

DIN EN ISO 9241-303



ICS 13.180; 35.180

Ersatz für
DIN EN ISO 9241-303:2009-06

**Ergonomie der Mensch-System-Interaktion –
Teil 303: Anforderungen an elektronische optische Anzeigen
(ISO 9241-303:2011);
Deutsche Fassung EN ISO 9241-303:2011**

Ergonomics of human-system interaction –
Part 303: Requirements for electronic visual displays (ISO 9241-303:2011);
German version EN ISO 9241-303:2011

Ergonomie de l'interaction homme-système –
Partie 303: Exigences relatives aux écrans de visualisation électroniques
(ISO 9241-303:2011);
Version allemande EN ISO 9241-303:2011

Gesamtumfang 52 Seiten

Normenausschuss Ergonomie (NAErg) im DIN
Normenausschuss Informationstechnik und Anwendungen (NIA) im DIN

Nationales Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 9241-303:2011) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 159 „Ergonomics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 122 „Ergonomie“ erarbeitet, deren Sekretariate vom DIN (Deutschland) gehalten werden.

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

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

ISO 9241-302 siehe DIN EN ISO 9241-302

ISO 9241-307 siehe DIN EN ISO 9241-307

Änderungen

Gegenüber DIN EN ISO 9241-303:2009-06 wurden folgende Änderungen vorgenommen:

- a) Begriffe und Definitionen bezogen auf elektronische Anzeigen werden in die ISO 9241-302 überführt und dort zusammengetragen;
- b) während die Themengebiete, die zuvor in ISO 9241 und in ISO 13406 enthalten waren, im Wesentlichen unverändert blieben, sind die Prüfverfahren und Anforderungen auf Grund von Fortschritten in Wissenschaft und Technik aktualisiert worden;
- c) alle generischen ergonomischen Anforderungen sind in der ISO 9241-303 aufgenommen worden;
- d) die Anwendung der Anforderungen für verschiedene Anzeigen Technologien, Anwendungsgebiete und Umweltbedingungen — einschließlich Prüfverfahren und Kriterien für das Bestehen/Durchfallen — sind in ISO 9241-307 festgelegt.

Frühere Ausgaben

DIN 66234-1: 1980-03

DIN 66234-2: 1983-05

DIN 66234-5: 1981-03

DIN 66234-6: 1984-12

DIN 66234-7: 1984-12

DIN 66234-9: 1988-08

DIN EN 29241-3: 1993-08

DIN EN 29241-3/A1: 2002-07

DIN EN ISO 9241-7: 1998-12

DIN EN ISO 9241-8: 1998-04

DIN EN ISO 13406-2: 2003-12

DIN EN ISO 9241-303: 2009-06

DIN EN ISO 13406-2: 2003-12

DIN EN ISO 9241-303: 2009-06

Nationaler Anhang NA (informativ)

Literaturhinweise

DIN EN ISO 9241-302, *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion — Teil 302: Terminologie für elektronische optische Anzeigen*

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

Deutsche Fassung

**Ergonomie der Mensch-System-Interaktion - Teil 303:
Anforderungen an elektronische optische Anzeigen
(ISO 9241-303:2011)**

Ergonomics of human-system interaction - Part 303:
Requirements for electronic visual displays
(ISO 9241-303:2011)

Ergonomie de l'interaction homme-système - Partie 303:
Exigences relatives aux écrans de visualisation
électroniques (ISO 9241-303:2011)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 10. November 2011 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, Estland, Finnland, Frankreich, Griechenland, Irland, Island, Italien, Kroatien, Lettland, Litauen, Luxemburg, Malta, den Niederlanden, Norwegen, Österreich, Polen, Portugal, Rumänien, Schweden, der Schweiz, der Slowakei, Slowenien, Spanien, der Tschechischen Republik, Ungarn, dem Vereinigten Königreich und Zypern.



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

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

Inhalt

	Seite
Vorwort	3
Einleitung.....	5
1 Anwendungsbereich	6
2 Normative Verweisungen	6
3 Begriffe	6
4 Leitsätze.....	6
5 Ergonomische Anforderungen und Empfehlungen	7
5.1 Sehbedingungen	7
5.2 Leuchtdichte.....	9
5.3 Spezielle physikalische Umgebungen.....	10
5.4 Visuelle Artefakte.....	11
5.5 Leserlichkeit und Lesbarkeit	16
5.6 Leserlichkeit der Informationscodierung	19
5.7 Leserlichkeit von Grafiken.....	20
5.8 Wiedergabetreue.....	23
6 Übereinstimmung	26
Anhang A (informativ) Überblick über die Normenreihe ISO 9241	27
Anhang B (informativ) Attraktivität oder subjektive visuelle Qualität	28
Anhang C (informativ) Aspekte der Gebrauchstauglichkeit der Installation	29
C.1 Aspekte der Gebrauchstauglichkeit	29
C.2 Aufbau und Einrichten	29
C.3 Betrieb des Produkts.....	30
Anhang D (normativ) Grundkonzepte der visuellen Wahrnehmung von Kontrast und Leuchtdichte elektronischer Anzeigen	31
D.1 Kontrast und Leuchtdichte elektronischer Anzeigen	31
D.2 Symbole und Abkürzungen	31
D.3 Beleuchtungsbedingungen	32
D.4 (Leuchtdichte-)Kontrast.....	33
D.5 (Anzeige-)Leuchtdichte	37
Anhang E (informativ) Virtuelle Anzeige — Leistungsziele	40
E.1 Allgemeines.....	40
E.2 Augenabstand	40
E.3 Konvergenzbedarf	40
E.4 Horizontale Disparation	41
E.5 Vertikale Fehlauseinrichtung der Anzeigen	42
E.6 Interokulare Rotationsdifferenz.....	43
E.7 Interokulare Vergrößerungsdifferenz	44
E.8 Interokulare vertikale Vergrößerungsdifferenz.....	45
E.9 Interokulare horizontale Vergrößerungsdifferenz	46
E.10 Interokularer Leuchtdichteunterschied	46
E.11 Interokulare Differenz der Brennweite.....	46
E.12 Zeitliche Asynchronität	46
E.13 Brennweite.....	46
E.14 Augenabstand	47
E.15 Differenz der Bildfeldkrümmung	47
Anhang F (informativ) Zugänglichkeit elektronische optischer Anzeigen — Ausgewählte Verweisungen.....	48
F.1 Allgemeines.....	48
F.2 Verweisungen.....	48
Literaturhinweise	50

Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 9241-303:2011) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 159 „Ergonomics“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 122 „Ergonomie“ erarbeitet, dessen Sekretariat vom DIN gehalten wird.

Diese Europäische Norm muss den Status einer nationalen Norm erhalten, entweder durch Veröffentlichung eines identischen Textes oder durch Anerkennung bis Mai 2012, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Mai 2012 zurückgezogen werden.

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

Dieses Dokument ersetzt EN ISO 9241-303:2008.

EN ISO 9241 besteht unter dem Haupttitel *Ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten* aus folgenden Teilen:

- Teil 1: Allgemeine Einführung
- Teil 2: Leitsätze zur Aufgabengestaltung
- Teil 4: Anforderungen an die Tastatur
- Teil 5: Anforderungen an Arbeitsplatzgestaltung und Körperhaltung
- Teil 6: Leitsätze für die Arbeitsumgebung
- Teil 9: Anforderungen an Eingabemittel, ausgenommen Tastaturen
- Teil 11: Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit — Leitsätze
- Teil 12: Informationsdarstellung
- Teil 13: Benutzerführung
- Teil 14: Dialogführung mittels Menüs
- Teil 15: Dialogführung mittels Kommandosprachen
- Teil 16: Dialogführung mittels direkter Manipulation
- Teil 17: Dialogführung mittels Bildschirmformularen

Außerdem besteht ISO 9241 unter dem Haupttitel *Ergonomie der Mensch-System-Interaktion* aus folgenden Teilen:

- Teil 20: Leitlinien für die Zugänglichkeit der Geräte und Dienste in der Informations- und Kommunikationstechnologie
- Teil 100: Überblick über Normen zur Software-Ergonomie [Technischer Bericht]
- Teil 110: Grundsätze der Dialoggestaltung
- Teil 129: Leitlinien für die Individualisierung von Software
- Teil 143: Formulardialoge

- *Teil 151: Leitlinien zur Gestaltung von Benutzungsschnittstellen für das World Wide Web*
- *Teil 171: Leitlinien für die Zugänglichkeit von Software*
- *Teil 210: Prozess zur Gestaltung gebrauchstauglicher interaktiver Systeme*
- *Teil 300: Einführung in die Anforderungen an elektronische optische Anzeigen*
- *Teil 302: Terminologie für elektronische optische Anzeigen*
- *Teil 303: Anforderungen an elektronische optische Anzeigen*
- *Teil 304: Prüfverfahren zur Benutzerleistung für elektronische optische Anzeigen*
- *Teil 305: Optische Laborprüfverfahren für elektronische optische Anzeigen*
- *Teil 306: Vor-Ort-Bewertungsverfahren für elektronische optische Anzeigen*
- *Teil 307: Analyse- und Konformitätsverfahren für elektronische optische Anzeigen*
- *Teil 308: Surface-conduction electron-emitter displays (SED) [Technischer Bericht]*
- *Teil 309: Anzeigen mit organischen, Licht emittierende Dioden [Technischer Bericht]*
- *Teil 310: Sichtbarkeit, Ästhetik und Ergonomie von Bildelementdefekten [Technischer Bericht]*
- *Teil 400: Grundsätze und Anforderungen für physikalische Eingabegeräte*
- *Teil 410: Gestaltungskriterien für physikalische Eingabegeräte*
- *Teil 411: Prüf- und Bewertungsverfahren für die Gestaltung physikalischer Eingabegeräte [Technische Spezifikation]*
- *Teil 420: Auswahlmethoden für physikalische Eingabegeräte*
- *Teil 910: Rahmen für taktile und haptische Interaktion*
- *Teil 920: Empfehlungen für die taktile und haptische Interaktion*

Die folgenden Teile befinden sich in Vorbereitung:

- *Teil 154: Leitlinien für die Dialogführung mittels Sprachdialogsystemen*

Menschzentrierte Gestaltung und Bewertungsmethoden, optische Eigenschaften von autostereoskopischen Displays, Anforderungen, Analysen und Prüfungen auf Übereinstimmung zur Verringerung von photosensitiven Anfällen und Bewertungsmethoden zur Gestaltung von physikalischen Eingabegeräten sind Thema der zukünftigen Teile 230, 330 und 391.

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

Anerkennungsnotiz

Der Text von ISO 9241-303:2011 wurde vom CEN als EN ISO 9241-303:2011 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Einleitung

Dieser Teil von ISO 9241 gilt für einen großen Bereich von Technologien, Arbeitsaufgaben und Umgebungen.

ISO 9241 wurde ursprünglich als siebzehnteilige Norm über ergonomische Anforderungen für Bürotätigkeiten mit Bildschirmgeräten (VDTs) erstellt. Im Zuge der Normenüberarbeitung wurde eine grundlegende Umstrukturierung von ISO 9241 vereinbart, mit der der Anwendungsbereich erweitert wurde, indem andere einschlägige Normen einbezogen und damit die Brauchbarkeit verbessert wurden. Der Titel der überarbeiteten Norm ISO 9241 — „Ergonomie der Mensch-System-Interaktion“ — spiegelt diese Änderungen wider und passt die Norm an den Arbeitsbereich des ISO/TC 159, Unterkomitee 4 an. Die überarbeitete mehrteilige Norm wurde als Normenreihe mit einer Nummerierung in Hunderterschritten aufgebaut, z. B. behandelt die Reihe 100 Softwareschnittstellen, die Reihe 200 die benutzerorientierte Gestaltung, die Reihe 300 optische Anzeigen, die Reihe 400 physikalische Eingabegeräte usw.

Anhang A gibt einen Überblick über die Normenreihe ISO 9241.

1 Anwendungsbereich

Dieser Teil von ISO 9241 legt Anforderungen an die Bildqualität von elektronischen optischen Anzeigen fest und enthält entsprechende Leitlinien. Diese sind als generelle, von Technologie, Aufgaben und Umgebung unabhängige Leistungsspezifikationen und Empfehlungen festgelegt, um effektive und komfortable Sehbedingungen für Anwender mit normaler oder auf normal korrigierter Sehschärfe sicherzustellen.

Dieser Teil von ISO 9241 betrifft nicht die Verfügbarkeit für Menschen mit Behinderungen. Sie berücksichtigt aber Aspekte der Sehschärfe älterer Menschen und kann für Menschen von Bedeutung sein, die sich mit Fragen der Sehbehinderung in bestimmten Fällen beschäftigen; die Spezifikation wesentlicher Merkmale der Normalsicht kann zur Beurteilung der Schwere verschiedener Sehanomalien verwendet werden, um geeignete Lösungen aufzuzeigen.

ANMERKUNG Darüber hinaus enthalten die Literaturhinweise im Anhang F eine Auswahl einschlägiger Dokumente, die sich mit den Bedürfnissen von Menschen mit Behinderungen einschließlich derjenigen beschäftigen, die ein geringes, sich verschlechterndes oder kein Sehvermögen haben.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden zitierten Dokumente 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 9241-302, *Ergonomics of human-system interaction — Part 302: Terminology for electronic visual displays*

ISO 9241-307, *Ergonomics of human-system interaction — Part 307: Analysis and compliance test methods for electronic visual displays*

3 Begriffe

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

4 Leitsätze

Für eine befriedigende Mensch-Anzeige-Interaktion müssen zahlreiche unterschiedliche Anforderungen gleichzeitig und entsprechend ausgewogen erfüllt werden. Dazu wurden in dem vorliegenden Teil von ISO 9241 die Anforderungen in acht große Bereichen unterteilt:

- Sehbedingungen;
- Leuchtdichte;
- spezielle physikalische Umgebungen;
- visuelle Artefakte;
- Leserlichkeit und Lesbarkeit;
- Leserlichkeit der Informationscodierung;
- Leserlichkeit von Grafiken;
- Wiedergabetreue.

ANMERKUNG Zur Attraktivität der Darstellung auf der optischen Anzeige siehe Anhang B.

5 Ergonomische Anforderungen und Empfehlungen

5.1 Sehbedingungen

5.1.1 Allgemeines

Zahlreiche Aufgaben erfordern eine Darstellung der Informationen auf einer elektronischen optischen Anzeige. Es ist folglich sehr wichtig, die Anzeige auf eine Weise zu betrachten, dass diese Informationen schnell, fehlerfrei und mit geringer Anstrengung aufgenommen werden können. Es können zahlreiche notwendige, jedoch nicht ausreichende, Beobachtungsbedingungen festgelegt werden, die zum Erreichen einer derart schnellen, fehlerfreien und nahezu mühelosen Betrachtung erforderlich sind. Diese Bedingungen beziehen sich auf den vorgesehenen Sehabstand und die Sehrichtung und auf den erforderlichen Blick- und Kopfneigungswinkel des Betrachters.

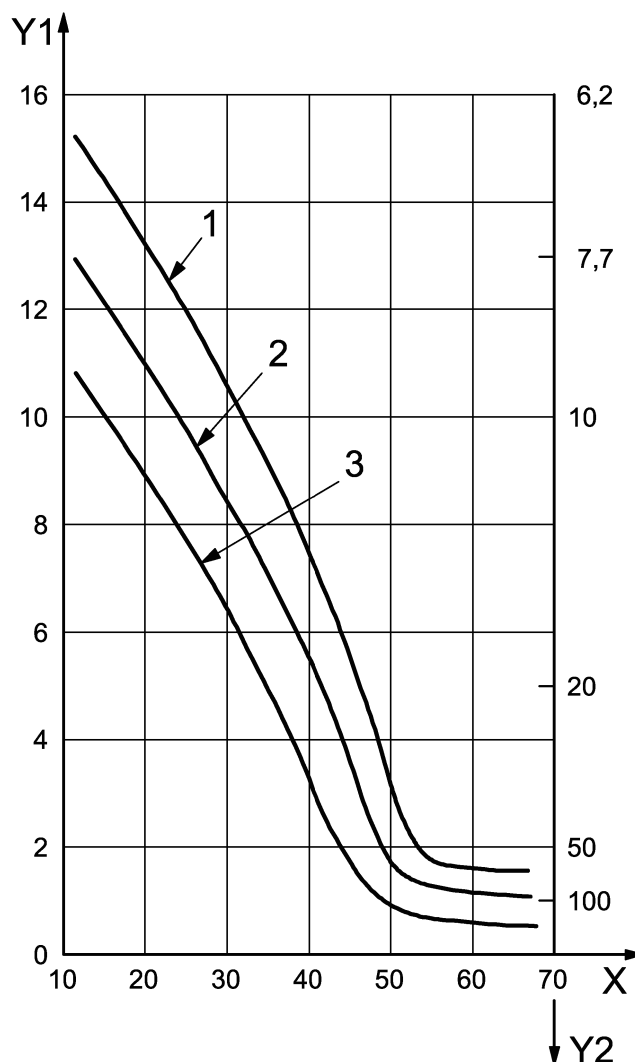
Es ist bekannt, dass der Sehabstand und der Fixierlinienwinkel (Blickwinkel) mit der Vergenz und dem Akkomodationsvermögen des Benutzers und seiner Fähigkeit zum Fokussieren im Nahbereich kompatibel sein müssen.

5.1.2 Vorgesehener Sehabstand

Der vorgesehene Sehabstand ist von der Aufgabe und der elektronischen optischen Anzeige abhängig und darf nicht weniger als 300 mm betragen; dabei handelt es sich um den typischen, komfortablen Mindest-Sehabstand oder den „Nahpunkt“ für normale (emmetrope) Augen von Erwachsenen. Es besteht ein physiologisch bestimmter Zusammenhang zwischen dem Nahpunkt und dem Alter des Benutzers, wie in Bild 1 gezeigt, und zwischen dem Nahpunkt und dem Leuchtdichtepegel, jedoch liegt in dieser Beziehung eine große Streuung vor.

Kürzere Sehabstände zwischen 200 mm und 300 mm können bei Kindern und (sehr) jungen Erwachsenen beobachtet werden, wodurch sie in der Lage sind, kleinere Details, (z. B. Teile von Zeichen) zu sehen, als es bei größeren Sehabständen möglich wäre, vorausgesetzt, die Anzeigeleuchtdichte, der Kontrast und die Zeichenschärfe sind groß genug. Die meisten Erwachsenen wie auch ältere Menschen stellen jedoch ihre Anzeigeräte in einem größeren Sehabstand von 300 mm oder mehr auf.

Bei größeren optischen Anzeigen, wie sie bei Büroanwendungen verwendet werden, ist der bevorzugte Sehabstand größer und beträgt gewöhnlich 400 mm bis 750 mm. Bei diesem Abstand ist die Augenanstrengung durch den Akkomodationsvorgang geringer als bei kürzeren Sehabständen, darüber hinaus besteht bei größeren Sehabständen eine größere Bewegungsfreiheit. Bei Präsentationen oder Projektionen ist der bevorzugte Sehabstand noch größer (üblicherweise 2 m bis 10 m).



Legende

X	Alter, in Jahren	1	Maximum
Y1	Akkommodationsbreite, in Dioptrien	2	Mittelwert
Y2	Nahpunkt der Akkommodation, Zentimeter	3	Minimum

Bild 1 — Akkommodationsbreite und Nahpunkt, bezogen auf das Alter des Benutzers

5.1.3 Vorgesehene Sehrichtung

Bei typischer Benutzung, bei der der Benutzer seinen Kopf etwas bewegt, muss die Anzeige aus jedem Neigungswinkel bis mindestens 40° zur Normalen auf der Anzeigeoberfläche, gemessen in jeder Ebene, leserlich sein.

In Abhängigkeit von der Aufgabe sind andere Grenzwerte möglich, z. B. sollte bei Aufgaben, die den Schutz von vertraulichen Daten erfordern, wie bei Anzeigegeräten in Umgebungen mit einer größeren Menschenmenge, die Anzeige nur in einem maximalen Neigungswinkel zwischen 15° und 20° leserlich sein.

BEISPIEL Personen in Rollstühlen, die sich Bargeld aus einem Geldautomaten ziehen wollen, wünschen ebenfalls den Schutz der vertraulichen Daten, auch wenn sie die Anzeige des Automaten von einem ziemlich niedrigen Sichtpunkt aus lesen müssen. Ihre Anforderungen können mit einer Anzeige erfüllt werden, die nur bei einem maximalen Neigungswinkel zwischen 15° und 20° in der Waagerechten, jedoch aber in einem größeren Winkel von mindestens 40° in der Senkrechten lesbar ist.

ANMERKUNG Einige Anzeigetechnologien weisen anisotrope optische Eigenschaften auf, d. h., Leuchtdichte, Kontrast und Farbe variieren mit der Sehrichtung.

5.1.4 Blick- und Kopfeigungswinkel

Bei einer typischen Arbeitsumgebung mit einer annähernd senkrechten Position des Oberkörpers, sollten es der Arbeitsplatz und die optische Anzeige dem Benutzer ermöglichen, den Bildschirm mit einem Blickwinkel von 0° bis 40° und einem Kopfeigungswinkel von 0° bis 25° zu betrachten.

ANMERKUNG Diese Winkelwerte können es erforderlich machen, die Neigung der Anzeige einstellbar zu machen, so dass eine senkrechte Sicht erreicht werden kann. Zusätzlich kann es auch erforderlich sein, dass die Höhe der Anzeige (über dem Fußbodenniveau) einstellbar ist.

5.1.5 Anzeigen für virtuelle Bilder

Die Ergonomie von Anzeigen für virtuelle Bilder wird im Anhang E betrachtet, der die ergonomischen Kenngrößen von binokularen, nicht durchsichtigen Anzeigen und empfohlene Werte enthält.

5.2 Leuchtdichte

5.2.1 Allgemeines

Damit Informationssymbole auf einer Bildschirmanzeige sichtbar sind, ist ein ausreichender Kontrast zwischen dem Symbol und seinem Hintergrund erforderlich. Sowohl die Symbole als auch der Bildschirmhintergrund erfordern deshalb eine bestimmte, unterschiedliche Leuchtdichte und/oder Farbe.

In den meisten Fällen hat der Bildschirm eine beleuchtete Umgebung, die zur Leuchtdichte und Farbe des Bildschirms beiträgt; demzufolge wird der Kontrast auf dem Bildschirm durch die leuchtende Umgebung verändert (bei reflektiven Anzeigen wie z. B. Papier wird der Kontrast auf der Anzeigefläche erst durch die leuchtende Umgebung hervorgerufen). Da die Umgebungsbeleuchtung im Allgemeinen nicht durch den Benutzer gesteuert werden kann, ist es erforderlich, Mittel zum Einstellen der Anzeigeleuchtdichte zur Verfügung zu stellen, um eine angemessene Leuchtdichteausgewogenheit für verschiedene Arbeitsumgebungen zu erreichen.

5.2.2 Vorgesehene Beleuchtungsstärke

Der Lieferant muss die für den Bildschirm vorgesehene Beleuchtungsstärke, E_s , angeben.

ANMERKUNG Sofern die Anwendung Farben verwendet, können sich die Farbwertanteile u' , v' durch die Farbe der vorgesehenen Bildschirmbeleuchtung ändern.

5.2.3 Anzeigeleuchtdichte

Bei der Umgebungsbeleuchtung, für die die Anzeige vorgesehen ist, muss die Leuchtdichte der Anzeige größer als der Mindestwert zum Erzielen einer ausreichenden Erkennbarkeit der angezeigten Information im Bereich der vorgesehenen Sehrichtungen und in der vorgesehenen Standzeit des Gerätes sein. Unter Nachtbedingungen sollte sie hingegen nicht so hoch sein, dass die Dunkeladaptation der Augen des Benutzers aufgehoben wird.

Anhang D ist eine Abhandlung zu grundlegenden Konzepten von Kontrast und Leuchtdichte bei der visuellen Wahrnehmung; Gleichung (D.11) definiert den Mindestwert der hellen Anteile einer Anzeige unter Berücksichtigung der Leuchtdichten der dunklen Anteile und diffuser und gerichteter Reflexionen auf der Oberfläche der Anzeige.

BEISPIEL Für Büroanwendungen mit einer Beleuchtungsstärke von 500 lx (horizontal) bei weißem Papier mit einem Reflexionsgrad von 80 % und einer positiven Polarität der Anzeige, wird oft eine Leuchtdichte der Anzeige im Bereich von 100 cd/m² bis 150 cd/m² empfohlen.

5.2.4 Leuchtdichteausgewogenheit und Blendung

- a) Die mittlere Flächenleuchtdichte von Aufgabenbereichen, die während der Anzeigebenutzung häufig in Folge betrachtet werden (Papierdokument, Bildschirm usw.), sollte zwischen $0,1 L$ und $10 L$ liegen, wobei L die mittlere Flächenleuchtdichte des gesamten Bildschirms bei der Anwendung in der vorgesehenen Sehrichtung ist. Bei konstantem Blickfeld hat ein höheres Verhältnis der mittleren Raumleuchtdichten zwischen der aufgabenbezogenen Fläche und ihrer Umgebung (z. B. Raumwänden) bis zu einem Verhältnis von 1 : 10 keine nachteilige Wirkung.
- b) Die Gestaltung der Bildschirmanzeige und die für den Benutzer sichtbare umgebende Fläche des Produktgehäuses darf nicht zu einer störenden Blendung durch Umgebungsbeleuchtung beitragen. Das gilt besonders für eine langzeitige Betrachtung in Arbeitsumgebungen.

Die Bildschirmanzeige muss in Übereinstimmung mit 5.4.11 gestaltet sein. Die Mitgliedstaaten der Europäischen Union haben Regulierungen zur Blendung und Reflektionen auf dem Arbeitsplatz inklusive des Bildschirms basierend auf 90/270/EWG [23] (siehe Anmerkung 4) erlassen.

ANMERKUNG 1 Blendung wird von CIE wie folgt definiert (845-02-52): Sehzustand, der als unangenehm empfunden wird oder eine Herabsetzung der Sehfunktion zur Folge hat, verursacht durch eine ungünstige Leuchtdichteverteilung oder durch zu hohe Kontraste (Literaturhinweis [22]). Störende Blendung ist also ein Sehzustand mit einer störenden Sichteinschränkung und/oder einer merklichen Herabsetzung der Sehfunktion.

ANMERKUNG 2 In Abhängigkeit von den Gestaltungsaspekten, wie Form, Farbe, Größe und Umgebungsbeleuchtung, erzeugen matte Oberflächen im Gegensatz zu glänzenden Oberflächen gewöhnlich keine Blendung. Es gibt jedoch auch Fälle, in denen Blendung vorteilhaft ist. Bei bedrucktem Papier und Anzeigen, wie reflektiven Farbdisplays, ist Blendung zum Erzielen einer hohen Farbenwiedergabetreue notwendig, wobei das Auftreten von störender Blendung durch Änderung der Papierausrichtung oder der Ausrichtung der Anzeige in Bezug auf die Umgebungslichtquelle vermieden werden kann.

ANMERKUNG 3 Das Ziel bei einer langzeitigen Betrachtung in Arbeitsumgebungen ist die Harmonisierung der Sichtanzeige und der Umgebungsfläche des Produktgehäuses mit deren Umgebung und Beleuchtung nach ISO 8995-1 und ISO 9241-6.

ANMERKUNG 4 Die Richtlinie 90/270/EWG Anhang, 2. (b) fordert: „Störende Blendung und Reflexe oder Spiegelungen auf dem Bildschirm und anderen Ausrüstungsgegenständen sind durch Abstimmung der Einrichtung von Arbeitsraum und Arbeitsplatz auf die Anordnung und die technischen Eigenschaften künstlicher Lichtquellen zu vermeiden.“ und Anhang, 2. (c) fordert: „Bildschirmarbeitsplätze sind so einzurichten, dass Lichtquellen wie Fenster und sonstige Öffnungen, durchsichtige oder durchscheinende Trennwände sowie helle Einrichtungsgegenstände und Wände keine Direktblendung und möglichst keine Reflexion auf dem Bildschirm verursachen.“.

ANMERKUNG 5 Das Problem von störenden Blendungen auf sichtbaren umgebenden Flächen des Produktgehäuses ist in der Diskussion im Hinblick auf eine zukünftige Überarbeitung oder Änderung dieser Norm.

5.2.5 Einstellung der Leuchtdichte

Bei emissiven Anzeigen müssen die Leuchtdichte des Hintergrundes und/oder der Kontrast zwischen den Zeichen und deren Hintergrund durch den Benutzer leicht einstellbar sein. Die emissive Anzeige muss leicht auf Umgebungsbedingungen über den gesamten Bereich der Leuchtdichten in der Arbeitsumgebung einstellbar sein.

5.3 Spezielle physikalische Umgebungen

5.3.1 Allgemeines

Die folgenden Richtlinien sollten bei der Entwicklung einer Anzeige berücksichtigt werden, wenn zu erwarten ist, dass diese Anzeige einer oder mehreren der in 5.3.2 bis 5.3.4 beschriebenen Umgebungsbedingungen ausgesetzt sein wird.

5.3.2 Schwingungen

Schwingungen der Anzeige in Bezug auf den Kopf und folglich die Augen (oder umgekehrt) sind ein ärgerlicher Effekt, der die Sehleistung aus folgenden Gründen verringert:

- Schwingungen erschweren die Steuerung der Augenbewegung beim Lesen, indem es schwieriger wird, das Ziel von Sakkaten zu bestimmen, und es wird eine Bildbewegung während einer Fixierpause erzeugt, bei der die Mitte des Sehfelds erkannt werden muss,
- der Kontrast von kleinen Details ist verringert, da die Zonen entlang einer Grenze die mittlere Leuchtdichte von beiden Seiten der Grenze aufweisen werden, und
- der schnelle Wechsel von hell und dunkel in einem Bereich des Sehfelds kann Flimmereffekte hervorrufen.

Die Schwere dieser Effekte wird von der Frequenz und der Amplitude der Schwingung bestimmt. Frequenzen der Anzeige über 0,5 Hz stören, wenn deren Amplitude über dem Schwellenwert liegt. Darüber hinaus stören Frequenzen des Kopfes von mehr als 6 Hz, wenn die Amplitude über dem Schwellenwert liegt. Derartige Frequenzen und Amplituden sollten folglich vermieden werden, z. B. durch Einbetten der Anzeige in ein geeignetes Dämpfungsmaterial.

5.3.3 Wind und Regen

Starke Winde können Schwingungen von Gegenständen, wie optischen Anzeigen, die nicht ausreichend geschützt sind, hervorrufen.

Auf die Bildschirmanzeige fallende Regentropfen stören das angezeigte Bild und machen den Text an diesen Stellen unleserlich.

Optische Anzeigen, die im Freien genutzt werden können, sollten folglich mechanisch gegen derartige Witterungseinflüsse geschützt werden.

5.3.4 Überhöhte Temperaturen

Wenn der Betrieb von Anzeigegeräten in Umgebungen gefordert wird, in denen sich die Temperaturen 0 °C oder +40 °C nähern, sollten Benutzer geräte- und personenbezogene Schutzmaßnahmen ergreifen, um sicherzustellen, dass sie in der Lage sind, ihre Aufgaben sicher und zufriedenstellend zu erfüllen. Überhöhte Temperaturen werden die Leistungsfähigkeit der meisten Anzeigegeräte wie auch der zugehörigen elektronischen Schaltungen ungünstig beeinflussen und beeinträchtigen folglich die Aufgabenausführung des Benutzers. Es sind die Produktspezifikationen des Herstellers einzusehen, um den empfohlenen Temperaturbereich zum Betreiben des Geräts zu ermitteln. Sofern die Umgebungsbedingungen den empfohlenen Grenzwerten nahe kommen oder darüber liegen, müssen das Anzeigegerät und die zugehörige elektronische Schaltung entweder auf einen Temperaturbereich innerhalb des vom Hersteller festgelegten Bereichs erwärmt bzw. gekühlt werden, um den korrekten Betrieb des (der) Geräte(s) sicherzustellen.

5.4 Visuelle Artefakte

5.4.1 Allgemeines

Im Idealfall zeigt eine elektronische optische Anzeige nur vorgesehene, qualitativ hochwertige Informationen in Form von Texten, Grafiken oder Bildern an. Jedoch ist die Technologie von Anzeigen in der Regel nicht ideal und reflektiert Bilder von der Außenwelt wie auch nicht beabsichtigte Bilder infolge der Wahrnehmung visueller Erscheinungen, die zu „visuellen Artefakten“ führen, d. h. Informationen, die mit der beabsichtigten Information für die Aufmerksamkeit des Betrachters konkurrieren.

5.4.2 Ungleichmäßigkeit der Leuchtdichte

Für eine beabsichtigte Gleichmäßigkeit der Anzeigeleuchtdichte darf die Ungleichmäßigkeit der Leuchtdichte, entweder diskontinuierlich oder kontinuierlich, in der Umgebungsbeleuchtung den Schwellenwert für die reduzierte visuelle Leistung nicht überschreiten, mit einem Höchstwert von 1,7 : 1.

5.4.3 Ungleichmäßigkeit der Farbe

Jegliche Farbungleichmäßigkeit darf keinen ablenkenden Informationsgehalt bewirken, wenn diese an drei Stellen auf dem Bildschirm bewertet wird. Die maximalen Farbtabweichungen müssen den Werten in Tabelle 1 entsprechen.

Tabelle 1 — Maximale Farbtabweichungen

$\frac{D_{\text{active}}}{D_{\text{design view}}}$	Abstand der Farbartgleichmäßigkeit $\Delta(u', v')$	
	Anwendungen mit Farben aus dem Standard-Farbensatz	Beliebige Primärfarbe ^a
< 0,75	0,02	0,02
≥ 0,75	0,03	0,03
D_{active} ist die Diagonalabmessung der aktiven Bildschirmfläche, $D_{\text{design view}}$ ist der vorgesehene Sehabstand.		
^a Die Primärfarben sind die unvermischten reinen Grundfarben, das sind gewöhnlich Rot, Grün und Blau.		

Der Begriff Farbgleichmäßigkeit weist darauf hin, wie gut die Farbe auf der Oberfläche des Bildschirms konstant bleibt. Im Gegensatz dazu beschreibt die Ungleichmäßigkeit der Farbe, wie sich die Farbe auf der Oberfläche des Bildschirms verändert. Die Ungleichmäßigkeit der Farbe wird am besten durch die maximalen Farbtabweichungen (mit Hilfe eines Farbdifferenzmaßes) zwischen zwei beliebigen Punkten auf dem Bildschirm beschrieben. Derzeit sind verschiedene Farbdifferenzmaße und Koordinaten in Gebrauch, dazu gehören CIELAB, CIELUV und CIE 1931 (x, y).

In diesem Teil von ISO 9241 wird das u', v' -Farbdifferenzmaß verwendet.

5.4.4 Kontrastgleichmäßigkeit

Die Kontrastgleichmäßigkeit kann von Bedeutung sein, wenn die einwandfreie Erkennung oder Darstellung von Informationen entscheidend von der genauen Wiedergabe des Vorgangs oder der Vorlage abhängt. Die Kontrastgleichmäßigkeit wird in Prozent angegeben: Kontrastgleichmäßigkeit = 100 % ($C_{\text{min}}/C_{\text{max}}$), wobei C_{min} und C_{max} der kleinste bzw. größte gemessene Kontrast auf dem Bildschirm sind (siehe ISO 9241-305). Die Kontrastgleichmäßigkeit sollte so hoch wie möglich sein und im Allgemeinen den Aufgaben des Benutzers entsprechen.

ANMERKUNG Es gibt drei unterschiedliche Formen der Kontrastungleichmäßigkeit:

- Änderung des mittleren Flächenleuchtdichtekontrasts von der Mitte einer Anzeige bis zu den Rändern;
- Änderung des Spitzenkontrastes von Zeichenelementen (Punkte oder Striche) an verschiedenen Stellen auf dem Bildschirm;
- Änderung des Spitzenkontrastes von Zeichenelementen (Punkte oder Striche) innerhalb eines Zeichens.

Der Schwellenwert für den visuellen Nachweis der Kontrastungleichmäßigkeit ist höher als der Schwellenwert für den messbaren Unterschied bei der Aufgabenausführung. Beide Schwellenwerte werden von den folgenden Faktoren bestimmt:

- Zielgröße;
- Kontrastempfindlichkeit des Benutzers;
- Aufgabe;
- Leuchtdichte von Zielobjekt, Hintergrund und Umgebung.

Es gibt weitere Möglichkeiten zur Angabe der Kontrastgleichmäßigkeit, die sich als brauchbar erweisen können, z. B. das Verhältnis des „beabsichtigten Kontrasts“ wie zwischen Textzeichen und deren Hintergrund zum Kontrast infolge der Kontrastungleichmäßigkeit.

Eine Möglichkeit zum Ermitteln des Einflusses der Kontrastungleichmäßigkeit besteht darin, eine Prüfung der Benutzerleistung durchzuführen (siehe ISO 9241-304). Es sollten Prüfpersonen verwendet werden, die eine Teilmenge der vorgesehenen Benutzerpopulation darstellen, bei der es höchstwahrscheinlich zu einer Reduzierung der Leistung kommt. Bei der Prüfung ist die Kontrastgleichmäßigkeit über den gesamten Bildschirm absichtlich zu variieren.

5.4.5 Geometrische Verzeichnungen

Bei unterschiedlichen Textzeilen oder -spalten darf der Längenunterschied nicht mehr als 1 % der Länge dieser Zeile oder Spalte betragen.

Die horizontale Verschiebung einer Symbolposition in Bezug auf die Symbolpositionen direkt darüber und darunter darf um nicht mehr als 5 % von der Zeichenbreite abweichen. Die vertikale Verschiebung einer Symbolposition in Bezug auf die rechts und links benachbarten Symbolpositionen darf um nicht mehr als 5 % von der Zeichenhöhe abweichen.

5.4.6 Defekte an Bildschirm und Abdeckrahmen

Die elektronische Anzeige sollte frei von Defekten des Bildschirms und des Abdeckrahmens sein.

Regulär ansteuerbare Anzeigen sollten frei von Bildelement- und Teil-Bildelementfehlern sein¹⁾. Sofern dies nicht zutrifft, muss der Lieferant die Anzahl der Bildelement- und Teil-Bildelementfehler festlegen.

In Abhängigkeit von der Aufgabe des Benutzers können Defekte an Bildschirm und Abdeckrahmen oder Bildelement- und Teil-Bildelementfehler störend wirken und folglich zu einer verringerten Leistung in der Lesegeschwindigkeit und zu Lesefehlern oder zu einer verringerten Beurteilung eines Bildes und zum visuellen Unbehagen führen oder fehlerhafte Informationen in Bildern und deren Informationsgehalt zeigen und folglich zu einer Fehlinterpretation des dargestellten Inhalts führen. Darüber hinaus können beim Vorhandensein von Fehlern ästhetische und Gestaltungsaspekte die Akzeptanz des Benutzers in Bezug auf den dargestellten Inhalt beeinflussen.

Deshalb sind Defekte an Bildschirm und Abdeckrahmen oder Bildelementfehler zu untersuchen bezüglich ihrer Bedeutung für:

- a) die ergonomische Leistungsfähigkeit;
- b) die Akzeptanz durch die Benutzer bei deren Aufgaben.

Wenn eine regulär ansteuerbare Anzeige die ergonomischen Leistungskriterien an Bildelementfehler erfüllt, werden diese Fehler weder die Lesegeschwindigkeit verringern, die Anzahl von Lesefehlern erhöhen, noch zu Symptomen visueller Unannehmlichkeiten wie roten, entzündeten, brennenden und tränenden Augen, Kopfschmerzen oder Schmerzen und Beschwerden im Zusammenhang mit einer schlechten Körperhaltung führen.

Wenn eine elektronische Anzeige die Zulässigkeitskriterien an Bildelementfehler in einer festgelegten Fehlerklasse erfüllt, dann werden diese Bildelementfehler wahrscheinlich keine Fehlinterpretationen oder unzureichende Akzeptanz durch die Benutzer im Zusammenhang mit den vorgesehenen Aufgaben hervorrufen.

1) Nach der Definition in ISO 9241-302 schließt „Bildelementfehler“ fehlerhafte Bildelement und fehlerhafte Teil-Bildelemente ein.

ANMERKUNG Wenn eine elektronische Anzeige Bildelement- und/oder Teil-Bildelementfehler aufweist, ist deren Anzahl nicht der einzige wichtige Faktor, jedoch aber diese Anzahl in Bezug auf die Größe von Bildelementen und Anzeige. Weiterhin wichtig ist die angezeigte Information, die Aufgabe des Benutzers, die Position der Bildelement- und/oder Teil-Bildelementfehler auf dem Bildschirm usw. Die exakte Anforderungsstufe der ergonomischen Leistung wird in diesem Teil von ISO 9241 nicht festgelegt. Folglich kann eine Anzeige in jeder der Fehlerklassen (0, I, II, III, IV) die ergonomische Leistung und die Anforderungsstufe der visuellen Unannehmlichkeiten in Abhängigkeit vom Kontext der Anwendung erfüllen. Es laufen Forschungen, um diese Fragen zu klären, und diese werden bei zukünftigen Änderungen zu diesem Teil von ISO 9241 Berücksichtigung finden.

5.4.7 Zeitliche Instabilität (Flimmern)

Die gesamte Anzeigefläche muss für mindestens 90 % der Benutzerpopulation flimmerfrei sein.

Flimmern ist die Wahrnehmung nicht beabsichtigter zeitweiliger Leuchtdichteschwankungen auf der Anzeige in einem Frequenzbereich von einigen Hertz bis hin zu einer kritischen Flimmerfrequenz. Diese ungewollten zeitweiligen Schwankungen können den Komfort und die Leistungsfähigkeit des Benutzers beeinträchtigen. Die kritische Flimmerfrequenz (en: critical flicker frequency, CFF) ist eine obere Frequenz, oberhalb der das Flimmern durch den Benutzer nicht mehr wahrgenommen wird. Die Wahrnehmung des Flimmerns verstärkt sich mit ansteigender Leuchtdichte und Bildschirmgröße.

ANMERKUNG 1 Das Auge ist für das Flimmern im seitlichen Gesichtsfeld empfindlicher als im zentralen Gesichtsfeld.

ANMERKUNG 2 Die kritische Frequenz nimmt mit dem Alter (Faktor *zwischen Individuen*) und der Ermüdung (Faktor *im Individuum*) und mit der Einwirkungsdauer ab.

5.4.8 Räumliche Instabilität (Zittern)

In der vorgesehenen Umgebung der Anzeige muss das Bild zitterfrei sein.

Das kann erreicht werden, indem sichergestellt wird, dass die maximalen Schwankungen der geometrischen Lage von Bildelementen im Frequenzbereich von 0,5 Hz bis 30 Hz einen Wert von 0,000 1 mm je Millimeter vorgesehener Sehabstand nicht überschreiten.

5.4.9 Moiré-Effekte

Moiré ist ein dem beabsichtigten Bild überlagertes reguläres Bild. Da es sich bei dem Bild um ein strukturiertes Muster handelt, wird es häufig leicht durch die Benutzer erkannt.

Bei Moiré-Mustern handelt es sich um natürliche Interferenzerscheinungen. Diese können als Kräuseln, Wellen und Intensitätsschwankungen auftreten, die der Bildschirmdarstellung überlagert sind.

Bei Farbanzeigen sollten Moiré-Muster, die einem periodischen Rauschfeld ähneln und die Bildschirmfläche überlagern, nicht mehr als 6 „Gerade wahrnehmbare Unterschiede“ (siehe ISO 9241-302) der Modulation bei der Grundraumfrequenz aufweisen.

Moiré-Muster mit Raumfrequenz und Modulation, die oberhalb der Kurve in Bild 2 liegen, werden voraussichtlich als 6 „Gerade wahrnehmbare Unterschiede“ überschreiten und folglich deutlich sichtbar sein.

Zum Verringern der Erkennung von Moiré-Mustern durch die Benutzer sollten die Grundraumfrequenz und die Modulation einer Farbanzeige unterhalb der Kurve in Bild 2 liegen.