Nur wenige jedoch beschäftigten sich mit bestehenden Kompetenzanforderungen, die vor allem in Nicht-Routine-Situationen (NRS) weiterhin aktuell sind. In NRS müssen Fachkräfte eine Fülle von Kenntnissen und Fähigkeiten ad hoc mobilisieren, um schnell und kompetent Entscheidungen zu treffen. Diese Kenntnisse und Fähigkeiten werden jedoch aufgrund der Automatisierung im Routinefall nur noch selten benötigt und sind daher in Gefahr, vergessen zu werden. Die Problematik wurde bereits in Hochrisikobranchen mit hohem Automatisierungsgrad erforscht, für die chemische oder pharmazeutische Produktion gibt es jedoch bisher keine empirischen Untersuchungen. Das vorliegende Forschungsprojekt möchte diese Lücke schließen.

Praktische Relevanz

Wenn in Nicht-Routine-Situationen (NRS) der chemischen und pharmazeutischen Produktion nicht kompetent gehandelt wird, so kann dies zu (teilweise hohen) Kosten oder auch zur Gefährdung von Personen führen. Durch das vermehrte Arbeiten in automatisierten Arbeitsumgebungen steigt die Gefahr des Verlustes eben jener Kompetenzen, die in den NRS relevant sind. Diese Problematik genau zu erfassen und die möglichen Einflussfaktoren (Art der Arbeitsaufgabe, individuelle Dispositionen der Fachkräfte etc.) zu erkennen, ist Grundlage dafür, in Aus- und Weiterbildung mögliche Maßnahmen zur Verhinderung des Kompetenzverlustes zu planen und zu implementieren.

1 Problemdarstellung, Projektziele, Forschungsfragen

Zahlreiche Untersuchungen beschäftigten sich in den letzten Jahren im Zuge der fortschreitenden Digitalisierung der Arbeitswelt mit der Frage, welche neuen Kompetenzanforderungen aus den technologischen Entwicklungen für die Fachkräfte entstehen. Der Fokus war dabei zum Teil branchenübergreifend (z. B. ACATECH 2016; HAMMERMANN/STETTES 2016; SCHMIDT/WINKLER/GRUBER 2016), zum Teil branchenspezifisch (SPÖTTL u. a. 2016) oder berufsspezifisch (KNIELING/CONEIN 2019). Ziel dieser Untersuchungen war es, frühzeitig neue Qualifikationsanforderungen zu antizipieren und die Aus- und Weiterbildung entsprechend auszurichten. In Bezug auf die Ausbildungsordnungen wurde dies für die deutsche Berufsbildung durch eine Reihe von Änderungsverordnungen (z.B.: IT-Berufe, Metall-und-Elektro-Berufe, Chemikant/-in, Laborberufe) auch bereits realisiert. Weniger Aufmerksamkeit wurde hingegen dem Thema

gewidmet, welche Folgen die Digitalisierung für bestehende berufliche Kompetenzen hat. Einigkeit scheint darüber zu herrschen, dass sie nicht in jedem Fall an Relevanz einbüßen. So stellen TENBERG/PITTICH (2017, S. 36) in diesem Zusammenhang fest: „Dass erhebliche Änderungen anstehen, die sich in den meisten Ausbildungsberufen auswirken werden, ist absehbar. [...] Die bisher bedeutsamen Kompetenzen, insbesondere manuelle Fähigkeiten, werden dabei keineswegs überflüssig. Gegenteilig bleiben diese wohl der zentrale Ankerpunkt einer Facharbeit als Wissensarbeit, welche ohne berufspraktische und berufsmotorische Erfordernisse nicht von Hochschulabsolventen übernommen werden könnte.“

Neben dem Plädoyer für den Aufbau neuer Kompetenzen stehen also auch die Forderung nach dem Erhalt der bisherigen Kompetenzen und die Betonung ihrer nach wie vor aktuellen Relevanz.

Als Begründung dafür wird angeführt, dass Arbeitsplätze derzeit noch sehr unterschiedlich von den digitalen Technologien durchdrungen sind. Es gibt große Unterschiede zwischen den Berufen, aber auch innerberuflich betriebsgrößen- und branchenspezifische Differenzen (ZINKE 2019). Schließlich ist auch innerhalb der einzelnen Betriebe je nach Arbeitsplatz ein unterschiedlicher Grad an Digitalisierung zu verzeichnen. Somit sind viele Arbeitsplätze noch gar nicht von einer veränderten Kompetenzanforderung betroffen und viele Fachkräfte benötigen nach wie vor das gleiche Spektrum an Fähigkeiten und Fertigkeiten.

Aber auch für den Fall, dass Arbeitsplätze weitgehend digitalisiert und automatisiert sind, gibt es Argumente für den Erhalt der bisher relevanten Kompetenzen. Diese gründen vor allem in immer wieder vorkommenden Nicht-Routine-Situationen (NRS), deren Ursache schon 1983 von Lianne BAINBRIDGE in der ersten der beiden von ihr postulierten *Ironies of Automation* beschrieben wurde. BAINBRIDGE führte aus, dass der im Zuge der Automatisierung zumeist von Personen aus dem Systemdesign unternommene Versuch, Operatorinnen/Operatoren als menschliche Fehlerquelle auszuschließen, dadurch konterkariert wird, dass eben diese Systemdesigner/-innen (als Menschen) Fehler in das System einspeisen. Dieser Umstand wird, wie WEYER (1997) am Beispiel hochautomatisierter Verkehrsflugzeuge darstellt, dadurch verschärft, dass die Systemdesigner/-innen operative Anforderungen (Verständlichkeit der Signale, Kooperations- und Regulationsmöglichkeiten) zumeist nur unzureichend antizipieren, weil sie anderen Denk- und Handlungslogiken folgen und in der Regel keine Expertise in den Prozessen besitzen, für die sie die Systeme erstellen und programmieren. Diese Faktoren sind maßgeblich dafür verantwortlich, dass es auch in hochautomatisierten Systemen immer wieder zu Störungen kommt. Die Fachkräfte müssen dann ad hoc Fertigkeiten und Wissen einsetzen, das sie länger nicht benötigt haben. Sie müssen vom Routinebetrieb, in dem sie im Zuge der Automatisierung in erster Linie zu bloßen Überwachenden der Anlagen geworden sind, zum Nicht-Routine-Betrieb umschalten, dessen Anforderungen an ihre Fertigkeiten und ihr

Wissen ungleich größer sind. WEYER (1997, S. 245) stellt dazu fest: „Nunmehr gilt es, abweichende Werte zu deuten, in kürzester Zeit eine Diagnose über die Ursache der Störung zu erstellen und manuell gegenzusteuern, um eine krisenhafte Zuspitzung zu vermeiden“.

Dass auch in der hochautomatisierten Produktion die Nicht-Routine-Arbeit von großer Relevanz ist und ihre Quantität bei der Beschreibung der Tätigkeiten der Fachkräfte oft unterschätzt wird, darauf weist in jüngerer Zeit Sabine PFEIFFER (2018) hin, die dementsprechend feststellt, dass aufgrund dieser Tatsache das Substituierungspotential von Fachkräften in Studien oft überschätzt wird. Auch sie benennt die unterschiedlichen Anforderungen an die Fachkräfte bei Routine und Nicht-Routine: „These studies indicated the importance of ‚subjectifying work action‘, whose central dimensions include holistic perception, an explorative and dialogical approach, intuition and instinct, and an empathetic bearing. While specialist theoretical knowledge and routine-based practices are important in standardized processes and repetitive, unchanging tasks, subjectifying action helps employees to deal with the (yet) unknown“ (PFEIFFER 2018, S. 213).

In den auch an hochautomatisierten Arbeitsplätzen unweigerlich eintretenden Nicht-Routine-Situationen (Störungen) ist also ein größeres Set an z.T. sehr anspruchsvollen Fertigkeiten und Wissen gefragt als im automatisierten Routinebetrieb. Diese Kompetenzen gilt es somit auch in automatisierten und digitalisierten Arbeitsumgebungen zu erhalten.

Untersuchungen zeigen, dass mit zunehmender Automatisierung im Routinefall eine Steigerung der Arbeitsergebnisse einhergeht, im Nicht-Routine-Fall mit fortschreitender Automatisierung es jedoch zunehmend zu problematischen Situationen kommt (vgl. ONNASCH u. a. 2014). Dies liegt zum einen an einer Abnahme der Wahrnehmung problematischer Situationen und dem Auftreten einer als *complacency* bezeichneten Haltung, welche sich bei Fachkräften in einer verminderten Wachsamkeit zeigt, weil sie irrtümlich glauben, sich in einer unproblematischen Situation zu befinden (vgl. BILLINGS/CHEANEY 1981). Zum anderen führt eine zunehmende Automatisierung der Arbeitsprozesse auch dazu, dass relevante Kompetenzen immer seltener genutzt werden und dadurch im Nicht-Routine-Fall schwerer oder gar nicht mehr zugänglich sind. Umfangreich beschrieben wird dieses Phänomen durch BJORK/BJORK (2006, S. 114) in ihrer *New Theory of Disuse*: „[N]o matter how well learned items are at some point in time they eventually become non-recallable given a long enough period of disuse“. Dabei sind die erlernten Fertigkeiten und das erworbene Wissen nicht verschwunden, sondern nur schwerer zugänglich (ebd.), was allerdings im Ernstfall zum selben, in der Fachliteratur als *skill decay* bezeichneten Phänomen führt. „Skill decay refers to the loss or decay of trained or acquired skills (or knowledge) after periods of non-use“ (ARTHUR JR u. a. 1998, S. 58). Dieses Phänomen des *skill decay* ist ein bisher vor allem im Zusammenhang mit den Berufen der Luftfahrt (WIENER/CURRY 1980), dem Militär (O'HARA 1990), der Polizei (ANGEL u. a. 2012)

und der kritischen Infrastruktur (WEBB/ANGEL 2018) thematisiertes Problem. Auch die einschlägigen Forschungen zum Ausmaß und zu potenziellen Lösungsmöglichkeiten beziehen sich mit wenigen Ausnahmen auf Arbeitsplätze in den benannten Bereichen.

Dass die Problematik des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes auch in der Produktion existiert, wurde bereits erkannt. Explizit weisen FRANK/KLUGE (2018b, S. 215), darauf hin, dass im Zuge der Automatisierung der Produktion das Thema des Kompetenzverlustes auch in diesem Berufsbereich eine Herausforderung darstellt: „But many skills are only required infrequently, for instance due to a high level of automation in production [...], demands of worker flexibility and a high task variety [...], or long periods of non-use during daily operations. Accordingly, skill retention becomes a challenge“. Konkret auf die chemische Produktion bezogen konstatieren BAUMHAUER u. a. (2019, S. 29) in ihrem Working Paper zur Produktionsfacharbeit in der chemischen Produktion: „Der Erhalt von Wissen und Kompetenzen für den Störfall stellt eine Hauptherausforderung des digitalen Wandels für Betriebe dar“. Empirische Untersuchungen zur genauen Qualität und Quantität der Problematik fehlen jedoch bisher.

Diese Lücke will das am Bundesinstitut für Berufsbildung durchgeführte Forschungsprojekt „Kompetenzerhalt für Nicht-Routine-Tätigkeiten in digitalen Arbeitsumgebungen (KONDITION): Studien anhand der Berufe Chemikant/in und Pharmakant/in“ füllen. In ihm wurde im ersten Projektteil exemplarisch für den Bereich der industriellen chemischen und pharmazeutischen Produktion die Problematik des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes an den Arbeitsplätzen von Chemikanten/Chemikantinnen und Pharmakanten/Pharmakantinnen zunächst qualitativ und dann in einem zweiten Schritt quantitativ untersucht. Dabei sollte die Frage beantwortet werden, ob auch an den Arbeitsplätzen der chemischen und pharmazeutischen Produktion automatisierungsbedingter Kompetenzverlust auftritt. Um die Problematik genauer zu charakterisieren, wurde zudem versucht, die für die untersuchten Arbeitsplätze besonders relevanten Kompetenzen zur Bewältigung der NRS zu identifizieren. Diese müssten dann bei etwaigen Trainingsmaßnahmen insbesondere berücksichtigt werden. Ein wichtiges Augenmerk lag zudem auf möglichen Einflussfaktoren auf den Kompetenzverlust/-erhalt. Diese könnten Ansatzpunkte für Maßnahmen zur Prävention bieten.

Die konkreten Forschungsfragen des ersten Projektteils waren:

1. In welcher Weise ist die Problematik des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes bei den beruflichen Tätigkeiten von Chemikanten/Chemikantinnen und Pharmakanten/Pharmakantinnen anzutreffen?
 - 1.1. Gibt es automatisierungsbedingten Kompetenzverlust auch an den Arbeitsplätzen von Chemikanten/Chemikantinnen und Pharmakanten/Pharmakantinnen und wie verbreitet ist er?
 - 1.2. Welche Arbeitsaufgaben sind betroffen?

- 1.3. Welche Tätigkeiten im Rahmen dieser Arbeitsaufgaben sind betroffen?
- 1.4. Welche Kompetenzen sind betroffen?
- 1.5. Was sind die Folgen?
- 1.6. Gibt es auf die Individuen bezogene Faktoren, die den Kompetenzverlust beeinflussen?
- 1.7. Gibt es außerhalb des Individuums Faktoren, die den Kompetenzverlust beeinflussen?

In einem zweiten Projektteil erfolgte in Kooperation mit der Universität Bochum am Lehrstuhl für Wirtschaftspsychologie zunächst eine Bestandsaufnahme bereits existierender Auffrischungsinterventionen (*refresher interventions*) im Bereich der Produktion. Im Anschluss sollten zwei mögliche Refresher-Trainings entwickelt und experimentell getestet werden, die einen Kompetenzverlust an den Arbeitsplätzen der Chemikanten/Chemikantinnen und Pharmakanten/Pharmakantinnen verhindern könnten.

Die damit verbundenen Forschungsfragen lauteten:

2. Welche Maßnahmen eignen sich zur Verhinderung des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes bei den als problematisch identifizierten Arbeitsaufgaben?
 - 2.1. Welche Auffrischungsinterventionen werden in anderen Berufen bereits (erfolgreich) eingesetzt?
 - 2.2. Welche dieser Interventionen eignet sich methodisch und arbeitsorganisatorisch auch für die untersuchten Produktionsberufe?
 - 2.3. Wie ist die Akzeptanz der Interventionen?
 - 2.4. Wie gut lassen sie sich in den Arbeitsalltag integrieren?
 - 2.5. Wie wirksam sind diese Interventionen?
 - 2.6. Wie kostenintensiv sind diese Interventionen?

Die Ergebnisse dieses Teils des Forschungsprojektes werden im zweiten Teil des Abschlussberichtes, der später fertiggestellt wird, dokumentiert.

Auf Grundlage der Ergebnisse insbesondere des ersten Teils des Forschungsprojektes sollten schließlich Implikationen für die Aus- und Weiterbildung aufgezeigt werden. Die abschließende Forschungsfrage lautete:

3. Welche Konsequenzen ergeben sich aus den Ergebnissen des Projektes für die Aus- und Weiterbildung in den betreffenden Berufen?

2 Bisheriger Stand der Forschung und forschungsleitende Annahmen (theoretischer Zugang)

2.1 Erkenntnisse aus bisherigen Forschungsarbeiten zum Thema Kompetenzverlust

Wie oben erwähnt, existieren bereits einige Arbeiten aus anderen Branchen, die das Thema des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes theoretisch oder empirisch untersuchen. Zudem gibt es zahlreiche nicht-branchenbezogene Forschungsarbeiten zum Thema Kompetenzverlust/-erhalt, die sich mit den Gründen für das Vergessen von Wissen und Fertigkeiten (Kompetenzen) beschäftigen. Für unseren Forschungszusammenhang sind dabei insbesondere die in den Arbeiten identifizierten Einflussfaktoren auf den Kompetenzverlust/-erhalt interessant, weil sie mögliche Ansatzpunkte für Interventionen bieten, um die Problematik zukünftig zu mildern. Es gibt bereits mehrere Publikationen (ARTHUR JR u. a. 1998; darauf aufbauend WANG u. a. 2013; BRYANT/ANGEL 2000), die eine Klassifizierung der Faktoren beinhalten. Daraus abgeleitet nehmen wir in der vorliegenden Forschungsarbeit folgende Einteilung vor:

1. individuelle Faktoren,
2. Faktoren außerhalb des Individuums.

Zu den individuellen Faktoren, konnten wir im Vorfeld des Projektes folgenden Forschungsstand identifizieren:

Als mögliche individuelle Faktoren benennen – sich teilweise zitierend – ANGEL u. a. (2012), ARTHUR JR u. a. (1998) und FARR (1987) Alter, Geschlecht, Eignung, Fähigkeit, Motivation, Expertise und bisherige Lernleistung.

FRANK/KLUGE (2018a) untersuchten in Bezug auf individuelle Faktoren, ob die sogenannte allgemeine geistige Leistungsfähigkeit (*general mental ability* – GMA) eine Rolle bei der Frage spielt, inwieweit Menschen in Bezug auf den Erhalt komplexer kognitiver Fähigkeiten von *refresher interventions* profitieren. Die allgemeine geistige Leistungsfähigkeit ist ein Begriff, der das Niveau beschreibt, auf dem eine Person lernt, Anweisungen versteht und Probleme löst. Tests der allgemeinen geistigen Fähigkeiten beinhalten Skalen, die spezifische Konstrukte wie verbale, mechanische, numerische und räumliche Fähigkeiten messen. Die Ergebnisse von Frank und Kluge zeigen einerseits, dass die GMA den Erhalt komplexer kognitiver Fähigkeiten positiv beeinflusst. Andererseits stellen sie fest, dass sowohl Menschen mit niedriger GMA als auch Menschen mit hoher GMA gleichermaßen von Auffrischungsinterventionen in Bezug auf den Erhalt von komplexen kognitiven Fähigkeiten profitieren.

Ebenfalls in den Bereich der individuellen Einflussfaktoren einzuordnen sind Studien aus der Expertiseforschung, welche einen positiven Zusammenhang zwischen Vorwissen und der Entwicklung der Gedächtnisleistung und somit auch zwischen Expertisegrad und Gedächtnisleistung feststellen (vgl. GRUBER 2001). Diese Studien besagen, so Gruber, dass die bei Experten gegenüber Novizen festgestellte bessere Merk- und Abrufleistung von domänenspezifischem Wissen dadurch entsteht, dass durch Prozesse des bedeutungshaltigen Enkodierens neue Information in bereits im Gedächtnis bestehende Wissensstrukturen eingebettet wird. Zudem würden mit der Aufnahme der Information zugleich Abrufhinweisreize explizit verknüpft, die das spätere Abrufen der Information aus dem Gedächtnis beschleunigen. Somit werden „[d]iese Enkodier- und Abrufprozesse [...] durch steigende Praxis und Erfahrung beschleunigt, so dass die Langzeitgedächtnisprozesse zunehmend Kurzzeitgedächtnisprozessen ähneln“ (GRUBER 2001, S. 311).

Zu den Faktoren, die nicht oder zumindest nicht primär in individuellen Dispositionen begründet sind, konnten wir im Vorfeld des Projektes folgenden Forschungsstand identifizieren:

Retentionsintervall

Das Retentionsintervall gibt die Spanne zwischen dem Erwerb bzw. dem letztmaligen Gebrauch und dem Abruf einer Kompetenz an. Es ist den meisten Studien zufolge negativ korreliert mit der Performanz. Schon Herrmann EBBINGHAUS beschrieb 1885 das Verhältnis zwischen Zeit und Erinnerung in seiner nach ihm benannten ebbinghausschen Kurve, die sogenannte Vergessenskurve. EBBINGHAUS stellte fest, dass bereits 20 Minuten nach dem Lernen nur noch 60 Prozent des Gelernten abrufbar waren. Nach einer Stunde waren es nur noch 45 Prozent und nach einem Tag nur 34 Prozent. Dieser Effekt der Zeit des Nicht-Gebrauchs einer Kompetenz nach dem Lernvorgang wurde auch in späteren Studien bestätigt. So stellen ARTHUR JR u. a. (1998, S. 85) in ihrer Metaanalyse fest: „Consistent with past research, the results of the meta-analysis indicate that the relation between skill retention and the length of the nonpractice or nonuse interval is negative“.

Überlernen (overlearning)

Overlearning bezieht sich auf bewusstes Lernen und Üben über den Punkt des anfänglichen Könnens hinaus. Der Effekt des Überlernens ist durch die bisherigen Studien nicht eindeutig zu identifizieren. Während die meisten Untersuchungen feststellen, dass *overlearning* einen positiven Einfluss auf den Kompetenzerhalt hat (DRISKELL/WILLIS/COPPER 1992), kommen einige, wie ROHRER/TAYLOR (2006, S. 1209) in ihrer Studie zum mathematischen Wissen, zu dem Schluss, dass Überlernen keinen Effekt auf den Kompetenzerhalt hat: „Thus, longterm retention was boosted by distributed practise and unaffected by overlearning“. WANG u. a. (2013) führen zudem aus, dass der Effekt des *overlearning* insbesondere in Bezug auf komplexe und dynamische Aufgaben schwer zu bestimmen sei, weil der Punkt, an dem bei diesen

Aufgaben ein Lernen über das anfängliche Können hinaus erfolgt, schwer zu erkennen sei. Einigkeit besteht darüber, dass der Effekt, den *overlearning* auf den Kompetenzerhalt hat, seinerseits beeinflusst wird durch das Maß des Überlernens, den Aufgabentyp und die Länge des Retentionsintervalls.

Strukturierungsgrad der ursprünglichen Instruktion/Ausbildung

Generell wird davon ausgegangen, dass ein strukturierter, angeleiteter Vermittlungsprozess das Lernen, den Kompetenzerwerb und den Kompetenzerhalt erleichtern. Dies bestätigen auch WANG u. a. (2013) in ihrer Metastudie. Sie weisen dabei ausdrücklich darauf hin, dass das Konzept des *active learning*, bei dem die Lernenden aktiv in den Aneignungsprozess eingebunden werden, dem nicht entgegenstehe, weil es auch dabei eine Anleitung aus der Lernumgebung heraus gebe, die sicherstelle, dass die Lernenden ihre Aufmerksamkeit richtig ausrichteten und den Lerninhalt erfassten. Konträr beurteilen sie hingegen Konzepte des entdeckenden Lernens: „[R]esults from the present meta-analysis suggest that unstructured training programs [...] are not effective in promoting retention. This provides additional support for the possible detrimental effects found for discovery training with no or minimal structure on learning“ (WANG u. a. 2013, S. 103).

Auffrischungsinterventionen

Der positive Effekt sogenannter *refresher interventions* ist unbestritten. In vielen Berufsbereichen, in denen der Kompetenzerhalt besonders essenziell ist (Luftfahrt, Militär, Atomkraftwerke) sind sie deshalb fester Bestandteil der beruflichen Praxis, verpflichtend und auch gesetzlich geregelt. Studien, die sich mit den Effekten der Auffrischungsmaßnahmen beschäftigen, stellen daher nicht mehr die grundsätzliche Frage nach dem Nutzen dieser Maßnahmen, sondern fokussieren stärker die Frage, welche Maßnahmen sich als besonders effektiv erweisen. Ein Beispiel dafür ist die Studie von KLUGE/FRANK/MIEBACH (2014), welche verschiedene methodische Ansätze untersucht und zu dem Schluss kommt, dass sich eine mit praktischem Handeln verbundene Intervention am positivsten auf den Kompetenzerhalt auswirke, aber auch mit den höchsten Kosten verbunden sei, da sie in einer simulierten Umgebung stattfinden müsse.

Art der Arbeitsaufgabe

Mehrere Untersuchungen beschäftigen sich mit der Frage, welche Charakteristika der zu bewältigenden Arbeitsaufgabe einen Einfluss auf den Kompetenzerhalt haben. Als relevant hervorgehoben werden in diesem Zusammenhang zum einen die Unterscheidung zwischen kognitiven und physischen Aufgaben, wobei Einigkeit besteht, dass bei kognitiven Aufgaben der Kompetenzverlust größer ist als bei physischen (ARTHUR JR u. a. 1998). Eine weitere Unterscheidung bezieht sich auf die Frage, ob es sich bei der Aufgabe um eine Open-Loop-Aufgabe oder eine Closed-Loop-Aufgabe handelt. Erstere ist eine Aufgabe ohne klar abgegrenztes Ende, die

eine ständige Beobachtung und einen fortwährenden Abgleich zwischen einem tatsächlichen und einem gewollten Zustand beinhaltet. Ein Beispiel dafür ist eine Tätigkeit im Rahmen der Kontrolle eines Atomkraftwerks. Bei einer Closed-Loop-Aufgabe gibt es ein definiertes Ende. Beispiele dafür sind die Fertigung eines bestimmten Gegenstandes oder das Versenden von Waren. In Bezug auf diese Aufgabencharakteristika kommt die Mehrheit der Studien zu dem Schluss, dass der Kompetenzerhalt bzgl. der Open-Loop-Aufgaben besser funktioniert (WANG u. a. 2013). Auch die Komplexität der Arbeitsaufgabe kann einen Einfluss auf den Kompetenzerhalt haben, so verfallen Kompetenzen für komplexe Arbeitsaufgaben schneller (KLOSTERMANN u. a. 2022).

Es ist also zusammenfassend festzustellen, dass bereits eine Vielzahl an Studien vorliegt, die sich mit möglichen Einflussfaktoren auf den Kompetenzverlust beschäftigen und deren Wirkung untersuchen. Auf ihrer Grundlage betrachteten auch wir Einflussfaktoren auf den Kompetenzverlust in Bezug auf die von uns untersuchten Arbeitsplätze. Dabei wollten wir weniger die Stärke verschiedener Einflussfaktoren feststellen, sondern zunächst einmal untersuchen, inwieweit überhaupt die in der Literatur zu findenden Einflussfaktoren auch beim Kompetenzverlust der Chemikanten/Chemikantinnen und Pharmakanten/Pharmakantinnen eine Rolle spielen.

2.2 Das Kompetenzkonzept der vorliegenden Forschungsarbeit

Die Frage des kompetenten Handelns in Nicht-Routine-Situationen wurde bisher von unterschiedlichen Disziplinen bearbeitet, wobei ein Schwerpunkt in der psychologischen Forschung liegt. Aber auch im Rahmen arbeitssoziologischer, berufspädagogischer und arbeitswissenschaftlicher Beiträge wurde diese Thematik näher untersucht. Diese Multidisziplinarität birgt im Hinblick auf die Operationalisierung des zentralen Untersuchungsgegenstandes, der Kompetenzen, die Problematik, dass jeweils unterschiedliche Konzepte bei den entsprechenden empirischen Arbeiten zugrunde gelegt werden. Verschärft wird diese Problematik dadurch, dass ein Großteil der Literatur in englischer Sprache vorliegt und damit auch durch die Frage der Übersetzung weitere Unsicherheit entsteht, denn diese Begriffe sind national sehr unterschiedlich konnotiert, wie BROCKMANN u. a. (2009, S. 787) in ihren Ausführungen feststellen: „Though the notion of competence is common terminology in European VET policy at national and supra-national level, understandings vary widely, both across countries and within“. Dies macht es umso notwendiger, das der vorliegenden Forschungsarbeit zugrundeliegende Kompetenzkonzept zu explizieren.

Im Deutschen Qualifikationsrahmen (DQR) wird Kompetenz in den Dimensionen Fachkompetenz und personale Kompetenz definiert. Der in der vorliegenden Untersuchung verwendete Kompetenzbegriff beschränkt sich auf die Dimension der Fachkompetenz, da in bisherigen Untersuchungen vor allem für diese das Problem des kompetenten Handelns in Nicht-Rou-

tine-Situationen beschrieben wurde. Fachkompetenz umfasst laut DQR „Wissen und Fertigkeiten und wird als die Fähigkeit und Bereitschaft verstanden, Aufgaben- und Problemstellungen eigenständig, fachlich angemessen, methodengeleitet zu bearbeiten und das Ergebnis zu beurteilen“ (ARBEITSKREIS DEUTSCHER QUALIFIKATIONSRAHMEN 2011, S. 216).

Die Elemente der Kompetenzdefinition des DQR aufgreifend wird im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit daher Kompetenz definiert als die Summe allen Wissens, aller Fertigkeiten und aller Bereitschaft, welche zur Erfüllung einer Aufgabe notwendig sind. Diese Dreiteilung deckt sich zudem mit vielen anderen Kompetenzdefinitionen. So kommt WESTERA (2001) am Ende einer ausführlichen Analyse verschiedener Kompetenzkonzepte zu dem Ergebnis: „Likely we could have come to this conclusion before the analysis: when all is said and done, the only determinants of human abilities are possessing (knowledge), feeling (attitudes) and doing (skills)!“.

Wissen bezeichnet im DQR die „Gesamtheit der Fakten, Grundsätze, Theorien und Praxis in einem Lern- oder Arbeitsbereich als Ergebnis von Lernen und Verstehen. Der Begriff Wissen wird synonym zu „Kenntnisse“ verwendet“ (ARBEITSKREIS DEUTSCHER QUALIFIKATIONSRAHMEN 2011, S. 10).

Wissen kann in explizierbarer Form oder als implizites Wissen (NEUWEG 2015, S. 99), also nicht vollständig oder nicht angemessen verbalisier-, objektivier- oder formalisierbar, vorliegen. Es kann zudem deklarativ sein (*knowing what*), sich also auf Sachverhalte beziehen, oder prozedural (*knowing how*) die Voraussetzung für Handlungen bilden.

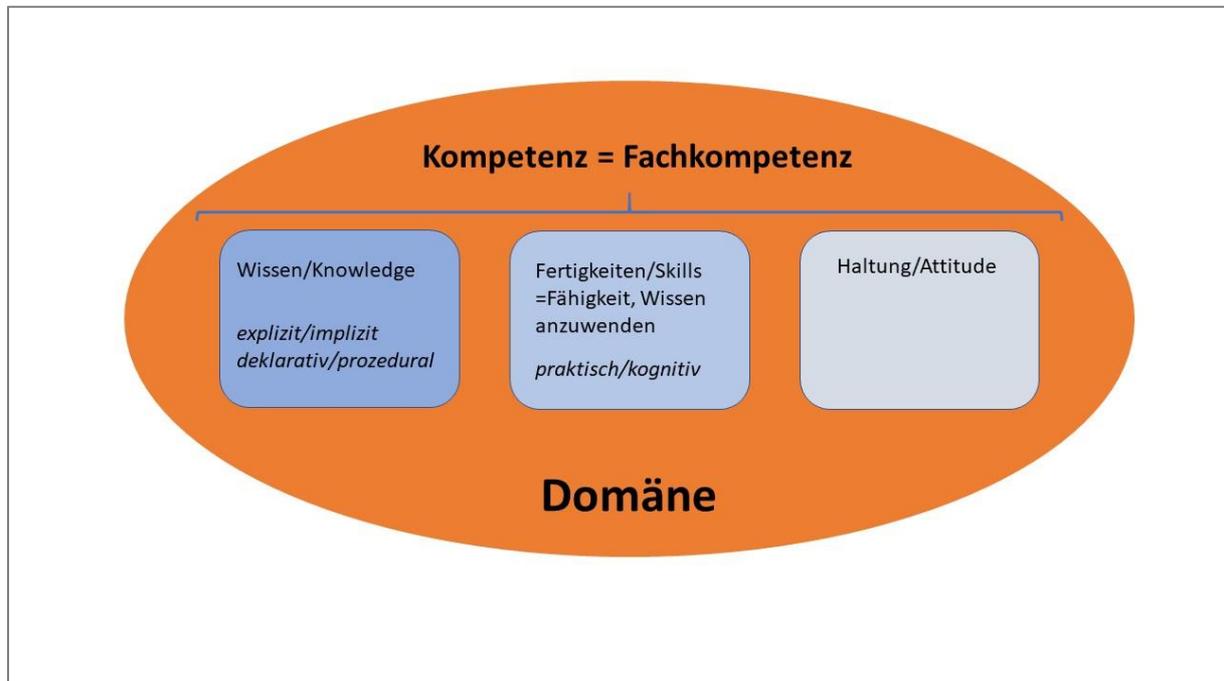
Fertigkeiten bezeichnen im DQR die Fähigkeit, das Wissen anzuwenden, um Aufgaben auszuführen und Probleme zu lösen. Fertigkeiten werden als kognitive Fertigkeiten (logisches, intuitives und kreatives Denken) und als praktische Fertigkeiten (Geschicklichkeit und Verwendung von Methoden, Materialien, Werkzeugen und Instrumenten) beschrieben.

Bereitschaft wird im Rahmen des vorliegenden Kompetenzbegriffes verstanden als Einstellung oder Haltung und deckt sich daher mit dem im Englischen verwendeten Begriff *attitude*.

Ein wichtiges Charakteristikum des Kompetenzbegriffes der vorliegenden Untersuchung ist zudem, dass er kontextspezifisch ist, was auch BRATER (2016, S. 204) betont, wenn er Kompetenz definiert als „das funktional auf Situationen bezogene und damit kontextspezifische Vermögen von Personen, ihre Kräfte und Fähigkeiten selbstorganisiert zu entwickeln und zur Bewältigung auch neuer Aufgaben selbst zu mobilisieren (Voraussetzungen für Mündigkeit und Autonomie)“. Der Kompetenzbegriff des vorliegenden Vorhabens weist damit eine große Nähe zum Konstrukt des Facharbeiterwissens auf, welches auch auf ein bestimmtes Handlungsgebiet (Domäne) ausgerichtet ist und „zum einen als Disposition (Fähigkeit, Kenntnis und Fertigkeit sowie implizites Wissen) in der Person und zum anderen als Könnerschaft im Handlungsgebiet/in der Domäne“ verstanden wird (BECKER 2010, S. 55).

Das für das vorliegende Forschungsprojekt vorliegende Kompetenzkonzept lässt sich grafisch also wie folgt darstellen:

Abbildung 1: Kompetenzkonzept des vorliegenden Forschungsvorhabens



Quelle: eigene Darstellung

3 Methodische Vorgehensweise

Die Fragestellungen des Projektes wurden mit einem Mixed-Methods-Ansatz bearbeitet. Als erster Schritt wurde eine systematische Literaturanalyse durchgeführt. Ziel dieser war es einerseits, zu prüfen, inwieweit die Fragestellung des Projektes exakt so oder auch modifiziert schon einmal bearbeitet worden ist. Andererseits sollten aus der Forschung zum Kompetenzverlust relevante Einflussfaktoren auf den Kompetenzerhalt/-verlust identifiziert werden, welche dann bei den empirischen Erhebungen Berücksichtigung finden sollten. Die aus der Fragestellung abgeleiteten Suchbegriffe und Synonyme sind in Tabelle 1 aufgeführt. Gesucht wurde in den allgemeinen Datenbanken *EBSCOhost*, *JSTOR* und *Google Scholar* sowie den Fachdatenbanken *ERIC* (Erziehungs-/Bildungswissenschaften) und *PubPsych* (Psychologie).

Tabelle 1: Bei der Literaturanalyse verwendete Suchbegriffe und deren Synonyme/alternative Begriffe

	Hauptbegriff	Synonyme/alternative Suchbegriffe
1	Kompetenzverlust	Kompetenzverfall, Kompetenzerhalt, Fähigkeitsverfall, Fertigkeitserhalt, Fertigkeitsverlust, skill-decay, loss of competence, loss of expertise, skill loss
2	Automatisierung	automation, automatization, Digitalisierung, digitalization, digitalisation, digitisation, digitization, control room, Leitstand
3	Nicht-Routine-Aufgaben	Nicht-Routineaufgabe, nicht-routinemäßige Aufgabe, non-routine task, Krise, crisis, infrequent
4	Pharmakant	pharmaceutical technician, pharmaceutical industry
5	Chemikant	chemical technician, chemistry technician, chemical plant operator, chemical industry, chemische Industrie, Prozessindustrie

Für die Durchführung der Suchvorgänge wurden die Begriffe und Synonyme bei den Suchanfragen mit logischen Verknüpfungen verkettet. Aufgrund der hohen Anzahl von Suchbegriffen musste dies stufenweise geschehen. Bei allen erhaltenen Treffern wurden anhand von Überschrift und Abstract die Relevanz für die Forschungsfragen überprüft. Zudem wurden gemäß dem Schneeballprinzip die Literaturverzeichnisse der auf Basis der Datenbanksuche identifizierten relevanten Artikel gesichtet, um weitere Quellen zu erschließen. Insgesamt wurden mit diesen Methoden 161 für die Forschungsfrage relevante Artikel identifiziert, die sich wie folgt auf folgende Kategorien verteilen (vgl. Tabelle 2):

Tabelle 2: Anzahl der im Rahmen der Literaturanalyse gefundenen relevanten Artikel nach Kategorien

Kategorie	Anzahl
Chemie/Pharmazie	17
Kompetenz	19
Kompetenzerhalt/Kompetenzverlust	37
Wissen	20
Nicht-Routine	10
Automatisierung/Digitalisierung	42
Methodische Literatur	16

Anschließend an die systematische Literaturanalyse erfolgte die empirische Erhebung der qualitativen Daten. Erhebungsmethode sollten ursprünglich Arbeitsprozessstudien, bestehend aus Arbeitsbeobachtung (BECKER 2018a) und handlungsorientierten Fachinterviews (BECKER 2018b), sein. Aufgrund der Coronapandemie war der Zugang zu den Arbeitsplätzen jedoch nicht möglich, so dass nur semistrukturierte Telefoninterviews durchgeführt werden konnten, welche die qualitative Datengrundlage bilden. Die telefonisch geführten Interviews wurden aufgezeichnet, transkribiert und mittels der Inhaltsanalyse nach MAYRING (2022) ausgewertet. Die eingesetzten Codes wurden dabei in einem ersten Schritt auf Grundlage der mittels der Literaturanalyse gesichteten bisherigen Forschung zum Kompetenzverlust gebildet und in einem zweiten Schritt durch induktiv aus dem Datenmaterial generierte Codes ergänzt.

Bei der Auswahl der Interviewpartner wurde angestrebt, sowohl Fachkräfte aus dem Bereich der pharmazeutischen als auch aus dem Bereich der chemischen Produktion zu befragen. Zudem sollten die interviewten Personen über eine mehrjährige (möglichst über zehnjährige) Berufserfahrung verfügen und somit einen Kompetenzstand haben, der es erlaubt, dass sich das Phänomen des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes überhaupt zeigen kann. Beabsichtigt war auch, sowohl Fachkräfte aus Konzernen als auch Fachkräfte aus kleineren und mittleren Unternehmen (KMU) zu befragen, um die Auswirkungen eines eventuell größeren und vielfältigeren Aufgabenspektrums bei Beschäftigten in KMUs auf die Problematik zu erfassen. Letzteres konnte jedoch trotz großer Akquise-Bemühungen nicht realisiert werden, nur zwei der Interviewten arbeiteten in einem KMU. Insgesamt wurden 21 Telefoninterviews durchgeführt. Von den Befragten arbeiteten 16 als Fachkräfte, davon vier im pharmazeutischen Sektor und zwölf im chemischen Sektor. Zwei Personen waren im Qualitätsmanagement tätig, eine davon im Bereich Chemie und eine im Bereich Pharmazeutika. Eine Person arbeitet hauptsächlich in der Ausbildung (Chemie), zwei weitere in der Personalabteilung (Pharma) und einer als Berater (beide Sektoren). Bei allen Nicht-Fachkräften war im Vorfeld die Nähe zur chemischen Produktion abgeklärt worden.

Auf den Daten der qualitativen Erhebungen basierend wurde in einem weiteren Schritt ein Online-Fragebogen entwickelt, um zu untersuchen, inwieweit sich die in den Interviews gewonnenen Ergebnisse auch auf eine größere Gruppe von Fachkräften übertragen lassen.

Der Fragebogen umfasste die Themen Auftreten und Häufigkeit von (seltenen) problematischen Situationen im Arbeitsalltag (Nicht-Routine-Situationen, NRS), deren potentielle Folgen, das Auftreten von Fehlverhalten in diesen Situationen sowie eine Beschreibung der für den Umgang mit Nicht-Routine-Situationen erforderlichen Kompetenzen. Weiterhin wurde abgefragt, ob Unterschiede im Umgang mit diesen Situationen zwischen verschiedenen Personengruppen erfahren wurden und wie die Fachkräfte auf solche Situationen vorbereitet werden. Welche Trainings den Fachkräften (darüber hinaus) sinnvoll erscheinen, war ein weiteres Themenfeld des Fragebogens, neben zahlreichen beschreibenden Informationen zu Arbeitsplatz

und Person der Teilnehmenden selbst. Letzteres sollte die Möglichkeit eröffnen, mögliche Unterschiede zwischen Personen mit und ohne Schwierigkeiten in Nicht-Routine-Situationen statistisch zu untersuchen.

Das Erhebungsinstrument wurde zwischen dem 10. und 17. Januar 2022 einem Pretest unterzogen. Die Durchführung des Pretests schloss sich der vorläufigen Finalisierung des Befragungsinstruments unmittelbar an und erfolgte wie in der späteren Feldphase als Online-Befragung. Den Befragten wurde zu Anfang offengelegt, dass sich das Befragungsinstrument noch im Test befindet und sichergestellt werden soll, dass es „breitentauglich“ ist. Es wurde ihnen detailliert dargelegt, auf welche Aspekte sie beim Test besonders achten sollen. Den Testenden stand auf jeder Seite des Fragebogens ein zusätzliches Freitextfeld zur Verfügung, in welches sie Anmerkungen oder Verständnisschwierigkeiten zu der jeweiligen Frage eintragen konnten. Insgesamt beteiligten sich sieben Personen am Pretest, davon fünf Führungskräfte sowie zwei Fachkräfte. Die Pretester/-innen stammten vorwiegend aus der pharmazeutischen Produktion.

Die Online-Befragung wurde vom 11. Februar bis einschließlich 10. Mai 2022 durchgeführt. Sie richtete sich an Fachkräfte (in der Regel Chemikanten/Chemikantinnen und Pharmakanten/Pharmakantinnen) und Führungskräfte der chemischen und pharmazeutischen Produktion. Die ursprünglich anvisierte Zielgröße von 700 Teilnehmenden wurde trotz Verlängerung der Erhebungsphase nicht erreicht. Auch hier spielten sicherlich die durch die Pandemie fehlenden oder erschwerten persönlichen Kontakte eine Rolle. Den Fragebogen beantworteten 50 Fachkräfte und 160 Führungskräfte, wobei von letzteren über 80 Prozent eine Ausbildung im Bereich Chemie oder Pharmazie besitzen.

4 Ergebnisse

4.1 In welcher Weise ist die Problematik des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes bei den beruflichen Tätigkeiten von Chemikanten/Chemikantinnen und Pharmakanten/Pharmakantinnen anzutreffen?

Im ersten Teil des Projektes erfolgte zunächst eine genaue Beschreibung der Problematik bezogen auf die im Fokus stehenden Arbeitsplätze der Chemikanten/Chemikantinnen und Pharmakanten/Pharmakantinnen. Es sollte damit der Frage nachgegangen werden, ob die für andere Bereiche und Branchen bereits beschriebene Problematik sich auch an Arbeitsplätzen der Prozessindustrie finden lässt und wie ihre genaue Ausgestaltung dort ist. Dabei standen (wie bereits im Methodenteil erwähnt) insbesondere folgende Fragen im Fokus:

- Gibt es automatisierungsbedingten Kompetenzverlust auch an den Arbeitsplätzen von Chemikanten/Chemikantinnen und Pharmakanten/Pharmakantinnen und wie verbreitet ist er?
- Welche Arbeitsaufgaben sind betroffen?
- Welche Tätigkeiten im Rahmen dieser Arbeitsaufgaben sind betroffen?
- Welche Kompetenzen sind betroffen?
- Was sind die Folgen?

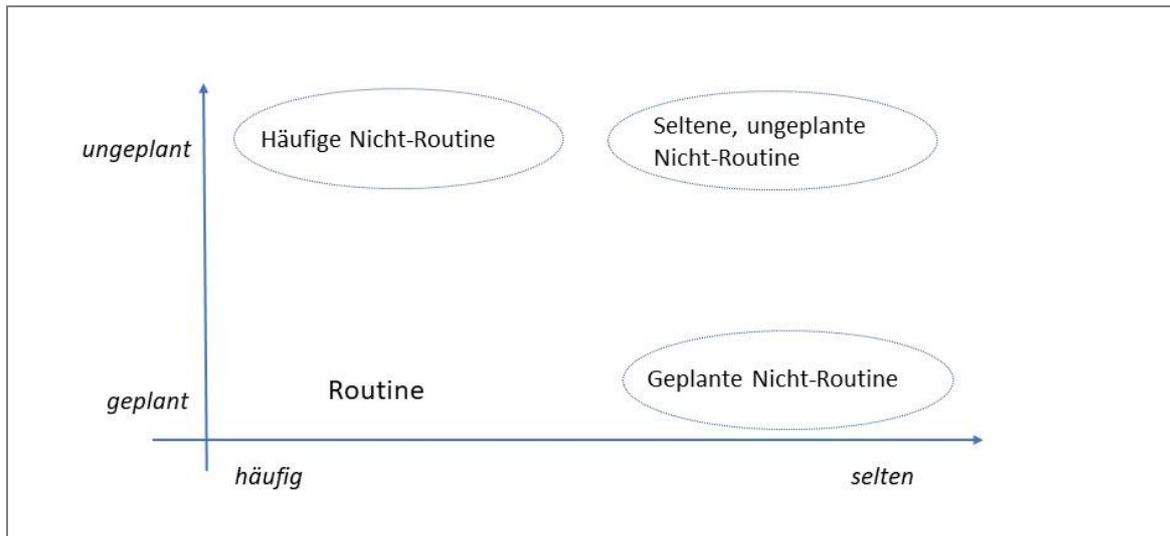
4.1.1 Gibt es automatisierungsbedingten Kompetenzverlust auch an den Arbeitsplätzen von Chemikanten/Chemikantinnen und Pharmakanten/Pharmakantinnen und wie verbreitet ist er?

Von dem ursprünglich in der Projektbeschreibung erklärten Vorhaben, eine Quantifizierung der Problematik des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes in Bezug auf eine Arbeitsschicht zu ermitteln, wurde im Verlauf der Konstruktion des Online-Fragebogens abgewichen, weil deutlich wurde, dass schon Fragen an die Teilnehmenden, die von Ihnen eine quantitative Einschätzung der Verbreitung der Problematik des Kompetenzverlustes insgesamt erlangen würden, keine verlässlichen Daten liefern konnten. Umso mehr hätte dies für Daten gegolten, die aus einer Einschätzung der Häufigkeiten des Auftretens der Problematik der automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes *pro Schicht* resultieren.

Um die Fragen nach der Existenz und der Verbreitung der Problematik zu beantworten, wurde eine dreischrittige Vorgangsweise gewählt. Zunächst wurde abgefragt, ob es im Rahmen der täglichen Arbeit zu NRS kommt. In einem zweiten Schritt wurden die Fach- und Führungskräfte, die dies bejahten, gefragt, ob sie oder ihre Kollegen/Kolleginnen in diesen Situationen schon einmal einen Mangel an den Kompetenzen erfahren haben, die notwendig gewesen wären, um die NRS zu bewältigen. In einem dritten Schritt wurde wiederum die Gruppe, welche die letzte Frage bejaht hatte, nach den Gründen für den erlebten Kompetenzmangel gefragt. Durch diesen Dreischritt lassen sich, neben dem Nachweis, dass automatisierungsbedingter Kompetenzverlust auch an den untersuchten Arbeitsplätzen existiert, zumindest erste Hinweise auf eine Verbreitung der Problematik finden.

Die in einem ersten Schritt gestellte Frage, ob es an den Arbeitsplätzen der jeweiligen chemischen oder pharmazeutischen Produktion zu Nicht-Routine-Situationen (NRS) kommt, konnte schon auf Grundlage der Daten aus den qualitativen Interviews klar bejaht werden. Darüber hinaus ließen sich drei unterschiedliche Formen von Nicht-Routine identifizieren (vgl. Abbildung 2).

Abbildung 2: Routine und verschiedene Arten von Nicht-Routine



Quelle: eigene Darstellung

Diese ergeben sich aus einer spezifischen Kombination der Kriterien Selten- und Ungeplantheit, wovon mindestens eines erfüllt sein muss. Neben den uns primär interessierenden NRS, die beide Kriterien erfüllen, wurden in den Interviews auch Situationen als NRS benannt, welche jeweils nur ein Kriterium erfüllen: die geplante (aber seltene) NRS sowie die häufige (aber ungeplante) NRS. Ereignisse, die sowohl häufig als auch geplant stattfinden, stellen demgegenüber Routine dar.

Beispiele für häufige Nicht-Routinen, die in den Interviews benannt wurden, sind:

- defekte Pumpen,
- zugesetzte Filter,
- verstopfte Leitungen,
- undichte Rohre,
- verklebte Lackierdüsen,
- defekte Sensoren,
- schwankende Stoffzufuhr,
- Verunreinigung der Stoffzusammensetzung.

Aufgrund der Häufigkeit dieses Typs von NRS wäre eigentlich davon auszugehen, dass ein automatisierungsbedingter Kompetenzverlust dort nicht vorkommt. Es wurde uns jedoch vereinzelt berichtet, dass die Problematik auch dort relevant ist, wenn beispielsweise aufgrund unterschiedlicher Persönlichkeiten der Fachkräfte manche von Ihnen auch nach wiederholten NRS nicht über die notwendigen Kompetenzen verfügen:

Interviewer: „Okay. Und würden Sie denn sagen [...] das ist jetzt so was Einfaches, wenn man das einmal gemacht hat, dann vergisst man das nicht mehr?“

Fachkraft: „Ja, ich sage mal, wenn man es zwei, drei Mal gemacht hat, sollte es eigentlich, eigentlich, sage ich mal, möglich sein, das auch noch in einem halben Jahr durchzuführen. Aber da gibt es natürlich auch solche und solche Mitarbeiter.“

Die in den Interviews erwähnten geplanten Nicht-Routine-Situationen geschahen nicht unerwartet, traten jedoch selten auf. Daher könnte die Problematik des Kompetenzverlustes auch bei ihnen eine Rolle spielen. Durch die Planbarkeit ist es jedoch möglich, Vorkehrungen zu treffen, wie z. B. Auffrischungen oder eine besondere Zusammensetzung der Teams. Als solche geplanten Nicht-Routinen Situationen wurden in den Interviews erwähnt:

- Mitarbeiter kommen im Rahmen der Job-Rotation an neue Anlagen,
- Anlagen werden komplett neu aufgebaut,
- Anlage produziert nur einmal im Jahr,
- jährliche Wartungs- und Reinigungsarbeiten oder Inspektionen an Anlagen.

Automatisierungsbezogener Kompetenzverlust spielt trotz der erwähnten Planbarkeit dann eine Rolle, wenn arbeitsorganisatorische Probleme bestehen, beispielsweise wenn wegen Urlaubs nicht alle aus der für die geplante NRS vorgesehenen Gruppe die notwendigen Kompetenzen erwerben konnten.

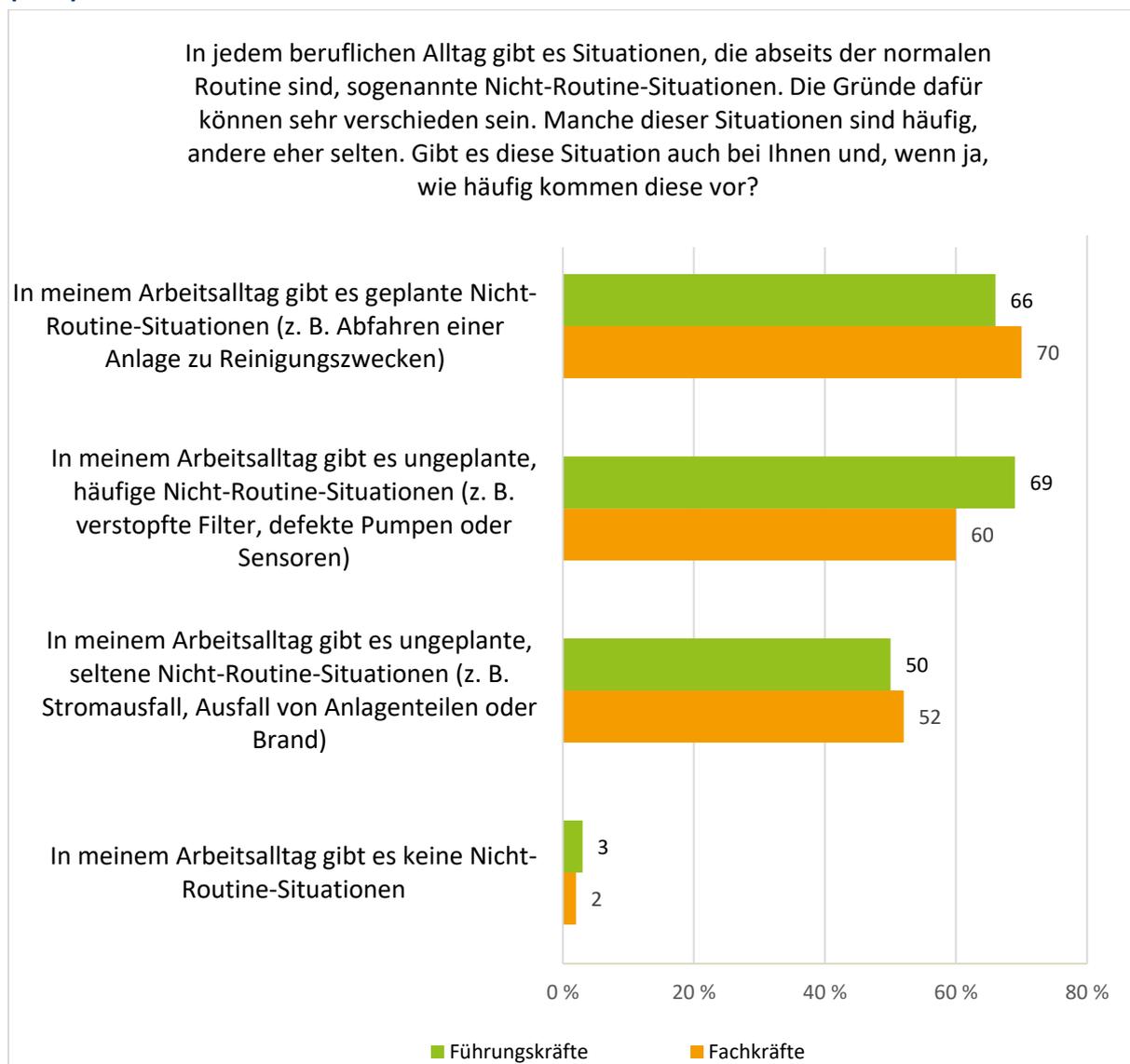
Im Hinblick auf die für die vorliegende Forschungsfrage relevanten seltenen, ungeplanten NRS wurde ebenfalls eine Vielzahl an Beispielen genannt:

- unerwünschter Wirkstoffgehalt bei der Medikamentenherstellung, der auch bei einer bekannten Anlage nicht sofort zu erklären ist,
- Brand in der Anlage, weil sich ein Rohstoff, der falsch eingestuft wurde, entzündet hat,
- totaler Stromausfall mit der Folge, dass alle Pumpen, Sensoren, Aktoren und anderen Anlagenteile ausfallen,
- Roboter verliert seine Positionswerte und fährt ins Maschinenbett,
- defekte Pumpe, die jedoch als funktionierend und laufend im Prozessleitsystem (PLS) angezeigt wird,
- Störung wird an falscher Station angezeigt,
- von einer Fremdfirma durchgeführte Messungen am Leitungssystem mittels Röntgenstrahlung führen zu Fehlmessungen und Sicherheitsabschaltungen. Die Wiederinbetriebnahme muss manuell erfolgen.

Die Beispiele zeigen, dass die Ursachen für diese Störungen sehr unterschiedlich sein können und häufig auch komplexe Zusammenhänge vorliegen. Die Häufigkeit, mit der die Fachkräfte diese seltenen Störungen erleben, variiert naturgemäß sehr stark. Einige berichten von mehreren Malen im Jahr, manche erleben im Durchschnitt nur alle fünf Jahre solche Ereignisse.

Die Ergebnisse aus den Interviews, die auf das Vorhandensein drei verschiedener Arten von Nicht-Routine-Situationen hindeuteten, wurden durch die Daten der Online-Befragung bestätigt (vgl. Abbildung 3). Wir fragten Fach- und Führungskräfte, ob es in ihrem Arbeitsalltag zu einer (oder mehrere) der drei Arten von NRS kommt. Nur jeweils 3 Prozent der Führungskräfte bzw. 2 Prozent der Fachkräfte gaben an, keine Nicht-Routine-Situationen im Arbeitsalltag zu erleben. Über 60 Prozent kannte aus dem eigenen Arbeitsalltag die häufige NRS und die geplante NRS. Immerhin rund die Hälfte berichtete, auch seltene, ungeplante NRS zu erleben. Die erste Voraussetzung für das Auftreten der zu untersuchenden Problematik ist also gegeben.

Abbildung 3: Vorkommen von NRS-Typen im Arbeitsalltag von Fach- und Führungskräften (in %)



Quelle: eigene Berechnungen; n (Fachkräfte) = 50; n (Führungskräfte) = 160; Mehrfachantworten

In einem zweiten Schritt fragten wir, ob in diesen Situationen (sofort) kompetent gehandelt werden kann.

„Man ist in dieser Situation ja von jetzt auf gleich und muss dann ein Wissen abfragen, ein Erlebnis abfragen, was man vor drei Jahren – als Beispiel – mal hatte. [...] Und dann beratschlagt man sich oder versucht gemeinsam, diese Erinnerungen wieder hochzuholen. Viele Sachen merkt man sich, aber einige Sachen, die so selten passieren, die hat man irgendwann, ja nicht vergessen, die sind noch da, aber die sind irgendwo ganz tief hinten vergraben“ (Fachkraft).

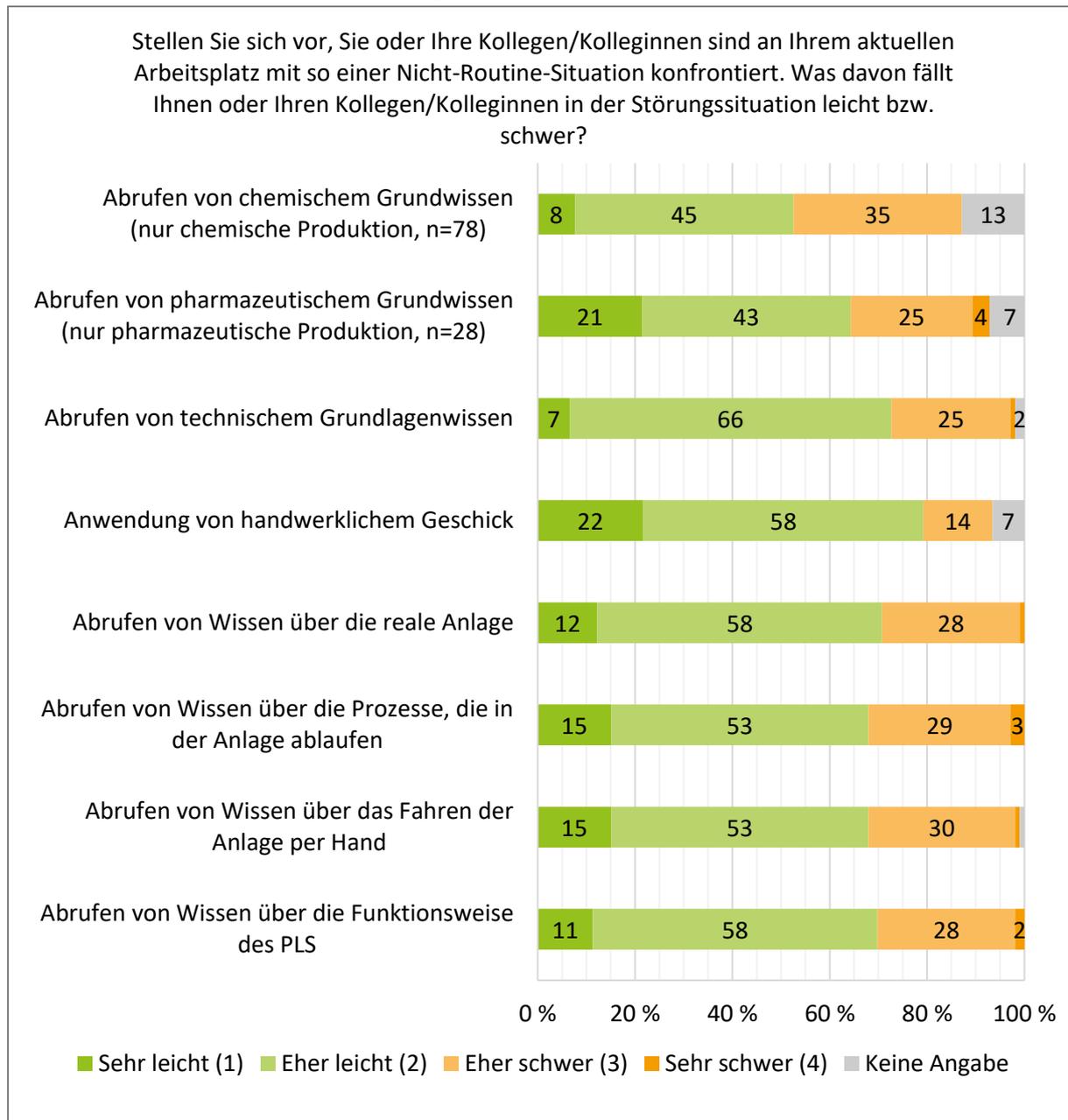
Auch hier bestätigten die Ergebnisse der Online-Befragung die ersten Hinweise aus den Interviews. So gaben 65 Prozent der Fachkräfte, die zuvor berichtet hatten, dass seltene, ungeplante Nicht-Routine-Situationen in ihrem Arbeitsalltag vorkommen, an, dass es schon einmal in einer dieser NRS vorgekommen sei, dass sie selbst oder ein Kollege oder eine Kollegin dann nicht sofort gewusst hätten, was zu tun sei. Gleiches gilt für 68 Prozent der entsprechenden Führungskräfte.

Neben dieser allgemeinen Frage nach dem Erleben von Kompetenzmangel in der NRS fragten wir auch in Bezug auf die als besonders relevant eingeschätzten Kompetenzen (näheres dazu in Kapitel 4.1.4), wie schwer bzw. wie leicht es den Fach- und Führungskräften falle, diese in einer NRS einzusetzen.

Es wurde hier die Einschätzung der Schwierigkeit des Abrufs der acht relevanten Kompetenzaspekte mittels einer vierstufigen Skala von „Sehr leicht“ bis „Sehr schwer“ erfasst.

Die Einschätzungen zu den einzelnen Aspekten ähneln sich alle sehr, es sticht keine besondere Schwierigkeit beim Abruf von Wissen und Können ins Auge. Einem Großteil der Befragten fällt es zumindest eher leicht, bestimmtes Wissen in einer Nicht-Routine-Situation abzurufen. Jedoch berichteten jeweils rund 30 Prozent von Schwierigkeiten beim Abruf von spezifischem Wissen (vgl. Abbildung 4). Hiervon waren auch die als besonders wichtig (vgl. Kapitel 4.1.3) hervorgehobenen Kenntnisse der realen Anlage und deren Prozesse, die Fertigkeit, die Anlage per Hand fahren zu können, und das Wissen um die Funktionsweise des PLS betroffen.

Abbildung 4: Was fällt Fach-/Führungskräften in NRS schwer (in %)?



Quelle: eigene Berechnungen; n = 106

Betrachtet man die Ergebnisse der Frage nach konkreten relevanten Kompetenzen gemeinsam mit den Ergebnissen der allgemeinen Frage nach dem Erleben von fehlenden Kompetenzen in den NRS, so ist festzustellen, dass zwar eine Mehrheit der Fach- und Führungskräfte an ihren Arbeitsplätzen in Nicht-Routine-Situationen durchaus die Problematik mangelnder Kompetenz erfahren, jedoch in Bezug auf konkrete Kompetenzen jeweils nur eine Minderheit (ca. 30 %) von Problemen berichtet. Eine Ursache dafür kann sein, dass es grundsätzlich schwierig

ist, Aussagen darüber zu treffen, welche Kompetenzen in seltenen, ungeplanten NRS besonders schwierig abzurufen sind. Eine andere Möglichkeit jedoch wäre, dass im Rahmen der Untersuchung noch nicht alle für die NRS relevanten Kompetenzen identifiziert worden sind und es gerade die in der Befragung fehlenden Kompetenzen sind, deren Aktivierung in den NRS schwerfällt.

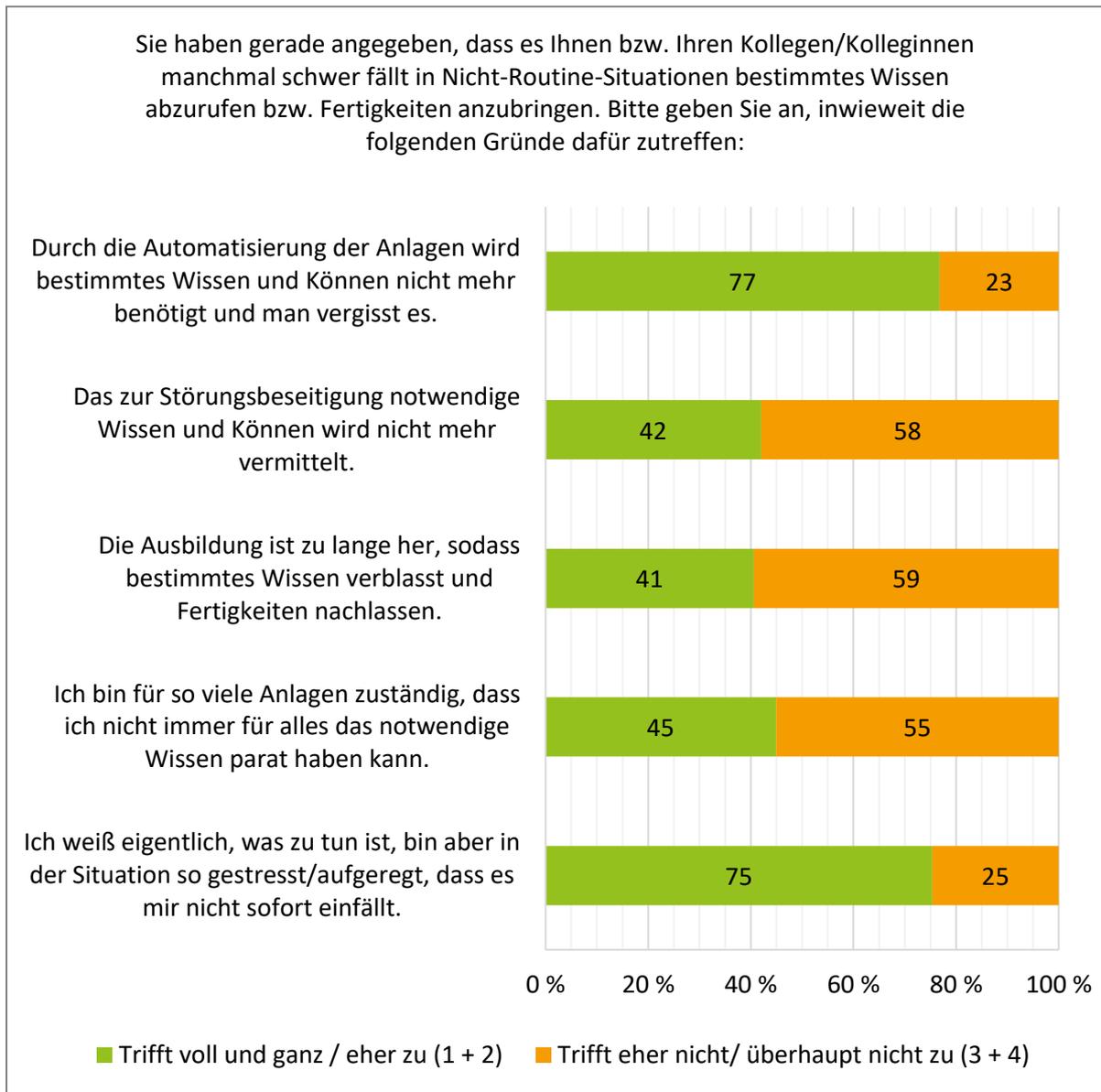
Der letzte notwendige Schritt zur Beantwortung der Frage, ob automatisierungsbedingter Kompetenzverlust auch an den Arbeitsplätzen der chemischen und pharmazeutischen Industrie eine Rolle spielt, ist die Frage nach den Ursachen für den in den NRS erfahrenen Kompetenzmangel.

In den Interviews fanden wir bereits erste Hinweise darauf, dass ein vorrangiges Arbeiten in automatisierten Arbeitsumgebungen kompetentes Handeln in NRS erschwert:

„Das ist größtenteils automatisiert, da kann es aber schon mal auch zu Problemen kommen, dass irgendwas klemmt, dass da was von Hand gefahren muss [...]. Und da merkt man dann auch, Leute, die da relativ regelmäßig an dieser Abfüllung beschäftigt sind, die tun sich da natürlich leichter mit, als wenn ich dann mal einen von den Leuten, die hauptsächlich in der Messwarte sind, da runterschicke“ (Führungskraft).

Wir fragten daher in der Online-Befragung nach der Bewertung dieses und anderer Gründe als Ursache für erlebten Kompetenzmangel (vgl. Abbildung 5).

Abbildung 5: Gründe für den Kompetenzverlust in NRS von Fach- und Führungskräften (in %)



Quelle: eigene Berechnung; n = 69

Wie der Grafik zu entnehmen ist, wird die Automatisierung neben dem Stress, der in der NRS besteht, als Hauptgrund für den in der NRS erfahrenen Kompetenzmangel bewertet. Weit über 70 Prozent sehen darin eine Ursache für einen erlebten Kompetenzverlust. Dieses Ergebnis bestätigt nachdrücklich die bereits in den Interviews gemachten Aussagen.

Es lässt sich also zusammenfassend feststellen, dass es an den Arbeitsplätzen der chemischen und pharmazeutischen Produktion sowohl zu NRS als auch zu erlebtem Kompetenzmangel in

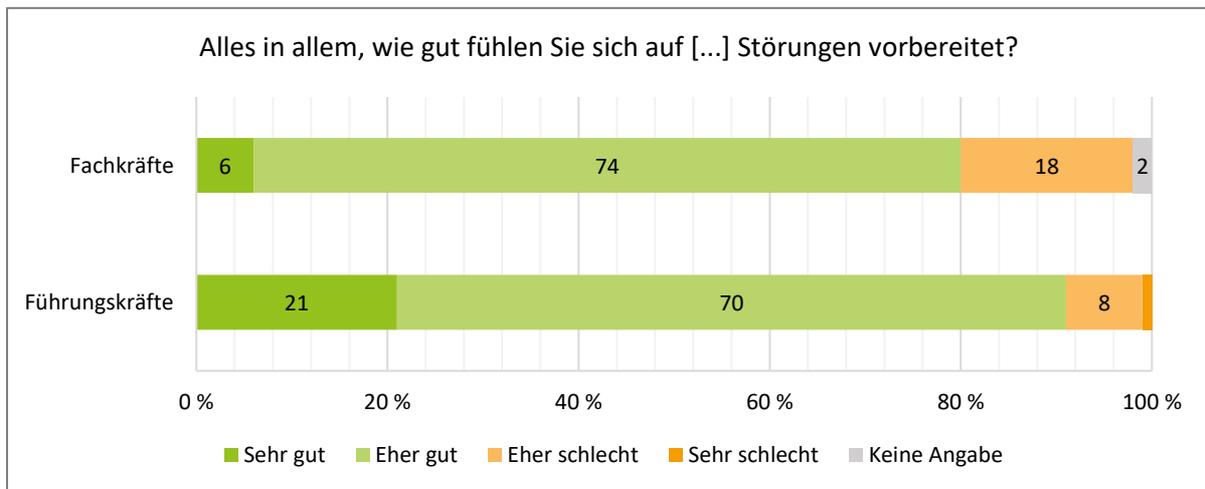
diesen NRS kommt und dass eine der Hauptursachen dafür in der fortgeschrittenen Automatisierung der Arbeitsplätze gesehen wird. Automatisierungsbedingter Kompetenzverlust spielt also auch in der chemischen und pharmazeutischen Produktion nachweisbar eine Rolle.

Bezüglich der Verbreitung lässt sich sagen, dass in unserer Befragung letztlich 54 von 210 und damit 26 Prozent der Teilnehmenden den von uns oben beschriebenen Dreischritt in den Fragen (erlebte seltene, ungeplante NRS, dann erlebter Kompetenzmangel, Grund des Kompetenzmangels in der fortschreitenden Automatisierung) nachvollzogen und dadurch davon auszugehen ist, dass sie in ihrem Arbeitsalltag automatisierungsbedingten Kompetenzverlust erleben.

Um valide Aussagen dazu machen zu können, wie verbreitet das Phänomen des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes bezogen auf die Gesamtheit der in den beiden Berufen arbeitenden Fachkräfte ist, hätte die Anzahl der Teilnehmenden der Online-Befragung zweifellos größer sein müssen. Aus den vorliegenden Daten lässt sich in Verbindung mit den Ergebnissen der Interviews nur die erste Annahme ableiten, dass die Problematik an den Arbeitsplätzen der befragten Fachkräfte existiert, derzeit jedoch noch eine Minderheit der Fachkräfte davon betroffen ist. Dies wird auch gestützt durch die Ergebnisse zur Einschätzung des eigenen Vorbereitetseins auf NRS, um die wir im Rahmen der schriftlichen Befragung bitten, um die Relevanz der Problematik besser beurteilen zu können.

Alles in allem fühlen sich sowohl Fach- als auch Führungskräfte gut auf Störungen bzw. (problematische) Situationen in ihrem Arbeitsalltag vorbereitet. Bei den Führungskräften tritt dies noch etwas ausgeprägter zutage: Insgesamt 91 Prozent dieser Zielgruppe fühlen sich zumindest eher gut vorbereitet, sehr gut 21 Prozent. In gleicher Weise äußern sich jedoch nur sechs Prozent der Fachkräfte, insgesamt fühlen sich dennoch auch vier von fünf Fachkräfte mindestens eher gut auf eine Störungssituation vorbereitet (80 %). Sehr schlecht vorbereitet fühlt sich so gut wie keine/-r der Befragten: Nur ein Prozent aller Führungskräfte gibt dies an, bei den Fachkräften niemand (vgl. Abbildung 6).

Abbildung 6: Einschätzung des Vorbereitetseins auf NRS von Fach- und Führungskräften (in %)

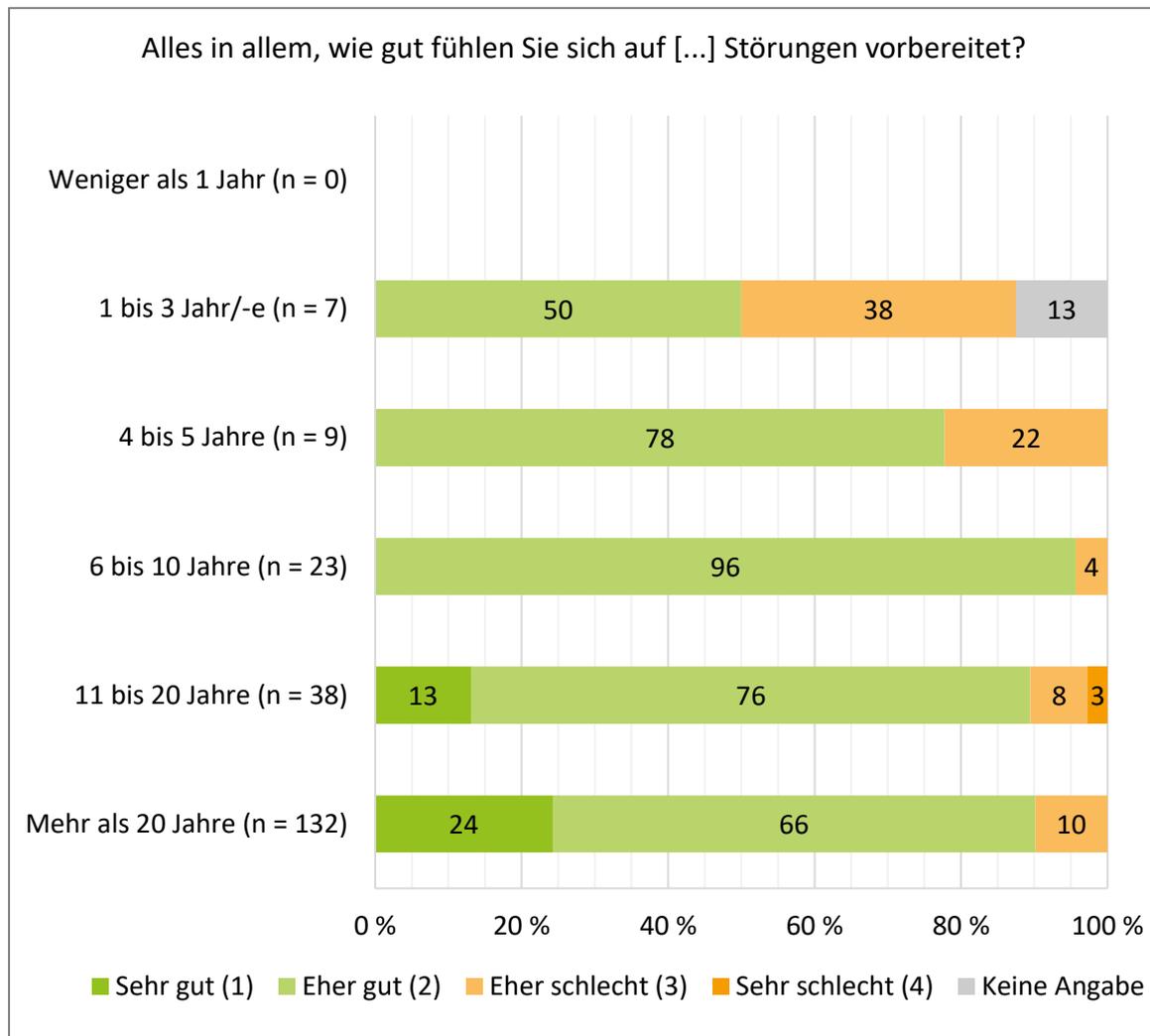


Quelle: eigene Berechnungen; n (Fachkräfte) = 50; n (Führungskräfte) = 160

Neben den beiden Gruppen Fach- und Führungskräfte wurden für diese Frage noch weitere Teilgruppenvergleiche vorgenommen, u. a. mit Blick auf die Berufserfahrung, das Alter und den schulischen und beruflichen Abschluss der Befragten.

Berichtenswerte Differenzen zeigten sich hier v. a. hinsichtlich der Berufserfahrung. Grob zeichnet sich hier folgendes Bild ab: Je mehr Berufserfahrung vorhanden ist, desto besser fühlen sich die Befragten in der Regel auf Störungen vorbereitet. So gaben einzig Personen mit mindestens elf Jahren Erfahrung in ihrem Beruf an, dass sie sich gar sehr gut vorbereitet fühlen. Dagegen finden sich bei den befragten Personen mit weniger als fünf Jahren Berufserfahrung deutlich häufiger solche, die sich (meist eher) schlechter vorbereitet fühlen (ein bis drei Jahre Berufserfahrung: 38 Prozent; vier bis fünf Jahre Berufserfahrung: 22 Prozent; vgl. Abbildung 7).

Abbildung 7: Einschätzung des Vorbereitetseins auf NRS von Fach- und Führungskräften mit unterschiedlicher Berufserfahrung (in %)



Quelle: eigene Berechnungen; n = 210

Dass die Berufserfahrung eine Rolle bei der Performanz in NRS und somit auch bei dem empfundenen Vorbereitetsein auf diese Situationen spielt, werden wir an späterer Stelle bei den Einflussfaktoren auf den Kompetenzerhalt noch einmal ausführlicher thematisieren.

4.1.2 Bei welchen Arbeitsaufgaben und damit verbundenen Tätigkeiten tritt der automatisierungsbedingte Kompetenzverlust auf?

Aufgrund der Tatsache, dass coronabedingt kein Zutritt zu den Arbeitsplätzen möglich war, mussten Aussagen dazu, bei welchen Arbeitsaufgaben und bei welchen Tätigkeiten die Problematik des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes auftritt, ausschließlich den Daten der Interviews entnommen werden, ohne jemals konkrete Arbeitsaufgaben und Tätigkeiten beobachtet zu haben. Die Aussagen zu den obigen Fragen lassen sich daher nur sehr all-

gemein fassen. Demnach führen die beschriebenen Nicht-Routine-Situationen zu eher komplexen Aufgaben mit weniger manuellen als vielmehr kognitiven Tätigkeiten, also zu einem Aufgabentyp und damit verbundenen Tätigkeiten, der nach dem aktuellen Stand der Forschung einen negativen Einfluss auf die Retentionsfähigkeit hat (vgl. Kapitel 2.1). Daher sind per se Aufgaben im Rahmen von NRS prädestiniert für das Auftreten von Kompetenzverlust. Für eine weitere Spezifizierung der Arbeitsaufgaben und Tätigkeiten ist, wie schon berichtet, die vorhandene Datengrundlage nicht geeignet.

4.1.3 Welche Kompetenzen sind betroffen?

Um festzustellen, welche Kompetenzen potenziell durch die fortschreitende Automatisierung in Gefahr sind, nur selten benötigt und damit vergessen zu werden, wurden im Rahmen des vorliegenden Projektes unterschiedliche methodische Zugangsweisen gewählt. In einem Untersuchungsstrang fragten wir nach den relevanten Kompetenzen zur Bewältigung von NRS und danach, wie leicht/schwer es den Einzelnen falle, diese Kompetenzen in NRS einzusetzen. In einer zweiten Fragereihe (s. Kapitel 4.1.1) fragten wir nach Erfahrungen von Kompetenzmangel in NRS und möglichen Ursachen dafür. Es ist bei dieser Vorgehensweise kritisch anzumerken, dass dadurch nicht sichergestellt ist, dass sich der erlebte Kompetenzmangel tatsächlich auch auf die an anderer Stelle (s. ebd.) benannten relevanten Kompetenzen bezieht und dass die benannten Schwierigkeiten, die relevanten Kompetenzen in NRS einzusetzen, mit dem erlebten Kompetenzmangel gleichzusetzen sind. Bei der Konstruktion des Befragungsinstrumentes wurde es jedoch aus Gründen der Verständlichkeit des Fragebogens als nicht praktikabel angesehen, die Befragten Aussagen darüber treffen zu lassen, inwieweit einzelne benannte Kompetenzen vom Kompetenzverlust durch Automatisierung betroffen sind. Die Aussagen zu den vom automatisierungsbedingten Kompetenzverlust betroffenen Kompetenzen sind somit voraussetzungsvoll und können nur erste Hinweise auf die genaue Ausgestaltung der vorliegenden Problematik bieten. Für präzisere, auf einzelne Kompetenzen bezogene Ergebnisse bedarf es eines anderen methodischen Zugangs.

Gemäß dem dieser Untersuchung zugrundeliegenden Kompetenzschema (vgl. Abbildung 1) unterschieden wir bei den Kompetenzen zwischen Wissen, Fertigkeiten und Haltungen. Diese Unterscheidung wurde jedoch bei den Fragen der Online-Befragung nicht stringent angewandt, weil diese Terminologie dem Alltagssprachgebrauch nicht entspricht. Stattdessen boten wir beispielsweise bei der Frage nach den wichtigen bzw. unwichtigen Kompetenzen in einer NRS die Antwortmöglichkeit „Abrufen von Wissen über das Fahren der Anlage per Hand“ an, obwohl es sich gemäß unseres Kompetenzschemas um eine kognitive Fertigkeit und nicht um Wissen handelt. Erst im Zuge der Auswertungen wandten wir die drei Kategorien unseres Kompetenzschemas, Wissen, Fertigkeiten und Haltungen, wieder an.

In Bezug auf das deklarative Wissen werden chemisches, pharmazeutisches und physikalisches (technisches) Fachwissen genannt, das bei Störungen relevant wird. Chemisches und

pharmazeutisches Wissen umfasst Kenntnisse über die zu verarbeitenden Stoffe, ihre Zusammensetzung und insbesondere auch ihre Eigenschaften. Dies ist zum einen bei der Ursachenanalyse relevant, wenn beispielsweise die Reaktion eines Stoffes auf zu hohe Wärmezufuhr zu einer Verstopfung von Rohrleitungen führt:

„Wichtig war, dass wir wussten, was chemisch damit passiert. Also im ersten Moment, dass wir wissen, was passiert, wenn ich einen Rohstoff zu sehr heize, dass ich weiß: okay, manche Rohstoffe wie zum Beispiel irgendwelche Fettsäuren oder Ähnliches, das ist kein Problem, wenn die 60 Grad heizen. Da sind die halt schön flüssig und die zersetzen sich nicht. Aber der spezielle Rohstoff, der war dann halt in der Rohrleitung bei 60 Grad, und da weiß man: mhm, wenn der so hoch ist, zersetzt der sich in seine Einzelteile“ (Fachkraft).

Zum anderen kommt dieses Wissen auch bei der (sicheren) Störungsbeseitigung zum Tragen, wenn die Gefährlichkeit von Stoffen eingeschätzt werden muss und unter Umständen besondere Schutzmaßnahmen getroffen werden müssen. Dies beschreibt eine Führungskraft:

„Weil, wenn ich nicht weiß, wie ich mit einem unbekanntem [Stoff] umgehe, und habe weder Erfahrung noch irgendwo eine Anleitung, dann mach in so einen trial and error und wenn sie jetzt dann einen Unfall im Werk haben, ne? Wo etwas austritt oder etwas ist geborsten und Sie haben eine Situation, wo sie schnell korrekt handeln müssen. Zum Beispiel etwas löschen. Da stellt sich schon die Frage nach dem richtigen Löschmittel, ne? Es gibt ja nicht umsonst Kohlendioxid und Wasser beispielsweise, ne? Es hilft nicht alles gleich gut, sonst gäbe es nicht diese verschiedenen Löschmittel. Jetzt haben sie vielleicht da auch noch irgendwie so ein Becken und entsprechende Leitungen in dieser Wanne unter den Lösungsmittel tanks, da haben sie das Problem der Entzündlichkeit. Wie rufe ich denn Hilfe, ne? Da müssen sie an einen Ex-Schutz [Anm. d. V.: Explosionsschutz] in erster Linie mal denken. Die Hilfskräfte müssen natürlich auch sofort vorbereitet sein. Ist es zum Beispiel wassergefährdend, ist es toxisch, ist es radioaktiv und, und, und? Und das muss schnell verfügbar sein, weil man bei einem/bei einer Störung möglichst schnell, aber auch sicher, und die dritte Komponente ist, wirtschaftlich günstig helfen soll“ (Führungskraft).

Letzteres Beispiel zeigt zudem, dass selbst wenn externe Hilfe angefordert wird, bestimmte Kompetenzen (in diesem Fall chemisches Wissen) in Nicht-Routine-Situationen helfen, weil sie ermöglichen, dass die angeforderte Hilfe frühestmöglich und umfassend informiert ist und entsprechende Vorkehrungen getroffen werden können.

Physikalisches Wissen bezieht sich zum einen auf die Verarbeitungsprozesse in den Anlagen, z.B. das Wissen, dass eine Temperaturerhöhung zu einer Druckerhöhung führen kann und dass umgekehrt ein zu hoher Druck als Folge eine zu hohe Temperatur haben kann. Zum anderen bezieht sich das physikalische Wissen auf die Anlagen selbst und geht dort über in ein technisches Wissen, wenn zum Beispiel gewusst werden muss, dass sich der tiefste Punkt der Anlage zum Ablassen eignet und dann der statische Druck, d. h. das Eigengewicht des Produktes, ausreicht, um das Produkt aus der Anlage zu lassen.

Mehrfach angesprochen wurde die Relevanz des Wissens um die Beschaffenheit der realen Anlagen außerhalb deren Repräsentanz im Prozessleitsystem. Zu diesem Wissen gehört beispielsweise auch das Wissen um die realen Dimensionen der Anlage, deren Komponenten und Funktionsweisen:

„Und das ist, ich glaube, das ist eigentlich elementar wichtig, dass die Menschen eine Orientierung haben von ihrer Anlage, die müssen ihre Anlage kennen. Und das kann man eben nicht nur in der Messwarte am Prozessleitsystem. [...] Das ist so die Erfahrung, die wir gemacht haben, dass es extrem wichtig ist, dass die Leute diese Verknüpfung mit draußen und drinnen hinbekommen“ (Führungskraft).

Als besonders relevant neben dem chemischen Wissen und dem Wissen um die realen Anlagen ist für den Nicht-Routine Fall auch das Prozesswissen, also das Wissen um die in den Anlagen ablaufenden Verarbeitungsprozesse und um die daran beteiligten Komponenten, deren Funktionsweisen und Interdependenzen.

Prozesswissen bezieht sich auf die in den Anlagen ablaufenden chemischen Prozesse, die Reihenfolge, in der die einzelnen Produktkomponenten hinzugefügt werden, aber auch auf das Wissen um den Grund für diese Reihenfolge. Ältere Mitarbeitende besitzen dieses Wissen eher als jüngere, weil sie, bevor die Anlagen automatisiert wurden, die Zutaten manuell hinzugeben mussten oder aber zumindest die einzelnen Zugaben getrennt veranlassen mussten.

„[E]s werden immer weniger junge Leute, glaube ich, die einen Prozess an sich so verinnerlichen, halt wie die Alten das früher gemacht haben. Weil man lernt es halt nicht, also ich habe noch gelernt manuell zu fahren, die Rezepte, also die Prozesse manuell zu fahren. [...] Das hat einem schon sehr viel geholfen, weil man dann mehr, ja, man guckt halt mehr in diesen Hintergrund rein und muss alles selber starten, die ganzen Parameter selber eingeben, man versteht es ein bisschen besser, denke ich mal. Jetzt verlassen sich vielleicht Leute zu viel auf das Rezept, es läuft automatisch, man weiß aber nicht genau, was da passiert“ (Fachkraft).

Prozesswissen bezieht sich auch auf die Anlage selbst, auf deren Komponenten und ihre Funktionen. Dies beinhaltet auch das Wissen um die Wirkungen der Handlungen am PLS auf die reale Anlage und das Wissen um den Grund für im PLS hinterlegte Werte, beispielsweise für Alarmgrenzen, wie eine Fachkraft beschreibt:

„Deswegen muss man halt auch immer wissen: okay, selbst wenn es das jetzt schnell schaltet und ich krieg das schnell mit, wie reagiere ich? Also welche Pumpen nehme ich sofort auf Hand, die dann automatisch rausgehen? Welche Ventile nehme ich auf Hand, die dann automatisch zugehen? Der möchte das vielleicht auch in der Reihenfolge machen, wenn ich da jetzt in den automatisierten Bereich eingreife, dass ich das jetzt nicht kurz zu mache und mir dann die ganze Anlage dann mit dem Druck zerlege. Also da muss man schon ein bisschen gucken: Okay, wie funktioniert die Anlage und was kann ich dann direkt drücken? Es gibt zwar immer Sicherheits-schaltungen dazwischen aber man [...] muss halt wissen wie es funktioniert“ (Fachkraft).

Das Wissen um die einzelnen Prozessschritte ist besonders bei der Ursachenanalyse relevant, wenn es gilt, die möglichen Gründe für die Störung zu entdecken:

„Gut, da wird natürlich dann geschaut, woran lag das gerade in dieser einen Batterie, dass die Werte so schlecht waren. Und dann werden halt so verschiedene Stellschrauben gedreht, sage ich mal, wo, da wird mit dem Wasser experimentiert, da wird am Filter experimentiert, da wird mit dem Vakuum experimentiert, da wird die Zusammensetzung der ersten Reaktionsstufe überprüft. Und ja, also es gibt sehr, sehr viele Stellschrauben, wo man dran drehen kann, um das Ergebnis zu verbessern“ (Fachkraft).

Neben den verschiedenen Wissensbereichen werden auch Fertigkeiten benannt, die relevant für den Nicht-Routine-Fall sind. Dabei sind es vor allem kognitive Fertigkeiten, die als wichtig erachtet werden.

Häufig erwähnt wird die Fertigkeit, Informationen aus dem PLS zu erhalten (z.B. zu wissen, in welchen Untermenüs bestimmte Werte hinterlegt sind), Informationen zu filtern und Werte zu deuten (auch beispielsweise sehr langsame Veränderungen von Werten unterhalb von Alarmgrenzen zu erkennen). In diesem Zusammenhang wird auch erwähnt, dass es wichtig ist, ein erkanntes Problem in „Teilprobleme“ zu zerlegen, das heißt, komplexe Zusammenhänge zu verstehen und in diesen Systemen Fehleranalysen zu betreiben und Lösungsansätze zu entwickeln.

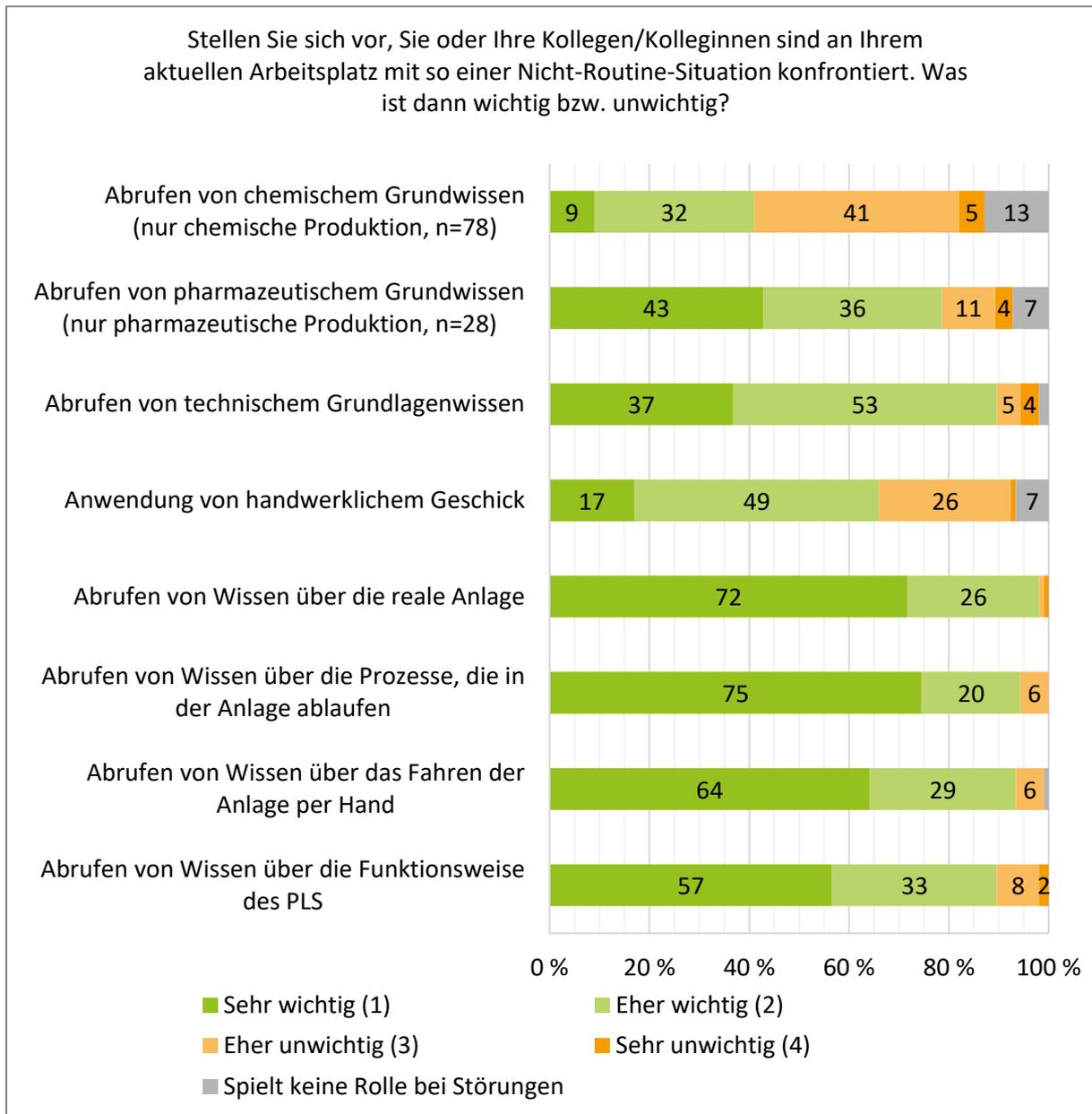
Eine ebenfalls erwähnte Fertigkeit ist die Fertigkeit, das PLS per Hand zu fahren. Damit ist ein eingreifendes Steuern gemeint, bei dem die das PLS Bedienenden, abweichend vom sonst vollständig automatisiert ablaufenden Prozess, die Kontrolle über verschiedene Betriebsparameter übernehmen.

Selten gefragt in den Nicht-Routine-Fällen sind einfache manuelle Kompetenzen. Begründet wird dies mit der zunehmenden Komplexität der Anlagen, bei denen es nicht mehr reicht, nur über einfache manuelle Fertigkeiten zu verfügen. Das einzige Interview, in dem handwerkliche Fertigkeiten explizit erwähnt werden, stammt von einer Fachkraft, die den Automatisierungsgrad des eigenen Arbeitsplatzes eher gering einschätzt:

„[A]lso einen kleinen Handwerker muss man schon in sich haben, um gewisse Dinge auch, ja, selber hinzukriegen. Zum Beispiel überprüfen, sind alle Stecker richtig angeschlossen, ist die Stromversorgung angeschlossen? Was man auch zu Hause tun würde, wenn der Staubsauger nicht funktioniert, auf gut Deutsch“ (Fachkraft).

Die in den Interviews benannten Kompetenzbereiche des Wissens und der Fertigkeiten wurden noch einmal in der schriftlichen Befragung thematisiert. Den Fachkräften und Führungskräften wurde dazu die Frage gestellt, wie wichtig bestimmtes Wissen bzw. Fertigkeiten beim Auftreten einer NRS für sie selbst und die Kollegen/Kolleginnen (Fachkräfte) bzw. die Mitarbeiter/-innen (Führungskräfte) sind. Insgesamt wurde die Relevanz von acht Aspekten mittels einer vierstufigen Skala von „Sehr wichtig“ bis „Sehr unwichtig“ erfasst. Zudem wurde den Befragten die Ausweichkategorie „Spielt keine Rolle bei Störungen“ angeboten. Bei den Antworten gab es keine nennenswerten Unterschiede zwischen den Angaben von Fach- und Führungskräften, weshalb beide in Abbildung 8 gemeinsam dargestellt werden.

Abbildung 8: Einschätzung der Relevanz von Kompetenzen zur Bewältigung einer NRS (in %)



Quelle: eigene Berechnungen; n = 106

Insgesamt fünf von acht Aspekten bewerteten mindestens neun von zehn Befragten als zumindest eher wichtig oder sehr wichtig bei der Konfrontation mit ungeplanten, seltenen Nicht-Routine-Situationen. Diese Ergebnisse unterstützen die Resultate der Interviews, weil die dort benannten relevanten Kompetenzaspekte auch hier wieder als sehr wichtig oder wichtig eingestuft werden. Es handelt sich dabei um:

- Wissen über die reale Anlage,
- Wissen über die Prozesse, die in der Anlage ablaufen,

- die Fertigkeit des Fahrens der Anlage per Hand,
- Wissen über die Funktionsweise des PLS,
- technisches Grundlagenwissen.

Ebenfalls ähnlich zu den Ergebnissen der Interviews wird auch in der schriftlichen Befragung den manuellen Fähigkeiten (Anwenden von handwerklichem Geschick) eher wenig Relevanz zugesprochen.

Bezüglich des pharmazeutischen und des chemischen Wissens ergibt sich keine klare Konsistenz mit den Ergebnissen der Interviews. Während sich beim pharmazeutischen Wissen mit 79 Prozent Zustimmung zu den Skalenpunkten „wichtig“ und „sehr wichtig“ immerhin noch eine ähnliche Tendenz wie in den Interviews finden lässt, bewerten die Befragten in der Online-Befragung das chemische Grundwissen als sogar noch weniger relevant für die NRS als das handwerkliche Geschick. Nur 39 Prozent halten es für wichtig oder sehr wichtig. Über die Gründe für diese geringe Relevanzzuschreibung kann an dieser Stelle nur spekuliert werden. Möglicherweise haben die Befragten die Bezeichnung „chemisches Grundwissen“ mit arbeitsplatzfernem Schulwissen aus dem Chemieunterricht assoziiert. Um hierzu Klarheit zu erhalten, wären jedoch weitere Befragungen notwendig.

Die dritte Komponente des vorliegenden Kompetenz-Konzeptes, Haltung, wurde in den Interviews als von besonderer Relevanz für die Bewältigung von NRS angesehen. Zum einen in den Nicht-Routine-Situationen selbst. Als zuträglich benannt wurden dort (wenig überraschend) folgende Haltungen: Ruhe, Gelassenheit, aber auch Mut. Untermuert wird dieses Interviewergebnis auch durch die Antworten aus der schriftlichen Befragung auf die Frage danach, welche Kolleginnen NRS besonders gut bewältigen können (vgl. Kapitel 4.2.1). So stimmen 95 Prozent der Aussage zu, dass ruhige und gelassene Kollegen/Kolleginnen NRS besser bewältigen können (vgl. Abbildung 10).

Zum anderen ist nach Ansicht der Befragten im Vorfeld der NRS eine Haltung der Neugier und des Interesses an der Anlage und den in ihr ablaufenden Prozessen notwendig, um ein tieferes Prozessverständnis zu entwickeln. Hier bedingt die Haltung den Kompetenzerwerb, aber auch den Kompetenzerhalt. Bezogen auf die motivationalen Voraussetzungen des eigenen Kompetenzaufbaus beschreibt eine Führungskraft:

„Und das Wissen baut man nicht in der Messwarte auf. Also aus meiner Erfahrung baut man das Wissen eigentlich nicht rein in der Messwarte auf, man muss das Verfahren kennen und dann muss man seine Anlage draußen, also man muss die baulichen Gegebenheiten vor Ort kennen, um ein Verständnis zu haben. Ich bin auch damals als Anlagenfahrer in jede Kolonne rein gekrabbelt, ich habe mir das im Stillstand alles angekuckt, also die Aufbauten, die Einbauten, so ich wollte genau verstehen, wo sind Prallbleche, warum sind die Prallbleche da, was es für eine Durchmischung ist? Also man muss sich schon ein bisschen auch für Verfahren interessieren, um herauszufinden, wie so eine Anlage tickt“ (Führungskraft).

Neben den zwei Haltungen, die unterstützend für die Bewältigung von Nicht-Routine-Situationen gesehen werden, gibt es auch Aussagen zu einer Haltung, die problematisch für die Bewältigung dieser Situationen gesehen wird. Sie beziehen sich auf eine zu große Selbstsicherheit vor allem jüngerer Mitarbeiter/-innen, die durch ihre Vertrautheit mit digitalen Medien fälschlicherweise glaubten, das PLS kompetent handhaben zu können, keine angemessene innere Repräsentation der äußeren Anlage hätten und auch in ihrem blinden Vertrauen auf die Technik kein Interesse daran hätten, sich mit der realen Anlage zu beschäftigen, also das für die Nicht-Routine-Situation notwendige Prozesswissen aufzubauen. So urteilt eine Fachkraft über jüngere Kolleginnen/Kollegen:

„Oder die haben heute schon so eine Selbstsicherheit im Tag, weil sie eben mit diesen Medien eben so umgehen können, die ist dann manchmal nicht angebracht. Die meinen schon sie haben das drauf, aber die wissen nicht was draußen, so vor Ort wirklich passiert. Also das gibt es schon“ (Fachkraft).

Diese Haltung führe zudem in NRS dazu, dass Störungen nicht oder zu spät entdeckt werden würden und verhindere dadurch kompetentes Handeln in Nicht-Routine-Situationen:

„So das ist ja so die Verantwortung, die derjenige dann auch hat und dann manchmal auch vielleicht schneller reagieren muss und kann er das? [...] Ich habe manchmal das Gefühl, bei den jungen Leuten ist dieses Bewusstsein gar nicht da, [...] das ist eine Playstation und das läuft hier schon irgendwie und das wird [man] dann schon irgendwie hinkriegen“ (Fachkraft).

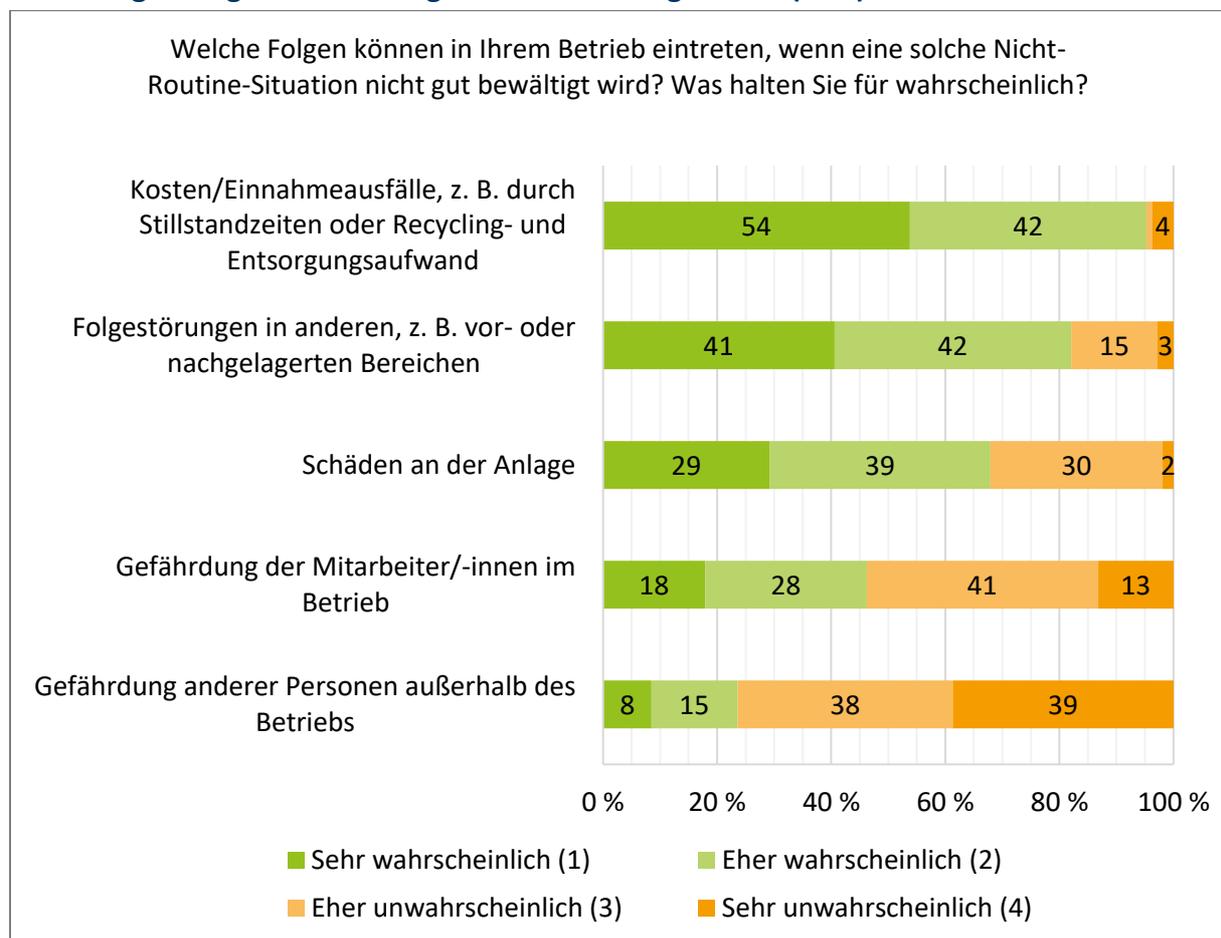
Es lässt sich also zusammenfassend feststellen, dass im Rahmen des vorliegenden Forschungsprojektes Kompetenzen identifiziert werden konnten, die für die Bewältigung von NRS als besonders relevant gedeutet werden. Dabei spielen sowohl die Kompetenzbestandteile Wissen und Fertigkeiten als auch der Bestandteil der Haltungen eine Rolle. Sollen Fachkräfte also zukünftig auf NRS vorbereitet werden, müssen nicht nur Wissen und Fertigkeiten vermittelt und trainiert werden, sondern (was sich eventuell als anspruchsvoller erweisen könnte) auch eine bestimmte Haltung.

4.1.4 Was sind die Folgen?

Schwierigkeiten beim Bewältigen von ungeplanten, seltenen Nicht-Routine-Situationen können (weitreichende) Folgen haben. In den Interviews wurden vor allem wirtschaftliche Folgen benannt, die bei der unzureichenden Bewältigung von NRS in dem Bereich der chemischen und pharmazeutischen Produktion entstehen. Nur selten wurde von einer Gefährdung der Mitarbeitenden berichtet. Es wurde allerdings auch betont, dass die wirtschaftlichen Folgen mitunter gravierend sein können, wenn beispielsweise ganze Anlagen stillgelegt und geräumt/gereinigt werden müssen: „Und dann haben wir die Anlage gespült, auseinander gebaut, repariert und wieder zusammengebaut. Das war dann so eine Wochenaufgabe“ (Fachkraft).

In der schriftlichen Befragung waren die Teilnehmer/-innen der Befragung dann aufgefordert, die Wahrscheinlichkeit des Eintretens solcher Folgen auf einer vierstufigen Skala von „Sehr wahrscheinlich“ bis „Sehr unwahrscheinlich“ einzuschätzen. Auch hier zeigte sich wieder die gleiche Tendenz wie bei den Interviews: Am wahrscheinlichsten wurden Kosten bzw. Einnahmeausfälle eingeschätzt, fast alle Teilnehmenden (95 %) gaben an, dass sie diese Folgen für eher bis sehr wahrscheinlich halten. Weit über die Hälfte hielt zudem Folgestörungen und Schäden an der Anlage für sehr oder eher wahrscheinlich an. Immerhin 46 Prozent sahen auch eine Gefährdung von Mitarbeitenden im Betrieb als sehr oder eher wahrscheinlich. Hingegen wurde die Gefährdung von Personen außerhalb des Betriebs als eher bis sehr unwahrscheinlich eingestuft (77 %) (vgl. Abbildung 9).

Abbildung 9: Folgenabschätzung defizitär bewältigter NRS (in %)



Quelle: eigene Berechnungen; n = 106

Anders als bei Arbeitsplätzen der kritischen Infrastruktur, des Militärs oder der Luftfahrt sind die Folgen von nicht-kompetent gehandhabten NRS an den untersuchten Arbeitsplätzen also in der Regel nicht unmittelbar lebensbedrohlich. Dies ist sicher eine Erklärung dafür, dass bisher in dem Bereich der chemischen Produktion die Thematik noch nicht detaillierter empirisch

untersucht wurde. Es kann auf der anderen Seite aber eine Gefahr für Leib und Leben nicht ausgeschlossen werden und auch der zum Teil beträchtliche wirtschaftliche Schaden ist Grund genug, eine Minimierung des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes anzustreben.

4.2 Welche Faktoren haben einen Einfluss auf den Kompetenzverlust/-erhalt?

Wie im Theoriekapitel 2.1 erwähnt, liegen bereits eine Vielzahl an Studien vor, die sich mit möglichen Einflussfaktoren auf den Kompetenzverlust beschäftigen und deren Wirkung untersuchen. Diese Untersuchungen sind insofern von Interesse, als dass sich aus ihnen mögliche Ansatzpunkte zur Vermeidung/Minimierung des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes ableiten lassen. Auf ihrer Grundlage betrachteten daher auch wir Einflussfaktoren auf den Kompetenzverlust in Bezug auf die von uns untersuchten Arbeitsplätze. Dabei wollten wir weniger die Stärke verschiedener Einflussfaktoren feststellen, sondern zunächst einmal untersuchen, inwieweit überhaupt die in der Literatur zu findenden Einflussfaktoren auch beim Kompetenzverlust der Chemikanten/Chemikantinnen und Pharmakanten/Pharmakantinnen eine Rolle spielen. Wir fragten:

1. Gibt es auf die Individuen bezogene Faktoren, die den Kompetenzverlust beeinflussen?
2. Gibt es außerhalb des Individuums Faktoren, die den Kompetenzverlust beeinflussen?

4.2.1 Individuelle Faktoren

Die in der Literatur (FARR 1987; ARTHUR JR u. a. 1998; FRANK/KLUGE 2018a; GRUBER 2001; ANGEL u. a. 2012) genannten individuellen Faktoren Alter, Geschlecht, Fähigkeit, Eignung, Intelligenz, Motivation, bisherige Lernleistung und Expertise wurden auch im Rahmen unserer Untersuchung betrachtet. Schon in den Interviews wurde thematisiert, dass es generell individuelle Unterschiede im Kompetenzerhalt gibt:

„Ja, das ist immer stark personenabhängig. Also wie gesagt, es gibt Leute, die können da dieses Wissen relativ gut konservieren, dass das auch nach einem halben Jahr noch da ist. Und dann gibt es auch Kollegen, wenn die dann zwei Monate nicht da waren, hat man das Gefühl, dass man die neu anlernen muss“ (Fachkraft).

Während Alter, Geschlecht, Fähigkeit, Eignung und Intelligenz in den Interviews nicht benannt wurden, wurde häufig Bezug genommen auf die positive Rolle des durch Erfahrung erworbenen Wissens bei der Bewältigung von NRS.

Diese Hinweise sind konform zu den im Kapitel 2.1 aufgeführten Erkenntnissen aus der Expertiseforschung, wenn auch in den Interviews nicht die von GRUBER (2001) erwähnten Kausalitäten für den positiven Zusammenhang zwischen Gedächtnisleistung und Expertisegrad explizit ausgeführt wurden.

In den Interviews wurde die Wirkung von Erfahrung auf das kompetente Handeln in NRS auf zweifache Weise adressiert. Zum einen, so die Aussagen, ist aufgrund der Erfahrung das notwendige Wissen überhaupt erst vorhanden. Zum anderen, und das zielt auf die Erfahrung als Einflussfaktor auf den Kompetenzerhalt ab, führt eben diese Erfahrung auch dazu, dass die betreffenden Fachkräfte in den Situationen ruhiger und gelassener sind, was dann wiederum einen verlässlicheren Kompetenzabruf ermöglicht. Diese Bedeutung von Erfahrung beschreibt eine Fachkraft folgendermaßen:

„Also man muss sagen, die Älteren kennen die Prozesse besser, die vielleicht schon, also es gibt halt viele Prozesse, die schon seit 30 Jahren so laufen. Wenn mal was passiert, die haben alles schon mal erlebt, muss ich sagen, von Fehlern oder Problemen, wo die auch wirklich genau wissen, was man da machen muss oder wie man halt darauf reagieren muss. Und die bleiben auch ruhiger, muss ich sagen. Also wenn ein junger Mitarbeiter jetzt das erste Mal an so einem Ansatz dran ist und da passiert gerade irgendwas, was vielleicht nicht so in der Vorschrift steht, oder er weiß halt nicht, was er da machen muss, sind die Alten eigentlich schon mal ganz gut, dass sie einem so ein bisschen die, ja, diese Hektik oder Panik nehmen, wenn irgendwas nicht richtig läuft“ (Fachkraft).

Als weiteren individuellen Einflussfaktor fanden sich in den Interviews auch Hinweise darauf, dass eine bestimmte Haltung oder Motivation einen positiven Einfluss auf den Kompetenzerhalt haben:

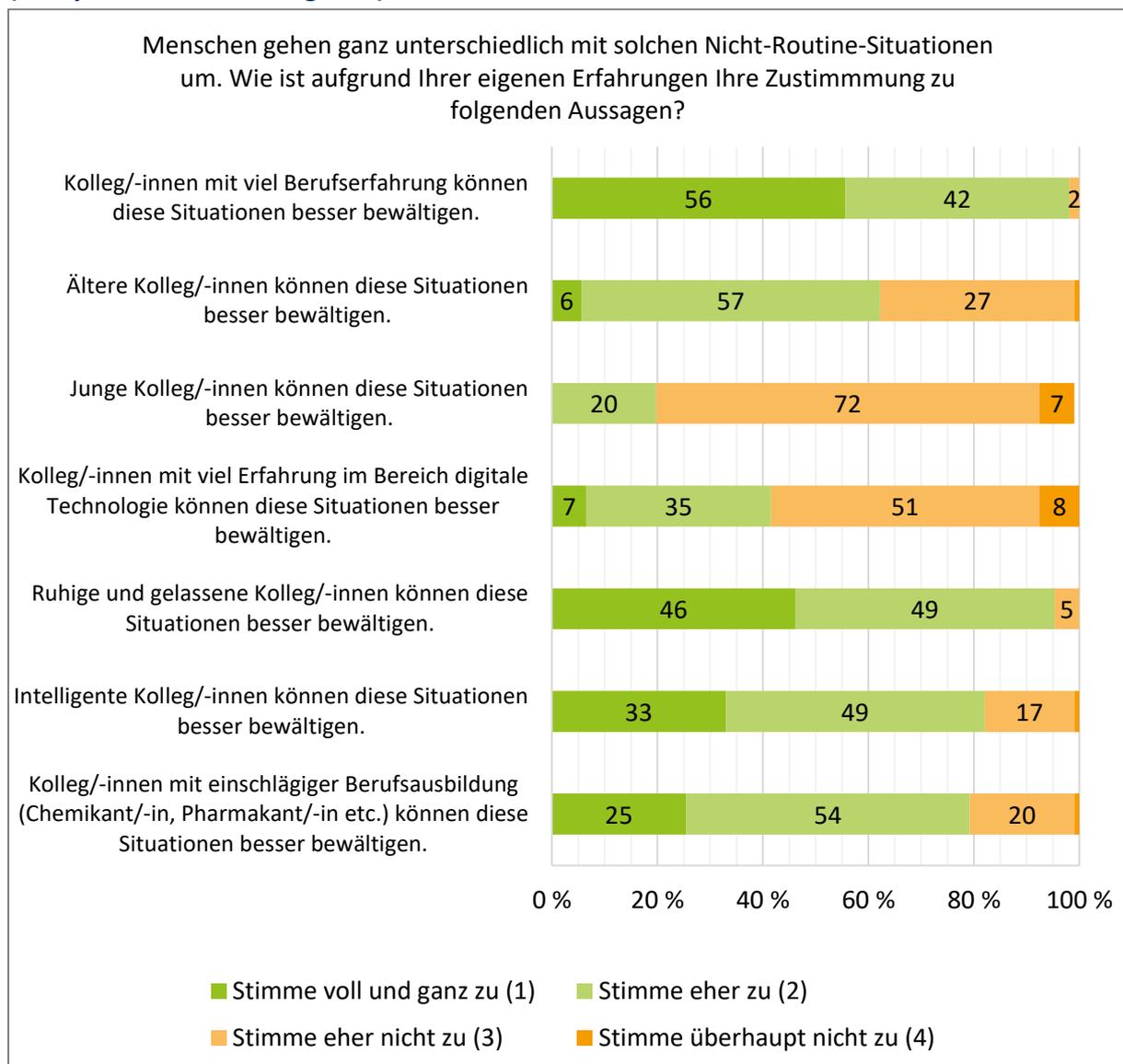
„Ich denke, wenn man, ich denke jetzt andersrum: Also, wenn man nie eine Altanlage gelernt hat, sondern direkt an einer Neuanlage einsteigt, ist es, glaube ich, auch, ja, das ist wieder Charaktersache, personenbedingt, glaube ich, wie gehe ich mit Störungen um? Bin ich ein Mensch, der einfach nur – als Beispiel – der mein Auto in die Werkstatt bringt und mein Auto fährt nicht richtig und es aus der Werkstatt abhole und nur die Rechnung bezahle und der Rest interessiert mich nicht? Oder bin ich ein Mensch, der von dem Mechaniker wissen möchte, was war denn an meinem Auto dran, was hat er getan, was musste er austauschen und was war die Ursache?“ (Fachkraft).

In Bezug auf den Faktor der bisherigen Lernleistung könnte potenziell die Berufsausbildung auch eine Rolle spielen. In den Interviews wurde jedoch mehrfach betont, dass eine Berufsausbildung allein noch kein Garant dafür ist, dass in NRS kompetent gehandelt wird. Wichtiger sei vielmehr die Ausbildung an der konkreten Anlage:

„Also die Ausbildung (vermittelt) ja grundsätzlich erstmal nur das Grundwissen mit, aber nicht halt das anlagenspezifische Wissen, das ist halt schwierig. Weil, jede Anlage ist ja individuell und diese Individualität, die muss man halt im Betrieb lernen“ (Fachkraft).

Auf Grundlage der in den Interviews benannten persönlichen Voraussetzungen, ergänzt um weitere, in der Literatur zu findenden relevanten Faktoren wie Alter und Erfahrung mit digitalen Technologien sowie um den Faktor der Berufsausbildung als Zielgröße für etwaige notwendige Veränderungen, fragten wir auch in der Online-Befragung danach, welche individuellen Faktoren bei der Bewältigung von NRS relevant sein könnten (vgl. Abbildung 10).

Abbildung 10: Welche Kolleginnen und Kollegen bewältigen NRS besser (Kompetenzeinschätzung in %)?



Quelle: eigene Berechnungen; n = 106

Es zeigt sich, dass vor allem berufserfahrenen und gelassenen Kollegen/Kolleginnen die erfolgreiche Bewältigung von NRS zugetraut wird. So stimmen 98 Prozent der These voll und ganz oder eher zu, dass berufserfahrene Kolleg/innen NRS besser bewältigen können. In Bezug auf ruhige und gelassene Kollegen/Kolleginnen liegt die Zustimmung bei 95 Prozent. Dies deckt sich mit den weiter in den Interviews ausgeführten Zusammenhängen zwischen Erfahrung und Kompetenzerhalt. Auch intelligenten Kollegen/Kolleginnen und Kollegen/Kolleginnen mit einer Berufsausbildung wird (anders als in den Interviews) die erfolgreiche Bewältigung von NRS eher zugetraut

Exkurs: Die besondere Bedeutung multisensorischer Erfahrung bei Arbeitsprozessen

Auf die Relevanz von Erfahrung im Zusammenhang mit der Bewältigung von NRS haben auch schon frühere Autoren hingewiesen. So führt PLATH (2002, S. 523) aus: „Erfahrungswissen ist im Prinzip bei allen Arbeitsprozessen von Bedeutung, aber insbesondere um in solchen Situationen handlungsfähig zu sein,

- bei denen ein unvollständiges Informationsangebot vorliegt,
- die nicht vollständig durchschaubar und berechenbar sind,
- die durch gestörte Prozessabläufe gekennzeichnet sind,
- die schnelle Entscheidungen ohne langes Nachdenken erfordern,
- die ein unmittelbares Eingreifen bei selten und stochastisch auftretenden Ereignissen verlangen und
- die zur vorbeugenden Vermeidung sich anbahnender Havarien deren Früherkennung notwendig machen, was nur durch die Interpretation entsprechender Vorzeichen gelingt.“

In den Interviews wird mehrfach betont, dass die Erfahrungen, welche zu einem kompetenten Handeln in Nicht-Routine-Situationen führen, Erfahrungen sind, die mit allen Sinnen gemacht werden. Es werden nicht nur Informationen mit den Augen aufgenommen oder manuelle Tätigkeiten ausgeführt, es werden auch Gerüche, Geräusche bis hin zu Schwingungen dem Erfahrungsschatz hinzugefügt, aus dem sich Erfahrungswissen speist.

„Ich bin früher, wenn die Anlage angefahren wurde, rausgegangen und die lief drinnen optisch gut und dann bin ich draußen rumgelaufen, und das war nicht einfach, dass man rumläuft und mal guckt, ob da irgendwo oder was rumspritzt oder so, sondern man geht in die Anlage, und dann ist das wie, wie so ein Konzert. Jeder Apparat gibt seinen Ton und die gesamte Anlage ist wie, wie so ein Konzert, so alle spielen ihren Teil. Und wenn einer falschspielt, diesen falschen Ton, den muss man hören“ (Führungskraft)

Diese Arten von Erfahrungen entsprechen so exakt dem Konzept von Erfahrung, das PFEIFFER/SUPHAN (2015, 13 f.) in ihrer Publikation zum lebendigen Arbeitsvermögen beschreiben: „Das Konzept sieht den Menschen mit allen Sinnen bei der Arbeit. Nicht nur Verstand und Logik helfen, in (zeit)kritischen Situationen die richtige Entscheidung zu treffen, sondern auch Intuition, Bauchgefühl und Emotion. Wir sind nicht nur Kopf, sondern auch Körper. Und der Körper weiß und spürt, bemerkt und ertastet, merkt sich Abläufe. Diese Fähigkeiten bilden sich oft erst im Lauf der Zeit aus und finden sich daher vor allem bei erfahrenen Beschäftigten“.

4.2.2 Faktoren außerhalb des Individuums

Bzgl. der in der Literatur erwähnten Faktoren, die sich außerhalb des Individuums befinden wie z. B. Art der Arbeitsaufgabe, Strukturierungsgrad der ursprünglichen Instruktion, Retentionsintervall und Überlernen, lassen sich aus den von uns erhobenen Daten nur wenige

Aussagen gewinnen. Im Zuge der Interviews wurden sie nur in Einzelfällen am Rande erwähnt, so dass wir in der schriftlichen Befragung auf eine weitere systematische Abfrage verzichtet haben.

Einige Male Erwähnung findet der Faktor Komplexität der Arbeitsaufgabe. Wie in der Literatur so wird auch in den Interviews berichtet, dass mit zunehmender Komplexität der Kompetenzerhalt erschwert ist. Einfache Aufgaben im Rahmen von NRS betreffen meist manuelle Tätigkeiten wie beispielsweise das Wechseln von Filtern oder die Rohstoffhandhabung und sind tendenziell viel seltener vom Kompetenzverlust betroffen:

„So was ich jetzt noch mitbekommen habe, wie gesagt, für so Kleinigkeiten, gängige Sachen, die zwar der eine Mitarbeiter nach einem halben Jahr dann auch wieder erst mal, Dings, warten sie mal, was war denn da? Aber das sind halt eher so Sachen, die kommen in die Köpfe schneller rein wieder“ (Fachkraft).

In Bezug auf komplexere Arbeitsaufgaben wird hingegen ein schwierigerer Kompetenzerhalt konstatiert. Diese Aufgaben betreffen Störungen und Prozessabweichungen und sind in der Regel zeitkritisch. Als Beispiel für solche Aufgaben ist das Auslösen einer Abschaltung durch eine fehlerhafte Messung zu nennen, bei dem der Leitstandfahrende relativ schnell die Auswirkungen erkennen und durch manuelle Ansteuerung der Ventile den Prozess korrigieren muss. In solchen Situationen muss die Fachkraft viele Arbeitsschritte erinnern, was eine Herausforderung darstellen kann:

Interviewer: „Und bei diesen seltenen Störungen, würden Sie dann schon sagen, wenn man das einmal miterlebt hat, also zum Beispiel einen Stromausfall, wenn man das einmal gemacht hat, dann ist das egal, ob das jetzt in sechs Jahren wieder auftritt, dann weiß man es, dann hat sich das so eingepägt, dass man es für immer weiß?“

Fachkraft: „Also ist schwierig, das kommt natürlich auf die Komplexität der Störung an. Weil wenn die Störung sehr komplex ist, muss ich ja sehr viele Schritte mir merken. Und ob das dann nicht im ersten Augenblick einfach zu viel ist, das kommt dann doch schon durchaus vor“.

Durch die zunehmende Automatisierung ist es Fachkräften möglich, mehr Anlagen als früher zu betreuen. Wenn mehrere Anlagen gleichzeitig bedient werden müssen und elektronische Verschaltungen, Wechselwirkungen und Abhängigkeiten vorhanden sind, werden die Zusammenhänge komplex und schwerer zu erfassen, und es ist zu erwarten, dass auch die im Rahmen der NRS anfallenden Arbeitsaufgaben komplexer werden. Dies wird dazu beitragen, die Problematik des Kompetenzerhalts zu verschärfen.

4.3 Welche Auffrischungsinterventionen werden an den Arbeitsplätzen der Chemikanten/Chemikantinnen und Pharmakanten/Pharmakantinnen bereits eingesetzt und welche weiteren werden gewünscht?

Wie in Kapitel 1 beschrieben, wurde diese Frage nach möglichen Maßnahmen vor allem von der Arbeitsgruppe des Lehrstuhls für Wirtschaftspsychologie an der Universität Bochum bearbeitet. Diese wird die Ergebnisse in einem zweiten Projektbericht dokumentieren. Für eine erste Bestandaufnahme fragten wir jedoch auch in den Interviews und in der schriftlichen Befragung nach bereits vorhandenen Maßnahmen und weiterem Unterstützungsbedarf.

Bzgl. der bereits vorhandenen Trainingsmaßnahmen wurden sowohl betrieblich organisierte bzw. angeordnete Schulungen genannt als auch informelle Trainings- und Übungsmaßnahmen, die durch die Mitarbeiter/-innen selbst durchgeführt werden. In mehreren Interviews wurde berichtet, dass es Schulungen gibt, in denen teilweise auch NRS mit einbezogen werden. Diese Schulungen werden entweder online oder durch einen Schichtmeister bzw. Tageschichtmeister durchgeführt. Die Schulungen finden entweder ohne besonderen Anlass regelmäßig, weil sie gesetzlich bzw. durch die Versicherung vorgeschrieben sind (als Beispiel wurde der Umgang mit Gefahrenstoffe genannt), oder bei Veränderungen in den Standard Operating Procedures (SOP) oder bei Veränderungen bzw. Neuerungen an einer Anlage statt. In manchen Betrieben gibt es außerdem durch den Betrieb bereitgestellte Betriebsanweisungen bzw. Schulungsunterlagen. Diese können selbstständig und freiwillig zum Lernen genutzt werden.

Als ein weiteres Mittel zum Kompetenzerhalt wird eine Rotation der Mitarbeiter zwischen verschiedenen Tätigkeitsbereichen genannt. Dies soll verhindern, dass spezifisches Wissen vergessen wird oder bestimmte Fertigkeiten verlernt werden:

„Ja, die, die Kollegen, die regelmäßig in der Messwarte eingesetzt werden, können das gut. Und ich sage mal, die Kollegen, die man nicht so regelmäßig in der Messwarte einsetzt, halt weil die da halt sich schwertun. Und die im Endeffekt setzt man die dann ein, damit die nicht völlig den Anschluss verlieren und damit man auch in der Urlaubszeit oder wenn von den Guten mal welche ausfallen, damit die das überhaupt noch können, setzt man die da dann alle zwei, drei Monate vielleicht mal ein, dass sie es nicht ganz verlernen. Aber die, die tun sich dann schon deutlich schwerer“ (Fachkraft).

Als ein häufiges Mittel zum Training von Nicht-Routine-Situationen wird das Gespräch bzw. der Austausch mit erfahrenen Kollegen/Kolleginnen bzw. dem Schichtmeister genannt. Dies wird vor allem während bzw. nach neuen oder unbekanntem Störungen als hilfreich empfunden. In manchen Betrieben wird dies auch durch ein Computerprogramm unterstützt, anhand dem man den Zustand einer Anlage bei früheren Störfällen nachvollziehen kann. Dies wird genutzt um alleine oder in kleinen Gruppen alte Störfälle zu analysieren oder unter Anweisung von erfahrenen Mitarbeitern/Mitarbeiterinnen nachzuvollziehen.

Realistisches Training für Nicht-Routine Situationen gibt es eher selten. Eine Möglichkeit, die genannt wird, ist das Trainieren von Störfällen in einem Simulator. Simulationen von Anlagen

sind zwar teilweise in Unternehmen vorhanden, werden aber nicht (mehr) als Trainingsmittel genutzt, da das Training nicht als Priorität angesehen wird. Eine weitere Trainingsmöglichkeit unter realistischen Bedingungen ist das bewusste Zulassen bzw. Herbeiführen von Nicht-Routine-Situationen unter Aufsicht der Schichtmeister. In den meisten Interviews wird es als Option verworfen, da dadurch Produktionsausfälle und damit Umsatzverluste in Kauf genommen werden. Ein Befragter erwähnte es dennoch als ein im Unternehmen aktiv genutztes Training:

„Oder wir trainieren das wie gesagt bei uns ganz speziell schon mal. Dass wir Situationen herbeiführen, wo die Kollegen das auch lernen müssen damit umzugehen. Da fällt plötzlich mal eine Pumpe aus oder eine Kolonne bricht in sich zusammen oder sonst was. Also das ist beabsichtigt mitunter“ (Fachkraft).

Die Ergebnisse der Interviews zusammenfassend lässt sich sagen, dass es bereits Trainingsmaßnahmen in den Unternehmen gibt, sich der Fokus allerdings auf Routine-Situationen bzw. der Vermittlung von Grundwissen über die Anlagen bzw. Maschinen richtet. Die Trainingsmaßnahmen sind meistens Online-Schulungen oder Schulungen, die durch einen Schichtmeister durchgeführt werden. Für Nicht-Routine-Situationen besteht das Training hauptsächlich im informellen Austausch zwischen den Mitarbeitern. Es gibt jedoch Ansätze für das Training von Nicht-Routine-Situationen durch technische Hilfsmittel wie Simulatoren.

Mit zwei separaten Fragen wurde in der schriftlichen Befragung erfasst, inwieweit die Fach- und Führungskräfte bereits das Angebot diverser Unterstützungsmöglichkeiten für das Training von NRS nutzen (können) und/oder sich – bei bisheriger Nicht-Nutzung einzelner abgefragter Möglichkeiten – diese Angebote wünschen würden.

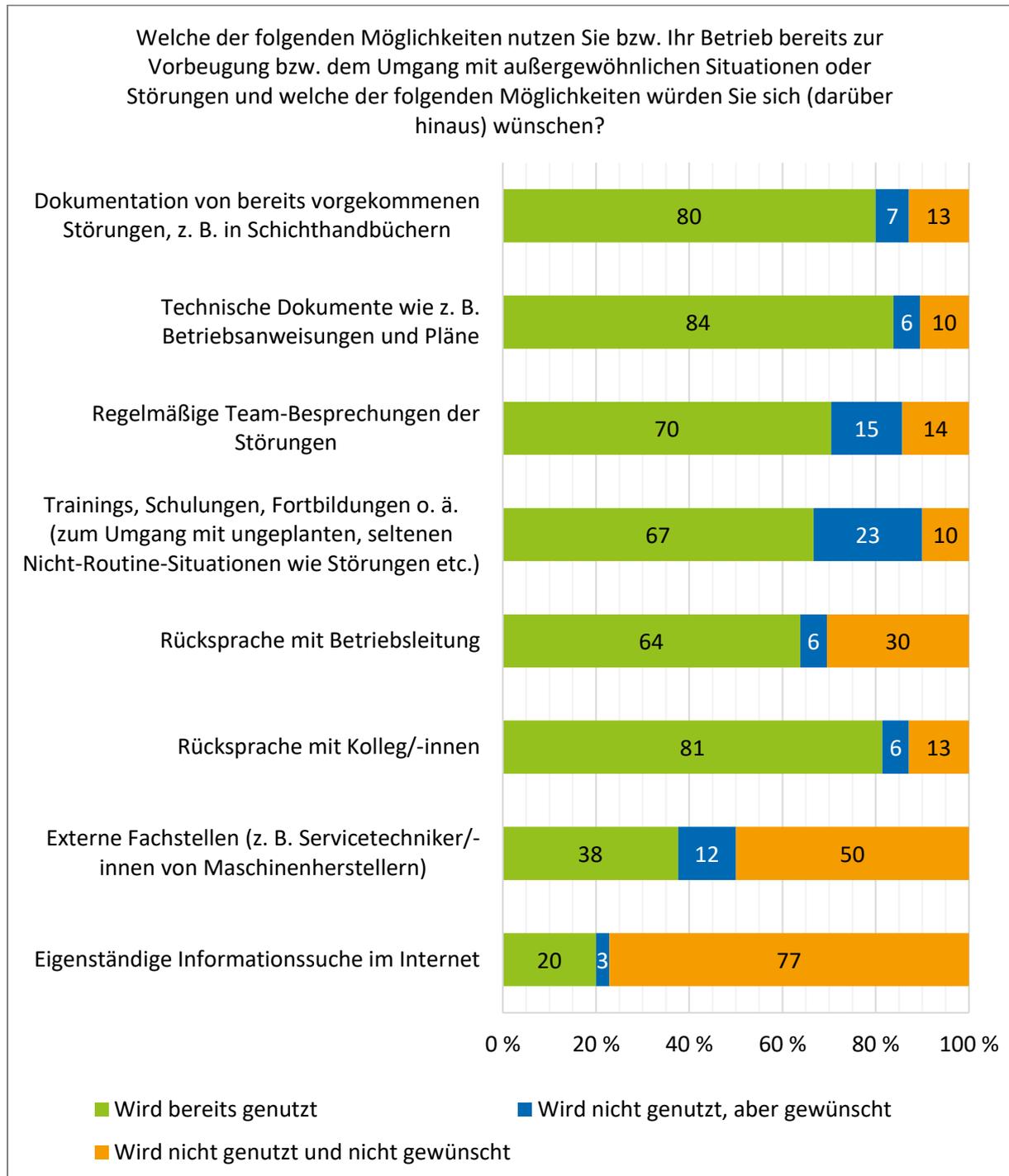
Von den acht abgefragten Möglichkeiten der Unterstützung werden sechs bereits mehrheitlich von den Fach- und Führungskräften genutzt (vgl. Abbildung 11). Die Mehrheit der Befragten nutzen zur Vorbeugung bzw. dem Umgang mit außergewöhnlichen Situationen oder Störungen bereits:

- technische Dokumente wie z. B. Betriebsanweisungen und Pläne (84 %),
- Rücksprache mit Kolleg/-innen (81 %),
- Dokumentation von bereits vorgekommenen Störungen, z. B. in Schichthandbüchern (80 %).
- regelmäßige Team-Besprechungen der Störungen (70 %),
- Trainings, Schulungen, Fortbildungen o. ä. zum Umgang mit Störungen etc. (67 %),
- Rücksprache mit Betriebsleitung (64 %).

Allein externe Fachstellen (z. B. Servicetechniker/-innen von Maschinenherstellern) (38 %) sowie die eigenständige Informationssuche im Internet (20 %) werden in NRS lediglich von einer Minderheit genutzt.

Unterstützungsmaßnahmen, die von denen, die sie bisher nicht nutzen, gewünscht werden, sind vor allem Trainings, Schulungen, Fortbildungen o. ä. Obwohl von 67 Prozent schon genutzt, geben 23 Prozent aller Fach- und Führungskräfte an, dass sie diese Maßnahmen noch nicht nutzen, sie sich aber wünschen.

Abbildung 11: Eingesetzte bzw. (un)erwünschte Maßnahmen im (vorbeugenden) Umgang mit NRS in den Betrieben (in %)



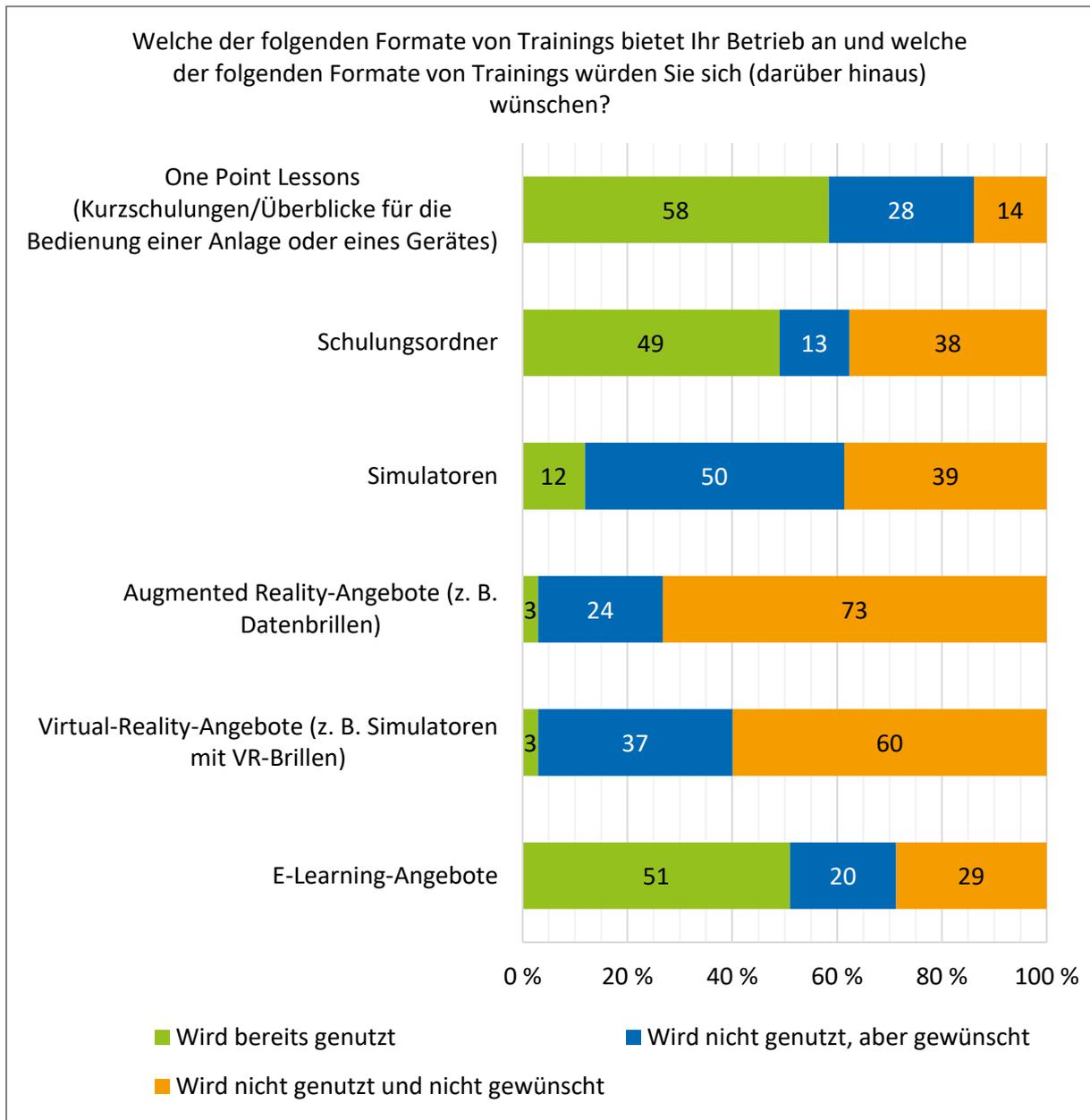
Quelle: eigene Berechnungen; n = 210

In einer weiteren Frage wurde noch einmal detaillierter nach verschiedenen Trainingsformen, deren bereits realisierter Nutzung und dem weiteren Bedarf gefragt (vgl. Abbildung 12). Am häufigsten mit 58 Prozent gaben die Befragten die Nutzung von One-Point-Lessons an, also Kurzschulungen bzw. Überblicke für die Bedienung einer Anlage oder eines Gerätes. Rund die Hälfte kann in der eigenen Betriebsstätte bereits auf E-Learning-Angebote (51 %) oder Schulungsordner (49 %) zurückgreifen. Die Möglichkeit zur Nutzung von Simulatoren hat etwa jeder Zehnte (12 %). Kaum verbreitet sind Augmented-Reality-Angebote (z. B. Datenbrillen) sowie Virtual-Reality-Angebote (z. B. Simulatoren mit VR-Brillen), nur jeweils drei Prozent nutzen diese Formate.

Nicht-Nutzer/-innen einzelner Trainingsformate wünschen sich vor allem Simulatoren. 50 Prozent aller Befragten würden ein solches Angebot begrüßen, 39 Prozent sehen dagegen keinen Bedarf für ein solches Trainingsformat. Ebenfalls gewünscht werden Virtual-Reality-Angebote, 37 Prozent sprechen sich dafür aus, gefolgt von One-Point-Lessons, die sich 28 Prozent der Befragten als Training für NRS wünschen. Diese Ergebnisse stimmen überein mit den Aussagen aus den Interviews. Auch dort werden Simulatoren und digitale Angebote zum Training für NRS häufig erwähnt.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass es durchaus schon zahlreiche, vor allem nicht-digitale Möglichkeiten der Unterstützung / des Trainings der Fachkräfte für NRS gibt. Demgegenüber wird aber auch klar der Wunsch artikuliert, durch weiteres Training besser auf diese Situationen vorbereitet zu werden. Sehr offen sind die Fachkräfte hierbei besonders für kurze Trainingseinheiten und für digitale Formen des Trainings.

Abbildung 12: Eingesetzte bzw. (un)erwünschte Trainingsformate für NRS in den Betrieben (in %)



Quelle: eigene Berechnungen; n = 202

5 Zusammenfassung und Diskussion

5.1 Zusammenfassung

Im Folgenden werden noch einmal die in Bezug auf die Forschungsfragen wichtigsten Ergebnisse zusammengefasst und im Anschluss diskutiert.

1. Die Problematik des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes existiert auch an den Arbeitsplätzen der chemischen und pharmazeutischen Industrie.

Sowohl die Ergebnisse der Interviews als auch die der schriftlichen Befragung zeigten, dass die von uns untersuchte Problematik, die vorher nur theoretisch angenommen wurde, tatsächlich existiert. Immer wieder kommt es an den untersuchten Arbeitsplätzen zu ungeplanten, seltenen Situationen abseits der Routine. Die Ursachen dieser Situationen sind so vielfältig, dass es nicht möglich erscheint, derartige Störungen vollständig zu verhindern. Nach Angaben der Fachkräfte sind sie nicht immer in der Lage, diese NRS kompetent zu bewältigen. Als ein Hauptgrund für die fehlenden Kompetenzen wird die fortgeschrittene Automatisierung genannt, aufgrund derer relevante Kompetenzen, die zur Bewältigung der NRS notwendig sind, für immer längere Zeiten nicht gebraucht werden und dadurch im Nicht-Routine-Fall nicht (oder nicht schnell genug) der Fachkraft zur Verfügung stehen.

Anders als bei Arbeitsplätzen der kritischen Infrastruktur, des Militärs oder der Luftfahrt sind die Folgen von nicht-kompetent gehandhabten NRS an den untersuchten Arbeitsplätzen meistens nicht unmittelbar lebensbedrohlich für die Fachkräfte oder Dritte. Teilweise können jedoch beträchtliche wirtschaftliche Schäden entstehen.

2. Es lassen sich relevante Kompetenzen zur Bewältigung der NRS identifizieren.

Es gibt sehr eindeutige Aussagen dazu, welche Kompetenzen in NRS relevant sind. Die Kompetenzen finden sich in allen drei Kompetenzbereichen (Wissen, Fertigkeiten und Haltungen). An oberster Stelle stehen Prozesswissen, Wissen um die reale Anlage und ihre Funktionsweise, die Fähigkeit, das Prozessleitsystem auf Hand zu fahren, und eine Haltung von Interesse/Neugier im Vorfeld der NRS und von Ruhe und Gelassenheit in der NRS selbst. Dem Faktor Haltung wird eine besonders große Relevanz zugemessen.

3. Die Verbindung zwischen Kompetenzverlust und konkreten Kompetenzen ist schwierig.

Lässt sich die Frage nach dem Vorhandensein von Kompetenzverlust sehr eindeutig auf Grundlage der vorliegenden Daten mit Ja beantworten, gestaltet es sich deutlich schwerer, entsprechende Aussagen in Bezug auf konkrete Kompetenzen zu treffen. Direkte Nachfragen nach der Schwierigkeit, die als relevant benannten Kompetenzen in NRS einzusetzen, ergaben ein eher diffuses Bild, in dem sich die Einschätzungen zu den einzelnen Aspekten ähneln und einem Großteil der Befragten es eher leicht fällt, bestimmtes Wissen in einer Nicht-Routine-Situation abzurufen. Jeweils rund 30 Prozent berichteten von Schwierigkeiten beim Abruf von für NRS relevanten Kompetenzen wie den Kenntnissen der realen Anlage und deren Prozessen, der Fertigkeit, die Anlage per Hand fahren zu können, und dem Wissen um die Funktionsweise des PLS.

4. Bisher benannte Einflussfaktoren auf den Kompetenzerhalt spielen auch in Bezug auf die untersuchten Arbeitsplätze eine Rolle.

Einige der in der Literatur genannten Faktoren, die einen Einfluss auf den Kompetenzerhalt haben können, wurden auch im Rahmen unserer Untersuchung benannt. Die größte Rolle spielte dabei Expertise, die im Rahmen der vorliegenden Untersuchung als in direkter Begegnung mit der Produktionsanlage und mit dem Einsatz aller Sinne erworbene Erfahrung bezeichnet wurde. Neben dieser wurden auch einer ruhigen und gelassenen Haltung in der Situation, einer Haltung von Interesse und Neugier im Vorfeld sowie (in der Online-Befragung) auch dem Faktor Intelligenz ein positiver Effekt auf den Kompetenzerhalt zugeschrieben.

Bei den außerhalb des Individuums befindlichen Einflussfaktoren wurde nur der Faktor Komplexität der Arbeitsaufgabe mehrfach angesprochen. Wie in der Literatur so wird auch in den Interviews berichtet, dass mit zunehmender Komplexität der Arbeitsaufgabe der Kompetenzerhalt erschwert ist.

5. In Bezug auf die eigene Person wird keine besondere Dringlichkeit der Problematik gesehen.

Obwohl die Problematik des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes adressiert wird, fühlen sich sowohl Fach- als auch Führungskräfte (letztere in etwas größerem Maße) auf Nachfrage hin insgesamt gut auf Störungen bzw. (problematische) Situationen in ihrem Arbeitsalltag vorbereitet. Im Hinblick auf das empfundene Vorbereitetsein spielte offenkundig auch wieder die Berufserfahrung eine Rolle. Je mehr Berufserfahrung vorhanden ist, desto besser fühlen sich die Befragten in der Regel auf Störungen vorbereitet.

6. Es gibt bereits Unterstützung zum Kompetenzerhalt.

Es gibt bereits zahlreiche Möglichkeiten, um das für die Bewältigung von NRS benötigte Wissen zur Verfügung zu stellen und zu erhalten. Zurzeit sind diese Angebote vor allem nicht-digitaler Art. Es wird seitens der Befragten der Wunsch nach weiterer Unterstützung vor allem in Form von digitalen Trainings (z. B. mittels Simulatoren) artikuliert.

5.2 Diskussion der Ergebnisse

5.2.1 Verschärfung der Problematik

Eine erste Konsequenz aus den aufgeführten Ergebnissen ist, dass sich die Problematik des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes an den Arbeitsplätzen der chemischen und pharmazeutischen Produktion absehbar verschärfen wird. Dies ist zum einen der Tatsache geschuldet, dass die diese Problematik verursachende Automatisierung immer weiter voranschreiten wird. Zum anderen aber resultiert dies aus der speziellen Rolle der Erfahrung bei der erfolgreichen Bewältigung von NRS.

Erfahrung und das mit ihr verbundene Wissen ermöglichen in besonderem Maße (neben anderem identifizierbaren Wissen, Fertigkeiten und Haltungen) das kompetente Handeln in NRS. Darüber hinaus unterstützt Erfahrung auch den Kompetenzerhalt und den schnelleren Abruf des in der NRS relevanten Wissens. Erfahrung wird vor allem, das wurde durch die aus den Interviews erhaltenen Ergebnisse deutlich, in direkter Begegnung mit der Produktionsanlage und mit dem Einsatz aller Sinne gewonnen. Dies hat zur Folge, dass jüngere Mitarbeitende, die zu einem Zeitpunkt ihre Arbeit beginnen, an dem die Anlage schon hochautomatisiert ist und die Tätigkeiten vor allem mittels des Prozessleitsystems ausgeführt werden, nur wenig Gelegenheit haben, in ihrem Arbeitsalltag das für die Nicht-Routine-Situationen relevante erfahrungsbasierte Wissen zu erwerben. Ihnen fehlen somit wichtige Wissensbestände und darüber hinaus auch der positive Einfluss, den Erfahrung auf den Kompetenzerhalt und den Abruf von Wissen in NRS hat. Es ist also nicht nur ein individueller Kompetenzverlust durch die fortgeschrittene Automatisierung zu verzeichnen, sondern auch ein generationenbezogener, der beim Ausbleiben entsprechender Gegenmaßnahme dazu führen wird, dass die relevanten Kompetenzen für NRS gar nicht erst erworben werden können. Zudem sind aufgrund der fehlenden Expertise der Kompetenzerhalt und der Abruf des Wissens in NRS insgesamt erschwert.

5.2.2 Wichtige Rolle von Aus- und Weiterbildung

Aus- und Weiterbildung, das ist die zweite Konsequenz aus den Ergebnissen, können die Problematik des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes mindern. Dazu müssen gemäß den Ergebnissen des vorliegenden Forschungsprojektes im Wesentlichen drei Bereiche fokussiert werden: die mit allen Sinnen erworbene Erfahrung, die Ausbildung und der Erhalt fachlichen Wissens und fachlicher Fertigkeiten sowie die Entwicklung und der Erhalt zuträglicher Haltungen. Die Erfahrung hat dabei eine Schlüsselstellung, weil sie zum einen erst die Ausbildung des für die NRS notwendigen Wissens und der notwendigen Fertigkeiten ermöglicht und zum anderen (durch das Einbetten neuen Wissens in bestehende Wissensstrukturen) zu einem leichteren Abruf dieses Wissens und dieser Fertigkeiten führt. Zudem trägt Erfahrung auch mutmaßlich zu einer Haltung von Ruhe und Gelassenheit in der NRS bei, was ebenfalls den Abruf von Wissen erleichtert. Erfahrung wirkt also vielfach, direkt und indirekt auf den Kompetenzerwerb und den Kompetenzerhalt.

Aus- und Weiterbildung spielen bei der Minderung der Problematik des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes unterschiedliche Rollen. Im Rahmen der Ausbildung können (vor allem durch Erfahrung mit allen Sinnen) die notwendigen Kompetenzen aufgebaut werden. Sie kann aber auch, wenn sie in der Umsetzung gut strukturiert verläuft, allein durch die Strukturierung zum Kompetenzerhalt beitragen, wie bisherige Studien zu dieser Thematik ergaben (vgl. Kapitel 2.1). Kompetenzerhalt kann im Rahmen von Ausbildung auch durch *overlearning* erfolgen, also durch das bewusste Lernen und Üben über den Punkt des anfänglichen Könnens hinaus. Wenn auch der Effekt des Überlernens durch die bisherigen Studien nicht eindeutig

bewiesen wurde, stellen die meisten Untersuchungen fest, dass *overlearning* einen positiven Einfluss auf den Kompetenzerhalt hat (vgl. Kapitel 2.1).

Weiterbildung kann hingegen (neben dem Erwerb neuer Kompetenzen) den Kompetenzerhalt durch entsprechende Auffrischungsmaßnahmen unterstützen und es ist anzunehmen, dass ihre Rolle bei der Vermeidung von Kompetenzverlust eine größere ist als die der Ausbildung, weil sie sich kontinuierlich über das gesamte Berufsleben erstreckt. Wie können also durch Aus- und Weiterbildung die erwähnten drei Bereiche fokussiert werden?

Sinnliche Erfahrung

Die für den Kompetenzerwerb und -gebrauch essenzielle sinnliche Erfahrung im Rahmen von Ausbildung zu ermöglichen, wird in hochdigitalisierten Arbeitsumgebungen zur Herausforderung, weil zur Durchführung der Bildungsmaßnahmen zunächst einmal Arbeitsumgebungen bereitgestellt werden müssen, in denen umfassende sinnliche Erfahrungen stattfinden können. Bei den heute weitgehend automatisierten Arbeitsplätzen muss Ausbildung damit zunehmend in einer „Parallelwelt“ stattfinden, in der Maschinen und Anlagen im nicht- oder nur wenig digitalisiertem Zustand vorhanden sind. In vielen Ausbildungsbetrieben ist dies derzeit schon der Fall, führt konsequent weitergedacht jedoch dazu, dass Ausbildungs- und Berufswirklichkeit in immer größerem Maße auseinanderfallen und Auszubildende mehr und mehr gefragt sind, diese Diskrepanz zu überbrücken. Zudem reicht es nicht aus, diese weniger digitalisierten Ausbildungsumgebung zum Beispiel in einem Technikum zur Verfügung zu stellen. Kompetenzvermittlung muss so stattfinden, dass die relevanten Erfahrungen auch ermöglicht werden. Ein Beispiel, wie dies aussehen könnte, zeigen die Ergebnisse des schon etwas älteren Modellversuchs „Ausbildung der Kompetenzen für erfahrungsgeleitetes Arbeiten in der chemischen Industrie“, in deren Rahmen Handreichungen entwickelt wurden, um Auszubildenden erfahrungsgeleitetes Handeln und Denken nahezubringen (BAUER u. a. 2000). Es ist zudem fraglich, ob die Zeit der Ausbildung für die Fachkräfte ausreichen wird, das notwendige Erfahrungswissen zu erwerben, das frühere Generationen in vielen Jahren im engen Kontakt mit den Produktionsanlagen gewonnen haben. Mit hoher Wahrscheinlichkeit werden regelmäßige Auffrischungen der sinnlichen Erfahrungen notwendig sein, wobei für die Fachkräfte die Herausforderung besteht, die im Rahmen der Auffrischungen gemachten Erfahrungen in den hochdigitalisierten Arbeitsumgebungen zu nutzen, indem sie analoge Lern- und Erfahrungswelt und digitale Arbeitswelt zeitlich asynchron zusammenbringen. Ob das gelingen kann, ist zurzeit nicht mit Sicherheit zu sagen.

Fachliches Wissen und Fertigkeiten

Die im Rahmen des vorliegenden Projektes erhobenen Daten zeigen, dass sich Wissen und Fertigkeiten identifizieren lassen, die besonders in NRS benötigt werden (vgl. Abbildung 8). Zu nennen sind hier vor allem zum einen das Wissen über die reale Anlage, ihre Funktionsweise

sowie die Prozesse, die in ihr ablaufen, und zum anderen die Fertigkeit, die Anlage per Hand zu fahren. Es ist anzunehmen, dass dieses Wissen und diese Fertigkeiten auch die Kompetenzbestandteile sind, die durch Automatisierung vom Verfall bedroht sind, auch wenn die Online-Befragung diesbezüglich keine eindeutigen Ergebnisse zeigte (vgl. Kapitel 4.1.1 sowie Abbildung 4). Das genannte Wissen zeigt große Ähnlichkeit zu den von KLUGE (2014) beschriebenen mentalen Modellen zur Prozesskontrolle. In Anlehnung an ROUSE/MORRIS (1986) definiert KLUGE (2014, S. 50) diese folgendermaßen: „Mental models describe a person’s representation of some physical system, and are based on an analog representation of causal relationships and interactions between plant components“. Diese mentalen Modelle entstehen, so KLUGE weiter, durch Interaktion und Erfahrung mit dem Zielsystem, also der realen Anlage. Auch hier zeigen sich wieder Parallelen zu unseren Ergebnissen, welche Erfahrung als zentrale Größe beim Erwerb des für NRS relevanten Wissens ausweisen. Ist Erfahrung relevant, um Wissen und Fertigkeiten, welche zur Bewältigung von NRS notwendig sind, aufzubauen, dann stellen sich für letztere ebenfalls die Fragen, die sich schon in Bezug auf den Erwerb von Erfahrung gestellt haben. Wissen und Fertigkeiten, die ohne den direkten (sinnlichen) Kontakt mit der Anlage erworben werden, können im Rahmen von Ausbildung problemlos vermittelt werden, was derzeit auch schon geschieht. Dies gilt insbesondere für bestimmte Teile des Prozesswissens, die sich auf die in der Anlage ablaufenden Prozesse und den daran beteiligten Komponenten beziehen. Dies sind zum Beispiel Inhalte technischen Grundlagenwissens, das von 90 Prozent der Befragten als eher oder sehr wichtig für die Bewältigung von NRS gesehen wurde, oder Inhalte pharmazeutischen Grundwissens, das von 79 Prozent der Befragten als eher oder sehr wichtig beurteilt wurde.

In Bezug auf die Weiterbildung ist zu überlegen, wie eine Auffrischung des Wissens und der Fertigkeiten erfolgen kann. Dabei müssen folgende Fragen beantwortet werden:

1. Wie konkret sind die Lernziele der Auffrischung auf die Arbeitsplätze bezogen?
2. Welche Methoden sind zur Vermittlung geeignet?

Frage 1 stellt darauf ab, ob es für das kompetente Handeln in spezifischen NRS an konkreten Arbeitsplätzen auch der Vermittlung arbeitsplatzbezogenen Wissens bedarf oder ob es reicht (oder sogar effektiver ist), überfachliche methodische Kompetenzen wie Entscheidungs- und Problemlösungsfähigkeiten zu trainieren.

Ist die Entscheidung bzgl. der zu vermittelnden Kompetenzen gefallen, stellt sich die Frage der Methode der Vermittlung. Dabei kann bereits auf experimentelle Studien (KLUGE/FRANK 2014) zurückgegriffen werden, die einige der möglichen Methoden der Kompetenzauffrischung getestet haben. Grundsätzlich gibt es die Problematik, dass die Auffrischungsmaßnahmen bestmöglich in den Arbeitsalltag integriert werden sollten, was für kleine Einheiten, die arbeitsplatznah absolviert werden können, spricht. Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass die Fachkräfte sich vor allem den Einsatz digitaler Lernmittel und -methoden wünschen.

Diese sind besonders geeignet, die formulierte Anforderung der Arbeitsplatznähe zu ermöglichen. Tiefergehend mit der Entwicklung und Testung der Refresher-Trainings hat sich der bereits erwähnte zweite Teil des Forschungsprojektes beschäftigt, der in Kooperation mit der Universität Bochum am Lehrstuhl für Wirtschaftspsychologie durchgeführt wurde.

Zuträgliche Haltungen

Vor allem in den Interviews wurde betont, wie wichtig bestimmte Haltungen wie Interesse und Neugier für die kompetente Bewältigung von NRS sind. Durch diese werden Kompetenzen erworben, aber auch aufgefrischt, wenn zum Beispiel aufmerksam Störungen und deren Bewältigung an benachbarten Anlagen verfolgt werden. Die Förderung und Entwicklung dieser Haltungen ist Aufgabe von Aus- und Weiterbildung gleichermaßen. Anders als beim Wissen und bei den Fertigkeiten sind hier weniger digitale Methoden der Vermittlung, sondern das Aus- und Weiterbildungspersonal selbst gefragt. Darüber hinaus kann Haltung auch durch ein bestimmtes Arbeitsklima inklusive positiver Rollenmodelle vermittelt werden.

Der Faktor der Haltung ist in bisherigen Studien zum Thema Kompetenzerhalt eher unterrepräsentiert und es ist anzunehmen, dass seine Bedeutung bei dieser Thematik auch vom Ausbildungspersonal noch nicht vollständig erfasst wurde. Auch an dieser Stelle soll wieder auf den zweiten Teil des Forschungsprojektes verwiesen werden, in dem auch Maßnahmen zum Training von Haltungen zur kompetenten Bewältigung von NRS untersucht wurden.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Aufgaben, die der Aus- und der Weiterbildung im Zusammenhang mit dem Kompetenzerhalt in automatisierten Arbeitsumgebungen der chemischen und pharmazeutischen Produktion zufallen, durchaus anspruchsvoll sind und über ihre bisherigen Aufgaben hinausgehen. Weiterbildung wird dabei wohl den größeren Part übernehmen müssen. Es stellen sich allerdings einige bisher ungelöste Fragen, wie die Vermittlung von sinnlicher Erfahrung in digitalisierten Umgebungen oder die gezielte Vermittlung von Haltungen zu realisieren sind. Sie zu lösen wird lohnend sein, da sich die untersuchte Problematik aus den genannten Gründen (nicht nur an den Arbeitsplätzen von Chemikanten/Chemikantinnen und Pharmakanten/Pharmakantinnen und nicht nur in der chemischen Produktion) absehbar verschärfen wird.

5.3 Weitere Forschung

Konnte das vorliegende Forschungsprojekt auch dazu beitragen, das Wissen über den automatisierungsbedingten Kompetenzverlust an den Arbeitsplätzen der chemischen und pharmazeutischen Produktion zu erweitern und erstmals empirisch gestützte Ergebnisse erarbeiten, so ist es dennoch nur ein erster Schritt auf dem Weg zu einer intensiveren Erforschung dieser Problematik. Dass diese Erforschung notwendig ist, zeigen nicht nur die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung (auf die absehbare Verschärfung der Problematik an den unter-

suchten Arbeitsplätzen wurde bereits hingewiesen), sondern auch die wiederkehrende Erwähnung der Thematik in anderen beruflichen und außerberuflichen Zusammenhängen, wie beispielsweise dem autonomen Fahren (vgl. FLEISCHER 2018). Längst, so scheint es, ist es nicht nur ein Problem, das hochautomatisierte Risikobranchen betrifft, sondern auch den Alltag. Daher möchten wir abschließend weitere Forschungsfragen aufführen, die im Rahmen der Thematik zukünftig bearbeitet werden könnten:

Welche Bedeutung haben die individuellen Einflussfaktoren auf den Kompetenzerhalt?

Unsere Ergebnisse zeigen allgemein die besondere Relevanz, die individuelle Faktoren auf den Kompetenzerhalt haben. Dies näher zu beschreiben und auch die Wechselwirkungen der einzelnen Faktoren (Haltung, Intelligenz, Erfahrung) näher zu beleuchten, erscheint uns lohnend, um Auffrischungsinterventionen so passgenau wie möglich zu gestalten. Insbesondere der Faktor Haltung sollte in Bezug auf seine Bedeutung noch einmal genauer untersucht werden.

Wie stellt sich automatisierungsbedingter Kompetenzverlust im Team dar?

NRS werden häufig nicht von einer einzelnen Person, sondern im Team gelöst (vgl. KLUGE 2014, S. 82 ff.). Bisher jedoch gibt es nur wenige empirische Untersuchungen, die dieser Tatsache Rechnung tragen wie z. B. FAUSSET u. a. (2017). Gerade dann, wenn es um den beruflichen Bereich geht, sollten daher nicht nur der Kompetenzerhalte einzelner, sondern der eines Teams betrachtet werden. Interessant ist in diesem Zusammenhang auch, inwieweit beispielsweise Kompensations- oder Verstärkungseffekte den Kompetenzerhalt im Team anders gestalten als den individuellen.

Wie stellt sich automatisierungsbedingter Kompetenzverlust in anderen Berufen dar?

Längst ist die Digitalisierung in nahezu allen Berufsbereichen angekommen und führt zu einer immer weiteren Automatisierung von Arbeitsprozessen. Lohnend wäre es daher, zu untersuchen, ob auch die Problematik eines Kompetenzverlustes durch diese Automatisierung analog zu erkennen ist. Insbesondere interessant wäre es, dies anhand von Berufen zu untersuchen, in denen der direkte Kontakt zum Arbeitsgegenstand häufig ist (Handwerksberufe, Agrarberufe). Sind diese Berufe eventuell stärker betroffen als andere? Welche sind dort die Kompetenzen, die verloren gehen?

Welche weiteren Folgen von automatisierungsbedingtem Kompetenzverlust lassen sich erkennen?

Die Folgen des automatisierungsbedingten Kompetenzverlustes für das Handeln in NRS sind bereits gut untersucht und auch das vorliegende Projekt konnte im Hinblick auf diese Thematik Ergebnisse generieren. Kompetenzverlust kann jedoch auch weitere Folgen haben, so

könnte beispielsweise eine Veränderung oder sogar ein Verlust der beruflichen Identität erfolgen mit entsprechenden Auswirkungen zum Beispiel auf die Arbeitszufriedenheit.

Fazit

Das Arbeiten in hochdigitalisierten Umgebungen suggeriert Sicherheit, Verlässlichkeit und Effektivität. Dies sind auch die Hauptgründe, Arbeitswelten entsprechend zu gestalten. Es sollte dabei jedoch nie vergessen werden, dass, egal wie hoch automatisiert ein System ist, es immer auch Störungen und Fehler geben wird. Dies ist zum Teil darin begründet, dass alle Systeme von Menschen kreiert werden, die damit ihre menschliche Fehlerhaftigkeit in die Systeme tragen, zum anderen darin, dass Systeme in vielfältigen Wechselwirkungen mit ihrer Umwelt stehen und diese ebenfalls zu Störungen des Systems führen können. Auf diese Fehler heißt es, auch im Bereich der Produktion vorbereitet zu sein, denn es gilt, was schon BAXTER u. a. (2012) feststellten: „The more we depend on technology and push it to its limits, the more we need highly-skilled, well-trained, well-practised people to make systems resilient, acting as the last line of defence against the failures that will inevitably occur“. Diese hochkompetenten Fachkräfte auszubilden und vor allem auch deren Kompetenz zu erhalten, ist in hochautomatisierten Arbeitsumgebungen eine zunehmend herausfordernde, aber zukünftig immer relevantere Aufgabe der beruflichen Aus- und Weiterbildung.

Veröffentlichungen

CONEIN, Stephanie; FELKL, Thomas: Kompetenzerhalt für Nicht-Routine-Situationen an hochautomatisierten Arbeitsplätzen der chemischen und pharmazeutischen Produktion. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 77 (2023) 2, S. 230–242

CONEIN, Stephanie; FELKL, Thomas: Competence retention for non-routine activities in digitized working environments (CONDITION) - studies based on the professions of chemical technician and pharmaceutical technician. In: GERBER, Nina; ZIMMERMANN, Verena (Hrsg.): International Symposium on Technikpsychologie (TecPsy) 2023. Darmstadt 2023, S. 95–103

CONEIN, Stephanie; FELKL, Thomas: Kompetentes Handeln in Nicht-Routinesituationen Studien über Arbeitsplätze in der chemischen und pharmazeutischen Produktion. In: Berufsbildung in Wissenschaft und Praxis 52 (2023) 4, S. 52–55

CONEIN, Stephanie; FELKL, Thomas: Kompetenzerhalt für Nicht-Routine-Tätigkeiten in digitalen Arbeitsumgebungen – Studien anhand der Berufe Chemikant/in und Pharmakant/in – Fragestellung, Methodik und erste Ergebnisse. In: Arbeit HUMAINE gestalten. Dokumentation des 67. Arbeitswissenschaftlichen Kongresses Bochum 03.03. - 05.03.2021. Dortmund 2021

KLOSTERMANN, Marina; CONEIN, Stephanie; FELKL, Thomas; KLUGE, Annette: Factors Influencing Attenuating Skill Decay in High-Risk Industries: A Scoping Review. In: Safety 8 (2022) 2, S. 1–23

KLOSTERMANN, Marina; CONEIN, Stephanie; FELKL, Thomas; KLUGE, Annette: Yes, I can: Auffrischungsmaßnahmen zum Kompetenzerhalt für Nicht-Routine Situationen in hoch-automatisierten Arbeitsumgebungen der chemischen Produktion. In: Technologie und Bildung in hybriden Arbeitswelten: 68. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: 02. – 04. März 2022. Sankt Augustin 2022

Vorträge

„Maintaining skills (not only) for the unexpected - ways to detect and overcome skill decay in highly automated working environments“, Researching Work & Learning (RWL13) – International Conference, Linköping, 17.–18. Juni 2024

„Kompetenzerhalt für Nicht-Routine-Tätigkeiten in digitalen Arbeitsumgebungen (KONDITION)-Studien anhand der Berufe Chemikant/in und Pharmakant/in“, Berufsbildung IG-Metall, Arbeitskreis Ausbilderinnen und Ausbilder, 27. Juni 2023

„CONDITION: Competence-retention for non-routine activities in digital work environments - studies based on the professions chemical- and pharmaceutical technician“, Crossing Boundaries, Kaunas, 25. Mai 2023

„Kompetenzerhalt für Nicht-Routine-Tätigkeiten in digitalen Arbeitsumgebungen (KONDITION)- Studien anhand der Berufe Chemikant/in und Pharmakant/in“, BAVC-Arbeitskreises Naturwissenschaftliche und Technische Berufsausbildung, 9. März 2023

„Kompetenzerhalt für Nicht-Routine-Tätigkeiten in digitalen Arbeitsumgebungen (KONDITION)- Studien anhand der Berufe Chemikant/in und Pharmakant/in“, IGBCE-Ausbilder*innentagung, 25. November 2022

„Kompetenzerhalt für Nicht-Routine-Tätigkeiten in digitalen Arbeitsumgebungen (KONDITION)- Studien anhand der Berufe Chemikant/in und Pharmakant/in“, Erfahrungsaustausch Biologielaborant/innen 2022, Leipzig, 15. November 2022

“CONDITION: competence-retention for non-routine activities in digital work environments - studies based on the professions chemical- and pharmaceutical technician“, Workshop CEDEFOP, Bonn, 9. September 2022

„Reskilling: Kompetenzen für Nicht-Routine-Situationen an Arbeitsplätzen der chemischen und pharmazeutischen Produktion - Ergebnisse aus dem Projekt KONDITION“, 8. Österreichische Berufsbildungskonferenz, Universität Klagenfurt, 7. Juli 2022

„Competence-retention for non-routine tasks in digital work environments - studies based on the professions of chemical- and pharmaceutical technician“, 16th International Technology, Education and Development Conference, 7.–8. März 2022

„Kompetenzerhalt für Nicht-Routine-Tätigkeiten in digitalen Arbeitsumgebungen (KONDITION) Studien anhand der Berufe Chemikant/in und Pharmakant/in“, 7. Österreichische Berufsbildungskonferenz, 7. Juli 2021

„Kompetenzerhalt für Nicht-Routine-Tätigkeiten in digitalen Arbeitsumgebungen (KONDITION) Studien anhand der Berufe Chemikant/in und Pharmakant/in“, 67. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft, Institut für Arbeitswissenschaft (IAW), Ruhr-Universität Bochum, 5. März 2021

Literaturverzeichnis

ACATECH (Hrsg.): Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 – Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen. München 2016. URL: <https://www.acatech.de/publikation/kompetenzentwicklungsstudie-industrie-4-0-erste-ergebnisse-und-schlussfolgerungen/download-pdf?lang=de>

ANGEL, Harry; ADAMS, B. D.; BROWN, A.; FLEAR, C.; MANGAN, B.; MORTEN, A.; STE-CROIX, C.; GRUSON, Geoff: Review of the Skills Perishability of Police "Use of Force" Skills. Guelph, Ontario 2012

ARBEITSKREIS DEUTSCHER QUALIFIKATIONSRAHMEN (Hrsg.): Deutscher Qualifikationsrahmen für lebenslanges Lernen 2011. URL: https://www.dqr.de/dqr/shareddocs/downloads/media/content/der_deutsche_qualifikationsrahmen_fue_lebenslanges_lernen.pdf (Stand: 24.08.2023)

ARTHUR JR, Winfred; BENNETT JR, Winston; STANUSH, Pamela L.; MCNELLY, Theresa L.: Factors That Influence Skill Decay and Retention: A Quantitative Review and Analysis. In: Human Performance 11 (1998) 1, S. 57-101

BAINBRIDGE, Lisanne: Ironies of Automation. In: Automatica 19 (1983) 6, S. 775–779

- BAUER, Hans; BÖHLE, Fritz; MUNZ, Claudia; PFEIFFER, Sabine; WOICKE, Peter (Hrsg.): Ausbildung der Kompetenzen für erfahrungsgelitetes Arbeiten in der Chemischen Industrie. München und Burghausen 2000
- BAUMHAUER, Maren; BEUTNAGEL, Britta; MEYER, Rita; REMPEL, Kira: Produktionsfacharbeit in der chemischen Industrie: Auswirkungen der Digitalisierung aus Expertensicht. Düsseldorf 2019. URL: https://www.boeckler.de/fpdf/HBS-007207/p_fofoe_WP_144_2019.pdf
- BAXTER, Gordon; ROOKSBY, John; WANG, Yuanzhi; KHAJEH-HOSSEINI, Ali: The ironies of automation: still going strong at 30? In: ECCE '12: Proceedings of the 30th European Conference on Cognitive Ergonomics. New York 2012, S. 65–71
- BECKER, Matthias: Beobachtungsverfahren. In: RAUNER, Felix; GROLLMAN, Phillip (Hrsg.): Handbuch Berufsbildungsforschung. Bielefeld 2018a, S. 758–763
- BECKER, Matthias: Handlungsorientierte Fachinterviews. In: RAUNER, Felix; GROLLMAN, Phillip (Hrsg.): Handbuch Berufsbildungsforschung. Bielefeld 2018b, S. 730–735
- BECKER, Matthias: Wie lässt sich das in Domänen verborgene Facharbeiterwissen erschließen. In: BECKER, Matthias; FISCHER, Martin; SPÖTTL, Georg (Hrsg.): Von der Arbeitsanalyse zur Diagnose beruflicher Kompetenzen. Frankfurt 2010, S. 54–65
- BILLINGS, Charles E.; CHEANEY, Edward S.: Information transfer problems in the aviation system. Moffett Field, CA 1981. URL: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19810022620/downloads/19810022620.pdf>
- BJORK, Robert A.; BJORK, Elizabeth L.: Optimizing treatment and instruction: Implications of a new theory of disuse. In: NILSSON, Lars-Göran G.; OHTA, Nobuo (Hrsg.): Memory and society: Psychological perspectives. New York 2006, S. 109–134
- BRATER, Michael: Was sind „Kompetenzen“ und wieso können sie für Pflegenden wichtig sein? In: Pflege & Gesellschaft 21 (2016) 3, S. 197–213
- BROCKMANN, Michaela; WINTERTON, Johathan; CLARKE, Linda; WINCH, Christopher: Competence and competency in the EQF and in European VET systems. In: Journal of European Industrial Training 33 (2009) 8/9, S. 787–799
- BRYANT, David John.; ANGEL, Harry: Retention and fading of military skills: Literature review 2000. URL: <https://apps.dtic.mil/sti/tr/pdf/ADA593268.pdf>
- DRISKELL, James E.; WILLIS, Ruth P.; COPPER, Carolyn: Effect of overlearning on retention. In: Journal of Applied Psychology 77 (1992) 5, 615–622
- EBBINGHAUS, Hermann: Über das Gedächtnis: Untersuchungen zur experimentellen Psychologie. Leipzig 1885
- FARR, Marshall J.: The long-term retention of knowledge and skills: A cognitive and instructional perspective. New York 1987

FAUSSET, Cara B.; CHENG, Samuel; TRANI, Alexandra N.; HUTTO, Clayton J.; HALE, Chris R.; McDERMOTT, Tom; NADOLSKI, Molly; FOLDS, Dennis J.: Developing a Model of Team Skill Decay. In: Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting 61 (2017) 1, S. 735–739

FLEISCHER, Torsten: Möglichkeitsbedingungen automatisierten und autonomen Fahrens. Oder: Über die kleinen Herausforderungen bei einem Versuch, einen Grand Challenge zu bewältigen. In: DECKER, Michael; LINDNER, Ralf; LINGNER, Stephan; SCHERZ, Constanze; SOTOUDEH, Mahshid (Hrsg.): 'Grand Challenges' meistern. Der Beitrag der Technikfolgenabschätzung. Baden-Baden 2018, S. 391–402

FRANK, Barbara; KLUGE, Annette: Complex cognitive skill retention: The roles of general mental ability and refresher interventions in a simulated vocational setting. In: Journal of Computer Assisted Learning 34 (2018a) 5, S. 471–481

FRANK, Barbara; KLUGE, Annette: Is there one best way to support skill retention? Putting practice, testing and symbolic rehearsal to the test. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 73 (2018b) 2, S. 214–228

GRUBER, Hans: Die Entwicklung von Expertise. In: FRANKE, Guido (Hrsg.): Komplexität und Kompetenz: Ausgewählte Fragen der Kompetenzforschung. Bielefeld 2001, S. 309–326

HAMMERMANN, Andrea; STETTES, Oliver: Qualifikationsbedarf und Qualifizierung: Anforderungen im Zeichen der Digitalisierung. Köln 2016. URL: https://www.iwkoeln.de/fileadmin/publikationen/2016/251836/Qualifikationsbedarf_IW_policy_paper.pdf (Stand: 08.02.2024)

KLOSTERMANN, Marina; CONEIN, Stephanie; FELKL, Thomas; KLUGE, Annette: Factors Influencing Attenuating Skill Decay in High-Risk Industries: A Scoping Review. In: Safety 8 (2022) 2, S. 22

KLUGE, Anette; FRANK, Barbara: Counteracting skill decay: four refresher interventions and their effect on skill and knowledge retention in a simulated process control task. In: Ergonomics 57 (2014) 2, S. 175–190

KLUGE, Annette: The Acquisition of Knowledge and Skills for Taskwork and Teamwork to Control Complex Technical Systems A Cognitive and Macroergonomics Perspective (2014)

KLUGE, Annette; FRANK, Barbara; MIEBACH, Julia: Measuring skill decay in process control-results from four experiments with a simulated process control task. In: D. de Waard, K. Brookhuis, R. Wiczorek, F. di Nocera, R. Brouwer, P. Barham, C. Weikert, A. Kluge, W. Gerbino, & A. Toffetti (Eds.) (2014), S. 79–93

KNIELING, Christopher; CONEIN, Stephanie: Digitale Kompetenzen in der Ausbildung von Chemikantinnen und Chemikanten. In: BWP 48 (2019) 3, S. 60–61

MAYRING, Philipp: Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken. 13. Aufl. Weinheim 2022

NEUWEG, Georg H.: Das Schweigen der Könner: Gesammelte Schriften zum impliziten Wissen. Münster 2015

O'HARA, John M.: The retention of skills acquired through simulator-based training. In: *Ergonomics* 33 (1990) 9, S. 1143–1153

ONNASCH, Linda; WICKENS, Christopher D.; LI, Huiyang; MANZEY, Dietrich: Human performance consequences of stages and levels of automation: an integrated meta-analysis. In: *Human Factors* 56 (2014) 3, S. 476–488

PFEIFFER, Sabine: The 'Future of Employment' on the Shop Floor: why Production Jobs are Less Susceptible to Computerization than Assumed. In: *International journal for research in vocational education and training* 5 (2018) 3, S. 208–225

PFEIFFER, Sabine; SUPHAN, Anne: Der AV-Index. Lebendiges Arbeitsvermögen und Erfahrung als Ressourcen auf dem Weg zu Industrie 4.0. Working Paper 2015 #1 Finalfassung 2015. URL: <https://www.sabine-pfeiffer.de/files/downloads/2015-Pfeiffer-Suphan-final.pdf> (Stand: 08.02.2024)

PLATH, Hans-Eberhard: Erfahrungswissen und Handlungskompetenz - Konsequenzen für die berufliche Weiterbildung. In: : IAB-Kompodium Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. Beiträge zur Arbeitsmarkt- und Berufsforschung. Nürnberg 2002, S. 517–529

ROHRER, Doug; TAYLOR, Kelli: The effects of overlearning and distributed practise on the retention of mathematics knowledge. In: *Applied Cognitive Psychology* 20 (2006) 9, S. 1209–1224

ROUSE, William B.; MORRIS, Nancy M.: On looking into the black box: Prospects and limits in the search for mental models. In: *Psychological Bulletin* 100 (1986) 3, S. 349–363

SCHMIDT, Kurt; WINKLER, Birgit; GRUBER, Benjamin: Skills for the future: zukünftiger Qualifizierungsbedarf aufgrund erwarteter Megatrends. Analysen und Befunde auf Basis der IV-Qualifikationsbedarfserhebung 2016. Wien 2016. URL: <https://ibw.at/resource/download/298/ibw-forschungsbericht-187.pdf> (Stand: 08.02.2024)

SPÖTTL, Georg; GORLDT, Christian; WINDELBAND, Lars; GRANTZ, Torsten; RICHTER, Tim: Industrie 4.0 – Auswirkungen auf Aus- und Weiterbildung in der M+E Industrie. München 2016. URL: https://www.baymevbm.de/Redaktion/Frei-zugaengliche-Medien/Abteilungen-GS/Bildung/2016/Downloads/baymevbm_Studie_Industrie-4-0.pdf (Stand: 08.02.2024)

TENBERG, Ralf; PITTICH, Daniel: Ausbildung 4.0 oder nur 1.2? Analyse eines technisch-betrieblichen Wandels und dessen Implikationen für die technische Berufsausbildung. In: *Journal of Technical Education (JOTED)* 5 (2017) 1, S. 27–46

WANG, Xiaoqian; DAY, Eric A.; KOWOLLIK, Vanessa; SCHUELKE, Matthew J.; HUGHES, Michael G.: Factors influencing knowledge and skill decay after training: A meta-analysis. In: : *Individual and team skill decay: The science and implications for practice* 2013, S. 68–116

WEBB, Bob; ANGEL, Harry: Maintaining skills and knowledge at work. In: The Ergonomist (2018) 11, S. 22–23

WESTERA, Wim: Competences in education: a confusion of tongues. In: Journal of Curriculum studies 33 (2001) 1, S. 75–88

WEYER, Johannes: Die Risiken der Automationsarbeit: Mensch-Maschine-Interaktion und Störfallmanagement in hochautomatisierten Verkehrsflugzeugen. In: Zeitschrift für Soziologie 26 (1997) 4, S. 239–257

WIENER, Earl L.; CURRY, Renwick E.: Flight-deck automation: promises and problems. In: Ergonomics 23 (1980) 10, S. 995–1011

ZINKE, Gert: Berufsbildung 4.0 - Fachkräftequalifikationen und Kompetenzen für die digitalisierte Arbeit von morgen. Branchen- und Berufscreening : vergleichende Gesamtstudie. 1. Aufl. Bonn, Leverkusen 2019. URL: <http://nbn-resolving.de/urn:nbn:de:0035-0807-9>