

Einsatz von Smart Devices im Produktionsumfeld unter Berücksichtigung der Gebrauchstauglichkeit mobiler Benutzungsschnittstellen

Jan TERHOEVEN, Sascha WISCHNIEWSKI, Antje BARANEK

*Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin
Friedrich-Henkel-Weg 1-25, D-44149 Dortmund*

Kurzfassung: Für den aktuell diskutierten Einsatz von Smart Devices als Arbeitsmittel im Produktionsumfeld gilt es für eine sichere und gesunde Arbeit, insbesondere vor dem Hintergrund der demographischen Entwicklung, Konzepte zur Gestaltung und Bewertung der Gebrauchstauglichkeit interaktiver Mensch-Maschine-Systeme bezüglich ihrer Anwendbarkeit auf Smart Devices zu untersuchen. In diesem Zusammenhang wurde die aktuelle Studienlage zur Gebrauchstauglichkeit von Smart Devices erhoben und ausgewertet. Dieser Beitrag behandelt die Vorgehensweise sowie erste Ergebnisse der Studienanalyse.

Schlüsselwörter: Gebrauchstauglichkeit, Usability, Smart Devices, Mobile Devices, Studien, Review

1. Motivation

Die Evolution moderner Informations- und Kommunikationstechnologien innerhalb der Arbeitswelt resultiert in bedeutenden Auswirkungen auf die Organisation, Inhalte und Anforderungen zukünftiger Arbeit. Insbesondere vor dem Hintergrund der Industrie 4.0 wird ein Rückgang manueller Tätigkeiten und Routinearbeiten bei gleichzeitiger Zunahme wissensintensiver Arbeiten erwartet. Beschäftigte übernehmen vermehrt überwachende und steuernde Aufgaben, Arbeitsinhalte werden zunehmend komplexer, bislang starre Arbeitsplätze werden mobiler und Entscheidungen werden dezentralisiert (Spath et al. 2013). In Anbetracht der demografischen Entwicklung und eines drohenden Fachkräftemangels führen die im Rahmen der Digitalisierung auftretenden Veränderungen zu großen Herausforderungen. Ein weit verbreiteter Ansatz der praxisrelevanten Forschung und Entwicklung, um diesen Herausforderungen entgegenzutreten, zeigt sich in der Einbindung von „Smart Devices“ (Datenbrille, Smartphone Tablet-PC etc.) als Arbeitsmittel zur bedarfsgerechten Informationsbereitstellung sowie zur Interaktion zwischen Mensch und Produktionssystem (Schuh et al. 2014, Ittermann et al. 2015).

Für einen Einsatz von Smart Devices als Arbeitsmittel sind aus arbeitswissenschaftlicher Sicht viele Faktoren zu hinterfragen. Dabei spielen nicht nur die physische und psychische Beanspruchung bei der Nutzung (Terhoeven et al. 2015, Grauel et al. 2014) eine entscheidende Rolle, sondern vor allem auch die Gebrauchstauglichkeit. Denn gemäß §3 der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) hat der Arbeitgeber „vor der Verwendung von Arbeitsmitteln die auftretenden Gefährdungen zu beurteilen (Gefährdungsbeurteilung)“. Dies umfasst insbesondere die Berücksichtigung der „Gebrauchstauglichkeit einschließlich der ergonomischen, alters- und altersgerechten Gestaltung“ – auch für den Einsatz von Smart Devices als Arbeitsmittel.

2. Zielstellung

Die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit eines interaktiven Systems sowie die Kriterien zur Bewertung dieser sind nach DIN EN ISO 9241-11 (1998) klar definiert. Den größten Einfluss auf die Gebrauchstauglichkeit haben dabei die Interaktions- und Informationsgestaltung. Hier existieren mit der DIN EN ISO 9241-110 (2008), den Heuristiken von Nielsen (1993) und den acht goldenen Regeln nach Schneiderman & Plaisant (2005) auf Seiten der Interaktionsgestaltung sowie der DIN EN ISO 9241-12 (2000) und den Anforderungen nach Wickens & Hollands (2000) auf Seiten der Informationsgestaltung etablierte Werkzeuge, um die Gebrauchstauglichkeit interaktiver Systeme zu gewährleisten. Diese beschäftigen sich jedoch mit der klassischen Bildschirmarbeit am Computer und nicht mit der Nutzung von Smart Devices mit kleinen Displays und Touchscreen-Bedienung. Aus diesem Grund wurde bei der BAuA die aktuelle Studienlage zur Gebrauchstauglichkeit von Smart Devices erhoben und anschließend vor dem Hintergrund eines möglichen Arbeitseinsatzes betrachtet. Dabei wurde hinterfragt, inwiefern bestehende Kriterien und Verfahren zur Entwicklung und Bewertung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme auch für Smart Devices Anwendung finden oder ob diese an aktuelle Technologien anzupassen sind.

3. Methodisches Vorgehen

Zur Erhebung der aktuellen Studienlage zur Gebrauchstauglichkeit von Smart Devices vor dem Hintergrund eines möglichen Arbeitseinsatzes wurde in Anlehnung an Mattioli et al. (2010) sowie Arksey & O'Malley (2005) ein systematisches Literaturreview mithilfe geeigneter Suchstrings erarbeitet und durchgeführt. Dies erfolgte innerhalb der fünf Datenbanken EBSCOhost, PubMed, ScienceDirect, Scopus und Web of Science sowie den dort inkludierten Datenbanken. Für die thematische Abgrenzung im Review wurden für die Suchbegriffe drei Kategorien gewählt. Die erste Kategorie bildeten Suchbegriffe rund um das Kernthema der Gebrauchstauglichkeit („usability“, „perceived use“, „Nutzerfreundlichkeit“ etc.). Die zweite Kategorie behandelte die Smart Devices selbst, d. h. potenzielle Technologien und übergeordnete Begriffe in diesem Themenkomplex („Smartphone“, „Tablet-PC“, „mobile device“, „head-mounted display“ etc.). Durch die dritte Kategorie sollte mithilfe von Begriffen wie z. B. „study“, „measurements“ oder „test“ herausgefiltert werden, dass es sich innerhalb des Analysethemas tatsächlich um Studien handelt.

Tabelle 1: Suchschema und Zuordnung einer Bewertungsstufe

Gebrauchstauglichkeit	T	T	T	A	T	A	A
Smart Devices	T	T	A	T	A	T	A
Studien	T	A	T	T	A	A	T
Bewertungsstufe	5	4	4	3	2	1	1

Nach der Festlegung sämtlicher Begriffe und Zuordnung dieser in eine der drei Kategorien wurde ein Schema zur iterativen Identifikation der Studienlage aufgestellt. Hierzu wurde für die drei Kategorien mithilfe von Aussagenlogik eine Wahrheitstabelle für die zu betrachtenden Suchfelder aufgestellt. Die Suchfelder waren durch Titel (T) und Abstract/Keywords (A) gegeben, woraus das in Tabelle 1 dargestellte

Suchschema resultierte. Die Suchgruppen (TTT, TTA, TAT etc.) ergaben sich in Abhängigkeit davon, ob die jeweilige Begriffskategorie im Titel oder in Abstract/Keywords vorhanden war. Dabei wurde die Kategorie „Gebrauchstauglichkeit“ an erster Stelle geführt, die Kategorie „Smart Devices“ an zweiter Stelle und die Kategorie „Studien“ an dritter Stelle.

Weiterhin ist in Tabelle 1 das im späteren Verlauf der Studie eingesetzte Rating dargestellt. Hierzu wurde den einzelnen Suchgruppen eine Bewertungsstufe zugewiesen. Finden sich alle drei Kategorien im Titel wieder, wurde der Suchtreffer mit fünf Punkten bewertet. Finden sich zwei der drei Kategorien im Titel wieder, erhielt die Suchgruppe drei, bei nur einer Kategorie im Titel einen Punkt. Im zweiten und dritten Fall gab es für die Suchgruppe einen Zusatzpunkt, wenn die zumindest Kategorie „Gebrauchstauglichkeit“ im Titel vorhanden ist.

Mithilfe der beschriebenen Vorarbeiten war es nun möglich, für jede der fünf Datenbanken sowie für jede Suchgruppe jeweils einen Suchstring zur Erhebung einer Grundgesamtheit der aktuellen Studien zu erarbeiten. Somit wurden insgesamt 35 Suchstrings aufgestellt, mit denen in den jeweiligen Datenbanken zu jeder Suchgruppe die entsprechenden Treffer erzielt werden konnten. Die Suchstrings waren so aufgebaut, dass zunächst die Suche auf Titelebene und daraufhin die Suche auf der Ebene von Abstract/Keywords integriert wurden. Beispielhaft für den Aufbau der Suchstrings stellt sich dieser für die Datenbank Scopus bei der Suchgruppe TTA mit den Suchbegriffen 1 bis n wie folgt dar:

```
TITLE((Gebrauchstauglichkeit 1 OR ... OR Gebrauchstauglichkeit n) AND (Smart Device 1 OR ... OR Smart Device n) AND NOT (Studien 1 OR ... OR Studien n)) AND (ABS(Studien 1 OR ... OR Studien n) OR KEY(Studien 1 OR ... OR Studien n))
```

Der eigentliche Prozess des Literaturreviews wurde in vier Phasen aufgeteilt. Die erste Phase bestand in der Identifikation der Grundgesamtheit aggregiert über alle Datenbanken mithilfe der Suchstrings sowie über eine zusätzliche Handsuche. In der Literatursuche wurden nur Studien ab dem Jahr 2007, in welchem mit dem iPhone das vermeintlich erste Smartphone auf den Markt kam, betrachtet. Zunächst galt es bei den Ergebnissen, sämtliche Duplikate sowie Ausreißer auszuschließen, welche aufgrund doppelter Wortbedeutungen zustande kamen (z. B. führte der Suchbegriff „tablet“ zu sehr vielen Ergebnissen im Bereich von Medikamenten-Studien). In der zweiten Phase des Reviews wurden innerhalb eines Grob-Screenings auf Titel-Abstract-Ebene weitere Treffer aussortiert, welche thematisch vom Analyse-schwerpunkt abwichen, wodurch sich daraufhin eine erste Auswertungsbasis für den Themenschwerpunkt ergab. Diese wurde in der dritten Phase des Reviews mithilfe des zuvor beschriebenen Ratingsystems aus Tabelle 1 bewertet und somit für das abschließende Fein-Screening auf Abstract- und Volltextebene in der vierten Phase weiter gefiltert. Dort sind sämtliche Studien mit fünf oder vier Punkten, etwa ein Drittel der Studien mit drei oder zwei Punkten sowie stichprobenartig vereinzelte Studien mit einem Punkt eingeflossen. Im Fein-Screening wurden diejenigen Studien herausgefiltert, deren Aussagen bzgl. der Zielstellung analysiert werden konnten.

4. Ergebnisse

Das ungefilterte Ergebnis der Literatursuche anhand der entwickelten Suchstrings ergab aggregiert über alle Datenbanken $n = 3.523$ Suchtreffer. Darin enthalten war allerdings ein Ausschuss von $n = 2.551$ Quellen, welche Duplikate oder Ausreißer aufgrund doppelter Wortbedeutungen darstellten. Somit wurden $n = 962$ Quellen in

das Titel-Abstract-Screening übernommen, bei dem weitere $n = 196$ Ergebnisse aufgrund eines thematischen Ausschlusses gestrichen wurden. Somit ergab sich eine Auswertungsbasis von $n = 766$ Quellen, welche sich thematisch grob als Studien in den Themenbereichen Gebrauchstauglichkeit und Smart Devices einordnen ließen. Über das anschließende Rating wurden weiterhin $n = 549$ Studien ausgeschlossen. Im Fein-Screening auf Abstract- und Volltext-Ebene konnten letztendlich $n = 92$ Studien für die Volltext-Analyse herausgefiltert werden. Eine Übersicht über den Ablauf und die Ergebnisse der einzelnen Reviewphasen zeigt Abbildung 1.

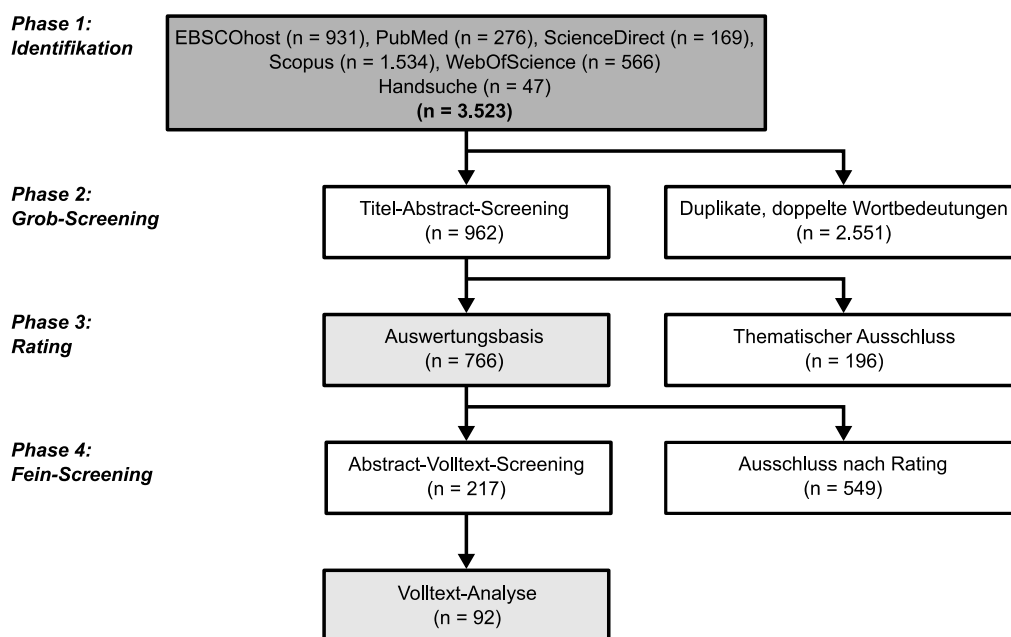


Abbildung 1: Ergebnisse der einzelnen Reviewphasen

Anhand der Auswertungsbasis ($n = 766$) wurden unterschiedliche Auswertungen gefahren, welche mögliche Trends und Themenschwerpunkte bei der Betrachtung der Gebrauchstauglichkeit von Smart Devices darstellen. Tabelle 2 zeigt die Verteilung der Studien über die einzelnen Jahre hinweg. In der ersten Zeile sind dazu sämtliche Studien der Auswertungsbasis berücksichtigt. Es zeigt sich die zu erwartende Zunahme der Studienanzahl von 2007 bis heute.

Tabelle 2: Verteilung der Studien über die einzelnen Jahre des Betrachtungszeitraums

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Gesamt	40	50	63	62	101	77	109	134	130
Smartphone	17	17	25	28	48	46	63	90	91
Tablet-PC	6	4	6	3	10	15	31	26	28
Smartwatch	0	0	0	0	0	0	0	0	2
HMD	1	2	2	2	2	0	1	2	4

In den weiteren Zeilen sind die Ergebnisse nach einzelnen Smart-Device-Technologien gefiltert. Dabei liegt die Anzahl der Studien, welche sich mit Smartphones beschäftigen, noch deutlich über jenen, welche Tablet-PCs untersuchen. Untersuchungen im Bereich von Smartwatches oder Head-Mounted

Displays bzw. Datenbrillen beschränken sich auf ein Minimum. Auch in Abbildung 2 wird verdeutlicht, dass der Schwerpunkt innerhalb der aktuellen Studienlage bezüglich der Gebrauchstauglichkeit bei den Smartphones liegt. Dort ist innerhalb einer TagCloud das Verhältnis der Studienanzahl mit dem jeweils abgebildeten Begriff im Titel dargestellt, welche sich mit der Gebrauchstauglichkeit beschäftigen.



Abbildung 2: TagCloud verschiedener Schlüsselwörter auf Titelebene zum Thema Usability

Es ist festzuhalten, dass sich ein Großteil der Studien mit der Bewertung der Gebrauchstauglichkeit einzelner Applikationen beschäftigt, ohne dabei gezielt auf Auswirkungen der Anwendung durch den Menschen im speziellen Nutzungskontext einzugehen. Studien zur Gebrauchstauglichkeit von Smart Devices bzw. von entsprechenden Applikationen vor dem Hintergrund eines Einsatzes im industriellen Arbeitsumfeld lassen sich nur vereinzelt auf Abstract-Ebene annehmen. Die meisten Studien zur Gebrauchstauglichkeit einzelner Applikationen, z. B. Hungu et al. (2015), verwenden eine hohe Nutzungshäufigkeit als einziges Kriterium für die Bedienfreundlichkeit und schließen somit auf die Gebrauchstauglichkeit.

Innerhalb des Literaturreviews konnten dennoch einige Studien identifiziert werden, welche sich mit der Nutzung und Anpassung heuristischer Methoden zur Bewertung der Gebrauchstauglichkeit von Smart Devices beschäftigen. Beispielhaft dafür stehen u. a. Huang & Wang 2011, Inostroza et al. 2012 und Varsaluoma 2009. Dort findet sich eine hohe Übereinstimmung zwischen den Kriterien gebrauchstauglicher interaktiver Systeme aus dem Bereich der Büroarbeit und den dort angewendeten Kriterien zur Bewertung von Smart Devices. Mit einer hohen Übereinstimmung zeigen sich als übernommene Kriterien bzw. Anforderungen aus den etablierten Bewertungsverfahren insbesondere die Zustandstransparenz, Nutzerkontrolle, Konsistenz, Fehlertoleranz, Lernförderlichkeit und Individualisierbarkeit. Weiterhin gilt es insbesondere für Smart Devices auf ein minimalistisches Design zu achten, da bei der geringen Displaygröße zu viele bzw. zu detaillierte Informationen zu einem negativen Einfluss auf die Gebrauchstauglichkeit führen. Darüber hinaus ist als die Aufgabenangemessenheit als Anforderung hervorzuheben. Nach Aussage der Studien ist die Passung zwischen dem richtigen Smart Device und der realen Aufgabe entscheidend für den resultierenden Nutzen. Somit muss diese zu jeder Zeit sichergestellt sein.

5. Ausblick

Bei der Auswertung des Literaturreviews zeigt sich, dass zur Gestaltung und Bewertung der Gebrauchstauglichkeit mobiler Benutzungsschnittstellen im internationalen Raum vielfach die etablierten Methoden und Kriterien der ursprünglichen

Bildschirmarbeit herangezogen werden. Insbesondere zeigen sich die Heuristiken von Nielsen (1993), welche sich größtenteils auch mit der DIN EN 9241-110 (2008) decken, als beliebtes Werkzeug zur Gestaltung gebrauchstauglicher Smart Devices.

Zur Fortführung der Studie zur Gebrauchstauglichkeit von Smart Devices werden weitere Auswertungen folgen. Darüber hinaus beschäftigt sich die BAuA auf Basis der Ergebnisse unter anderem mit einem Konzept zur gebrauchstauglichen Visualisierung von Informationen auf Smart Devices, welches auf der einen Seite eine optimale Technologie-Aufgaben-Passung und auf der anderen Seite eine geeignete Informations- und Interaktionsgestaltung berücksichtigt.

6. Literatur

- Arksey H, O'Malley L (2005) Scoping studies: towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology* 8:19-32.
- DIN, Deutsches Institut für Normung (1998) Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit. EN ISO 9241-11.
- DIN, Deutsches Institut für Normung (2000) Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten. Teil 12: Informationsdarstellung. EN ISO 9241-12.
- DIN, Deutsches Institut für Normung (2008) Ergonomie der Mensch-System-Interaktion. Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung. EN ISO 9241-110.
- Grael BM, Terhoeven JN, Wischniewski S, Kluge A (2014) Erfassung akzeptanzrelevanter Merkmale von Datenbrillen mittels Repertory Grid Technik. *Zeitschrift für Arbeitswissenschaft* 68:250-256.
- Hongu N, Pope BT, Bilgic P, Orr BJ, Suzuki A, Kime AS, Merchant NC, Roe DJ (2015) Usability of a smartphone food picture app for assisting 24-hour dietary recall: a pilot study. *Nutrition Research and Practice* 9:207-212.
- Huang CH, Wang CM (2011) Usability Analysis in Gesture Operation of Interactive E-Books on Mobile Devices. In: Marcus A (Ed) *Design, User Experience and Usability, HCII 2011*. Heidelberg: Springer, 573-582.
- Inostroza R, Rusu C, Roncagliolo S, Jimenez C, Rusu V (2012) Usability Heuristics for Touchscreen-based Mobile Devices. In: 9th International Conference on Information Technology: New Generations. Las Vegas: IEEE, 662-667.
- Ittermann, P, Niehaus J, Hirsch-Kreinsen H (2015) Arbeiten in der Industrie 4.0. Trendbestimmungen und arbeitspolitische Handlungsfelder. Düsseldorf: Hans-Böckler-Stiftung.
- Mattioli S, Zanardi F, Baldasseroni A, Schaafsma F, Cooke RMT, Mancini G, Fierro M, Santangelo C, Farioli A, Fucksia S, Curti S, Violante FS, Verbeek J (2010) Search strings for study of putative occupational determinants of disease. *Occup Environ Med* 67:436-443.
- Nielsen J (1993) *Usability Engineering*. San Francisco: Morgan Kaufmann.
- Schuh G, Potente T, Wesch-Potente C, Weber AR, Prote JP (2014) Collaboration Mechanisms to increase Productivity in the Context of Industrie 4.0. In: Windt K (Ed) *Procedia CIRP 19, 2nd CIRP Robust Manufacturing Conference 2014*. Amsterdam: Elsevier Procedia, 51-56.
- Shneiderman B, Plaisant C (2005) *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction*. Boston: Addison Wesley.
- Spath, D, Ganschar O, Gerlach S, Hämmerle M, Krause T, Schlund S (2013) *Produktionsarbeit der Zukunft - Industrie 4.0*. Stuttgart: Fraunhofer Verlag.
- Terhoeven J, Grael B, Wille M, Wischniewski S (2015) Head Mounted Displays als Arbeitshilfen der Zukunft – Gestaltung eines beanspruchungsoptimalen Einsatzes. In: Schenk M (Hrsg) *Digitales Engineering zum Planen, Testen und Betreiben technischer Systeme*, 18. IFF-Wissenschaftstage, 24.-25. Juni 2015. Magdeburg: Fraunhofer IFF, 125-129.
- Varsaluoma J (2009) Scenarios in the Heuristic Evaluation of Mobile Devices: Emphasizing the Context of Use. In: Kurosu M (Ed) *HCD 2009*. Heidelberg: Springer, 332-341.
- Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln (Betriebssicherheitsverordnung – BetrSichV), vom 03. Februar 2015.
- Wickens CD, Hollands JG (2000) *Engineering Psychology and Human Performance*. New Jersey: Prentice Hall.