

DIN EN ISO 9241-920



ICS 13.180; 35.080; 35.180

Entwurf

Einsprüche bis 2023-04-17
Vorgesehen als Ersatz für
DIN EN ISO 9241-920:2016-09

**Ergonomie der Mensch-System-Interaktion –
Teil 920: Taktile und haptische Interaktionen (ISO/DIS 9241-920:2023);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 9241-920:2023**

Ergonomics of human-system interaction –
Part 920: Tactile and haptic interactions (ISO/DIS 9241-920:2023);
German and English version prEN ISO 9241-920:2023

Ergonomie de l'interaction homme-système –
Partie 920: Lignes directrices relatives aux interactions tactiles et haptiques
(ISO/DIS 9241-920:2023);
Version allemande et anglaise prEN ISO 9241-920:2023

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2023-02-17 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 72 Seiten

DIN-Normenausschuss Ergonomie (NAErg)

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (prEN 9241-920:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 159 „Ergonomics“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als prEN ISO 9241-902:2023 durch das CEN/TC 122 „Ergonomie“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

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

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 9241-9:2000	siehe	DIN EN ISO 9241-9:2002-03
ISO 9241-171:2008	siehe	DIN EN ISO 9241-171:2008-10
ISO 9241-400:2007	siehe	DIN EN ISO 9241-400:2007-05

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

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 9241-920:2016-09 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) redaktionelle Überarbeitung.

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 9241-9:2002-03, *Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten — Teil 9: Anforderungen an Eingabemittel, ausgenommen Tastaturen (ISO 9241-9:2000); Deutsche Fassung EN ISO 9241-9:2001*

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 9241-400:2007-05, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 400: Grundsätze und Anforderungen für physikalische Eingabegeräte (ISO 9241-400:2007); Deutsche Fassung EN ISO 9241-400:2007*

– *Entwurf* –

E DIN EN ISO 9241-920:2023-03

– Leerseite –

Ergonomie der Mensch-System-Interaktion – Teil 920: Taktile und haptische Interaktionen (ISO/DIS 9241-920:2023)

Ergonomics of human-system interaction – Part 920: Tactile and haptic interactions (ISO/DIS 9241-920:2023)

Ergonomie de l'interaction homme-système – Partie 920: Lignes directrices relatives aux interactions tactiles et haptiques (ISO/DIS 9241-920:2023)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	5
Vorwort	6
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Anwendung von ISO 9241-920	8
2.1 Empfehlungen	8
2.2 Konformität	8
3 Begriffe	9
4 Taktile/haptische Eingaben, Ausgaben und/oder Kombinationen	9
4.1 Allgemeine Anleitung zu taktilen/haptischen Eingaben, Ausgaben und/oder Kombinationen	9
4.1.1 Leistungsoptimierung	9
4.1.2 Bereitstellung zugänglicher Informationen zu taktilen/haptischen Elementen	10
4.1.3 Bereitstellung von Kontextinformationen	10
4.1.4 Feststellung des Systemzustands	10
4.1.5 Ermüdungsminimierung	11
4.1.6 Bereitstellung alternativer Eingabeverfahren	11
4.1.7 Aufrechterhaltung der Kohärenz zwischen Modalitäten	11
4.1.8 Kombination von Modalitäten	12
4.1.9 Darstellung realistischer Erfahrungen	12
4.1.10 Trennung einzelner Schnittstellenelemente	12
4.2 Beabsichtigte Individualisierung	13
4.2.1 Ermöglichung der Änderung der Modalitäten durch den Benutzer	13
4.2.2 Ermöglichung des Umgehens einer Krafrückmeldung	13
4.2.3 Steuerung der Krafrückmeldung	13
4.2.4 Anzeige zur Krafrückmeldung	13
4.2.5 Ermöglichung der Begrenzung von Krafrückmeldungen durch den Benutzer	13
4.2.6 Ermöglichung der Individualisierung taktiler/haptischer Parameter durch den Benutzer	13
4.3 Unbeabsichtigte Wahrnehmungen des Benutzers	14
4.3.1 Einschränkung der akustischen Ausgabe einer taktilen/haptischen Anzeige	14
4.3.2 Begrenzung des Wärmezuwachses von Kontaktflächen	14
4.3.3 Vermeidung sensorischer Anpassung	14
4.3.4 Erholung von sensorischer Anpassung	15
4.3.5 Vermeidung unbeabsichtigter Wahrnehmungsstörungen	15
4.3.6 Verhinderung zeitlicher Verdeckung	15
5 Attribute taktiler und haptischer Informationskodierungen	15
5.1 Anleitung höherer Ebene zur taktilen/haptischen Informationskodierung	15
5.1.1 Anwendung vertrauter taktiler/haptischer Muster	15
5.1.2 Taktile/haptische Kodierungen durchschaubar machen	15
5.1.3 Übereinstimmung mit Benutzererwartungen	16
5.1.4 Sensorische Ersatzvarianten nutzen	16
5.1.5 Verwendung einer geeigneten räumlichen Ansteuerbarkeit und Auflösung	16
5.1.6 Verwendung eines scheinbaren taktilen Orts	16
5.1.7 Taktile Anzeige mit hoher räumlicher Auflösung	16
5.1.8 Nutzung einer höheren Ansteuerbarkeit für geschulte Benutzer	17
5.1.9 Verwendung einer scheinbaren taktilen Bewegung	17
5.1.10 Verhinderung räumlicher Verdeckung	17
5.2 Anleitung zu spezifischen taktilen/haptischen Attributen zur Informationskodierung	17
5.2.1 Auswählen der Eigenschaften für die Informationskodierung	17
5.2.2 Unterscheidung zwischen Attributwerten	18
5.2.3 Begrenzung der Anzahl von Attributwerten	19

5.2.4	Kombination von Eigenschaften	19
5.2.5	Begrenzung der Komplexität	19
5.2.6	Kodierung durch Objektform	19
5.2.7	Informationskodierung durch zeitliche Muster	19
5.2.8	Informationskodierung mit Hilfe von Schwingungsamplituden	19
5.2.9	Informationskodierung durch Schwingungsfrequenz	20
5.2.10	Kodierung durch Körperstellen	20
5.2.11	Kodierung durch Temperatur	20
5.2.12	Kodierung durch Wärmeleitfähigkeit	20
5.2.13	Feststellung von Informationswerten	21
5.2.14	Informationskodierung mit Hilfe von elektrotaktilen Amplituden	21
5.2.15	Informationskodierung durch die elektrotaktile Frequenz	21
5.2.16	Wellenform für elektrotaktile Rückmeldungen	21
5.2.17	Polarität der elektrotaktilen Ausgabe	21
6	Inhaltsspezifische taktile/haptische Kodierung	21
6.1	Kodierung und Darstellung von Textdaten	21
6.1.1	Geschwindigkeit der Textdarstellung	21
6.1.2	Gestaltung der Textdarstellung	22
6.1.3	Form der Textdarstellung	22
6.1.4	Oberflächenkontrast der Textdarstellung	22
6.1.5	Größe der Textdarstellung	22
6.2	Kodierung und Darstellung von Daten durch Haptifizierung von Informationen	22
6.2.1	Anzeige von Informationen in Form von taktilen/haptischen Graphiken	22
6.2.2	Komplexität bei der Haptifizierung von Informationen	22
6.2.3	Aufrechterhaltung der Orientierung bei der Haptifizierung von Informationen	23
6.2.4	Wahrnehmbarkeit bei der Haptifizierung von Informationen	23
6.2.5	Unterscheidbarkeit der Textur bei der Haptifizierung von Informationen	23
6.2.6	Konsistenz bei der Haptifizierung von Informationen	23
6.2.7	Kombination von Text und Graphiken bei der Haptifizierung von Informationen	23
6.2.8	Erlernbarkeit bei der Haptifizierung von Informationen	23
6.2.9	Verwendung von Gittern bei taktilen/haptischen Diagrammen	24
6.2.10	Verwendung von Orientierungspunkten auf taktilen/haptischen Karten	24
6.2.11	Bereitstellung von Maßstäben für taktile/haptische Karten	24
6.3	Kodierung und Verwendung von Steuerelementen	24
6.3.1	Verwendung taktiler/haptischer Steuerelemente	24
6.3.2	Nutzung von Größe und Abständen der Steuerelemente zur Vermeidung einer versehentlichen Aktivierung	25
6.3.3	Verwendung von Elektroden	25
6.3.4	Vermeidung schwieriger Steueraktionen	25
6.3.5	Nutzung von Kraft zur Vermeidung einer versehentlichen Aktivierung	25
6.3.6	Unterstützung der Sicherheit von Benutzern	25
6.3.7	Interaktion mit virtuellen Steuerelementen	25
7	Gestaltung taktiler/haptischer Objekte und Räume	26
7.1	Taktile/haptische Anzeigeräume	26
7.1.1	Leichtigkeit der Wahrnehmung mehrerer taktiler/haptischer Objekte	26
7.1.2	Leichtigkeit des Erkennens benachbarter taktiler/haptischer Objekte	26
7.1.3	Aufrechterhaltung der Trennung zwischen Objektoberflächen	27
7.1.4	Trennung taktiler/haptischer Elemente	27
7.1.5	Verwendung einheitlicher Beschriftungen	27
7.1.6	Vermeidung leerer Räume	27
7.1.7	Vermeidung von Volumengrenzen	27
7.1.8	Vermeidung des Herausfallens aus dem taktilen/haptischen Raum	28
7.2	Objekte	28
7.2.1	Verwendung geeigneter Objektgrößen	28
7.2.2	Erzeugung taktiler, haptischer Symbole aus visuellen Symbolen	28
7.2.3	Unterscheidung taktiler/haptischer Symbole	28
7.2.4	Taktile/haptische Objektwinkel	29

7.2.5	Taktile/haptische Objektecken	29
8	Interaktion	29
8.1	Navigieren im taktilen/haptischen Raum	29
8.1.1	Bereitstellung von Navigationsinformationen	29
8.1.2	Unterstützung der Pfadplanung	29
8.1.3	Bereitstellung wohlgestalteter Pfade	29
8.1.4	Leichte Ermittlung und Erkennung von Orientierungspunkten	29
8.1.5	Bereitstellung geeigneter Navigationstechniken	29
8.1.6	Bereitstellung von Navigationshilfen	29
8.1.7	Verstehen des taktilen/haptischen Raums	30
8.1.8	Unterstützung von Erkundungsstrategien (-verfahren)	30
8.2	Neukonfigurierung	30
8.2.1	Neukonfigurierung des taktilen/haptischen Raums	30
8.2.2	Vom System initiierte Neukonfigurierung	30
8.2.3	Aufrechterhaltung des Positionsbewusstseins des Benutzers bei einer Neukonfigurierung	31
8.3	Interaktionstechniken	31
8.3.1	Implementieren von Interaktionstechniken	31
8.3.2	Vermeidung unbeabsichtigter Schwingungen	31
	Literaturhinweise	32

Tabellen

Tabelle 1 — Maximal empfohlene Betätigungskräfte/-momente für Stellglieder zur manuellen Steuerung	26
---	----

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (prEN ISO 9241-920:2023) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 159 „Ergonomics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 122 „Ergonomie“ erarbeitet, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur parallelen Umfrage vorgelegt.

Dieses Dokument wird EN ISO 9241-920:2016 ersetzen.

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.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 9241-920:2023 wurde von CEN als prEN ISO 9241-920:2023 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

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-Direktives, 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-Direktives, 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*, in Zusammenarbeit mit dem Europäischen Komitee für Normung (CEN), Technisches Komitee CEN/TC 122, *Ergonomie*, in Übereinstimmung mit der Vereinbarung zur technischen Zusammenarbeit zwischen ISO und CEN (Wiener Vereinbarung) erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 9241-20:2008), die technisch überarbeitet wurde.

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

Rückmeldungen oder Fragen zu diesem Dokument sollten an das jeweilige nationale Normungsinstitut des Anwenders gerichtet werden. Eine vollständige Auflistung dieser Institute ist unter www.iso.org/members.html zu finden.

Einleitung

Taktile und haptische Interaktionen haben als Interaktionsmodalitäten zunehmend an Bedeutung gewonnen. Mobile Interaktionen stützen sich auf gestenbasierte Berührungsinteraktionen und taktile/haptische Steuerelemente, wobei als eine von mehreren Möglichkeiten zur Übermittlung von Informationen/Erfahrungen an den Benutzer vibrationsbasierte Anzeigeeinrichtungen genutzt werden können. Berührungen, Vibrationen und taktile/haptische Interaktionen kommen auch in Rechenumgebungen für besondere Zwecke (z. B. Simulationen, Fernsteuerung oder chirurgische Eingriffe) sowie in assistiven Technologien vor.

Zwar gibt es zu diesem Gebiet umfassende Forschung, jedoch könnten fehlende Ergonomienormen in diesem Bereich dazu führen, dass Systeme ohne ausreichende Berücksichtigung der Ergonomie oder Interoperabilität entwickelt werden, was für Benutzer mehrerer inkompatibler oder miteinander in Konflikt stehender taktiler/haptischer Geräte/Anwendungen erhebliche ergonomische Schwierigkeiten bedeuten würde. Dieser Teil von ISO 9241 bietet Empfehlungen hinsichtlich der Ergonomie für taktile und haptische Hardware- und Software-Interaktionen, einschließlich einer Anleitung zur Gestaltung und Bewertung von Hardware, Software und Kombinationen aus Hardware- und Software-Interaktionen. Die Leitlinien sind nicht technologieabhängig und werden auch auf zukünftige Technologien anwendbar sein.

ISO 9241-910 liefert eine Reihe von gemeinsamen Begriffen, Definitionen und Beschreibungen für die verschiedenen grundlegenden Konzepte der Gestaltung und Anwendung taktiler/haptischer Interaktionen. Außerdem bietet sie einen Überblick über die verschiedenen taktilen/haptischen Anwendungen, Objekte, Attribute und Interaktionen.

Diese Norm, ISO 9241-920, ist ein grundlegender Leitfaden für die Gestaltung taktiler/haptischer Interaktionen.

ISO 9241-940 beschreibt Methoden für die Bewertung von taktilen/haptischen Interaktionen zur Gewährleistung ihrer Gebrauchstauglichkeit, Validierung der Anforderungen und Verifizierung, dass die Systeme die Anforderungen erfüllen.

ISO 9241-960 konzentriert sich auf Gesten als eine bestimmte Art der taktilen/haptischen Interaktion und beschreibt deren Eigenschaften und die damit verbundenen Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 9241 bietet Empfehlungen für taktile/haptische Hardware- und Software-Interaktionen. Er bietet eine Anleitung zur Gestaltung und Auswahl von Hardware, Software und Kombinationen aus Hardware- und Software-Interaktionen einschließlich

- Gestaltung/Gebrauch von taktilen/haptischen Eingaben, Ausgaben und/oder Kombinationen von Eingaben und Ausgaben, mit einer allgemeinen Anleitung zu deren Gestaltung/Gebrauch sowie zu taktilen und haptischen Interaktionen zum Gebrauch in Kombination mit anderen Modalitäten oder als die ausschließliche Interaktionsmodalität;
- taktiler/haptischer Informationskodierung einschließlich Textdaten, Graphikdaten und Steuerelementen;
- die Gestaltung taktiler/haptischer Objekte;
- das Layout des taktilen/haptischen Raums und
- Interaktionstechniken.

Leitlinien und Empfehlungen zur Barrierefreiheit von taktilen/haptischen Interaktionen, einschließlich Informationen zur Verwendung von Braille-Schrift, enthält ISO 9241-971. Dieser Teil liefert keine Empfehlungen spezifisch zur Braille-Schrift, kann aber auf Interaktionen, die Braille-Schrift nutzen, angewendet werden.

Die Empfehlungen in diesem Teil von ISO 9241 sind für eine breite Palette von taktilen/haptischen Geräten, die die reale Welt, virtuelle Realitäten (VR, en: Virtual Reality) oder vermischte Realitäten (MR, en: Mixed Reality) (z. B. Exoskelette, Wearables, Geräte zur Kraftrückmeldung, Touchables, Tangibles) abbilden, und Stimulationsarten (z. B. Schallstrahlungsdruck, elektrische Muskelstimulation) anwendbar. Sie können auch in Virtual-Reality- und Augmented-Reality-Umgebungen Anwendung finden.

Dieses Dokument umfasst keine Leitlinien zur Rolle des Sich-Bewegens in virtuellen oder gemischten Realitäten bei taktilen/haptischen Interaktionen.

ANMERKUNG Es ist bekannt, dass einige interaktive Szenarien durch die Einschränkungen begrenzt sein können, die durch die Modellierung eines tatsächlichen Arbeitsplatzes in einer virtuellen Umgebung auferlegt werden. Objekte können sich aufgrund der zu modellierenden Situation an nicht optimalen Positionen oder in nicht optimalen Bedingungen für die taktile/haptische Interaktion befinden.

Dieses Dokument enthält allgemeine Informationen dazu, wie verschiedene Interaktionsformen für verschiedene Benutzeraufgaben angewendet werden können. Informationen zur Verwendung von Gesten (z. B. Multitouch) können ISO 9241-960 entnommen werden. Informationen zu gestenbasierten Schnittstellen können der Norm ISO/IEC 30113 entnommen werden, die aus mehreren Teilen besteht. Informationen zu berührungslosen Gesten können ISO/TS 9241-430 entnommen werden.

2 Anwendung von ISO 9241-920

2.1 Empfehlungen

Die einzelnen in Abschnitt 4 bis Abschnitt 8 gegebenen Empfehlungen sollten auf ihre Anwendbarkeit ausgewertet werden. Die anwendbaren Empfehlungen sollten implementiert werden, sofern dies nicht nachweislich zu einer Abweichung von den Gestaltungszielen führen würde.

2.2 Konformität

Wird für ein Produkt die Erfüllung der anwendbaren Anforderungen und Empfehlungen dieses Teils von ISO 9241 beansprucht, müssen die zur Sicherstellung der Konformität des Produkts angewendeten Verfahren festgelegt werden. Der Detailliertheitsgrad der Festlegung ist Verhandlungsgegenstand der beteiligten Parteien.

ANMERKUNG Leitlinien zur Bewertung von taktilen/haptischen Produkten können ISO 9241-940 entnommen werden.

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 <https://www.electropedia.org/>

3.1

elektrotaktile Rückmeldung

Hervorrufen von taktilen/haptischen Empfindungen beim Benutzer durch die Erregung der kutanen Nervenfasern mittels elektrischen Stroms.

3.2

elektrostatische Rückmeldung

Hervorrufen von taktilen/haptischen Reibungsempfindungen beim Benutzer mittels elektrischer Kraft.

3.3

Haptifizierung von Informationen

Darstellung und Erkundung von Daten und deren Zusammenhängen mittels taktiler/haptischer Interaktionen.

3.4

sensorische Substitution

Vermittlung von Informationen, die üblicherweise von einem bestimmten Sinn analysiert werden, über einen anderen Sinn.

BEISPIEL 1 Taktile Empfindungen können visuelle Eingaben ersetzen, z. B. wenn sichtbarer Text mithilfe von Brailleschrift in taktile Empfindungen umgewandelt wird, damit er für blinde Menschen lesbar ist.

BEISPIEL 2 Ein visuelles Diagramm wird durch eine akustische Darstellung der Informationen aus dem Diagramm ersetzt.

Anmerkung 1 zum Begriff: Die sensorische Substitution ermöglicht es dem System, dieselben Informationen in mehr als einer Modalität darzustellen. Es handelt sich nicht um eine Substitution bei der menschlichen Wahrnehmung. So kann es bei Menschen mit Synästhesie, einer unbeabsichtigten Verknüpfung zweier Sinne oder zweier sensorischer Attribute, beispielsweise passieren, dass diese Menschen Töne als Farben wahrnehmen.

4 Taktile/haptische Eingaben, Ausgaben und/oder Kombinationen

4.1 Allgemeine Anleitung zu taktilen/haptischen Eingaben, Ausgaben und/oder Kombinationen

4.1.1 Leistungsoptimierung

Das System sollte so optimiert werden, dass Folgendes berücksichtigt ist.

- a) Die Genauigkeit der verfügbaren Geräte, die Genauigkeit der Benutzer und die erforderliche Genauigkeit der Aufgabe.
- b) Die Fähigkeit eines Benutzers, die Geschwindigkeit und Kraft (einschließlich Richtung) der entsprechenden Bedienungen zu steuern.

ANMERKUNG 1 Eine hohe Geschwindigkeit von Benutzeraktionen ist unvereinbar mit einer genauen Steuerung der Kraft und umgekehrt.

- c) Bevorzugung einer aktiven Erkundung gegenüber einer passiven Erkundung, sofern anwendbar.

ANMERKUNG 2 Dies kann die kinästhetische Wahrnehmung erhöhen.

- d) Erweiterter Kontaktbereich.

ANMERKUNG 3 Je nachdem, welcher Teil des Körpers sich mit einer taktilen/haptischen Einrichtung in Kontakt befindet, ist möglicherweise ein erweiterter Kontaktbereich notwendig.

BEISPIEL 1 Der Rücken unterscheidet zwei Berührungspunkte nicht so einfach wie die Fingerspitze.

- e) Bedienung mit mehreren Berührungspunkten, wenn möglich und anwendbar.

ANMERKUNG 4 Dies kann Fehler reduzieren und die taktile Wahrnehmung verbessern.

BEISPIEL 2 Die Benutzung beider Hände beim Lesen von Braille-Schrift kann die Effizienz verbessern.

- f) Die Gesamtmenge und Verteilung kognitiver und sensorischer Anforderungen einer Aufgabe.

ANMERKUNG 5 Die Effektivität der taktilen und haptischen Eingaben wird durch die Arbeitslast insgesamt, Konflikte von aus mehreren Aufgaben bestehenden Anforderungen und/oder Überlastung oder Verminderung bestimmter sensorischer Informationskanäle beeinflusst.

4.1.2 Bereitstellung zugänglicher Informationen zu taktilen/haptischen Elementen

Das System sollte zugängliche Alternativen für alle taktilen/haptischen Benutzerschnittstellenelemente bereitstellen, ungeachtet dessen, ob diese Alternativen automatisch dargestellt werden oder nicht.

ANMERKUNG Eine zugängliche Alternative kann das Benutzerschnittstellenelement mittels Text, Tonkennzeichnungen, synthetischer Sprache, Zeichensprache oder Braille-Text beschreiben.

BEISPIEL Touchscreen-Schaltflächen mit gesprochenen Beschreibungen.

4.1.3 Bereitstellung von 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.

ANMERKUNG 1 Hilfreiche Kontextinformationen sind unter anderem Informationen zum Zweck des Programms und Informationen zu Möglichkeiten und Schwierigkeiten der Umgebung.

ANMERKUNG 2 Kontextinformationen können in Form einer kurzen Nachricht vorliegen, zum Beispiel als Bildunterschrift oder als Beschriftung eines Modells, und sie können als Sprache, Zeichensprache oder Braille-Schrift dargestellt werden.

BEISPIEL 1 Das Lenkrad eines Automobils vibriert, um auf taktile Weise auf eine Abweichung von der Fahrspur hinzuweisen. Gleichzeitig liefert ein visuelles Warnsymbol am Armaturenbrett dem Fahrer Kontextinformationen dazu, warum das Lenkrad vibriert.

BEISPIEL 2 Für taktile/haptische Hinweise zur Darstellung von Informationen kann es einen optionalen akustischen Hinweis geben.

4.1.4 Feststellung des Systemzustands

Das System sollte Informationen bereitstellen, die dem Benutzer ermöglichen festzustellen, welche Aufgabe oder Funktion aktiv ist.

4.1.5 Ermüdungsminimierung

Das System sollte

- a) das Wohlbefinden der Benutzer über längere Zeiträume sicherstellen, und
- b) eine Ermüdung der Benutzer vermeiden oder minimieren.

ANMERKUNG Eine Minimierung taktiler/haptischer Ermüdungserscheinungen kann erreicht werden durch

- sorgfältige Auswahl der Körperstelle für den Reiz,
- sorgfältige Auswahl des Verfahrens, mit dem der Kontakt mit dem Körper hergestellt wird,
- sorgfältige Auswahl der Reizfrequenz,
- Wahl der geringsten wirksamen Reizstärke,
- Reduzierung sehr kleiner, präziser Gelenkrotationen, vor allem an proximalen Segmenten,
- Verzicht auf statische Haltungen am oder nahe am Ende des Bewegungsumfangs, und/oder
- Vermeidung der Notwendigkeit, den Bewegungsumfang zur Nutzung des vollen Umfangs der Anzeige überschreiten zu müssen.

4.1.6 Bereitstellung alternativer Eingabeverfahren

Das System sollte es Benutzern ermöglichen, dieselbe Funktion auf unterschiedliche Weise auszuführen. Falls es sich um eine feinmotorische Aufgabe handelt, sollten Alternativen angeboten werden, bei denen eine geringere Bewegungsgenauigkeit zur Durchführung der entsprechenden Interaktion erforderlich ist.

ANMERKUNG 1 Das für die Mehrheit der Benutzer effizienteste, logischste oder effektivste Eingabe-/Steuerverfahren kann möglicherweise für einzelne Benutzer mit abweichenden Fähigkeiten schwierig, wenn nicht sogar unmöglich, auszuführen sein.

BEISPIEL Es wird eine einhändige Bedienung (entweder links oder rechts) genutzt.

ANMERKUNG 2 Durch eine Anpassung des Maßstabs der virtuellen Umgebung kann die Ausführung feinmotorischer Aufgaben vereinfacht werden.

4.1.7 Aufrechterhaltung der Kohärenz zwischen Modalitäten

Das System sollte, wo anwendbar, die Kohärenz zwischen der taktilen/haptischen Modalität und anderen Modalitäten wahren, einschließlich der Beschreibungen von Handlungen.

ANMERKUNG 1 Die visuelle Wahrnehmung von Objekten kann die taktile/haptische Wahrnehmung von Objekten beeinflussen und von dieser beeinflusst sein. Dies kann auch in Bezug auf die taktile/haptische Modalität und weitere Modalitäten der Fall sein.

ANMERKUNG 2 Kohärenzaspekte (amodale Attribute) können Folgendes umfassen

- Größe,
- Ausrichtung,
- Form,
- Abbildung,
- Trennung von Objekten, und

— zeitliche Darstellung.

ANMERKUNG 3 Kohärenz umfasst auch die relative Lage von Steuerelementen auf dem Bildschirm, darunter die Richtungen, in die diese bewegt werden können.

ANMERKUNG 4 Inkohärenz kann bei multimodalen Systemen zu Verwechslungen und Instabilitäten bei der Steuerung führen.

4.1.8 Kombination von Modalitäten

Die Kombination von Modalitäten wird empfohlen, da sie die Gebrauchstauglichkeit fördert und die Barrierefreiheit von Systemen verbessern kann. Durch die Kombination von Modalitäten werden unter anderem die folgenden Effekte erzeugt:

- a) Verstärkung der aus rein taktilen/haptischen Interaktionen erhaltenen Informationen.

BEISPIEL Ein Ton beim Drücken auf ein Objekt.

- b) Bereitstellung zusätzlicher Informationen, die nicht über taktile/haptische Interaktionen dargestellt werden.

ANMERKUNG 1 Die sich ergebenden Kombinationen können das räumliche Gedächtnis und die Identifizierung und Erkundung von Objekten und ihren Attributen verbessern.

BEISPIEL Informationen zur Farbe eines Objekts.

ANMERKUNG 2 Eine Kombination von Modalitäten kann Informationen widersprechen, die aus rein taktilen/haptischen Interaktionen erhalten werden, wenn diese Modalitäten Informationen darstellen, die nicht mit der taktilen/haptischen Modalität übereinstimmen (d. h. inkongruente Informationen) (siehe 4.1.7).

- c) Ausgleich von eingeschränkten oder überlasteten Sinneskanälen.

ANMERKUNG 3 Taktile Hinweise können besonders dann wirkungsvoll sein, wenn akustische oder visuelle Hinweise weniger wirksam sind (z. B. starker Lärm, schlechte Sicht).

4.1.9 Darstellung realistischer Erfahrungen

Die Nutzung realer Erfahrungen (z. B. nach den Gesetzen der Physik) kann das Verständnis des Benutzers zwar verbessern, ist aber nicht immer notwendig. Abweichungen von realen Erfahrungen dürfen angewendet werden, um:

- a) wichtige Merkmale zu vereinfachen und zu betonen und/oder
b) neue Erfahrungen zu erkunden.

ANMERKUNG Es gibt verschiedene Fälle, vor allem bei der Gestaltung von Schnittstellen-Widgets, in denen das etwas unwirkliche, jedoch wohlgestaltete Verhalten eines virtuellen Objekts dessen Verwendung vereinfacht.

BEISPIEL Eigenschaften eines Objekts (z. B. Größe, Schwingungsfrequenz) verändern sich, während sich der Benutzer dem Objekt nähert, obwohl sich diese Eigenschaften in der Realität nicht verändern würden.

4.1.10 Trennung einzelner Schnittstellenelemente

Das System sollte verhindern, dass Schnittstellenelemente in der Nähe des aktivierten Elements versehentlich ebenfalls aktiviert werden.

BEISPIEL 1 Da ein hohes Risiko einer unbeabsichtigten Schwingung besteht, bei der das in der Nähe befindliche Stellglied mit der gleichen Resonanzfrequenz schwingt, ist eine starre Umgebung installiert, um eine Ausbreitung der Schwingungen zu vermindern.

BEISPIEL 2 Mechanisches oder elektrisches Übersprechen bei unterschiedlichen taktilen/haptischen Kanälen wird reduziert, um unbeabsichtigte Wahrnehmungstäuschungen zu minimieren.

BEISPIEL 3 Ein zu geringer räumlicher Abstand zwischen aktiven haptischen Objekten führt dazu, dass der Benutzer versehentlich beide haptischen Objekte statt nur eines aktiviert.

4.2 Beabsichtigte Individualisierung

4.2.1 Ermöglichung der Änderung der Modalitäten durch den Benutzer

Das System sollte dem Benutzer ermöglichen, die taktile/haptische Ausgabe zu deaktivieren und/oder die Ausgabe in einer anderen Modalität dargestellt zu bekommen, sofern umsetzbar.

ANMERKUNG 1 Taktile/haptische Reize können einen Benutzer, der diese nicht verwenden möchte, stören, da sie schwer zu ignorieren sind.

ANMERKUNG 2 Personen unterscheiden sich im Hinblick auf die Effektivität visueller, akustischer und/oder taktiler/haptischer Hinweise. Es ist notwendig in Betracht zu ziehen, den Benutzern die Fähigkeit zur Auswahl zwischen Alternativen zu ermöglichen oder, wenn anwendbar, verschiedene Modalitäten zu kombinieren.

ANMERKUNG 3 Bei Einschränkung oder Überlastung anderer Sinneskanäle (z. B. bei starkem Lärm, schlechter Sicht, großer Notwendigkeit von Diskretion) könnten taktile/haptische Hinweise bevorzugt werden.

4.2.2 Ermöglichung des Umgehens einer Krafrückmeldung

Das System sollte die Umgehung von Krafrückmeldungen durch den Benutzer ermöglichen.

BEISPIEL Wenn Rückmeldungen unterstützend eingesetzt werden, hat der Benutzer die Möglichkeit, die Rückmeldungen zu reduzieren oder zu deaktivieren, falls der Benutzer keine Notwendigkeit mehr sieht, die Aktion/Funktion auszuführen.

4.2.3 Steuerung der Krafrückmeldung

Dort, wo das System die Deaktivierung von Krafrückmeldungen durch den Benutzer ermöglicht, sollte eine einfache Reaktivierung möglich sein.

BEISPIEL Ein Mobiltelefon verfügt über eine „Nicht stören“-Einstellung, über die die Vibrationsfunktion des Geräts ein-/ausgeschaltet wird.

4.2.4 Anzeige zur Krafrückmeldung

Dort, wo das System das Umgehen von Krafrückmeldungen durch den Benutzer ermöglicht, sollte eine eindeutige Statusanzeige verfügbar sein, die dem Benutzer Auskunft über den Status der Krafrückmeldung gibt.

4.2.5 Ermöglichung der Begrenzung von Krafrückmeldungen durch den Benutzer

Um die maximal mögliche Kraft für Krafrückmeldungen auf einen Wert zu begrenzen, der die maximale Kraft, die der Benutzer aufbringen kann, nicht übersteigt, sollten Möglichkeiten zur Anpassung taktiler/haptischer Parameter bereitgestellt werden.

ANMERKUNG 1 Eine angemessene Verzögerungszeit für die Krafrückmeldung wählen. So ist es möglicherweise nicht angemessen, wenn die Verzögerungszeit kürzer als die menschliche Reaktionszeit ist.

ANMERKUNG 2 Der Umfang der Kraft, die einen Benutzer überfordern oder „zu stark“ für diesen sein kann, variiert.

4.2.6 Ermöglichung der Individualisierung taktiler/haptischer Parameter durch den Benutzer

Um Unwohlsein, Schmerz oder Verletzungen der Benutzer interaktiver Systeme zu verhindern, sollten Möglichkeiten zur Anpassung taktiler/haptischer Parameter bereitgestellt werden.

ANMERKUNG 1 Unterschiedliche Benutzer besitzen unterschiedliche Empfindungs- und Schmerzschwellen. Darüber hinaus verändern sich die Empfindungs- und Schmerzschwellen des Benutzers im Laufe seines Lebens (z. B. Verschlechterung der räumlichen und zeitlichen Sensitivität mit zunehmendem Alter).

ANMERKUNG 2 Die maximale Kraft, die noch angenehm wahrgenommen werden kann, variiert von Benutzer zu Benutzer.

BEISPIEL Taktile/haptische Signale werden stärker eingestellt, um Ablenkungen und physische Anstrengung zu über-treffen.

4.3 Unbeabsichtigte Wahrnehmungen des Benutzers

4.3.1 Einschränkung der akustischen Ausgabe einer taktilen/haptischen Anzeige

Geräusche, die als Nebeneffekt einer taktilen/haptischen Anzeige erzeugt werden, sollten Folgendes nicht stören:

- a) die Wahrnehmung dargestellter akustischer Informationen durch den Benutzer;
- b) Geräte und/oder Personen in der Nähe;
- c) Sicherheitsanforderungen;
- d) assistive Technologien.

ANMERKUNG Einige Systeme sind so konzipiert, dass sie diesen Nebeneffekt in die zu vermittelnde Erfahrung einfließen lassen.

4.3.2 Begrenzung des Wärmezuwachses von Kontaktflächen

Ein (nicht beabsichtigter) Wärmezuwachs der Kontaktfläche sollte nicht

- a) die Kontaktfläche verformen;
- b) die taktile/haptische Wahrnehmung des Benutzers stören;
- c) die Haut des Benutzers verletzen;
- d) die taktile/haptische Schnittstelle beschädigen.

ANMERKUNG Ein unbeabsichtigter Temperaturanstieg/-abfall der Kontaktfläche einer taktilen/haptischen Schnittstelle kann aus verschiedenen beabsichtigten taktilen/haptischen Aktionen entstehen (z. B. Schwingung, Reibung) und kann taktile/haptische Wahrnehmungen oder Aktionen beeinflussen.

4.3.3 Vermeidung sensorischer Anpassung

Das System sollte sensorische Anpassungseffekte an Schwingungen auf ein Mindestmaß beschränken.

ANMERKUNG 1 Sensorische Anpassungseffekte treten nur bei Schwingungsreizen innerhalb desselben Frequenzbereichs auf. Ein Ansatz zur Vermeidung einer sensorischen Anpassung ist der Wechsel zwischen einer Frequenz unterhalb von 80 Hz und einer Frequenz oberhalb von 100 Hz. Änderungen der Frequenz können zu veränderten Empfindungsschwellen führen. Um die Empfindungsschwellen auf ähnlichem Niveau zu halten, können Anpassungen der Amplitude in Übereinstimmung mit Anpassungen der Frequenz notwendig sein.

ANMERKUNG 2 Eine sensorische Anpassung an Schwingungen kann die absolute Schwelle eines Benutzers herabsetzen und sein Empfinden einer subjektiven Stärke verändern. Hierbei handelt es sich um einen allmählichen Vorgang, der durch eine längere Reizeinwirkung verursacht wird und bis zu 25 min bis zu seinem Eintreten brauchen kann.

4.3.4 Erholung von sensorischer Anpassung

Das System sollte dem Benutzer ermöglichen, sich von einer sensorischen Anpassung an Reize zu erholen.

ANMERKUNG Die Zeit, die ein Benutzer zur Erholung einer sensorischen Anpassung an Schwingungen benötigt, beträgt etwa die Hälfte der Zeit der Anpassung.

4.3.5 Vermeidung unbeabsichtigter Wahrnehmungsstörungen

Das System sollte das Auftreten unbeabsichtigter Wahrnehmungsstörungen auf ein Mindestmaß beschränken.

ANMERKUNG Werden Reize zeitlich und räumlich zu nahe aneinander dargestellt, kann die Wahrnehmung teilweise oder vollständig verändert werden. Beispielsweise können Benutzer zwei Reize nicht voneinander unterscheiden, wenn diese zu nah aneinander dargestellt werden. Die Reize würden in diesem Fall fälschlicherweise als ein Reiz wahrgenommen. Bei der Bildung von Formen aus Pins oder taktilen Punkten sind Wahrnehmungstäuschungen jedoch häufig beabsichtigt.

BEISPIEL 1 Visuelle Informationen zur mechanischen Verformung eines Strangs, die auf dessen simulierte Steifheit zurückzuführen ist, dominieren die Steifheitswahrnehmung und führen zu unbeabsichtigten Eindrückkräften.

BEISPIEL 2 Die Thermal-Grill-Illusion entsteht durch eine Variation der Temperatur zwischen heiß (36 °C und 42 °C) und kalt (18 °C und 24 °C). Diese Illusion ruft eine Schmerzempfindung hervor.

4.3.6 Verhinderung zeitlicher Verdeckung

Das System sollte das Auftreten zeitlicher Verdeckung verhindern.

ANMERKUNG 1 Eine Verdeckung kann auftreten, wenn zwei Reize asynchron am selben Ort dargestellt werden.

ANMERKUNG 2 Eine zeitliche Verdeckung kann die Wahrnehmung multipler Reize verzerren.

ANMERKUNG 3 Die Darstellung von Reizen an unterschiedlichen Orten kann eine zeitliche Verdeckung verhindern.

ANMERKUNG 4 Die Darstellung von Reizen mit unterschiedlichen Frequenzen am selben Ort führt nicht notwendigerweise zu einer Reduzierung der zeitlichen Verdeckung.

5 Attribute taktiler und haptischer Informationskodierungen

5.1 Anleitung höherer Ebene zur taktilen/haptischen Informationskodierung

5.1.1 Anwendung vertrauter taktiler/haptischer Muster

Sofern verfügbar, sollten zur Informationsdarstellung gut bekannte taktile/haptische Muster verwendet werden, die aus dem Alltag bekannt sind.

ANMERKUNG 1 Eine Person ohne besondere Kenntnisse besonderer taktiler Kodierungen (z. B. Braille-Code, Morse-Code) wird wahrscheinlich mit im Alltag erlebten taktilen Mustern vertraut sein.

ANMERKUNG 2 Die meisten Benutzer sind vertrauter mit taktilen/haptischen Mustern auf einer Oberfläche (eingeprägte oder eingravierte 2,5D-Informationen) oder Texturen oder zeitlichen Mustern (z. B. Vibrationen).

5.1.2 Taktile/haptische Kodierungen durchschaubar machen

Sofern möglich, sollten taktile/haptische Kodierungen für Benutzer durchschaubar sein, indem sichergestellt wird, dass die Hinweise

a) einfach und intuitiv sind,

b) leicht zu erlernen und voneinander zu unterscheiden sind.

BEISPIEL Am Körper bereitgestellte Richtungshinweise bilden Richtungen in der realen Welt ab. Beispielweise wird der Benutzer durch eine Vibration am linken Handgelenk oder an einer anderen Stelle auf der linken Körperseite darauf hingewiesen, nach links zu gehen.

5.1.3 Übereinstimmung mit Benutzererwartungen

Das Systemverhalten sollte den Benutzererwartungen entsprechen.

ANMERKUNG 1 Entspricht die Ausrichtung eines Objekts nicht den Erwartungen des Benutzers, kann dies dazu führen, dass das Objekt schwer zu verstehen ist, wodurch es zu Fehlern des Benutzers bei der Handhabung des Objekts kommt.

BEISPIEL Vorhersagbares Verhalten, das die Natur nachbildet, wie zum Beispiel das Verhalten bei Schwerkraft, vereinfacht die Steuerung von Objekten.

ANMERKUNG 2 Die Erwartungen der Benutzer basieren auf Erfahrungen, die diese vorher in der realen oder virtuellen Welt gesammelt haben (z. B. mit anderen ähnlichen Systemen).

5.1.4 Sensorische Ersatzvarianten nutzen

Wenn das System sensorische Substitution ermöglicht, sollte es die am besten geeigneten sensorischen Ersatzvarianten anbieten, um dem Benutzer Informationen darzubieten oder Informationen vom Benutzer zu empfangen.

ANMERKUNG 1 Ein sensorischer Ersatz kann zwischen Modalitäten wie visuell, akustisch und taktil/haptisch erfolgen.

ANMERKUNG 2 Wird ein Austausch vorgenommen, ist es wichtig, Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen den Sinnen zu berücksichtigen, wobei entsprechende Ähnlichkeiten genutzt werden und ein Ersatz vermieden wird, wenn der Sinn, der den Ersatz bilden soll, sich in seiner Funktion von dem zu ersetzenden Sinn unterscheidet.

5.1.5 Verwendung einer geeigneten räumlichen Ansteuerbarkeit und Auflösung

Die räumliche Ansteuerbarkeit und Auflösung sollten für die Aufgabe und die Wahrnehmungsfähigkeiten des Benutzers geeignet sein. (Weitere Informationen zur räumlichen Ansteuerbarkeit enthält ISO 9241-910:2011, Abschnitt 6.3.)

ANMERKUNG Je nachdem, welcher Körperteil sich mit der taktilen/haptischen Einrichtung in Kontakt befindet, weisen Benutzer unterschiedliche Fähigkeiten in Bezug auf ihre Wahrnehmung auf.

5.1.6 Verwendung eines scheinbaren taktilen Orts

Ein scheinbarer Ort darf verwendet werden, um die räumliche Ansteuerbarkeit einer vibrotaktilen Anzeige zu erhöhen.

ANMERKUNG Der scheinbare Ort ist eine Reizerfahrung an einem Punkt zwischen zwei oder mehreren Stellgliedern.

BEISPIEL Erfordert die Aufgabe Zugang zu einer größeren Anzahl von Reizorten ohne Erhöhung der Anzahl von Stellgliedern, nutzt das System einen scheinbaren Ort.

5.1.7 Taktile Anzeige mit hoher räumlicher Auflösung

Wo eine hohe räumliche Auflösung erforderlich ist, sollte der Benutzer mit dem System nur über Körperteile interagieren, die eine hohe Dichte von taktilen Rezeptoren aufweisen.

ANMERKUNG Eine dynamische Braille-Anzeige nutzt die räumliche Lage als wichtigen Gestaltungsparameter.

BEISPIEL Finger und Zehen sind Beispiele für Körperteile mit einer hohen Dichte von taktilen Rezeptoren.

5.1.8 Nutzung einer höheren Ansteuerbarkeit für geschulte Benutzer

Wenn die Aufgabe dies zulässt, darf bei Anzeigen, die für geschulte Benutzer ausgelegt sind, eine höhere Reizdichte verwendet werden.

ANMERKUNG Ein geschulter Benutzer ist nicht notwendigerweise ein sehr erfahrener Benutzer.

BEISPIEL Menschen, die für die taktile Überprüfung der Qualität von Papier ausgebildet wurden, sind speziell geschult, um feine Variationen in Texturen zu erkennen.

5.1.9 Verwendung einer scheinbaren taktilen Bewegung

Eine scheinbare Bewegung darf verwendet werden, um eine tatsächliche Bewegung zu simulieren.

ANMERKUNG 1 Eine scheinbare Bewegung entsteht durch die Wahrnehmung mehrerer aufeinanderfolgender Reize an einem oder mehreren Orten.

ANMERKUNG 2 Bei Verwendung scheinbarer Bewegungen sind die wichtigsten Parameter die Dauer der Impulse und die Zeitabstände zwischen dem Einsetzen der aufeinanderfolgenden Reize.

BEISPIEL 1 Bei taktilen Verfolgungsanzeigen wird Spureneine scheinbare Bewegung verliehen, indem aufeinanderfolgende diskrete Positionen angezeigt werden.

BEISPIEL 2 Die aufeinanderfolgende Aktivierung von Taktoren von hinten nach vorne auf einer Rumpfanzeige ist ein Muster, das zur Anzeige einer „Vorwärtsbewegung“ verwendet wird.

5.1.10 Verhinderung räumlicher Verdeckung

Das System sollte eine räumliche Verdeckung vermeiden.

ANMERKUNG 1 Räumliche Verdeckung tritt auf, wenn ein Reiz die Wahrnehmung eines anderen Reizes überdeckt.

ANMERKUNG 2 Bei der Darstellung gleichzeitiger Reize an unterschiedlichen Stellen kann die Verwendung von Reizen mit unterschiedlichen Frequenzen (einem unter 80 Hz und einem über 100 Hz) eine räumliche Verdeckung verhindern.

5.2 Anleitung zu spezifischen taktilen/haptischen Attributen zur Informationskodierung

5.2.1 Auswählen der Eigenschaften für die Informationskodierung

Taktile/haptische Eigenschaften, die zur Informationskodierung verwendet werden dürfen, umfassen

a) Materialeigenschaften:

- 1) Härte;
- 2) Viskosität;
- 3) Elastizität;
- 4) Masse/Gewicht;
- 5) Trägheit;
- 6) Wärmeleitfähigkeit.

b) Oberflächeneigenschaften:

- 1) Textur;

- 2) Rauigkeit;
- 3) Reibung;
- 4) Temperatur.
- c) Geometrische Eigenschaften:
 - 1) Größe;
 - 2) Form;
 - 3) Lage in der Umgebung;
 - 4) Ausrichtung innerhalb der Umgebung;
 - 5) räumliches Muster;
 - 6) räumliche Gitteramplitude;
 - 7) räumliche Gitterfrequenz;
 - 8) Bewegungsrichtung.
- d) Zeitliche Eigenschaften:
 - 1) zeitliches Muster;
 - 2) zeitliche Schwingungsamplitude;
 - 3) Schwingungsfrequenz;
 - 4) Änderungen der Bewegungsrichtung.
- e) Elektrische Eigenschaften:
 - 1) elektrische Wellenform;
 - 2) elektrische Spannung;
 - 3) elektrische Stromstärke;
 - 4) elektrostatisches Potential.

ANMERKUNG 1 Diese Eigenschaften betreffen die Codierung taktiler/haptischer Informationen, die zur Interaktion verwendet werden.

ANMERKUNG 2 Elektrotaktile Rückmeldungen und elektrostatische Rückmeldungen sind abhängig von der elektrischen Wellenform und den geometrischen Abmessungen der Stellglieder.

5.2.2 Unterscheidung zwischen Attributwerten

Attributwerte von taktilen/haptischen Größen sollten unterscheidbar sein.

ANMERKUNG Materialeigenschaften wie Textur und Härte sind auffälliger als geometrische Eigenschaften wie Größe und Form.