Netzwerk Baumaschinen NRMM CV

Personen-/Objekterkennung, Warnung in Gefahrenbereichen

Kamera-, Sensoriksysteme, intelligente Software im Arbeitsbereich von Flurförderzeugen

Sicherheit und Effizienz beim Einsatz von Flurförderzeugen (FFZ)/Hubstaplern – Leitfaden für Betreiber, Mitarbeiter, Hersteller und Aufsichtspersonen

3. aktualisierte AUFLAGE

Das Netzwerk Baumaschinen NRMM CV unterstützt die Qualität und Wirtschaftlichkeit von Prozessen zur Verbesserung der Sicherheit im Gefahrenbereich von mobilen Maschinen (NRMM – Non Road Mobile Machinery) und Nutzfahrzeugen (CV – Commercial Vehicles). Im Fokus steht die „Personen- und Objekterkennung zur Kollisionsvermeidung". Aufgabenstellungen hierzu werden mit betroffenen Akteuren diskutiert, aus den Ergebnissen praxisgerecht aufbereitete Informationen und Leitfäden erarbeitet.

Die Erfahrungen aus Sichtfeldeinschränkungen bei Baumaschinen erweitert das Netzwerk auf mobile Arbeitsmaschinen verschiedenster Branchen – von der Land- und Forstwirtschaft über den Garten-/Landschaftsbau bis hin zur Rohstoffgewinnung, Industrie und Logistik.

Die Informationen in diesem Leitfaden für Flurförderzeuge (= kraftbetriebene FFZ gemäß ISO 5053-1) behandeln im Wesentlichen die sogenannten Gabel- bzw. Hubstapler.

Dieser im Netzwerk erarbeitete Leitfaden **„Personen-/Objekterkennung, Warnung in Gefahrenbereichen"** bietet einen Überblick zu technischen Maßnahmen wie zum Beispiel

- Kamera-Monitor-Systemen,
- Warn- und Sensoriksystemen und
- intelligenter Software zur Objekterkennung.

Diese können bei eingeschränkten Sichtverhältnissen den Fahrer/Bediener unterstützen und für einen zuverlässigen Kollisionsschutz beim Einsatz von Flurförderzeugen (FFZ) sorgen.

Unternehmer, Führungskräfte, Betriebsräte, Sicherheitsfachkräfte (SiFas), Sicherheitsbeauftragte (SiBes), Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinatoren (SiGeKos), Fahrer/Bediener erhalten wertvolle Hinweise für einen sicheren und effizienten Einsatz.

VISION ZERO.
NULL UNFÄLLE – GESUND ARBEITEN!

Arbeitsschutz ist Teamwork! Dem hat sich das Netzwerk verpflichtet und unterstützt als Kooperationspartner die BG RCI-Präventionsstrategie „VISION ZERO."
„VISION ZERO. Null Unfälle – gesund arbeiten!" geht davon aus, dass durch geeignete präventive Maßnahmen eine Arbeitswelt erreichbar ist, in der niemand bei der Arbeit getötet oder so schwer verletzt wird oder erkrankt, dass daraus lebenslange Schäden resultieren.

- www.bgrci.de/vision-zero

INQA | INITIATIVE NEUE QUALITÄT DER ARBEIT

Gute Arbeitsbedingungen und wirtschaftlicher Erfolg gehören zusammen!
Das Netzwerk Baumaschinen NRMM CV agiert im Sinne der nationalen „Initiative Neue Qualität der Arbeit" (INQA) des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales (BMAS). INQA als Praxisplattform für Arbeitsqualität und den Wandel der Arbeit begleitet Unternehmen mit Fachwissen, Praxiserfahrungen und einem breiten Netzwerk mit konkreten Angeboten, die sozialpartnerschaftlich getragen sind.

- www.inqa.de

Inhalt

Anwendungsbereich Flurförderzeuge (FFZ) **4**

1 Gefahrensituationen sicher erkennen, Prozesse verbessern **5**
1.1 Typische Gefährdungen 5
1.2 Gefährdungsbeurteilung 6
1.3 Beispiele für Prozessverbesserungen 7

2 Sicht und Sichthilfsmittel – Kamera-Monitor-Systeme (KMS) **8**
2.1 Standard Kamera-Monitor-Systeme 8
2.2 Rundumsicht Kamera-Monitor-Systeme (270°- bis 360°-Surroundview) 12
2.2.1 Rundumsicht aus der Vogelperspektive (Birdview) 13
2.2.2 Darstellung einer Rundumsicht aus Einzelansichten 14
2.2.3 Multikamerasystem mit 3D-Modell 15
Multikamerasystem Nachrüstlösung 16
2.3 Spiegelersatzsysteme 17
2.4 Übertragungstechnologien von KMS 18

3 Personen- und Objekterkennung – Warn- und Sensoriksysteme **19**
3.1 Ultraschallsysteme 20
3.2 Radarsysteme 22
3.3 Funk-/Transponder-/Tag-Systeme 24
3.4 3D-Kamerasensoren (3D-Snapshot-Vision) 26
3.4.1 3D-Time-of-Flight-Sensoren (3D-ToF) 28
3.4.2 3D-Stereokameras für den Außen- und Innenbereich 29
3.5 LiDAR-Systeme 30

Empfehlungen aus VDI-Richtlinie 4482 – Assistenzsysteme für Flurförderzeuge **31**

4 Akustische und optische Warnsignale für Personen in der Umgebung **32**
4.1 Akustische Warnung von gefährdeten Personen 32
4.1.1 Breitbandton-Warner 33
4.2 Optische Warnung von gefährdeten Personen 34
4.2.1 TruckSpot 34
4.2.2 BlueSpot und RedSpot 35

5 Personen- und Objekterkennung – Intelligente Software und KI **36**
5.1 Künstliche Intelligenz (KI) 37
5.2 Beispiele für Objektdetektion mittels künstlicher Intelligenz (KI) 38
5.3 Aktive KI-Personenerkennung zur Kollisionsvermeidung und Unfallrisikomanagement 40
5.4 Smarte Robotikfunktionen 41
5.5 Individuelle Datenverarbeitung und Apps in 3D-Kamerasensoren für FFZ 42

6 Allgemeine Grundlagen für die Beschaffung und den Betrieb **44**

7 Regelwerke und Normen **46**
für Betreiber, Arbeitgeber, Hersteller, Arbeitnehmer

Publikationen des Netzwerks **49**

Impressum, Bildquellennachweis **50**

Anwendungsbereich Flurförderzeuge (FFZ)

Kraftbetriebene Flurförderzeuge (FFZ)

Dieser Leitfaden befasst sich mit Personen- und Objekterkennungssystemen für selbstfahrende, kraft- bzw. motorangetriebene FFZ.

Gefährdungen, die bei handgeführten Flurförderzeugen („Mitgänger“) bestehen, werden in diesem Leitfaden nicht behandelt.

Insbesondere im Bereich der Intralogistik kommt eine Vielzahl an Flurförderzeugen zum Einsatz.
Für unterschiedliche Anwendungen stehen u.a. folgende FFZ-Typen zur Verfügung

- FFZ mit Hubeinrichtung wie Frontgabel-, Schmalgang-, Container-, Teleskop-, Schubmaststapler, Mitnahmestapler
- FFZ ohne Hubgerüst, z.B. Schlepper, Plattformwagen, Kommissioniergeräte
- Neben FFZ mit Fahrersitz oder Fahrerstand spielen beim Materialtransport zunehmend auch fahrerlose Flurförderzeuge (FTF / FTS / AGV) eine wichtige Rolle

Das Be- und Entladen eines LKWs führt oft zu kritischen Situationen: Flurförderzeuge und Menschen arbeiten auf engem Raum, es geht hektisch und unübersichtlich zu. Im schlimmsten Fall kann das zu Sach- oder gar Personenschäden führen. Doch nicht nur Verladesituationen verlangen von allen Beteiligten höchste Aufmerksamkeit. Tote Winkel, schwer einsehbare Bereiche und Ablenkung durch Lärm sind ein permanentes Sicherheitsrisiko in der Intralogistik.

Anti-Kollisionssysteme – Systeme zur Personen- und Objekterkennung

Kollisionen beim Fahren und Rangieren von FFZ stellen ein erhöhtes Risiko für die Beschäftigten dar. Um Gefährdungen zu verringern, werden Anti-Kollisionssysteme bzw. Systeme zur Personen- und Objekterkennung installiert.
Hierzu werden je nach Gefährdungssituation vor Ort **die Umgebung**, **die Flurförderzeuge** und/oder **die Beschäftigten** mit Systemen ausgestattet, um beispielsweise

- **Sicht in nicht oder schwer einsehbare Bereiche zu ermöglichen,**
- **den Fahrer und/oder die gefährdete Person aktiv zu warnen,**
- **das Fahrzeug automatisch zu bremsen oder zu stoppen.**

Fahrer-Assistenzsysteme (FAS)

FAS bieten dem Fahrer Sicherheit, Effizienz und/oder Komfort. Der Fokus dieses Leitfadens liegt auf dem Sicherheitsaspekt der Kollisionsvermeidung.

Direkt am Flurförderzeug installierte Anti-Kollisionssysteme/Systeme zur Personen- und Objekterkennung zählen zu den Fahrer-Assistenzsystemen. Hierbei handelt es sich um elektronische Einrichtungen, die den Fahrer bei seiner Tätigkeit unterstützen.
Der Begriff reicht von reinen Sichthilfsmitteln über Systeme, die den Fahrer vor einer kritischen Situation warnen, bis hin zum automatischen Eingriff in die Steuerung und/oder den Antrieb des Fahrzeugs. Je nach Anwendungsfall sind Kombinationen aus unterschiedlichen FAS möglich/sinnvoll.

1 Gefahrensituationen sicher erkennen

Prozesse verbessern

Sicht und Aufmerksamkeit

Beim Betrieb von mobilen Arbeitsmaschinen, wie Flurförderzeugen, ereignen sich immer wieder Sachbeschädigungen und schwere, auch tödliche Unfälle, weil im Gefahrenbereich befindliche Personen und Objekte nicht rechtzeitig erkannt wurden.

Schlechte oder fehlende Sicht verursacht:

- Störungen des Arbeitsablaufs,
- Stress bei den Betroffenen und
- erhöhte Unfallrisiken.

1.1 Typische Gefährdungen

Gefährdungen durch mangelhafte Sicht

Mit kraftbetriebenen Flurförderzeugen werden Lasten transportiert, geschoben und gezogen, bei vorhandenen Hubeinrichtungen auch aufgenommen, gehoben, abgesetzt, gestapelt und in Regale ein- und ausgelagert. Dabei besteht aufgrund von eingeschränkten Sichtverhältnissen die Gefahr, dass Personen oder Objekte nicht rechtzeitig erkannt werden.

Es kann insbesondere zu folgenden Gefährdungen durch Sichteinschränkungen kommen:

- Kollisionen des FFZ mit Personen oder Gegenständen bei Rangier- oder Fahrbewegungen (2/3 aller Unfälle mit FFZ erfolgen durch Kollisionen mit Personen bei Fahr- und Rangierbewegungen von Staplern).
- Einquetschen von Personen durch das Transportgut, z.B. durch eingeschränkte Fahrersicht auf den Verkehrsweg oder aufgrund fehlender seitlicher Sicherheitsabstände.
- Zusammenstöße von FFZ mit anderen Fahrzeugen auf dem Betriebsgelände, insbesondere an Ausfahrten aus Lagerhallen oder in Kreuzungsbereichen.
- Schädigung des Muskel-Skelett-Systems des Fahrpersonals durch Zwangshaltungen, wie z.B. Kopfdrehung bei Rückwärtsfahrten.
- **Achtung: Der Vorgang des Anfahrens ist besonders risikobehaftet!**

Die DGUV-Statistik zeigt das hohe Gefährdungspotenzial. 2021 ereigneten sich mit Staplern:

- **15.380 Unfälle,**
- **davon 11 tödliche.**
- **Bei 310 führten die Verletzungen zu dauerhafter Arbeitsunfähigkeit.**
- **In 51% der Fälle wurde das Unfallopfer eingequetscht, an- oder überfahren.**

1.2 Die Gefährdungsbeurteilung

FFZ dürfen nur gefahren werden, wenn der Fahrer ausreichende Sicht auf die Fahrbahn hat oder eingewiesen wird (§12 DGUV Vorschrift 68). Zur Festlegung ggf. erforderlicher Maßnahmen ist die gesetzlich vorgeschriebene Gefährdungsbeurteilung durchzuführen. Neben wirkungsvollem Arbeitsschutz entsteht zusätzlich wirtschaftlicher Nutzen: Das Vorbeugen von Arbeitsausfällen bei Mitarbeitern sowie das Vermeiden von Beschädigungen von Maschinen und Material.

Die „TRBS 1111 – Gefährdungsbeurteilung" konkretisiert die Anforderungen der Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV).

Die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Verwendung von Arbeitsmitteln wieder.

Reicht die direkte Sicht des Fahrers/Bedieners auf seinen Arbeitsbereich nicht aus, um dort Personen und Objekte sicher zu erkennen, sind gemäß „TOP-Prinzip" vorrangig technische Maßnahmen festzulegen und umzusetzen. Beispiele für Schutzmaßnahmen:

1. **Technisch:** Mittel zur Sichtverbesserung, wie Kamera-Monitor-Systeme, die eine ausreichende Sicht gewährleisten, einsetzen. Auch prüfen, ob Warn-/Sensoriksysteme zur Personen-/Objekterkennung erweiterten Schutz bieten können (siehe unten).
2. **Organisatorisch:** Gefahrenbereiche definieren und kennzeichnen, Verhaltensregeln aufstellen (z. B. Aufenthaltsverbote, Einweiser, Sicherungsposten oder Abschrankungen) und deren Einhaltung kontrollieren, regelmäßig über Gefahren und die einzuhaltenden Schutzmaßnahmen unterweisen.
3. **Persönlich:** Persönliche Schutzausrüstung (PSA), z. B. Warnwesten als ergänzende Maßnahme bereitstellen und für deren Benutzung sorgen.

Mit der Gefährdungsbeurteilung muss bereits vor der Auswahl und der Beschaffung eines Arbeitsmittels begonnen werden. Die Anforderungen und Kriterien für die geplanten Einsatzbereiche sind dabei detailliert zu beschreiben und zu dokumentieren.

Hierzu gehören z.B.:

- **Einsatzanforderungen**
- **Erfahrungen der Beschäftigten**
- **Stand der Technik bei Personen- und Objekterkennungssystemen**

Ausreichende Sicht auf Fahrbahn und Gefahrenbereiche ermöglichen

Zuerst die Sitzeinstellung für den Fahrer optimieren und dann überprüfen, ob eine direkte Sicht auf die Gefahrenbereiche der Maschine gegeben ist:

- Sind an der Maschine alle Spiegel montiert und sitzen an der richtigen Position?
- Reicht die Sicht aus?
- Können gefährdete Personen sicher aus bestimmten (Gefahren-)Bereichen ausgesperrt werden?

In besonders unübersichtlichen Situationen (z.B. beim Auf-/Abladen oder bei fließendem Verkehr) Einweiser einsetzen! Wichtig: diesen unbedingt vorher instruieren.

Ist eine direkte Sicht nicht gegeben, folgende technische Maßnahmen bzw. Lösungen einsetzen:

- Kamera-Monitor-System
- Rundumsicht-Kamerasystem
- Warn-/Sensoriksystem
- Intelligente, aktive Lösungen

Gefährdungsbeurteilung ≠ Risikobeurteilung

Die Gefährdungsbeurteilung durch den Arbeitgeber ist nicht zu verwechseln mit der Risikobeurteilung/Gefahrenanalyse des Herstellers!

1.3 Beispiele für Prozessverbesserungen

Die Digitalisierung und Vernetzung von Warenwirtschaftssystemen, Produktion, Fahrzeugen und Logistik beschleunigt sich. Zunehmende Automatisierungsgrade verändern die Arbeitsbedingungen gravierend. Für die Arbeitssicherheit entstehen neue Herausforderungen, aber auch innovative Lösungen, die die Unfallrisiken verringern können.

Assistenzsysteme und intelligente Software (s. Kapitel 5) für FFZ ermöglichen Prozessverbesserung bei gleichzeitiger Erhöhung der Sicherheit. Hierzu zählen beispielsweise:

- Automatische Funktionen wie: Positionierung von Gabelzinken, Containererkennung, Frachtdimensionierung (s. DIN EN ISO 24134)
- Schmalgangwarnung
- Gestenerkennung (Fahrzeug folgt Maschine)
- Fahrzeugcheck via Smartphone (Zustandskontrolle vor Schichtbeginn inkl. Dokumentation, ggf. Visualisierung von Schäden; Fahrzeug wird nur freigeschaltet, wenn Check durchgeführt wurde)
- Echtzeitlokalisierung (Personen, Fahrzeuge, Güter)

Um Unfälle von FFZ und Personen zu vermeiden, sind neben den technischen Schutzmaßnahmen auch die folgenden Schritte zur Prozessverbesserung zu beachten:

- Klare Regeln für den innerbetrieblichen Verkehr/Transport
- Trennung von Fahr- und Fußwegen, gute Sichtverhältnisse auf den Fahrwegen
- Eindeutige Beschilderung, Warnschilder
- Ausreichend breite Fahrwege und Seitenabstände zum FFZ
- Unterweisung der Beschäftigten
- Sicherung gefährlicher Stellen mittels Stoppstellen bzw. Zebrastreifen
- Betriebsanweisung mit allen Regeln und Schutzmaßnahmen für den Betrieb von FFZ
- Panorama- oder Kugelspiegel an unübersichtlichen Verkehrspunkten
- Angepasste Fahrgeschwindigkeit (reduziertes Motordrehmoment beim Anfahren)
- Ggf. Zugangskontrollen
- Einhaltung der Pausenzeiten

Wichtige Regelungen und hilfreiche Empfehlungen:

DIN EN ISO 24134 - 2018-12 „Flurförderzeuge – Zusätzliche Anforderungen für automatische Funktionen von Staplern“

VDI-Richtlinie 4482 „Assistenzsysteme für Flurförderzeuge“ (inkl. Informationen zur Sichtfeldmessung)

In Arbeit: DGUV Information 208-XYZ „Sicherer Umgang mit Teleskopstaplern“

Weitere branchenrelevante Informationen für die Logistik (Einsatz von Lkw) siehe Leitfaden:

„Abbiegeassistenzsysteme für schwere Nutzfahrzeuge und Busse“ (www.netzwerk-baumaschinen.de)

2 Sicht und Sichthilfsmittel

Kamera-Monitor-Systeme (KMS)

2.1 Standard Kamera-Monitor-Systeme

Kamera-Monitor-Systeme (KMS) sind Hilfsvorrichtungen zur Verbesserung der Sicht und sorgen für mehr Sicherheit im Arbeits- und Bewegungsbereich mobiler Maschinen. Sie unterstützen die Überwachung der Gefahrenzonen vor, hinter und um eine mobile Maschine herum – sowohl bei Fahrbewegungen als auch bei Bewegungen von An- und Vorbaukomponenten.

Monitorbilder Dual-Ansicht – links: Kamera am Gabelträger zur Erleichterung der Lastaufnahme, rechts: Rückfahrkamera

Kombination aus Rückfahr- und Gabelträgerkamera am Gabelstapler

Weitwinkelkamera zur Seitenbereichsüberwachung

Beim Einsatz von KMS beachten:

- KMS sind zur Überwachung des Nahbereichs um eine mobile Arbeitsmaschine herum einzusetzen!
- KMS sind nicht dazu vorgesehen, längere Fahrbewegungen mit der mobilen Arbeitsmaschine durchzuführen!

Rückfahrkamera und Monitor

Direkte Sicht hat oberste Priorität – ersetzt aber nicht den Einweiser!

Systeme zur Sichtverbesserung und Gefahrenerkennung

Wer mit mangelhafter Sicht Fahrzeuge oder mobile Maschinen steuert, ist erheblichen psychischen Belastungen ausgesetzt.

Zur Sichtverbesserung und schnelleren Gefahrenerkennung beim Einsatz von FFZ und anderen mobilen Maschinen haben sich Standard Kamera-Monitor-Systeme bewährt.

Durch den Einsatz moderner Technik werden Arbeitsabläufe sicherer, ergonomischer und wesentlich effektiver.

Hat der Fahrer keine direkte freie Sicht auf seine Fahrbahn, kann beispielsweise eine Rückraum- und/oder Seitenbereichskamera Einblick in den verdeckten Arbeitsbereich, die Gefahrenzone ermöglichen. Ansonsten Einweiser einsetzen – siehe Seite 44!

Unfälle und Gefährdungen durch Sichteinschränkungen vermeiden

Lassen Sie sich qualifiziert über Einsatzbereiche und besondere Vorteile der beschriebenen Systeme zur Verbesserung der Sicht und **zusätzlichen** Gefahrenerkennung durch einen Fachbetrieb beraten.

Setzen Sie Blindflügen ein Ende.
Ein kontrollierbares Sichtfeld für den Gefahrenbereich ermöglicht ein schnelleres, präziseres und sichereres Arbeiten.

Umfassende Informationen über wichtige technische und optische Anforderungen an Kamera-Monitor-Systeme enthält der unten abgebildete Leitfaden für die Nachrüstung von KMS, zum Beispiel:

- Öffnungswinkel der Kamera
- Darstellungsqualität des Monitors
- Monitor-Farbechtheit
- Monitor-Kontrast-/Farbdarstellung
- Übertragungszeit der Bilddaten
- Äußere Einwirkungen
- Ausrichten von Kamera und Monitor

Empfehlung für die Monitorauswahl:
Monitore sollten aus ergonomischen und sicherheitstechnischen Gründen bei einem Sichtabstand von bis zu 1 m mindestens eine Größe von 7 Zoll haben (DIN EN 1175).
Der Fahrer/Bediener muss gefährdete Personen schnell erkennen können!
Die gefährdete Person muss mindestens in einer Größe von 7 mm auf dem Monitor abgebildet werden (ISO 16001).

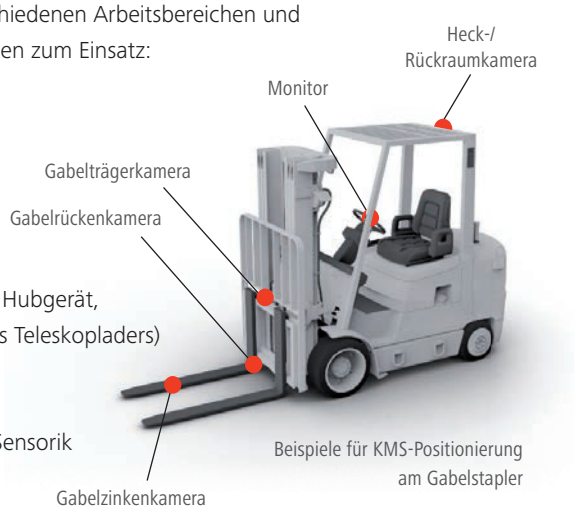
Anwendungen und Montagemöglichkeiten von Kamera-Monitor-Systemen an verschiedenen FFZ

Beispiel Gabelrückenkamera:

Die Kamera mit Pinhole-Objektiv sitzt gut geschützt vor Stößen und Beschädigungen durch Gitterboxen oder Paletten. Dabei bietet sie freie Sicht auf beide Gabelzinken und erleichtert das Ein- und Auslagern von Waren.

KMS unterstützen den Fahrer/Bediener in verschiedenen Arbeitsbereichen und Anwendungsfällen. Bei Flurförderzeugen kommen zum Einsatz:

- Rückraum-KMS
- Front-KMS
- Seitenbereichs-KMS
- Gabelzinken-KMS
- Gabelrücken-KMS
- Gabelträger-/Mast-KMS (z.B. an Innenmast, Hubgerät, Innenseite Palettenabschieber, Ausleger eines Teleskopladers)
- Rundumsicht-KMS
- Kombinationen verschiedener KMS
- Sensorfusion: Kombinationen von KMS mit Sensorik (z.B. Ultraschall oder Radar)



Beispiele für KMS-Positionierung am Gabelstapler

KMS sind in verschiedenen Ausführungen erhältlich, wie zum Beispiel:

- **Besonders robust bei Erschütterungen, chemischen Einflüssen, Staub und/oder Nässe**
- **Dichtigkeit bei Reinigung mit Hochdruck**
- **Für kabelgebundene oder kabellose Übertragung**
- **Optional mit Bild-spiegelungsfunktion**
- **Mit integrierter Heizung**
- **Geeignet im Kühlhaus und CA-/ULO-Lager**

Bei Arbeiten mit FFZ im CA- und ULO-Lager: Unbedingt die besonderen Anforderungen beachten, siehe hierzu SVLFG-Broschüre GBG 7 „Sicherheit im Obstbau" (TR3) Anhang Technische Regel 3

Anwendungsbeispiel 1: Front-, Heck-, Seitenbereichs-KMS

Kamerasysteme zur Front- und Rückraumüberwachung unterstützen den Fahrer/Bediener bei der **Sichtverbesserung in Fahrgassen vor bzw. hinter dem FFZ**. Dadurch können das Unfallrisiko und der Stresspegel wesentlich gemindert werden.
Neben dem „erweiterten" Blick – auch in Bereiche, auf die ohne Hilfsmittel keine direkte Sicht möglich ist – bietet das KMS zusätzlich ergonomische Vorteile. Der Fahrer/Bediener kann den Arbeitsbereich einsehen, ohne sich ver- oder umdrehen zu müssen.

Gefahrensituation: Der Fahrer übersieht beim Rückwärtsfahren die Person hinter dem Gabelstapler.

Abhilfe: Durch einen Blick auf den Monitor kann der Fahrer die Situation im rückwärtigen Arbeitsbereich einsehen.

Abhilfe: Nachträglich montierte Seitenbereichskamera an einem Teleskopstapler zur Einsicht in den Gefahrenbereich.

Anwendungsbeispiel 2: Gabelzinken-, Gabelträger-KMS

Das Transportieren, Ein- und Auslagern von großvolumigen und langen bzw. tiefen Ladungen erfordert höchste Präzision und Aufmerksamkeit. Am Gabelträger montierte Kameras und spezielle Zinkenkameras können dem Fahrer Sicht in die Fahrgasse, den Bereich vor dem Stapler, die Gabelzinken und den Bereich unterhalb der Staplerladung geben. Das Handling von sperrigen Ladungsträgern wie beispielsweise bei Paletten im Hochregallager wird erleichtert.
Für noch mehr Sicherheit und Arbeitseffizienz sollte das Gabelzinken- und/oder Gabelträger-KMS zusätzlich mit einer automatisch aktivierbaren Rückfahrkamera kombiniert werden.

Mittels Gabelzinkenkamera hat der Fahrer/Bediener Sicht auf jeweiliger Höhe der Ladung.

Gabelträgerkamera für die indirekte Sicht nach vorn.

Mithilfe von Gabelzinken- und Gabelträgerkameras kann der Fahrer/Bediener den Arbeitsvorgang kontrollieren und dabei eine ergonomische Körperhaltung beibehalten.

Um eine Kabelverlegung im Mast zu vermeiden, bietet sich ein kabelloses Funksystem an (s. Kapitel 2.4)

Der Monitor zeigt dem Fahrer/Bediener die Aufnahme der Gabelträgerkamera.

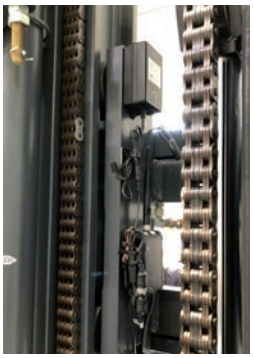
Montage/Nachrüstung

Kamera-Monitor-Systeme lassen sich in der Regel unproblematisch nachrüsten. Dabei sind unbedingt die Herstellerangaben zu beachten. Für die Montage/Ausrichtung des Monitors gilt:

- Auf eine ergonomisch sinnvolle Positionierung des Monitors achten.
- Die direkte Sicht auf den Fahr-, Arbeits- und Gefahrenbereich nicht einschränken – der Monitor darf keine Bedienelemente verdecken.
- Eine direkte Sonneneinstrahlung auf den Monitor vermeiden.

Für die Ausrichtung der Kamera(s) und die Festlegung des optimalen Bildwinkels sind jeweils:

- die Art des Arbeitseinsatzes und
- die Umfeldbedingungen entscheidend.
- Die aus der Gefährdungsbeurteilung resultierenden Anforderungen müssen erfüllt werden.
- Bei Dachmontagen die zu passierenden Durchfahrtshöhen (z.B. bei Toren) beachten.

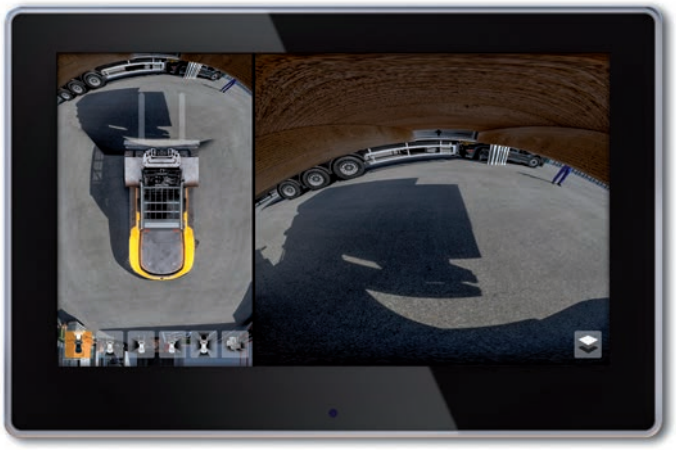


Akku- und Magnet-Lösung als Beispiel für eine besonders einfache, flexible Nachrüstung.

2.2 Rundumsicht Kamera-Monitor-Systeme

270°- bis 360°-Rundumsichten (Surroundview)

Weiterentwickelte Kamera-Monitor-Systeme ermöglichen 270°- bis 360°-Rundumsichten. Ihr Einsatz kann die Arbeitsabläufe bei mobilen Maschinen wie FFZ unterstützen.



Monitordarstellung von 4 Kameras, die ein 360° Live-Bild erzeugen. Der Bediener hat ein vollständiges, rundum kontrollierbares Sichtfeld für schnelles, präzises und stressfreies Arbeiten, Fahren und Manövrieren.

Von der Rück- zur Rundumsicht

Der große Vorteil besteht in der gleichzeitigen Darstellung aller relevanten Bereiche um das FFZ herum: Der Fahrer erfasst mit Blick auf den Monitor alle Gefahrenbereiche seines direkten Maschinenumfeldes.

Moderne Standardkomponenten ermöglichen bei entsprechender Anordnung und Anzeige der Kamerabilder 360°-Rundumsicht im Monitor. Individuell und anwendungsbezogen zeigen die Kamerabilder die zur Gefahrenerkennung erforderlichen Bereiche und bieten somit ein hohes Maß an Sicherheit.
Einzelne Kamerabilder können manöverbezogen als Vollbild oder Splitscreen (geteilter Bildschirm) angezeigt werden. Sie ermöglichen einen Blick um das gesamte Fahrzeug herum oder Sicht auf festzulegende, bestimmte Bereiche.

Nachrüstung:
Ausgehend von einer Rückfahrkamera kann auf bis zu vier Kameras und bis hin zu einem Rundumsichtsystem erweitert werden.

Zusätzlich können KMS-Systeme durch Sensoren ergänzt werden. Siehe Kapitel 3 und 5. →

Prinzip Rundumsicht-KMS

Die Bilder mehrerer Kameras bieten eine Rundumsicht.

Eine Echtzeit*-Abbildung der Umgebung rund um das FFZ kann auf unterschiedliche Arten erfolgen – Grundlage bildet jeweils der Einsatz von 4 Kameras (bzw. 3 Kameras für eine 270° Darstellung):

1. Rundumsicht in Vogelperspektive:
Zeitgleich erzeugte Digitalbilder der Kameras werden per Video-Stitching weiterverarbeitet und zu einem 360°-Bild kombiniert. Der Monitor zeigt ein Bild aus der Vogelperspektive** als Einzelansicht oder wahlweise mehrere Ansichten im Splitscreen. (s. Kap. 2.2.1)

2. Rundumsicht aus 4 Einzelansichten:
Die Bilder von vier Standardkameras werden zu einer Rundumsicht arrangiert und auf dem Monitor neben-/übereinander angeordnet angezeigt. (s. Kap. 2.2.2)

3. Rundumsicht mit 3D-Modell:
Die vom Kamerasystem erzeugten Bilddaten der Umgebung werden mit den 3D-Bilddaten des FFZ zusammengeführt. Der Monitor zeigt eine real wirkende 3D-Darstellung des arbeitenden FFZ in seiner Umgebung. (s. Kap. 2.2.3)

*im Rahmen der zulässigen Latenzwerte; **von oben (Top-View, 2D) oder um die Maschine „fliegend" (3D-View)

Welches System geeignet ist, hängt von der Art des FFZ (z.B. Gabelstapler, Teleskopstapler) und dem konkreten Arbeitseinsatz ab.

Beispiel für ein Rundumsicht-KMS mit Sensorik: Der Fahrer / Bediener wird gewarnt, sobald sich eine Person oder ein Objekt im Gefahrenbereich befindet.

2.2.1 Vier Kameras – Rundumsicht aus der Vogelperspektive (Birdview)

Die in Echtzeit optimierten Bilder des KMS bieten mehr Übersicht für ein noch sichereres Manövrieren bei niedrigen Geschwindigkeiten. Am Flurförderzeug – vorne, hinten und seitlich – montierte Ultraweitwinkel-Kameras zeigen die jeweilige Fahrzeugumgebung.
Die Bilder der Kameras werden über die Steuereinheit (ECU) zu einer Rundumsicht zusammengerechnet (Video-Stitching).
Der Fahrer/Bediener kann mit einem Blick die Situation und die ggf. gefährdeten Personen und Objekte um sein Fahrzeug herum erkennen.

Komponentenbeispiele:
Monitor mit Splitscreen-Darstellung,
Rechen-/Steuereinheit und Kameras

Bitte beachten:
Die Kamera-Kalibrierung erfolgt auf Bodenniveau – Objekte/Personen, die höher als die Kalibrierungsebene der Kamera stehen, werden größer dargestellt, da sich der Kamerawinkel zum Objekt/zur Person ändert.

Eine in das KMS integrierte Software entfernt Verzerrungen und Fischaugen-Effekte, die bei sehr großen Kamera-Öffnungswinkeln entstehen können. Die Software erzeugt ein klares, störungsfreies Bild mit Rundumsicht aus Vogelperspektive auf dem Monitor.

Die Anwendungsbeispiele verdeutlichen, wie die Sicht aus der Vogelperspektive („Birdview“) auf dem Monitor in der Fahrerkabine dargestellt wird.

Das Foto links stellt die Monitoransicht in der Fahrerkabine eines Teleskopstaplers dar:

- Das eingesetzte KMS vermittelt dem Fahrer eine realistische Rundumansicht seines FFZ.
- Neben der Rundumsicht kann der Fahrer sich im Vollbild- oder im Splitscreen-Modus gezielt einzelne Bereiche anzeigen lassen.

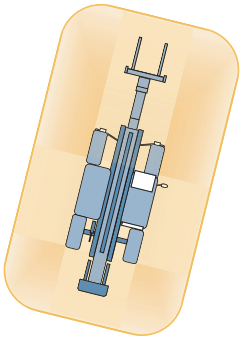


Bild oben:
Schematische Darstellung einer Rundumsicht am Beispiel eines Teleskopstaplers

Das untere Praxisbeispiel zeigt die am Heck eines Gabelstaplers angebrachte Weitwinkel-Kamera eines 270°-Systems:

- Das aus drei Kameras bestehende KMS ermöglicht eine Überwachung des Heck- und Seitenbereichs des Staplers.

Darstellung in Vogelperspektive

Das System kann zusätzlich z.B. durch eine Gabelzinkenkamera und/oder durch Radar-/Ultraschallsensoren erweitert werden.

2.2.2 Vier Kameras – Darstellung einer Rundumsicht aus Einzelansichten

Durch die flexible Anordnung der Kameras kann individuell auf die Fahrzeug-/Anwendungssituation reagiert werden. Monitore mit Splitscreentechnik ermöglichen eine Rundumsicht um das FFZ herum.

Komponentenbeispiele:
Monitor mit Splitscreen-Darstellung
Kamera mit und ohne Heavy-Duty-Gehäuse.

Systemeigenschaften

- Keine Kalibrierung und Recheneinheit notwendig
- Flexible Wahl von Öffnungswinkel und Montageposition der Kameras, damit alle Bereiche um das Fahrzeug herum einsehbar sind (auch an den Ecken)
- Einblendbare Führungslinien geben eine zusätzliche Orientierung
- Automatische, anwendungsspezifische Darstellung des Kamerabilds – z. B. Sicht nach rechts beim Rechtsabbiegen
- Nachrüstbarkeit für unterschiedlichste Anwendungen optional möglich
- 3 bis 4 Weitwinkel-Kameras zum Erfassen des gesamten Fahrzeugbereichs und der Umgebung (Öffnungswinkel von 100° bis 130° – entsprechend der gewünschten Kameraposition und Maschinengröße auswählbar)
- Integrierte Voreinstellung zur geeigneten Anordnung der Kamerabilder für unterbrechungsfreie Bildwiedergabe in Echtzeit
- Anpassbare Sichtbereiche und Abstände an Fahrzeugtyp und Anwendung
- Individuell einstellbare Auslöser für verschiedene Perspektiven

Die Ansteuerung einzelner Kamera-Ansichten (Splitscreen) kann manuell und/oder automatisch über Fahrzeugsignale, wie zum Beispiel Blinkersetzen oder Einlegen des Rückwärtsgangs, eingerichtet werden.

Rundumsicht-KMS in verschiedenen Arbeitsbereichen

270°-/360°-KMS lassen sich für unterschiedlichste FFZ, weitere mobile Arbeitsmaschinen, Nutzfahrzeuge und vielfache Anwendungen und Aufgabenbereiche konfigurieren.
Je nach Umgebung und Anwendung können besonders robuste Kameras erforderlich sein.

Person im Gefahrenbereich eines Teleskopstaplers.

Leistungsorientierte Systemwahl:

- **Für eine optimale Nutzung unbedingt auf die Qualität der Kameras und des Monitors achten!**

2.2.3 Multikamerasysteme – Rundumsicht mit 3D-Modell

Detailgetreues 3D-Modell

Ein ausgeklügelter Algorithmus erzeugt aus den Bilddaten des Multikamerasystems – bestehend aus vier digitalen Nahbereichskameras und einer elektronischen Steuereinheit – eine realistisch wirkende Darstellung des FFZ in seinem Umfeld. Der Fahrer/Bediener sieht auf dem Display sein FFZ samt Nahbereich als detailgetreues 3D-Modell. Dabei wird jede Bewegung des FFZ direkt in Echtzeit angezeigt und ermöglicht ein präzises und sicheres Manövrieren.

Für eine sinnvolle Unterstützung des Fahrers/Bedieners kann auch bei diesem System zwischen verschiedenen Ansichten gewechselt werden. Je nach Anforderung kann sich der Fahrer/Bediener die von ihm benötigten Einzelansichten und/oder die 360°-Rundumsicht als Vollbild- oder im Splitscreen anzeigen lassen.

Bild 1:
Darstellung Sicht nach vorn

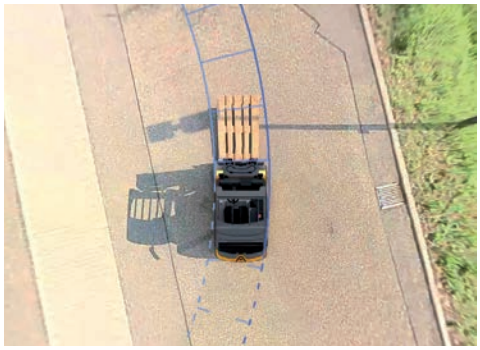


Bild 2:
Darstellung Sicht von oben

Das Multikamerasystem steht für verschiedene mobile Arbeitsmaschinen im Off-Highway-Bereich zur Verfügung.

Systemeigenschaften und optionale Konfigurationen

- 360°-Rundumsicht in Echtzeit
- Stitching-Algorithmus: kein „Verschwinden" von Objekten in überlappenden Bereichen der Kamerabilder
- Top-View-Ansicht (Draufsicht) des aktuellen Arbeitsbereichs bis zu 8 m × 8 m
- Vollbild- und Splitscreenanzeige
- Optionale Fahrspureinblendung als Manövrier- und Positionierungshilfe (mit Farbwahl für eindeutige Lesbarkeit auf unterschiedlichen Oberflächen)
- Die Kamera in Fahrtrichtung kann abhängig vom Lenkwinkel digital mitschwenken, um dem Fahrer den für ihn relevanten Bereich anzuzeigen
- Automatische Zoomfunktion zum Erleichtern des Manövrierens in enger Umgebung bei langsamer Geschwindigkeit
- „Panorama-Ansicht" (Öffnung des Sichtbereichs der Front- /Heckkamera auf 180°)
- Inbetriebnahme des Systems (z.B. Kalibrierung und Position der Ansichten) durch den Betreiber für verschiedene Fahrzeugvarianten möglich
- HD-Bildqualität durch hochauflösende Kameras – in Abhängigkeit des verwendeten Monitors (1280 x 800 Pixel)

Bild oben: montierte Kamera

System für die Nachrüstung

Bestandsfahrzeuge lassen sich mit einer anpassbaren Retrofit-Lösung einfach und schnell nachrüsten.

Bild links:
Darstellung der Rundumsicht am Beispiel eines Gabelstaplers

Multikamerasystem Nachrüstlösung

Die in Kapitel 2.2.3 beschriebenen Multikamerasysteme bieten dem Fahrer/Bediener in Echtzeit einen umfassenden Überblick über den Arbeitsbereich um das FFZ herum.
Auch Bestandsfahrzeuge lassen sich mit der anpassbaren Retrofit-Lösung einfach und schnell nachrüsten.

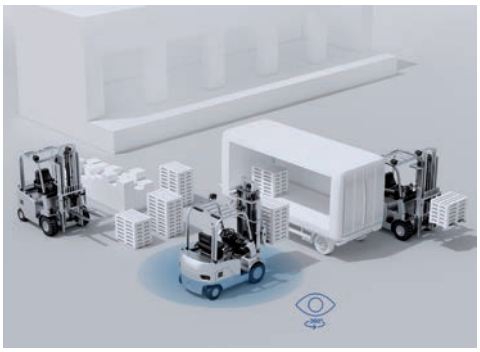


Bild oben: 360°-Rundumsicht bei einem Gabelstapler

Alles aus einer Hand

Das Komplettpaket besteht aus vier kompakten Nahbereichskameras samt Steuergerät, einem universellen Kabelbaum, einem 10-Zoll-Touch-Display sowie Kamerahaltern. Eine schnelle und einfache Montage ist damit möglich.

Hohe Funktionsgüte bei unterschiedlichen Nutzungsbedingungen:

Eine durchgängig digitale Kameratechnik sorgt für hohe Bildqualität auch bei widrigen Lichtverhältnissen, etwa in der Dämmerung, bei schlechter Beleuchtung der Arbeitsumgebung oder bei Gegenlicht.
Das hochauflösende Display ermöglicht eine sehr gute Bilddarstellung und Ablesbarkeit auch bei direkter Sonneneinstrahlung oder schnellen Helligkeitswechseln.
Durch ein stabiles Gehäuse aus pulverbeschichtetem Aluminium-Druckguss ist das Display auch für den rauen Einsatz, etwa im Außenbereich, geeignet.

Funktionen einfach per Touch-Oberfläche steuern

Alle Funktionen des Multikamerasystems werden durch eine Touch-Oberfläche auf dem Display gesteuert, sodass keine weiteren Tastenfelder in die Fahrzeug-Kabine integriert werden müssen.
Über das **intuitiv bedienbare** Menü kann beispielsweise zwischen den einzelnen Kameraansichten des Systems gewechselt werden:

- Einzelansichten vorne/hinten
- 360°-Rundumsicht im Vollbild oder Splitscreen
- Bird-View
- Panorama-View

Insbesondere die Panorama-Ansicht bietet durch den erweiterten Sichtbereich auf 180° ein erhebliches Mehr an Sicherheit beim Rangieren an unübersichtlichen Stellen.

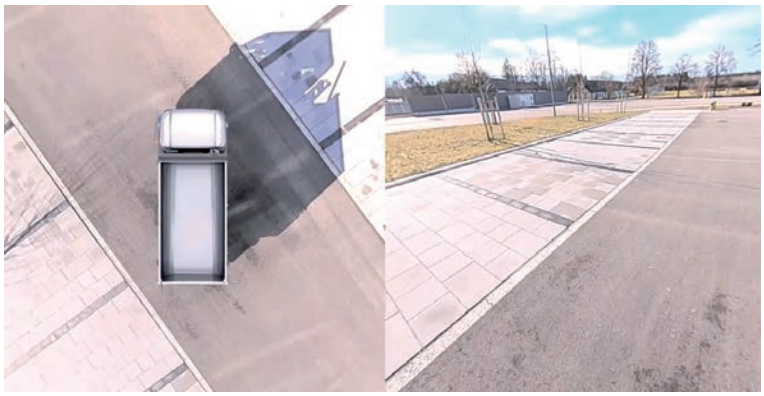


Bild links: Nachrüstlösung, Darstellung im Split-Screen – Multikamerasysteme zur Nachrüstung eignen sich für unterschiedlichste mobile Arbeitsmaschinen und Fahrzeuge.

2.3 Spiegelersatzsysteme

„Digitaler Außenspiegel“

Am Fahrzeug montierte herkömmliche Außenspiegel bieten oftmals keine ausreichende arbeits- und bedarfsgerechte Unterstützung für den Fahrer. Der Einsatz eines digitalen Spiegelersatzsystems – auch als „digitaler Außenspiegel“ bezeichnet – kann hier Abhilfe schaffen.
Dabei liegt ein besonderer Vorteil darin, dass die Kameras über einen großen Blickwinkel verfügen und flexibel genau so platziert werden können, dass der Gefahrenbereich vom Fahrer optimal einsehbar ist.

Komponentenbeispiele: zwei HD-Kameras und ein lichtstarkes Display mit Split-Level-Anzeige

Geschützt vor äußeren Einflüssen, befinden sich die Displays (Monitore) innerhalb der Fahrerkabine, wo sie ergonomisch sinnvoll montiert werden können.
Displays und Kameras sind individuell auf die jeweilige Anwendung und die besonderen Erfordernisse einstellbar. Dabei liefern eine oder zwei hochauflösende Kameras pro Display die erforderlichen Aufnahmen des Gefahrenbereichs – durch HDR-Funktion (= High Dynamic Range) **zuverlässig auch bei Gegenlicht, direkter Sonneneinstrahlung und Dunkelheit.**

Nachrüstung:
Digitale Spiegelersatzsysteme können an FFZ und weiteren unterschiedlichen Fahrzeugarten im Off-Road-Bereich nachgerüstet werden.

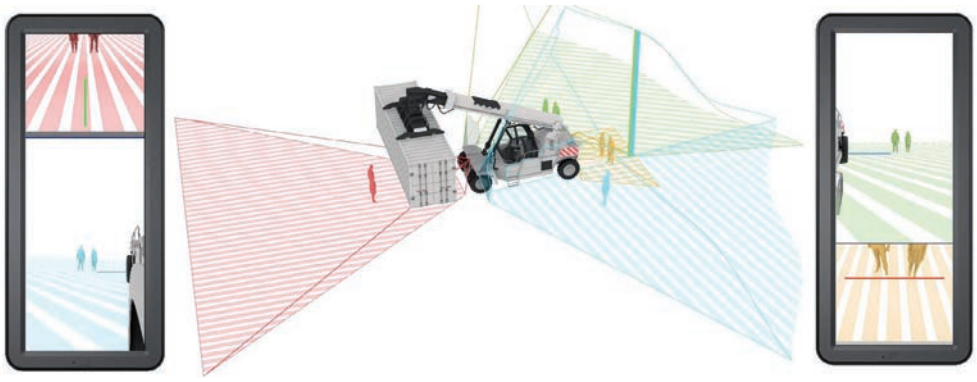
Entspiegelte Displays und besondere Schutzlacke auf dem Kameragehäuse sorgen für eine zusätzliche Robustheit gegen Umwelteinflüsse.

Systemeigenschaften

Gestochen scharfe und reflexionsfreie Bilder der Umgebung durch:
- hochauflösende HD-Kameras mit
- HDR Funktion für brillante Bildqualität auch bei schwierigen Lichtverhältnissen,
- lichtstarke und reflexionsfreie Displays mit
- Sensor für Anpassung der Helligkeit an das Umgebungslicht.
- Außerdem: um 90° drehbares Display für eine anwendungsgerechte Anzeige.

Über eine Fernbedienung einstellbare Funktionen, wie beispielsweise:
- Zoom für individuelle Bildausschnitte (dabei Vergrößerung in 10 Stufen)
- flexible Bildaufteilung (im Verhältnis 1:1 oder 2:3)
- einblend- und frei verschiebbare, farbige Hilfslinien zur Unterstützung der Abstandseinschätzung (beim Rangieren, Verladen, Manövrieren)

Drehbares Display



Anwendungsbeispiel Reach-Stacker: Die Kamerabilder der Gefahrenbereiche werden in den digitalen Außenspiegeln angezeigt. Der Fahrer kann die für ihn relevanten Ansichten individuell einstellen und ergänzend farbige Hilfslinien einblenden lassen.

Je nach Anforderung kann zur Sicht auf die Gefahrenbereiche eine senkrechte oder waagerechte Ausrichtung des Displays gewählt werden – mit einer Bildaufteilung im Verhältnis 1:1 (siehe Abbildung oben) oder 2:3 (siehe Abbildung links).

2.4 Übertragungstechnologien von KMS

Für KMS-Anwendungen stehen verschiedene Möglichkeiten der Datenübertragung zur Verfügung:

Nach aktuellem Stand ist eine Kabelverbindung vorzuziehen.

Größere elektromagnetische Störquellen können ggf. Probleme bei der Funkübertragung verursachen – kleinere Störungen werden durch das Frequenz-Strom-Verfahren ausgeglichen.

Fällt das KMS aus, ist die Arbeit zu stoppen!

- **Kabel:** Das Bild der Kamera wird über ein Videokabel an den Monitor übermittelt.
- **Funk:** Zwischen der Kamera und dem Monitor wird eine Digitalfunkstrecke (Sender und Empfänger) aufgebaut (siehe unten stehende Beschreibung). Bei einem „integrierten" Funksystem ist der Sender direkt in der Kamera und der Empfänger im Monitor integriert.
- **WiFi:** Das Bild der Kamera wird über einen angeschlossenen WiFi-Sender auf eine App übertragen, die auf einem Smartphone oder einem Tablet installiert wurde.

Kabellose digitale Bildübertragung

In einigen Fällen lässt sich eine Verkabelung an der mobilen Maschine nur schwer umsetzen, z.B. durch eine enge Bauweise oder für Kabelbeschädigungen anfällige Umlenkpunkte.

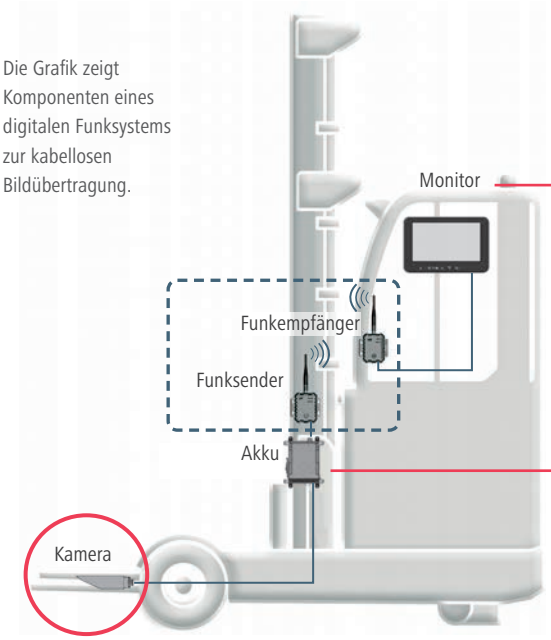
Digitale Funksysteme für die kabellose Übertragung von Bilddaten bieten mittels robuster Sender-/Empfänger-Einheiten praxisgerechte Alternativen. Kompakte Funkeinheiten senden digitale Signale einer Kamera schnell und ohne Verzögerung an einen Monitor. Systemabhängig erlauben bis zu 10 parallel betriebene Gerätepaare eine hohe Flexibilität bei der Anpassung an unterschiedlichste Maschinen, Sichtprobleme und Montageanforderungen.

Bei der Auswahl auf ein System mit stabilem, störungsarmem sowie end-to-end verschlüsseltem Digitalfunk achten.

Der Einsatz digitaler Funksysteme zur kabellosen Bildübertragung ist z. B. gekennzeichnet durch:

- Keine Kabelverlegung im Mast
- Einsatzzeit von bis zu 28 Stunden
- Störungsunempfindlichkeit durch Digitalfunk von 2,4 GHz
- Anwendbarkeit für alle Staplertypen
- Einfache, flexible Montage
- Schock- und Vibrationsfestigkeit
- Geringen Stromverbrauch
- Robuste Industriesteckverbinder

Die Grafik zeigt Komponenten eines digitalen Funksystems zur kabellosen Bildübertragung.



Beispiel für ein KMS mit kabelloser Bildübertragung, mit Digitalmonitor und Akku in der Fahrerkabine eines Staplers.

3 Personen- und Objekterkennung

Warn- und Sensoriksysteme

Einsatzgebiete nach Funktion

Warn-/Sensoriksysteme unterstützen die Personen- und Objekterkennung beim Einfahren/Arbeiten in übersichtlichen und nicht einsehbaren Bereichen. Zur Erhöhung der Sicherheit können die Detektionssysteme für unterschiedlichste Arbeitsaufgaben und Gefahren konfiguriert werden. Je nach Anforderungsprofil kommen unterschiedliche sensorische Systeme zum Einsatz, nach Funktionsprinzip unterteilt in z. B.:

- **Ultraschallsysteme**
- **Radarsysteme**
- **Funk-/Transponder-/Tag-Systeme**
- **3D-Kamerasensoren**
- **LiDAR-Systeme**

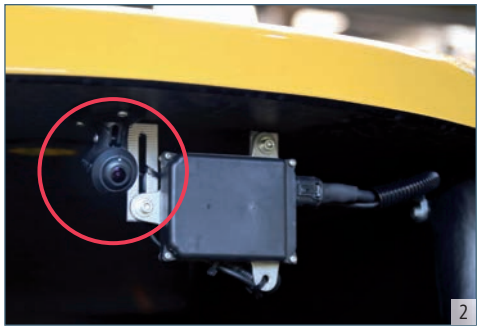
Entscheidend sind die anwendungsgerechte Auswahl und die Qualität des eingesetzten Systems. Es können weitere technische Lösungen für spezielle Aufgaben zum Einsatz kommen – fragen Sie Ihren Fachbetrieb. Informationen über akustische und optische Warnsysteme für gefährdete Personen finden Sie in Kapitel 4.

Gefährdungen dauerhaft erkennen!

Da ein dauerhaft konzentriertes Arbeiten mit KMS nicht möglich ist, schaffen Objekterkennungssysteme zusätzliche Sicherheit. **Vorbeugen stellt immer die sinnvollste Unfallverhütung dar. Daher stets eine Gefährdungsbeurteilung erstellen – siehe hierzu Kapitel 1.2.**

1

Beengte Platzverhältnisse erfordern allerhöchste Aufmerksamkeit, z. B. in der Intralogistik, auf Baustellen, in Industrie- und Recyclinganlagen, in Steinbrüchen und beim Rohstoffabbau.



2

Personen- und Objekterkennungssysteme erhöhen wirksam die Gefahrenerkennung – beispielsweise mittels:

- Intelligenter Objekterkennung durch 3D-Kamerasensoren (Bild 1)
- Zentralem Radarsystem zur Rückraumüberwachung und mit integrierter Kamerasicht (Bild 2)
- Ultraschallsensoren für eine flächendeckende Rückraum- und Seitenbereichsüberwachung (Bild 3)

3

4

Akustische und optische Warnsignale ergänzen durch:

- eine zusätzliche Warnung an Personen im Gefahrenbereich mittels akustischer (Bild 4) und optischer Warnmeldungen.

3.1 Ultraschallsysteme

Sicher agieren in beengten Zonen

Beengte Platzverhältnisse fordern besondere Aufmerksamkeit vom Fahrer. Hier bietet das großflächige Erkennen von Hindernissen eine typische Aufgabenstellung für Ultraschallsensoren in mobilen Applikationen. Geraten Personen oder Objekte in den Erfassungsbereich der Sensoren, warnt z. B. ein akustisches Signal den Fahrer: sofortiges Stoppen ist möglich!

Objekte mit hoher Präzision bei niedrigem Tempo erkennen

Ultraschallsensoren erkennen Hindernisse (Personen und Gegenstände) mit einer sehr hohen Genauigkeit von bis zu 1 cm* im näheren Umfeld: bei Entfernungen bis zu 3 m (im Einzelfall sogar bei Entfernungen bis zu 9 m) Abstand vom Fahrzeug. Der Erkennungsbereich kann anforderungsorientiert eingestellt werden.

* in Abhängigkeit von der Fahr-/Rangiergeschwindigkeit

Bewährt bei unterschiedlichsten Fahrzeugen in vielen Branchen

Ultraschallsysteme mit ihrer präzisen Objekterfassung ermöglichen ein kontinuierlich überwachtes Annähern, beispielsweise von Fahrzeugen oder Staplern an Übergabepunkte der stationären Fördertechnik.

Sinnvoll ist der Einsatz von Ultraschallsystemen bei beengten Platzverhältnissen, bei denen ggf. auch Personen beachtet werden müssen.
In Abhängigkeit vom Arbeitsbereich und von der Gefahrensituation stehen Abstandswarner auf Ultraschallbasis in unterschiedlicher Konfiguration zur Verfügung.

Je nach Anforderung kommen
- rückseitige,
- seitliche und/oder
- vorderseitige

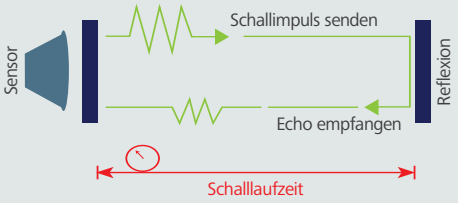
Ultraschallsysteme zum Einsatz.

Komponenten eines Ultraschallsystems:

Sensoren, Steuereinheit, Signalgeber

ACHTUNG: Bei sehr hoher Verschmutzung durch Staub, bei Rauch, Feuchtigkeit können Fehlmeldungen ausgelöst werden. Daher immer Einsatzort und Aufgabengebiet prüfen und eine Gefährdungsbeurteilung Sicht durchführen. Fehlmeldungen können die Bereitschaft, Warnmeldungen zu beachten, beinträchtigen. Einige Systeme erkennen Sensorverschmutzungen und weisen den Fahrer/Bediener darauf hin.

Prinzip Ultraschall (Ultraschallwellen)



Die Entfernung zum Objekt errechnet sich aus der Differenzzeit eines Schallimpulses mit einer Frequenz > 20 kHz (optimal 40 bis 60 kHz) zwischen Senden und Empfangen.

Ultraschallsysteme können mehrere Objekte gleichzeitig registrieren. Dabei kann zum Beispiel das am nächsten zur Maschine stehende Objekt per Display weiterkommuniziert werden. Sobald ein Objekt die Gefahrenzone verlässt, meldet das Display, dass sich ggf. noch weitere potenzielle Gefahren in einer Warnzone befinden.

Ultraschallsensoren zur Entfernungsmessung

Merkmale für Ultraschallsysteme

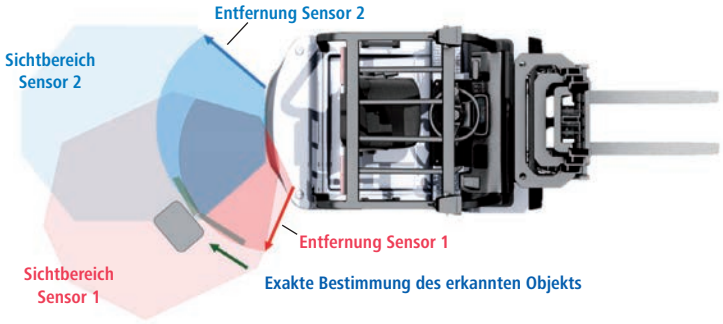
Bei der Beschaffung sollte u.a. auf die folgenden Ausstattungsmerkmale besonders geachtet und zuvor ein Pflichtenheft mit den spezifischen Vor-Ort-Anforderungen erstellt werden:

- Erfassen unabhängig von Materialfarbe, Transparenz, Glanz und Umgebungslicht (auch Glas, Flüssigkeiten, Folien)
- Hohe Genauigkeit durch Laufzeitmessung
- Unempfindlichkeit bei leichtem Schmutz und geringer Feuchtigkeit
- Mehrstufiges, auditives Abstandswarnsystem
- Messempfindlichkeit flexibel einstellbar
- Umgebungslernmodus zur Vermeidung von Fehlalarm
- Synchronisations- und Multiplex-Betrieb, Selbstdiagnose, visuelles Abstands-Display

Beim Fahren und Rangieren in beengten Lagerhallen können Ultraschallsysteme zur Kollisionsvermeidung beitragen.

Ultraschallsysteme bestehen aus mehreren Sensoren und einer elektronischen Steuereinheit (ECU).
Die ECU verarbeitet die von den Sensoren empfangenen Abstandsdaten.

Der Datenaustausch erfolgt über die CAN-Schnittstelle.
(CAN = Controller Area Network)



Zwei am Heck montierte Ultraschallsensoren (Foto oben) detektieren den rückwärtigen Nahbereich des Gabelstaplers.
In der Detektionszone befindliche Objekte werden von den Sensoren erkannt (Grafik Draufsicht Gabelstapler von oben).

Ultraschallsysteme können die Arbeits-/Blindbereiche von Flurförderzeugen überwachen. Sie sind in der Lage, Objekte unabhängig von Farbe, Oberfläche und Umgebungseinflüssen zu erfassen.

Der Detektionsbereich kann in mehrere, einstellbare Gefahrenzonen unterteilt werden.
Einige Systeme ermöglichen die genaue Erfassung der Position eines erkannten Objektes im Raum.
Die nach jeweiliger Gefahrenzone unterscheidbaren Signale informieren den Bediener/Fahrer über den Abstand zum Objekt bzw. zur Person im Gefahrenbereich. Über ein ergänzendes Kamera-Monitor-System erhält der gewarnte Fahrer optische Informationen über die Art eines Hindernisses: Er kann das Hindernis erkennen und besser lokalisieren.

Ultraschallsysteme können über vielzählige Konfigurationsmöglichkeiten verfügen, wie z.B.:

- Distanzfilter zum Ausblenden von Störelementen im Sichtfeld
- Sensitivitätsoptionen für eine optimale Einstellung auf dem FFZ und deren Anwendung
- Intelligente Sende- und Filteralgorithmen zur Vermeidung von Signal-Interferenzen oder zur Reduktion von externen Störeinflüssen

Ab 2024: nächste Ultraschall-Generation mit safety-relevanten Funktionen.

Das Thema safety-relevante Funktionen zur Umfeld-erfassung durch Ultraschall-systeme wird zunehmend wichtig. Für den Off-Highway Bereich werden erste Safety Varianten nach der Maschinenrichtlinie (MRL) mit Performance Level C ab 2024 in den Markt kommen. Vorgaben hierfür regelt die EN ISO 13849.

Weitere Informationen zu „Funktionaler Sicherheit" im gleichnamigen Leitfaden (aktuell in Überarbeitung) unter www.netzwerk-baumaschinen.de

3.2 Radarsysteme

Radarsensor in Verbindung mit einer Rückfahrkamera

***Hinweis:**
In Anwendungen wie z.B. dem Straßenverkehr sind erheblich größere Reichweiten bzw. Detektionsbereiche möglich.

Zuverlässige Warnung auch bei widrigen Sichtverhältnissen

Radarsysteme detektieren Personen und Objekte auch in rauer Umgebung sehr zuverlässig: dank ihrer hohen Resistenz bei Schmutz, Schlamm, Staub, Starkregen, Feuchtigkeit, Hitze, Kälte (optional ausgerüstet mit beheizbaren Sensoren), UV-Strahlen, Vibrationen und Sturm. Auch bei Dunkelheit, Nebel, Rauch und schlechten Sichtverhältnissen erfolgt eine zuverlässige Funktion. Radarsysteme eignen sich hervorragend für den Einsatz in den Bereichen Logistik, Hafen- und Industrieanwendungen und bei schwierigen Bedingungen im Außenbereich, wie z. B. auf Baustellen und in der Land-/Forstwirtschaft.

Objekte im 20 m-Umfeld bei hoher Geschwindigkeit erkennen

Erkennungs- und Ortungsverfahren auf Basis elektromagnetischer Wellen können auch bei Geschwindigkeiten von bis zu 20 km/h großflächige Detektionsbereiche mit bis zu 20 m Abstand zum FFZ sicher erfassen*.

Mit einer sehr geringen Zeitverzögerung warnen

Warnsysteme mit Radarsensoren unterstützen den Fahrer mit einer sehr geringen Zeitverzögerung (50 ms) bei der Objekterkennung. Sie helfen, Unfälle im Gefahrenbereich eines Fahrzeugs zu vermeiden und erleichtern das Rangieren und Rückwärtsfahren.

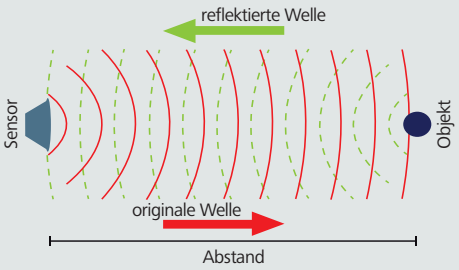
Radarsysteme können gezielt dort angebracht werden, wo der jeweilige Gefahrenbereich der Maschine bzw. des Fahrzeugs überwacht werden soll. Der Detektionsbereich unterteilt sich in mehrere Zonen, so dass der Bediener/Fahrer durch entsprechende Signale über den Abstand zum Objekt bzw. zur gefährdeten Person informiert wird – siehe Abbildung rechts im Kasten.

Ergänzt durch Kamera-Monitor-System besonders wachsam

Radar-Warnsysteme ermöglichen zusätzliche Sicherheit bei der Sichtfeldüberwachung. Je nach System können sie direkt an ein KMS gekoppelt oder unabhängig davon eingesetzt werden.

ACHTUNG: Unbedingt die Einsatzorte und Aufgabengebiete des Fahrzeugs prüfen und Gefährdungsbeurteilung durchführen: Unwegsames Gelände kann zu unnötigen Fehlalarmen führen.

Prinzip Radar (elektromagnetische Wellen)



Vom Radargerät als Primärsignal gesendete elektromagnetische Wellen werden in Lichtgeschwindigkeit vom Objekt reflektiert und als Sekundärsignal wieder empfangen. Aus der gemessenen Zeit zwischen Senden und Empfangen ergibt sich die Entfernung zum Objekt.

Radarsensor zur Entfernungsmessung

Merkmale für Radarsysteme

Bei der Beschaffung sollte u.a. auf die folgenden Ausstattungsmerkmale besonders geachtet und zuvor ein Pflichtenheft mit den vorgesehenen Einsatz-Anforderungen erstellt werden:

- Mehrstufiges Abstandswarnsystem
- Einstellbare Erkennungsbereiche/-zonen
- Geringe Zeitverzögerung bei der Objekterkennung (50 ms)
- Akustisches und/oder optisches Warnsignal
- Erweiterbar für Zusatzanwendungen (wie zum Beispiel Rückfahralarme)
- Bodenreflektionsfilter und Verschmutzungserkennung zur Reduzierung von Fehlalarmen

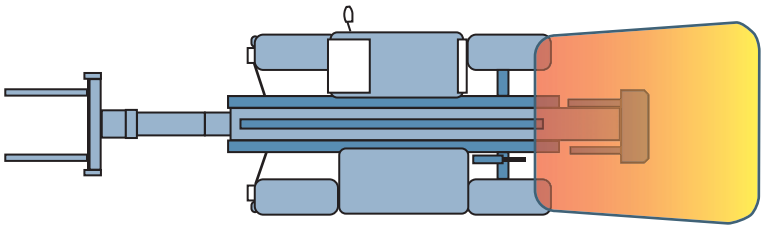
Radarsensoren sind robust gegenüber Außenbedingungen. Sie eignen sich auch bei rauer Umgebung, Regen und Dunkelheit.

Feste und bewegliche Hindernisse erkennt der Radarsensor mit Hilfe von modulierenden oder pulsierenden Wellen. Es erfolgt eine Warnung an den Bediener/Fahrer als akustisches und/oder optisches Signal.

Die sich verändernde Entfernung zwischen Maschine und Objekt kann der Bediener/Fahrer erkennen:

- Eine schneller werdende Tonfolge signalisiert das Näherkommen der gefährdeten Person(en) bzw. der sich in der Gefahrenzone befindlichen Objekte.
- Die entsprechende visuelle Darstellung der Gefahrensituation erfolgt auf einem Display in der Fahrerkabine.

Anwendungsbeispiel: Das im Frontbereich montierte Radarsystem detektiert den Fahrweg des Containerstaplers. In der Detektionszone befindliche Objekte werden von den Sensoren erkannt.



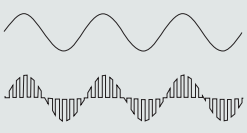
Anwendungsbeispiel: Am Heck montierter Radarsensor an einem Teleskopstapler mit Darstellung der Detektionszone/des rückwärtigen Gefahrenbereichs.

Anzeigedisplay zur Warnung des Fahrers

Kompakter 77 GHz Radarsensor

Objektverfolgung (optional)

Die Position eines erkannten Objektes kann je nach verwendeter Radartechnologie exakt oder in Zonen ausgegeben werden. Modulierende Radarsensoren erlauben neben der Positionsbestimmung auch ein Tracking des Kollisionskurses der erkannten Objekte und die Unterscheidung von stehenden und sich bewegenden Objekten.

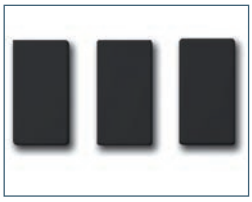


Zusätzliche Option:
CAN-Bus-fähige Radarsysteme bieten eine Schnittstelle für einen möglichen aktiven Fahrzeugeingriff

3.3 Funk-/Transponder-/Tag-Systeme

Die Fahrzeug-Unit warnt den Fahrer eines Flurförderzeuges durch LED-Leuchten und akustische Signale.

Die tragbare Unit warnt Personen durch Tonsignale, LED-Leuchten und Vibration vor nahenden Flurförderzeugen.



Sensoren erkennen die Units von Personen und Fahrzeugen im definierten Gefahrenbereich.

Die „intelligente" Warnweste macht ihren Träger durch Lichtsignale, Vibrationen und Töne auf Gefahren aufmerksam und sorgt so für maximale Sicherheit in Innen- und Außenbereichen.

Warnen sowohl Fahrer als auch Personen im Gefahrenbereich

Ein abgeschlossenes Betriebsgelände mit einer sichergestellten Zugangskontrolle ist die Vor-aussetzung für den Einsatz funkbasierter Personenerkennungssysteme zur Vermeidung von Kollisionen.

Proaktive Transpondersysteme auf Funkbasis **warnen den Bediener des Fahrzeugs und die sich der Gefahrenzone nähernden Personen und Fahrzeuge** durch optische und/oder akustische Signale. Alle Beteiligten können rechtzeitig reagieren: das Flurförderzeug kann stoppen bzw. den Gefahrenbereich sofort verlassen; eine drohende Kollision wird vermieden.

Erkennen von Personen – auch in verdeckten Bereichen

Funkwarnsysteme können Gefahrenbereiche von bis zu 25 m abdecken, auch bei höheren Geschwindigkeiten von bis zu 25 km/h.
Der gesamte Gefahrenbereich wird rundherum erfasst, eine eindeutige Zuordnung des Warn-signals zum Aufenthalt einer Person im Umkreis möglich. **Durch die vollflächige Ausbreitung der Funkwellen wird auch eine von Hindernissen verdeckte Person sicher erkannt!**

Voraussetzungen für eine beidseitige Warnung:

- Abgeschlossener Bereich/Betriebsgelände mit Zugangskontrolle (zum Beispiel Einzäunung plus Pförtner)
- Jedes Fahrzeug muss mit einer Unit **„Warneinheit Fahrzeug"** ausgerüstet sein
- Jede Person muss eine Unit **„Warneinheit „Person"** (Transponder/Tag) tragen

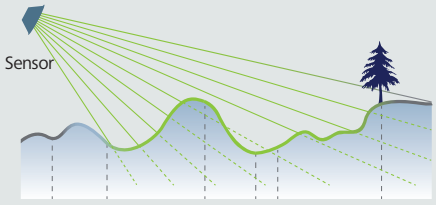
Transponder = zusammengesetzter Begriff aus „Transmitter" (Übermittler) und „Responder" (Antworter).
Die Warneinheiten/Units eines Sender-Empfänger-Systems werden kurz auch als **Tags** bezeichnet.

Detektieren auch bei schlechten Sichtverhältnissen

In Abhängigkeit des Abstands innerhalb einer kreisförmigen Sicherheitszone erfolgt die Warnung des Bedieners/Fahrers **und** der Person/en im Gefahrenbereich automatisch nach festzulegenden Kriterien.

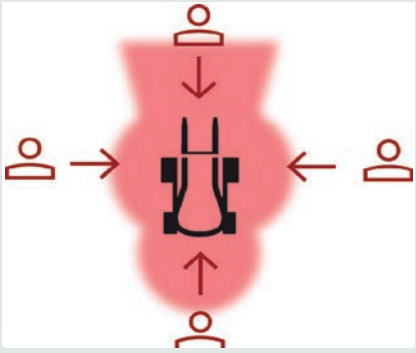
Funkbasierte Rundumerkennung funktioniert auch bei schlechten Sichtverhältnissen, bei Nässe und bei starkem Schmutz.

Prinzip Funk (elektromagnetische Wellen)



Bei Nutzung von **Niederfrequenz-Feldern**: Durchdringung; keine Reflexion; keine „blind spots"

Vom Sender ausgestrahlte Funkwellen werden in Raum- und Bodenwellen unter-schieden. An der Erdoberfläche gebeugte Bodenwellen können sich auch in durch Hindernisse versperrte Bereiche ausdehnen.



Für die Zuverlässigkeit sorgt ein breit-bandiges Funksignal im 4 GHz-Bereich (Ultra Wideband), das Störungen durch WiFi, Bluetooth oder RFID ausschließt.

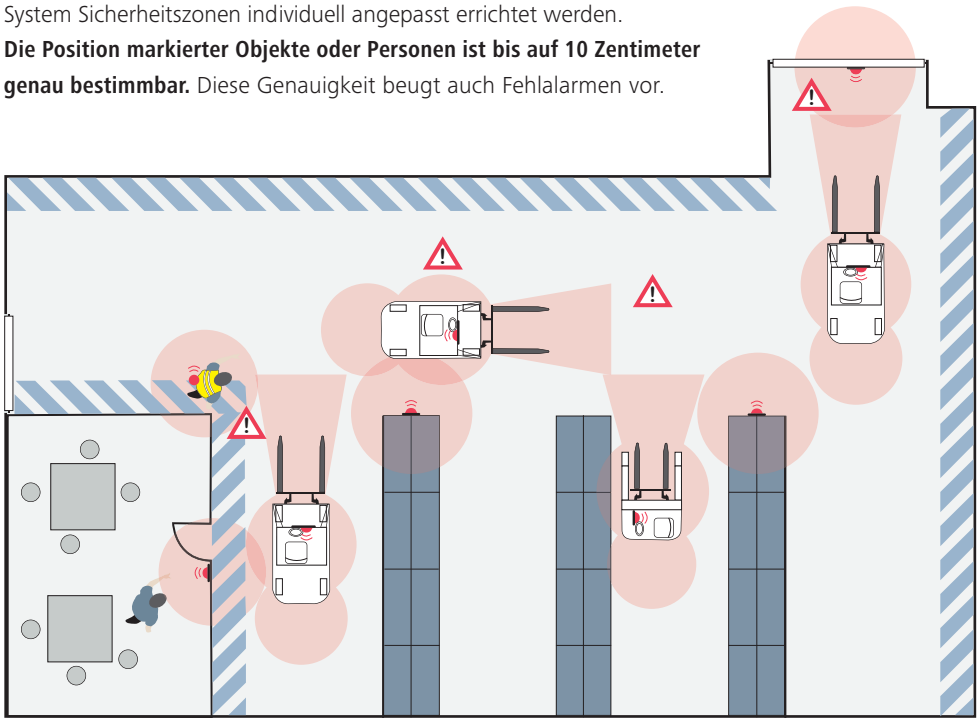
Merkmale für Funk-/Transponder-/Tag-Systeme

Bei der Beschaffung sollte u.a. auf die folgenden Ausstattungsmerkmale besonders geachtet und zuvor ein Pflichtenheft mit den spezifischen Vor-Ort-Anforderungen erstellt werden:

- Mehrstufiges Personen- und Fahrzeug-Erkennungssystem
- Personen-/Fahrzeug- und Zonenerkennung
- Bis auf 10 cm genau konfigurierbare Sicherheitszonen
- Fahrzeug zu Fahrzeug Erkennung bis 100 m
- Personen Detektionsbereich bis 25 m
- Gegenseitige Warnung von Personen und Fahrzeugen
- Anzeige zu Anzahl und Position der Personen im Gefahrenbereich
- Erkennung durch Wände und Regale
- Flexible und schnelle Installation
- Mögliche Um-/Nachrüstung

Immer in der Schutzzone – Innovatives Assistenzsystem hilft, Gefahren frühzeitig zu erkennen

Überhöhte Geschwindigkeit, kreuzende Personen oder schlechte Sicht: Bei der Arbeit mit Gabelstaplern kann es aus unterschiedlichen Gründen zu Unfällen kommen. Tote Winkel, schwer einsehbare Bereiche und Ablenkung durch Lärm sind ein permanentes Sicherheitsrisiko in der Intralogistik. Für alle festzulegenden Gefahrenbereiche können bei dem unten dargestellten System Sicherheitszonen individuell angepasst errichtet werden.
Die Position markierter Objekte oder Personen ist bis auf 10 Zentimeter genau bestimmbar. Diese Genauigkeit beugt auch Fehlalarmen vor.



Für eine passgenaue Sicherheit
Das System erhöht die Sicherheit im innerbetrieblichen Verkehr. Es schaut um Ecken und durch Wände, drosselt Geschwindigkeiten und lässt sich auf jedes Gefahrenszenario einstellen, verhindert Unfälle durch Sicherheitszonen.

Sender werden an Flurförderzeugen, Wänden, Regalen und direkt an den Mitarbeitern platziert und warnen in unterschiedlichen Gefahrensituationen durch Früherkennung: Sachschäden und mögliche Unfälle werden vermieden.

Proaktive Systeme können optional in die Fahrzeugtechnik eingreifen:

So lassen sich z.B. Geschwindigkeitszonen definieren.
In diesen Zonen drosselt das System die Geschwindigkeit des Fahrzeugs und informiert den Fahrer. Das kann Unfälle zwischen Fahrzeugen und Mitarbeitern im Produktions- oder Kommissionierbereich reduzieren, aber auch an unübersichtlichen Kreuzungen.

Dabei Anforderungen an „Funktionale Sicherheit" beachten – siehe Download unter: www.netzwerk-baumaschinen.de

Ergänzende bzw. vorhandene KMS unterstützen die schnelle Erkennung einer in der Sicherheitszone aufgetauchten gefährdeten Person.

3.4 3D-Kamerasensoren (3D-Snapshot-Vision)

Objektspezifische Detektion

Die Technologie von 3D-Kamerasensoren ermöglicht es, Objekte mittels einer Aufnahme dreidimensional zu erfassen. Gefahren können objektspezifisch klassifiziert, deren Position und Volumen bestimmt und in Systemen mit Fahrerassistenzaufgaben genutzt werden – wie beispielsweise an Flurförderzeugen in der Intralogistik. Fahrerassistenzsysteme sind gerade dann gefragt und sinnvoll, wenn sich der Fahrer voll auf die Arbeit konzentrieren muss – z.B. beim Umsetzen sperriger Ladungen und in Schmalgängen. Häufig fehlt dem Bediener der komplette Überblick über den Fahrweg/Arbeitsbereich und damit über drohende Gefahren oder Hindernisse in der Umgebung. Bei der Personen-/Objekterkennung in Gefahrenbereichen von FFZ und weiteren mobilen Arbeitsmaschinen kommen folgende Arten von Kamerasensoren zum Einsatz:

- **3D-Time-of-Flight-Sensoren (3D-ToF)**, s. Kapitel 3.4.1
- **3D-Stereokameras mit und ohne Strukturlicht für den Außen- und Innenbereich**, s. Kap. 3.4.2

Anwendungsbeispiele:

Abbildung 1:
Assistenz bei der Palettenentnahme im Hochregal: Erkennung und Positionsbestimmung für die Palettenaufnahme mittels App

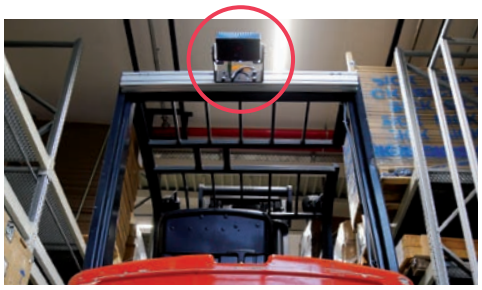


Abbildung 2:
Assistieren im Nahbereich beim Fahren im Schmalgang

Merkmale für 3D-Kamerasensoren (3D-Snapshot-Vision)

Bei der Beschaffung sollte u.a. auf die folgenden Ausstattungsmerkmale besonders geachtet und vorher ein Pflichtenheft mit den spezifischen Vor-Ort-Anforderungen erstellt werden:

- Konzipiert auch für den Einsatz in Außenumgebungen – und/oder für industrielle Anwendungen und Innenbereiche
- Konfigurierbare Detektionszonen zur Vermeidung von Fehlalarmen
- Konfigurierbare Detektion zur Erkennung spezifischer Objekte wie z.B. Paletten
- Mehrstufiges Abstandswarnsystem
- Akustisches und optisches Warnsignal/Feedback
- Aufnahmefunktion der Bilddaten
- Stand-alone 3D-Sensor: intelligente Objekterkennung mit integriertem KMS

Prinzip 3D-Snapshot

3D-Snapshot bedeutet, eine Szene (statisch oder dynamisch) dreidimensional in einer Aufnahme zu erfassen – ohne dem Vorhandensein beweglicher mechanischer Teile im Inneren des Geräts.

3D-Snapshotaufnahme einer Palette: Die Entfernung der Objekte zum Sensor wird erkannt und durch unterschiedliche Farbgebung dargestellt.

Generische, kosteneffiziente 3D-Kollisionswarnung für unterschiedlichste Anwendungen im industriellen Bereich

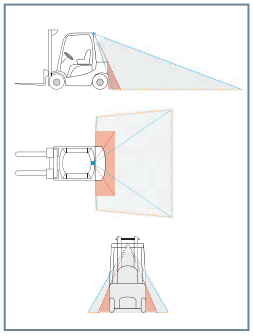
Die oben abgebildeten 3D-Snapshot-Kameras unterstützen den FFZ-Fahrer bei diversen Aufgaben während der Fahrt und beim Warenhandling. Sie nutzen eine innovative 3D-Snapshot-Technologie (3D-Time-of-Flight und 3D-Stereo) auf Basis der Lichtlaufzeitmessung oder des stereoskopischen Prinzips und:

- Liefern ein detailliertes dreidimensionales Abstandsbild
- Minimieren Fehlermeldungen
- Senken gleichzeitig die Gefahr von Störungen und Produktionsausfällen
- Geben den Blick auf alle Bereiche frei, die sich dem bloßen Auge aufgrund toter Winkel entziehen können

Weiterführende Informationen über Möglichkeiten der individuellen Datenverarbeitung und Apps in der 3D-Kamera für FFZ siehe Kapitel 5.5

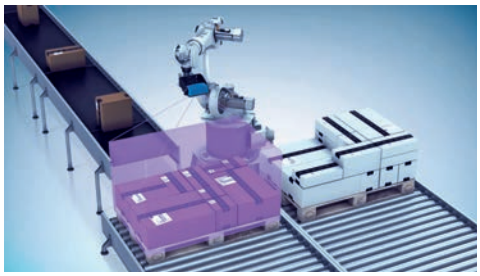
Logistik

Sensorinstallation auf einem Gegengewichts-Gabelstapler mit Seiten-, Dach- und Heck-Sicht der 3D-Detektions-Zonen – auch für den Einsatz in rauen Industrieumgebungen bestens geeignet.



Rückwärtige Montage einer 3D-Kollisions-warnung für den Einsatz im Innenbereich.

Roboter



- Palettierung/Depalettierung
- Dimensionierung von Waren
- Bin-Picking in der Logistik

Häfen und Krane

- Reach-Stacker (Containerstapler)
- Schwerlastgabelstapler

3.4.1 3D-Time-of-Flight-Sensoren (3D-ToF)

Exakte Technologie für „gemäßigte“ Außenbedingungen

In schmutzanfälligen und staubigen Umgebungen sind Sensoren härtesten Außenbedingungen ausgesetzt. Eine robuste 3D-Stereokamera-Technologie (siehe Kapitel 3.4.2) erfüllt hier diese Anforderungen vollständig.

Bei Umgebungen, wie z. B. Logistikanlagen, bestehen nicht ganz so raue Bedingungen. Für solche „Semi-Outdoor“-Verhältnisse sind beispielsweise IP 67-Gehäuse häufig völlig ausreichend, während dann andere Anforderungen eine wesentlichere Schlüsselrolle spielen. Hier leistet die 3D-Snapshot-Technologie auf Basis von 3D-ToF einen großen Mehrwert bei der Kollisionswarnung und weiteren Assistenzaufgaben für Gabelstapler/mobile Maschinen.

3D-Kollisionswarnung mit 3D-ToF im Logistikbereich

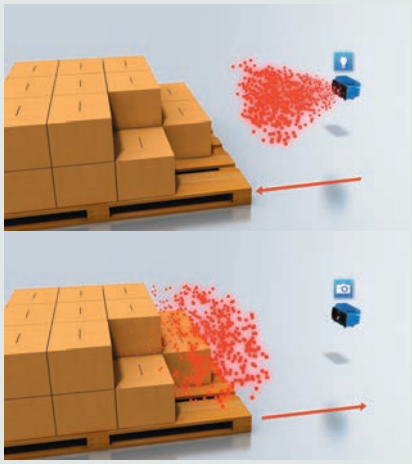
Von der Kollisionswarnung bis hin zur Palettenerkennung

Der ToF-Sensor erfasst in Echtzeit ein 3D-Bild der Szene und verarbeitet die Daten direkt ohne PC-Unterstützung. ToF-Sensoren verfügen über einstellbare Detektionszonen, die den Bedürfnissen des Fahrers/Bedieners in der jeweiligen Situation perfekt entsprechen. Diese Konfigurationen sind bei Bedarf im laufenden Betrieb individuell anpassbar. So können Aktionen wie aktive Kollisionswarnung oder Fahrerassistenz bei der Palettenaufnahme und Palettenkommissionierung durchgeführt werden.

Hohe Präzision, leistungsstarke Beleuchtung und hohe Reichweite

- 2-in-1: aktiver 3D-Sensor mit integrierter 2D-Live-IR-Kamera (IR = Infrarot)
- Hohe Tiefengenauigkeit über eine große Erfassungsreichweite von bis zu 60 m
- Leistungsstarke Beleuchtung für eine hervorragende Detektion bei schlechten Lichtverhältnissen
- Über 10 Konfigurationszonen und verschiedene Assistenzaufgaben über digitale Ein-/Ausgänge

Prinzip 3D-Kamerasensoren: 3D-Time-of-Flight (3D-ToF)



Die 3D-ToF-Kamera sendet ein Infrarot-Lichtsignal aus, das vom Objekt reflektiert wird.
Für jedes Pixel wird der Abstand zwischen Kamera und Messobjekt aus den unterschiedlichen Phasenverschiebungen des Lichts berechnet.
Die Tausenden von Pixeln, die an einer einzigen Aufnahme beteiligt sind, liefern dabei ein detailliertes dreidimensionales Abstandsbild – einen 3D-Snapshot – des gesamten Bildbereichs, größtenteils unabhängig von den Oberflächeneigenschaften des Objekts.

3D-ToF-Sensoren verfügen über robuste IP 67-Gehäuse und eine hohe Reichweite für Außenanwendungen, z.B. in der Outdoor-Logistik:

- **Sie liefern hochwertige Daten und verarbeiten diese direkt im Sensor – ohne PC-Unterstützung.**
- **Bei Bedarf leiten sie direkt entsprechende Aktionen ein.**

Der 3D-Sensor ist rund um die Uhr einsetzbar und bietet eine robuste Softwareschnittstelle für vielfältige Anwendungen.

3.4.2 3D-Stereokameras mit und ohne Strukturlicht für den Außen- und Innenbereich

Intelligentes Erkennen von Personen/relevanten Objekten

Im Falle von 3D-Kamerasensoren, die auf dem stereoskopischen Prinzip basieren, werden zwei Bilder von Objekten aus leicht abweichenden Perspektiven aufgenommen. Aus diesen beiden leicht unterschiedlichen Bildern lassen sich Tiefeninformationen berechnen, die dritte Dimension – vergleichbar mit dem räumlichen Sehen des Menschen. Der Sensorkopf nimmt die 3D-Rohdaten auf und die Auswerteeinheit ist – analog zum menschlichen Gehirn – darauf programmiert, das Gesehene zu analysieren und zu verarbeiten.

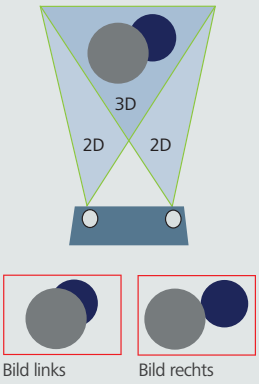
Fehlalarm vermeiden durch objektspezifische Detektion

Dank objektspezifischer Detektion wird die Fehlalarmrate deutlich reduziert, da irrelevante Objekte nicht als Gefahr eingestuft werden.
Mittels flexibler Anpassungsmöglichkeiten werden unterschiedliche Objektklassen zuverlässig detektiert und ermöglichen ein gezieltes Ausrichten der Fahrerassistenz auf die Anforderungen der Kunden. So können beispielsweise alle Objekte erfasst oder aber auf Wunsch bestimmte Objekte wie z.B. Wände oder kleine Objekte ignoriert werden. Das ermöglicht eine optimale und effiziente Kollisionswarnung. Gleichzeitig können Objektklassen und -positionen über eine Ethernetschnittstelle ausgegeben werden und so in individuelle Anwendungen integriert werden. Und eine intelligente Bodenerkennung ermöglicht auch bei Schräglage, z.B. in unwegsamem Gelände, eine zuverlässige Warnung.

Ein 3D-Kamerasystem mit Outdoor-Schutzklasse bietet entscheidende Vorteile.
So funktioniert das Warnsystem aufgrund der intelligenten Auswertung auch bei schlechten Sicht- und Wetterverhältnissen, wie direktem Sonnenlicht, Regen, aufgewirbeltem Staub oder Nebel. 3D-Kamerasensoren sind dadurch auch für den Einsatz in rauen Umgebungen geeignet.

Das Zusammenspiel von konfigurierbaren Detektionszonen und intelligenter Objekterkennung erlaubt, durch enge Passagen wie beispielsweise Schmalgänge zu manövrieren, ohne dass Fehlalarme durch Wände, Container oder Regale ausgelöst werden.
Der Sensor visualisiert potenziell gefährdete Objekte auf dem Monitor, so dass der Fahrer deren Position erkennt und die Situation besser einschätzen kann. 3D-Kamerasensoren sind also „2-in-1-Systeme“, bestehend aus einem aktiven 3D-Sensor und einem integrierten KMS. Besonders die Kombination aus Livebild mit optischen und akustischen Warnsignalen sorgt für eine verbesserte Gefahrenerkennung.

Prinzip 3D-Kamerasensoren: Stereoskopie



Die zeitgleichen Aufnahmen der beiden Kameraaugen werden zu einem 3D-Bild vereinigt und liefern somit die räumliche Information („Zwei-Augen-Prinzip”).

3D-Sensor mit integrierter 2D-Livekamera

Aktiver 3D-Warnsensor – optimal für die „Blindzone“

Bei großen Staplern entstehen tote Winkel (Blindzonen) direkt um das Fahrzeug herum.

Aufgrund des großen Öffnungswinkels einer 3D-Kamera, etwa 120° x 75°, warnen diese auch vor Objekten, die sich z. B. unmittelbar hinter dem Fahrzeug befinden.

3.5 LiDAR-Systeme

Systemkomponenten eines LiDAR-Assistenzsystem zur aktiven Kollisionswarnung

LiDAR = „Light Detection and Ranging" liefert als Methode zur Abstandsmessung mittels Laserstrahl sehr genaue Ergebnisse.

Aktive Kollisionswarnung für Gabelstapler

LiDAR-Systeme sind eine kosteneffiziente Lösung zum gezielten Vermeiden von Unfällen durch Kollisionen.
Hindernisse auf dem Fahrweg des Gabelstaplers werden zuverlässig detektiert und Warnkonzepte sorgen mit akustischen und visuellen Signalen in Echtzeit dafür, dass Fahrer auf eine mögliche Gefahr aufmerksam werden.

Innerbetrieblicher Materialtransport mit Flurförderzeugen

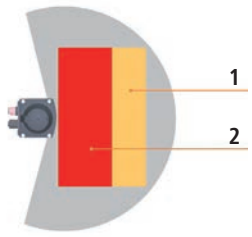
Einfache Nachrüstung für Bestandsfahrzeuge und Flotten – unabhängig von Hersteller oder Baujahr! Das Foto oben zeigt einen am Heck eines FFZ montierten LiDAR-Sensor mit Wetterschutzhaube.

Schlüsseltechnologie für Assistenzsysteme

2D- und 3D-LiDAR-Sensoren eignen sich für die Umgebungserfassung, Lokalisierung und Kollisionsvermeidung. **Dank ihrer kompakten Bauform und ihrer industriellen Schnittstellen ist eine sehr hohe Integrationsfreundlichkeit in das Fahrzeug gewährleistet.** LiDAR-Systeme können kosteneffizient nachgerüstet oder auch direkt in die Fahrzeugsteuerung integriert werden. LiDAR-Sensoren sind im Innen- und Außenbereich, sowie auch bei Dunkelheit performant einsetzbar.

Effektives Warnkonzept

LiDAR-Sensoren, die am Flurförderzeug montiert sind überwachen kontinuierlich die Umgebung hinter dem Fahrzeug. Je nach Montageposition der Sensoren ist auch eine Überwachung des Seitenbereichs möglich.

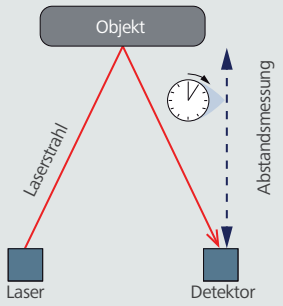


Überwachungsfeld unterteilt in 1) Warnung und 2) Stopp

- Der vom 2D-LiDAR-Sensor abgetastete Überwachungsbereich kann in die Überwachungsfelder **1) „Warnung"** und **2) „Stopp"** unterteilt werden.
- Größe und Geometrien der beiden Überwachungsfelder können unterschiedlich sein und parametriert werden.
- Jedes Überwachungsfeld ist einem Schaltausgang des LiDAR-Sensors zugeordnet.
- Bei einer Objektdetektion in einem Überwachungsfeld wird das Schaltsignal an die Steuereinheit weitergegeben.
- **Die Steuereinheit verarbeitet die eingehenden Signale des 2D-LiDAR-Sensors und signalisiert entsprechende Ergebnisse wie „Objektdetektion innerhalb des Warnfeldes" oder „Objektdetektion innerhalb des Stoppfeldes" über die optischen und akustischen Signalgeber.**

Objektdetektion innerhalb des Warnfeldes: Die Signalleuchte leuchtet gelb, zudem wird ein Warnton aktiviert

Prinzip LiDAR (gepulster Laserstrahl)



Der Laser emittiert einen gepulsten – d.h. nicht kontinuierlichen, sondern in zeitlich begrenzten Portionen – abgegebenen Lichtstrahl, der vom Objekt reflektiert wird. Der reflektierte Strahl wird von einem Detektor empfangen und die Zeit zwischen Sendung und Empfang des reflektierten Lichtstrahls in eine Entfernungsangabe umgewandelt.
Der gepulste Laser besitzt eine höhere Leistungsdichte als ein Dauerstrichlaser. Die optische Leistungsdichte von LiDAR ist augensicher konzipiert (Laserklasse 1).

Empfehlungen aus VDI-Richtlinie 4482 – Assistenzsysteme für Flurförderzeuge

Auszug: Hinweise für den Betreiber zur Auswahl und Einführung von Assistenzsystemen für FFZ

Vor dem Einsatz von Assistenzsystemen für FFZ sollte der Betreiber das gesamte innerbetriebliche Logistiksystem betrachten und genau definieren, welche Gefährdungen durch den Einsatz von Assistenzsystemen für FFZ reduziert werden sollen und können, und welche neuen Gefährdungen durch den Einbau und Einsatz ggf. entstehen können.

Die Richtlinie richtet sich an die Hersteller von Assistenzsystemen für FFZ, Hersteller von FFZ und die Betreiber.

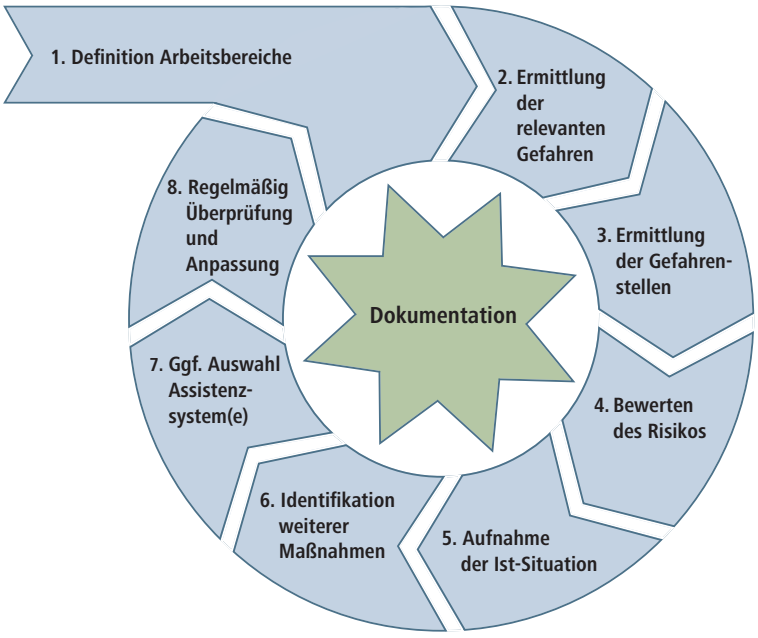
Für die Auswahl und Integration des Assistenzsystems in die betrieblichen Abläufe hat sich in der Praxis die Funktion des Systemintegrators erwiesen. Bei diesem müssen die betrieblichen Informationen aus der Gefährdungsbeurteilung und die Informationen über die Funktion und Einsatzgrenzen des gewählten Assistenzsystems zusammenlaufen. **Der Systemintegrator**

- kann ein Vertreter des Herstellers des FFZ oder des Assistenzsystems, der Betreiber oder ein beauftragter Dritter sein,
- prüft vor der Realisierung, ob im Anwendungsfall die betriebliche Gefährdungsbeurteilung den Einsatz eines Assistenzsystems zulässt oder ein Sicherheitssystem eingesetzt werden müsste,
- ist in der Lage, das Assistenzsystem optimal an den betrieblichen Abläufen auszurichten, die richtigen Montagepunkte für die Sensoren/Kameras festzulegen sowie ggf. die Funktionstests bei der Inbetriebnahme durchzuführen und die Maßnahmen zur Kalibrierung im Betrieb zu definieren.

Für den Einsatz eines Assistenzsystems gilt: Die Vorgaben des Herstellers des Assistenzsystems und des FFZ sind unbedingt zu beachten!

Der Betreiber sollte bei der Planung und Gefährdungsbeurteilung insbesondere darauf achten,

- dass die Gefährdungen aus vorhersehbarer Fehlanwendung des Assistenzsystems betrachtet und
- ggf. gegen diese Schutzmaßnahmen getroffen werden.



Die Grafik (aus VDI 4482 nachempfunden) veranschaulicht die **empfohlene Vorgehensweise zur Auswahl von Assistenzsystemen** für FFZ,

- orientiert am Schema zur Gefährdungsbeurteilung nach ArbSchG und der BetrSichV,
- führt zu einem genau definierten Pflichtenheft für das Assistenzsystem

4 Akustische und optische Warnsignale für Personen in der Umgebung

4.1 Akustische Warnung von gefährdeten Personen

In vielen Einsatzbereichen von FFZ und anderen mobilen Arbeitsmaschinen ist es sinnvoll, dass nicht nur der Bediener/Fahrer vor Gefährdungssituationen gewarnt wird, sondern auch **Personen, die sich in der unmittelbaren Umgebung aufhalten**, die in den Gefahrenbereich hineinlaufen (wie zum Beispiel Arbeitskollegen oder Passanten) und die ohne Warnung in Gefahr geraten können.

Weitere Lösungen zur Warnung gefährdeter Personen siehe Kapitel 3.3 Funk-/Transponder-/Tag-Systeme (Voraussetzung: abgeschlossenes Betriebsgelände mit Zugangskontrolle).

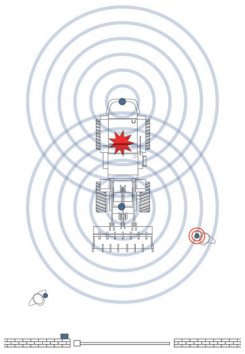


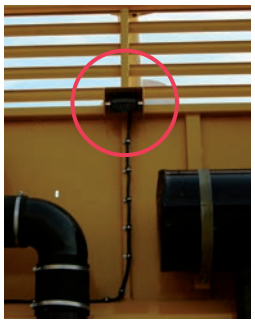
Bild oben: Grafische Darstellung eines Transpondersystems

Gezielt Aufmerksamkeit erzeugen

Zur Verbesserung der Wahrnehmbarkeit von mobilen Maschinen wie FFZ stehen unterschiedliche akustische Warner zur Verfügung, die entweder:

- bei Bewegung (z. B. bei Rückwärtsfahrten) permanent aktiviert sind oder
- situativ aktiviert werden, wenn z. B. ein Sensoriksystem mit intelligenter Software Personen/Objekte detektiert.

Der erzeugte Alarmton wird als „Zischen“ oder „Piepen“ wahrgenommen und kann sich optional an die Umgebungslautstärke anpassen. Während „Zischer“ (Breitbandton-Warner) durch einen gerichteten Alarmton Personen warnen, die sich dem Gefahrenbereich nähern oder sich dort bereits befinden, werden Pieper in der gesamten Umgebung gehört. Daher ist Vorsicht geboten! „Pieper“ verursachen Lärmbelästigungen, die bei Beschäftigten und Anwohnern Ärger und Stress auslösen. Mögliche Folge: Desensibilisierung gegenüber dem Dauerpiepen – eine reale Gefährdung wird nicht mehr als solche eingeschätzt. Da der Piepton nur schwer lokalisierbar ist, müssen sich gefährdete Personen zunächst orientieren, aus welcher Richtung die Gefahr droht.



Je nach Arbeitseinsatz ist eine Kombination aus KMS und Breitbandton-Warner sinnvoll: Der Fahrer hat den Arbeits-/Gefahrenbereich im Blick, zusätzlich werden gefährdete Personen akustisch gewarnt.

Vorteile „Zischer“

- Nur in der Gefahrenzone wahrnehmbar
- Weites Frequenzspektrum
- Reduzierte Lärmbelästigungen für Umwelt
- Reduzierter Stress bei Beschäftigten und Nachbarschaft/Anwohnern
- Schnelle Lokalisierbarkeit
- Optional durch Sensor aktivierbar

Foto rechts: Kombination aus Radar und Zischer. Das Radarsystem warnt den Fahrer mittels akustischer und optischer Anzeige über Personen im Detektionsbereich, während der Breitbandton-Warner gefährdete Personen in unmittelbarer Fahrzeugnähe durch eine akustische Warnung auf die Gefahr des sich nähernden Fahrzeugs aufmerksam macht.

4.1.1 Breitbandton-Warner

Umgebung gezielt warnen – unnötige Lärmbelästigung vermeiden

Breitbandton-Warner bilden eine neue Generation von akustischen Warnsystemen. Sie verursachen weniger Lärmbelästigung. Eindringlich alarmierende Zischsignale werden dort gehört, wo es darauf ankommt: im direkten Gefahrenbereich der mobilen Maschine.

Für die Beschäftigten, Anwohner und Passanten reduziert sich der (Dauer-)Stress durch schrille Pieptöne. Der Bediener/Fahrer wird nicht dazu verleitet, das Warnsystem auszuschalten, um die Nerven zu schonen. Es besteht eine geringere Gefahr zu einer Desensibilisierung gegenüber Warnsignalen.

Richtung der Gefahrenquelle schnell erfassen

Breitbandton-Frequenzen vermitteln eine Richtungsinformation an das Ohr und ermöglichen dem Hörer hiermit eine bessere Lokalisierung des Tons. So erhält er Zeit, der Gefahr auszuweichen.

In vielen Bereichen einsetzbar

Sinnvolle Einsatzbereiche von Breitbandton-Warnern sind Flurförderzeuge, Teleskopstapler, weitere mobile Arbeitsmaschinen, Nutzfahrzeuge, Gepäckfahrzeuge auf Flughäfen, land- und forstwirtschaftliche Maschinen und Fahrzeuge.

Entsprechend der vielfältigen Einsatzbereiche sind verschiedene Modelle von Breitbandton-Warnern konzipiert.

Die Anforderungen an Teleskopstapler in geschlossenen Lagerhallen oder Scheunen sind anders zu beurteilen als beispielsweise an Gabelstapler in einer Produktionsumgebung oder auf dem Flughafen und ebenfalls anders als an einen Mitnahmestapler, der in einem stark frequentierten innerstädtischen Bereich Baustoffe entlädt.

Prinzip Breitbandton

Breitbandrauschen – auch als „weißes" Rauschen bezeichnet – entsteht durch die Komposition mehrerer Frequenzen.
Es wirkt als verdeckender Schall, indem Tonimpulse im Rauschen „verschwinden".

Durch entsprechendes Einstellen der Schallpegelverhältnisse wird die Mithörschwelle auf das benötigte Niveau gesetzt.

Signifikant für die menschliche Wahrnehmung des so erzeugten Tons sind die
- räumliche Begrenzung und
- eine schnelle Lokalisierbarkeit.

Als Warnton eingesetzt kann das Breitbandrauschen so eingestellt werden, dass sich die Lautstärke an den Geräuschpegel der Umgebung anpasst.

Breitbandton-Warner

Technische Optionen:

Bei der Auswahl des geeigneten Systems spielt u.a. der Lärmpegel in der Umgebung eine Rolle. Für einige Anwendungsbereiche empfiehlt sich daher eine automatische Anpassung der Warnton-Lautstärke: Die Warnintensität erhöht sich, sobald dies erforderlich ist.

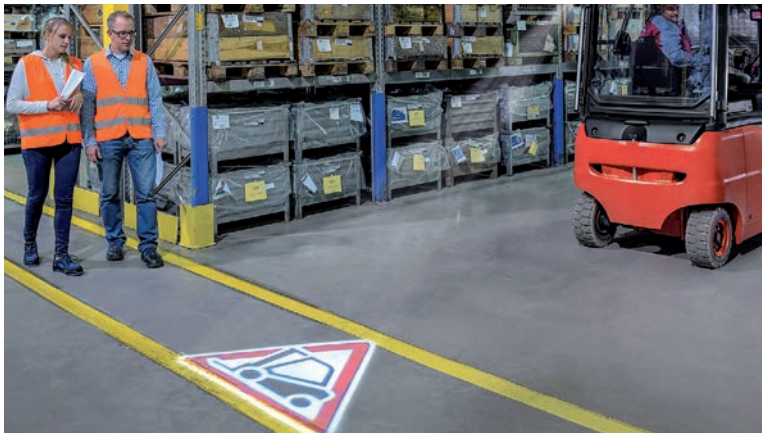
Breitbandton-Warner unterstützen Gabelstaplerfahrer beim sicheren Rangieren und Fahren.

Durch das breite Frequenzspektrum kann eine Person in der Gefahrenzone sofort lokalisieren, aus welcher Richtung das Geräusch kommt, ob und wie schnell es sich weiter nähert.

4.2 Optische Warnung von gefährdeten Personen

Fahrwegs-Warneinrichtungen

Unübersichtliche Bereiche wie enge Regalgänge und schwer einsehbare Kreuzungen erschweren es Fußgängern, einen sich nähernden Stapler rechtzeitig zu sehen.



Mit dem TruckSpot haben Flurförderzeuge ihr Warnschild immer und überall dabei und entschärfen aufmerksamkeitsstark brenzlige Situationen, bevor sie entstehen: Erst kommt das Warnschild, dann folgt der Stapler.

4.2.1 TruckSpot – immer dabei

Optische Warnsignallösungen wie der sogenannte TruckSpot kündigen das nahende FFZ durch ein Lichtsignal an. Statische Warnschilder erhöhen zwar die Achtsamkeit und warnen vor möglichen Gefahren, sind aber in der konkreten Situation nicht immer eine Hilfe. Mit dem TruckSpot hat das Flurförderzeug sein Warnschild immer und überall dabei und entschärft brenzlige Situationen, bevor sie entstehen.

Einfache Nachrüstung: Der TruckSpot kommt bei Gegengewichts- und Schubmaststaplern zum Einsatz und ist ab Werk und als Nachrüstsatz erhältlich. So können auch bestehende Flotten mit diesem optischen Warnsignal ausgestattet werden.

Stärkere Warnwirkung
TruckSpot ist eine optische Warnsignallösung, die das nahende FFZ durch ein Lichtsignal ankündigt. Am Fahrerschutzdachrahmen montiert, projiziert es das Signal hinter dem Fahrzeug auf den Fußboden und warnt Fußgänger und andere Fahrzeuge:
Ein großformatiges Warnsymbol mit starken Kontrastfarben sorgt für eine noch stärkere Warnwirkung.

Erst das Warnschild, dann der Stapler
Im Abstand von rund vier Metern projiziert der TruckSpot ein rotes Gefahrendreieck mit Staplersymbol auf den Boden. Bei einer Rückwärtsfahrt schickt das Fahrzeug das Zeichen voraus und zeigt so klar die Fahrtrichtung des Staplers an. An Ecken und Einfahrten können kreuzende Fußgänger und Staplerfahrer frühzeitig reagieren. Der TruckSpot ist so montiert, dass Passanten und andere Fahrer nicht geblendet werden.

Gefahrendreieck
Motiv, Größe und die Bewegung des Symbols erregen eine sofortige Aufmerksamkeit: Personen weichen automatisch zurück!

Form und Farbe des Warnsymbols wurden bewusst gewählt: Auf der ganzen Welt wird das rote Gefahrendreieck auf weißem Grund intuitiv verstanden.

Prinzip optisches Warnsignal

1. Visuelle Lösung: TruckSpot, BlueSpot und RedSpot funktionieren rein visuell und sind daher für laute Arbeitsumgebungen geeignet. Der Verzicht auf störende oder irritierende Warntöne bringt zusätzliche Sicherheit, da sich weder Fußgänger noch Fahrer im entscheidenden Moment erschrecken.

2. LED-Technologie: überzeugt durch ihre hohe Langlebigkeit und mit einer Einsatzdauer von über 20.000 Stunden.

4.2.2 BlueSpot und RedSpot (Licht)

Laute Geräusche lenken ab, sie können wichtige Warnsignale übertönen. Das kann gefährliche Unfälle auf dem Werksgelände verursachen. Fahrwegwarneinrichtungen wie RedSpot und BlueSpot ermöglichen eine wirkungsvolle optische Warnung für Fußgänger und erhöhen im Fahrwegsbereich und auch an unübersichtlichen Kreuzungen die Sicherheit im Betrieb. **Das LED-Licht projiziert einen sich mitbewegenden blauen oder roten Warnpunkt direkt auf den Fußboden.** Dadurch werden Fußgänger und andere Staplerfahrer vor herannahenden Fahrzeugen gewarnt – die Aufmerksamkeit auf den fahrenden Stapler gelenkt.

Frühzeitige Ankündigung: Der vorauseilende blaue oder rote, auf den Boden projizierte Spot lässt Zeit zum Ausweichen.

- **Sicherheit in alle Richtungen:** Einsatz bei Vorwärts- und Rückwärtsfahrten möglich
- **Große Akzeptanz bei Fahrern und Personen im Umfeld**
- **Unscheinbar, aber nicht zu übersehen:** Der Spot besteht aus zwei blendfreien, lichtstarken LED-Leuchten. Diese sind einstellbar, ob sie konstant leuchten – oder sich dynamisch beim Fahren einschalten.

Sowohl beim Vorwärts- als auch Rückwärtsfahren fährt der Licht-Spot dem Stapler voraus.

Sehen und gesehen werden – um Fußgänger und andere Staplerfahrer zu warnen, projiziert die LED-Leuchte einen blauen bzw. roten Warnpunkt auf den Boden. Die Wirksamkeit wird durch eine sehr gute Abzeichnung (Kontrast) am Boden unterstützt. Die jeweiligen Bodenfarben beachten und für Ausleuchtung sorgen; Fahrer ggf. auf Rot-Grün-Schwäche testen lassen.

Systemeigenschaften

- LED-Licht mit rotem oder blauem Licht-Spot oder blauem Richtungspfeil
- IP69K-Schutzklasse für den Einsatz im Freien und für Hochdruckreinigung
- Einfache Anbringung am Fahrerschutzdach Rahmen mit universeller Halterung
- LED-Technologie für eine blendfreie hohe Lichtstärke bei geringem Stromverbrauch
- Hohe Lebensdauer durch sehr niedrige Betriebstemperatur
- Robust und unempfindlich gegenüber Erschütterungen und Vibrationen

Bei der Farbauswahl die örtliche Situation beachten, wie beispielsweise:

- **die Boden(beton)farbe**
- **mögliches Gegenlicht**

Einfache Nachrüstung: Red- und/oder BlueSpot sind ab Werk und als Nachrüstsatz erhältlich. So können auch bestehende Flotten mit diesem optischen Warnsignal ausgestattet werden.

5 Personen- und Objekterkennung

Intelligente Software und KI

Die Nutzungsmöglichkeiten von Software, vernetzten Systemen und KI-basierenden Lösungen drängen in die Praxis. Intralogistik 4.0-Methoden werden intensiv weiterentwickelt und vorangetrieben – das gilt sowohl für branchenspezifische als auch für branchenübergreifende Lösungen bei Anwendungen in der Personen- und Objekterkennung und zur Prozessverbesserung.

Während Kamera-/Sensorsysteme, entsprechend ihrer anforderungsbedingten Spezifikationen, unabhängig voneinander an gleichen Aufgaben wirken, ermöglichen digitalisierte Prozesse weitere und vernetzende Lösungswege. **Digitale Prozesse können Informationen von mehreren Sensoren integrieren.** Die parallel erfassten Messdaten von z.B. einer Kamera, einem Ultraschallsensor und einem Radarsystem werden zeitgleich ausgewertet. Die Überlagerung der Sensorsignale steigert die Zuverlässigkeit in der Erkennung von Gefahrensituationen über die Vielzahl möglicher Umgebungsszenarien.

Mit dem Ergebnis kann ein vorher definierter Systemeingriff ausgelöst werden – zum Beispiel ein autonom herbeigeführtes Brems- oder Ausweichmanöver, um erkannte Personen zu schützen und das System wieder in einen sicheren Zustand zu bringen.

Digitalisierung liefert die Basis, gleichzeitig:

- **KI-basierende Algorithmen einzusetzen,**
- **Maschinen „intelligenter" und sicherer zu machen** sowie eine
- **zunehmende Automatisierung von Geschäfts- und Arbeitsprozessen** zu ermöglichen.

Digitalisierung unterstützt wertschöpfende Effekte durch Prozessoptimierung.
Sie unterstützt und beschleunigt permanente Veränderungen. Dabei führt sie neue Formen der Zusammenarbeit herbei.

Unfallschwerpunkte erkennen durch Data Analytics:

- **Neben der Unterstützung des Fahrers können mittels Deep-Learning auch Unfallschwerpunkte erkannt und für präventive Maßnahmen Empfehlungen gegeben werden.**
- **Hierzu werden bei jeder Detektion einer potenziellen Kollision anonymisiert das Datum, die Uhrzeit und die GPS-Position des FFZ erfasst.**
- **Über eine gewisse Zeit und Datenmenge können Hotspots ermittelt und präventive Maßnahmen, wie z. B. Verbesserung der Einsehbarkeit, Beschilderung oder ein Einbremsen des FFZ eingeleitet werden.**

KI (Künstliche Intelligenz)

Oberbegriff für Programme zur Simulation und Automatisierung kognitiver Fähigkeiten und menschlicher Intelligenz (Wahrnehmen, Lernen, Anpassen, Schlussfolgern, Agieren).

ML (Maschinelles Lernen/Machine Learning)

Teilgebiet der „KI"; Algorithmen, die aus großen Datenmengen Muster erlernen, sich optimieren und Lösungen eines bestimmten Problems finden (ohne dass der Lösungsweg explizit programmiert wurde). Beispiel: aus gelernten Bilddaten Objekte erkennen.

Deep Learning (Methode der KI)

Teilgebiet des „ML"; Verwendung „tiefer" – also komplexer, vielschichtiger neuronaler Netze, die von großen Datenbeständen lernen. Ermöglicht u.a. eine Klassifizierung der detektierten Objekte. Beispiel Objekterkennung: charakteristische Dopplereffekte unterscheiden, ob es sich z.B. um Personen oder andere Objekte handelt.

Dopplereffekt: wahrnehmbare Frequenzveränderung bei der Annäherung und Entfernung eines vorbeifahrenden Fahrzeugs (z.B. Zug).

5.1 Künstliche Intelligenz (KI)

Aufgaben schnell, fehlerfrei und autonom lösen

Künstliche Intelligenz (KI) beschäftigt sich als Teilgebiet der Informatik mit der Simulation und Automatisierung menschlicher Intelligenz und kognitiver Fähigkeiten (Kompetenz, Informationen aus der Umwelt wahrzunehmen und zu erkennen), um „intelligentes" Verhalten zu ermöglichen.

Mit Hilfe großer Datenmengen ermöglicht KI Maschinen **schnell und autonom plausible Entscheidungen zu treffen**. Um autark zu agieren, verarbeiten und analysieren Algorithmen die vom System gemachten Erfahrungen, können sich an diese erinnern und aus Versuch und Irrtum lernen. Das System kann anhand von erkannten Fehlern **trainieren, sich selbstständig weiterentwickeln und verbessern***.
Als Ziel für eine jeweilige KI wird die Fähigkeit angestrebt, dass die Maschine in ihrem Handlungsfeld auf alle möglichen Herausforderungen reagieren kann, sich „intelligent" verhält.

Dabei können KI-basierende Steuerungen weitestgehend selbstständig mit ihrer Umwelt agieren, Entscheidungen treffen.Sie müssen beispielsweise **im Notfall eine gefährdete Person sicher erkennen und Schutzmaßnahmen wie z. B. Bremsen einleiten**.
Hinsichtlich der Betriebssicherheit wird hier juristisches Neuland betreten, wenn es darum geht, die **Rahmenbedingungen von KI-Systemen zu bewerten**. Der Betreiber muss sich bei der Beschaffung nachvollziehbar davon überzeugen können, dass die angestrebte Lösung bzw. technische Maßnahme effektiv ist.

*In der Regel wird das System in einer Trainingsphase vorab angelernt. In der Betriebsphase erfolgt keine weitere Verselbständigung.

www.netzwerk-baumaschinen.de

Neuronale Netze

Während bei einer klassischen Programmierung manuell erstellte Anweisungen Kontrollstrukturen ermöglichen und diese bewusst einpflegen, ersetzt ein KI-System die manuell erstellten Programmierungsabschnitte durch selbstgelernte neuronale Netzstrukturen.

Neuronale Netze stellen eine der mächtigsten Algorithmenfamilien der KI dar. Sie lernen aus Trainingsdaten komplexe Zusammenhänge, die für den Menschen nicht ohne weiteres nachvollziehbar sind. Neuronale Netze können Muster erkennen und durch Erhebung von Daten im Betrieb in einer nachgelagerten Trainingsphase verbesserten werden. Ein Spezialfall ist der Einsatz mehrerer Netzte, die sich gegenseitig in dieser Trainingsphase verbessern. Ein KI-System ist mit den jeweiligen Sensoren ausgestattet, von denen angenommen wird, dass diese die benötigten Daten zur Weiterverarbeitung und zum Weiterlernen erfassen können.

Neuronale Netze werden durch eine große Menge an Beispielbildern bestimmter Objektklassen trainiert. Für viele Objektklassen, insbesondere für die Personenerkennung gibt es sehr gut trainierte Netze, auf die zurückgegriffen und so der Trainingsaufwand deutlich reduziert werden kann.

Neue Objektklassen können auf Basis künstlich erzeugter Daten (3D-Renderings der Objekte und Simulation der Umgebung) und Variationen vorhandener Bilder sehr schnell auf hohe Erkennungsraten gebracht werden.

Eine besondere und für die Personen- und Objekterkennung relevante Anwendung der KI ist die sogenannte Machine Vision oder Vision KI.
Machine Vision erfasst und analysiert visuelle Informationen mit 2D- und 3D-Kameras und wird oft mit dem menschlichen Sehvermögen verglichen, da sie einer Maschine quasi ermöglicht, sehen zu können (siehe auch die Seiten 26 bis 29 und 38 bis 43). Ziel ist, die so erfassten visuellen Informationen für Schlussfolgerungen nutzen zu können.

KI-Systeme sind von ihren Daten abhängig

Zum Anlernen bedienen sich KI-Systeme umfangreicher Daten verschiedener Herkunft:

- den **Stammdaten** (der bereits vorhandenen, gewachsenen Datenlage),
- den **Metadaten** (mit Informationen über Daten aus anderen Quellen) und
- den im KI-Systemeinsatz gesammelten **neuen Daten**.

5.2 Beispiele für Objektdetektion mittels künstlicher Intelligenz (KI)

Kamerabasierte Kollisionswarnung

Die Kamerasysteme mit integrierter Kollisionswarnung basieren auf der Anwendung von künstlicher Intelligenz. Mithilfe sogenannter künstlicher neuronaler Netze werden verschiedenste Objekte durch Kamerabilder erkannt und klassifiziert.

360°-Rundumsichtsystem mit Objekterkennung durch angelernte neuronale Netze:

Systemkomponenten: Ethernet-Kameras, Recheneinheit und Touchmonitor (7"- oder 10")

Neuronale Netze lernen durch eine große Anzahl an Beispielbildern bestimmte Objektklassen anhand ihres Aussehens zu identifizieren. Dies können beispielsweise Personen und Objekte im Bereich der FFZ sein. Die Anzahl der benötigten Beispiele zum Anlernen/Trainieren des Systems hängt dabei vom gewünschten Anwendungsfall ab. Mit dieser entsprechenden Anzahl an Beispielbildern lassen sich auch Personen und Objekte in anderen Branchen und Anwendungsfällen erfassen.
Das angelernte neuronale Netz kann dadurch in Echtzeit die statischen und dynamischen Objekte im Kamerabild erkennen und deren Position bestimmen (Beispiele für Systemkomponenten s. Abbildung links)**.**

Beispiel: Vor besonders gefährdeten Personen oder Objekten wird der Fahrer spezifisch akustisch und/oder visuell gewarnt.
Um die Rate unnötiger Fehlalarme zu minimieren wird er hingegen vor nicht angelernten Objektklassen, wie Schildern, Regalen und sonstigen statischen Objekten nicht gewarnt.

Die am FFZ montierten und damit bekannten Kamerapositionen werden herangezogen, um eine ausreichend genaue Entfernungseinschätzung abzugeben, die eine rechtzeitige Warnung möglich macht. Voraussetzung dafür ist ein einmaliger Kalibriervorgang bei Montage der Kameras.

Klassifizierung bei KMS

In Zusammenarbeit mit einer Recheneinheit und implementierter Anwendungs-Software (neuronales Netz) kann ein KMS zu einer aktiven Sicherheitsunterstützung für den Fahrer werden. Das KMS erkennt die zuvor klassifizierten Objekte und Personen im Kamerabildausschnitt – siehe Abbildung rechts.

Je nach System und Anwendung kann die KI-Software entweder direkt in den Sensor oder in eine zwischengeschaltete Steuer-box appliziert werden.

Foto oben: Intelligente Kamera – Beispiel einer Ethernetkamera mit Personen-/Objekterkennung auf der Kamera ohne zusätzliche Hardware.

Visualisierte Warnzonen definieren, ab wann das System Objekte und Personen detektiert und den Fahrer warnen soll. Diese können flexibel und individuell konfiguriert werden.

Das System kann anwendungsfallspezifisch auf weitere neue Objektklassen „angelernt" bzw. „trainiert" werden, sodass die Lösung in vielen unterschiedlichen Branchen und Bereichen eingesetzt werden kann.

In **Kombination mit Radar-/ Ultraschallsensoren oder Stereokameratechnologien** können weitere **Verbesserungen zur Erkennung von Objekten oder Personen** erreicht werden.

Klassifizierung bei Radarsystemen

Auch spezielle Radarsysteme können in Verbindung mit gezielten Algorithmen zwischen sich bewegenden und statischen Objekten unterscheiden. In der Logistik kommen diese beispielsweise bei Abbiegeassistenzsystemen (für Lkw) auf Radarbasis zum Einsatz.

Radare bieten die Möglichkeit, ergänzend zu den detektierten Objekten die Abstände in Form von Koordinaten sowie die Geschwindigkeit zu messen.

Ort und Bewegungsrichtung sind dann bestimmt und es kann eine Objekt-Verfolgung sowie eine Vorhersage der Bewegungsbahn erfolgen.
Der Objektort wird durch Laufzeitmessungen und die Objektgeschwindigkeit durch den Dopplereffekt ermittelt.
Eine Klassifizierung der detektierten Objekte ist ebenfalls möglich. Hier wird durch charakteristische Dopplereffekte unterschieden, ob es sich beispielsweise um Personen oder andere Objekte handelt.

Weitere branchenrelevante Informationen für die Logistik (Einsatz von Nutzfahzeugen) siehe Leitfaden:

„Abbiegeassistenzsysteme für schwere Nutzfahrzeuge und Busse“ (www.netzwerk-baumaschinen.de)

Eine mobiltaugliche Ethernet-Kamera auch für Bilder in FullHD-Qualität und integrierter Bildverarbeitung

Mobile Digitalkameras fungieren als Smartsensor in einer Vielzahl von Anwendungen auf mobilen Maschinen sowie in der Industrie. Ob mit integrierter und intelligenter Bildverarbeitung oder in Kombination mit einer intelligenten Videosteuereinheit sind sie als Ethernet-Kamera, BroadR-Reach-Kamera oder LVDS-Kamera erhältlich.

Mobile Digitalkameras funktionieren „embedded” mit der vom Hersteller integrierten Software bzw. Algorithmen **und** mit einer angeschlossenen „Intelligenz“ – wie z.B. einer Videosteuereinheit oder einer anderen Recheneinheit.

Integrierte, FPGA-basierte Videoverarbeitung für kundenspezifische Funktionen wie Bildverarbeitung, Objektverfolgung, aktive Overlayeinblendung, Inspektion und Vermessung von Objekten, Lesen von codierten Infos (QR-Codes/ OCR), Binärbildverarbeitung und Augmented Reality.

Eine mobiltaugliche FullHD Ethernet-Kamera kann für stationäre und halbstationäre Anwendungen in Netzwerken nach IEEE 802.3 (LAN) eingesetzt werden. Ausgerüstet mit intelligenter Bildverarbeitung, einem hohen optischen Dynamikumfang (HDR) und dynamischen Overlays fungiert sie als Smartsensor in einer Vielzahl von Anwendungen – wie z.B. einer Einbindung in bestehende Videoüberwachungssysteme oder als Videostreaming über große Entfernungen.

BroadR-Reach-Kamera: Ethernet-Standard für Connectivity-Anwendungen. Ermöglicht mehreren Fahrzeug-Bordsystemen, über nur ein ungeschirmtes Aderpaar gleichzeitig auf Informationen zuzugreifen.

LVDS-Kamera: Standardisierte Schnittstelle zur Hochgeschwindigkeits-Übertragung von seriellen Daten über ein differenzielles Aderpaar.

FPGA (Field Programmable Gate Array)**:** Integrierter Schaltkreis (IC) der Digitaltechnik, in welchem eine logische Schaltung geladen werden kann. Durch Konfiguration der intern vorhandenen Elemente können in einem FPGA verschiedene Schaltungen und Funktionen realisiert werden. Diese reichen von Schaltungen geringer Komplexität, wie z.B. eines einfachen Synchronzählers oder Interfaces für Digitalbausteine, bis hin zu hochkomplexen Schaltungen wie Speicher-Controller und vollständige Mikroprozessoren.

IEEE 802.3-Standard: Wichtigste Spezifikation für das Local Area Network (LAN). Definiert die Mechanismen des Ethernets, mit denen Daten kabelbasiert zwischen Netzwerkteilnehmern und Netzwerkkomponenten ausgetauscht werden.

HDR (High Dynamic Range Image)/Hochkontrastbild**:** Verschiedene Techniken zur Aufnahme und Wiedergabe von Bildern mit großen Helligkeitsunterschieden ab etwa 1:1000.

5.3 Aktive KI-Personenerkennung zur Kollisionsvermeidung und Unfallrisikomanagement

System Hauptkomponenten:

Sensor, Prozessoreinheit und LCD-Farbdisplay bzw. akustische Warnleuchte

Das am Gabelstapler montierte System erkennt Personen, warnt den Fahrer und vermeidet Fehlalarme.

Über das Dashboard hat das Unternehmen Zugriff auf die relevanten Daten und kann die gefährlichsten Fahrzeuge, Orte und Zeiten mit dem höchsten Unfallrisiko identifizieren.

Das System erkennt QR-Codes an festgelegten Stellen (z. B. an Stützpfeiler im Lager).

Vernetzte KI-Personenerkennung zur Vermeidung von Kollisionen mit mobilen Maschinen/Fahrzeugen

In der Intralogistik arbeiten Mensch und Maschine oft in derselben Umgebung eng nebeneinander. Diese Zusammenarbeit erzeugt ein hohes Kollisionsrisiko zwischen Fahrzeugen und Personen, das nach wie vor die Ursache vieler Unfälle ist.

Das kompakte und robuste System-Beispiel ist einfach zu installieren. Die KI-Kamera erkennt und lokalisiert Personen in Echtzeit und in jeder Körperhaltung (stehend, in der Hocke, in partieller Sicht), um Kollisionen mit Fahrzeugen wie z. B. Gabelstaplern zu vermeiden. Ein LCD-Farbdisplay bzw. eine Warnleuchte mit Buzzerfunktion warnt den Fahrer durch optische und akustische Alarme sobald eine Person in der definierten Gefahrenzone sowohl heck- als auch frontseitig erkannt wird. Unter Einsatz von KI unterscheidet das System Personen von Objekten und bewirkt nur relevante Alarmierungen. **Fehlalarme werden vermieden, was zu einer hohen Fahrerakzeptanz führt**.

Abbildung oben: Der Sensor überwacht den Bereich in seinem Sichtfeld – auch im toten Winkel des Gabelstaplers – und erkennt jede Körperhaltung.

Ziel: Das Unfallrisiko überwachen und reduzieren

Ein Gabelstapler, dessen Bewegung eine Person gefährdet, muss stoppen.
Besser ist ein System, das rechtzeitig verhindert, dass diese Kollisionssituation auftritt. Es integriert serienmäßig eine Cloud-basierte IoT-Lösung (Internet of Things), welche ermöglicht, die Koaktivität – und somit das Kollisionsrisiko – von mobilen Maschinen und Personen erheblich zu verringern.
Über GPS- und 4G-Verbindung bietet ein optionales Dashboard Zugriff auf relevante Metriken und Hotspot-Mapping. Dieses zeigt die gefährlichsten Fahrzeuge in der Umgebung an und ermittelt wann und wo das Unfallrisiko am höchsten ist (siehe Abbildung links in der Mitte). Arbeitssicherheits- und Standortleiter erhalten die Möglichkeit, die Sicherheit im Unternehmen täglich proaktiv zu verbessern und die Wirksamkeit dieser präventiven Maßnahmen permanent zu überwachen.

Zusatzfunktionen

Das skalierbare System kann mittels zusätzlicher Funktionalitäten, wie z. B. dem QR-Code (siehe Abbildung links unten), weitere Fahrzeuge oder bestimmte Hindernisse (z. B. Betonsäulen) erkennen, den Fahrer warnen oder den Gabelstapler in einer besonders gefährlichen Zone mit hohem Mensch-Maschine Kollisionspotenzial verlangsamen.
Ein hohes Produktivitätsniveau wird aufrechterhalten, der Betrieb durch Unfälle nicht unterbrochen.

5.4 Smarte Robotikfunktionen

Automatisierungs-Software für Serviceroboter

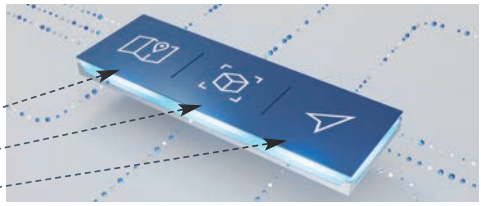
Mit einer neu entwickelten Software-Plattform lässt sich die Automatisierung von Servicerobotern schnell, einfach und effizient realisieren.
Das neue Software-Konzept für die Automatisierung vereinfacht die Entwicklung von Servicerobotern und erleichtert insbesondere kleinen und mittleren Herstellern den Zugang zum wachsenden Robotermarkt. Maschinenhersteller können sich so auf den Kern ihrer Entwicklungsleistung, die Darstellung der spezifischen Roboterfunktion für die jeweilige Anwendung, konzentrieren.

Beispiele für Serviceroboter:
- ☒ **Scheuer-Saug Maschinen**
- ☒ **Transportroboter**
- ☒ **Kehrmaschinen**
- ☒ **Inspektionsroboter**

Modulare Software-Plattform für schnelle und einfache Entwicklung

Die Software-Plattform ist modular aufgebaut und bietet mit drei Teilelementen

- **zur Lokalisierung und Kartierung,**
- **zur Hinderniserkennung sowie**
- **zur Fahrwegberechnung (Navigation)**



alle Funktionalitäten für eine vollständige Maschinenautomatisierung.
Dabei können die Software-Module entweder als abgestimmtes Paket oder einzeln in die Steuerungssoftware des Roboters integriert werden.

Die Roboter-Software basiert auf langjähriger Expertise durch Entwicklungen für den Automobilbereich. Dadurch konnte sie mit besonders präziser, effizienter Erfassung der Umgebung, zuverlässiger Signalauswertung und intelligenter Navigationsfunktion aufgebaut werden.
Hindernisse lassen sich so sicher umfahren und Kollisionen vermeiden.

Die Parameter der Automatisierungs-Software lassen sich flexibel an die spezifischen Anforderungen der Anwendung anpassen. So kann beispielsweise eine enge Umfahrung von Hindernissen für Reinigungsroboter genauso vorgegeben werden, wie ein größerer Sicherheitsabstand bei Robotern, die potenziell gefährliche Stoffe, wie heiße Flüssigkeiten transportieren.

Abbildung unten: Anwendungsbeispiel Reinigungsroboter. Der Roboter navigiert selbständig, erkennt Objekte auf seinem Fahrweg und vermeidet Kollisionen mit diesen.

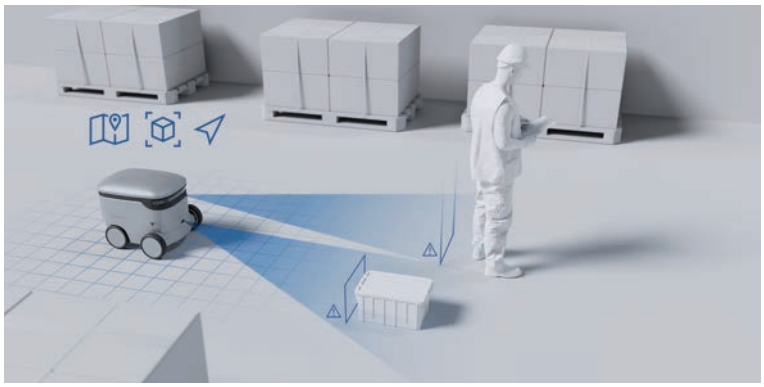
Große Freiheiten der Software auch beim Hardware-Konzept

Abhängig von den Einsatzbedingungen des Roboters können

- **Lidar-Sensoren,**
- **Kameras** oder
- **andere Sensoren**

in das System integriert werden.

Standardisierte Schnittstellen durch das Betriebssystem ROS (Robot Operating System) erleichtern die Integration der Softwaremodule in die Softwarearchitektur der Maschine.



5.5 Individuelle Datenverarbeitung und Apps in 3D-Kamerasensoren für Flurförderzeuge

Die ausgewerteten Daten von 3D-Kamerasensoren unterstützen Fahrer von Flurförderzeugen zuverlässig bei Kollisionswarnaufgaben.

Einsatz bei mobilen Robotern

Darüber hinaus sind diese Daten auch sehr gut bei mobilen Robotern einsetzbar. Hierbei sind die Sensoren so flexibel und zielgerichtet parametrier- und einsetzbar, dass ein Roboter erkennen kann, wer oder was sich ihm nähert. Handelt es sich dabei z. B. um ein fahrerloses Transportfahrzeug (FTF), bewegt sich ein Roboter, an dem das System installiert ist, mit angepasster Geschwindigkeit weiter. Weicht das detektierte Objekt hingegen von eingelernten FTF-Konturen ab, lässt sich die Bewegung des Roboters einschränken oder verlangsamen – bis hin zum kompletten Stillstand.

Strukturierte Beleuchtung bei 3D-Stereokameras: Das projizierte, strukturierte Licht erhöht die Genauigkeit der Tiefenmessung und ermöglicht den Erhalt von Tiefenwerten – auch von einfarbigen Oberflächen bzw. von Oberflächen ohne Kontrast.

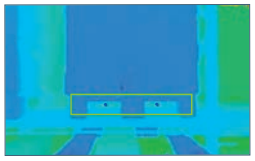
3D- und 2D-Daten, intelligente Datenverarbeitung

- 3D- und 2D-Daten basierend auf den Prinzipien von 3D-ToF, -Stereo mit und/oder strukturierter Beleuchtung (s. Kapitel 3.4)
- Sowohl Tiefendaten (3D) als auch Graustufen- bzw. Farbbilder (2D) mit einem Snapshot
- Intelligente Datenverarbeitung in der Kamera, wie Objektpositionierungs- und Klassifizierungssoftware zur Unterstützung von Führung und Navigation

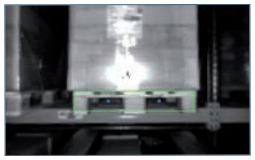
Flexible Einbindung in FFZ

- Speziell entwickelte Software auf 3D-Kamera-Hardware implementier- und ausführbar
- Daten-Streaming und Objekterkennung über TCP/IP und Ethernet möglich
- C++ Programmierschnittstelle für Windows- und Linux-Systeme
- Einfache und intuitive Konfiguration
- Ausgangssignal kann entweder an eine SPS oder direkt an einen Aktor, wie z.B. einen Roboter oder ein FTF, angeschlossen werden
- Liefert ein reales Bild mit aktivem Warnsignal

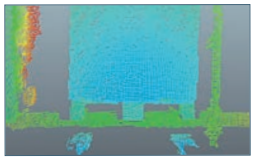
Datenstrom:



Tiefendaten (3D),



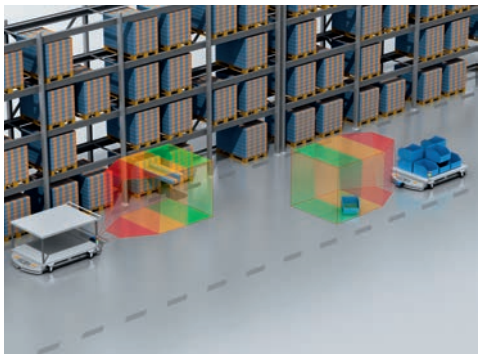
Graustufenbild (2D) und

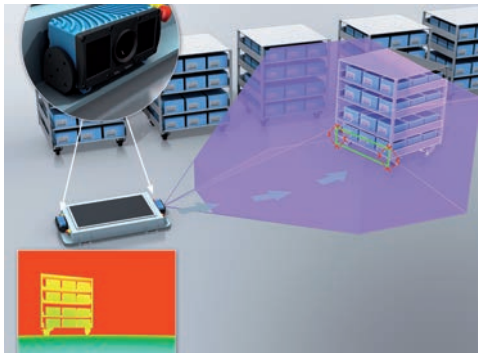


3D-Punktwolke können für eine breite Spanne an Automatisierungsaufgaben eingesetzt werden.

Applikationen intelligenter Software auf 3D-Stereokameras

- Kollisionswarnung für von Personen gesteuerte und für fahrerlose Fahrzeuge
- 3D-Detektionsaufgaben in Innenräumen, wie zum Beispiel:
  - Palettieren/Depalettieren
  - Leer-/Vollprüfungen
  - Diebstahlschutz
  - Vollständigkeitsprüfung von Palettenlagen
  - Eindringungserkennung





Programmierbare Geräte – ein neues Maß an Flexibilität

Basierend auf bewährten Technologien bieten programmierbare 3D-Kamerasensoren die Freiheit und Flexibilität, spezifische Anforderungen mit Apps umzusetzen. Das ermöglicht völlig neue und adaptive Lösungen in der Industrieautomation und im Industrie 4.0-Kontext. Die für die Anwendung erforderlichen Messwerte werden auf dem Sensor vorverarbeitet, ausgewertet und anschließend an die Steuerung beispielsweise eines automatisierten Fahrzeugs oder sogar direkt in die Cloud übergeben.

Beispiele für programmierbare Geräte

Die ganze Bandbreite an 3D-Snapshot Technologien für industrielle Bildverarbeitung ist verfügbar – wie 3D-ToF oder 3D-Stereo mit Strukturlicht (s. Kapitel 3.4).

So bestehen zwei Ansatzpunkte:

Programmierung durch Softwarespezialisten:

3D-Vision-Spezialisten können anspruchsvolle Anwendungen nach eigenen Bedürfnissen auf der Basis von 3D-Daten entwickeln und diese direkt auf einem Gerät ausführen.

- Ermöglicht so eine schnelle und effiziente Entwicklung von maßgeschneiderten Apps, die speziell auf die eigenen Anforderungen abgestimmt sind.
- Bietet eine große Flexibilität durch hohe Freiheitsgrade bei der App-Entwicklung.

Ready-to-use Apps:

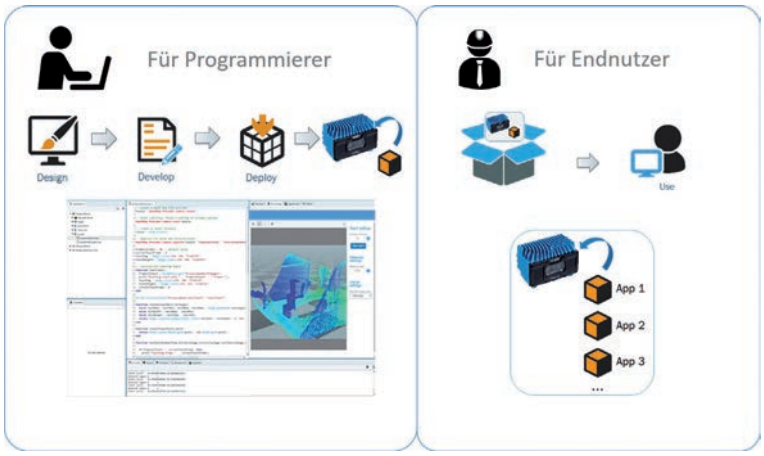
Der 3D-Kamerasensor fungiert hier sozusagen als „App-Enabler", d.h. fertige Key Apps, die für die Lösung einer spezifischen Anwendung entwickelt wurden, können direkt auf dem Gerät ausgeführt werden.

- Eignet sich für User, die eine spezifische Anwendung bedienen möchten, ohne dafür eine eigene Lösung zu entwickeln.
- Spart neben Kosten auch den Aufwand für zusätzliche Programmierung und Integration und reduziert weiterhin das Datenaufkommen im Netzwerk.

Unter Key App versteht man eine ready-to-use geschlossene Software, die auf einem 3D-Gerät läuft und spezifische Schlüssel-applikation(en) für die Automatisierung löst.

Fertige Sensor-Apps können auf den jeweiligen programmierbaren Geräten installiert werden. Eine zentrale Recheneinheit, an die unterschiedliche Sensoren angeschlossen werden können, ermöglicht:

- das Kombinieren der Algorithmen,
- das Kombinieren der Funktionen verschiedener Technologien,
- die Fusion und die Auswertung der relevanten Daten.



Der Endnutzer (Betreiber / Hersteller) erhält eine speziell auf seine Bedürfnisse abgestimmte und für künftige Anforderungen erweiterbare Lösung.

6 Allgemeine Grundlagen
für die Beschaffung und den Betrieb

Für die Konfiguration eines Systems zur Personen- und Objekterkennung stets die jeweiligen Angaben des Herstellers beachten und einen Fachbetrieb beauftragen!

Potenziale und Grenzen technischer Hilfsmittel

Reicht die direkte Sicht des Fahrers nicht aus, um die Sicherheit zu gewährleisten, müssen vorrangig technische Mittel bzw. technische Maßnahmen (vergl. TRBS 2111 Teil 1, Ziffer 3.2.1 Abs. 3 und 4) zur Verbesserung der Sicht, wie zum Beispiel Kamera-Monitor-Systeme (KMS), eingesetzt werden.

Kameratechnologien, Warn- und Sensorsysteme sind technische Hilfsmittel zum Erkennen von Personen und Objekten im Gefahrenbereich von mobilen Maschinen und Nutzfahrzeugen. Diese Systeme unterstützen die Überwachung des Nahbereichs vor, hinter und um die jeweilige Maschine herum – bei Maschinenbewegungen, ggf. auch bei Bewegungen der Anbaukomponenten. Optische und akustische Systeme können Personen im Gefahrenbereich warnen.

ACHTUNG:

- Warnsysteme sind nicht dazu bestimmt, Fahrbewegungen ohne Sicht durchzuführen!
- Die Systeme sind insbesondere zur Überwachung des Gefahrenbereichs um eine Maschine herum vorgesehen.
- Anzeigen, Kamerabilder, Warnsignale müssen für den Fahrer eindeutig und überschaubar bleiben – drohende Gefährdungen sofort erkannt werden können.

12 VDC ≠ 24 VDC

- **Zur Kompatibilität der Systeme unbedingt Bordnetzspannung prüfen!**

Betriebsbereitschaft

Warn- und Sensoriksysteme müssen ebenso wie das Kamera-Monitor-System beim Start des FFZ ordnungsgemäß funktionieren. Eine Funktionskontrolle ist daher vor Arbeitsbeginn zwingend erforderlich.

Nachrüstung: Montagepunkte wählen, montieren, ausrichten

Die Festlegung des optimalen Montageortes und die einsatzgerechte Ausrichtung von Kamera, Sensor und Monitor/Display hängen von mehreren Faktoren ab, zum Beispiel:

- dem Einsatzort, den Einsatzbedingungen und dem daraus resultierenden notwendigen Erfassungsbereich gefährdeter Personen und Objekte,
- der Konstruktionsweise und den ergonomischen Anforderungen an den Gabelstapler.

Einweiser

Ist keine ausreichende Sicht (weder direkt, noch mittels technischer Maßnahmen wie Spiegel, KMS, Sensorik) möglich, sind Einweiser erforderlich!

Nur wenn durch die Benutzung von geeigneten Einrichtungen eine uneingeschränkte Überwachung des Fahrwegs gewährleistet ist, darf auf den Einweiser verzichtet werden – **wenden Sie sich bei Fragen an die für Ihren Betrieb zuständige Berufsgenossenschaft/Unfallkasse!**

Prüfungen durch die „zur Prüfung befähigte Person“

Die „zur Prüfung befähigte Person“ im Sinne der Betriebssicherheitsverordnung (§ 2 (6) BetrSichV) ist jemand, der durch seine Berufsausbildung, Berufserfahrung und zeitnahe berufliche Tätigkeit über die erforderlichen Fachkenntnisse zur Prüfung der Arbeitsmittel verfügt.

Die nachträgliche Montage eines KMS, Warn- und Sensoriksystems ist eine prüfpflichtige Änderung der mobilen Maschine. Daher muss nach der Montage das System durch eine **zur Prüfung befähigte Person** geprüft werden. Gemäß TRBS 1201 „Prüfungen und Kontrollen von Arbeitsmitteln ...“ sind im Rahmen der Prüfung durch die befähigte Person eine sogenannte „Ordnungsprüfung“ sowie eine „technische Prüfung“ durchzuführen.

Bei der **Ordnungsprüfung** wird zum Beispiel festgestellt, ob

- erforderliche Unterlagen vorhanden und schlüssig sind,
- die technischen Unterlagen mit der Ausführung übereinstimmen und
- die erforderlichen Prüfparameter festgelegt sind (Prüfumfang, Prüffristen).

Im Rahmen der **technischen Prüfung** werden die sicherheitstechnisch relevanten Merkmale des Systems auf Zustand, Vorhandensein und ggf. Funktion mit geeigneten Verfahren geprüft. Hierzu gehören zum Beispiel

- die äußere oder innere Sichtprüfung und
- die Funktions- und Wirksamkeitsprüfung

Sicht- und Funktionskontrolle durch den Bediener/Fahrer

Vor Beginn jeder Arbeitsschicht überprüft der Bediener/Fahrer

- die Funktion und die Wirksamkeit der Bedienungs- und Sicherheitseinrichtungen,
- Spiegel, KMS-, Warn- und Sensoriksysteme auf Vollständigkeit, Funktion, richtige Einstellung und Sauberkeit.

Während des Betriebes ist das FFZ

- vom Bediener/Fahrer auf den betriebssicheren Zustand und auf augenfällige Mängel zu beobachten.
- Festgestellte Mängel sind sofort dem Vorgesetzten mitzuteilen – bei einem Wechsel des Bedieners/Fahrers auch dem ablösenden Mitarbeiter.
- Mängel zur Sicherheit dokumentieren!
- **Bei Mängeln** an KMS, Warn- oder Sensoriksystemen, die die Betriebssicherheit gefährden, ist der Betrieb des FFZ bis zur Beseitigung der Mängel einzustellen.

Unterweisungen

Unterweisungen müssen sich nach den unterschiedlichen Einsatzbedingungen und den verwendeten Systemen richten. Dabei müssen auch der Anwendungsbereich und die Grenzen der Systeme erläutert und der Umgang damit festgelegt werden!

- Bei der Verwendung technischer Hilfsmittel sind Fahrer/Bediener über die bestimmungsgemäße Verwendung und die erforderlichen Maßnahmen zur Einstellung, Kontrolle der Funktionstüchtigkeit und Wartung zu unterweisen.
- Bei Funk-/Transpondersystemen ergänzend beachten: Verhaltensregeln für Fahrer/Bediener und alle weiteren am Einsatzort (geschlossen und mit Zugangskontrolle - siehe Kapitel 3.3) befindlichen Personen aufstellen, die Einhaltung kontrollieren und durchsetzen.

Aufgabe des Arbeitgebers
Der Arbeitgeber hat sicherzustellen, dass Arbeitsmittel (auch mobile Maschinen und Fahrzeuge) geprüft werden. Die Prüfung hat den Zweck, sich von der ordnungsgemäßen Montage und der sicheren Funktion der Arbeitsmittel zu überzeugen. Die Prüfung darf nur von hierzu befähigten Personen durchgeführt werden.

Weitere nützliche Informationen:

- **Unterweisungsnachweis „Betrieb von Gabelstaplern“ (BGHM)**
- **VDI Richtlinie 2511 –** Flurförderzeuge – Regelmäßige Prüfung, Mindestanforderungen
- **VDI Richtlinie 3568 –** Maßnahmen und Werkstatteinrichtungen zur Instandhaltung von FFZ

Arbeitsschutzgrundsätze stets beachten, z.B.:

- **Organisation und Abgrenzung der Verantwortung verbindlich festlegen (wer für welche Aufgaben konkret verant-wortlich ist – siehe § 13 ArbSchG)**
- **Einhaltung überwachen**
- **Unterweisungen nutzerverständlich in den entsprechenden Sprachen durchführen, nachvollziehbar dokumentieren – siehe § 12 ArbSchG, § 81 BetrVG, § 4 DGUV Vorschrift 1**
- **Sicherstellen, dass niemand gefährdet wird, ggf. sind Einweiser einzusetzen!**

7 Regelwerke und Normen

Technische Regeln/ Richtlinien des VDI, z.B.:

- **VDI 2398** – Einsatz von Gabelstaplern im öffentlichen Straßenverkehr
- **VDI 3578** – Anbaugeräte für Flurförderzeuge
- **VDI 3589** – Auswahlkriterien für die Beschaffung von FFZ
- **VDI 4464** – Betrieb von Flurförderzeugen mit RFID-Komponenten

Weitere Unterlagen und Informationen, z.B.:

- BG BAU Baustein B 218 – Teleskopstapler
- BGHW-Wissen FFZ im Straßenverkehr: Zulassung
- BGHW-Kompakt M 4 – Umgang mit FFZ
- VDI-Handbuch Technische Logistik - Band 2: Flurförderzeuge

Betrifft Betreiber / Arbeitgeber

- **ArbSchG** – Arbeitsschutzgesetz
- **BetrSichV** – Betriebssicherheitsverordnung
- **TRBS 1111** – Gefährdungsbeurteilung
- **TRBS 1112** – Instandhaltung
- **TRBS 1151** – Gefährdungen an der Schnittstelle Mensch-Arbeitsmittel – Ergonomische und menschliche Faktoren, Arbeitssystem
- **TRBS 1201** – Prüfungen und Kontrollen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen
- **TRBS 1203** – Zur Prüfung befähigte Personen
- **TRBS 2111** Teil 1 – Mechanische Gefährdungen – Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen beim Verwenden von mobilen Arbeitsmitteln
- **EmpfBS 1113** – Beschaffung von Arbeitsmitteln
- **EmpfBS 1114** – Anpassung an den Stand der Technik bei der Verwendung von Arbeitsmitteln
- **DIN 15185-2** – Flurförderzeuge – Sicherheitsanforderungen – Teil 2: Einsatz in Schmalgängen

Bei Einsatz im öffentlichen Verkehrsbereich:

- **StVO** – Straßenverkehrs-Ordnung
- **StVZO** – Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung

- **DGUV Vorschrift 68** – Flurförderzeuge
- **DGUV Information 208-004** – Gabelstapler
- **DGUV Information 208-030** – Personenschutz beim Einsatz von FFZ in Schmalgängen
- **DGUV Information 208-031** – Einsatz von Arbeitsbühnen an FFZ mit Hubmast
- **DGUV Information 208-053** – Mensch und Arbeitsplatz – Physische Belastungen
- **DGUV Grundsatz 308-001** – Qualifizierung und Beauftragung der Fahrerinnen und Fahrer von Flurförderzeugen außer geländegängigen Teleskopstaplern
- **DGUV Grundsatz 308-008** – Ausbildung und Beauftragung der Bediener von Hubarbeitsbühnen
- **DGUV Grundsatz 308-009** – Qualifizierung und Beauftragung der Fahrerinnen und Fahrer von geländegängigen Teleskopstaplern

- **TRBS 2111 Teil 1** – Auszug: 3.2 Technische Maßnahmen unter 3.2.1:

(3) Der Arbeitgeber hat technische Maßnahmen zur Vermeidung oder, wenn das nicht möglich ist, zur Reduzierung der Gefährdung von Beschäftigten durch Anfahren, Überfahren oder Quetschen durch mobile Arbeitsmittel aufgrund unzureichender Sichtverhältnisse [...], insbesondere beim Rückwärtsfahren, zu treffen.

(4) Solche Maßnahmen können z.B. sein:
- Einsatz von KMS, 360°-Kamera-Systemen, [...]
- Warnung der Bediener [...] durch Systeme zur Erkennung von Personen oder Hindernissen, [...]

VDI-Richtlinie 4482 – Assistenzsysteme für Flurförderzeuge
beschreibt u.a.:

- Klassifizierung von Assistenzsystemen für Flurförderzeuge
- Funktionen und Komponenten eines Assistenzsystems für Flurförderzeuge
- Allgemeine Anforderungen an Assistenzsysteme und deren Komponenten
- Anforderungen an die Schnittstelle Logik Assistenzsystem – Steuerung
- Hinweise zur Einführung und Auswahl von Assistenzsystemen für FFZ für den Betreiber

Betrifft Hersteller

- **MRL** – EU-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG
- **ProdSG** – Produktsicherheitsgesetz
- **9. ProdSV** – 9. Verordnung zum ProdSG („Maschinenverordnung“)
- **ISO 5053** – Industrial trucks – Vocabulary
  – 1: Types of industrial trucks
  – 2: Fork arms and attachments
- **DIN EN 1175** – Sicherheit von FFZ – Elektrische/elektronische Anforderungen
- **DIN EN 1459** – Geländegängige Stapler – Sicherheitstechnische Anforderungen und Verifizierung
  – 1: Stapler mit veränderlicher Reichweit
  – 2: Schwenkbare Stapler mit veränderlicher Reichweite
  – 3: Zusätzliche Anforderungen für Stapler mit veränderlicher Reichweite ausgerüstet mit Arbeitsbühne
  – 4: (Entwurf): Zusätzl. Anforderungen für Stapler mit veränderlicher Reichweite zum Befördern angehängter Lasten
  – 9: (Entwurf): Anforderungen an Stapler mit veränderlicher Reichweite mit Arbeitsbühnen, deren Frontschutzbügel geöffnet werden können
- **DIN EN ISO 3691** – Sicherheit von FFZ – Sicherheitsanforderungen und Verifizierung
- **DIN EN 12895** – Flurförderzeuge – Elektromagnetische Verträglichkeit
- **DIN EN 16307** – Flurförderzeuge – Sicherheitsanforderungen und Verifizierung
- **DIN EN 16842** – Kraftbetriebene Flurförderzeuge – Sichtverhältnisse – Prüfverfahren und Verifikation
- **UN ECE R46** – Einrichtungen für indirekte Sicht und deren Anbringung
- **UN ECE R10** – Elektromagnetische Verträglichkeit (Funkentstörung)
- **EN 300 328** – „Funkrichtlinie“ – Breitband-Übertragungssysteme

Anforderungen Funktionale Sicherheit, zum Beispiel:

- **DIN EN ISO 13849** – Sicherheit von Maschinen – Sicherheitsbezogene Teile von Steuerungen
- **DIN EN ISO 12100** – Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung

Ergonomie

- **DIN EN 894** – Sicherheit von Maschinen – Ergonomische Anforderungen an die Gestaltung von Anzeigen und Stellteilen
- **DIN EN ISO 6385** – Grundsätze der Ergonomie für die Gestaltung von Arbeitssystemen
- **DIN EN ISO 7731** – Ergonomie – Gefahrensignale für öffentliche Bereiche und Arbeitsstätten – Akustische Gefahrensignale
- **DIN EN ISO 10075-2** – Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung
  – Teil 2: Gestaltungsgrundsätze
- **ISO 11429** – Ergonomie – System akustischer und optischer Gefahren- und Informationssignale
- **DIN EN ISO 15008** – Straßenfahrzeuge – Ergonomische Aspekte von Fahrerinformations- und Assistenzsystemen
- **DIN EN ISO 26800** – Ergonomie – Genereller Ansatz, Prinzipien und Konzepte
- **DIN EN 61310** – Sicherheit von Maschinen – Anzeigen, Kennzeichen und Bedienen
- **DGUV FBVW-201** – Gefährdungen der Augen durch blaues Licht bei LED-Beleuchtung?
- **BAG-Faktenblatt** – LED-Lampen

DIN EN ISO 24134 – 2018-12

Flurförderzeuge – Zusätzliche Anforderungen für automatische Funktionen von Staplern

Sicherheitstechnischen Anforderungen an Stellteile und Steuerungssysteme für automatische Funktionen von FFZ:

- Lenkung (unter Ausschluss einer direkten mechanischen Führung)
- Fahrbewegungen
- Hub und Senkvorgänge
- Lastmanipulationen (wie Drehen, Ausschieben, Schwenken, Neigen, Festhalten)
- Kombination und/oder aufeinanderfolgende Bewegungen der genannten Arten

Weitere Vorgaben siehe Information: „Funktionale Sicherheit bei mobilen Arbeitsmaschinen und Fahrzeugen“ unter: www.netzwerk-baumaschinen.de

Abkürzungen:

DIN – Deutsche Norm

EN – Europäische Norm

ISO – Internationale Norm (International Organization for Standardization)

TRBS – Technische Regeln für Betriebssicherheit

BekBS – Bekanntmachungen zur Betriebssicherheit

EmpfBS – Empfehlungen zur Betriebssicherheit

DGUV – Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung e.V.

VDI – Verein Deutscher Ingenieure e.V.

BAG – Bundesamt für Gesundheit der Schweizerischen Eidgenossenschaft

Betrifft Arbeitnehmer

ArbSchG

§ 15 Abs. 1 Satz 1 – Arbeitnehmer sind verpflichtet, nach ihren Möglichkeiten sowie gemäß der Unterweisung und Weisung des Arbeitgebers für ihre Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit Sorge zu tragen.

§ 15 Abs. 1 Satz 2 – Arbeitnehmer sind verpflichtet, nach ihren Möglichkeiten sowie gemäß der Unterweisung und Weisung des Arbeitgebers auch für die Sicherheit und Gesundheit der Personen zu sorgen, die von ihren Handlungen oder Unterlassungen bei der Arbeit betroffen sind.

§ 16 Abs. 1 – Arbeitnehmer haben dem Arbeitgeber jede von ihnen festgestellte unmittelbare erhebliche Gefahr für die Sicherheit und Gesundheit unverzüglich zu melden.

Überlastungsanzeige steht jedem Mitarbeiter offen, der in irgendeiner Hinsicht überfordert ist bzw. sich überfordert fühlt. Grundlagen siehe u.a. § 618 BGB, allgemeines Zivilrecht § 241 Absatz 2 BGB, Arbeitsschutzrecht § 15 und § 16 Absatz 1 ArbSchG. Kann der Arbeitnehmer also erkennen, dass er aus eigener Kraft seine Leistungen nicht mehr so erbringen kann, dass Schäden oder Rechtsverletzungen ausgeschlossen werden können, muss er dies seinem Arbeitgeber unverzüglich melden. Dieser ist dann wiederum verpflichtet, Abhilfe zu schaffen. Der Arbeitnehmer wird aber durch eine solche Überlastungsanzeige nicht aus seiner Verantwortung entlassen! Er muss im Rahmen des für ihn Möglichen und Zumutbaren alles tun, um Schäden zu verhindern.

Unterstützungspflicht: Die Arbeitnehmer haben gemeinsam mit dem Betriebsarzt und der Fachkraft für Arbeitssicherheit den Arbeitgeber darin zu unterstützen, die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Arbeit zu gewährleisten und seine Pflichten entsprechend den behördlichen Auflagen zu erfüllen – siehe § 16 Abs. 2 ArbSchG.

Anzeigerecht (und -pflicht): Sind Arbeitnehmer auf Grund konkreter Anhaltspunkte der Auffassung, dass die vom Arbeitgeber getroffenen Maßnahmen und bereitgestellten Mittel nicht ausreichen, um die Sicherheit und den Gesundheitsschutz bei der Arbeit zu gewährleisten, und hilft der Arbeitgeber darauf gerichteten Beschwerden von Beschäftigten nicht ab, können sich diese an die zuständige Behörde wenden – siehe § 17 Abs. 2 ArbSchG.

Pflichten des Arbeitnehmers (Fahrers)

- Nur beauftragte Beschäftigte dürfen den Gabelstapler benutzen.
- Betriebsanleitung des Herstellers und Betriebsanweisung beachten.
- Täglich vor Einsatzbeginn den Gabelstapler auf erkennbare Mängel überprüfen.
- Gabelstapler mit Mängeln, die die Sicherheit beeinträchtigen, dürfen nicht in Betrieb gesetzt oder weiter betrieben werden.
- Mängel am Gerät sind umgehend dem Arbeitgeber oder dem Vorgesetzten zu melden.
- Vorhandene Rückhaltesysteme benutzen.
- Gabelstapler nur vom Steuerplatz aus bedienen.
- Beschäftigte und andere Dritte dürfen durch den Gabelstapler nicht gefährdet werden.
- Gabelstapler und deren Anbaugeräte nicht überladen bzw. überlasten.
- Keine zusätzlichen Gegengewichte anbringen.

Lasten nur so laden und transportieren, dass diese nicht herabfallen oder sich verschieben können!

Nutzen Sie unsere Demonstrationsmöglichkeiten der unterschiedlichen Systeme auf Ihren Veranstaltungen wie Hausmessen, Weiterbildungsveranstaltungen, Kongressen... Setzen Sie sich direkt in Verbindung mit: info@netzwerk-baumaschinen.de

Kollisionsvermeidung bei mobilen Arbeitsmaschinen und Nutzfahrzeugen

Publikationen des Netzwerk Baumaschinen NRMM CV

Personen-/Objekterkennung, Warnung in Gefahrenbereichen

Kamera-, Sensoriksysteme, intelligente Software bei mobilen Arbeitsmaschinen

a) Version: Baumaschinen*; plus Version: Baumaschinen – Mining

b) Version: Flurförderzeugen (FFZ)

c) Version: Traktoren und mobilen Maschinen in der Land- und Forstwirtschaft

- Leitfäden für Betreiber, Mitarbeiter, Hersteller und Aufsichtspersonen

Abbiegeassistenzsysteme im Einsatzbereich

a) Version: schwerer Nutzfahrzeuge und Busse

b) Version: Lkw, Kommunalfahrzeuge und LoF-Fahrzeuge

- Leitfäden für Betreiber, Mitarbeiter, Hersteller und Aufsichtspersonen

Kamera-Monitor-Systeme – Sinnvoll und sicher nachrüsten

Tipps zum Einbau von Kamera-Monitor-Systemen bei Baumaschinen

- Leitfaden für Unternehmen, Fachhändler und Montagewerkstätten

Profis nehmen Rücksicht

Gefahren durch Sichteinschränkungen erkennen und vermeiden

- Praxishilfe für Arbeitgeber, Arbeitnehmer und Interessenvertretungen

Erdbaumaschinen wirtschaftlich und sicher einsetzen

Maßnahmen kennen – produktiv arbeiten – profitieren

- Praxishilfe für Betreiber, Unternehmer und Führungskräfte

Funktionale Sicherheit bei mobilen Arbeitsmaschinen und Fahrzeugen*

Safety und Industrial Security bei Entwicklung und Verwendung von Steuerungssystemen

- Information für Betreiber, Hersteller und Aufsichtspersonen

* auch in Englisch erhältlich

Impressum

Bildnachweis, fachliche Unterstützung

Netzwerk Baumaschinen NRMM CV

Seit über zehn Jahren unterstützen die Mitglieder des Netzwerks konsequent die Entwicklung zum Stand der Technik bei der Personen- und Objekterkennung in mobilen Arbeitsmaschinen und Nutzfahrzeugen für nahezu alle Einsatzbereiche – Baustellen, Land- und Forstwirtschaft, den betrieblichen Verkehr und Straßenverkehr.

Das Netzwerk wirkt überall dort, wo es gilt, Zusammenstöße und Unfälle zwischen Menschen, Maschinen und Material zu verhindern.

Neben Herstellern und Zulieferern aus Nutzfahrzeug- und Automobilindustrie engagieren sich hier auch Fachleute aus Wissenschaft und Forschung, Behörden der Arbeitsschutz- und Marktaufsicht sowie Berufsgenossenschaften und Gewerkschaften.
Das Netzwerk Baumaschinen ist u.a. Vision Zero-Kooperationspartner und offizieller Unterstützer der Aktion Abbiegeassistent des BMDV.

Weitere Informationen und Leitfäden des Netzwerkes stehen auf der Homepage zur Verfügung: www.netzwerk-baumaschinen.de

Wir bedanken uns für das zur Verfügung gestellte Bildmaterial bei:

Titel: Netzwerk Baumaschinen, Palfinger GmbH, Zeppelin Baumaschinen GmbH, BG BAU; S. 2: BGHW; S. 4: Sick AG, Continental Automotive GmbH; S. 5: Motec GmbH; S. 6: Mekratronics GmbH, Netzwerk Baumaschinen; S. 7: VBG/Karin Heyer, Netzwerk Baumaschinen; S. 8: Mekratronics GmbH, Motec GmbH, Brigade Elektronik GmbH; S. 9: Motec GmbH, Brigade Elektronik GmbH, Mekratronics GmbH; S. 10: Mekratronics GmbH, Motec GmbH, Netzwerk Baumaschinen, Luis Technology GmbH, Brigade Elektronik GmbH; S. 11: Luis Technology GmbH, Motec GmbH; S. 12: Continental Automotive GmbH; Luis Technology GmbH, Brigade Elektronik GmbH, Motec GmbH; S. 13: Luis Technology GmbH, Brigade Elektronik GmbH, Motec GmbH; S. 14: Mekratronics GmbH, Linde Material Handling GmbH, Netzwerk Baumaschinen; S. 15, 16: Bosch Engineering GmbH; S. 17: Mekratronics GmbH; S. 18: Motec GmbH, Luis Technology GmbH; S. 19: Sick AG, Motec GmbH, Bosch Engineering GmbH, Brigade Elektronik GmbH; S. 20: Brigade Elektronik GmbH, Sick AG, Bosch Engineering GmbH; S. 21: Netzwerk Baumaschinen, Bosch Engineering GmbH; S. 22: Motec GmbH, Brigade Elektronik GmbH, Mekratronics GmbH; S. 23: Bosch Engineering GmbH, Netzwerk Baumaschinen, Brigade Elektronik GmbH, Mekratronics GmbH; S. 24: Linde Material Handling GmbH; S. 25: Linde Material Handling GmbH/Netzwerk Baumaschinen, Mekratronics GmbH; S. 26-30: Sick AG; S. 32, 33: Brigade Elektronik GmbH; S. 34, 35: Linde Material Handling GmbH, Fritz Egger GmbH & Co. OG; S. 37: Netzwerk Baumaschinen; S. 38: Luis Technology GmbH; S. 39: Motec GmbH, Netzwerk Baumaschinen; S. 40: Arcure Blaxtair SA; S. 41: Bosch Engineering GmbH; S. 42, 43: Sick AG; S. 44: Brigade Elektronik GmbH, Palfinger GmbH; S. 45, 47: VBG/Karin Heyer; S. 49: CLAAS Material Handling GmbH, Netzwerk Baumaschinen

Fachliches Netzwerk Baumaschinen – Initiative Neue Qualität der Arbeit (INQA)

Die Initiative Neue Qualität der Arbeit ist eine durch das Bundesministerium für Arbeit und Soziales (BMAS) geförderte Initiative von Bund, Ländern, Sozialversicherungsträgern, Gewerkschaften, Stiftungen und Arbeitgebern.

In Zusammenarbeit mit:

BG BAU – Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft
BGHM – Berufsgenossenschaft Holz und Metall
BGHW – Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik
BG RCI – Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie
BG Verkehr – Berufsgenossenschaft Verkehrswirtschaft Post-Logistik Telekommunikation
BMAS – Bundesministerium für Arbeit und Soziales
IG BAU – Industriegewerkschaft Bauen-Agrar-Umwelt
KAN – Kommission Arbeitsschutz und Normung
SVLFG – Sozialversicherung für Landwirtschaft, Forsten und Gartenbau
UK NRW – Unfallkasse Nordrhein-Westfalen
VBG – Verwaltungs-Berufsgenossenschaft
VDGAB – Verein Deutscher Gewerbeaufsichtsbeamter e.V.

Fachliche Unterstützung bei der Leitfadenerstellung:

Arcure Blaxtair SA, Brigade Elektronik GmbH, Continental Automotive Technologies GmbH, Linde Material Handling GmbH, LUIS Technology GmbH, Mekratronics GmbH, Motec GmbH, Robert Bosch GmbH, SICK AG

Koordination, Konzeption und Gestaltung:

fact3 network e.K.
Wilhelmshöher Allee 262, D-34131 Kassel
Fon: +49 561 81041-11
info@netzwerk-baumaschinen.de
www.netzwerk-baumaschinen.de

Genderverweis: Für eine bessere Lesbarkeit wird in diesem Leitfaden die männliche Sprachform verwendet. Sämtliche Ausführungen beziehen sich selbstverständlich auf alle Geschlechter.

Trotz der Sorgfalt und der Aufmerksamkeit, mit denen das Netzwerk die Informationen zusammenstellt, kann es dazu kommen, dass die Inhalte nicht vollständig, richtig oder aktuell sind. Das Netzwerk und fact3 network e.K. übernehmen keine Haftung und keine Garantie für die Richtigkeit und Vollständigkeit der Angaben. Änderungen vorbehalten. Nachdruck, auch auszugsweise, nur mit vorheriger schriftlicher Zustimmung durch das Netzwerk Baumaschinen NRMM CV und fact3 network e.K.

Ausgabe 3.0 – Stand 04/2023

VISION ZERO. Wir machen mit!
NULL UNFÄLLE – GESUND ARBEITEN!

Netzwerk Baumaschinen NRMM CV

VISION ZERO. Wir machen mit!

NULL UNFÄLLE – GESUND ARBEITEN!