

DIN EN ISO 9241-392



ICS 13.180

Einsprüche bis 2016-09-15

Entwurf

**Ergonomie der Mensch-System-Interaktion –
Teil 392: Ergonomische Anforderungen zur Reduktion visueller Ermüdung
durch stereoskopische Bilder (ISO 9241-392:2015);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 9241-392:2016**

Ergonomics of human-system interaction –
Part 392: Ergonomic recommendations for the reduction of visual fatigue from stereoscopic
images (ISO 9241-392:2015);
German and English version prEN ISO 9241-392:2016

Ergonomie de l'interaction homme-système –
Partie 392: Exigences ergonomiques pour diminuer la fatigue visuelle induite par des images
stéréoscopiques (ISO 9241-392:2015);
Version allemande et anglaise prEN ISO 9241-392:2016

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2016-07-15 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 des 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, 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 82 Seiten

DIN-Normenausschuss Ergonomie (NAErg)

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 9241-392:2015 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 159 „Ergonomics“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als prEN ISO 9241-392:2016 durch das Technische Komitee CEN/TC 122 „Ergonomie“ übernommen, dessen Sekretariat vom DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige deutsche Normungsgremium ist der Arbeitskreis NA 023-00-04-02 AK „Visuelle Anforderungen an Bildschirme“ im DIN-Normenausschuss Ergonomie (NAErg).

Um Zweifelsfälle in der Übersetzung auszuschließen, ist die englische Originalfassung der ISO 9241-392:2015 beigelegt. Die Nutzungsbedingungen für den deutschen Text des Norm-Entwurfes gelten gleichermaßen auch für den englischen Text.

Diese Europäische Norm enthält neben den gesetzlichen Einheiten auch die Einheit „in (inch)“, die in Deutschland nicht zugelassen ist. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die Anwendung dieser Einheit im nationalen amtlichen und geschäftlichen Verkehr aufgrund des Gesetzes über Einheiten im Messwesen nicht zulässig ist.

Umrechnung:

Nicht zugelassene Einheit	Zugelassene Einheit	Umrechnung
in (inch)	mm	1 inch = 25,4 mm

Für die in diesem Dokument zitierten Internationalen Normen wird im Folgenden auf die entsprechenden Deutschen Normen hingewiesen:

ISO 9241-303	siehe	DIN EN ISO 9241-303
--------------	-------	---------------------

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 9241-303, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 303: Anforderungen an elektronische optische Anzeigen*

Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 392: Ergonomische Anforderungen zur Reduktion visueller Ermüdung durch stereoskopische Bilder (ISO 9241-392:2015)

Ergonomie de l'interaction homme-système — Partie 392 : Exigences ergonomiques pour diminuer la fatigue visuelle induite par des images stéréoscopiques (ISO 9241-392:2015)

Ergonomics of human-system interaction — Part 392: Ergonomic recommendations for the reduction of visual fatigue from stereoscopic images (ISO 9241-392:2015)

ICS:

Deskriptoren

Dokument-Typ: Europäische Norm

Dokument-Untertyp:

Dokument-Stage: CEN-Umfrage

Dokument-Sprache: D

STD Version 2.8f

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	7
1 Anwendungsbereich	8
2 Normative Verweisungen	8
3 Begriffe	8
4 Leitkonzepte	11
4.1 Rahmenbedingungen	11
4.2 Überprüfung der Faktoren	11
4.2.1 Allgemeines	11
4.2.2 Intraokulare geometrische Differenzen	12
4.2.3 Intraokulare photometrische Differenzen	13
4.2.4 Intraokulare photometrische Interaktion	14
4.2.5 Akkommodations-Konvergenz-Diskrepanz	14
4.2.6 Andere, bei der stereoskopischen Darstellung zu berücksichtigende Faktoren	15
4.2.7 Zusammenfassung	17
5 Ergonomische Empfehlungen	18
5.1 Allgemeines	18
5.2 Sichtbedingungen	19
5.2.1 Allgemeines	19
5.2.2 Vorgesehener Betrachtungsabstand	19
5.2.3 Pupillenabstand	19
5.3 Intraokulare geometrische Differenzen	19
5.3.1 Intraokulare vertikale Fehlausrichtung	19
5.3.2 Intraokulare Rotationsfehlausrichtung	19
5.3.3 Intraokulare Vergrößerungsdifferenz	20
5.4 Intraokulare photometrische Differenzen	20
5.4.1 Intraokulare Leuchtdichtedifferenz	20
5.4.2 Intraokulare Kontrastdifferenz	20
5.4.3 Intraokulare Farbartdifferenz	21
5.5 Intraokulare photometrische Interaktion	21
5.5.1 Übersprechen	21
5.6 Akkommodation — Konvergenz-Diskrepanz	21
5.7 Andere, bei der stereoskopischen Darstellung zu berücksichtigende Faktoren	22
6 Wie die ergonomischen Empfehlungen zu verwenden sind	22
6.1 Allgemeines	22
6.2 Bericht	22
Anhang A (informativ) Überblick über die Normenreihe ISO 9241	23
Anhang B (informativ) Sichtbedingungen	24
B.1 Allgemeines	24
B.2 Einstellung der Sichtposition und Körperhaltung	24
B.3 Bestätigung einer deutlichen und angemessenen stereoskopischen Tiefenwahrnehmung	24
B.4 Zeitraum der Betrachtung	25

Anhang C (informativ) Numerische Werte, die bei der Bewertung visueller Ermüdung und Beschwerden berücksichtigt werden sollten.....	26
C.1 Allgemeines	26
C.2 Verfahren zur Bildanalyse für intraokulare geometrische Differenzen.....	27
C.3 Intraokulare vertikale Fehlausrichtung	29
C.4 Intraokulare Rotationsfehlausrichtung.....	30
C.5 Intraokulare Vergrößerungsdifferenz.....	30
C.6 Intraokulare Leuchtdichtedifferenz.....	31
C.7 Akkommodation — Konvergenz-Diskrepanz	33
C.7.1 Vergenzwinkel.....	33
C.7.2 Geometrie der Akkommodation-Konvergenz-Diskrepanz.....	33
C.7.3 Zustand der Beschwerden bei der Akkommodation-Konvergenz-Diskrepanz	34
C.7.4 Weitere zugehörige Faktoren	38
Anhang D (informativ) Andere, bei der stereoskopischen Darstellung zu berücksichtigende Faktoren.....	39
D.1 Intraokulare zeitliche Asynchronität.....	39
D.2 Visuelle durch Bewegung hervorgerufenen Bewegungskrankheit	39
Anhang E (informativ) Probenverfahren zur Bewertung der Anwendbarkeit und Konformität.....	41
E.1 Allgemeines	41
E.2 Liste der auszuwertenden Elemente.....	41
E.3 Wie die Checkliste zu verwenden ist.....	41
Literaturhinweise.....	43

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 9241-392:2015 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 159 „Ergonomics“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als prEN ISO 9241-392:2016 durch das Technische Komitee CEN/TC 122 „Ergonomie“ übernommen, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 9241-392:2015 wurde vom CEN als prEN ISO 9241-392:2016 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung von Nationalen Normungsorganisationen (ISO-Mitgliedsorganisationen). Die Erstellung von Internationalen Normen wird normalerweise von ISO Technischen Komitees 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 Organisationen, staatlich und nicht-staatlich, in Liaison mit ISO, nehmen ebenfalls an der Arbeit teil. ISO arbeitet eng mit der Internationalen Elektrotechnischen Kommission (IEC) bei allen elektrotechnischen Themen 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. Im Besonderen sollten die für die verschiedenen ISO-Dokumentenarten notwendigen Annahmekriterien 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 empfangenen Patenterklärungen (siehe www.iso.org/patents).

Jeder in diesem Dokument verwendete Handelsname wird als Information zum Nutzen der Anwender angegeben und stellt keine Anerkennung dar.

Eine Erläuterung der Bedeutung ISO-spezifischer Benennungen und Ausdrücke, die sich auf Konformitätsbewertung beziehen, sowie Informationen über die Beachtung der WTO-Grundsätze zu technischen Handelshemmnissen (TBT, en: Technical Barriers to Trade) durch ISO enthält der folgende Link: Foreword — Supplementary Information.

Das für dieses Dokument verantwortliche Technische Komitee ist ISO/TC 159, *Ergonomics*, Unterkomitee SC 4, *Human-system interaction*.

ISO 9241 besteht unter dem allgemeinen Titel *Ergonomic requirements for office work with visual display terminals (VDTs)* aus den folgenden Teilen:

- *Part 1: General introduction*
- *Part 2: Guidance on task requirements*
- *Part 5: Workstation layout and postural requirements*
- *Part 6: Guidance on the work environment*
- *Part 11: Guidance on usability*
- *Part 12: Presentation of information*
- *Part 13: User guidance*
- *Part 14: Menu dialogues*
- *Part 15: Command dialogues*
- *Part 16: Direct manipulation dialogues*

ISO 9241 besteht unter dem allgemeinen Titel „*Ergonomics of human-system interaction*“ zudem aus den folgenden Teilen:

- *Part 20: Accessibility guidelines for information/communication technology (ICT) equipment and services*
- *Part 110: Dialogue principles*
- *Part 129: Guidance on software individualization*
- *Part 143: Forms*
- *Part 151: Guidance on World Wide Web user interfaces*
- *Part 154: Interactive voice response (IVR) applications*
- *Part 171: Guidance on software accessibility*
- *Part 210: Human-centred design for interactive systems*
- *Part 300: Introduction to electronic visual display requirements*
- *Part 302: Terminology for electronic visual displays*
- *Part 303: Requirements for electronic visual displays*
- *Part 304: User performance test methods for electronic visual displays*
- *Part 305: Optical laboratory test methods for electronic visual displays*
- *Part 306: Field assessment methods for electronic visual displays*
- *Part 307: Analysis and compliance test methods for electronic visual displays*
- *Part 308: Surface-conduction electron-emitter displays (SED)*
- *Part 309: Organic light-emitting diode (OLED) displays*
- *Part 310: Visibility, aesthetics and ergonomics of pixel defects*
- *Part 331: Optical characteristics of autostereoscopic displays*
- *Part 400: Principles and requirements for physical input devices*
- *Part 410: Design criteria for physical input devices*
- *Part 420: Selection of physical input devices*
- *Part 910: Framework for tactile and haptic interaction*
- *Part 920: Guidance on tactile and haptic interactions*

Für die anderen Teile in Vorbereitung, siehe Anhang A.

Einleitung

Betrachtet eine Person ein dreidimensionales Objekt, so versorgt der laterale Abstand zwischen den Augen jedes dieser mit einem leicht unterschiedlichen Netzhautbild. Die Verbindung dieser Netzhautbilder durch das Gehirn erstellt eine einzelne Empfindung mit einer verbundenen Tiefenwahrnehmung, die als Stereopsis bezeichnet wird. Neueste Fortschritte in der Bildgebungstechnologie haben einen deutlichen Anstieg unserer Möglichkeiten geschaffen, künstlich erzeugte stereoskopische Bilder zu betrachten. Die Technologie erzeugt zwei unterschiedliche Bilder, von dem das eine von einem Auge gesehen wird und das andere vom anderen Auge. Deren Verbindung resultiert im Sinneseindruck des räumlichen Sehens.

Stereoskopische Bilder sind ansprechend aufgrund ihres erhöhten Realitätsempfindens verglichen mit den traditionellen 2D-Bildern. Darstellungen stereoskopischer Bilder liefern auch eine klare Tiefeninformation, und aus diesem Grund wird ein breiter Einsatz stereoskopischer Bilder in Feldern wie der Medizin und der Industrie erwartet. Es gibt jedoch wissenschaftliche Daten, die darauf hinweisen, dass die stereoskopische Darstellung von Bildern ohne sorgfältige Rücksichtnahme auf die Eigenschaften des menschlichen visuellen Systems unerwünschte Auswirkungen hervorrufen könnte.

Dieser Teil von ISO 9241 beschreibt die grundsätzlichen und Mindestbedingungen für das angenehme Betrachten stereoskopischer Bilder. Er ist bestimmt zur Förderung einer Umgebung, in der Betrachter die Vorteile stereoskopischer Bilder ohne Beeinträchtigungen genießen können. In einer Umgebung wie dieser können neue Technologien für stereoskopische Bilder ebenfalls aktiv entwickelt und in unterschiedlichen Feldern angewendet werden. Dieser Teil von ISO 9241 beabsichtigt nicht, die Freiheit des Ausdrucks oder die künstlerische Kreativität der Bildkultur einzuschränken.

Dieser Teil von ISO 9241 basiert auf wissenschaftlichen Erkenntnissen, die mit den möglichen unerwünschten Auswirkungen des Betrachtens stereoskopischer Bilder in Verbindung stehen, und zukünftig kann dieser Teil von ISO 9241 auf Grundlage von neuen wissenschaftlichen Daten überarbeitet werden.

Dieser Teil von ISO 9241 befasst sich mit den Normen der Mensch-System-Interaktion. Leser, die einen Leitfaden hinsichtlich weiterer Aspekte der Mensch-System-Interaktion benötigen, können Bezug nehmen auf weitere Dokumente in ISO 9241 (siehe Anhang A für einen Überblick über die gesamte Reihe von ISO 9241).

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 9241 gibt Empfehlungen zur Verminderung potentieller Sehbeschwerden sowie visueller Ermüdung, die bei der Betrachtung stereoskopischer Bilder unter festgelegten Sehbedingungen erlebt werden. Visuelle Ermüdung und Beschwerden können durch einen stereoskopischen optischen Reiz ungleicher Bilder hervorgerufen werden, die binokular gezeigt werden.

Dieser Teil von ISO 9241 ist ebenso anwendbar auf Endprodukte stereoskopischer Darstellungen, die abhängig sind vom stereoskopischen Bildinhalt und stereoskopischen Displays, wenn diese unter angemessen festgelegten Bedingungen betrachtet werden. Daher richten sich die Empfehlungen an die Verantwortlichen für Design, Entwicklung und Bereitstellung von stereoskopischen Bildinhalten sowie stereoskopischen Displays.

ANMERKUNG 1 Siehe Anhang B für angemessene Sehbedingungen.

Die Empfehlungen in diesem Teil von ISO 9241 sind gültig für stereoskopische Displays wie diese mit Brillen und zweidimensionalen autostereoskopischen Displays, stereoskopischen kopfverbundenen Displays und stereoskopischen Projektoren. Zudem sind sie gültig für stereoskopischen Bildinhalt, der dazu bestimmt ist, auf den oben genannten stereoskopischen Displays dargestellt zu werden sowie für stereoskopische Darstellungen, die durch Kombinationen dieser Bilder und Displays ermöglicht werden.

ANMERKUNG 2 Anhang C stellt die numerischen Kriterien als informative Verweisung dar.

ANMERKUNG 3 Weitere Anweisungen müssen möglicherweise durch verweisen auf diesen Teil von ISO 9241 geschaffen werden, wenn die Anforderungen und Empfehlungen, die spezifisch für jede Art des stereoskopischen Bildinhalts und der stereoskopischen Display sind, notwendig werden.

ANMERKUNG 4 ITU legt allgemein die Richtlinien für die Übertragung fest.

ANMERKUNG 5 ISO 9241-303:2011, Anhang E stellt Leitfäden für virtuelle Displays fest, die bestimmt sind für stereoskopische kopfverbundene Displays.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente, die in diesem Dokument teilweise oder als Ganzes zitiert werden, sind für die Anwendung dieses Dokuments erforderlich. Bei datierten Verweisungen gilt nur die in Bezug genommene Ausgabe. Bei undatierten Verweisungen gilt die letzte Ausgabe des in Bezug genommenen Dokuments (einschließlich aller Änderungen).

ISO 9241-303, *Ergonomics of human-system interaction — Part 303: Requirements for electronic visual displays*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

3.1

Stereopsis

räumliches Sehen

binokulare, visuelle Wahrnehmung der Tiefe oder eines dreidimensionalen Raumes

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe ISO 9241-302:2008, 3.3.40.

3.2

binokulare Parallaxe

scheinbare Differenz in der separat durch das eine und das andere Auge gesehenen Richtung eines Punktes, wenn sich der Kopf an einer feststehenden Position befindet

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe ISO 9241-331:2012, 2.2.1.

Anmerkung 2 zum Begriff: Die Größe der binokularen Parallaxe eines Punktes entspricht dem optischen Winkel zwischen den Sichtachsen der beiden Augen, wenn diese auf den Punkt gerichtet sind.

3.3

horizontale Disparation

Differenz der relativen Lage der visuellen Bilder eines Objektes an den beiden Netzhäuten

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe ISO 9241-302:2008, 3.5.26.

3.4

Vergenzwinkel

Winkel zwischen den Augenachsen des linken und rechten Auges

Anmerkung 1 zum Begriff: Siehe ISO 9241-302:2008, 3.5.55.

3.5

Akkommodation

Anpassung der Optik eines Auges, einen (optisch) fixierten Gegenstand bei dessen variierendem Beobachtungsabstand im Brennpunkt der Netzhautenebene zu halten

Anmerkung 1 zum Begriff: Akkommodation kann auch ein Vorgang zur Einstellung der Brennweite einer Linse sein.

Anmerkung 2 zum Begriff: Akkommodation kann sich ebenso auf einen Anstieg der Kraft einer Linse eines Auges beziehen.

Anmerkung 3 zum Begriff: Siehe ISO 9241-302:2008, 3.5.1.

3.6

visuelle globale Bewegung

breites, räumliches Spektrum visueller Bewegung, die aus unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Richtungen besteht, die systematisch zu einem bewegten Bild zusammengefügt werden

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Allgemeinen gibt es sechs Arten visueller globaler Bewegung, die den unterschiedlichen Arten der Bewegung einer Kamera während des Aufzeichnens von Bildern entsprechen, die um und entlang der Nick-, Gier- und Rollachsen rotieren und übersetzen.

3.7

stereoskopisches Display

Anzeigegerät oder System, das die Tiefenwahrnehmung als Ergebnis der *binokularen Parallaxe* (3.2) ermöglicht

Anmerkung 1 zum Begriff: Menschen nehmen Tiefe aufgrund der Disparation der Netzhäute wahr, die durch die binokulare Parallaxe erzeugt wird.

3.8

stereoskopischer Inhalt der Bilder

Reihe an Bildinformationen, die in *stereoskopischen Bildern* (3.9) resultiert, wenn sie auf einem *stereoskopischen Display* (3.7) gezeigt werden

- 3.9**
stereoskopische Bilder
auf einem stereoskopischen Display angezeigte Bildreihe
- 3.10**
stereoskopische Darstellung
Darstellung stereoskopischer Bilder auf einem stereoskopischen Display
- 3.11**
stereoskopische Ansicht
Einzelansicht, die als Ergebnis der Verbindung der linken und rechten Ansichten einer *stereoskopischen Darstellung* (3.10) erzeugt werden, die eine *Stereopsis* (3.1) hervorrufen
- 3.12**
intraokulare vertikale Fehlausrichtung
Differenz zwischen den vertikalen Positionen der linken und rechten Ansichten einer stereoskopischen Darstellung
- 3.13**
intraokulare Rotationsfehlausrichtung
Differenz zwischen den Rotationspositionen der linken und rechten Ansichten einer stereoskopischen Darstellung
- 3.14**
intraokulare Vergrößerungsdifferenz
Differenz zwischen der scheinbaren Größe der linken und rechten Ansichten einer stereoskopischen Darstellung
- 3.15**
intraokulare geometrische Differenz
geometrische Fehlausrichtung der linken und rechten Ansichten einer stereoskopischen Darstellung einschließlich *intraokularer vertikaler Fehlausrichtung* (3.12), *intraokularer Rotationsfehlausrichtung* (3.13), und *intraokularer Vergrößerungsdifferenz* (3.14)
- 3.16**
intraokulare Leuchtdichtedifferenz
Differenz zwischen den Werten der Leuchtdichte der linken und rechten Ansichten einer stereoskopischen Darstellung
- 3.17**
intraokulare Kontrastdifferenz
Differenz zwischen den Werten des Leuchtdichtekontrastes der linken und rechten Ansichten einer stereoskopischen Darstellung
- 3.18**
intraokulare Farbartdifferenz
Differenz zwischen den Werten der Farbart der linken und rechten Ansichten einer stereoskopischen Darstellung
- 3.19**
intraokulare photometrische Differenz
photometrische Diskrepanz zwischen der linken und rechten Ansichten einer stereoskopischen Darstellung einschließlich *intraokularer Leuchtdichtedifferenz* (3.16), *intraokularer Kontrastdifferenz* (3.17) und *intraokularer Farbartdifferenz* (3.18)

3.20

Akkommodation-Konvergenz-Diskrepanz

Differenz hinsichtlich der Abstandsinformation angegeben durch *Akkommodation* (3.5) und Konvergenz-Stimuli eines Objekts

Anmerkung 1 zum Begriff: Eine Akkommodation-Konvergenz-Diskrepanz kann erzeugt werden, wenn stereoskopische Bilder auf einer Tiefenebene (z. B. stereoskopische Bildschirmfläche) dargestellt werden, die ein ganzes Stück näher oder entfernter von den Betrachtern liegt, als dies bei den simulierten Bildern der Fall war.

3.21

vorgesehener Betrachtungsabstand

Abstand oder Abstandsbereich zwischen den Augen des Betrachters und dem Bildschirm eines stereoskopischen Displas, der zur stereoskopischen Darstellung konstruiert wurde

Anmerkung 1 zum Begriff: Der vorgesehene Betrachtungsabstand kann sowohl für *stereoskopischen Bildinhalt* (3.8), stereoskopische Displays als auch für die stereoskopische Darstellung festgelegt werden.

4 Leitkonzepte

4.1 Rahmenbedingungen

Um die potentiellen visuellen Beschwerden und die visuelle Ermüdung zu verringern, die während der Ansicht stereoskopischer Bilder erlebt wird, wurden die Empfehlungen in diesem Teil von ISO 9241 basierend auf der Betrachtung der Faktoren (siehe 4.2) geschaffen, die hinsichtlich des stereoskopischen optischen Anreizes disparater Bilder berücksichtigt werden, die binokular dargestellt werden. Aus diesem Grund könnten unter Bezugnahme dieses Teils von ISO 9241 weitere Normen erstellt werden, die sich speziell auf jede einzelne Art des stereoskopischen Bildinhalts oder des stereoskopischen Displays beziehen.

4.2 Überprüfung der Faktoren

4.2.1 Allgemeines

Dieser Teil von ISO 9241 konzentriert sich auf die wesentlichen Faktoren, die visuelle Beschwerden und visuelle Ermüdung während der Betrachtung stereoskopischer Bilder hervorrufen können. Diese unten aufgeführten Faktoren wurden empirisch ermittelt und sind in der wissenschaftlichen Literatur weithin anerkannt. Da diese Faktoren durch Sehbedingungen wie dem Betrachtungsabstand beeinflusst sind, sollten die Sehbedingungen ebenfalls festgelegt werden.

- 1) Interokulare geometrische Differenzen: Intraokulare vertikale Fehlausrichtung, intraokulare Rotationsfehlausrichtung, und intraokulare Vergrößerungsdifferenz.
- 2) Interokulare photometrische Differenzen: Intraokulare Leuchtdichtedifferenz, intraokulare Kontrastdifferenz und intraokulare Farbartdifferenz.
- 3) Akkommodations-Konvergenz-Diskrepanz.
- 4) Andere, bei der stereoskopischen Darstellung zu berücksichtigende Faktoren: Intraokulare zeitliche Asynchronie, visuelle durch Bewegung hervorgerufene Bewegungskrankheit sowie Vergenzgrenzen.

Um Leitfäden zu schaffen, müssen die oben genannten Faktoren angesichts ihrer Wichtigkeit durch Überprüfung der vier unten aufgelisteten Artikel berücksichtigt werden.

- a) Wirksamkeit des Faktors: Die Wahrscheinlichkeit, dass ein Faktor visuelle Beschwerden oder visuelle Ermüdung bei den Betrachtern stereoskopischer Bilder verursacht;
- b) Unvermeidbarkeit des Faktors: Das Ausmaß, in dem die Auswirkung eines Faktors verringert werden kann, besonders dann, wenn der Ursprung des Faktors möglicherweise in Verbindung mit dem Prinzip der stereoskopischen Darstellung steht;
- c) Sammlung wissenschaftlicher Kenntnisse: Ob eine ausreichende Menge wissenschaftlicher Daten gesammelt wurde, die das Verhältnis zwischen jedem der Faktoren und der visuellen Ermüdung und/oder der Beschwerden festlegt, sowie deren praktische Anwendbarkeit zu ergonomischen Leitfäden;
- d) Verfügbarkeit von Messverfahren: Ob Messverfahren zur Bewertung von Produkten leicht erhältlich sind.

Im folgenden Unterabschnitt werden die wesentlichen, oben aufgelisteten Faktoren (Artikel 1 bis 4) hinsichtlich Artikel A und D nochmals betrachtet.

4.2.2 Intraokulare geometrische Differenzen

4.2.2.1 Allgemeines

Intraokulare geometrische Differenzen beziehen sich auf die geometrische Fehlausrichtung der linken und rechten Ansichten einer stereoskopischen Darstellung wie intraokulare vertikale Fehlausrichtung, intraokulare Rotationsfehlausrichtung und intraokulare Vergrößerungsdifferenz, von denen allgemein angenommen wird, dass diese eine visuelle Ermüdung sowie Beschwerden hervorrufen. Die geometrische Fehlausrichtung der linken und rechten Ansichten einer stereoskopischen Darstellung wird festgelegt durch die Interaktion solcher Differenzen in stereoskopischen Bildern und stereoskopischen Displays.

4.2.2.2 Wirksamkeit des Faktors

Selbst eine relativ geringe intraokulare geometrische Differenz kann leicht eine Beschwerde hervorrufen und die binokulare Fusion erschweren.

4.2.2.3 Unvermeidbarkeit des Faktors

Intraokulare geometrische Differenzen können durch eine Fehlausrichtung der linken und rechten Kameras beim Ablichten stereoskopischer Bilder und/oder der Fehlausrichtung der linken und rechten angezeigten Bildern eines stereoskopischen Displays hervorgerufen werden, die diese Bilder nicht innerhalb desselben räumlichen Rahmens darstellt. Die Differenz kann ansatzweise verringert werden, indem während der Bearbeitung der Bilder durch Anpassen der Geräte und sorgfältiger Einstellung der Sehbedingungen Justierungen vorgenommen werden.

4.2.2.4 Sammlung wissenschaftlicher Kenntnisse

Obwohl keine wissenschaftlichen Daten über die Bedingungen der stereoskopischen Bildgröße vorliegen, die im Allgemeinen zuhause verwendet wird, wurden grundlegende Daten gesammelt, die das Verhältnis zwischen jedem der Faktoren und der Beschwerde festlegen (z. B. siehe Literaturhinweise [13] und [19]) und so als nützliche Referenzen dienen können.

4.2.2.5 Verfügbarkeit von Messverfahren

Abhängig von der Notwendigkeit und Durchführbarkeit können Messungen für den stereoskopischen Bildinhalt und stereoskopische Displays oder Endprodukte stereoskopischer Darstellungen einzeln vorgenommen werden. Erstens können Messungen des stereoskopischen Bildinhalts durch geometrische Analyse durchgeführt werden, durch die die Faktoren der intraokularen vertikalen Fehlausrichtung, der intraokularen Rotationsfehlausrichtung und der intraokulare Vergrößerungsdifferenz einzeln als Faktoren der optischen Verzerrung entnommen werden können, die durch einen Linsenfehler hervorgerufen wird (z. B. Hartly and Zisserman, 2004). Zweitens können die Messungen stereoskopischer Displays unter Verwendung allgemein erhältlicher optischer Messgeräte durchgeführt werden [30]. Drittens können Messungen stereoskopischer Darstellungen durch die Kombination aus optischen Messungen gesamter stereoskopischer Bilder und der geometrischen Analyse des Bildes durchgeführt werden.

4.2.3 Intraokulare photometrische Differenzen

4.2.3.1 Allgemeines

Intraokulare geometrische Differenzen beziehen sich auf die photometrische Fehlausrichtung der linken und rechten Ansichten einer stereoskopischen Darstellung wie intraokulare Leuchtdichtedifferenz, intraokulare Kontrastdifferenz und intraokulare Farbartdifferenz, von denen allgemein angenommen wird, dass diese eine visuelle Ermüdung sowie Beschwerden hervorrufen. Die photometrische Fehlausrichtung der linken und rechten Ansichten einer stereoskopischen Darstellung wird festgelegt durch die Interaktion solcher Differenzen in stereoskopischen Bildern und stereoskopischen Displays.

4.2.3.2 Wirksamkeit des Faktors

Intraokulare photometrische Differenzen können Beschwerden hervorrufen, wenn sie zu einem relativ großen Maß vorhanden sind (z. B. siehe Literaturhinweise [2] und [11]).

4.2.3.3 Unvermeidbarkeit des Faktors

Eine intraokulare photometrische Differenz kann durch eine photometrische Differenz zwischen der linken und rechten Kamera während des Ablichtens stereoskopischer Bilder und/oder durch eine photometrische Differenz zwischen den links und rechts dargestellten Bildern eines stereoskopischen Displays hervorgerufen werden. Die Differenz kann ansatzweise verringert werden, indem während der Bearbeitung der Bilder durch Anpassen der Geräte Justierungen vorgenommen werden. Da Leuchtdichte, Kontrast und Farbart in einer stereoskopischen Darstellung im Allgemeinen miteinander verknüpft sind, können sie allgemein nicht unabhängig voneinander manipuliert werden.

4.2.3.4 Sammlung wissenschaftlicher Kenntnisse

Es gibt wenige wissenschaftliche Daten, die das Verhältnis zwischen intraokularer photometrischer Differenz und Beschwerden festlegen (z. B. siehe Literaturhinweise [2] und [11]). Eine Vielzahl von Bedingungen können als wesentlich Faktoren hierfür betrachtet werden, wie die Größe der Displays, die umgebenden Lichtbedingungen und die Dauer und Häufigkeit der Präsenz der Faktoren.

4.2.3.5 Verfügbarkeit von Messverfahren

Abhängig von der Notwendigkeit und Durchführbarkeit können Messungen für den stereoskopischen Bildinhalt und stereoskopische Displays oder für Endprodukte stereoskopischer Darstellungen einzeln vorgenommen werden. Erstens können Messungen für stereoskopischen Bildinhalt durch den Vergleich der photometrischen Ergebnisse für entsprechende Punkte am linken und rechten Bildinhalt vorgenommen werden. Zweitens können die Messungen stereoskopischer Displays unter Verwendung allgemein erhältlicher optischer Messgeräte durchgeführt werden, wobei sich die Messungen üblicherweise abhängig von der Art der stereoskopischen Display unterscheiden. Drittens können Messungen stereoskopischer Darstellungen durch die Kombination aus optischen Messungen eines gesamten stereoskopischen Bildes und

dem Vergleich der photometrischen Ergebnisse, die durch die entsprechenden Punkten in den linken und rechten Bildern erhalten wurden, durchgeführt werden.

4.2.4 Intraokulare photometrische Interaktion

4.2.4.1 Allgemeines

Intraokulare photometrische Interaktion bezieht sich auf ungewollte photometrische Interaktion, wie Übersprechen, das die Ansicht in einem Auge durch Informationen über das Bild im anderen Auge beeinflusst.

4.2.4.2 Wirksamkeit des Faktors

Übersprechen wird erkannt als „primärer Faktor, der die Bildqualität“ einer stereoskopischen Darstellung „beeinflusst“ [24] und Beschwerden hervorrufen kann (z. B. siehe Literaturhinweise [11] und [26]).

4.2.4.3 Unvermeidbarkeit des Faktors

Übersprechen kann in Phasen der Erfassung, Übertragung, Speicherung, Display und Aufteilung auftreten, allerdings konzentriert sich ein Großteil der Literatur auf das Display sowie Phasen der Aufteilung [24], die den wesentlichen Stadien des Auftretens des Übersprechens entsprechen können. Übersprechen kann ansatzweise durch eine Justierung der Geräte verringert werden.

4.2.4.4 Sammlung wissenschaftlicher Kenntnisse

Obwohl Übersprechen in der Darstellung stereoskopischer Bilder weitgehend untersucht wurde (z.B. Literaturhinweis [24] zur Überprüfung und Literaturhinweise [11], [25], [26], [27], und [28]), enthält die Literatur nicht notwendigerweise Berichte zu den Auswirkungen der visuellen Ermüdung und Beschwerden. Innerhalb der Literatur variiert zudem der Zahlenbereich der quantitativen Eigenschaften weitgehend um mehr als das Zehnfache, und mitunter sind die experimentellen Bedingungen bezogen auf visuelle Bilder, Geräte usw. nicht eindeutig. Die Bedingungen einer binokularen Disparation und eines Kontrastes können als wesentliche beitragende Faktoren betrachtet werden [28]. Zur Quantifizierung des Übersprechens wurden mehrere Verfahren vorgeschlagen. Jedoch sind sie nicht notwendigerweise relevant in Bezug auf die Wahrnehmung. Schließlich wird Übersprechen durch die Verwendung unterschiedlicher Gleichungen quantifiziert, was zuweilen zu Missverständnissen führen könnte.

4.2.4.5 Verfügbarkeit von Messverfahren

Optische Messgeräte können verwendet werden, um Übersprechen zu messen. Tatsächlich wurde berichtet, dass Messverfahren unterschiedliche optische Geräte verwenden [24]. Die Messverfahren unterscheiden sich jedoch durch die Art der stereoskopischen Display (siehe ISO/TR 9241-331). Die Messverfahren, die Grafiken in Graustufen verwenden, müssen für stereoskopische Displays, in denen der Prozess des Übersprechens hochgradig nicht-linear ist, noch bestimmt werden.

4.2.5 Akkommodations-Konvergenz-Diskrepanz

4.2.5.1 Allgemeines

In stereoskopischen Darstellungen kann es eine Differenz zwischen der Abstandsinformation von Akkommodation und Konvergenz geben, wenn visuelle Ziele so simuliert werden, es befänden sie sich vor oder hinter einer stereoskopischen Displayoberfläche. Der Faktor der Akkommodation-Konvergenz-Diskrepanz bezieht sich somit auf eine Diskrepanz zwischen den Reizen von Akkommodation und Konvergenz und kann möglicherweise visuelle Beschwerden hervorrufen.

4.2.5.2 Wirksamkeit des Faktors

Beschwerden, die mit einem großen Ausmaß an simulierter Tiefe in Verbindung stehen, wurden empirisch untersucht und ebenfalls experimentell beobachtet (z. B. siehe Literaturhinweise [4], [5], [17], und [22]). Obwohl es große individuelle Differenzen in den Auswirkungen der Akkommodation-Konvergenz-Diskrepanz hinsichtlich Beschwerden gibt, sind die erhaltenen Ergebnisse in der Literatur grundsätzlich konsistent.

4.2.5.3 Unvermeidbarkeit des Faktors

Stereoskopische Displays, die im Anwendungsbereich dieses Teils von ISO 9241 enthalten sind, umfassen im Prinzip diesen Faktor zur stereoskopischen Darstellung. Es gibt unempfindliche Regionen der Akkommodation und Konvergenz, die jeweils als Tiefenschärfe und Fixationsdisparation erscheinen. Aus diesem Grund kann die Auswirkung dieses Faktors ein Stück weit durch die Verminderung der simulierten Tiefe visueller Objekte von der stereoskopischen Displayoberfläche verringert werden.

4.2.5.4 Sammlung wissenschaftlicher Kenntnisse

Für die Akkommodation-Konvergenz-Diskrepanz wurden verschiedene experimentelle Daten berichtet (z. B. siehe Literaturhinweise [1], [13], [15] und [21]). Jedoch verbleibt eine Vielzahl von Bedingungen, die es weiter zu erforschen gilt wie die räumliche Verteilung der simulierten Tiefe (im Speziellen hinsichtlich der Übertretung der Kanten), zeitliche Abweichungen, Größe und Dauer der dargestellten Bilder.

4.2.5.5 Verfügbarkeit von Messverfahren

Die Messungen werden grundsätzlich für sowohl stereoskopische Display als auch für stereoskopischen Bildinhalt durchgeführt. Die relative Disparation bei stereoskopischen Displays und der des stereoskopischen Bildinhaltes hinsichtlich der Displayoberfläche kann durch optische Messungen und/oder geometrische Analyse des Bildinhaltes bewertet werden.

4.2.6 Andere, bei der stereoskopischen Darstellung zu berücksichtigende Faktoren

4.2.6.1 Allgemeines

Es gibt weitere Faktoren, die es ebenfalls zu berücksichtigen gilt, wie intraokulare zeitliche Asynchronität, visuelle durch Bewegung hervorgerufene Bewegungskrankheit sowie Vergenzgrenzen. Diese Faktoren werden jeweils wie folgt festgelegt: (i) die zeitliche Differenz der entsprechenden linken und rechten Bilder, die stereoskopisch dargestellt werden; (ii) visuelle globale Bewegung und andere räumlich weite Bewegungsbereiche, die eine Bewegungskrankheit hervorrufen könnten; (iii) die Vergenzgrenzen, die dem Punkt entsprechen, an dem die Sichtachse der beiden Augen über den Punkt der Parallelität hinaus divergieren.

4.2.6.2 Intraokulare zeitliche Asynchronität

4.2.6.2.1 Wirksamkeit des Faktors

Intraokulare zeitliche Asynchronität erhöht möglicherweise andere Faktoren wie intraokulare geometrische und photometrische Differenzen.

4.2.6.2.2 Unvermeidbarkeit des Faktors

Intraokulare zeitliche Asynchronität kann hervorgerufen werden, wenn die linken und rechten Bilder einer stereoskopischen Darstellung nicht optimal synchronisiert sind. Diese Asynchronität kann in den Phasen der Erfassung, Übertragung, Speicherung, Bearbeitung, Display und Aufteilung auftreten. Sie kann ansatzweise auch durch eine Justierung der Geräte verringert werden.

4.2.6.2.3 Sammlung wissenschaftlicher Kenntnisse

Es wurden grundlegende Versuche zur intraokularen zeitlichen Asynchronität und zur visuellen durch Bewegung hervorgerufenen Bewegungskrankheit berichtet.

4.2.6.2.4 Verfügbarkeit von Messverfahren

Abhängig von der Notwendigkeit und Durchführbarkeit, können Messungen für den stereoskopischen Bildinhalt und stereoskopische Displays oder für Endprodukte stereoskopischer Darstellungen einzeln vorgenommen werden. Die Messverfahren zur intraokularen zeitlichen Asynchronität wurden bisher jedoch noch nicht festgelegt.

4.2.6.3 Visuelle durch Bewegung hervorgerufenen Bewegungskrankheit

4.2.6.3.1 Wirksamkeit des Faktors

Obwohl dies bisher noch nicht vollständig in wissenschaftlichen Versuchen dokumentiert ist, soll die visuell hervorgerufene Bewegungskrankheit, die auch durch herkömmliche zweidimensionale Bilder verursacht werden kann, durch die stereoskopischen Bilder gefördert werden.

4.2.6.3.2 Unvermeidbarkeit des Faktors

Dynamische visuelle Bewegung, die die Bewegungskrankheit hervorrufen soll, ist unabhängig vom Prinzip der stereoskopischen Darstellung. Somit wird die visuell hervorgerufene Bewegungskrankheit nicht zwangsläufig durch stereoskopische Bilder hervorgerufen.

4.2.6.3.3 Sammlung wissenschaftlicher Kenntnisse

Es liegt noch kein vollständiger Bericht zu den Bedingungen vor, die die visuell hervorgerufene Bewegungskrankheit durch stereoskopische Bilder beeinflussen.

4.2.6.3.4 Verfügbarkeit von Messverfahren

Die visuelle Bewegung, die in stereoskopischen Bildern enthalten ist, kann gemessen werden. Es ist jedoch notwendig, die Bedingungen, außer der visuellen Bewegung, die die visuell hervorgerufene Bewegungskrankheit erzeugen, weiter klarzustellen.

4.2.6.4 Vergenzgrenzen

4.2.6.4.1 Wirksamkeit des Faktors

Beschwerden sollen leicht durch stereoskopische Bilder hervorgerufen werden, die bewirken, dass die Sichtachse der beiden Augen über den Punkt der Parallelität hinaus divergiert. Gleichzeitig soll es große individuelle Differenzen im Ausmaß dieser Auswirkungen geben.

4.2.6.4.2 Unvermeidbarkeit des Faktors

Bedingungen, unter denen die Sichtachse der beiden Augen über den Punkt der Parallelität hinaus divergieren, können durch folgendes hervorgerufen werden: (i) Fehlanpassungen während der Produktion stereoskopischen Bildinhalts oder während der stereoskopischen Darstellung unter Anwendung eines Projektionsverfahrens; (ii) stereoskopische Darstellung zu einer größeren Darstellungsgröße als angenommen während der Produktion stereoskopischen Bildinhalts. Dieser kann ansatzweise verringert werden, indem während der Bearbeitung der Bilder, durch Anpassen der Geräte und Anpassung der Einstellung für eine angemessene Darstellungsgröße, Justierungen vorgenommen werden.

4.2.6.4.3 Sammlung wissenschaftlicher Kenntnisse

Wenige Berichte in der wissenschaftlichen Literatur haben sich mit den Auswirkungen der relativen Disparation befasst, die bewirkt, dass die Sichtachse der beiden Augen über den Punkt der Parallelität hinaus divergiert.

4.2.6.4.4 Verfügbarkeit von Messverfahren

Messungen werden für stereoskopische Bilder durchgeführt, die auf stereoskopischen Displays dargestellt werden. Im Allgemeinen ist es eher schwierig, die Auswirkungen dieses Faktors einzeln für stereoskopischen Bildinhalt und stereoskopische Displays zu berücksichtigen. Wird jedoch eine Kombination dieser Bedingungen wie die Darstellungsgröße des stereoskopischen Bildinhalts und stereoskopischer Displays berücksichtigt, kann dieser Faktor durch Messung der entsprechenden Punkte im stereoskopischen Bildinhalt sowie den stereoskopischen Displays bewertet werden.

4.2.7 Zusammenfassung

Die Überprüfung der Faktoren in 4.2.2 bis 4.2.6 haben verdeutlicht, dass der Einfluss der unterschiedlichen Faktoren lediglich zu einem begrenzten Maß untersucht wurde und dass es notwendig ist, die Auswirkungen dieser Faktoren weiter zu untersuchen, bevor die numerischen Kriterien für Anforderungen und Empfehlungen bestimmt werden können. In dieser Zusammenfassung wird die Angemessenheit der Bereitstellung und fehlenden Bereitstellung numerischer Kriterien als Referenzinformation für jeden Faktor unten beschrieben.

Die Auswirkungen intraokularer geometrischer Differenzen sind aufgrund der Tatsache, dass selbst eine geringe intraokulare Differenz leicht zu einer Beschwerde führen kann, relativ größer als die Auswirkungen anderer Faktoren. Dieser Faktor ist jedoch nicht zwangsläufig ein Ergebnis der stereoskopischen Darstellung und kann teilweise ausgeschlossen werden. Der Faktor kann ebenso relativ leicht gemessen werden und seine Auswirkungen wurden in der wissenschaftlichen Literatur berichtet. Obwohl es unterschiedliche Bedingungen gibt, die weiter berücksichtigt werden müssen, wurden die grundlegenden Daten zu Beschwerden, die durch intraokulare geometrische Differenzen hervorgerufen wurden, berichtet. Aus diesem Grund ist es möglich, die numerischen Kriterien für intraokulare geometrische Differenzen als Referenzinformation zu bestimmen.

Intraokulare photometrische Differenzen können leicht Beschwerden hervorrufen. Dieser Faktor ist jedoch nicht zwangsläufig ein Ergebnis der stereoskopischen Darstellung und kann teilweise ausgeschlossen werden. Obwohl es unterschiedliche Bedingungen gibt, die weiter berücksichtigt werden müssen, wurden die grundlegenden Daten zu Beschwerden, die durch intraokulare Leuchtdichtedifferenz hervorgerufen wurden, berichtet. Aus diesem Grund ist es möglich, die numerischen Kriterien für intraokulare Leuchtdichtedifferenz als Referenzinformation zu bestimmen.

Übersprechen, ein Faktor der intraokularen photometrischen Interaktion, ist ein primärer Faktor, der die Bildqualität einer stereoskopischen Darstellung beeinflusst und Beschwerden hervorrufen kann. Übersprechen tritt hauptsächlich in Displayphasen auf und kann ansatzweise durch eine Justierung der Geräte verringert werden. Die berichteten Eigenschaften der wahrgenommenen Auswirkungen variieren jedoch umfassend hinsichtlich der Quantität, was möglicherweise an den unterschiedlichen Messarten (Wahrnehmungsschwelle, subjektive Bildqualität und Beschwerden), den unterschiedlichen Arten der Quantifizierung, den unterschiedlichen Arten der stereoskopischen Displays und den unterschiedlichen visuellen Bildbedingungen (Leuchtdichtekontrast und binokulare Disparation) liegt. Aufgrund der Abweichungen ist es sehr wichtig, die Auswirkungen der unterschiedlichen visuellen Bildbedingungen und Bildtypen zu verdeutlichen, bevor die numerischen Kriterien festgelegt werden können.

Für die Akkommodation-Konvergenz-Diskrepanz wurden verschiedene experimentelle Daten berichtet. Die Messung dieses Faktors kann durch Analysieren der Disparität des Bildinhalts durchgeführt werden. Die Auswirkung dieses Faktors kann ein Stück weit durch die Verminderung der simulierten Tiefe visueller Objekte von der stereoskopischen Displayoberfläche verringert werden. Obwohl dieser Faktor lediglich zu

einem begrenzten Maße untersucht wurde, wurden unterschiedliche wissenschaftliche Daten berichtet, die die Beschwerden bestätigen, die durch diesen Faktor hervorgerufen werden, wenn die Diskrepanz eher extrem ist. Aus diesem Grund ist es möglich, die numerischen Kriterien für die Akkommodation-Konvergenz-Diskrepanz als Referenzinformation zu bestimmen.

Intraokulare zeitliche Asynchronität und visuelle Bewegung, die eine Bewegungskrankheit hervorrufen können gemessen werden, und deren Auswirkungen können teilweise durch eine Justierung der Bilder und Geräte verringert werden. Dieser Faktor wurde jedoch lediglich in einem geringen Ausmaß untersucht. Obwohl es deshalb verfrüht ist, die numerischen Kriterien für diese Faktoren zu bestimmen, ist es wichtig, die relevanten Vorsichtsmaßnahmen zu treffen. Der Faktor der Vergenzgrenze kann gemessen und teilweise in einer stereoskopischen Darstellung verringert werden. Es bestehen jedoch offenbar große individuelle Differenzen in den Auswirkungen, die er verursacht, und nahezu keine experimentellen Daten wurden hinsichtlich deren Auswirkungen auf Beschwerden berichtet. Deshalb ist es wichtig, die Auswirkungen dieses Faktors weiter zu untersuchen, bevor die numerischen Kriterien bestimmt werden können.

Basierend auf den oben angegebenen Beschreibungen für die Artikel, die als „numerische Kriterien“ angegeben sind, sind die numerischen Kriterien dann in Anhang C dargestellt und auf diese wird in Abschnitt 5 verwiesen. Für die Artikel, die mit „Vorsicht“ angegeben sind, sind die zu ergreifenden Vorsichtsmaßnahmen in Abschnitt 5 dargestellt.

Intraokulare geometrische Differenzen

- Intraokulare vertikale Fehlausrichtung – numerische Kriterien
- Intraokulare Rotationsfehlausrichtung – numerische Kriterien
- Intraokulare Vergrößerungsdifferenz – numerische Kriterien

Intraokulare photometrische Differenzen

- Intraokulare Leuchtdichtedifferenz – numerische Kriterien
- Intraokulare Kontrastdifferenz – Vorsicht
- Intraokulare Farbartdifferenz – Vorsicht

Intraokulare photometrische Interaktion

- Übersprechen – Vorsicht

Akkommodations-Konvergenz-Diskrepanz – numerische Kriterien

Andere, bei der stereoskopischen Darstellung zu berücksichtigende Faktoren

- Intraokulare zeitliche Asynchronität – Vorsicht
- Visuelle durch Bewegung hervorgerufenen Bewegungskrankheit – Vorsicht
- Vergenzgrenzen – Vorsicht

5 Ergonomische Empfehlungen

5.1 Allgemeines

Dieser Teil von ISO 9241 ist vorgesehen, das Potential für visuelle Beschwerden und visuelle Ermüdung zu verringern, die bei Betrachtern hervorgerufen werden, die stereoskopische Bilder in angemessenen

Sehbedingungen, wie in Anhang B beschrieben ansehen. Deshalb liegt der Fall, in dem stereoskopische Bilder von einer Person betrachtet werden, die nicht beabsichtigt, die Bilder anzusehen, außerhalb des Anwendungsbereichs dieses Teils von ISO 9241.

Um das Potential für visuelle Beschwerden und visuelle Ermüdung während der Betrachtung stereoskopischer Bilder zu verringern, sollte der Anbieter stereoskopischen Bildinhalts, stereoskopischer Displays und Endprodukte der stereoskopischen Darstellung den in 5.3, 5.4, und 5.6. beschriebenen Inhalt auswerten.

5.2 Sichtbedingungen

5.2.1 Allgemeines

Es ist wichtig, die Sehbedingungen für stereoskopische Darstellungen zu berücksichtigen. In dieser Hinsicht sind der vorgesehene Betrachtungsabstand, die damit verbundene Sichtgröße der stereoskopischen Darstellung und der angenommene Pupillenabstand nicht nur im Hinblick auf das wahrgenommene Ausmaß der Tiefenwahrnehmung, sondern auch in Bezug auf visuelle Ermüdung und Beschwerden wichtig.

5.2.2 Vorgesehener Betrachtungsabstand

Der vorgesehene Betrachtungsabstand einer stereoskopischen Darstellung wird bestimmt nach der Art, wie stereoskopische Bilder verwendet werden sowie nach den Bedingungen der stereoskopischen Darstellung wie Darstellungsgröße und Auflösung. Für einige Arten der stereoskopischen Displays, wie kopfverbundene Displays, kann der Abstand äquivalent zum vorgesehenen Betrachtungsabstand (d.h. Abstand zum virtuellen Bildschirm [Verweisung auf ISO 9241-305:2008, Bild 74]) verwendet werden. Der vorgesehene Betrachtungsabstand (oder äquivalenter vorgesehener Betrachtungsabstand) sollte für stereoskopischen Bildinhalt und stereoskopische Displays festgelegt werden.

5.2.3 Pupillenabstand

Bei stereoskopischen Darstellungen kann die wahrgenommene Tiefe durch den angenommenen Pupillenabstand beeinflusst werden. Obwohl im Allgemeinen ein Abstand von 60 mm angenommen werden, sollte berücksichtigt werden, dass es große individuelle Unterschiede im Pupillenabstand gibt [14] [23] und dass der Pupillenabstand von Kindern und Teenagern allgemein kleiner ist als der bei Erwachsenen [14]. Zur Anpassung stereoskopischer Displays, wie kopfverbundene Displays, wird der Bereich der Abstände in ISO 9241-303:2011, Anhang E.14 beschrieben.

5.3 Intraokulare geometrische Differenzen

5.3.1 Intraokulare vertikale Fehlausrichtung

Intraokulare vertikale Fehlausrichtung wird durch die Interaktion zwischen einer solchen vertikalen Fehlausrichtung im stereoskopischen Bildinhalt und in stereoskopischen Displays erzeugt.

Bei stereoskopischem Bildinhalt entspricht die intraokulare vertikale Fehlausrichtung der Differenz zwischen der vertikalen Position der linken und rechten Bilder eines jeden Bildrahmens. Bei stereoskopischen Displays entspricht die intraokulare vertikale Fehlausrichtung der angenommenen Differenz zwischen der vertikalen Position der linken und rechten Displaybereichen.

Für die numerischen Kriterien, die als Referenz für die intraokulare vertikale Fehlausrichtung einer stereoskopischen Darstellung verwendet werden, sollte auf C.3 verwiesen werden.

5.3.2 Intraokulare Rotationsfehlausrichtung

Intraokulare Rotationsfehlausrichtung wird durch die Interaktion zwischen einer solchen Rotationsfehlausrichtung im stereoskopischen Bildinhalt und in stereoskopischen Displays erzeugt.

Bei stereoskopischem Bildinhalt entspricht die intraokulare Rotationsfehlausrichtung der Differenz zwischen der Rotationsposition der linken und rechten Bilder eines jeden Bildrahmens. Bei stereoskopischen Displays entspricht die intraokulare Rotationsfehlausrichtung der angenommenen Differenz zwischen der Rotationsposition der linken und rechten Displaybereiche.

Für die numerischen Kriterien, die als Referenz für die intraokulare Rotationsfehlausrichtung einer stereoskopischen Darstellung verwendet werden, sollte auf C.4 verwiesen werden.

5.3.3 Intraokulare Vergrößerungsdifferenz

Intraokulare Vergrößerungsdifferenz wird durch die Interaktion zwischen einer solchen Vergrößerungsdifferenz im stereoskopischen Bildinhalt und in stereoskopischen Displays erzeugt.

Bei stereoskopischem Bildinhalt entspricht die intraokulare Vergrößerungsdifferenz der Differenz zwischen den Größen der linken und rechten Bilder eines jeden Bildrahmens. Bei stereoskopischen Displays entspricht die intraokulare Vergrößerungsdifferenz der angenommenen Differenz zwischen der Größe der linken und rechten Displaybereiche.

Für die numerischen Kriterien, die als Referenz für die intraokulare Vergrößerungsdifferenz einer stereoskopischen Darstellung verwendet werden, sollte auf C.5 verwiesen werden.

5.4 Intraokulare photometrische Differenzen

5.4.1 Intraokulare Leuchtdichtedifferenz

Intraokulare Leuchtdichtedifferenz wird durch die Interaktion zwischen einer solchen Leuchtdichtedifferenz im stereoskopischen Bildinhalt und in stereoskopischen Displays erzeugt.

Bei stereoskopischem Bildinhalt entspricht die intraokulare Leuchtdichtedifferenz der Differenz zwischen den Leuchtwerten der entsprechenden linken und rechten Bilder eines jeden Bildrahmens und können als die Differenz zwischen der Ebene der Leuchtdichte des linken und rechten Bildinhalts ausgerückt werden. Bei stereoskopischen Displays entspricht die intraokulare Leuchtdichtedifferenz der angenommenen Differenz zwischen der Ebene der Leuchtdichte der linken und rechten Displaybereiche. Bei stereoskopischen Displays mit Brille wird die intraokulare Leuchtdichtedifferenz als die Differenz zwischen der Ebene der Leuchtdichte der linken und rechten Displaybereiche betrachtet, wie diese durch die Brille gesehen werden. Bei autostereoskopischen Displays kann die intraokulare Leuchtdichtedifferenz durch die Position des linken und rechten Auges relativ zur Verteilung des Lichtstrahls vom Display beeinflusst werden und kann somit durch den Pupillenabstand und den Betrachtungsabstand beeinflusst werden.

Für die numerischen Kriterien, die als Referenz für die intraokulare Leuchtdichtedifferenz in einer stereoskopischen Darstellung verwendet werden, sollte auf C.6 verwiesen werden.

5.4.2 Intraokulare Kontrastdifferenz

Intraokulare Kontrastdifferenz wird durch die Interaktion zwischen einer solchen Kontrastdifferenz im stereoskopischen Bildinhalt und in stereoskopischen Displays erzeugt.

Bei stereoskopischem Bildinhalt entspricht die intraokulare Kontrastdifferenz der Differenz zwischen den Werten des Leuchtdichtekontrastes der entsprechenden linken und rechten Bilder eines jeden Bildrahmens. Bei stereoskopischen Displays entspricht die intraokulare Kontrastdifferenz der angenommenen Differenz zwischen der Ebene des Leuchtdichtekontrastes (dynamischer Bereich der Leuchtdichte) der linken und rechten Displaybereiche.

Aufgrund der intraokularen Kontrastdifferenz im stereoskopischen Bildinhalt, der durch die intraokularen Unterschieden in der Leuchtdichte, dem Schwarzwert und den Gammaeigenschaften beeinflusst wird, ist

dies recht schwer zu steuern. Um die Differenz auf ein so niedriges Maß wie angemessen erreichbar zu verringern, sollten Anpassungen vorgenommen werden.

ANMERKUNG Monokularer Kontrast entspricht ebenfalls einem wichtigen Faktor, der die visuelle Ermüdung beeinflussen kann. Für den Faktor des monokularen Kontrastes siehe relevante Abschnitte von ISO 9241-303:2011, 5.4.4, 5.5.2 und Anhang D.

5.4.3 Intraokulare Farbartdifferenz

Intraokulare Farbartdifferenz wird durch die Interaktion zwischen einer solchen Farbartdifferenz im stereoskopischen Bildinhalt und in stereoskopischen Displays erzeugt.

Bei stereoskopischem Bildinhalt entspricht die intraokulare Farbartdifferenz der Differenz zwischen den Werten der Farbart der entsprechenden linken und rechten Bilder eines jeden Bildrahmens. Bei stereoskopischen Displays entspricht die intraokulare Farbartdifferenz der angenommenen Differenz zwischen den Werten der Farbart der linken und rechten Displaybereiche.

Aufgrund der intraokularen Farbartdifferenz im stereoskopischen Bildinhalt, der durch die intraokularen Unterschieden in der Leuchtdichte, dem Schwarzwert und den Gammaeigenschaften beeinflusst wird, ist dies recht schwer zu steuern. Bunttöne und Sättigung sollten angepasst werden, um die [16] intraokuläre Farbartdifferenz auf ein so niedriges Maß wie angemessen erreichbar zu verringern.

5.5 Intraokulare photometrische Interaktion

5.5.1 Übersprechen

Übersprechen entspricht dem Zustand, in dem ein optischer Reiz, der in einem Auge dargestellt wird, durch den optischen Reiz belastet wird, den das andere Auge bei der stereoskopischen Darstellung aufweist. Übersprechen verringert möglicherweise nicht die Qualität der stereoskopischen Bilddarstellung und der Tiefenwahrnehmung [25] [26], könnte aber ebenfalls Beschwerden hervorrufen [11] [25]. Es ist wichtig, zu berücksichtigen, dass die Auswirkungen des Übersprechens auf visuelle Beschwerden durch die binokulare Disparation sowie den Leuchtdichtekontrast beeinflusst werden können [28]. Anpassungen sollten durchgeführt werden, um das Übersprechen auf ein so niedriges Maß wie angemessen erreichbar zu verringern.

5.6 Akkommodation — Konvergenz-Diskrepanz

Bei der stereoskopischen Darstellung können die visuellen Objekte in stereoskopischen Bildern entweder als vor oder hinter der Oberfläche der stereoskopischen Display wahrgenommen werden, abhängig von der horizontalen Disparation, die in der Tat einer relativen horizontalen Schicht zwischen den Objekten in den linken und rechten Bildern auf der Display entspricht. Wenn für ein Objekt, dessen Position so simuliert wird, dass sich diese an der Tiefe der Oberfläche der stereoskopischen Display befindet, die horizontale Disparation als Null definiert ist, so werden die positiven und negativen Werte der horizontalen Disparation im Allgemeinen wie folgt festgelegt: (i) die horizontale Disparation in der Simulation eines Objektes vor der Displayoberfläche ist definiert als ein negativer Wert; (ii) die horizontale Disparation in der Simulation eines Objektes hinter der Displayoberfläche ist definiert als ein positiver Wert.

Werden visuelle Objekte mit einem bestimmten Grad an horizontaler Disparation vor oder hinter der Oberfläche eines stereoskopischen Displays simuliert, so kann die Abstandsinformation der Akkommodation und Konvergenz unterschiedlich sein. Übersteigt die Differenz in dieser Abstandsinformation die unempfindliche Region (d. h. Fokustiefe und Fixierungsdisparation), so kann die Differenz der Faktor in der visuellen Ermüdung oder bei Beschwerden sein. Deshalb muss dieser Faktor sorgfältig geprüft werden.

Man nimmt an, dass visuelle Ermüdung und Beschwerden durch die Dauer eines bestimmten Ausmaßes der horizontalen Disparation sowie durch räumliche Verteilung und zeitliche Abweichungen der Disparität beeinflusst werden. Die horizontale Disparation sollte unter Berücksichtigung dieser Möglichkeiten betrachtet werden. Die möglichen Auswirkungen der horizontalen Disparation hinsichtlich der visuellen

Ermüdung und Beschwerden, sind in C.7 beschrieben, wo die numerischen Kriterien zu Referenzzwecken dargestellt werden.

5.7 Andere, bei der stereoskopischen Darstellung zu berücksichtigende Faktoren

Weitere Faktoren, die es bei der stereoskopischen Darstellung ebenfalls zu berücksichtigen gilt, sind intraokulare zeitliche Asynchronität, visuelle durch Bewegung hervorgerufene visuelle Ermüdung sowie Vergenzgrenzen.

Intraokulare zeitliche Asynchronität kann aufgrund von Pseudo-Übereinstimmung zwischen den linken und rechten Bildern, die visuelle Ermüdung und Beschwerden hervorrufen können (siehe D.1), unter Umständen die intraokularen geometrischen Differenzen beeinflussen. Um das Potential für die intraokulare zeitliche Asynchronität zu verringern, sollte der Erhalt der zeitlichen Synchronität zweier entsprechender Bilder in einer stereoskopischen Darstellung berücksichtigt werden.

Visuelle globale Bewegung und andere visuelle Bewegungen, die einen weiten Bereich der stereoskopischen umfassen, können abhängig von den Bedingungen die Bewegungskrankheit hervorrufen. Visuelle globale Bewegung ist abhängig vom Bildinhalt und wird im Allgemeinen durch die Bewegung der Kamera während des Aufzeichnens von Bildern hervorgerufen, die Kombinationen aus einer Rotation um sowie einer Übersetzung entlang der drei Achsen, nämlich der Nick-, Gier- und Rollachse, mit einschließen. Die Arten der globalen Bewegung und deren unerwünschte Auswirkungen sind in D.2 zusammengefasst.

Der Vergenzwinkel entspricht dem Winkel zwischen den Sichtachsen der linken und rechten Augen (siehe C.7.1). Bei Betrachtung eines Objektes in einem unbegrenzten Abstand ist der Wert dieses Winkels 0° und entspricht einem positiven Wert, wenn das Objekt in einem verminderten Abstand betrachtet wird. Werden visuelle Objekte in einer stereoskopischen Darstellung einzeln in den linken und rechten Bildern angezeigt, laufen beide Augen eines Betrachters so zusammen, um die Bilder in einer einzelnen Wahrnehmung zusammenzuführen. Das Erfordernis zur Konvergenz entspricht dem Vergenzwinkel, der zur Verschmelzung der Bilder erforderlich ist. Ein Vergenzwinkel mit einem negativen Wert, der angibt, dass zwei Sichtachsen über den Punkt der Parallelität hinaus zusammenlaufen, ist üblicherweise unter natürlichen Sehbedingungen nicht erforderlich. Stereoskopische Bilder, die es erforderlich machen, dass zwei Augenachsen weiter über diesen Punkt hinaus zusammenlaufen, sollten vermieden werden.

6 Wie die ergonomischen Empfehlungen zu verwenden sind

6.1 Allgemeines

Zur Entwicklung von Produkten der stereoskopischen Darstellung, stereoskopische Bildinhalte und stereoskopische Displays, stellt dieser Teil von ISO 9241 allgemeine Richtlinien zur Verringerung der visuellen Ermüdung und der Beschwerden zur Verfügung, die während der Betrachtung stereoskopischer Bilder erlebt werden.

Bei der Durchführung der Bewertung wie in 5.1 empfohlen, kann das Verfahren wie in 6.2 beschrieben befolgt werden.

6.2 Bericht

Zu Referenzzwecken sind die Unterabschnitte 5.3, 5.4.1, und 5.6 in Anhang E.2 aufgelistet. Anwender dieses Teils von ISO 9241 sollten die Anwendbarkeit jedes Unterabschnitts bewerten. Wird behauptet, dass ein Produkt die anwendbaren Artikel in diesen Unterabschnitten dieses Teils von ISO 9241 erfüllt hat, sollte das Verfahren, das zur Bewertung verwendet wurde, spezifiziert werden.

Anhang E stellt ein Beispiel für sowohl die Bestimmung als auch die Aufzeichnung der Anwendbarkeit des gesamten Inhalts in 5.3, 5.4.1 und 5.6 sowie zur Berichterstattung, dass diese bewertet wurden. Andere gleichwertige Formen der Berichterstattung sind ebenfalls zulässig.

Anhang A
(informativ)

Überblick über die Normenreihe ISO 9241

Dieser Anhang gibt einen Überblick über den Aufbau von ISO 9241. Eine aktuelle Übersicht über den Aufbau, die Themengebiete und den gegenwärtigen Status sind hier zu entnehmen:

ISO 9241- Normenreihe.

Der Aufbau spiegelt die ursprüngliche ISO 9241 Norm wider. Beispielsweise waren die Displays ursprünglich Teil 3 und sind jetzt die 300-Reihe. In jedem Bereich steht die „hundert“ für die Einführung in den Bereich, d. h. Teil 100 enthält eine Einführung in die Teile zur Software-Ergonomie.

Tabelle A.1 — Aufbau von ISO 9241, *Ergonomics of human-system-interaction*

Teil	Titel
1	Introduction
2	Job design
11	Hardware and software usability
20	Accessibility and human-system interaction
21-99	Freizuhaltende Nummern
100	Software ergonomics
200	Human-system interaction processes
300	Displays and display-related hardware
400	Physical input devices – Ergonomics principles
500	Workplace ergonomics
600	Environment ergonomics
700	Control rooms
900	Tactile and haptic interactions