

## **Bestandteile von Human Factors/Ergonomie in der Maschinen- und Systemsicherheit**

Peter NICKEL<sup>1</sup>, Hans-Jürgen BISCHOFF<sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Institut für Arbeitsschutz der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (IFA)*

*Alte Heerstraße 111, D-53757 Sankt Augustin*

<sup>2</sup> *IVSS Sektion Maschinen- und Systemsicherheit*

*Dynamostraße 7-11, D-68165 Mannheim*

**Kurzfassung:** Im Konzept der Arbeitssystemgestaltung werden enge Verbindungen zwischen Human Factors und Ergonomie und Maschinen- und Systemsicherheit deutlich. Eine internationale Arbeitsgruppe der IVSS Sektion Maschinen- und Systemsicherheit führt Erkenntnisse zur ergonomischen Gestaltung von Maschinen und technischen Anlagen für sichere und gesunde Mensch-System-Interaktionen auf einer Internetplattform zusammen. Dort werden Inhalte kurz erläutert, Empfehlungen für die Gestaltung beispielhaft illustriert und auf relevante Normen und Fachliteratur verwiesen. Dabei strukturiert das Konzept der Arbeitssystemgestaltung Inhalte von und Beziehungen zwischen relevanten Systemkomponenten. Durch Digitalisierung, Vernetzung und Dynamisierung werden Transformationen bestehender und Gewinnung neuer Erkenntnisse zu menschlicher Informationsverarbeitung für ergonomische Mensch-System-Interaktionen erforderlich. Die Internetplattform dient dem internationalen Erfahrungsaustausch und der Entwicklung von Lösungsansätzen für die Gestaltung von sicheren und gesunden Mensch-System-Interaktion in zukünftigen Arbeitssystemen.

**Schlüsselwörter:** Maschinensicherheit, Systemsicherheit, Menschliche Informationsverarbeitung, Aufgabengestaltung, Arbeitssystemgestaltung

### **1. Human Factors, Ergonomie und sichere Maschinen**

Engagement für ein hohes Niveau von Maschinen- und Systemsicherheit ist nicht nur national relevant, sondern in Zeiten wachsender Globalisierung auch international erforderlich, um von jeweiligen Erfahrungen übernational zu profitieren und um in internationalen Verbänden arbeitsschutzbezogene, soziale und wirtschaftliche Erfordernisse effektiver umzusetzen. Die Internationale Vereinigung für Soziale Sicherheit (IVSS; engl.: International Social Security Association, ISSA) beschäftigt sich mit übergreifenden Aufgaben der sozialen Sicherheit und mit branchenspezifischen Anforderungen zur Prävention im Arbeitsschutz im Besonderen Ausschuss für Prävention mit seinen 14 Sektionen. Die Sektion Maschinen- und Systemsicherheit (MSS) präsentiert ihre fünf Arbeitsbereiche auf einer Internetplattform. Eine internationale Arbeitsgruppe "Human Factors, Ergonomics and Safe Machines" (kurz: Human Factors, siehe Abbildung 1) informiert über Anforderungen an die Gestaltung einer sicheren und gesunden Mensch-System-Interaktion. Gegenstände der Gestaltung sind vorzugsweise Maschinen und technische Anlagen. Die Arbeitsgruppe Human Factors strukturiert ihre Inhalte mit dem Konzept der Arbeitssystemgestaltung aus der Ergonomie und präsentiert sie auf der Internetplattform.



**Abbildung 1:** ISSA Section Maschine and System Safety [<https://www.safe-machines-at-work.org>].

## 2. Arbeitssystemgestaltung für Maschinen- und Systemsicherheit

### 2.1 Das Gestalten von Arbeitssystemen nach ergonomischen Anforderungen

Die Arbeitssystemgestaltung in der Ergonomie beschreibt ein nationales und internationales, systemisches Konzept zu ihrer Analyse, Gestaltung und Evaluation. In Arbeitssystemen, die Anforderungen an eine ergonomische Gestaltung (DIN EN ISO 6385, Schmidtke 2011, Lee et al. 2017) erfüllen sollen, bearbeiten qualifizierte Beschäftigte ihre Arbeitsaufgaben in einer dafür ausgelegten Arbeitsorganisation am Arbeitsplatz mithilfe von Arbeitsmitteln in ihrer Arbeitsumgebung. Daraus leiten sich die Themenfelder der Arbeitsgruppe ab als (1) das Konzept des Arbeitssystems, (2) das Arbeitsverhalten in der Arbeitsorganisation, (3) der Arbeitsplatz in der Arbeitsumgebung, (4) Arbeitsmittel für die Arbeitsaufgaben, (5) besondere Anforderungen einer digitalen Transformation sowie (6) dem Prozess der Gestaltung. Dazu zeigt die Internetplattform erste Inhalte.

Neben Erläuterungen zum Konzept (DIN EN ISO 6385, Nachreiner et al. 1993) werden auch Kriterien der Bewertung (Hacker & Sachse 2014, Nickel et al. 2020) und Gestaltungsstrategien der Arbeitssystemgestaltung (Lee et al. 2017) vorgestellt.

### 2.2 Das Arbeitsverhalten des Menschen in der Arbeitsorganisation

Das Verhalten des Menschen in Arbeitssystemen ist mit Zielen, Konzepten und Inhalten des Arbeitsschutzes als Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz verbunden (Nickel et al. 2020). Eine prospektive ist gegenüber einer korrektiven Arbeitssystemgestaltung zu bevorzugen, setzt allerdings voraus, dass Ergonomie mit Bezug zu sowohl physischer als auch psychischer Belastung systematisch bereits während des Planens und Konstruierens von Maschinen und technischen Anlagen beim Hersteller und von Arbeits- und Betriebsprozessen beim Betreiber berücksichtigt und umgesetzt wird (EU Richtlinie 2006/42/EG). Die Prävention von Arbeitsunfällen, Berufskrankheiten und arbeitsbedingten Gesundheitsgefahren, einem Ziel von Arbeitsschutzbeurteilungen wie etwa Risikobeurteilung oder Gefährdungsbeurteilung, wird an der Maßnahmenhierarchie des Arbeitsschutzes als Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz ausgerichtet (z.B. EU Richtlinien 2006/42/EG und 89/391/EWG). Ergonomische Anforderungen beinhalten durch ihren Bezug zum Arbeitssystem selbstverständlich altersgerechte und barrierefreie Anforderungen an die Gestaltung. Solche Anforderungen werden auf der Plattform sowohl zentral als auch direkt zugeordnet.

Die Gestaltung von Arbeitszeit, als einem Aspekt Arbeitsorganisation, verknüpft die Bedingungen, unter denen Beschäftigte ihre Aufgaben bearbeiten, mit einer zeitlichen Struktur. Darüber hinaus werden Beziehungen zwischen Arbeitsbedingungen und Arbeitsverhalten durch Arbeitsleistung, Fehler im Arbeitsprozess sowie physische und psychische Arbeitsbelastung vorgestellt (z. B. DIN EN ISO 10075-2).

### *2.3 Der Arbeitsplatz in der Arbeitsumgebung*

Das Auslegen von Arbeitsplätzen bezieht sich auf die Arbeitsaufgaben, die von Beschäftigten mit Arbeitsmitteln bearbeitet werden sollen (Wichtl et al. 2019). Daraus leiten sich Arbeitsverfahren, damit verbundene Positionen und Bewegungen des Körpers, die Handhabung von Arbeitsmitteln am Arbeitsplatz und die räumlichen Anforderungen ab. Anthropometrische Körpermaße sowie mögliche Körperhaltungen und -bewegungen informieren über z.B. Greif- und Fußräume, Umblickfeld, Sitz- und Stehpositionen sowie erforderliche Arbeits- und Verkehrsflächen. Einige dieser Anforderungen kombiniert mit jenen der Sinnesorgane, möglichen Formen der Muskelarbeit und den Arbeitsaufgaben ergeben erste Anforderungen der Ergonomie zur Auslegung etwa eines Steharbeitsplatzes an einer Maschine zur Steuerung oder Beschickung (siehe Abbildung 1, links).

Anforderungen einer ergonomischen Gestaltung der Arbeitsumgebung beziehen sich wiederum in Wechselwirkung mit den Arbeitsaufgaben vorrangig auf Klima, Beleuchtung, Schalldruckpegel und Vibration, sind allerdings auf der Internetplattform noch nicht ausgeführt.

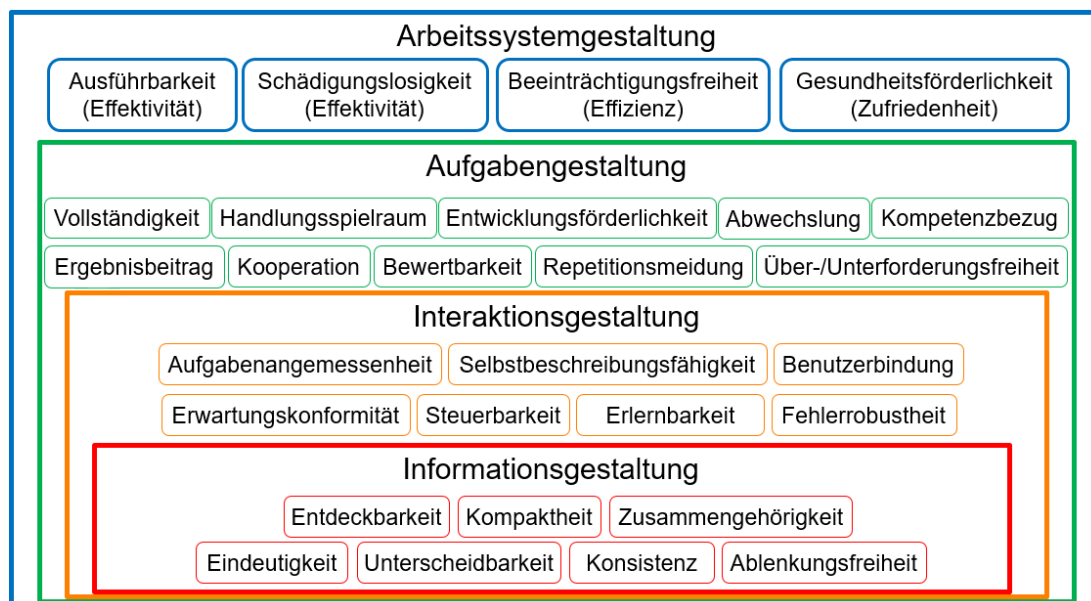
### *2.4 Die Arbeitsmittel für die Arbeitsaufgaben*

Die Gestaltung von Mensch-System-Interaktionen im Arbeitssystem bezieht sich auf drei miteinander verbundene Schnittstellen zum Informationsaustausch. Die ergonomische Gestaltung der Aufgabe (Aufgabenschnittstelle) ist immer der zentrale Ausgangspunkt im Gestaltungsprozess des Arbeitssystems („Primat der Arbeitsaufgabe“, DIN EN 614-1/-2). Ihr ist die Gestaltung der Ausführungsbedingungen der Arbeitsaufgabe untergeordnet.

Funktionen werden auf die beschäftigte Person und das technische System nach Anforderungen an die ergonomische Gestaltung verteilt. Das Ziel ist eine gesunde, sichere und zuverlässige Aufgabenbearbeitung für daran ausgerichtet zu gestaltenden Bedingungen des Arbeitssystems. Die Aufgabengestaltung bildet den inhaltlichen Rahmen für eine ergonomische Gestaltung der Interaktionsschnittstellen (z.B. Anzeigen und Stellteile) und Informationsschnittstellen (z.B. Beschriftungen und Meldungen). Gestaltungsprinzipien der drei Schnittstellen sind in Abbildung 2 zusammengeführt und tragen übergeordnet zu einer forderungsgerechten Gestaltung eines Arbeitssystems bei. Nutzungshinweise zu den Prinzipien der Gestaltung auf den verschiedenen Ebenen entstehen auf der Internetplattform der Arbeitsgruppe Human Factors (s.a. Wichtl et al. 2019, DGUV Information 215-450).

### *2.5 Digitale Transformation in Arbeitsprozessen*

Einige Arbeitssysteme verändern sich mit fortschreitender Digitalisierung, Vernetzung und Dynamisierung in Arbeits- und Produktionsprozessen. Neue Herausforderungen für Human Factors/Ergonomie im Arbeitsschutz liegen etwa im menschenzentrierten Analysieren, Bewerten und Gestalten von Prozessen der digitalisierten



**Abbildung 2:** Gestaltungsprinzipien für Arbeitsaufgaben und Arbeitsmittel eines Arbeitssystems.

Mensch-System-Interaktionen, in Schnittstellen mit vernetzter technischer Intelligenz von Arbeitsumgebungen und in dynamischen Anpassungen von Risiko- und Gefährdungsbeurteilungen aber auch dynamischer Zuweisung von Aufgaben und Funktionen zu Beschäftigten und technischen Systemen. Dazu sollen auf der Internetplattform Bezüge auch zu Modellen anderer Arbeitsgruppen entwickelt werden (Radandt 2020). Das Gestalten von Mensch-System-Interaktionen sollte sich zukünftig nicht nur auf klassisch ergonomische Anforderungen beschränken, sondern sich intensiv an Gestaltungsanforderungen aus Human Factors, bezogen auf Prozesse menschlicher Informationsverarbeitung, ausrichten (Nickel et al. 2020).

### 2.6 Der Prozess der Arbeitssystemgestaltung

Der Prozess der Arbeitssystemgestaltung führt in Stufen von der Analyse, Bewertung und Beschreibung einer Ausgangssituation über die ergonomische Gestaltung bis hin zur Evaluation. Dabei kommen verschiedene Methoden, Techniken und Strategien zum Einsatz, auf die auf der Internetplattform verwiesen werden soll.

## 3. Weitere arbeitswissenschaftliche Aktivitäten der Sektion MSS der IVSS

Die Internetplattform dient auch einem internationalen Erfahrungsaustausch zu Themen aus Human Factors und Ergonomie in der Maschinen- und Systemsicherheit. Sie fördert die Entwicklung von Lösungsansätzen für die Gestaltung von sicheren und gesunden Mensch-System-Interaktionen in zukünftigen Arbeitssystemen. Mit dem vorliegenden Beitrag soll für eine aktive und konstruktive Auseinandersetzung mit arbeitswissenschaftlichen Erkenntnissen in einer zukünftigen Arbeitswelt mit internationalen Bezügen und für ein vielfältiges Engagement zur Analyse, Gestaltung und Evaluation von Arbeitssystemen aus einer Perspektive von Human Factors und Ergonomie gewonnen werden, in der ingenieurpsychologische Ansätze integriert sind.

#### 4. Literatur

- DGUV Information 215-450 (2021) Softwareergonomie. Berlin: DGUV.
- DIN EN 614 (2008). Sicherheit von Maschinen - Ergonomische Gestaltungsgrundsätze - Teil 1: Begriffe und allgemeine Leitsätze (06/2009); Teil 2: Wechselwirkungen zwischen der Gestaltung von Maschinen und den Arbeitsaufgaben (12/2008). Berlin: Beuth.
- DIN EN ISO 6385 (2016) Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen. Berlin: Beuth.
- DIN EN ISO 10075-2 (2000) Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung - Teil 2: Gestaltungsgrundsätze. Berlin: Beuth.
- EU Richtlinie 89/391/EWG des Rates vom 12. Juni 1989 über die Durchführung von Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Arbeitnehmer bei der Arbeit (89/391/EWG) (mit letzten Änderungen 2008). Amtsblatt der EU L 183 (29.06.1989):1-8.
- EU Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17.05.2006 über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG. Amtsblatt der EU L 157 (09.06.2006):24-86.
- Hacker W, Sachse P (2014) Allgemeine Arbeitspsychologie. Psychische Regulation von Tätigkeiten. Göttingen: Hogrefe.
- Lee JD, Wickens CD, Liu Y, Ng Boyle L (2017) Designing for people. An introduction to human factors engineering. Charleston: CreateSpace.
- Nachreiner F, Mesenholl E, Mehl K (1993) Arbeitsgestaltung. Hagen: Fernuniversität.
- Nickel P, Bärenz P, Radandt S, Wichtl M, Kaufmann U, Monica L, Bischoff H.-J., Nellutla M (2020) Human-system interaction design requirements to improve machinery and systems safety. *Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC)* 969:3-13. [doi.org/10.1007/978-3-030-20497-6\_1]
- Radandt S (2020) Digitalisierung von explosionsgefährdeten technischen Systemen am Beispiel der Einlagerung und Bearbeitung von Schüttgütern (z. B. Getreide) mit Bewertung des Staubexplosionsrisikos komplexer Systeme. Mannheim: IVSS Sektion MSS.
- Schmidtke H (2011) Handbuch der Ergonomie (HdE) mit ergonomischen Konstruktionsrichtlinien und Methoden (Ergänzungslieferung 9/2011). Koblenz: Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung.
- Wichtl M, Nickel P, Kaufmann U, Bärenz P, Monica L, Radandt S, Bischoff H.-J., Nellutla M (2019) Improvements of machinery and systems safety by human factors, ergonomics and safety in human system interaction. *Advances in Intelligent Systems and Computing (AISC)* 819:257-267 [doi.org/10.1007/978-3-319-96089-0\_28]

**Danksagung:** Mit der Darstellung der Inhalte für diesen Beitrag ist ein Dank an die Arbeitsgruppe "Human Factors, Ergonomics and Safe Machines" verbunden: Dr. Peter Bärenz (FSA e.V., DE), Dr. Hans-Jürgen Bischoff (ISSA Section MSS, DE), Urs Kaufmann (SUVA, CH), Dr. Luigi Monica (INAIL, IT), Dr. Peter Nickel (IFA, DE), Dr. Era Poddar (Manufacturing Safety Alliance of BC, CA), Prof. Siegfried Radandt (ISSA Section MSS, DE), Michael Wichtl (AUVA, AT).



Gesellschaft für  
Arbeitswissenschaft e.V.

## Arbeit HUMAINE gestalten

67. Kongress der  
Gesellschaft für Arbeitswissenschaft

Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie (WiPs)  
Ruhr-Universität Bochum

Institut für Arbeitswissenschaft (IAW)  
Ruhr-Universität Bochum

3. - 5. März 2021

---

## GfA-Press

---

**Bericht zum 67. Arbeitswissenschaftlichen Kongress vom 3. - 5. März 2021**

**Lehrstuhl Wirtschaftspsychologie, Ruhr-Universität Bochum  
Institut für Arbeitswissenschaft, Ruhr-Universität Bochum**

Herausgegeben von der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.  
Dortmund: GfA-Press, 2021  
ISBN 978-3-936804-29-4

NE: Gesellschaft für Arbeitswissenschaft: Jahresdokumentation

Als Manuskript zusammengestellt. Diese Jahresdokumentation ist nur in der Geschäftsstelle erhältlich.

Alle Rechte vorbehalten.

© **GfA-Press, Dortmund**

**Schriftleitung: Matthias Jäger**

im Auftrag der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V.

Ohne ausdrückliche Genehmigung der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft e.V. ist es nicht gestattet:

- den Kongressband oder Teile daraus in irgendeiner Form (durch Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) zu vervielfältigen,
- den Kongressband oder Teile daraus in Print- und/oder Nonprint-Medien (Webseiten, Blog, Social Media) zu verbreiten.

Die Verantwortung für die Inhalte der Beiträge tragen alleine die jeweiligen Verfasser; die GfA haftet nicht für die weitere Verwendung der darin enthaltenen Angaben.

**Screen design und Umsetzung**

© 2021 fröse multimedia, Frank Fröse

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