

Operative Reaktionsfähigkeit in der Intralogistik – Determinanten aus der Perspektive von Blue-Collar-Beschäftigten

Philipp Meyer

Fernfachhochschule Schweiz (FFHS), Zürich

Operative Reaktionsfähigkeit gilt in der Intralogistik als zentrale Leistungsgrösse, wird jedoch überwiegend technisch diskutiert. Der vorliegende Beitrag wechselt die Blickrichtung. Er fragt die Blue-Collar-Beschäftigten selbst, die die operative Reaktion tagtäglich vollziehen, welche organisatorischen Bedingungen diese Reaktionsfähigkeit bestimmen. Datengrundlage sind 23 leitfadengestützte Experteninterviews aus Handels- und Industrieunternehmen der Deutschschweiz, ausgewertet mittels qualitativer Inhaltsanalyse. Aus dem Material werden fünf organisatorische Determinanten verdichtet: Prozessstabilität, Entscheidungsrechte und Eskalationswege, kurze Kommunikationsschleifen, Erfahrungswissen sowie eine lernorientierte Fehlerkultur. Drei Befunde treten hervor. Erstens benennen die Befragten von sich aus durchgängig einfache, personengebundene und lokale Arbeitspraktiken als wirksam; benannte Methoden-Frameworks bleiben marginal. Zweitens beschreiben Entscheidungsrechte und Erfahrungswissen zusammen den Spielraum der Beschäftigten, selbst entscheiden zu dürfen und dabei auf Erfahrung zurückgreifen zu können; aus ihrer Sicht ermöglicht dieser Spielraum die Reaktion. Drittens verweisen die Schilderungen auf den Autonomiegrad der eingesetzten Systeme. Je höher dieser ausfällt, desto enger wird der Spielraum, und desto stärker richtet sich die Reaktionsfähigkeit nach dem, was die Technik vorsieht. Der Beitrag überführt diese Befunde in sieben hypothesengenerierende Propositionen und plädiert dafür, bei der Planung des Gesamtsystems als eigene Grösse mitzudenken, wo die Entscheidung beim Menschen bleibt. Gerade im Kontext von Industrie 5.0 und anhaltendem Fachkräftemangel gewinnt diese Gestaltungsfrage zusätzlich an Gewicht.

[Schlüsselwörter: Intralogistik, operative Reaktionsfähigkeit, Blue-Collar-Beschäftigte, Automatisierungsgrad, Industrie 5.0]

Operational responsiveness is considered a central performance dimension in intralogistics, yet the debate is predominantly technical. This paper shifts the perspective. It asks the blue-collar workers themselves, who carry out the operational response every day, which organizational conditions determine this responsiveness.

The study draws on 23 semi-structured expert interviews from retail and industrial companies in German-speaking Switzerland, analyzed by qualitative content analysis. From the material, five organizational determinants are condensed: process stability, decision rights and escalation paths, short communication loops, experiential knowledge, and a learning-oriented error culture. Three findings stand out. First, respondents consistently and unprompted name simple, person-bound, local work practices as effective, while named method frameworks remain marginal. Second, decision rights and experiential knowledge together describe the workers' latitude, that is, being allowed to decide and being able to draw on experience; from their perspective, this latitude enables the response. Third, the accounts point to the autonomy level of the systems in use. The higher it is, the narrower the latitude becomes, and the more responsiveness is defined by what the technology provides for. The paper translates these findings into seven hypothesis-generating propositions and argues that overall system planning should explicitly consider where decisions remain with the human. Especially in the context of Industry 5.0 and a persistent skilled-labor shortage, this design question gains additional weight.

[Keywords: intralogistics, operational responsiveness, blue-collar workers, level of automation, Industry 5.0]

1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die Fähigkeit, auf Störungen, kurzfristige Auftragsschwankungen und unvorhergesehene Änderungen schnell und angemessen zu reagieren [1], gilt in der Intralogistik als zentrale Leistungsgrösse [2]. Investitionen in Automatisierung und digitale Systeme entfalten diese Reaktionsfähigkeit jedoch erst im Zusammenspiel mit passenden organisatorischen Randbedingungen [2]; andernfalls bleibt ihr Beitrag hinter den Erwartungen zurück.

Die aktuelle Diskussion um Reaktionsfähigkeit in der Logistik 4.0 ist überwiegend technisch geprägt und adressiert das Thema vorrangig über Systeme, Steuerungslogiken und Automatisierungsgrade [2], etwa über kognitive Assistenzsysteme [3]. Weitgehend

unbeleuchtet bleibt dabei die Perspektive der Blue-Collar-Beschäftigten im intralogistischen Leistungsprozess, die tagtäglich die mehrheitlich physisch geprägte und ortsgebundene Arbeit verrichten, auch und gerade in zunehmend automatisierten und digitalisierten Umgebungen [4], [5]. Diese Lücke stellt selbst eine der wenigen Interviewstudien fest, die das Erleben operativer Beschäftigter in der Intralogistik 4.0 direkt erheben [6]. Angesichts eines anhaltenden Fachkräftemangels [2] und alternder Belegschaften [7], [8], die erfahrenes operatives Personal zunehmend knapp machen, gewinnt gerade diese Perspektive an praktischer Dringlichkeit. Dieser Leerstelle begegnet der vorliegende Beitrag mit der Forschungsfrage, welche organisatorischen Bedingungen die operative Reaktionsfähigkeit in der Intralogistik aus Sicht der Beschäftigten bestimmen.

Datengrundlage sind 23 Experteninterviews, auf denen bereits [9] beruht. Dort wurden die organisatorischen Bedingungen der operativen Reaktionsfähigkeit auf der Arbeitsebene herausgearbeitet und empirisch gestützt. Diese Basis verdichtet der vorliegende Beitrag zu fünf organisatorischen Determinanten und fragt weiter, welchen Spielraum die operative Ausführung braucht und was zunehmende Automatisierung mit ihm macht.

Drei Befunde treten dabei hervor. Erstens benennen die Befragten von sich aus durchgängig einfache, personengebundene und lokale Arbeitspraktiken als wirksam, während benannte Methoden-Frameworks kaum vorkommen. Zweitens teilen diese Praktiken drei Eigenschaften: Sie kommen ohne Programm aus, sie laufen über Menschen statt über Dokumente, und sie finden am Ort des Geschehens statt. Drittens beschreiben die Entscheidungsrechte und das Erfahrungswissen, zwei der fünf Determinanten, zusammen den Spielraum der Beschäftigten, also selbst entscheiden zu dürfen und dabei auf Erfahrung zurückgreifen zu können. Aus Sicht der Befragten ermöglicht dieser Spielraum die Reaktionsfähigkeit. Je nach Automatisierungslösung fällt er grösser oder kleiner aus, und das wirkt auf die Reaktionsfähigkeit des Gesamtsystems zurück. Damit ergänzt der Beitrag die technisch geprägte Fachdiskussion um eine Grösse, die nicht zwingend bei der Systemgestaltung im Vordergrund steht, nämlich die Frage, wo im Prozess die Entscheidung beim Menschen bleibt.

Der weitere Aufbau des vorliegenden Beitrages folgt nachstehender Logik. Abschnitt 2 verortet die Arbeit theoretisch, Abschnitt 3 beschreibt das methodische Vorgehen, Abschnitt 4 stellt die fünf Determinanten dar, Abschnitt 5 verbindet sie und formuliert Propositionen, Abschnitt 6 diskutiert die Brücke zur Technik und Abschnitt 7 schliesst mit Limitationen und Fazit.

2 THEORETISCHER HINTERGRUND

Für den Beitrag sind drei Themengebiete bestimmend: die operative Reaktionsfähigkeit als Gegenstand, die soziotechnische Systemgestaltung als Betrachtungsweise und die menschenzentrierte Ausrichtung der Industrie 5.0 als Anschlusspunkt. Die Blue-Collar-Beschäftigten selbst, um deren Perspektive es geht, werden in Abschnitt 2.1 definiert. Ergänzende arbeits- und organisationspsychologische sowie Lean-bezogene Bezüge werden jeweils dort eingeführt, wo sie die einzelnen Determinanten tragen.

2.1 OPERATIVE REAKTIONSFÄHIGKEIT IN DER INTRALOGISTIK

Reaktionsfähigkeit bezeichnet übergreifend die Fähigkeit eines logistischen Systems, auf Veränderungen der Anforderungen rechtzeitig und wirksam zu reagieren [1], [10]. Im vorliegenden Beitrag bezeichnet operative Reaktionsfähigkeit die kurzfristige, störungsnahe Anpassung im laufenden intralogistischen Betrieb.

Die logistische Responsiveness-Forschung fasst Reaktionsfähigkeit als mehrdimensionales Konstrukt [1], [10]; seine teils synonym verwendeten Teilkonzepte sind gleichwohl zu unterscheiden. Flexibilität beschreibt in diesem Bezugsrahmen den vorab angelegten Handlungsspielraum eines Systems, Agilität die Geschwindigkeit unmittelbarer Prozessänderungen, Resilienz die Fähigkeit zur Wiederherstellung des Soll-Zustands nach einer Störung, Improvisation das spontane Handeln ohne vorbereiteten Plan und Anpassungsfähigkeit die Ausrichtung auf veränderte Rahmenbedingungen [1]. Während diese Konzepte überwiegend auf der kurzfristig-operativen Ebene ansetzen, adressiert die Wandlungsfähigkeit die längerfristige, strukturelle Veränderbarkeit des Systems selbst [11]. Operative Reaktionsfähigkeit fokussiert damit den unmittelbaren Reaktionsakt an der Schnittstelle von Mensch und Prozess, nicht aber den vorgehaltenen Optionsraum oder die strukturelle Transformation.

Als Leistungsziel ist Reaktionsfähigkeit im Rahmen der Logistik 4.0 etabliert [2], wird dort jedoch vorwiegend technisch-systemisch konzipiert. Die vorliegende Arbeit ergänzt diese Sicht um die organisatorische und beschäftigtenbezogene Ebene der operativen Ausführung, wie sie sich gerade in der überwiegend manuellen Kommissionierung stellt [5].

Untersuchungsgegenstand sind Blue-Collar-Beschäftigte der Intralogistik, also der innerbetrieblichen Logistik auf dem Betriebsgelände. Blue-Collar-Tätigkeiten werden hier verstanden als mehrheitlich manuelle und routinemässige Arbeiten, die häufig körperlichen Einsatz erfordern und formal eher geringe Qualifikationsanforderungen stellen, gleichwohl aber auf Erfahrungswissen beruhen. In Abgrenzung zur White-

Collar- oder Wissensarbeit sind sie stärker körperlich und weniger bürogestützt geprägt [12]. Der Begriff ist in der Arbeitsforschung etabliert; im deutschsprachigen Raum findet sich für vergleichbare Tätigkeiten auch die Bezeichnung Einfacharbeit. Der Beitrag übernimmt die in [9] für die Intralogistik zusammengeführte Arbeitsdefinition. Eine darüber hinausgehende, eigenständig validierte Operationalisierung für die Intralogistik liegt bislang nicht vor. Dieses Selbstverständnis spiegelt sich im Feld wider, etwa wenn eine befragte Person ihre Arbeit als «immer gleiche Tätigkeiten, vorwiegend sehr viel manuell, ohne oder wenig EDV-Unterstützung [...] so wirklich das Doing» [B02] beschreibt.

2.2 SOZIOTECHNISCHE SYSTEMGESTALTUNG

Die soziotechnische Systemtheorie beschreibt die Wechselwirkung von Technik und Arbeitsorganisation mit dem Leitgedanken der gemeinsamen Optimierung. Ein Arbeitssystem entfaltet sein Leistungspotenzial nur dann, wenn technisches und soziales Teilsystem gemeinsam und aufeinander abgestimmt gestaltet werden, statt das eine dem anderen unterzuordnen [13].

Diese Gestaltungsprinzipien wurzeln in den arbeitswissenschaftlichen Untersuchungen von Trist und Bamforth zur Mechanisierung des britischen Kohlebergbaus, in denen sich zeigte, dass technische Optimierungen ohne Berücksichtigung der sozialen Arbeitsorganisation ihre erwartete Produktivitätswirkung verfehlten [14]. Aus dieser Erkenntnis leitet sich die bis heute tragende MTO-Perspektive ab, nach der Mensch, Technik und Organisation als wechselseitig abhängige Teilsysteme zu verstehen und gemeinsam zu optimieren sind, statt eines der Teilsysteme isoliert zu verbessern [15]. Cherns präziserte seine Prinzipien später und unterstrich dabei die Bedeutung einer möglichst nahe am Störungsort angesiedelten Entscheidungskompetenz [16].

Für die Intralogistik gewinnt dieser Ansatz mit der zunehmenden Mensch-Roboter-Interaktion neue Relevanz. Eine soziotechnische Betrachtung zeigt, dass technische Leistungsfähigkeit erst im Zusammenspiel mit der Arbeitsorganisation wirksam wird [17], [18]. Die fünf in diesem Beitrag identifizierten Determinanten lassen sich als jene organisatorischen, dem sozialen Teilsystem zugehörigen Randbedingungen lesen, die nach dem Leitgedanken der gemeinsamen Optimierung zusammen mit der Technik zu gestalten sind. Konkret trägt das soziale Teilsystem hier ein Wissen, das sich nicht vollständig dokumentieren lässt. Die gemeinsame Optimierung besteht deshalb darin, dass die Technik dieses Wissen zugänglich hält, statt es zu ersetzen.

2.3 MENSCH-TECHNIK-INTERAKTION UND INDUSTRIE 5.0

Die Industrie 5.0 rückt den Menschen wieder ins Zentrum der Gestaltung [19], [20]. Konzepte wie der Operator 4.0 [21] und 5.0 [22] sowie kognitive Assistenzsysteme in der Intralogistik [3] beschreiben, wie Technik menschliche Arbeit unterstützen statt sie ersetzen soll.

Aktuelle Übersichten zu digitalen Assistenzsystemen in Produktion und Logistik [23] sowie die Unterscheidung zwischen unterstützender und substituierender Technik in der manuellen Kommissionierung [4] verdeutlichen, dass der Gestaltungsspielraum darüber entscheidet, ob Technik die menschliche Reaktionsfähigkeit stärkt oder schwächt. Für die Intralogistik im Besonderen untersuchen aktuelle Arbeiten, wie sich die Zieldimensionen der Industrie 5.0 auf die Leistung intralogistischer Systeme auswirken, etwa beim Einsatz fahrerloser Transportsysteme (FTS) und autonomer mobiler Roboter (AMR), AR-gestützter Kommissionierung oder kognitiver Assistenzsysteme [24]. Für die intralogistische Domäne liegt inzwischen eine systematische Bestandsaufnahme autonomer Systeme samt einer Klassifikation nach Autonomiegraden vor [25]. Hier setzt der vorliegende Beitrag an. Er fragt, wo in einem zunehmend automatisierten intralogistischen System die Entscheidung beim Menschen bleibt und was davon abhängt.

3 METHODIK

Der Beitrag folgt einem qualitativen, interpretativen Forschungsdesign, das für die Rekonstruktion der Beschäftigtenperspektive auf ein bislang wenig erschlossenes Feld angemessen ist.

3.1 FORSCHUNGSDESIGN UND SAMPLE

Datengrundlage sind 23 leitfadengestützte Experteninterviews. Die Auswahl folgte einem zielgerichteten (purposive) Sampling mit dem Kriterium operativer Erfahrung in der Intralogistik. Einbezogen wurden Beschäftigte und Führungskräfte mit unmittelbarer Nähe zur Blue-Collar-Praxis aus Handels- und Industrieunternehmen der Deutschschweiz. Die Samplegrösse von $N = 23$ liegt damit im Bereich, den die aktuelle Methodenliteratur für qualitative Interviewstudien als hinreichend ausweist. Empirische Richtwerte verorten die Themensättigung bei rund 9 und die Bedeutungssättigung (meaning saturation) bei rund 24 Interviews [26]. In den hier untersuchten Themenbereichen traten ab dem 18. Interview keine neuen inhaltlichen Aspekte oder Bedeutungsvarianten mehr auf [9].

Massgebliches Auswahlkriterium war nicht die Position im Organigramm, sondern die Nähe zur praktischen Erfahrungswelt der Blue-Collar-Beschäftigten. Der

Expertenstatus gründet entsprechend im direkten Betriebs- und Erfahrungswissen über die operative Reaktion. Der Blue-Collar-Bezug wurde für jeden Fall anhand eines Kriterienkatalogs erfasst und abgestuft eingeordnet (Tabelle 1) [9]. 21 der 23 Befragten bringen eigene aktuelle oder frühere operative Tätigkeit oder unmittelbare operative Führungspraxis ein, die beiden übrigen einen engen fachlichen Kontakt zur operativen Praxis. So rekonstruiert der Beitrag die operative Reaktionsfähigkeit aus der Innensicht der operativen Ausführung statt aus einer distanzierten Managementperspektive.

Tabelle 1. Zusammensetzung des Samples (N = 23 Experteninterviews; eigene Zusammenstellung).

Merkmal	Ausprägung / Spannweite (N = 23)
Region	Deutschschweiz
Bereiche	Handels- und Industrieunternehmen
Erfahrung in der Intralogistik	ca. 3 bis 30 Jahre
Höchste Qualifikation	eidg. Logistikfachleute bis Master-Abschlüsse (u. a. MBA, MAS)
Funktion	aktive Lagermitarbeitende bis Logistik- und Supply-Chain-Leitung (Team-, Gruppen-, Abteilungsleitung)
Blue-Collar-Bezug	aktuell operativ tätig, teils mit koordinativen Anteilen (n = 11); Führungskraft mit eigenem operativem Bezug (n = 8); früher operativ tätig (n = 2); enger fachlicher Kontakt zur operativen Praxis (n = 2)

Die Spannweite der Fälle (Tabelle 1), von aktiv mitarbeitenden Lagerkräften bis zur Logistik- und Supply-Chain-Leitung, durchgängig mit hoher Nähe zur Blue-Collar-Praxis, belegt die Breite des Samples und stützt die Übertragbarkeit der Befunde.

3.2 DATENERHEBUNG

Die Interviews wurden semi-strukturiert anhand eines Leitfadens geführt, der von der Wahrnehmung von Reaktionsfähigkeit über konkrete Störungs- und Reaktionssituationen bis zu organisatorischen und technischen Einflussfaktoren reichte. Die Interviews wurden im Januar und Februar 2025 in 16 Fällen persönlich vor Ort und in sieben Fällen per Videokonferenz geführt und dauerten zwischen rund 30 und 80 Minuten (im Mittel rund 50 Minuten); die Gespräche wurden aufgezeichnet und vollständig transkribiert. In dieser Arbeit markieren runde Klammern (...) Sprechpausen aus dem Transkript, eckige Klammern [...] eigene Auslassungen; die Kürzel [B01] bis [B23] bezeichnen die einzelnen Interviews.

3.3 DATENAUSWERTUNG UND GÜTESICHERUNG

Die Auswertung erfolgte als qualitative Inhaltsanalyse nach Mayring [27], regelgeleitet über einen Kodierleitfaden und softwaregestützt in MAXQDA. Kategorien wurden zunächst deduktiv aus dem theoriegeleiteten Leitfaden und teils induktiv aus dem Material gebildet.

Konkret wurden deduktiv die Dimensionen der Reaktionsfähigkeit aus dem Bezugsrahmen von Richey et al. übernommen, nämlich Anpassungsfähigkeit, Flexibilität, Agilität, Improvisation und Resilienz [1]. Diese Dimensionen strukturierten den Leitfaden und die Ausgangskategorien; sie sind das Raster der Erhebung, nicht das Ergebnis der Auswertung. Aus dem Material wurden je Dimension Kontextfaktoren gebildet und mit Fundstellen belegt [9]. Für den vorliegenden Beitrag wurden daraus in einem abschliessenden Interpretationsschritt jene verdichtet, die organisatorischer Natur sind und am unmittelbaren Reaktionsakt ansetzen. Faktoren des vorgehaltenen Optionsraums blieben entsprechend der Abgrenzung in Abschnitt 2.1 ausserhalb. Es resultieren die fünf in Abschnitt 4 berichteten organisatorischen Determinanten; sie sind daher nicht mit den fünf Dimensionen von Richey et al. gleichzusetzen.

Zur Gütesicherung wurde ein Ausschnitt des Materials von einem zweiten Kodierer unabhängig kodiert, konkret ein thematischer Teil eines Interviews mit 30 verglichenen Kodierstellen, wobei die feinen Subcodes zur obersten Kategorienebene aggregiert wurden. Die Interkoder-Übereinstimmung nach Cohens Kappa [28] erreichte einen Wert von $\kappa = 0,60$. Nach der Konvention von Landis und Koch entspricht dies einer moderaten Übereinstimmung [29]. Divergenzen wurden anschliessend im Sinne konsensuellen Kodierens [30] in einem Debriefing geklärt und der Kodierleitfaden entsprechend nachgeschärft. Ergänzend wurden die Kriterien vertrauenswürdiger qualitativer Forschung nach Lincoln und Guba [31] berücksichtigt, unter anderem ein Audit-Trail in MAXQDA und eine dichte Beschreibung der Fälle. Aussagen zur Häufigkeit werden im Ergebnisteil überwiegend sprachlich gefasst (etwa «mehrere», «einzelne»); einzig die Verbreitung benannter Praktiken über die Fälle wird als Fallzahl ausgewiesen (etwa «17 von 23») [30]. Angesichts des qualitativen Samples werden keine prozentualen Verallgemeinerungen über das Sample hinaus vorgenommen.

Alle Interviewpartnerinnen und Interviewpartner nahmen nach vorheriger Aufklärung freiwillig teil. Die Einwilligung wurde schriftlich eingeholt. Die im Ergebnisteil wiedergegebenen Zitate wurden anonymisiert, sodass keine Rückschlüsse auf einzelne Personen oder Betriebe möglich sind. Die langjährige Branchenzugehörigkeit des Autors von rund 25 Jahren erleichterte zudem den Feldzugang und das Verständnis

impliziter Praxis. Die Kategorienbildung erfolgte regelgeleitet; die Kategorien wurden im Analyseverlauf wiederholt am Material überprüft und angepasst [27].

4 ERGEBNISSE: FÜNF ORGANISATORISCHE DETERMINANTEN

Aus der Analyse der Interviews treten fünf organisatorische Determinanten der operativen Reaktionsfähigkeit hervor. Sie bündeln die in [9] herausgearbeitete und empirisch gestützte Befundlage (Abschnitt 3.3); diese wird hier knapp zusammengefasst, dabei jedoch in einer Hinsicht neu gelesen, nämlich danach, welche Arbeitspraktik die Befragten jeweils von sich aus als wirksam benennen. Mit den fünf Dimensionen von Richey et al., die den Leitfaden strukturierten, sind sie nicht gleichzusetzen. Jede wird im Folgenden als These formuliert, mit einer charakteristischen Aussage der Beschäftigten belegt und verdichtet; abschliessend wird je Determinante ein Anknüpfungspunkt für assistierende Technik benannt. Die Belege sind bewusst als Originalaussagen geführt.

4.1 PROZESSSTABILITÄT ALS VORAUSSETZUNG SITUATIVER FLEXIBILITÄT

Operative Reaktionsfähigkeit setzt zunächst stabile Prozesse voraus. Nicht Starrheit, sondern ein verlässlicher Rahmen schafft den Spielraum für situatives Handeln, sei es als bewusste Abweichung vom Standard oder als Entscheidung dort, wo nichts vorgegeben ist.

«geschultes Personal, stabile Prozesse, die verheben, aber die dir aber auch Freiraum lassen, um einen Shortcut auch vielleicht mal zu nutzen. Also, dass es nicht ganz starr ist, nach Schema F abarbeiten.» [B07]

Der Standard ist hier nicht das Gegenteil der Flexibilität, sondern deren Bedingung. Erst ein bekannter Soll-Zustand macht die bewusste Abweichung als solche erkennbar und beherrschbar. Mehrere Befragte formulieren denselben Zusammenhang eigenständig, vom Rahmen, innerhalb dessen volle Flexibilität herrsche [B12], bis zur straffen Organisation, die unter realem Kostendruck erst flexibel und schnell mache [B08]. Konkret verweisen die Befragten auf eine sichtbare Standardführung. Der geltende Standard ist im Alltag präsent und wird vorgelebt, statt nur dokumentiert zu sein. Für assistierende Systeme ist Prozessstabilität zugleich eine Datenqualitäts-Vorbedingung. Ohne verlässlichen Soll-Zustand fehlt die Referenz für die Abweichungserkennung; auch datengetriebene Verfahren setzen einen stabilen Normalbetrieb als Lerngrundlage voraus.

4.2 ENTSCHEIDUNGSRECHTE UND ESKALATIONSWEGE AUF OPERATIVER EBENE

Reaktionsfähigkeit entscheidet sich an der operativen Entscheidungsbefugnis. Wo Beschäftigte vor Ort handeln und erst bei echter Blockade eskalieren dürfen, verkürzt sich die Reaktionszeit. Wo Verantwortung nur rhetorisch verliehen wird, bleibt die schnelle Reaktion aus.

«Und ich sage halt immer den Leuten, wenn ein Problem entsteht, [...] dann muss man ja das Problem gleich angehen, weil sonst kann man ja nicht mehr arbeiten. [...] Sie versuchen dann zu handeln und wenn sie nicht mehr weiterkommen, kommen sie zu mir.» [B04]

Die gelebte Regel dahinter ist einfach. Zuerst selbst handeln, weitergegeben wird erst, wenn es nicht mehr weitergeht. Als tragend beschreiben die Befragten kurze, klare Eskalationswege anstelle des Prozesshandbuchs. Wo die Befugnis fehlt, bleibt genau diese schnelle Reaktion aus:

«Man spricht zwar von den Mitarbeitern, die mehr Verantwortung haben, aber man gibt sie ihm nicht. Das Vertrauen des Managements gegenüber dem Mitarbeiter, man muss ihm dann auch Vertrauen schenken, das kommt nicht.» [B16]

Der Mechanismus der blockierten Reaktion ist dann nicht fehlende Fähigkeit, sondern entzogenes Vertrauen. Mehrere Befragte schildern, wie unter formalisierten Eskalationsprozessen ohne lokale Entscheidungsrechte selbst kritische Fälle liegen bleiben [B07]. Technisch bestimmt diese Determinante den zulässigen Autonomiegrad eines Assistenzsystems. Soll die schnelle Reaktion auch bei Abweichungen erhalten bleiben, die das System nicht erkennt, folgt aus ihr, welchen Entscheidungsspielraum das System den Beschäftigten lässt, statt ihn zu übernehmen.

Die Eskalationsseite dieser Determinante verweist auf ein etabliertes organisatorisches Prinzip. Das aus dem Lean-Kontext bekannte Jidoka-Prinzip mit dem Andon-Signal institutionalisiert das Anhalten bei Abweichungen und das unmittelbare Weitergeben an die zuständige Stelle als legitimen und erwünschten Handlungsakt, nicht als Störung des Ablaufs [32]. Damit ein solcher Halt- und Eskalations-Mechanismus tatsächlich genutzt wird, braucht es übertragene Entscheidungskompetenz, die von den Beschäftigten auch als eigener Einfluss erlebt wird, in der Forschung als psychologisches Empowerment beschrieben [33]. Wirksame Eskalation folgt dabei weniger der Hierarchie als der Sachkompetenz, ein Muster, das die Hochzuverlässigkeitsforschung als deference to expertise bezeichnet und als eines der tragenden Prinzipien versteht, um unerwartete Ereignisse früh aufzufangen [34].

4.3 KURZE KOMMUNIKATIONSSCHLEIFEN

Reaktionsfähigkeit hängt davon ab, wie schnell relevante Information den richtigen Ort erreicht. Kurze, strukturierte Kommunikationsschleifen verhindern den Informationsbruch, den die unstrukturierte Einzelweitergabe erzeugt.

«der regelmässige Austausch (...) hilft extrem dafür, dass alle immer auf dem gleichen Stand sind. Vorher, als wir die Meetings nicht hatten, hat der Teamleiter seine Runde gemacht und alle immer einzeln informiert. Dann beim einten hat er vielleicht etwas weggelassen» [B21]

Das strukturierte Kurzmeeting ersetzt die fehleranfällige Runde des Einzelnen durch einen gemeinsamen Stand. Wo diese Schleife fehlt, brechen Informationen zwischen Personen und Schichten ab. Mehrere Befragte beschreiben ebenso als wirksam die institutionalisierte Schichtübergabe mit Rückblick auf den Zielstand der Vorschicht [B03] wie die tägliche Prioritätenkaskade, die binnen kurzer Zeit die gesamte Belegschaft erreiche [B08]. Wirksam wird das nach ihrer Schilderung über den kurzen Team-Huddle und die strukturierte Schichtübergabe. Für digitale Werkzeuge folgt daraus eine Latenz- und Schnittstellenanforderung. Sie müssen die kurze Schleife beschleunigen, nicht durch Medienbrüche verlängern.

4.4 ERFAHRUNGSWISSEN ALS TRAGENDE RESSOURCE

Ein wesentlicher Teil der Reaktionsfähigkeit beruht auf personengebundenem Erfahrungswissen, das in keinem System hinterlegt ist. Dieses Erfahrungswissen ist überwiegend implizit (tacit knowledge): Menschen wissen nach Polanyi mehr, als sie explizit angeben können [35].

«Und ich staune immer wieder am Leiter des Rüstbetriebs, der mich anruft und sagt, etwas stimmt nicht [...] Und dann schaue ich dem System nach und sage, anhand von was erkennst du das? Er sagt, ich arbeite seit 20 Jahren hier und ich sehe das.» [B09]

Der Erfahrene erkennt die Abweichung, bevor das System sie anzeigt. Die Reaktionsfähigkeit hängt damit an der Person, nicht am Werkzeug. Mehrere Befragte schildern, dass bei schwierigen Prozessen selbst Standardsoftware und externe Berater nicht an die erfahrene Fachkraft heranreichen [B08] und dass gerade nicht dokumentierte, Know-how-basierte Prozesse schnell laufen, weil das Wissen in den Köpfen liegt [B12]. Aktiviert wird dieses Wissen, so die Befragten, durch Präsenz vor Ort. Eine vierköpfige Logistikleitung etwa hat sich bewusst im Betrieb statt im Bürogeschoss platziert [B15].

4.5 LERNORIENTIERTE FEHLERKULTUR

Reaktionsfähigkeit setzt eine lernorientierte Fehlerkultur voraus. Angst vor Schuldzuweisung lähmt die Entscheidungsfreude. Entpersonalisierter Umgang mit Fehlern beschleunigt die Anpassung. Dass Fehler nicht sanktioniert, sondern als Informationsquelle für Verbesserung genutzt werden, gilt in der Forschung zum Fehlermanagement als handlungsleitend [36].

«Das ist ja nicht ein Fehler von einem Einzelnen, es soll ja die ganze Gruppe lernen daraus.» [B20]

Fehler werden hier nicht einer Person zugerechnet, sondern als Lernanlass der Gruppe behandelt. Wo umgekehrt Sanktion droht, erzeugt die Verunsicherung genau die Fehler, die die Sanktion vermeiden soll [B16]. Mehrere Befragte beschreiben als wirksam die anonymisierte Fehlerbesprechung, die den Umgang mit Fehlern über die Zeit spürbar verbessere [B21]. Was sie dafür nennen, ist die regelmässige, entpersonalisierte Fehlerbesprechung. Für adaptive Systeme ist psychologische Sicherheit, also die im Team geteilte Überzeugung, Probleme und eigene Fehler ohne Angst vor negativen Konsequenzen ansprechen zu können [37], die Vorbedingung dafür, dass Fehler offen zurückgemeldet werden.

4.6 WAS DIE BESCHÄFTIGTEN VON SICH AUS NENNEN

Die fünf Determinanten teilen ein Muster. Was die Befragten jeweils als tragend benennen, ist keine Methode mit Namen, sondern eine einfache, im Betrieb gewachsene Praktik. Dieses Muster zeigt sich in der Verbreitung der Praktiken über die Fälle ebenso wie in einer wiederkehrenden Skepsis gegenüber übergestülpten Methodenprogrammen.

Am breitesten verankert sind getaktete Huddles, also kurze Shopfloor-Meetings (17 von 23 Fällen), deren produktivitätswirksame Rolle auch in der Lean-Forschung des Bauwesens dokumentiert ist [38], sowie Selbstorganisation (17 von 23). Benannte Frameworks erscheinen demgegenüber marginal. Scrum wird in 2 von 23 Fällen genannt, Kanban in 1 von 23, Gemba-Walks in 2 von 23 und visuelle Steuerung als agiles Element in 3 von 23. Gezählt ist dabei die eigenständige Nennung, nicht der Bestand. Ein Betrieb kann eine Praktik führen, ohne sie im Gespräch zu benennen. Der Gemba-Walk zeigt das exemplarisch. Als Etikett wird er zweimal genannt; das damit bezeichnete Verhalten, die Präsenz am Ort des Geschehens, beschreiben die Befragten dagegen häufig in eigenen Worten. Der Befund betrifft daher nicht die Wirksamkeit der Frameworks, sondern die Sprache. Die Methodensprache ist nicht die Sprache, in der die Befragten ihre Reaktionsfähigkeit beschreiben.

«Wenn ich komme und sage, hey, wir machen da jetzt ein Lean-Management oder Design-Thinking oder Scrum

oder so, dann kann ich mir gut vorstellen, dass die, die nicht mit dem aufgewachsen sind, [...] dass die dann sagen, super toll, kein Plan, von was du redest.» [B06]

Die Skepsis richtet sich dabei nicht gegen die einzelnen Praktiken, sondern gegen deren Einführung als Programm. Mehrere Skeptiker pflegen zugleich einfache Praktiken. Die wirksame Gegenbewegung ist nicht das Weglassen von Struktur, sondern deren kontextindividuelle Ausprägung:

«Also früher hat man über alle gegossen, der gleiche Prozess, die gleichen Vorgaben, die gleichen Kennzahlen. Und heute hat jedes Team sein individuelles Shopfloor. Mit eigenen Kennzahlen, mit eigenen Prioritäten [...]» [B08]

Nach Schilderung der Befragten entsteht die Reaktionsfähigkeit nicht durch das Übernehmen eines

Methodengebäudes, sondern durch die situierte, über die Zeit aufgebaute Praktik. Ebendeshalb scheitert eine Praktik, die am ersten Tag als fertiges Programm eingeführt wird, während dieselbe Praktik trägt, wenn sie im Betrieb wächst [B21].

Die fünf je Determinante benannten Praktiken teilen drei Eigenschaften (Tabelle 2). Sie kommen ohne Programm, Rollout und Budget aus, sie laufen über Menschen statt über Dokumente, und sie finden am Ort des Geschehens statt. Das legt eine Erklärung nahe: Das Erfahrungswissen, auf dem die Reaktion beruht, ist überwiegend implizit und lässt sich damit nicht vollständig dokumentieren [35]. Eine Praktik, die über Dokumente läuft, erreicht genau diesen impliziten Kern nicht; eine, die über Menschen am Ort läuft, erreicht ihn. Diese Deutung geht über das hinaus, was die Interviews unmittelbar belegen.

Tabelle 2. Die fünf Determinanten, die von den Befragten benannten Praktiken und ihre gemeinsamen Eigenschaften (eigene Zusammenstellung).

	D1 Prozess- stabilität	D2 Entschei- dungsrechte	D3 Kommunika- tionsschleifen	D4 Erfahrungs- wissen	D5 Fehler- kultur
Benannte Praktik	sichtbare Standardführung	kurze Eskalationswege	Huddle, Schichtübergabe	Präsenz vor Ort	entpersonalisierte Fehlerbesprechung
ohne Programm, Rollout, Budget	✓	✓	✓	✓	✓
über Menschen statt Dokumente	✓	✓	✓	✓	✓
am Ort des Geschehens	✓	✓	✓	✓	✓

Zwei der fünf Determinanten, die Entscheidungsrechte (D2) und das Erfahrungswissen (D4), beschreiben zusammen den Spielraum der Beschäftigten, also selbst entscheiden zu dürfen und dabei auf Erfahrung zurückgreifen zu können. Aus Sicht der befragten Blue-Collar-Beschäftigten ermöglicht dieser Spielraum die Reaktionsfähigkeit. Was ihn einengt, auch technisch, wirkt damit auf die Reaktionsfähigkeit zurück. Dieser Spielraum ist voraussetzungsvoll. Ohne das Erfahrungswissen, das ihn ausfüllt, wird er zum Risiko; ohne Entscheidungsrechte bleibt das Erfahrungswissen ungenutzt. Erst im Zusammenspiel ermöglichen beide die Reaktion.

5 ZUSAMMENHANG UND PROPOSITIONEN

Die fünf Determinanten lassen sich zu einem Zusammenhang verbinden und in prüfbare Propositionen überführen. Die Determinanten ergänzen einander und

setzen an der situierten Praxis an; sie bilden keine Stufen eines Methodengebäudes.

Für die Technikgestaltung sind dabei zwei Arten von Anknüpfungspunkten zu unterscheiden. Prozessstabilität, Kommunikationsschleifen und Fehlerkultur (D1, D3, D5) formulieren passive Vorbedingungen und Anforderungen, die assistierende Technik erfüllen muss. Die Entscheidungsrechte (D2) und das Erfahrungswissen (D4) bilden dagegen den eigentlichen aktiven Gestaltungs-Mechanismus. Sie bestimmen den zulässigen Autonomiegrad eines Systems. Der Zusammenhang ist damit als gemeinsame Optimierung der organisatorischen Determinanten (D1–D5) und der an D2 und D4 ansetzenden Technik im Sinne der soziotechnischen Systemtheorie [13] zu lesen.

5.1 OPERATIONALISIERUNG UND PROPOSITIONEN

Für die weitere, auch quantitative Forschung werden die Determinanten operationalisierbar gefasst. D1 als

Vorhandensein und Sichtbarkeit verbindlicher Soll-Vorgaben, D3 als Frequenz und Strukturiertheit kurzer Abstimmungsformate, D5 als Grad entpersonalisierten, lernorientierten Fehlerumgangs. D2 und D4 bilden zusammen den Spielraum, D2 als Umfang lokaler Handlungs- und Eskalationsbefugnis, D4 als Verfügbarkeit und Aktivierung personengebundenen Wissens.

Aus den Befunden werden sieben Propositionen formuliert, die hypothesengenerierend zu verstehen und in nachfolgenden Studien zu prüfen sind. Die ersten fünf betreffen je eine Determinante:

P1: Je höher die Prozessstabilität (sichtbarer Soll-Zustand), desto grösser die situative Reaktionsfähigkeit.

P2: Je weiter operative Entscheidungsrechte und Eskalationswege dezentralisiert sind, desto kürzer die Reaktionszeit auf Störungen.

P3: Je kürzer und strukturierter die Kommunikationsschleifen, desto geringer der Informationsverlust und desto höher die Reaktionsfähigkeit.

P4: Je stärker personengebundenen Erfahrungswissen aktiviert und zugänglich gehalten wird, desto höher die Reaktionsfähigkeit in nicht dokumentierten Situationen.

P5: Je ausgeprägter die lernorientierte, entpersonalisierte Fehlerkultur, desto schneller die kontinuierliche Anpassung.

Die beiden folgenden Propositionen betreffen nicht eine einzelne Determinante, sondern das Verhältnis von Technik und Spielraum:

P6: Je höher der Autonomiegrad eines Assistenzsystems, desto enger der Entscheidungs- und Wissensspielraum der Beschäftigten.

P7: Je enger der Entscheidungs- und Wissensspielraum der Beschäftigten, desto geringer die Reaktionsfähigkeit bei Abweichungen, die das System nicht erkennt.

Der in P6 adressierte Autonomiegrad lässt sich über bestehende Klassifikationen stufen, etwa die Autonomiegrade intralogistischer Systeme [25] oder die Automatisierungsstufen der Funktionsteilung zwischen Mensch und System [39].

Aus den fünf Determinanten lassen sich unmittelbare Stellhebel für die Schicht- und Lagerleitung ableiten, die ohne grössere Investitionen umsetzbar sind. Für die Prozessstabilität (D1) empfiehlt sich eine sichtbare Standardführung, bei der Standards nicht nur dokumentiert, sondern im Arbeitsalltag vorgelebt und regelmässig

bestätigt werden. Entscheidungsrechte und Eskalationswege (D2) sollten explizit benannt und mit klaren Schwellen hinterlegt sein, damit im Störfall unmittelbar klar ist, wer was entscheiden darf und wann weiterzugeben ist. Kurze Kommunikationsschleifen (D3) lassen sich über getaktete Huddles und eine strukturierte Schichtübergabe verankern, die Abweichungen und offene Punkte verlässlich weiterträgt. Erfahrungswissen (D4) wird durch regelmässige Präsenz der Führung am Ort der Wertschöpfung gehoben, wo implizites Wissen sichtbar und teilbar wird; dasselbe spricht dafür, die Beschäftigten früh einzubeziehen, wenn automatisierte Systeme geplant werden. Für die lernorientierte Fehlerkultur (D5) ist schliesslich eine entpersonalisierte Fehlerbesprechung zentral, die konsequent nach der Prozessursache statt nach dem Schuldigen fragt und so die Bereitschaft erhält, Abweichungen offen anzusprechen.

6 DISKUSSION

Die Befunde legen nahe, die übliche Fragerichtung zu ergänzen. Neben der Frage, welche Technologie die Reaktionsfähigkeit erhöht, steht die Frage, unter welchen organisatorischen Bedingungen eine gegebene Technologie ihre Wirkung entfaltet. Wie viel Reaktionsfähigkeit eine gegebene technische Leistungsfähigkeit ergibt, hängt nach den vorliegenden Befunden davon ab, wie es um die fünf Determinanten steht.

Das zeigt sich exemplarisch an einem Mechanismus, der zwei Determinanten mit der Technikgestaltung verbindet. Entscheidungsrechte (D2) und Erfahrungswissen (D4) bestimmen gemeinsam den zulässigen Autonomiegrad eines Assistenzsystems. Der Autonomiegrad ist keine rein technische Grösse, sondern im Sinne der klassischen Automatisierungsstufen eine Frage der Funktionsteilung zwischen Mensch und System [39]. Wo der Spielraum der Beschäftigten die Reaktion trägt, verengt ein System, das die Entscheidung übernimmt, genau diese Grundlage. Die Reaktionsfähigkeit richtet sich dann nach dem, was die Technik vorsieht. Dass mehr Systemautonomie nicht per se besser ist, bestätigt sich auch in benachbarten Anwendungsfeldern [40]. Zudem verlangt die Verschiebung der menschlichen Rolle von der Ausführung zur Überwachung [41], Assistenzsysteme so zu gestalten, dass Entscheidungsrechte und Erfahrungswissen erhalten bleiben.

Wie eng die operative Reaktionsfähigkeit an diesem Autonomiegrad hängt, verdeutlichen die Beschäftigten selbst. Eine hochgradig systemgeführte Umgebung verengt den Handlungsspielraum:

«Es ist jetzt wirklich (...) praktisch wirklich alles systemgeführt. Also es führt auch gar kein Weg mehr am System vorbei. [...] Dein Spielraum an sich innerhalb der Intralogistik ist enger geworden. Weil du viel durch ein

System abdeckst, klar. Das System ist auch nur so gut, wie du es halt benutzt.» [B07]

Am Skalenende, an dem das System die Aufgabe vollständig übernimmt, wird das Erfahrungswissen entwertet:

«Eine gute Erinnerung habe ich an die typische (...) Voice-Kommissionierung, wo man fast Roboter ist und das System macht eigentlich die Aufgaben für dich. Das Denken schon fast übernehmen und der Mitarbeiter ist nur noch die Mannkraft.» [B20]

Für die technisch geprägte Diskussion der Intralogistik, von FTS und AMR über AR- und Assistenzsysteme bis zur KI-gestützten Steuerung, bedeutet dies, dass die organisatorischen Determinanten die Randbedingungen sind, unter denen diese Systeme im Blue-Collar-Umfeld ihren Nutzen entfalten. Der Beitrag ist damit komplementär zur technischen Forschung, nicht konkurrierend.

Ein hoher Automatisierungsgrad ist damit nicht per se nachteilig. Er verschiebt die Quelle der Reaktionsfähigkeit vom Menschen zum System. Bleiben Menschen im Prozess, wird ihr Spielraum wichtiger, nicht unwichtiger: Ihr Beitrag konzentriert sich auf jene Abweichungen, die das System nicht erkennt, und wird damit kritischer, nicht kleiner. Diese Verschiebung ist früh als Ironie der Automatisierung beschrieben worden [42] und gilt als bis heute nicht aufgelöst [43]. Bleiben keine Menschen im Prozess, ist das System so reaktionsfähig wie das System. Auch das ist eine Auslegungsentscheidung, sie sollte nur bewusst getroffen werden. Für die Planung folgt daraus, als eigene Größe mitzudenken, wo die Entscheidung beim Menschen bleibt; je nach Lösung wird diese Stelle zum Engpass oder zum Enabler.

Innerhalb dieser Reihe ordnet sich der Beitrag als dritte Ebene ein. Kretschmer et al. erheben die personelle Ressourcenplanung quantitativ über 75 Lagerstandorte im deutschsprachigen Raum [44]. Haid et al. entwickeln eine menschenzentrierte Schichtplanung, die Präferenzen der Beschäftigten in die Optimierung aufnimmt [45]. Beide betrachten die Planung von aussen. Der vorliegende Beitrag ergänzt sie um die Innensicht der Ausführenden und um die Frage, welchen Spielraum die Ausführung selbst braucht.

Strategisches Gewicht erhält diese Komplementarität im Kontext von Industrie 5.0 und anhaltendem Fachkräftemangel. Wo erfahrene operatives Personal knapp und schwer ersetzbar wird [2], [8], entscheiden gerade die organisatorischen Determinanten darüber, ob dessen Erfahrungswissen gehalten, aktiviert und wirksam bleibt. Investitionen in Prozessstabilität, Entscheidungsnähe und den Erhalt dieses Wissens sind damit mindestens so bedeutsam wie technologische Massnahmen.

7 LIMITATIONEN UND FAZIT

Die Ergebnisse unterliegen vier wesentlichen Einschränkungen. Erstens erlaubt das qualitative Design keine statistische Verallgemeinerung. Die sieben Propositionen sind hypothesengenerierend und in quantitativen Folgestudien zu prüfen. Zweitens stammen die Interviews aus Handels- und Industrieunternehmen der Deutschschweiz, was die Übertragbarkeit auf andere Regionen, Branchen sowie Arbeits- und Regulierungskontexte begrenzt. Drittens bildet die Querschnittserhebung die zeitliche Entwicklung der Determinanten nicht ab. Viertens beruht die Prüfung der Interkoder-Übereinstimmung auf einem begrenzten Ausschnitt des Materials. Der ermittelte κ -Wert ist daher als Indiz für die Konsistenz der Kodierung zu verstehen, nicht als umfassender Reliabilitätsnachweis.

Zwei Anschlüsse ergeben sich unmittelbar. Erstens wurde die Technikdimension in den Interviews breiter erhoben, als sie hier ausgewertet ist; eine eigenständige Auswertung dazu steht aus. Zweitens fehlt für Blue-Collar-Tätigkeiten in der Intralogistik bislang eine eigene Operationalisierung; die hier verwendete Bestimmung ist eine Arbeitsdefinition.

Der Beitrag hat fünf organisatorische Determinanten der operativen Reaktionsfähigkeit in der Intralogistik aus der Perspektive der Blue-Collar-Beschäftigten herausgearbeitet und gezeigt, dass die Befragten sie durchgängig an einfachen, personengebundenen und lokalen Praktiken festmachen, nicht an benannten Methoden. Zwei der Determinanten, die Entscheidungsrechte und das Erfahrungswissen, beschreiben zusammen den Spielraum, der die Reaktion aus Sicht der Befragten ermöglicht. Für die Praxis folgt daraus, diesen Spielraum bei der Technikeinführung als eigene Größe mitzudenken. Reaktionsfähigkeit entsteht dort, wo stabile Prozesse und gelebter Spielraum zusammenkommen; getragen wird beides nicht von übergestülpten Methodenprogrammen, sondern von einfachen, im Betrieb gewachsenen Praktiken. Sie ist damit weniger eine Frage der Methodik als der organisatorischen Gestaltung.

DANKSAGUNG

Der Autor dankt den 23 Interviewpartnerinnen und Interviewpartnern für ihre Offenheit und ihre Zeit, Dr. Claudia Stadelmann-Keller für die kritische Durchsicht der Methodik sowie Prof. Dr. Hagen Worch und Corina Leuenberger für das anregende Gespräch und den kritischen Gegenblick auf die Arbeit. Verbleibende Fehler liegen allein beim Autor.

LITERATUR

- [1] R. G. Richey, A. S. Roath, F. G. Adams und A. Wieland, „A responsiveness view of logistics and supply chain management,“ *Journal of Business Logistics*, Bd. 43, Nr. 1, S. 62–91, 2022, doi: 10.1111/jbl.12290.
- [2] S. Winkelhaus und E. H. Grosse, „Logistics 4.0: a systematic review towards a new logistics system,“ *International Journal of Production Research*, Bd. 58, Nr. 1, S. 18–43, 2020, doi: 10.1080/00207543.2019.1612964.
- [3] H. Stern und M. Freitag, „Kognitive Assistenzsysteme in der Intralogistik,“ *Industry 4.0 Science*, Bd. 40, Nr. 5, S. 67–72, 2024, doi: 10.30844/i4sd.24.5.67.
- [4] E. H. Grosse, „Application of supportive and substitutive technologies in manual warehouse order picking: a content analysis,“ *International Journal of Production Research*, Bd. 62, Nr. 3, S. 685–704, 2024, doi: 10.1080/00207543.2023.2169383.
- [5] D. Mezger und R. Schulz, „Flexibilitätpotentiale der manuellen Kommissionierung,“ *Logistics Journal: Proceedings*, Bd. 17, 2021, doi: 10.2195/lj_Proc_mezger_de_202112_01.
- [6] S. Winkelhaus, E. H. Grosse und C. H. Glock, „Job satisfaction: an explorative study on work characteristics changes of employees in Intralogistics 4.0,“ *Journal of Business Logistics*, Bd. 43, Nr. 3, S. 343–367, 2022, doi: 10.1111/jbl.12296.
- [7] G. Kartnig, B. Grösel und N. Zrnić, „Past, state-of-the-art and future of intralogistics in relation to megatrends,“ *FME Transactions*, Bd. 40, Nr. 4, S. 193–200, 2012.
- [8] F. Sgarbossa, E. H. Grosse, W. P. Neumann, D. Battini und C. H. Glock, „Human factors in production and logistics systems of the future,“ *Annual Reviews in Control*, Bd. 49, S. 295–305, 2020, doi: 10.1016/j.arcontrol.2020.04.007.
- [9] P. Meyer, *Agile Arbeitsorganisation in der Intralogistik: Agile Methoden, Praktiken und Tools für die Reaktionsfähigkeit aus der Blue-Collar-Perspektive*. Wiesbaden: Springer Gabler, 2026, doi: 10.1007/978-3-658-51783-0.
- [10] M. Holweg, „The three dimensions of responsiveness,“ *International Journal of Operations & Production Management*, Bd. 25, Nr. 7, S. 603–622, 2005, doi: 10.1108/01443570510605063.
- [11] H.-P. Wiendahl et al., „Changeable manufacturing – classification, design and operation,“ *CIRP Annals*, Bd. 56, Nr. 2, S. 783–809, 2007, doi: 10.1016/j.cirp.2007.10.003.
- [12] T. Saari und T. Koivunen, „Tacit knowledge in blue-collar work: how workers use it to fulfil their side of the psychological contract,“ *International Journal of Organizational Analysis*, Bd. 30, Nr. 7, S. 173–183, 2022, doi: 10.1108/IJOA-09-2021-2972.
- [13] A. Cherns, „The principles of sociotechnical design,“ *Human Relations*, Bd. 29, Nr. 8, S. 783–792, 1976, doi: 10.1177/001872677602900806.
- [14] E. L. Trist und K. W. Bamforth, „Some social and psychological consequences of the longwall method of coal-getting,“ *Human Relations*, Bd. 4, Nr. 1, S. 3–38, 1951, doi: 10.1177/001872675100400101.
- [15] J. Dregger, „Soziotechnische Systemgestaltung in der Intralogistik vor dem Hintergrund digitaler Transformation,“ *Dissertation, Fak. Maschinenbau, Technische Universität Dortmund, Dortmund*, 2019, doi: 10.17877/DE290R-20260.
- [16] A. Cherns, „Principles of sociotechnical design revisited,“ *Human Relations*, Bd. 40, Nr. 3, S. 153–162, 1987, doi: 10.1177/001872678704000303.
- [17] F. Jacob, T. Ranasinghe, L. Gattone und E. H. Grosse, „Human–robot interaction in intralogistics: opportunities, challenges, and the way forward from a

- socio-technical lens," *International Journal of Production Research*, Bd. 64, Nr. 16, S. 7019–7045, 2026, doi: 10.1080/00207543.2026.2641794.
- [18] S. Winkelhaus und E. H. Grosse, „Smart warehouses—a sociotechnical perspective," in *The Digital Supply Chain*, B. L. MacCarthy und D. Ivanov, Hrsg., Elsevier, 2022, S. 47–60, doi: 10.1016/B978-0-323-91614-1.00003-4.
- [19] X. Xu, Y. Lu, B. Vogel-Heuser und L. Wang, „Industry 4.0 and Industry 5.0—Inception, conception and perception," *Journal of Manufacturing Systems*, Bd. 61, S. 530–535, 2021, doi: 10.1016/j.jmsy.2021.10.006.
- [20] M. Breque, L. De Nul und A. Petridis, *Industry 5.0: Towards a sustainable, human-centric and resilient European industry*. Luxemburg: Publications Office of the European Union, 2021, doi: 10.2777/308407.
- [21] D. Romero et al., „Towards an Operator 4.0 typology: a human-centric perspective on the fourth industrial revolution technologies," in *Proc. Int. Conf. Computers & Industrial Engineering (CIE46)*, Tianjin, China, 2016, S. 1–11.
- [22] D. Romero und J. Stahre, „Towards the Resilient Operator 5.0: The future of work in smart resilient manufacturing systems," *Procedia CIRP*, Bd. 104, S. 1089–1094, 2021, doi: 10.1016/j.procir.2021.11.183.
- [23] T. Zheng, E. H. Grosse, S. Morana und C. H. Glock, „A review of digital assistants in production and logistics: applications, benefits, and challenges," *International Journal of Production Research*, Bd. 62, Nr. 21, S. 8022–8048, 2024, doi: 10.1080/00207543.2024.2330631.
- [24] O. Bernhard, A. C. Cagliano und A. Ferrari, „Impacts of Industry 5.0 target dimensions on the performance of intra-logistics systems: an assessment framework," *IFAC-PapersOnLine*, Bd. 59, Nr. 10, S. 805–810, 2025, doi: 10.1016/j.ifacol.2025.09.137.
- [25] J. Fottner et al., „Autonomous systems in intralogistics – state of the art and future research challenges," *Logistics Research*, Bd. 14, Nr. 2, 2021, doi: 10.23773/2021_2.
- [26] A. Wutich, M. Beresford und H. R. Bernard, „Sample sizes for 10 types of qualitative data analysis: an integrative review, empirical guidance, and next steps," *International Journal of Qualitative Methods*, Bd. 23, S. 1–14, 2024, doi: 10.1177/16094069241296206.
- [27] P. Mayring, *Qualitative Inhaltsanalyse: Grundlagen und Techniken*, 13. Aufl. Weinheim: Beltz, 2022.
- [28] J. Cohen, „A coefficient of agreement for nominal scales," *Educational and Psychological Measurement*, Bd. 20, Nr. 1, S. 37–46, 1960, doi: 10.1177/001316446002000104.
- [29] J. R. Landis und G. G. Koch, „The measurement of observer agreement for categorical data," *Biometrics*, Bd. 33, Nr. 1, S. 159–174, 1977, doi: 10.2307/2529310.
- [30] U. Kuckartz und S. Rädiker, *Qualitative Inhaltsanalyse: Methoden, Praxis, Computerunterstützung*, 5. Aufl. Weinheim: Beltz Juventa, 2022.
- [31] Y. S. Lincoln und E. G. Guba, *Naturalistic Inquiry*. Beverly Hills, CA: Sage, 1985.
- [32] J. K. Liker, *The Toyota Way: 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer*. New York, NY: McGraw-Hill, 2004.
- [33] G. M. Spreitzer, „Psychological empowerment in the workplace: dimensions, measurement, and validation," *Academy of Management Journal*, Bd. 38, Nr. 5, S. 1442–1465, 1995, doi: 10.5465/256865.
- [34] K. E. Weick und K. M. Sutcliffe, *Managing the Unexpected: Sustained Performance in a Complex World*, 3. Aufl. Hoboken, NJ: Wiley, 2015.
- [35] M. Polanyi, *The Tacit Dimension*. Garden City, NY: Doubleday, 1966.

- [36] M. Frese und N. Keith, „Action errors, error management, and learning in organizations,“ *Annual Review of Psychology*, Bd. 66, Nr. 1, S. 661–687, 2015, doi: 10.1146/annurev-psych-010814-015205.
- [37] A. C. Edmondson, „Psychological safety and learning behavior in work teams,“ *Administrative Science Quarterly*, Bd. 44, Nr. 2, S. 350–383, 1999, doi: 10.2307/2666999.
- [38] S. Wandahl, C. T. Pérez, S. Salling, C. H. Hansen, M. K. Nielsen und T. Nissen, „Daily huddles' effect on crew productivity,“ in *Proc. 31st Annual Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC31)*, Lille, Frankreich, 2023, S. 1255–1266, doi: 10.24928/2023/0183.
- [39] R. Parasuraman, T. B. Sheridan und C. D. Wickens, „A model for types and levels of human interaction with automation,“ *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part A: Systems and Humans*, Bd. 30, Nr. 3, S. 286–297, 2000, doi: 10.1109/3468.844354.
- [40] T. Bhattacharjee et al., „Is more autonomy always better? Exploring preferences of users with mobility impairments in robot-assisted feeding,“ in *Proc. ACM/IEEE Int. Conf. Human-Robot Interaction (HRI)*, Cambridge, Vereinigtes Königreich, 2020, S. 181–190, doi: 10.1145/3319502.3374818.
- [41] M. Klumpp und H. Zijm, „Logistics innovation and social sustainability: how to prevent an artificial divide in human-computer interaction,“ *Journal of Business Logistics*, Bd. 40, Nr. 3, S. 265–278, 2019, doi: 10.1111/jbl.12198.
- [42] L. Bainbridge, „Ironies of automation,“ *Automatica*, Bd. 19, Nr. 6, S. 775–779, 1983, doi: 10.1016/0005-1098(83)90046-8.
- [43] B. Strauch, „Ironies of automation: still unresolved after all these years,“ *IEEE Transactions on Human-Machine Systems*, Bd. 48, Nr. 5, S. 419–433, 2018, doi: 10.1109/THMS.2017.2732506.
- [44] A. Kretschmer, H.-C. Mühlbrecht und L. M. Wings, „Personelle Ressourcenplanung in der Intralogistik – Digitalisierung im Vergleich von 2021 zu 2024,“ *Logistics Journal: Proceedings*, Bd. 20, 2024, doi: 10.2195/lj_proc_kretschmer_de_202410_01.
- [45] C. Haid, O. Berchtel, N. Wagner und J. Fottner, „Development of human-centered scheduling in logistics,“ *Logistics Journal: Proceedings*, Bd. 20, 2024, doi: 10.2195/lj_proc_haid_en_202410_01.

AUTOR

Dr. Philipp Meyer ist Dozent an der Fernfachhochschule Schweiz (FFHS), Zürich, und als selbstständiger Unternehmensberater tätig. Er verfügt über rund 25 Jahre Berufserfahrung in der Industrie mit Schwerpunkten in Logistik, Intralogistik und Betriebsorganisation. In Forschung und Lehre verbindet er die betriebliche Praxis mit einer wissenschaftlichen Perspektive; seine Forschungslinie «Blue-Collar-Agility» untersucht agile und soziotechnische Arbeitsorganisation, operative Reaktionsfähigkeit und die Perspektive der Beschäftigten in der Intralogistik.

Korrespondenz: Dr. Philipp Meyer, FFHS, Zollstrasse 11, 8005 Zürich, Schweiz. Telefon: +41 44 512 09 98. E-Mail: philipp.meyer1@ffhs.ch