

DIN EN ISO 16001



ICS 53.100

**Erdbaumaschinen –
Objekterkennungssysteme und Sichthilfsmittel –
Leistungsanforderungen und Prüfverfahren (ISO 16001:2017);
Deutsche Fassung EN ISO 16001:2017**

Earth-moving machinery –
Object detection systems and visibility aids –
Performance requirements and tests (ISO 16001:2017);
German version EN ISO 16001:2017

Engins de terrassement –
Dispositifs de détection d'objets et d'aide visuelle –
Exigences de performances et essais (ISO 16001:2017);
Version allemande EN ISO 16001:2017

Gesamtumfang 85 Seiten

DIN-Normenausschuss Maschinenbau (NAM)

Nationales Vorwort

Diese Norm enthält sicherheitstechnische Festlegungen.

Sie beinhaltet die Deutsche Fassung der vom Technischen Komitee ISO/TC 127 „Earth-moving machinery“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 151 „Bau- und Baustoffmaschinen — Sicherheit“ im Europäischen Komitee für Normung (CEN) ausgearbeiteten EN ISO 16001:2017.

Die nationalen Interessen bei der Erarbeitung werden vom Arbeitsausschuss NA 060-13-01 AA „Erdbaumaschinen/Straßenbaumaschinen“ im Fachbereich „Bau- und Baustoffmaschinen“ des DIN-Normenausschusses Maschinenbau (NAM) wahrgenommen. Vertreter der Hersteller und Anwender von Erd- und Straßenbaumaschinen sowie der Berufsgenossenschaften sind an der Erarbeitung beteiligt.

Die im Abschnitt 2 und den Literaturhinweisen zitierten Internationalen Normen sind, sofern diese gleichzeitig als Europäische Normen übernommen worden sind, als DIN-EN-ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht.

Für die zitierten Internationalen Normen und Dokumente, sofern sie nicht als DIN-ISO-Normen mit gleicher Zählnummer veröffentlicht sind, gibt es keine nationalen Entsprechungen.

Deutsche Fassung

Erdbaumaschinen —
Objekterkennungssysteme und Sichthilfsmittel —
Leistungsanforderungen und Prüfverfahren
(ISO 16001:2017)

Earth-moving machinery —
Object detection systems and visibility aids —
Performance requirements and tests
(ISO 16001:2017)

Engins de terrassement —
Dispositifs de détection d'objets et d'aide visuelle —
Exigences de performances et essais
(ISO 16001:2017)

Diese Europäische Norm wurde vom CEN am 23. November 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 CEN-CENELEC-Management-Zentrum 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: Rue de la Science 23, B-1040 Brüssel

Inhalt

	Seite
Europäisches Vorwort	6
Vorwort	7
Einleitung	8
1 Anwendungsbereich.....	9
2 Normative Verweisungen	9
3 Begriffe	9
4 Leistungsanforderungen und Prüfungen.....	11
4.1 Allgemeine Anforderungen.....	11
4.1.1 Prüfung, um die Grenzen des Erfassungsbereichs zu bestimmen.....	11
4.1.2 Anforderungen an den Prüfkörper	11
4.1.3 Beurteilung der Prüfergebnisse.....	11
4.2 Position und Befestigung von ODS- und VA-Komponenten	12
4.3 Komponenten am Bedienerplatz.....	12
4.3.1 Position und Bilder des Monitors	12
4.3.2 Warnvorrichtungen für ODS.....	14
4.4 Systemstart und Vorabcheck.....	15
4.4.1 Systemstart beim Anlassen des Motors.....	15
4.4.2 Aktivierung des Systems aus dem Stand-by-Modus.....	15
4.5 ODS-Erkennungszeit.....	15
4.6 Kontinuierliche Selbstprüfung	15
4.7 Warneinrichtung nicht deaktivierbar für ODS	16
4.8 Elektromagnetische Verträglichkeit und physikalische Umwelt- und Betriebsbedingungen.....	16
5 Kennzeichnung und Bezeichnung	16
6 Betriebsanleitung.....	17
6.1 Betriebsanleitung.....	17
6.2 Andere Informationsdokumente.....	17
Anhang A (informativ) Auswahl von ODS und VA.....	18
A.1 Übersicht.....	18
A.2 Berücksichtigung funktionaler Aspekte von ODS und VA	18
A.2.1 Allgemeines	18
A.2.2 Anforderungen des Maschinenführers und die Fähigkeit, das System anzukoppeln und zu nutzen.....	18
A.2.3 Betriebsumgebung.....	19
A.2.4 Maschinenfunktionen	19
A.3 Auswahl von ODS und VA.....	19
Anhang B (normativ) Prüfverfahren für Videoüberwachung (CCTV, en: closed-circuit television system) — Zusätzliche Leistungsanforderungen und Prüfungen	27
B.1 Übersicht und Zweck der Prüfungen.....	27
B.2 Prüfkörper	27
B.3 Prüfbereiche.....	27
B.4 Prüfumgebung	27
B.5 Einbau und Einstellungen.....	28
B.5.1 Baugruppe.....	28
B.5.2 Positionierung und Ausrichtung.....	28
B.6 Horizontale Prüfung	28
B.6.1 Lichtstärken.....	28
B.6.2 Prüfverfahren	28

B.7	Vertikale Prüfung.....	28
B.7.1	Lichtstärken	28
B.7.2	Prüfverfahren	28
B.8	Spannweite	29
B.8.1	Lichtstärken	29
B.8.2	Prüfverfahren	29
B.9	Zusätzliche Prüfungen	29
B.9.1	Systemauflösung.....	29
B.9.2	Auswirkung von Licht auf die Auflösung	29
B.9.3	Kantenfehler	30
B.9.4	Auflösung an den Bildschirmrändern.....	30
B.9.5	Wirkung von Licht hoher Intensität.....	30
B.9.6	Wiederherstellung nach einer radikalen Veränderung der Lichtstärken	31
B.10	Funktionsprüfungen	31
B.11	Aufzeichnung.....	31
B.11.1	Informationen.....	31
B.11.2	Prüfwerte.....	31
B.11.3	Istwerte	31
B.11.4	Funktionelle Leistung	31
Anhang C (normativ) Prüfverfahren für Radarsensoren.....		33
C.1	Übersicht	33
C.2	Prüfkörper	33
C.3	Prüfbereich.....	33
C.4	Prüfumgebung	33
C.5	Montagestellen des Radars	33
C.6	Prüfverfahren	34
C.6.1	Allgemeines	34
C.6.2	Horizontale Messgrenzen.....	34
C.6.3	Vertikale Messgrenzen.....	34
C.7	Anpassung von Prüfverfahren für verschiedene Arten von Radargeräten	35
C.8	Anpassung der Prüfung für Radarsensoren mit programmierbaren Erfassungsbereichen	35
C.9	Speicherung der maximalen Erkennungspunkte	35
C.10	Zusätzliche Prüfung.....	36
C.10.1	Alarme von großen Objekten außerhalb des Erfassungsbereichs.....	36
C.10.2	Unterdrückte Erkennung durch große Objekte im Hintergrund	37
C.11	Praktische Überlegungen für die Montage von Radaren auf Maschinen.....	37
Anhang D (normativ) Prüfverfahren für Erkennungssysteme mit Ultraschall		38
D.1	Übersicht und Zweck der Prüfungen.....	38
D.2	Prüfkörper	38
D.2.1	Prüfkörper H für horizontale Prüfung.....	38
D.2.2	Prüfkörper V für vertikale Prüfung	38
D.3	Prüfbereich.....	39
D.3.1	Form des Erfassungsbereichs	39
D.3.2	Prüfoberfläche.....	39
D.4	Prüfumgebung	39
D.5	Einbau und Einstellungen	39
D.5.1	Montageposition und Befestigung von Sensoren auf der Maschine	39
D.5.2	Montageposition und Befestigung des Auswertegerätes.....	39
D.5.3	Montageposition und Befestigung der Warnvorrichtung (akustisch und visuell).....	39
D.5.4	Aktivierung des Systems.....	40
D.5.5	Erkennungszeit	40
D.5.6	Betriebszuverlässigkeit	40
D.5.7	Prüfungen.....	40
D.6	Prüfbericht.....	42

Anhang E (normativ) Prüfverfahren für Erkennungssysteme mit Ultraschall.....	46
E.1 Übersicht und Zweck.....	46
E.2 Prüfkörper	46
E.3 Prüfbedingungen	46
E.3.1 Prüfbereich	46
E.3.2 Prüfumgebung	46
E.3.3 Einbau des Wandlers.....	46
E.3.4 Überprüfung der Erkennung.....	47
E.3.5 Kriterien.....	47
E.4 Zusätzliche Prüfung.....	53
E.4.1 Richtungsabhängigkeit des Responders	53
E.4.2 Akustischer Alarm.....	54
E.4.3 Umweltbeständigkeit.....	54
E.5 Prüfbericht.....	54
E.6 Prüfergebnisse.....	55
E.6.1 Form des Erfassungsbereichs	55
E.6.2 Zusätzliche Prüfungen	55
Anhang F (normativ) Prüfverfahren für elektromagnetische (EM) Signal-Sende-Empfänger- Systeme	56
F.1 Übersicht und Zweck.....	56
F.2 Prüfkörper	56
F.3 Prüfbereich	57
F.4 Prüfumgebung	58
F.5 Montage der Komponenten für Maschinen.....	58
F.5.1 Typ 1 System.....	58
F.5.2 Typ 2 System.....	59
F.6 Tagmontage	60
F.7 Prüfverfahren	60
F.7.1 Systemeinstellungen	60
F.7.2 Messen des Erfassungsbereichs	60
F.8 Aufzeichnung der Erfassungsbereiche	60
F.9 Nachweis eines Tags auf einem Menschen.....	61
F.10 Praktische Überlegungen für die Montage von EM-Sende-Empfänger-Systemen auf Maschinen	62
F.11 Prüfung der Inbetriebnahme für Maschinentypen	62
Anhang G (normativ) Besondere Anforderungen und Prüfverfahren für CCTV-Systeme mit Vogelperspektive.....	63
G.1 Übersicht und Zweck der Prüfungen.....	63
G.2 Prüfkörper	63
G.3 Einbau und Einstellungen.....	63
G.3.1 Kameras	63
G.3.2 Prüfkörper	63
G.4 Prüfanforderung	63
G.5 Prüfverfahren	64
Anhang H (normativ) Besondere Leistungsanforderungen und Prüfungen für visuelle ODS	65
H.1 Übersicht und Zweck der Prüfungen.....	65
H.2 Prüfkörper	65
H.3 Einbau und Einstellungen.....	65
H.3.1 Kamera	65
H.3.2 Prüfkörper	65
H.4 Prüfbereich	65
H.5 Prüfumgebung	65
H.6 Prüfverfahren	66
H.6.1 Prüfkörper nähert sich der Maschine von vorne.....	66

H.6.2	Prüfkörper nähert sich der Maschine von der Rückseite.....	67
H.6.3	Prüfkörper nähert sich der Maschine von der linken Seite.....	68
H.6.4	Prüfkörper nähert sich der Maschine von der rechten Seite.....	69
H.6.5	Aufzeichnung.....	70
H.7	Prüfbewertungskriterien.....	71
H.8	Praktische Überlegungen für die Montage von Kameras auf Maschinen	71
Anhang I (normativ) Prüfverfahren für visuelle Systeme mit morphologischer Erkennung		72
I.1	Zweck der Prüfungen	72
I.2	Prüfkörper	72
I.2.1	Allgemeines	72
I.2.2	Prüfkörper 1 zur Simulation eines Hindernisses	72
I.2.3	Prüfkörper 2 zur Simulation einer Person	72
I.3	Einstellung des Erkennungssystems	73
I.4	Prüfbedingungen	73
I.5	Leistungen der Visualisierung.....	73
I.6	Nachweis des Erfassungsbereichs.....	73
I.6.1	Erkennung von Hindernissen	73
I.7	Leistung der Erkennung von Hindernissen	74
I.7.1	Allgemeines	74
I.7.2	Statische Erkennung.....	74
I.7.3	Bewegliches Hindernis.....	75
I.7.4	Bewegtes Fahrzeug	76
I.8	Personenerkennung und Leistung der Zuordnung.....	78
I.8.1	Allgemeines	78
I.8.2	Statische Erkennung.....	78
I.8.3	Bewegte Person.....	79
I.8.4	Bewegtes Fahrzeug	79
I.9	Erkennungszuverlässigkeit	80
I.9.1	Allgemeines	80
I.9.2	Vorbereitung des Bodens	80
I.10	Erkennungszeit	81
I.11	Betriebszuverlässigkeit	82
Literaturhinweise.....		83

Europäisches Vorwort

Dieses Dokument (EN ISO 16001:2017) wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 127 „Earth-moving machinery“ in Zusammenarbeit mit dem Technischen Komitee CEN/TC 151 „Bau- und Baustoffmaschinen“ erarbeitet, 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 Juni 2018, und etwaige entgegenstehende nationale Normen müssen bis Juni 2018 zurückgezogen werden.

Es wird auf die Möglichkeit hingewiesen, dass einige Elemente dieses Dokuments Patentrechte berühren können. CEN ist 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 16001:2017 wurde von CEN als EN ISO 16001:2017 ohne irgendeine Abänderung genehmigt.

Vorwort

ISO (die Internationale Organisation für Normung) ist eine weltweite Vereinigung nationaler Normungsorganisationen (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 Themen 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.

Eine Erläuterung zum freiwilligen Charakter von Normen, der Bedeutung ISO-spezifischer Begriffe und Ausdrücke in Bezug auf Konformitätsbewertungen sowie Informationen darüber, wie ISO die Grundsätze der Welthandelsorganisation (WTO) hinsichtlich technischer Handelshemmnisse (TBT) berücksichtigt, enthält der folgende Link: www.iso.org/iso/foreword.html.

Dieses Dokument wurde vom Technischen Komitee ISO/TC 127, *Earth-moving machinery*, Unterkomitee SC 1, *Test methods relating to safety and machine performance* erarbeitet.

Diese zweite Ausgabe ersetzt die erste Ausgabe (ISO 16001:2008), die technisch überarbeitet wurde.

Die wesentlichen Änderungen im Vergleich zur Vorgängerausgabe sind folgende:

— Anhang G, Anhang H und Anhang I wurden ergänzt, um den anerkannten Stand der Technik aufzunehmen.

Einleitung

Dieses Dokument fasst Prüfverfahren und Kriterien für die Entwicklung von Objekterkennungssystemen (ODS, en: object detection systems) und Sichthilfsmittel (VA, en: visibility aids), die dem Maschinenführer Objekte im Erfassungsbereich dieser Systeme anzeigen, zusammen.

Eine gut organisierte Baustelle, gut geschulte Maschinenführer und der Einsatz von entsprechenden Anwendungen von Sichtfeld-Normen (ISO 5006 und ISO 14401) dienen der Sicherheit von Menschen auf der Baustelle. In einigen Fällen können bestimmte Arbeitsbereiche weder vom Maschinenführer selbst noch indirekt über Rückspiegel eingesehen werden. In solchen Fällen kann die Sicht des Maschinenführers durch den Einsatz von ODS und VA verbessert werden.

ODS und VA geben dem Maschinenführer Informationen darüber, ob sich eine Person oder ein Objekt im Fahrweg der Maschine, vor allem während der Rückwärtsfahrt, befindet.

Es ist sehr wichtig zu wissen, dass ODS und VA sowohl Vor- als auch Nachteile haben. Es gibt keine Einrichtung, die alle Situationen perfekt abdeckt. Es ist besonders wichtig, dass die Schwächen von ODS und VA erkannt werden und dem Systemnutzer bekannt sind. Im Anhang A ist eine Zusammenfassung der Vor- und Nachteile von ausgewählten Anwendungen zu finden.

Die Verwendung eines haptischen Signals (Signal, das den Tastsinn des Bedieners, Vibration, Kraft und Bewegung stimuliert) als eine Alternative zur Verwendung eines visuellen und akustischen Signals in ODS-Warneinrichtungen wurde während der Überarbeitung dieses Dokuments diskutiert, da haptische Signale nun in der Automobilindustrie verwendet werden. Obwohl dieses Dokument zurzeit keine Warneinrichtungen zulässt, die lediglich haptische Signale verwenden, können diese in die Warneinrichtung eingebaut werden, um das visuelle und akustische Signal zu ergänzen. Weitere Studien sind notwendig, um die Effektivität eines haptischen Signals in verschiedenen Erdbaumaschinen-Anwendungen zu bestimmen.

1 Anwendungsbereich

Dieses Dokument legt allgemeine Anforderungen fest und beschreibt Verfahren zur Bewertung und Prüfung der Leistungsfähigkeit von Objekterkennungssystemen (ODS) und von Sichthilfsmitteln (VA), die auf Erdbaumaschinen eingesetzt werden. Es umfasst folgende Aspekte:

- Erkennung und/oder Sichtbarkeit von Objekten einschließlich Personen im Erfassungsbereich;
- Warnungen nur visuell, nur akustisch oder visuell und akustisch für den Maschinenführer und gegebenenfalls für Personen im Erfassungsbereich;
- Betriebssicherheit des Systems;
- Kompatibilität und Umweltauflagen des Systems.

Das Dokument ist anwendbar auf Maschinen nach ISO 6165. Ein ODS und VA oder beide verbessern sowohl die direkte Sicht des Maschinenführers (siehe ISO 5006), als auch die indirekte Sicht über einen Spiegel (siehe ISO 14401). Zudem können ein ODS, VA oder beide als zusätzliche Mittel zur Objekterkennung verwendet werden, zum Beispiel dort, wo die Ergonomie die direkte Sicht einschränkt und wiederholtes Drehen des Kopfes und des Oberkörpers zu vermeiden sind.

2 Normative Verweisungen

Die folgenden Dokumente werden im Text in solcher Weise in Bezug genommen, dass einige Teile davon oder ihr gesamter Inhalt Anforderungen des vorliegenden Dokuments darstellen. 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 3411, *Earth-moving machinery — Physical dimensions of operators and minimum operator space envelope*

ISO 6394, *Earth-moving machinery — Determination of emission sound pressure level at operator's position — Stationary test conditions*

ISO 9533, *Earth-moving machinery — Machine-mounted audible travel alarms and forward horns — Test methods and performance criteria*

ISO 13766, *Earth-moving machinery — Electromagnetic compatibility*

ISO 15998, *Earth-moving machinery — Machine-control systems (MCS) using electronic components — Performance criteria and tests for functional safety*

EN 50132-7:1996, *Alarmanlagen — Video-Überwachungsanlagen für Sicherheitsanwendungen — Teil 7: Anwendungsregeln*

3 Begriffe

Für die Anwendung dieses Dokuments gelten die folgenden Begriffe.

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

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

3.1

Objekterkennungssystem

ODS

System, das Objekte einschließlich Personen erkennt und den Maschinenführer warnt, wenn sie sich im Erfassungsbereich (3.3) befinden

Anmerkung 1 zum Begriff: Das System besteht im Allgemeinen aus einem Sensor (3.1.1), einer Warnvorrichtung (3.1.2) und einem Gerät zur Auswertung (3.1.3).

Anmerkung 2 zum Begriff: Ein ODS, das ein visuelles Bild erfasst, nennt sich ein visuelles Objekterkennungssystem (en: visual object visual detection system).

Anmerkung 3 zum Begriff: Das System kann auch eine Person auf dem Gelände warnen.

3.1.1

Sensor

ODS (3.1)-Komponente, die einen Prüfkörper (3.4) im Erfassungsbereich (3.3) erkennt

3.1.2

Warnvorrichtung

ODS (3.1)-Komponente, die Informationen an den Maschinenführer und/oder Personen im Erfassungsbereich (3.3) durch ein visuelles und/oder akustisches Signal überträgt

3.1.3

Gerät zur Auswertung

ODS (3.1)-Komponente oder -Komponenten, die die Signale und übermittelten Informationen des Sensors analysieren und das entsprechende Signal umwandeln und an die Warnvorrichtung (3.1.2) senden

3.2

Sichthilfsmittel

VA

System, das indirekte Sicht ohne eine Warnvorrichtung (3.1.2) ermöglicht

Anmerkung 1 zum Begriff: Zum System gehören üblicherweise ein oder mehrere Monitore (3.2.1) und Kameras (3.2.2).

3.2.1

Monitor

VA (3.2)-Komponente, die ein visuelles Bild des Erfassungsbereichs (3.3) auf einem Bildschirm anzeigt

3.2.2

Kamera

VA (3.2)-Komponente, die ein Bild des Erfassungsbereichs (3.3) zu einem Monitor übermittelt

3.3

Erfassungsbereich

Zone, innerhalb derer ein ODS (3.1) einen Prüfkörper (3.4) erkennen kann oder in der von einem VA (3.2) ein Prüfkörper angezeigt werden kann

3.4

Prüfkörper

Person oder eine Person repräsentierende genormte Messeinrichtung, um die Geometrie und Größe des Erfassungsbereichs (3.3) überprüfen zu können

Anmerkung 1 zum Begriff: Abhängig vom verwendeten System können unterschiedliche Prüfkörper verwendet werden (siehe Anhänge B bis I).

3.5

Selbstprüfung

Fähigkeit des Systems, sich kontinuierlich selbst zu überprüfen und im Fall eines Fehlers den Maschinenführer sofort akustisch und/oder visuell darüber zu informieren

3.6

Erkennungszeit

Zeit, die von einem Objekterkennungssystem benötigt wird, den Prüfkörper (3.4) im Erfassungsbereich (3.3) zu erfassen und das Signal abzusenden

3.7

Standby

Betriebsmodus, in dem die Systeme der Objekterkennung und der Sichthilfsmittel aktiviert sind, aber keine Informationen an die Warnvorrichtung (3.1.2) oder den Monitor (3.2.1) übertragen werden

3.8

Organisation der Baustelle

Regeln und Verfahren zur Abstimmung der Zusammenarbeit zwischen Maschinen und Menschen auf einer Baustelle

BEISPIEL Sicherheitshinweise, Verkehrsmuster, Sperrgebiete, Schulungen für Maschinenführer, Maschinen- und Fahrzeugmarkierungen, Kommunikationssysteme.

3.9

Warnbereich

Bereich innerhalb des Erfassungsbereichs (3.3), in dem eine unverkennbare Warnung gegeben wird, um den Bereich zwischen Maschine und erkanntem Objekt anzuzeigen

4 Leistungsanforderungen und Prüfungen

4.1 Allgemeine Anforderungen

4.1.1 Prüfung, um die Grenzen des Erfassungsbereichs zu bestimmen

Das Prüfverfahren muss auf einem System durchgeführt werden, das entweder auf der Maschine montiert ist oder auf einer repräsentativen Konfiguration in Übereinstimmung mit dem entsprechenden Anhang (siehe Anhang B bis Anhang I).

4.1.2 Anforderungen an den Prüfkörper

Die Anforderungen an den Prüfkörper werden in Anhang B bis Anhang I ausgeführt.

4.1.3 Beurteilung der Prüfergebnisse

4.1.3.1 Erkennung

Die Erkennung muss eindeutig sein und über eine ununterbrochene Abfolge von Signalen oder Informationen entsprechend des Warnbereichs erfolgen. Für weitere Details siehe Anhang B bis Anhang I.

Es ist möglich, ODS und VA zu kombinieren, um den notwendigen Erfassungsbereich abzudecken, im Falle dass ein einzelnes System den Bereich nicht abdecken kann.

BEISPIEL Ein kombiniertes System mit integrierter Vogelperspektive kann mit einem anderen Objekterkennungssystem kombiniert werden, dessen Erfassungsbereich den Bereich abdeckt, in dem die Bildgröße des Objektes in der Vogelperspektive kleiner als erforderlich ist.

4.1.3.2 Auswertung falscher Signale

Folgende falsche Signale sollten auf ein Minimum reduziert werden:

- von Objekten außerhalb des Erfassungsbereichs;
- von Wettererscheinungen wie Nebel, Schnee, Regen, Wind, Staub, usw.

4.2 Position und Befestigung von ODS- und VA-Komponenten

Alle Komponenten müssen entsprechend der Herstellerangaben an der richtigen Stelle und in der richtigen Reihenfolge auf der Maschine montiert werden, so dass

- sie keine Funktion oder den Betrieb der Maschine behindern;
- die Komponenten vor äußerer Beschädigung geschützt sind;
- die Komponenten so an der Maschine befestigt sind, dass unbefugter Zugriff oder unbefugte Entfernung verhindert werden;
- die Komponenten so montiert sind, dass Einflüsse durch dynamische Belastungen, Temperaturen, Erschütterungen und Vibrationen, die das Gerät frühzeitig beschädigen könnten, begrenzt werden;
- die Aufsätze und Befestigungen von ODS- und VA-Komponenten Schutzaufbauten, wie z. B. Überrollschutzaufbauten (ROPS, en: rollover protective structures) nicht beeinträchtigen.

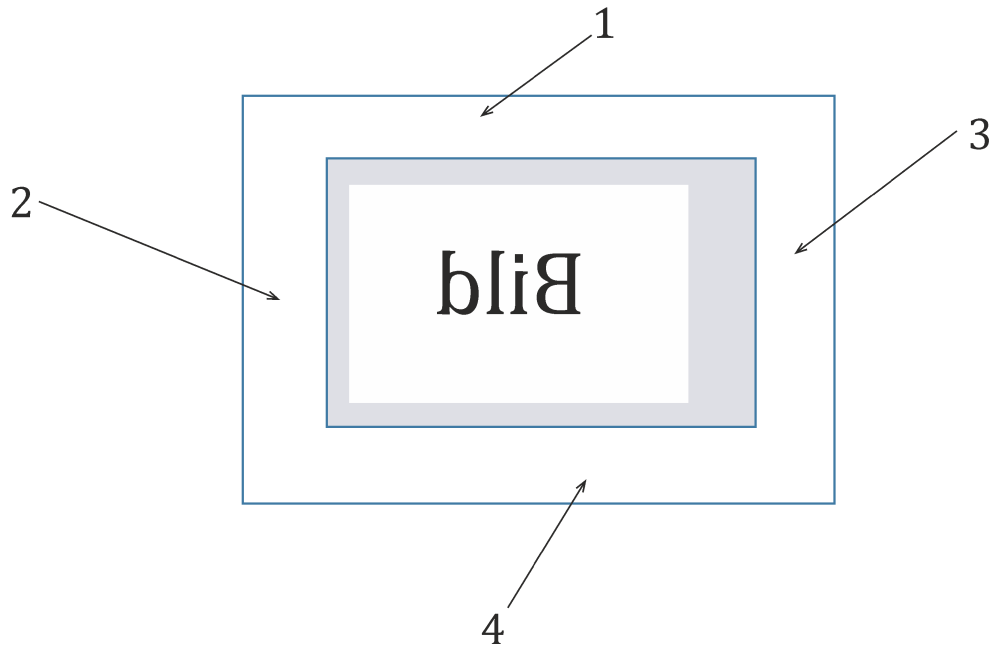
4.3 Komponenten am Bedienerplatz

4.3.1 Position und Bilder des Monitors

Der Monitor muss so platziert sein, dass er im 180°-Radius mittig vor dem Maschinenführer liegt.

Das Bild auf dem Monitor sollte möglichst intuitiv und logisch verständlich von der Anwendung angezeigt werden wie in den folgenden Beispielen.

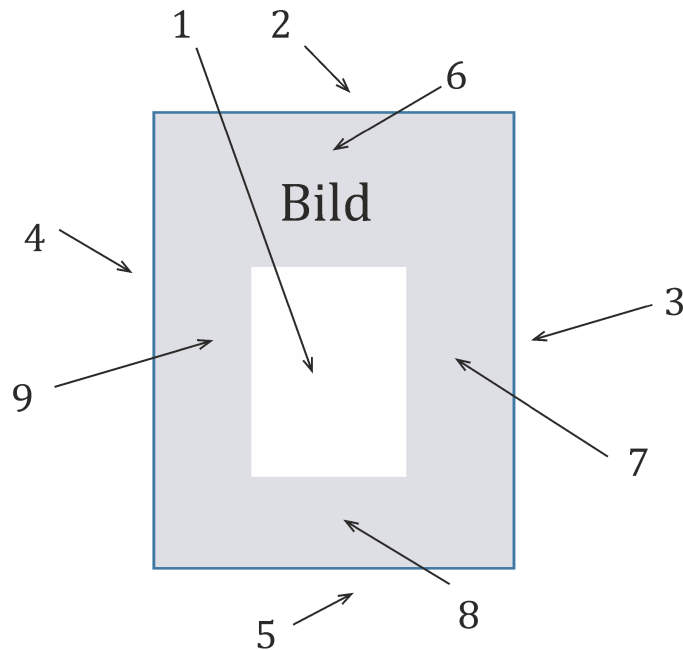
- Das Bild einer Heckkamera wird üblicherweise als Spiegelbild angezeigt (siehe Bild 1).
- Das Bild einer Frontkamera wird üblicherweise als „Normalbild“ angezeigt.
- Das Bild einer nach unten zeigenden Seitenkamera wird üblicherweise als „Normalbild“ angezeigt.
- Das Bild einer nach hinten zeigenden Seitenkamera könnte entweder als „Normalbild“ oder „Spiegelbild“ angezeigt werden.
- Das 360°-Bild aus der „Vogelperspektive“ wird üblicherweise als „Normalbild“ angezeigt (siehe Bild 2).



Legende

- | | |
|----------------------------|-----------------------------|
| 1 Obere Seite des Monitors | 3 Rechte Seite des Monitors |
| 2 Linke Seite des Monitors | 4 Untere Seite des Monitors |

Bild 1 — Beispiel eines Spiegelbildes auf dem Monitor, der den Bereich hinter der Maschine anzeigt



Legende

- | | |
|--|------------------------------|
| 1 Attrappe Vogelperspektive der Maschine | 6 Fläche vor der Maschine |
| 2 Obere Seite des Monitors | 7 Fläche rechts |
| 3 Rechte Seite des Monitors | 8 Fläche hinter der Maschine |
| 4 Linke Seite des Monitors | 9 Fläche links |
| 5 Unterteil des Monitors | |

Bild 2 — Beispiel eines Normalbildes auf dem Monitor, der den Bereich rund um die Maschine aus der Vogelperspektive anzeigt

Der Monitor sollte sich innerhalb 1,2 m des Blickpunktes des Maschinenführers befinden. Ist der Monitor weiter als 1,2 m vom Blickpunkt des Maschinenführers positioniert, müssen die dargestellten Bilder proportional entsprechend des Monitors vergrößert werden. Die Prüfbedingungen müssen entsprechend B.8.2, G.4 und G.5 sein. Der Monitor muss so positioniert werden, dass die Blendung durch direktes Sonnenlicht minimiert wird.

ANMERKUNG Faktoren, die die Sicht des Maschinenführers auf eine Person auf dem Monitor beeinflussen, sind die Position des Monitors in der Kabine, der Abstand des Maschinenführers vom Monitor, die Größe und Auflösung des Monitors, das Umgebungslicht, das Objektiv an der Kamera und der Abstand des Objektes von der Linse.

4.3.2 Warnvorrichtungen für ODS

Für ein ODS sind sowohl akustische als auch visuelle Warnvorrichtungen vorgeschrieben. Diese Geräte müssen an den Maschinenführer und können an Arbeiter und andere Personen auf der Baustelle Meldungen ausgeben.

4.3.2.1 Akustische Geräte

Warnvorrichtungen am Bedienpult sind manuell oder automatisch mindestens um 3 dB höher als die Umgebungslautstärke, die bei maximaler Drehzahl ohne Last gemessen wird, einzustellen.

Alle Warnungen im Führerhaus sollten so ausgewählt werden, dass sie klar am Bedienpult zu hören sind. Das Warnsignal sollte im Frequenzbereich von 500 Hz bis 3 400 Hz liegen.

Alarime im Führerhaus müssen von anderen Geräuschen zu unterscheiden sein (z. B. Warnungen oder Maschinenlärm).

ANMERKUNG Die Unverwechselbarkeit des Alarms kann durch Variieren der spektralen Eigenschaften und die zeitliche Verteilung der Signale erreicht werden (siehe ISO 9533).

4.3.2.2 Visuelle Geräte

Ein grünes Systemstatuslicht muss dem Maschinenführer anzeigen, dass das System eingeschaltet ist und funktioniert. Die Statusanzeige darf kontinuierlich leuchten oder ausgeschaltet werden, nachdem die Funktionsprüfung abgeschlossen ist.

Die Warnsignale im Führerhaus müssen so angebracht werden, dass sie im 120°-Radius mittig vor dem Maschinenführer positioniert und hell genug sind, um bei Betrieb im Sonnenlicht sichtbar zu sein. Geeignete Abschirmungen dürfen verwendet werden, um den Effekt des direkten Sonnenlichts auf die sichtbare Bildschirmseinheit zu vermindern.

Die Warnsignale müssen von anderen Warnungen auf der Instrumententafel zu unterscheiden sein; die strengste Warnung muss ein blinkendes rotes Licht sein.

4.3.2.3 Äußere auf der Maschine montierte Warngeräte

Wenn ein akustisches Warngerät als Teil des ODS außen auf der Maschine montiert ist, um Arbeiter und andere Personen auf der Baustelle zu warnen, müssen die externen Alarime ISO 9533 entsprechen.

Visuelle Warnvorrichtungen, die außerhalb der Maschine montiert sind, müssen für Menschen im Erfassungsbereich sichtbar sein.

4.4 Systemstart und Vorabcheck

4.4.1 Systemstart beim Anlassen des Motors

Beim Anlassen des Motors oder Anschalten muss sich das System automatisch einschalten, einen Vorabcheck durchführen, und die Funktionsanzeigen müssen korrekt sein.

ANMERKUNG Als Sichthilfe erfüllt die Anzeige des Bildes von einer Kamera auf den Monitor diese Anforderung.

Sollte das ODS nicht richtig arbeiten, muss eine Warnung an den Maschinenführer ausgegeben werden.

4.4.2 Aktivierung des Systems aus dem Stand-by-Modus

Das System darf solange im Stand-by-Modus bleiben, bis bei der Maschine der relevante Bewegungsmodus ausgewählt ist.

Ist der Stand-by-Modus gegeben, muss das System aufwachen und Informationen von der Kamera oder vom Sensor über die Fahrtrichtung der Maschine liefern, wenn sich die Maschine bewegt.

Wenn mehrere Kameras oder Sensoren montiert sind, muss das System die Kamerasicht bzw. das Sensorsignal nach der Fahrtrichtung oder anderer Maschinenbewegung liefern, z. B.:

- durch Verwendung mehrerer Monitore oder mehrerer Anzeigen, von denen Informationen über verbundene Kameras oder Sensoren geliefert werden;
- durch Verwendung eines einzelnen Monitors oder einer Anzeige, die der Reihe nach Informationen über mehrere Kameras oder Sensoren liefern;
- durch Verwendung eines einzelnen Monitors oder einer Anzeige, die gleichzeitig Informationen über mehrere Kameras oder Sensoren liefern.

4.5 ODS-Erkennungszeit

Nach der Einführung eines zu erkennenden Objekts darf die ODS-Erkennungszeit nicht länger als 300 ms betragen.

4.6 Kontinuierliche Selbstprüfung

Die Verfügbarkeit eines Bildes im Erfassungsbereich auf dem Monitor ist als Überwachungsfunktion für einen VA ausreichend.

Ein ODS muss eine ständige Überwachungsfunktion haben, die mindestens Folgendes einschließt:

- a) ein funktionierendes Anzeigenlicht (grün);
- b) ist Stand-by-Modus vorgesehen, eine Stand-by-Kontrollleuchte (blinkt gelb oder blinkt grün) (siehe 4.3.2.2);
- c) ein visuelles und/oder akustisches Ausfallssignal, wenn der Betrieb des Systems beeinträchtigt ist, einschließlich Überwachung aller Verbindungen des ODS, die die Überwachung aller Maschinensignale des Systembetriebs beinhaltet, wie z. B.:
 - Leitungsbruch,
 - Kurzschluss,
 - Zeitplan (wenn anwendbar),
 - Aus- und Eingänge der Signale und
 - Überprüfung des Systems.

4.7 Warneinrichtung nicht deaktivierbar für ODS

Die ODS-Warneinrichtung darf nicht durch einfaches Ausschalten deaktivierbar sein. Sie darf durch zwei oder mehr separate und eindeutige Handlungen des Maschinenführers deaktiviert werden.

Die Aktivierung der Warneinrichtung muss so ausgelegt und installiert sein, dass ihr Betrieb vom Maschinenführer nicht leicht verändert werden kann.

Alle Ausnahmen müssen in Übereinstimmung mit Anhang B bis Anhang I angegeben werden.

4.8 Elektromagnetische Verträglichkeit und physikalische Umwelt- und Betriebsbedingungen

Die elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) von ODS und VA müssen mit ISO 13766 übereinstimmen.

Die physikalischen Umweltbedingungen, in denen ODS und VA verwendet werden, müssen mit ISO 15998 übereinstimmen.

ANMERKUNG ISO 19014-3 kann als Alternative zu ISO 15998 verwendet werden.

5 Kennzeichnung und Bezeichnung

Jede Hauptkomponente (z. B. Kamera, Sensor, Monitor und Steuereinheit) muss deutlich lesbar und dauerhaft die folgenden Informationen tragen:

- Hersteller;
- Typ und Modell;
- Seriennummer des Produktes;
- falls erforderlich, vorgeschriebene Kennzeichnungen.

6 Betriebsanleitung

6.1 Betriebsanleitung

Eine Betriebsanleitung nach ISO 6750 muss geliefert werden. Die Anleitung darf in die entsprechende Anleitung für die Grundmaschine integriert werden und muss Folgendes umfassen, sofern zutreffend:

- Beschreibung der Systemfunktionen;
- Form und Größe des Erfassungsbereichs und Abweichungen im Betrieb und bei externen Faktoren (z. B. Störungen, Wetter, Vorhandensein von anderen Systemen);
- Informationen für die Baustellenorganisation in Bezug auf die Verwendung von ODS und VA, falls erforderlich;
- Einschränkungen durch Wettereinflüsse;
- topographische Einschränkungen, falls erforderlich;
- Anweisungen für die regelmäßige Wartung, einschließlich der notwendigen Gegenmaßnahmen gegen Umwelteinflüsse, die die Empfindlichkeit des Systems oder seine Fähigkeit zur Objektunterscheidung beeinträchtigen könnten;
- Anleitungen für die Aktivierung;
- Beschreibung der Kontrollen;
- Anweisungen für den sicheren Betrieb;
- Anweisungen zum Verhalten im Falle einer Fehlfunktion;
- behördliche Zertifizierungen (wie Zertifizierungen von RF-Konformitätsprüfung, die von den regionalen Aufsichtsbehörden gefordert werden), falls erforderlich;
- Länder, für die Typgenehmigungen vorliegen, falls erforderlich;
- empfohlene Routinen für regelmäßige Leistungsprüfungen der ODS und VA durch den Nutzer, falls erforderlich.

6.2 Andere Informationsdokumente

ODS- und VA-Systeme, die separat auf den Markt gebracht werden, müssen zusätzliche Anweisungen, die Folgendes abdecken, haben:

- detaillierte Beschreibung der Leistungs- und Betriebsgrenzen, insbesondere die Auswirkungen von unterschiedlichen Montagehöhen und Winkeln;
- Anweisungen für Installation und Montage, inklusive der Befestigungsstelle, falls erforderlich;
- Anweisungen zur Leistungsüberprüfung;
- Informationen zur Verbindung mit anderen Komponenten, falls erforderlich;
- behördliche Zertifizierungen (wie Zertifizierungen von RF-Konformitätsprüfung, die von den regionalen Aufsichtsbehörden gefordert werden);
- Anforderungen für die Stromversorgung, falls erforderlich.

Anhang A **(informativ)**

Auswahl von ODS und VA

A.1 Übersicht

ODS und VA können dazu verwendet werden, um die direkte und indirekte Sicht des Maschinenführers zu erweitern. Bei der Auswahl von ODS und VA sollte berücksichtigt werden, dass der Maschinenführer entsprechend informiert wird und er in der Lage ist, auf die zur Verfügung gestellten Informationen zu reagieren. Die Anforderungen an die Aufmerksamkeit des Maschinenführers sind hoch. Bei der Auswahl sollte auch die Art der Informationsausgabe besonders berücksichtigt werden, ob visuell oder akustisch, und was für den Maschinenführer bei Objekterkennung am hilfreichsten ist.

Es ist sehr wichtig zu wissen, dass ODS und VA sowohl Vor- als auch Nachteile haben. Es gibt keine Einrichtung, die den gewünschten Erfassungsbereich in allen Situationen perfekt abdeckt. Es bleibt immer ein Risiko, dass eine visuelle Warnung nicht gesehen wird. Akustische Signale können den Maschinenführer aufmerksam machen, können aber auch bei zu vielen Warnungen untergehen. Es ist besonders wichtig, dass die Schwächen von ODS und VA erkannt werden und dem Systemnutzer bekannt sind. Es können jedoch einige davon durch die Kombination von zwei oder mehreren Techniken kompensiert werden. In Tabelle A.1 sind die Vor- und Nachteile einiger Techniken zusammengefasst.

ANMERKUNG Grundlegende Techniken werden ständig verbessert. Daher könnten einige der Mängel durch zukünftige Entwicklungen behoben werden.

A.2 Berücksichtigung funktionaler Aspekte von ODS und VA

A.2.1 Allgemeines

Die folgenden Maschinenfunktionen sowie Betriebs- und Umweltaspekte von ODS und VA sollten berücksichtigt werden.

A.2.2 Anforderungen des Maschinenführers und die Fähigkeit, das System anzukoppeln und zu nutzen

Diese Anforderungen sind beispielsweise:

- Toleranz von falschen Alarmen;
- Signal-/Rausch-Verhältnis;
- Zeit und Häufigkeit der Ablesung bei visuellen Systemen;
- Potenzial für Informationsüberlast, wo mehrere ODS und VA im Einsatz sind;
- menschliche Faktoren (z. B. Reaktionszeit);
- Training und Einweisung;
- Art der Warnung, die für den Maschinenführer oder eine Person im Erfassungsbereich erforderlich ist.

A.2.3 Betriebsumgebung

Die Betriebsumgebung kann beispielsweise beeinflusst werden durch:

- offene, überlastete oder eingeschränkte Baustelle;
- Topografie der Baustelle;
- Bedingungen auf der Baustelle (z. B. Staub, Wasser, Licht, Kontrast);
- Wetter;
- Störungsquellen (z. B. andere Maschinen, stärkere Reflektoren oder Strahler).

A.2.4 Maschinenfunktionen

Die Funktionen können beispielsweise sein:

- abzudeckende Objekterfassungsbereiche;
- Analyse der Maschinenbewegung und Anwendung auf der Baustelle;
- verfügbare Einbaupositionen;
- zu erwartende Fahrtgeschwindigkeit;
- Wendekreis;
- Effekte der Verständlichkeit;
- Bremsweg.

A.3 Auswahl von ODS und VA

Das System sollte unter Berücksichtigung der folgenden Eigenschaften ausgewählt werden:

- visuelle Erkennung oder Sensorerkennung;
- aktive oder passive Reaktion;

ANMERKUNG Zum Beispiel basieren Typ-1-Systeme aus Anhang C, Anhang D und Anhang F auf aktiver Reaktion. Typ-2-Systeme aus Anhang B und Anhang F dagegen basieren auf passiver Reaktion. Es gibt auch ein kombiniertes System wie in Anhang E, basierend auf einer passiven Reaktion, ausgelöst durch aktive Eingabe.

- visuelle oder akustische Warnung oder beide;
- Reaktionszeit;
- Erfassungsbereich;
- Funktionssicherheit;
- Montagesicherheit;
- übersteuernde, dämpfende und behindernde Anforderungen;
- Fehlalarme;
- Anforderungen an die Wartung, Instandhaltung und Reinigung;
- Anforderungen an Leistungsprüfungen, z. B. regelmäßige Überprüfung des Erfassungsbereichs;
- Fähigkeit, Personen (Fußgänger) von anderen Hindernissen zu unterscheiden;
- Fähigkeit, bei schlechtem Wetter zu funktionieren;
- Fähigkeit, unter harten Bedingungen zu arbeiten.

Tabelle A.1 — Einige Vor- und Nachteile von ODS und VA

Technologie	Beschreibung	Vorteile	Nachteile	Bereich
Fresnel-Linse	Eine dünne, flache Linse mit konzentrischen Ringrillen in ihrer Oberfläche. Die Rillen dienen wie Prismen dazu, das Licht zu krümmen und zu fokussieren.	Ermöglicht dem Fahrer, Objekte unterhalb der Sichtlinie der normalen Fahrposition wahrzunehmen.	Das Bild kann an den Umhüllungsändern verzerrt sein. Eine externe Lichtquelle kann dazu führen, dass die Linse mit Licht „durchflutet“ wird. Eine externe Lichtquelle ist nötig. Die Interpretation des Bildes und die Beurteilung der Entfernungen können schwierig sein.	Horizontal: > 90°. Vertikal: üblicherweise 2 m. Hängt von der Montageposition ab.
Spiegel	Eine reflektierende Oberfläche, die indirekte Sicht ermöglicht.	Geringe Wartung und einfach zu bedienen.	Gute Sichtverhältnisse sind nötig. Einbau kann die Leistung beeinträchtigen. Kann für mechanische Beschädigung anfällig sein.	Potentiell groß, abhängig von optischen Eigenschaften.
Unterscheidender externer Alarm	Ein Alarmsystem, das einen Signalgeber verwendet, um ein akustisches Warnsignal auszulösen.	Aktiviert, wenn Maschinenbewegung ausgewählt wird. Warnt nur, wenn ein Objekt erkannt wird.	Verlässt sich darauf, dass Fußgänger im Fahrweg der Maschine ausweichen. Es kann schwierig sein zu bestimmen, woher der Alarmton kommt. Gefahr der Verwechslung, wenn mehr als eine Maschine in der näheren Umgebung arbeitet.	Variiert je nach Dezibelausgabe, Frequenz, Montageposition und Umwelteigenschaften.
Ultraschall	Ein System, das reflektierte Schallwellen verwendet, um die Anwesenheit eines Objekts zu erkennen und die Entfernung zu diesem zu messen.	Genaue Angabe der Zielentfernung; sowohl LED- als auch Audiosignal an den Maschinenführer.	Zeitverzögerung beschränkt Nutzung auf langsame Fahrzeuge; Rückwärtsfahren auf 10 km/h beschränkt. Die Leistung kann durch ungünstiges Wetter beeinflusst werden. Mehrere Sensoren sind erforderlich, um den gesamten Bereich hinter der Maschine abzudecken. Unterscheidet nicht zwischen Menschen und anderen Objekten. Begrenzte Montagehöhe über dem Boden.	Horizontal: max. 6 m.

Technologie	Beschreibung	Vorteile	Nachteile	Bereich
Doppler-Radar mit fester Frequenz	Ein System, das Mikrowellenstrahlung verwendet, die ausgestrahlt und von einem sich bewegenden Objekt reflektiert wird; die Frequenzunterschiede zeigen die Bewegung an.	Geringe Kosten. Wird von den meisten Objekten gut reflektiert. Ignoriert Schmutz auf der Radaroberfläche und wird nicht durch Schnee, Wind, Regen usw. beeinträchtigt. Kann zur Erfassung von Geschwindigkeit und Richtung des Objekts ausgelegt werden.	Hat Schwierigkeiten beim Erkennen stationärer Objekte; auf die Entfernung kann nur anhand der Stärke des reflektierten Signals geschlossen werden. Daher reagiert das System bei einer gegebenen Empfindlichkeit in gleicher Weise auf größere Objekte, die weiter weg vom Sensor liegen, und kleinere Objekte, die näher am Sensor liegen. Nicht fehlerfrei. Kann Objekte außerhalb des Fahrzeugweges erfassen. Unterscheidet nicht zwischen Menschen und anderen Objekten. Kann nur bewegte Objekte erfassen.	Reichweite unbegrenzt (aber siehe „Nachteile“). Spanne bis zu 160° je nach Ausführung.
Doppler-Radar mit geschalteter Frequenz	Siehe Beschreibung „Doppler-Radar mit fester Frequenz“, nur dass hier die gesendete Frequenz zwischen zwei oder mehr Frequenzen abgestuft ist.	Kann Reichweiten messen. Wird von den meisten Objekten gut reflektiert. Ignoriert Schmutz auf der Radaroberfläche und wird nicht durch Schnee, Wind, Regen usw. beeinträchtigt. Kann zur Erfassung von Geschwindigkeit und Richtung des Objekts ausgelegt werden.	Die gemessene Reichweite ist die gewichtete durchschnittliche Reichweite aller Ziele. Daher können kleine Ziele, die in der Nähe des Sensors liegen, von größeren Zielen, die weiter weg liegen, überlagert werden. Nicht fehlerfrei. Unterscheidet nicht zwischen Menschen und anderen Objekten. Kann Objekte außerhalb des Fahrzeugweges erfassen.	Reichweite unbegrenzt, aber siehe „Nachteile“. Spanne bis zu 160° je nach Ausführung.
Impulsradar	Ein System, das reflektierende Impulse verwendet, um die Anwesenheit eines Objekts zu erkennen und die Entfernung zu diesem zu messen.	Kann die Entfernungen von mehreren Zielen identifizieren.	Kann Objekte außerhalb des Fahrzeugweges erfassen. Unterscheidet nicht zwischen Menschen und anderen Objekten.	Die Reichweite kann begrenzt werden. Spanne bis zu 160° je nach Ausführung.

Technologie	Beschreibung	Vorteile	Nachteile	Bereich
Dauerstrich-radar (FMCW, en: frequency modulated continuous wave)	Siehe oben, nur dass hier die gesendete Frequenz von niedrig auf hoch und wieder zurück moduliert wird.	Kann die Entfernungen von mehreren Zielen identifizieren. Kann zur Erfassung von Geschwindigkeit und Richtung des Objekts ausgelegt werden.	Kann Objekte außerhalb des Fahrzeugweges erfassen. Unterscheidet nicht zwischen Menschen und anderen Objekten.	Unbegrenzt. Spanne bis zu 160° je nach Ausführung.
Videoüberwachungsanlage (CCTV, en: closed circuit television)	Ein Gerät, das Kameras mit Weitwinkelobjektiv und einem Monitor in der Fahrzeugkabine verwendet.	Kratzfest, schmutz- und wasserabweisend. Funktioniert bei schlechten Lichtverhältnissen.	Verzerrung macht es schwer, Entfernungen einzuschätzen. Direktes Licht in die Kamera verursacht Probleme mit der Sichtbarkeit. Direkt auf den Monitor fallendes Sonnenlicht verhindert die Sicht auf das Bild. Objekte im Schatten sind schwer zu unterscheiden. Schlamm und Staub auf dem Kameraobjektiv können das Bild verzerren. Schlamm und Staub können durch eingebaute Wasch-/ Wischanlagen entfernt werden.	Horizontal: bis zu 127°. Vertikal: bis zu 115°.
Passives Infrarot (PIR)	Ein Gerät, das Änderungen der Infrarot (IR)-Emissionen von Objekten erfasst.	Im Idealfall erfasst es den Unterschied zwischen einer Person und dem Hintergrund.	Empfindlich gegen Schmutz, Wasser und Vibrationen. Kann keine Entfernungen messen. Kann eine nahe stehende Person nicht von einem weit entfernten heißen Motor unterscheiden.	Kann in dieser Anwendung beschränkt sein; siehe unter „Nachteile“.
Aktives Infrarot (IR)	Ein Gerät, das Infrarot (IR)-Emissionen von Objekten verwendet, um deren Anwesenheit zu erkennen und die Entfernung zu ihnen zu messen.	Unbekannt.	Unbekannt.	Unbekannt.

Technologie	Beschreibung	Vorteile	Nachteile	Bereich
Kontakt	Verwendet Bremsen, die aktiviert werden, nachdem ein Schalter von einer ausgeschwenkten Stoßstange ausgelöst wurde.	Einfach und relativ kostengünstig.	Nicht für alle Maschinen geeignet. Keine frühzeitige Erkennung von Objekten oder Fußgängern. Nicht zum sicheren Schutz von Fußgängern geeignet. Nur für Anwendungen mit sehr langsamer Geschwindigkeit geeignet.	Bestimmt durch die Abmessungen des Geräts.
Elektro-magnetischer (Radio-frequenz-) Signal-transponder	System, das elektro-magnetische Signale oder Radiowellen verwendet, um zwischen einem auf der Maschine montierten Sender-Empfänger und einem elektronischen Tag, das auf Arbeitern oder Hindernissen angebracht ist, zu kommunizieren und unmittelbare Nähe oder eine Kollision zu signalisieren.	Beide Betroffenen werden gewarnt. Alle Richtungen werden überwacht.	Überwacht nichts, was kein Tag trägt. Die abgestrahlte Leistung ist zu schwach, um den menschlichen Körper zu durchdringen und den gesamten Erfassungsbereich abzudecken. Gerichtet, wie der Ultraschall-Transponder (siehe E.4.1). Kann eine Person außerhalb des erforderlichen Erfassungsbereichs erfassen und erfordert eine sorgfältige Wahl der Funkfrequenzen.	In jeder Richtung auf 20 m einstellbar.
Laser	System mit programmierbarer Software, das einen gepulsten Laser und einen Drehspiegel verwendet.	Der Erfassungsbereich kann präzise eingestellt werden. Unterschiedliche Funktionen können unterschiedlichen Bereichen zugeordnet werden (z. B. Bremsen anwenden, hupen usw.).	Kann durch direkte Sonneneinstrahlung gestört werden. Dichte Dampf- oder Rauchwolken könnten als Barriere wirken. Ein anderer Laser auf der gleichen Wellenlänge könnte auch ein Alarmsignal auslösen. Das Objektiv muss häufig gereinigt werden. Die Diode hat eine begrenzte Lebensdauer (etwa 5 Jahre).	Maximaler Einsatzbereich von 8 m und Scanwinkel von 180°, Strahldicke bis zu 50 mm.

Technologie	Beschreibung	Vorteile	Nachteile	Bereich
Ultraschall-Transponder	System, das zwei Ultraschallwellen verwendet, um zwischen einer „Erkennungsvorrichtung“ auf der Maschine und einem „Responder“, der von den Arbeitern getragen wird, zu kommunizieren und unmittelbare Nähe oder eine Kollision zu signalisieren.	Kann für den erforderlichen Erfassungsbereich einstellbar sein. Sendet direkt einen Alarm sowohl an den Maschinenführer als auch an den Arbeiter. Erzeugt visuelle und akustische Warnungen für den Maschinenführer und akustische Warnungen für die Arbeiter.	Erkennt nichts ohne Responder.	Maximaler Erfassungsbereich 12 m, der in Schritten von 1 m eingestellt werden kann. Erfassungsbereich hängt von der Wahl des Wandlers ab, der mit einer Richtcharakteristik von 20°, 30°, 40° und 60° erhältlich ist.
CCTV mit Farb-erkennung	System, das CCTV-Bilder zur Erkennung bestimmter Farbtags analysiert, die von Arbeitern getragen werden.	Beide Betroffenen werden gewarnt. Überwacht innerhalb des Kamerabildwinkels.	Überwacht nichts ohne Farbtage.	Erfassungsbereich von 10 m bis 15 m, je nach Winkel des Kameraobjektives.