

# DIGITALE ASSISTENZSYSTEME

ZUR MOBILEN VERWENDUNG  
IM TECHNISCHEN SERVICE

– Ein Leitfaden für die Gestaltung und Nutzung –



## FÖRDERHINWEIS

Der vorliegende Leitfaden entstand im Rahmen des Projekts „Gesundes mobiles Arbeiten mit digitalen Assistenzsystemen im technischen Service“ (ArdIAS).

Das interdisziplinäre Verbundprojekt hatte das Ziel, beanspruchungsoptimales und effizientes Arbeiten zu befördern. Es wurden Nutzerschnittstellen und Assistenzsysteme erforscht, die wichtige Informationen zum Arbeitsprozess direkt vor Ort bedarfsgerecht zur Verfügung stellen.

Dieses Forschungs- und Entwicklungsprojekt wurde im Rahmen des Programms „Zukunft der Arbeit“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und dem Europäischen Sozialfonds (ESF) gefördert und vom Projektträger Karlsruhe (PTKA) betreut. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei den Autoren.



## GENDER ERKLÄRUNG

Zur besseren Lesbarkeit führen wir in diesem Leitfaden personenbezogene Bezeichnungen, die sich zugleich auf Frauen und Männer beziehen, nur in der männlichen Form an, z. B. „Mitarbeiter“ statt „Mitarbeiterinnen“. Dies soll jedoch keinesfalls eine Geschlechterdiskriminierung oder eine Verletzung des Gleichheitsgrundsatzes zum Ausdruck bringen.

## PARTNER



## HERAUSGEBER

Fraunhofer IFF

## AUSGABE

April 2020

## AUTOREN

Mewes, Eric; Bergmüller, Annette; Minow, Annemarie;  
Waßmann, Stefan; Weigel, Maria; Eichholz, Steffen;  
Adler, Simon; Böckelmann, Irina; Schmicker, Sonja;  
Mecke, Rüdiger

## LAYOUT UND SATZ

hummelt und partner | Werbeagentur GmbH

INHALTSVERZEICHNIS .....	3
ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	4
TABELLENVERZEICHNIS .....	4
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....	5
<b>1 EINLEITUNG .....</b>	<b>6</b>
<b>2 BEGRIFFSBESTIMMUNGEN UND DEFINITIONEN .....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Technischer Service .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Mobile Arbeit .....</b>	<b>8</b>
<b>2.3 Digitale Assistenzsysteme .....</b>	<b>10</b>
<b>3 RECHTLICHE GRUNDLAGEN FÜR EINEN GESUNDEN UND SICHEREN EINSATZ .....</b>	<b>14</b>
<b>3.1 Pflichten des Arbeitgebers laut dem Arbeitsschutzgesetz .....</b>	<b>14</b>
<b>3.2 Arbeitsstättenverordnung, DGUV Information 215-410 und BGI/GUV-I 8704 .....</b>	<b>14</b>
<b>3.3 Exkurs Datenschutzrechtliche Bestimmungen .....</b>	<b>15</b>
<b>4 GEFÄHRDUNGSBEURTEILUNG .....</b>	<b>18</b>
<b>4.1 Gefährdungsbeurteilung und -faktoren .....</b>	<b>18</b>
<b>4.2 Mobilitätsbedingte und arbeitsorganisatorische Belastungsfaktoren .....</b>	<b>19</b>
<b>4.3 Belastungen durch das digitale Assistenzsystem/Arbeitsgerät .....</b>	<b>21</b>
<b>5 ARBEITSMEDIZINISCHE VORSORGE .....</b>	<b>24</b>
<b>6 ANFORDERUNGEN AN DIE GESTALTUNG .....</b>	<b>25</b>
<b>6.1 Grundsätzliche Anforderungen und Randbedingungen. ....</b>	<b>25</b>
<b>6.2 Technische Kenngrößen für eine ergonomische Verwendung .....</b>	<b>25</b>
<b>6.3 Anforderungsbezogene Auswahl mobiler Endgeräte .....</b>	<b>27</b>
<b>6.4 Softwareergonomie – Zusammenwirken von Mensch und Arbeitsmittel .....</b>	<b>31</b>
<b>Checkliste zur ergonomischen Darstellung von Informationen und Elemente .....</b>	<b>34</b>
<b>7 EINFÜHRUNGSPROZESS IM UNTERNEHMEN .....</b>	<b>36</b>
<b>7.1 Partizipation und Akzeptanz .....</b>	<b>36</b>
<b>7.2 Beispielprozess .....</b>	<b>37</b>
<b>8 FAZIT UND AUSBLICK .....</b>	<b>40</b>
LITERATURVERZEICHNIS .....	41

## ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Einordnung und Abgrenzung dieses Leitfadens in Bezug auf die DGUV Information 215-410 und die BGI/GUV-I 8704 im Hinblick auf die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) .....	7
Abbildung 2: Darstellung der Bestandteile der Instandhaltung (DIN-31051, 2012) .....	8
Abbildung 3: Mobilitätsformen in der Übersicht (Eigene Darstellung in Anlehnung an Ducki & Nguyen, 2016) .....	9
Abbildung 4: Klassifikation der Unterstützungsformen digitaler AS (Erweiterte Darstellung basierend auf Apt et al., 2018) .....	10
Abbildung 5: Sieben Schritte zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung .....	18
Abbildung 6: Haltung bei der Bedienung eines Smartphones (links: korrekt, rechts: belastend) .....	22
Abbildung 7: Darstellung verschiedener Beleuchtungsgrößen .....	27
Abbildung 8: Nutzerakzeptanz oder -ablehnung nach Fahrenstueck (2018) .....	37
Abbildung 9: Beispielhafter partizipativer Entwicklungsprozess .....	38

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Eignung von Endgeräten in Abhängigkeit verschiedener Kriterien nach Mewes et al. (2020).....	30
Tabelle 2: Kriterien der Gebrauchstauglichkeit nach DIN EN ISO 9241-11 .....	33
Tabelle 3: Kriterien zur Dialoggestaltung des Systems nach DIN EN ISO 9241-110.....	33
Tabelle 4: Kriterien zur Informationsdarstellung auf Bildschirmen nach DIN EN ISO 9241-125.....	34

## ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

ArbMedVV	Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge
ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz
ArbStättV	Arbeitsstättenverordnung
ArdiAS	Gesundes mobiles Arbeiten mit digitalen Assistenzsystemen im technischen Service (Verbundprojekt)
AS	Assistenzsysteme
BAuA	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
BGI/GUV	Berufsgenossenschaftliche Informationen/Gesetzliche Unfallversicherung
DGUV	Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
DSGVO	Datenschutz-Grundverordnung
EU	Europäische Union
GPS	Global Positioning System (deutsch: weltweites Standortbestimmungssystem)
FAQ	Frequently Asked Questions (deutsch: häufig gestellte Fragen)
HD	High Definition (deutsch: hochauflösend)
HMD	Head-mounted Display
HRV	Heart Rate Variability (deutsch: Herzfrequenzvariabilität)
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologien
MVP	Minimum Viable Product (deutsch: minimal überlebensfähiges Produkt)
PSA	Persönliche Schutzausrüstung
PSAgA	Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz
QR-CODE	Quick Response Code

Die Zukunft der Arbeit ist digital. Unter den Schlagworten "Industrie 4.0" und "Arbeit 4.0" erlebt die Arbeitswelt aktuell einen enormen Wandel hinsichtlich Arbeitsort, -zeit und -organisation. Immer häufiger kommen privat genutzte mobile Endgeräte, wie z. B. Smartphones, Tablets, Datenbrillen und Smartwatches als "digitale Helfer" auch bei der Arbeit zum Einsatz. Diese Technologien werden unter dem Begriff „Digitale Assistenzsysteme“ (AS) subsummiert. Laut der Studie "D21 Digital-Index 2018/2019" arbeiten 16 % der erwerbsfähigen Bevölkerung in Deutschland mobil und digital (Initiative D21 e. V., 2019).

Parallel zu diesen und anderen gesellschaftlichen Entwicklungen, wie etwa dem demografischen Wandel, gewinnen der moderne Arbeitsschutz sowie die präventive und gesundheitsförderliche Gestaltung der Arbeitswelt weiter an Bedeutung. Aufgrund des innovativen Charakters des mobilen und digitalen Arbeitens mit

Assistenztechnologien sind entsprechende Informationen für Arbeitgeber, die solche Systeme in Betrieben einführen wollen, rar. Rechtliche Rahmensetzungen zur menschengerechten (insbesondere gesundheitsförderlichen) Gestaltung und Verwendung von digitalen AS sind derzeit kaum vorhanden.

Ziel des vorliegenden Leitfadens ist deshalb die Bereitstellung von Informationen und Hinweisen, um einen menschengerechten Einsatz digitaler AS zu gewährleisten. Im Fokus steht dabei die Verwendung dieser Systeme im technischen Service, der besonders von häufig wechselnden Einsatzorten und flexiblen Arbeitsbedingungen geprägt ist. Damit sollen die Chancen der Digitalisierung besser genutzt und Risiken verringert werden. Neben den potenziellen Anwendern und Arbeitgebern adressiert der Leitfaden insbesondere auch Entwickler von mobilen Endgeräten und Applikationen in Hinblick auf Hard- und Software-Ergonomie.

Die Grundlage dieses Leitfadens ist die **Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)**:

- 6.4 „Anforderungen an tragbare Bildschirmgeräte für die ortsveränderliche Verwendung an Arbeitsplätzen“.

Er detailliert diese und weitere Anforderungen daraus, z. B.

- 6.2 „Allgemeine Anforderungen an Bildschirme und Bildschirmgeräte“,
- 6.5 „Anforderungen an die Benutzerfreundlichkeit von Bildschirmarbeitsplätzen“.

Der Leitfaden nimmt dabei explizit Bezug auf das Arbeiten mit aktuellen mobilen Endgeräten (Tablets, Smartphones, Smartwatches und HMDs) im technischen Service (z. B. Instandsetzung, Wartung und Inspektion).

Die Informationen in diesem Leitfaden stammen aus dem interdisziplinären Verbundprojekt „Gesundes mobiles Arbeiten mit digitalen Assistenzsysteme im technischen Service“ (ArdiAS), anderen relevanten Richtlinien, DIN-Normen sowie aktuellen Forschungsarbeiten (Abbildung 1).

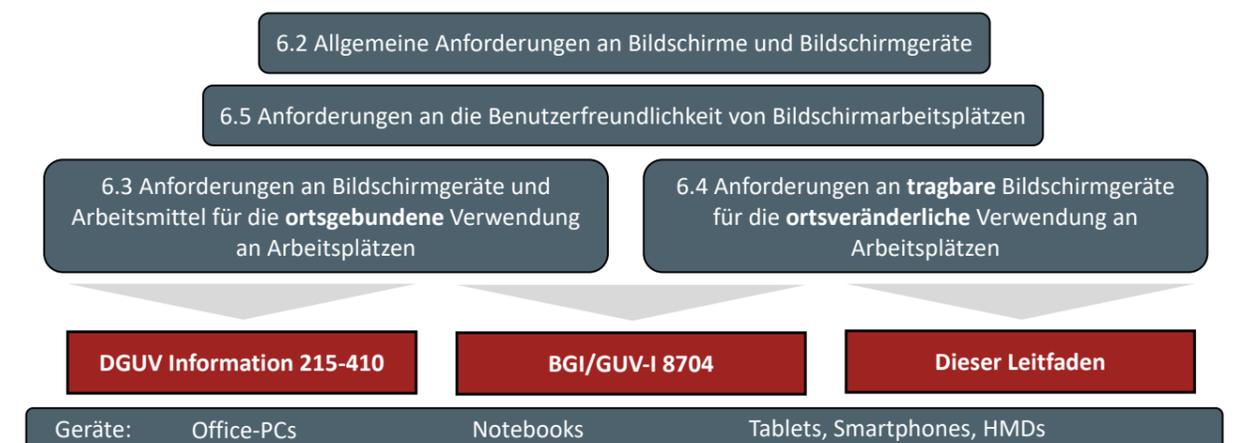


Abbildung 1: Einordnung und Abgrenzung dieses Leitfadens in Bezug auf die DGUV Information 215-410 und die BGI/GUV-I 8704 und im Hinblick auf die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV)

## 2 BEGRIFFSBESTIMMUNGEN UND DEFINITIONEN

### 2.1 Technischer Service

Die Arbeit im mobilen technischen Service (oder auch der mobilen Instandhaltung) ist wesentlich durch die Durchführung dienstleistungsbasierter Instandhaltungsaufgaben beim Kunden in Form von Vor-Ort-Arbeit geprägt.

*Instandhaltung* ist die Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Aktionen des Managements während des Lebenszyklus eines Objekts (z. B. technische Anlage), die dem Erhalt oder der Wiederherstellung seines funktionsfähigen Zustands dient, sodass es die geforderte Funktion erfüllen kann (DIN EN 13306:2018-02).

*Instandhaltung* unterteilt sich nach DIN 31051:2019-06 in Wartung, Inspektion, Instandsetzung und Verbesserung (Abbildung 2).

Unter *Wartung* versteht man Maßnahmen zur Verzögerung oder des Abbaus der vorhandenen Abnutzung. *Inspektionen* sind Maßnahmen zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes einschließlich der Bestimmung der Ursachen

eventuell vorhandener Abnutzung und dem Ableiten der notwendigen Konsequenzen für eine künftige Nutzung. Die *Instandsetzung* beinhaltet alle physischen Maßnahmen, die ausgeführt werden, um die Funktion einer fehlerhaften Einheit (z. B. Anlagenkomponente) wiederherzustellen. Die *Verbesserung* ist die Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Aktionen des Managements zur Steigerung der Zuverlässigkeit und/oder Instandhaltbarkeit und/oder Sicherheit einer Einheit, ohne deren ursprüngliche Funktion zu ändern.

### 2.2 Mobile Arbeit

In der Literatur (u. a. § 2 Absatz 7 Arbeitsstättenverordnung) wird Mobilität im Arbeitskontext zur Beschreibung verschiedener Phänomene gleichzeitig verwendet. Oft wird sie gleichgestellt mit der sogenannten Telearbeit, bei der zumeist Büroarbeit durch moderne Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) -Infrastruktur örtlich und teilweise auch zeitlich vom direkten betrieblichen Kontext entkoppelt ist. Den Arbeitspersonen wird hierbei freigestellt, an welchem Ort (z. B. Betrieb oder zu Hause) sie arbeiten.

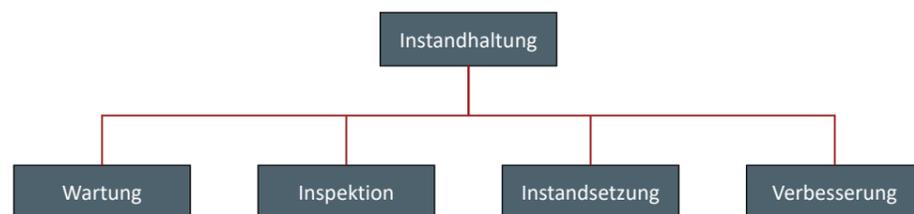


Abbildung 2: Darstellung der Bestandteile der Instandhaltung (DIN-31051, 2012)

Demgegenüber stehen Arbeitsaufgaben, bei denen verschiedene (ortsfeste) Arbeitsorte eine Mobilität des Personals erforderlich machen. Dies wird im Weiteren als *berufliche Mobilität* bezeichnet. Ducki und Nguyen (2016) unterscheiden *berufliche Mobilität* in *berufsassozierte* und *berufsbedingte Mobilität* (Abbildung 3).

Die *berufsbedingte Mobilität* beschreibt zum einen die Mobilität, welche durch die *Arbeitsaufgabe* entsteht (z. B. Paketzustellung) und zum anderen die *veränderlichen Arbeitsorte*. Die Ausprägungsformen *Businessstrips*, *Entsendungen* und *Vor-Ort-Arbeit* unterscheiden sich hierbei hauptsächlich in Frequenz und Dauer (Ducki & Nguyen, 2016).

Als *Businessstrips* oder Geschäftsreisen werden Arbeitseinsätze bezeichnet, welche zwar eine auswertige Übernachtung, aber keinen Umzug erfordern. *Entsendungen* sind Arbeitseinsätze,

bei denen ein befristeter Umzug des Beschäftigten notwendig ist. Diese Form tritt häufig bei befristeten Auslandseinsätzen auf. Bei mobiler *Vor-Ort-Arbeit* müssen die Arbeitspersonen eine Distanz zu den Kunden überwinden, die weder einen Umzug noch eine Übernachtung erfordert (z. B. mobiler Wartungsservice oder ambulante Pflege). Je kürzer die Dauer und/oder die Distanz der jeweiligen Arbeitsreisen sind, desto höher ist in der Regel die Frequenz, in der sie auftreten (Ducki & Nguyen, 2016).

Die *berufsassozierte Mobilität* entsteht durch die Wege der Mitarbeiter, welche sich aus der Entfernung zur Arbeitsstätte bzw. zum Arbeitsplatz ergeben. Hierbei werden zum einen *tägliches* und *wöchentliches Pendeln* (*zirkuläre Mobilität*) und zum anderen arbeitsbedingte *Umzüge* (*residenzielle Mobilität*) betrachtet (Ducki & Nguyen, 2016).

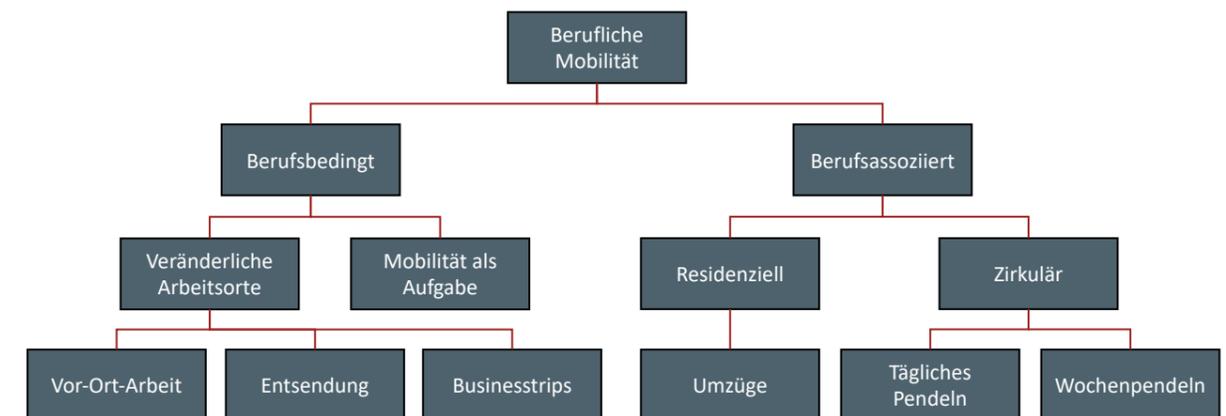


Abbildung 3: Mobilitätsformen in der Übersicht (Eigene Darstellung in Anlehnung an Ducki & Nguyen, 2016)

Beim technischen Service liegt also eine Form der *berufsbedingten Mobilität* mit *veränderlichen Arbeitsorten* außerhalb des Standorts des Arbeitgebers und teilweise mehrtägigem bis mehrwöchigem Dienstreiseaufkommen vor.

### 2.3 Digitale Assistenzsysteme

Digitale Assistenzsysteme (AS) sind interaktive IKT, die Beschäftigte bei ihren Arbeitstätigkeiten unterstützen. Dabei handelt es sich um eine Vielzahl mobiler Endgeräte oder Wearables (am Körper getragene miniaturisierte Computersysteme), die arbeitsbezogene Informationen an die Anwender ausgeben und alle relevanten Daten von einer verbundenen Datenbank oder Maschine

in Echtzeit abrufen, verarbeiten und übermitteln (Kasselmann & Willeke, 2016; Niehaus, 2017; Böckelmann & Minow, 2018).

Digitale AS bestehen aus Hard- und Software. Aufgrund ihrer hohen Verbreitung in der privaten Anwendung sind Smartphones und Tablets die häufigste Wahl für mobile AS in Betrieben. Mit zunehmender technologischer Reife treten in der Industrie perspektivisch auch verschiedene Datenbrillen sowie Smartwatches auf. Software Applikationen (z. B. Apps) stellen die Assistenzfunktionalität auf der entsprechenden Hardware bereit.

Nach Apt et al. (2018) lassen sich digitale AS in Unternehmen hinsichtlich *Grad*, *Art* sowie

*Zielsetzung* der Unterstützung unterteilen. Im Kontext des Projekts ArdiAS wurde dieses Schema um die Dimension *Ort* der Unterstützung erweitert (Abbildung 4).

Der *Grad* der Unterstützung ordnet digitale AS nach dem Umfang der Unterstützungsmöglichkeit ein. Ein niedriger Unterstützungsgrad bietet reine Handlungsanweisungen für einfache Arbeitssituationen an oder unterstützt die Bewegungsausführung. Ein hoher *Grad* an Unterstützung hilft bei regelbasierten Entscheidungen von hoher Komplexität und gibt Empfehlungen an die Anwender. Bei einem *variablen* Unterstützungsgrad entscheiden die Mitarbeiter selbst, in welchem Ausmaß sie vom AS unterstützt werden möchten (Apt et al., 2018).

Die *Art* der Unterstützung gibt an, welche Fähigkeiten des Mitarbeiters durch das digitale AS beeinflusst werden. Dies können *physische*, *sensorische* oder *kognitive* Fähigkeiten sein. *Physisch* unterstützende AS sollen die körperlichen Fähigkeiten des Anwenders stärken (z. B. Montage-, Hebehilfen). Digitale AS zur Unterstützung der *sensorischen* Wahrnehmung Beschäftigter messen Umgebungsgrößen oder verarbeiten vorbereitete Signale (z. B. QR-Codes), um hinterlegte Informationen verfügbar zu machen. *Kognitiv* unterstützende digitale AS dienen den Arbeitspersonen bei der Informationsverarbeitung. So führen sie z. B. Berechnungen durch oder überprüfen Eingabewerte auf ihre Sinnfälligkeit (Apt et al., 2018).

Die *Zielsetzung* der Unterstützung beschreibt die Art der Fähigkeitserweiterung des Anwenders basierend auf der Assistenztechnologie. Demnach gibt es AS, die *kompensatorisch*, *erhaltend* und *erweiternd* wirken. *Kompensatorische* digitale AS dienen vor allem der Inklusion. Das bedeutet, dass ein *kompensatorisches* AS die heterogenen Fähigkeiten und Leistungswandlung von Menschen (individuell) ausgleicht, sodass jeder gleichberechtigt eine bestimmte Arbeitsaufgabe erfüllen kann. *Erhaltende* digitale AS schützen vor Kompetenzverlusten und tragen besonders bei älteren Mitarbeitern zur langfristigen Sicherung der Gesundheit und Erwerbsfähigkeit bei. Das *erweiternde* AS bietet Mitarbeitern ergänzende Ressourcen an, um beispielsweise einer gesteigerten Arbeitsanforderung zu begegnen. Diese Erweiterungen der Fähigkeiten eignen sich insbesondere für den temporären Einsatz, z. B. in Anlernphasen. Die *Zielsetzung* der Unterstützung ist nicht zwangsläufig für alle Arbeitspersonen in jedem Kontext gleich. Die Funktionen können sich je nach Mitarbeiter, dessen Situation und mit der Zeit verändern (Apt et al., 2018).

Der *Ort* der Unterstützung beschreibt die Ortsflexibilität des jeweiligen digitalen AS und den Aufwand, die eine Veränderung der Örtlichkeit für eine Organisation und deren Personal birgt. Der Ort der Unterstützung kann demnach *stationär* oder *mobil* sein. Zusätzlich gibt es die Unterscheidung nach dem „ob“, „wo“ oder „wie“ ein digitales AS am Körper getragen (engl. to wear) wird. Bei *stationären* digitalen AS handelt es sich

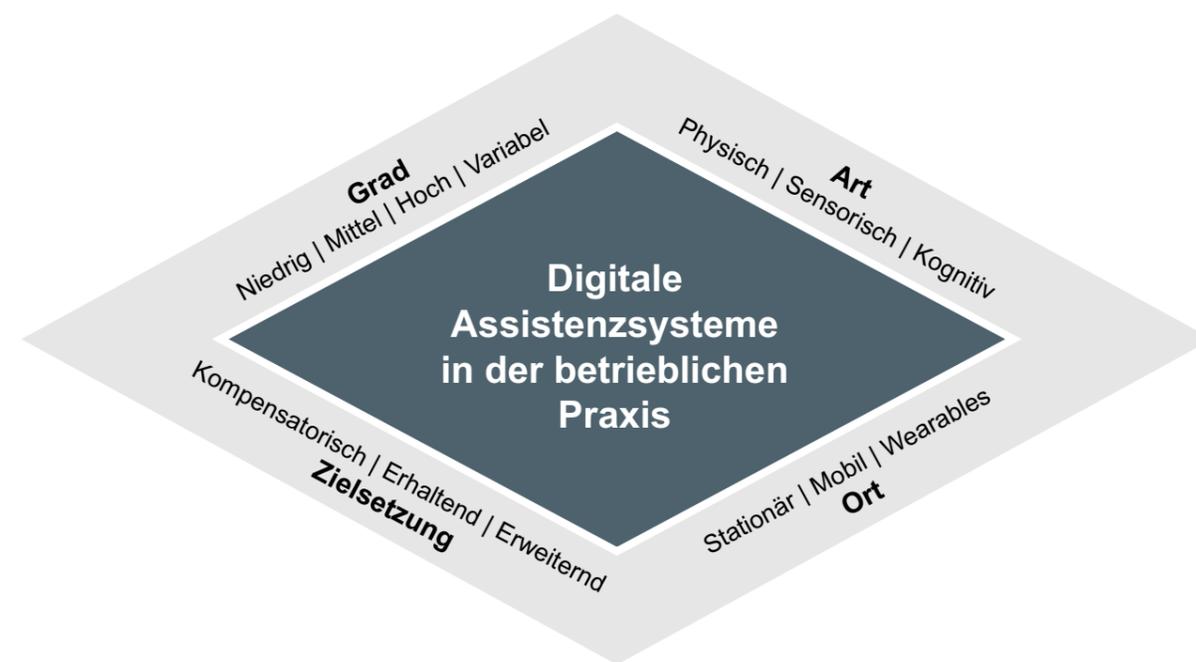


Abbildung 4: Klassifikation der Unterstützungsformen digitaler AS (Erweiterte Darstellung basierend auf Apt et al., 2018)

um ortsfeste, in einen Arbeitsprozess integrierte Technologien. Diese sind nur mit besonders hohem Aufwand an einem anderen Ort nutzbar (z. B. stationäre Bildschirme, Industrieroboter). *Mobile* digitale AS sind hingegen mit einem sehr geringen Aufwand transportfähig und auch während der Fortbewegung mit einem Fahrzeug verwendbar (z. B. Laptop, Smartphone). *Wearables* gehören ebenfalls zu den mobilen digitalen AS. Die am Körper getragenen Technologien (z. B. Smartwatches und Datenbrillen) sind speziell auf die Nutzung an verschiedenen Orten sowie für Tätigkeiten, bei denen die Hände ausschließlich für die Primärtätigkeit eingesetzt werden, ausgelegt.

### Geräteigenschaften für die ortsveränderliche Verwendung

Die ortsveränderliche Verwendung ist eine wichtige Anforderung der berufsbedingten Mobilität und bezeichnet die Möglichkeit, Geräte (digitale AS) an verschiedenen Lokalitäten ohne Aufbau einer entsprechenden Infrastruktur (Stromnetz, kabelgebundenes Internet) zu verwenden. Besitzt das digitale Assistenzgerät einen Bildschirm, muss dieser für berufsbedingte mobile Arbeit tragbar sein.

Als **mobile Endgeräte** werden im Folgenden tragbare Bildschirmgeräte bezeichnet, auf denen moderne Applikationen (Apps) unter verschiedenen Betriebssystemen (Android, iOS, Windows, etc.) installiert und verwendet werden können.

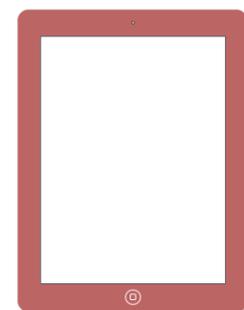
Der Begriff **App** (Applikation) beschreibt eine Anwendung mit einem (zumeist für mobile Endgeräte) spezialisierten Funktionsumfang. Während klassische Anwendungen häufig komplexe digitale Tätigkeiten adressieren, sind Apps für ausgewählte Tätigkeiten optimiert und unterstützen diese mit möglichst einfacher Interaktion.



**Smartphones** sind internetfähige Mobiltelefone, die umfangreiche Computer-Funktionalitäten und Konnektivität zur Verfügung stellen. Sie werden über berührungsempfindliche Bildschirme (Touchscreens) bedient. Die Funktionen der Kompaktgeräte beinhalten neben dem Telefonieren, die Ausführung von Apps, das Abspielen digitaler Medien, das Aufnehmen von Videos und Fotografien sowie verschiedene Sensoren (u. a. Inertialsensoren: Gyroskop, Beschleunigungssensor, Magnetometer und GPS-Empfänger).



**Tablets** sind portable, flache Computer mit einem Touchscreen. In Bedienung und Design ähneln die Geräte modernen Smartphones, sind jedoch oft leistungsfähiger. Sie beinhalten die



meisten Funktionalitäten eines Smartphones, haben aber einen größeren Bildschirm und damit mehr Bedienfläche.



**Datenbrillen** (oder auch Head-Mounted-Displays; HMDs) sind kopfgetragene Computersysteme, die Informationen in das

Sichtfeld des Benutzers einblenden. Hierzu nutzen sie Displays, welche vor den Augen des Nutzers angebracht sind. Zur Bedienung der Geräte gibt es verschiedene Konzepte wie z. B. separate Touchpads, Sprach-/Gestensteuerung, Eye Tracking, kompatible Geräte oder Kombinationslösungen.



**Smartwatches** sind digitale Armbanduhren, die ähnlich wie moderne Smartphones bedient und mit diesen via Bluetooth kabellos verbunden werden können. Zu ihrer Grundfunktion gehört

die Zeit- und Datumsausgabe. Eine Besonderheit ist, dass Smartwatches über eingebaute Sensoren verfügen, die beispielsweise die Herzfrequenz des Anwenders messen und Aktivitäten aufzeichnen. Wird die Smartwatch mit einem Smartphone verbunden, können zahlreiche, weitere Applikationen genutzt werden, die zusätzliche Funktionen bereitstellen.

**Notebooks** sind in der BGI/GUV-I 8704 „Belastungen und Gefährdungen mobiler IKT-gestützter Arbeit im Außendienst moderner Servicetechnik“ genau beschrieben und werden in diesem Leitfaden deshalb nicht weiter betrachtet.

# 3 RECHTLICHE GRUNDLAGEN FÜR EINEN GESUNDEN UND SICHEREN EINSATZ

## 3.1 Pflichten des Arbeitgebers laut dem Arbeitsschutzgesetz

Die Grundlage für „Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit“ ist in Deutschland das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG). Es schreibt unter anderem die Grundpflichten von Arbeitgebern vor.



„Der Arbeitgeber ist verpflichtet, die erforderlichen Maßnahmen des Arbeitsschutzes unter Berücksichtigung der

Umstände zu treffen, die Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten bei der Arbeit beeinflussen. Er hat die Maßnahmen auf ihre Wirksamkeit zu überprüfen und erforderlichenfalls sich ändernden Gegebenheiten anzupassen. Dabei hat er eine Verbesserung von Sicherheit und Gesundheit der Beschäftigten anzustreben“

In Zeiten zunehmender Digitalisierung und den damit einhergehenden Innovationen kommt dieser Pflicht eine besondere Rolle zu, denn die Folgen der Nutzung neuer Technologien sind weitgehend unbekannt. Vor allem langfristige Auswirkungen sind kaum erforscht. Folglich ist ein behutsames Vorgehen notwendig, in der die Gesundheit der Arbeitspersonen bei jeder Entscheidung als Querschnittsdimension mitgedacht wird.

In diesem Prozess stehen dem Arbeitgeber verschiedene Akteure unterstützend zur Seite, z. B.

- Betriebs- und Arbeitsmediziner
- Fachkräfte für Arbeitssicherheit
- Gesundheitsmanager
- Koordinierungsstellen betrieblicher Gesundheitsförderung gesetzlicher Krankenkassen
- Sachgebietsleiter „Betriebliches Gesundheitsmanagement“ der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung (DGUV)

Die Überwachung zur Einhaltung der Gesetze ist staatliche Aufgabe. Dabei kooperieren die zuständigen Landesbehörden mit den Unfallversicherungsträgern.

## 3.2 Arbeitsstättenverordnung, DGUV Information 215-410 und BGI/GUV-I 8704

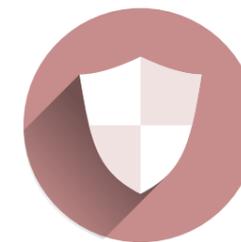
Im Zuge fortschreitender Digitalisierung wurde die Bildschirmarbeitsverordnung (BildscharbV) mit den enthaltenen Anforderungen an Bildschirmarbeitsplätze modernisiert. 2016 wurden diese, inklusive den neuen Passagen zu „Anforderungen an tragbare Bildschirmgeräte für die ortsveränderliche Verwendung an Arbeitsplätzen“, in die Arbeitsstättenverordnung (ArbStättV) integriert (Anhang Nr. 6.4). Dieser Anhang ist besonders

relevant für den technischen Service, da die Arbeitspersonen meist mobil bzw. ortsflexibel arbeiten.

Die DGUV Information 215-410 „Bildschirm- und Büroarbeitsplätze – Leitfaden für die Gestaltung“ von 2015 konkretisiert insbesondere die Anforderungen an Bildschirmgeräte und Arbeitsmittel für die ortsgebundene Verwendung an Arbeitsplätzen gemäß Anhang Nr. 6.3 (ArbStättV).

Die BGI/GUV-I 8704 „Belastungen und Gefährdungen mobiler IKT-gestützter Arbeit im Außendienst moderner Servicetechnik“ von 2012 enthält u. a. Gestaltungsempfehlungen technischer Art insbesondere für die Arbeit mit Notebooks, bei denen Bildschirm und Eingabemittel (Tastatur) getrennte Einheiten sind. Tablets und Smartphones werden dort nur kurz behandelt. Aktuelle, zukünftige und neuartige mobile Endgeräte, wie z. B. Head-Mounted-Displays (HMD/ Datenbrillen), werden nicht betrachtet. Dennoch werden darin bereits Anforderungen an tragbare Bildschirmgeräte für die ortsveränderliche Verwendung an Arbeitsplätzen gemäß Nr. 6.4 (ArbStättV) konkretisiert.

## 3.3 Exkurs Datenschutzrechtliche Bestimmungen



Die Nutzung und Erstellung mobiler (insbesondere adaptiver) AS bietet neben

zahlreichen positiven Aspekten für Mitarbeiter die Gefahr der ständigen und systematischen Überwachung. Personalisierte AS erweitern die bereits existierenden Möglichkeiten umfassender Beschäftigtendatenerfassung. Was zur optimalen Steuerung von Logistik- und Prozessdatenmanagement genutzt werden kann, birgt häufig auch die Möglichkeit, Leistungen und Verhalten von Mitarbeitern gezielt zu überwachen und zu steuern (Krause, 2016). Aus diesem Grund stehen im Beschäftigtendatenschutz besonders personenbezogene Daten im Vordergrund.



Seit dem 25. Mai 2018 gilt in der EU die Datenschutzgrundverordnung (DSGVO). Diese reformiert insbesondere den Umgang mit personenbezogenen Daten, sowohl im privaten, als auch im öffentlichen Bereich. Die DSGVO enthält sogenannte Öffnungsklauseln, in denen Mitgliedstaaten auch nationale Vorschriften erlassen können. Hieraus entstand das neu gefasste Bundesdatenschutzgesetz (BDSG-neu), welches Zeitgleich mit der DSGVO in Kraft trat.

Personenbezogene Daten sind nach Art. 4 Nr. 1 DSGVO „alle Informationen, die sich auf eine identifizierte oder identifizierbare natürliche Person (im Folgenden „betroffene Person“) beziehen“. Hierzu zählen neben echten Namen auch Pseudonyme, Kennnummern, Standortdaten oder besondere Merkmale, „die Ausdruck der physischen, physiologischen, genetischen, psychischen, wirtschaftlichen, kulturellen oder sozialen Identität dieser natürlichen Person sind“. Eine natürliche Person gilt als identifizierbar, wenn sie mit von den Verantwortlichen oder einer anderen Person mit von diesem wahrscheinlich genutzten Mitteln, direkt oder indirekt zu erkennen ist.

Die Verarbeitung von personenbezogenen Daten muss grundsätzlich rechtmäßig geschehen. Dies ist dann der Fall, wenn diese auf einem Rechtfertigungsgrund nach Art. 6 Abs.1 der DSGVO beruht.

Diese umfassen:

- Einwilligung der betroffenen Person
- Notwendigkeit zur Erfüllung eines Vertrags, bei dem einer der Vertragspartner die betroffene Person ist
- Erfüllung rechtlicher Pflichten des Verantwortlichen
- Schützen lebenswichtiger Interessen des Betroffenen oder einer anderen natürlichen Person
- Erforderlichkeit für die Wahrnehmung

einer Aufgabe öffentlichen Interesses oder aus öffentlicher Gewalt

- Notwendigkeit zur Wahrung berechtigten Interesses des Verantwortlichen oder eines Dritten, sofern nicht die Interessen, Grundrechte oder Grundfreiheiten des Betroffenen oder der Betroffenen überwiegen.

Die Einwilligung des Betroffenen ist die am häufigsten verwendete Rechtfertigungsgrundlage. Diese ist eine autonom getroffene Willenserklärung des Betroffenen, mit der er dem Verarbeiter die Verarbeitung seiner personenbezogenen Daten gestattet.

Wichtig ist hierbei die Freiwilligkeit bei der Entscheidung zur Zustimmung. Im beruflichen Kontext muss der Mitarbeiter in der Lage sein, die Einwilligung zu verweigern, ohne Nachteile zu erhalten. Dies kann in der Realität schwer nachzuweisen sein. Eine offizielle Kopplung an Arbeitsverträge, Beförderungen oder Weiterbeschäftigungen ist zwar untersagt, Zusammenhänge von Vergünstigungen und einer Einwilligung sind in der Anwendung jedoch schwer nachweisbar.

Weiterhin muss die Datenverarbeitung ein Mindestmaß an Transparenz erfüllen. Somit muss dem Betroffenen oder der Betroffenen in nachvollziehbarer Weise erläutert werden, welche seiner Daten wann wie aufgezeichnet und zu welchem Zweck diese verarbeitet wer-

den. Dies ist bei digitalen AS von besonderer Bedeutung, da diese Daten des Mitarbeiters außerhalb seiner Wahrnehmung aufzeichnen und verarbeiten können. Auch passen kontext-sensitive AS die zu erfassenden Daten an die jeweiligen Gegebenheiten von Arbeitsaufgabe und -umgebung an. Die Mitarbeiter sind über sämtliche derartige Vorgänge in Kenntnis zu setzen.

Die Verarbeitung personenbezogener Daten ist nur unter Zweckbindung, also für einen zuvor vereinbarten Zweck, zulässig. Die Einholung der Einwilligung hat immer in schriftlicher Form zu erfolgen. Unter besonderen Umständen sind auch andere Formen zulässig. Befindet sich ein Mitarbeiter beispielsweise überwiegend im Home-Office, so ist auch die Einwilligung in elektronischer Form möglich.



Auch nach gegebener Einwilligung hat der Betroffene jederzeit das Recht, seine Zustimmung zur Datenverarbeitung zu widerrufen.

Weiterhin kann er eine Löschung der personenbezogenen Daten oder eine Aufhebung des Personenbezugs (Anonymisierung) dieser Daten fordern. Eine weitere Verarbeitung zukünftig aufgenommener Daten ist anschließend untersagt. Weiterhin hat der Betroffene das Recht, sich jederzeit eine Kopie seiner personenbezogenen Daten in maschinenbearbeitbarer Form aushändigen zu lassen.

In der mobilen Instandhaltung erledigen die Mitarbeiter ihre Aufgaben häufig direkt beim Kunden vor Ort. Dies kann dazu führen, dass verschiedene Daten von Kunden oder anderen Dritten erhoben werden. Eine Berechtigung kann hierbei im Vertragsverhältnis mit dem Auftraggeber liegen. Eine Datenerhebung ist in diesem Fall rechtmäßig, sobald einer der Vertragspartner die betroffene Person ist. Die erhobenen Daten sind in diesem Fall nur für den zur Vertragserfüllung vereinbarten Zweck zu verwenden. Für eine anderweitige Nutzung der Daten ist eine Einwilligung unter den bereits beschriebenen Kriterien notwendig.

Mehr Informationen sind im BAuA Bericht: „Rechtliche Anforderungen an den Datenschutz bei adaptiven Arbeitsassistenzsystemen“ von Varadinek et al. (2018) enthalten.

# 4 GEFÄHRDUNGSBEURTEILUNG

## 4.1 Gefährdungsbeurteilung und -faktoren

Die Gefährdungsbeurteilung umfasst die systematische Erfassung und Bewertung aller Gefährdungen, die in Abhängigkeit von der Tätigkeit von Beschäftigten bei der Arbeitsausführung entstehen. Daraus abgeleitet sind entsprechende Maßnahmen des Arbeitsschutzes umzusetzen. Nach Novellierung des Arbeitsschutzgesetzes im Jahr 2012 sind neben der Analyse der technischen und qualifikatorischen Arbeitsbedingungen die psychischen Belastungen in die Gefährdungsbeurteilung einzubeziehen. Grundsätzlich gilt diese Arbeitgeberpflicht für jegliche abhängige Arbeits- und Beschäftigungsformen, also auch für



Abbildung 5: Sieben Schritte zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung

die mobile Arbeit im technischen Service. Für die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung wird das in der Abbildung 5 dargestellte „Sieben-Schritte-Modell“ empfohlen.

Nachdem Arbeitsbereiche und -tätigkeiten definiert sind, gilt es im zweiten Schritt die jeweiligen Gefährdungsfaktoren zu identifizieren. Gefährdung wird laut der „Leitlinie Gefährdungsbeurteilung und Dokumentation“ (Geschäftsstelle der Nationalen Arbeitsschutzkonferenz, 2017). definiert als:

„[...] die Möglichkeit eines Schadens oder einer gesundheitlichen Beeinträchtigung [...].“

Das ArbSchG §5 Absatz 3 gibt die Hauptgefährdungskategorien vor:

1. Gestaltung und Einrichtung der Arbeitsstätte und des Arbeitsplatzes
2. Physikalische, chemische und biologische Einwirkungen
3. Gestaltung, Auswahl und Einsatz von Arbeitsmitteln, insbesondere von Arbeitsstoffen, Maschinen, Geräten und Anlagen sowie den Umgang damit
4. Gestaltung von Arbeits- und Fertigungsverfahren, Arbeitsabläufen und Arbeitszeit und deren Zusammenwirken
5. Unzureichende Qualifikation und Unterweisung der Beschäftigten
6. Psychische Belastungen bei der Arbeit

Dabei hat jedes Unternehmen die für die eigenen Beschäftigten relevanten Gefährdungsfaktoren zu ermitteln. Die relevanten Faktoren können unternehmensspezifisch variieren.

Wie die Gefährdungsbeurteilung für mobile Arbeit aussehen muss, ist nicht genauer definiert. Die Arbeitsstättenverordnung konkretisiert Regelungen für Telearbeitsplätze, jedoch nicht für mobiles Arbeiten im technischen Service. Zu beachten ist in jedem Fall, dass die Mobilität im technischen Service - in der Regel anders als im Homeoffice oder bei der gänzlich ortsflexiblen Arbeit - nicht vom Mitarbeiter gewählt wird. Bei dieser mobilen Arbeit existieren zudem primäre und sekundäre Belastungen. Dabei entstehen primäre Belastungen durch die Ausübung der eigentlichen Tätigkeit und sekundäre Belastungen durch die Mobilität an sich. Diese Belastungsfaktoren sollten beide in die Gefährdungsbeurteilung einbezogen werden. Eine weitere Besonderheit ergibt sich durch die Vor-Ort-Arbeit an technischen Anlagen anderer Arbeitgeber. Hier ist eine enge Zusammenarbeit zwischen den verschiedenen Arbeitgebern bei der Sicherstellung der Aufsichtspflicht erforderlich (§ 8 ArbSchG).

## 4.2 Mobilitätsbedingte und arbeitsorganisatorische Belastungsfaktoren

### Reisetätigkeiten

Die Empfindung der Stresssituation bei dienstlichen Reisetätigkeiten hängt maßgeblich davon



ab, ob die Mobilitätsentscheidung erzwungen oder frei gewählt ist. Auch die Vorhersagbarkeit und Planbarkeit der Reise hat

Auswirkungen. Je weniger Kontrolle der Mitarbeiter hat, desto höher ist hierbei sein Stressempfinden (Koslowsky et al., 1995).

Bei häufigen Dienstreisen treten zusätzlich vermehrt körperliche Beanspruchungen auf. Diese reichen von Schlafstörungen und Muskelverspannungen bis zu Infektanfälligkeit und Jetlag (Ducki & Nguyen, 2016).

Durch die Entfernung von Firmensitz und Arbeitsort entsteht zudem ein besonderer Anspruch an die Sorgfalt der Mitarbeiter bei der Vorbereitung auf den Arbeitseinsatz. Fehlende Werkzeuge oder Materialien können zusätzlichen Aufwand, Kosten und stressbedingte Belastungen bei den Arbeitspersonen nach sich ziehen.

### Wechselnde Arbeitsorte und -systeme

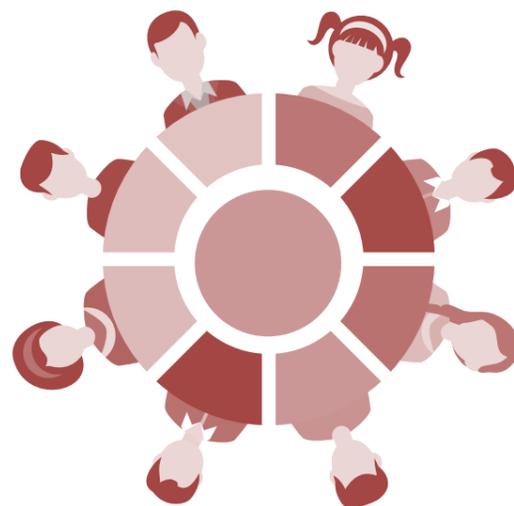
Mobile Servicekräfte wechseln in regelmäßigen Abständen ihren Arbeitsort und damit auch das Arbeitssystem. Daraus ergeben sich einige besondere Anforderungen an die Arbeitsperson. Potenzielle Gefahrenquellen können im mobilen Service besonders gehäuft auftreten, da Instandhaltungsarbeitsplätze meist nicht ergonomisch optimiert sind (Strobel et al., 2004).

Zudem muss sich das Personal der Kunden auf die Anwesenheit der Servicekräfte einstellen. Vergessen die Stammmitarbeiter die Anwesenheit der Servicekraft bzw. werden dieser unabsichtlich wichtige Informationen vorenthalten, kann dies die Arbeit zusätzlich erschweren und Personen gefährden und Maschinen beschädigen. Um dem entgegenzuwirken, sollte eine regelmäßige Abstimmung mit dem Stammpersonal stattfinden. Bei Einzelarbeit an Arbeitsplätzen ohne Mitarbeiterkontakt kann eine Totmannfunktion Sicherheit schaffen (Strobel et al., 2004).

Besonders bei Anlagen außerhalb von Gebäuden können sich zusätzlich Wetter- und Witterungsbedingungen auf die Störungsdiagnose und die Arbeitsperson und deren Beanspruchung auswirken.

### Soziale Kontakte

Service Mitarbeiter ordnen sich je nach Kunden unterschiedlichen Vorschriften und betriebs-spezifischen Normen unter. Dabei wechseln die sozialen Systeme (meist täglich) und die Mitarbeiter müssen mit verschiedensten Persönlichkeiten interagieren. Die empfundene Qualität ihrer Arbeit hängt aufgrund des



Dienstleistungscharakters nicht nur von messbaren Faktoren (z. B. Reparaturzeit) ab, sondern wird auch maßgeblich durch die Art der Interaktion mit den Auftraggebern beeinflusst. Die Instandhaltungsfachkraft verrichtet hier neben ihrer handwerklichen Arbeit auch Emotionsarbeit. Auf beiden Ebenen ist es notwendig, auf die unterschiedlichen Bedürfnisse der wechselnden Kunden einzugehen und deren Erwartungen bestmöglich zu erfüllen.

Mobile Servicetechniker arbeiten meist in kleinen Teams oder in (immer häufiger auftretender) Einzelarbeit. Dabei organisieren sie sich weitestgehend selbstständig und greifen nur in Problemfällen auf die Unterstützung von Kollegen und Vorgesetzten außerhalb des aktuellen Arbeitsorts zurück. Durch die Freiheit und das einhergehende Vertrauen seitens der Unternehmensführung fühlen sich viele Techniker besonders wertgeschätzt. Die selbstständige Organisation des

eigenen Arbeitsablaufes und die damit verbundene Verantwortung erfordern jedoch ein hohes Maß an Selbstkompetenz, Zeitmanagement und Eigeninitiative. Zudem ist durch die Ortsflexibilität auch die Kommunikation mit den eigenen Kollegen erschwert. Dies kann zu besonderen psychosozialen Belastungen führen.

### IT-Kompetenz

IT-Kompetenz ist „die Fähigkeit und Bereitschaft eines Individuums, unter anforderungsgerechter, sachgemäßer, systematischer und reflektierter Auswahl und Verwendung informationstechnischer Infrastruktur, Geräte, Systeme und Anwendungen [...], ein berufliches Ziel zu erreichen, eine berufliche Herausforderung zu bewältigen oder ein berufliches Problem zu lösen“ (Härtel et al., S. 7). Eine unzureichende oder fehlende IT-Kompetenz bei gleichzeitig steigendem Digitalisierungsgrad kann zu Fehlbeanspruchungen führen. Die IT-Kompetenz von Mitarbeitern lässt sich über Schulungen und den Einsatz von (weniger komplexer) Software steigern.

### Leistungsdruck und ständige Erreichbarkeit



Durch ihren Dienstleistungscharakter arbeiten Mitarbeiter im mobilen Service häufig so lange, bis der Kunde zufrieden und der

Auftrag abgeschlossen ist. Zudem kann bei Notfällen ein zusätzlicher Einsatz der Instandhalter erforderlich sein. Dies führt nicht selten zu einer Entgrenzung der Arbeitszeiten.

Die quantitative Arbeitsbelastung ist laut einer Untersuchung bei mobil arbeitenden Arbeitspersonen im Vergleich zu nicht mobil arbeitenden Menschen höher. Demnach leiden mobile Fach-

kräfte vermutlich häufiger unter Zeit- und Leistungsdruck und arbeiten häufig am Wochenende. 58 % der mobilen Servicetechniker meinen, auch außerhalb der eigenen Arbeitszeit ständig erreichbar sein zu müssen. Bei Mitarbeitern, die nicht mobil arbeiten, sind es nur 19 %, die diese Meinung teilen (Breisig & Vogl, 2019).

Die Arbeitszeitgestaltung ist eine Möglichkeit, dem entgegenzuwirken. So sollten Vertrauensarbeitszeiten möglichst vermieden und eine Erfassung der Arbeitszeit grundsätzlich festgelegt werden (Müller et al., 2019). Weiterhin gelten Regelungen für Überstunden und Mehrarbeit wie bei allen anderen Beschäftigten.

### 4.3 Belastungen durch das digitale Assistenzsystem/Arbeitsgerät

Belastungen durch digitale AS können sich sowohl aus der Hardware, als auch aus der Software der Systeme ergeben.

#### Digitale Assistenzsysteme – Hardware

Digitale AS bestehen meist aus einem mobilen Bildschirm, der gleichzeitig als Eingabegerät dient. Die Gefahr einer Fehlbeanspruchung der Augen existiert hier analog zu stationären Bildschirmarbeitsplätzen. Im Gegensatz zur traditionellen Bildschirmarbeit, bei der sich der Abstand zum Bildschirm, die Höhe der Arbeitsoberfläche usw. einstellen lassen, ist die ergonomische Verwendung bei mobilen AS zu einem Großteil vom

Nutzerverhalten abhängig. Dadurch sind die Servicekräfte im Arbeitskontext dafür verantwortlich, die Geräte zu nutzen, ohne sich selbst körperlich zu gefährden.

Das „Smartphone-Smombie-Phänomen“ z. B. (Abbildung 6) verdeutlicht einerseits die Fehlhaltungen, die zu Rückenbeschwerden führen können. Weiterhin wird durch den nach unten gerichteten Blick das Sichtfeld stark eingeschränkt. Untersuchungen zur Umgebungswahrnehmung bei durch die Nutzung digitaler Systeme abgelenkten Nutzern („Smombies“) weisen steigende Unfallraten durch (falsche) Smartphone-Nutzung nach (Spitzer, 2014).

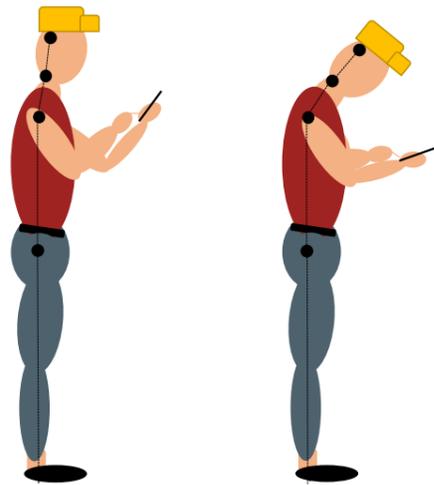


Abbildung 6: Haltung bei der Bedienung eines Smartphones (links: korrekt, rechts: belastend)

Weiterhin ist die Beugung des Nackens besonders in Arbeitssystemen mit Helmpflicht besonders kritisch, da sie den Helmschutz verschlechtert, wodurch Teile des Nackens für herabfallende Objekte ungeschützt sind.

Andere Endgeräte (bspw. HMDs) schränken das Sichtfeld noch mehr ein, was das Risiko für Unfälle erhöhen kann (Darius et al., 2015). Bei technischen Serviceleistungen mit erhöhtem Arbeitsort werden durch das mögliche Abstürzen der Geräte zusätzliche Gefahrensituationen geschaffen. So werden Menschen gefährdet, die sich am Boden befinden und auch die Geräte können durch einen Sturz beschädigt werden. Dies kann jedoch durch entsprechende Sicherungen vermieden werden.

Viele Gefahren und Risiken sind vom konkreten Arbeitsprozess abhängig oder noch unbekannt. Daher sind die entwicklungsbegleitende Erkundung und Dokumentation aller Risiken noch vor dem Einsatz der mobilen AS notwendig.

### Digitale Assistenzsysteme – Software

Anders als Hardware, wirkt sich Software eher auf die Psyche als auf die Physis aus. Eine explorative Literaturanalyse von Müller-Thur et al. (2018) erkundet Zusammenhänge zwischen der Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) und entstehenden psychischen Belastungen.

Die Verwendung von Echtzeit-Kommunikationssoftware (Messenger-Dienste) auf digitalen AS trägt dazu bei, dass Aufgaben *„schneller und unvermittelt kommuniziert werden“*. Gleichzeitig kommt es dadurch vermehrt zu Arbeitsunterbrechungen und Multitasking, da Aufgaben häufi-

ger parallel bearbeitet werden. „Technostress“ scheint die psychosoziale Konsequenz zu sein und subsumiert *„Ängste, Anspannung, Ermüdung oder die Sorge, mit modernen Kommunikationstechnologien nicht adäquat umgehen zu können“* (ebenda).

Weitere potenzielle Gefahren durch die Nutzung digitaler AS sind laut Müller-Thur et al. (2018)

- subjektiv-wahrgenommener, erhöhter Arbeitsstress,
- schlechtere selbstberichtete Gesundheit,
- Entgrenzung zwischen Arbeits- und Privatleben,

was wiederum *„Widerstand, Stress und Burnout“* begünstigen kann.

Um diese hardware- als auch softwareseitigen Belastungen zu vermeiden, sollten eine arbeitsmedizinische Vorsorge angeboten und die zu entwickelnden AS menschengerecht gestaltet werden. Die nächsten beiden Kapitel erläutern diese beiden Aspekte.

## 5 ARBEITSMEDIZINISCHE VORSORGE



Auf der Grundlage der Gefährdungsbeurteilung im Sinne des Arbeitsschutzgesetzes muss der Arbeitgeber eine „angemessene arbeitsmedizinische Vorsorge“ veranlassen. Hierfür ist laut § 3 der *Verordnung zur arbeitsmedizinischen Vorsorge (ArbMedVV)* ein Betriebsarzt zu beauftragen.

Die betriebsärztlichen Präventionsmaßnahmen zielen laut § 1 ArbMedVV darauf ab, „*arbeitsbedingte Erkrankungen einschließlich Berufskrankheiten frühzeitig zu erkennen und zu verhüten [sowie] einen Beitrag zum Erhalt der Beschäftigungsfähigkeit und zur Fortentwicklung des betrieblichen Gesundheitsschutzes [zu] leisten*“.

Die Vorsorgeangebote gliedern sich laut § 2 ArbMedVV in

- Pflichtvorsorge, die veranlasst werden muss („*bei bestimmten besonders gefährdenden Tätigkeiten*“),
- Angebotsvorsorge, die angeboten werden muss („*bei gefährdenden Tätigkeiten*“) und
- Wunschvorsorge, die auf Wunsch des Beschäftigten ermöglicht werden muss („*bei Tätigkeiten, bei denen ein Gesundheitsschaden nicht ausgeschlossen werden kann*“).

Der Anhang der ArbMedVV teilt die Tätigkeiten und/oder Gefahrenstoffe in den entsprechenden

Vorsorge-Kategorien (Pflicht-, Angebots- und Wunschvorsorge) ein.

**Untersuchung der Augen und des Sehvermögens für Beschäftigte an Bildschirmgeräten gehören zur Angebotsvorsorge.** Beschäftigte an Bildschirmarbeitsplätzen sind Arbeitspersonen, die bei einem nicht unwesentlichen Teil ihrer täglichen Arbeitszeit ein Bildschirmgerät benutzen. Dabei ist es egal, ob es sich um mobile oder stationäre Arbeitsplätze handelt. Es geht primär um den Tätigkeitsbereich.

Der **Arbeitgeber muss seinen Mitarbeitern im technischen Service, die tragbare Bildschirmgeräte/digitale AS nutzen, eine Angebotsvorsorge anbieten.** Der Arbeitnehmer darf sich jedoch freiwillig dazu entscheiden, diese nicht in Anspruch zu nehmen.

Im Untersuchungsumfang der Angebotsvorsorge bei Tätigkeiten an Bildschirmgeräten sind enthalten:

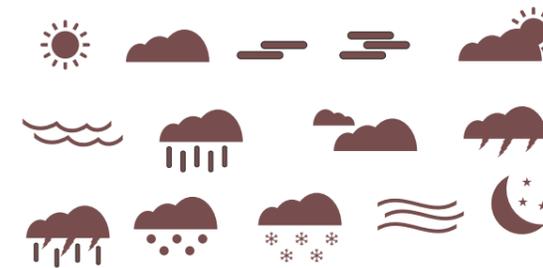
- eine allgemeine Anamnese,
- ein Sehtest (Sehschärfe, Farbsehen, Stereosehen, Augenstellung, Gesichtsfeld und Weitsichtigkeit),
- eine Blutdruckmessung und
- eine ärztliche Bewertung der Ergebnisse.

Arbeitsmediziner empfehlen eine Nachuntersuchung im Fünfjahresabstand für unter 40-Jährige und im Dreijahresabstand für über 40-Jährige.

## 6 ANFORDERUNGEN AN DIE GESTALTUNG

### 6.1 Grundsätzliche Anforderungen und Randbedingungen

Eine Besonderheit bei Tätigkeiten im technischen Service besteht in den sich verändernden Arbeitsstätten und -umgebungen, welche kaum beeinflussbar sind. In der Regel sind Arbeitspersonen im technischen Service mit wechselnden Arbeitsorten (innerhalb und außerhalb von Gebäuden), unterschiedlichen Einsatzzeiten, Temperaturen, Lichtverhältnissen und verschiedenen Zwangshaltungen konfrontiert.



Eine Veränderung dieser Bedingungen ist nur schwer möglich, jedoch können die Arbeitsmittel (mobile Endgeräte) über verschiedene Gestaltungsmöglichkeiten an diese angepasst werden. Die folgenden Ausführungen beziehen sich deshalb auf Empfehlungen für die Gestaltung digitaler AS unter der Randbedingung, dass in Arbeitssystemen des technischen Service zahlreiche nicht beeinflussbare Arbeitsbedingungen vorliegen.

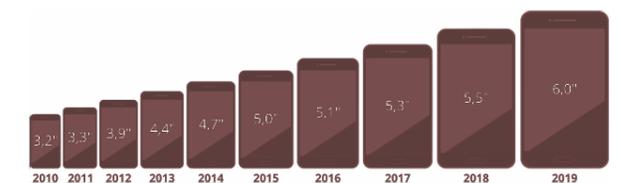
Grundsätzlich sind die hier beschriebenen Empfehlungen stets im Rahmen einer partizipativen Entwicklung zu präsentieren. Weiterhin sind im Entwicklungsprozess zunächst eine Anforderungs-

analyse durchzuführen, um die wichtigsten umgebungs- und prozessbedingten Anforderungen und Einschränkungen in einem Lastenheft festzuhalten. Darauf aufbauend sollten partizipative Workshops mit Entwicklern und potenziellen Nutzern stattfinden. Dabei geht es um eine interaktive Verbesserung der Systemprototypen bis zum fertigen System.

Die ergonomische Arbeitsgestaltung umfasst zahlreiche arbeitsgestalterische Aspekte, die durch die vorgenannten Rechtsvorschriften, Normen und Richtlinien geregelt werden. Dazu gehören u. a. die ergonomische Gestaltung von Arbeitsmitteln und IKT-Prozessen. Im Fokus der folgenden Ausführungen steht die ergonomische Auswahl und Benutzung tragbarer Endgeräte (Smartphones, Tablets und Datenbrillen) als Arbeitsmittel.

### 6.2 Technische Kenngrößen für eine ergonomische Verwendung

#### Displaygröße



Die notwendige Displaygröße ist vom jeweiligen Anwendungsfall abhängig. Bei Geräten mit Touchscreen-Bedienung sollte genügend Spielraum für die Bedienbarkeit bei gleichzeitiger Lesbarkeit der Inhalte gewährleistet sein. Ab

einer bestimmten Bildschirmdiagonale sind Bedienelemente nicht mehr auf dem gesamten Bildschirm einhändig erreichbar. Der Aktionsradius ist dabei von der individuellen Handgröße abhängig. Sollte es notwendig sein, kann die Erreichbarkeit von Elementen sowohl über die Abmaße der ausgewählten Geräte, als auch die richtige Platzierung der Bedienelemente sichergestellt werden.

### Auflösung

Die Inhalte auf Bildschirmgeräten werden umso detaillierter dargestellt, je mehr Bildpunkte pro Flächeneinheit in einem Display verwendet werden. Der Minimalstandard bei aktuellen Smartphones und Tablets ist ein High-Definition (HD) Display (1920x1080 p). Neuere Geräte gehen weit über diesen Standard hinaus. Geräte, die 300 ppi (Pixel pro Zoll) überschreiten, werden bei der handgehaltenen Verwendung scharf wahrgenommen. Für Datenbrillen können aktuell noch keine geprüften Grenzwerte empfohlen werden.

### Leuchtdichte

Die Leuchtdichte wird in Candela pro Quadratmeter ( $\text{cd}/\text{m}^2$ ) gemessen (Abbildung 7). Für ein ergonomisches Arbeiten ist besonders die Leuchtdichteverteilung zu beachten. Dabei ist im Arbeitsfeld bzw. in der näheren Arbeitsumgebung ein maximaler Leuchtdichteunterschied von max. 3:1 und in der fernen Arbeitsumgebung ein Verhältnis von max. 10:1 anzustreben

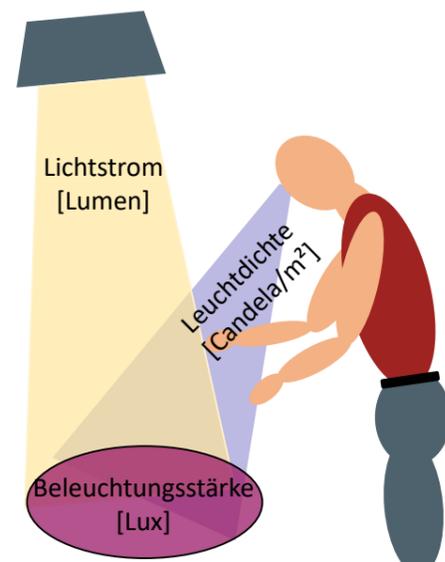
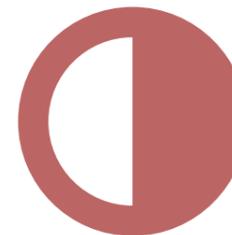


Abbildung 7: Darstellung verschiedener Beleuchtungsgrößen

(Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, 2006). Generell ist die Beleuchtungsergonomie umso besser, je homogener sich die Leuchtdichte im Sichtfeld gestaltet.

Gerade in der mobilen Anwendung von AS ist die Beleuchtungssituation nur sehr schwer konstant zu halten. Zahlreiche Geräte bieten aus diesem Grund bereits heute Bildschirme an, die sich automatisch an die Umgebungshelligkeit anpassen. Um Assistenzgeräte auch unter extrem hellen Beleuchtungsbedingungen ergonomisch verwenden zu können, sollte die maximale Leuchtdichte der Endgeräte so hoch wie möglich (und adaptiv einstellbar) sein. Labortests mit Smartphones haben gezeigt, dass  $400 \text{ cd}/\text{m}^2$  ausreichen, um auch bei Sonneneinstrahlung Text abzulesen, insofern dessen Darstellung kontrastreich und reflexionsarm ist (Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften, 2006).

### Kontrast



Der Kontrast beschreibt die Unterschiede zwischen hellen und dunklen Bereichen einer Darstellung und damit den Helligkeitsverlauf eines Bildes. Kontrastreiche Bilder mit druckähnlicher Schrift werden als einfacher zu lesen wahrgenommen. Verstellbarer Kontrast ist, genau wie eine anpassbare Helligkeit, bei den meisten Bildschirmgeräten Standard. Eine automatische Anpassung an die Umgebung ist hierbei, anders als bei der Helligkeit, nicht sinnvoll.

### Reflexion



Reflexionen auf mobilen Bildschirmgeräten können die Lesbarkeit der Inhalte erschweren und zu Blendungen führen. Anders als bei stationären Bildschirmarbeitsplätzen ist die Vermeidung von Reflexionen durch die entsprechende dauerhafte Bildschirmpositionierung, diffuse Lichtquellen oder Vorhänge für mobile Endgeräte nur schwer möglich. Um Reflexionen auf Smartphones, Tablets und Smartwatches zu vermeiden, ist die Anwendung verschiedener Antireflexionsfolien möglich. Weiterhin kann das Problem häufig gelöst werden, indem die Nutzer eine günstigere Position im Arbeitsumfeld einnehmen. Dies kann sich jedoch negativ auf die Körperhaltung des Mitarbeiters während der Nutzung auswirken.

## 6.3 Anforderungsbezogene Auswahl mobiler Endgeräte

Bei der Auswahl digitaler Endgeräte sollten deren Vor- und Nachteile für mobile AS im jeweiligen Anwendungsfall besonders betrachtet werden. Abhängig von verschiedenen Merkmalen lassen sich zahlreiche Hardwaresysteme für mobile AS unterscheiden. Am häufigsten werden hierfür die aktuell technisch ausgereiften Tablets und Smartphones verwendet. Smartwatches und Datenbrillen bieten perspektivisch hohes Potenzial und eignen sich für Spezialanwendungen (z. B. Vitaldatenübertragung und Augmented Reality Anwendungen) schon jetzt. Alle genannten Geräte sind den meisten Spezialgeräten besonders durch die stetige Weiterentwicklung im Konsumentenmarkt überlegen (Niehaus, 2017).

### Smartphones

Smartphones eignen sich für verschiedenste Anwendungen als mobile Endgeräte. Aufgrund ihrer hohen Verbreitung im privaten Bereich sind die Geräte und deren Bedienung den meisten Mitarbeitern bereits bekannt. Die größten Vorteile der Geräte liegen im Kamerasystem, da viele



Geräte bereits mit sehr hochwertigen Systemen ausgestattet sind. Zudem eignen sich viele Geräte für die einhändige Nutzung (Mewes et al., 2020).

## Tablets

Der wesentliche Unterschied zwischen Tablets und Smartphones ist die bei Tablets deutlich größere Bildschirmdiagonale (ab ca. 8 Zoll). Diese führt dazu, dass besonders komplexe Informationen, wie Datenblätter und Fließtexte vom Nutzer besser wahrgenommen werden. Im Umkehrschluss sind Tablets durch ihre größeren Abmaße jedoch auch deutlich schwieriger mitzuführen (Mewes et al., 2020). Bei der Bedienung im Stehen ist eine einhändige Bedienung der virtuellen Tastatur aufgrund der größeren Bildschirmdiagonale in der Regel nicht möglich.

## Smartwatches

Smartwatches ermöglichen es den Nutzern aufgrund der Platzierung am Handgelenk, binnen kürzester Zeit Informationen abzurufen. Durch die geringe Größe der Displays können jedoch nur ausgewählte Informationen sehr kompakt dargestellt werden. Smartwatches sind durch ihren engen Kontakt zum Körper besonders für Hinweise mittels Vibrationsfunktion geeignet (Mewes et al., 2020).

## Datenbrillen

**Monocular Smart Glasses** präsentieren vor einem Auge des Nutzers ein Bild (Peddie, 2017). Diese basieren auf einem Videodisplay, welches vor dem linken oder rechten Auge platziert werden kann und dem Nutzer verschiedene Informationen anzeigt. Bei einigen Geräten kann die Umgebung

mittels einer zusätzlichen vom Nutzer abgewandten Kamera gefilmt, mit Informationen überlagert und auf dem Display angezeigt werden.

**Binocular Smart Glasses** blenden zusätzliche Informationen in das Sichtfeld vor beiden Augen des Nutzers ein. Durch transparente Anzeigetechnologie wird es dem Nutzer ermöglicht, die Realität mit digital überlagerten Informationen wahrzunehmen (Barfield & Caudel, 2015). Für die Überlagerung von Informationen mit der Realität sind die Geräte mit verschiedenen Sensoren zur Umgebungserkennung ausgestattet.

Datenbrillen sind besonders für beidhändige Tätigkeiten geeignet, in denen der Mitarbeiter während der Tätigkeit Informationen einsehen kann, ohne die Primärtätigkeit zu unterbrechen. Die aktuellen Eingabemöglichkeiten von Datenbrillen sind anderen AS -Typen jedoch häufig unterlegen. Einen Standard gibt es hier nicht, jedoch sind Gestensteuerung und externe Bewegungssteuerungen besonders zur Texteingabe gegenüber Smartphones und Tablets unterlegen. Datenbrillen können je nach Abmaßen den Sichtbereich einschränken und durch die ungewohnte Verbreiterung in Kopfhöhe zu Kollisionen mit der Umgebung führen (Darius et al., 2015). Zudem ist durch die Überlagerung von Informationen mit der Umgebung eine Informationsüberflutung möglich (Mewes et al., 2020).

Anwendungsfälle für die Technologien von Datenbrillen befinden sich aktuell zumeist noch in

Erprobungsphasen, z. B. in Kommissionierung und Fernwartungen.

Je nach Anforderungen, die sich aus Arbeitsplatz und -aufgabe ergeben, eignen sich verschiedene Endgeräte in unterschiedlichem Maße für die Arbeitsausführung. Tabelle 1 zeigt eine schematische Darstellung der Vor- und Nachteile digitaler AS hinsichtlich verschiedener Bewertungskriterien. Dabei sind die einzelnen Gerätekategorien als Richtwerte zusammengefasst. Einzelne Endgeräte können der Bewertung in der Tabelle über- oder unterlegen sein. Vor der Anschaffung eines Endgeräts sollten diese gesondert auf ihre Eignung im Arbeitssystem geprüft werden. Besonders wichtig ist dabei, dass die Systeme die aktuell bestehende Arbeitskleidung bzw. Schutzausrüstung nicht negativ beeinflussen.

## Zusatzgeräte

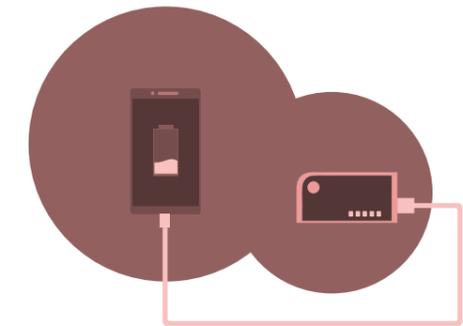
Zusatzgeräte können verschiedene Schwächen der gewählten Hardware ausgleichen und deren Funktionen erweitern. Damit ist eine Anpassung an spezielle Anforderungen des jeweiligen Arbeitssystems möglich. Im Folgenden werden ausgewählte Zusatzgeräte, ohne Anspruch auf Vollständigkeit, erläutert.

**Halterungen und Befestigungen** können zum einen an der Umgebung oder der Arbeitsperson selbst befestigt werden, um die Körperhaltung bei der Verwendung des AS ergonomischer zu

gestalten. Zum anderen lassen sich so Geräte, die nicht am Körper getragen werden, gegen Abstürze sichern.

**Schutzgehäuse** dienen dazu, Mobilgeräte gegen sturz- und zusammenstoßbedingte Beschädigungen abzusichern. Sie ersetzen keine speziell geschützten Sondergeräte für den Industriegebrauch und können (müssen aber keinen) Bildschirmschutz bieten.

**Schutzfolien** schützen Bildschirme von Mobilgeräten gegen Beschädigungen bei Zusammenstößen. Auch sie ersetzen keine speziell geschützten Sondergeräte für den Industriegebrauch. Einige Schutzfolien verringern zusätzlich das Auftreten von Spiegelungen und schützen vor unerwünschten Blicken Dritter.



**Zusatzakkus oder Powerbanks** können die Laufzeit der verwendeten Endgeräte deutlich verlängern und bieten sich besonders bei längerem Einsatz der Mobilgeräte an. Ab welchem Zeitpunkt sich der Einsatz eines Zusatzakkus lohnt, hängt vom Mobilgerät, der Häufigkeit der Verwendung und der benutzten Software ab.

Tabelle 1: Eignung von Endgeräten in Abhängigkeit verschiedener Kriterien nach Mewes et al. (2020)

Legende				Smartphones	Tablets	Smartwatches	Binocular Smart Glasses	Monocular Smart Glasses
++	sehr gut	-	schlecht					
+	gut	--	sehr schlecht					
o	kein Vorteil							
Kriterium km								
Erfüllung der International Protection Schutzklassen (EN 62262)				+	+	+	-	o
Resistenz gegenüber Kälte				+	+	o	-	o
Nutzbarkeit bei heller Umgebung				o	o	o	-	+
Transportaufwand				+	-	++	-	-
Kamerafunktion				++	+	--	-	-
Vibrationsfunktion				+	-	++	--	--
Tonausgabe				+	-	--	+	+
Einschränkungsfreiheit der Umgebungswahrnehmung des Nutzers				+	+	++	o	o
Bedienfreundlichkeit				++	++	+	-	-
Freiheit von Mehrbelastung durch Nutzung				+	+	++	-	-
Nutzung mit Handschuhen				-	-	-	+	+
Nutzung mit Schutzhelm				+	+	+	-	-
Eingabefreundlichkeit einzelner Wörter/Ziffern				+	++	-	-	-
Eingabefreundlichkeit einzelner Sätze				+	++	-	-	-
Eingabefreundlichkeit von Fließtext				+	++	-	-	-
Ausgabe Wörter/Ziffern/Piktogramme				+	+	+	+	+
Ausgabe Sätze/Bilder/Clips				+	+	-	+	+
Ausgabe Fließtext/komplexe Bilder/Videos				+	++	-	+	+
Darstellung von Augmented Reality				+	+	--	++	+

**Externe Eingabegeräte** (z. B. Bluetooth-Tastaturen) können im Dauereinsatz ergonomische Nachteile der Touchscreenbedienung ausgleichen.



**Externe Ausgabegeräte** (z. B. Headsets) ermöglichen es, verschiedene Signale wahrzunehmen, ohne das Gerät dabei dauerhaft in Benutzung zu haben.

**Portable Server** können verschiedene Gerätefunktionen übernehmen und mobile Zusammenarbeit ermöglichen, wenn keine mobile Datenverbindung sichergestellt werden kann. Sie lassen sich mit verschiedenen Anwendungen ausstatten, die separat von mehreren Mobilgeräten gleichzeitig angesteuert werden können.

**Gerätekombinationen** erlauben es, die Stärken verschiedener Gerätetypen zu kombinieren. So kann z. B. eine Smartwatch dauerhaft einen wichtigen Anlagenparameter anzeigen, während die restlichen Funktionalitäten über ein Tablet abgebildet werden.

#### 6.4 Softwareergonomie – Zusammenwirken von Mensch und Arbeitsmittel

Die Normenreihe DIN EN ISO 9241 beschreibt Richtlinien der Mensch-Computer-Interaktion und legt Prinzipien der Arbeitsumgebung sowie

Hard- und Softwaregestaltung fest. Diese sollen helfen, gesundheitliche Schäden zu vermeiden und die Gebrauchstauglichkeit digitaler Prozesse zu optimieren.

Die Gebrauchstauglichkeit (Usability) ist ein wesentlicher Qualitätsfaktor bei der Entwicklung eines Produkts, Systems oder eines Dienstes. Sie soll sicherstellen, dass der Nutzer seine Ziele bei der Verwendung des Produkts effizient und zufriedenstellend erreicht. Laut DIN EN ISO 9241-11 soll ein technisches System die in der Tabelle 2 dargestellten Kriterien erfüllen. Für eine ergonomische Nutzung der mobilen AS spielt, zusätzlich zur Gebrauchstauglichkeit und Informationsdarstellung, der Dialog zwischen Nutzer und dem AS eine wichtige Rolle. Die DIN EN ISO 9241-110 gibt die Kriterien für einen optimierten Ablauf vor. Diese sind in der Tabelle 3 dargestellt und erklärt.

Auf Basis der DIN EN ISO 9241-110 wurden Fragebögen zur Bewertung von Software-Gebrauchstauglichkeit entwickelt, die diese Kriterien beinhalten (Prümper & Anft, 1993). Außerdem kommt auch die System Usability Scale (Brooke, 1996) und Technology Usage Inventory (Kothgassner et al., 2013) im deutschen Sprachraum häufig zum Gebrauch. Diese können zur Evaluation der Usability verwendet werden.

Tabelle 2: Kriterien der Gebrauchstauglichkeit nach DIN EN ISO 9241-11

Kriterium	Beschreibung
Effektivität	Das System soll alle Funktionalitäten bieten, um das Ziel des Benutzers zu erreichen. Es sollen keine zusätzlichen Arbeitsmittel dafür erforderlich sein.
Effizienz	Das Verhältnis von Aufwand zu erreichter Effektivität bei der Zielerreichung soll niedrig sein.
Zufriedenheit	Die Nutzung der Software soll eine positive Einstellung von Nutzern auslösen und keinerlei Beeinträchtigungen mit sich bringen.

Tabelle 3: Kriterien zur Dialoggestaltung des Systems nach DIN EN ISO 9241-110

Kriterium	Beschreibung
Aufgabenangemessenheit	Das System unterstützt den Benutzer bei der Erledigung seiner Arbeitsaufgaben.
Selbstbeschreibungsfähigkeit	Für den Benutzer ist zu jeder Zeit offensichtlich, in welchem Dialog er sich an welcher Stelle befindet und welche Aktionen er wie ausführen kann.
Steuerbarkeit	Der Benutzer ist in der Lage, den Dialogablauf zu starten sowie seine Richtung und Geschwindigkeit zu beeinflussen, bis das Ziel erreicht ist.
Erwartungskonformität	Das System passt sich an den Kenntnissen und Erfahrungen der Benutzer bezüglich der auszuführenden Aufgabe an.
Fehlertoleranz	Der Benutzer kann das beabsichtigte Arbeitsergebnis trotz erkennbar fehlerhafter Eingaben mit keinem oder minimalem Korrekturaufwand erreichen.
Individualisierbarkeit	Der Benutzer hat die Möglichkeit, das Dialogsystem an Erfordernisse der Aufgabe, individuelle Bedürfnisse und seine Fähigkeiten anzupassen.
Lernförderlichkeit	Das Dialogsystem unterstützt den Benutzer beim Erlernen und Nutzen der Software.

Tabelle 4: Kriterien zur Informationsdarstellung auf Bildschirmen nach DIN EN ISO 9241-125

Kriterium	Beschreibung
Erkennbarkeit	Der Benutzer kann die benötigten Informationen von den aktuell nicht benötigten filtern.
Unterscheidbarkeit	Einzelne Gruppen von Elementen lassen sich genau voneinander trennen. Die Zugehörigkeit oder Nicht-Zugehörigkeit von Elementen ist zu erkennen.
Verständlichkeit	Die Information ist leicht verständlich, eindeutig, vermittel- und erkennbar.
Kompaktheit	Der Benutzer erhält nur jene Informationen, die für das Erledigen der Aufgabe notwendig sind.
Konsistenz	Die gleiche Information ist innerhalb der Anwendung entsprechend den Erwartungen des Benutzers stets auf die gleiche Art dargestellt.
Klarheit	Der Benutzer erfasst den Informationsgehalt schnell und genau.
Lesbarkeit	Die Information ist leicht zu lesen.

Bei der App-Entwicklung von interaktiven AS (d. h. Nutzer und System sind im Dialog) spielt zudem der humanzentrierte Designprozess nach DIN EN ISO 9241-210 eine entscheidende Rolle. Hier werden der Nutzungskontext und die Nutzungsanforderungen festgelegt und unter Partizipation der Nutzer schrittweise Gestaltungslösungen zur Erfüllung der Nutzungsanforderungen erarbeitet und evaluiert. Das humanzentrierte Vorgehen zielt darauf ab, eine möglichst hohe Akzeptanz für das zu entwickelnde System zu gewährleisten.



Auf Basis der DGUV-Information 215-450 wurde eine Checkliste erstellt, die Entwickler bei der Einhaltung von ergonomischen Aspekten der Informationsdarstellung auf mobilen AS unterstützen soll.

## Checkliste für eine ergonomische Darstellung von Elementen und Informationen

---

### Allgemeine und aufgabenbezogene Anordnung von Elementen und Informationen

- Anwendung nutzt den Anzeigebereich vollständig aus
- Navigationselemente sind konsistent eingesetzt, d. h. Höhe und Abstände sind immer gleich
- Für die Aufgabe notwendige Elemente/Informationen sind zusammengefasst und aufgabenangemessen angeordnet

### Berücksichtigung von Gestaltgesetzen der Wahrnehmung

- Zusammengehörige Elemente/Informationen haben geringeren Abstand, als Elemente/Informationen, die nicht zusammengehörig sind (Gesetz der Nähe)
- Zusammengehörige Elemente/Informationen sind durch gemeinsame/ähnliche Merkmale, wie z. B. Größe, Farbe, Form, Textur gekennzeichnet (Gesetz der Ähnlichkeit)
- Bekannte Elemente/Formen sind reduziert und nur das Nötigste/Wesentliche ist dargestellt (Gesetz der Geschlossenheit)

### Anwendung und Auswahl von Steuerelementen zur Vermeidung unnötiger Navigation

- Eingabefelder zeigen (die meisten) Einträge vollständig an
- Listengröße ist an die Anzahl der Einträge angepasst
- Tabellen sind für Nutzer gestaltbar (z. B. durch Filterfunktion)
- Schaltflächen führen ihre Funktion bei der Berührung aus
- Datumsfelder besitzen eine Kalenderfunktion
- Bei Betätigen einer einzigen Auswahl innerhalb einer Elementgruppe (meist gegensätzlichen Optionen, z. B. Geschlecht m/w/d), das Steuerelement „Radiobutton/Optionsfeld“ auswählen
- Wenn mehrere Elemente einer Gruppe auswählbar sind (z. B. bei Mehrfachauswahl), das Steuerelement „Checkbox/Kontrollkästchen“ verwenden

### Die verständliche, leserliche und gut strukturierte Textgestaltung

- Sätze sind möglichst einfach (Aktivsätze)
- Sätze sind möglichst kurz (9 bis 13 Wörter)
- Gesamttext ist prägnant und schweift nicht ab
- Auf hellem Hintergrund ist die Schrift dunkel dargestellt (positive Polarität) und umgekehrt
- Kontrast (zwischen Hintergrund und Schrift) unterschreitet nicht das Verhältnis 4,5:1
- Hervorhebungen sind sparsam eingesetzt
- Roter Faden (sachlogischer Aufbau) ist erkennbar
- Text ist optisch gegliedert (Absatz-, Überschriften, und Aufzählungsformatierung)

### Die richtige Schriftgestaltung

- Schriftart ist proportional und serifenlos (z. B. Arial, Calibri, Tahoma, Verdana)
- Zeichengröße und Zeilenabstände sind individuell anpassbar
- Zeichenhöhe  $h$  orientiert sich an der Faustformel ( $h \text{ (mm)} = \frac{\text{Sehabstand (mm)}}{155}$ )

### Die richtige Farbgestaltung

- Farben sind sparsam verwendet (Faustregel: nicht mehr als sechs Farben)
- Ausgewählte Farben unterscheiden sich in Helligkeit und Sättigung
- Kritische Farbkombinationen (sehr unterschiedliche Wellenlängen z. B. Rot und Blau) zwischen Text und Hintergrund bleiben aus
- Informationen mittels Farbkodierungen sind sparsam eingesetzt und folgen kulturell bekannten Farbkonventionen (z. B. Ampelsystem)
- Farben für Symbole oder Links kennzeichnen Pflichtfelder oder fehlerhafte Eingaben und folgen kulturell bekannten Farbkonventionen (z. B. Rot: Gefahr oder Dringlichkeit)

## 7.1 Partizipation und Akzeptanz

Bei der Einführung digitaler AS in Unternehmen fungieren Mitarbeiter als Experten für ihre Arbeitsplätze. Das bedeutet, sie arbeiten aktiv am Design und den Steuerungsfunktionen des unterstützenden Systems mit. Partizipation kann die spätere Nutzerakzeptanz fördern. Hier sollte auf bewährte Beteiligungsformen, wie z. B. Qualitäts- oder Gesundheitszirkel oder auch beteiligungsorientierte Strukturen des Projektmanagements zurückgegriffen werden.

Die Nutzerakzeptanz ist von den individuellen Merkmalen einer Person (z. B. Einstellung gegenüber einer Innovation) geprägt und stets auf eine konkrete technologische Umsetzung bezogen. Ob die Beschäftigten die neue Technologie annehmen, ist nicht nur von der ergonomischen Ausgestaltung der AS, sondern auch von sozialen

Prozessen (z. B. Kommunikation mit Vorgesetzten und Kollegen) und den individuellen Vor- und Nachteilen für den Mitarbeiter abhängig (Abbildung 8).

Neben diesen Faktoren sind auch umweltbezogene und personenbezogene Faktoren (z. B. allgemeine Technikaffinität, Einstellung gegenüber Veränderungen, private Nutzung) entscheidend dafür, welche Einstellung ein Anwender zu einem neuen System entwickelt. Hinzu kommt, welche Meinung das Umfeld zur digitalen Lösung hat. Kollegen und Vorgesetzte, die den technologischen Fortschritt im Unternehmen vorantreiben, wirken sich meist positiv und „mitreißend“ auf das gesamte betriebliche Umfeld aus. Diese Faktoren beeinflussen die Einstellung zu einem neuen AS und können ausschlaggebend für die Akzeptanz oder Ablehnung der Technologie sein.

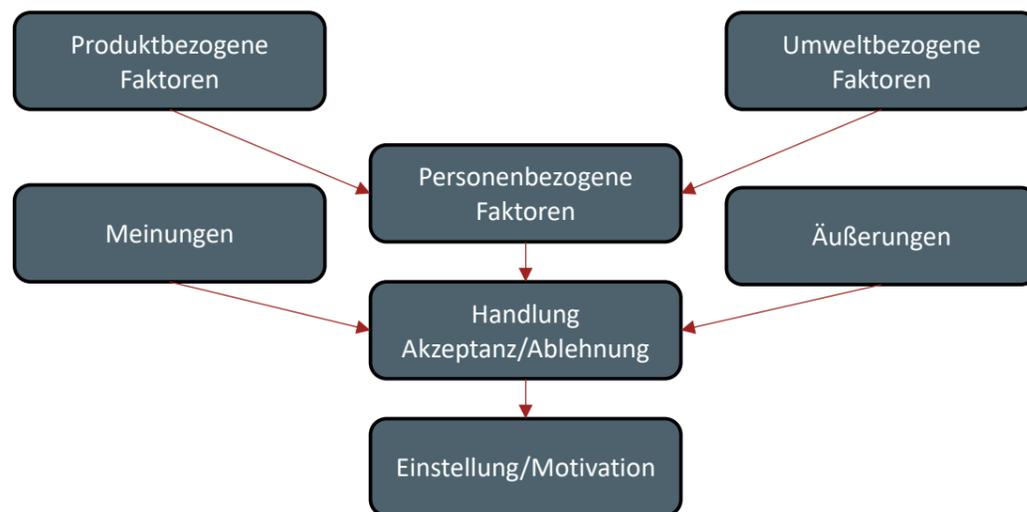


Abbildung 8: Nutzerakzeptanz oder -ablehnung nach Fahrenstueck (2018)

## 7.2 Beispielprozess

In diesem Abschnitt soll ein beispielhafter Prozess für die Einführung eines AS dargestellt werden. Eine schematische Darstellung des Prozesses ist in Abbildung 9 dargestellt..

Zu Beginn des Prozesses bietet sich eine Analyse der Anforderungen an das AS an. Diese können mit verschiedenen Methoden, wie z. B. Messungen, Befragungen und Beobachtungen ermittelt

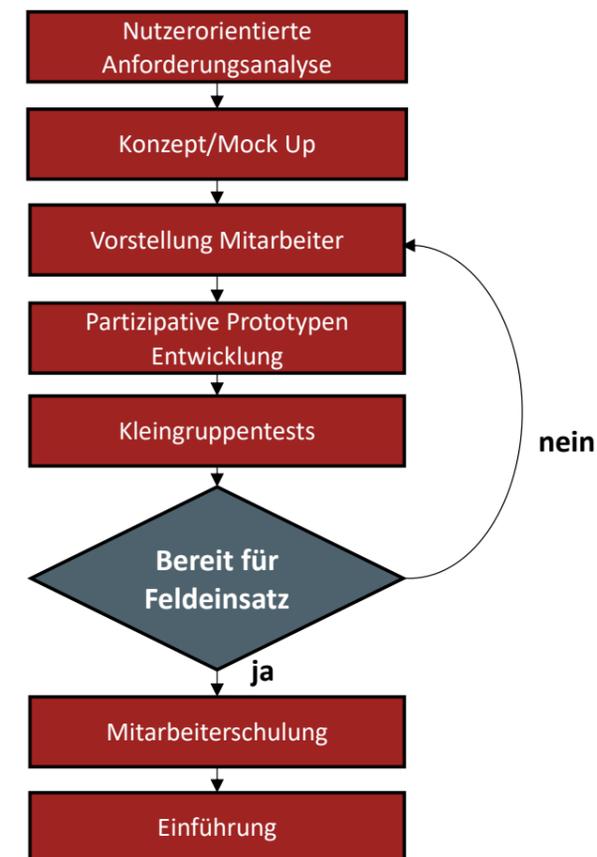


Abbildung 9: Beispielhafter partizipativer Entwicklungsprozess

werden. Wichtig ist nicht nur die Umgebungs- und Arbeitsbedingungen zu beschreiben, welche Auswirkungen auf die Funktionalitäten des zu entwickelnden Systems haben können, sondern auch die Wünsche und Ängste der Mitarbeiter frühzeitig zu erfassen. So können bereits vor der Entwicklung der eigentlichen Anwendung Fehler vermieden werden, die sich bei der Einführung negativ auf die Akzeptanz der Technologie auswirken könnten.

Bei der Entwicklung der Software besteht immer das Spannungsfeld teils widersprüchlicher Anforderungen. Einerseits basieren Softwareanforderungen häufig auf einem kundenseitig formulierten Konzept. Dieses Konzept basiert wiederum auf Bedarfen, die aus Sicht der Entscheidungsträger identifiziert wurden. Die tatsächlichen Bedarfe der Nutzer können jedoch abweichen und existieren teilweise auch unbewusst. Gerade Nebentätigkeiten oder informelle Prozesse, die ausschlaggebend für die Prozesseffektivität sind, werden in Anforderungsspezifikationen nicht erfasst. Eine Software verändert zudem die Art der Informationsübermittlung. Sie erleichtert, beschleunigt oder verändert Kommunikationswege und ermöglicht dabei neue Arbeitsprozesse und -abläufe. Die Abstimmung einer Software auf neue Prozesse ist schwierig und das Erzwingen von Prozessen zur Nutzung einer Software in der Regel nicht erfolgreich. Von Seiten der Entwickler sollte die Auslegung der Software grundsätzlich partizipativ mit den Entscheidungsträgern und insbesondere den Endanwendern/Mitarbeitern erfolgen. Je mehr

Offenheit bei der iterativen Detaillierung der Lösung besteht, desto besser kann die Anforderungsanalyse durch Entwickler die tatsächlichen Bedarfe ermitteln und eine Lösung begleitend zur Prozessauslegung gefunden werden.



Mit den vorliegenden Informationen zu Anforderungen und Potenzialen an die neue Technologie können nun erste, auf die Mitarbeiter und den

Arbeitsprozess zugeschnittene Konzepte entwickelt werden. Hierzu empfehlen sich neben klassischen Konzeptentwürfen auch MVPs (Minimum Viable Products) bzw. Mock-Ups (Vorfürmodelle mit eingeschränktem Funktionsumfang). Diese stellen verschiedene Interaktionen mit dem AS dar, ohne dabei den vollen Umfang zu liefern und ermöglichen es, Feedback zu verschiedenen Funktionen zu sammeln, ohne diese vollumfänglich zu entwickeln.

Zudem visualisieren sie den zukünftigen Nutzern verschiedene Oberflächen und erleichtern es ihnen, ihre Wünsche zu kommunizieren. Wichtig ist schon in dieser Phase, einen klaren Nutzen der Applikation aus der Perspektive der zukünftigen Anwender herauszuarbeiten. Über den gesamten Prozess ist

dabei Fingerspitzengefühl bei Zusagen zu zukünftigen Funktionen und Entwicklungsumfängen gefragt, denn nicht alles, was sich Mitarbeiter wünschen, ist mit vorhandenen Ressourcen und im verfügbaren Zeitrahmen umsetzbar.

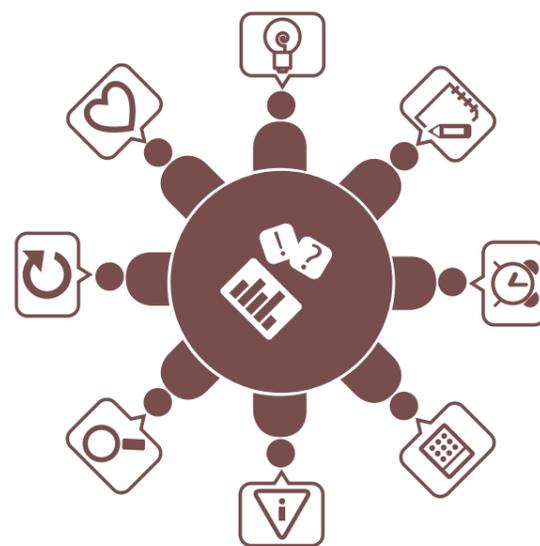
Nachdem das Konzept einer Auswahl zukünftiger Nutzer und Entscheidungsträger vorgestellt wurde, kann mit dem gewonnenen Feedback ein erster Prototyp entwickelt werden, der einzelne Funktionen des geplanten AS abbildet. Dieses kann anschließend in Kleingruppen getestet werden. Die gewonnenen Erkenntnisse können anschließend in die Prototypenentwicklung übernommen werden. Diese Entwicklungsschleife wird solange durchgeführt, bis der volle Umfang der Funktionalitäten des AS erreicht ist.

Ist der Umfang des Systems für den Einsatz im betrieblichen Alltag zufriedenstellend, kann die Technologie für erste Einsätze im Feld verwendet

werden. Hierbei bietet es sich an, die Technologie zunächst ausgewählten freiwilligen Mitarbeitern (welche möglicherweise schon durch die Testphase entsprechende Erfahrung besitzen) zur Verfügung zu stellen.

Sind die Testgruppen mit der Lösung zufrieden, kann diese auch bei an-

deren Mitarbeitenden des Unternehmens eingeführt werden. Hierbei sollte zunächst der Schulungsbedarf verschiedener Mitarbeitergruppen ermittelt werden. Dazu können z. B. Mitarbeiter mit hoher Technikaffinität ihre weniger technikinteressierten Kollegen in die Funktionsweise des AS einweisen. Auftretende Fragen können in Zusammenarbeit mit den Entwicklern und den bereits eingearbeiteten Mitarbeitern geklärt werden. Eine Dokumentation aufgetretener Fragen und zugehöriger Antworten, lässt sich leicht in einem FAQ (Übersicht häufig gestellter Fragen) für spätere Nutzer zusammenfassen. Auch in dieser Phase können sich neue Anforderungen an das AS ergeben.



Dieser Leitfaden überführt die Ergebnisse des Projekts „Gesundes mobiles Arbeiten mit digitalen Assistenzsystemen im technischen Service“ (ArdIAS) und soll Systementwickler, Arbeitsgestalter und Anwender bei der ergonomischen Entwicklung und Einführung mobiler, digitaler Assistenzsysteme unterstützen. Diese Technologien werden stetig weiterentwickelt, sodass auch Teile dieses Leitfadens nur im Kontext der aktuellen Möglichkeiten der Geräte und dem Stand der Forschung zu betrachten sind. Insbesondere im Bereich der HMDs ist in den letzten Jahren eine rasante Entwicklung zu beobachten, die in Zukunft auf eine deutliche Verbesserung dieser Geräte hoffen lässt.

Diese rasante technologische Entwicklung fordert auch die arbeitswissenschaftliche und -medizinische Forschung. Änderungen bei den Technologien können die Interaktion mit diesen grundlegend verändern. So besteht bei neuen Technologien immer die Gefahr der Bevormundung der Mitarbeiter

und dadurch resultierende Kompetenzverluste. Besonders Langzeitstudien in diesem Bereich sind schwer durchzuführen, aber dennoch notwendig. Auch die Kompatibilität mit der Schutzausrüstung ist zu beachten. Das Beispiel in Abbildung 6 zeigt, wie falsche Smartphone-Nutzung die Schutzwirkung des Helmes verringern kann und steht stellvertretend für die Relevanz dieser Thematik.

Die im Leitfaden vorgestellten Aspekte „Usability“ und „Akzeptanz“ sind zwei zentrale und wesentliche Faktoren bei der erfolgreichen Entwicklung und Einführung digitaler AS im Unternehmen. Sie beeinflussen nicht nur die Gesundheit der Anwender/Mitarbeiter sondern auch die Effizienz und Effektivität ihrer Arbeit. Arbeitgeber sollten sich deshalb sowohl aus Verantwortung für ihre Mitarbeiter, als auch aus wirtschaftlichen Gründen mit aktuellen Erkenntnissen der arbeitswissenschaftlichen und -medizinischen Interaktionsforschung beschäftigen.

### LITERATURVERZEICHNIS

Apt, W., Bovenschulte, M., Priesack, K., Weiß, C. & Hartmann, E. A. (2018). Einsatz von digitalen Assistenzsystemen im Betrieb (Forschungsbericht Nr. 502). Verfügbar unter [https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/Forschungsberichte/fb502-einsatz-von-digitalen-assistenzsystemen-im-betrieb.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/Forschungsberichte/fb502-einsatz-von-digitalen-assistenzsystemen-im-betrieb.pdf?__blob=publicationFile&v=1)

Barfield, W. & Caudel, T. (2015). Fundamentals of wearable computers and augmented reality. London: CRC press.

BGI/GUV-I 8704: Belastungen und Gefährdungen mobiler KT-gestützter Arbeit im Außendienst moderner Servicetechnik - Handlungshilfe für die betriebliche Praxis - Gestaltung der Arbeit Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. (DGUV) Berlin 2012

Böckelmann, I. & Minow, A. (2018). Nutzung digitaler Assistenzsysteme: Sicherheits- und Gesundheitsaspekte beim Einsatz neuer Technologien. Arbeitsmedizin Sozialmedizin Umweltmedizin, 11, 702–707.

Breisig, T. & Vogl, G. (2019). Mobile Arbeit gesund gestalten – ein Praxishandbuch. Verfügbar unter <http://www.prentimo.de/assets/Uploads/prentimo-Broschuere-Screen.pdf>

Brooke, J. (1996). SUS-A quick and dirty usability scale. Usability evaluation in industry, 189 (194), 4–7.

Darius, S., Sánchez Márquez, J. S., Chegrynets, O., Mecke, R. & Böckelmann, I. (2015). Untersuchungen zum Gesichtsfeld bei der Nutzung verschiedener Head-Mounted-Displays. Zentralblatt für Arbeitsmedizin, Arbeitsschutz und Ergonomie, 65 (4), 203–209. <https://doi.org/10.1007/s40664-015-0026-z>

DGUV Information 215-410: Bildschirm- und Büroarbeitsplätze Leitfaden für die Gestaltung. Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V. 2019

DIN EN 13306:2018-02. Instandhaltung. Berlin: Beuth Verlag GmbH.

DIN 31051:2019-06. Grundlagen der Instandhaltung. Berlin: Beuth Verlag GmbH.

Ducki, A. & Nguyen, H. T. (2016). Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt. Verfügbar unter [www.baua.de/psychische-gesundheit](http://www.baua.de/psychische-gesundheit) <https://doi.org/10.21934/BAUA:BERICHT20160713/3D>

Fahrenstueck, V. (2018). Psychologische Prozesse verstehen: PSA: Akzeptanz und Ablehnung. Special PSA, 16–17.

Geschäftsstelle der Nationalen Arbeitsschutzkonferenz. (2017). Leitlinie Gefährdungsbeurteilung und Dokumentation. Berlin: Verfügbar unter [https://www.gda-portal.de/DE/Downloads/pdf/Leitlinie-Gefaehrdungsbeurteilung.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.gda-portal.de/DE/Downloads/pdf/Leitlinie-Gefaehrdungsbeurteilung.pdf?__blob=publicationFile)

Härtel, M., Averbeck, I. & Brüggemann, M. (2018). Medien- und IT-Kompetenz als Eingangsvoraussetzung für die berufliche Ausbildung – Synopse. Verfügbar unter <https://www.bibb.de/veroeffentlichungen/de/publication/download/9223>

Hauptverband der gewerblichen Berufsgenossenschaften (Hg.). (2006). BGR 131-2 Natürlich und künstliche Beleuchtung von Arbeitsstätten: Teil 2 Leitfaden zur Planung und zum Betrieb der Beleuchtung. Carl Heymanns Verlag. Verfügbar unter [http://www.lichtart.de/ae5be2952ead14c3ad8b12003547fa0\\_bg131\\_2.pdf](http://www.lichtart.de/ae5be2952ead14c3ad8b12003547fa0_bg131_2.pdf)

Initiative D21 e. V. (2019). D21 Digital-Index 2018/2019: Jährliches Lagebild zur Digitalen Gesellschaft. Verfügbar unter [https://initiated21.de/app/uploads/2019/01/d21\\_index2018\\_2019.pdf](https://initiated21.de/app/uploads/2019/01/d21_index2018_2019.pdf)

Kasselmann, S. & Willeke, S. (2016). Interaktive Assistenzsysteme: Technologie-Kompendium. Hannover: Verfügbar unter [https://www.ak-industrie40-trier.de/wp-content/uploads/2016/12/IPH\\_2016\\_Assistenz-Systeme.pdf](https://www.ak-industrie40-trier.de/wp-content/uploads/2016/12/IPH_2016_Assistenz-Systeme.pdf)

Koslowsky, M., Kluger, A. N. & Reich, M. (1995). Commuting stress: Causes, effects, and methods of coping. New York: Springer Science+Business Media.

Kothgassner, O., Felnhöfer, A., Hauk, N., Kastenhofer, E., Gomm, J. & Krysprin-Exner, I. (2013). Technology Usage Inventory. Manual. Wien: ICARUS. Verfügbar unter [https://www.ffg.at/sites/default/files/allgemeine\\_downloads/thematische\\_20programme/programmdokumente/tui\\_manual.pdf](https://www.ffg.at/sites/default/files/allgemeine_downloads/thematische_20programme/programmdokumente/tui_manual.pdf)

Krause, R. (2016). Digitalisierung und Beschäftigtendatenschutz. Verfügbar unter [https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/Forschungsberichte/fb482-digitalisierung-und-beschaefigtendatenschutz.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen/Forschungsberichte/fb482-digitalisierung-und-beschaefigtendatenschutz.pdf?__blob=publicationFile&v=1)

Mewes, E., Schwarz, F., Wassmann, S., Adler, S. & Schmicker, S. (2020). Methodik zur Unterstützung der Hardwareauswahl digitaler Assistenzsysteme für mobile, industrielle Servicetätigkeiten. In Tagungsband der 22. IFF Wissenschaftstage. Fraunhofer Verlag.

Müller, N., Skrabs, S. & König, A. (2019). Mobile Arbeit Mobile Arbeit Empfehlungen für die tarif- und betriebspolitische Gestaltung. ver.di - Vereinte Dienstleistungsgewerkschaft Bereich Innovation und Gute Arbeit und Tarifpolitische Grundsatzabteilung. Verfügbar unter [https://innovation-gute-arbeit.verdi.de/++file++5c98f6502d9efb1be0436fd7/download/PraxisGestalten\\_MobileArbeit.pdf](https://innovation-gute-arbeit.verdi.de/++file++5c98f6502d9efb1be0436fd7/download/PraxisGestalten_MobileArbeit.pdf)

Müller-Thur, K., Angerer, P., Körner, U. & Dragano, N. (2018). Arbeit mit digitalen Technologien, psychosoziale Belastungen und potenzielle gesundheitliche Konsequenzen. Arbeit- Sozial- Umweltmedizin, 53, 388–391.

Niehaus, J. (2017). Mobile Assistenzsysteme für Industrie 4.0: Gestaltungsoptionen zwischen Autonomie und Kontrolle. FGW-Impulse zur Digitalisierung von Arbeit - Industrie 4.0 (4), Artikel 4, 1–4. Verfügbar unter <http://www.fgw-nrw.de/themenbereiche/digitalisierung-von-arbeit/forschungsergebnisse-dva.html>

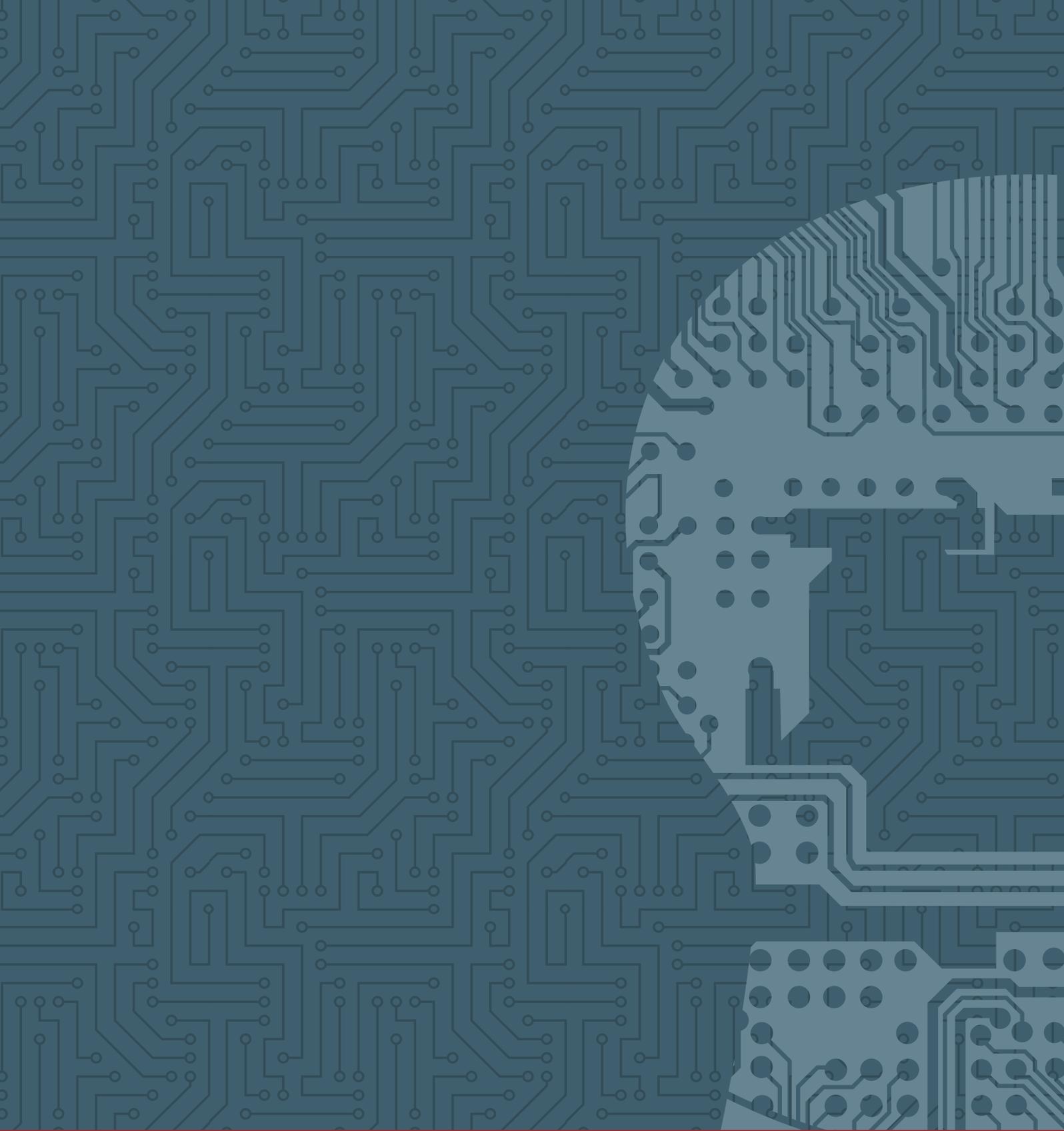
Peddie, J. (2017). Augmented Reality: Where We Will All Live. Verfügbar unter <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-54502-8>

Prümper, J. & Anft, M. (1993). Die Evaluation von Software auf Grundlage des Entwurfs zur internationalen Ergonomie-Norm ISO 9241 Teil 10 als Beitrag zur partizipativen Systemgestaltung - ein Fallbeispiel. In K. H. Rödiger (Hg.), Software-Ergonomie '93: Von der Benutzeroberfläche zur Arbeitsgestaltung (Bd. 39, S. 145-156). Stuttgart: Teubner.

Spitzer, M. (2014). Handy-Unfälle. Nervenheilkunde, 33 (04), 223–225.

Strobel, G., Lehnig, U. & Weißgerber, B. (2004). Arbeit im Außendienst - erfolgreich und entspannt. Tipps für Leistungsfähigkeit und gegen Stress; mit Beispielen aus dem Berufsalltag von Servicetechnikern und Pharmareferenten. Verfügbar unter [https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Praxis/A32.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](https://www.baua.de/DE/Angebote/Publikationen/Praxis/A32.pdf?__blob=publicationFile)

Varadinek, B., Indenhuck, M. & Surowiecki, E. (2018). Rechtliche Anforderungen an den Datenschutz bei adaptiven Arbeitsassistenzsystemen. Verfügbar unter <https://doi.org/10.21934/BAUA:BERICHT20180820>



**ISBN 978-3-00-065405-3**