

DIN EN ISO 9241-392



ICS 13.180

**Ergonomie der Mensch-System-Interaktion –
Teil 392: Ergonomische Anforderungen zur Reduktion visueller Ermüdung
durch stereoskopische Bilder (ISO 9241-392:2015);
Deutsche Fassung EN ISO 9241-392:2017**

Ergonomics of human-system interaction –
Part 392: Ergonomic recommendations for the reduction of visual fatigue from stereoscopic
images (ISO 9241-392:2015);
German version EN ISO 9241-392:2017

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 EN ISO 9241-392:2017

Gesamtumfang 46 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 EN ISO 9241-392:2017 durch das Technische Komitee CEN/TC 122 „Ergonomie“ übernommen, dessen Sekretariat von 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).

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*

Deutsche Fassung

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

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

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 8. Februar 2017 angenommen.

Die CEN-Mitglieder sind gehalten, die CEN/CENELEC-Geschäftsordnung zu erfüllen, in der die Bedingungen festgelegt sind, unter denen dieser Europäischen Norm ohne jede Änderung der Status einer nationalen Norm zu geben ist. Auf dem letzten Stand befindliche Listen dieser nationalen Normen mit ihren bibliographischen Angaben sind beim Management-Zentrum des CEN-CENELEC oder bei jedem CEN-Mitglied auf Anfrage erhältlich.

Diese Europäische Norm besteht in drei offiziellen Fassungen (Deutsch, Englisch, Französisch). Eine Fassung in einer anderen Sprache, die von einem CEN-Mitglied in eigener Verantwortung durch Übersetzung in seine Landessprache gemacht und dem Management-Zentrum mitgeteilt worden ist, hat den gleichen Status wie die offiziellen Fassungen.

CEN-Mitglieder sind die nationalen Normungsinstitute von Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, der ehemaligen jugoslawischen Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, Serbien, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, der Türkei, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION

CEN-CENELEC Management-Zentrum: Avenue Marnix 17, B-1000 Brüssel

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 Interokulare geometrische Differenzen	12
4.2.3 Interokulare photometrische Differenzen	13
4.2.4 Interokulare 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 Sehbedingungen	18
5.2.1 Allgemeines	18
5.2.2 Vorgesehener Betrachtungsabstand	19
5.2.3 Pupillenabstand	19
5.3 Interokulare geometrische Differenzen	19
5.3.1 Interokulare vertikale Fehlausrichtung	19
5.3.2 Interokulare Rotationsfehlausrichtung	19
5.3.3 Interokulare Vergrößerungsdifferenz	19
5.4 Interokulare photometrische Differenzen	20
5.4.1 Interokulare Leuchtdichtedifferenz	20
5.4.2 Interokulare Kontrastdifferenz	20
5.4.3 Interokulare Farbartdifferenz	20
5.5 Interokulare photometrische Interaktion	21
5.5.1 Übersprechen	21
5.6 Akkommodation-Konvergenz-Diskrepanz	21
5.7 Weitere bei der stereoskopischen Darstellung zu berücksichtigende Faktoren	21
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) Sehbedingungen	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) Bei der Bewertung visueller Ermüdung und Beschwerden zu berücksichtigende numerische Werte	26
C.1 Allgemeines	26
C.2 Verfahren zur Bildanalyse für interokulare geometrische Differenzen.....	27
C.3 Interokulare vertikale Fehlausrichtung	29
C.4 Interokulare Rotationsfehlausrichtung.....	30
C.5 Interokulare Vergrößerungsdifferenz	30
C.6 Interokulare 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 Bedingung der Beschwerden bei der Akkommodation-Konvergenz-Diskrepanz	34
C.7.4 Weitere zugehörige Faktoren	38
Anhang D (informativ) Weitere bei der stereoskopischen Darstellung zu berücksichtigende Faktoren.....	39
D.1 Interokulare zeitliche Asynchronität.....	39
D.2 Visuelle durch Bewegung hervorgerufene Bewegungskrankheit.....	39
Anhang E (informativ) Beispielverfahren 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 EN ISO 9241-392:2017 durch das Technische Komitee CEN/TC 122 „Ergonomie“ übernommen, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis September 2017, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis September 2017 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN [und/oder CENELEC] sind nicht dafür verantwortlich, einige oder alle diesbezüglichen Patentrechte zu identifizieren.

Entsprechend der CEN-CENELEC-Geschäftsordnung sind die nationalen Normungsinstitute der folgenden Länder gehalten, diese Europäische Norm zu übernehmen: Belgien, Bulgarien, Dänemark, Deutschland, die ehemalige jugoslawische Republik Mazedonien, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, Niederlande, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, Schweiz, Serbien, Slowakei, Slowenien, Spanien, Tschechische Republik, Türkei, Ungarn, Vereinigtes Königreich und Zypern.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 9241-392:2015 wurde von CEN als EN ISO 9241-392:2017 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 kommt es durch den lateralen Abstand zwischen den Augen auf jedem Auge zu einem leicht unterschiedlichen Netzhautbild. Die Vereinigung dieser Netzhautbilder durch das Gehirn erstellt eine einzelne Empfindung mit einer verbundenen Tiefenwahrnehmung, die als Stereopsis (räumliches Sehen) 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 Vereinigung resultiert im Sinneseindruck des räumlichen Sehens.

Stereoskopische Bilder sind ansprechend aufgrund ihres erhöhten Realitätsempfindens verglichen mit 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 legt Normen zur Mensch-System-Interaktion fest. Leser, die einen Leitfaden hinsichtlich weiterer Aspekte der Mensch-System-Interaktion benötigen, können Bezug nehmen auf weitere Dokumente von ISO 9241 (siehe Anhang A für einen Überblick über die gesamte Reihe von ISO 9241).

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 9241 stellt Empfehlungen auf zur Verminderung der potentiellen Sehbeschwerden sowie der visuellen Ermüdung, die bei der Betrachtung stereoskopischer Bilder unter festgelegten Sehbedingungen erlebt werden. Visuelle Ermüdung und Beschwerden könnten 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 von stereoskopischen Displays, wenn diese unter angemessenen, festgelegten Bedingungen betrachtet werden. Daher richten sich die Empfehlungen an die Verantwortlichen für Design, Entwicklung und Bereitstellung von stereoskopischem Bildinhalt sowie stereoskopischen Displays.

ANMERKUNG 1 Siehe Anhang B für angemessene Sehbedingungen.

Die Empfehlungen in diesem Teil von ISO 9241 sind anwendbar für stereoskopische Displays wie diejenigen mit Brillen und autostereoskopischen Two-View-Displays, stereoskopischen kopfverbundenen Displays und stereoskopischen Projektoren. Zudem sind sie anwendbar 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 gibt numerische Kriterien als informative Referenzwerte an.

ANMERKUNG 3 Weitere Anleitungen 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 Standards für die Übertragung fest.

ANMERKUNG 5 ISO 9241-303:2011, Anhang E, stellt Leitfäden für virtuelle Displays bereit, 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 Position eines Objekts, wenn sich der Kopf an einer feststehenden Position befindet

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

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

3.3

horizontale Disparität

Differenz der relativen Lage der visuellen Bilder eines Objektes auf den beiden Netzhäuten^{N1)}

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

3.4

Vergenzwinkel

Winkel zwischen den Sehachsen des linken und rechten Auges^{N2)}

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, das aus unterschiedlichen Geschwindigkeiten und Richtungen besteht, die in einem bewegten Bild systematisch aufeinander abgestimmt sind

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, und zwar die Rotation um und die Translation entlang der Nick-, Gier- und Rollachsen.

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 Disparität der Netzhäute wahr, die durch die binokulare Parallaxe erzeugt wird.

N1) Nationale Fußnote: Übersetzung wurde gegenüber DIN EN ISO 9241-302:2009-06, 3.5.26 angepasst.

N2) Nationale Fußnote: Übersetzung wurde gegenüber DIN EN ISO 9241-302:2009-06, 3.5.55 angepasst.

3.8

stereoskopischer Bildinhalt

Satz von Bildinformationen, der in *stereoskopischen Bildern* (3.9) resultiert, wenn er auf einem *stereoskopischen Display* (3.7) gezeigt wird

3.9

stereoskopische Bilder

auf einem stereoskopischen Display angezeigter Satz von Bildern

3.10

stereoskopische Darstellung

Darstellung stereoskopischer Bilder auf einem stereoskopischen Display

3.11

stereoskopische Ansicht

Einzelansicht, die als Ergebnis der Vereinigung der linken und rechten Ansichten einer *stereoskopischen Darstellung* (3.10) erzeugt wird, die eine *Stereopsis* (3.1) hervorruft

3.12

interokulare vertikale Fehlausrichtung

Differenz zwischen den vertikalen Positionen der linken und rechten Ansichten einer *stereoskopischen Darstellung* (3.10)

3.13

interokulare Rotationsfehlausrichtung

Differenz zwischen den Rotationspositionen der linken und rechten Ansichten einer *stereoskopischen Darstellung* (3.10)

3.14

interokulare Vergrößerungsdifferenz

Differenz zwischen der scheinbaren Größe der linken und rechten Ansichten einer *stereoskopischen Darstellung* (3.10)

3.15

interokulare geometrische Differenz

geometrische Fehlausrichtung der linken und rechten Ansichten einer *stereoskopischen Darstellung* (3.10) einschließlich *interokularer vertikaler Fehlausrichtung* (3.12), *interokularer Rotationsfehlausrichtung* (3.13), und *interokularer Vergrößerungsdifferenz* (3.14)

3.16

interokulare Leuchtdichtedifferenz

Differenz zwischen den Werten der Leuchtdichte der linken und rechten Ansichten einer *stereoskopischen Darstellung* (3.10)

3.17

interokulare Kontrastdifferenz

Differenz zwischen den Werten des Leuchtdichtekontrastes der linken und rechten Ansichten einer *stereoskopischen Darstellung* (3.10)

3.18

interokulare Farbartdifferenz

Differenz zwischen den Werten der Farbart der linken und rechten Ansichten einer *stereoskopischen Darstellung* (3.10)

3.19

interokulare photometrische Differenz

photometrische Diskrepanz zwischen der linken und rechten Ansichten einer *stereoskopischen Darstellung* (3.10) einschließlich *interokularer Leuchtdichtedifferenz* (3.16), *interokularer Kontrastdifferenz* (3.17) und *interokularer Farbartdifferenz* (3.18)

3.20

Akkommodation-Konvergenz-Diskrepanz

Differenz hinsichtlich der Abstandsinformation angegeben durch *Akkommodation* (3.5) und Konvergenzreize 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 an oder entfernter von den Betrachtern liegt als dort, wo die Bilder simuliert werden.

3.21

vorgesehener Betrachtungsabstand

Abstand oder Abstandsbereich zwischen den Augen der Betrachter und dem Bildschirm eines stereoskopischen Displays, 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 potentielle visuelle Beschwerden und visuelle Ermüdung zu verringern, die während der Ansicht stereoskopischer Bilder erlebt werden, wurden die Empfehlungen in diesem Teil von ISO 9241 basierend auf der Überprüfung derjenigen Faktoren (siehe 4.2) erstellt, die hinsichtlich des stereoskopischen optischen Reizes disparater Bilder, die binokular dargestellt werden, berücksichtigt 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 werden, sollten die Sehbedingungen ebenfalls festgelegt werden.

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

Um Anleitungen aufzustellen, müssen die oben genannten Faktoren angesichts ihrer Wichtigkeit durch Überprüfung der vier unten aufgelisteten Punkte 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 für ergonomische Leitfäden.
- d) **Verfügbarkeit von Messverfahren:** Ob Messverfahren zur Bewertung von Produkten leicht erhältlich sind.

In den folgenden Unterabschnitten werden die wesentlichen oben aufgelisteten Faktoren (Punkte 1 bis 4) hinsichtlich Punkte A und D überprüft.

4.2.2 Interokulare geometrische Differenzen

4.2.2.1 Allgemeines

Interokulare geometrische Differenzen beziehen sich auf die geometrische Fehlausrichtung der linken und rechten Ansichten einer stereoskopischen Darstellung wie z. B. interokulare vertikale Fehlausrichtung, interokulare Rotationsfehlausrichtung und interokulare Vergrößerungsdifferenz, von denen allgemein angenommen wird, dass sie visuelle Ermüdung und Beschwerden hervorrufen. Die geometrische Fehlausrichtung der linken und rechten Ansichten einer stereoskopischen Darstellung wird bestimmt durch die Interaktion solcher Differenzen in stereoskopischen Bildern und stereoskopischen Displays.

4.2.2.2 Wirksamkeit des Faktors

Selbst eine relativ geringe interokulare geometrische Differenz kann leicht Beschwerden hervorrufen und die binokulare Vereinigung erschweren.

4.2.2.3 Unvermeidbarkeit des Faktors

Interokulare geometrische Differenzen können durch eine Fehlausrichtung der linken und rechten Kameras beim Ablichten stereoskopischer Bilder und/oder durch eine Fehlausrichtung der linken und rechten angezeigten Bilder eines stereoskopischen Displays hervorgerufen werden, die diese Bilder nicht innerhalb desselben räumlichen Rahmens darstellt. Die Differenzen können teilweise verringert werden, indem während der Bearbeitung der Bilder Anpassungen vorgenommen werden sowie durch Justieren der Geräte und sorgfältiges Einstellen der Sehbedingungen.

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 den Beschwerden festlegen (z. B. siehe Literaturhinweise [13] und [19]) und so als nützliche Referenzen dienen können.