

DIN EN ISO 9241-940

ICS 13.180; 35.180

Einsprüche bis 2022-01-12

Entwurf

**Ergonomie der Mensch-System-Interaktion –
Teil 940: Evaluation taktiler und haptischer Interaktionen
(ISO 9241-940:2017);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 9241-940:2021**

Ergonomics of human-system interaction –
Part 940: Evaluation of tactile and haptic interactions (ISO 9241-940:2017);
German and English version prEN ISO 9241-940:2021

Ergonomie de l'interaction homme-système –
Partie 940: Évaluation des interactions tactiles et haptiques (ISO 9241-940:2017);
Version allemande et anglaise prEN ISO 9241-940:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-11-12 wird der Öffentlichkeit zur Prüfung und Stellungnahme vorgelegt.

Weil die beabsichtigte Norm von der vorliegenden Fassung abweichen kann, ist die Anwendung dieses Entwurfs besonders zu vereinbaren.

Stellungnahmen werden erbeten

- vorzugsweise online im Norm-Entwurfs-Portal von DIN unter www.din.de/go/entwuerfe bzw. für Norm-Entwürfe der DKE auch im Norm-Entwurfs-Portal der DKE unter www.entwuerfe.normenbibliothek.de, sofern dort wiedergegeben;
- oder als Datei per E-Mail an naerg@din.de möglichst in Form einer Tabelle. Die Vorlage dieser Tabelle kann im Internet unter www.din.de/go/stellungnahmen-norm-entwuerfe oder für Stellungnahmen zu Norm-Entwürfen der DKE unter www.dke.de/stellungnahme abgerufen werden;
- oder in Papierform an den DIN-Normenausschuss Ergonomie (NAErg), 10772 Berlin oder Am DIN-Platz, Burggrafenstr. 6, 10787 Berlin.

Die Empfänger dieses Norm-Entwurfs werden gebeten, mit ihren Kommentaren jegliche relevanten Patentrechte, die sie kennen, mitzuteilen und unterstützende Dokumentationen zur Verfügung zu stellen.

Gesamtumfang 242 Seiten

DIN-Normenausschuss Ergonomie (NAErg)

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 9241-940:2017 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 159 „Ergonomics“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als prEN ISO 9241-940:2021 durch das Technische Komitee CEN/TC 122 „Ergonomie“ übernommen, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale Normungsgremium ist der Arbeitsausschuss NA 023-00-04 GA „Gemeinschaftsarbeitsausschuss NAErg/NIA: Ergonomie für Informationsverarbeitungssysteme“ im DIN-Normenausschuss Ergonomie (NAErg).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Für die in diesem Dokument zitierten Dokumente wird im Folgenden auf die entsprechenden deutschen Dokumente hingewiesen:

ISO 1503	siehe	DIN ISO 1503
ISO 9241-11:2017	siehe	DIN EN ISO 9241-11:2018-11
ISO 9241-20:2008	siehe	DIN EN ISO 9241-20:2009-08
ISO 9241-110	siehe	DIN EN ISO 9241-110
ISO 9241-112:2017	siehe	DIN EN ISO 9241-112:2017-08
ISO 9241-171:2008	siehe	DIN EN ISO 9241-171:2008-10
ISO 9241-210:2010	siehe	DIN EN ISO 9241-210:2020-03
ISO 9241-220:2019	siehe	DIN EN ISO 9241-220:2020-07
ISO 9241-304	siehe	DIN EN ISO 9241-304
ISO 9241-400	siehe	DIN EN ISO 9241-400
ISO 9241-910:2011	siehe	DIN EN ISO 9241-910:2011-11
ISO 9241-920:2009	siehe	DIN ISO 9241-920:2016-09
ISO 9241-960:2017	siehe	DIN EN ISO 9241-960:2018-01
ISO 10218-1	siehe	DIN EN 10218-1
ISO 13482	siehe	DIN EN ISO 13482
ISO 16484-2:2004	siehe	DIN EN ISO 16484-2:2004-10
ISO 9241-400	siehe	DIN EN ISO 9241-400
ISO 26000	siehe	DIN EN ISO 26000
ISO/IEC 25063	siehe	DIN EN ISO/IEC 25063
ISO/IEC 25064	siehe	DIN EN ISO/IEC 25064
ISO/IEC 25066	siehe	DIN EN ISO/IEC 25066

Aktuelle Informationen zu diesem Dokument können über die Internetseiten von DIN (www.din.de) durch eine Suche nach der Dokumentennummer aufgerufen werden.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN ISO 1503, *Geometrische Orientierung und Bewegungsrichtungen*

DIN EN ISO 9241-11:2018-11, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 11: Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte (ISO 9241-11:2018); Deutsche Fassung EN ISO 9241-11:2018*

DIN EN ISO 9241-20:20019-08, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 20: Leitlinien für die Zugänglichkeit der Geräte und Dienste in der Informations- und Kommunikationstechnologie (ISO 9241-20:2008); Deutsche Fassung EN ISO 9241-20:2009*

DIN EN ISO 9241-110, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 110: Interaktionsprinzipien (ISO 9241-110:2020)*

DIN EN ISO 9241-112:2017-08, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 112: Grundsätze der Informationsdarstellung (ISO 9241-112:2017); Deutsche Fassung EN ISO 9241-112:2017*

DIN EN ISO 9241-171:2008-10, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 171: Leitlinien für die Zugänglichkeit von Software (ISO 9241-171:2008); Deutsche Fassung EN ISO 9241-171:2008*

DIN EN ISO 9241-210:2020-03, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 210: Menschzentrierte Gestaltung interaktiver Systeme (ISO 9241-210:2019); Deutsche Fassung EN ISO 9241-210:2019*

DIN EN ISO 9241-220:2020-07, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 220: Prozesse zur Ermöglichung, Durchführung und Bewertung menschenzentrierter Gestaltung für interaktive Systeme in Hersteller- und Betreiberorganisationen (ISO 9241-220:2019)*

DIN EN ISO 9241-304, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 304: Prüfverfahren zur Benutzerleistung für elektronische optische Anzeigen (ISO 9241-304:2008)*

DIN EN ISO 9241-400, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 400: Grundsätze und Anforderungen für physikalische Eingabegeräte (ISO 9241-400:2007)*

DIN EN ISO/IEC 25063, *System- und Software-Engineering — Qualitätskriterien und Bewertung von Systemen und Softwareprodukten (SQuaRE) — Allgemeines Industrieformat (CIF) zur Gebrauchstauglichkeit: Nutzungskontextbeschreibung (ISO/IEC 25063:2014)*

DIN EN ISO/IEC 25064, *System- und Software-Engineering — Qualitätskriterien und Bewertung von Systemen und Softwareprodukten (SQuaRE) — Allgemeines Industrieformat (CIF) zur Gebrauchstauglichkeit: Dokumentation der Benutzererfordernisse (ISO/IEC 25064:2013)*

DIN EN ISO/IEC 25066, *System- und Software-Engineering — Qualitätskriterien und Bewertung von Systemen und Softwareprodukten (SQuaRE) — Allgemeines Industrieformat (CIF) zur Gebrauchstauglichkeit — Evaluierungsbericht (ISO/IEC 25066:2016)*

DIN CEN ISO/TS 9241-411, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 411: Bewertungsverfahren für die Gestaltung von physikalischen Eingabegeräten (ISO/TS 9241-411:2012)*

DIN EN ISO 9241-910:2011-11, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 910: Rahmen für die taktile und haptische Interaktion (ISO 9241-910:2011); Deutsche Fassung EN ISO 9241-910:2011*

DIN ISO 9241-920:2016-09, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 920: Anleitung zu taktilen und haptischen Interaktionen (ISO 9241-920:2009); Deutsche Fassung EN ISO 9241-920:2016*

DIN EN ISO 9241-960:2017-09, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 960: Rahmen und Anleitung zur Gestensteuerung (ISO 9241-960:2017); Deutsche Fassung EN ISO 9241-960:2017*

DIN EN 10218-1, *Industrieroboter — Sicherheitsanforderungen — Teil 1: Roboter (ISO 10218-1:2011)*

DIN EN ISO 13482, *Roboter und Robotikgeräte — Sicherheitsanforderungen für persönliche Assistenzroboter (ISO 13482:2014)*

DIN EN ISO 16484-2:2004-10, *Systeme der Gebäudeautomation (GA) — Teil 2: Hardware (ISO 16484-2:2004)*

DIN EN ISO 26000, *Leitfaden zur gesellschaftlichen Verantwortung (ISO 26000:2010)*

<i>Titel de:</i>	Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 940: Evaluation taktiler und haptischer Interaktionen (ISO 9241-940:2017)
<i>Titel en:</i>	Ergonomics of human-system interaction — Part 940: Evaluation of tactile and haptic interactions (ISO 9241-940:2017)
<i>Titel fr:</i>	Ergonomie de l'interaction homme-système — Partie 940: Évaluation des interactions tactiles et haptiques (ISO 9241-940:2017)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	6
Vorwort	7
Einleitung	8
1 Anwendungsbereich	10
2 Normative Verweisungen	11
3 Begriffe	11
4 Konformität	13
5 Anwendung der ISO 9241-940	14
5.1 Struktur	14
5.2 Nutzung dieses Dokuments	15
5.3 Bewertung im Lebenszyklus von Gestaltung und Entwicklung	15
5.4 Planungsaktivitäten	16
5.5 Erstbeurteilung	17
5.6 Einmalige Aspekte der haptischen Interaktion	17
6 Verfahrensarten der Bewertung	18
6.1 Allgemeines	18
6.2 Physikalische Messungen anhand der Anforderungen	18
6.3 Inspektion durch einen Sachverständigen	18
6.4 Prüfung der Gebrauchstauglichkeit	19
6.4.1 Allgemeines	19
6.4.2 Messungskontext	19
6.4.3 Bewertungsdaten	19
7 Qualität der haptischen Interaktion	20
7.1 Qualitätsmodell	20
7.2 Attribute des haptischen Systems	21
7.2.1 Qualitätsattribute	21
7.2.2 Attribute des haptischen Geräts (siehe Anhang A)	22
7.2.3 Attribute der haptischen Benutzungsschnittstelle	23
7.3 Attribute der Gebrauchstauglichkeit	24
7.3.1 Nutzungskontext (siehe Anhang D)	24
7.3.2 Spezifische Nutzungsqualitäten (siehe Anhang E)	24
7.3.3 Menschzentrierte Qualität (siehe Anhang F)	25
7.4 Bewertungsmatrix	25
7.4.1 Attributarten	25
7.4.2 Messung der haptischen Qualität	26
8 Leitfaden zu den Anhängen	29
Anhang A (informativ) Attribute des haptischen Geräts	31
A.1 Allgemeines	31
A.1.1 Überblick	31
A.1.2 Inhalt des Anhangs	31
A.2 Physikalische Eigenschaften	31
A.3 Bedienelemente der haptischen Wirkung	35
A.4 Physikalischer Raum und logischer Raum	36

A.5	Taktile/haptische Eigenschaften von Objekten.....	38
A.6	Interaktionseigenschaften des haptischen Geräts.....	39
A.7	Vorbeugung von vermeidbaren Schäden	40
Anhang B (informativ) Gestaltungsprinzipien für haptische Wirkungen.....		42
B.1	Allgemeines	42
B.1.1	Überblick.....	42
B.1.2	Inhalt des Anhangs.....	42
B.2	Leistungsoptimierung.....	42
B.3	Attribute der virtuellen Umgebung.....	43
B.4	Kodierung von Informationen.....	45
B.5	Kodierung von Attributen	46
B.6	Kodierung von Graphikdaten	48
Anhang C (informativ) Aufgabenelemente der haptischen Wirkung.....		50
C.1	Allgemeines	50
C.1.1	Überblick.....	50
C.1.2	Inhalt des Anhangs.....	50
C.2	Vorliegen von haptischen Aufgabenelementen	51
C.3	Suchen	51
C.4	Überblick verschaffen.....	52
C.5	Navigieren	52
C.6	Markieren.....	54
C.7	Auswählen.....	54
C.8	Betätigen.....	55
Anhang D (informativ) Nutzungskontext		57
D.1	Allgemeines	57
D.1.1	Überblick.....	57
D.1.2	Inhalt des Anhangs.....	57
D.2	Physikalische Umgebung.....	57
D.3	Sonstige Aspekte des Nutzungskontexts	59
Anhang E (informativ) Spezifische Nutzungsqualitäten		60
E.1	Allgemeines	60
E.1.1	Überblick.....	60
E.1.2	Inhalt des Anhangs.....	60
E.2	Installierbarkeit.....	60
E.3	Erlernbarkeit	61
E.4	Einfachheit der Handhabung	62
E.5	Adaptierbarkeit	62
E.6	Übertragbarkeit.....	64
E.7	Zuverlässigkeit.....	65
E.8	Instandhaltungsfreundlichkeit	65
E.9	Sicherheit	66
Anhang F (informativ) Menschzentrierte Qualität		68
F.1	Allgemeines	68
F.1.1	Überblick.....	68
F.1.2	Inhalt des Anhangs.....	68
F.2	Gebrauchstauglichkeit	69
F.2.1	Effektivität	69
F.2.2	Effizienz.....	69
F.2.3	Zufriedenstellung.....	69
F.3	Barrierefreiheit.....	70
F.3.1	Allgemeines	70
F.3.2	Haptische Interaktion als unterstützende Technik.....	70
F.3.3	Barrierefreiheit der taktilen Anzeigen	71

F.3.4	Barrierefreiheit der Gerätedokumentation	72
F.3.5	Barrierefreiheit für jene mit eingeschränkten körperlichen Fähigkeiten	73
F.3.6	Barrierefreiheit für jene mit eingeschränkten kognitiven Fähigkeiten	75
F.4	Benutzererlebnis	78
F.5	Vermeidung nutzungsbedingter Schäden	78
F.6	Ethische Überlegungen	79
Anhang G (informativ) Gestenattribute		80
G.1	Allgemeines	80
G.1.1	Überblick	80
G.1.2	Inhalt des Anhangs	80
G.2	Ergonomie der Gesten	80
G.3	Verfahren der Gestendefinition	81
G.4	Gestenmerkmale	84
G.5	Timing und Geschwindigkeit	85
G.6	Abfolgen von Gesten	86
G.7	Gestensätze	87
G.8	Gestendokumentation	88
Anhang H (informativ) Beispiele für die Bewertung von Geräteeigenschaften		91
H.1	Beispiele für die Beurteilung von Geräteeigenschaften	91
H.1.1	Allgemeines	91
H.1.2	Attribute des haptischen Geräts	91
H.2	Beispiele für die Beurteilung von Geräten durch Labormessungen	94
H.2.1	Allgemeines	94
H.2.2	Messungen der maximalen Steifheit	94
H.2.3	Messungen des Bewegungsbereichs	96
H.2.4	Messungen von Kraft und Drehmoment	98
H.2.5	Trägheitsmessungen	99
H.2.6	Freiraum-Widerstandsmessungen	102
H.2.7	Beschleunigungsmessungen	103
H.2.8	Reibungsmessungen	103
H.2.9	Bandbreitenmessungen	103
Anhang I (informativ) Einmalige Aspekte der haptischen Interaktion		105
I.1	Allgemeines	105
I.2	Die persönliche Natur der Haptik	105
I.3	Bidirektionale Interaktion	105
I.4	Unidirektionale Interaktionen	105
I.5	Sensorische Substitution	106
I.6	Verteilte Kontaktpunkte	106
I.7	Adaption	106
Anhang J (normativ) Bewertung durch gedanklichen Durchlauf oder Prüfung der Gebrauchstauglichkeitsaufgabe		107
J.1	Allgemeines	107
J.2	Schritte beim gedanklichen Durchlauf oder der Prüfung der Gebrauchstauglichkeit	107
J.3	Planung der Bewertung	109
J.3.1	Festlegung des Bewertungszwecks	109
J.3.2	Entscheidung, was zu bewerten ist	109
J.3.3	Entscheidung hinsichtlich der Art der Bewertung	109
J.3.4	Festlegung der bestimmungsgemäßen Benutzergruppen	109
J.3.5	Festlegung von zu bewertenden Zielen	110
J.3.6	Festlegung der bei der Prüfung der Gebrauchstauglichkeit zu erfassenden Daten	110
J.3.7	Entscheidung über die Anzahl der Benutzer für die Prüfung oder der Bewerter für die Inspektion	111
J.3.8	Sicherstellen, dass der Prototyp im vorgesehenen Szenario funktioniert	112

J.3.9	Berücksichtigung ethischer Fragen und Risikobeurteilung.....	112
J.4	Vorbereitung der Bewertung.....	113
J.4.1	Rekrutierung der Benutzer oder Festlegung der Prüfer	113
J.4.2	Konfiguration des Produkts oder Vorbereitung des Prototyps.....	113
J.4.3	Festlegung von Prüfscenarien und Zielkriterien.....	115
J.4.4	Festlegung der Umweltbedingungen	116
J.4.5	Festlegung des Prüf- oder Inspektionsverfahrens.....	117
J.5	Bei der Prüfung einen Pilotversuch durchführen	118
J.5.1	Allgemeines	118
J.5.2	Bei der Prüfung den Benutzer über das beabsichtigte Ziel informieren	118
J.5.3	Erstellen der Prüfumgebung.....	118
J.6	Durchführung der Bewertung	118
J.6.1	Planmäßige Durchführung der Prüfungen	118
J.6.2	Auswertung der Ergebnisse.....	118
J.6.3	Herausarbeiten von Schlussfolgerungen.....	119
J.7	Dokumentation der Bewertung	119
J.7.1	Erstellung eines Berichts.....	119
J.7.2	Rückmeldung von interessierten Parteien einholen	119
J.8	Messungen zur Gebrauchstauglichkeit	119
J.8.1	Allgemeines	119
J.8.2	Qualität in der Anwendung und Gebrauchstauglichkeit	120
J.8.3	Beispiele für Messungen der Gebrauchstauglichkeit.....	121
J.9	Beispiele für die Bewertung der Gebrauchstauglichkeit.....	122
J.9.1	Allgemeines	122
J.9.2	Virtuelle Umgebung für Schulungen von Operateuren	122
J.9.3	Haptisch unterstütztes Werkzeug für den Geografieunterricht	124
J.9.4	Haptisch unterstützte Textverarbeitung.....	125
J.9.5	Fallstudie Bewertung eines taktilen Gurts für die Navigation und Kommunikation bei der Infanterie.....	126
	Literaturhinweise.....	130

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 9241-940:2017 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 159 „Ergonomics“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und vom Technischen Komitee CEN/TC 122 „Ergonomie“ als prEN ISO 9241-940:2021 übernommen, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 9241-940:2017 wurde von CEN als prEN ISO 9241-940:2021 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Liste dieser Institute ist auf den Internetseiten von CEN abrufbar.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsinstitute (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird üblicherweise von Technischen Komitees von ISO durchgeführt. Jede Mitgliedsorganisation, die Interesse an einem Thema hat, für welches ein Technisches Komitee gegründet wurde, hat das Recht, in diesem Komitee vertreten zu sein. Internationale staatliche und nichtstaatliche Organisationen, die in engem Kontakt mit ISO stehen, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet bei allen elektrotechnischen Normungsthemen eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) zusammen.

Die Verfahren, die bei der Entwicklung dieses Dokuments angewendet wurden und die für die weitere Pflege vorgesehen sind, werden in den ISO/IEC-Direktiven, Teil 1 beschrieben. Es sollten insbesondere die unterschiedlichen Annahmekriterien für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten beachtet werden. Dieses Dokument wurde in Übereinstimmung mit den Gestaltungsregeln der ISO/IEC-Direktiven, Teil 2 erarbeitet (siehe www.iso.org/directives).

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. ISO ist nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren. Details zu allen während der Entwicklung des Dokuments identifizierten Patentrechten finden sich in der Einleitung und/oder in der ISO-Liste der erhaltenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname dient nur zur Unterrichtung der Anwender und bedeutet keine Anerkennung.

Für eine Erläuterung des freiwilligen Charakters von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO, en: World Trade Organization) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT, en: Technical Barriers to Trade) berücksichtigt, siehe www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 159, *Ergonomics*, Unterkomitee SC 4, *Ergonomics of human-system interaction*, erarbeitet.

Eine Auflistung aller Teile der Normenreihe ISO 9241 ist auf der ISO-Internetseite abrufbar.

Einleitung

Taktile und haptische Interaktionen erfahren eine zunehmende Bedeutung als in Frage kommende Interaktionsmodalitäten in speziellen Computersystemen und unterstützender Technik. In diesem Dokument wird erläutert, wie die Attribute des haptischen Geräts und der Benutzungsschnittstelle sowie die Ergebnisse der Interaktion mit einem haptischen Gerät zu bewerten sind, zusammen mit einer Beurteilung der menschenzentrierten Qualität und anderer und spezifischerer Nutzungsqualitäten.

Mit diesem Dokument lassen sich die Maßnahmen ermitteln, die bei der Festlegung von Anforderungen an haptische Interaktionen zu ergreifen sind, und haptische Interaktionen bewerten, um Probleme zu erkennen, Benchmarks festzulegen oder zu bewerten, ob ein haptisches System den Anforderungen entspricht.

Eine haptische Interaktion beinhaltet sensorische oder motorische Aktivitäten in der Haut, den Muskeln, Gelenken und Sehnen; eine taktile Interaktion bezieht sich speziell auf Berührungen (sensorische Aktivitäten in der Haut).

Bei einer haptischen Interaktion verwendet der Benutzer in der Regel ein Gerät, um Objekte in der virtuellen Welt des Computers zu manipulieren und das Ergebnis der Manipulation über Sensoren in der Haut und den Gelenken zu spüren. Dies ist der bidirektionale Aspekt der Haptik. Wichtig ist die Haptik bei der Gestaltung von Schaltern in herkömmlichen Tastaturen und Mäusen, aber hier geht es um die Computerinteraktion mit anderen Mitteln als Tastatur, Maus und passiven Joysticks.

Haptische Interaktionen können auch in einem passiven, unidirektionalen Sinne stattfinden, indem sie Informationen an die Haut weitergeben, ohne dass der Nutzer sich aktiv bewegen oder etwas erkunden muss. Ein Mobiltelefon im Vibrationsmodus ist ein solches unidirektionales taktiles Gerät. Die haptischen Interaktionen können auch in aktiver, unidirektionaler Weise erfolgen, indem der Benutzer zur Übermittlung von Befehlen oder Daten an ein Gerät Gesten ausführt.

In vielen Ländern werden taktile und kinästhetische haptische Interaktionen in Universitäts- und Industrielabors entwickelt, und es gibt eine Reihe kommerzieller Produkte mit integrierten taktilen und kinästhetischen Interaktionen. Sowohl die Entwickler als auch die potenziellen Käufer solcher Interaktionen und der damit verbundenen Geräte und Software benötigen ein Hilfsmittel, um konkurrierende Angebote miteinander vergleichen zu können.

Es sind Querverweise auf andere internationale Normen enthalten, um die spezifischen Unterschiede bei der Bewertung von haptischen Interaktionen zu verstehen und aufzuzeigen. Die Art dieser Interaktionen, ob bidirektional, unidirektional vom Gerät auf die Haut oder den Körper des Benutzers oder unidirektional als Gesten vom Körper des Benutzers auf das Gerät, macht sie zu einer Gruppe von Interaktionen, die hinsichtlich der angemessenen Formen der Bewertung der besonderen Betrachtung bedarf.

ISO 9241-910 bietet einen einheitlichen Satz von Begriffen, Definitionen und Beschreibungen der unterschiedlichen Auffassungen bei der Gestaltung und Anwendung haptischer Interaktionen. Sie bietet auch einen Überblick über den Bereich haptischer Anwendungen, Objekte, Attribute und Interaktionen.

ISO 9241-920 ist ein grundlegender Leitfaden für die Gestaltung haptischer Interaktionen.

ISO 9241-960 ist ein grundlegender Leitfaden für die Definition von Gesten in Mensch-Maschine-Interaktionen. Er erläutert, wie deren Merkmale zu beschreiben und welche Faktoren bei der Definition von Gesten zu berücksichtigen sind.

Dieses Dokument beinhaltet Bewertungsprozesse speziell für haptische Interaktionen und die Geräte, die sie ermöglichen. Es zeigt, wie die in ISO 9241-910, ISO 9241-920 und anderen internationalen Normen festgelegten Anforderungen auf konkrete haptische Systeme und spezifische Interaktionen angewendet werden können. Parallel dazu wird gezeigt, wie die Gebrauchstauglichkeit eines haptischen Systems unter Berücksichtigung von Qualitätsattributen wie Effektivität, Effizienz, Benutzerzufriedenheit und Vermeidung nutzungsbedingter Schäden bewertet werden kann.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument

- beschreibt die Verfahrensarten, die für die Bewertung von haptischen Geräten und von Systemen, die haptische Geräte enthalten, verwendet werden können,
- legt ein Verfahren für die Bewertung haptischer Interaktionen durch den gedanklichen Durchlauf oder die Prüfung der Gebrauchstauglichkeit (siehe Anhang J) fest, und
- gibt Hinweise auf die Verfahrensarten, die für die Bewertung spezifischer Attribute haptischer Systeme geeignet sind, mit normativen Querverweisungen auf die Hinweise in den entsprechenden Abschnitten anderer internationaler Normen (siehe Anhänge A, B, C, D, E, F und G).

Es gilt für die folgenden Arten der Interaktion:

- erweiterte Realität – Informationen, die einer realen Szene überlagert werden, z. B. ein vibrierender Gürtel, der die Entfernung anzeigt;
- Gestensteuerung eines Geräts oder eines virtuellen Szenarios;
- unidirektionale Interaktion wie z. B. ein vibrierendes Telefon oder ein vibrierender Gürtel;
- virtuelle Umgebung – virtueller Raum, mit dem ein Benutzer mit Hilfe eines haptischen Geräts interagieren kann.

Dieses Dokument gilt für die folgenden Arten von Geräten:

- Gestensensor, z. B. Video, das 3D-Handbewegungen erkennt, berührungsempfindliche Bildschirme, die 2D-Berührungen erkennen;
- kinästhetisches haptisches Gerät, z. B. haptische Desktop-Schnittstelle;
- taktile Anzeige, z. B. vibrierendes Telefon.

Dieses Dokument ist nicht anwendbar auf Standard-Eingabegeräte wie Tastaturen, Mäuse oder Rollkugeln (Trackballs).

ANMERKUNG ISO 9241-400 deckt Standard-Eingabegeräte ab, während ISO 9241-411 für die Bewertung von Eingabegeräten wie Tastaturen und Mäusen gilt.

Mit diesem Dokument können die Verfahrensarten und Maßnahmen ermittelt werden, um

- Benchmarks festzulegen,
- Anforderungen an die haptische Interaktion festzulegen,
- Probleme mit haptischer Interaktion (formative Evaluation) zu erkennen, und
- um Kriterien, ob ein haptisches System die Anforderungen erfüllt (summative Evaluation), anzuwenden.

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

ISO und IEC stellen terminologische Datenbanken für die Verwendung in der Normung unter den folgenden Adressen bereit:

- ISO Online Browsing Platform: verfügbar unter <https://www.iso.org/obp>
- IEC Electropedia: verfügbar unter <http://www.electropedia.org/>

3.1

Barrierefreiheit

Umfang, in dem Produkte, Systeme, Dienstleistungen, Umgebungen und Einrichtungen durch Menschen aus einer Bevölkerungsgruppe mit den weitesten Benutzererfordernissen, Merkmalen und Fertigkeiten genutzt werden können, um identifizierte Ziele in identifizierten Nutzungskontexten zu erreichen

Anmerkung 1 zum Begriff: Der Nutzungskontext umfasst die unmittelbare Nutzung oder die durch Assistenztechnologien unterstützte Nutzung.

[QUELLE: ISO 9241-112:2017, 3.15]

3.2

formative Evaluation

zur Verbesserung des Bewertungsobjekts gedachte und eingesetzte Bewertung, insbesondere wenn dieses Objekt noch entwickelt wird

[QUELLE: ISO/TS 18152:2010, 4.6]

3.3

Haptik

haptische Wahrnehmung

sensorische und/oder motorische Aktivität, die in der Haut, in den Muskeln, Gelenken und Sehnen begründet ist

Anmerkung 1 zum Begriff: Haptik besteht aus zwei Teilen: Tastsinn und Kinästhesie.

[QUELLE: ISO 9241-910:2011, 2.1]

3.4

haptisch

sich auf Haptik beziehend

Anmerkung 1 zum Begriff: In diesem Dokument umfasst der Begriff „Haptik“ alle Empfindungen des Tastsinns; „taktile“ bezieht sich speziell auf die Stimulation der Haut ohne kinästhetische Reize.

[QUELLE: ISO 9241-910:2011, 2.2, geändert]

3.5

haptische Interaktion

sensorische oder motorische Aktivität, die in der Haut, in den Muskeln, Gelenken und/oder Sehnen im Rahmen der Mensch-Computer-Interaktion begründet ist

3.6

haptische Benutzungsschnittstelle

HUI, en: haptic user interface

eine oder mehrere haptische Auswirkungen, die in der Software so gestaltet sind, dass ein Benutzer eine haptische Interaktion erleben kann

3.7

Anforderung

Bedingung oder Fähigkeit, die ein System, eine Systemkomponente, ein Produkt oder eine Dienstleistung erfüllen oder besitzen muss, um eine Vereinbarung, eine Norm, eine Spezifikation oder andere offiziell vorgeschriebene Dokumente zu erfüllen

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu den Anforderungen gehören die quantifizierten und dokumentierten Bedürfnisse, Wünsche und Erwartungen des Auftraggebers, des Kunden und anderer interessierter Parteien.

[QUELLE: ISO/IEC/IEEE 24765:2010, 3.2506, geändert]

3.8

summative Evaluation

Bewertung, die darauf abzielt, Schlussfolgerungen über die Vorzüge oder den Wert des Bewertungsobjekts zu ziehen

Anmerkung 1 zum Begriff: Anhand der Ergebnisse können Empfehlungen ausgesprochen werden, ob es beibehalten, geändert oder abgeschafft werden sollte.

Anmerkung 2 zum Begriff: Es ist möglich, ein Verfahren zu entwickeln, das eine kombinierte formative und summative Evaluation bereitstellt.

Anmerkung 3 zum Begriff: Eine summative Evaluation wird mit einem summativen Prüfverfahren durchgeführt.

[QUELLE: ISO/TS 20282-2:2013, 4.17]

3.9

Gebrauchstauglichkeit

Ausmaß, in dem ein System, ein Produkt oder eine Dienstleistung durch bestimmte Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext genutzt werden kann, um bestimmte Ziele effektiv, effizient und zufriedenstellend zu erreichen

[QUELLE: ISO 9241-210:2010, 2.13]

3.10

Anforderung an die Gebrauchstauglichkeit

erforderliches Ausmaß der Gebrauchstauglichkeit, ausgedrückt als Maß für die Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit in einem bestimmten Nutzungskontext

[QUELLE: ISO/TS 20282-2:2013, 4.20]

3.11

Benutzer

Person, die mit einem System, einem Produkt oder einer Dienstleistung interagiert

Anmerkung 1 zum Begriff: Die Person, die eine von einem Arbeitssystem gelieferte Dienstleistung nutzt, wie z. B. ein Kunde in einem Laden oder ein Fahrgast in einem Zug, kann als Benutzer gesehen werden.

[QUELLE: ISO/TS 20282-2:2013, 4.22]

3.12

Benutzererlebnis **en User Experience**

Wahrnehmungen und Reaktionen einer Person, die aus der tatsächlichen und/oder der erwarteten Benutzung eines Systems, eines Produkts oder einer Dienstleistung resultieren

Anmerkung 1 zum Begriff: Das Benutzererlebnis umfasst die Emotionen, Überzeugungen, Vorlieben, Wahrnehmungen, den Komfort, das Verhalten und die Leistungen des Benutzers, die vor, während und nach der Nutzung auftreten.

Anmerkung 2 zum Begriff: User Experience ist eine Folge des Markenbilds, der Darstellung, Funktionalität, Systemleistung, des interaktiven Verhaltens und der Unterstützungsmöglichkeiten eines Systems, eines Produkts oder einer Dienstleistung. Sie ergibt sich auch aus dem psychischen und physischen Zustand des Benutzers aufgrund seiner Erfahrungen, Einstellungen, Fertigkeiten, Möglichkeiten und seiner Persönlichkeit sowie des Nutzungskontextes.

Anmerkung 3 zum Begriff: Wird die Gebrauchstauglichkeit aus der Perspektive der persönlichen Ziele der Benutzer interpretiert, kann sie die Art von Wahrnehmungs- und Gefühlsaspekten umfassen, die üblicherweise mit dem Benutzererlebnis in Verbindung gebracht werden. Zur Bewertung von Aspekten des Benutzererlebnisses können Kriterien der Gebrauchstauglichkeit festgelegt werden.

[QUELLE: ISO 9241-210:2010, 2.15, geändert — Zur Klarstellung umformuliert.]

3.13

Benutzergruppe

<Gebrauchstauglichkeit> Gruppe von Benutzern, die sich durch Merkmale der Benutzer, Aufgaben oder Umgebungen unterscheidet, von denen erwartet wird, dass sie die Gebrauchstauglichkeit beeinflussen

[QUELLE: ISO/TS 20282-2:2013, 4.24, geändert— Anmerkung entfernt.]

3.14

Arbeitsbelastung

physische und kognitive Forderungen, die an den/die Systemanwender und/oder das Personal gestellt werden

[QUELLE: ISO 11064-7:2006, 3.9]

4 Konformität

Die Bewertung eines haptischen Systems ist konform mit diesem Dokument, wenn der Bewertungsbericht erklärt,

- a) welche Qualitätsattribute in Tabelle 2 bewertet und warum diese ausgewählt wurden,
- b) aus welchem Grund jegliche Empfehlungen für das ausgewählte Qualitätsattribut nicht bewertet wurden,
- c) ob die Empfehlungen zur Haptik in den entsprechenden Abschnitten des Anhangs umgesetzt wurden, und
- d) welche Verfahrensart(en) verwendet wurde(n).

Bei gedanklichem Durchlauf der Gebrauchstauglichkeit oder Prüfung der Gebrauchstauglichkeitsaufgabe muss dies mit Anhang J übereinstimmen.

Die in Anhang A bis Anhang G zusammengefassten Empfehlungen und Anforderungen von ISO 9241-910, ISO 9241-920 und ISO 9241-960 müssen für eine mögliche Einbeziehung in die Bewertung berücksichtigt werden.

ANMERKUNG Die Begriffe „Empfehlungen“ und „Anforderungen“ beziehen sich auf die in den referenzierten Normen enthaltenen Hinweise und Festlegungen, die auf das zu bewertende System angewendet werden. Die Konformität mit diesem Dokument wird durch diesen Abschnitt und den im Hauptteil dieses Dokuments aufgeführten Leitfaden festgelegt.

5 Anwendung der ISO 9241-940

5.1 Struktur

Dieser Abschnitt beschreibt die möglichen Gründe für die Bewertung der Haptik und wie diese mit dem Lebenszyklus der Systementwicklung zusammenhängen.

Tabelle 2 kann in Verbindung mit den Erläuterungen in Abschnitt 5, Abschnitt 6 und Abschnitt 7 verwendet werden, um zu entscheiden, welche haptischen Qualitäten zu bewerten sind und welche Verfahrensart angewendet werden soll.

Weitere Informationen zur Bewertung spezifischer Attribute der haptischen Interaktion finden Sie in den entsprechenden Abschnitten der Anhänge, und in Anhang J wird beschrieben, wie ein gedanklicher Durchlauf der Gebrauchstauglichkeit oder eine Prüfung der Gebrauchstauglichkeitsaufgabe durchgeführt werden kann.

Tabelle 1 fasst den Inhalt dieses Dokuments zusammen.

Tabelle 1 — Inhalt von ISO 9241-940

	Abschnitt/Anhang	Inhalt
5	Anwendung der ISO 9241-940	Fasst die Einsatzmöglichkeiten der Bewertung, die Planung der Bewertung und die besonderen Aspekte der haptischen Bewertung zusammen
6	Verfahrensarten der Bewertung	Fasst die verschiedenen Verfahrensarten zusammen, die zur Bewertung der Haptik genutzt werden können
7	Qualität der haptischen Interaktion	Fasst die Qualitätsmerkmale der haptischen Interaktion zusammen, die bewertet werden können
	Anhang A bis Anhang G	Stellt einen Leitfaden zur Bewertung der einzelnen Aspekte jedes Qualitätsattributs dar; Abschnitt 7 gibt einen Überblick über Anhang A bis Anhang G
	Anhang H	Bietet Beispiele für die Bewertung von Geräteattributen
	Anhang I	Beschreibt die einzigartigen Aspekte der haptischen Interaktion, die bei der Planung und Durchführung einer Bewertung beachtet werden müssen
	Anhang J	Legt das Verfahren fest, das für die Bewertung durch gedanklichen Durchlauf der Gebrauchstauglichkeit oder die Prüfung der Gebrauchstauglichkeitsaufgabe genutzt werden soll

5.2 Nutzung dieses Dokuments

Dieses Dokument liefert einen Leitfaden für die Verfahren, die für die Aufstellung von Kriterien und die damit verbundenen Bewertungsmittel geeignet sind, anhand derer die Anforderungen beurteilt werden.

Mit den in diesem Dokument empfohlenen Verfahren und Messgrößen können

- Probleme aufgedeckt (formative Evaluation),
- Benchmarks festgelegt, und
- die Eignung des haptischen Systems für seine Anwendung festgestellt werden (summative Evaluation).

Diese Verwendungszwecke gelten für folgende Fälle:

- a) Gestaltung und Entwicklung von haptischen Geräten zur Unterstützung der Bewertung von:
 - Gestaltungskonzepten und Prototypen zur Verfeinerung der Anforderungen an das System;
 - Prototypen zur Überprüfung, ob die Gestaltungsleitlinien eingehalten wurden;
 - Prototypen und Arbeitssysteme zur Überprüfung, ob die Anforderungen der Benutzer und interessierten Parteien erfüllt wurden;
 - Prototypen und Arbeitssysteme zur Verbesserung des Entwurfs durch Erkennung von Problemen;
 - Arbeitssysteme als Ausgangsbasis für spätere Vergleiche;
 - Systeme im Einsatz, um sicherzustellen, dass sie weiterhin die Anforderungen der interessierten Parteien und Benutzer erfüllen.
- b) Erwerb haptischer Geräte:
 - zur Prüfung, ob die in Frage kommenden Geräte die Anforderungen erfüllen;
 - zum Vergleich von haptischen Geräten und Systemen im Hinblick auf ihren möglichen Einsatz in bestimmten Nutzungskontexten.

5.3 Bewertung im Lebenszyklus von Gestaltung und Entwicklung

Bei der Bewertung haptischer Geräte sollte der beabsichtigte oder tatsächliche Nutzungskontext des Geräts berücksichtigt werden – die verschiedenen Arten von Benutzern (z. B. gelegentliche oder regelmäßige Benutzer), die Arten von Aufgaben, für die das Gerät verwendet wird, und die Umgebungen, in denen es eingesetzt wird (z. B. bei Vibrationen oder extremen Temperaturen).

Bild 1 zeigt einen typischen Gestaltungs- und Entwicklungszyklus, der von der Durchführbarkeit über die Anforderungen bis hin zur detaillierten Gestaltung und der Realisierung des Produkts reicht. Die Bewertung ist ein integraler Bestandteil jeder Phase – ein Durchführbarkeitskonzept wird bewertet und führt zu Anforderungen und einer Gestaltung, die diese Anforderungen erfüllt. Ein Prototyp könnte in der Phase der detaillierten Gestaltung bewertet werden, während das Endprodukt anhand der Gestaltungsanforderungen und auch während der tatsächlichen Nutzung bewertet werden kann.

ANMERKUNG Die Grundlage des Prozesses sind die Geschäfts- und Benutzeranforderungen, die den Anstoß für das Projekt gaben, sowie der beabsichtigte Nutzungskontext, der das erste Gestaltungskonzept in der Durchführbarkeitsphase bestimmt.

Erste Gestaltungskonzepte können von einem Sachverständigen bewertet werden, um potenzielle Probleme zu ermitteln, um festzustellen, ob das Gerät mit den ermittelten Geschäfts- und Benutzeranforderungen übereinstimmt, und um gegebenenfalls die Anforderungen zu präzisieren.

Prototypen können bewertet werden, indem das Gerät mit Benutzern geprüft und deren Verhalten beobachtet wird, um etwaige Probleme oder neue Ansprüche zu ermitteln, die zu einer Änderung der Anforderungen führen könnten. Prototypen sollten in einem möglichst realistischen Nutzungskontext bewertet werden.

Das fertige System kann auf seine Konformität mit den Anforderungen bewertet werden. Weitere Angaben zur menschenzentrierten Gestaltung sind in ISO 9241-210 enthalten. ISO/IEC 25063 erläutert den Nutzungskontext und ISO/IEC 25064 erklärt, wie die Bedürfnisse der Benutzer ermittelt werden können. Das Requirements Engineering ist in ISO/IEC/IEEE 29148 beschrieben. Attribute haptischer Geräte und haptischer Systeme, für die Anforderungen spezifiziert und bewertet werden können, sind in Abschnitt 7 beschrieben.

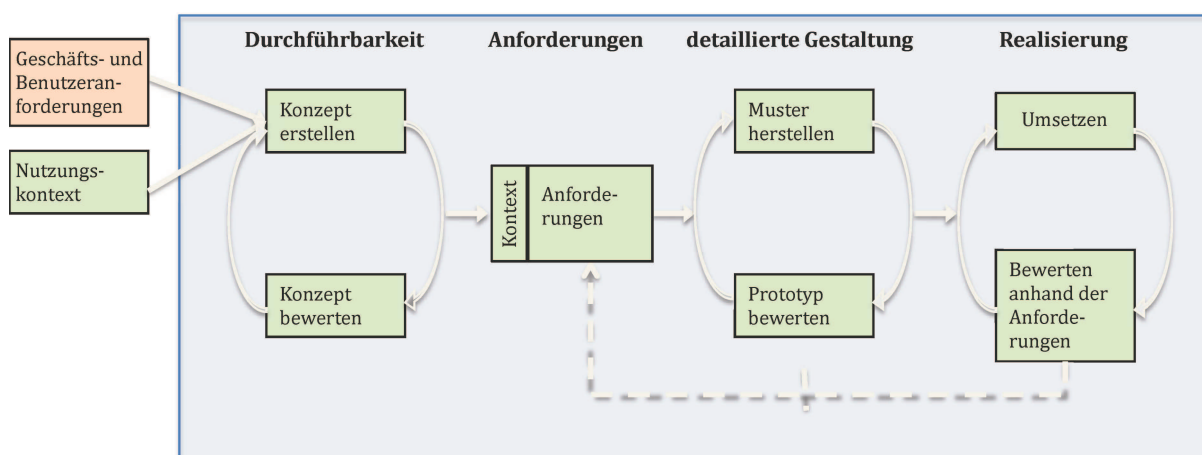


Bild 1 — Bewertung im Lebenszyklus von Gestaltung und Entwicklung

5.4 Planungsaktivitäten

Dieses Dokument stellt Leitlinien für die folgenden Aktivitäten zur Verfügung:

- Festlegung des Bewertungszwecks (siehe J.1 und J.3.1, mit Beispielen in J.9.2 bis J.9.5);
- Entscheidung, was bewertet werden soll;
- Bestimmung des Kontextes, in dem das haptische System eingesetzt werden wird: die Arten von Benutzern, Aufgaben und Nutzungsumgebungen (siehe 7.3.1);
- Durchführung einer Erstbeurteilung (siehe 5.5);
- Entscheidung, welche haptischen Eigenschaften bewertet werden sollen (siehe Abschnitt 7);
- Entscheidung über die zu verwendenden Verfahrensarten. Die gebräuchlichsten Verfahrensarten sind in Abschnitt 6 beschrieben: physische Messungen anhand der Anforderungen, Inspektion zur Feststellung von Abweichungen von den festgelegten Kriterien, gedanklicher Durchlauf durch die Gebrauchstauglichkeit und Prüfung der Gebrauchstauglichkeit.

Anhang J legt das Verfahren fest für die Bewertung durch gedanklichen Durchlauf oder Prüfung der Gebrauchstauglichkeit.

5.5 Erstbeurteilung

Die Qualitätsattribute lassen sich in solche unterteilen, die sich in erster Linie auf die Hardware beziehen, solche, die sich auf die Software beziehen, und solche, die eine Kombination der beiden Bereiche betreffen. Dies führt zu einer Bewertung durch die anfängliche Trennung des Systems und seine anschließende Bewertung aus drei Blickrichtungen:

- a) die physikalischen Eigenschaften des haptischen Geräts (siehe 7.2.2);
- b) die vom haptischen Gerät erzeugte Wirkung (siehe 7.2.3);
- c) die Erfahrung des Benutzers mit der haptischen Interaktion insgesamt (siehe 7.3).

Nachfolgend sind typische Fragen aufgeführt, die zu jeder Blickrichtung gestellt werden können.

- 1) Eignen sich die technischen Eigenschaften des Geräts für den vorgesehenen Nutzungskontext? Nachfolgend sind einige typische Probleme aufgeführt, die auftreten können:
 - das Gerät ist zu schwer;
 - dem Gerät fehlt es an Kraft oder Kraftfeinheit (die Fähigkeit, kleine Kräfte von großen zu unterscheiden);
 - es gibt verwirrende Artefakte, wie z. B. Fremdgeräusche oder Oszillationen;
 - beim Bewegen des Geräts stößt der Benutzer auf physische Hindernisse, die die beabsichtigte Illusion zunichte machen.
- 2) Eignet sich die haptische Wirkung für den vorgesehenen Nutzungskontext? Nachfolgend sind einige typische Probleme aufgeführt, die auftreten können:
 - die Bedeutung der haptischen Empfindung ist unklar;
 - haptische Symbole (oder virtuelle Berührungspunkte) sind ungeeignet – beispielsweise zu eng beieinander oder zu weich;
 - der Benutzer verliert sich im virtuellen haptischen Raum, obwohl das System dies nicht beabsichtigt.
- 3) Bietet das System eine angemessene haptische Wirkung im vorgesehenen Nutzungskontext? Nachfolgend sind einige typische Probleme aufgeführt, die auftreten können:
 - das Gerät benötigt mehr oder weniger Freiheitsgrade, um die haptische Wirkung zu erzielen;
 - die angewandte Kraft ist zu gering oder zu hoch für die haptische Wirkung;
 - die Ausgabe des Geräts kann im Nutzungskontext nicht richtig wahrgenommen werden.

5.6 Einmalige Aspekte der haptischen Interaktion

Der Bewerter sollte sich der einmaligen Aspekte der haptischen Interaktion bewusst sein:

- es handelt sich um eine persönliche Erfahrung, die vom Bewerter nicht so empfunden werden kann wie ein Bild oder Ton, die sowohl vom Benutzer als auch vom Bewerter wahrgenommen werden können, so dass der Benutzer dem Bewerter in der Regel das haptische Gefühl beschreibt;

- bei einer bidirektionalen haptischen Interaktion kann es schwierig sein, die Reaktion des Benutzers auf die Kraft von der Logik und Mechanik der Kraft, die den Benutzer antreibt, zu trennen;
- bei einer unidirektionalen Gesteninteraktion kann die Ergonomie der Geste von der Effektivität des Geräts, das die Geste interpretiert, getrennt werden;
- bei einer unidirektionalen taktilen Interaktion ist das Benutzererlebnis eng mit den Geräteeigenschaften verknüpft, und diese enge Verbindung wird bei jeder Bewertung des Benutzererlebnisses deutlich;
- Haptik ist eine Art der Interaktion, die oft mit anderen Modalitäten kombiniert wird; die haptische Wirkung kann bei Vorliegen visueller und auditiver Hinweise schwer zu deuten sein;
- haptische Interaktionen können überall am Körper stattfinden, ein Faktor, der berücksichtigt werden kann, um Prüfungen kultursensibel zu gestalten;
- Adaption kann einen haptischen Effekt nach längerer Zeit überdecken; Prüfungen von ausreichender Dauer können reale Nutzungsszenarien, in denen Adaption eine Rolle spielen könnte, realistisch nachahmen.

Anhang I enthält weitere Hintergrundinformationen und Beispiele zu diesen Punkten.

6 Verfahrensarten der Bewertung

6.1 Allgemeines

Haptische Systeme können mit einer oder mehreren der in den folgenden Unterabschnitten beschriebenen Verfahrensarten bewertet werden.

ANMERKUNG Tabelle 2 gibt an, welche dieser Verfahrensarten zur Bewertung der einzelnen in Abschnitt 7 beschriebenen Qualitätsattribute haptischer Systeme verwendet werden können.

Informationen zur Dokumentation dieser Verfahren sind in ISO/IEC 25066 zu finden.

6.2 Physikalische Messungen anhand der Anforderungen

- Vergleich eines Geräts oder eines haptischen Systems mit den Anforderungen. Zur Auswertung der vom System erzeugten Kräfte kann die Messung mit einfachen Instrumenten wie einer linearen Skala oder mit komplexeren Prüfgeräten wie einer digitalen Kraftmessdose erfolgen.
- Die Anforderungen sollten nach Berücksichtigung der Anwendung zugeordnet werden. ISO 9241-910 und ISO 9241-920 beinhalten einen Leitfaden für die Festlegung von Anforderungen an taktile/haptische Systeme, während ISO 9241-960 einen Leitfaden für den Einsatz von Gesten als eine spezielle Art der taktilen/haptischen Interaktion aufweist. In den Anhängen A bis G sind die aus diesen internationalen Normen abgeleiteten Anforderungen und Empfehlungen aufgeführt.

6.3 Inspektion durch einen Sachverständigen

Die für die haptische Bewertung wichtigsten Verfahren sind:

- Inspektion zur Ermittlung von Abweichungen von Kriterien, die auf Benutzeranforderungen, Grundsätzen, Leitlinien oder bewährten Verfahren zur Gebrauchstauglichkeit und Barrierefreiheit beruhen. Die Bewertung kann auf einer statischen Darstellung beruhen oder mit einem gedanklichen Durchlauf der Gebrauchstauglichkeit kombiniert werden;

- ein gedanklicher Durchlauf der Gebrauchstauglichkeit, bei dem potenzielle Probleme identifiziert werden, indem die Interaktion mit dem System schrittweise so erfolgt, wie dies von einem Benutzer bei der Ausführung bestimmter Aufgaben erwartet werden würde (siehe Anhang J).

6.4 Prüfung der Gebrauchstauglichkeit

6.4.1 Allgemeines

Bei den Prüfungen der Gebrauchstauglichkeit werden Daten von tatsächlichen oder vorgesehenen Benutzern in Situationen erhoben, die den tatsächlichen oder geplanten Situationen entsprechen, in denen die Benutzer das haptische oder taktile System verwenden oder verwenden würden.

6.4.2 Messungskontext

6.4.2.1 Verwendung einer Prüfaufgabe

- Bei Aufgabenprüfungen wird das System probeweise von einer Gruppe von Benutzern verwendet, die aus einer allgemeinen Gruppe von Benutzern ausgewählt werden. Die Grundgesamtheit kann sowohl typische Benutzer als auch Sonderfälle umfassen.
- Idealerweise werden die Aufgaben im Nutzungskontext des haptischen Systems durchgeführt. Zur Isolierung bestimmter Parameter von Interesse können sie in einer Laborumgebung durchgeführt werden.
- Die Aufgaben werden meist im Rahmen eines geplanten Versuchs festgelegt und lassen sich durch eine Vielzahl von Messarten beurteilen, wie sie im folgenden Unterabschnitt aufgeführt sind.

Anhang J legt fest, wie eine Prüfung von Gebrauchstauglichkeitsaufgaben durchzuführen ist.

6.4.2.2 Beobachtung der Benutzerleistung bei normaler Nutzung des haptischen Systems

- Benutzer des haptischen Systems können dabei beobachtet werden, wie sie selbst gewählte Aufgaben bewältigen.
- Durch Beobachtung, entweder in einer Laborumgebung oder in einem natürlichen Nutzungskontext, können sowohl Probleme der Gebrauchstauglichkeit und Barrierefreiheit als auch entsprechende Stärken ermittelt werden.
- Ein fachkundiger Beobachter kann die Leistung und das Benutzererlebnis beurteilen.

6.4.3 Bewertungsdaten

6.4.3.1 Erfassung der Leistungsdaten

- Leistungskennzahlen sind Beurteilungen oder Punktzahlen, die sich auf die Aufgabe selbst beziehen. Sie geben Aufschluss über die Effektivität und Effizienz des haptischen Systems bei der Ausführung einer Aufgabe durch den Benutzer in einem bestimmten Nutzungskontext (siehe ISO 9241-11).
- Zu den typischen Leistungsdaten zählen die Zeit, die für die Ausführung einer Aufgabe benötigt wird, oder die Anzahl der Benutzerfehler, die während der Ausführung einer Aufgabe auftraten.

6.4.3.2 Erfassung der physiologischen Daten

- Physiologische Daten sind objektive Beurteilungen des physiologischen Zustands des Benutzers bei der Durchführung einer Aufgabe. Aus diesen Daten lassen sich Rückschlüsse auf Parameter wie das Ausmaß von Stress, Unbehagen oder Ermüdung ziehen.

- Physiologische Daten können aus messbaren Körperparametern wie Gesichtsausdruck und Durchmesser der Augenpupille gewonnen werden.

6.4.3.3 Erfassung der von den Benutzern mitgeteilten Daten

a) Fragebögen

- Üblicherweise werden Fragebögen eingesetzt, um die Eindrücke der Benutzer von Systemen anhand ihrer Selbstbeurteilung des Geräts und ihrer Erfahrungen bei dessen Verwendung zu erfassen.

ANMERKUNG Fragebögen können auch von sachkundigen Beobachtern haptischer Systeme ausgefüllt werden, um relevante Daten über ein oder mehrere haptische Systeme zu erfassen und zu kategorisieren.

- Offen formulierte Fragebögen, um von den Benutzern gemeldete Probleme, Meinungen und Eindrücke zu erhalten. Daten aus offenen formulierten Fragebögen und Interviews sind in der Regel qualitativer Natur.
- Fragebögen mit geschlossenen Fragen, um die Zufriedenheit, Meinung oder Wahrnehmung der Benutzer zu ermitteln (z. B. Werte auf einer Bewertungsskala für die Zufriedenheit oder für die subjektiv wahrgenommene Effektivität oder Effizienz). Die Antworten auf die Bewertungsskalen geben Aufschluss über die Zufriedenheit, die Meinung oder die Wahrnehmung des haptischen Systems durch den Benutzer. Bewertungsskalen können auch die subjektiv vom Benutzer wahrgenommene Effektivität oder Effizienz erfassen.

Fragebögen können vor, während oder nach einer Prüfung verteilt werden.

- Fragebögen vor der Prüfung erfassen Informationen über die Situation vor der Systemeinführung.
- Fragebögen während einer Prüfung (typischerweise eine Längsschnittstudie) können Informationen über die Prüfungssituation und Veränderungen im Laufe der Zeit erheben.
- Fragebögen nach der Prüfung können retrospektive Eindrücke und Beurteilungen erfassen.

b) Befragungen

Ähnliche Daten wie in den offenen formulierten Fragebögen können auch in strukturierten Interviews erhoben werden, um berichtete Probleme, Meinungen und Eindrücke zu sammeln.

7 Qualität der haptischen Interaktion

7.1 Qualitätsmodell

Die haptische Interaktion wird durch eine Reihe von internen und externen Faktoren beeinflusst. Diese lassen sich in einem Qualitätsmodell zusammenfassen, das in Bild 2 dargestellt ist (für jede Komponente wird die Nummer des Abschnitts angegeben).

Das Modell umfasst die folgenden Elemente:

- Ziele – was mit dem System durchgeführt werden soll, dargestellt als Eingang für das System;
- das haptische System – das haptische Gerät und die haptische Benutzungsschnittstelle;
- einen Benutzer, der mit dem haptischen System eine Aufgabe ausführt – eine wechselseitige Interaktion dreier Komponenten;

- der Nutzungskontext – Benutzer, Aufgaben und die physikalische und soziale Umgebung, in der die Aufgabe ausgeführt wird (dies wird durch das große Kästchen in der Mitte dargestellt, das Aufgabe, Benutzer, Umgebung und das haptische System selbst einschließt);
- Qualitätsattribute – Merkmale, die während eines Bewertungsprozesses ermittelt werden können, umfassen Folgendes:
 - systemspezifische Attribute – Hardware- und Software-Schnittstelle des Geräts (siehe 7.2.2 und 7.2.3);
 - allgemeine Nutzungsattribute – spezifische Nutzungsqualitäten (z. B. Erlernbarkeit, Sicherheit und Zuverlässigkeit; siehe 7.3.2) und menschenzentrierte Nutzungsqualitäten (Gebrauchstauglichkeit, Barrierefreiheit, Benutzererlebnis und Unschädlichkeit bei der Nutzung; siehe 7.3.3).

Die Ziele der Aufgabe werden mit dem Nutzungskontext des zu bewertenden haptischen Systems kombiniert, um messbare Qualitätsattribute zu erhalten.

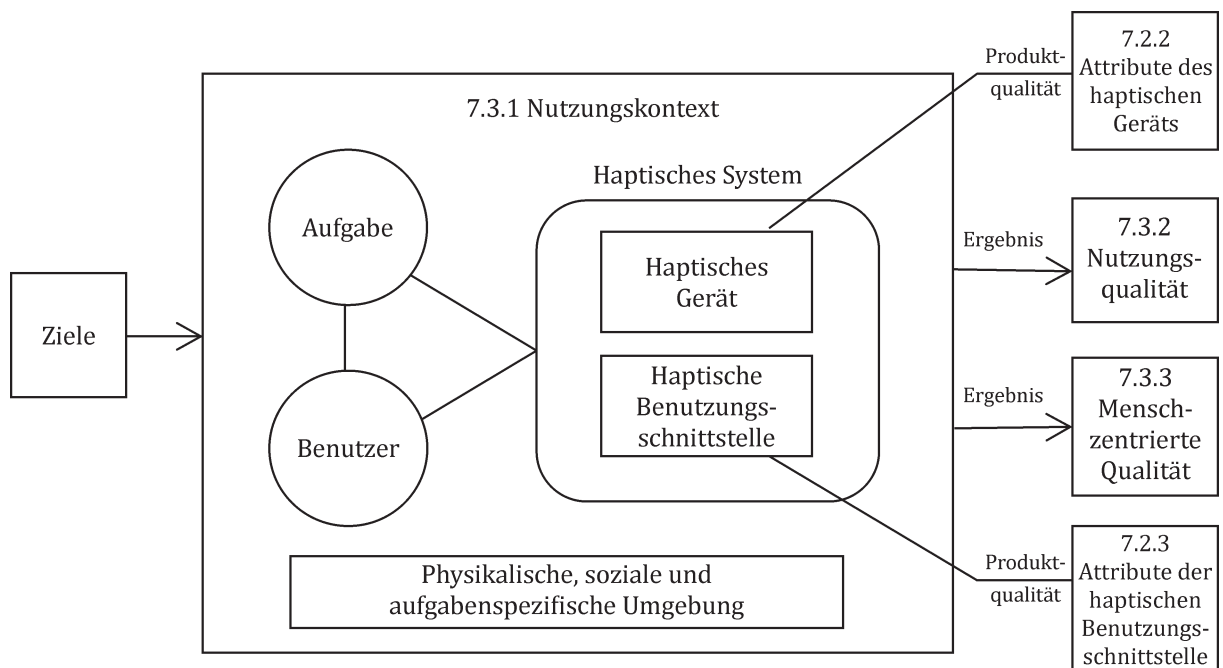


Bild 2 — Bewertung eines haptischen Systems

7.2 Attribute des haptischen Systems

7.2.1 Qualitätsattribute

Den einzelnen Abschnitten des Qualitätsmodells wurden Qualitätsattribute zugeordnet, die in anderen internationalen Normen festgelegt sind.

Ein Rahmen für die Definition von Haptik findet sich in ISO 9241-910, während ein Leitfaden für diesen Bereich in ISO 9241-920 zu finden ist. Diese internationalen Normen legen Kriterien fest, nach denen eine haptische Interaktion beurteilt werden kann. Bestimmte Abschnitte beziehen sich auf Aspekte der haptischen virtuellen Umgebung und des haptischen Geräts.

Eine dritte internationale Norm, ISO 9241-960, bietet einen Rahmen und einen Leitfaden für den Einsatz von Gesten. Gesten können als eine Form der haptischen Interaktion betrachtet werden, da die Positionierung

des Körperteils, der bei der Bildung einer Geste verwendet wird, durch das haptische System des menschlichen Körpers gesteuert wird.

Das Modell der haptischen Qualität ist in Bild 2 dargestellt. Die Komponenten und ihre Quellen sind im Folgenden zusammengefasst und werden in den genannten Anhängen im Einzelnen beschrieben. Eine Zusammenfassung des Inhalts der Anhänge findet sich in Abschnitt 8, und die oberste Gruppierungsebene der Attribute ist in Tabelle 2 aufgeführt.

a) Nutzungskontext

Die menschenzentrierte Qualität und andere Nutzungsqualitäten hängen vom Nutzungskontext ab (den Benutzern, Aufgaben und Umgebungen), der auch die Art der Produktattribute bestimmt, die zu den menschenzentrierten und anderen Nutzungsqualitäten beitragen (siehe 7.3.1).

b) Produktqualität

Die Qualität des haptischen Geräts (7.2.2) und der Benutzungsschnittstelle (7.2.3) trägt zum Erreichen einer annehmbaren menschenzentrierten Qualität und anderer Nutzungsqualitäten bei.

c) Ergebnisse der Interaktion

Das Gesamtergebnis der Interaktion ist die menschenzentrierte Qualität (Gebrauchstauglichkeit, Benutzererlebnis, Barrierefreiheit und Vermeidung nutzungsbedingter Schäden; siehe 7.3.3) und spezifischere Nutzungsqualitäten, die unter bestimmten Umständen von Bedeutung sein können (7.3.2).

7.2.2 Attribute des haptischen Geräts (siehe Anhang A)

Die Attribute des haptischen Geräts sind die Eigenschaften des haptischen Geräts, welche die Qualität der Interaktion beeinflussen können:

- a) Bedienelemente des haptischen Geräts;
- b) Interaktionseigenschaften des haptischen Geräts;
- c) Bewegung;
- d) physikalische Eigenschaften;
- e) physikalischer Raum und logischer Raum;
- f) Vermeidung unerwünschter Folgen;
- g) taktile/haptische Eigenschaften von Objekten.

ISO 9241-910:2011, Abschnitt 9 beschreibt die Geräteattribute, welche die haptische Interaktion beeinflussen.

Anhang A enthält weitere Einzelheiten und listet die Empfehlungen von ISO 9241-910 und ISO 9241-920 mit dem Bewertungsverfahren und der Messart für jedes Attribut auf.

7.2.3 Attribute der haptischen Benutzungsschnittstelle

7.2.3.1 Gestaltungsprinzipien für haptische Wirkungen (siehe Anhang B)

ISO 9241-920:2009 Abschnitt 4 bis Abschnitt 7 enthalten Leitfäden für die Interaktion mit der haptischen virtuellen Umgebung. ISO 9241-920:2009 Abschnitt 4 und Abschnitt 5 enthalten allgemeine Prinzipien für die haptische Gestaltung, einschließlich Prinzipien für:

- a) Kodierung von Attributen;
- b) Kodierung von Informationen;
- c) Kodierung von graphischen Daten;
- d) Optimierung der Leistung.

Weitere Details sind in Anhang B enthalten.

7.2.3.2 Aufgabenelemente der haptischen Wirkung (siehe Anhang C)

ISO 9241-910:2011 Abschnitt 7 beschreibt die haptischen Elementaraufgaben, die zur Ausführung vollständiger Anwendungsaufgaben genutzt werden können. Anhang C enthält weitere Einzelheiten zu den folgenden Attributen:

- a) betätigen;
- b) navigieren;
- c) Überblick verschaffen;
- d) suchen;
- e) auswählen;
- f) markieren.

7.2.3.3 Gestenattribute (siehe Anhang G)

Gesten sind Bewegungen oder Haltungen des Körpers; Gesten können als Gestenbefehle an ein entsprechend ausgestattetes haptisches System gedeutet werden. Anhang G enthält weitere Einzelheiten zu den folgenden Attributen:

- a) Dokumentation der Gesten (geeignet für die vorgesehenen Benutzer, eindeutig, leicht zu erlernen);
- b) Ergonomie der Gesten (Berücksichtigung von Einschränkungen bei unterschiedlichen Benutzern und kein Hervorrufen unnötiger Ermüdung);
- c) Merkmale von Gesten (Zuordnung zu Funktionen, Verwendung von Rückmeldungen, Fragen des Timings und der Geschwindigkeit);
- d) Gestensätze (konsistent und unterscheidbar, mit verfügbaren Alternativen);
- e) Verfahren zur Definition von Gesten (geeignet zum Lernen, unter Verwendung des Gestaltungsraums);
- f) Abfolgen von Gesten (klarer Anfang, Übergang zwischen Gesten und Abschluss).

7.3 Attribute der Gebrauchstauglichkeit

7.3.1 Nutzungskontext (siehe Anhang D)

Der Kontext, innerhalb dessen eine haptische Interaktion stattfindet, kann die Qualität beeinflussen. Anhang D enthält weitere Einzelheiten zu den folgenden Attributen:

- a) multisensorischer Eingang (einschließlich Sehen, Hören, Riechen, Schmecken und haptischer Eingang in verschiedenen Körperteilen);
- b) physikalische Umgebung (einschließlich Aspekten wie Arbeitsposition, Unterstützung der Gliedmaßen, akustischer Lärm, Vibrationen, Hitze oder Kälte und Feuchtigkeit sowie Überlegungen zum Einsatz unterwegs);
- c) soziale Umgebung (einschließlich Themen wie soziale Unterstützung und sozialer Druck);
- d) Aufgaben (der Verwendungszweck des haptischen Systems, der Situationen wie entspanntes Vergnügen, Umherblicken, konzentrierte Aufmerksamkeit, dringende Arbeiten umfassen kann);
- e) Benutzer (z. B. Anfänger, Allgemeinheit, erfahrene Praktiker, Forscher).

BEISPIEL 1 Eine haptische Simulation eines neurologischen Operationsfeldes, das dem Gehirn eines Patienten entspricht, kann es einem Chirurgen ermöglichen, die Feinheiten einer bestimmten Erkrankung zu erfassen.

BEISPIEL 2 Eine haptische Simulation eines laparoskopischen Operationsfeldes kann Chirurgen die Möglichkeit eröffnen, eine neue Technik zu erlernen, ohne dabei Patienten zu gefährden.

BEISPIEL 3 Eine haptische Simulation eines Makromoleküls ermöglicht es einem theoretischen Biochemiker, das Modell eines Ligandenmoleküls an seiner ausgewählten „Docking“-Stelle einzupassen.

BEISPIEL 4 Eine virtuelle wissenschaftliche Darstellung der Erde ermöglicht es den Teilnehmern einer Ausstellung, Gebirgszüge zu erfahren.

BEISPIEL 5 Die Vibrationsrückmeldung eines Mobilgeräts oder tragbaren Zubehörs kann Navigationsinformationen für jemanden liefern, der in der Wildnis wandert.

BEISPIEL 6 Ein Videospiel wird durch die Kombination visueller, auditiver und haptischer Effekte aufgewertet.

7.3.2 Spezifische Nutzungsqualitäten (siehe Anhang E)

Unter bestimmten Umständen können besondere Nutzungsqualitäten von Bedeutung sein. Dies sind Funktionen des haptischen Systems, die sowohl das haptische Gerät als auch die haptische Wirkung umfassen. Anhang E enthält weitere Einzelheiten zu den folgenden Attributen:

- a) Anpassungsfähigkeit (die Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit, mit der ein System angepasst oder personalisiert werden kann);
- b) Einfachheit der Handhabung (das Ausmaß, in dem ein Produkt oder System Attribute aufweist, mit denen es sich leicht bedienen und steuern lässt);
- c) Installierbarkeit (die Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit, mit der ein System installiert werden kann);
- d) Erlernbarkeit (die Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit, mit der ein System erlernt werden kann);
- e) Instandhaltungsfreundlichkeit (die Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit, mit der ein System gewartet werden kann);

- f) Übertragbarkeit (die Effektivität, Effizienz und Zufriedenheit, mit der ein haptisches System in eine andere Umgebung gebracht werden kann);
- g) Zuverlässigkeit (das Ausmaß, in dem ein System bestimmte Funktionen unter bestimmten Bedingungen über einen bestimmten Zeitraum hinweg erfüllt);
- h) Sicherheit (das Ausmaß, in dem ein System für den Benutzer, die Organisation oder das Projekt potenzielle Schäden, die mit der Nutzung durch den Menschen zusammenhängen oder sich daraus ergeben, abmildert oder vermeidet).

Diese Qualitätsmerkmale werden sowohl in ISO 9241-910:2011, 9.2.12 bis 9.2.16 als auch in ISO/IEC 25010:2011 beschrieben (Erlernbarkeit, Sicherheit, Zuverlässigkeit und andere, wie in ISO/IEC 25010:2011, Bild 4 dargestellt).

7.3.3 Menschzentrierte Qualität (siehe Anhang F)

Bei der menschzentrierten Qualität handelt es sich um die Gesamtqualität, wie sie der Benutzer erlebt. Anhang F enthält weitere Einzelheiten zu den folgenden Attributen:

- a) Barrierefreiheit (die als Ergebnis der Interaktion als Gebrauchstauglichkeit für Menschen mit den unterschiedlichsten Fähigkeiten beurteilt werden kann);
- b) Vermeidung nutzungsbedingter Schäden (das Ausmaß, in dem die Qualität eines Systems mögliche nutzungsbedingte Schäden mindert oder vermeidet);
- c) ethische Erwägungen (eine Beurteilung der ethischen Aspekte der Endnutzung der haptischen Interaktion);
- d) Gebrauchstauglichkeit, wie in ISO 9241-11:
 - 1) Effektivität;
 - 2) Effizienz;
 - 3) Zufriedenstellung;
- e) Benutzererlebnis (die Wahrnehmungen und das Ansprechverhalten einer Person, die sich aus der Nutzung und/oder der erwarteten Nutzung ergeben).

Die menschzentrierte Qualität ist in ISO 9241-220 beschrieben, mit weiteren Einzelheiten zur Gebrauchstauglichkeit in ISO 9241-11, Barrierefreiheit in ISO 9241-171, Risikominderung in ISO/IEC 25010 und ISO/IEC 25022 und Vermeidung nutzungsbedingter Schäden in ISO 9241-220. Ein Leitfaden zur sozialen Verantwortung findet sich in ISO 26000.

7.4 Bewertungsmatrix

7.4.1 Attributarten

Tabelle 2 zeigt die Arten von Bewertungsverfahren, die für die Bewertung der einzelnen Qualitätsattribute in den Zeilen der Tabelle 2 am besten geeignet sind.

Die Qualitätsattribute werden in der nachstehenden Reihenfolge in folgende Kategorien eingeteilt:

- A. Attribute des haptischen Systems;
- B. Gestaltungsprinzipien für haptische Wirkungen;

- C. Aufgabenelemente der haptischen Wirkung;
- D. Nutzungskontext;
- E. Spezifische Nutzungsqualitäten;
- F. Menschzentrierte Qualität;
- G. Gestenattribute.

Die Qualitätsattribute der Gruppe A beziehen sich auf das haptische Gerät, B und C auf die haptische Wirkung und D bis F auf das haptische System im Nutzungskontext. In Anhang A bis Anhang G sind die spezifischen Qualitätsattribute für jedes Qualitätsmerkmal aufgeführt.

7.4.2 Messung der haptischen Qualität

Für jede Art von Qualitätsattribut enthalten die Spalten in Tabelle 2 und die Tabellen in den Anhängen folgende Information:

- Unterabschnitt (Unterabschnitt in den Anhängen, der sich auf dieses Qualitätsmerkmal bezieht);
- Qualitätsattribute (die in 7.2 und 7.3 beschriebenen Qualitätsattribute);
- Quelle (die Quellen der Information zu den Attributen [ISO 9241-910, ISO 9241-920 oder ISO 9241-960]);
- Bewertungsverfahren (siehe Abschnitt 6) (technische Bewertung der physikalischen Attribute in einem Laboratorium [„Techn. Gerätebew.“], Inspektion durch einen Sachverständigen [„Inspek. durch Sachverst.“] oder eine „Prüfung der Gebrauchstauglichkeit“ [siehe J.8].

Bei einer Prüfung der Gebrauchstauglichkeit kann der Messkontext eine „Prüfaufgabe“ oder die Beobachtung der normalen Benutzung („Beob. Nutzung“) sein, und bei den zur Bewertung verwendeten Daten („Bewertungsdaten“) kann es sich um Leistungsmessungen („Leistungsdaten“), physiologische Messungen („Physio-Daten“) und/oder von den Benutzern gemeldete Daten (häufig mittels eines Fragebogens) („Benutzerangaben“) handeln.

Tabelle 2 — Bewertungsmatrix

Unterabschnitt	Qualitätsattribute	Quelle: ISO 9241-			Art des Bewertungsverfahrens						
		910	920	960	Techn. Geräte bew.	Inspek. durch Sachverst.	Prüfung der Gebrauchstauglichkeit				
							Messungs-kontext		Bewertungsdaten		
							Prüf-auf-gabe	Beob. Nut-zung	Leis-tungs-daten	Phy-sio-Daten	Benut-zeran-gaben
A	Attribute des haptischen Geräts (7.2.2)	✓									
A.2.	Physikalische Eigenschaften	✓			✓	✓					✓
A.3	Bedienelemente der haptischen Wirkung	✓		✓	✓	✓					✓
A.4	Physikalischer Raum und logischer Raum	✓		✓	✓	✓					✓

Unter- abschnitt	Qualitätsattribute	Quelle: ISO 9241-			Art des Bewertungsverfahrens						
		910	920	960	Tech. Geräte bew.	Inspek. durch Sach- verst.	Prüfung der Gebrauchstauglichkeit				
					Messungs- kontext		Bewertungsdaten				
							Prüf- auf- gabe	Beob. Nut- zung	Leis- tungs- daten	Phy- sio- Daten	Benut- zeran- gaben
A.5	Taktile/haptische Eigen- schaften von Objekten	✓			✓	✓					✓
A.6	Interaktionseigenschaften des haptischen Geräts	✓				✓					✓
A.7	Verhinderung vermeidbarer Schäden	✓		✓	✓						
B	Gestaltungsprinzipien für haptische Wirkungen (7.2.3.1)		✓								
B.2	Leistungsoptimierung		✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
B.3	Attribute der virtuellen Umgebung		✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
B.4	Kodierung von Informationen		✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
B.5	Kodierung von Attributen		✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
B.6	Kodierung von graphischen Daten		✓			✓	✓		✓		✓
C	Aufgabenelemente der haptischen Wirkung (7.2.3.2)	✓				✓	✓				
C.3	Suchen	✓					✓	✓	✓		✓
C.4	Überblick verschaffen	✓					✓	✓	✓		✓
C.5	Navigieren	✓					✓	✓	✓		✓
C.6	Markieren	✓					✓	✓	✓		✓
C.7	Auswählen	✓					✓	✓	✓		✓
C.8	Betätigen	✓					✓	✓	✓		✓
D	Nutzungskontext (7.3.1)										
D.2	Physikalische Umgebung					✓	✓	✓		✓	✓
D.3	Sonstige Aspekte des Nutzungskontexts					✓	✓	✓		✓	✓
E	Spezifische Nutzungs- qualitäten (7.3.2)	✓									
E.2	Installierbarkeit	✓					✓		✓		✓
E.3	Erlernbarkeit	✓		✓		✓	✓		✓		✓
E.4	Einfachheit der Hand- habung	✓		✓		✓	✓		✓		✓
E.5	Adaptierbarkeit	✓		✓		✓	✓		✓		✓
E.6	Übertragbarkeit	✓				✓	✓		✓	✓	✓
E.7	Zuverlässigkeit	✓		✓		✓	✓		✓		✓

Unter- abschnitt	Qualitätsattribute	Quelle: ISO 9241-			Art des Bewertungsverfahrens						
		910	920	960	Techn. Geräte bew.	Inspek. durch Sach- verst.	Prüfung der Gebrauchstauglichkeit				
							Messungs- kontext		Bewertungsdaten		
							Prüf- auf- gabe	Beob. Nut- zung	Leis- tungs- daten	Phy- sio- Daten	Benut- zeran- gaben
E.8	Instandhaltungs- freundlichkeit	✓				✓	✓		✓		✓
E.9	Sicherheit	✓				✓		✓			✓
F	Menschzentrierte Qualität (7.3.3) ^a										
F.2	Gebrauchstauglichkeit ^a										
F.2.1	Effektivität						✓		✓		✓
F.2.2	Effizienz						✓		✓		✓
F.2.3	Zufriedenstellung						✓			✓	✓
F.3	Barrierefreiheit ^a										
F.3.2	Nutzung als unterstützen- de Technik				✓	✓					
F.3.3	Barrierefreiheit der taktile Anzeigen				✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
F.3.4	Barrierefreiheit der Gerätedokumentation						✓	✓			✓
F.3.5	Barrierefreiheit bei einge- schränkten körperlichen Fähigkeiten					✓	✓	✓			✓
F.3.6	Barrierefreiheit bei einge- schränkten kognitiven Fähigkeiten					✓	✓	✓			✓
G	Gestenattribute (7.2.3.3)			✓							
G.2	Ergonomie der Gesten			✓		✓	✓	✓		✓	✓
G.3	Verfahren der Gesten- definition			✓		✓	✓	✓			
G.4	Gestenmerkmale			✓		✓					✓
G.5	Timing und Geschwindig- keit			✓	✓		✓	✓	✓	✓	
G.6	Abfolgen von Gesten			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
G.7	Gestensätze			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
G.8	Gestendokumentation			✓		✓					✓
^a Das Element ist eine aus ISO 9241-11 abgeleitete Überschrift, die keiner Bewertungsspalte zugeordnet ist; detaillierte Attribute sind unter der Überschrift aufgeführt, und zugehörige Bewertungsarten sind durch Häkchen neben den detaillierten Attributen gekennzeichnet.											

Legende zu den Spalten in Tabelle 2

Die in den Spaltenüberschriften der Tabelle 2 verwendeten Abkürzungen sind unterstrichen.

Unterab-schnitt	Qualitäts-attribut	Quelle			Art des Bewertungsverfahrens					
		ISO 9241- <u>910</u>	ISO 9241- <u>920</u>	ISO 9241- <u>960</u>	<u>Tech-nische Geräte-bewer-tung</u>	<u>Inspek-tion durch Sachver-ständigen</u>	Prüfung der Gebrauchstauglichkeit			
							Messungs-kontext		Bewertungsdaten	
							Prüf-auf-gabe	Beob-achtete Nut-zung	Leis-tungs-daten	<u>Physio-logi-sche</u> Daten Benut-zeran-gaben

Legende zu den Spalten in den Anhängen

Die in den Spaltenüberschriften der Anhänge verwendeten Abkürzungen sind unterstrichen.

Wie in Abschnitt 8 erläutert, unterscheiden sich die Überschriften der Quellspalten von einem Anhang zum anderen.

Empfeh-lung	Quelle			Verfahrensart				Messungen		
Text des Unterab-schnitts	ISO 9241- <u>910</u>	ISO 9241- <u>920</u> oder <u>20</u>	Unter-abschnitt Nummer	<u>Tech-nische Geräte-bewer-tung</u>	<u>Inspek-tion</u>	<u>Aufgaben prüfung</u>	Beob-achtete <u>Nut-zung</u>	Leis-tungs-daten	<u>Physio-logi-sche</u> Daten	Benut-zeran-gaben

8 Leitfaden zu den Anhängen

Anhang A bis Anhang E umfassen Tabellen mit Attributen, die aus ISO 9241-910 und ISO 9241-920 übernommen wurden. Sie sind nach der in Tabelle 3 dargestellten Gruppierung der Attribute geordnet.

Tabelle 3 enthält einen Querverweis zwischen den Abschnitten von ISO 9241-910 und ISO 9241-920 und den Tabellen in Anhang A bis Anhang E.

Tabelle 3 — Tabellen der haptischen Qualitäten

Norm	Ab-schnitt	Tabelle	Was verifiziert wird	Beispiele
ISO 9241-910	6	Tabelle A.3 und Tabelle A.4	Allgemeine Gestaltung	Dialogstil, logischer Raum
ISO 9241-910	7	Tabelle C.1 bis Tabelle C.4	Elementaraufgaben	Navigieren, suchen, auswählen
ISO 9241-910	8	Tabelle A.5	Elemente der Interaktion	Feder-, Reibungs-, Magnet-wirkungen

Norm	Ab-schnitt	Tabelle	Was verifiziert wird	Beispiele
ISO 9241-910	9	Tabelle A.1, Tabelle D.1, Tabelle E.1 bis Tabelle E.4	Haptische Geräte	Mobil-, Desktop-Geräte
ISO 9241-920	3	Tabelle A.4 und Tabelle B.1	Allgemeine Gestaltung	Beschriftung, alternative Eingänge
ISO 9241-920	4	Tabelle B.2	Kodierung von Informationen	Text, Grafik nach Form, Lage
ISO 9241-920	5	Tabelle A.2 und Tabelle B.3	Inhaltsspezifische Kodierung	Karten, Trendkurven, Drucktasten
ISO 9241-920	6	Tabelle A.3 und Tabelle A.4	Anzeigenraum	Anzeigenlayout, Objektformen
ISO 9241-920	7	Tabelle C.3	Unterstützung für haptische Aufgaben	Navigation, Rekonfiguration

Anhang G umfasst Tabellen mit Attributen aus ISO 9241-960 zu Gesten.

Anhang H enthält Beispiele für Messungen an einem haptischen Desktop-Gerät, entweder durch Inspektion oder durch Messung.

In Anhang I werden die besonderen Aspekte der haptischen Interaktion und ihre Auswirkungen auf das Bewertungsverfahren dargelegt.

Anhang J beschreibt das Verfahren zur Durchführung einer Bewertung der Gebrauchstauglichkeit eines haptischen Systems entweder durch eine Prüfung der Gebrauchstauglichkeitsaufgabe oder durch eine Inspektion zur Ermittlung potenzieller Gebrauchstauglichkeitsprobleme beim Versuch, eine oder mehrere Aufgaben zu lösen.

Die Spalten in jeder Tabelle sind die gleichen wie in Tabelle 2, abgesehen von den Abweichungen in den Quellenspalten.

Quellen sind ISO 9241-910 und ISO 9241-920 für Anhang A bis Anhang C.

Quellen sind ISO 9241-910, ISO 9241-20 und ISO/IEC 25010 für Anhang D.

Quellen sind ISO 9241-910, ISO 9241-920 und ISO/IEC 25023 für Anhang E.

Quellen sind ISO 9241-11, ISO 9241-20, ISO 9241-171, ISO 9241-220 und ISO/IEC 25022 für Anhang F.

Quelle ist ISO 9241-960 für Anhang G.

Anhang A (informativ)

Attribute des haptischen Geräts

A.1 Allgemeines

A.1.1 Überblick

In diesem Anhang sind die Empfehlungen der Normen ISO 9241-910 und ISO 9241-920 zu den Attributen haptischer Geräte zusammen mit den für die einzelnen Empfehlungen geeigneten Verfahrens- und Messarten aufgeführt.

A.1.2 Inhalt des Anhangs

- A.2 Physikalische Eigenschaften: Parameter des haptischen Geräts
- A.3 Bedienelemente haptischer Wirkungen: Eigenschaften von haptischen Symbolen, die ein virtuelles Szenario steuern
- A.4 Physikalischer Raum und logischer Raum: Beziehung zwischen Gerät und virtuellem Szenario
- A.5 Taktile/haptische Eigenschaften von Gegenständen: Leitfaden für die Parameter virtueller haptischer Gegenstände
- A.6 Interaktionseigenschaften des haptischen Geräts: Anzeige virtueller haptischer Parameter für einen Benutzer
- A.7 Vorbeugung von vermeidbaren Schäden: Hinweise auf Auswirkungen wie sensorische Adaption

Siehe Tabelle A.1 bis Tabelle A.6.

A.2 Physikalische Eigenschaften

Tabelle A.1 — Physikalische Eigenschaften

Empfehlung	Quelle ^a			Verfahrensart ^b				Messungen ^c		
	<u>910</u>	<u>920</u>	Unter- ab- schnitt	Techn. Bew.	In- spek.	Aufg.- prüf.	Beob. Nut- zung	Leis- tung	Phy- sio	Benut- zeran- gaben
Gewicht Das Gewicht eines während der Aus- führung der Aufgabe möglicherweise zu transportierenden Geräts sollte bei der Auswahl eines haptischen Geräts berücksichtigt werden. (z. B. Soll es getragen, auf einem Schreibtisch montiert oder am Gebäude verankert werden?)	√		9.2.12.2	√	√					√

Empfehlung	Quelle ^a			Verfahrensart ^b				Messungen ^c		
	910	920	Unter- ab- schnitt	Techn. Bew.	In- spek.	Aufg.- prüf.	Beob. Nut- zung	Leis- tung	Phy- sio	Benut- zeran- gaben
Größe Die Größe eines haptischen Geräts sollte bei der Auswahl eines haptischen Geräts berücksichtigt werden.	√		9.2.12.3	√	√					√
Mobilität Die für die Aufgabe geforderte Gerätemobilität sollte bei der Auswahl eines taktilen/haptischen Geräts berücksichtigt werden.	√		9.2.1	√	√	√				√
Geräte-Körper-Schnittstelle Der (die) Kontaktpunkt(e) zwischen dem Körper und dem Gerät sollte(n) bei der Auswahl eines taktilen/haptischen Geräts berücksichtigt werden. (z. B. Welche Körperteile kommen bei der Interaktion zum Einsatz?)	√		9.2.2		√			√	√	
Freiheitsgrade (en.: Degrees of freedom [DOF]) Die Anzahl der für die Aufgabe geforderten Freiheitsgrade sollte bei der Auswahl eines taktilen/haptischen Geräts berücksichtigt werden. (z. B. Reicht ein einziger DOF aus, oder sind mehr Freiheitsgrade erforderlich?)	√		9.2.3		√			√		
Maximale Steifheit Die für die Aufgabe geforderte maximale Steifheit sollte bei der Auswahl eines taktilen/haptischen Geräts berücksichtigt werden. (z. B. Können harte Objekte mit ausreichender Steifheit wahrgenommen werden?)	√		9.2.4	√		√				√
Bewegungsbereich Der einer Aufgabe angemessene Bewegungsbereich sollte bei der Auswahl eines taktilen/haptischen Geräts berücksichtigt werden. (z. B. Soll es über 0,1 m, 1 m oder 2 m gehandhabt oder beim Abtasten festgehalten werden?)	√		9.2.5	√		√		√		
<i>Kraft und Drehmoment</i>			9.2.6							
Spitzenkraft und Spitzendrehmoment Die für eine Aufgabe geforderte Spitzenkraft und das Spitzendrehmoment sollten bei der Auswahl eines taktilen/haptischen Geräts berücksichtigt werden.	√		9.2.6.1	√		√		√	√	√

Empfehlung	Quelle ^a			Verfahrensart ^b				Messungen ^c		
	910	920	Unter-ab-schnitt	Techn. Bew.	In-spek.	Aufg.-prüf.	Beob. Nut-zung	Leis-tung	Phy-sio	Benut-zeran-gaben
Max. Dauerkraft und max. Dauerdrehmoment Die für eine Aufgabe erforderliche maximale Dauerkraft und das erforderliche maximale Dauerdrehmoment sollten bei der Auswahl eines taktilen/haptischen Geräts berücksichtigt werden.	√		9.2.6.2	√		√		√	√	√
Anzeigbare Mindestkraft und anzeigbares Mindestdrehmoment Die für eine Aufgabe erforderliche anzeigbare Mindestkraft und das erforderliche anzeigbare Mindestdrehmoment sollten bei der Auswahl eines taktilen/haptischen Geräts berücksichtigt werden.	√		9.2.6.3	√		√		√	√	√
Auflösung von Kraft und Drehmoment Die für einen Arbeitsschritt geeignete anzeigbare Auflösung von Kraft und Drehmoment sollten bei der Auswahl eines taktilen/haptischen Geräts berücksichtigt werden.	√		9.2.6.4	√		√		√	√	√
Dynamischer Kraft- und Drehmomentenbereich Der dynamische Bereich der für eine Aufgabe geeigneten darstellbaren Kräfte und Drehmomente sollte bei der Auswahl eines taktilen/haptischen Geräts berücksichtigt werden.	√		9.2.6.5	√		√		√	√	√
Freiraum-Bewegungswiderstand Der einer Aufgabe angemessene Freiraumwiderstand sollte bei der Auswahl eines taktilen/haptischen Geräts berücksichtigt werden.	√		9.2.7	√	√					√
Trägheit Die Trägheit der Geräte-Körper-Schnittstelle in einem taktilen/haptischen Gerät sollte bei der Auswahl des taktilen/haptischen Geräts berücksichtigt werden.	√		9.2.8	√	√			√		√
Spitzenbeschleunigung Die Spitzenbeschleunigung der Geräte-Körper-Schnittstelle in einem taktilen/haptischen Gerät sollte bei der Auswahl des taktilen/haptischen Geräts berücksichtigt werden.	√		9.2.9	√						

Empfehlung	Quelle ^a			Verfahrensart ^b				Messungen ^c		
	910	920	Unter- ab- schnitt	Techn. Bew.	In- spek.	Aufg.- prüf.	Beob. Nut- zung	Leis- tung	Phy- sio	Benut- zeran- gaben
<i>Reibung</i>	✓		9.2.10							
Statische Reibung Die statischen Reibungsgrenzen einer Aufgabe sollten bei der Auswahl eines taktilen/haptischen Geräts berücksichtigt werden. (z. B. Hat das Gerät eine geringe Reibung, wenn eine Bewegung im freien Raum erwartet wird?)	✓		9.2.10.1	✓	✓			✓		✓
Kinetische Reibung Die kinetischen Reibungsgrenzen einer Aufgabe sollten bei der Auswahl eines taktilen/haptischen Geräts berücksichtigt werden.	✓		9.2.10.2	✓	✓			✓		✓
<i>Zeitliche Parameter</i>	✓		9.2.11							
Bandbreite Die der Aufgabe angemessene Bandbreite sollte bei der Auswahl eines taktilen/haptischen Geräts berücksichtigt werden. (z. B. Vibriert der Griff, wenn der virtuelle Taster auf eine Oberfläche mit der gewünschten Steifheit aufgesetzt wird?)	✓		9.2.11.1	✓						
Systemlatenz Die Systemlatenz kann als ein alternativer Ausdruck der Bandbreite eines haptischen Systems angesehen werden.	✓		9.2.11.2	✓						
Gerätelatenz Die Gerätelatenz kann als ein gerätespezifischer Beitrag zur Bandbreite eines haptischen Systems angesehen werden.	✓		9.2.11.3	✓						
^a Quellen sind ISO 9241-910:2011 und ISO 9241-920:2009. ^b Methoden sind die <u>technische Bewertung</u> , die <u>Inspektion</u> , die Aufgabenprüfung und die <u>Beobachtung der Nutzung</u> . ^c Bei den Messgrößen handelt es sich um <u>Leistungsdaten</u> , <u>physiologische Daten</u> und vom Benutzer mitgeteilte Daten.										

A.3 Bedienelemente der haptischen Wirkung

Tabelle A.2 — Bedienelemente der haptischen Wirkung

Empfehlung	Quelle ^a			Verfahrensart ^b				Messungen ^c		
	910	920	Unter- ab- schnitt	Techn. Bew.	In- spek.	Aufg.- prüf.	Beob. Nut- zung	Leis- tung	Phy- sio	Benut- zeran- gaben
Verwendung taktiler/haptischer Bedienelemente Bei Verwendung taktiler/haptischer Bedienelemente:		√	5.3.1							
a) sollten die taktilen/haptischen Bedienelemente auswählbar sein, ohne die mit ihnen verbundene Funktionalität zu aktivieren;		√			√	√	√			√
b) sollte das System dem Benutzer Rückmeldungen zur Auswahl und zur Aktivierung eines taktilen/haptischen Steuerelements geben.		√			√					√
Größe und Abstände der Bedienelemente Im System sollten Größe und Abstände der Bedienelemente so gewählt werden, dass die Wahrscheinlichkeit einer versehentlichen Aktivierung eines benachbarten Bedienelements durch einen Benutzer verringert wird.		√	5.3.2		√	√	√	√		√
Vermeiden schwieriger Aktionen der Bedienelemente Im System sollten sehr kleine Bedienelemente oder Bedienelemente, die eine Drehung des Handgelenks oder einen Pinzettengriff mit Drehen erfordern, vermieden werden.		√	5.3.3		√					√
Nutzung von Kraft zur Vermeidung einer versehentlichen Aktivierung Ist die Vermeidung einer versehentlichen Betätigung notwendig, sollte die Betätigungskraft nicht weniger als 5 N betragen.		√	5.3.4		√					√
Interaktion mit Bedienelementen Die Betätigungskraft und das Betätigungsmoment virtueller Bedienelemente sollte die in ISO 9241-920:2009 Tabelle 1 angegebenen Höchstwerte nicht überschreiten.		√	5.3.5		√					√
^a Quellen sind ISO 9241-910:2011 und ISO 9241-920:2009. ^b Verfahren sind die <u>technische Bewertung</u> , die <u>Inspektion</u> , die Aufgabenprüfung und die <u>Beobachtung der Nutzung</u> . ^c Bei den Messgrößen handelt es sich um <u>Leistungsdaten</u> , <u>physiologische Daten</u> und <u>Benutzerangaben</u> .										

A.4 Physikalischer Raum und logischer Raum

Tabelle A.3 — Physikalischer Raum und logischer Raum

Empfehlung	Quelle ^a			Verfahrensart ^b				Messungen ^c		
	910	920	Unter- ab- schnitt	Techn. Bew.	In- spek.	Aufg- prüf.	Beob. Nut- zung	Leis- tung	Phy- sio	Benut- zeran- gaben
<i>Gestalten des taktilen/haptischen Raums</i>			6.2							
<i>Allgemeines</i>	✓		6.2.1							
Die Gestaltung taktiler/haptischer Interaktionen sollte sowohl den physikalischen wie auch den logischen Raum berücksichtigen, in denen sie stattfinden.	✓		6.2.1.2		✓					✓
a) Physikalischer Raum	✓				✓					✓
b) Logischer Raum	✓				✓					✓
<i>Gestalten des logischen Raums</i>	✓		6.2.2							
Der logische Raum sollte modalitätenfrei sein.	✓		6.2.2.1		✓					✓
Die Gestaltung sollte die Beziehungen innerhalb der Information aufdecken und eindeutig widerspiegeln.	✓		6.2.2.2		✓					✓
<i>Gestalten des physikalischen Raums</i>	✓		6.2.3							
Die Abmessungen und Inhalte des physikalischen Raums, in dem taktiler/haptische Interaktionen stattfinden, sollten die Fähigkeit der Benutzer berücksichtigen, innerhalb dieses Raumes zu agieren und zu reagieren.	✓		6.2.3.2		✓					✓
<i>Adressierbarkeit und Auflösung in der taktilen/haptischen Interaktion</i>	✓		6.3							✓
Die Adressierbarkeit und Auflösung sollte bei der Gestaltung taktiler/haptischer Interaktionen berücksichtigt werden.	✓		6.3.1		✓					✓
<i>Taktile/haptische Anzeigeräume</i>			6.1							
Leichtigkeit der Wahrnehmung mehrerer taktiler/haptischer Objekte Das System sollte eine leicht wahrnehmbare Darstellung mehrerer taktiler/haptischer Objekte sicherstellen.		✓	6.1.1	✓	✓	✓				✓

Empfehlung	Quelle ^a			Verfahrensart ^b				Messungen ^c		
	910	920	Unter-ab-schnitt	Techn. Bew.	In-spek.	Aufg.-prüf.	Beob. Nut-zung	Leis-tung	Phy-sio	Benut-zeran-gaben
Leichtigkeit des Erkennens benachbarter taktiler/haptischer Objekte Befinden sich mehrere taktile/haptische Objekte nebeneinander, sollte es möglich sein, diese einzeln sowie auch zusammen zu erkennen.		✓	6.1.2		✓	✓				✓
Aufrechterhalten der Trennung zwischen Objektoberflächen Einzelne Objekte sollten in einem Abstand zueinander angeordnet sein, der ausreichend ist, um dem Benutzer die Wahrnehmung der dazwischen verlaufenden Grenzen zu ermöglichen.		✓	6.1.3	✓	✓	✓				✓
Trennung taktiler/haptischer Elemente Sofern nicht ein durchgehender Verlauf erforderlich ist, sollten taktile/haptische Elemente durch wahrnehmbare Abstände getrennt sein.		✓	6.1.4	✓	✓	✓				✓
Vermeidung leerer Räume Im taktilen/haptischen Raum sollte ein Übermaß an „leeren Räumen“ vermieden werden, da dies eine erhebliche Verunsicherungsquelle darstellt.		✓	6.1.5	✓	✓	✓				✓
Vermeiden von Volumengrenzen In allen Richtungen sollten Begrenzungsflächen verwendet werden, um zu vermeiden, dass die taktilen/haptischen Hardwarevolumengrenzen mit einem Objekt verwechselt werden		✓	6.1.6		✓					✓
Vermeidung des Herausfallens aus dem taktilen/haptischen Raum Benutzer sollten nicht unbeabsichtigt aus der haptischen/taktilen Umgebung „herausfallen“ können.		✓	6.1.7			✓	✓			✓
^a Quellen sind ISO 9241-910:2011 und ISO 9241-920:2009. ^b Verfahren sind die <u>technische Bewertung</u> , die <u>Inspektion</u> , die Aufgabenprüfung und die <u>Beobachtung der Nutzung</u> . ^c Bei den Messgrößen handelt es sich um <u>Leistungsdaten</u> , <u>physiologische Daten</u> und <u>Benutzerangaben</u> .										

A.5 Taktile/haptische Eigenschaften von Objekten

Tabelle A.4 — Taktile/haptische Eigenschaften von Objekten

Empfehlung	Quelle ^a			Verfahrensart ^b				Messungen ^c		
	910	920	Unter- ab- schnitt	Techn. Bew.	In- spek.	Aufg.- prüf.	Beob. Nut- zung	Leis- tung	Phy- sio	Benut- zeran- gaben
Unterscheidbarkeit Alle erzeugten Muster sollten auf ihre Unterscheidbarkeit durch den Benutzer geprüft werden.	✓		8.7	✓	✓	✓	✓			✓
Objekte			6.2							
Verwendung geeigneter Objektgrößen Die Größe eines taktilen/haptischen Objekts sollte für die Aufgabe und die Wahrnehmungsfähigkeiten des Benutzers angemessen sein.		✓	6.2.1		✓	✓				✓
Erzeugung unterscheidbarer taktiler/haptischer Symbole Taktile/haptische Symbole sollten leicht zu unterscheiden sein.		✓	6.2.2	✓	✓	✓				✓
Erzeugung taktiler/haptischer Symbole aus visuellen Symbolen Taktile Symbole sollten im Hinblick auf ihre taktile Unterscheidbarkeit und nicht auf ihre visuelle Unterscheidbarkeit ausgewählt werden.		✓	6.2.3		✓					✓
Taktile/haptische Objektwinkel Taktile/haptische Winkel und Perspektiven sollten der Realität möglichst nahekommen.		✓	6.2.4		✓					✓
Taktile/haptische Objektecken Bei Anwendung eines Einzelpunkt-interaktions-Stils sollten abgerundete Ecken anstelle von spitzen Ecken verwendet werden.		✓	6.2.5		✓					✓
^a Quellen sind ISO 9241-910:2011 und ISO 9241-920:2009. ^b Verfahren sind die <u>technische Bewertung</u> , die <u>Inspektion</u> , die <u>Aufgabenprüfung</u> und die <u>Beobachtung der Nutzung</u> . ^c Bei den Messgrößen handelt es sich um <u>Leistungsdaten</u> , <u>physiologische Daten</u> und <u>Benutzerangaben</u> .										

A.6 Interaktionseigenschaften des haptischen Geräts

Tabelle A.5 — Interaktionseigenschaften des haptischen Geräts

Empfehlung	Quelle ^a			Verfahrensart ^b				Messungen ^c		
	910	920	Unter- ab- schnitt	Techn. Bew.	In- spek.	Aufg. -prüf.	Beob. Nut- zung	Leis- tung	Phy- sio	Benut- zeran- gaben
Taktile/haptische funktionale Effekte			8.2							
Aktivierung und Deaktivierung von Effekten Alle für ein bestimmtes taktilen/haptischen Gerät zur Verfügung stehenden taktilen/haptischen Effekte sollten unabhängig voneinander aktiviert und deaktiviert werden können und einander nicht beeinflussen.	✓		8.2.2			✓				✓
Federeffekt Ein Federeffekt sollte eine Kraft proportional zu einem gegebenen Faktor und dem Abstand der Tasterposition zu einem festgelegten Punkt erzeugen.	✓		8.2.5			✓				✓
Dämpfungseffekt Ein Dämpfungseffekt sollte eine Kraft proportional zu einem gegebenen Faktor und der Geschwindigkeit der Tasterbewegung erzeugen.	✓		8.2.6			✓				✓
Masseneffekt Ein Masseneffekt sollte eine Kraft proportional zu einem gegebenen Faktor und der Beschleunigung der Tasterbewegung erzeugen.	✓		8.2.7			✓				✓
^a Quellen sind ISO 9241-910:2011 und ISO 9241-920:2009. ^b Verfahren sind die <u>technische Bewertung</u> , die <u>Inspektion</u> , die Aufgabenprüfung und die <u>Beobachtung der Nutzung</u> . ^c Bei den Messgrößen handelt es sich um <u>Leistungsdaten</u> , <u>physiologische Daten</u> und <u>Benutzerangaben</u> .										

A.7 Vorbeugung von vermeidbaren Schäden

Tabelle A.6 — Vorbeugung von vermeidbaren Schäden

Empfehlung	Quelle ^a			Verfahrensart ^b				Messungen ^c		
	910	920	Unter- ab- schnitt	Techn. Bew.	In- spek.	Aufg.- prüf.	Beob. Nut- zung	Leis- tung	Phy- sio	Benut- zeran- gaben
Einschränkung des akustischen Ausgangs einer taktilen/haptischen Anzeige Die akustische Energie, die eine taktile/haptische Anzeige aussendet, sollte Folgendes nicht stören:		√	3.3.1							
— die Wahrnehmung dargestellter akustischer Informationen durch den Benutzer;		√			√	√				√
— Geräte und/oder Personen in der Nähe;		√			√	√				√
— Sicherheitsanforderungen.		√			√					√
Begrenzen des Wärmeeintrags in die Kontaktfläche Ein (nicht beabsichtigter) Wärmeeintrag in die Kontaktfläche sollte nicht:		√	3.3.2							
— die Kontaktfläche verformen;		√			√					√
— die haptische Wahrnehmung des Benutzers stören;		√			√					√
— thermisches Unbehagen verursachen;					√					√
— die Haut des Benutzers verletzen;		√			√					√
— die haptische Schnittstelle beschädigen.		√			√					√
Vermeidung sensorischer Adaption Das System sollte sensorische Adaptionseffekte an Vibrationen auf ein Mindestmaß beschränken.		√	3.3.3		√	√				√
Erholung von sensorischer Adaption Das System sollte dem Benutzer ermöglichen, sich von einer sensorischen Adaption an Reize zu erholen.		√	3.3.4		√	√				√
Vermeidung unbeabsichtigter Wahrnehmungstäuschungen Das System sollte das Auftreten unbeabsichtigter Wahrnehmungstäuschungen auf ein Mindestmaß beschränken.		√	3.3.5		√	√				√
Verhinderung zeitlicher Verdeckung Das System sollte das Auftreten zeitlicher Verdeckung verhindern.		√	3.3.6		√	√				√

Empfehlung	Quelle ^a			Verfahrensart ^b				Messungen ^c		
	<u>910</u>	<u>920</u>	Unter- ab- schnitt	Techn. Bew.	In- spek.	Aufg.- prüf.	Beob. Nut- zung	Leis- tung	Phy- sio	Benut- zeran- gaben
Vermeidung unbeabsichtigter Schwingungen Das System sollte Schwingungen im Zusammenhang mit einer Instabilität des Regelkreises vermeiden.		√	7.3.2		√	√	√			√
^a Quellen sind ISO 9241- <u>910</u> :2011 und ISO 9241- <u>920</u> :2009. ^b Verfahren sind die <u>technische Bewertung</u> , die <u>Inspektion</u> , die Aufgabenprüfung und die <u>Beobachtung der Nutzung</u> . ^c Bei den Messgrößen handelt es sich um <u>Leistungsdaten</u> , <u>physiologische Daten</u> und <u>Benutzerangaben</u> .										

Anhang B (informativ)

Gestaltungsprinzipien für haptische Wirkungen

B.1 Allgemeines

B.1.1 Überblick

In diesem Anhang sind die Empfehlungen der Norm ISO 9241-920 zu den haptischen Wirkungen zusammen mit den für die einzelnen Empfehlungen geeigneten Verfahrens- und Messarten aufgeführt.

B.1.2 Inhalt des Anhangs

- B.2 Leistungsoptimierung: Elemente im Zusammenhang mit dem effizienten Betrieb des haptischen Systems
- B.3 Attribute der virtuellen Umgebung: Hinweise zu Parametern, die dem Benutzer bei der effektiven Interaktion helfen
- B.4 Kodierung von Informationen: Möglichkeiten zur Verdeutlichung der Bedeutung der haptischen Befehle
- B.5 Kodierung von Attributen: Mittel, mit denen haptische Symbole Informationen vermitteln können
- B.6 Kodierung von grafischen Daten: Anleitung zur Darstellung von Formen in einer taktilen Anzeige

Siehe Tabelle B.1 bis Tabelle B.5.

B.2 Leistungsoptimierung

Tabelle B.1 — Leistungsoptimierung

Empfehlung	Quelle ^a			Verfahrensart ^b				Messungen ^c		
	910	920	Unter- ab- schnitt	Techn. Bew.	In- spek.	Aufg.- prüf.	Beob. Nut- zung	Leis- tung	Phy- sio	Benut- zeran- gaben
Leistungsoptimierung Das System sollte so optimiert werden, dass Folgendes berücksichtigt ist:		√	3.1.1							
a) die Genauigkeit der verfügbaren Geräte,		√				√				√
die Genauigkeit des Benutzers und		√				√				√
die erforderliche Genauigkeit der Aufgabe;		√				√				√

Empfehlung	Quelle ^a			Verfahrensart ^b				Messungen ^c		
	910	920	Unter-ab-schnitt	Techn. Bew.	In-spek.	Aufg.-prüf.	Beob. Nut-zung	Leis-tung	Phy-sio	Benut-zeran-gaben
b) die Fähigkeit eines Benutzers, die Geschwindigkeit und Kraft der entsprechenden Bedienungen zu steuern;		√				√				√
c) Bevorzugung einer aktiven Erkundung gegenüber einer passiven Erkundung, sofern anwendbar;		√				√				√
d) Bedienung mit mehreren Berührungspunkten, wenn möglich und anwendbar;		√				√				√
e) die Gesamtmenge und Verteilung kognitiver und sensorischer Anforderungen einer Aufgabe.		√				√				√
^a Quellen sind ISO 9241-910:2011 und ISO 9241-920:2009. ^b Verfahren sind die <u>technische Bewertung</u> , die <u>Inspektion</u> , die Aufgabenprüfung und die <u>Beobachtung der Nutzung</u> . ^c Bei den Messgrößen handelt es sich um <u>Leistungsdaten</u> , <u>physiologische Daten</u> und <u>Benutzerangaben</u> .										

B.3 Attribute der virtuellen Umgebung

Tabelle B.2 — Attribute der virtuellen Umgebung

Empfehlung	Quelle ^a			Verfahrensart ^b				Messungen ^c		
	910	920	Unter-ab-schnitt	Techn. Bew.	In-spek.	Aufg.-prüf.	Beob. Nut-zung	Leis-tung	Phy-sio	Benut-zeran-gaben
Barrierefreie Information Das System sollte barrierefreie Beschreibungen aller taktilen/haptischen Benutzungsschnittstellenelemente bereitstellen, ungeachtet dessen, ob diese Beschreibungen automatisch dargestellt werden oder nicht.		√	3.1.2		√					√
Kontextinformationen Das System sollte einen Kontext bereitstellen, um dem Benutzer dabei zu helfen, die Bedeutung der taktilen/haptischen Wahrnehmung und die Umgebung oder das Programm zu verstehen.		√	3.1.3		√	√				√
Einheitliche Beschriftungen Beschriftungen von Benutzungsschnittstellenelementen, die in einer taktilen/haptischen Modalität dargestellt werden, sollten:		√	3.1.4							√

Empfehlung	Quelle ^a			Verfahrensart ^b				Messungen ^c		
	910	920	Unter- ab- schnitt	Techn. Bew.	In- spek.	Aufg.- prüf.	Beob. Nut- zung	Leis- tung	Phy- sio	Benut- zeran- gaben
— in ihrer Größe und ihrem Abstand zu weiteren taktilen Objekten einheitlich sein;		√			√					√
— nach einer einheitlichen Regel angeordnet sein;		√			√					√
— einheitlich ausgerichtet sein.		√			√					√
Feststellung des Systemzustands Das System sollte Informationen bereitstellen, die dem Benutzer ermöglichen festzustellen, welche Aufgabe oder Funktion aktiv ist.		√	3.1.5		√	√				√
Ermüdungsminimierung Das System sollte:			3.1.6							
— das Wohlbefinden des Benutzers über längere Zeiträume sicherstellen;		√			√	√	√	√	√	√
— eine Ermüdung des Benutzers vermeiden oder minimieren.		√			√	√	√	√	√	√
Alternative Eingabeverfahren Das System sollte Benutzern ermöglichen, dieselbe Funktion auf mehrere Arten auszuführen, wobei mindestens eine Art keine feinmotorischen Fähigkeiten seitens des Benutzers erfordert.		√	3.1.7		√	√				√
Kohärenz zwischen Modalitäten Das System sollte, wo anwendbar, die Kohärenz zwischen der taktilen/haptischen Modalität und anderen Modalitäten wahren, einschließlich der Beschreibungen von Handlungen.		√	3.1.8		√					√
Trennung einzelner Schnittstellenelemente Das System sollte unbeabsichtigte Auswirkungen auf nicht aktivierte Schnittstellenelemente verhindern, die durch Aktivierung eines in der Nähe befindlichen Schnittstellenelements auftreten können.		√	3.1.11			√				√
^a Quellen sind ISO 9241-910:2011 und ISO 9241-920:2009. ^b Verfahren sind die <u>technische Bewertung</u> , die <u>Inspektion</u> , die Aufgabenprüfung und die <u>Beobachtung der Nutzung</u> . ^c Bei den Messgrößen handelt es sich um <u>Leistungsdaten</u> , <u>physiologische Daten</u> und <u>Benutzerangaben</u> .										

B.4 Kodierung von Informationen

Tabelle B.3 — Kodierung von Informationen

Empfehlung	Quelle ^a			Verfahrensart ^b				Messungen ^c		
	910	920	Unter- ab- schnitt	Techn. Bew.	In- spek.	Aufg.- prüf.	Beob. Nut- zung	Leis- tung	Phy- sio	Benut- zeran- gaben
Übergeordnete Benutzerführung			4.1							
Anwendung ungewohnter taktiler/haptischer Elemente Sofern verfügbar sollten zur Informationsdarstellung gut bekannte taktile/haptische Muster verwendet werden, die aus dem Alltag bekannt sind.		✓	4.1.1		✓					✓
Taktile/haptische Kodierungen durchschaubar machen Sofern möglich, sollten taktile/haptische Kodierungen für Benutzer durchschaubar sein, indem sichergestellt wird, dass die Hinweise:		✓	4.1.2							✓
— einfach und intuitiv sind;		✓			✓	✓	✓			✓
— leicht zu erlernen und voneinander zu unterscheiden sind.		✓			✓	✓	✓			✓
Übereinstimmung mit Benutzererwartungen Das Systemverhalten sollte den Benutzererwartungen entsprechen.		✓	4.1.3			✓				✓
Sensorische Ersatzvarianten nutzen Um dem Benutzer Informationen darzubieten oder Informationen vom Benutzer zu empfangen, sollte das System die am besten geeigneten sensorischen Ersatzvarianten anbieten.		✓	4.1.4			✓				✓
Geeignete räumliche Ansteuerbarkeit und Auflösung Die räumliche Ansteuerbarkeit und Auflösung des Systems sollten für die Aufgabe und die Wahrnehmungsfähigkeiten des Benutzers geeignet sein.		✓	4.1.5			✓				✓
Nutzung distaler Körperteile für hohe räumliche Auflösung Wo eine hohe räumliche Auflösung erforderlich ist, sollte der Benutzer mit dem System nur über die distalen Körperteile interagieren.		✓	4.1.7			✓				✓

Empfehlung	Quelle ^a			Verfahrensart ^b				Messungen ^c		
	910	920	Unter- ab- schnitt	Techn. Bew.	In- spek.	Aufg.- prüf.	Beob. Nut- zung	Leis- tung	Phy- sio	Benut- zeran- gaben
Verhinderung räumlicher Verdeckung Das System sollte eine räumliche Verdeckung vermeiden.		√	4.1.10			√		√		√
^a Quellen sind ISO 9241-910:2011 und ISO 9241-920:2009. ^b Verfahren sind die <u>technische Bewertung</u> , die <u>Inspektion</u> , die <u>Aufgabenprüfung</u> und die <u>Beobachtung der Nutzung</u> . ^c Bei den Messgrößen handelt es sich um <u>Leistungsdaten</u> , <u>physiologische Daten</u> und <u>Benutzerangaben</u> .										

B.5 Kodierung von Attributen

Tabelle B.4 — Kodierung von Attributen

Empfehlung	Quelle ^a			Verfahrensart ^b				Messungen ^c		
	910	920	Unter- ab- schnitt	Techn. Bew.	In- spek.	Aufg.- prüf.	Beob. Nut- zung	Leis- tung	Phy- sio	Benut- zeran- gaben
Leitfaden für spezifische Attribute		√	4.2							
Unterscheidung zwischen Attributwerten Attributwerte sollten unterscheidbar sein.		√	4.2.2			√				√
Begrenzung der Anzahl von Attributwerten Sofern nicht nachgewiesen ist, dass ein Benutzer zwischen einer großen Anzahl von Werten unterscheiden kann, sollte die zur Kodierung einzelner Attribute verwendete Anzahl unterschiedlicher Werte (wie für Vibration und Wärmeleitfähigkeit) auf drei Werte beschränkt werden, die sich signifikant voneinander unterscheiden.		√	4.2.3			√				√
Begrenzung der Komplexität Alle beabsichtigten Kombinationen von Attributwerten innerhalb eines Systems sollten unterscheidbar sein.		√	4.2.5			√	√			√
Kodierung durch Objektform Bei der Informationskodierung durch die Form sollte das System erkennbare Formen anwenden.		√	4.2.6			√				√