Netzwerk Baumaschinen NRMM CV

# Assistenzsysteme zur Kollisionsvermeidung

## für schwere Nutzfahrzeuge und Busse – nach GSR(II)

**Fahrzeugsicherheit im EU-Straßenverkehr**

AUSGABE 07/2026

**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 Objektdetektion zur Kollisionsvermeidung. Zentrale Aufgabenstellungen hierzu werden mit den betroffenen Akteuren diskutiert und aus den Ergebnissen praxisgerecht aufbereitete Informationen und Leitfäden erarbeitet.

Die Erfahrungen aus Sichtfeldeinschränkungen bei Baumaschinen erweitert das Netzwerk auf mobile Arbeitsmaschinen und Nutzfahrzeuge verschiedenster Branchen – von der Land- und Forstwirtschaft über den Garten-/Landschaftsbau bis hin zur Abfallentsorgung und Logistik im kommunalen Bereich und der Industrie. Vergleichbare Gefährdungspotenziale durch Sichteinschränkung verbinden die Arbeit der Akteure im Netzwerk.

**Hinweis zur Nomenklatur:**
Um möglicher Fehlinterpretation vorzubeugen, verwendet das Netzwerk seit 2026 den Begriff **„Personendetektion"** anstelle des Synonyms **„Personenerkennung"**. Die vorgestellten Systeme dienen dem Schutz vor Kollisionen. Dabei werden Daten anonym erfasst – es findet keine persönliche Identifikation statt.

**Genderhinweis:**
Zur leichteren Lesbarkeit wird in diesem Leitfaden überwiegend die männliche Sprachform verwendet. Selbstverständlich beziehen sich Personenbezeichnungen auf alle Geschlechter.

**Der Leitfaden bietet einen Überblick zu Assistenzsystemen, die bei eingeschränkten Sichtverhältnissen und hohem Kollisionsrisiko die Fahrzeugführenden sinnvoll unterstützen können – insbesondere um Unfälle mit besonders gefährdeten Verkehrsteilnehmern zu verhindern.**

**Unternehmer, Führungskräfte, Betriebsräte, Fahrer und Hersteller erhalten wertvolle Hinweise für einen sicheren und effizienten Einsatz von schweren Nutzfahrzeugen und Bussen.**

Dieser Leitfaden setzt die frühere Netzwerk-Publikation „Abbiegeassistenzsysteme" in überarbeiteter Fassung fort und ist um weitere Assistenzsysteme zur Kollisionsvermeidung erweitert. Diese Fahrerassistenzsysteme werden bisweilen auch als Fahrzeugsicherheitssysteme bezeichnet.
Ebenfalls gängig ist die Verwendung des englischen Begriffs Advanced Driver Assistance Systems (ADAS).

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** **4**
Um welche Fahrzeuge geht es? 4
Welche Bedeutung hat die GSR? Um welche Assistenzsysteme geht es? 5

**1 Unfallgeschehen** bei Nutzfahrzeugen und Bussen **6**
Typische Unfallszenarien; Lösungen für unterschiedliche Unfallschwerpunkte 7
**1.1** Beispiel Rechtsabbiegeunfälle mit Lkw/Bussen 8
**1.2** Gefährdungsbeurteilung Sicht 9
**1.3** Anforderungen an Fahrzeuge mit Sonderaufbauten 9

**2 Unfallvermeidung durch Fahrerassistenzsysteme (FAS/ADAS)** **10**
**2.1** Systeme zur Umfelderfassung 10
Begriffsbestimmungen; Vorgaben 11
Nachrüstung von Bestandsfahrzeugen; Akzeptanz bei Verwendern 12
**2.2** Aktive Fahrerassistenz-/Sicherheitssysteme 13
**2.2.1** Notbremsassistent (AEB/AEBS) und Lösung für Stadtbusse 14
**2.2.2** Adaptive Geschwindigkeitsregelung (ACC) 15
**2.2.3** Spurhalteassistent (LKA/LKAS) 15

**3 Sicheres Abbiegen, Anfahren, Rangieren durch Assistenzsysteme nach GSR** **16**
**3.1 Abbiegeassistenzsysteme** (AAS/BSIS) **18**
Anforderungen an AAS für Lkw/Bus nach UN R151 18
**3.1.1** Beispiel: KI-kamerabasiertes System mit Personendetektion 20
**3.1.2** Beispiel: radarbasiertes System mit Objektklassifizierung 22
**3.2 Anfahrinformationssysteme** (MOIS) **24**
Anforderungen an MOIS für Lkw/Bus nach UN R159 24
**3.2.1** Beispiel: KI-kamerabasiertes System mit Personendetektion 26
**3.2.2** Beispiel: radarbasiertes System mit Objektklassifizierung 28
**3.3 Rückfahrassistenzsysteme** (RAS/REIS) **30**
Anforderungen an RAS für Lkw/Bus nach UN R158 30
**3.3.1** Beispiel: KI-kamerabasiertes System mit Personendetektion 32

**4 Intelligente Software und Künstliche Intelligenz** für Fahrzeuge/mobile Maschinen **34**
**4.1** Künstliche Intelligenz (KI) 35
**4.1.1** Sichere und zertifizierbare KI 36
**4.1.2** Kameras zur Personendetektion: Konventionell programmiert vs. KI-basiert 38
**4.1.3** Varianten zur Integration der Personendetektion auf Systemkomponenten 39

**5 Allgemeine Grundlagen für die Beschaffung und den Betrieb** **40**
Fördermöglichkeiten 42

**6 Regelwerke und Normen** für Betreiber/Arbeitgeber, Hersteller, Fahrer/Beschäftigte **43**

**7 Glossar, Abkürzungen** **46**

**Publikationen des Netzwerks** **49**
**Impressum, Fachliche Unterstützung, Bildquellennachweis** **50**

# Anwendungsbereich

Assistenzsysteme dienen dazu, die Sicherheit im Straßenverkehr zu erhöhen, Unfälle zu vermeiden und Stress zu reduzieren. Sie werden seit Jahren erfolgreich eingesetzt und permanent weiterentwickelt.

Begriffserläuterung: Die Verordnung (EU) 2019/2144 wird in Kurzform teilweise auch als GSR II bezeichnet. Sie ersetzt die Verordnung (EG) Nr. 661/2009.

**Durch das Inkrafttreten der 2019 veröffentlichten Verordnung (EU) 2019/2144 – in Kurzform als GSR II (General Safety Regulation/Allgemeine Sicherheitsregel) bezeichnet – ist die Ausstattung von Fahrzeugen mit weiteren als den bisher bereits vorgeschriebenen Assistenzsystemen EU-weit verpflichtend. Dabei formuliert die GSR als oberstes Ziel den Schutz von Menschenleben durch eine permanente Verbesserung der Fahrzeugsicherheit.**

## Um welche Fahrzeuge geht es?

Die GSR gibt die Anforderungen für die Typgenehmigung und Fahrzeugzulassung der jeweiligen Fahrzeugklassen vor. Der Leitfaden bezieht sich auf Fahrerassistenzsysteme bei Nutzfahrzeugen/Lkw und Bussen, d. h. bei den Fahrzeugen der Klassen N2, N3 und M2, M3.

### Nutzfahrzeuge/Lkw und Busse: Die EG-Fahrzeugklassen im Überblick

- **Die Klasse N: Fahrzeuge zur Güterbeförderung (Lkw)**
  **Klasse N2** – mit zulässiger Gesamtmasse (zGM) von mehr als 3,5 t bis zu 12 t
  **Klasse N3** – mit zulässiger Gesamtmasse (zGM) von mehr als 12 t

- **Die Klasse M: Fahrzeuge zur Personenbeförderung (Busse)**
  **Klasse M2** – mit mehr als 8 Sitzplätzen plus Fahrersitz und zGM bis zu 5 t
  **Klasse M3** – mit mehr als 8 Sitzplätzen plus Fahrersitz und zGM über 5 t

Transporter/kleine Lkw bis 3,5 t (= Fahrzeugklasse N1) und Anhänger (= Fahrzeugklassen O3, O4) werden in diesem Leitfaden aufgrund abweichender Anforderungen nicht behandelt.

### Fahrzeuge mit „besonderer Zweckbestimmung":

Je nachdem zu welchem Anwendungszweck sie eingesetzt werden, gehören Nutzfahrzeuge mit Sonderaufbauten und/oder besonderen Ausrüstungen zur Klasse M, N oder O. Abhängig vom zulässigen Gesamtgewicht zählen zur Klasse N2 oder N3 beispielsweise:

- **Abfallsammelfahrzeuge, Abschleppwagen, Betonmischer, Kehrmaschinen, Autokrane, Muldenkipper, Rettungswagen, Räum- und Streufahrzeuge, etc.**

**Um unübersichtlich lange Aufzählungen zu vermeiden, wird im Leitfaden abgekürzt die Bezeichnung Lkw/Busse verwendet. Diese Formulierung schließt alle Fahrzeuge der Klassen M2, M3, N2, N3 ein – auch die Fahrzeuge mit besonderer Zweckbestimmung.**

## Welche Bedeutung hat die „General Safety Regulation (GSR)"?

Die GSR zielt darauf ab durch eine Verbesserung der Fahrzeugsicherheit sowohl Fahrzeuginsassen als auch besonders gefährdete/verletzliche Verkehrsteilnehmer im Straßenverkehr zu schützen.
**Sie legt in Zeitstufen fest, mit welchen Assistenzsystemen und ab welchem Zeitpunkt die jeweiligen Fahrzeugklassen entsprechend ausgestattet sein müssen.** Dies gilt jeweils zuerst für neu entwickelte Fahrzeugtypen und zwei bis drei Jahre später für jedes neu zugelassene Fahrzeug.

**Die GSR gilt für alle neuen Fahrzeuge, die in der EU verkauft werden – unabhängig vom Land der Herstellung.**

**Link zur GSR:**
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R2144

**Zu den seit 2022/2024 (Zeitstufe B) für schwere Lkw und Busse EU-weit vorgeschriebenen Assistenzsystemen zählen, u. a.:**

| | | |
|---|---|---|
| **Blind Spot Information System (BSIS)** | = | **Abbiegeassistent (AAS)** oder **Totwinkelassistent** |
| **Moving Off Information System (MOIS)** | = | **Anfahrinformationssystem/Anfahrwarnsystem** |
| | = | **Kollisionswarnsystem für Fußgänger u. Radfahrer** |
| **Reversing Information Systems (REIS)** | = | **Rückfahrinformationssystem (RAS)** |
| | = | **Rückfahrassistent** |
| **Intelligent Speed Assist (ISA)** | = | **Intelligenter Geschwindigkeitsassistent** |
| **Tire Pressure Monitoring System (TPMS)** | = | **Reifendrucküberwachungssystem** |

**Stichtag 07.07.2026 – Was ist neu?**

- **Weitere Assistenzsysteme sind jetzt verpflichtend:**
  Bei schweren Lkw/Bussen kommen zwei Systeme hinzu: ein Warnsystem bei nachlassender Konzentration des Fahrers (Ablenkungswarner) und ein Unfalldatenspeicher.
- **Ausrüstpflicht auch für Sonderfahrzeuge (nationale Einzelgenehmigungsverfahren):**
  Seit 07.07.26 müssen auch Sonderfahrzeuge über die oben genannten Abbiegeassistenten, Anfahrwarnsysteme, Rückfahrassistenten und Reifendrucküberwachungssysteme verfügen.

**Zeitstufe B** bedeutet:
Die Ausrüstpflicht gilt seit **07/2022** für neu entwickelte Fahrzeugtypen und seit **07/2024** für alle Fahrzeug-Neuzulassungen.
Regelung **Sonderfahrzeuge**:
Zur Erteilung einer nationalen Fahrzeug-Einzelgenehmigung wurde die Ausrüstpflicht mit AAS, MOIS, RAS und TPMS auf **07/2026** verschoben (lt. VkBl. Heft 14 , Nr. 104 - Juli 2024).

## Fokus des Leitfadens

Der Leitfaden konzentriert sich auf die Assistenzsysteme zur **Vermeidung von Kollisionen,** die **aufgrund eingeschränkter Sicht des Fahrers** drohen – insbesondere durch tote Winkel – und ungeschützte Personen wie Fußgänger und Fahrradfahrer gefährden:

**Abbiegeassistenz-, Anfahrinformations-, Rückfahrassistenzsysteme** (siehe Kapitel 3)

Ergänzend geht der Leitfaden aufgrund des besonderen Gefährdungspotenzials auf weitere Assistenten ein, die bereits schon länger zur obligatorischen Fahrzeugausstattung gehören:

**Notbremsassistent, Adaptive Geschwindigkeitsregelung, Spurhalteassistent** (siehe Kapitel 2)

# 1 Unfallgeschehen
## bei Nutzfahrzeugen und Bussen

Riskant fahrende oder unbedarfte Radfahrer verkennen häufig das Risiko toter Winkel.

### Gesteigerte Mobilität schafft neue Herausforderungen

Die enorme Zunahme des Straßenverkehrs durch steigende Transportmengen und wachsenden Individualverkehr bedeutet für die Fahrer von Lkw/Nutzfahrzeugen und Bussen zunehmende Risiken mit erheblichen Belastungen.
Auf Autobahnen, Landstraßen und in innerstädtischen Verkehrsräumen entstehen kritische und stressige Situationen – in urbanen Bereichen zusätzlich durch die immer größer werdende Zahl an Fahrrädern, E-Bikes und E-Scootern.
Die dichtere Verkehrslage erhöht die psychische Belastung der Fahrer durch hohen Termindruck, Ermüdung, Dunkelheit, ungünstige Witterung und Ablenkung durch unterschiedliche Verkehrsteilnehmer, die die Situation der anderen nicht immer richtig einschätzen können.

### Arbeitsplätze mit größter Verantwortung erfordern verantwortungsbewusste Arbeitsbedingungen

**„Tote Winkel" bezeichnet laut DGUV die Bereiche rund um das Fahrzeug, die Fahrzeugführende nicht oder schlecht über direkte und/oder indirekte Sicht einsehen können.**

**Insbesondere die vom Fahrerplatz schwer oder überhaupt nicht einsehbaren Gefahrenbereiche („Tote Winkel") beinhalten ein erhebliches Kollisionsrisiko.** Sie gefährden andere Verkehrsteilnehmer, vor allem ungeschützte und daher besonders verletzliche (auch als vulnerabel bezeichnete) Personen wie Fahrradfahrer und Fußgänger. Alltägliche Arbeitssituationen, wie das Rechtsabbiegen von Lkw und Bussen oder das Rangieren beispielsweise bei der Abfallsammlung in engen und/oder schlecht einsehbaren Straßen erzeugen Stress bei den Fahrern und Mitarbeitern.
Auch erforderlichenfalls eingesetzte Einweiser können bei ihrer Tätigkeit in Gefahr geraten.

**Gefährdungsbeurteilung**
**▶ Für Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen gilt das „TOP-Prinzip":**
**▶ Geeignete Technische Maßnahmen haben stets Vorrang vor Organisatorischen und Persönlichen Maßnahmen (siehe Seite 9)**

### Prävention vermeidet Unfälle

Unabhängig von der Fahrzeugart entstehen drei entscheidende Forderungen:

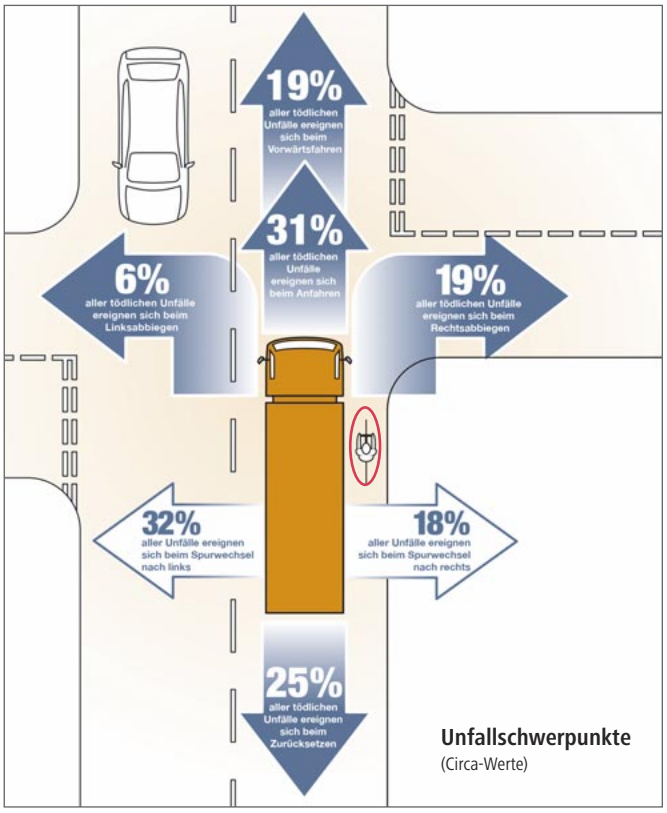
- **Gute Sicht auf die Gefahrenbereiche ermöglichen.**
- **Aufmerksamkeit des Fahrers unterstützen.**
- **Fahrzeuge „intelligenter" machen.**

## Typische Unfallszenarien unter Beteiligung von Lkw und Bussen

Je nach Einsatzart und -ort kommt es aus unterschiedlichen Gründen zu gefährlichen Situationen und Unfällen. Diese Faktoren beeinflussen Art und Schwere der Unfälle. Übergreifend lassen sich die Unfallgeschehen wie folgt zusammenfassen:

**Unfallursache Toter Winkel**

Während auf Autobahnen und Landstraßen häufig überhöhte Geschwindigkeiten, zu geringe Abstände, Übermüdung oder Unachtsamkeit zu Kollisionen führen, spielt bei den Unfallszenarien innerorts vor allem die eingeschränkte Sicht im Nahfeld des Fahrzeugs eine entscheidende Rolle – zusätzlich erschwert durch die Zunahme unterschiedlicher Zweiräder, wie Fahrräder, E-Bikes/Pedelecs und E-Scooter.



**Unfallschwerpunkte**
(Circa-Werte)

**Häufige Unfallsituationen mit Beteiligung von schweren Nutzfahrzeugen:**

- Zusammenstoß mit einem Fußgänger oder Fahrradfahrer, insbesondere bei Abbiege-, Anfahr- und Rangiervorgängen
- Abkommen von der Fahrspur
- Seitlicher Zusammenstoß mit einem Fahrzeug
- Aufprall auf ein vorausfahrendes Fahrzeug
- Frontalzusammenstoß mit einem entgegenkommenden Fahrzeug

**Besondere Herausforderungen bei Bussen**

Für Fahrer von Kraftomnibussen (abgekürzt auch als „Kom" bezeichnet), insbesondere von Linien- und Schulbussen, erschwert gerade innerorts neben dem Straßenverkehr eine oft unübersichtliche Lage an den Haltestellen den Überblick. Hier muss der Fahrer die Geschehnisse außerhalb des Busses und gleichzeitig die Situation der Fahrgäste im Innenraum beobachten.
Die Gefahr, dass sich beim Heran- und Abfahren von der Haltestelle Fußgänger oder Fahrradfahrer direkt vor, hinter oder unmittelbar neben dem Fahrzeug befinden, ist hoch.

**2024 ereigneten sich in Deutschland laut Destatis (07/2025) insgesamt 22.911 Verkehrsunfälle mit Güterkraftfahrzeugen und 6.119 mit Bussen. Dabei wurden ca. 600 Personen tödlich und 5.300 schwer verletzt.**

**Die Zahl tödlicher Autobahn-Unfälle mit Lkw ist in den vergangenen Jahren gesunken. Eine Einschätzung des ADAC führt diese Entwicklung auf die verbesserte Ausstattung von Lkw mit Assistenzsystemen zurück.**

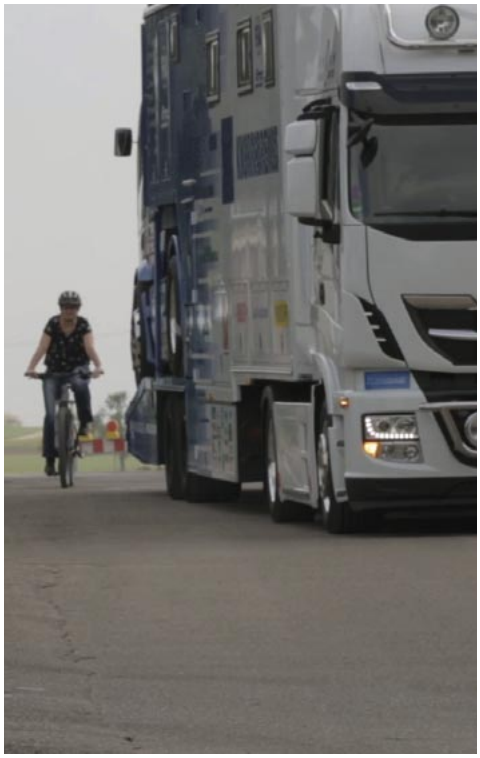
### Lösungen für unterschiedliche Unfallschwerpunkte

| | | |
|---|---|---|
| Rechtsabbiegen | Gefährdung von Radfahrern/Fußgängern an der Beifahrerseite | Abbiegeassistenzsysteme (AAS/BSIS), Kapitel 3.1 |
| Anfahren | Gefährdung von Personen z.B. an Ampeln und Bushaltestellen | Anfahrinformationssysteme (MOIS), Kapitel 3.2 |
| Rangieren/Zurücksetzen | bei Abfallsammlung, Ausparken, Umzug, etc. | Rückfahrassistenten (RAS/REIS), Kapitel 3.3 |
| Hohe Geschwindigkeiten | außerorts, z.B. am Stau-Ende | z.B. Notbremsassistenten (AEBS), Kapitel 2.2 |

# 1.1 Beispiel Rechtsabbiegeunfälle mit Lkw/Bussen

**Zu den Unfallschwerpunkten beim Einsatz von Lkw/Bussen zählen Rechtsabbiegeunfälle mit Radfahrern und Fußgängern. Abbiegemanöver nach rechts sind komplexe Vorgänge. Der Fahrer muss die schwer einsehbare Beifahrerseite vorausschauend im Blick haben, vieles gleichzeitig erkennen und verarbeiten, wie beispielsweise:**

- Ampeln
- Beschilderungen
- Verkehr nach vorn
- Gegen-/Querverkehr
- Radwege
- (kreuzende) Fußgänger/Fahrradfahrer



Radfahrer, die sich neben oder nahe vor einem Fahrzeug befinden, geraten aufgrund von toten Winkeln im rechten Front- und Seitenbereich des Fahrzeugs schnell in Gefahr.
Für E-Bike- und E-Scooter-Fahrer, die häufig mit noch höheren Geschwindigkeiten als nicht-motorisierte Zweiradfahrer auf Straßen und Wegen unterwegs sind, steigt das Unfallrisiko.

**Mögliche Gefährdungen beim Abbiegen:**

- Erfassen von Personen
- Überrollen von Personen
- Einquetschen von Personen zwischen Fahrzeugen und Hindernissen

Häufig fehlen bei den potenziell gefährdeten Personen die Aufmerksamkeit und das Bewusstsein dafür, dass Lkw-/Busfahrer weder eine direkte noch indirekte Sicht auf sie haben – trotz vorhandener Spiegel.

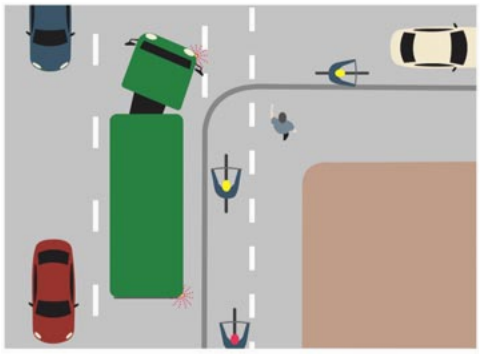
Menschliches Fehlverhalten als Ursache von Unfällen kann durch eine entsprechende Sensibilisierung zwar verringert, aber nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

**Um den Radverkehr zu schützen, gelten seit 2020 folgende StVO Regelungen:**

- **Für rechtsabbiegende Kraftfahrzeuge über 3,5 t ist aus Gründen der Verkehrssicherheit innerorts Schrittgeschwindigkeit (4 bis 7, max. 11 km/h) vorgeschrieben.**
- **Beim Überholen von Radfahrenden muss innerhalb von Ortschaften ein Abstand von mind. 1,5 m und außerorts von 2 m eingehalten werden.**

## Effektive Vermeidung von Rechtsabbiegeunfällen

Gerade die Beifahrerseite von Lkw oder Bus ist für den Fahrer schwer bzw. nicht direkt einsehbar. **Abbiegeassistenzsysteme (AAS)** überwachen diesen Bereich und warnen den Fahrer beim Rechtsabbiegen vor einer drohenden Kollision mit Fahrradfahrern/ungeschützten Verkehrsteilnehmern.



Unfallgefahr beim Rechtsabbiegen mit Sichteinschränkung durch tote Winkel

## 1.2 Gefährdungsbeurteilung Sicht

### Arbeitsplatz Berufskraftfahrer: Was ist zu beachten?

Zusätzlich zur Sicherheit der im Straßenverkehr Beteiligten geht es auch um den Arbeits- und Gesundheitsschutz der Fahrer. Die Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung und die Umsetzung der geeigneten Schutzmaßnahmen ist für alle Arbeitgeber laut BetrSichV verpflichtend. Hierbei gilt das **TOP**-Prinzip:

1. **T**echnische Maßnahmen (z. B. Assistenzsysteme) haben Vorrang vor
2. **O**rganisatorischen (z. B. Einweiser) und
3. **P**ersönlichen Maßnahmen (z. B. Warnkleidung).

Technische Maßnahmen wie der Einsatz von hochentwickelten Assistenzsystemen unterstützen die täglichen Arbeitsvorgänge und schaffen ein Arbeitsumfeld, das die Fahrer entlastet. Ein umfassendes, gut überschaubares Sichtfeld ermöglicht ein schnelles, präzises, sicheres Arbeiten und ein stressreduziertes Fahren im Straßenverkehr.
Die fortschreitende Entwicklung bietet wirksame technische Hilfsmittel und digitale Lösungen für die Sicherheit von Nutzfahrzeugen, Bussen und mobilen Arbeitsmaschinen.

**Bei der Auswahl des passenden Systems ist es wichtig, neben den Anforderungen, die durch die Art des Fahrzeugs und seine Verwendung entstehen, unbedingt auch deren leichte und ergonomisch sinnvolle Bedienbarkeit zu berücksichtigen und die Mitarbeiter darüber ausreichend zu schulen.**

Weitere Informationen zur Akzeptanz von Assistenzsystemen siehe Kapitel 2.1

## 1.3 Anforderung an Fahrzeuge mit Sonderaufbauten

**Nutzfahrzeuge mit besonderer Zweckbestimmung** (siehe auch Seite 4) **können durch ihre technischen Merkmale, Aufbauten und/oder speziellen Arbeitseinsätze zusätzliche Sichtbeeinträchtigungen, Gefährdungspotenziale und Belastungen mit sich bringen.**

- Je nach Fahrzeug- und Einsatzart können unterschiedliche Herausforderungen auftreten, die mit einem erhöhten Kollisionsrisiko verbunden sind. Das gilt insbesondere bei Abfallsammelfahrzeugen, die in engen Wohngebieten unterwegs sind.

- Auskünfte und Hilfestellungen darüber, was im jeweiligen Anwendungsfall zu berücksichtigen ist, geben u. a. die für Ihren Betrieb zuständige Berufsgenossenschaft oder Unfallkasse sowie die für die jeweilige Branche bestehenden Berufsverbände (Landes-/Bundesverbände).

Nützliche Informationen liefern zum Beispiel die DGUV-Branchenregeln, wie die **DGUV Regel 114-601: „Branchenregel Abfallwirtschaft – Teil 1“** der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e.V., **www.dguv.de**

**Zu den Fahrzeugen mit Sonderaufbauten zählen unter anderem: Abfallsammelfahrzeuge, Abschleppwagen, Tieflader, Autokrane, Betonmischer, Muldenkipper, Räum- und Streufahrzeuge, Hubsteiger und Kehrmaschinen.**

# 2 Unfallvermeidung

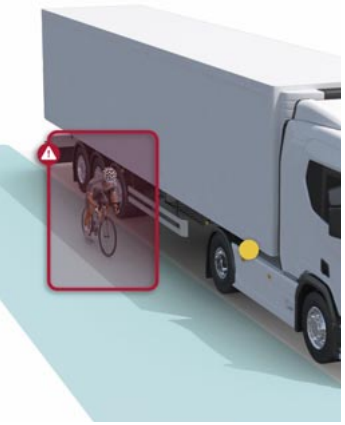
## durch Fahrerassistenzsysteme (FAS/ADAS)

Eine Vielzahl von Assistenzsystemen für unterschiedliche Fahrzeugarten und spezifische Anwendungsfälle unterstützen den Fahrer. Sie tragen dazu bei, Unfälle zu vermeiden. In der Praxis werden sie bezeichnet als

- **Fahrerassistenzsysteme (FAS)** oder auch als
- **Advanced Driver Assistance Systems (ADAS).**

Neben der höheren Sicherheit im Straßenverkehr können FAS auch zu einer Verbesserung des Fahrkomforts und zur Stressreduzierung beim Fahrer beitragen.
**Die in diesem Leitfaden vorgestellten Systeme dienen der Sichtverbesserung und/oder Warnung des Fahrers in Gefahrensituationen, die durch schlecht oder nicht einsehbare Bereiche entstehen.**

### 2.1 Systeme zur Umfelderfassung



Bereits vor Inkrafttreten der GSR wurden Fahrerassistenzsysteme zur Umfelderfassung erfolgreich eingesetzt, um Kollisionen zu vermeiden. Die GSR bringt sie EU-weit in die Fläche. Mit Fokus auf den **Schutz der besonders gefährdeten/verletzlichen Verkehrsteilnehmer (VRU = Vulnerable Road User)** sollen Fahrer von schweren Nutzfahrzeugen/Lkw und Bussen in die Lage versetzt werden, drohende Unfallsituationen rechtzeitig zu erkennen und abzuwenden.
Zu diesen FAS zählen insbesondere:

- **Abbiegeassistenzsysteme (AAS/BSIS)** zur Überwachung des Seitenbereichs auf der Beifahrerseite,
- **Anfahrinformationssysteme (MOIS)** zur Überwachung des Bereichs unmittelbar vor dem Fahrzeug,
- **Rückfahrassistenzsysteme (RAS/REIS)** zur Überwachung des Bereichs direkt hinter dem Fahrzeug.

**Rechtlicher Hinweis:**
**Bitte unbedingt beachten, dass der Fahrer auch beim Vorhandensein eines FAS die Verantwortung trägt!**

Diese FAS wirken als **Informations- und Warnsysteme**, die nicht in die Fahrzeugsteuerung eingreifen. Sie helfen dem Fahrer, eine Gefahrensituation zu erkennen, um diese rechtzeitig abwenden zu können. Der Fahrer muss über die richtige Reaktion/Handlung (wie Bremsen, Stehenbleiben, ggf. Ausweichen) situationsbedingt selbst entscheiden und diese ausführen.

## Begriffsbestimmung: Sichthilfsmittel, Warn- und Sensoriksysteme zur Personen-/Objektdetektion

Systeme zur Umfelderfassung basieren auf den folgenden Technologien:

### Informierende Systeme

**Kamera-Monitor-Systeme (KMS)** liefern dem Fahrer über einen Monitor in der Fahrerkabine eine bildliche Darstellung der aktuellen Geschehnisse im Arbeits-/Gefahrenbereich. Sie fungieren als reine Sichthilfsmittel und geben neben der Bildinformation keine weiteren Signale an den Fahrer.

### Warnende Systeme

**Sensorische Systeme**, beispielsweise auf Radar- oder Ultraschallbasis, detektieren den Gefahrenbereich des Fahrzeugs und warnen den Fahrer durch optische und/oder akustische Signale vor einer drohenden Kollision. Die Alarmierung erfolgt i. d. R. mehrstufig: je geringer der Abstand zum Objekt, desto eindringlicher wird das Warnsignal.

### Kombinationen aus beidem

ermöglichen dem Fahrer eine visuelle Überwachung des Gefahrenbereichs und warnen zusätzlich den Fahrer bei Kollisionsgefahr. Je nach System erfolgt die Umsetzung entweder durch separate **KMS- und Sensorik-Komponenten**, oder durch **KI-Kameras/softwaregestützte Kamerasensoren**, die beide Funktionen in sich vereinen.

### Klassifizierende Systeme

**KI-Kameras oder spezielle Radarsysteme** unterscheiden zwischen Personen und Objekten oder Objektarten und warnen durch die Anwendung trainierter Algorithmen ausschließlich bei Gefährdung der festgelegten Objektklassen, wie beispielsweise Fußgängern und/oder Radfahrern.

**Weitere Informationen zu KMS und zu sensorischen Systemen liefern auch die Leitfäden „Personen-/Objektdetektion, Warnung in Gefahrenbereichen“ unter www.netzwerk-baumaschinen.de**

## Diese Vorgaben sind europaweit zu erfüllen

Die konkreten Prüfkriterien für die genannten Assistenzsysteme sind in der jeweiligen UN-ECE-Regelung definiert (weitere Infos in Kapitel 3):

**Abbiegeassistenzsysteme (AAS/BSIS)**

**UN-Regelung Nr. 151** – Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich des Totwinkel-Assistenten zur Erkennung von Fahrrädern [2020/1596]

**Im englischen Original:**

**UN R151 – Blind Spot Information System (BSIS)**

**Anfahrinformationssysteme (MOIS)**

**UN-Regelung Nr. 159** – Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich des Anfahrinformationssystems zur Erkennung von Fußgängern und Fahrradfahrern [2021/829]

**UN R159 – Moving Off Information System (MOIS)**

**Rückfahrassistenzsysteme (RAS/REIS)**

**UN-Regelung Nr. 158** – Einheitliche Vorschriften für die Genehmigung von Einrichtungen zum Rückwärtsfahren und von Kraftfahrzeugen hinsichtlich der Wahrnehmung ungeschützter Verkehrsteilnehmer hinter dem Fahrzeug durch den Fahrzeugführer [2021/828]

**UN R158 – Reversing Information System (REIS)**

## Nachrüstung von Bestandsfahrzeugen mit AAS, MOIS, RAS

Lkw/Busse können technisch mit den genannten FAS leicht nachgerüstet werden – dabei bleiben die Kosten überschaubar. Die Investition in ein geeignetes System lohnt sich in mehrfacher Hinsicht:

- **Jede vermiedene Kollision verhindert menschliches Leid und Kosten.**
- **Jede vermiedene Gefährdung reduziert eine stressbedingte Arbeitsbelastung des Fahrers.**

### Beispiel Nutzenpotenzial von AAS

Die Unfallforschung der Versicherer (UDV) hat auf der Grundlage ihrer Unfalldatenbank errechnet, dass durch den Einsatz zuverlässiger AAS bei Lkw:

- **ca. 60% der schweren Unfälle von Lkw mit Fußgängern/Radfahrenden vermieden werden können.**

Angabe laut Einschätzung des Gesamtverbands der Deutschen Versicherungswirtschaft (GDV).

**Bei der Auswahl des FAS auf eine Zertifizierung des Systems achten, die Qualitätsmerkmale passend zum konkreten Anwendungsbereich abstimmen und fachkundige Beratung nutzen.**

## Akzeptanz von FAS bei den Verwendern

Viele Assistenzsysteme werden von den Fahrern heute täglich genutzt und als hilfreiche Unterstützung angesehen. Sie geben Sicherheit und können in hohem Maß den Arbeitsprozess erleichtern. Das führt letztendlich auch zu effizienteren und wirtschaftlicheren Ergebnissen.

**Grundlegende Voraussetzungen für die Akzeptanz technischer Hilfsmittel durch den Fahrer:**

- leicht verständliche und unkomplizierte Bedienbarkeit,
- reibungslose Funktionalität,
- Zuverlässigkeit, wie z. B. geringe Fehlalarmquote bei Abbiegeassistenzsystemen.

**Achtung:** Beim Einsatz mehrerer Assistenzsysteme in einem Fahrzeug darauf achten, dass die Informationen (Anzeigen, Kamerabilder, Warnsignale) für den Fahrer eindeutig und überschaubar bleiben. Der Fahrer muss eine drohende Gefährdung sofort erkennen können.

**Damit ein FAS vom Fahrer als Beitrag zur Sicherheit und nicht als zusätzliche Belastung empfunden wird, muss der Verwender ausreichend geschult werden.**
**Die Funktionsweise, der Nutzen und die Grenzen des FAS müssen dem Fahrer klar sein.**

## 2.2 Aktive Fahrerassistenz-/Sicherheitssysteme

Assistenzsysteme, die selbsttätig aktiv in die Fahrzeugsteuerung (Bremse, Lenkung) eingreifen, um die Sicherheit zu erhöhen und potenzielle Gefahren zu vermeiden, warnen den Fahrer und führen automatisch proaktiv Maßnahmen aus, um Unfälle zu verhindern.

**Assistenzsysteme zur Kollisionsvermeidung**

| FAS **ohne** Eingriff in die Fahrzeugsteuerung | FAS **mit** Eingriff in die Fahrzeugsteuerung |
|---|---|
| ▶ informierende/warnende Systeme | ▶ intervenierende/(pro-)aktive Systeme |
| ▶ unterstützen den Fahrer darin, rechtzeitig potenzielle Gefahren zu erkennen und | ▶ greifen aktiv ein (Bremse, Lenkung), sobald das System eine definierte Gefahrensituation erkennt |
| ▶ darauf adäquat zu reagieren (beispielsweise bremsen, ausweichen) | ▶ abhängig von der Systemart kann der Eingriff vom Fahrer übersteuert werden |
| ▶ Beispiele: Abbiegeassistent (AAS/BSIS), Anfahrinformationsassistent (MOIS), Rückfahrwarner (RAS/REIS) | ▶ Beispiel: Notbremsassistent (AEBS), Adaptiver Geschwindigkeitsregler (ACC), Spurhalteassistent (LKAS) |
| siehe Kapitel 3 | siehe Kapitel 2.2.1 bis 2.2.3 |

**Einige FAS lassen sich vom Fahrer manuell abschalten – hier kommt es auf den Anwendungsfall an:**

In besonderen Situationen (siehe auch Anmerkung in der rechten Spalte), wie z. B. dem Rangieren bei der Abfallsammlung, ist eine manuelle, temporäre Deaktivierung des Notstopps durch den Fahrer erforderlich, da das Fahrzeug sonst ggf. nicht mehr weiterfahren kann.

Das manuelle Abschalten beispielsweise des vorgeschriebenen Spurverlassenswarner (LDWS) oder Notbremsassistenten (AEBS) vor Fahrtantritt kann hingegen gefährlich sein. Insbesondere, wenn der Fahrer die gesamte Fahrt ohne aktiviertes FAS im Straßenverkehr unterwegs ist.

**Seit 2024 ist für einige FAS die Möglichkeit des Abschaltens untersagt – beispielsweise muss der Notbremsassistent (AEBS) ab einer Geschwindigkeit von über 31 km/h dauerhaft aktiv sein.**

▶ **Vorsicht bei einer FAS-Deaktivierung!**

**Wann kann der Assistent übersteuert oder deaktiviert werden?**

**Der Rückfahrassistent mit Bremseingriff kann übersteuert werden, z. B. wenn rückwärts an ein Hindernis herangefahren werden muss, um auf engstem Raum zu wenden.**

**Ein Spurverlassenswarner oder Notbremsassistent kann deaktiviert werden, z. B. im Stau (Stop and Go) oder in Baustellen, wo die Orientierung an Linien nicht funktioniert.**

▶ **WICHTIG:**

**FAS sollen sich nach einer bestimmten Zeit automatisch reaktivieren. Nur so kann sichergestellt werden, dass die Systeme im Notfall zur Verfügung stehen und Unfälle vermeiden.**

**FAS sollen stets eingeschaltet sein, um den Fahrer unterstützen zu können.**
**Für Unternehmer empfiehlt sich, eine Dienstanweisung zur Aktivierung von FAS zu erlassen.**

## 2.2.1 Notbremsassistent (AEB/AEBS)

**Automatische Notbremssysteme erhöhen die Sicherheit. Sie können eine Kollision mit anderen Fahrzeugen, Fußgängern, Radfahrern usw. verhindern oder die Schwere eines Unfalls verringern.**

**Einige Assistenzsysteme sind europaweit bereits seit 2014/2015 für Neuzulassungen vorgeschrieben** (Verordnung (EG) Nr. 661/2009). **Hierzu zählen unter anderem der Notbremsassistent (AEBS), das Elektronische Stabilitätsprogramm (EPS/ESC) und der Spurverlassenswarner (LDWS).**
**Es wird daran gearbeitet, den Notbremsassistenten so weiterzuentwickeln, dass dieser auch auf andere Verkehrsteilnehmende wie Radfahrer oder Fußgänger reagieren kann.**

Zur Erfassung potenziell gefährlicher Situationen nutzt der automatische Notbremsassistent ein vorausschauendes Sensorsystem. Fahrzeuge, Fußgänger oder Objekte können (abhängig von der Ausstattung des jeweiligen Systems) schnell und eindeutig detektiert und Unfälle vermieden werden. Der AEB betätigt bei drohender Kollision selbständig die Bremse und kann die Geschwindigkeit des Fahrzeugs maximal verringern.

**Vorteile und Optionen**

- Die Aufmerksamkeit des Fahrers wird durch die Warnung auf das Verkehrsgeschehen gelenkt, sodass der Fahrer noch ausweichen bzw. bremsen kann. Sollte der Fahrer nicht eingreifen, wird eine automatische Notbremsung vollzogen. Der nachfolgende Verkehr wird während der Notbremsung durch den automatisch aktivierten Warnblinker gewarnt.
- Die Kombination mit einem aktiven Gurtstraffer kann die Vorwärtsverlagerung der Insassen verringern und die Rückhalteleistung bei einer Notbremsung erhöhen.

### Aktive Bremsunterstützung auch für Stadtbusse

Komplexe innerstädtische Umgebungen und ungesicherte, häufig stehende Fahrgäste erzeugen besondere Herausforderungen für die Fahrer von Stadtbussen. Zu ihrer Unterstützung wurde ein System entwickelt, welches aktiv auf Fahrzeuge, Fahrradfahrer und Fußgänger reagiert, die sich innerhalb der Fahrzeugtrajektorie (d. h. dem errechneten Fahrverlauf) des Busses befinden.
Es trägt dazu bei drohende Kollisionen zu vermeiden oder abzumildern – und schützt gleichzeitig ungesicherte Buspassagiere.

**Schutz für Passanten und Fahrgäste**

- Der auf urbane Bedingungen trainierte Algorithmus detektiert Personen und Objekte, die sich im Fahrweg befinden oder sich in diesen hineinbewegen.
- Wird eine drohende Kollision erkannt, gibt das System eine Kollisionswarnung aus und aktiviert automatisch die Bremsen.
- Dabei wird die Bremskraft so gesteuert, dass sie effektiv ist, aber gleichzeitig das Risiko für die ungesicherten Fahrgäste minimiert. Anstatt einer abrupten Bremsung erfolgt eine gestaffelte Bremskaskade.

## 2.2.2 Adaptive Geschwindigkeitsregelung (ACC)

**Die adaptive Geschwindigkeitsregelung unterstützt den Fahrer, insbesondere auf Autobahnen, einen sicheren Abstand zum vorausfahrenden Fahrzeug einzuhalten.**

Zu geringe Abstände zwischen Fahrzeugen zählt zu den Hauptunfallursachen. Die ACC dient dazu, die Geschwindigkeit des Fahrzeugs den Verkehrsbedingungen anzupassen. Ein vorausschauendes Sensorsystem detektiert das vorausfahrende Fahrzeug und regelt, falls erforderlich, automatisch das Tempo so herunter, dass ein ausreichender Sicherheitsabstand zum langsameren Fahrzeug gewährleistet ist. Über den „distance mode" kann der Fahrer i. d. R. einen kleinen oder einen großen Abstand vordefinieren.

**Optional ACC mit Stop & Go-Funktion: Bei Stau oder zähfließendem Verkehr bremst das System das Fahrzeug bis zum Stillstand ab. Nach kurzem Halt fährt das Fahrzeug automatisch wieder an. Die Funktion entlastet den Fahrer und kann zusätzliche Sicherheit bieten.**

**Vorteile und Optionen**

- Der Fahrer kann über das ACC-System eine von ihm gewünschte Geschwindigkeit für das Fahren auf freier Strecke einstellen. Diese wird vom System übernommen und eingehalten.
- Sobald das ACC-System ein vorausfahrendes langsameres Fahrzeug erkennt, wird die Fahrzeuggeschwindigkeit durch das System automatisch an die des vorausfahrenden Fahrzeugs angepasst. Diese Funktionalität ist auch bei nachlassender Konzentration, Ablenkung oder schlechter Sicht stets aktiv und bewirkt, dass ein sicherer (eingestellter) Abstand eingehalten wird.

## 2.2.3 Spurhalteassistent (LKA/LKAS)

**Spurhalteassistenten weisen den Fahrer auf ein bevorstehendes Verlassen der Fahrspur hin und tragen dazu bei, einen unbeabsichtigten Spurwechsel zu verhindern.**

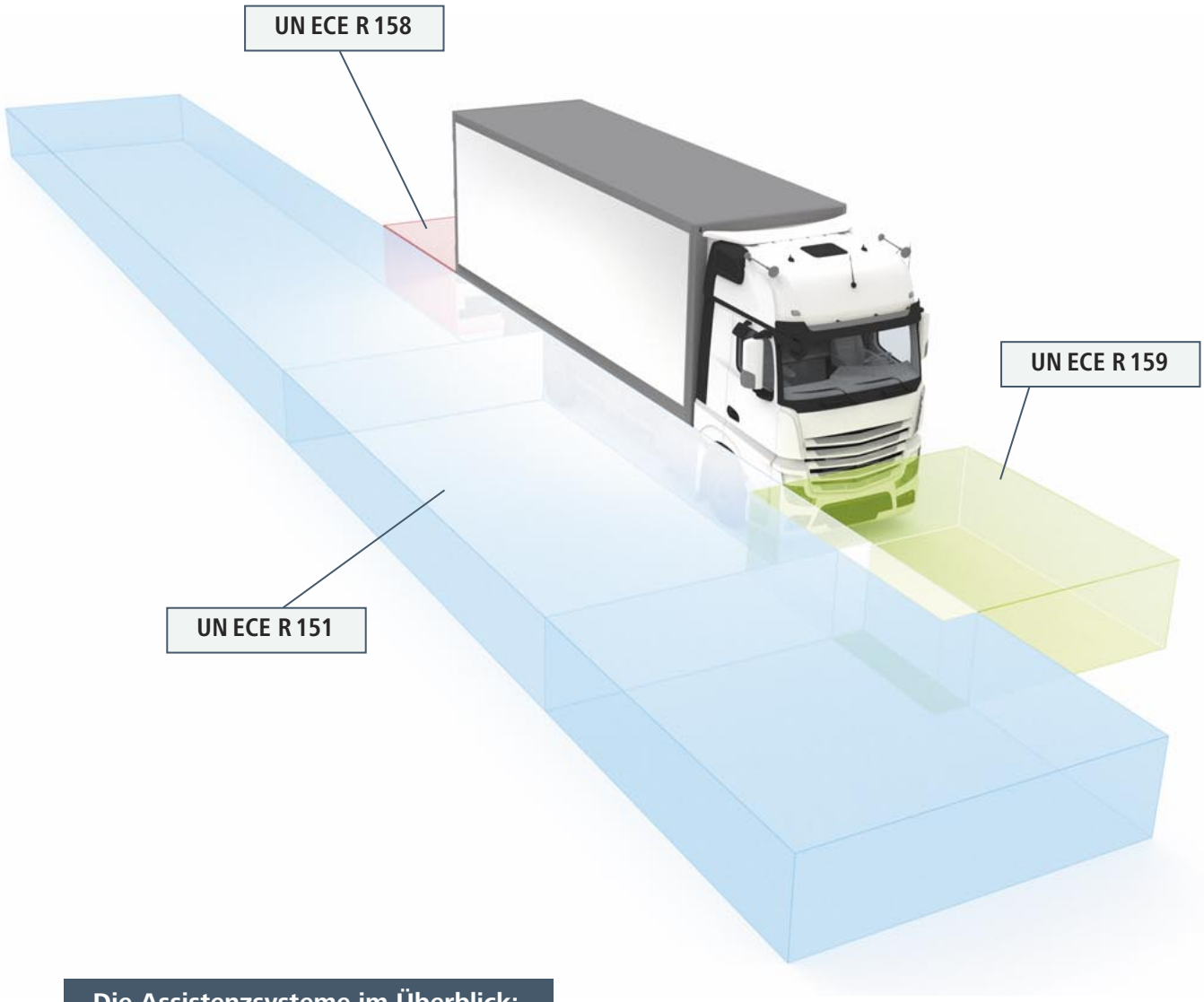
Eine vorausschauende Kamera zur Fahrspurerkennung in Kombination mit einem in die Lenkung integrierten Sensor schützt den Fahrer vor unbeabsichtigtem Verlassen der Fahrspur: Sobald er sich der Fahrbahnmarkierung nähert und die Gefahr besteht, sie unbeabsichtigt zu überfahren, erhält die Lenkung ein Signal von der Kamera, damit das Fahrzeug automatisch wieder in die Fahrbahnmitte zurücklenkt.
Der Spurhalteassistent (Lane Keeping Assist System – LKAS) ist eine Weiterentwicklung des Spurverlassenswarners (Lane Departure Warning System – LDWS), welcher nicht nur vor dem Spurwechsel warnt (passiv), sondern aktiv in die Lenkung eingreift.

**Vorteile und Optionen**

- Entlastet den Fahrer in monotonen Fahrsituationen auf Autobahnen und Landstraßen.
- Trägt zur Erhöhung von Fahrzeugsicherheit und Insassenschutz bei.
- Ermöglicht Technologie zur Kollisionsminderung oder sogar Kollisionsvermeidung und erhöht dadurch die Verkehrssicherheit.

# 3 Sicheres Abbiegen, Anfahren, Rangieren

## durch Assistenzsysteme nach GSR




**Die Assistenzsysteme im Überblick:**

**3.1 Abbiegeassistenzsysteme (AAS)** = Blind Spot Information Systems (BSIS) – **UN R 151**

**3.2 Anfahrinformationssysteme (MOIS)** = Moving Off Information Systems (MOIS) – **UN R 159**

**3.3 Rückfahrassistenzsysteme (RAS)** = Reversing Information Systems (REIS) – **UN R 158**

Für die UN-Regelungen werden in der Kurzform verschiedene Schreibweisen verwendet, wie zum Beispiel: UN R 151, UN-ECE R151 oder R151.

# Funktionsprinzipien/Technologien

Die in diesem Kapitel beschriebenen Assistenzsysteme (AAS, MOIS, RAS) zielen darauf ab, Kollisionen zwischen Lkw/Bussen und besonders gefährdeten Personen (VRU = Vulnerable Road Users) zu verhindern.
Im Wesentlichen liegen diesen FAS gleiche Funktionsprinzipien zugrunde – jeweils angepasst an die spezifischen Anforderungen gemäß UN R151, R159, R158. Ein wesentlicher Unterschied besteht jedoch darin, dass:

- **Abbiegeassistenz- und Anfahrinformationssysteme, Radfahrer/Fußgänger detektieren und den Fahrer aktiv warnen müssen, sobald eine Kollision droht,** während
- **Rückfahrassistenzsysteme über eine Personendetektion und/oder Warnfunktion verfügen können, aber nicht zwingend müssen.**
  Hier können auch reine Sichthilfsmittel (Rückfahrkamera) oder eine Sensorik ohne Objektklassifizierung ausreichend sein.

## Relevante Technologien für AAS, MOIS, RAS zur Erfüllung der GSR

- **Radarbasierte Systeme mit (KI-)Objektklassifizierung**
- **KI-kamerabasierte Systeme mit Personendetektion**

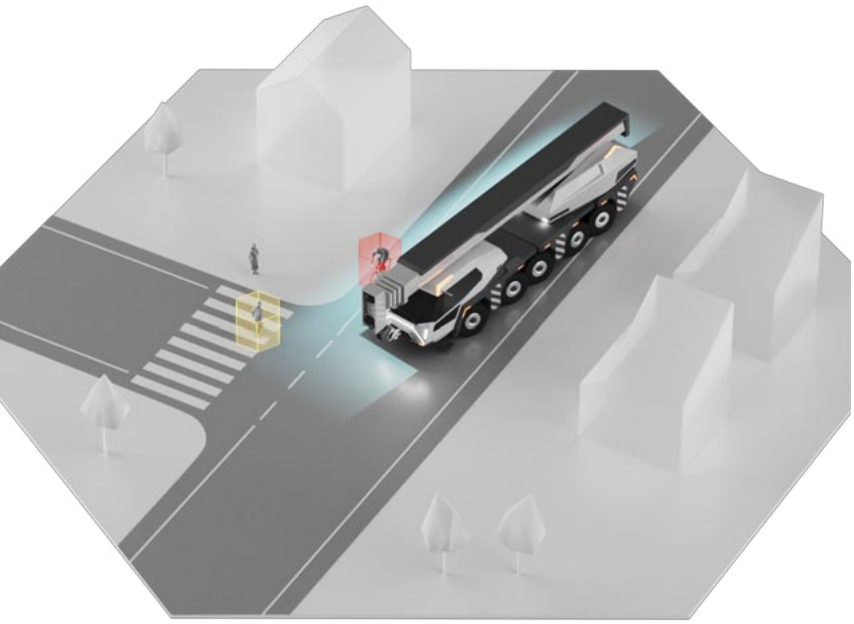
### Für RAS außerdem:

- **Sensorik, wie herkömmliches Radar oder Ultraschall**
- **Kamera-Monitor-System (Standard-KMS oder Rundumsicht)**

Beispiele zu den genannten Systemen finden Sie auf den nächsten Seiten beim jeweiligen FAS.
Begriffserläuterung zu Sichthilfsmitteln und Sensorik siehe Seite 11.

**Die UN ECE-Regeln UN R151, R159, R158 beschreiben die Mindestanforderungen an das jeweilige FAS.
Einige Systeme am Markt erfüllen höhere Kriterien und/ oder bieten zusätzliche Funktionen.**

# 3.1 Abbiegeassistenz-systeme (AAS/BSIS)



Das AAS detektiert Fahrradfahrer neben dem Fahrzeug und warnt vor einer drohenden Kollision mit ihnen beim Abbiegen.

## Vermeiden von Kollisionen mit Radfahrern im Seitenbereich vor, neben und hinter dem Fahrzeug.

**Das Abbiegeassistenzsystem weist den Fahrer eines Lkw/Busses auf Radfahrende rechts** (bzw. links bei Linksverkehr) **neben dem Fahrzeug hin und warnt vor drohender Kollision.**
Befindet sich im Stillstand, bei Fahrt bis 30 km/h oder beim Rechtsabbiegen ein Radfahrer seitlich neben dem Fahrzeug, wird der Fahrer durch ein optisches Signal informiert und bei drohender Kollision durch ein weiteres Signal (optisch, haptisch oder akustisch) in der Fahrerkabine gewarnt, damit er rechtzeitig reagieren kann. Das AAS kann auch vor Kollisionen mit anderen ungeschützten Verkehrsteilnehmern wie Passanten warnen.

## UN R 151 – Anforderungen an AAS/BSIS

**Begriffserläuterung:**
**Für Abbiegeassistenten werden – sowohl in den Regelwerken als auch in der Praxis – verschiedene Begriffe verwendet:**

- **Blind Spot Information System**, kurz **BSIS**
- **Totwinkel-Assistent**
- **Abbiegeassistenz-system**, kurz **AAS**

**Die UN R 151 Blind Spot Information System (BSIS) legt die Anforderungen an Abbiegeassistenz-systeme für die Typgenehmigung auf europäischer Ebene fest.**

**Ziel der UN R 151:**
Bei verschiedenen Abbiegeszenarien muss das AAS den Fahrer – bei Fahrzeuggeschwindigkeiten im Bereich von 0 bis 30 km/h – rechtzeitig vor einem Radfahrer warnen bzw. ihn darüber informieren, damit er durch einen Bremseingriff eine drohende Kollision mit dem Radfahrer verhindern kann. Hierbei wird dem Fahrer eine Reaktionszeit von 1,4 Sekunden zugestanden.

### Anwendungsgerechte Auswahl

Eine Zertifizierung gemäß UN R 151 bescheinigt, dass das System den festgelegten Prüfkriterien entspricht. Unabhängig von der Zertifizierung als Qualitätsmerkmal sollten vor Anschaffung eines Systems generell die für den Betrieb entscheidenden Anforderungen festgehalten werden. Hierbei spielen ggf. auch die bisherigen Erfahrungen der Anwender mit anderen FAS eine Rolle.
**Lassen Sie sich vor dem Kauf die Vor- und Nachteile des Systems umfassend erklären.**

**UN ECE R 151 → Download unter: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/1596/oj**

## Diese Prüfkriterien muss das AAS/BSIS nach UN R 151 erfüllen (Auszug):

- **Detektieren von Radfahrern:**
  Das System muss in der Lage sein, Radfahrer im definierten Erfassungsbereich zu erkennen. Die Erkennung auch kleinerer Fahrräder ist z. B. durch Simulation nachzuweisen.

- **Signale an den Fahrer:**
  Das System signalisiert dem Fahrer Radfahrer in der Nähe des Fahrzeugs (Erfassungsbereich), die während möglicher Fahrzeug-Abbiegung gefährdet sind.
  Informations- und Warnsignal müssen sich deutlich voneinander unterscheiden.

  **1. Informationssignal:**
  - optisch
  - für ein detektiertes Fahrrad mit Geschwindigkeit von 5 bis 20 km/h

  **2. Kollisionswarnsignal:**
  - optisch, akustisch oder haptisch (z. B. Vibration am Lenkrad oder dem Sitz)
  - wenn eine Kollision mit dem Fahrrad nicht mehr vermeidbar ist und zwar:
    - erste Warnung mind. 15 m vor dem errechneten Kollisionspunkt,
    - späteste Signalisierung 1,4 Sek. vor errechneter, potenzieller Kollision.

  **3. Fehlerwarnsignal:**
  - Anzeige von Fehlfunktion z. B. durch Eis, Schnee, Schmutz o. ä.
  - gelbes optisches Signal
  - deutliche Unterscheidung zum Informationssignal!

- **Überwachungs-/Erfassungsbereich:**
  Der Erfassungsbereich (s. Skizze rechts) erstreckt sich rechteckig
  - in einer Breite von 0,9 bis 4,25 m seitlich neben dem Fahrzeug und
  - in einer Länge von bis zu 30 m hinter und 7 m vor dem Fahrzeug,
  - wenn sich das Fahrzeug mit bis zu 30 km/h bewegt.

- **Objektklassifizierung (optional):**
  Fahrradfahrer müssen vom System erkannt werden. Das System kann auch vor einer Kollision mit anderen gefährdeten Verkehrsteilnehmern (VRU), wie Fußgängern, oder auch vor statischen Objekten warnen.

Die Skizze zeigt den in der UN R 151 festgelegten Überwachungs-/Erkennungsbereich in vereinfachter Darstellung.

**Die UN R 151 gilt für alle Fahrzeuge der Klassen M2, M3, N2, N3.**

Beispiel einer Systemkomponente: KI-Kamera eingefasst in kompaktem „Kamerawing" (verlängerbar)

## Bewährte Systemlösungen für Abbiegeassistenzsysteme

- **Radarbasierte Systeme** arbeiten mit ein bis zwei Sensoren an der Fahrzeugkabine. Sie detektieren bewegte und statische Objekte durch Distanz- und Geschwindigkeitsberechnungen und warnen den Fahrer optisch, akustisch oder haptisch. Vorteile sind die Robustheit bei Dunkelheit und schlechtem Wetter sowie die vergleichsweise geringen Kosten.

- **Kamerabasierte Systeme mit KI (Künstliche Intelligenz)** bieten durch Bildauswertung eine präzise Detektion von Objekten und eine Unterscheidung zwischen VRU und anderen Hindernissen. Sie sind besonders effektiv bei der Erkennung von Radfahrern in der „zweiten Reihe" hinter parkenden Autos oder Grünflächen, da sie dank ihrer hohen Montage über Hindernisse hinwegsehen können. Diese Systeme minimieren Fehlalarme und entlasten so den Fahrer.

Zur Nachrüstung geeignet!

## 3.1.1 Beispiel: KI-kamerabasiertes System mit Personendetektion (AAS/BSIS)

**Optosensorische AAS verwenden spezielle Kameras zur Personen- und Objektdetektion und kommen ohne zusätzliche Sensorik aus.**

Die Kamerabilder werden vom AAS permanent in Echtzeit analysiert, um Objekte zu detektieren und zuverlässig zu klassifizieren. Das System unterscheidet zwischen relevanten Objekten, wie Radfahrern oder Fußgängern, und sonstigen Objekten, wie parkenden Autos oder Ampelmasten. Zum Einsatz kommen dabei Verfahren der Künstlichen Intelligenz (KI, siehe Kapitel 4).

Die Position der Objekte sowie Abstand zum Fahrzeug, Geschwindigkeit und Bewegungsrichtung lassen sich ermitteln und für die Berechnung einer drohenden Kollision nutzen.

„Intelligente" Kameras werden mithilfe von Deep Learning (Methode der KI, siehe Kapitel 4) darauf trainiert, den Fahrer nur bei Detektion der definierten Objektklassen durch eine klare Signalisierung zu informieren und zu warnen. Eine zuverlässige Unterscheidung der Objekte dient der Minimierung von Fehlalarmen.

Das KI-basierte AAS überwacht den nicht einsehbaren Bereich rechts neben dem Fahrzeug und warnt den Fahrer vor einer möglichen Kollision mit dem Fahrrad.
Verkehrsschilder, Bäume oder andere nicht klassifizierte Objekte lösen hingegen keine Warnung aus.

### Komponenten von KI-kamerabasierten AAS

- 1 bis 2 **Seitenkameras** plus **Steuerbox mit KI-softwarebasierter Detektion**
- **Digitalmonitor** oder **LED-Anzeigeelement** in der Fahrerkabine
- Optional: akustischer Signalgeber in der Fahrerkabine
- Optional: Lenkwinkelsensor

Monitor

Monitor

Kamera
in robustem Gehäuse

Steuerbox (ECU) mit
KI-basierter Detektionssoftware

LED- und Akustik-
Signalgeber

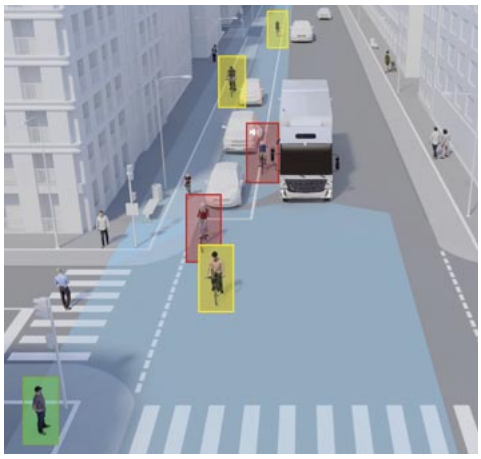
## Montage und Konfiguration

**Die Digitalkamera kann innerhalb vorgegebener Bereiche an der rechten oberen Außenseite des Fahrzeugs montiert werden (auf der Fahrerkabine oder dem Fahrzeugaufbau).**
Der Detektionsbereich kann, je nach System, über z. B.einen Laptop auf die jeweils spezifischen Anforderungen eingestellt werden.

**Schnelle Montage und Konfiguration:**
Je nach System ist der Zeitaufwand für die Montage und Konfiguration sehr gering.

Systembedingt ergeben sich verschiedene Konfigurationsmöglichkeiten, wie beispielsweise:

- Einstellung der Geschwindigkeit (0 - 30 km/h, 0 - 40 km/h, usw.)
- Aktivierung der zweiten Warnstufe über eine Lenkwinkel-Sensorik
- Zusätzliche akustische Warnung bei unmittelbar drohender Kollisionsgefahr
- Deaktivierung des AAS über Geschwindigkeit mittels GPS-Modul, GPIO oder CAN-Bus



Objektklassifizierung im Umfeld des Lkw

Darstellung der Gefahrensituation auf dem Monitor

- KI-basierte Systeme ermöglichen die Detektion auch von stehenden Personen/Radfahrenden im Gefahrenbereich (zuverlässige Unterscheidung von Personen und bewegten Objekten wie Autos).
- Durch Verwendung digitaler Kameras ist die Detektion auch bei größeren Entfernungen möglich, sodass die Anforderungen der UN R 151 übertroffen werden können.

**Merkmale des KI-kamerabasierten AAS**

- Zuverlässige Objekterfassung u. Warnung
- Hervorhebung der erkannten Gefahrensituation auf Monitor oder Anzeigedisplay
- Mehrstufige Warnung (abstands- und geschwindigkeitsbezogen)
- Detektion auch in 2. Reihe möglich, z. B. bei verdeckenden Grünstreifen oder parkenden Autos
- Detektion auch von stehenden Personen und Radfahrenden
- Geringe Fehlalarmrate durch eindeutige Unterscheidung zwischen Objektklassen
- Erfüllt die Anforderungen der UN R 151
- Für Anhängerwechsel geeignet
- Je nach System mit integriertem Spurwechselassistenten
- Videoausgang für zweiten Monitor oder beispielsweise einen Datenrecorder
- Weitere Sensoren/Kameras können integriert werden – je nach System z. B. Einbindung von Rückfahrkamera und „Intelligenter" Frontkamera zur Erfassung von querenden Fußgängern unmittelbar vor dem Fahrzeug.

**Die Systeme eignen sich für die Nachrüstung bei nahezu allen Fahrzeugtypen und -klassen, wie z. B. auch bei Transportern, Autokranen, Betonmischern, Tiefladern.**

Zur Nachrüstung geeignet!

# 3.1.2 Beispiel: radarbasiertes System mit Objektklassifizierung (AAS/BSIS)

## Zuverlässige Objektdetektion

Radarsysteme können zwischen statischen und sich bewegenden Objekten unterscheiden. Zur Erfüllung der UN R 151 reicht allerdings diese Differenzierung nicht aus. Weiterentwickelte Radarsysteme verfügen mithilfe optimierter Algorithmen über die Fähigkeit, erkannte Objekte zu klassifizieren. Als Abbiegeassistenten eingesetzt, detektieren sie Fahrradfahrer/Passanten und unterscheiden diese von anderen Objekten.

Bei mehreren Objekten im Gefahrenbereichen wird jedes einzelne erfasst und klassifiziert. Sobald ein Objekt im Gefahrenbereich vom System als „schutzbedürftig" erkannt wird, erfolgt umgehend die Alarmierung des Fahrers (optisch, ggf. zusätzlich akustisch oder haptisch).

Das AAS kann mit einem KMS kombiniert werden. Über ein oder mehrere Kamerabilder ist der Fahrer in der Lage, auf dem Monitor das detektierte Objekt eindeutig zu identifizieren und die Situation zu überblicken.

**Das AAS ist bei allen Fahrzeugklassen und Auflieger-Typen einsetzbar.**

Der seitlich am Fahrzeug montierte Radarsensor detektiert Personen/Fahrradfahrer im Gefahrenbereich des Lkw auch bei widrigen Sichtverhältnissen zuverlässig.

## Komponenten von Radarsystemen mit und ohne Kombination mit KMS

- **Radarsensor(en)** (seitlich an der Fahrzeug-Außenkante montiert)
- **Display** (in der Fahrerkabine) für Abstandsanzeige und Signalisierung bei Kollisionsgefahr
- Optional: akustischer Signalgeber in der Fahrerkabine
- Optional: Kombination mit Kamera-Monitor-System
- **GPS-Antenne** zur Messung der Fahrzeuggeschwindigkeit (Alternativ: Erhalt der Fahrzeuggeschwindigkeit über den CAN-Bus)

**Der Fahrer erhält über das Display auch die Statusmeldungen des Systems.**

## Montage und Konfiguration

**Empfehlung: Anbau des Warn-Displays bzw. des Monitors vertikal an der A-Säule rechts.**

Die Montage der Radarsensorik erfolgt an der rechten Fahrzeugseite. Hierbei ist der in der jeweiligen Montageanleitung festgelegte Raum zu beachten. (Montagebeispiele siehe Abbildungen unten links und in rechter Spalte.)

Je nach System kann ein größerer Gefahrenbereich als von der UN R 151 gefordert rechts neben dem Fahrzeug erfasst werden.

Systemabhängig bieten sich verschiedene Konfigurationsmöglichkeiten, beispielsweise:

- Aktivierung des AAS beim Blinkersetzen und/oder durch Lenkbewegung nach rechts bei Fahrzeuggeschwindigkeiten von 0-30 km/h.
- Die Displayanzeige liefert dem Fahrer die relevanten Informationen aus den Sensordaten (Warnungen, Abstandsanzeigen); bei Kombination mit einem KMS werden die Kamerabilder auf dem Monitor dargestellt.

Montagebeispiel: Display des Abbiegeassistenten und Monitor des KMS in der Fahrerkabine.

Montagebeispiel: Radarsensor an unterer, rechter Seite des Lkw

Sichtfelderfassung (blau markiert) des AAS auf der Beifahrerseite des Lkw

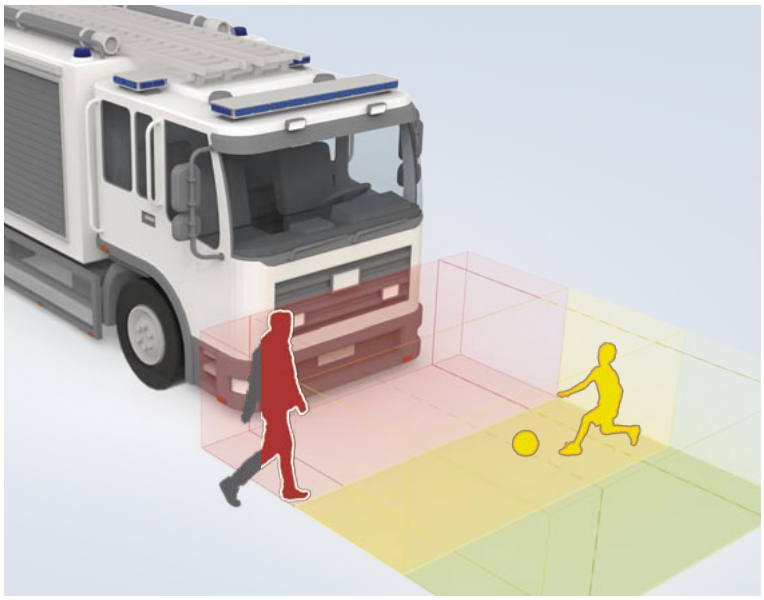
Das AAS überwacht permanent den rechten Seitenbereich neben dem Fahrzeug, informiert und warnt den Fahrer bei drohender Kollisionsgefahr.

**Merkmale des radarbasierten AAS**

- Zuverlässige Objekterfassung u. Warnung
- Geringe Fehlalarmquote
- Präzise Messung von Entfernung und Geschwindigkeit
- Detektion auch von Radfahrern mit gleicher Geschwindigkeit wie das Nfz
- Mehrstufige Warnung (abstandsbezogen)
- Unabhängigkeit von Tageszeiten und Unempfindlichkeit gegenüber Gegenlicht, Verschmutzung und Witterung
- Langlebigkeit und Robustheit
- Bildhafte Situationsbeurteilung nur bei Verwendung eines KMS
- Erfüllt die Anforderungen der UN R 151

- Akustische Warnung: Bei unmittelbar drohender Kollisionsgefahr ertönt zusätzlich ein akustisches Signal.
- Automatische Winkelkorrektur: In einem definierten Bereich kann das System Einbauungenauigkeiten selbst ausgleichen.
- Erweiterung der Umfelderkennung: Die vom Radarsensor gelieferten Daten können auch für Spurwechsel-Assistenten genutzt werden.
- Kombinationen: Je nach System können weitere Sensoren/Kameras (z.B. für den rückwärtigen Bereich oder zur Rundumsicht) integriert werden.

# 3.2 Anfahrinformations-systeme (MOIS)



Das MOIS detektiert Personen im Frontbereich des Fahrzeugs – unabhängig von ihrer Größe, der Körperhaltung, in Bewegung oder im Stillstand.

## Vermeiden von Kollisionen mit ungeschützten Personen (VRU) im Gefahrenbereich vor dem Fahrzeug

**Das Anfahrinformationssystem dient dazu, Unfälle zwischen ungeschützten Verkehrsteilnehmern** (VRU = Vulnerable Road User) **und Lkw/Bussen in der Vorwärtsfahrt – bei Geschwindigkeiten zwischen 0 und 10 km/h zu vermeiden.**

Bei hohen Fahrzeugkabinen entsteht direkt vor dem Fahrzeug ein toter Winkel, der beim Anfahren zu einer lebensbedrohlichen Gefahr für Passanten und anderen VRU werden kann. Das Unfallszenario entsteht häufig durch Unachtsamkeit und/oder fehlendes Bewusstsein darüber, dass der Fahrer sie nicht sehen kann.

## UN R 159 – Anforderungen an MOIS

**Begriffsdefinition:**
**Für Anfahrinformationssysteme werden – sowohl in den Regelwerken als auch in der Praxis – verschiedene Begriffe verwendet:**

- **Anfahrinformations-assistent**
- **Moving Off Information System,** kurz **MOIS**
- **Kollisionswarnsystem für Fußgänger und Radfahrer**
- **Pedestrian and Cyclist Collision Warning System**

**Die UN R159 Moving Off Information System (MOIS) legt die Anforderungen an Anfahrinformationssysteme für die Typgenehmigung auf europäischer Ebene fest.**

**Ziel der UN R159:**
Bei Anfahrvorgängen aus dem Stillstand oder langsamer Fahrt warnt das MOIS den Fahrer durch optische, akustische oder haptische Signale vor einer drohenden Kollision mit ungeschützten Personen, die sich in unmittelbarer Nähe der Fahrzeugfront befinden.
Dem Fahrer wird eine Reaktionszeit von 1,0 Sekunden eingeräumt.

### Anwendungsgerechte Auswahl

Eine Zertifizierung gemäß UN R 159 bescheinigt, dass das System den festgelegten Prüfkriterien entspricht. Unabhängig von der Zertifizierung als Qualitätsmerkmal sollten vor Anschaffung eines Systems generell die für den Betrieb entscheidenden Anforderungen festgehalten werden. Hierbei spielen ggf. auch die bisherigen Erfahrungen der Anwender mit anderen FAS eine Rolle.
**Lassen Sie sich vor dem Kauf die Vor- und Nachteile des Systems umfassend erklären.**

**UN ECE R 159 → Download unter: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/829/oj**

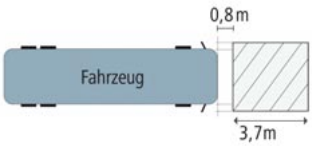
## Diese Prüfkriterien muss das MOIS gemäß UN R 159 erfüllen (Auszug):

- **Detektion von Fußgängern und Radfahrern:**
  Das System muss in der Lage sein, sowohl stehende als auch sich bewegende Fußgänger und Radfahrer zu detektieren. Die Detektion kleinerer Personen oder Kinder ist durch spezifische Tests nachzuweisen.

- **Signale an den Fahrer:**
  Das System informiert durch verschiedene Signale:
  **1. Informationssignal** ist bei Tag und Nacht vom Fahrersitz aus erkennbar und leicht überprüfbares optisches Signal. Es warnt den Fahrer vor einem ungeschützten Verkehrsteilnehmer im Erfassungsbereich.
  **2. Kollisionswarnsignal** warnt den Fahrer vor einem drohenden Zusammenstoß und ist eine Kombination aus zwei der folgenden Signaltypen:
  - optisch
  - akustisch
  - haptisch

  **3. Fehlerwarnsignal** informiert über eine Fehlfunktion des Systems und unterscheidet sich deutlich von den beiden vorgenannten Signalen.

- **Überwachungs-/Erfassungsbereich:**
  Der Erfassungsbereich (s. Skizze rechts) erstreckt sich in einem Rechteck von 0,8 m bis 3,7 m vor dem Fahrzeug.
  In der Breite ist dieser zu beiden Seiten mit je 0,5 m mehr als die Fahrzeugbreite bestimmt.



Die Skizze zeigt den in der R 159 festgelegten Erfassungsbereich in vereinfachter Darstellung.

- **Mehrstufige Warnung (optional):**
  Zusätzlich zu diesen Funktionen ist eine Warnung in mehreren Zonen, um die Nähe des Objektes zur Fahrzeugfront zu signalisieren, ebenfalls möglich.

- **Manuelle Deaktivierung:**
  Ein manuelles Deaktivieren des Systems darf lediglich durch eine Abfolge von gezielten, vom Fahrzeugführer auszuführenden Handlungen erfolgen. Es darf nicht möglich sein, ein anderes System zur gleichen Zeit wie das MOIS oder durch die gleiche Abfolge von Handlungen manuell zu deaktivieren.

- **Objektklassifizierung (optional):**
  Eine eindeutige Klassifizierung der VRU und Übermittlung an den Fahrer ist nicht vorgeschrieben, aber möglich.

**Die UN R 159 gilt für alle Fahrzeuge der Klassen M2, M3, N2, N3.**

## Bewährte Systemlösungen für Anfahrinformationssysteme

- **Radarbasierende Systeme** arbeiten in der Regel in einem Frequenzbereich über 70 GHz, um die entsprechende Genauigkeit zu gewährleisten. Je nach Ausführung können sie durch den installierenden Fachbetrieb kalibriert und eingestellt werden, um optimal auf das Fahrzeug abgestimmt zu sein. Beim Radarsystem werden die reflektierten Wellen ausgewertet und bestimmen so, ob sich ein Objekt in den Erfassungsbereich bewegt.
  - ⊕ Hierzu wird in der Regel ein größerer Bereich als notwendig vom Radar überwacht.
  - ⊕ Radarsysteme sind robust und unempfindlich gegenüber Dunkelheit und Witterung.

Systemkomponenten Radarsensor + Signalgeber

- **(KI-)Kamerabasierende Systeme** arbeiten in der Regel mit einer Bildauswertungseinheit, die entweder in der Kamera integriert oder in einer zusätzlichen Steuerbox untergebracht ist. Das Verfahren wird umgangssprachlich unter dem Oberbegriff KI (Künstliche Intelligenz) zusammengefasst. Die am Markt erhältlichen Kamerasysteme sind ebenfalls in der Regel durch den installierenden Betrieb konfigurierbar.
  - ⊕ Der Fahrer kann zusätzlich den Gefahrenbereich auf einem Monitor überwachen und dadurch ggf. auch in unübersichtlichen Bereichen leichter rangieren.
  - ⊕ Das visuelle Identifizieren des gemeldeten Objektes ermöglicht eine konkretere Einschätzung der Situation.

Systemkomponenten Kamera + Monitor

Zur Nachrüstung geeignet!

## 3.2.1 Beispiel: KI-kamerabasiertes System mit Personendetektion (MOIS)

**Das MOIS überwacht den Bereich unmittelbar vor dem Fahrzeug in Echtzeit und detektiert ungeschützte Verkehrsteilnehmer (VRU) wie Fußgänger und Radfahrende zuverlässig – unabhängig von deren Körpergröße, Haltung oder Bewegung.**

Mithilfe von KI-Verfahren werden relevante Objekte präzise klassifiziert, sodass der Fahrer gezielt nur bei tatsächlicher Kollisionsgefahr gewarnt wird. Fehlalarme werden dadurch wirksam reduziert.

Das MOIS kann sowohl als eigenständiges System installiert als auch ergänzend zum Abbiegeassistenten betrieben werden. Dadurch bestehen die Möglichkeiten, eine Stand-alone-Lösung zu wählen oder das System mit einem vorhandenen AAS zu kombinieren.

Beide Ansätze (siehe Abbildungen nächste Seite) haben sich in der Praxis bewährt und bieten ein hohes Maß an Sicherheit.

### Komponenten von KI-kamerabasierten MOIS

- 1 bis 2 **KI-Kameras** (auch als AI-Kameras bezeichnet) für hochpräzise Detektion
- **MOIS-Controller** als Schnittstelle zwischen Fahrzeug und Kamerasystem, übernimmt Signalverarbeitung und Systemsteuerung
- **LED-Ampel** für klare Fahrerinformation mit eindeutiger Unterscheidung zwischen Hinweis-, Warn- und Fehlermeldungen

**MOIS ergänzend zum Abbiegeassistenzsystem:**

Digitale LVDS-Kamera

**MOIS (Stand-alone-Lösung):**

AI-Kamera

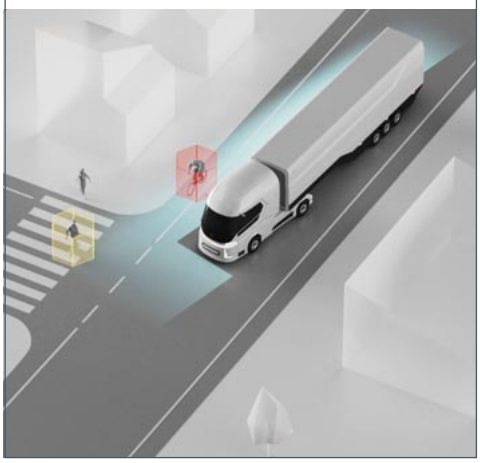
LED-Ampel MOIS-Controller Monitor

## Montage und Konfiguration

**Die Kameras können an der Fahrzeugfront flexibel positioniert werden, um den vorgeschriebenen Erfassungsbereich vollständig abzudecken.**

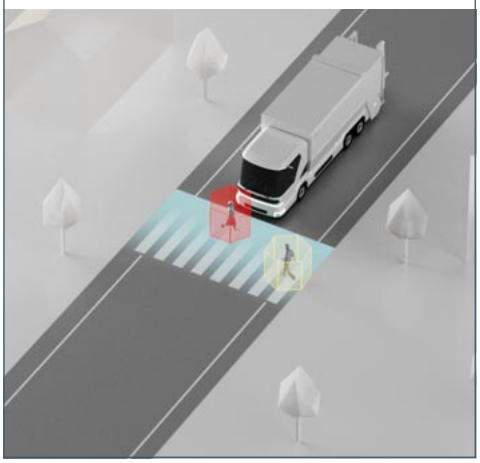
Durch kompakte Bauweise und standardisierte Schnittstellen ist das System für nahezu alle Fahrzeugtypen geeignet und kann schnell nachgerüstet werden.

**Variante 1:**
**Kombination mit AAS**
Als Ergänzungsmodul zum Abbiegeassistenten nutzt das MOIS die bereits vorhandene zentrale Recheneinheit (ECU) eines AAS und wird um eine zweite Digitalkamera erweitert.



Erfassungsbereiche (blaue Markierung) von AAS + MOIS

**Variante 2:**
**Stand-alone-Lösung**
Als eigenständiges System basiert das MOIS auf KI-Kameratechnologie, bei der der Algorithmus zur Objekterkennung direkt embedded auf der Kamera läuft.
(embedded = eingebettet)



Erfassungsbereich (blaue Markierung) des MOIS

Abbildung links:
In Kombination mit einem AAS werden gefährdete Personen/Radfahrer im Seiten- und Frontbereich des Fahrzeugs erkannt.

Abbildung rechts:
Als „Stand-alone"-Lösung detektiert das MOIS Personen, die sich im Frontbereich des Fahrzeugs befinden.

**Merkmale des KI-kamerabasierten MOIS**

- Zuverlässige Detektion von stehenden und bewegten Personen direkt vor der Fahrzeugfront
- Mehrstufige Fahrerwarnung (Information, Warnung, Fehlersignal) mit eindeutiger Unterscheidung
- Hohe Detektionsgenauigkeit dank KI-gestützter Bildverarbeitung
- Geringe Fehlalarmrate, auch in komplexen Umgebungen
- Robuste Automobilkameras in OEM-Qualität
- Erfüllt die Anforderungen der UN R 159

Systembedingt ergeben sich verschiedene Konfigurationsmöglichkeiten, wie beispielsweise:

- Keine zusätzliche Steuereinheit (ECU) erforderlich bei Verwendung in Kombination mit AAS.
- Keine Steuereinheit (ECU) erforderlich bei Verwendung einer „embedded" KI-Kamera.
- Leichte Applikation von Software-Updates.
- Je nach Fahrzeug und Anwendungsbereich können weitere Sensoren/Kameras ergänzt werden – beispielsweise zur Überwachung des rückwärtigen Bereichs.

**Die Systeme eignen sich für die Nachrüstung bei nahezu allen Fahrzeugtypen und -klassen, wie z.B. bei Lkw, Bussen, Kommunalfahrzeugen und Spezialtransportern.**

Zur Nachrüstung geeignet!

# 3.2.2 Beispiel: radarbasiertes System mit Objektklassifizierung (MOIS)

## Zuverlässige Objektdetektion

Assistenzsysteme auf Radarbasis können zwischen sich bewegenden (wie Fahrrad- oder E-Scooter-Fahrern, Fußgängern) und statischen Objekten (wie Verkehrsschildern) unterscheiden – zudem verfügen GSR-konforme Radarsysteme über die Fähigkeit, erkannte Objekte zu klassifizieren.

Als Anfahrinformationssystem überwachen sie den nahen vorderen toten Winkel, in dem sich Fußgänger oder Radfahrer befinden könnten.

Sie detektieren Fahrradfahrer/Fußgänger und unterscheiden diese von anderen Objekten. Bei mehreren Objekten im Gefahrenbereich wird jedes einzelne erfasst und klassifiziert. Sobald ein Objekt im Gefahrenbereich vom System als schutzbedürftig erkannt wird, erfolgt umgehend die Alarmierung des Fahrers.

Das MOIS auf Radarbasis kann ergänzend mit einem KMS kombiniert werden. Dadurch kann der Fahrer mit Hilfe eines oder mehrerer Kamerabilder die Situation überblicken.

**Der an der Fahrzeugfront befestigte Radarsensor detektiert Hindernisse im Gefahrenbereich auch bei widrigen Sichtverhältnissen zuverlässig.**

**Das MOIS ist bei allen Fahrzeugklassen und Auflieger-Typen einsetzbar.**

## Komponenten von Radarsystemen mit und ohne Kombination mit KMS

- **Radarsensor** (mittig an der Fahrzeugfront montiert) mit einem Erfassungswinkel von 180° zur Fahrzeugfront
- **Anzeigeelement/Display** (in der Fahrerkabine) für Abstandsanzeige, optische und akustische Warnsignale
- Optional: Kombination mit Kamera-Monitor-System

Als Plug-and-Play-System benötigt das MOIS nur Strom vom Fahrzeug.

## Montage und Konfiguration

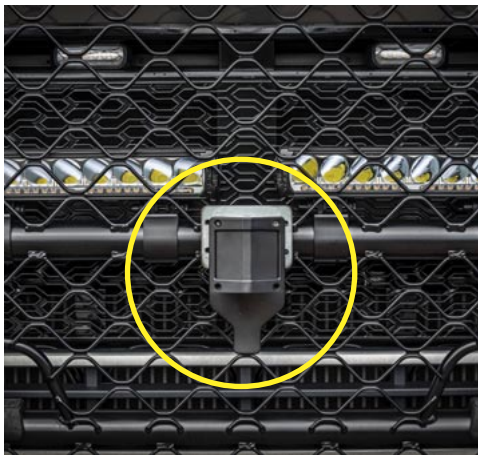
**Empfehlung für den Anbau des Warn-Displays:** am Armaturenbrett, nahe dem Lenkrad – alternativ nahe der A-Säule oder oben an der Windschutzscheibe.

**Die Montage des Radarsensors** erfolgt mittig an der Fahrzeugvorderseite unterhalb der Windschutzscheibe – typischerweise 0,4 - 1,2m über dem Boden. Zu beachten ist der in der jeweiligen Montageanleitung festgelegte Raum.
Je nach System kann ein größerer Gefahrenbereich als von der UN R 159 gefordert vor dem Fahrzeug erfasst werden.

Systemabhängig bieten sich verschiedene Konfigurationsmöglichkeiten, beispielsweise:

- Funktionalität des Anfahrwarnsystems im Stillstand und bei Beschleunigung mit unterschiedlichen Warnstufen.
- Mehrstufige optische/akustische Warnung des Fahrers, wenn ein Objekt erkannt wird und das Fahrzeug sich vorwärts bewegt (die Warnstufen sind abhängig vom Erfassungsabstand zum Fahrzeug).

Detektion von gefährdeten Radfahrern / Verkehrsteilnehmern im vorderen toten Winkel des Fahrzeugs



Montagebeispiel: Radarsensor an der Vorderseite eines Lkw

Montagebeispiel: Display des MOIS im Fahrerhaus

**Der Fahrer erhält über das Display auch die Statusmeldungen des Systems.**

**Merkmale des radarbasierten MOIS**

- Zuverlässige Objekterfassung u. Warnung
- Geringe Fehlalarmquote
- Präzise Messung von Entfernung und Geschwindigkeit
- Mehrstufige Warnung (abstandsbezogen)
- Unabhängigkeit von Tageszeiten und Unempfindlichkeit gegenüber Gegenlicht, Verschmutzung und Witterung
- Langlebigkeit und Robustheit
- Kombinationsmöglichkeiten (z. B. mit KMS)
- Bildhafte Situationsbeurteilung nur bei Verwendung eines KMS möglich
- Erfüllt die Anforderungen der UN R 159

- Bei unmittelbar drohender Kollisionsgefahr ertönt zusätzlich ein akustisches Signal.
- Die Kombination mit weiteren Sensoren und/oder Kameras kann die Sicherheit zusätzlich erhöhen – zum Beispiel mit einem Abbiegeassistenten oder Rückfahrwarner.

Die untenstehenden Grafiken zeigen die unterschiedlichen Warnstufen –
links „Stufe 1": optische Anzeige bzw. Warnung bei Fahrzeug im Stillstand;
rechts „Stufe 2": optische und akustische Warnung bei anfahrendem Fahrzeug.

# 3.3 Rückfahrassistenz-systeme (RAS/REIS)

## Vermeiden von Kollisionen hinter dem Fahrzeug (UN R 158)

**Der Rückfahrassistent unterstützt den Fahrer beim Rückwärtsfahren, um Zusammenstöße mit Hindernissen und/oder Personen hinter dem Fahrzeug zu vermeiden.**

**1.** RAS können den Fahrer durch **Warnsignale** auf Objekte und/oder Personen im rückwärtigen Bereich seines Fahrzeugs aufmerksam machen.
**2.** Auch **Sichthilfsmittel ohne aktive Warnfunktion** (Kamera-Monitor-Systeme) können als RAS zugelassen sein.
Beide Systemvarianten oder auch
**3.** Kombinationen aus **Sichthilfe + Warnung** zielen darauf ab, den Fahrer zu befähigen, das Fahrzeug sicher und präzise rückwärts zu manövrieren.

## UN R 158 – Anforderungen an RAS/REIS

**Begriffsdefinition:**
**Für Rückfahrassistenten werden – sowohl in den Regelwerken als auch in der Praxis – verschiedene Begriffe verwendet:**

- **Reversing Detection System**
- **Reversing Information System**, kurz **REIS**
- **Rückfahrassistenz-system**, kurz **RAS**
- **Rückfahrwarnsystem**
- **Rangierassistent**

**Die UN R 158 Reversing Information System** (REIS) **legt die Anforderungen an Rückfahrassistenz-systeme für die Typgenehmigung auf europäischer Ebene fest.**

**Ziel der UN R 158:**
Das Rückfahrassistenzsystem soll den Fahrer beim Zurücksetzen und Rangieren unterstützen, um Kollisionen mit hinter dem Fahrzeug befindlichen Hindernissen oder gefährdeten Personen/Verkehrsteilnehmern zu vermeiden.
Dem Fahrer wird dabei eine Reaktionszeit von 1,2 Sekunden eingeräumt.

### Anwendungsgerechte Auswahl

Eine Zertifizierung gemäß UN R 158 bescheinigt, dass das System den festgelegten Prüfkriterien entspricht. Unabhängig von der Zertifizierung als Qualitätsmerkmal sollten vor Anschaffung eines Systems generell die für den Betrieb entscheidenden Anforderungen festgehalten werden. Hierbei spielen ggf. auch die bisherigen Erfahrungen der Anwender mit anderen FAS eine Rolle.
**Lassen Sie sich vor dem Kauf die Vor- und Nachteile des Systems umfassend erklären.**

**UN ECE R 158 → Download unter: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2021/828/oj**

## Diese Prüfkriterien muss das RAS/REIS gemäß UN R158 erfüllen (Auszug):

- **Detektion/Wahrnehmung von Hindernissen und Personen:** Das System muss den Fahrer unterstützen, sowohl statische als auch dynamische Hindernisse sowie Personen zu detektieren.

- **Einrichtungen zum Rückwärtsfahren:**
  Während der Rückwärtsfahrt muss dem Fahrer mindestens eine Einrichtung für die
  - **a) Sicht** (z. B. Kamera-Monitor-System)
  - **oder b) Wahrnehmung** (Sensorsystem = Detektionssystem)

  zur Verfügung stehen.
  Die Einrichtungen/Systeme a) und b) liefern dabei unterschiedliche Informationen:

- **a)** Das **Kamera-Monitor-System (KMS)** muss dem Fahrer beim Rückwärtsfahren eine klare Sicht nach hinten ermöglichen. (Ein explizites Signal an den Fahrer ist hierbei nicht erforderlich.)

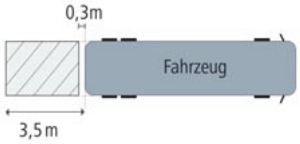
- **b)** Das **Sensorsystem** muss dem Fahrer durch Signale ermöglichen, Objekte im Erfassungsbereich zu erkennen. Die Signale müssen folgende Anforderungen erfüllen:

- **Signale an den Fahrer** (nur bei **Sensorsystem**)**:**
  Detektionssysteme müssen unterscheidbare Signale an den Fahrer senden.
  **1. Informationssignal** bei Detektion eines Hindernisses oder einer Person im Erkennungsbereich.
  **2. Warnsignal** bei unmittelbar drohender Kollisionsgefahr.

- **Sichtfeld und Erfassungsbereich:**
  Der zu überwachende Bereich wird bei einem KMS als „Sichtfeld", bei einem Sensorsystem als „Erfassungsbereich" bezeichnet.
  Dieser erstreckt sich in einem Rechteck hinter dem Fahrzeug mindestens in der Fahrzeugbreite und in der Länge – je nach Art des eingesetzten Systems:
  - **a) Kamerasystem:** Überwachung des Bereichs (Sichtfeld) von 0,3 bis 3,5 m hinter dem Fahrzeug (siehe Skizze 1).
  - **b) Sensorsystem:** Detektion von Objekten und Personen im Bereich von 0,2 bis 1 m hinter dem Fahrzeug (siehe Skizze 2).

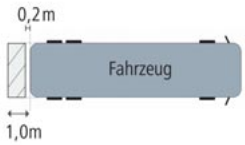
- **Manuelle Deaktivierung:**
  auch hier richten sich die Anforderungen nach der Art des eingesetzten Systems:
  - **a) Kamerasystem:** Das Rückfahrbild kann nur dann ausgeschaltet werden, wenn das Fahrzeug nicht rückwärts fährt. Das System kann ausgeschaltet werden, wenn das Fahrzeug ein Ankuppeln mittels einer Verbindungseinrichtung erkennt.
  - **b) Sensorsystem:** Der Fahrer muss die Möglichkeit haben, das Detektionssystem zu deaktivieren. (Eine Deaktivierung kann beispielsweise erforderlich sein, wenn spezielle Umgebungsbedingungen ein „Dauerpiepen" auslösen.)

Skizze 1 (KMS)




Skizze 1 zeigt den gemäß R158 abzudeckenden Überwachungsbereich/das Sichtfeld des Kamera-Systems.

Skizze 2 (Sensor)




Skizze 2 zeigt den in der R158 festgelegten Erfassungsbereich für Detektionssysteme in vereinfachter Darstellung.

**Die UN R158 gilt für die Fahrzeuge der Klassen M2, M3, N2, N3** (Fahrzeuge, bei denen der Einbau eines RAS mit ihrer Verwendung im Straßenverkehr unvereinbar ist, können vorbehaltlich der Entscheidung der Typgenehmigungsbehörde von dieser Regelung ausgenommen werden.)

## Bewährte Systemlösungen für Rückfahrassistenzsysteme

**a) Diese „Sichteinrichtungen" können nach UN R 158 eingesetzt werden:**
Einrichtungen für die indirekte Sicht nach UN R46 wie konventionelle und digitale Spiegel (Außenrückspiegel, Anfahrspiegel), Standard- und Rundumsicht-Kamera-Monitor-Systeme.

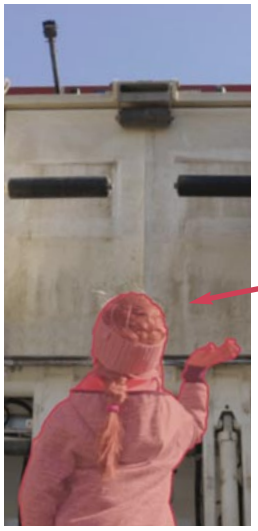
**b) Diese „Einrichtungen zur Wahrnehmung" können nach UN R 158 eingesetzt werden:**
Sensorsysteme (auch als Erfassungssysteme bezeichnet) beispielsweise auf Radar- oder Ultraschallbasis, Kamerasensoren – mit oder ohne Objektklassifizierung.

Zur Nachrüstung geeignet!

## 3.3.1 Beispiel: KI-kamerabasiertes System mit Personendetektion (RAS/REIS)

Im Gegensatz zu Abbiegeassistenten und Anfahrinformationssystemen müssen Rückfahrassistenten nicht explizit Personen wie Radfahrer detektieren.
Gemäß UN R 158 können neben Sensorsystemen wie Radar oder Ultraschall auch klassische KMS die geforderten Kriterien erfüllen.
Der Einsatz einer „intelligenten" Kamera als RAS kann dem Fahrer allerdings zusätzlichen Mehrwert bieten und je nach Anwendungszweck des Fahrzeugs sinnvolle Unterstützung leisten:

1. Über den Monitor kann sich der Fahrer jederzeit über die Geschehnisse hinter seinem Fahrzeug informieren.
2. Zusätzlich wird er gewarnt, sobald die Gefahr einer Kollision mit einem Menschen oder einer anderen zuvor festgelegten Objektklasse droht.



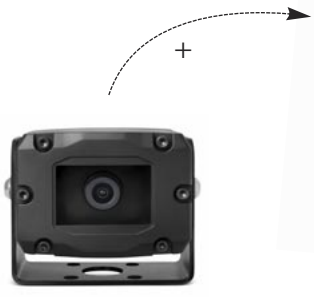
Die KI-Kamera detektiert die Personen im Gefahrenbereich hinter dem Fahrzeug – auch Kinder oder Personen in gebückter Haltung. Der Fahrer wird gewarnt und kann das Fahrzeug stoppen.

### Komponenten von KI-kamerabasierten Rückfahrassistenzsystemen

- **Ethernetkamera** (am oberen Fahrzeugheck montiert) mit integrierter **KI-Personendetektion**, optional als PoE-Lösung oder mit separater Stromversorgung
- **Digitalmonitor** (in der Fahrerkabine)

**PoE = Power of Ethernet**
Die Datensignale und die Stromversorgung erfolgen über ein einziges Ethernetkabel, sodass Stromkabel gespart und eine flexiblere Platzierung der Geräte möglich ist.

KI-Kamera (Rückseite): separate Stromzufuhr oder PoE-Variante



KI-Kamera (Vorderseite)

Digitalmonitor mit integriertem akustischen Signalgeber

## Montage und Konfiguration

**Die Rückfahrkamera wird innerhalb des in der Montageanleitung vorgegebenen Bereiches am oberen Fahrzeugheck montiert.**

Der Monitor in der Fahrerkabine ist im vorderen direkten Sichtbereich des Fahrers so zu platzieren, dass die direkte Sicht des Fahrers nach vorn nicht eingeschränkt wird.

**Schnelle Montage und Konfiguration:**
Je nach System ist der Zeitaufwand für die Montage und Konfiguration gering.

Systemabhängig bieten sich verschiedene Konfigurationsmöglichkeiten, beispielsweise:

- Aktivierung des RAS über das Einlegen des Rückwärtsgangs.
- Reichweite zwischen 0,2 m und 3,5 m hinter dem Fahrzeug.
- Das RAS informiert und warnt den Fahrer beim Rückwärtsfahren durch unterscheidbare Signale.

Detektion von gefährdeten Radfahrern / Verkehrsteilnehmern hinter dem Fahrzeug

Nachträglicher Einbau einer RAS-Kamera an einem Spezialfahrzeug

Detailaufnahme einer am Heck des Fahrzeugs montierten Rückfahrkamera

- KI-basierte Systeme ermöglichen die Detektion auch von stehenden Personen / Radfahrenden im Gefahrenbereich (zuverlässige Unterscheidung von Personen und bewegten Objekten wie Autos).
- Durch Verwendung digitaler Kameras ist die Detektion auch bei größeren Entfernungen möglich, sodass die Anforderungen der UN R158 erfüllt werden können.

**Merkmale von KI-kamerabasierten RAS:**

- Zuverlässige Objekterfassung u. Warnung
- Hervorhebung der erkannten Gefahrensituation auf Monitor
- Mehrstufige Warnung
- Detektion auch in 2. Reihe möglich, z. B. bei verdeckenden Grünstreifen oder parkenden Autos
- Detektion auch von stehenden Personen und Radfahrenden
- Geringe Fehlalarmrate durch KI, aufgrund eindeutiger Unterscheidung zwischen Objektklassen
- Erfüllt die Anforderungen der UN R 158

- Akustische Warnung: Bei unmittelbar drohender Kollisionsgefahr ertönt zusätzlich ein akustisches Signal.
- Der ergänzende Einsatz weiterer Sensoren oder Kameras kann die Sicherheit zusätzlich erhöhen.

**Die Systeme eignen sich für die Nachrüstung bei nahezu allen Fahrzeugtypen und -klassen, wie z. B. auch bei Transportern, Autokranen, Betonmischern, Tiefladern.**

# 4 Intelligente Software, Künstliche Intelligenz

## für Fahrzeuge, mobile Maschinen

**Digitalisierung, KI-Lösungen, vernetzte Systeme dringen in die Praxis. Das Entwicklungstempo ist dabei sehr hoch. Dies gilt insbesondere für Lösungen zur Personen- und Objektdetektion mit Eingriff und zur Automatisierung.**

**Die Informationen dieses Kapitels beziehen sich insbesondere auf KI bei der Entwicklung von Personen-/Objektdetektionssystemen.**

Während analoge Systeme, entsprechend ihrer anforderungsbedingten Spezifikationen, unabhängig voneinander an gleichen Aufgaben wirken, treiben digitalisierte Prozesse eine Vernetzung/Datenfusion komplexer Lösungen voran.

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

**Digitalisierung schafft die Grundlage, um**

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

**KI-Einsatzbeispiel „Unfallschwerpunkte durch Data Analytics" erkennen:**

- **Neben der Unterstützung des Fahrers können mittels Deep Learning auch Unfallschwerpunkte (Hotspots) erkannt werden.**
- **Bei der Detektion von Beinahe-Kollisionen werden z. B. Datum, Uhrzeit und GPS-Position der mobilen Maschine erfasst.**
- **Abhängig von der Datenmenge und deren Speicherzeit, können Hotspots ermittelt und präventive Maßnahmen eingeleitet werden (z. B. verbesserte Einsehbarkeit und/oder Einbremsen).**

### KI (Künstliche Intelligenz)

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

#### ML (Maschinelles Lernen/Machine Learning)

**Teilgebiet der KI; Algorithmen, die aus großen Datenmengen Muster erlernen, diese laufend optimieren und Lösungen eines bestimmten Problems finden (ohne dass der Lösungsweg explizit programmiert wurde). Beispiel: aus angelernten Bilddaten Objekte eindeutig detektieren und klassifizieren.**

##### Deep Learning

**Deep Learning als Teilgebiet der KI basiert auf künstlichen neuronalen Netzen mit vielen Schichten. Diese Netze lernen automatisch komplexe Merkmale aus großen Datenmengen, ohne dass jedes Merkmal manuell definiert werden muss.
Dadurch können in Bereichen der Bilderkennung oft Ergebnisse erzielt werden, die menschlicher Leistung sehr nahekommen und potenziell sogar übertreffen.**

# 4.1 Künstliche Intelligenz (KI)

## Aufgaben schnell, präzise und automatisiert lösen

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

Künstliche Intelligenz nutzt große Datenmengen, um **schnell und automatisiert fundierte Entscheidungen zu treffen**. Algorithmen verarbeiten und analysieren dabei die gesammelten Erfahrungen, merken sich relevante Erkenntnisse und lernen durch **Versuch und Irrtum**. Auf diese Weise kann das System **aus erkannten Fehlern lernen, sich kontinuierlich weiterentwickeln und seine Leistung eigenständig 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 (der Situation angepasst) verhält. Dabei können KI-basierende Steuerungen weitestgehend selbstständig mit ihrer Umwelt agieren und Entscheidungen treffen. Sie müssen beispielsweise **im Notfall eine gefährdete Person sicher detektieren und Schutzmaßnahmen wie z. B. Bremsen einleiten**.

Hinsichtlich der Betriebssicherheit wird hier juristisches Neuland betreten, wenn es z. B. darum geht, die **Rahmenbedingungen von KI-Systemen zu bewerten**.

**Eingefrorene KI:**
**Generell wird ein sogenanntes KI-System zur Personen-/Objektdetektion**
- **in der Trainingsphase angelernt – beispielsweise mittels Machine Learning.**
- **In der Betriebsphase, das heißt beim Einsatz der Maschine in der Praxis, erfolgt keine weitere Verselbstständigung des Systems. Man spricht von „eingefrorener KI".**

## Neuronale Netze

Während klassische Programmierung mit manuell erstellten Anweisungen Kontrollstrukturen definiert und diese bewusst einpflegt, ersetzt ein KI-System die manuell erstellten Programmierungsabschnitte durch selbstgelernte neuronale Netzstrukturen.

Neuronale Netze gehören zu den leistungsfähigsten Verfahren der künstlichen Intelligenz. 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 verbessert werden. Ein Spezialfall ist der Einsatz mehrerer Netze, die sich gegenseitig in dieser Trainingsphase verbessern. Ein KI-System zur Personen-/Objektdetektion ist mit Sensoren ausgestattet, von denen angenommen wird, dass diese die benötigten Daten zur Weiterverarbeitung und zum Weiterlernen erfassen können.

**Eine besondere und für die Personen- und Objektdetektion relevante Anwendung der KI ist die sogenannte Machine Vision.**
Machine Vision erfasst und analysiert visuelle Informationen mit 2D- und 3D-Sensoren (welche auch Kameras sein können) und wird häufig mit dem menschlichen Sehvermögen verglichen, da sie einer Maschine quasi ermöglicht, „sehen" zu können.
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 (siehe Seite 37) 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**.

**Data Transparency:**
**Anbieter sicherheitsrelevanter KI-Systeme sind verpflichtet, die Quellen ihrer Daten transparent darzustellen.**
**Die Verwendung von vortrainierten öffentlich verfügbaren KI-Modellen als Basis fällt somit aus.**

# 4.1.1 Sichere und zertifizierbare KI

Ein sicheres KI-System bedarf neben der sicheren KI auch eine sichere Hardware- und Softwareumgebung.

**Für aktive Assistenzsysteme mit Eingriff in die Fahrzeugbeschleunigung oder Bremse sowie für die Automatisierung von Arbeitsprozessen an Maschinen und gelenkten Fahrzeugen nimmt die KI zunehmend eine zentrale Rolle ein.**
Klassische Ansätze für die Qualifizierung der getroffenen Entscheidung stoßen auf das Problem, dass die Entscheidung einer KI nicht auf transparenten Algorithmen basiert, sondern auf das Einbeziehen von Millionen Parametern, die über einen Trainingsprozess bestimmt wurden.

In einer **Black Box** verarbeiten KI-Algorithmen große Datenmengen, bringen diese in Verbindung und ziehen daraus definierte Schlüsse. Obwohl die Ziele für die Datenein- und -ausgabe bekannt sind, können die Verarbeitungsschritte innerhalb des Systems oft nicht erklärt werden, da sie quasi in einer schwarzen Kiste stattfinden, in die nicht hineingeschaut werden kann. Der User bekommt eine Lösung, erfährt aber nicht wie diese erreicht wird.
Das Ziel ist, die Entscheidungen der KI transparent zu machen. Über eine nachvollziehbare Schnittstelle erfährt der Nutzer, warum eine bestimmte Entscheidung getroffen wurde und wie sicher sich die KI dabei verhält.

Dies erschwert die Vorhersage einer KI-Entscheidung (Black-Box-Ansatz, siehe Text links außen). Für die Qualifizierung dieser Zuverlässigkeit müssen Ansätze gefunden werden, die eine statistische Aussage über das Verhalten einer KI ermöglichen. Neben dem EU AI Act (KI-VO / Verordnung über KI) entstehen erste Normen und Normentwürfe, die den Einsatz einer sicheren KI beschreiben.
**Aus diesem lassen sich zusammenfassend z. Zt. 6 wichtige Qualitätskriterien ableiten:**

## Qualitätskriterien einer sicheren KI (Auszug gemäß Art.10 KI-VO, Einsatz von Hochrisiko-KI-Systemen)

**1. Fairness & Bias**

Die Ergebnisse des KI-Modells müssen auf einer fairen und verzerrungsfreien Entscheidungsfindung beruhen (Bias = Verzerrungen). Dies erfordert eine gleichverteilte Repräsentation des beabsichtigten Anwendungsfalls im Trainingsdatensatz (z. B. Geschlecht, Alter, Nationalität, Verdeckungen, etc.).

**2. Transparenz & Erklärbarkeit**

Die Transparenz muss sicherstellen, dass eine Entscheidung (z. B. eine erkannte Person) auf Merkmalen basiert, die eine Person definieren (wie Kopf, Arme, Beine und nicht beispielsweise anhand der Farbe der Kleidung).

**3. Datenmanagement & Qualität**

Die Leistungsfähigkeit eines KI-Modells wird über die verwendeten Trainingsdaten definiert. Daraus ergeben sich hohe Qualitätsanforderungen an die gewonnenen Daten, um die Anwendungsfälle und Anforderungen des Kunden abzudecken. Darüber hinaus müssen insbesondere Daten, die einen Personenbezug enthalten, gemäß der DSGVO gehandhabt werden.

**4. Zuverlässigkeit & Sicherheit**

Der KI-Entwicklungsprozess muss einem definierten Ablauf folgen (MLOps = Machine Learning Operations, siehe Text links unten) und Qualitätsmerkmale erfüllen. Der Betrieb des KI-Systems muss zudem auf zuverlässiger und unterbrechungsfreier Hard- und Software erfolgen.

**5. Performance & Funktionalität**

Ein KI-System muss die festgelegten Erkennungsraten unter den spezifizierten Rahmenbedingungen erreichen, die für den jeweiligen Anwendungsfall definiert wurden.

**6. Robustheit & Sicherheit**

Alle Schritte der Modellerstellung müssen vor Cyber-Angriffen geschützt werden.
Darüber hinaus muss die KI so robust wie möglich ausgelegt werden, um unter anderem mit absichtlichen Täuschungen umgehen zu können.

**MLOps**
(Machine Learning Operations) sind eine Kernfunktion des Machine Learning Engineering. Diese legen den Schwerpunkt auf die Prozessoptimierung bei der Überführung von Machine-Learning-Modellen in die Produktion sowie auf deren anschließende Wartung und Überwachung.

## Betrachtung eines kompletten Systems

Die Erfüllung der KI-Qualitätskriterien erfordert neben hohen organisatorischen Anforderungen, wie der Implementierung von entsprechenden Prozessen und einem darauf ausgerichteten Qualitätsmanagement, auch ein hohes Maß an Dokumentation und einen sehr hohen Aufwand für die Validierung.
Über definierte Testdatensätze, die möglichst umfassend und genau den Parameterraum des angestrebten Einsatzes der KI beschreiben, kann eine Nachweisführung gelingen.

Abbildung rechts:
SAFE AI Ethernetkamera mit umfangreichen Hard- und Software Safety Features sowie einem sicheren KI-Personennetz.

Ein „KI-Personennetz" bezeichnet ein internes, abgesichertes neuronales Netzwerk / KI-Modul, das speziell zur Detektion von Personen optimiert ist – ohne dass Rohdaten oder Modelle unsicher verarbeitet werden.

**Für die Qualifizierung einer KI-Kamera und letztlich auch deren Zertifizierung muss das gesamte System, bestehend aus KI-Modell, Hard- und Software betrachtet werden. Hiervon darf keine Gefahr ausgehen. Es muss gewährleistet sein, dass sowohl die Funktion des KI-Modells als auch die Kommunikation zum Fahrzeug funktional sicher erfolgt.**

## Welche Daten sind relevant?

**Zum Trainieren von z. B. Machine-Learning-Modellen benötigen wir Trainingsdaten, Validierungsdaten und Testdaten.**

**Trainingsdaten** lernen das neuronale Netz an. Über den Trainingsdatensatz werden die Gewichte des Netzes schrittweise angepasst, d. h. das Netz lernt aus diesen Daten.

**Validierungsdaten** werden während des Trainingsprozesses genutzt, um die Loss-Function (Verlustfunktion) zu minimieren. Mit diesem Datensatz wird die bereits erreichte Performance gemessen und idealerweise noch vorhandene Schwächen ermittelt, z. B. kniende Personen werden nicht mit hoher Konfidenz erkannt. Im nächsten Trainingslauf kann dann auf diese Merkmale (auch als Corner Cases bezeichnet) hin weiter trainiert werden, bis das Netz insgesamt eine hohe Konfidenz erreicht hat (ergänzende Information siehe rechte Spalte).

**Testdaten** werden nach Ende des Trainings für die Verifikation herangezogen. Sie dienen der externen, unabhängigen Testung des neuronalen Netzes und kommen typischerweise vom Kunden oder einer Zertifizierungsstelle. Der Algorithmus kennt diese Daten nicht.

## Welche Datenmenge wird benötigt?

**Die Datenmenge hängt von mehreren Parametern und der Heterogenität des Anwendungsfalls ab.**

Mit jedem Parameter wächst die Datenmenge um eine Dimension und erreicht schnell eine Anzahl von über einer Million.
Am Beispiel der Personendetektion wird klar, dass bereits für einen kleinen Teil der denkbaren Parameter, zum Beispiel Sichtwinkel, Rotation, Verdeckung, Geschlecht, Bekleidung, Pose, Umgebungsverhältnisse wie Licht, Regen, Schnee, etc. hunderttausende Bilder erforderlich werden. Mit jedem weiteren Parameter steigt die Anzahl der möglichen Kombinationen um eine Dimension.

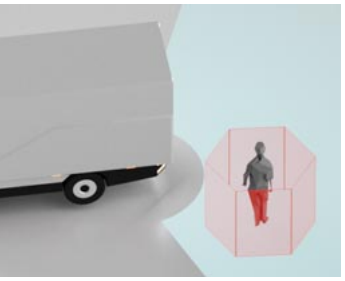
Da es in der Praxis schwer sein wird, alle Kombinationen des Parameterraums abzudecken, werden vermehrt synthetische Daten verwendet, die durch moderne Rendering-Software bereits sehr nah an reale Daten herankommen.

Zumindest für die Validierung oder das Testing eignen sich synthetische Daten und es kann nachgewiesen werden, dass der sogenannte „Reality Gap" (Lücke zwischen Bildern aus der realen Welt und synthetischen Bildern) sehr gering ist.

**Der Validierungsdatensatz muss die sogenannte ODD (Operational Design Domain) gleichverteilt repräsentieren, um sicherzustellen, dass der Trainingsprozess zu einem sinnvollen Ergebnis führt. Während des Trainings werden diese Daten unter anderem dazu genutzt, um herauszufinden, ob sich das KI Modell über die Trainings-Epochen hinweg verbessert.**

**Die Konfidenz beschreibt, wie sicher ein Modell bei seinen Vorhersagen ist.** Zum Beispiel könnte ein KI-Modell bei der Bildklassifikation vorhersagen, dass ein Bild mit 90% Konfidenz eine Katze zeigt. **Konfidenzwerte helfen, die Unsicherheit eines Modells zu verstehen, um beispielsweise zu entscheiden, ob man einer Vorhersage vertrauen kann, oder ob zusätzliche Überprüfung nötig ist.**

## 4.1.2 Personendetektion: konventionell programmiert vs. KI-basiert



Darstellung einer Personendetektion im rückwärtigen Gefahrenbereich eines Lkw durch die am Heck angebrachte KI-Kamera.

Kamera-Monitor-Systeme dienen dem Fahrer/Bediener als Sichthilfsmittel. Zunehmend kommen Kamerasysteme mit Personendetektion zum Einsatz. Diese vereinen die visuelle Überwachungsmöglichkeit des Gefahrenbereichs mit einer gezielten Warnung vor drohenden Kollisionen mit Personen (ggf. auch mit definierten Objekten). Bei ihrer Entwicklung spielt Künstliche Intelligenz (KI) eine entscheidende Rolle.

### Klassische Systeme zur Personendetektion

**Klassische Systeme sind in der Regel starrer und bieten eine geringere Detektionsgenauigkeit, da sie auf fest programmierte Algorithmen angewiesen sind.**

**Regelbasierte Algorithmen:**
Klassische Systeme zur Personendetektion nutzen oft einfache, regelbasierte Verfahren, die auf fest definierten Algorithmen und Schwellenwerten basieren. Sie arbeiten häufig mit traditionellen Bildverarbeitungstechniken wie Kanten- oder Farbmuster-Erkennung.

**Begrenzte Anpassungsfähigkeit:**
Diese Systeme sind eingeschränkt flexibel und müssen für jede neue Situation manuell angepasst werden. Bei plötzlich auftretenden Veränderungen in der Umgebung oder unerwarteten Szenarien sind sie fehleranfälliger.

**Geringere Genauigkeit:**
Klassische Systeme sind weniger robust gegenüber Variationen in der Darstellung von Personen, wie z. B. unterschiedlichen Posen, Kleidungsstücken oder Beleuchtungsbedingungen.

**Einfachere Funktionalität:**
Sie bieten in der Regel nur grundlegende Erkennungsfunktionen ohne tiefere Analyse oder zusätzliche Informationen.

### KI-basierte Kameras zur Personendetektion

**KI-basierte Kameras zur Personendetektion bieten eine fortschrittliche, flexible, genaue Lösung, indem sie maschinelles Lernen nutzen.**

KI-basierte Kameras, die für die Personendetektion genutzt werden, unterscheiden sich von klassischen Systemen hauptsächlich in der Art und Weise, wie die Detektion durchgeführt wird:

**Intelligente Algorithmen:**
KI-basierte Kameras verwenden maschinelles Lernen und Deep Learning, insbesondere neuronale Netzwerke, um Personen zu detektieren. Sie lernen aus großen Datenmengen und können somit komplexe Merkmale wie unterschiedliche Posen, Gesichtsausdrücke, Kleidung und Umgebungsbedingungen interpretieren.

**Höhere Genauigkeit:**
KI-basierte Kameras bieten eine hohe Genauigkeit bei der Personenerkennung, selbst unter schwierigen Bedingungen wie z. B. schlechten Lichtverhältnissen, Teilverdeckungen oder variierenden Blickwinkeln.

**Erweiterte Funktionen:**
Dadurch können diese Kameras zusätzliche Informationen extrahieren, wie beispielsweise Geschlecht und Aktivitäten – und weiterführende Analyseergebnisse liefern.

## 4.1.3 Varianten zur Integration der Personendetektion auf Systemkomponenten

Eine (KI-basierte) Software ermöglicht Fahrerassistenzsystemen, Fußgänger, Radfahrer, ggf. weitere Verkehrsteilnehmer zuverlässig zu detektieren und den Fahrer vor einer drohenden Kollision mit diesen zu warnen. Je nach Systemarchitektur kann sie auf unterschiedlichen Geräten appliziert werden.

### Implementierung auf der Steuerbox

Steuerbox/ Digitale Videosteuereinheit

- Die Kamera-/Sensordaten werden zentral auf der Steuerbox mit einer hohen Rechenleistung verarbeitet.
- Optional kann bei OEM-Lösungen eine Datenfusion mit anderen Assistenzfunktionen möglich sein.
- Durch das zusätzliche Hardware-Element kann ein höherer Verkabelungsaufwand entstehen.
- Kompatibilität zu unterschiedlichen Kameras und Monitoren ist gegeben.

**Zugehörige Systemkomponenten**

Digitalkamera (Ethernet oder LVDS)

Digitalmonitor

### Implementierung auf der Kamera/im Sensor

AI-Ethernetkamera mit separater oder integrierter Stromzufuhr

- Die Software läuft direkt auf der Kamera oder dem Sensor.
- „Edge-Integration": Verarbeitung der Daten erfolgt am Ort der Entstehung.
- Geringe Latenz für die Echtzeit-Erkennung.
- Kein zusätzlicher Platzbedarf für Steuerbox oder Verkabelung erforderlich.

**Zugehörige Systemkomponente**

Digitalmonitor

### Implementierung auf dem Monitor/HMI

Eingeblendete Kamerabilder im Splitscreenmodus

Eingeblendete Kamerabilder mit Personendetektion

Display ohne Einblendung von Kamerabildern

- „Smart-Monitor": die Software ist im individuell programmierbaren Monitor/Display integriert.
- Beispiel: ein im Lkw-Armaturenbrett montiertes Kombiinstrument, auf dem zusätzlich die Bilder einer Rückfahrkamera oder eines AAS mit Personendetektion eingeblendet werden können.
- Kein zusätzlicher Monitor im Fahrerhaus erforderlich.
- Geringer Verkabelungsaufwand.

**Zugehörige Systemkomponente**

Ethernetkamera

# 5 Allgemeine Grundlagen für die Beschaffung und den Betrieb

## 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 (vgl. 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.

Assistenzsysteme auf Basis von Kamera- und/oder Sensortechnologien sind technische Hilfsmittel zur Detektion von Personen und Objekten im Gefahrenbereich von Nutzfahrzeugen, Bussen und mobilen Maschinen. Diese Systeme unterstützen die Überwachung des Nahbereichs vor, hinter und um das jeweilige Fahrzeug herum.

**ACHTUNG:**

- Assistenzsysteme sind nicht dazu bestimmt, Fahrbewegungen ohne Sicht durchzuführen!
- Anzeigen, Kamerabilder, Warnsignale müssen für den Fahrer eindeutig und überschaubar bleiben, damit drohende Gefährdungen sofort erkannt werden können.

**Achten Sie bei Auswahl und Montage technischer Hilfsmittel unbedingt auf deren Qualität.**

## Betriebsbereitschaft

Sensorische Warnsysteme müssen ebenso wie Kamera-Monitor-Systeme beim Start des Fahrzeugs/der Maschine ordnungsgemäß funktionieren. Eine Funktionskontrolle ist daher vor jedem 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, dem daraus resultierenden notwendigen Erfassungsbereich gefährdeter Personen und Objekte,
- der Konstruktionsweise des Systems und den Angaben aus der Betriebsanleitung,
- den ergonomischen Anforderungen beim Einsatz mehrerer Assistenzsysteme in einem Fahrzeug (Anordnung Monitore/Displays).

**Zur Montage und Konfiguration des Systems unbedingt die jeweiligen Herstellerangaben beachten und einen Fachbetrieb hinzuziehen!**

## Prüfungen durch die zur Prüfung befähigte Person

Von der richtigen Montage eines Warn- oder Assistenzsystems hängt die Sicherheit des Fahrzeugs ab (siehe § 14 Abs. 1 und 2 BetrSichV). Daher sind bei der Erstmontage die folgenden Prüfungen durchzuführen:

Im Rahmen einer **Ordnungsprüfung** wird zum Beispiel festgestellt, ob:

- das eingesetzte System entsprechend seiner Spezifikation für den Einsatzzweck geeignet ist,
- erforderliche Unterlagen vorhanden und schlüssig sind,
- die technischen Unterlagen mit der Ausführung übereinstimmen,
- die erforderlichen Prüfparameter festgelegt sind (Prüfumfang, Prüffristen für wiederkehrende Prüfungen).

**Wiederkehrende Prüfungen: Fristen für wiederkehrende Prüfungen sind nicht pauschal vorgegeben. In welchem Umfang diese notwendig sind, hängt u. a. von der Art des Systems und dem Einsatz ab.**

**Gemäß TRBS 1201 sind wiederkehrende Prüfungen erforderlich, wenn sich aus der Gefährdungsbeurteilung ergibt, dass aufgrund von Alterung, Verschleiß oder äußeren Einflüssen die Sicherheit beeinträchtigt werden könnte.**

Die anschließende **technische Prüfung** soll die Funktionsfähigkeit sicherstellen. Hinsichtlich der sicherheitstechnisch relevanten Merkmale des Warn-/Assistenzsystems wird dessen Zustand und Funktion mit geeigneten Verfahren geprüft. Hierzu gehören zum Beispiel

- die Sichtprüfung und
- die Funktions- und Wirksamkeitsprüfung.

In der Praxis führt diese Prüfung häufig die montierende Werkstatt durch. Bei der Beschaffung kann vereinbart werden, dass diese Prüfung zum Lieferumfang gehört. Siehe EmpfBS 1113.

## Sicht- und Funktionskontrolle durch den Bediener/Fahrer

**Vor Beginn jeder Arbeitsschicht** überprüft der Fahrer

- die Funktion und die Wirksamkeit der Bedienungs- und Sicherheitseinrichtungen,
- Spiegel, KMS-, Warn- und Sensoriksysteme auf Vollständigkeit, Funktion, richtige Einstellung und Sauberkeit und
- stellt sicher, dass festgestellte Mängel sofort dem Aufsichtführenden mitgeteilt werden – bei einem Wechsel des Fahrers auch dem ablösenden Kollegen, wie z. B.
  - erforderliche Reinigung von Sensor/Kamera bei starker Verschmutzung,
  - Systemlimitierungen (z. B. gemäß dem Fahrzeughandbuch),
  - Fehlerdiagnose des Sensors/der Kamera, gemeldete Fehler, eingeschränkte Funktion.

**Während des Betriebs** des Fahrzeugs achtet der Fahrer

- auf den betriebssicheren Zustand und auf augenfällige Mängel.
- Festgestellte Mängel sind sofort dem Vorgesetzten mitzuteilen – bei einem Wechsel des Fahrers auch dem ablösenden Mitarbeiter.

**Bei Mängeln an KMS, Warn- oder Assistenzsystemen, die die Betriebssicherheit gefährden, ist der Betrieb des Fahrzeugs/der Maschine bis zur Beseitigung der Mängel einzustellen.**

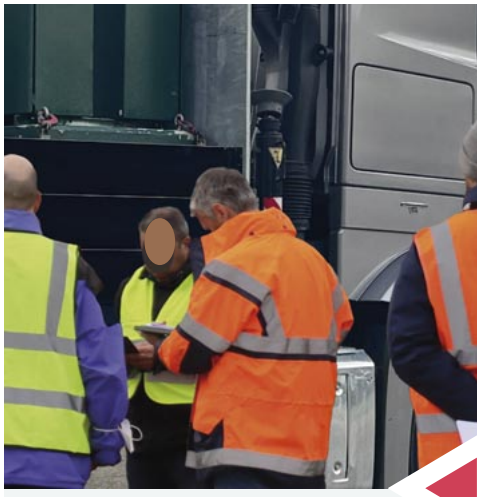
## Aufgaben des Arbeitgebers

Der Arbeitgeber sorgt dafür, dass die Arbeitsmittel sicher verwendet werden. Er stellt geeignete, sichere Arbeitsmittel zur Verfügung und sorgt dafür, dass der sichere Zustand erhalten bleibt (Prüfung und Kontrolle, Organisieren, dass Mängel gemeldet werden können).

- Er stellt sicher, dass bei der Verwendung technischer Hilfsmittel alle Fahrer/Bediener über die bestimmungsgemäße Verwendung und die erforderlichen Maßnahmen zur Einstellung, Kontrolle der Funktionstüchtigkeit und Wartung unterwiesen werden.
- Er kümmert sich um die Qualifikation und Unterweisung der Beschäftigten und trägt dafür Sorge, dass die Vorgesetzten die Umsetzung überwachen.

## 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 (ArbSchG, DGUV Vorschrift 1). Weitere Information siehe nächste Seite.



**Eine Vor-Ort-Unterweisung der Beschäftigten ist unbedingt sicherzustellen.**

### Einweiser

**Ist keine ausreichende Sicht möglich, erforderlichenfalls einweisen lassen (StVO § 9, Abs. 5)!**

**Ist eine direkte Sicht nicht möglich und sind die Grenzen des jeweils eingesetzten technischen Systems (Spiegel, KMS-, Warn- und Sensoriksystem) erreicht, muss ein Einweiser eingesetzt werden.**

**Zusätzlich ist auf Betriebsgeländen eine Gefährdungsbeurteilung nach ArbStättV durchzuführen.**

**Aus dem Regelwerk Ihres zuständigen Unfallversicherungsträgers (Berufsgenossenschaft oder Unfallkasse) können sich abweichende Regelungen ergeben: Informieren Sie sich z. B. auf deren Websites!**

**Hinweis:**
**Bei Austausch der Frontscheibe z. B. aufgrund eines Steinschlagschadens müssen alle zusammengehörigen Komponenten eines Assistenzsystems, wie z. B. Kamera und Radar, von einer Fachwerkstatt neu kalibriert werden.**

## Unterweisung beim Austausch technischer Arbeitsmittel

**Die Beschäftigten sind regelmäßig in der sicheren Handhabung der ihnen zur Verfügung gestellten Arbeitsmittel zu unterweisen.**
Außerhalb der turnusmäßigen Unterweisung sind die Beschäftigten insbesondere dann zu unterweisen, wenn technische Geräte oder Fahrzeuge innerhalb des Betriebs ausgetauscht oder ersetzt werden.

Auch wenn z. B. die Fahrzeuge auf den ersten Blick baugleich erscheinen, können sie sich in ihrer Ausstattung, in der Bedienung oder in den vorhandenen Assistenzsystemen unterscheiden. Solche Unterschiede können zu Fehlbedienungen oder unsicherem Verhalten führen, wenn die Beschäftigten nicht ausreichend informiert sind.

Daher ist es erforderlich, dass beim Wechsel von Fahrzeugen oder vergleichbaren Arbeitsmitteln eine erneute Unterweisung durchgeführt wird.

Diese Unterweisung muss die spezifischen Besonderheiten des neuen Gerätes bzw. Fahrzeugs beinhalten, wie zum Beispiel:

- Funktionsweise, Systemgrenzen und Bedienung der Assistenzsysteme,
- Unterschiede in Steuerung oder Anzeigeelementen,
- sicherheitsrelevante Hinweise und Einschränkungen,
- Verhalten im Störungs- oder Notfall.

Nur durch eine gezielte Unterweisung kann gewährleistet werden, dass Beschäftigte die Geräte sicher, effizient und den betrieblichen Anforderungen entsprechend nutzen.

## Fördermöglichkeiten zur Nachrüstung von Lkw und Bussen mit FAS und weitere Unterstützungsangebote für Verkehrssicherheitskonzepte: Fragen Sie bei Ihrer Berufsgenossenschaft nach den aktuell gültigen Programmen.

### BG BAU:

- **Nachrüstung von Abbiegeassistenzsystemen**
  bei Baustellenfahrzeugen mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 3,5 t (https://www.bgbau.de/abbiegeassistent)
- **Kamerabasierten Personenerkennungssystemen**
- **Rückfahrkameras bei Baumaschinen und Lkw**
- **Seitenkameras bei Baggern und Lkw**
  (https://www.bgbau.de/service/angebote/arbeitsschutzpraemien)

### BG Verkehr:

- **Förderung von Verkehrssicherheitskonzepten**
  (https://www.bg-verkehr.de/arbeitssicherheit-gesundheit/themen/verkehrssicherheit/verkehrssicherheitskonzepte)
- **Zuschüsse zur Teilnahme an Fahrsicherheitstrainings**
  (https://www.bg-verkehr.de/arbeitssicherheit-gesundheit/themen/verkehrssicherheit/fahrsicherheitstrainings)

### VBG:

- **Branche Glasindustrie, Grobkeramik, Feinkeramik: GK-01 Personenerkennungssysteme**
  (https://www.vbg.de/cms/praemienverfahren) Hinweis: Der VBG ist besonders wichtig, die Mitarbeiter in den Betrieben zu schützen, daher gelten die im Prämienkatalog genannten Förderungen nur für Einsätze im innerbetrieblichen Transport.

# 6 Regelwerke und Normen

## Betrifft Betreiber / Arbeitgeber

- **ArbSchG** – Arbeitsschutzgesetz
- **BetrSichV** – Betriebssicherheitsverordnung

- **TRBS 1111** – Gefährdungsbeurteilung
- **TRBS 1151** – Gefährdungen an der Schnittstelle Mensch - Arbeitsmittel – physische und psychische Faktoren
- **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

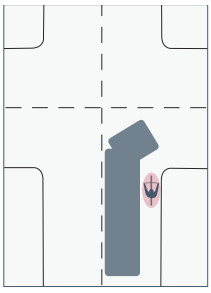
- **EmpfBS 1113** – Beschaffung von Arbeitsmitteln
- **EmpfBS 1114** – Anpassung an den Stand der Technik bei der Verwendung von Arbeitsmitteln

- **DGUV Vorschrift 70 und 71** – Fahrzeuge
- **DGUV Regel 109-009** – Fahrzeuginstandhaltung, aktualisierte Fassung: 03/2023
- **DGUV Regel 114-601** – Branche Abfallwirtschaft – Teil I Abfallsammlung
- **DGUV Regel 114-615** – Branche Güterkraftverkehr – Gütertransport im Straßenverkehr

- **StVO** – Straßenverkehrs-Ordnung, z. B. **§ 23** – Sonstige Pflichten von Fahrzeugführenden
- **StVZO** – Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung, z. B.
  - **§ 19** – Erteilung und Wirksamkeit der Betriebserlaubnis
  - **§ 22** – Betriebserlaubnis für Fahrzeugteile
  - **§ 30** – Beschaffenheit der Fahrzeuge
  - **§ 31** – Verantwortung für den Betrieb der Fahrzeuge
  - **§ 35b** – Einrichtungen zum sicheren Führen der Fahrzeuge

**Abkürzungen:**

**TRBS** – Technische Regeln für die Betriebssicherheit
**EmpfBS** – Empfehlungen zur Betriebssicherheit
**DGUV**– Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung



## Betrifft Hersteller

### General Safety Regulation (GSR)

Durch die **Verordnung VO (EU) 2019/2144 „Kfz-Typgenehmigung (allgemeine Sicherheit)"** gilt EU-weit für schwere Lkw und Busse die Ausrüstpflicht mit AAS/BSIS, MOIS, RAS/REIS – unabhängig davon, in welchem Land sie hergestellt wurden. Die technischen Anforderungen an die FAS sind in den jeweiligen UN ECE Regelungen festgelegt (siehe nächste Seite). Prüfungen nach den UN ECE-Regelungen können nur von den jeweils dafür vom Kraftfahrtbundesamt (KBA) **„Benannten Technischen Diensten"** durchgeführt werden. (Liste unter www.kba.de)

Für Rückfahrassistenzsysteme bietet die **DGUV Test, Prüf- und Zertifizierungsstelle / FB Verkehr und Landschaft** außerdem **Zertifizierungen nach GS-VL 40 „Rückfahrassistenzsysteme für Nutzfahrzeuge" an** (https://www.bg-verkehr.de/arbeitssicherheit-gesundheit/netzwerke/dguv-fachbereich-verkehr-und-landschaft/pruef-und-zertifizierungsstelle).

## Betrifft Hersteller

**Abkürzungen:**

**DIN** – Deutsche Industrienorm
**EN** – Europäische Norm
**ISO** – Internationale Norm (International Organization for Standardization)
**DIS** – Entwurf (Draft International Standard)

**Latenz** beschreibt die zeitliche Verzögerung zwischen realem Geschehen und der Anzeige auf dem Monitor.
Für Kamera-Monitor-Systeme gilt gemäß **ISO 16505** eine maximal zulässige Latenzzeit von 200 ms. Sie umfasst:

- Kameraaufnahme,
- Signalverarbeitung,
- Übertragung,
- Bilddarstellung auf dem Monitor.

Viele der am Markt verfügbaren Systeme sind wesentlich besser.

**„Direkte Sicht"** bezeichnet das Sichtfeld, das vom Augenpunkt des Fahrers aus ohne Einrichtungen für indirekte Sicht wie Spiegel oder Kameras wahrgenommen werden kann (UN R167).

- **ProdSG** – Produktsicherheitsgesetz
- **MRL** – EU-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG
- **KI-VO** – Verordnung (EU) 2024/1689 über Künstliche Intelligenz/ „EU AI Act"

- **ISO 15008** – Anforderungen an Displaysysteme in Fahrzeugen
- **ISO 16505** – Straßenfahrzeuge – Ergonomie- und Leistungsaspekte von Kamera-Monitor-systeme - Anforderungen und Prüfprozeduren
- **ISO 19237** – Intelligente Verkehrssysteme – Fußgängererkennungs- und Kollisionsvermeidungssysteme (PDCMS) – Systemanforderungen und Prüfprozeduren
- **ISO/SAE 21434** – Globaler Cybersecurity-Standard für die gesamte Fahrzeugindustrie – inklusive Bau- und Landmaschinen
- **ISO 22078:2020** – Intelligente Verkehrssysteme – Fahrradfahrer Erkennung und Kollisionsvermeidungssystem (BDCMS) – Leistungsanforderungen und Prüfprozeduren
- **ISO 26262** – Straßenfahrzeuge – Funktionale Sicherheit
- **DGUV GS-VL 40** – Grundsätze für die Prüfung und Zertifizierung von Rückfahrassistenzsystemen für Nutzfahrzeuge

Die **EU-Maschinenrichtlinie** (2006/42/EG) wird künftig abgelöst durch die neue **EU-Maschinenverordnung (MVO)**. Diese Verordnung (EU) 2023/1230 ist **ab 20.01.2027** für das Inverkehrbringen von Maschinen anzuwenden. Bis dahin sind Maschinen weiterhin nach der derzeit geltenden MRL 2006/42/EG in Verkehr zu bringen. Die neue EU-Verordnung gilt unmittelbar, d.h. eine Umsetzung durch ein nationales Gesetz (bisher Produktsicherheitsgesetz) entfällt dann.

### 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 10075-2** – Ergonomische Grundlagen bezüglich psychischer Arbeitsbelastung
- **ISO 11429** – Ergonomie – System akustischer und optischer Gefahren- und Informationssignale
- **DIN EN ISO 26800** – Ergonomie – Genereller Ansatz, Prinzipien und Konzepte
- **DIN EN 61310** – Sicherheit von Maschinen – Anzeigen, Kennzeichen und Bedienen

### UN ECE-Regelungen (Typgenehmigungsregelungen)

- **R 10** – Elektromagnetische Verträglichkeit/Funkentstörung
- **R 46** – Einrichtungen für indirekte Sicht und ihre Anbringung
- **R 121** – Verwendbarkeit von Warn- und Bedieneinrichtungen
- **R 130** – Spurhaltewarnsystem (LDWS)
- **R 131** – Notbremsassistenzsysteme (AEBS)
- **R 141** – Reifendruckkontrollsystem (RDKS)/ Tire Pressure Monitoring System (TMPS)
- **R 151** – Abbiegeassistenzsysteme (AAS)/ Blind Spot Information System (BSIS)
- **R 158** – Rückfahrassistenzsysteme (RAS)/ Reversing Information System
- **R 159** – Anfahrinformationssysteme/ Moving Off Information System (MOIS)
- **VO (EU) 2021/1958** – Intelligenter Geschwindigkeitsassistent (ISA)
- **VO (EU) 2021/1341** – Warnsystem bei Müdigkeit und nachlassender Aufmerksamkeit des Fahrers (DDAW)
- **R 155**, **R 156** – Regelungen zur Cybersicherheit und Softwareaktualisierung
- **R 167** – Einheitliche Vorschriften für die Genehmigung von Kraftfahrzeugen hinsichtlich ihrer direkten Sicht

## Betrifft Fahrer / Beschäftigte

**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.

### Generell gilt für den Fahrer:

- Vor der Fahrt: Sitzeinstellung optimieren, Spiegel prüfen und einstellen, Gurt anlegen.
- Prüfen, ob alle Fahrerassistenzsysteme (FAS) eingeschaltet und voll funktionsfähig sind.
- Sich mit der Funktionsweise der FAS vertraut machen, wie z. B. der Bedeutung der unterschiedlichen Anzeige und Signale.
- Sich nicht nur auf das/die FAS verlassen.
- Beachten, dass FAS ausfallen oder falsche Signale abgeben können.
- Beachten, dass Anzeige und Funktionsweise von FAS spezifisch für das jeweilige Fahrzeug und daher unterschiedlich sein können.
- Mängel am Gerät umgehend dem Arbeitgeber bzw. dem Vorgesetzten melden.
- Unbedingt rechtzeitig Pausen einlegen, Lenk- und Ruhezeiten einhalten. Für Stadtbusfahrer gelten besondere Regeln (§4 ArbZG).
- Beim Einsatz von Einweisern Handzeichen im Vorfeld absprechen und den Einweiser stets im Blick behalten. Sofort bremsen, wenn dieser aus dem Sichtfeld verschwindet!
- Bei Problemen den Vorgesetzten informieren.

**WICHTIG: Auch beim Einsatz von Assistenzsystemen liegt die Verantwortung grundsätzlich beim Fahrer!**

### Die einweisende Person

- soll **Warnkleidung** tragen,
- muss die **Handzeichen** beherrschen,
- muss sich im **Sichtbereich des Fahrers** aufhalten,
- sollte **nicht rückwärts gehen**,
- darf sich während des Einweisens **nicht ablenken lassen**.

# 7 Glossar, Abkürzungen

## Begriffserläuterungen

### Warn-/Assistenz-Systeme

- **AAS** – Abbiegeassistenzsystem
- **ABS** – Antiblockier-/Bremsregelsystem
- **ACC** – Abstandsregeltempomat (Adaptive Cruise Control)
- **ADAS** – Fahrerassistenzsysteme/FAS (Advanced Driver Assistance Systems)
- **AEBS** – Notbremsassistenzsystem (Advanced Emergency Braking System)
- **BDCMS** – Fahrradfahrer Erkennung und Kollisionsvermeidungssystem (Bicyclist Detection and Collision Mitigation System)
- **BSIS** – Abbiegeassistenzsystem/AAS (Blind Spot Information System)
- **DDAW** – Warnsystem bei Müdigkeit (Driver Drowsiness & Alertness Warning)
- **ESC/ESP/EVSC** – Elektronische Stabilitätsprogramm/Fahrdynamikregelung (Electronic Stability Control)
- **ESS** – Adaptives Notbremslicht (Emergency Stop Signal)
- **FAS** – Fahrerassistenzsysteme
- **ISA** – Intelligenter Geschwindigkeitsassistent (Intelligent Speed Assist)
- **KMS** – Kamera-Monitor-System
- **LDWS** – Spurhaltewarnsystem (Lane Departure Warning System)
- **LKAS** – Spurhalteassistenzsystem (Lane Keeping Assist System)
- **MOIS** – Anfahrinformationssystem (Moving Off Information System)
- **PDCMS** – Fußgänger Erkennung und Kollisionsvermeidungssystem (Pedestrian Detection and Collision Mitigation System)
- **RAS** – Rückfahrassistenzsystem
- **Radar** – Verfahren zur Ortung und Abstandsmessung auf Basis elektromagnetischer Wellen (Radio Detection and Ranging)
- **REIS** – Rückfahrassistenzsystem/RAS (Reversing Information System)
- **TMPS** – Reifendrucküberwachungssystem (Tire Pressure Monitoring System)

### EU-Fahrzeugklassen

- **Fahrzeuge zur Güterbeförderung (Lkw/Nfz.)**
  **Klasse N2** – mit zulässiger Gesamtmasse (zGM) von mehr als 3,5 t bis zu 12 t
  **Klasse N3** – mit zulässiger Gesamtmasse (zGM) von mehr als 12 t
- **Fahrzeuge zur Personenbeförderung (Busse)**
  **Klasse M2** – mit mehr als 8 Sitzplätzen plus Fahrersitz und zGM bis zu 5 t
  **Klasse M3** – mit mehr als 8 Sitzplätzen plus Fahrersitz und zGM über 5 t

---

- **Anhänger** (Nicht motorisierte Straßenfahrzeuge, die nach ihrer Bauart dazu bestimmt sind, von einem Kraftfahrzeug mitgeführt zu werden)
  **Klasse O3** – Anhänger mit zGM von mehr als 3,5 t bis zu 10 t (wie LKW- u. landwirtschaftliche Anhänger)
  **Klasse O4** – Anhänger mit zGM über 10 t (wie Sattelauflieger, Schwerlastanhänger)

**Die Einteilung der Fahrzeugklassen gemäß Verordnung (EU) 2018/858 ist relevant für Zulassung, Typgenehmigung, Führerschein und Sicherheitsanforderungen.**

## Fahrzeuge/Verkehrsteilnehmer

- **CV** – Nutzfahrzeuge (Commercial Vehicles)
- **Kom** – Kraftomnibusse
- **Nfz** – Nutzfahrzeug
- **NRMM** – Nicht straßengebundene mobile Maschinen, z. B. Baumaschinen, Land-/forstwirtschaftliche Maschinen (Non Road Mobile Machinery)
- **VRU** – besonders gefährdete/verletzliche Verkehrsteilnehmer (Vulnerable Road User)

## Institutionen

- **BASt** – Bundesanstalt für Straßenwesen
- **BG** – Berufsgenossenschaft
- **BGL** – Bundesverband Güterkraftverkehr, Logistik und Entsorgung
- **BMAS** – Bundesministerium für Arbeit und Soziales
- **BMV** – Bundesministerium für Verkehr; vormals: **BMDV** – Bundesministerium für Digitales und Verkehr (2022-2025)
- **DGUV** – Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
- **KBA** – Kraftfahrt-Bundesamt
- **UN ECE** – Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (United Nations Economic Commission for Europe)

## Genehmigungen/Zertifizierungen

- **ABE** – Allgemeine Betriebserlaubnis (§ 22 StVZO); Typgenehmigung, die bei Fahrzeugteilen vom KBA erteilt wird
- **CE** – Europäische Konformität (Conformité Européenne)
- **Typgenehmigung** – Bestätigung der Einhaltung festgelegter Sicherheitsstandards

### GSR (II) – General Safety Regulation

„Verordnung VO (EU) 2019/2144 über die Typgenehmigung von Kraftfahrzeugen und Kraftanhängern sowie von Systemen, Bauteilen und selbstständigen technischen Einheiten für diese Fahrzeuge im Hinblick auf ihre allgemeine Sicherheit und den Schutz der Fahrzeuginsassen und von ungeschützten Verkehrsteilnehmern."

Die konkreten Anforderungen an die in der GSR vorgegebenen Fahrerassistenzsysteme sind in den jeweils zugehörigen UN ECE-Regelungen spezifiziert.

### ABE – Allgemeine Betriebserlaubnis

Nationale Genehmigung, die in Deutschland für bestimmte Fahrzeugtypen oder Fahrzeugteile gilt. Eine ABE (nach § 22 StVZO) ist relevant für die Aus- und Nachrüstung von Fahrzeugen, die nicht unter die Typgenehmigungspflicht fallen oder freiwillig nachgerüstet werden, wie zum Beispiel vor dem Stichtag zugelassene Bestandsfahrzeuge.

Eine Liste der Abbiegeassistenzsysteme, für die eine ABE erteilt wurde, ist auf der Internetseite des KBA veröffentlicht: https://www.kba.de

## Zuständigkeiten Typgenehmigung, Prüfgrundlagen

- **BASt** – u. a. Herausgeber der Kriterien für die „Empfehlungen zu den technischen Anforderungen von AAS" des Bundesverkehrsministeriums
- **KBA** – u. a. zuständig für die Erteilung von Typengenehmigungen/ABE
- **UN ECE** – u. a. zuständig für europaweit einheitliche Anforderungen zur Genehmigung von Kraftfahrzeugen und Ausrüstungen (Durchführung der Prüfungen durch akkreditierte Prüflabore)

## Regelwerke, Normen

- **ArbSchG** – Arbeitsschutzgesetz
- **BetrSichV** – Betriebssicherheitsverordnung
- **DIN** – Deutsche Industrienorm
- **DIS** – Entwurf einer internationalen ISO-Norm (Draft International Standard)
- **EmpfBS** – Empfehlungen zur Betriebssicherheit
- **EN** – Europäische Norm
- **EU AI Act** – EU KI-Verordnung zur Festlegung harmonisierter Vorschriften für KI
- **GSR** – Allgemeine Sicherheitsregeln (General safety Regulation)
- **MRL** – EU-Maschinenrichtlinie (2006/42/EG)
- **MVO** – EU-Maschinenverordnung (EU) 2023/1230, ab 20.01.2027, löst die MRL ab
- **PG** – Prüfgrundsatz (auch GS, wie z. B. GS-VL 40)
- **StVO** – Straßenverkehrs-Ordnung
- **StVZO** – Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung
- **TRBS** – Technische Regeln zur Betriebssicherheit
- **UN-ECE R** – Kurzform auch: UN R; Technische Vorschriften der UN ECE

## Weitere Fachbegriffe

- **AI** – Künstliche Intelligenz (Artificial Intelligence)
- **BIST** – Integrierter Selbsttest (Built-in self-test)
- **CAN-Bus** – Schnittstelle für seriellen Datenaustausch zwischen Steuergeräten (Controller Area Network)
- **ECU** – Elektronische Steuerung/Steuereinheit (Electronic Control Unit)
- **EMV** – Elektromagnetische Verträglichkeit
- **Funktionale Sicherheit** – Sicherheitsbezogene Zuverlässigkeit
- **GPIO** – Schnittstellen zur Signalübertragung (General Purpose Input/Output)
- **GPS** – Satellitennavigationssystem (Global Positioning System)
- **HMI** – Benutzerschnittstelle (Human Machine Interface)

## Weitere Fachbegriffe

- **KI** – Künstliche Intelligenz
- **LVDS** – Schnittstellen-Standard für Hochgeschwindigkeits-Datenübertragung (Low Voltage Differential Signaling)
- **MAB** – Merkblatt zur Anfangsbewertung des Kraftfahrt-Bundesamtes
- **MLOps** – Prozessschritte, die den Übergang von Machine-Learning-Modellen in die Produktion optimieren (Machine Learning Operations)
- **NSR** – Nicht sicherheitsrelevant
- **ODD** – Definiert Einsatzbedingungen für KI-Systeme im Training (Operational Design Domain)
- **PFH** – Ausfallwahrscheinlichkeit pro Stunde
- **PL** – Sicherheitsniveau, Stufe der Sicherheitsintegrität (Performance Level)
- **PoE** – Übertragung von Datensignalen und Stromversorgung über dasselbe Ethernetkabel (Power of Ethernet)
- **SiBe/SiB** – Sicherheitsbeauftragte/r
- **SiFA** – Fachkraft für Arbeitssicherheit
- **SiGeKo** – Sicherheits- und Gesundheitsschutzkoordinator
- **Splitscreen** – Geteilte Monitoransicht zur zeitgleichen Darstellung mehrere Kamerabilder
- **Telematik** – Verknüpfung von Telekommunikation und Informatik
- **TOP-Prinzip** – Priorisierung technischer vor organisatorischen und persönlichen Maßnahmen
- **VDS-Kamera** – Videobasierte Sensor-Kamera mit Objektdetektion (Video Detection Sensor-Kamera)
- **VkBl** – Verkehrsblatt (Amtsblatt des BMV)

**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**

# Publikationen des Netzwerks

## Kollisionsvermeidung beim Einsatz von mobilen Arbeitsmaschinen und Nutzfahrzeugen:

**Hinweis:**
Seit 2026 verwendet das Netzwerk vorzugsweise den Begriff „Personendetektion" anstelle des Synonyms „Personenerkennung". Die zuvor herausgegebenen Publikationen sind unter der Bezeichnung „Personenerkennung" zu finden und werden sukzessive aktualisiert.

- **Personen-/Objektdetektion, Warnung in Gefahrenbereichen**
  Kamera- und Assistenzsysteme für mobile Arbeitsmaschinen und Nutzfahrzeuge
  - Version: **Bauwirtschaft, Rohstoffgewinnung, Recycling**
  - Version: **Flurförderzeuge (FFZ) – Handel- und Warenlogistik**
  - Version: **Land-, Forstwirtschaft (LoF) und Kommunalbereich**

- **Assistenzsysteme zur Kollisionsvermeidung**
  - für schwere Nutzfahrzeuge und Busse – nach GSR (II)

Leitfäden für
Betreiber, Beschäftigte,
Hersteller und
Aufsichtspersonen

**Download unter:**
**www.netzwerk-baumaschinen.de**

# Impressum

## Fachliche Unterstützung, Bildnachweis

Weitere Informationen und Leitfäden des Netzwerks finden Sie auf der Website:

www.netzwerk-baumaschinen.de

### Netzwerk Baumaschinen NRMM CV

**Seit mehr als 15 Jahren unterstützen die Mitglieder des Netzwerks die Entwicklung zum Stand der Technik bei der Personen- und Objekterkennung/-detektion in mobilen Arbeitsmaschinen und Nutzfahrzeugen für nahezu alle Einsatzbereiche – Baustellen, Rohstoffindustrie, Land-/Forstwirtschaft, innerbetrieblicher Transport/Intralogistik, Straßenverkehr.**

Das Netzwerk ist überall dort aktiv, wo es gilt, Kollisionen und Unfälle zwischen Mensch, Maschine und Material zu vermeiden.
Neben Herstellern und Zulieferern engagieren sich Fachleute aus Wissenschaft und Forschung, Arbeitsschutz- und Marktaufsichtsbehörden sowie Berufsgenossenschaften, Unfallkassen und Gewerkschaften.

### Danke für die fachliche Unterstützung der Hersteller:

Brigade Electronics (EU) B.V. (brigade-electronics.com/de)
Luis Technology GmbH (www.luis.de)
Mekratronics GmbH (www.mekratronics.de)
Motec GmbH (www.motec-cameras.com)
ZF CV Systems Hannover GmbH (www.zf.com)

### Wir bedanken uns für das zur Verfügung gestellte Bildmaterial bei:

Titelseite: Netzwerk Baumaschinen, Brigade Electronics (EU) B.V.; S. 2: Mekratronics GmbH, Brigade Electronics (EU) B.V.; S. 4: Luis Technology GmbH, Mekratronics GmbH; S. 5: Brigade Electronics (EU) B.V.; S. 6: Mekratronics GmbH, Netzwerk Baumaschinen; S. 7: Brigade Electronics (EU) B.V.; S. 8: Motec GmbH, Netzwerk Baumaschinen; S. 9: Motec GmbH; S. 10: Netzwerk Baumaschinen, Brigade Electronics (EU) B.V., Luis Technology GmbH; S. 11: Netzwerk Baumaschinen; S. 12: ZF Friedrichshafen AG, Netzwerk Baumaschinen; S. 13: Netzwerk Baumaschinen, Rainer Sturm / PIXELIO; S. 14: ZF Friedrichshafen AG, Netzwerk Baumaschinen, S. 15: ZF Friedrichshafen AG; S. 16: Mekratronics GmbH; S. 17: Netzwerk Baumaschinen; S. 18: Luis Technology GmbH; S. 19: Luis Technology GmbH, Netzwerk Baumaschinen, Brigade Electronics (EU) B.V.; S. 20: Netzwerk Baumaschinen, Luis Technology GmbH; S. 21: Luis Technology GmbH; S. 22-24: Mekratronics GmbH; S.25: Netzwerk Baumaschinen, Mekratronics GmbH; S. 26: Netzwerk Baumaschinen, Luis Technology GmbH; 27: Luis Technology GmbH; S. 28/29: Brigade Electronics (EU) B.V. ; S. 30: Netzwerk Baumaschinen, S. 31: Netzwerk Baumaschinen, Motec GmbH, Brigade Electronics (EU) B.V.; S. 32: Motec GmbH; S. 33: Brigade Electronics (EU) B.V.; S. 36-38: Luis Technology GmbH; S. 39: Motec GmbH; S. 41-43: Netzwerk Baumaschinen; S. 44: Brigade Electronics (EU) B.V.; S. 45: Netzwerk Baumaschinen; S. 48: Motec GmbH; S. 49: ZF Friedrichshafen AG, Netzwerk Baumaschinen.
Aufgenommen mit freundlicher Genehmigung vor Ort bei: DLG TestService (Titelseite), Erzeuger-Genossenschaft Neumark (Titelseite), AWM – Abfallwirtschaftsbetriebe München (S. 10, 13).

# 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.**

## Netzwerk Baumaschinen NRMM CV 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
Hochschule Osnabrück – Labor für Intelligente Sensorsysteme
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.
Liechtenstein: Amt für Volkswirtschaft Fürstentum Liechtenstein
Österreich: AUVA – Allgemeine Versicherungsanstalt

## Koordination, Konzeption und Gestaltung:

fact3 network e.K.
Wilhelmshöher Allee 262, D-34131 Kassel
Fon: +49 (0)561 81041-11
info@netzwerk-baumaschinen.de
www.netzwerk-baumaschinen.de

Genderhinweis 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.**

**Stand 07/2026**