

Arbeitsbedingungen und Arbeitssicherheit aus arbeitspsychologischer Sicht

Bedingungsbezogene Prävention von Arbeitsunfällen

Stand der Forschung

Katrin Fischer*, Florian Schweden**, Melisa Dittrich*, Nicole Müller*, Nicole Stoller*,
Stefan Wahrstätter*, Stefanie Weiss*, Vincent Mustapha**

* Fachhochschule Nordwestschweiz, Hochschule für Angewandte Psychologie

** INAGO – Institut Arbeitsgestaltung und Organisationsentwicklung; Dr. Schweden &
Dr. Mustapha Partnerschaft Arbeits- & Organisationspsychologen

Inhalt

Tabellenverzeichnisse	4	
Abbildungsverzeichnis	5	
1	Einleitung	6
1.1	Arbeitssicherheit und Arbeitsunfälle in der Bundesrepublik Deutschland	8
1.1.1	Branchen mit erhöhtem Unfallrisiko	8
1.1.2	Hauptursachen von Arbeitsunfällen	9
1.1.3	Arbeitsunfallgeschehen 2021	10
1.1.4	Arbeitsunfallgeschehen 2022	12
1.1.5	Von der DGUV genannte Hauptursachen für Arbeitsunfälle in Deutschland	13
1.2	Arbeitssicherheit und Arbeitsunfälle aus arbeitspsychologischer Sicht	16
2	Theoretische Rahmenmodelle	21
2.1	MTO-Ansatz und Handlungsregulationstheorie	21
2.1.1	Perspektive der Handlungsregulationstheorie auf Arbeitsunfälle	21
2.1.2	Entstehung von Fehlhandlungen und Unfällen	22
2.1.3	Fehlhandlungs- und Unfallverhütung	26
2.1.4	Gestaltung des Arbeitsauftrags als Möglichkeit, Fehlhandlungen zu verhüten	26
2.1.5	Selbstveränderung durch Beanspruchung als Prädiktor für Fehlhandlungen	29
2.2	Das Job Demands-Resources-Modell	31
2.2.1	Modellbeschreibung	31
2.2.2	Interaktionen zwischen Arbeitsanforderung und Arbeitsressourcen	33
2.2.3	Evidenz für den dualen Prozess	34
2.3	Erweiterung des Job Demands-Resources-Modells um Sicherheitshandeln	35
2.3.1	Arbeits- und Prozesssicherheit	36
2.3.2	Sicherheitsklima	37
3	Befunde zum Zusammenhang von Arbeitsbedingungen und Arbeitssicherheit	39
3.1	Klassische Einflussfaktoren auf die Arbeitssicherheit	40
3.1.1	Physische Arbeitsumgebung	41
3.1.2	Psychologische Faktoren	42
3.2	Spezifische Einflussfaktoren aus der Mensch-Technik-Interaktion	44
3.2.1	Usability Kriterien	45
3.3	Einflussfaktoren der New Work	46
3.3.1	Organisationaler Wandel, Agilität und Entgrenzung von Arbeit	46
3.3.2	Digitalisierung, Automatisierung und Nutzung von Künstlicher Intelligenz (KI)	48
3.3.3	Zusammenfassung	55
4	Handlungsfelder einer bedingungsbezogenen Prävention	57
4.1	Handlungsfelder	57
4.1.1	Arbeits- und Bedarfsanalysen	57
4.2	Forschungsbedarfe	60
5	Fazit / Ausblick	64

Tabellenverzeichnisse

<i>Table 1 Meldepflichtige Unfälle, neue Unfallrenten und Todesfälle nach Unfallart (abhängig Beschäftigte, Unternehmerinnen und Unternehmer) (Statistik – Arbeitsunfallgeschehen 2021 (dguv.de), S. 16).....</i>	<i>10</i>
<i>Table 2 Verteilung der Arbeitsunfälle im Betrieb (Unfallart 1) nach Wirtschaftszweig für die gewerblichen Berufsgenossenschaften (Wirtschaftsbereich, Wirtschaftszweig (Auswahl) (Statistik – Arbeitsunfallgeschehen 2021 (dguv.de), S. 29).....</i>	<i>11</i>
<i>Table 3 Verteilung der Arbeitsunfälle im Betrieb (Unfallart 1) nach Wirtschaftszweig für die gewerblichen Berufsgenossenschaften (abhängig Beschäftigte, Unternehmerinnen und Unternehmer) (Statistik – Arbeitsunfallgeschehen 2021 (dguv.de), S. 30).....</i>	<i>12</i>
<i>Table 4 Unfälle mit tragbaren oder ortsveränderlichen Maschinen nach verletzendem Kontakt (abhängig Beschäftigte, Unternehmerinnen und Unternehmer) (Statistik – Arbeitsunfallgeschehen 2021 (dguv.de), S. 75).....</i>	<i>14</i>
<i>Table 5 Unfälle durch menschliche Gewalt, Angriff, Bedrohung, Überraschung – gewerbliche Berufsgenossenschaften nach Wirtschaftszweig (abhängig Beschäftigte, Unternehmerinnen und Unternehmer, ohne Berufssportler) (Statistik – Arbeitsunfallgeschehen 2021 (dguv.de), S. 89).....</i>	<i>15</i>
<i>Table 6 Baustellenunfälle nach Kontakt, durch den das Opfer verletzt wurde (abhängig Beschäftigte, Unternehmerinnen und Unternehmer) (Statistik – Arbeitsunfallgeschehen 2021 (dguv.de), S. 91).....</i>	<i>16</i>
<i>Table 7 Usability-Kriterien der ISO-Norm 9241-210.....</i>	<i>45</i>
<i>Table 8 Kritischen Faktoren der New Work und deren Folgen für die Arbeitnehmenden.....</i>	<i>48</i>
<i>Table 9 Neu auftretende Gefahren für Gesundheit und Sicherheit von Arbeitnehmenden in digitalisierten Fertigungssystemen.....</i>	<i>53</i>

Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1. Integratives Modell der Arbeitssicherheit (Christian et al. 2009, S. 1105)</i>	<i>18</i>
<i>Abbildung 2. Maximum-likelihood-Parameter, geschätzt für das hypothetische Modell, standardisierte Pfadkoeffizienten *p < .001. (Christian et al. 2009, S. 1123)</i>	<i>19</i>
<i>Abbildung 3. Klassifikation der Verursachung von Informationsmangel (vgl. Hacker & Sachse, 2014).....</i>	<i>24</i>
<i>Abbildung 4. Job Demand-Resource Modell (Bakker & Demerouti, 2007, S. 313, eigene Übersetzung).....</i>	<i>32</i>
<i>Abbildung 5. Das erweiterte JD-R Modell adaptiert nach Hansez & Chmiel (2010, S.274)</i>	<i>36</i>
<i>Abbildung 6. Digital Job Demands and Resources: Digitization in the Context of the Job Demands-Resources Model von Scholze und Hecker (2023, S. 11).....</i>	<i>49</i>

1 Einleitung

Arbeitsbedingungen spielen eine entscheidende Rolle bei der Entstehung sowie der Verhinderung von Arbeitsunfällen. Die Qualität der Arbeitsumgebung beeinflusst nicht nur die Effizienz und Produktivität eines Unternehmens, sondern auch die Gesundheit und Sicherheit der Mitarbeitenden. Ein umfassendes Verständnis der Bedeutung von Arbeitsbedingungen ermöglicht es, gezielte Maßnahmen zur Sicherheitsverbesserung zu ergreifen und somit Unfälle am Arbeitsplatz zu minimieren.

Arbeitsunfälle entstehen oft durch unzureichend gestaltete Arbeitsbedingungen. Dazu gehören etwa mangelhafte Sicherheitsvorkehrungen, unzureichende Schulungen der Mitarbeitenden, unangemessene ergonomische Bedingungen und/oder unzureichende Wartung von Maschinen und Anlagen. In Umgebungen, in denen diese Faktoren vernachlässigt werden, steigt das Risiko von Verletzungen und Unfällen erheblich an. Arbeitnehmende können beispielsweise durch unsachgemäß gewartete Maschinen gefährdet sein oder aufgrund fehlender Schulungen nicht angemessen auf potenzielle Gefahren reagieren.

Die Gestaltung positiver Arbeitsbedingungen ist jedoch nicht nur präventiv wichtig, sondern hat auch positive Auswirkungen auf die Arbeitsmotivation, die Mitarbeitendenbindung und die Produktivität. Unternehmen, die in die Verbesserung der Arbeitsbedingungen investieren, schaffen nicht nur sichere, sondern auch motivierende Arbeitsumgebungen. Dies kann dazu beitragen, das Engagement der Mitarbeitenden zu steigern und die Fluktuation zu reduzieren. Zufriedene Mitarbeitende neigen eher dazu, sicherheitsbewusst zu handeln und die notwendigen Vorsichtsmaßnahmen zu treffen, um Arbeitsunfälle zu verhindern.

Arbeitgebende sollten daher regelmäßige Sicherheitsschulungen anbieten, um die Sensibilisierung der Mitarbeitenden für potenzielle Gefahren zu fördern. Ebenso wichtig ist die regelmäßige Wartung von Maschinen und Anlagen, um technische Defekte zu verhindern. Ergonomische Arbeitsplätze tragen dazu bei, muskuloskelettale Erkrankungen zu minimieren und die allgemeine Gesundheit der Mitarbeitenden zu fördern. Das Einrichten von Notfallplänen und das Vorhandensein von Erste-Hilfe-Einrichtungen sind weitere Schlüsselfaktoren für eine sichere Arbeitsumgebung.

Ein weiterer Aspekt der Arbeitsbedingungen, der oft übersehen wird, ist die psychosoziale Gesundheit der Mitarbeitenden. Stress, Überlastung und mangelnde Work-Life-Balance können nicht nur die geistige Gesundheit beeinträchtigen, sondern auch die physische Sicherheit gefährden. Ein ausgeglichenes Verhältnis zwischen Arbeits- und Privatleben sowie unterstützende Maßnahmen zur Stressbewältigung tragen dazu bei, das Risiko von Unfällen zu minimieren.

Der vorliegende Bericht fasst die wichtigsten empirischen Befunde zum Zusammenhang von Arbeitsbedingungen, Arbeitssicherheit und Arbeitsunfällen zusammen.

Kapitel 1 stellt zum einen die wichtigsten Zahlen zum Arbeitsunfallgeschehen in den letzten Jahren in der Bundesrepublik Deutschland vor, zum anderen beinhaltet dieses Kapitel eine Einführung in die Arbeitssicherheit und das Verständnis von Arbeitsunfällen aus arbeitspsychologischer Sicht.

In **Kapitel 2** werden drei wichtige theoretische Rahmenmodelle und deren Inhalte vorgestellt, die dem Verständnis der Zusammenhänge zwischen Arbeitsbedingungen, menschlichem Verhalten und Arbeitsunfällen dienen: (1) der MTO-Ansatz mit der ihm zugrunde liegenden Handlungsregulationstheorie, (2) das Job Demands-Resources-Modell sowie (3) eine Erweiterung des Job Demand-Resources-Modells um das Sicherheitshandeln.

Kapitel 3 fasst dann die wichtigsten Befunde zum Zusammenhang von Arbeitsbedingungen und Arbeitssicherheit zusammen, und zwar sowohl klassische Einflussfaktoren auf die Arbeitssicherheit wie z.B. Arbeitszeiten, Produktionsdruck und Sicherheitsklima, als auch spezifische Einflussfaktoren, die aus der Mensch-Technik-Interaktion resultieren und welche die Themen der Benutzbarkeit und der Mensch-Maschine-Funktionsteilung berühren. Außerdem werden in diesem Kapitel einige Einflussfaktoren auf Arbeitssicherheit und Arbeitsunfälle beschrieben, die mit Themen der sogenannten «New Work» assoziiert sind. Hier spielen vor allem Aspekte wie die Digitalisierung, die Automatisierung und Nutzung von Robotern, die Nutzung von künstlicher Intelligenz usw. eine Rolle. Auch wenn die Datenlage zum Zusammenhang mit Arbeitsunfällen noch vergleichsweise schwach ist, sollen mögliche Zusammenhänge aufgezeigt und weitere Forschungsbedarfe ausgewiesen werden.

Kapitel 4 stellt die Handlungsfelder dar, aus denen Maßnahmen zur Verbesserung der Arbeitssicherheit und zur Verringerung von Arbeitsunfällen abgeleitet werden sollten. Darüber hinaus werden Forschungsbedarfe identifiziert zu den bislang noch zu wenig geklärten Zusammenhängen zwischen Arbeitsbedingungen und Arbeitsunfällen und zu Fragestellungen, die in der Zukunft empirisch untersucht werden sollten.

Kapitel 5 schließt den Bericht mit einem Fazit und Ausblick ab.

1.1 Arbeitssicherheit und Arbeitsunfälle in der Bundesrepublik Deutschland

Die Sicherheit am Arbeitsplatz ist ein zentrales Anliegen in der Bundesrepublik Deutschland, da Arbeitsunfälle nicht nur menschliches Leid verursachen, sondern auch erhebliche wirtschaftliche Auswirkungen haben. Die Bundesrepublik Deutschland hat im Laufe der Jahre eine umfassende Gesetzgebung und Regulierung im Bereich der Arbeitssicherheit etabliert. Die Grundlage hierfür bildet das Arbeitsschutzgesetz, das eine sichere und gesunde Arbeitsumgebung für alle Arbeitnehmende gewährleisten soll. Dennoch sind Arbeitsunfälle weiterhin ein relevantes Thema, insbesondere in bestimmten Branchen.

1.1.1 Branchen mit erhöhtem Unfallrisiko

Einige Branchen in Deutschland sind aufgrund ihrer spezifischen Arbeitsbedingungen und Tätigkeiten besonders anfällig für Arbeitsunfälle. Hierzu gehören die Bauindustrie, die Metallverarbeitung, die Landwirtschaft, das Gesundheitswesen und der Transportsektor. In diesen Sektoren sind die Mitarbeitenden täglich mit verschiedenen Gefahren und Risiken konfrontiert, die von schweren Maschinen bis hin zu körperlicher Belastung reichen.

In der Glas- und Keramik-Branche beispielsweise finden sich sehr spezifische Risiken, die von der Handhabung von Glaswaren bis hin zur Arbeit mit heißen und schmelzenden Materialien reichen. Ursachen für Arbeitsunfälle in dieser Branche können hier mangelnde Sicherheitsvorkehrungen sein, insbesondere wenn es um den Umgang mit scharfen Kanten, heißen Öfen und chemischen Substanzen geht. Mangelnde Schulungen, unzureichende persönliche Schutzausrüstung und unaufmerksames Verhalten könnten ebenfalls zu Unfällen führen.

Im öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) wiederum sind Arbeitsunfälle in dieser Branche trotz der Bemühungen um hohe Sicherheitsstandards nach wie vor eine Realität. Der ÖPNV umfasst eine breite Palette von Berufsgruppen, darunter Busfahrer*innen, Straßenbahnpersonal, U-Bahn-Fahrer*innen und Kontrolleur*innen. Diese Tätigkeiten beinhalten spezifische Herausforderungen, von der Bewältigung des Verkehrs bis zur Sicherstellung der Fahrgastordnung. Wichtige Ursachen von Arbeitsunfällen sind hier u.a. Verkehrsunfälle, wie z.B. Kollisionen mit anderen Fahrzeugen oder Hindernissen, ergonomische Belastungen, wie z.B. lange Arbeitszeiten, unregelmäßige Schichtarbeit und ständige Aufmerksamkeit im Verkehr, technische Störungen und Wartungsarbeiten, sowie Fahrgastinteraktion und Konflikte, die zu Übergriffen führen können.

1.1.2 Hauptursachen von Arbeitsunfällen

Mangelnde Sicherheitsvorkehrungen:

In einigen Branchen, insbesondere im Bauwesen und in der Industrie, können unzureichende oder nicht vorhandene Sicherheitsvorkehrungen zu Unfällen führen. Dies kann mangelnde Wartung von Maschinen, fehlende Schutzausrüstung oder unzureichende Sicherheitsschulungen umfassen.

Arbeitsdruck und Überlastung:

Hoher Arbeitsdruck und übermäßige Arbeitsbelastung können zu Unaufmerksamkeit und Erschöpfung führen, was das Unfallrisiko erhöht. Besonders im Gesundheitswesen und in der Logistik können Zeitdruck und hohe Anforderungen an die Arbeitsleistung dazu beitragen.

Umwelteinflüsse:

Witterungsbedingungen, insbesondere in Branchen wie Bau und Landwirtschaft, können Arbeitsunfälle begünstigen. Glätte, Starkregen oder extreme Temperaturen können das Risiko von Stürzen und Verletzungen erhöhen.

Menschliches Versagen und Fehlverhalten:

Ein nicht unbedeutender Anteil der Arbeitsunfälle geht auf menschliche Fehler oder menschliches Versagen zurück. Unaufmerksamkeit, mangelnde Schulung oder Nichteinhaltung von Sicherheitsvorschriften können zu gefährlichen Situationen führen.

Fehlende Kommunikation und Koordination:

In Bereichen, in denen Teamarbeit und Kommunikation entscheidend sind, können Missverständnisse und unklare Kommunikation zu gefährlichen Situationen führen. Dies betrifft insbesondere Branchen, in denen komplexe Prozesse und koordinierte Abläufe erforderlich sind.

Insgesamt zeigt die Analyse der Arbeitssicherheit in der Bundesrepublik Deutschland, dass trotz fortschrittlicher Gesetzgebung und Regulierung weiterhin Herausforderungen bestehen. Ein integrativer Ansatz, der präventive Maßnahmen, Schulungen, Sicherheitsvorkehrungen und eine Kultur der Sicherheit fördert, ist entscheidend, um Arbeitsunfälle zu minimieren und die Sicherheit der Arbeitnehmenden zu gewährleisten. Dazu werden im vorliegenden Bericht einige Ansatzpunkte vorgestellt.

1.1.3 Arbeitsunfallgeschehen 2021

Im nachfolgenden Abschnitt werden einige Statistiken und Erkenntnisse zum Arbeitsunfallgeschehen in Deutschland im Jahr 2021 dargestellt. Die Daten stammen aus der Veröffentlichung Statistik – Arbeitsunfallgeschehen 2021 der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung [DGUV].

Tabelle 1
Meldepflichtige Unfälle, neue Unfallrenten und Todesfälle nach Unfallart (abhängig Beschäftigte, Unternehmerinnen und Unternehmer) (Statistik – Arbeitsunfallgeschehen 2021 (dguv.de), S. 16)

	Unfallart	Meldepflichtige Unfälle		Neue Unfallrenten		Tödliche Unfälle	
		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Arbeitsunfälle	Arbeitsunfall im Betrieb (kein Straßenverkehrsunfall)	730.516	78,8	10.410	68,2	269	46,0
	Arbeitsunfall im Straßenverkehr	12.177	1,3	296	1,9	59	10,1
	Dienstwegeunfall (kein Straßenverkehrsunfall)	10.561	1,1	331	2,2	4	0,7
	Dienstwegeunfall im Straßenverkehr	7.269	0,8	252	1,7	38	6,5
	Gesamt	760.523	82,0	11.289	74,0	370	63,2
Wegeunfälle	Wegeunfall (kein Straßenverkehrsunfall)	70.612	7,6	1.292	8,5	27	4,6
	Wegeunfall im Straßenverkehr	96.208	10,4	2.674	17,5	188	32,1
	Gesamt	166.819	18,0	3.966	26,0	215	36,8
Gesamt		927.343	100,0	15.255	100,0	585	100,0

Tabelle 1 zeigt die meldepflichtigen Unfälle, neue Unfallrenten und Todesfälle nach Unfallart (abhängig Beschäftigte, Unternehmerinnen und Unternehmer).

«In der gewerblichen Wirtschaft decken 8 von 22 Wirtschaftsbereichen über 90 Prozent der meldepflichtigen Unfälle ab. An erster Stelle steht das verarbeitende Gewerbe (28,2 Prozent), darunter vor allem metallverarbeitende oder diesen nahestehende Betrieben, wie der Metall- oder Maschinenbau. Im verarbeitenden Gewerbe sind mit 47 Todesfällen auch fast 19 Prozent aller tödlichen Unfälle im Betrieb zu beklagen. Den höchsten Anteil tödlicher Unfälle weist jedoch das Baugewerbe auf: Von 112.722 meldepflichtigen Unfällen hatten 76 einen tödlichen Ausgang. Damit liegt der auf das Baugewerbe entfallende Anteil an den Todesfällen (30,5 Prozent) deutlich über dem Anteil, den dieser Wirtschaftszweig an den meldepflichtigen Unfällen hat (16,7 Prozent).» (DGUV, S. 30) (Tabelle 2, S.8).

Tabelle 2

Verteilung der Arbeitsunfälle im Betrieb (Unfallart 1) nach Wirtschaftszweig für die gewerblichen Berufsgenossenschaften (Wirtschaftsbereich, Wirtschaftszweig (Auswahl)) (Statistik – Arbeitsunfallgeschehen 2021 (dguv.de), S. 29)

Wirtschaftsbereich, Wirtschaftszweig (Auswahl)	Meldepflichtige Unfälle		Neue Unfallrenten		Tödliche Unfälle	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
C Verarbeitendes Gewerbe/Herstellung von Waren	190.658	28,2	2.435	24,9	47	18,9
<i>darunter:</i>						
<i>Herstellung von Metallerzeugnissen</i>	45.113	15,7	543	15,7	8	10,8
<i>Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln</i>	29.814	10,3	304	8,8	6	8,1
<i>Maschinenbau</i>	24.360	8,5	260	7,5	8	10,8
<i>Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren</i>	12.238	4,2	161	4,7	3	4,1
<i>Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen</i>	11.956	4,1	114	3,3	4	5,4
<i>Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)</i>	11.883	4,1	179	5,2	5	6,8
<i>Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden</i>	9.522	3,3	173	5,0	5	6,8
<i>Metallerzeugung und -bearbeitung</i>	7.481	2,6	136	3,9	1	1,4
F Baugewerbe/Bau	112.722	16,7	2.215	22,6	76	30,5
G Handel; Instandhaltung u. Reparatur v. KFZ	97.498	14,4	1.013	10,3	27	10,8
<i>darunter:</i>						
<i>Einzelhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen und Krafträdern)</i>	51.240	17,8	456	13,2	11	14,9
<i>Großhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen und Krafträdern)</i>	26.583	9,2	375	10,9	10	13,5
<i>Handel mit Kraftfahrzeugen; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen</i>	19.674	6,8	182	5,3	6	8,1
H Verkehr & Lagerei	71.717	10,6	1.074	11,0	39	15,7
Q Gesundheits- & Sozialwesen	59.444	8,8	581	5,9	8	3,2
N Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen	54.550	8,1	683	7,0	13	5,2
I Gastgewerbe/Beherbergung & Gastronomie	20.753	3,1	209	2,1	3	1,2
M Erbringung von freiberufl., wissenschaftl. & technischen Dienstleistungen	11.847	1,8	215	2,2	5	2,0
Sonstige	56.566	8,4	1.367	14,0	31	12,4
Gesamt	675.755	100,0	9.792	100,0	249	100,0

Tabelle 3 zeigt «die meldepflichtigen und tödlichen Unfälle im Betrieb bezogen auf die im jeweiligen Wirtschaftsbereich gemeldeten Vollarbeiter, wodurch ein Vergleich des Risikos zwischen den Wirtschaftszweigen ermöglicht wird. Ein besonders hohes Risiko mit 55,8 Unfällen je 1.000 Vollarbeitern herrscht im Baugewerbe, hier ist auch mit 37,6 tödlichen Unfällen je eine Million Vollarbeiter das Risiko für einen tödlichen Unfall während der betrieblichen Tätigkeit am höchsten. Deutlich unter dem Durchschnitt der meldepflichtigen Unfälle, je 1.000 Vollarbeiter, liegen die Wirtschaftsbereiche Gesundheit und Sozialwesen (14,4) sowie Erziehung und Unterricht (13,8). Bei den Branchen, die wegen ihrer geringen Fallzahlen als „Sonstige“ zusammengefasst wurden, liegt die Unfallquote mit 8,0 sogar nochmals deutlich darunter.» (DGUV, S. 31)

Tabelle 3

Verteilung der Arbeitsunfälle im Betrieb (Unfallart 1) nach Wirtschaftszweig für die gewerblichen Berufsgenossenschaften (abhängig Beschäftigte, Unternehmerinnen und Unternehmer) (Statistik – Arbeitsunfallgeschehen 2021 (dguv.de), S. 30)

Wirtschaftszweig	Vollarbeiter	Meldepflichtige Unfälle je 1.000 Vollarbeiter	Tödliche Unfälle je 1 Mio. Vollarbeiter
C Verarbeitendes Gewerbe/Herstellung von Waren	6.762.577	28,2	7,0
<i>darunter:</i>			
<i>Herstellung von Metallerzeugnissen</i>	1.099.888	41,0	7,3
<i>Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln</i>	772.266	38,6	7,8
<i>Maschinenbau</i>	1.005.323	24,2	8,0
<i>Herstellung von Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren (ohne Möbel)</i>	414.851	29,5	7,2
<i>Herstellung von Gummi- und Kunststoffwaren</i>	715.150	16,7	5,6
<i>Herstellung von Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden</i>	174.488	68,1	28,7
<i>Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenteilen</i>	224.191	42,5	22,3
<i>Metallerzeugung und -bearbeitung</i>	226.293	33,1	4,4
F Baugewerbe/Bau	2.018.848	55,8	37,6
G Handel; Instandhaltung und Reparatur von KFZ	4.928.060	19,8	5,5
<i>darunter:</i>			
<i>Einzelhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen)</i>	2.526.943	20,3	4,4
<i>Großhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen und Krafträdern)</i>	1.761.761	15,1	5,7
<i>Handel mit Kraftfahrzeugen; Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen</i>	639.356	30,8	9,4
N Erbringung von sonstigen wirtschaftlichen Dienstleistungen	1.908.798	28,6	6,8
H Verkehr & Lagerei	1.814.375	39,5	21,5
Q Gesundheits- & Sozialwesen	4.118.628	14,4	1,9
I Gastgewerbe/Beherbergung & Gastronomie	803.414	25,8	3,7
P Erziehung & Unterricht	798.522	13,8	1,3
R Kunst, Unterhaltung & Erholung	169.131	63,6	11,8
Sonstige	5.806.928	8,0	5,7
Gesamt	29.129.281	23,2	8,5

1.1.4 Arbeitsunfallgeschehen 2022

«Im Jahr 2022 sind die Beschäftigtenzahlen in der Branche Glas und Keramik mit insgesamt 144.605 (Vorjahr 143.819) auch im zweiten Jahr leicht angestiegen, damit jedoch noch unter dem Niveau von 2019 mit 149.190 Mitarbeitenden. In den Teilbranchen hat sich der Vorjahrestrend umgekehrt: nach einem Zuwachs in der Glas-Industrie im Jahr 2021 sank die Zahl der Beschäftigten um knapp 2 Prozentpunkte, während die Feinkeramik mit knapp 4 Prozentpunkten und auch die Grobkeramik mit 2,6 Prozentpunkten im Jahr 2022 zulegen konnten. Die Anzahl der Unternehmen und Beitragspflichtigen sank insgesamt um 5,1 Prozentpunkte auf 3.524. Am stärksten war der Rückgang in der Feinkeramik mit 6 Prozentpunkten, in der Glasindustrie um knapp 5 Prozentpunkte und in der Grobkeramik mit knapp 4 Prozentpunkten.

Nach einem deutlichen Rückgang der meldepflichtigen Arbeitsunfälle im Jahr 2020 um 9 Prozentpunkte und einem vergleichbaren Zuwachs im Jahr 2021 (+ 8 %) sank die absolute Anzahl im Jahr 2022 auf 4.387 um 2 Prozentpunkte. Die Zahl der meldepflichtigen Arbeitsunfälle pro 1.000 Versicherte sank von 31,3 auf 30,3. Das entspricht 24,5 Unfälle pro 1 Mio. Arbeitsstunden in der gesamten Branche.

Während die Unfallquote in der Glas-Industrie auf 32,8 leicht anstieg, sank sie in der feinkeramischen Industrie auf 19,7 und im Bereich der Grobkeramik auf 37,8.» (VBG, 2024).

1.1.5 Von der DGUV genannte Hauptursachen für Arbeitsunfälle in Deutschland

Bauliche Einrichtungen: «Ein wesentlicher Teil des Unfallgeschehens wird geprägt durch die Umgebung, in der sich die unfallverletzte Person aufgehalten hat. Wenn bauliche Einrichtungen den sogenannten Gegenstand der Abweichung bilden, wird oft die Bodenbeschaffenheit genannt. [...]

Betrachtet man das Unfallgeschehen näher nach der genauen Abweichung, sind diese Unfälle fast ausschließlich auf Bewegungsabläufe wie Stolpern, Rutschen oder eine andere das Unfallopfer überlastende Bewegung zurückzuführen. Bei über der Hälfte der Unfälle in Verbindung mit Fußböden kommt es zu Fuß-, Knöchel- oder Kniegelenksverletzungen.» (DGUV, S. 63)

Aber auch Treppen, Leitern oder Gerüste stellen wesentliche Quellen für Arbeitsunfälle, insbesondere für Absturzunfälle, dar.

Werkzeuge und Maschinen: «Bei Tätigkeiten, die im Arbeitsleben ausgeübt werden, kommen in vielfältiger Weise Werkzeuge und Maschinen zum Einsatz. Unfallverhütungsvorschriften und Maßnahmen, die die technische Sicherheit eines Gerätes gewährleisten sollen, tragen dazu bei, dass Unfälle möglichst vermieden werden. Hier ist in den letzten Jahren sehr viel geschehen.

Trotz dieser Erfolge sind Werkzeuge und Maschinen aber immer noch ein wesentlicher Bestandteil im Unfallgeschehen.» (DGUV, S. 71ff). Die Hauptunfallkategorien sind in Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 4

Unfälle mit tragbaren oder ortsveränderlichen Maschinen nach verletzendem Kontakt (abhängig Beschäftigte, Unternehmerinnen und Unternehmer) (Statistik – Arbeitsunfallgeschehen 2021 (dguv.de), S. 75)

Kontakt	Meldepflichtige Unfälle		Neue Unfallrenten		Tödliche Unfälle	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Getroffen werden/Zusammenstoßen mit einem sich bewegenden Gegenstand	1.479	24,3	48	33,1	7	35,0
Aufprallen auf/gegen ortsfesten Gegenstand (Verletzter bewegt sich)	1.262	20,8	28	19,3	2	10,0
(Ein)geklammt, (ein)gequetscht, zerquetscht werden usw.	1.106	18,2	44	30,3	10	50,0
Kontakt mit scharfem, spitzem, hartem, rauem Gegenstand	1.078	17,8	10	6,9	0	0,0
Akute körperliche oder seelische Überlastung	884	14,6	12	8,3	0	0,0
Sonstiges	266	4,4	3	2,1	1	5,0
Gesamt	6.075	100,0	145	100,0	20	100,0

Chemische, explosionsgefährliche Stoffe: «In einigen Bereichen entstehen Unfallgefahren dadurch, dass mit chemischen oder explosions-gefährlichen Stoffen umgegangen wird. [...]

Die schädigende Einwirkung lässt sich insbesondere auf drei Arten des Kontakts zurückführen. In mehr als der Hälfte der Fälle – rund 3.400 meldepflichtige Unfälle –, findet die Aufnahme über die Haut oder die Augen statt. Auf die Augen entfallen davon ca. 900 Unfälle. In etwa 870 weiteren Fällen erfolgt der Kontakt durch Inhalation über die Nase oder den Mund.

Durch Kontakt mit heißen Stoffen/Gasen oder Feuer sind außerdem 890 Unfälle gemeldet worden. Betrachtet man das Unfallgeschehen von Unfällen, bei denen chemische oder explosionsgefährliche Stoffe ursächlich waren, nach Beruf, zeigt sich, dass der hauswirtschaftliche Bereich (Küche, Kantine) mit Unfällen beim Umgang mit heißen, entflammaren Stoffen einen Schwerpunkt bildet.

Darüber hinaus sind vor allem Berufe aus dem metallverarbeitenden Sektor – wie Schlosser, Schweißer und andere formgebende Tätigkeiten – sowie aus dem Bereich der Bau- und Ausbauberufe, Maschinenbediener oder Hilfsarbeiter aus der Fertigung betroffen.» (DGUV, S. 86)

Einwirkungen durch Gewalt, Angriff, Bedrohung, Überraschung: «Innerhalb der Arbeitswelt kommt es auch immer wieder zu Unfällen aufgrund zwischenmenschlicher Konflikte. Dabei kann es sich um physische Gewaltanwendungen handeln, ebenso spielen aber auch psychische Einflüsse eine Rolle. In der Unfallstatistik können diese Unfälle über das Merkmal „Abweichung vom normalen (unfallfreien) Verlauf“ identifiziert werden. Es lässt sich unterscheiden, ob die Gewalteinwirkung, der Angriff oder die Bedrohung von Beschäftigten des eigenen Unternehmens oder aber von betriebsfremden Personen ausgegangen ist [...].

Als eine abgeschwächte Form eines Angriffs sind diejenigen Fälle zu betrachten, bei denen es zu einem Unfall in Folge einer Überraschung oder eines Schrecks kommt. Auch Tiere sind zum Teil Auslöser für Gewaltunfälle, werden in der hier gewählten Darstellung jedoch nicht berücksichtigt.» (Tabelle 5) (DGUV, S. 89ff)

Tabelle 5
Unfälle durch menschliche Gewalt, Angriff, Bedrohung, Überraschung – gewerbliche Berufsgenossenschaften nach Wirtschaftszweig (abhängig Beschäftigte, Unternehmerinnen und Unternehmer, ohne Berufssportler) (Statistik – Arbeitsunfallgeschehen 2021 (dguv.de), S. 89)

Wirtschaftszweig (BG)	Gewalt, Angriff, Bedrohung		Sonstige Unfälle		Anteil Gewalt an Gesamt
	Anzahl	%	Anzahl	%	
Heime (ohne Erholungs- und Ferienheime)	2.360	21,0	17.899	2,7	11,6
Landverkehr und Transport in Rohrfernleitungen	1.705	15,2	37.911	5,8	4,3
Gesundheitswesen	1.203	10,7	21.832	3,3	5,2
Wach- und Sicherheitsdienste sowie Detekteien	925	8,2	3.328	0,5	21,8
Einzelhandel (ohne Handel mit Kraftfahrzeugen)	800	7,1	50.441	7,7	1,6
Sozialwesen (ohne Heime)	791	7,0	15.359	2,3	4,9
Erziehung und Unterricht	710	6,3	10.276	1,6	6,5
Gastronomie	337	3,0	15.618	2,4	2,1
Vermittlung und Überlassung von Arbeitskräften	326	2,9	30.492	4,6	1,1
Sonstige	2.073	18,5	453.818	69,1	0,5
Gesamt	11.230	100,0	656.974	100,0	1,7

Baustellen: «Legt man die Basiszahlen für die Arbeitsunfälle im Betrieb zugrunde, entfallen auf Baustellen 16,2 Prozent aller meldepflichtigen Unfälle, aber bereits 23,0 Prozent der neuen Unfallrenten und sogar 29 Prozent der tödlichen Unfälle. [...] Demnach sind es vor allem die Bereiche „Neubau“ und „Abriss, Renovierung, Wartung“, bei denen Baustellenunfälle geschehen. Dazu kommt ein hoher Anteil von Baustellenunfällen, bei denen der Unfallanzeige eine genauere Beschreibung der Baustelle nicht zu entnehmen ist. [...]

Betrachtet man die zugrundeliegenden Abweichungen vom normalen – unfallfreien – Ablauf, zeigt sich, dass bei etwa einem Drittel der meldepflichtigen Unfälle die Versicherten die Kontrolle über ein Werkzeug, einen Gegenstand oder eine Maschine verloren haben. In etwa acht Prozent der Fälle kam es zu einem Absturz. Bei den tödlichen Unfällen sind sogar 43 Prozent der Unfälle auf Abstürze zurückzuführen. [...]

Aufschluss darüber, wie das Unfallopfer von einem verletzenden Gegenstand geschädigt wurde, zeigt das Merkmal „Kontakt“ [...]. Hier lassen sich insbesondere drei Unfallmuster erkennen. Zum einen ist die verletzte Person selbst in Bewegung – indem sie stolpert, stürzt oder gegen einen Gegenstand prallt. Zum zweiten ist es der Kontakt mit scharfen, spitzen oder harten Gegenständen. Zu nennen sind hier die baustellentypischen Handwerkzeuge und Maschinen wie Sägen, Messer, aber auch Baumaterialien. Eine dritte Gruppe bilden Gegenstände, die in Bewegung sind. Auch hier sind es vor allem Teile von Werkzeugen,

Maschinen oder davon erzeugten Splintern und Spänen sowie beteiligte Baumaterialien, die zu einer Verletzung führen.» (DGUV, S. 90ff)

Tabelle 6

Baustellenunfälle nach Kontakt, durch den das Opfer verletzt wurde (abhängig Beschäftigte, Unternehmerinnen und Unternehmer) (Statistik – Arbeitsunfallgeschehen 2021 (dguv.de), S. 91)

Verletzender Kontakt	Meldepflichtige Unfälle		Neue Unfallrenten		Tödliche Unfälle	
	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%
Kontakt mit elektrischem Strom, Temperaturen, gefährlichen Stoffen	3.967	3,4	55	2,3	12	15,4
Ertrinken, verschüttet, eingehüllt, begraben werden unter	111	0,1	16	0,7	5	6,4
Aufprallen auf/gegen ortsfesten Gegenstand (Verletzter bewegt sich)	29.017	24,6	1.478	61,6	24	30,8
Getroffen werden/Zusammenstoßen mit einem sich bewegenden Gegenstand	16.282	13,8	316	13,2	22	28,2
Kontakt mit scharfem, spitzem, hartem, rauem Gegenstand	38.474	32,6	172	7,2	1	1,3
(Ein)geklemt, (ein)gequetscht, zerquetscht werden usw.	9.047	7,7	161	6,7	14	17,9
Akute körperliche oder seelische Überlastung	20.661	17,5	193	8,0	0	0,0
Sonstiges	612	0,5	8	0,3	0	0,0
Gesamt	118.171	100,0	2.399	100,0	78	100,0

1.2 Arbeitssicherheit und Arbeitsunfälle aus arbeitspsychologischer Sicht

Unzureichend gestaltete Arbeitsbedingungen, mangelhafte Arbeitssicherheit und Arbeitsunfälle sind eng miteinander verbunden. Eine arbeitspsychologische Perspektive kann hier wichtige Einsichten liefern, um die Wirkungszusammenhänge zwischen diesen drei Entitäten aufzudecken.

Arbeitsunfälle sind dabei das «letzte» Glied ungünstiger Arbeitsbedingungen und Verhaltensweisen. Das Fehlen von Arbeitsunfällen garantiert noch nicht, dass Arbeitsbedingungen oder Verhaltensweisen tatsächlich «sicher» sind. Oft sind es schlicht «glückliche Umstände», die es verhindern, dass Schlimmes geschieht. So fand man im Nachhinein zum Beispiel heraus, dass die am 13. Januar 2012 verunglückte Fähre Costa Concordia die nahezu identische Route bereits am 14. August 2011 gefahren und nur mit Glück nicht schon damals auf ein Riff aufgelaufen war. Im Rückblick würde hier niemand behaupten, die Costa Concordia war im Jahr 2011 «sicher» unterwegs; sie hatte lediglich großes Glück, dass damals nichts passiert war (https://en.wikipedia.org/wiki/Costa_Concordia_disaster). D.h. eine gute und sichere Gestaltung von Arbeitsbedingungen und die Einhaltung und kontinuierliche Verbesserung von Sicherheitspraktiken sind von zentraler Bedeutung auch dann, wenn in einem Unternehmen wenige Unfälle passieren.

Forschende haben sich intensiv mit der Sicherheit am Arbeitsplatz befasst. Obwohl dabei eine beeindruckende Menge an Informationen gewonnen wurde, konzentrierten sich die Studien über die Vorläufer der Sicherheit entweder auf individuelle Unterschiede oder auf kontextuelle Faktoren, aber selten auf beide (Christian, Bradley, Wallace & Burke, 2009).

Arbeitspsychologisch betrachtet, sind Arbeitssicherheit und Arbeitsunfälle jedoch nicht nur durch menschliches (Fehl-)Handeln beeinflusst, sondern stark durch technische und/oder organisatorische Aspekte. Bedingungs- und personenbezogene Ansätze, welche nachfolgend näher ausgeführt werden, müssen daher gleichermaßen berücksichtigt werden, wenn es um eine gute Arbeitsgestaltung und damit eine Verhinderung von Arbeitsunfällen geht.

Bedingungsbezogene Ansätze fokussieren auf die Arbeitsgestaltung. Dies kann einerseits die Gestaltung der äußeren Bedingungen umfassen, unter denen Arbeit stattfindet – etwa die Sicherheit von Maschinen, die Qualität von Sicherheitsmaßnahmen und die organisatorischen Strukturen, andererseits auf die Gestaltung der Arbeitsinhalte, z.B. die Gestaltung sogenannter «vollständiger Tätigkeiten», die es den Mitarbeitenden ermöglichen, sowohl Planungs-, Ausführungs- als auch Kontrollaufgaben wahrzunehmen sowie eigene Entscheidungen zu treffen, und die dadurch verhindern, dass Mitarbeitende monotonen Tätigkeiten, z.B. reinen Überwachungsaufgaben, ausgesetzt sind.

Es ist entscheidend zu erkennen, dass Arbeitsunfälle ebenso wie Beinahe-Unfälle oft auf Defizite in der Gestaltung von Arbeitsbedingungen zurückzuführen sind. Dies kann sowohl technische Mängel als auch organisatorische Schwächen umfassen. Technische Aspekte beziehen sich auf die Sicherheit von Maschinen, Arbeitsmitteln und Infrastrukturen. Eine mangelhafte Wartung, unzureichende Sicherheitsvorkehrungen oder veraltete Technologien können das Risiko von Arbeitsunfällen erhöhen. Organisatorische Defizite umfassen hingegen Aspekte wie unklare Verantwortlichkeiten, unzureichende Schulungen, fehlende Kommunikation über Sicherheitsstandards oder eine übermäßige Arbeitsbelastung.

Personenbezogene Ansätze dagegen beziehen sich auf die individuellen Fähigkeiten, Kenntnisse und Verhaltensweisen der Arbeitnehmende im Umgang mit Sicherheitsaspekten.

Ein von Burke, Sarpy, Tesluk und Smith-Crowe (2002) skizziertes Modell des Sicherheitsverhaltens umfasst vier Faktoren:

- (a) Verwendung von persönlicher Schutzausrüstung,
- (b) Arbeitspraktiken zur Risikominderung,
- (c) Kommunikation von Gefahren und Unfällen und
- (d) Wahrnehmung von Arbeitnehmerrechten und -pflichten.

Christian et al. (2009) haben, aufbauend auf dem von Neal und Griffin (2002), ein Prozessmodell entwickelt, in welchem sowohl bedingungs- als auch personenbezogene Faktoren abgebildet sind, die Sicherheit am Arbeitsplatz beeinflussen. Die Autorenschaft nimmt an, dass situationale und personenbezogene Faktoren einen direkten Einfluss auf die Motivation und das Wissen über Sicherheit haben, was wiederum in indirektem Zusammenhang mit den Sicherheitsergebnissen wie Unfällen und Verletzungen steht (siehe Abbildung 1, S. 14).

Sicherheitswissen und Sicherheitsmotivation wurden als proximale Faktoren für sicherheitsgerechtes Verhalten betrachtet. Im Gegensatz dazu wurden situationsbezogene Faktoren und individuelle dispositionelle Merkmale und Einstellungen als eher distal betrachtet.

Im Hinblick auf die Sicherheitsergebnisse sind alle Faktoren indirekt, da sie über das Sicherheitsverhalten wirken. Die einzige direkte Vorbedingung für die Sicherheitsergebnisse im theoretischen Modell ist das Sicherheitsverhalten. Aus Gründen der Einheitlichkeit bezeichnen die Autor*innen die Faktoren jedoch entweder als distal oder proximal und geben damit die relative Entfernung zu einem der beiden Kriterien an. In der Regel wird davon ausgegangen, dass proximale Faktoren größere Zusammenhänge ergeben als distale Faktoren. Zudem gehen die Autor*innen davon aus, dass die Motivation eine größere Rolle bei der freiwilligen Teilnahme an Sicherheitsmaßnahmen spielt, während das Wissen mehr mit der Einhaltung von Sicherheitsvorschriften zu tun hat (siehe Abbildung 1).

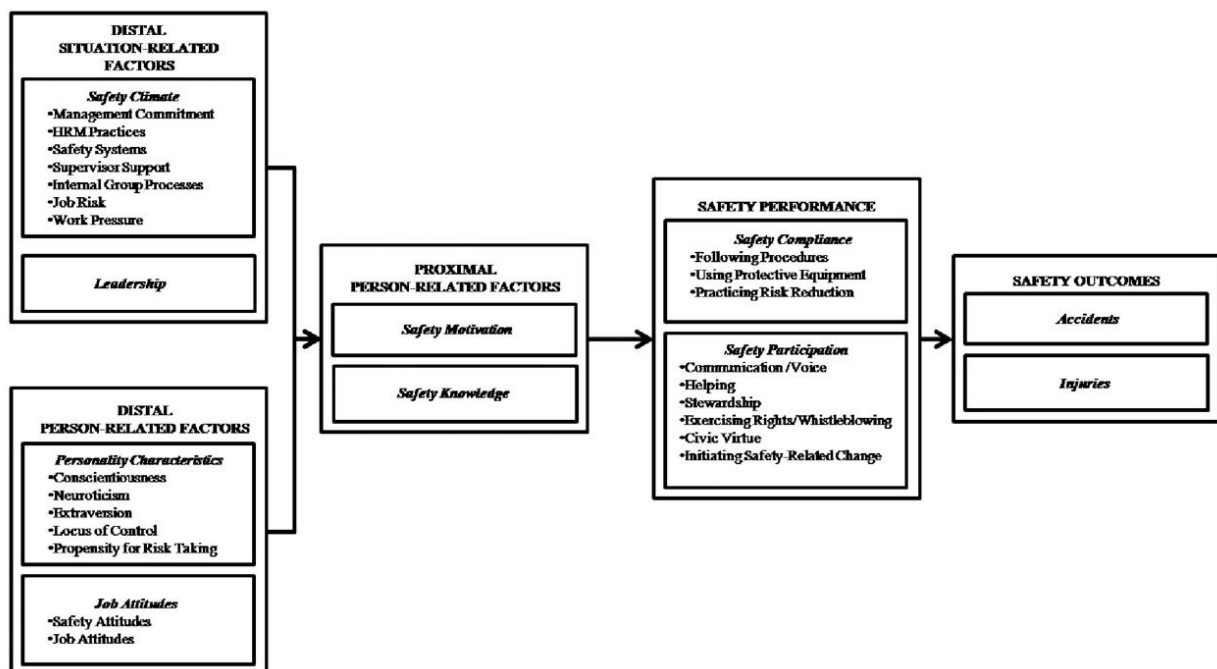


Abbildung 1. Integratives Modell der Arbeitssicherheit (Christian et al. 2009, S. 1105)

In ihrer Metaanalyse konnten die Autor*innen ihre theoretischen Überlegungen dahingehend bestätigen, dass Sicherheitsmotivation und Sicherheitswissen am stärksten mit dem Sicherheitsverhalten verbunden sind, während die Gewissenhaftigkeit nur mit der Sicherheitsmotivation in Verbindung stand (siehe Abbildung 2).

Die Sicherheitsmotivation hing mit dem Sicherheitswissen zusammen, und beide Variablen standen in einem positiven Zusammenhang mit der Sicherheitsleistung. Die Sicherheitsleistung wiederum war mit Unfällen und Verletzungen korreliert. Zusammengefasst postuliert die Autorenschaft angesichts der statistischen Unterstützung für das theoretische Modell, dass situationsbasierte Faktoren (z. B. Sicherheitsklima und Führung) und indirekte personenbasierte Faktoren (z. B. Arbeitseinstellung und Persönlichkeit) das Sicherheitsverhalten indirekt über das Sicherheitswissen und die Sicherheitsmotivation beeinflussen und dass das Sicherheitsverhalten wiederum Unfälle und Verletzungen beeinflusst.

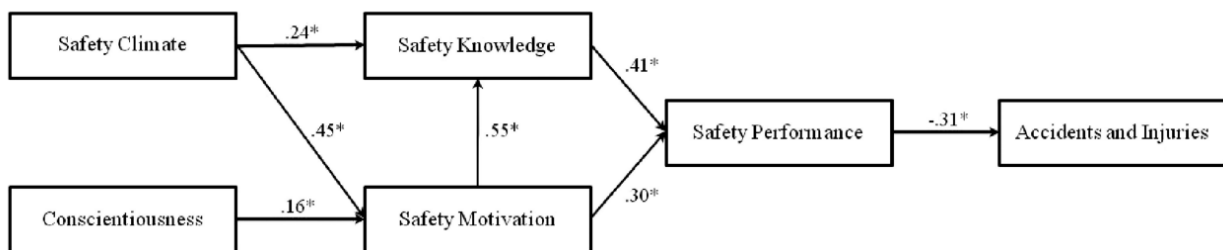


Abbildung 2. Maximum-likelihood-Parameter, geschätzt für das hypothetische Modell, standardisierte Pfadkoeffizienten * $p < .001$. (Christian et al. 2009, S. 1123)

Die Ergebnisse der Metaanalyse von Christian et al. (2009) legen nahe, dass sowohl die Person als auch die Situation wichtige Faktoren für die Sicherheit am Arbeitsplatz sind. Arbeitnehmende können durch ein positives Sicherheitsklima ausgewählt, geschult und unterstützt werden, um die Sicherheitsmotivation und das Sicherheitswissen zu maximieren, was wiederum zu sicheren Verhaltensweisen und weniger Unfällen und Verletzungen führt.

Zusätzlich geben die Erkenntnisse über bestimmte individuelle Unterschiede Hinweise darauf, worauf sich Personalbeurteilungen konzentrieren sollten (z. B. auf Gewissenhaftigkeit im Rahmen der Personalauswahl). Diese Implikation wird von Toppazzini und Wiener (2017) gestützt, welche betonen, dass die derzeitigen Praktiken im Bereich Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz sich in erster Linie auf die Förderung eines Sicherheitsklimas konzentrieren, um sicheres Verhalten zu fördern und Arbeitsunfälle zu reduzieren. Trotz der Bedeutung des Sicherheitsklimas für die Unfallverhütung sind auch individuelle Faktoren für die Vorhersage des Sicherheitsverhaltens am Arbeitsplatz wichtig, wie z.B. Gewissenhaftigkeit einer Person. In der Studie von Toppazzini und Wiener (2017) konnte sogar gezeigt werden, dass das Sicherheitsverhalten in direktem Zusammenhang nicht nur mit dem Sicherheitsklima, sondern auch mit der Gewissenhaftigkeit einer Person stand.

Zusammengefasst können Interventionen zur Förderung des Sicherheitsverhaltens auf den Ebenen Mensch, Technik und Umwelt (MTO) ansetzen. Die Menschenebene umfasst die Schulung der Mitarbeitenden, die Förderung von Sicherheitsbewusstsein und die Berücksichtigung individueller Bedürfnisse und Fähigkeiten. Auf der Technikebene geht es um die Implementierung sicherer Technologien und regelmäßiger Wartung, um Gefahren zu minimieren. Die Organisationsebene schließlich betrifft die Schaffung einer Sicherheitskultur, klare Kommunikation von Sicherheitsstandards und die Integration von Sicherheitsaspekten in die Arbeitsprozesse. Nachhaltige Arbeitssicherheit kann nur durch eine umfassende Gestaltung auf allen drei Ebenen – Mensch (M), Technik (T) und Organisation (O) – erreicht werden. Dieser MTO-Ansatz ist entscheidend, um nicht nur die Unfallraten zu minimieren, sondern auch die Gesundheit und das Wohlbefinden der Arbeitnehmenden zu fördern.

2 Theoretische Rahmenmodelle

2.1 MTO-Ansatz und Handlungsregulationstheorie

Wie im letzten Abschnitt des vorherigen Kapitels zusammengefasst, bildet der MTO-Ansatz die Möglichkeit, ganzheitlich und systematisch Arbeit und damit deren Folgen zu gestalten. Der Fokus beim MTO-Ansatz liegt auf den Ebenen Mensch, Technik und Umwelt (MTO). Aus arbeitspsychologischer Perspektive, insbesondere unter Berücksichtigung der Handlungsregulationstheorie (HRT; vgl. Hacker & Sachse, 2014), ist der MTO-Ansatz vor allem für die Verhütung von Arbeitsunfällen und Fehlhandlungen essenziell, da eben jene verhütet werden können durch Arbeitsgestaltung (diese jedoch i. S. der dynamischen Arbeitsgestaltung; Exkurs in 2.1.2). Hierbei liegt der Handlungsregulationstheorie und dem MTO-Ansatz die Perspektive der «Last der Vernunft» zugrunde. Das heißt, dass wir theoretische Überlegungen zur Gestaltung von Arbeitsmerkmalen und -bedingungen ansetzen, um Unfälle zu verhüten. Oftmals wird im Sinne des «Last des Beweises» nach einem entstandenen Arbeitsunfall versucht, die Verursachung zu klären mit dem Blick auf die auslösende Situation und/oder die verursachte Personenkonstitution (bis hin zu individuellen Leistungsvoraussetzungen). Daraus soll dann geschlossen werden, welche Schutzmaßnahmen ein Nicht-wieder-Auftreten eines solchen Arbeitsunfalls ermöglichen. Diese Form des «Fehlermanagements» (vgl. Hacker & Sachse, 2014) ist sinnvoll, für die arbeitspsychologische Perspektive ist jedoch die prospektive Gestaltung förderlicher Arbeitsmerkmale zur Verhütung von Unfällen von Bedeutung. Diese Perspektive wird im Folgenden näher erläutert. An dieser Stelle ist jedoch als Zwischenfazit festzuhalten, dass die empirische Studienlage zu Erklärungen von Arbeitsunfällen auf arbeitspsychologischer Basis gering ist.

2.1.1 Perspektive der Handlungsregulationstheorie auf Arbeitsunfälle

Wie in 2.1 eingeführt, blickt die arbeitspsychologische Perspektive (was den MTO-Ansatz einschließt) nicht primär die auf die Verursachung von Arbeitsunfällen durch persönliche Eigenschaften (vgl. «Unfällerpersönlichkeiten»; Marbe, 1926; Burkhardt, 1962), sondern versucht, Merkmale der Arbeit (z.B. Interaktion von Mensch-Maschine; objektive Informationslage; Einführung und Weiterbildung; etc.; vgl. Hacker & Sachse, 2014) zur Ursachenklärung zu berücksichtigen. Daher ist, und das sei an dieser Stelle vorweggenommen, die arbeitspsychologische Empfehlung zur Verhütung von Arbeitsunfällen eine bedarfsgerechte Arbeitsgestaltung, welche Verhältnisse und Verhalten gleichermaßen berücksichtigt (i.S. der dynamischen Arbeitsgestaltung).

Grundlegend nutzt die Handlungsregulationstheorie für die Erklärung von Arbeitsunfällen den Begriff *Fehlhandlungen*. Dies werden wir im Abschnitt 2.1 so stringent verwenden. Fehlhandlungen sind als Handlungsfehler zu verstehen, die sich auf die Ausführungsregulation von Arbeitstätigkeiten beziehen. Dabei haben Fehlhandlungen die Eigenschaft, dass auch

bereits Abweichungen von den auftragsseitig geforderten Ausführungsbedingungen als solche gewertet werden. Das heißt, dass auch eine abweichende Arbeitsweise (i.S. der individuell gewählten Verrichtung von Arbeit durch eine Person) eine Fehlhandlung darstellt, obwohl daraus evtl. noch kein Arbeitsunfall mit physischen Folgen (i.S. von körperlichen Verletzungen) erwächst, jedoch das durch den Arbeitsauftrag geforderte Ergebnis nicht dem SOLL entspricht. An dieser Stelle wird die wirtschaftliche Bedeutung von Fehlhandlungen und Arbeitsunfällen noch einmal deutlich. Die Verhütung von Arbeitsunfällen ist demnach ein gesamtunternehmerischer Schwerpunkt und sollte daher naturgemäß im Sinne des MTO-Ansatzes die organisatorische und auch technische Arbeitsgestaltung bemühen. Dazu ein Beispiel aus der Praxis: Straßenbahnfahrenden ist explizit vorgeschrieben, wo sie wie schnell fahren dürfen. Ein Abweichen von den Geschwindigkeitsvorgaben ist schon eine Fehlhandlung, auch wenn diese nicht immer zu einer sichtbaren Konsequenz führt (z.B. das Entgleisen). Dabei ist aber das Risiko erhöht, dass eine solche Konsequenz wahrscheinlicher wird (ergo: Der Unfall ist eine Folge der Fehlhandlungen; vgl. Gniza, 1994). Für die Arbeitspsychologie stellt sich im Rahmen der Unfallverhütung demnach die Frage, wie Fehlhandlungen minimiert werden können (siehe 2.1.2) – durch Arbeitsgestaltung.

Ergänzend zu den Fehlhandlungen, welche negative wirtschaftliche als auch personelle Folgen für ein Unternehmen haben können, muss an dieser Stelle auch auf die «Positive Seite des Scheiterns» verwiesen werden. Das heißt, dass Fehlhandlungen beispielweise in der Ausbildung positiv hinsichtlich des Lerneffektes zu bewerten sind. Aus Fehlhandlungen kann Wissen und auch Bewusstsein für kritische Situationen und auch der Umgang mit möglichen Unfällen erlernt werden, was für die Vorbeugung dieser Fehlhandlungen von Relevanz ist (vgl. van der Linden, Sonntag, Frese & van Dyck, 2001; Wehner, 1993). Dieser Aspekt hat zwei Perspektiven in der Betrachtung von Fehlhandlungen zur Folge: 1) Fehlerverhütung mit der Analyse und Gestaltung von Arbeit und 2) Fehler-(Folgen-)Management. In dieser Expertise fokussieren wir die Fehlerverhütung, da diese keine Fehler und Unfälle entstehen lassen will. Für eine lern- und gesundheitsförderliche Unternehmenskultur ist darüber hinaus ein formelles Fehler-(Folgen-)Management zu empfehlen (Keith & Frese, 2008).

2.1.2 Entstehung von Fehlhandlungen und Unfällen

Für die Verhütung von Fehlhandlungen und Arbeitsunfällen ist aus arbeitspsychologischer Perspektive die in der Arbeit liegende Verursachung von Relevanz. Gemäß dem MTO-Ansatz ist hierbei von Bedeutung, ob eine unzureichende organisatorische und/oder technische Arbeitsgestaltung eine Verursachung darstellen kann. Damit ist gemeint, ob beispielsweise ein Mangel an handlungsregulierenden Informationen (i.S. eines objektiven Informationsmangels) dazu führt, dass die Person aufgrund des Mangels an Informationen die Arbeit a) nicht auftragsgerecht bearbeiten und b) auch mit dem Risiko arbeiten muss, Fehlhandlungen

unbeabsichtigt durchzuführen. Für die Unfallverhütung und somit von großem Interesse für die Leserschaft dieser Expertise ist die Unterscheidung zwischen «objektivem Fehlen von Informationen» und «fehlender oder durch falsche subjektive Informationsverarbeitung nicht genutzter Information» der Auftragsmerkmale (vgl. Hacker & Sachse, 2014). Diese Unterscheidung in der Entstehung ist daher wichtig, da sie für die Prävention von Unfällen aber auch die Aufarbeitung von bereits entstanden Fehlhandlungen und/oder Unfällen wesentlich ist. Kurzum: Prävention gelingt durch Arbeitsgestaltung und Qualifikation der Beschäftigten, aber (und das ist die Herausforderung im Unfallschutz) auch Rehabilitation gelingt durch Arbeitsgestaltung und Qualifikation der Beschäftigten (i.S. des Fehler-(Folge-)Managements kann durch Erfahrungswissen eine arbeitsgestalterische Überarbeitung des Auftrags erfolgen und/oder eine Anpassung notwendiger Qualifikationen). Nur mit der notwendigen Expertise können die Anlässe und Zeitpunkte des Wirkens unterschieden werden.

Zwischenfazit. Aus der Perspektive der HRT und des MTO-Ansatzes liegt die wesentliche Verursachung von Fehlhandlungen in einem Informationsmangel, da eine Fehlhandlung (welche auch zu Unfällen führen kann) durch eine unzureichende Ausführungsregulation gekennzeichnet ist. Die Klassifikation dieses Informationsmangels (siehe Abbildung 3; vgl. Hacker & Sachse, 2014) wiederum dient als Suchraum der Verursachung von Fehlhandlungen und ist somit handlungsleitend für eine Prävention. Im Folgenden werden die beiden Perspektiven kurz dargestellt mit dem Fokus, welche Implikation sich daraus für den Arbeits- und Unfallschutz ergibt. Viele einzusetzende Methoden sind bekannt, es bedarf nur dem konkreten Anlass und Suchraum.

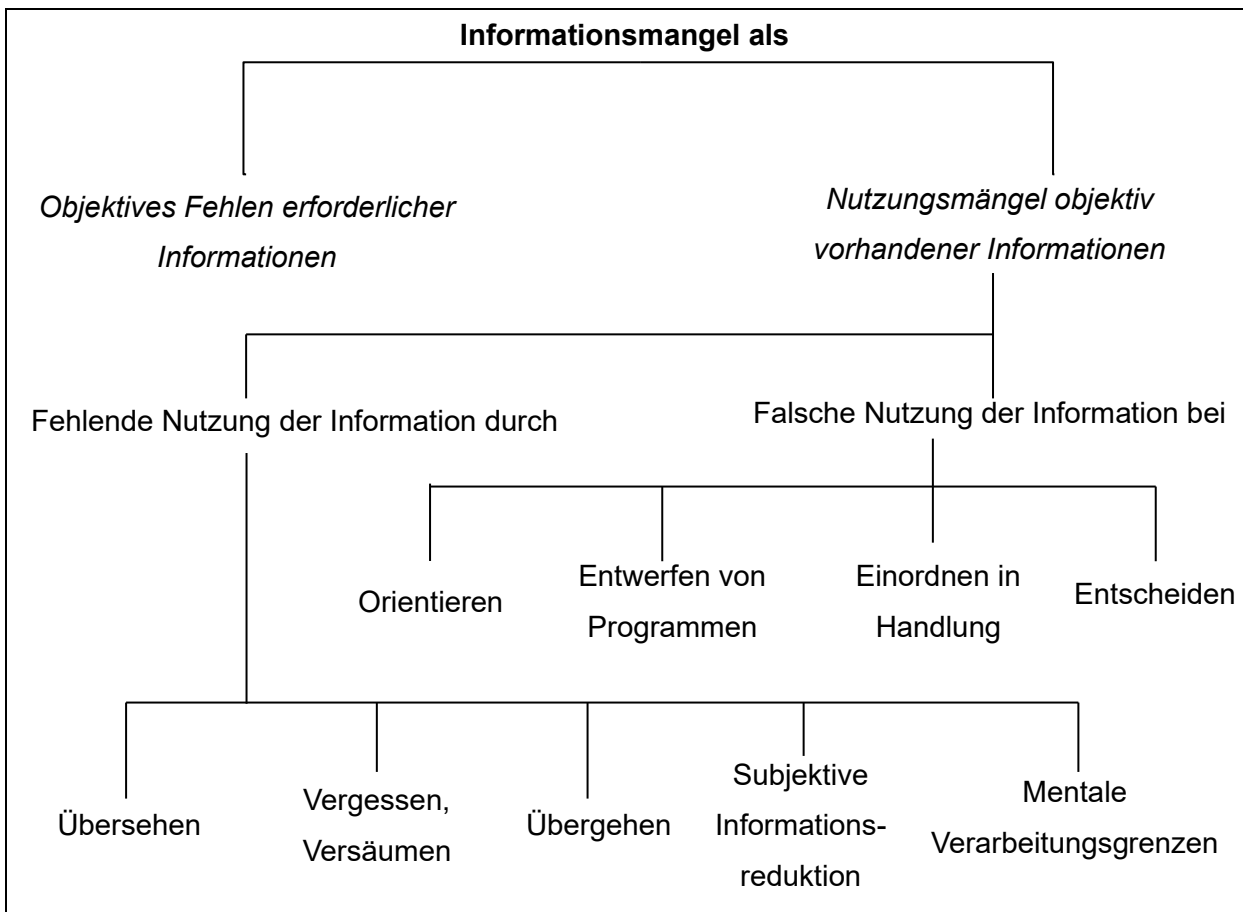


Abbildung 3. Klassifikation der Verursachung von Informationsmangel (vgl. Hacker & Sachse, 2014)

Objektives Fehlen – Die Ursache liegt im Auftrag. Für das objektive Fehlen gilt es zum einen, die technischen Voraussetzungen gemäß geltendem Standard zu prüfen (z.B. DIN EN ISO 9241). An dieser Stelle wird deutlich, dass eine ganzheitliche Unfallverhütung einen multiprofessionellen Expert*innen-Einsatz notwendig macht, wobei beispielsweise Ingenieur*innen, Arbeitsmediziner*innen und Arbeitspsycholog*innen (weitere Professionen sicher denkbar) zusammenarbeiten sollten in Rahmen eines ganzheitlichen Konzeptes. Auf Seiten der Technik gilt zu prüfen, ob Signale und Eingriffspunkte klar erkennbar dargestellt werden. Für diese Art der Prüfung gibt es bereits viele Methoden, die sich bewährt haben. Eine organisatorische (demnach dem Menschen zuordenbare) Komponente des objektiven Fehlens ist, eine mangelnde Zielsetzung aufgrund fehlender Informationen. Das schließt auch mit ein, dass Personen durch Rollenunklarheit und/oder mangelndem Handlungsspielraum nicht in die Lage versetzt werden, Informationen zu generieren. Diese Möglichkeiten müssen im Rahmen der Arbeitsgestaltung geboten werden. Kurzum: Der Aspekt des objektiven Fehlens liegt in der Verantwortung eines multiprofessionellen Kontrollgremiums mit der Fähigkeit auch dem multi-method-Ansatz (z.B. subjektiv und objektiv bedingungsbezogene Methoden einsetzen) anzusetzen. Die Handlungsfelder sind in Kapitel 4 dargestellt.

Nutzungsmängel – Die Ursache liegt in der auftragsausführenden Person. Die Perspektive des subjektiv begründbaren Nutzungsmangel von vorliegenden Informationen ist im Rahmen der Prävention als auch Intervention der Unfallverhütung wirksam. An dieser Stelle ist es jedoch wichtig zu erwähnen, dass nach arbeitspsychologischem Verständnis zuerst geprüft werden muss, ob die vorliegenden Verhältnisse (dargestellt durch den Arbeitsauftrag und dessen Anforderungen) ein subjektives Nichtnutzen beeinflussen bzw. hervorrufen. Als Beispiel: Mangelndes Entwerfen von Programmen kann durch a) einen Mangel an Informationen begründet sein oder b) durch eine nicht ausreichende Qualifikation. Beides muss betrachtet werden. In diesem Abschnitt wird nicht auf alle einzelnen Aspekte eingegangen, da dies den Rahmen der Expertise überschreitet – wichtig ist vor allem die Unterscheidung in a) *Fehlende* Nutzung der Informationen und b) *Falsche* Nutzung der Informationen.

Fehlende Nutzung der Informationen beinhaltet die Elemente Übersehen, Vergessen, Übergehen, Informationsreduktion bei Redundanzausnutzung und zeit- bzw. kapazitätsbedingte Verarbeitungsdefizite. Die Überprüfung falscher Nutzung macht es notwendig zu prüfen, ob Personen diese Fehlhandlungen aufgrund der beanspruchungsvozierten Selbstveränderungen tätigen (siehe Kapitel 2.1.5), oder, ob diese auf ein bewusstes Fehlverhalten zurückzuführen sind. Ein bewusstes Fehlverhalten kann u.a. begründet sein in einer Diskrepanz der subjektiven Werte und Normen des arbeitenden Menschen und des Unternehmens. An diesem Beispiel wird deutlich, dass die falsche Nutzung und deren Ursachenklärung arbeitspsychologische Methoden aber eben auch organisationspsychologisch Ansätze braucht. So ist beispielsweise neben einer effizienten Arbeitsgestaltung auch eine verantwortungsvolle Führungskraft notwendig, um für die Unfallverhütung hinzuweisen.

Die falsche Nutzung der Informationen kann ebenfalls auf eine Selbstveränderung der Person hindeuten (Kapitel 2.1.5), jedoch auch darin begründet sein, dass durch die Technik Sinnestäuschungen hervorgerufen werden oder durch Lernerfahrungen bzw. Leistungsvoraussetzungen das Entwerfen von Aktionsprogrammen nicht gelingt. Zur Ursachenklärung der falschen Nutzung ist an dieser Stelle erneut zu empfehlen, dass diese durch ein multiprofessionelles Team erfolgt.

2.1.3 Fehlhandlungs- und Unfallverhütung

In den vorangegangenen Kapiteln 2.1.1 und 2.1.2 wurden bereits Hinweise zu Wirkzusammenhängen und damit verbundenen Verhütungsmaßnahmen dargestellt. An dieser Stelle fassen wir die Erkenntnisse zusammen.

Im Rahmen der Verhütung ergeben sich folgende konkrete arbeitspsychologisch hergeleitete Schwerpunkte:

1. Fehlhandlungen sind entstanden durch eine unzureichende Arbeitsgestaltung → Es braucht eine Arbeitsanalyse mit der anschließenden Umgestaltung.
2. Fehlhandlungen sind entstanden durch vom Auftraggeber nicht berücksichtigten Lernerfordernissen → Es braucht eine gezielte Qualifizierungsmaßnahme.
3. Fehlhandlungen sind entstanden aufgrund der Selbstveränderung der Person → Es braucht «gute Arbeit» um Fehlbeanspruchung zu verhüten, aber darüber hinaus auch Maßnahmen eines Fehlermanagements (siehe Kapitel 4.1.1)
4. Fehlhandlungen sind entstanden aufgrund bewusstem Nichtbeachten von Vorschriften → Es braucht Kontrollinstanzen und u.a. Führungskonzepte, die solch ein Verhalten verhüten.

Essenziell ist für diese Vorhaben in erster Linie die im Folgenden beschriebene Gestaltung des Arbeitsauftrags (siehe Kapitel 2.1.4).

2.1.4 Gestaltung des Arbeitsauftrags als Möglichkeit, Fehlhandlungen zu verhüten

Allgemein gilt, dass die psychologische Arbeitsgestaltung zur Gesundheits-, Lern- und Persönlichkeitsförderlichkeit beitragen soll, wenn durch die Arbeitsbedingungen Schädigungslosigkeit und Ausführbarkeit gewährleistet sind. Die psychologische Arbeitsgestaltung dient der Effizienzverbesserung und leistet gleichzeitig einen Beitrag zur Gewährleistung des arbeitsimmanenten Lernens zum Erhalt der Gesundheit und Leistungsfähigkeit (Rau, 2010). Eine lernförderliche und gesundheitsstabilisierende Arbeitsgestaltung erfüllt die Forderungen des Arbeitsschutzgesetzes nach Prävention.

Die psychologische Arbeitsgestaltung muss dafür Sorge tragen, dass:

- die menschliche Arbeitskraft Anforderungen erfüllen soll, die sie auch wirklich erfüllen kann (Ausführbarkeit sichern),
- Gesundheitsschäden mit ihren betriebs- und volkswirtschaftlichen Folgekosten weitestgehend vorgebeugt werden (Schädigungslosigkeit sichern),
- psychophysische Befindensbeeinträchtigungen ausgeschlossen bzw. gering sind, um mittelfristige Übergänge zu Gesundheitsschäden zu verhindern und eine unbeeinträchtigte Leistungserbringung zu sichern (Beeinträchtigungsfreiheit ermöglichen),

- im Arbeitsprozess selbst weiter gelernt und Gesundheit im Sinne der WHO-Definition als vollständiges körperliches, geistiges und soziales Wohlbefinden auch gegen Altersprozesse stabilisiert wird, um Bewältigungsmöglichkeiten und Beschäftigungsfähigkeit bei sich verändernden Arbeitsanforderungen arbeitslebenslang mindestens zu erhalten (Lern- und Gesundheitsförderlichkeit der arbeitsgestalterischen Lösungen).

Das Arbeitsschutzgesetz, die DIN EN ISO 6385 (2004, 2016), die DIN EN ISO 10075-3 und die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2014) priorisieren die Verhältnisprävention (siehe Exkurs) als Mittel zur Wahl der psychologischen Arbeitsgestaltung. Diese ist gemäß der Unfallverhütung auch primär zuständig handlungsregulierende Arbeitsmerkmale bereitzustellen, welche dann auch Fehlhandlungen verhüten können. Allgemein gilt, dass die Verhältnisprävention Vorrang vor der Verhaltensprävention haben sollte. Der große Vorteil der Verhältnisprävention liegt nicht nur in der Reduzierung beeinträchtigender Arbeitsbedingungen und -belastungen für alle MitarbeiterInnen, sondern hat einen wirtschaftlichen Vorteil. Für Arbeitsplätze bei denen die Passung zwischen Arbeitenden und Arbeitsauftrag durch eine Qualifizierungsmaßnahme (Verhaltensprävention) und nicht durch die Arbeitsgestaltung (Verhältnisprävention) erreicht wurde, geht der dafür benötigte Aufwand im Falle des Weggangs der extra qualifizierten Person dem Unternehmen verloren. Verhaltenspräventionen sollten ohnehin „Primärpräventiv“ sein. Das heißt, dass Verhaltenspräventionen im besten Falle schon Bestandteil der Ausbildung bzw. Berufsqualifikation sein sollten und nicht erst als Weiterbildungsaktivität nach Eintritt erster Fehlbeanspruchungsfolgen (Hacker & Sachse, 2014). Diese Grundsätze der Arbeitsgestaltung stellen aus arbeitspsychologischer Sicht den Grundstein zur Vermeidung von Fehlhandlungen und auch Unfallrisiken.

Wenn Verhältnis- und Verhaltensinterventionen zusammengedacht und umgesetzt werden, spricht man hierbei von der *dynamischen Arbeitsgestaltung*. Gut gestaltete Arbeit befähigt die Menschen zu bewussten und achtsamen Handlungen. Bei der Umsetzung von Gestaltungsmaßnahmen muss darauf geachtet werden, dass bestimmte allgemeine Voraussetzungen gegeben sind.

Diese beinhalten:

- die technische, technologische und ökonomische Realisierbarkeit,
- die Einhaltung von Grenzwerten der physischen und psychischen Belastung, d. h. Gewährung von Ausführbarkeit, Schädigungslosigkeit und Beeinträchtigungsfreiheit,
- das Vorhandensein von Zeitreserven bzw. die Möglichkeit der Zeitschaffung (durch arbeitsorganisatorische Maßnahmen sowie durch Veränderung der Mensch-Maschine/Rechner Funktionsteilung),
- eine ausreichende berufliche Vorbildung bzw. Schaffung von Möglichkeiten zur Realisierung von Weiterbildungsmaßnahmen gemäß der dynamischen Arbeitsgestaltung.

Exkurs: Unterscheidung der Verhältnis- und Verhaltensprävention

Verhältnisprävention

Eine Verhältnisprävention bezieht sich auf die Gestaltung der Arbeitsumgebung und Arbeitsbedingungen (bzw. des Arbeitsinhalts und der Ausführungsbedingungen von Arbeit) – somit auf die Gestaltung von Belastungen durch die Arbeit. Die Gestaltung zielt darauf ab, dass Arbeitende effizient, beeinträchtigungsfrei und möglichst unter Weiterentwicklung der Leistungsvoraussetzungen arbeiten können und Gesundheitsrisiken bei der Arbeitsausführung vermieden werden.

Verhaltensprävention

Der Ansatz der Verhaltensprävention bezieht sich auf die Person. Ziel der Verhaltensprävention ist das Vermitteln von Kompetenzen. In der Regel werden die Verhaltenspräventionen in Form von Informations- und Aufklärungsmaßnahmen oder Trainings durchgeführt, bei denen die MitarbeiterInnen beispielsweise Bewältigungstechniken oder Kenntnisse und Strategien für effizientes Arbeiten vermittelt bekommen (Erlernen von Problemlösekompetenzen, Anti-Stress-Verhalten, Ernährung bei Nacharbeit etc.).

Beispiel

Eine Arbeitsanalyse ergibt, dass die Arbeitsintensität aufgrund häufiger, extern bedingter Unterbrechungen der Arbeit zu hoch ist. Als verhältnispräventive Maßnahme könnte das Unternehmen störungsfreie Arbeitszeitabschnitte einführen (z. B. Anrufe oder Maileingänge werden in diesen Zeiten nicht zum Arbeitenden weitergeleitet, so dass der Arbeitsablauf davon nicht unterbrochen wird). Als verhaltenspräventive Maßnahme könnten die MitarbeiterInnen in der Priorisierung von Aufgaben geschult werden.

2.1.5 Selbstveränderung durch Beanspruchung als Prädiktor für Fehlhandlungen

Bei der Betrachtung der Arbeitsmerkmale, muss jedoch insbesondere die *Selbstveränderung* bzw. die Veränderung der individuellen Leistungsvoraussetzungen der Person betrachtet werden. Damit sind auch die Reduzierung von Leistungsfähigkeit und somit die Erhöhung von Unfallrisiko gemeint. Im Kapitel 2.1.2 wurde bereits auf die unterschiedlichen Verursachungen von Fehlhandlungen eingegangen. Diese können in ihrem Verständnis bereits zur Wirkung kommen, bevor eine leistungsmindernde Selbstveränderung des Individuums durch eine spezifische Belastungsexposition gekommen ist. Die Selbstveränderung resultiert nämlich aus der Beanspruchung und kann einerseits eine Weiterentwicklung oder andererseits eine Beeinträchtigung sein. Doch nicht jede negative Beanspruchungsfolge zieht eine mittel- oder langfristige Beeinträchtigung nach sich. Im Gegenteil kann z.B. eine psychische Ermüdung zu einer Anpassung bzw. Adaption des menschlichen Organismus führen, sodass der arbeitende Mensch über bessere Leistungsvoraussetzungen verfügt bzw. das aktuelle Niveau der Leistungsvoraussetzungen aufrechterhält. Damit dies gelingt, muss ein ausreichendes Maß an Erholungszeit vorhanden sein. Genauso wie beim Sport konditionelle Fähigkeiten trainiert werden müssen, um eine Verbesserung oder einen Erhalt der sportlichen Leistungsfähigkeit zu erzielen, muss die Arbeitstätigkeit dazu beitragen die individuellen Leistungsvoraussetzungen jedes arbeitenden Menschen zu verbessern oder zumindest zu erhalten (Mustapha & Schweden, 2021). Diese Erkenntnisse sind aus arbeitspsychologischer Sicht wiederum zusätzlich zu den in 2.1.1-2.1.3 beschriebenen Faktoren zu berücksichtigen – insbesondere dann, wenn es zu einem Unfall gekommen ist. So kann es sein, dass eine Fehlhandlung erst dadurch evoziert wird, dass eine Person Ermüdungserscheinungen aufweist. Dann liegt die Verursachung der Fehlhandlung und somit auch dem eventuell draus resultierenden Arbeitsunfall dennoch nicht primär in der Person, weil die Belastung der Arbeit zur Selbstveränderung beigetragen hat. An dieser Stelle muss in der Ursachenklärung von Arbeitsunfällen – insbesondere, wenn daraus Überarbeitungs- bzw. Präventionskonzepte erwachsen sollen – stets eine genaue Analyse erfolgen, die die vorliegenden «objektiven» Anforderungen und die «individuellen» Leistungsvoraussetzungen berücksichtigt. Nur so ist gewährleistet, dass die Verhütungsmaßnahmen die erwünschte Wirkung erzielen.

Allgemeinhin gilt, dass folgende zentrale gesundheitsgefährdende Arbeitsmerkmale, welche auch die Arbeitsfähigkeit beeinträchtigt und somit Fehlhandlungen begünstigen bzw. das Unfallrisiko erhöhen, zu beachten sind (vgl. Rau & Buyken, 2015):

- hoher Job Strain (d. h. die Kombination von geringem Handlungsspielraum und hoher Arbeitsintensität) → da eine hohe Arbeitsintensität die Verausgabungsneigung steigert und somit ein „schnelleres Arbeiten“ der Beschäftigten fordert, was wiederum Fehlhandlungen begünstigt

- iso-strain (d. h. die Kombination von geringem Handlungsspielraum und hoher Arbeitsintensität bei gleichzeitig geringer sozialer Unterstützung) → bei fehlender sozialer Unterstützung ist die Wahrscheinlichkeit eines Korrektivs bezogen auf eine sichtbare Fehlhandlung unwahrscheinlicher
- hohe Arbeitsintensität (Job demand) → führt zu Ermüdung, was wiederum die Achtsam- und Aufmerksamkeit gegenüber objektiv gegebenen Informationen mindert
- geringer Handlungsspielraum (Job control) → führt zum Verlernen selbstveranlasster Eingriffe in den Arbeitsablauf, welche jedoch tlw. Für die Vermeidung bzw. Korrektur von Fehlhandlungen notwendig sind

In Rau & Buyken (2015) sind weitere Arbeitsmerkmale beschrieben, die zu Fehlbeanspruchung beitragen können. Diese stehen nicht primär mit der Unfallverhütung in Beziehung, sind jedoch dann von Bedeutung, wenn eine Fehlbeanspruchung das Herabsetzen von Aufmerksamkeit und Arbeitsfähigkeit begründet. Diese beiden Faktoren sind essenziell, um eine „fehlerfreie“ Handlungs- bzw. Ausführungsregulation sicherzustellen.

Ein weiterer wichtiger Aspekt, welcher sich handlungsregulatorisch erklären lässt, jedoch im Rahmen der Selbstveränderung diskutiert werden kann, ist das Risikodilemma. Oftmals wird diskutiert, dass ungefestigte Leistungsvoraussetzungen (z.B. bei Berufseinsteiger*innen; Auszubildenden) zu einer Fehlerkonzentration führen. Dies gilt es jeweils in den unternehmerischen Kennzahlen zu analysieren und gegebenenfalls die Ausbildung dahingehend anzupassen. Das Risikodilemma beschreibt jedoch einen weiteren Effekt. Nach Musdahl & Alsleben (1990) ist «die Gefahrenexposition umgekehrt proportional zur Gefahrenkognition» (S. 67). Damit ist das Dilemma beschrieben, welches besagt: Je geringer einer Person subjektiv das Gefahrenrisiko erscheint, je wahrscheinlicher ist es, dass sich diese Person Unfallgefahren aussetzt. Diese Unterschätzung kann begünstigt werden durch Routinisierung, vermeintliche Wahrnehmung von Beeinflussbarkeit (siehe bereits beschriebenes Beispiel der Straßenbahnfahrenden), der scheinbaren Ungefährlichkeit und der Lernerfahrung der Seltenheit von Unfällen. Kurzum: Es gilt im Rahmen der Verhütung verhältnisseitig stets zu sensibilisieren, welche potenziellen Gefahren eine Tätigkeit mit sich bringt (wie im Sinne der Gefährdungsbeurteilung). Unfallererfahrungen hingegen führen dazu, dass die subjektive Risikoabschätzung kritischer wird – diese Lernerfahrungen können beispielsweise als Fallbeispiele mit Kolleg*innen geteilt werden.

2.2 Das Job Demands-Resources-Modell

Die im Rahmen des MTO-Ansatzes dargestellte Selbstveränderung verdeutlicht einmal mehr, dass die Arbeitstätigkeit einerseits ein in sich komplexes Gefüge ist, andererseits jedoch auch in komplexe Umweltbeziehungen eingebunden (Schüpbach, 2013). Mittels des Job Demands-Resources (JD-R) Modells kann dieser komplexe Zusammenhang zwischen den Eigenschaften einer Arbeit bzw. eines Arbeitsumfelds (förderliche und hinderliche Einflussfaktoren), den Arbeitsanforderungen, den Ressourcen und kurzfristigen (z.B. Belastung, Motivation) sowie langfristigen (z.B. Prozess- und Arbeitssicherheit) Auswirkungen der Einflussfaktoren aufgezeigt werden (Bakker, Demerouti & Schaufeli, 2003; Bakker & Demerouti, 2007; Demerouti, Bakker, Nachreiner & Schaufeli, 2001).

2.2.1 Modellbeschreibung

Dem Modell liegt die Annahme zugrunde, dass jede berufliche Tätigkeit ihre eigenen spezifischen Risikofaktoren im Zusammenhang mit Arbeitsstress hat. Es kann in seinen Grundannahmen auf verschiedene berufliche Kontexte angewendet werden.

Die individuellen Faktoren können in zwei allgemeine Kategorien unterteilt werden: Arbeitsanforderungen und Arbeitsressourcen. Im Modell gehen die Autor*innen davon aus, dass es vier zentrale Einflussgrößen gibt, die über das Ergebnis einer Arbeitsleistung entscheiden (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**4):

1. Die *Arbeitsanforderungen* beziehen sich auf die physischen, psychischen, sozialen und organisatorischen Aspekte der Arbeit. Sie fassen das zusammen, was in Form von Handlungen, Qualifikationen und Kompetenzen für die Ausübung einer spezifischen Tätigkeit gefordert wird (Bakker & Demerouti, 2007; Schüpbach, 2013).
Arbeitsanforderungen können mentaler Art sein (z.B. kognitiv anspruchsvolle Aufgaben), emotionaler Art (z.B. emotionale Anforderungen im Kundendienst) oder physischer Natur (z.B. körperliche Anforderungen).
2. Die *Arbeitsressourcen* beziehen sich auf diejenigen physischen, psychologischen, sozialen und organisatorischen Aspekte des Arbeitsplatzes, welche unterstützend für das Erreichen der Arbeitsziele sein können. Dazu gehören im Modell u.a. *Unterstützung*, *Autonomie* und *Feedback*, die die Mitarbeitenden erhalten. So können sie die Arbeitsanforderungen und die damit verbundenen physiologischen und psychologischen Kosten verringern sowie persönliches Wachstum, Lernen und die Entwicklung der Arbeitnehmenden stimulieren. Folglich sind Ressourcen einerseits notwendig, um die Anforderungen der Arbeit zu bewältigen, andererseits wirken sie sich positiv auf die Motivation der Mitarbeitenden aus (Bakker & Demerouti, 2007).

3. Belastung¹: Obwohl berufliche Anforderungen per se nicht negativ sind, können sie zur Belastung werden, wenn die Erfüllung dieser Anforderungen hohe Anstrengungen erfordert, von denen sich Mitarbeitende nicht ausreichend erholen können (Meijman & Mulder, 1998; Mustapha & Schweden, 2021). Andererseits werden die Belastungen durch die verfügbaren Ressourcen verringert.
4. Motivation: Sie wird einerseits positiv beeinflusst durch die verfügbaren Ressourcen (oder negativ, sollten diese fehlen), andererseits können sich (zu hohe) Belastungen negativ auf die Arbeitsmotivation auswirken.

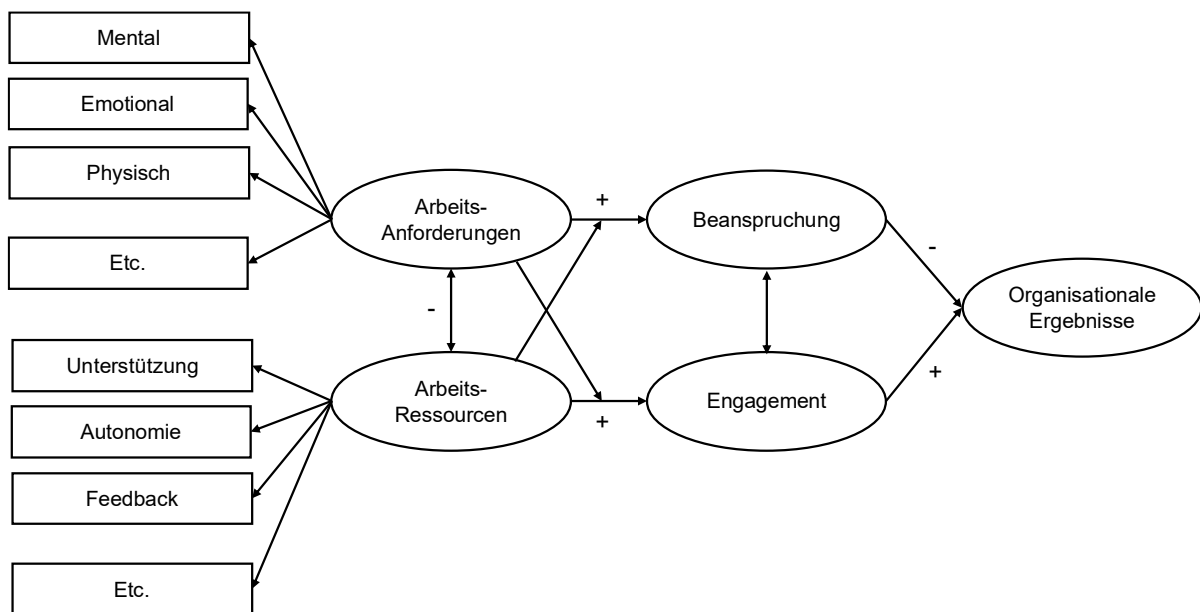


Abbildung 4. Job Demand-Resource Modell (Bakker & Demerouti, 2007, S. 313, eigene Übersetzung)

Um die Wirkungsweise dieser vier Einflussfaktoren auf die Arbeitsleistung zu erklären, nehmen die Autor*innen des JD-R Modells zwei unterschiedliche psychologische Prozesse an:

Im *ersten gesundheitlichen Beeinträchtigungsprozess* erschöpfen schlecht gestaltete Arbeitsplätze oder chronische Arbeitsanforderungen – beispielsweise Arbeitsüberlastung, emotionale Anforderungen – die geistigen und / oder körperlichen Ressourcen der

¹ In der arbeitspsychologischen Literatur wird der Begriff der «Belastung» häufig in Abgrenzung zum Begriff der «Beanspruchung» verwendet. «Belastungen» sind dabei äußere Einwirkungen auf den Menschen, «Beanspruchungen» sind die Reaktionen des Menschen auf solche Belastungen (DIN EN ISO 6385:2004). Belastungen wirken nicht unmittelbar, sondern werden über persönliche Ressourcen und individuelle Voraussetzungen sowie externe Ressourcen (z. B. Tätigkeits-, Handlungs-, Entscheidungsspielraum) in ihren Beanspruchungsfolgen beeinflusst. Rückkopplungen von Beanspruchungsprozessen wirken auf Belastungsfaktoren modifizierend ein (<https://www.bad-gmbh.de/glossar/belastung-beanspruchung/>)

In ähnlicher Weise kann man die Begriffe «Arbeitsauftrag» und «Arbeitsaufgabe» einander gegenüberstellen: Während der «Arbeitsauftrag» den Mitarbeitenden von außen gestellt wird, ist die «Arbeitsaufgabe» der subjektiv re-definierte Arbeitsauftrag. D.h. derselbe Arbeitsauftrag kann von Mitarbeitenden als sehr unterschiedliche Arbeitsaufgaben wahrgenommen werden – abhängig von individuellen Kompetenzen, Ressourcen usw.

Arbeitnehmenden und können folglich zu einem Erschöpfungszustand und gesundheitlichen Problemen führen (Demerouti et al., 2000; Leiter, 1993). In der Folge kann es nach der Theorie von Hockey (1993) zu einer Verschlechterung der primären Aufgabenleistung bzw. *kompensatorischen Kosten* kommen. Diese zeigen sich beispielsweise in einer Abnahme der Aufmerksamkeit, einer Neudefinition der Aufgabenanforderungen oder in Ermüdungsfolgeeffekten (riskante Entscheidungen, hohes Maß an subjektiver Ermüdung). Der langfristige Effekt einer solchen *Kompensationsstrategie* kann die Energie einer Person zusätzlich erschöpfen (Bakker & Demerouti, 2007).

Der *zweite Prozess*, den das JD-R Modell postuliert, ist *motivierender Natur*; es wird angenommen, dass die Arbeitsressourcen ein Motivationspotenzial haben und zu hohem Arbeitseinsatz und Leistung führen können. Arbeitsplatzressourcen können entweder eine intrinsisch motivierende Rolle haben, da sie das Wachstum, das Lernen und insgesamt die Entwicklung der Arbeitnehmenden fördern, oder eine extrinsisch motivierende Rolle spielen können, da sie für das Erreichen von Arbeitszielen von Bedeutung sind. Das Fehlen von Arbeitsressourcen kann wiederum eine negative Einstellung zur Arbeit hervorrufen (Bakker & Demerouti, 2007).

Die letzte These des JD-R Modells lautet, dass die Arbeitsressourcen die Motivation oder das Arbeitsengagement insbesondere dann beeinflussen, wenn die Arbeitsanforderungen hoch sind (Bakker & Demerouti, 2007).

2.2.2 Interaktionen zwischen Arbeitsanforderung und Arbeitsressourcen

Nebst den Haupteffekten schlägt das JD-R Modell vor, dass die Interaktion zwischen Arbeitsanforderungen und Arbeitsressourcen ebenfalls für die Entwicklung von Arbeitsbelastung und Motivation wichtig ist (Bakker & Demerouti, 2007); die Ressourcen können die Folgen der Arbeitsanforderungen auf die Belastung abfedern (Bakker et al., 2003). Welche Anforderungen und Ressourcen in einer bestimmten Organisation eine Rolle spielen, hängt gemäß Bakker und Demerouti (2007) von spezifischen Arbeitsmerkmalen ab. Zusammengefasst können verschiedene Arten von Arbeitsanforderungen und -ressourcen bei der Vorhersage von Arbeitsbelastungen zusammenwirken.

Die *Pufferhypothese* steht im Einklang mit Kahn und Byosserie (1992). Die Autorenschaft argumentiert, dass der Puffer- oder Interaktionseffekt zwischen einem beliebigen Paar von Variablen auftreten kann. Sie behaupten, dass sowohl die Eigenschaften der Arbeitssituation als auch Merkmale des Individuums die Auswirkungen eines Stressors abpuffern können. Genauer gesagt kann die puffernde Variable die Tendenz der organisatorischen Eigenschaften, bestimmte Stressoren zu erzeugen, abschwächen und / oder gesundheitsschädigende Folgen verringern. Ein Beispiel für eine solche *Puffervariable* ist die soziale Unterstützung (Haines,

Hurlbert & Zimmer, 1991; Johnson & Hall, 1988); andere Merkmale der Arbeitssituation, die als Moderatoren wirken können, sind das Ausmaß, in dem das Auftreten eines Stressors vorhersehbar ist (z.B. über Rollenklarheit und Leistungsfeedback). Die Gründe für das Vorhandensein eines Stressors können beispielsweise durch Vorgesetzteninformationen eingeholt werden und das Ausmaß, in dem der Stressor von der Person kontrolliert werden kann, kann beeinflusst sein durch die wahrgenommene Autonomie (Kahn & Byosserie, 1992).

Der Grund, weshalb bestimmte Ressourcen als Puffer fungieren können, ist unterschiedlich. So kann beispielsweise eine mögliche Erklärung die gute Beziehung zum / zur Vorgesetzten sein. Diese kann den Einfluss der Arbeitsanforderungen (beispielsweise Arbeitsüberlastung, emotionale und körperliche Anforderungen) auf die Arbeitsbelastung durch Wertschätzung und Unterstützung abmildern (Bakker & Demerouti, 2007). Die wahrgenommene Autonomie am Arbeitsplatz, als anderes Beispiel für eine Puffervariable, steht mit mehr Bewältigungsmöglichkeiten von Stresssituationen in Verbindung (Jenkins, 1991; Karasek, 1998). Konstruktives Feedback des Vorgesetzten kann den Mitarbeitenden als zusätzlicher Puffer dienen; so können Arbeitnehmende die Arbeit effektiver erledigen und besser kommunizieren (Bakker & Demerouti, 2007).

Die wahrgenommene Autonomie am Arbeitsplatz, als anderes Beispiel für eine Puffervariable, steht mit mehr Bewältigungsmöglichkeiten von Stresssituationen in Verbindung (Jenkins, 1991; Karasek, 1998). Ein Beispiel aus der Praxis verdeutlicht dies (nach Schweden, 2018): Es zeigte sich, dass Arbeitsplätze, welche rein objektiv die Möglichkeit durch das Bereitstellen von inhaltlichen Freiheitsgraden bieten, dass «Autonomie», «Spielraum», «Beeinflussbarkeit» erlebt werden könnte, dadurch zunichte gemacht wird, wenn die objektive Arbeitsintensität nur entscheidend hoch genug ist. Insbesondere bei Arbeitsspitzen und/oder dem Erleben hoher Arbeitsintensität, neigen Personen eher zur Routine (Salopp: Um dem erst einmal schnell Herr zu werden, mach ich das so wie immer), als mögliche neue Arbeitsweisen durch Spielräume zu nutzen. Dies wiederum kann Fehlhandlungen und/oder nicht gesundheitsförderliches Verhalten begünstigen.

2.2.3 Evidenz für den dualen Prozess

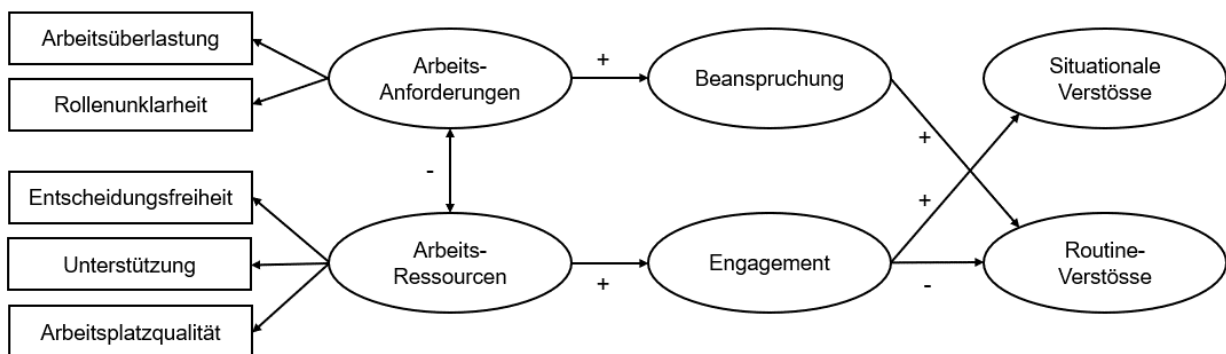
Bakker et al. (2003) konnten bei niederländischen Mitarbeitenden in Telekommunikationsunternehmen die dualen Prozesse des JD-R Modells bestätigen. Hakanen, Bakker und Schaufeli (2006) fanden in ihrer Studie unter finnischen Lehrpersonen vergleichbare Ergebnisse; nämlich, dass Burnout die Wirkung der Arbeitsanforderungen auf die Gesundheit beeinträchtigen kann und dass das Arbeitsengagement die Wirkung der Arbeitsressourcen auf das organisatorische Engagement beeinflusst. Bakker et al. (2003) wendeten das JD-R Modell auf Produktionsmitarbeitende an und verwendeten das Modell zur Vorhersage von Fehlzeiten. Ihre Ergebnisse zeigten, dass die Arbeitsanforderungen ein eindeutiger Prädiktor für Burnout

und indirekt für die Abwesenheitsdauer waren, während Arbeitsressourcen ein eindeutiger Prädiktor für das organisatorische Engagement und indirekt die Fehlzeiten waren.

2.3 Erweiterung des Job Demands-Resources-Modells um Sicherheitshandeln

Sicherheit und Zuverlässigkeit komplexer Arbeitssysteme hängen nicht nur von technischen Vorkehrungen, sondern auch von psychosozialen Strukturen – wie Arbeitsanforderungen und Ressourcen – am Arbeitsplatz ab (Mearns, Withaker & Flin, 2003). Die Arbeitsanforderungen und Ressourcen können direkt zu einem sicherheitsförderlichen oder einem sicherheitsverletzenden Handeln der Mitarbeitenden führen. Sie können aber auch indirekt zu unsicherem Handeln führen, wenn schlechte Arbeitsanforderungen die Gesundheit der Mitarbeitenden beeinträchtigen (Bronkhorst, 2015). Verschiedene Studien legen nahe, dass Arbeitsanforderungen und Ressourcen am Arbeitsplatz sowohl die Gesundheit als auch sicherheitsrelevantes Handeln der Mitarbeitenden beeinflussen können (Hansez & Chmiel, 2010; Li, Jiang, Yao & Li, 2013; Derdowski & Mathisen, 2023).

Diese Zusammenhänge werden von Hansez und Chmiel (2010) anhand des JD-R Modells aufgezeigt, indem sie das ursprüngliche Modell um sicherheitsrelevantes Handeln erweitern.



5 zeigt die Beziehungen zwischen Arbeitsanforderungen, Arbeitsressourcen, arbeitsbedingter Beanspruchung, Arbeitsengagement und Sicherheitshandeln auf. Unter Arbeitsanforderungen führen die Autor*innen Arbeitsüberlastung und Rollenunklarheit auf, bei den Arbeitsressourcen den Entscheidungsfreiraum, Unterstützung und Arbeitsplatzqualität. Das Sicherheitshandeln wird einerseits mit *situationsbedingten Verstößen*, andererseits mit *Routine-Verstößen* beschrieben.

Nach Reason, Parker und Lawton (1998) dienen Routine-Verstöße typischerweise einer Aufwandsreduktion, indem zur Aufgabenausführung der Weg des geringsten Widerstands genommen wird (*corner-cutting, short-cuts*). Wenn diese Abkürzungen zu Gewohnheitshandlungen werden, gelten sie als Routine-Verstöße.

Situationale Sicherheitsverstöße werden durch organisationales Versagen provoziert, wenn die Arbeitsumgebung eine optimale Aufgabenausführung nicht zulässt oder geeignete Arbeitsmittel fehlen. Situationale Sicherheitsverstöße sind in der Folge notwendig, um die Aufgabe erfüllen zu können «*Non-compliance is seen as essential in order to get the job done*» (Reason et al., 1998, S. 293), obwohl die organisationalen Voraussetzungen dies erschweren.

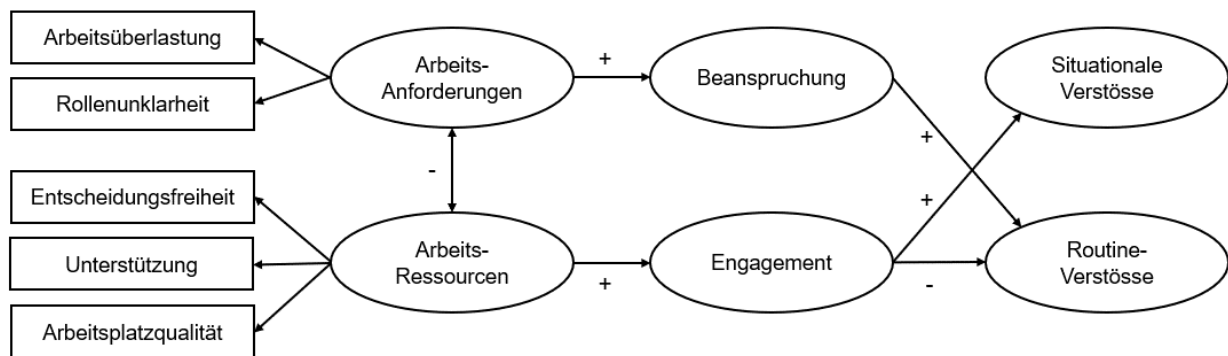


Abbildung 5. Das erweiterte JD-R Modell adaptiert nach Hansez & Chmiel (2010, S.274)

Hansez und Chmiel (2010) bestätigen in ihrer Studie den Einfluss von Arbeitsanforderungen und Arbeitsressourcen auf aufgabenbezogenes Sicherheitshandeln. Die Arbeitsbedingungen wie Arbeitsüberlastung, Rollenunklarheit, Entscheidungsfreiheit oder Unterstützung beeinflussen, wie stark Mitarbeitende von der Arbeit beansprucht werden respektive, wie engagiert sie sind. Die daraus resultierenden Beanspruchungen und das Engagement stehen wiederum in einem direkten Zusammenhang mit Sicherheitsverstößen:

- a) Eine höhere Beanspruchung führt zu mehr Routine-Verstößen
- b) Mehr Arbeitsengagement führt zu weniger Routine-Verstößen und gleichzeitig mehr situationalen Verstößen

Die Autor*innen sehen sich in ihrer Annahme der Zusammenhänge bestätigt. Sie erklären die unterschiedliche Ausprägung der Zusammenhänge so, dass höheres Arbeitsengagement dazu führt, dass Mitarbeitende sich besonders bemühen, Routine-Verstöße zu vermeiden; gleichzeitig nehmen sie organisatorisch provozierte situationale Verstöße in Kauf, um ihre Aufgabe effizienter ausführen zu können (Hansez & Chmiel, 2010).

2.3.1 Arbeits- und Prozesssicherheit

Wird das JD-R Modell im Zusammenhang mit sicherheitsrelevantem Verhalten verwendet, gewinnen Themen wie Risiken, Gefahren, physische Arbeitsplatzbedingungen (z.B. durch Lärm, Hitze, Dunst, Chemikalien oder gefährliche Arbeitsmittel) sowie Komplexität der Arbeit an Wichtigkeit. Diese Einflüsse können, insbesondere in soziotechnischen Arbeitsumfeldern, bei den Mitarbeitenden zu erhöhten psychologischen Kosten führen, da die Arbeitsumgebung

potenziell gefährlich ist sowie anhaltend physische oder mentale Anstrengungen voraussetzt (Nahgang, Morgeson & Hofmann, 2011).

Dem gegenüber stehen die sicherheitsspezifischen Ressourcen am Arbeitsplatz, welche Kenntnisse der Mitarbeitenden über Sicherheitsstandards, Sicherheitsverhalten, Autonomie und ein unterstützendes Umfeld (z.B. Vermittlung von Wichtigkeit der Sicherheit durch Vorgesetzte) beinhalten (Nahgang et al., 2011). Als Beispiel solcher Ressourcen werden Kenntnisse zur Nutzung persönlicher Schutzausrüstung und sicheren Arbeitshandlungen sowie allgemeine Kenntnisse zu Gesundheit und Sicherheit am Arbeitsplatz genannt. Autonomie erlaubt den Mitarbeitenden sowohl die Erreichung ihrer Arbeitsziele in Bezug auf Produktivität und Sicherheit als auch die Reduktion möglicher Arbeitsbelastungen.

Als Ergebnisse von sicherheitsrelevantem Handeln am Arbeitsplatz sind trotz thematischer Überschneidungen Arbeits- und Prozesssicherheit zu unterscheiden. Arbeitssicherheit bezieht sich auf den Schutz der Mitarbeitenden vor arbeitsbedingten Gefahren (z.B. Lärm, Hitze, radioaktive Strahlung). Die Gestaltung der Arbeitsbedingungen sollte sicherstellen, dass keine oder nur geringe arbeitsbedingte Gesundheitsgefährdungen und Belastungen auftreten (Lehder & Skiba, 2005). Solche in direktem Zusammenhang mit dem Produktionsprozess stehenden Gefahren werden reduziert, indem präventive Maßnahmen getroffen werden, z.B. durch Bereitstellen einer persönlichen Schutzausrüstung oder maschineller Schutzeinrichtungen (Ritz, 2015). Durch die Gestaltung der Arbeitsbedingungen können zusätzlich zum Schutz vor bekannten unmittelbar wirkenden Gefahren, Berufskrankheiten durch chronische Belastungen reduziert werden (z.B. durch Ergonomie gerechte Gestaltung von Arbeitsplätzen).

Die Prozesssicherheit bezieht sich auf Gefahren, die zu Sach- und Umweltschäden führen können (Knegtering & Pasman, 2009). Es geht um den «Schutz vor Risiken und Gefahren, die von hochtechnologischen Produktionsprozessen ausgehen, beispielsweise dem Fliegen eines Verkehrsflugzeugs oder der Stromproduktion durch ein Kernkraftwerk.» (Ritz, 2015, S.10). Ziel der Prozesssicherheit sind sichere Produktionsprozesse. Je nach Situation können die Anforderungen an die Arbeitssicherheit für die Anforderungen an die Prozesssicherheit hinderlich sein. Das Anlegen von Schutzkleidern für die Einhaltung der Arbeitssicherheit beispielsweise kann zu Einschränkungen in der Prozesssicherheit führen, vor allem dann, wenn die Schutzkleidung zu Einschränkungen der visuellen, akustischen oder taktilen Wahrnehmung führt. Hingegen können Maßnahmen zur Förderung der Prozesssicherheit teilweise dem Bereich Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz zugeordnet werden.

2.3.2 Sicherheitsklima

In der Praxis konkurrieren die Ziele von Produktion und Sicherheit teilweise. Steigt der Druck in der Produktion, sinkt die Aufmerksamkeit auf die sicherheitsrelevanten Aspekte. Diese Erkenntnis wird durch verschiedene Studien belegt (z.B. Barling, Loughlin & Kelloway, 2002).

So auch in der Studie von Lawton (1998), in der Eisenbahnangestellte als häufigste Gründe, die Sicherheitsvorgaben nicht einzuhalten, *Zeitdruck* und *hohe Arbeitslast*, angaben. Zudem wird den Leistungszielen der Produktion und der Sicherheit nicht immer die gleiche Wichtigkeit beigemessen. Dieses Phänomen wird zum Beispiel durch die stärkere Sichtbarkeit der Produktion gegenüber der Sicherheit verstärkt, aber auch durch ein Ungleichgewicht bei der Zuweisung der Ressourcen für die Erreichung der jeweiligen Ziele (Ford & Tetrick, 2008).

Das Sicherheitsklima in einem Unternehmen wird unter anderem über die relative Bedeutung von Sicherheit im Vergleich zu anderen Unternehmenszielen, wie z.B. Produktivität bestimmt. Das Gleichgewicht zwischen Produktions- und Sicherheitsdruck wird als eine der Schlüsselkomponenten der Sicherheitskultur anerkannt (Flin, Mearns, O'Connor & Bryden (2000). Daran zeigt sich auch, ob und wie sicherheitskonformes oder -förderndes Verhalten am Arbeitsplatz unterstützt und belohnt wird (Nahrgang et al., 2011). In einem guten Sicherheitsklima sind die Mitarbeitenden außerdem gut über die tatsächliche Priorität der Sicherheit informiert (Zohar, 2011). Ein positives Sicherheitsklima erhöht daher die Häufigkeit von sicherheitskonformem Handeln bei Mitarbeitenden, trotz hohen Arbeitsanforderungen (Bronkhorst, 2015).

Investiert ein Unternehmen in die Gesundheit und Sicherheit der Mitarbeitenden, fördert das innerhalb des Unternehmens die gemeinsame Wahrnehmung, dass das Wohlbefinden der Mitarbeitenden wichtig ist (Mearns, Hope, Ford & Tetrick, 2010). Im Gegenzug verhalten sich die Mitarbeitenden sicher, um dieser wahrgenommenen Priorität von Gesundheit und Sicherheit im Unternehmen Folge zu leisten.

Diese Zusammenhänge sind empirisch gut belegt. Metaanalysen zeigen, dass das Sicherheitsklima mit dem Sicherheitshandeln in direktem Zusammenhang steht (Clarke, 2010; Nahrgang et al., 2011). Auch der indirekte Wirkungsweg – der Zusammenhang von Sicherheitswissen und Sicherheitsmotivation mit sicherem Handeln am Arbeitsplatz – ist gut belegt (Christian et al., 2009). Außerdem fand Bronkhorst (2015) Hinweise darauf, dass ein positives Sicherheitsklima allfällige negative Auswirkungen von Arbeitsanforderungen (z.B. Arbeitsüberlastung) auf sicheres Handeln am Arbeitsplatz abschwächt und positive Auswirkungen von Arbeitsressourcen (z.B. Unterstützung durch Kolleg*innen) verstärkt.

3 Befunde zum Zusammenhang von Arbeitsbedingungen und Arbeitssicherheit

Unfälle im Arbeitsumfeld können zur Schädigung einzelner Personen führen oder ein Schadensausmaß weit über die eigentlichen Organisationsgrenzen hinaus annehmen. Katastrophen wie *Deepwater Horizon* oder *Fukushima* sind auf eine Kombination von mangelhaften technischen Vorkehrungen und ungenügend berücksichtigten sozialen Strukturen am Arbeitsplatz zurückzuführen (Derdowski & Mathisen, 2023). Dabei zeigt eine Metaanalyse von Clarke (2006) den Zusammenhang zwischen sicherem Arbeitshandeln und einer Verringerung von Unfällen auf. Wie im ersten Kapitel bereits ausgeführt wurde, würde es jedoch zu kurz greifen, aus diesem Zusammenhang den Schluss zu ziehen, ausbleibende Unfälle seien automatisch gleichbedeutend mit einer guten Sicherheitsleistung.

Die Ansätze des Sicherheitsmanagements und zur Unfallverhütung am Arbeitsplatz haben sich in den letzten Jahrzehnten stark verändert. Erste Ansätze fokussierten auf die einzelnen Arbeitnehmenden, die Gestaltung des Arbeitsplatzes und den Schutz vor physischer Schädigung (Hofmann, Burke & Zohar, 2017). Mit dieser Konzentration auf die Arbeitnehmenden ging auch die Sichtweise einher, dass sich eine verbesserte Sicherheitsleistung in Form von weniger meldepflichtigen Arbeitsunfällen, Unfällen, Umweltvorfällen und unfallbedingten Produktionsverlusten zeigt (Hollnagel, 2014). Modelle für menschliches Versagen dienten als Erklärung für diesen Effekt (Read, Shorrock, Walker & Salmon, 2021).

Die Sicherheitsforschung in komplexen Mensch-Maschine-Systemen hat in den letzten Jahren einen Paradigmenwechsel erlebt. Ein maßgeblicher Ansatz, vertreten unter anderem von Sidney Dekker (Dekker, Cilliers & Hofmeyr, 2011), argumentiert, dass Unfälle in diesen Systemen oft auf eine Vielzahl zufälliger und teilweise unvorhersehbarer Ereignisse zurückzuführen sind. Die Grundannahme dieses Ansatzes ist, dass in komplexen Mensch-Maschine-Systemen zahlreiche Variablen und Faktoren miteinander interagieren, und dass Unfälle das Resultat eines komplexen Zusammenspiels von zufälligen Ereignissen sind. Diese Ereignisse können von unterschiedlichen Quellen stammen, wie etwa menschlichem Fehlverhalten, technischen Fehlfunktionen oder unerwarteten Umweltbedingungen. Der Fokus liegt dabei auf der Tatsache, dass diese Ereignisse oft nicht im Voraus vorhersehbar sind und daher nicht vollständig eliminiert werden können.

Ein ganzheitlicher Sicherheitsansatz erkennt die Komplexität von Mensch-Maschine-Systemen an und betont die umfassende Berücksichtigung nichtlinearer und nichtdeterministischer Wechselwirkungen (Read et al., 2021). Dies erfordert ein Verständnis der Komplexität und Dynamik dieser Systeme sowie die Anerkennung, dass Ursache-Wirkungs-Beziehungen oft nicht linear verlaufen und kleine Veränderungen unvorhersehbare Auswirkungen haben können.

Gute Arbeitsbedingungen bilden den Ausgangspunkt dieses Sicherheitsverständnisses, einschließlich ergonomischer Arbeitsplätze, sicherer Maschinen und psychosozialer Faktoren wie klarer Kommunikation und angemessener Ressourcen.

Sichere Prozesse resultieren aus gut gestalteten organisatorischen Strukturen und Abläufen sowie der Integration technischer, organisatorischer und individueller Faktoren. Diese beinhalten klare Verantwortlichkeiten, regelmäßige Schulungen und eine kontinuierliche Prozessverbesserung.

Das sichere Handeln der Mitarbeitenden vervollständigt das Sicherheitskonzept, wobei individuelle Fähigkeiten, Schulungen und eine positive Sicherheitskultur proaktives Handeln und Anpassungsfähigkeit fördern. Offene Kommunikation über Fehler und eine kontinuierliche Lernbereitschaft sind zentrale Elemente.

Insgesamt verdeutlicht dieser Sicherheitsansatz, dass Unfälle in komplexen Mensch-Maschine-Systemen nicht durch isolierte Ursachen erklärt werden können. Sicherheit entsteht aus einem Zusammenspiel von guten Arbeitsbedingungen, sicheren Prozessen und sicherem Handeln der Mitarbeitenden. Ein ganzheitlicher Blick auf nichtlineare und nichtdeterministische Wechselwirkungen ist entscheidend für die Entwicklung praxisnaher und effektiver Sicherheitsmaßnahmen.

3.1 Klassische Einflussfaktoren auf die Arbeitssicherheit

Im Folgenden werden die Einflussfaktoren auf Sicherheitsergebnisse und Leistung aus dem breit angelegten systematischen Literaturreview von Cornelissen, Van Hoof und De Jong (2017) aufgeführt. Das Literaturreview bietet einen Überblick über die Forschungserkenntnisse zum Thema (Einflussfaktoren auf Sicherheitsergebnisse und Leistung) zwischen 1980 und 2015.

Die Autor*innen klassifizieren die verschiedenen Formen *negativer Sicherheitsergebnisse*, indem sie *Zwischenfälle*, *Unfälle* und *Verletzungen* unterscheiden. Als Zwischenfälle (z.B. Beinahe-Unfälle) werden negative Ergebnisse, die potenziell zu schweren Schäden führen können, betrachtet. Als Unfälle werden Vorfälle klassifiziert, die zu Sach- und/oder Vermögensschäden führen. Als Verletzungen werden Unfälle angesehen, die zu psychischen und / oder physischen Schäden bei den Betroffenen führen. Der Leistung werden sicherheitsbezogene Leistung und organisationale Leistung untergeordnet.

Die Forschung folgt dem Leitgedanken, dass *Leistung* und *Sicherheitsergebnisse* so zusammenhängen, dass eine gute Leistung zu einer Verringerung bzw. zum Ausbleiben negativer Sicherheitsergebnisse führt (Christian et al., 2009). Eine bessere Leistung kann daher einerseits als Vorstufe von Sicherheitsergebnissen, andererseits als Ziel an sich betrachtet werden. Als sicherheitsbezogene Leistung werden Handlungen oder Verhaltensweisen von Mitarbeitenden definiert, die Gesundheit und Sicherheit sowohl von Mitarbeitenden als auch von Kund*innen, Öffentlichkeit und Umwelt beeinflussen (Burke et al., 2002). Sie zeigt sich in der *Einhaltung von Sicherheitsvorschriften* und der *Beteiligung an Sicherheitsmaßnahmen* (z. B. Neal & Griffin, 2002; Neal, Griffin & Hart, 2000). Als Indikatoren werden dafür häufig *Sicherheits-Partizipation* oder *Sicherheits-Compliance* verwendet.

3.1.1 Physische Arbeitsumgebung

Der Zusammenhang von physischer Arbeitsumgebung mit Sicherheitsergebnissen und Sicherheitsleistung ist gut untersucht (Cornelissen et al., 2017). Dabei scheint die Größe des Unternehmens auf keines der Ergebnisse einen Einfluss zu haben. Gefährdungen (*Hazards*) am Arbeitsplatz, wie z.B. der Umgang mit Gefahrstoffen, schlechte ergonomische Bedingungen oder unzureichende Sicherheits- und Schutzvorrichtungen. stehen in einem eindeutigen positiven Zusammenhang mit negativen Sicherheitsergebnissen (z.B. Unfälle oder Verletzungen), während der Zusammenhang mit der sicherheitsbezogenen Leistung nicht eindeutig ist. Der Einfluss von Schutzausrüstung wird in dieser Kategorie am häufigsten untersucht, wobei die meisten Zusammenhänge mit sicherheitsbezogener Leistung nicht signifikant sind. Der Schutz durch die Ausrüstung scheint aber wichtig für die Sicherheitsleistung zu sein (Cornelissen et al., 2017).

- Je mehr Gefährdungen am Arbeitsplatz bestehen, desto mehr negative Sicherheitsergebnisse, z.B. Unfälle, Vorfälle und Verletzungen, sind zu erwarten.
- Es gibt einen Zusammenhang zwischen Schutzausrüstung und Sicherheitsleistung. Je besser und je besser verfügbar die Schutzausrüstungen sind, desto weniger negative Sicherheitsereignisse gibt es.

3.1.2 Psychologische Faktoren

3.1.2.1 Arbeitscharakteristika

Der Zusammenhang zwischen verschiedenen Arbeitscharakteristika und negativen Sicherheitsergebnissen ist umfassend untersucht, wobei die Studien durchaus nicht immer einheitliche Ergebnisse zeigen (Cornelissen et al., 2017).

Klar belegt ist, dass sehr lange Arbeitszeiten (*working hours*), (zu) hohe Arbeitsanforderungen und Produktionsdruck in einem positiven Zusammenhang mit negativen Sicherheitsergebnissen stehen, d.h. zu einem höheren Auftreten von Vorfällen, Beinahe-Unfällen und Unfällen führen.

- Je länger die Arbeitszeiten sind, desto mehr negative Sicherheitsergebnisse sind zu erwarten. Dieser Befund steht in Übereinstimmung mit vielen Erkenntnissen aus der Arbeitsmedizin, wonach lange Arbeitszeiten zu physischer und psychischer Ermüdung führen, Konzentration und Muskelkraft abnehmen und es dadurch vermehrt zu Sicherheitsereignissen kommt (vgl. dazu u.a. Paridon, 2015).
- Je höher die Dauer der täglichen und wöchentlichen Arbeitszeit ist, desto größer ist auch das Risiko für Fehlhandlungen und arbeitsbedingten Unfällen (Nachreiner, Wirtz, Dittmar, Schomann & Bockelmann, 2010); Rodriguez-Jareño et al., 2014; Tucker et al., 2012; Wagstaff & Lie, 2011). «Das Unfallrisiko steigt dabei nach der 8. Arbeitsstunde exponentiell an, sodass Arbeitszeiten über 10 Stunden täglich als hoch riskant eingestuft werden müssen. Nach einer Arbeitszeit von 12 Stunden ist die Unfallrate im Vergleich zu 8 Stunden um das Zweifache erhöht. [...] vor allem tägliche Arbeitszeiten von mehr als 12 Stunden und wöchentliche Arbeitszeiten von mehr als 55 Stunden stehen mit einem erhöhten Risiko von (Arbeits-)Unfällen (*accidents*), Beinahe-Unfällen (*near-accidents*), sicherheitskritischen Vorfällen (*safety incidents*) und Verletzungen (*injuries / incidents*) in Verbindung (Matre et al., 2021). Dabei werden auch Verkehrsunfälle auf dem Arbeitsweg im Anschluss an lange Arbeitszeiten berücksichtigt (Wegeunfälle).» (Backhaus, Nold, Entgelmeier, Brenscheidt & Tisch, 2023, S. 7)
- «Auch wenn lange Arbeitszeiten mit gesundheitlichen Risiken assoziiert sind, weisen Tucker und Folkard (2012) in ihrem Übersichtsartikel darauf hin, dass eine Reihe von Variablen die Stärke dieses Zusammenhangs beeinflusst. Wenn die Beschäftigten ihre Arbeitszeit selbst kontrollieren können, die Anforderungen gering sind und die Anerkennung hoch und kein Druck ausgeübt wird, Überstunden zu machen, wirken sich lange Arbeitszeiten nicht negativ auf die Gesundheit aus. Oft gehen aber lange Arbeitszeiten mit ungünstigen Faktoren einher, wie z. B. hohen Anforderungen, Schlafunterbrechungen und Problemen, von der Arbeit abzuschalten.» (Paridon, 2015, S. 5)

- Je mehr Produktionsdruck besteht, desto mehr negative Sicherheitsergebnisse sind zu erwarten. Produktionsdruck erzeugt bei den Arbeitnehmenden vermehrt Stress, der zum einen die Aufmerksamkeit beeinträchtigen und damit zu vermehrten Unfällen führen kann, der zum anderen aber auch das Risiko erhöht, dass Sicherheitsverhalten (z.B. das Einhalten von Sicherheitsvorschriften) unterlaufen wird, was ebenfalls das Auftreten negativer Sicherheitsereignisse wahrscheinlicher macht.
- Je höher die Arbeitsanforderungen und je weniger Arbeitsressourcen vorhanden sind, desto mehr negative Sicherheitsergebnissen sind zu erwarten. Auch diese Befunde sind über das o.g. Stresserleben erklärbar.

Hingegen sind Arbeitsressourcen negativ mit negativen Sicherheitsergebnissen und positiv mit der Leistung verknüpft (Cornelissen et al., 2017): Je mehr Arbeitsressourcen zur Verfügung stehen, desto höher ist die zu erwartende Sicherheitsleistung.

Die Vertragsart wiederum steht mit der sicherheitsbezogenen Leistung und den Sicherheitsergebnissen nur schwach in einem Zusammenhang (Cornelissen et al., 2017).

3.1.2.2 Klima und Kultur

Werden organisationales Klima und Kultur untersucht, zeigen sich in Verbindung mit negativen Sicherheitsergebnissen vor allem negative oder nicht signifikante Zusammenhänge, während in Verbindung mit Leistung positive Zusammenhänge gefunden werden (Cornelissen et al., 2017).

- Je besser *Organisationsklima und Kultur* sind, desto weniger negative Sicherheitsergebnisse sind zu erwarten. Ein gutes Organisationsklima, Vertrauen und psychologische Sicherheit stärken die Mitarbeitenden, reduzieren Stress und erhöhen damit deren Sicherheit.
- Je besser *Organisationsklima und Kultur* sind, desto höhere Sicherheitsleistung ist zu erwarten, d.h. die Mitarbeitenden halten konsequenter Sicherheitsvorschriften und -regeln ein.
- Vor allem ein gutes *Sicherheitsklima* wirkt sich positiv auf die Sicherheitsleistung aus. Hier spielen auch Themen wie «organisationales Lernen» und eine gute «Fehlerkultur» eine wesentliche Rolle.

3.1.2.3 Management und Mitarbeitende

Zahlreiche Untersuchungen befassen sich mit den Zusammenhängen zwischen Management und Mitarbeitenden und Sicherheit. Dabei wurden die Unterkategorien *Einstellungen und Verhalten des Managements*, *Einstellungen und Verhalten der Mitarbeitenden* und *Sicherheitsmanagement* untersucht. In allen drei Unterkategorien wurden viele nicht signifikante Zusammenhänge zu Sicherheitsergebnissen und sicherheitsbezogener Leistung gefunden (Cornelissen et al., 2017).

- Je positiver *Einstellung und Verhalten des Managements* bezüglich Sicherheit sind, desto weniger negative Sicherheitsergebnisse sind zu erwarten. Ein Management, das sich z.B. dazu verpflichtet, im Unternehmen Strukturen und Prozesse für das Melden sicherheitskritischer Vorfälle und für ein Lernen aus Fehlern zu schaffen, erhöht damit direkt die Sicherheit der Mitarbeitenden.
- Ein positiver, d.h. stärken- und ressourcenorientierter und wertschätzender, Führungsstil wirkt sich positiv auf die sicherheitsbezogene Leistung aus.
- Eine positive *Einstellung und Verhalten des Managements* gegenüber Sicherheit wirken sich förderlich auf die sicherheitsbezogene Leistung der Mitarbeitenden aus.
- Je positiver die *Einstellung und Verhalten der Mitarbeitenden*, desto weniger negative Sicherheitsergebnisse sind zu erwarten.
- Je positiver die *Einstellungen und Verhalten der Mitarbeitenden* ist, desto höher ist die sicherheitsbezogene Leistung zu erwarten.
- Je besser das *Sicherheitsmanagement* ist, desto weniger negative Sicherheitsergebnisse sind zu erwarten.
- Je besser das *Sicherheitsmanagement* ist, desto besser kann die sicherheitsbezogene Leistung erwartet werden.

3.2 Spezifische Einflussfaktoren aus der Mensch-Technik-Interaktion

Um den Nutzen, aber auch potenzielle Risiken eines technischen Systems beurteilen zu können, braucht es valide und reliable Bewertungskriterien. Diese können sich auf das gesamte Mensch-Technik-System beziehen oder auch auf die konkrete Schnittstellen- und Interface-Gestaltung. Für beide Ebenen werden nachfolgend Bewertungskriterien beschrieben. Dazu eignen sich zum einen die ISO-Norm 9241-210 (DIN EN ISO 9241-210: Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 210: Menschzentrierte Gestaltung interaktiver Systeme, 2020) für den Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher Systeme und zum anderen die KOMPASS-Kriterien nach Grote, Wäfler, Ryser, Weik, Zölch und Windischer (1999).

3.2.1 Usability Kriterien

Für die unmittelbare Gestaltung von Mensch-Technik-Schnittstellen bieten sich Kriterien für gute Benutzbarkeit an, wie sie in der ISO-Norm 9241-210 (für den Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher Systeme), aufgeführt in Tabelle 7, definiert sind:

Tabelle 7
Usability-Kriterien der ISO-Norm 9241-210

Grundprinzip	Erklärung
Aufgabenangemessenheit	Das technische System unterstützt die Benutzenden in der effizienten und effektiven Erledigung der Aufgabe
Steuerbarkeit	Die Benutzenden können das technische System jederzeit in Bezug des Interaktionsverlaufs und Geschwindigkeit kontrollieren
Erwartungskonformität	Das technische System ist so gestaltet, dass es den Erwartungen und dem Wissen der Benutzenden entspricht und diese ihre Erfahrungen anwenden können
Selbstbeschreibungsfähigkeit	Der Umgang mit dem technischen System ist für die Benutzenden verständlich oder wird verständlich erklärt
Fehlertoleranz	Auch wenn Fehler unterlaufen sind, kann mit einem kleinen Korrekturaufwand das Ergebnis erzielt werden
Individualisierbarkeit	Das technische System ist durch die Benutzenden an ihre Arbeitssituation und ihre individuellen Präferenzen anpassbar
Lernförderlichkeit	Das technische System unterstützt die Benutzenden beim Lernen

Bei der Entwicklung und Implementierung neuer technischer Systeme sollten diese Kriterien möglichst früh im Prozess berücksichtigt werden, da zu späteren Zeitpunkten der Entwicklung oft nur noch geringe Optimierungsmöglichkeiten oder Korrekturen möglich sind. Wichtig ist es, möglichst früh im Prozess die Endnutzende in die Entwicklung und Implementierung einzubeziehen, um deren Bedürfnisse und Arbeitsweisen zu kennen und diese in das Design der technischen Systeme einfließen zu lassen.

Auch Rogers, Patterson, Chapman und Render (2005) betonen in ihrer Studie die Relevanz der Überprüfung einer angemessenen Usability vor der Einführung neuer Technologien. Sie konnten in ihrer Untersuchung die Nützlichkeit einer szenariobasierten Usability-Überprüfung aufzeigen, um negative und unerwarteter Folgen bei der Einführung eines neuen, klinischen Informationssystems zu identifizieren. Der Hauptvorteil dieses Ansatzes ist, dass Probleme vor der Umsetzung erkannt und eine Umgestaltung vorgeschlagen werden können, bevor unerwünschte Schädigungen von Patienten auftreten können. Die Erkenntnisse aus ihren szenariobasierten Tests konnten Lücken zwischen dem konzeptionellen Modell des Systems und effektiven Arbeitspraxis aufzeigen. Neben etlichen Vorteilen der überprüften Softwareoberfläche, konnten auch potenziell risikoreiche Nachteile aufgezeigt werden. So konnten zum Beispiel gewisse Informationen nur abgerufen werden, wenn diese explizit

angeklickt wurden. Im Zusammenhang mit Medikamenten barg dies Gefahr, dass diese ignoriert und vergessen werden.

3.3 Einflussfaktoren der New Work

3.3.1 Organisationaler Wandel, Agilität und Entgrenzung von Arbeit

Als die Haupttreiber von Veränderungen unserer Arbeitswelt sehen viele Autor*innen die Entwicklung der (Informations-)Technologie, die Globalisierung, die Demografie bzw. der demografische Wandel. Die Trennung von Arbeits- und Privatleben nimmt ab, nicht zuletzt durch Formen des mobilen und flexiblen Arbeitens, die Kommunikation zwischen den Arbeitnehmenden kann durch flexibilisierte und mobile Arbeitsformen abnehmen.

Greubel, Arlinghaus und Nachreiner (2014) weisen in einer Untersuchung darauf hin, dass das Risiko für Arbeitsunfälle durch variable Arbeitszeiten steigt. Aus separaten logistischen Regressionsmodellen zur Vorhersage von Arbeitsunfällen ergab sich gegenüber fixierten Arbeitszeiten eine Risikoerhöhung um 38% bei variablen Arbeitsstunden pro Tag, eine Risikoerhöhung um 31% bei variablen Arbeitsstunden pro Woche und eine Risikoerhöhung um 18% bei variablen Arbeitstagen pro Woche. Sie erklären dieses erhöhte Unfallrisiko durch Phasenverschiebungen und Störungen der biologischen und sozialen Rhythmen, wonach diese durch variable Arbeitszeiten bedingt seien (Greubel et al., 2014).

Neue Systeme der Arbeitsorganisation können aber auch mehr Flexibilität, Verantwortung und Lernmöglichkeiten bieten. Die Auswirkungen einer flexiblen Arbeitspraxis hängen davon ab, wie sie umgesetzt, gestaltet und verwaltet wird (Kompier, 2006).

Weitere Gefahren können durch veränderte Anstellungsbedingungen entstehen, durch prekäre Arbeit, Arbeitslosigkeit, Unterbeschäftigung, obsoleete Kompetenzen älterer Mitarbeitenden, psychosozialen Stress und Arbeitsintensivierung. Eine (erwartete) 24/7-Verfügbarkeit kann Gesundheit von Arbeitnehmenden und Familien schaden (Schulte et al., 2020).

So ergab eine großangelegte Studie von Dembe, Erickson, Delbos und Banks (2005) mit 10'793 amerikanischen Arbeitnehmenden eine Erhöhung der Gefährdungsrate für Verletzungen bei Arbeitsplätzen mit Überstunden um 61% im Vergleich zu Arbeitsplätzen ohne. Eine Arbeitszeit von mindestens 12 Stunden pro Tag erhöhte das Risiko um 37%, bei mindestens 60 Stunden pro Woche lag die Zunahme bei 23%.

Bunner, Prem und Korunka (2018) weisen auf die Gefahr der Intensivierung von Arbeit hin, also dass weniger Arbeitnehmende mehr Arbeit in kürzer Zeit vollbringen müssen. Ihre Studie konnte empirisch nachweisen, dass die Arbeitsintensivierung in einem negativen

Zusammenhang mit der Einhaltung von Sicherheitsvorschriften als auch der freiwilligen Teilhabe an organisationaler Sicherheit zusammenhing.

Diese Erkenntnisse legen nahe, dass die Arbeitsintensivierung nicht nur das individuelle Sicherheitsverhalten, sondern auch die Sicherheit der Arbeitsumgebungen innerhalb einer Organisation beeinflusst.

Auch Schirmer (2014) weist auf mögliche negative Auswirkungen des organisationalen Wandels auf die Gesundheit und Leistungsfähigkeit der Mitarbeitenden hin. Erhöhte Risiken für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Reizbarkeit, Müdigkeit, Substanzmissbrauch und Gratifikationskrisen können solchen negativen Auswirkungen sein. Er unterstreicht zudem die Bedeutung von Fairness, Verteilungsgerechtigkeit und die Vermeidung kurzfristiger Leistungsmaximierung in Umstrukturierungsprozessen.

Eine Studie im Kontext der schwedischen Lebensmittelproduktion (Stave & Törner, 2005) ging der Frage nach, welche organisationalen Voraussetzungen als Risikofaktoren für Arbeitsunfälle identifiziert werden können. Dabei zeigten sich unzureichende Kommunikation und unzureichendes Lernen, zudem ein hohes Maß an Verantwortung in Kombination mit geringer Kontrolle, Zielkonflikten und einer Kluft zwischen Verfahren und Praxis als risikoreiche Faktoren für Arbeitsunfälle. Diese Voraussetzungen würden demnach zu Risikoakzeptanz und Resignation hinsichtlich der Verbesserung der Sicherheit und der Normalisierung des Risikos führen.

Der zunehmende Einsatz von Technologie (z. B. Roboter, Maschinen, Digitalisierung) birgt seinerseits das Potenzial, die Komplexität der Produktionssysteme in allen Branchen zu erhöhen. Dies kann die Arbeitsbelastung und das Stressniveau verstärken und die Motivation der Arbeitnehmenden verringern. Andererseits kann eine Technologie(-unterstützung) in historisch männerdominierten Branchen zu einem Chancenausgleich führen (weniger Bedarf an physischer Kraft durch Technologie) (Kompier, 2006; Schulte et al., 2020).

Automatisierte Maschinen und Roboter können Arbeitnehmende entweder ersetzen oder sie unterstützen, indem sie ihre Aufgaben flexibler, sicherer und sozial integrativer gestalten. Andererseits werden Arbeitnehmende mit Aufgaben betraut sein, die Entscheidungsfindung, Verantwortung und Management erfordern, sowie mit Mensch-Maschine-Interaktionen, die sie sowohl mit Gesundheits- und Sicherheitsrisiken im Zusammenhang mit automatisierten Werkzeugen als auch mit größerem psychosozialen Stress konfrontieren (Leso, Fontana & Iavicoli, 2018). Daraus resultierende Gefahren für die Arbeitssicherheit sind u.a.:

- psychische Überlastung, Arbeitsdichte, Ungleichgewicht zwischen Fähigkeiten und Aufgabenanforderungen, Verletzung der Privatsphäre, reduzierter Mensch-zu-Mensch-Kontakt und Arbeitslosigkeit.

- neue Arten von Unfällen (mechanische, elektrische oder thermische Gefahren durch automatisierte Systeme; Verbindungsprobleme zwischen Systemteilen, fehlerhafte Elektronik oder Programmierung etc.), wenn Leitlinien oder Normen für das Zusammenspiel mit neuen Technologien fehlen und sich erlebte Spannungen zwischen der virtuellen und der realen Welt bei zunehmender technologischer Integration am Arbeitsplatz zeigen.

Tabelle 8 fasst die in der Literatur adressierten kritischen Faktoren und deren Folgen für die Arbeitnehmende zusammen.

Tabelle 8

Kritischen Faktoren der New Work und deren Folgen für die Arbeitnehmenden

Kritische Faktoren	Potenzielle Auswirkungen
Ausschließlicher Fokus auf Technologie	Technologie allein wird die Zukunft der Arbeit nicht gestalten; der soziale Kontext, der Dialog und der Prozess sind entscheidend.
Junge Arbeitnehmende	Bedarf an fortgeschrittenen kognitiven und verhaltensbezogenen Fähigkeiten nimmt zu, an einfachen, berufsspezifischen ab.
Ältere Arbeitnehmende	Länder mit einer höheren prognostizierten Alterung haben im Allgemeinen einen größeren Anteil an älteren Arbeitnehmenden, die von der Automatisierung bedroht sind.
Soziale Isolation	Dezentralisierte Arbeit kann zu sozialer Isolation und Einsamkeit führen.
Cognitive enhancement	Ein verstärkter Konsum von Medikamenten zur Verbesserung der kognitiven Fähigkeiten ist wahrscheinlich. Medikamente, die die kognitiven Fähigkeiten verbessern (und die die auch körperliche Auswirkungen haben können), werden möglicherweise in unangemessener Weise anstelle von Verbesserungen der Arbeitsorganisation gefördert
Überwachung	Am Körper zu tragende Sensoren oder andere Überwachungstechnologien können zu Verletzungen der Privatsphäre und Autonomie sowie zu Diskriminierung führen

3.3.2 Digitalisierung, Automatisierung und Nutzung von Künstlicher Intelligenz (KI)

Um die Anforderungen von Digitalisierung und Automatisierung in der Arbeitswelt abzubilden, wurde das ursprüngliche Job Demands-Resources-Modell von Scholze und Hecker (2023) um digitale Faktoren erweitert (Abbildung 6).

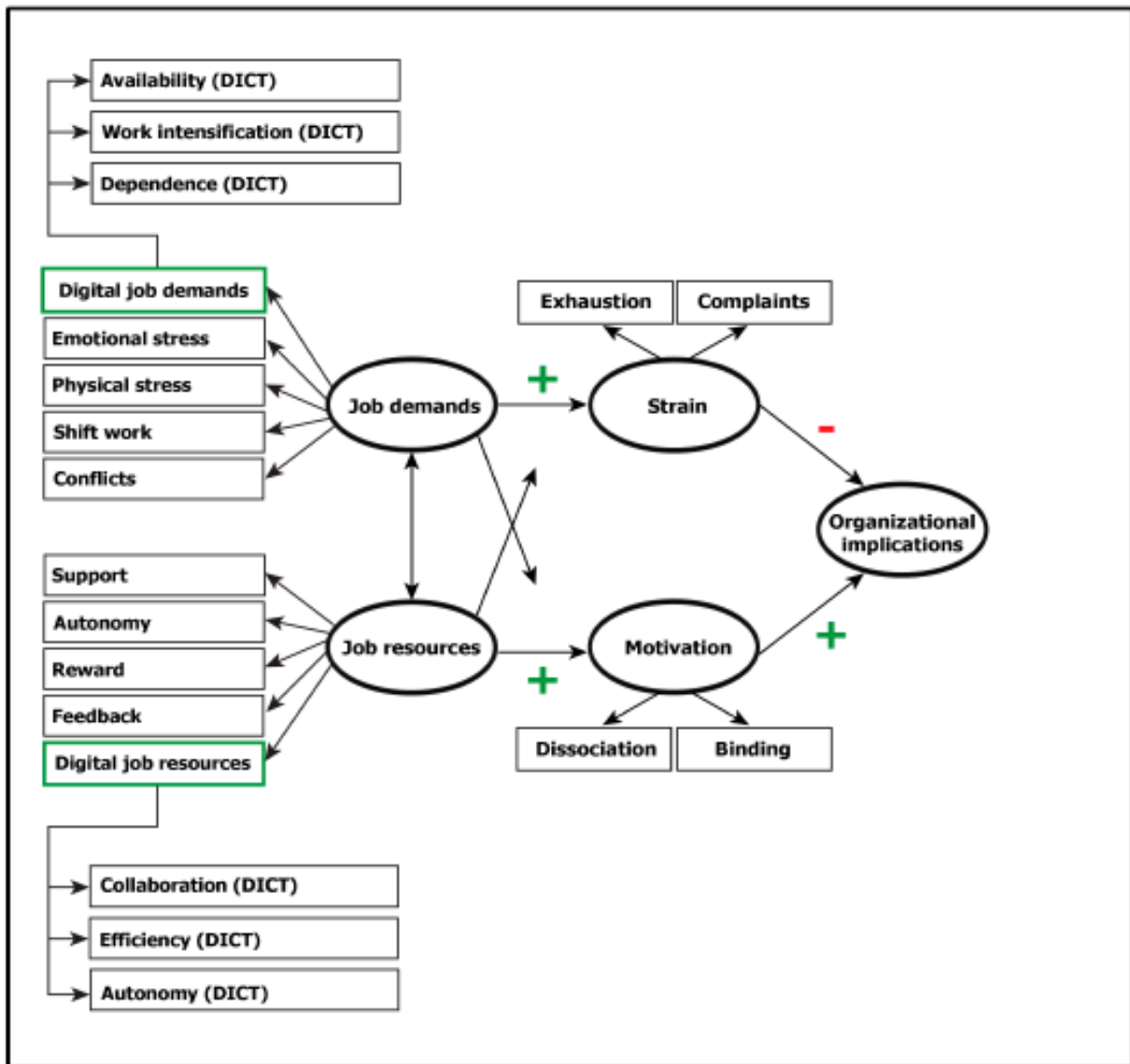


Abbildung 6. Digital Job Demands and Resources: Digitization in the Context of the Job Demands-Resources Model von Scholze und Hecker (2023, S. 11)

Die drei zentralen Digital Job Demands bei «white collar jobs²» sind nach Scholze und Hecker (2023):

- *Availability*: Ständige Verfügbarkeit hat negative Konsequenzen, Boundary Management wird hochrelevant.
- *Dependence on DICT* (*DICT: digital information and communication technologies*): Starke Abhängigkeit vom Funktionieren der Technik (z.B. VPN-Störungen im Home-Office können Arbeit einschränken und zu Frustration führen).

² Der Begriff *White Collar Jobs* bezieht sich auf Beschäftigte, die in der Regel in Büro-, Handels- und Dienstleistungsberufen arbeiten und für ihre Tätigkeit vorwiegend intellektuelle Fähigkeiten benötigen. Im Gegensatz dazu stehen *Blue Collar Jobs*, die in der Regel manuelle oder körperliche Arbeit erfordern und meist in Branchen wie Bau, Produktion, Handwerk, Transport und Lagerhaltung zu finden sind. (https://de.wikipedia.org/wiki/Blue_Collar)

- *Work Intensification through DICT*: Die Verwendung von DICT hat sowohl die Geschwindigkeit als auch das Volumen an Arbeit erhöht.

Die zentralen Digital Job Resources sind:

- *Autonomy through DICT*: Vereinfachung von autonomen und flexiblen Arbeiten; Selbstbestimmung wie Aufgaben ausgeführt werden; DICT ermöglicht zeitnahe und flexible Entscheidungen.
- *Collaboration through DICT*: Echtzeit-Kommunikation unabhängig vom physischen Standort; umfassendere und leicht zugängliche Datenbanken/Informationsaustausch; höhere Job Performance und Arbeitszufriedenheit.
- *Efficiency through DICT*: Bei angemessener Implementierung in den Arbeitskontext kann DICT als digitale Arbeitsressource dienen, die die Effizienz erhöht.

Wie sich das Verhältnis von digitalen Anforderungen und Ressourcen auf die Arbeitssicherheit und die Wahrscheinlichkeit von Arbeitsunfällen entwickeln wird, wird in zukünftigen Studien zu untersuchen sein. Erste Hinweise gab eine Untersuchung von Harrison, Mullen und Green (1992), in welcher ein Rückgang von Arbeitsunfällen um 30% direkt auf den Einsatz neuer Technologien zurückgeführt wurde. Erklärt wurde diese Minderung durch einen Substitutionseffekt: Der technologische Wandel ging mit einer Reorganisation des Prozesses einher, durch welcher Einzelarbeit wegfiel und die verschiedenen Schritte im Produktionsprozess stärker integriert wurden. Dies führte jedoch zu einem erheblichen Rückgang der individuellen Arbeitsautonomie und zu einer Zunahme des Arbeitsdrucks.

Gihleb, Giuntella, Stella und Wang (2022) schauten sich den Zusammenhang vom Einsatz von Industrierobotern und Verletzungen am Arbeitsplatz an. Sie fanden heraus, dass eine Erhöhung der Roboterexposition um eine Standardabweichung zu einer Reduktion von arbeitsbedingten Verletzungen um 1,2 Fälle pro 100 Vollzeitarbeitende (eine Verringerung um 16% im Vergleich zum Mittelwert) führte. Sie erklärten diesen Rückgang mit der Umverteilung von Aufgaben in der Produktion, wobei aufgrund der Verwendung von Robotern weniger körperlich belastende Aufgaben und Tätigkeiten ausgeführt werden müssen.

Spezifische Risikofaktoren, aber auch potenzielle Chancen der Nutzung künstlicher Intelligenz (KI) am Arbeitsplatz benennt Howard (2019):

Sensorik

- Durch ein Netzwerk von Internet of Things (IoT) Sensoren (am menschlichen Körper und an Objekten) könnten Gesundheitsrisiken besser eingeschätzt und die Arbeitsplatzsicherheit erhöht werden.
- Verteilung von Sensoren über den ganzen Arbeitsplatz erzeugen große Datenmengen und ermöglichen eine kontinuierliche Überwachung der Arbeitsplatzsicherheit
- Große Datensätze, die von einem 24/7-Sensornetz erzeugt und die durch maschinelles Lernen gestützte Algorithmen analysiert werden, haben das Potenzial, die Überwachung der Auswirkungen von KI auf Sicherheit und Gesundheit zu erhöhen.
- Trainings mit und in virtuellen Realitäten können für eine bessere Gefahrenerkennung bei Arbeitnehmenden genutzt werden.
- Datenschutz-Dilemma: Überwachung kann zu Verlust von Privatsphäre, Depersonalisierung und erhöhtem Stress führen. Gegenmaßnahmen: Gewährleistung der freiwilligen Beteiligung der Arbeitnehmenden; Beendigung der Datenerhebung außerhalb des Arbeitsplatzes; Offenlegung aller Datenverwendungen und die Gewährleistung einer sicheren Datenspeicherung.

Robotik

- Entwicklung hin zu kollaborativen Robotern (*Cobots*).
- Neue Gefahren: Insbesondere Kollisionsgefahr.
- Taktile Wahrnehmung bei Robotern nach wie vor eine große Herausforderung.
- ISO-Empfehlungen für Industrieroboter: a) sicherheitsrelevante überwachte Anhaltekontrollen; (b) Führung des Roboters durch die menschliche Hand; (c) Geschwindigkeits- und Abstandsüberwachung und (d) Leistungs- und Kraftbegrenzungen (ISO/TS 15066:2016 Robots and Robotic Devices – Collaborative Robots).

DSS (Decision Support Systems)

- KI-basierte Entscheidungsunterstützung basierend auf großen Datenmengen, besonders in der Medizin, hat zu Fortschritten geführt.
- Kritik: Die Algorithmen sind nur so gut wie die Daten (z.B. nur gute Krebserkennung bei weißer Haut); oftmals Black-Box-Verfahren, d.h. Nicht-Offenlegen der zugrunde liegenden Algorithmen (verstärkt durch Geheimhaltung von Firmen), dadurch mangelndes Vertrauen in das Tool; Gefahr aber auch von zu hohem Vertrauen und Fähigkeitsverlusten (*Deskilling*).

Mensch-Maschine Interaktion

- Fragen nach Umgang mit Unsicherheiten in Mensch-Maschine Interaktionen verbunden mit KI-gestützten Systemen (Fragen nach Verantwortlichkeiten; Gefahr, dass Integrität eines technischen Systems höher gewertet wird als die des menschlichen Operateurs).
- Gerade bei Black-Box-Verfahren ist es ein schlechter Safety-Management-Ansatz, die Verantwortung ausschließlich an den Menschen zu übertragen.
- Deshalb sollten Safety-Expert*innen einen strategischen Weitblick für die Möglichkeiten und Herausforderungen von KI-gestützten Technologien für Sicherheit, Gesundheit und Wohlbefinden der Arbeitnehmenden entwickeln und vor einer KI-Einführung deren Nutzen und Risiken sorgfältig abwägen.

In einer weiteren Übersichtsarbeit fassen Constantino et al. (2021) neu aufkommende Gefahren für Gesundheit und Sicherheit von Arbeitnehmende in digitalisierten Fertigungssystemen zusammen (Tabelle 9).

Tabelle 9

Neu auftretende Gefahren für Gesundheit und Sicherheit von Arbeitnehmenden in digitalisierten Fertigungssystemen

Augmented Reality / Virtual Reality		
Gefahren-kategorie	Gefahrenquelle	Konsequenz
Organisational	Längerer Gebrauch der Geräte	Unbehagen; Ermüdung der Augen; Übelkeit, Schwindel, Desorientiertheit; Reisekrankheit und Kopfschmerzen; Soziale Isolation; Erhöhter Herzschlag und Atemfrequenz; Schäden verursacht durch Ablenkung.
	Informationsflut	Kognitive Überbelastung
	Bildlatenz	Kopfschmerzen
	Überschneidung zwischen virtuellen Bildern und realen Objekten	Ermüdung der Augen durch die unterschiedliche Brennweiten
	Möglichkeit, den Mitarbeitenden in Echtzeit Aufträge zu erteilen	Psychophysische Überlastung durch die Arbeitsintensivierung
	Entspezialisierung von Arbeitsaufgaben	Deskilling
	Unzureichende Ausbildung für die Mitarbeitenden	Schäden, die durch unerwartete Ereignisse eintreten können
Psychologisch	Gewöhnung an Technologie	Abhängigkeit
	Übermäßige körperliche und geistige Belastung	«Techno-Stress»
	Interaktion mit Technologie	Soziale Isolation

Automated Guided Vehicle

Gefahren-kategorie	Gefahrenquelle	Konsequenz
Organisational	Verbale Mensch-Maschine Interaktion	Schäden durch Missverständnisse
	Unzureichende Ausbildung für die Mitarbeitenden	Schäden durch unerwartete Maschinenreaktionen; verringerte Arbeitszufriedenheit
	Nicht benutzungsfreundlich gestaltete Interfaces	Gefühl von Unsicherheit und Gefahr
	Erhöhte Aktivitätskontrolle durch System/Gerät	Psychologischer Stress
	Manöver-Fehler (durch Mensch oder Maschine)	Psychologischer Stress
	Unangemessene Cybersicherheit	Gefahren durch Hacker; unerwartetes Systemverhalten

Exoskelette

Gefahren-kategorie	Gefahrenquelle	Konsequenz
Psychologisch	Vertrauen in Technologie	Geringere Aufmerksamkeit auf Sicherheitsmaßnahmen, Verlust der Muskeldichte
	Konstante Verwendung	Angst vor Stigmatisierung (als technologieabhängig wahrgenommen zu werden)

Roboter / Cobots		
Gefahren- kategorie	Gefahrenquelle	Konsequenz
Organisational	Gleichzeitige Überwachung von mehreren Robotern/Cobots	Kognitive Überlastung
	Verringerung der von Menschen ausgeführten Aktivitäten	Kognitive Unterforderung und daraus resultierende Schäden im Zusammenhang mit Aufmerksamkeitsdefizit
	Automatisiertes Lernen	Unvorhersehbares Verhalten der Roboter
Psychologisch	Mehr Kontakt mit Robotern, weniger mit Menschen	Soziale Isolation
	Erhöhung der Roboter/Cobots-Implementierung	Gefühl der Unterlegenheit
	Wahrnehmung von unzureichender Sicherheit	Psychologischer Stress
	Übervertrauen	Gefahr von Unfällen
	Roboter/Cobot-Variabilität und Unvorhersehbarkeit	Stress; Angst und Unsicherheit

3.3.3 Zusammenfassung

Bei einer suboptimalen Interaktion von Menschen und Automation zeigen sich insbesondere drei Problemfelder:

1. ein mangelndes oder ein übersteigertes Vertrauen in die Automation,
2. Schwierigkeiten bei der Aufrechterhaltung eines angemessenen Situationsbewusstseins und
3. der Verlust von Fertigkeiten als Folge einer Nutzung automatisierter Systeme (Manzey, Reichenbach & Onnasch, 2012).

Ein nachvollziehbares und vorhersehbares Systemverhalten bildet die Grundlage für die notwendige Prozesstransparenz eines Systems, die das Verständnis der Nutzenden für die aktuelle Situation sicherstellt (Grote, Ryser, Fler, Windischer & Weik, 2000). Eine angemessene

Prozesstransparenz ist notwendig, um mentale Modelle über die Art des Systemzustands und die daraus resultierende Entscheidung, ob ein Eingriff erforderlich ist, zu bilden und zu erhalten (Grote, 2009), um eine sichere Bedienung des Systems und damit die Unfallfreiheit zu gewährleisten.

Sind diese Voraussetzungen nicht gegeben, bergen automatisierte System neben erheblichen Chancen auch erhebliche Risiken für Unfälle und kritische Ereignisse (vgl. Tabelle 9). So könnte es bei Augmented oder Virtual Reality Anwendungen oder bei der Verwendung von Automatisierten Fahrzeugen (*Automated Guided Vehicle*) zum besagten Verlust von Fertigkeiten kommen und zu Unfällen aufgrund Deskillung hinsichtlich der korrekten Ausführung von Arbeitsabläufen oder sicheren Manövrieren eines Fahrzeuges kommen. Ähnliche Gefahren bergen auch Exoskelette oder der Einsatz von Roboter. Besteht während der Anwendung ein übersteigertes Vertrauen in die Verlässlichkeit eines Exoskelettes, könnte es sein, dass z.B. Lastenobergrenzen nicht eingehalten werden, was wiederum schwerwiegende Folgen haben könnte. Die gleichzeitige Überwachung von mehreren Industrieroboter könnte durch die kognitive Überlastung zu Schwierigkeiten bei der Aufrechterhaltung eines angemessenen Situationsbewusstseins führen, was wiederum ein hohes Gefahrenpotential birgt.

4 Handlungsfelder einer bedingungsbezogenen Prävention

4.1 Handlungsfelder

Im folgenden Abschnitt werden einige notwendige Handlungsfelder und Maßnahmen beleuchtet, die zur Verbesserung der Sicherheit am Arbeitsplatz beitragen können. Dazu wurden die theoretischen Impulse und dargelegten Verursachungen genauso berücksichtigt, wie die vorliegende arbeitspsychologische Expertise.

4.1.1 Arbeits- und Bedarfsanalysen

Psychologische Gefährdungsbeurteilungen und/oder Arbeitsanalysen als Basis

Für die Verhütung von Arbeitsunfällen müssen Potentiale durch die Auftragsgestaltung als auch durch eine Person minimiert werden. Dafür ist es notwendig und essenziell, dass neben den physischen Expositionsstoffen auch psychologische Belastung möglichst genau (vgl. DIN EN ISO 10075-3 und die dort beschriebenen drei Stufen der Analysetiefe) erhoben und analysiert werden. Eine Verhütung gelingt nur durch eine ganzheitliche Gestaltung der Arbeitsaufträge und -systeme als Antwort auf etwaige Gefährdungsbeurteilungen.

Risikobewertung und -management

Eine fundierte Risikobewertung ist ein erster notwendiger Schritt zur Prävention von Arbeitsunfällen. Unternehmen müssen potenzielle Gefahren am Arbeitsplatz identifizieren und bewerten, um angemessene Maßnahmen zur Risikominderung einzuleiten. Dies erfordert eine systematische Analyse von Arbeitsabläufen, technischen Geräten, Umgebungsfaktoren und menschlichem Verhalten.

Sicherheitskultur und -bewusstsein

Eine positive Sicherheitskultur, die von der Unternehmensführung bis hin zu den Mitarbeitenden auf allen Ebenen getragen wird, ist entscheidend für die Prävention von Arbeitsunfällen. Mitarbeitende müssen für Sicherheitsrisiken sensibilisiert werden und sich aktiv an Sicherheitsinitiativen beteiligen. Regelmäßige Schulungen, Sicherheitsbesprechungen und das Hervorheben von «Best Practices» tragen dazu bei, das Sicherheitsbewusstsein zu fördern.

Arbeitsgestaltung

Eine gute Arbeitsgestaltung sollte Aufgabenvielfalt und Aufgabenvariabilität bieten, die sowohl herausfordernd als auch bedeutungsvoll sind und die den Mitarbeitenden ermöglichen, ihre Fähigkeiten zu nutzen und sich persönlich weiterzuentwickeln.

Arbeitsanforderungen sollten so gestaltet sein, dass die Mitarbeitenden ein möglichst hohes Maß an Autonomie und Kontrolle über ihre Arbeit haben, um Entscheidungen treffen zu können und ihren Arbeitsablauf zu gestalten. Die Möglichkeit, eigenverantwortlich zu handeln und Einfluss auf die Arbeitssituation zu nehmen, trägt zur Motivation und Arbeitszufriedenheit bei und hilft, Arbeitsunfälle zu vermeiden.

Eine ausgewogene Arbeitsbelastung ist entscheidend, um Überlastung und Erschöpfung zu vermeiden. So sollten Pausen und Erholungsphasen in den Arbeitsablauf integriert werden, um die Leistungsfähigkeit aufrechtzuerhalten und das Risiko von Stress und damit auch unsicheren Handlungen und Arbeitsunfällen zu reduzieren.

Die Förderung einer positiven Teamkultur und sozialer Unterstützung am Arbeitsplatz trägt darüber hinaus zur Bewältigung von Arbeitsanforderungen und zur Verhinderung von Arbeitsunfällen bei und stärkt das Zusammengehörigkeitsgefühl der Mitarbeitenden. Eine gute Arbeitsgestaltung sollte daher den Austausch und die Zusammenarbeit zwischen den Mitarbeitenden fördern.

Und schließlich sind die Anerkennung von Leistungen und die Wertschätzung der Mitarbeitenden wesentliche Bestandteile einer guten Arbeitsgestaltung. Durch wertschätzendes Feedback, mehr Verantwortung und Autonomie werden Mitarbeitende motiviert und ihr Engagement für die Arbeit gestärkt.

Insgesamt basiert eine gute Arbeitsgestaltung auf dem Verständnis der Bedürfnisse und Fähigkeiten der Mitarbeitenden sowie der Schaffung einer Umgebung, die ihre Gesundheit, Motivation und Leistungsfähigkeit fördert. Das Konzept der «vollständigen Tätigkeiten», wie es bereits von Hacker (2005) und Ulich (2007) formuliert wurde, betont die Bedeutung von abwechslungsreichen, sinnvollen und herausfordernden Aufgaben, die es den Mitarbeitenden ermöglichen, ihre Fähigkeiten einzubringen, ihr Leistungspotenzial auszuschöpfen und zu erweitern und so eine hohe Arbeitszufriedenheit zu erleben.

Ergonomie und Arbeitsplatzgestaltung

Die Gestaltung von Arbeitsplätzen und Arbeitsabläufen nach ergonomischen Prinzipien kann das Risiko von Verletzungen und Unfällen deutlich reduzieren. Dies umfasst die Anpassung von Arbeitsstationen an die individuellen Bedürfnisse der Mitarbeitenden, die Bereitstellung ergonomischer Werkzeuge und die Gestaltung von Arbeitsabläufen, um Überlastungen und unnötige Belastungen zu minimieren.

Technische Sicherheitsmaßnahmen

Der Einsatz von technischen Sicherheitsmaßnahmen wie Schutzvorrichtungen an Maschinen, automatisierten Warnsystemen und Sicherheitseinrichtungen in Arbeitsumgebungen kann das Risiko von Unfällen erheblich verringern. Investitionen in fortschrittliche Technologien zur Sicherung von Arbeitsplätzen und zur Überwachung von Sicherheitsrisiken sind daher von entscheidender Bedeutung.

Arbeitsorganisation und -management

Eine effektive Arbeitsorganisation und -managementpraktiken können zur Verbesserung der Sicherheit beitragen. Dazu gehören eindeutige, verständliche und mit dem tatsächlichen Arbeitsablauf kompatible Arbeitsanweisungen, die Festlegung von Verantwortlichkeiten, die

Förderung von Teamarbeit und die Einrichtung von Notfallplänen für den Umgang mit unvorhergesehenen Ereignissen.

Kontinuierliche Verbesserung und Evaluation

Die regelmäßige Überprüfung von Sicherheitsmaßnahmen, das Sammeln von Feedback von Mitarbeitenden und die Durchführung von Sicherheitsaudits sind entscheidend für die kontinuierliche Verbesserung der Arbeitssicherheit. Unternehmen sollten ihre Sicherheitspraktiken regelmäßig evaluieren und Anpassungen vornehmen, um auf neue Herausforderungen und Entwicklungen zu reagieren.

Insgesamt erfordert die bedingungsbezogene Prävention von Arbeitsunfällen eine ganzheitliche und proaktive Herangehensweise, die eine Kombination von Maßnahmen auf organisatorischer, technischer und individueller Ebene umfasst. Durch die Umsetzung dieser Maßnahmen können Unternehmen dazu beitragen, Arbeitsunfälle zu reduzieren und eine sicherere Arbeitsumgebung für alle Mitarbeitenden zu schaffen. Im folgenden Abschnitt werden einige Instrumente beschrieben, die Unternehmen bei einer solchen prospektiven Herangehensweise bei der Arbeitsgestaltung unterstützen.

4.2 Forschungsbedarfe

Arbeitsunfälle stellen nach wie vor eine Herausforderung dar, die nicht nur die Sicherheit und Gesundheit der Arbeitnehmenden, sondern auch die Produktivität und Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen beeinträchtigen können. Angesichts der sich wandelnden Arbeitswelt, geprägt von New Work (siehe Kapitel 3.3) mit ihren Trends der Automatisierung, digitaler Transformation und der Nutzung künstlicher Intelligenz, sind neue Forschungsansätze erforderlich, um Arbeitsunfälle bestmöglich zu verhindern. Im Folgenden werden einige Forschungsbedarfe identifiziert.

Fehlerprofile von Tätigkeiten mit der Methodik objektiv bedingungsbezogene Arbeitsanalyse

Seit Jahren der arbeitswissenschaftlichen Forschung wissen wir, welche Arbeitsmerkmale (Fehl-)Beanspruchungen hervorrufen. Für eine präventive Arbeitsgestaltung wären „Fehlerprofile einzelner Tätigkeiten“ insofern interessant, als dass diese mit einem objektiv bedingungsbezogenen Instrument erstellt wurden. So ließen sich Arbeitsmerkmalskombinationen analysieren, welche Fehlhandlungen und somit Unfälle vorhersagen können. Solche Art der Vorhersagen sind bereits für Konstrukte wie Arbeitsintensität und Handlungsspielraum möglich, jedoch nicht explizit auf die unfallverursachende Fehlhandlungswahrscheinlichkeit. Diese Tätigkeitsprofile könnten dann im weiteren Schritt mit Leistungsvoraussetzungen von Personen gematcht werden. Damit könnten wir eine Aussage dazu treffen, welches Tätigkeitsprofil und welches Personenprofil (i.S. vorhanden Qualifikation, Wertehaltung, etc.) Unfallwahrscheinlichkeiten erhöhen. Für diese Risikogruppen brauchen wir dann Präventionsmaßnahmen, die verhältnis- und verhaltensseitig sind (i.S. der dynamischen Gestaltung).

Ursachenforschung von Unfällen in Bezug auf Informationsmangel

Die subjektive Gefahreinschätzung ist ein wesentlicher Prädiktor für Fehlhandlungen. Es gilt zu erforschen, welche arbeitsseitigen Merkmale die Risikoabschätzung valider werden lassen. Es kann sein, dass die Arbeitsmerkmale bei ausreichend langer Ausübung einer Tätigkeit kaum noch Effekt haben auf die Risikoabschätzung. Wenn dem so ist, dann ist die Präventionsmaßnahme zur Steigerung dieser Einschätzung in den menschlichen Dialog zu legen. Beispielsweise im Rahmen von kollegialer Fallberatung, aufklärender Führung und auch anderer edukativer Maßnahmen. Insbesondere der Einfluss digitaler Technik in das Arbeitssystem kann Auswirkungen auf die Wahrnehmung der eigenen Beeinflussbarkeit der Tätigkeit durch die Person haben. Wenn die Person die eigenen Eingriffsmöglichkeiten nicht mehr sieht, aber die potenzielle Gefahrenexposition gleichbleibt, könnte es zur Folge haben, dass die Risikoabschätzung absinkt. Eine Unfallwahrscheinlichkeit würde dann steigen.

Forschung zur Mensch-Maschine-Interaktion (MMI) und zu Human-Machine-Teamings (HMT)

Die zunehmende Automatisierung und der Einsatz von künstlicher Intelligenz am Arbeitsplatz erfordern eine vertiefte Untersuchung der Mensch-Maschine-Interaktion (MMI). Es besteht ein Bedarf an Forschung, die sich darauf konzentriert, wie Menschen mit neuen Technologien interagieren, um potenzielle Sicherheitsrisiken zu identifizieren und geeignete Maßnahmen zur Risikominderung zu entwickeln. Die MMI spielt eine zunehmend wichtige Rolle in einer Vielzahl von Bereichen, von der Industrie bis hin zur Gesundheitsversorgung und dem Transportwesen. Insbesondere im Kontext des Human-Machine-Teamings (HMT) wird die Interaktion zwischen Mensch und Maschine als kollaborativer Prozess betrachtet, bei dem sowohl menschliche als auch maschinelle Fähigkeiten und Ressourcen kombiniert werden, um gemeinsame Ziele zu erreichen. Forschung zur MMI im Sinne des HMTs muss sich künftig darauf konzentrieren, die Interaktion und Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine zu verbessern, um optimale Leistung, Effizienz und Sicherheit zu gewährleisten. Eine zentrale Herausforderung dabei ist die effektive Kommunikation und Koordination zwischen Mensch und Maschine in HMT. Eine reibungslose und natürliche Kommunikation sowie die Integration von kollaborativen Planungs- und Entscheidungsunterstützungssystemen sind entscheidende Erfolgsfaktoren für gut funktionierende HMT.

Damit ein erfolgreiches HMT entstehen kann, ist es darüber hinaus entscheidend, dass Mensch und Maschine ein gegenseitiges Vertrauen und Verständnis aufbauen. Forschungsbedarf besteht hier darin, die Grundlagen des Vertrauens und des Verständnisses in HMT zu erforschen und Mechanismen zu entwickeln, um das Vertrauen in die Maschine zu stärken und die Transparenz über das Verhalten und die Entscheidungen der Maschine zu verbessern.

HMT erfordern Flexibilität und Anpassungsfähigkeit sowohl seitens des Menschen als auch der Maschine. Forschungsbedarf besteht hier, adaptive Schnittstellen und Systeme zu entwickeln, die sich den wechselnden Anforderungen und Bedürfnissen des Teams anpassen können, sowie auf die Untersuchung von Trainings- und Schulungsstrategien, um die Anpassungsfähigkeit der Mitarbeiter an neue Technologien und Arbeitsweisen zu fördern.

Bei der Entwicklung von HMT-Systemen ist es wichtig, soziale und ethische Aspekte zu berücksichtigen, um sicherzustellen, dass die Interaktion zwischen Mensch und Maschine den Grundsätzen der Ethik und der Menschenwürde entspricht. Forschung hierzu muss künftig ethische Fragestellungen im Zusammenhang mit der MMI untersuchen, wie beispielsweise Datenschutz, Privatsphäre, Autonomie und Verantwortung.

Die Erfassung und Evaluierung der Leistung und Sicherheit von HMT-Systemen ist ein weiterer wichtiger Forschungsbereich. Es müssen Methoden entwickelt werden, um die Leistung und Effektivität des Teams sowie die Sicherheit am Arbeitsplatz zu bewerten, und um Erkenntnisse zu gewinnen, die zur kontinuierlichen Verbesserung der MMI beitragen.

Außerdem gilt es zu erforschen, welche Veränderungen die Hinzunahme von Technologien für die einzelne Arbeitstätigkeit erzeugen. Welche «Restfunktionen» verbleiben beim Menschen und sind diese ausreichend, um gut gestaltete Arbeit zu erleben und auch Orientierungspunkte für den Menschen zu geben, um Unfälle zu verhüten? Insbesondere das Konstrukt der Vollständigkeit ist hierbei ein arbeitspsychologischer Marker, welcher bei nicht Vorliegen gut belegt Fehlbeanspruchungen vorhersagen kann.

Eine weitere Forschungsfrage bezieht sich auf die Thematik der *organisationalen Resilienz* – sind Unternehmen in der Lage auf die sich schnell verändernden Arbeitsanforderungen zu reagieren und ihre Beschäftigten als auch deren Arbeitstätigkeiten darauf auszurichten. Diese Forschungsfrage zielt auf eine Status-Quo-Erhebung der vorhandenen Ressourcen in Bezug auf die Gestaltungskompetenz als auch die Organisationsstruktur ab. Sind Unternehmen in der Lage, auf sich verändernde Herausforderungen adäquat einzugehen, ohne, dass der Mensch im Sinne einer benutzbaren Ressource (Hacker, 2016) diese Herausforderungen individuell (salopp ausgedrückt: «Irgendwie») lösen soll. Bei solch vorliegenden Anforderungen treten häufig gesundheitsschädigende Verhaltensweise auf, welche Arbeitsunfälle begünstigen.

Auswirkungen von Digitalisierung auf die Arbeitsbedingungen

Die Digitalisierung verändert nicht nur die Art und Weise, wie Menschen arbeiten, sondern auch die Arbeitsbedingungen selbst. Forschung ist erforderlich, um die Auswirkungen von neuen Arbeitsformen wie Remote-Arbeit, flexible Arbeitszeitmodelle und Gig-Economy auf die Sicherheit am Arbeitsplatz zu untersuchen und geeignete Präventionsmaßnahmen abzuleiten.

Es bleibt zu erforschen inwieweit die Digitalisierung einen Einfluss auf den Arbeitsinhalt und/oder auf die Arbeitsbedingungen nimmt. So ist zu erforschen, ob ein stärkerer Einfluss auf die Arbeitsinhalte zu einem Verlernen bei dem Menschen führt, was wiederum das Risiko erhöht, dass dieser riskanter handelt aufgrund von menschlichen Fehlverhalten. Hierzu braucht es Studien, die Arbeitstätigkeiten auch mit den methodisch notwendigen Arbeitsanalysen begleiten. Des Weiteren ist es notwendig, dass das *level of automation* (Crowston & Bolici, 2019) einer Tätigkeit mit Potentialen des eigen veranlassten Handelns («der Mensch als aktiv handelnde Person mit arbeitsrelevanten Kognitionen» vgl. Schweden, 2018) zusammengebracht wird. So stellt sich die Frage, welche Digitalisierungsvorhaben stellen für den Menschen einen Gewinn dar und welche evtl. einen Verlust – auch im Sinne, dass ich ein erhöhtes Risiko für Arbeitsunfälle habe, da ich keine Einsicht in die Arbeitstätigkeit und deren Abläufe und Inhalte habe.

Psychosoziale Belastungen und Stressprävention

Der Wandel der Arbeitswelt kann zu neuen psychosozialen Belastungen führen, wie beispielsweise Informationsüberflutung, ständige Erreichbarkeit und Unsicherheit über Arbeitsplatzsicherheit. Es besteht Bedarf an Forschung, die sich mit den Auswirkungen dieser Belastungen auf die Gesundheit und Sicherheit der Arbeitnehmenden befasst und wirksame Präventionsstrategien entwickelt.

Förderung von Sicherheitskultur und Sicherheitsverhalten

Angesichts der zunehmenden Komplexität und Dynamik der Arbeitswelt ist es entscheidend, eine positive Sicherheitskultur zu fördern und sicherheitsbewusstes Verhalten der Mitarbeitenden zu unterstützen. Auch hier kann weitere Forschung dazu beitragen, wirksame Ansätze zur Förderung einer Sicherheitskultur zu identifizieren und Mitarbeitende zu motivieren, sich aktiv an Sicherheitsinitiativen zu beteiligen, was schlussendlich zu einer Verringerung von Arbeitsunfällen beitragen kann.

Entwicklung von prädiktiven Analysetechniken

Fortschritte in den Bereichen Datenanalyse und maschinelles Lernen bieten neue Möglichkeiten zur Vorhersage und Prävention von Arbeitsunfällen. Forschung ist erforderlich, um prädiktive Analysetechniken zu entwickeln, die frühzeitig potenzielle Risiken erkennen und präventive Maßnahmen empfehlen können.

Ein wichtiges und lohnendes Forschungsfeld ist hierbei die Fokussierung auf die prospektive Arbeitsgestaltung. Das heißt, dass beispielsweise VOR der Einführung neuer Technik und/oder Aufträgen durch Arbeitsanalysen sichergestellt werden kann, dass a) die Anforderungen durch die Aufträge menschengerecht und unfallverhütend sind und b) notwendige Qualifikationen beim Menschen gegeben sind (da z.B. Überforderung Unfallrisiko begünstigt).

Berücksichtigung ethischer Aspekte

Bei der Entwicklung und Implementierung neuer Technologien und Arbeitsmethoden müssen auch ethische Aspekte berücksichtigt werden. Forschung kann dazu beitragen, ethische Leitlinien und Rahmenbedingungen zu entwickeln, die sicherstellen, dass New Work-Initiativen im Einklang mit den Grundsätzen der Sicherheit, Gesundheit und Menschenwürde stehen.

5 Fazit / Ausblick

Arbeitsunfälle stellen nach wie vor eine bedeutende Herausforderung für die Arbeitssicherheit dar und können schwerwiegende Folgen für Arbeitnehmende, Unternehmen und die Gesellschaft insgesamt haben. Um die Häufigkeit und Schwere von Arbeitsunfällen zu reduzieren, ist eine bedingungsbezogene Analyse und Prävention entscheidend. Arbeitsbedingungen spielen *die* zentrale Rolle bei der Entstehung und Verhinderung von Arbeitsunfällen. Unternehmen, die in die Verbesserung der Gestaltung von Arbeitstätigkeiten (dazu zählen Arbeitsinhalt, wie auch Arbeitsumgebung) investieren, fördern nicht nur die Sicherheit ihrer Mitarbeitenden, sondern steigern auch die Produktivität und das Wohlbefinden am Arbeitsplatz. Es ist von entscheidender Bedeutung, dass Arbeitgebende und Arbeitnehmende gemeinsam daran arbeiten, optimale Arbeitsbedingungen zu schaffen, um Unfälle zu verhindern und eine sichere, gesunde und motivierende Arbeitsumgebung zu gewährleisten.

Insgesamt erfordert die Prävention von Arbeitsunfällen im Kontext sich wandelnder Arbeitswelten eine interdisziplinäre Forschungsagenda, die technologische, organisatorische, psychologische und ethische Aspekte berücksichtigt. Durch die Identifizierung und Bearbeitung dieser Forschungsbedarfe kann die Sicherheit am Arbeitsplatz in einer sich wandelnden Arbeitswelt nachhaltig verbessert werden.

Innovativ ist, wenn Arbeit an den Menschen angepasst, und nicht, der Mensch an die Arbeit angepasst wird – die Arbeit verändert sich derzeit so schnell, dass es neben resilienten und lernfähigen Personen auch resiliente und aktiv agierende Unternehmen braucht.

6 Literaturverzeichnis

- Backhaus, N., Nold, J., Entgelmeier, I., Brenscheidt, F. & Tisch, A. (2023). Arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse zu Arbeitszeit und gesundheitlichen Auswirkungen. (2. Auflage). Dortmund: Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin, 2023. DOI: 10.21934/baua:fokus20230807.
- Bakker, A. B., Demerouti, E., & Schaufeli, W. B. (2003). Dual processes at work in a call centre: an application of the Job Demands-Resources model. *European Journal of Work and Organizational Psychology, 12*, 393-417. DOI: 10.1080/13594320344000165.
- Bakker, A.B. and Demerouti, E. (2007). The Job Demands-Resources model: state of the art. *Journal of Managerial Psychology, Vol. 22 No. 3*, 309-328. <https://doi.org/10.1108/02683940710733115>
- Barling, J., Loughlin, C., & Kelloway, E. K. (2002). Development and test of a model linking safety-specific transformational leadership and occupational safety. *Journal of Applied Psychology, 87*, 488-496. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.87.3.488>.
- Boos, D., Grote, G., & Guenter, H. (2013). A toolbox for managing organisational issues in the early stage of the development of a ubiquitous computing application. *Personal and Ubiquitous Computing, Vol. 17, Issue 6*, 1261–1279. <https://doi.org/10.1007/s00779-012-0634-y>.
- Boos, D., Guenter, H., Grote, G., & Kinder, K. (2012). Controllable accountabilities: The Internet of Things and its challenges for organisations. *Behaviour & Information Technology, Vol. 32, Issue 5*, 449–476. DOI: 10.1080/0144929X.2012.674157.
- Bronkhorst, B. (2015). Behaving safely under pressure: The effects of job demands, resources, and safety climate on employee physical and psychosocial safety behavior. *Journal of Safety Research, 55*, 63–72. <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2015.09.002>.
- Bunner, J., Prem, R., & Korunka, C. (2018). How work intensification relates to organization-level safety performance: The mediating roles of safety climate, safety motivation, and safety knowledge. *Frontiers in Psychology, 9*, 2575. doi: 10.3389/fpsyg.2018.02575.
- Burke, M.J., Sarpy, S.A., Tesluk, P.E., & Smith-Crowe, K. (2002). General safety performance: A test of a grounded theoretical model. *Personnel Psychology, 55*, 429–457. <https://doi.org/10.1111/j.1744-6570.2002.tb00116.x>.
- Burkhardt, F. (1962). Stand der Unfallforschung und praktische Schlussfolgerungen. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft, 1*, 11-14.
- Christian, M.S., Bradley, J.C., Wallace, J.C., & Burke, M.J. (2009). Workplace safety: A meta-analysis of the roles of person and situation factors. *Journal of Applied Psychology, 94*, 1103-1127. <https://doi.org/10.1037/a0016172>.
- Clarke, S. (2006). The relationship between safety climate and safety performance: A meta-analytic review. *Journal of Occupational Health Psychology, 11(4)*, 315-327. <https://doi.org/10.1037/1076-8998.11.4.315>.
- Clarke, S. (2010). An integrative model of safety climate: Linking psychological climate to individual safety outcomes using meta-analysis. *Journal of Occupational and Organizational Psychology, 83*, 553-578. <https://doi.org/10.1348/096317909X452122>.

- Cornelissen, P.A., Van Hoof, J.J., & De Jong, M.D. (2017). Determinants of safety outcomes and performance: a systematic literature review of research in four high-risk industries. *Journal of Safety Research*, 62, 127-141. DOI: 10.1016/j.jsr.2017.06.009.
- Costantino F, Falegnami A, Fedele L, Bernabei M, Stabile S, Bentivenga R. New and Emerging Hazards for Health and Safety within Digitalized Manufacturing Systems. *Sustainability*. 2021; 13(19):10948. <https://doi.org/10.3390/su131910948>.
- Dekker, S., Cilliers, P., Hofmeyr, J.-H. (2011). The complexity of failure: implications of complexity theory for safety investigations. *Safety Science*, 49 (6), 939–945. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.01.008>.
- Dembe, A. E., Erickson, J. B., Delbos, R. G., & Banks, S. M. (2005). The impact of overtime and long work hours on occupational injuries and illnesses: New evidence from the United States. *Occupational and Environmental Medicine*, 62(9), 588–597. <https://doi.org/10.1136/oem.2004.016667>.
- Demerouti, E., Bakker, A. B., Nachreiner, F., & Schaufeli, W. B. (2001). The job demands-resources model of burnout. *Journal of Applied Psychology*, 86, 499-512. <https://doi.org/10.1037/0021-9010.86.3.499>.
- Demerouti, E., Bakker, A. B., Nachreiner, F., & Schaufeli, W. B. (2000). A model of burnout and life satisfaction among nurses. *Journal of Advanced Nursing*, 32, 454-64. DOI: 10.1046/j.1365-2648.2000.01496.x.
- Derdowski, L. A., & Mathisen, G. E. (2023). Psychosocial factors and safety in high-risk industries: A systematic literature review. *Safety Science*, 157, 105948. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2022.105948>.
- de Wit, P. A. J. M., & Moraes Cruz, R. (2019). Learning from AF447: Human-machine interaction. *Safety Science*, Vol. 112, 48–56). <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.10.009>.
- DIN EN ISO 9241-210:2020-03, Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 210: Menschzentrierte Gestaltung interaktiver Systeme (ISO 9241-210:2019).
- Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV). (2022). *Referat Statistik – Arbeitsunfallgeschehen 2021*. Verfügbar unter: <https://publikationen.dguv.de/widjets/pdf/download/article/4590>
- Flin, R., Mearns, K., O'Connor, P., & Bryden, R. (2000). Measuring safety climate: Measuring the common themes. *Safety Science*, 34, 177–192. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00012-6](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00012-6).
- Ford, M.T., & Tetrick, L.E. (2008). Safety motivation and human resource management in North America. *The International Journal of Human Resource Management*, 19, 8, 1472-1485, DOI:10.1080/09585190802200231.
- Frese, M. & Zapf, D. (1988). Methodological issues in the study of work stress: Objective vs. subjective measurement of work stress and the question of longitudinal studies. In C. L. Cooper & R. Payne (eds.), *Causes, coping, and consequences of stress at work* (S. 375–411). Chichester: Wiley.
- Gihleb, R., Giuntella, O., Stella, L., & Wang, T. (2022). Industrial Robots, Workers' Safety, and Health. *Labour Economics*, Vol. 78, 102205. <https://doi.org/10.1016/j.labeco.2022.102205>.

- Gniza, E. (1994). Bedeutung und Ergiebigkeit von Unfalluntersuchungen. *Arbeitsschutz aktuell*, 5, 4-7.
- Greubel, J., Arlinghaus, A., & Nachreiner, F. (2014). Arbeitszeitflexibilität auf Kosten der Sicherheit? — Zum Zusammenhang zwischen der Variabilität der Arbeitszeit und der Häufigkeit von Arbeitsunfällen. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 68(2), 89–95. <https://doi.org/10.1007/BF03374429>
- Grote, G. (2009). *Management of Uncertainty. Theory and Application in the Design of Systems and Organizations*. Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-84882-373-0>.
- Grote, G. (2018). Gestaltungsansätze für das komplementäre Zusammenwirken von Mensch und Technik in Industrie 4.0. In H. Hirsch-Kreinsen, P. Ittermann & J. Niehaus (Hrsg.), *Digitalisierung industrieller Arbeit: Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen, 2. aktualisierte und erweiterte Auflage* (S. 215-232). Nomos Verlagsgesellschaft.
- Grote, G., Wäfler, T., Ryser, C., Weik, S., Zölch, M., & Windischer, A. (1999). *Wie sich Mensch und Technik sinnvoll ergänzen: die Analyse automatisierter Produktionssysteme mit KOMPASS*. Zürich: Vdf, Hochschulverlag an der ETH Zürich.
- Hacker, W. (2005). *Allgemeine Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Tätigkeiten*. (2. Auflage). Bern: Verlag Hans Huber.
- Hacker, W. (2016). Vernetzte künstliche Intelligenz / Internet der Dinge am deregulierten Arbeitsmarkt: Psychische Arbeitsanforderungen. *Psychologie des Alltagshandelns*, 9(2), 4–21.
- Hacker, W. (2018). *Menschengerechtes Arbeiten in der digitalisierten Welt. Eine Wissenschaftliche Handreichung* (Mensch- Technik - Organisation, Bd. 49, 1. Aufl.). Zürich: vdf Hochschulverlag.
- Hacker, W. & Sachse, P. (2014). *Allgemeine Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Tätigkeiten* (3. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Haines, V. A., Hurlbert, J. S., & Zimmer, C. (1991). Occupational stress, social support, and the buffer hypothesis. *Work and Occupations: An International Sociological Journal*, Vol. 18, 2, 212-35.
- Hakanen, J. J., Bakker, A. B., & Schaufeli, W. B. (2006). Burnout and work engagement among teachers. *Journal of School Psychology*, 43,6, 495-513. <https://doi.org/10.1016/j.jsp.2005.11.001>
- Hansez, I., & Chmiel, N. (2010). Safety Behavior: Job Demands, Job Resources, and Perceived Management Commitment to Safety. *Journal of Occupational Health Psychology*, 15, 3, 267-278. <https://doi.org/10.1037/a0019528>
- Harrison, J. A., Mullen, P. D., & Green, L. W. (1992). A meta-analysis of studies of the Health Belief Model with adults. *Health Education Research*, 7, (1), 107–116. <https://doi.org/10.1093/her/7.1.107>
- Hockey, G. R. J. (1993). Cognitive-energetical control mechanisms in the management of work demands and psychological health. In A. D. Baddely & L. Weiskrantz (Eds.), *Attention, selection, awareness and control: A tribute to Donald Broadbent*, (p. 328-345). Oxford: Clarendon Press.

- Hofmann, D.A., Burke, M.J., Zohar, D., (2017). 100 years of occupational safety research: from basic protections and work analysis to a multilevel view of workplace safety and risk. *Journal of Applied Psychology*, 102 (3), 375–388. <https://doi.org/10.1037/apl0000114>.
- Hollnagel, E. (2014). *Safety–I and Safety–II: The Past and Future of Safety Management* (1st ed.). London: CRC Press.
- Howard, J. (2019). Artificial intelligence: Implications for the future of work. *American Journal of Industrial Medicine*, Vol. 62, Issue 11, pp. 917–926. DOI: 10.1002/ajim.23037
- ISO 9241-210:2019, Ergonomics of human-system interaction - Part 210: Human-centred design for interactive systems (ISO 9241-210:2019).
- Jenkins, R. (1991). Demographic aspects of stress. In C. L. Cooper & R. Payne (Eds), *Personality and Stress: Individual Differences in the Stress Process* (pp.107-132). New York: Wiley & Sons.
- Johnson, J. V., & Hall, E.M. (1988). Job strain, work place social support and cardiovascular disease: a cross-sectional study of a random sample of the Swedish working population, *American Journal of Public Health*, 78, pp. 1336-1342. doi: 10.2105/ajph.78.10.1336
- Kahn, R. L., & Byosserie, P. (1992). Stress in organizations. In M. D. Dunette, & L. M. Hough (Eds), *Handbook of Industrial and Organizational Psychology*, 3, pp. 571-650. Palo Alto Consulting Psychologists Press.
- Karasek, R. A. (1998). Demand/Control Model: a social, emotional, and physiological approach to stress risk and active behaviour development. In J. M. Stellman (Ed.), *Encyclopaedia of Occupational Health and Safety*, (pp. 34.06-34.14). Geneva: International Labour Office.
- Keith, N. & Frese, M. (2008). Performance effects of error management training: A meta-analysis. *Journal of Applied Psychology*, 93, 59- 69.
- Knegtering, B., & Pasman, H. (2009). Safety of the process industries in the 21st century: a changing need of process safety management for a changing industry. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22 (2), 162-168. DOI:10.1016/j.jlp.2008.11.005
- Kompier, M. A. J. (2006). New systems of work organization and workers' health. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health*, 32(6), 421–430. <https://doi.org/10.5271/sjweh.1048>
- Kristensen, T. S. (1995). The demand-control-support model: Methodological challenges for future research. *Stress Medicine*, 11, 17–26. <https://doi.org/10.1002/smi.2460110104>
- Lawton, R., & Parker, D., (1998). Individual differences in accident liability: a review and integrative approach. *Human Factors*, 40, 655-671. <https://doi.org/10.1518/001872098779649>
- Lehder, G., & Skiba, R. (2005). *Taschenbuch Arbeitssicherheit*. (11. Aufl.) Berlin: Erich Schmidt.
- Leiter, M. P. (1993). Burnout as a developmental process: consideration of models. In W. B. Schaufeli, C. Maslach, & T. Marek (Eds.), *Professional Burnout: Recent Developments in Theory and Research*, (pp. 237-250). Washington: Taylor & Francis.

- Leso, V., Fontana, L., & Iavicoli, I. (2018). The occupational health and safety dimension of Industry 4.0. *La Medicina del lavoro*, Vol. 110, Issue 5, 327–338. <https://doi.org/10.23749/mdl.v110i5.7282>
- Li, F., Jiang, L., Yao, X., & Li, Y. (2013). Job demands, job resources and safety outcomes: The roles of emotional exhaustion and safety compliance. *Accident, Analysis and Prevention*, Vol. 51, March 2013, 243-51. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2012.11.029>
- Manzey, D., Reichenbach, J., & Onnasch, L. (2012). Human Performance Consequences of Automated Decision Aids: The Impact of Degree of Automation and System Experience. *Journal of Cognitive Engineering and Decision Making*, 6, (1), 57–87. <https://doi.org/10.1177/1555343411433844>
- Matre, D., Skogstad, M., Sterud, T., Nordy, K.-C., Knardahl, S., Christensen, J. O. & Lie, J.-A. S. (2021). Safety incidents associated with extended working hours. A systematic review and metaanalysis. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 47, 415-424. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3958>.
- Marbe, K. (1926). *Praktische Psychologie der Unfälle und Betriebsschäden*. Berlin: Oldenbourg.
- Mearns, K., Whitaker, S.M. & Flin, R. (2003). Safety climate, safety management practice and safety performance in offshore environments. *Safety Science*, 41, (8), 641–680. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(02\)00011-5](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(02)00011-5)
- Mearns, K., Hope, L., Ford, M.T. & Tetrick, L.E. (2010). Investment in workforce health: Exploring the implications for workforce safety climate and commitment. *Accident Analysis and Prevention*, 42, (5), 1445-1454. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2009.08.009>
- Meijman, T. F. & Mulder, G. (1998). Psychological aspects of workload. In P. J. Drenth, H. Thierry & C. J. de Wolff (Eds.), *Handbook of Work and Organizational Psychology*. 2nd ed. (pp 5-33). Erlbaum: Psychology Press Taylor & Francis.
- Musdahl, H.-D. & Alsleben, K. (1990). *Gefahrenkognition bei Bergleuten: Ergebnisse und Perspektiven einer empirischen Studie*. In C. Graf Hoyos (Hrsg.), *Psychologie der Arbeitssicherheit* (S. 60- 68). Heidelberg: Asanger.
- Mustapha, V. & Schweden, F. (2021). *Arbeitsanalyse, -bewertung & -gestaltung*. Springer: Berlin.
- Nachreiner F, Wirtz A, Dittmar O, Schomann C, Bockelmann M (2010). *Study on health and safety aspects of working time*. European Commission DG for Employment, Social Affairs and Equal Opportunities Study to support an Impact Assessment on further action at European level regarding Directive 2003/88/EC and the evolution of working time organisation. Annex 1. Study on health and safety aspects of working time. Brüssel: Europäische Kommission. Verfügbar unter: <https://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=6421&langId=en>.
- Nahrgang, J.D., Morgeson, F.P., & Hofmann, D.A. (2011). Safety at work: a meta-analytic investigation of the link between job demands, job resources, burnout, engagement, and safety outcomes. *Journal of Applied Psychology*, 96(1), 71-94. doi: 10.1037/a0021484.
- Neal, A. & Griffin, M.A. (2002). Safety climate and safety behaviour. *Australian Journal of Management*, 27, 67–76. DOI: 10.1177/031289620202701S08.

- Neal, A., Griffin, M.A., & Hart, P.M. (2000). The impact of organizational climate on safety climate and individual behavior. *Safety Science*, 34, 99–109. [https://doi.org/10.1016/S0925-7535\(00\)00008-4](https://doi.org/10.1016/S0925-7535(00)00008-4)
- Paridon, H. (2015). Arbeitszeit und Gesundheit: Befunde zu Dauer, Lage und Variabilität. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft*, 69, 3–11. DOI: 10.1007/BF03373931
- Rau, R. (2010). Befragung oder Beobachtung oder beides gemeinsam? — Welchen Instrumenten ist der Vorzug bei Untersuchungen zur psychischen Belastung und Beanspruchung zu geben? Zentralblatt für Arbeitsmedizin, *Arbeitsschutz und Ergonomie*, 60, 294–301. <https://doi.org/10.1007/BF03344299>
- Rau, R., Mustapha, V. & Schweden, F. (2023). Autonomie fördern – Risiken minimieren. In: B. Badura, A. Ducki, M. Meyer, J. Baumgardt & H. Schröder (Hrsg.), *Fehlzeiten-Report 2023: Zeitenwende gesund und nachhaltig gestalten*. Springer Berlin, Heidelberg. doi:10.1007/978-3-662-67514-4_18
- Rau, R. & Hoppe, J. (2020). *Neue Technologien und Digitalisierung in der Arbeitswelt Erkenntnisse für die Prävention und Betriebliche Gesundheitsförderung*. iga-report 41.
- Rau, R., Schweden, F., Hoppe, J. & Hacker, W. (2021). *Verfahren zur Tätigkeitsanalyse und -gestaltung bei mentalen Arbeitsanforderungen (TAG-MA)*. Kröningen: Asanger.
- Read, G.J., Shorrock, S., Walker, G.H. & Salmon, P.M., (2021). State of science: evolving perspectives on 'human error'. *Ergonomics*, 64, (9), 1091–1114. <https://doi.org/10.1080/00140139.2021.1953615>
- Reason, J., Parker, D., & Lawton, R. (1998). Organizational controls and safety: The varieties of rule-related behaviour. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 71, (4), 289-304. DOI:10.1111/J.2044-8325.1998.TB00678.X
- Ritz, F. (2015). *Betriebliches Sicherheitsmanagement: Aufbau und Entwicklung widerstandsfähiger Arbeitssysteme*. Schäffer-Poeschel. DOI:10.13140/RG.2.1.2162.3841
- Rodriguez-Jareño MC, Demou E, Vargas-Prada S et al. (2014). European Working Time Directive and doctors' health: a systematic review of the available epidemiological evidence. *BMJ Open* 2014;4:e004916. doi: 10.1136/bmjopen-2014-004916
- Rogers, M. L., Patterson, E., Chapman, R., & Render, M. (2005). Usability Testing and the Relation of Clinical Information Systems to Patient Safety. *Advances in Patient Safety: From Research to Implementation, 2: Concepts and Methodology*), 365-378.
- Schirmer, F. (2014). Die hektische Organisation: Organisationaler Wandel als Treiber von Auszehrung. In: D. von der Oelsnitz, F. Schirmer & K. Wüstner (Hrsg.), *Die auszehrende Organisation* (S.155–176). Springer Fachmedien Wiesbaden. https://doi.org/10.1007/978-3-658-05307-9_8
- Scholze, A., & Hecker, A. (2023). Digital Job Demands and Resources: Digitization in the Context of the Job Demands-Resources Model. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 20(16), 6581. <https://doi.org/10.3390/ijerph20166581>
- Schulte, P. A., Streit, J. M. K., Sheriff, F., Delclos, G., Felknor, S. A., Tamers, S. L., Fendinger, S., Grosch, J., & Sala, R. (2020). Potential scenarios and hazards in the work of the future: A systematic review of the peer-reviewed and gray literatures. *Annals of Work Exposures and Health*, Vol. 64, Issue 8, 786–816. <https://doi.org/10.1093/ANNWEH/WXAA051>

- Schüpbach, H. (2013). *Arbeits- und Organisationspsychologie*. (1. Auflage). München: Ernst Reinhardt Verlag. DOI: 10.36198/9783838540092
- Schweden, F. (2018). *Auswirkungen erlebter und gegebener Arbeitsmerkmale. Die Beeinflussbarkeit der eigenen Arbeit in Abhängigkeit der Arbeitsintensität*. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades der Philosophie (Dr. phil.).
- Schweden, F., Kästner, T. & Rau, R. (2018). Erleben von Tätigkeitsspielraum - Die Abhängigkeit des erlebten Tätigkeitsspielraums von Arbeits- und Personenmerkmalen. *Zeitschrift für Arbeits- und Organisationspsychologie*, 62 (4), 1-12.
- Stave, C., & Törner, M. (2007). Exploring the organisational preconditions for occupational accidents in food industry: A qualitative approach. *Safety Science*, 45(3), 355–371. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2006.07.001>
- Toppazzini, M.A., & Wiener, K.K.K. (2017). Making workplaces safer: The influence of organisational climate and individual differences on safety behaviour, *Heliyon*, Volume 3, Issue 6, e00334. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2017.e00334>.
- Tucker, P., & Folkard, S. (2012). *Working time, health, and safety: a research synthesis paper*. Geneva: International Labour Organization. Verfügbar unter: https://www.ilo.org/travail/info/publications/WCMS_181673/lang--en/index.htm.
- Ulich, E. (2007). Gestaltung von Arbeitstätigkeiten. In: H. Schuler (Hrsg.): *Lehrbuch Organisationspsychologie*, S. 221–251. Bern: Verlag Hans Huber.
- VBG. (2024, März). *Wissenswertes zum Arbeitsschutz in der Glas und Keramik Branche*. Verfügbar unter: <https://www.vbg.de/cms/glas-und-keramik#:~:text=Arbeitsunfallgeschehen%202022&text=Das%20entspricht%2024%2C5%20Unf%C3%A4lle,der%20Grobkeramik%20auf%2037%2C8>. Abgerufen am 24.03.2024.
- Wagstaff, A. S., & Lie, J.-A. S. (2011). Shift and night work and long working hours - a systematic review of safety implications. *Scandinavian Journal of Work, Environment & Health*, 37, 173-185. <https://doi.org/10.5271/sjweh.3146>.
- Wehner, T. (1993). *Fehlervermeidung - eine riskante Forderung für Gesundheit, Sicherheit und Arbeit*. In D. Milles (Hrsg.), *Gesundheitsrisiken, Industriegesellschaft und soziale Sicherungen in der Geschichte* (S. 53- 68). Bremerhaven: Wirtschaftsverlag.
- van der Linden, D., Sonnentag, S., Frese, M. & van Dyck, D. (2001). Exploration strategies, performance, and error consequences when learning a complex computer task. *Behaviour & Information Technology*, 20 (3), 189- 198.
- Zohar, D. (2011). Safety climate: Conceptual and measurement issues. In J. Quick & L. Tetrick (Eds.), *Handbook of organizational health psychology*, (pp.141–164). Washington, D.C.: American Psychological Association.