

DIN EN ISO 9241-394



ICS 13.180

Einsprüche bis 2021-12-22

Entwurf

**Ergonomie der Mensch-System-Interaktion –
Teil 394: Ergonomische Anforderungen zur Reduzierung unerwünschter
biomedizinischer Effekte der visuell induzierten Bewegungskrankheit bei
der Betrachtung elektronischer Bilder (ISO 9241-394:2020);
Deutsche und Englische Fassung prEN ISO 9241-394:2021**

Ergonomics of human-system interaction –

Part 394: Ergonomic requirements for reducing undesirable biomedical effects of visually induced motion sickness during watching electronic images (ISO 9241-394:2020);

German and English version prEN ISO 9241-394:2021

Ergonomie de l'interaction homme-système –

Partie 394: Exigences ergonomiques pour la réduction des effets biomédicaux indésirables des cinétoses induites par stimulus visuel lors de l'observation d'images électroniques (ISO 9241-394:2020);

Version allemande et anglaise prEN ISO 9241-394:2021

Anwendungswarnvermerk

Dieser Norm-Entwurf mit Erscheinungsdatum 2021-10-22 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 65 Seiten

DIN-Normenausschuss Ergonomie (NAErg)

Nationales Vorwort

Der Text von ISO 9241-394:2020 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 159 „Ergonomics“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und als prEN ISO 9241-394:2021 durch das Technische Komitee CEN/TC 122 „Ergonomie“ übernommen, dessen Sekretariat von DIN (Deutschland) gehalten wird.

Das zuständige nationale 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 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 8041	siehe	DIN EN ISO 8041*
ISO 9241-307	siehe	DIN EN ISO 9241-307
ISO 9241-392	siehe	DIN EN ISO 9241-392

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

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 8041, *Schwingungseinwirkung auf den Menschen — Messeinrichtung*

DIN EN ISO 9241-307, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 307: Analyse- und Konformitätsverfahren für elektronische optische Anzeigen*

DIN EN ISO 9241-392, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 392: Ergonomische Anforderungen zur Reduktion visueller Ermüdung durch stereoskopische Bilder*

* Norm ist zurückgezogen.

<i>Titel de:</i>	Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 394: Ergonomische Anforderungen zur Reduzierung unerwünschter biomedizinischer Effekte der visuell induzierten Bewegungskrankheit bei der Betrachtung elektronischer Bilder (ISO 9241-394:2020)
<i>Titel en:</i>	Ergonomics of human-system interaction — Part 394: Ergonomic requirements for reducing undesirable biomedical effects of visually induced motion sickness during watching electronic images (ISO 9241-394:2020)
<i>Titel fr:</i>	Ergonomie de l'interaction homme-système — Partie 394: Exigences ergonomiques pour la réduction des effets biomédicaux indésirables des cinétoses induites par stimulus visuel lors de l'observation d'images électroniques (ISO 9241-394:2020)

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	4
Vorwort	5
Einleitung	6
1 Anwendungsbereich	7
2 Normative Verweisungen	7
3 Begriffe	7
4 Allgemeine Begriffe	8
4.1 Kontexte des Bildbetrachtens	8
4.2 Grundlagen der allgemeinen Begriffe	9
4.3 Wesentliche Faktoren der VIMS	9
5 Ergonomische Anforderungen und Empfehlungen	11
5.1 Allgemeines	11
5.2 Bilder, die in passiven Betrachtungsumgebungen präsentiert werden	11
5.2.1 Potentiell unerwünschte Bedingungen der visuellen Drehung	11
5.2.2 Potentiell ungünstige Bedingungen der visuellen Drehung	12
5.2.3 Grundlage der Anforderungen und Empfehlungen	12
5.2.4 Referenzinformationen über die Auswirkungen der Kombination visueller Bewegungen	13
5.3 Bilder, die in aktiven Betrachtungsumgebungen präsentiert werden	13
5.3.1 Allgemeines	13
5.3.2 Potentiell ungünstige Bedingungen der visuellen Drehung	13
5.3.3 Referenzinformationen über die Auswirkungen der Kombinationen visueller Bewegungen	14
5.3.4 Potentiell ungünstige Bedingungen für Bilder mit großem Gesichtsfeld oder VR-HMDs	14
6 Einhaltung und Anwendungen der ergonomischen Empfehlungen	15
6.1 Allgemeines	15
6.2 Messverfahren	15
6.3 Übereinstimmungsverfahren und -bericht	15
Anhang A (informativ) Überblick über die ISO 9241-Normenreihe	16
Anhang B (informativ) Betrachtungsbedingungen	17
B.1 Allgemeines	17
B.2 Einstellung der Betrachtungsposition und der Körperhaltung	17
B.3 Bestätigung klarer und angemessener visueller Bilder	17
B.4 Betrachtungsdauer	17
Anhang C (informativ) Auswirkungen der Kombination visueller Bewegungen	18
C.1 Allgemeines	18
C.2 Abbruchrate und SSQ-Gesamtpunktzahl	18
C.3 SSQ-Gesamtpunktzahl und Gesamtbetrag der visuellen Drehung um die Gier-, Nick- und Rollachsen	20
C.4 Schweregradindex der VIMS	21
Anhang D (informativ) Allgemeine Verfahren zur Abmilderung von VIMS	23

D.1	Für Anwender aktiver Betrachtungsumgebungen und passiver Betrachtungsumgebungen	23
D.2	Für Anwender aktiver Betrachtungsumgebungen	23
D.3	Für aktive Betrachtungsumgebungen durch Kopfverfolgung	23
D.4	Für aktive und passive Betrachtungsumgebungen.....	24
Anhang E (informativ) Messverfahren visueller globaler Bewegung.....		25
E.1	Allgemeines	25
E.2	Grundlegender Rahmen für die Schätzung der visuellen Drehung	25
E.3	Schätzung des LMV	25
E.4	Schätzung des GMV	26
E.5	Messprozess visueller globaler Bewegung	27
E.6	Einschränkung.....	27
Anhang F (informativ) Messverfahren der Zeitverzögerung der Kopfverfolgung.....		28
F.1	Allgemeines	28
F.2	Konfiguration des Systems	28
F.3	Messprozess der Zeitverzögerung	28
Anhang G (informativ) Beispielverfahren zur Bewertung der Anwendbarkeit und Konformität		29
G.1	Allgemeines	29
G.2	Liste der Anforderungen und Empfehlungen	29
G.3	Verwendung der Checkliste.....	29
Anhang H (informativ) Individuelle Betrachterfaktoren.....		31
H.1	Allgemeines	31
H.2	Anfälligkeit für die Bewegungskrankheit	31
H.3	Geschlecht	31
H.4	Alter	31
Literaturhinweise.....		32

Europäisches Vorwort

Der Text von ISO 9241-394:2020 wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 159 „Ergonomics“ der Internationalen Organisation für Normung (ISO) erarbeitet und vom Technischen Komitee CEN/TC 122 „Ergonomie“ als prEN ISO 9241-394:2021 übernommen, dessen Sekretariat von DIN gehalten wird.

Dieses Dokument ist derzeit zur CEN-Umfrage vorgelegt.

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO/DIS 9241-394:2020 wurde von CEN als prEN ISO 9241-394:2021 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

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

Vorwort

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

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

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

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

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

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

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.

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

Einleitung

Mit dem Fortschritt in der Bildtechnologie ist es nun möglich, verschiedene neue Arten von Bildern über verschiedene Arten von elektronischen Anzeigeeinrichtungen zu erleben, z. B. ultrahochauflösende (en: ultra-high definition, UHD) Bilder und Bilder der virtuellen Realität. Diese Technologien machen unser tägliches Leben bequemer und ermöglichen andere Lebensstile.

Die neuen Produkte fortschrittlicher Bildtechnologien können sowohl durch die Lösung technischer Probleme als auch durch die Entwicklung von Gegenmaßnahmen zur Verringerung unerwünschter biomedizinischer Effekte, wie z. B. der visuell induzierten Bewegungskrankheit (en: visually induced motion sickness, VIMS), breiteren Kreisen zugänglich gemacht werden.

In diesem Dokument werden die grundlegenden und minimalen Bedingungen für die Verringerung der Häufigkeit der visuell induzierten Bewegungskrankheit beschrieben. Es soll ein Umfeld geschaffen werden, in dem die Betrachter die Vorteile von Bildern genießen können, ohne die negativen Auswirkungen der visuell induzierten Bewegungskrankheit zu spüren. In einem solchen Umfeld können auch neue Bildtechnologien aktiv entwickelt und in verschiedenen Bereichen eingesetzt werden. Dieses Dokument zielt nicht darauf ab, die Freiheit der Meinungsäußerung oder der künstlerischen Kreativität in der Bildkultur einzuschränken.

Dieses Dokument basiert auf wissenschaftlichen Erkenntnissen über die möglichen unerwünschten Auswirkungen der visuell induzierten Bewegungskrankheit. In Zukunft könnte dieses Dokument überarbeitet werden, wenn neue wissenschaftliche Daten zur Verfügung stehen.

Dieses Dokument gehört zur Reihe der ISO 9241-Normen, die Standards für die Mensch-System-Interaktion festlegt. Leser, die Anleitungen zu anderen Aspekten der Mensch-System-Interaktion benötigen, können daher auf andere Dokumente der ISO 9241-Reihe zurückgreifen. In Anhang A ist ein Überblick über die Reihe ISO 9241-Normen aufgeführt.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt die Anforderungen und Empfehlungen für Bildinhalte und elektronische Anzeigesysteme fest, um die visuell induzierte Bewegungskrankheit (VIMS) bei der Betrachtung von Bildern auf elektronischen Anzeigen zu reduzieren.

Dieses Dokument gilt für elektronische Anzeigesysteme, einschließlich Flachbildschirme, Projektoren mit einem Bildschirm und auf dem Kopf getragene Anzeigen für virtuelle Realität (VR), jedoch nicht für auf dem Kopf getragene Anzeigen, die elektronische Bilder an oder mit realen Szenen darstellen.

ANMERKUNG 1 In diesem Dokument wird davon ausgegangen, dass die Bilder unter entsprechend definierten Bedingungen betrachtet werden. In Anhang B sind angemessene Betrachtungsbedingungen beschrieben.

ANMERKUNG 2 Dieses Dokument ist nützlich für die Gestaltung, Entwicklung und Bereitstellung von Bildinhalten sowie von elektronischen Anzeigen zur Reduzierung von VIMS.

ANMERKUNG 3 ISO 9241-392 [3] gibt Leitlinien für stereoskopische 3D-Displays, deren Methoden auch in HMDs verwendet werden an.

ANMERKUNG 4 Die International Telecommunication Union (ITU) legt im Allgemeinen die Standards für die Ausstrahlung.

2 Normative Verweisungen

Es gibt keine normativen Verweisungen in diesem Dokument.

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die Begriffe nach ISO 9241-302 und die folgenden Begriffe.

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

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

3.1

visuell induzierte Bewegungskrankheit

VIMS, en: visually induced motion sickness

bewegungskrankheitsähnliche Symptome, die durch wahrgenommene Bewegungen in der visuellen Umgebung ausgelöst werden, z. B. beim Betrachten von Filmen und Bildschirmdarstellungen von Videospielen

Anmerkung 1 zum Begriff: Zu den Symptomen gehören Schwindelgefühl, Drehschwindel, Schweißausbrüche, ein seltsames Gefühl im Magen und Übelkeit, die bis zum Erbrechen gehen kann.

3.2

Schwindelgefühl

körperliche Unruhe, Gleichgewichtsstörungen oder Benommenheit

3.3

Drehschwindel

Gefühl der Drehung oder Bewegung der eigenen Person (subjektiver Drehschwindel) oder der Drehung oder Bewegung der Umgebung (objektiver Drehschwindel) in einer beliebigen Ebene

3.4

Instabilität der Körperhaltung

Reihe von Bedingungen, unter denen willkürliche Bewegungen zur Aufrechterhaltung der Körperhaltung nicht gut koordiniert werden können

3.5

Desorientierung

Verlust des Orientierungssinns, der Position oder der Beziehung zur Umgebung

3.6

visuelle globale Bewegung

weiter räumlicher Bereich der Bildbewegung im Gesichtsfeld, der sich aus verschiedenen Geschwindigkeiten und Richtungen zusammensetzt, die in einem bewegten Bild systematisch aufeinander abgestimmt sind

Anmerkung 1 zum Begriff: Im Allgemeinen gibt es sechs Arten von visuellen globalen Bewegungen, die den verschiedenen Arten von Bewegungen einer Kamera während der Aufnahme von Bildern entsprechen: Drehung um und Translation entlang der Nick-, Gier- und Rollachsen.

3.7

auf dem Kopf getragene Anzeige

HMD, en: head-mounted display

Anzeigeeinrichtung, die auf dem Kopf getragen wird, in eine Brille integriert oder in einen Helm oder einen Hut eingebaut ist

3.8

virtuelle Realität

VR

Reihe künstlicher Bedingungen, die durch Computer und spezielle elektronische Geräte geschaffen werden, die visuelle Bilder und möglicherweise andere sensorische Informationen aus der Umgebung eines Nutzers simulieren, mit denen der Anwender interagieren kann

Anmerkung 1 zum Begriff: Die künstlichen Bedingungen spiegeln nicht die physische Umgebung des Nutzers in Echtzeit wider.

4 Allgemeine Begriffe

4.1 Kontexte des Bildbetrachtens

Es werden zwei verschiedene Betrachtungsumgebungen für die Bildbetrachtung definiert, um VIMS zu reduzieren. Eine davon ist die aktive Betrachtungsumgebung, in der entweder die Bewegung, die Ausrichtung oder andere angezeigte Bildinhalte je nach den Aktionen des Betrachters wie Kopfbewegungen oder die Bedienung von Steuerungselementen variieren. Die andere ist die passive Betrachtungsumgebung, in der die angezeigten Bildinhalte nicht von den Handlungen der Betrachter abhängen. In der aktiven Betrachtungsumgebung werden die Änderungen der angezeigten Inhalte durch die Verfolgung des Kopfes der Betrachter oder durch die Bedienung des Steuerungselements durch die Betrachter verursacht. In diesem Dokument werden die Kontexte der Bildbetrachtung in den beiden Betrachtungsumgebungen wie folgt dargestellt:

- passive Betrachtungsumgebung:
 - Anzeigeeinrichtung: Flachbildschirm, Projektor oder auf dem Kopf getragene Anzeige;
 - Bilderzeugung: Wiedergabe in Echtzeit oder Wiedergabe aufgezeichneter Bilder;
 - Bildgröße im Sehwinkel: je nach Anwendung und Anzeigegerät;
 - interaktive Art: keine;

- aktive Betrachtungsumgebung:
 - Anzeigeeinrichtung: Flachbildschirm, Projektor oder auf dem Kopf getragene Anzeige;
 - Bilderzeugung: Wiedergabe in Echtzeit;
 - Bildgröße im Sehwinkel: je nach Anwendung und Anzeigegerät;
 - interaktive Art: Kopfverfolgung und/oder Bedienelement.

4.2 Grundlagen der allgemeinen Begriffe

Dieses Dokument enthält die grundlegenden und minimalen Bedingungen für die Verringerung der Häufigkeit von VIMS, vor allem unter dem Gesichtspunkt der Übelkeitssymptome wie Benommenheit, Schwitzen, Kopfschmerzen, Unwohlsein, Übelkeit und Erbrechen. In diesem Unterabschnitt werden die Referenzen als Grundlage für die Leitlinien anhand von Literatur und Zusammenfassungen sowie anhand der von diesen im Fragebogen zur Simulatorkrankheit (en: simulator sickness questionnaire, SSQ) angegebenen Werte überprüft.

Übelkeitssymptome spiegeln sich in den Abbruchraten bei verschiedenen Versuchen mit VIMS und Simulatortraining wieder. Die Beziehung zwischen Abbruchraten und SSQ-Gesamtpunktzahl (SSQ-TS) wurde geklärt [4]. Es wurde auch berichtet, dass die Abbruchraten mit dem Übelkeits-Subscore des SSQ (SSQ-N) korreliert sind [4]. Die Bedingungen für eine Verringerung der VIMS können in gewissem Maße durch eine Senkung des SSQ-TS (und/oder des SSQ-N) berücksichtigt werden. Der in C.4 beschriebene VIMS-Schweregradindex basiert auf dem SSQ-TS.

In der Zwischenzeit wurde in der Literatur über einen weiteren Aspekt im Zusammenhang mit VIMS berichtet, nämlich die Desorientierung, die nach VR-Exposition auftritt. Desorientiertheit unterscheidet sich von Übelkeitssymptomen dadurch, dass sie das Gleichgewicht des Körpers beeinträchtigt. Während Haltungsschwankungen während der VR-Exposition eine negative Auswirkung unter dem Gesichtspunkt der physischen Sicherheit bei der VR-Erfahrung darstellen, ist die Desorientierung nach der VR-Exposition in erster Linie als Nachwirkung unter dem Gesichtspunkt der physischen Sicherheit nach der Rückkehr in die reale Umgebung zu betrachten. Die Desorientierung nach VR-Exposition kann durch den Desorientierungs-Subscore des SSQ (SSQ-D) [5] wiedergegeben werden.

Die unterschiedlichen Ausprägungen der Übelkeitssymptome und der Desorientierung nach VR-Expositionen sind auch hinsichtlich der zeitlichen Verläufe zu berücksichtigen. Werden Betrachter wiederholt Umgebungen ausgesetzt, die leicht VIMS auslösen, werden die Übelkeitssymptome bekanntlich durch die Gewöhnung an die Umgebungen erheblich reduziert. Darüber hinaus wurde berichtet, dass bei wiederholtem Kontakt mit virtuellen Umgebungen die Desorientierung jedes Mal zunimmt, wenn der Betrachter in die reale Umgebung zurückkehrt. Mit anderen Worten: Die Haltungsschwankungen nehmen zu. Daher ist es von größter Bedeutung, diese Art von unerwünschten Wirkungen, d. h. Desorientierung sowie Übelkeitssymptome zu berücksichtigen. Um die Desorientierung zu verringern, können die in Abschnitt D.1 und Abschnitt D.2 beschriebenen allgemeinen Methoden als Gegenmaßnahme nützlich sein.

4.3 Wesentliche Faktoren der VIMS

Es ist bekannt, dass VIMS von verschiedenen Faktoren beeinflusst wird. Unter diesen ist der wichtigste Faktor die visuelle Bewegung innerhalb der Bilder. Sie kann durch visuelle Bildfaktoren, visuelle Umgebungsfaktoren und individuelle Betrachterfaktoren entweder verstärkt oder abgeschwächt werden.

VIMS kann bis zu einem gewissen Grad reduziert werden, indem andere wichtige Faktoren berücksichtigt werden, wie z. B. die unten aufgeführten, je nach Kontext der Bildbetrachtung. Um VIMS zu kontrollieren, müssen daher diese verschiedenen wichtigen Faktoren gleichzeitig und in einem angemessenen Verhältnis berücksichtigt werden.

Passive Betrachtungsumgebung:

- Betrag der visuellen globalen Drehung:
 - verschiedene Arten von visuellen globalen Drehungen;
 - Geschwindigkeit der visuellen globalen Drehung;
 - Betrachtungsdauer;
- Bildgröße im Gesichtsfeld;
- Fixierungspunkt/visuelles Ziel;
- Navigationsgeschwindigkeit;
- prädiktive Informationen über die Eigenbewegung;
- unabhängiger Hintergrund von visuellen Bewegungen.

Aktive Betrachtungsumgebung:

- Betrag der visuellen globalen Drehung:
 - verschiedene Arten von visuellen globalen Drehungen;
 - Geschwindigkeit der visuellen globalen Drehung;
 - Betrachtungsdauer;
- Bildgröße im Gesichtsfeld;
- Fixierungspunkt/visuelles Ziel;
- Navigationsgeschwindigkeit;
- prädiktive Informationen über die Eigenbewegung;
- unabhängiger Hintergrund von visuellen Bewegungen;
(für die Umwelt insbesondere durch Kopfverfolgung)
- Übereinstimmung des Gesichtsfelds zwischen virtueller Kamera und Anzeige (insbesondere bei Bildern mit großem Gesichtsfeld oder VR-HMD);
- Übereinstimmung von Kopfbewegung und visueller Bewegung (insbesondere bei Bildern mit großem Gesichtsfeld oder VR-HMD);
- Verzögerung bei der Kopfverfolgung.

5 Ergonomische Anforderungen und Empfehlungen

5.1 Allgemeines

Um eine Bedingung zu schaffen, die die Wahrscheinlichkeit von VIMS ausreichend reduziert, müssen visuelle Bildfaktoren, visuelle Umgebungsfaktoren und individuelle Betrachterfaktoren berücksichtigt werden. In diesem Dokument geht es jedoch vor allem um die folgenden Punkte:

- visuelle Bildfaktoren wie Geschwindigkeit und Arten der globalen visuellen Bewegung und Betrachtungsdauer und
- visuelle Umgebungsfaktoren wie Bildgröße im Gesichtsfeld, Fixierungspunkt/visuelles Ziel, Leuchtdichte der Bilder, Beleuchtungsstärke der Umgebung, Bildauflösung und Verzögerung der Kopfverfolgung.

Individuelle Betrachterfaktoren sind in Anhang G zu finden.

ANMERKUNG Die Grundsätze in 5.2 sind bei vorausgezeichneten Inhalten, die Bildschirminhalt für Bildschirminhalt analysiert werden können, leichter anzuwenden. Interaktive Medien, wie z. B. Videospiele, können je nach den Handlungen des Anwenders praktisch unbegrenzte Sequenzen während des Spiels bieten. Bei Videospielen gelten die Anforderungen und Empfehlungen für typische Spielsequenzen, können aber nicht alle Eventualitäten des Spiels abdecken.

5.2 Bilder, die in passiven Betrachtungsumgebungen präsentiert werden

5.2.1 Potentiell unerwünschte Bedingungen der visuellen Drehung

Potentiell unerwünschte Bedingungen der visuellen Drehung müssen verhindert werden.

Potentiell unerwünschte Bedingungen der visuellen Drehung sind definiert als solche, die eine der folgenden Bedingungen erfüllen.

- a) Der Gesamtbetrag der Gierdrehung der Bilder innerhalb eines 20-minütigen Zeitraums beträgt zu jedwedem Zeitpunkt mehr als 17 280° (oder 48 Runden).
- b) Der Gesamtbetrag der Neigungsdrehung der Bilder innerhalb eines 20-minütigen Zeitraums beträgt zu jedwedem Zeitpunkt mehr als 15 120° (oder 42 Runden).
- c) Der Gesamtbetrag der Rolldrehung der Bilder innerhalb eines 20-minütigen Zeitraums beträgt zu jedwedem Zeitpunkt mehr als 14 400° (oder 40 Runden).

ANMERKUNG Die oben genannten Kriteriumswerte werden angewandt, während die Bildgröße im Gesichtsfeld als im Bereich von 30° × 17° bis 70° × 40° angenommen wird.

5.2.2 Potentiell ungünstige Bedingungen der visuellen Drehung

Potentiell ungünstige Bedingungen der visuellen Drehung sollten verhindert werden.

Potentiell ungünstige Bedingungen der visuellen Drehung sind definiert als solche, die eine der folgenden Bedingungen erfüllen.

- a) Der Gesamtbetrag der Gierdrehung der Bilder innerhalb eines 20-minütigen Zeitraums beträgt zu jedwedem Zeitpunkt mehr als $12\,960^\circ$ (oder 36 Runden).
- b) Der Gesamtbetrag der Neigungsdrehung der Bilder innerhalb eines 20-minütigen Zeitraums beträgt zu jedwedem Zeitpunkt mehr als $11\,520^\circ$ (oder 32 Runden).
- c) Der Gesamtbetrag der Rolldrehung der Bilder innerhalb eines 20-minütigen Zeitraums beträgt zu jedwedem Zeitpunkt mehr als $10\,800^\circ$ (oder 30 Runden).

ANMERKUNG 1 Die oben genannten Kriteriumswerte werden angewandt, während die Bildgröße im Gesichtsfeld als im Bereich von $30^\circ \times 17$ oder größer angenommen wird.

ANMERKUNG 2 In bestimmten Anwendungsfällen, z. B. in der Medizin, können visuelle Bilder vergrößert werden. In solchen Fällen kann der Betrag der Drehung unterbewertet werden, wenn er durch die tatsächliche Kameradrehung ermittelt wird.

5.2.3 Grundlage der Anforderungen und Empfehlungen

In 5.2.1, 5.2.2 und 5.3.2 wurden die numerischen Kriterien auf der Grundlage des Verhältnisses zwischen der Abbruchrate und des Gesamtbetrags der Drehungen festgelegt, die in den Bildern auf elektronischen Anzeigen in den Versuchen von VIMS [6] dargestellt werden. Dabei wurde die Abbruchrate durch Umformung der experimentell ermittelten SSQ-TS nach Formel (1) ermittelt (siehe Bild C.1):

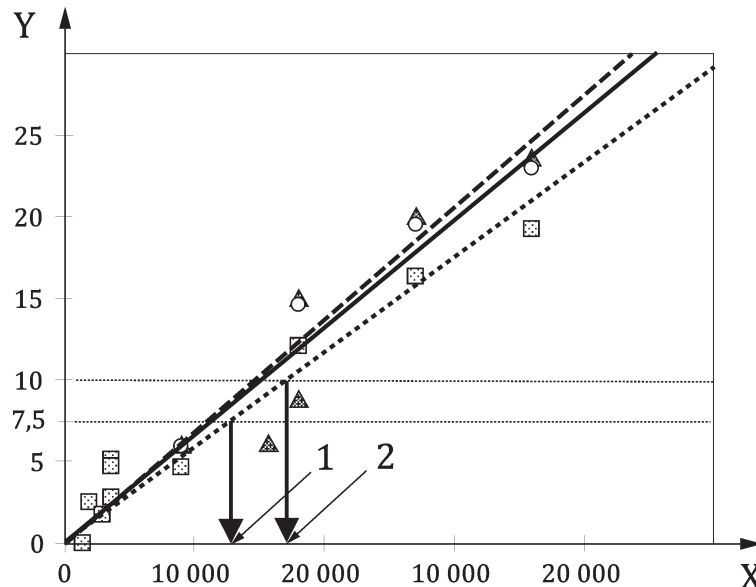
$$Y = 0,005\,7X^2 + 0,744X - 3,973\,9, R^2 = 0,352\,4 \quad (1)$$

Dabei ist

X der Mittelwert von SSQ-TS;

Y die Abbruchrate (%).

Diese Beziehungen zwischen der Abbruchrate und der Gesamtdrehung sind in Bild 1 dargestellt, mit angepassten linearen Linien für die einzelnen Daten der Nick-, Roll- und Gierachsendrehung. Wie aus dem Diagramm hervorgeht, werden die Kriterien für die Anforderungen auf 10 % der Abbruchrate festgelegt, während die Kriterien für die Empfehlungen auf 7,5 % der Abbruchrate festgelegt werden.



Legende

X Gesamtbetrag der Drehung um eine einzige Achse in 20 min (°)

Y Abbruchrate (%)

□ Gierung
 ▲ ————— Neigung
 ○ - - - - - Rolle

1 Kriterium für die Empfehlung der Gierung
 2 Kriterium für die Anforderung der Gierung

Bild 1 — Verhältnis zwischen der Abbruchrate und dem Gesamtbetrag der Drehung um jede der drei Achsen

5.2.4 Referenzinformationen über die Auswirkungen der Kombination visueller Bewegungen

Siehe Abschnitt C3 für die Berücksichtigung die Auswirkungen der Kombination visueller Bewegungen.

5.3 Bilder, die in aktiven Betrachtungsumgebungen präsentiert werden

5.3.1 Allgemeines

Bei Bildern in aktiven Betrachtungsumgebungen sind die wichtigsten zu berücksichtigenden Faktoren die in 5.2 beschriebenen visuellen Bewegungen sowie die für diese Umgebungen spezifischen Faktoren, wie z. B.:

- die Zeitverzögerung des Bildwechsels in Abhängigkeit von den Signalen der Kopfverfolgung oder der Steuerungselemente;
- die Konsistenz des Gesichtsfelds zwischen der virtuellen Kamera und den dargestellten Bildern, insbesondere bei Bildern mit großem Gesichtsfeld oder bei VR-HMDs mit Kopfverfolgungssystem und
- die Konsistenz von Richtung und Betrag der Kopfbewegungen mit der Bildbewegung.

5.3.2 Potentiell ungünstige Bedingungen der visuellen Drehung

Potentiell ungünstige Bedingungen der visuellen Drehung, die nicht durch Kopfbewegungen verursacht werden, sollten verhindert werden.

Potentiell ungünstige Bedingungen der visuellen Drehung sind definiert als solche, die eine der folgenden Bedingungen erfüllen.

- a) Der Gesamtbetrag der Gierdrehung der Bilder innerhalb eines 20-minütigen Zeitraums beträgt zu jedwedem Zeitpunkt mehr als $17\ 280^\circ$ (oder 48 Runden).
- b) Der Gesamtbetrag der Neigungsdrehung der Bilder innerhalb eines 20-minütigen Zeitraums beträgt zu jedwedem Zeitpunkt mehr als $15\ 120^\circ$ (oder 42 Runden).
- c) Der Gesamtbetrag der Rolldrehung der Bilder innerhalb eines 20-minütigen Zeitraums beträgt zu jedwedem Zeitpunkt mehr als $14\ 400^\circ$ (oder 40 Runden).

Die oben genannten Drehungen werden nicht durch Kopfverfolgung erzeugt.

ANMERKUNG 1 In diesem Dokument werden nur die Empfehlungen für die visuelle Drehung in aktiven Betrachtungsumgebungen beschrieben, die sich von der passiven Betrachtungsumgebung unterscheiden, was nicht unbedingt bedeutet, dass aktive Betrachtungsumgebungen im Allgemeinen weniger schwerwiegend sind als passive Betrachtungsumgebungen.

ANMERKUNG 2 Die oben genannten Kriteriumswerte werden angewandt, während die Bildgröße im Gesichtsfeld als im Bereich von $30^\circ \times 17$ oder größer angenommen wird.

ANMERKUNG 3 In bestimmten Anwendungsfällen, z. B. in der Medizin, können visuelle Bilder vergrößert werden. In solchen Fällen kann der Betrag der Drehung unterbewertet werden, wenn er durch die tatsächliche Kameradrehung ermittelt wird.

5.3.3 Referenzinformationen über die Auswirkungen der Kombinationen visueller Bewegungen

Siehe Abschnitt C3 für die Berücksichtigung die Auswirkungen der Kombination visueller Bewegungen.

5.3.4 Potentiell ungünstige Bedingungen für Bilder mit großem Gesichtsfeld oder VR-HMDs

Potentiell ungünstige Bedingungen für Bilder mit großem Gesichtsfeld oder VR-HMDs sollten wie folgt vermieden werden:

- a) das Gesichtsfeld der virtuellen Kamera und das der dargestellten Bilder sollten so weit wie möglich übereinstimmen;
- b) die Richtung und Geschwindigkeit der virtuellen Kamerabewegung und der Kopfbewegung des Anwenders sollten so weit wie möglich übereinstimmen.

ANMERKUNG 1 Für die Darstellung von stereoskopischen 3D-Bildern mit einem weiten Sichtfeld oder VR-HMDs siehe ISO 9241-392 [3].

ANMERKUNG 2 Die Anpassung von Richtung und Geschwindigkeit der virtuellen Kamerabewegung an die Kopfbewegung des Anwenders kann durch verschiedene Faktoren beeinflusst werden, darunter die statischen/dynamischen Merkmale der Erkennung in Bewegung befindlicher Geräte in HMDs.

ANMERKUNG 3 Die Zeitverzögerung beim Wechsel des visuellen Bildes, die dem angezeigten Bild der Kopfbewegungen des Anwenders entspricht, kann VIMS beeinflussen. In einer Studie wurde berichtet, dass der primäre Faktor der Zeitverzögerung, der VIMS auslöst, die zeitliche Variabilität war [7]. Das Beispielverfahren zur Messung ist in Anhang F beschrieben.

6 Einhaltung und Anwendungen der ergonomischen Empfehlungen

6.1 Allgemeines

Für die Entwicklung von Bildinhalten und elektronischen Anzeigen liefert dieses Dokument die ergonomischen Anforderungen und Empfehlungen zur Reduzierung von VIMS.

Um die Anforderungen in Abschnitt 5 zu erfüllen, sollte das in Abschnitt 6.3 beschriebene Verfahren unter Einsatz der in Abschnitt 6.2 beschriebenen Bewertungsmethoden angewendet werden.

Um die Empfehlungen in Abschnitt 5 zu befolgen, kann das in Abschnitt 6.3 beschriebene Verfahren unter Einsatz der in Abschnitt 6.2 beschriebenen Bewertungsmethoden angewendet werden.

6.2 Messverfahren

Für die Bewertung elektronischer visueller Bilder nach den in 5.2.1, 5.2.2 und 5.3.2 beschriebenen Punkten ist die Messung von gepixelten Videosignalen, die an elektronische optische Anzeigen übertragen werden, wesentlich. Das Messverfahren ist in Anhang E beschrieben.

6.3 Übereinstimmungsverfahren und -bericht

Die Übereinstimmung mit diesem Dokument wird durch die Erfüllung aller geltenden Anforderungen erreicht. Für die in diesem Dokument enthaltenen Empfehlungen können die Bewertungen der Produkte angegeben werden. Zu Referenzzwecken sind die Abschnitte, die die Anforderungen enthalten, und die, die die Empfehlungen enthalten, in Abschnitt G.2 aufgeführt. Die Benutzer dieses Dokuments müssen die Anwendbarkeit jeder Anforderung bewerten und sollten die Anwendbarkeit jeder Empfehlung bewerten. Wird für ein Produkt behauptet, es erfülle die anwendbaren Punkte in den Anforderungen, so muss das bei der Bewertung des Produkts angewandte Verfahren angegeben werden. Wird für ein Produkt behauptet, es erfülle die anwendbaren Punkte in den Empfehlungen, so sollte das bei der Bewertung des Produkts angewandte Verfahren angegeben werden.

Anhang G enthält ein Beispiel für die Bestimmung und Aufzeichnung der Anwendbarkeit aller Anforderungen und Empfehlungen in Abschnitt 5 sowie für die Angabe, dass sie bewertet wurden. Andere gleichwertige Formen des Berichts sind zulässig.

Anhang A (informativ)

Überblick über die ISO 9241-Normenreihe

In Tabelle A.1 ist ein Überblick über die Struktur der ISO 9241-Reihe aufgeführt.

Die Struktur spiegelt die Nummerierung der ursprünglichen ISO 9241-Norm wider; so waren z. B. Anzeigen ursprünglich in der ISO 9241-3 und sind jetzt in der ISO 9241-300-Normenreihe erfasst. In jedem Abschnitt gibt der „Hunderter“ eine Einführung in den jeweiligen Abschnitt. ISO/TR 9241-100 bietet zum Beispiel eine Einführung in die Software-Ergonomie-Teile.

Tabelle A.1 — Struktur der ISO 9241-Normenreihe, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion*

Teil	Titel
1	Einführung
2	Anforderungen an die Arbeitsaufgaben – Leitsätze
11	Gebrauchstauglichkeit: Begriffe und Konzepte
20	Leitlinien für die Zugänglichkeit der Geräte und Dienste in der Informations- und Kommunikationstechnologie
21–99	noch zuzuordnen
100	Software-Ergonomie
200	Prozesse der Mensch-System-Interaktion
300	Anzeigen und anzeigenbezogene Hardware
400	Physikalische Eingabegeräte — Ergonomische Grundsätze
500	Ergonomische Grundsätze der Benutzungsumgebung
600	Ergonomische Grundsätze der Umgebung
700	Spezielle Anwendungsdomänen
800	noch zuzuordnen
900	Taktile und haptische Interaktionen

Anhang B (informativ)

Betrachtungsbedingungen

B.1 Allgemeines

Um die Gefahr von VIMS beim Betrachten bewegter Bilder zu verringern, sind geeignete Betrachtungsbedingungen wichtig. Für die Anbieter von Bildinhalten, elektronischen Anzeigen und Endprodukten der Bildpräsentation ist es sinnvoll, die Betrachter über die folgenden Informationen zu den Betrachtungsbedingungen zu informieren.

B.2 Einstellung der Betrachtungsposition und der Körperhaltung

Im Allgemeinen wird davon ausgegangen, dass bewegte Bilder mit einem bestimmten Betrachtungsabstand zur elektronischen Anzeigefläche betrachtet werden. Wenn der Betrachtungsabstand kürzer ist als angenommen, kann die visuelle Ermüdung verstärkt werden, was sich auf den Schweregrad von VIMS auswirken kann. Außerdem führen kürzere Betrachtungsabstände im Allgemeinen zu größeren Bildgrößen des Gesichtsfeldes, was bekannt dafür ist, VIMS [8] [9] [10] möglicherweise zu verstärken.

Für hochauflösende Bilder mit einem Seitenverhältnis von 16:9 wird als Betrachtungsabstand die dreifache Höhe der Anzeigefläche (3H, oder $3 \times$ Höhe [2]) oder der Bereich der dreifachen bis sechsfachen Höhe der Anzeigefläche [11] empfohlen. Der Betrachtungsabstand ist einer der Faktoren, der die Größe des Gesichtsfeldes von bewegten Bildern bestimmt. Unabhängig vom Betrachtungsabstand ist es für die Betrachter nützlich, über den angenommenen Betrachtungsabstand informiert zu werden.

B.3 Bestätigung klarer und angemessener visueller Bilder

Wenn der Betrachter während der Betrachtung stereoskopischer Bilder doppelt sieht oder keine Stereopsie wahrnimmt, sollte er die Betrachtung der Bilder unterbrechen und die Einstellungen für den stereoskopischen Bildinhalt, die stereoskopische Anzeige und die Betrachtungsbedingungen überprüfen. Wenn der Betrachter beim Betrachten stereoskopischer Bilder Unbehagen empfindet, kann eine Pseudostereopsie vorliegen, bei der das linke und das rechte Bild vertauscht sind, was zu einer umgekehrten binokularen Parallaxe führt. Wenn der Betrachter feststellt, dass eine Pseudostereopsie aufgetreten ist, ist es ratsam, die Ursache für die Pseudostereopsie zu beseitigen oder die Betrachtung der stereoskopischen Bilder zu beenden.

Es gibt individuelle Unterschiede darin, wie Menschen Stereopsie, visuelle Ermüdung, Unbehagen und VIMS beim Betrachten stereoskopischer Bilder erleben. Wenn der Betrachter keine Stereopsie erfährt oder selbst bei der Betrachtung entsprechend eingestellter stereoskopischer Bilder und Bildschirme Unbehagen verspürt, ist es ratsam, die Betrachtung der stereoskopischen Bilder einzustellen.

B.4 Betrachtungsdauer

Selbst wenn die in Abschnitt C.2 und Abschnitt C.3 beschriebenen Bedingungen berücksichtigt werden, kann eine lange Zeit der Bildbetrachtung zu visueller Ermüdung und Unbehagen führen, was den Schweregrad von VIMS beeinflussen kann. Wenn der Betrachter während der Betrachtung der Bilder visuelle Ermüdung, Unbehagen oder VIMS (typische Symptome sind Schwindel, Drehschwindel, Schweißausbrüche, seltsame Gefühle im Magen und Übelkeit) verspürt, ist eine Pause ratsam.

Anhang C (informativ)

Auswirkungen der Kombination visueller Bewegungen

C.1 Allgemeines

Bilder, die in der Regel als Konsumgüter vertrieben werden, enthalten üblicherweise verschiedene Kombinationen visueller Bewegungen, die sechs Freiheitsgrade haben, was bedeutet, dass diese visuellen Bewegungen in die Drehung um und die Translation entlang der Gier-, Nick- und Rollachsen zerlegt werden können. In 5.2 und 5.3 werden in den Anforderungen und Empfehlungen die numerischen Kriterien für eine einachsige Drehung festgelegt. Für Leser, die an der Betrachtung der unerwünschten Auswirkungen (auf VIMS) der visuellen Bewegungskombination interessiert sind, ist der in Abschnitt C.4 beschriebene Schweregradindex von VIMS nützlich.

Der Index ist, wie in Abschnitt C.2 und Abschnitt C.3 gezeigt, informativer, da er den Hintergrund und die Gründe für den Schweregradindex des VIMS beschreibt. Abschnitt C.2 ist auch nützlich, um die Grundlage der in 5.2.1, 5.2.2 und 5.3.2 beschriebenen Anforderungen und Empfehlungen zu verstehen, und zwar in Bezug auf die Bestimmung der Abbruchrate.

C.2 Abbruchrate und SSQ-Gesamtpunktzahl

Um die ergonomischen Leitlinien zur Verringerung der Häufigkeit von VIMS zu berücksichtigen, ist es wichtig, den Schweregrad von VIMS in einem bestimmten Zustand abzuschätzen. Um den Schweregrad der VIMS-Symptome quantitativ einzuschätzen, wird der „Schweregradindex“ eingeführt. Dies erfolgt in zwei Schritten:

- a) Bestimmung der Skalierung von VIMS und
- b) Bestimmung eines Index, der den Schweregrad von VIMS mit der Skalierung in Beziehung setzt.

Die VIMS-Skalierung darf durch eine Bewertung mit dem SSQ [12] realisiert werden, der in der Regel vor und nach der Exposition gegenüber bewegten Bildern durchgeführt wird. Tatsächlich wurde der SSQ häufig zur Bewertung des Schweregrads von VIMS verwendet, obwohl er ursprünglich zur Bewertung der Simulatorkrankheit entwickelt wurde. Balk et al. [4] berichten, dass die Gesamtpunktzahl des SSQ in seinen Experimenten mit der Abbruchrate korreliert. In Bild C.1 sind die Daten aus der Literatur dargestellt, die sowohl die SSQ-Gesamtpunktzahl als auch die entsprechenden Abbruchraten angeben. In der Graphik ist auch die an die Daten angepasste Linie eingezeichnet, mit der die Abbruchrate anhand der SSQ-Gesamtwertung geschätzt werden kann.