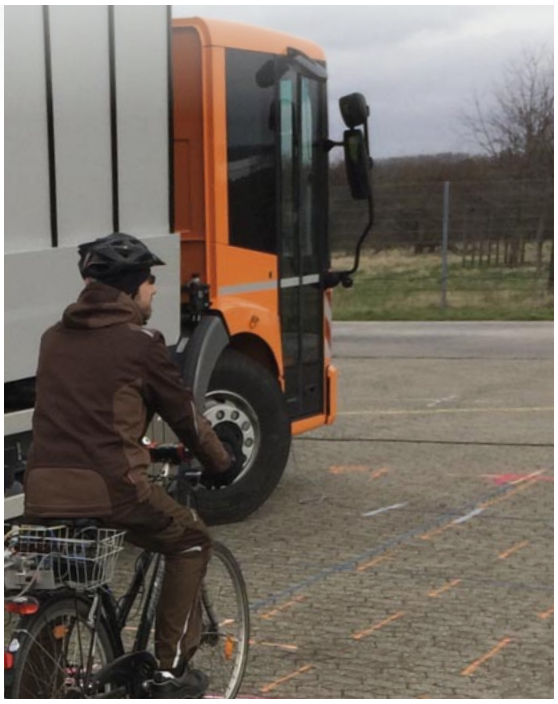
Netzwerk Baumaschinen NRMM CV

Abbiegeassistenz-systeme

für schwere Nutzfahrzeuge und Busse

Sicherheit und Effizienz – Leitfaden für Betreiber, Beschäftigte, Hersteller und Aufsichtspersonen



2. aktualisierte AUFLAGE

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

Die Erfahrungen aus Sichtfeldeinschränkungen bei Baumaschinen erweitert das Netzwerk auf mobile Arbeitsmaschinen 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.

Der vorliegende Leitfaden bietet einen Überblick zu Assistenzsystemen, die bei eingeschränkten Sichtverhältnissen und hohem Kollisionsrisiko – insbesondere beim Rechtsabbiegen – den Fahrer sinnvoll unterstützen können.
Unternehmer, Führungskräfte, Betriebsräte, Fahrer und Hersteller erhalten wertvolle Hinweise für einen sicheren und effizienten Einsatz von schweren Nutzfahrzeugen (Nfz) und Bussen.

VISION ZERO.
NULL UNFÄLLE – GESUND ARBEITEN!

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

INQA | INITIATIVE NEUE QUALITÄT DER ARBEIT

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

Inhalt

1 Unfallgeschehen bei Nutzfahrzeugen und Bussen **4**
1.1 Rechtsabbiegeunfälle mit Lkw/Bussen **6**
1.2 Anforderungen an Fahrzeuge mit Sonderaufbauten 7
1.3 Gefährdungsbeurteilung Sicht 7

2 Sichtverbesserung, Kollisionsvermeidung – Hilfsmittel und Assistenzsysteme **8**
2.1 Systeme zur Umfelderfassung 8
Begriffsbestimmung: Sichthilfsmittel, Warn- und Sensoriksysteme zur Personen-/Objekterkennung; Abbiegeassistenzsysteme (AAS) 9
Ausstattung von Fahrzeugen mit AAS, Nachrüstung Bestandsfahrzeuge 10
2.2 Weitere Fahrerassistenzsysteme (FAS) für Nutzfahrzeuge (Nfz) 11
2.3 Akzeptanz von FAS bei den Verwendern 13

3 Abbiegeassistenzsysteme (AAS) 14
Funktionsprinzipien der Abbiegeassistenzsysteme 14
Anforderungen an AAS für Lkw/Bus nach BMDV und UNECE R151 15
3.1 Ultraschallsysteme (in Kombination mit KMS und KI) 18
3.2 Radarsysteme (mit und ohne Kombination mit KMS) 20
3.3 Optosensorische Systeme (mit KI) 22

4 Personen- und Objekterkennung – Intelligente Software und KI 24
4.1 Künstliche Intelligenz (KI) 25
4.2 Personen-/Objektdetektion mittels künstlicher Intelligenz 26
Kamerabasierte Kollisionswarnung 26
4.2.1 Einsatz von KI bei AAS 27
Objektklassifizierung bei Radar- und Ultraschallsystemen 28

Publikationen des Netzwerks 29

5 Allgemeine Grundlagen für die Beschaffung und den Betrieb 30
Potenziale und Grenzen technischer Hilfsmittel, Montage, Prüfung 30
Sicht- und Funktionskontrolle, Unterweisung, Einweiser 31

6 Regelwerke und Normen 32
für Betreiber/Arbeitgeber/Fahrzeughalter 32
und Hersteller; UNECE-Regelungen, EU-Verordnungen 33

7 Hintergründe zur Nachrüstung 34
ProdSG, MRL, BetrSichV, StVZO, StVO

8 Glossar, Abkürzungen 36

Impressum, Bildquellennachweis 38/39

1 Unfallgeschehen

bei Nutzfahrzeugen und Bussen

Wer ist betroffen?

Schwere Nutzfahrzeuge begegnen uns täglich, zu ihnen zählen beispielsweise:

- Fahrzeuge zum Gütertransport, wie Lkw ab > 3,5 t zulässiges Gesamtgewicht
- Fahrzeuge zur Personenbeförderung, wie Busse mit mehr als 8 Sitzplätzen plus Fahrer
- Kommunalfahrzeuge, z.B. zur Abfallsammlung oder Straßenreinigung
- Baustellenfahrzeuge/Fahrzeuge mit Sonderaufbauten wie z.B. Betonmischer
- Fahrzeuge mit Anhängern

Unfälle mit ihnen, vor allem bei Personenschaden, können gravierende Folgen für alle Beteiligten mit sich bringen.

Arbeitsplätze mit größter Verantwortung erfordern verantwortungsbewusste Arbeitsbedingungen

Insbesondere die vom Fahrerplatz schwer oder überhaupt nicht direkt 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 Fahrradfahrende und Zufußgehende. 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 7)**

Prävention vermeidet Unfälle

Unabhängig von der Fahrzeugart entstehen drei entscheidende Forderungen:

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

Gesteigerte Mobilität schafft neue Herausforderungen

Die letzten Jahrzehnte brachten enorme Zuwächse im Straßenverkehr. Steigende Transportmengen und stetig anwachsender Individualverkehr bedeuten für die Fahrer von Lkw/Nutzfahrzeugen und Bussen zunehmende Risiken mit erheblichen Belastungen.

Auf Autobahnen, Landstraßen und in innerstädtischen, beengten Verkehrsräumen entstehen kritische und damit stressige Situationen. In urbanen Bereichen zusätzlich durch eine immer größer werdende Zahl an Fahrrädern, E-Bikes und E-Scootern. Die dichtere Verkehrslage erhöht die psychische Belastung des Fahrers – verursacht durch: hohen Termindruck, Ermüdung, Dunkelheit, ungünstige Witterung und **Ablenkung durch unterschiedliche Verkehrsteilnehmer, die die Situation der anderen nicht immer richtig einschätzen können**.

Im Jahr 2020 ereigneten sich laut Destatis (Statistisches Bundesamt 2022: „Unfälle von Güterkraftfahrzeugen im Straßenverkehr 2020“) **in Deutschland insgesamt:**

- **3.123 Unfälle mit Personenschaden beim Abbiegen, Wenden, Rückwärtsfahren, Ein- und Anfahren von Güterkraftfahrzeugen.**

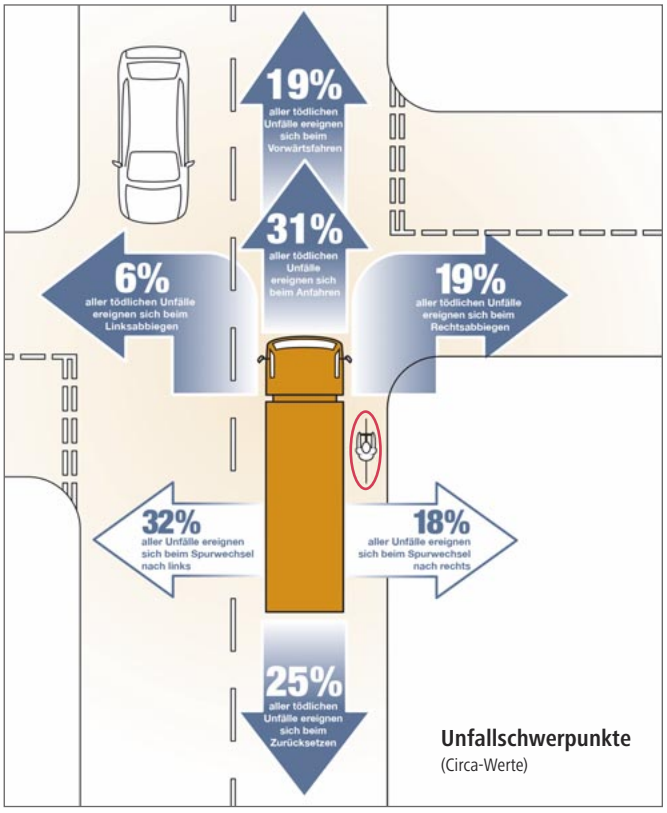
Damit stellt dies die zweithäufigste Unfallursache dar (an erster Stelle stehen Unfälle durch zu geringes Abstandhalten).

Unfallsituationen mit Beteiligung von schweren Nutzfahrzeugen:

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

Besondere Herausforderungen bei Bussen

Für Fahrer von Kraftomnibussen (Kom), insbesondere von Linien- und Schulbussen, erschwert gerade innerorts neben dem Straßenverkehr eine oftmals unübersichtliche Lage an den Haltestellen den Überblick.
Dabei muss der Fahrer die Geschehnisse außerhalb des Busses und gleichzeitig auch 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 relativ groß.



Unfallschwerpunkte
(Circa-Werte)

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 Zweirädern, wie Fahrrädern, E-Bikes, Pedelecs und E-Scootern.

1.1 Rechtsabbiegeunfälle mit Lkw/Bussen

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

Laut Angabe des ADAC 2021 sterben in Deutschland bei Kollisionen mit einem Lkw jährlich etwa 70 Radfahrer, 665 werden schwer verletzt.

- 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.
In noch höherem Maß gilt das für E-Bike-, Pedelec- und E-Scooter-Fahrer, die häufig mit erheblich höheren Geschwindigkeiten als nicht-motorisierte Zweiradfahrer auf Straßen und Wegen unterwegs sind.

Die StVO-Novelle (04/2020) stärkt den Radverkehr u.a. mit folgenden Regelungen:

▶ Für rechtsabbiegende Kraftfahrzeuge über 3,5 t wird 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.

Mögliche Gefährdungen beim Abbiegen:

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

Hinweise zur Gefährdungsbeurteilung auf Seite 7

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

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

▶ Hilfseinrichtungen zur Kollisionsvermeidung können Leben retten

Als geeignete Hilfsmittel zur Überwachung von schwer oder nicht einsehbaren Bereichen, werden bereits erfolgreich Kamera-Monitor-Systeme (KMS) und/oder Sensorik-Systeme eingesetzt.

Gezielte Vermeidung von Rechtsabbiegeunfällen

- **Zur Verhinderung von Unfällen mit ungeschützten Verkehrsteilnehmern beim Abbiegen oder Anfahren können Abbiegeassistenzsysteme (AAS) beitragen.**

Systeme zur Umfelderfassung siehe Kapitel 2.1

1.2 Anforderung an Fahrzeuge mit Sonderaufbauten

Bei Nutzfahrzeugen/Arbeitsmaschinen mit besonderen Aufbauten und/oder speziellen Arbeitseinsätzen können zusätzliche Sichtbeeinträchtigungen, Gefährdungspotenziale und Belastungen entstehen.

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

- Auch die Fahrstrecke einer Baumaschine, wie beispielsweise eines Radladers, zur Baustelle und von land- oder forstwirtschaftlichen (abgekürzt LoF-) Fahrzeugen im Straßenverkehr muss in die jeweilige Gefährdungsbeurteilung einbezogen werden.

- Je nach Fahrzeug- und Einsatzart können unterschiedliche Sichtbeeinträchtigungen und damit verbundene Risiken auftreten.

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

Nützliche Informationen liefern zum Beispiel die DGUV-Branchenregeln, wie **DGUV Regel 114-601**

„Branchenregel Abfallwirtschaft – Teil 1“
der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e.V., **www.dguv.de**

1.3 Gefährdungsbeurteilung Sicht

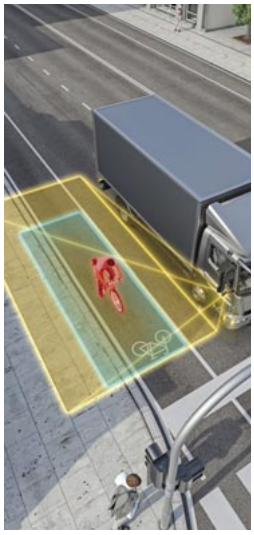
Was ist zu beachten?

Die Durchführung der Gefährdungsbeurteilung und Umsetzung der geeigneten Schutzmaßnahmen ist für alle Arbeitgeber laut BetrSichV verpflichtend. Hierbei gilt das **TOP**-Prinzip:

1. **T**echnische Maßnahmen (z.B. Kamera-Monitor-System, Sensorik) haben Vorrang vor
2. **O**rganisatorischen (z.B. Einweiser) und
3. **P**ersönlichen Maßnahmen (z.B. Warnkleidung).

Ein umfassendes, gut überschaubares Sichtfeld ermöglicht ein schnelles, präzises, sicheres Arbeiten und ein stressreduziertes Fahren im Straßenverkehr.
Die fortschreitende Entwicklung bietet zunehmend 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 die leichte und ergonomisch sinnvolle Bedienbarkeit zu berücksichtigen und die Mitarbeiter ausreichend zu schulen.



Weitere Informationen zur Akzeptanz von Assistenzsystemen siehe Kapitel 2.3

2 Sichtverbesserung, Kollisionsvermeidung

Hilfsmittel und Assistenzsysteme

Eine Vielzahl von Assistenzsystemen für
- **unterschiedliche Fahrzeugarten und**
- **spezifische Anwendungsfälle**

unterstützen den Fahrer und tragen dazu bei, Unfälle zu vermeiden.

Die in diesem Leitfaden vorgestellten Systeme dienen der Sichtverbesserung und/oder der Warnung des Fahrers bei Gefährdungen durch für ihn schlecht oder nicht einsehbare Bereiche. Einige Systeme sind bei neuen Fahrzeugen und Maschinen direkt ab Werk eingebaut.
Für Bestands- und neue Fahrzeuge/Maschinen ohne Assistenz- oder Warnsystem besteht die Möglichkeit – teilweise auch die Pflicht (siehe Seite 10) – zur Nachrüstung.

2.1 Systeme zur Umfelderfassung

Systeme zur Umfelderfassung von schwer oder nicht einsehbaren Bereichen um das Fahrzeug herum informieren und warnen den Fahrer ggf. vor drohender Kollision. Sie können nach ihrer jeweiligen Art der Anwendung/Funktion eingeteilt werden, dazu zählen:

Abbiegeassistenzsysteme (AAS) für Nutzfahrzeuge/Busse werden in Kapitel 3 detailliert behandelt.

- **Abbiegeassistenzsysteme (AAS) = Systeme zur Seitenbereichsüberwachung rechts, inkl. Warnung vor drohender Kollision mit Fahrradfahrern (und ggf. Passanten)**
- **Tote-Winkel-Warn-/Assistenzsysteme = Systeme zur Seitenbereichsüberwachung**
- **Rangier-/Rückfahrassistenzsystem (RAS) = Systeme zur Rückraumüberwachung**

Bei der Auswahl eines geeigneten Systems kommt es darauf an, die konkreten Anforderungen im Vorfeld festzulegen, beispielsweise:

- Was muss das System leisten? Wofür wird es gebraucht?
- Welcher Erfassungsbereich ist relevant?
- Soll der Fahrer den Arbeits-/Gefahrenbereich über einen Monitor einsehen können?
- Soll der Fahrer bei drohender Kollision gewarnt werden (optisch und/oder akustisch)?
- Welche Umgebungsbedingungen (Staub, Feuchtigkeit...) liegen typischerweise vor?

Gute Systeme lassen sich anforderungsgerecht konfigurieren. **Eine umfassende Beratung über die konkreten Möglichkeiten sollte einer Kaufentscheidung vorangehen.**

Begriffsbestimmung: Sichthilfsmittel, Warn- und Sensoriksysteme zur Personen-/Objekterkennung

Systeme zur Umfelderfassung basieren auf den folgenden Technologien:

- **Kamera-Monitor-Systeme (KMS)**, die dem Fahrer auf einem Monitor in der Fahrerkabine eine bildliche Darstellung der aktuellen Geschehnisse im Arbeits-/Gefahrenbereich liefern.
  - es handelt sich dabei um **informierende Systeme**
- **Sensorische Systeme**, wie beispielsweise auf Radar- oder Ultraschallbasis, die den Gefahrenbereich des Fahrzeugs detektieren und den Fahrer durch ein optisches und/oder akustisches Signal vor einer drohenden Kollision warnen.
  - es handelt sich dabei um **warnende Systeme**
- **Kombinationen aus beidem**, die dem Fahrer eine (permanente) bildliche Darstellung des Gefahrenbereichs ermöglichen und den Fahrer bei Kollisionsgefahr durch ein Signal warnen.
  - es handelt sich dabei um **informierende + warnende Systeme**

Durch Anwendung spezifischer Algorithmen sind einige sensorische Systeme in der Lage, Objekte zu klassifizieren, z.B. Lebewesen von anderen Objekten zu unterscheiden. Hierzu zählen u.a. spezielle Radarsysteme und softwarebasierte Kameras.

Die eindeutige Unterscheidung beispielsweise von Radfahrenden und Verkehrsschildern stellt eine Grundanforderung für Abbiegeassistenzsysteme dar.

Kamera-Monitor- und Sensorische Systeme werden zur Unfallvermeidung eingesetzt – und zudem auch um das Ausführen bestimmter Arbeitsvorgänge im Nahfeld des Fahrzeugs/der Maschine zu erleichtern.

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

Begriffsbestimmung: Abbiegeassistenzsysteme (AAS)

Zur eindeutigen Differenzierung der Systeme hat das Bundesverkehrsministerium folgende Begriffsbestimmung formuliert (siehe VkBl Heft 19/2018 „Empfehlung zu technischen Anforderungen an Abbiegeassistenzsysteme für die Aus- und Nachrüstung an Nutzfahrzeugen...“):

Kamera-Monitor-System (KMS)

- Technisches System, das dem Fahrenden eine Bildinformation auf einem Monitor gibt. Es erfolgt eine bildhafte Darstellung des Gefährdungsbereichs auf der rechten Seite des Fahrzeugs ohne eine abstrakte Information (z. B. Warnton, Warnleuchte).
- Der Fahrende muss die bildhafte Information selbst prüfen und interpretieren.
- Ein KMS ohne Warnung ist kein Abbiegeassistenz-System (im Sinn der BMVI-Empfehlungen).

Abbiegeassistenzsystem (AAS)

- Technisches System, das den Fahrenden auf nahe Radfahrende hinweist, die sich
  a) rechts vom Kraftfahrzeug befinden und die
  b) bei einem Abbiegevorgang gefährdet sind.
- Die Warnung des Fahrenden erfolgt durch ein abstraktes optisches Signal, z. B. Warnleuchte.
- Detaillierte technische Anforderungen siehe Kapitel 3.

Im April 2022 wurden die neuen Empfehlungen des Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) zu den technischen Anforderungen veröffentlicht (siehe VkBl. Heft). Diese Anforderungen gelten seitdem als Grundlage für die Erteilung einer ABE.

Ausstattung von Fahrzeugen mit AAS

In Deutschland gilt zudem für Lang-Lkw („Gigaliner") eine besondere Regelung. Die Pflicht zur Ausstattung mit einem AAS besteht seit 01.07.2022 generell für alle Lang-Lkw – auch für Bestandsfahrzeuge!

Der Handlungsbedarf ist erkannt: Um Kollisionen mit Radfahrenden beim Abbiegen und Anfahren zu verringern, hat die EU den verpflichtenden Einbau von AAS in neue Lkw und Busse (Fahrzeugklassen N2, N3, M2, M3) beschlossen.
Dieser verpflichtende Einbau gem. Verordnung (EU) 2019/2144 gilt verbindlich:

- **seit 06.07.2022 für alle neuen Fahrzeugtypen (Lkw und Busse)**
- **ab 07.07.2024 für alle neu zugelassenen Fahrzeuge (Lkw und Busse)**

Die konkreten Anforderungen an AAS werden auf europäischer Ebene beschrieben in der **UN ECE-Regelung Nr. 151 – Blind Spot Information Systems (BSIS) for Heavy Vehicles**.
Für eine EU-Typengenehmigung müssen die darin aufgeführten Kriterien erfüllt sein.
Auf nationaler Ebene gibt es bereits seit 2018 die Möglichkeit einer Typengenehmigung in Form einer **Allgemeinen Betriebserlaubnis (ABE)** für Abbiegeassistenzsysteme.
(Weitere Informationen hierzu im Kapitel 3)

Nachrüstung von Bestandsfahrzeugen mit AAS

Die Nachrüstung von Lkw/Bussen mit AAS ist technisch unproblematisch und die Kosten sind überschaubar. Letztendlich lohnt sich die Investition in ein geeignetes System in mehrfacher Hinsicht:

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

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).

2.2 Weitere Fahrerassistenzsysteme (FAS) für Nfz

Neben technischen Hilfsmitteln, die der Sichtverbesserung/Umfelderfassung dienen, unterstützen weitere Fahrerassistenz- (FAS) und Fahrerinformationssysteme (FIS) die Sicherheit, beispielsweise:

- Abbiegeassistenzsystem (AAS)/ Blind Spot Information System (BSIS)
- **Abstandsregeltempomat/ Adaptive Cruise Control (ACC)**
- Antiblockiersystem/Bremsregelsystem (ABS)
- Elektronisches Fahrdynamik-Regelsystem/ Stabilitätsprogramm (ESP/ESC/EVSC)
- Fußgänger-Notbremsassistent/ Pedestrian Detection and Collision Mitigation System (PDCMS)
- **Notbremsassistenzsystem/ Advanced Emergency Braking System (AEBS)**
- Rangier-/Rückfahrassistenzsystem (RAS)
- Reifendruckkontrollsystem (RDKS)/ Tire Pressure Monitoring System (TPMS)
- Satellitennavigationssystem/ Global Positioning System (GPS)
- Sprachsteuerung
- **Spurhalteassistenzsystem, Lane Keeping Assist System (LKAS)**
- Spurverlassenswarnsystem/ Lane Departure Warning System (LDWS)

Auf den nächsten Seiten werden der Abstandsregeltempomat, der Notbrems- und der Spurhalteassistent näher erläutert.

Begriffserläuterung: In der Praxis wird für ein Assistenzsystem häufig auch einfach der Begriff Assistent verwendet.

Einige Assistenzsysteme sind europaweit bereits seit 2014 bzw. 2015 für Neuzulassungen gesetzlich vorgeschrieben – gemäß Verordnung (EG) Nr. 661/2009. Hierzu zählen der Notbremsassistent, das Elektronische Stabilitätsprogramm und der Spurverlassenswarner.

Neben Abbiegeassistenten sind bzw. werden weitere FAS/FIS verpflichtend (Verordnung (EU) 2019/2144)**. Seit Juli 2022 müssen alle neuen Fahrzeugtypen und ab Juli 2024 alle neu zugelassenen Fahrzeuge beispielsweise über folgende Systeme verfügen:**

- Anfahrinformationssystem/ Moving Off Information Systems (MOIS), Anforderungen festgelegt in UNECE R 159
- Intelligenter Geschwindigkeitsassistent (ISA), EU-Verordnung 2021/1958
- Rückfahrassistenzsysteme (RAS), UNECE R 158
- Warnsystem bei Müdigkeit und nachlassender Aufmerksamkeit des Fahrers, EU-Verordnung 2021/1341

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 von beispielsweise dem vorgeschriebenen LDWS oder AEBS vor Fahrtantritt kann hingegen gefährlich sein. Insbesondere, wenn der Fahrer sogar die gesamte Fahrt ohne das aktivierte FAS im Straßenverkehr unterwegs ist.

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.

Ab 2024 wird für einige FAS die Möglichkeit des Abschaltens untersagt.

Für Abbiegeassistenzsysteme ist eine manuelle Abschaltmöglichkeit nicht erlaubt. AAS müssen so konzipiert sein, dass ein manuelles Deaktivieren durch den Fahrer nicht möglich ist.

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.

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.

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.

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.

Bei den auf dieser und nächster Seite beschriebenen FAS handelt es sich um Systeme, die in die Fahrzeugsteuerung eingreifen. Diese können – im Gegensatz zu Abbiegeassistenten nicht nachgerüstet, sondern nur direkt vom Fahrzeughersteller eingebaut werden.

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, sodass 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 Spurverlassenswarner (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.

2.3 Akzeptanz von FAS bei den Verwendern

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

Voraussetzungen für die Akzeptanz technischer Hilfsmittel durch den Fahrer:

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

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

**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.**

Generell gilt für den Fahrer:

Unbedingt rechtzeitig Pausen einlegen und sich nicht nur auf das FAS verlassen.

FAS nehmen nicht die Verantwortung vom Fahrer. Auch FAS können ausfallen oder falsche Signale abgeben. Der Fahrer bleibt verantwortlich.

Bitte ebenfalls beachten, dass Anzeige und Funktionsweise von FAS spezifisch für das jeweilige Fahrzeug und daher unterschiedlich sein können.

3 Abbiegeassistenz-systeme (AAS)

Gefährdung erkennen – drohende Kollision vermeiden

Das Abbiegeassistenzsystem dient dazu, den Fahrer eines Lkw/Busses auf Radfahrende rechts (bzw. links bei Linksverkehr in England) **neben dem Fahrzeug hinzuweisen und vor drohender Kollision zu warnen.**
Befindet sich im Stillstand, während der Fahrt bis 30 km/h oder beim Rechtsabbiegen ein Fahrradfahrer seitlich neben dem Fahrzeug, wird der Fahrzeugführer durch ein optisches Signal informiert und bei drohender Kollision optisch, haptisch und/oder durch ein akustisches Signal in der Fahrerkabine gewarnt und kann rechtzeitig reagieren. Das AAS kann auch vor Kollisionen mit anderen ungeschützten Verkehrsteilnehmern wie Passanten warnen.

Die Aktion Abbiegeassistent des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr (BMDV) wurde bereits 2018 ins Leben gerufen. Alle Informationen dazu auf der Website https://bmdv.bund.de

Eine Zertifizierung ersetzt nicht die Beratung! Unbedingt vor dem Kauf die Vor- und Nachteile des Systems vom Fachbetrieb erklären lassen.

Die Funktionsprinzipien der Abbiegeassistenzsysteme

Zur aktiven Warnung und Kollisionsvermeidung stehen verschiedene Abbiegeassistenzsysteme zur Verfügung, die auf unterschiedlichen sensorischen Technologien/Wirkprinzipien basieren. Diese werden auf den nachfolgenden Seiten im Einzelnen dargestellt.

- Kapitel **3.1 Ultraschallsysteme** (mit KI) in Kombination mit KMS
- Kapitel **3.2 Radarsysteme** mit oder ohne KMS
- Kapitel **3.3 Optosensorische (KI-) Systeme** („Intelligente Kameras“)

Nach aktuellem Stand der Technik sollen AAS – zur Minimierung von Fehlalarmen – über eine integrierte Objektklassifizierung verfügen!

Zertifizierte Abbiegeassistenzsysteme entsprechen festgelegten Prüfkriterien. Aktuell sind dies:

- **In Deutschland:** Die Allgemeine Betriebserlaubnis (ABE), auf Grundlage der technischen Empfehlungen des BMDV (VkBl. Amtlicher Teil. 239. Heft 8 – 2022 vom 30.04.2022). Die ABE wird vom Kraftfahrtbundesamt (KBA) erteilt.

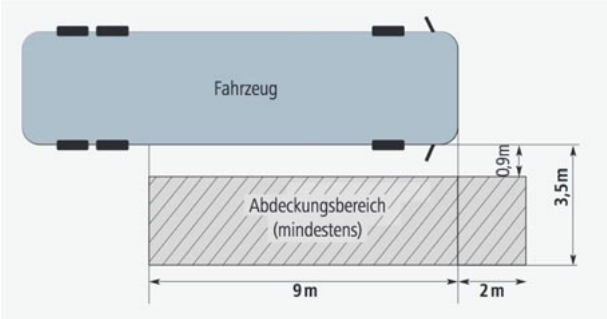
- **Auf EU-Ebene:** Die EU-Typengenehmigung, auf Grundlage der UNECE R151 – Blind Spot Information Systems (BSIS), in Kraft seit 15.11.2019.

Anforderungen an AAS für Lkw/Bus nach BMDV

Empfehlungen zu den technischen Anforderungen

Die Empfehlungen des BMDV dienen als Grundlage für die Prüfung zur Erteilung einer Allgemeinen Betriebserlaubnis (ABE).
Die Systeme müssen demnach u.a.:

- ab eingeschalteter Zündung aktiv sein,
- dem Fahrer eine Gefährdung Radfahrender im Abdeckungsbereich signalisieren und
- mindestens folgenden Bereich überwachen:



In diesem Bereich sind Fahrradfahrende gefährdet, durch das Fahrzeug erfasst zu werden, wenn eine Kurvenfahrt des Fahrzeugs eingeleitet würde.

- Die AAS dürfen nicht durch den Fahrer abgeschaltet werden können.

Die Warnung des Fahrers muss erfolgen:

- bei Geschwindigkeiten
  - des Fahrzeugs von 0 bis 30 km/h und
  - des Fahrrades von 5 bis 20 km/h,
- durch ein optisches Informationssignal im Innenraum des Kraftfahrzeugs,
- bei erhöhtem Kollisionsrisiko durch ein zusätzliches optisches, akustisches oder haptisches Warnsignal.

Montagevorgabe:

- Die optische Signalisierung im Innenraum des Kraftfahrzeuges muss mindestens 30° rechts von der Blickachse des Fahrers erfolgen; Technische Einheiten für die Signalisierung sind entsprechend anzubringen.
- Gleiches gilt für die Anbringung des Monitors.

Durch den Einbau von Abbiegeassistenten dürfen beim Fahrzeug keine Beeinträchtigungen des Betriebsverhaltens eintreten!
Es darf durch die Anbringung u.a.:

- keine sicherheitsrelevante Beeinträchtigung der direkten und indirekten Sicht durch Bauteile wie Monitor, Kamera oder Sensorik entstehen und auch

- keine Gefährdung durch vorstehende Kanten (Anschlagen, Anfahren, Verfangen, Mitreißen). Für unterhalb 2 m positionierte Anbauteile gelten (soweit aufgrund der Größe, Anbaulage und Gestaltung zutreffend) die Festlegungen für Außenspiegel entsprechend der UNECE Regelung Nr. 46.

Die sichere Anbringung der Komponenten im Fahrerhaus ist zu begutachten. Es darf keine Beeinträchtigungen der Anzeigen nach UNECE Regel Nr. 46 erfolgen.

In der Montageanleitung sind die relevanten Merkmale des Fahrzeugs im Anbringungsbereich von Kameras/Sensoren zu benennen.

Der Europäische Grundsatzkatalog zur Gestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstelle ist erfüllt, wenn die Anzeigeeinheit(en) des Abbiegeassistenzsystems mindestens 30° rechts der bei Geradeausfahrt üblichen Blickachse des Fahrenden liegen.

Bitte beachten:
Es gelten die 2022 veröffentlichten Empfehlungen zu den technischen Anforderungen an Abbiegeassistenzsysteme (VkBl. 2022, Heft 8, Nr. 65, Seite 239, April 2022).
Die vorherigen Empfehlungen des BMVI – VkBl. 2018, Heft 19 wurden damit aufgehoben.

Grundsätzlich darf eine Signalisierung und Warnung im Innenraum des Fahrzeugs nur auf bewegte Objekte, deren Geschwindigkeit darauf hindeuten, dass sie ungeschützte Verkehrsteilnehmer sind, erfolgen.

Zusätzlich erlaubt ist eine Signalisierung oder Warnung anderer schwächerer Verkehrsteilnehmer (z.B. Passanten), ebenso eine Signalisierung statischer Objekte, mit denen eine bevorstehende Kollision erkannt wurde.

Anforderungen an AAS für Lkw/Bus nach UNECE

UNECE R151
zum Download unter
https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/1596/oj

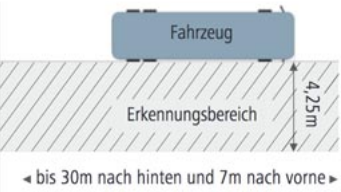
Die UNECE R151 Blind Spot Information Systems (BSIS) beschreibt die Anforderungen an AAS für die Typgenehmigung auf europäischer Ebene.

Ziel der UNECE R151: bei verschiedenen Abbiegeszenarien den Fahrer so rechtzeitig vor dem Radfahrer zu warnen bzw. zu informieren, dass dieser durch einen Bremseingriff eine drohende Kollision mit dem Radfahrer verhindern kann. Hierbei wird dem Fahrer eine Reaktionszeit von 1,4 Sekunden zugestanden.

Aufgrund ihrer Komplexität können die erforderlichen Testszenarien an dieser Stelle nicht dargestellt werden.

Die Prüfkriterien unterscheiden sich von denen, die für eine ABE zu erfüllen sind, zum Beispiel in folgenden Punkten:

- Auf Basis festgelegter statischer und dynamischer Testfälle ist ein deutlich größerer Bereich vom System zu überwachen (s. Skizze).
- Die Erkennung auch kleinerer Fahrräder ist z.B. durch Simulation nachzuweisen.
- Unterscheidung der Signale:
  1. Informationssignal bei Detektion eines Fahrrades im Erkennungsbereich.
  2. Warnsignal bei unmittelbar drohender Kollisionsgefahr – dieses Warnsignal kann nicht vom Fahrer deaktiviert werden.
  (» die BMDV-Anforderungen wurden hier angepasst)



Die Skizze zeigt den in der R151 festgelegten Überwachungs-/Erkennungsbereich in vereinfachter Darstellung.

Eine Prüfung nach UNECE R151 darf nur von dafür „benannten Technischen Diensten" durchgeführt werden.

Die zu dieser Prüfung berechtigten Prüflabore in Deutschland sind gelistet unter www.kba.de. Hierzu zählen u.a.:

- DLG TestService GmbH
- SGS-TÜV Saar GmbH
- TD Gesamtfahrzeug im TÜV Thüringen e.V.
- TÜV SÜD Auto Service GmbH, Typprüfstelle
- TÜV Technische Überwachung Hessen GmbH
- Typprüfstelle Fahrzeuge/Fahrzeugteile der TÜV Rheinland Kraftfahrt GmbH

Ausrüstpflicht ab 2022/2024:

Die Anforderungen der UNECE R151 gelten seit 15.11.2019 für die Erteilung einer EU-Typengenehmigung. Verpflichtend werden diese für:

Lkw und Busse:
- **seit 06.07.2022 an allen neuen Fahrzeugtypen**
- **ab 07.07.2024 an allen neu zugelassenen Fahrzeugen**

Die UNECE R151 gilt für alle Fahrzeuge der Klassen: N2, N3, M2, M3. Die ursprüngliche Regelung der Gültigkeit für N2 > 8t wurde durch ein Amendment geändert.

Anwendungsgerechte Auswahl des AAS

Eine Zertifizierung, ob ABE oder EU-Typgenehmigung, bescheinigt, dass das System 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.

Vergleich Anforderungen BMDV und UNECE R151 (Auszug)

AAS = Abbiegeassistenzsystem (BMDV):

Anwendungsbereich

- Nfz mit zulässiger Gesamtmasse über 3,5 t und Omnibusse mit mehr als 9 Sitzplätzen inkl. Fahrerplatz (= Fahrzeugklassen N2, N3, M2, M3)

Erkennungsbereich (mind.)

- 0,9 m bis 3,5 m (zuvor 2,5 m) seitlicher Abstand vom Kraftfahrzeug und
- 2 m vor die Fahrzeugfront und
- von der Vorderkannte des Fahrzeugs bis 9 m (zuvor 6 m) hinter die Fahrzeugfront (sog. „Abdeckungsbereich", s. auch Skizze Seite 15)

Signalisierung

- Grundsätzlich nur Signalisierung und Warnung auf bewegte Objekte, deren Geschwindigkeit auf ungeschützte Verkehrsteilnehmer schließen lassen.
- Signalisierung von statischen Objekten, mit denen eine Kollision droht, ist erlaubt.
- Unterscheidung Informations- und Warnsignal
- Optische Signalisierung von gefährdeten (sich in gleiche Richtung bewegenden) Radfahrenden mindestens im Abdeckungsbereich.
- Zusätzliche Warnung im Innenraum des Kraftfahrzeuges (optisch, akustisch oder haptisch) bei drohender Kollision.
- Signalisierung bei Fahrzeuggeschwindigkeiten im Bereich vom Stillstand bis mind. 30 km/h, bei Fahrradgeschwindigkeiten im Bereich von 5 km/h bis 20 km/h (mindestens).
- Signalisierung unabhängig von Kurvenfahrt oder Fahrtrichtungsanzeiger

Grundlage für Erteilung Allgemeine Betriebserlaubnis (ABE):

- Prüfungen sind durch Gutachten eines akkreditierten technischen Dienstes nachzuweisen.
- Das AAS muss zur Prüfung gemäß den Vorgaben des Herstellers im Kraftfahrzeug verbaut sein.

BSIS = Blind Spot Information System (UNECE):

Anwendungsbereich

- Fahrzeuge der Klassen: N2, N3, sowie M2 und M3 (Kraftomnibusse)

Erkennungsbereich (mind.)

- 0,9 m bis 4,25 m seitlicher Abstand vom Fahrzeug (0,25 m im Bereich des Vorderrades)
- Mögliche Aufprallstelle: 0 m bis 6 m von der vorderen rechten Ecke des Kraftfahrzeugs
- Der Erkennungsbereich ist abhängig von Fahrzeug- und Fahrradgeschwindigkeit (jedoch max. > 30 m hinter und 7 m vor die Fahrzeugfront).

Signalisierung

- Signalisierung von Radfahrenden in der Nähe, des Fahrzeugs, die während möglicher Fahrzeugabbiegung gefährdet sein könnten.
- Signalisierung von statischen Objekten, mit denen Kollision droht, ist erlaubt.
- Unterscheidung Informations- und Warnsignal
- Optisches Informationssignal – optisches, akustisches oder haptisches Warnsignal.
- Signalisierung bei Fahrzeuggeschwindigkeiten im Bereich von 0 bis 30 km/h, und zwar:
- Informationssignal für ein detektiertes Fahrrad mit Geschwindigkeit von 5 km/h bis 20 km/h,
- Warnsignal, wenn eine Kollision mit dem Fahrrad nicht mehr vermeidbar ist.
- Erste Warnung: mind. 15 m vor dem errechneten Kollisionspunkt.
- Späteste Signalisierung: 1,4 Sek. vor der errechneten, potentiellen Kollision.
- Anzeige von Fehlfunktion z.B. durch Eis, Schnee, Schmutz o.ä. (gelbes optisches Signal, Unterscheidung zu Informationssignal!).

Grundlage für Erteilung EU-Typengenehmigung:

- Der Fahrzeughersteller muss gegenüber der Typgenehmigungsbehörde anhand von Unterlagen und Prüffahrten den Antrag auf Genehmigung einreichen.
- Pflicht für neue Fahrzeugtypen (Juli 2022) und Neuzulassungen (Juli 2024) in der EU

Übersicht Fahrzeugklassen siehe Kapitel 8

Zur Nachrüstung geeignet!
(auch bei älteren Fahrzeugen)

3.1 Ultraschallsysteme

Detektion plus Verifikation durch KMS

AAS auf Ultraschallbasis bestehen in der Regel aus einer Kombination von Ultraschallsensoren und einem KMS zur Seitenbereichsüberwachung. Die Ultraschallsensoren erfassen bei niedrigen Fahrgeschwindigkeiten schnell und präzise feste und bewegliche Objekte in Fahrzeugnähe. Sie unterscheiden aber nicht, um welche Art von Objekt es sich handelt. Diese Information liefert das angekoppelte KMS, wenn der Fahrer auf den Monitor blickt. **Achtung: Einfache Ultraschallsysteme führen schnell zu Fehlalarmen.**

„Intelligente" Ultraschallsysteme (s. Kapitel 4 KI) **erkennen, ob eine Kollision wahrscheinlich ist:** Mithilfe einer Analyse von Daten wie Richtung, Geschwindigkeit, Entfernung, Abbiegewinkel und Beschleunigung des eigenen Fahrzeugs und des erkannten Objekts – sowie einer Unterscheidung zwischen festen und beweglichen Objekten – bewertet ein Algorithmus das Risiko einer möglichen Kollision. Der Fahrer wird dann mithilfe einer mehrstufigen Anzeige visuell und akustisch vor potenziellen Gefahren gewarnt. Der Algorithmus differenziert nach Dringlichkeit der Situation, was die Anzahl der Warnsignale und Fehlalarme verringert.

Stand der Technik: Abbiegeassistenten auf Basis von Ultraschall sind nur mit integrierter Objektklassifizierung (siehe auch Kapitel 4) sinnvoll.

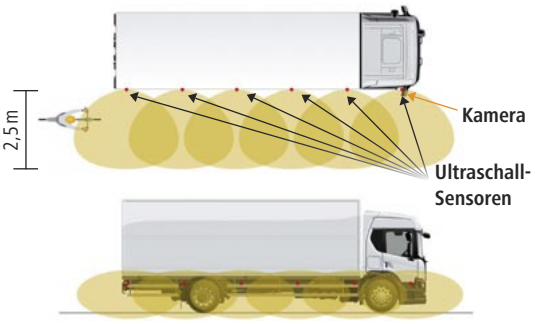
Der Detektionsbereich des AAS kann auf die jeweiligen Erfordernisse eingestellt werden und umfasst den für den Fahrer nicht einsehbaren Bereich auf der Beifahrerseite.

Komponenten für AAS auf Ultraschallbasis Kombination mit KMS

- mind. 6 **Ultraschallsensoren** (seitlich am Fahrzeug montiert)
- **Steuereinheit (ECU)** mit Algorithmus zur Objektklassifizierung
- **Signalgeber** (in der Fahrerkabine)
  mit mehrstufiger optischer Anzeige und akustischer Warnung
- **Kamera-Monitor-System** für den Seitenbereich

Montage und Konfiguration

Empfehlung: Anbau des Monitors vertikal an der A-Säule rechts.



Die Sensoren sind auf der Beifahrerseite zu verbauen. Jeder Sensor hat einen Erkennungsradius von bis zu 2,5 Metern.

Systemabhängig bieten sich standardmäßig und/oder optional verschiedene Konfigurationsmöglichkeiten, wie beispielsweise:

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

Kamera und Ultraschallsensoren am vorderen Seitenbereich

Kombination: Sichtfelderfassung vorn und seitlich des Lkw

AAS auf Basis von Ultraschall oder Radar (siehe nächste Seiten) erkennen Radfahrer auch dann, wenn sie mit gleicher Geschwindigkeit wie das Nutzfahrzeug fahren.

Merkmale von AAS auf Ultraschallbasis mit integrierter KI (Künstlicher Intelligenz)

- System aus Sensoren und Steuereinheit mit Algorithmus zur Objekterkennung
- schnelle Detektion
- mehrstufige Warnung (abstandsbezogen)
- Unempfindlichkeit gegenüber Gegenlicht
- Erkennung auch von Objekten/Fahrradfahrern, die mit gleicher Geschwindigkeit wie das Nfz fahren
- Kombination mit Kamera-Monitor-System sinnvoll:
  - ermöglicht die bildhafte Kontrolle der Situation durch den Fahrer

- Akustische Warnung: Bei unmittelbar drohender Kollisionsgefahr ertönt zusätzlich ein akustisches Signal.
- Kombinationen: Weitere Sensoren/Kameras (z.B. für den rückwärtigen Bereich oder zur Rundumsicht) können integriert werden.
- Nacht-Sensor für das KMS: Dieser bietet ein Abdunkeln des Monitors zum Verhindern von Blendungen.
- Memory-Funktion: Das System merkt sich den Zustand, der zuletzt manuell eingestellt wurde.

Empfehlung:
Vor dem Kauf die genauen Anforderungen an das System definieren!

Hierzu Einsatzorte (z.B. vorwiegend innerstädtisch, Landstraße, Autobahn) und Einsatzarten des Fahrzeugs berücksichtigen.

Zur Nachrüstung geeignet!
(auch bei älteren Fahrzeugen)

3.2 Radarsysteme

Zuverlässige Objekterkennung

AAS auf Radarbasis können mithilfe optimierter Algorithmen zwischen sich bewegenden (wie Fahrrad- oder E-Scooter-Fahrern) und statischen Objekten (wie Verkehrsschildern) unterscheiden. Daher ist die Kombination mit einem KMS nicht zwingend erforderlich – aber empfehlenswert. Der seitlich am Fahrzeug befestigte Radarsensor detektiert Hindernisse im Gefahrenbereich auch bei widrigen Sichtverhältnissen zuverlässig. Gleichzeitig klassifiziert das System erkannte Hindernisse, z.B. Radfahrer, Passanten oder statische Objekte.

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 (optisch, ggf. zusätzlich akustisch oder haptisch).

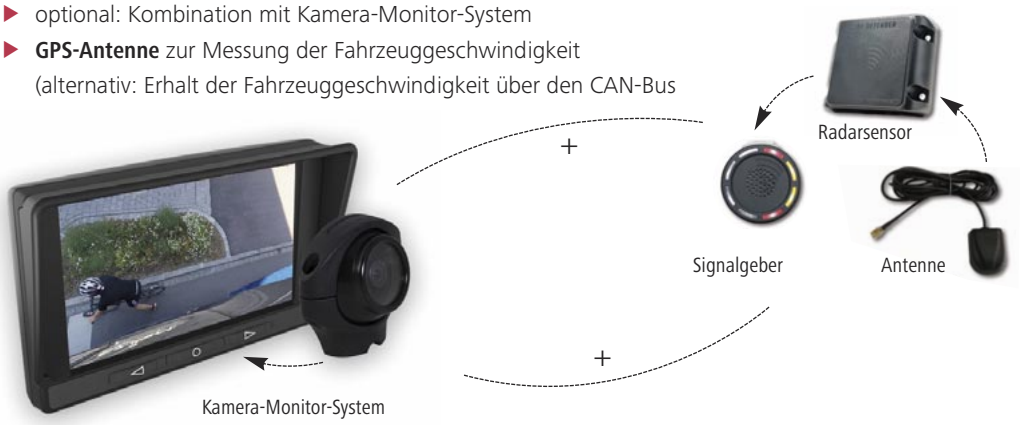
Das AAS kann mit einem KMS kombiniert werden. Über ein oder mehrere Kamerabilder ist der Fahrer in der Lage, auf dem Monitor das detektierte Objekt eindeutig zu identifizieren und die Situation zu überblicken.

Das radarbasierte AAS unterstützt die Erkennung von Objekten und ist dadurch in der Lage, Radfahrer in der Gefahrenzone als solche zu erkennen und den Fahrer des Lkw/Busses zu warnen.

Das AAS ist bei allen Fahrzeugklassen und Aufliegertypen einsetzbar.

Komponenten für Radarsysteme mit und ohne Kombination mit KMS

- **Radarsensor(en)** (seitlich an der Fahrzeugaußenkante montiert)
- **Anzeigeelement/Display** für Abstandsanzeige (in der Fahrerkabine)
- 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



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.)

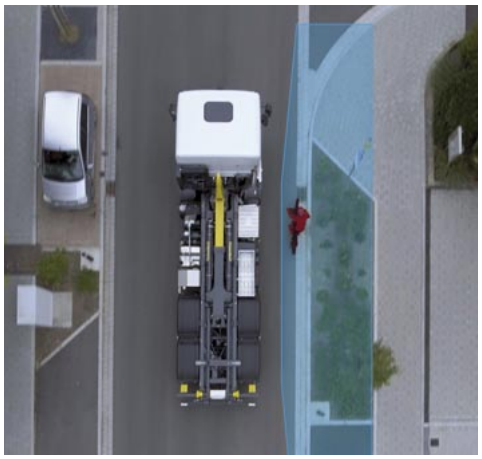
Je nach System kann ein größerer Gefahrenbereich als von den Empfehlungen des BMDV gefordert, rechts neben dem Fahrzeug erfasst werden.

Systemabhängig bieten sich standardmäßig und/oder optional verschiedene Konfigurationsmöglichkeiten, wie 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 Kamerabildern auf dem Monitor dargestellt.

Montagebeispiel: Radarsensor unterhalb des rechten Außenspiegels

Montagebeispiel: Radarsensor an unterer, rechter Seite des Lkw



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

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

Merkmale von AAS auf Radarbasis

- zuverlässige Objekterfassung u. Warnung
- geringe Fehlalarmquote
- präzise Messung von Entfernung und Geschwindigkeit
- mehrstufige Warnung (abstandsbezogen)
- Kombinationsmöglichkeiten (z.B. mit KMS)
- konkrete Situationsbeurteilung nur bei Verwendung eines KMS möglich
- Unabhängigkeit von Tageszeiten und Unempfindlichkeit gegenüber Gegenlicht, Verschmutzung und Witterung
- Langlebigkeit und Robustheit
- Erkennung auch von Radfahrern mit gleicher Geschwindigkeit wie das Nfz

- 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 des AAS gelieferten Daten können auch für Spurwechsel-Assistenten genutzt werden.
- Kombinationen: Weitere Sensoren/Kameras (z.B. für den rückwärtigen Bereich oder zur Rundumsicht) können integriert werden.

Zur Nachrüstung geeignet!
(auch bei älteren Fahrzeugen)

3.3 Optosensorische (KI-) Systeme

Intelligente Kamera mit Personenerkennung

Optosensorische AAS verwenden Kameras zur Personen- und Objekterkennung und kommen ohne zusätzliche Sensorik aus.
Die Kamerabilder werden vom AAS permanent in Echtzeit analysiert, um Objekte zu erkennen 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 Kap. 4) oder bisher auch der Bildverarbeitung (optischer Fluss).

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

„Intelligente" Kameras werden mithilfe von Deep Learning (Methode der KI, siehe Kap. 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.

„Optischer Fluss" (Pixel Flow / pixelbasierte Bildauswertung)**: Verfahren, um Informationen, wie Geschwindigkeit und Richtung von Objekten, aus aufeinanderfolgenden Bildern zu erhalten.**

Es ist davon auszugehen, dass AAS auf Basis des optischen Flusses künftig keine Rolle spielen, da diese, im Gegensatz zu KI-basierten Systemen, die Anforderungen der UN ECE R151 und des BMDV nicht erfüllen.

Komponenten für optosensorischen AAS mit KI

- 1 bis 2 **Seitenkameras** plus **Steuerbox für KI-Softwarebasierte Erkennung**
- **Digitalmonitor** oder **LED-Anzeigeelement** in der Fahrerkabine
- optional akustischer Signalgeber in der Fahrerkabine
- optional Lenkwinkelsensor

Montage und Konfiguration

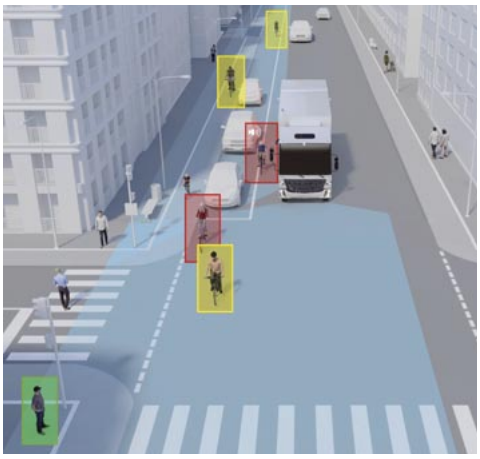
Die Digitalkamera kann innerhalb vorgegebener Bereiche an der rechten oberen Außenseite des Fahrzeugs montiert werden, auf der Fahrerkabine oder dem Fahrzeugaufbau.
Der Detektionsbereich, kann, je nach System, über einen Laptop auf die jeweils spezifischen Anforderungen eingestellt werden.

Schnelle Montage und Konfiguration:
Je nach System ist der Zeitaufwand für die Montage und Konfiguration im Vergleich zu Ultraschall- oder Radarsystemen gering.

Systemabhängig ergeben sich verschiedene Konfigurationsmöglichkeiten, wie beispielsweise:

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

Digitalkameramodule können zum Beispiel in einen sogenannten Kameraarm („Wing“) eingelassen werden und sind dann besonders geschützt.



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 Erkennung auch bei größeren Entfernungen möglich, sodass die Anforderungen der UNECE R151 erfüllt werden können.

Merkmale von optosensorischen AAS mit KI

- 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 KI, aufgrund eindeutiger Unterscheidung zwischen Objektklassen
- inkl. Nachtsichtfunktion
- für Anhängerwechsel geeigne
- 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, Kranwagen, Betonmischern, Tiefladern.

4 Personen- und Objekterkennung

Intelligente Software und KI

Die Nutzungsmöglichkeiten von Software, vernetzten Systemen und KI-basierenden Lösungen drängen in die Praxis, werden intensiv weiterentwickelt und vorangetrieben – das gilt sowohl für branchenspezifische als auch für -übergreifende Lösungen bei Anwendungen in der Personen- und Objekterkennung und zur Prozessverbesserung und zur Erhöhung der Sicherheit auf Baustellen und im Straßenverkehr.

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

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

Digitalisierung liefert die Basis dafür, gleichzeitig

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

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

Anwendungsbeispiel – Data Analytics zum Erkennen von Unfallschwerpunkten:

- **Mittels Deep-Learning können auch Unfallschwerpunkte erkannt werden. Hierzu werden bei jeder Detektion einer potenziellen Kollision anonymisiert das Datum, die Uhrzeit und die GPS-Position der mobilen Maschine erfasst.
Über eine gewisse Zeit und Datenmenge können somit „Hotspots“ ermittelt und präventive Maßnahmen, wie z.B. Verbesserung der Einsehbarkeit oder ein Einbremsen eingeleitet werden.**

KI (Künstliche Intelligenz)

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

ML (Maschinelles Lernen/Machine Learning)

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

Deep Learning (Methode der KI)

Teilgebiet des „ML“; Verwendung „tiefer“ – also komplexer, vielschichtiger neuronaler Netze, die von großen Datenbeständen lernen. Ermöglicht u.a. eine Klassifizierung der detektierten Objekte. Beispiel Objekterkennung: charakteristische Dopplereffekte (wahrnehmbare Frequenzänderung bei Annäherung oder Entfernung eines vorbeifahrenden Fahrzeugs) **unterscheiden, ob es sich z.B. um Personen oder andere Objekte handelt.**

4.1 Künstliche Intelligenz (KI)

Aufgaben schnell, fehlerfrei und autonom lösen

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

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

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

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

www.netzwerk-baumaschinen.de

Neuronale Netze

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

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

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

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

Eine besondere und für die Personen- und Objekterkennung relevante Anwendung der KI ist die sogenannte Machine Vision oder Vision AI (AI = Artificial Intelligence).

Machine Vision erfasst und analysiert visuelle Informationen mit 2D- und 3D-Kameras und wird oft mit dem menschlichen Sehvermögen verglichen, da sie einer Maschine quasi ermöglicht, sehen zu können. Ziel ist, die so erfassten visuellen Informationen für Schlussfolgerungen nutzen zu können.

KI-Systeme sind von ihren Daten abhängig

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

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

4.2 Beispiele für Objektdetektion mittels künstlicher Intelligenz (KI)

Kamerabasierte Kollisionswarnung

Digitaler Bildschirm

Video-Einheit mit KI-Software

LVDS–Kamera

Fotos oben: Beispiel eines Systems mit integrierter KI zur Personenerkennung auf einer Steuerbox/Videoeinheit

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

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

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

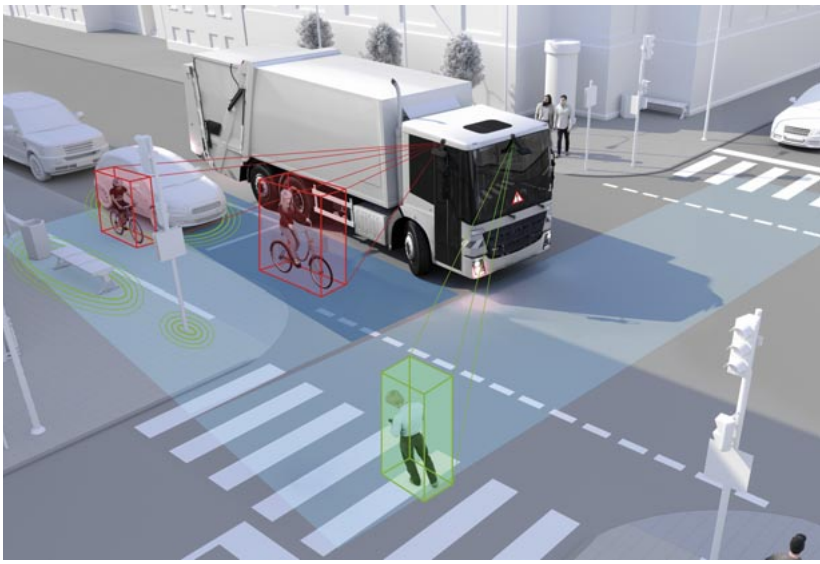


Abbildung oben – Anwendungsbeispiel Personen-/Objekterkennung:
Die am Fahrzeug montierten und damit bekannten Kamerapositionen werden herangezogen, um eine ausreichend genaue Entfernungseinschätzung abzugeben, die eine rechtzeitige Warnung möglich macht. Voraussetzung dafür ist ein einmaliger Kalibriervorgang bei Montage der Kameras.

Klassifizierung bei KMS

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

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

Foto oben: Beispiel einer Digitalkamera mit Personenerkennung direkt auf der Kamera (embedded), ohne zusätzliche Hardware

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

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

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

4.2.1 Einsatz von KI bei AAS

Kamerabasierte Kollisionswarnung durch KI findet ein immer größeres Spektrum an Anwendungsmöglichkeiten – auch bei Nutzfahrzeugen, Bussen und in mobilen Arbeitsmaschinen in verschiedenen Bereichen und Umgebungen. Überall dort, wo sich Objekte in (permanent) dynamischen Prozessen befinden, besteht ein besonders hohes Gefährdungspotenzial, das mittels KI verringert werden kann.

Abbiegeassistenten mit KI (siehe auch Kapitel 3.3) nutzen die lernenden Algorithmen zur zuverlässigen Detektion gefährdeter Personen, wie Fahrradfahrer und Fußgänger.

- **Die speziell trainierte KI kann neben der Klassifizierung und Positionsbestimmung von detektierten Personen und Objekten zusätzlich Bewegungsverläufe errechnen und damit drohende Kollisionen „vorhersehen".**

In der Steuerbox werden die Kameradaten erfasst und mithilfe der KI verarbeitet.

Intelligente Bewegungserkennung

Durch die über Deep-Learning-Prozesse speziell entwickelte KI werden die Bilder der Kamerasensoren ausgewertet und der zukünftige Bewegungsverlauf der gefährdeten Objekte errechnet. Parallel dazu wird u.a. auch die Bewegungsrichtung des eigenen Fahrzeuges berechnet. Überschneiden sich beide Vektoren (berechnete Bewegungslinien) warnt das System den Fahrer vor der Kollisionsgefahr.

Erweiterter Detektionsbereich

Der Detektionsbereich kann durch die Kombination von Kamera und KI deutlich erweitert werden. So erkennt das Abbiegeassistenzsystem beispielweise Objekte/Personen seitlich der Fahrzeugfront – auch in der zweiten Reihe hinter beispielsweise parkenden Autos – und Radfahrer mit exakt gleicher Geschwindigkeit wie das Nutzfahrzeug bzw. der Bus.

Weitere Systemeigenschaften

KI-basierte Abbiegeassistenzsysteme

- funktionieren auch bei eingeschränkten Lichtverhältnissen problemlos,
- sind anwendbar für verschiedene Fahrzeugtypen und einfach zu montieren,
- können leicht durch Softwareupdates aktualisiert werden.

Großes Bild: Beheizter „Kamera-Wing" mit intelligenten Kamerasensoren (siehe Kapitel 3.3 Optosensorische Systeme), die den Bereich neben dem Fahrzeug erfassen. Durch eine integrierte Heizung ist das System auch bei schlechten Wetterbedingungen problemlos nutzbar.

Kleines Bild oben: Darstellung der gefährdeten Objekte/Personen auf dem Monitor in der Fahrerkabine

Kleines Bild links: Klassifizierung der erkannten Personen und Objekte (Anzeige durch farbige Kennzeichnung auf dem Monitor – grün markiert: Personen, blau markiert: stationäre Objekte, gelb markiert: sich bewegende Fahrzeuge)

Klassifizierung bei Radarsystemen (siehe auch Kapitel 3.2)

In Verbindung mit einem KMS kann der Fahrer die von den Sensoren detektierten Objekte/ Personen konkretisieren

Auch spezielle Radarsysteme können in Verbindung mit gezielten Algorithmen zwischen sich bewegenden und statischen Objekten unterscheiden.
Radare bieten die Möglichkeit, ergänzend die Abstände der detektierten Objekte zum Fahrzeug in Form von Koordinaten sowie die Geschwindigkeit der Objekte zu messen.
Ort und Bewegungsrichtung werden bestimmt und es kann eine Objektverfolgung sowie eine Vorhersage der Bewegungsbahn erfolgen.

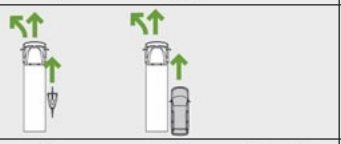
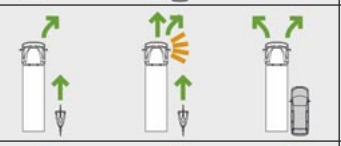
Der Objektort wird durch Laufzeitmessungen und die Objektgeschwindigkeit durch den Dopplereffekt ermittelt.
Eine Klassifizierung der detektierten Objekte ist ebenfalls möglich. Durch charakteristische Dopplereffekte wird unterschieden, ob es sich beispielsweise um Personen oder andere Objekte handelt.
Radarsensoren sind unempfindlich gegenüber Umweltbedingungen, wie Regen, Schnee und Dunkelheit.

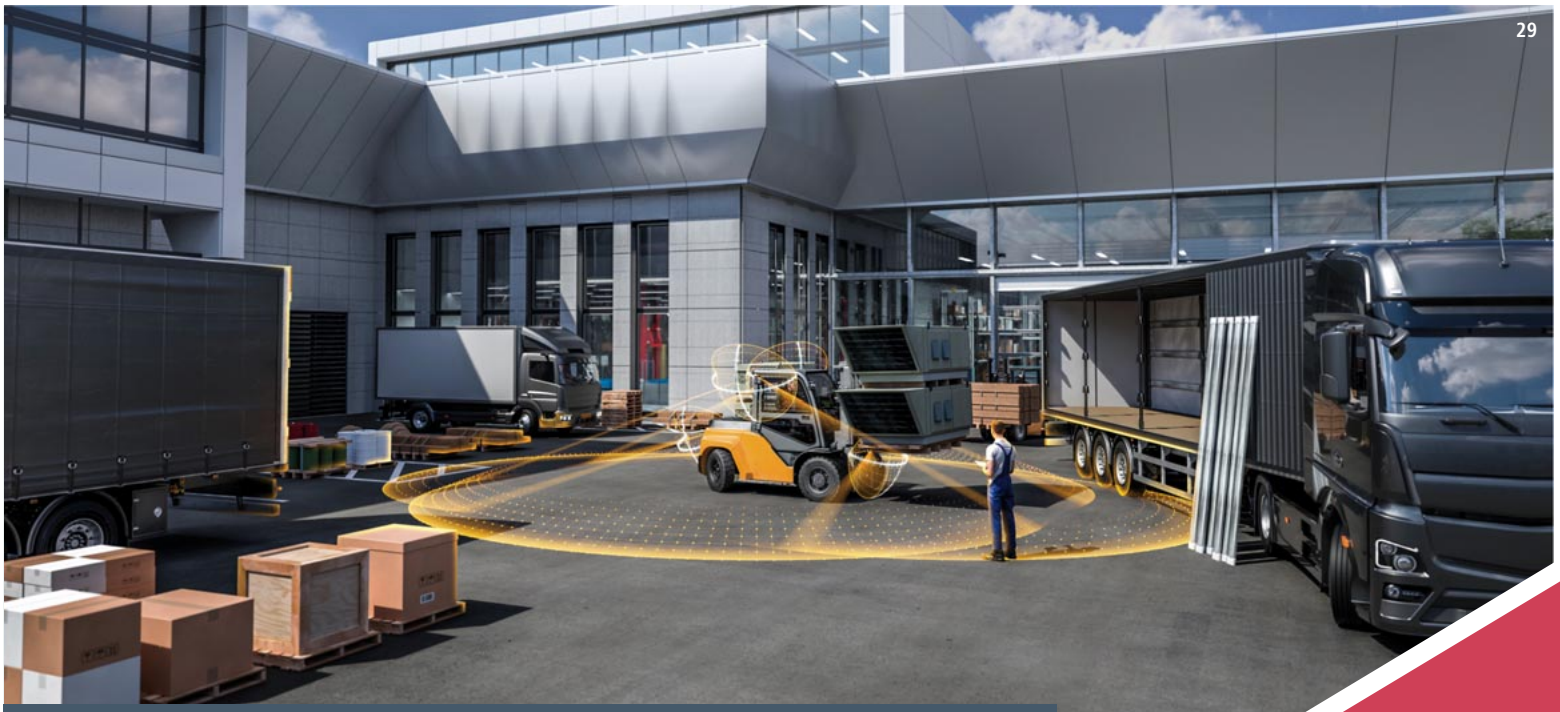
Klassifizierung bei Ultraschallsystemen (siehe auch Kapitel 3.1)

Eine neue Generation von Ultraschallsystemen ist aufgrund einer speziell entwickelten KI in der Lage unterschiedliche Objekte zu klassifizieren und die Kollisionsgefahr mit diesen zu berechnen.

Ultraschallsensoren können zuverlässig Abstände zu Objekten ermitteln, sind jedoch selbst nicht in der Lage, Richtungs- oder Geschwindigkeitsbestimmungen vorzunehmen oder auch Objekte zu klassifizieren.
Beim Verwenden einfacher AAS auf Ultraschallbasis kommt es daher zu häufigen Fehlalarmen. Die Einbindung von KI kann hier Abhilfe schaffen, da diese nur bei den erlernten Objektklassen eine Warnung an den Fahrer ausgibt.
(» siehe Beispieltabelle unten)

Meldungen für den Fahrer

Erkannte Gefahr	Beispielszenario	Warnung an den Fahrer
Unbewegliches Objekt erkannt – Gegenstand, Fahrzeug oder gefährdeter Verkehrsteilnehmer erkannt, der sich nicht bewegt und sich nicht im Weg des Fahrzeugs befindet. Keine Kollisionsgefahr. **Keine Warnung des Fahrers.**		
Bewegliches Objekt erkannt – Fahrzeug oder gefährdeter Verkehrsteilnehmer erkannt, der sich bewegt, aber nicht im Weg des Fahrzeugs befindet. Minimale Kollisionsgefahr. **Gelbe optische Warnung. Keine akustische Warnung.**		
Bewegliches Objekt in Fahrzeugnähe erkannt – Fahrzeug oder gefährdeter Verkehrsteilnehmer in Bewegung erkannt in unmittelbarer Nähe, aber nicht im Weg des Fahrzeugs. Minimale Kollisionsgefahr, aber Fahrer wird auf Präsenz hingewiesen. **Blinkende gelbe optische Warnung. Keine akustische Warnung.**		
Kollisionsgefahr – Fahrzeug, gefährdeter Verkehrsteilnehmer in Bewegung oder unbeweglicher Gegenstand erkannt im Weg des abbiegenden oder blinkenden Fahrzeugs. Fahrer wird vor Kollision gewarnt. **Blinkende gelbe optische Warnung. Hoher akustischer Warnton.**		
Hohe Kollisionsgefahr – Fahrzeug, gefährdeter Verkehrsteilnehmer in Bewegung oder unbeweglicher Gegenstand erkannt im direkten Weg des abbiegenden Fahrzeugs. Fahrer wird durch eindringliche Warnung Fahrer zu sofortigen Maßnahmen aufgefordert. **Blinkende rote optische Warnung. Hoher akustischer Warnton.**		



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

Kollisionsvermeidung bei mobilen Arbeitsmaschinen und Nutzfahrzeugen

Publikationen des Netzwerk Baumaschinen NRMM CV

Personen-/Objekterkennung, Warnung in Gefahrenbereichen

Kamera-, Sensoriksysteme, intelligente Software bei mobilen Arbeitsmaschinen

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

b) Version: Flurförderzeugen (FFZ)

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

- Leitfäden für Betreiber, Beschäftigte, Hersteller und Aufsichtspersonen

Abbiegeassistenzsysteme im Einsatzbereich

a) Version: schwerer Nutzfahrzeuge und Busse

b) Version: Lkw, Kommunalfahrzeuge und LoF-Fahrzeuge

- Leitfäden für Betreiber, Beschäftigte, Hersteller und Aufsichtspersonen

Kamera-Monitor-Systeme – Sinnvoll und sicher nachrüsten

Tipps zum Einbau von Kamera-Monitor-Systemen bei Baumaschinen

- Leitfaden für Unternehmen, Fachhändler und Montagewerkstätten

Profis nehmen Rücksicht

Gefahren durch Sichteinschränkungen erkennen und vermeiden

- Praxishilfe für Arbeitgeber, Arbeitnehmer und Interessenvertretungen

Erdbaumaschinen wirtschaftlich und sicher einsetzen

Maßnahmen kennen – produktiv arbeiten – profitieren

- Praxishilfe für Betreiber, Unternehmer und Führungskräfte

Funktionale Sicherheit bei mobilen Arbeitsmaschinen und Fahrzeugen

Safety und Industrial Security bei Entwicklung und Verwendung von Steuerungssystemen

- Information für Betreiber, Hersteller und Aufsichtspersonen

5 Allgemeine Grundlagen für die Beschaffung und den Betrieb

Achten Sie bei der Auswahl und Montage technischer Hilfsmittel unbedingt auf die Qualität!.

Potenziale und Grenzen technischer Hilfsmittel

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

Kameratechnologien, Warn- und Sensorsysteme sind technische Hilfsmittel zum Erkennen von Personen und Objekten im Gefahrenbereich z.B. von Nutzfahrzeugen, Bussen und mobilen Maschinen. Diese Systeme unterstützen die Überwachung des Nahbereichs vor, hinter und um das jeweilige Fahrzeug/die Maschine herum.

- AAS dienen der Überwachung des seitlichen Bereichs rechts neben dem Lkw/Bus, um den Fahrer vor einer möglichen Gefährdung von Fahrradfahrern zu warnen.

ACHTUNG:

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

12 VDC ≠ 24 VDC

- **Zur Kompatibilität der Systeme unbedingt die Bordnetzspannung prüfen! – vor allem bei Anhängern, Aufliegern und Anbauten.**

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 ergonomische 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 beauftragen!

Prüfungen durch die zur Prüfung befähigte Person

Von der richtigen Montage eines Warn- oder Assistenzsystems hängt die Sicherheit des Fahrzeugs/der mobilen Maschine ab (siehe § 14 Abs.1 und 2 BetrSichV).
Die Montage beeinflusst die Sicherheit.

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).

Die folgende **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 äußere oder innere 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/Bediener und stellt sicher:

- die Funktion und die Wirksamkeit der Bedienungs- und Sicherheitseinrichtungen
- Spiegel, KMS-, Warn- und Sensoriksysteme auf Vollständigkeit, Funktion, richtige Einstellung und Sauberkeit
- dass festgestellte Mängel sofort dem Aufsichtführenden mitgeteilt werden – bei einem Wechsel des Fahrers/Bedieners auch dem ablösenden Kollegen, wie zum Beispiel:
  - 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 von Fahrzeug/Maschine achtet der Fahrer/Bediener:

- auf den betriebssicheren Zustand und auf augenfällige Mängel.
- Festgestellte Mängel sind sofort dem Vorgesetzten mitzuteilen – bei einem Wechsel des Bedieners/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.

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!

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 kümmert sich um die Qualifikation und Unterweisung der Beschäftigten und trägt dafür Sorge, dass die Vorgesetzten die Umsetzung überwachen.
- 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.

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

Einweiser

Ist keine ausreichende Sicht – weder direkt, noch mittels technischer Maßnahmen wie Spiegel, KMS, Sensorik – möglich, sind Einweiser erforderlich! (StVO § 9, Abs. 5)

1) im öffentlichen Verkehrsraum – Geltungsbereich der StVO
2) wenn die Gefährdung anderer Personen nicht sicher ausgeschlossen werden kann

Nur wenn durch die Benutzung geeigneter Einrichtungen, wie Kamera-Monitor-Systeme oder Rückfahrassistenzsysteme die uneingeschränkte Überwachung des Fahrwegs gewährleistet werden kann, darf auf Einweiser verzichtet werden –
wenden Sie sich an die für Ihren Betrieb zuständige Berufsgenossenschaft/Unfallkasse!

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

6 Regelwerke und Normen

Betrifft Betreiber / Arbeitgeber / Fahrzeughalter

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

- **TRBS 1111** – Gefährdungsbeurteilung
- **TRBS 1151** – Gefährdungen an der Schnittstelle Mensch-Arbeitsmittel – Ergonomische und menschliche Faktoren, Arbeitssystem
- **TRBS 1201** – Prüfungen und Kontrollen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen
- **TRBS 1203** – Zur Prüfung befähigte Personen
- **TRBS 2111** Teil 1 – Mechanische Gefährdungen – Maßnahmen zum Schutz vor Gefährdungen beim Verwenden von mobilen Arbeitsmitteln

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

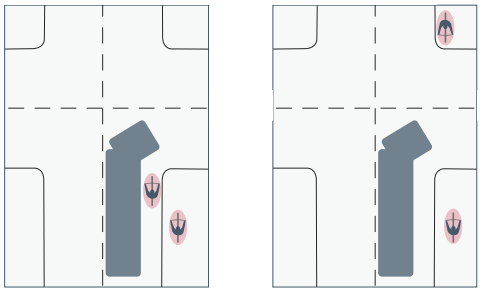
- **DGUV Vorschrift 70 u. 71** – Fahrzeuge

- **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

- **DGUV GS-VL 40** – Grundsätze für die Prüfung und Zertifizierung von Rückfahrassistenzsystemen für Nutzfahrzeuge

- **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



- **BMDV VkBl. 4/2022, Nr. 65** – Empfehlungen zu den technischen Anforderungen an Abbiegeassistenzsysteme für die Aus- und Nachrüstung an Nutzfahrzeugen mit einer zulässigen Gesamtmasse von mehr als 3,5 t und Kraftomnibussen mit mehr als 9 Sitzplätzen einschließlich Fahrerplatz zur Erteilung einer Allgemeinen Betriebserlaubnis für Abbiegeassistenzsysteme

- **UNECE R151** – Blind Spot Information System for the Detection of Bicycles (deutsch: Totwinkel-Informationssystem zur Erkennung von Fahrrädern)

Abkürzungen:

TRBS – Technische Regeln für die Betriebssicherheit
EmpfBS – Empfehlungen zur Betriebssicherheit

Branchenregel Güterverkehr (DGUV Regel 114–615)
der Deutschen Gesetzlichen Unfallversicherung e.V., **www.dguv.de**

Betrifft Hersteller

- **ProdSG** – Produktsicherheitsgesetz
- **MRL** – EU-Maschinenrichtlinie 2006/42/EG
- **RL 2004/104/EG** – EMV Richtlinie Kraftfahrzeuge
- **ISO 11429** – Ergonomie – System akustischer und optischer Gefahren- und Informationssignale
- **ISO 15008** – Anforderungen an Displaysysteme in Fahrzeugen
- **ISO 19237** – Intelligente Verkehrssysteme – Fußgängererkennungs- und Kollisionsvermeidungssysteme (PDCMS) – Systemanforderungen und Prüfprozeduren
- **ISO/DIS 22078:2019** – Intelligent transport systems - Bicyclist detection and collision mitigation systems (BDCMS)
- **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**. Diese Verordnung (EU) 2023/1230 ist **ab 14.01.2027** 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
- **DIN EN ISO 26800** – Ergonomie – Genereller Ansatz, Prinzipien und Konzepte
- **DIN EN 61310** – Sicherheit von Maschinen – Anzeigen, Kennzeichen und Bedienen

Abkürzungen:

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

UNECE-Regelungen

- **R 10** – Elektromagnetische Verträglichkeit/Funkentstörung
- **R 46** – Einrichtungen für indirekte Sicht und ihre Anbringung
- **R 71** – Landwirtschaftlichen Zugmaschinen – Sichtfeld
- **R 121** – Verwendbarkeit von Warn- und Bedieneinrichtungen
- **R 130** – Spurhaltewarnsystem
- **R 131** – Notbremsassistenzsysteme (AEBS)
- **R 151** – Abbiegeassistenzsysteme (AAS)/ Blind Spot Information System (BSIS)
- **R 158** – Rückfahrassistenzsysteme (RAS)
- **R 159** – Anfahrinformationssysteme
- **VO (EU) 2021/1958** – Intelligenter Geschwindigkeitsassistent
- **VO (EU) 2021/1341** – Warnsystem bei Müdigkeit und nachlassender Aufmerksamkeit des Fahrers

Durch die Verordnung VO (EU) 2019/2144 „Kfz-Typgenehmigung (allgemeine Sicherheit)" gilt die Ausrüstpflicht mit AAS/BSIS und weiterer FAS/FIS für alle neue Fahrzeugtypen seit 07/2022 und für alle Erstzulassungen ab 07/2024.

7 Hintergründe zur Nachrüstung

ProdSG, MRL, BetrSichV, StVZO, StVO

Welche Anforderungen Maschinen erfüllen müssen, wenn sie auf dem Markt bereitgestellt werden, ergibt sich aus dem Produktsicherheitsgesetz (ProdSG) in Verbindung mit der 9. Verordnung zum ProdSG. Damit ist die europäische Rechtsvorschrift für Maschinen, die Maschinenrichtlinie (MRL), in nationales Recht umgesetzt.

Nach § 2 Nummer 4 ProdSG ist die Bereitstellung auf dem Markt (Inverkehrbringen = erstmalige Bereitstellung) im Sinne dieses Gesetzes „jede entgeltliche oder unentgeltliche Abgabe eines Produkts zum Vertrieb, zum Verbrauch oder zur Verwendung auf dem Markt der EU im Rahmen einer Geschäftstätigkeit – unabhängig davon, ob das Produkt neu, gebraucht, wieder aufgearbeitet oder wesentlich verändert worden ist […].“

Quelle: Bundesministerium für Arbeit und Soziales, Produktsicherheitsgesetz/9. ProdSV (Maschinenverordnung) – Interpretationspapier zum Thema "Wesentliche Veränderung von Maschinen" (Bek. des BMAS vom 09.04.2015 – IIIb5-39607-3 – im GMBl 2015, Nr. 10, S. 183-186)

Betrachtung der Nachrüstungen von Warn-/Sensoriksystemen, unter der Fragestellung: Handelt es sich um eine „wesentliche Veränderung“ der Maschine?, zum Beispiel bei

- nachgerüstetem Ultraschall- oder Radarsystem mit optischer/akustischer Warnung oder
- nachgerüstetem System mit intelligenter Kamera mit optischer/akustischer Warnung.

Was bedeutet das für die Nachrüstung von den im Leitfaden genannten Assistenzsystemen – was ist nach MRL und BetrSichV zu beachten?

Was sagt die Maschinenrichtlinie?

Gemäß den Bestimmungen des ProdSG ist ein gebrauchtes Produkt, das gegenüber seinem ursprünglichen Zustand wesentlich verändert wird, als neues Produkt anzusehen. Es stellt sich damit die Frage, ab wann ein Umbau einer Maschine als Bau einer neuen Maschine gilt, welche der Maschinenrichtlinie unterliegt. Das vom BMAS veröffentlichte Interpretationspapier „Wesentliche Veränderung von Maschinen“ gibt hierzu Hilfestellung. Darin heißt es:

> „Der Austausch von Bauteilen der Maschine durch identische Bauteile oder Bauteile mit identischer Funktion und identischem Sicherheitsniveau sowie **der Einbau von Schutzeinrichtungen, die zu einer Erhöhung des Sicherheitsniveaus der Maschine führen und die darüber hinaus keine zusätzlichen Funktionen ermöglichen, werden nicht als wesentliche Veränderung angesehen**.“

Da bei den genannten Nachrüstungsbeispielen lediglich die Sicherheit erhöht, jedoch keine neue Funktion (wie z.B. autonomes Fahren) geschaffen wird, handelt es sich nicht um eine „wesentliche Veränderung“ und führt nicht dazu, die nachgerüstete Maschine als neues Produkt einzustufen.

Was sagt die Betriebssicherheitsverordnung?

Aus Arbeitsschutzvorschriften können sich für den Arbeitgeber, der die Maschine seinen Beschäftigten als Arbeitsmittel zur Verfügung stellt, betriebliche Arbeitsschutzpflichten ergeben. Hierzu zählt u.a. eine

Gefährdungsbeurteilung nach § 3 der BetrSichV.

Aufgrund der Gefährdungsbeurteilung können Maßnahmen, vorrangig technische wie z.B. die Nachrüstung eines ASS, notwendig werden, um den Beschäftigten ein sicheres Arbeitsmittel zur Verfügung zu stellen (s. auch EmpfBS 1114 „Anpassung an den Stand der Technik“). Darüber hinaus ist zu prüfen, ob eine Anpassung der Informationen zum sicheren Betrieb der Maschine, wie z.B. Betriebsanweisung, erforderlich ist (vgl. § 12 BetrSichV).

Prüfung durch eine „zur Prüfung befähigten Person“ nach BetrSichV § 2 Abs. 9 und § 10 Abs. 5

Bei Änderungen der Maschine mit Auswirkung auf die Sicherheit ist zudem eine Prüfung durch eine „zur Prüfung befähigte Person“ vor dem erneuten Verwenden erforderlich (siehe hierzu auch Kapitel 5).

Was sagen die StVZO und StVO?

Die **Straßenverkehrs-Zulassungs-Ordnung (StVZO)** schreibt die Grundregeln für die Zulassung von Fahrzeugen zum Straßenverkehr fest und enthält u.a. Bestimmungen bezüglich der Betriebserlaubnis, Bauartgenehmigung, Bau- und Betriebsvorschriften. Bei der Nachrüstung von FAS sind insbesondere folgende Regelungen zu beachten (gekürzte Wiedergabe):

Erteilung und Wirksamkeit der Betriebserlaubnis (§ 19, Abs. 2)

Die Betriebserlaubnis erlischt, wenn Änderungen vorgenommen werden, durch die eine Gefährdung von Verkehrsteilnehmern zu erwarten ist.
=> Dies kann beispielsweise der Fall sein, bei nicht abgerundeten Kanten des AAS oder bei einem zu tief sitzendem Montageort.

Beschaffenheit der Fahrzeuge (§ 30, Abs. 1)

Fahrzeuge müssen so gebaut und ausgerüstet sein, dass
1. ihr verkehrsüblicher Betrieb niemanden schädigt oder mehr als unvermeidbar gefährdet, behindert oder belästigt,
2. die Insassen insbesondere bei Unfällen vor Verletzungen möglichst geschützt sind und das Ausmaß und die Folgen von Verletzungen möglichst gering bleiben.

Einrichtungen zum sicheren Führen der Fahrzeuge (§ 35b, Abs. 2)

Für den Fahrzeugführer muss ein ausreichendes Sichtfeld unter allen Betriebs- und Witterungsverhältnissen gewährleistet sein.

Die **Straßenverkehrs-Ordnung (StVO)** legt die Regeln für sämtliche Teilnehmer am Straßenverkehr auf öffentlichen Straßen, Wegen und Plätzen fest.
Der Fahrende trägt die Verantwortung für sein Handeln im Straßenverkehr. Hierzu zählt u.a. die Beachtung von

Sonstigen Pflichten von Fahrzeugführenden (§ 23, Abs. 1).

Wer ein Fahrzeug führt, ist dafür verantwortlich, dass seine Sicht und das Gehör nicht durch die Geräte oder den Zustand des Fahrzeugs beeinträchtigt werden.

Wer ein Fahrzeug führt, darf ein elektronisches Gerät, das der Kommunikation, Information oder Organisation dient oder zu dienen bestimmt ist, nur benutzen, wenn:

1. hierfür das Gerät weder aufgenommen noch gehalten wird und
2. entweder nur eine Sprachsteuerung und Vorlesefunktion genutzt wird oder zur Bedienung und Nutzung des Gerätes nur eine kurze, den Straßen-, Verkehrs-, Sicht- und Wetterverhältnissen angepasste Blickzuwendung zum Gerät bei gleichzeitig entsprechender Blickabwendung vom Verkehrsgeschehen erfolgt oder erforderlich ist.

Bei der Nachrüstung von Abbiegeassistenzsystemen sollte darauf geachtet werden, dass eine ABE, also eine „Allgemeine Betriebserlaubnis" (§22 StVZO) für das System vorliegt. Anderenfalls ist eine Einzelabnahme erforderlich nach § 21 StZVO.
Die Einbauhinweise des Herstellers sind unbedingt zu beachten.

Außerdem ist i.d.R. eine umgehende Überprüfung des korrekten Anbaus durch einen amtlich anerkannten Sachverständigen für den Kfz-Verkehr oder einen Prüfingenieur einer Überwachungsorganisation erforderlich.
Nur so führt der Einbau nicht zum Erlöschen der Betriebserlaubnis des Fahrzeugs.
Der Nachdruck der ABE des AAS ist mitzuführen.

8 Glossar, Abkürzungen

Begriffserläuterungen

Warn-/Assistenz-Systeme

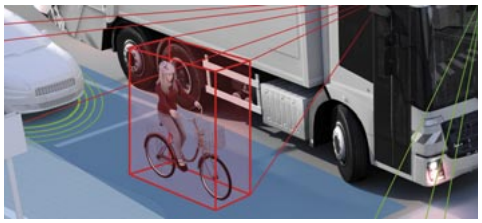
- **AAS** – Abbiegeassistenzsystem
- **ABS** – Antiblockier-/Bremsregelsystem
- **ACC** – Abstandsregeltempomat (Adaptive Cruise Control)
- **AEBS** – Notbremsassistenzsystem (Advanced Emergency Braking System)
- **BSIS** – Abbiegeassistenzsystem (AAS) (Blind Spot Information System)
- **ESP/ESC/EVSC** – Elektronische(s) Stabilitätsprogramm/Fahrdynamikregelung
- **FAS** – Fahrerassistenzsystem
- **FIS** – Fahrerinformationssystem
- **GPS** – Satellitennavigationssystem (Global Positioning System)
- **GPIO** – Ein- und Ausgang (General Purpose Input Output)
- **KMS** – Kamera-Monitor-System
- **LDWS** – Spurhaltewarnsystem (Lane Departure Warning System)
- **PDCMS** – Fußgänger-Notbremsassistenten (Pedestrian detection and collision mitigation systems)
- **RAS** – Rückfahrassistenzsystem/ Rangierassistenzsystem

Methoden zur Abstandsmessung

- **FMCW-Radar** – Dauerstrichradar (Frequency Modulated Continuous Wave)
- **Lidar** – Light/Laser Detection and Ranging
- **PMD** – Photomischdetektor (Photonic Mixing Device)
- **Radar** – Radio Detection and Ranging
- **ToF** – Laufzeitmessung (Time of Flight)

Fahrzeuge/Verkehrsteilnehmer

- **Kom** – Kraftomnibusse
- **Nfz** – Nutzfahrzeug
- **VRU** – ungeschützte Verkehrsteilnehmer (Vulnerable Road Users)



EG-Fahrzeugklassen

- **Fahrzeuge zur Güterbeförderung (Lkw)**, u.a.
  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)**, u.a.
  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 inkl. Sattelanhänger**, u.a.
  Klasse O3 – mit zGM von mehr als 3,5 t, **Klasse O4** – mit zGM von mehr als 10 t

Technische/allgemeine Begriffe

- **BIST** – integrierter Selbsttest (Built-in self-test)
- **CAN-Bus** – Schnittstelle für seriellen Datenaustausch zwischen Steuergeräten (Controller Area Network)
- **ECU** – Electronic Control Unit (elektronische Steuerung/Steuereinheit)
- **EMV** – Elektromagnetische Verträglichkeit
- **FMEDA** – Fehlermöglichkeit-, Einfluss- und Diagnose-Analyse
- **FMEA** – Fehlermöglichkeits- und Einfluss-Analyse
- **Funktionale Sicherheit** – Sicherheitsbezogene Zuverlässigkeit
- **HMI** – Benutzerschnittstelle (Human Machine Interface)
- **KI** – Künstliche Intelligenz
- **LVDS** – Schnittstellen-Standard für Hochgeschwindigkeits-Datenübertragung (Low Voltage Differential Signaling)
- **MAB** – Merkblatt zur Anfangsbewertung des Kraftfahrt-Bundesamtes
- **NSR** – nicht sicherheitsrelevant
- **PFH** – Ausfallwahrscheinlichkeit pro Stunde
- **PG** – Prüfgrundsatz
- **PL** – Performance Level (Sicherheitsniveau, Stufe der Sicherheitsintegrität)
- **PLr** – erforderlicher Performance Level
- **Telematik** – Verknüpfung von Telekommunikation und Informatik
- **VkBl** – Verkehrsblatt (Amtsblatt des BMDV)

Genehmigungen/Zertifizierungen

- **ABE** – Allgemeinen Betriebserlaubnis (im Sinne des § 22 StVZO) ist eine Typengenehmigung, die bei Fahrzeugteilen vom KBA erteilt wird
- **CE** – „Conformité Européenne"/ europäische Konformität
- **Typgenehmigung** – Bestätigung der Einhaltung festgelegter Sicherheitsstandards

Institutionen

- **BALM** – Bundesamt für Logistik und Mobilität (ab 2023); vormals **BAG** – Bundesamt für Güterverkehr
- **BASt** – Bundesanstalt für Straßenwesen
- **BGL** – Bundesverband Güterkraftverkehr, Logistik und Entsorgung
- **BMAS** – Bundesministerium für Arbeit und Soziales
- **BMDV** – Bundesministerium für Digitales und Verkehr (seit 2022); vormals: **BMVI** – Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
- **DGUV** – Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung
- **KBA** – Kraftfahrt-Bundesamt
- **UN ECE** – United Nations Economic Commission for Europe (Wirtschaftskommission für Europa der Vereinten Nationen)

Zuständigkeiten Typgenehmigung, Prüfgrundlagen, Förderung

- **BALM** – u.a. Informationen zu Fördermöglichkeiten unter www.balm.bund.de)
- **BASt** – u.a. Herausgeber der Kriterien für die „Empfehlungen zu den technischen Anforderungen von AAS" des BMVI/BMDV
- **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 (Prüfung durch akkreditiertes Prüflabor siehe Kapitel 3)

Impressum

Netzwerk Baumaschinen NRMM CV

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

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

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

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

Wir bedanken uns für die zur Verfügungstellung von Bildmaterial:

Titelseite: Gesamtverband der Deutschen Versicherungswirtschaft e.V. (GDV), Netzwerk Baumaschinen/ DLG TestService GmbH, ADFC e.V., ADFC/Claudia Thaler; S. 2: Brigade Elektronik GmbH, Mekratronics GmbH; S. 4: Mekratronics GmbH, Netzwerk Baumaschinen; S. 5: Brigade Elektronik GmbH; S. 6: Motec GmbH; S. 7: Motec GmbH, DGUV e.V., Continental Automotive GmbH; S. 8: Netzwerk Baumaschinen; S. 9: Netzwerk Baumaschinen; S. 10: Netzwerk Baumaschinen, Continental Automotive GmbH; S. 11: Netzwerk Baumaschinen, Rainer Sturm/PIXELIO; S. 12, 13: ZF Friedrichshafen AG; S. 14: Netzwerk Baumaschinen, BMDV/ Aktion Abbiegeassistent; S. 15: Netzwerk Baumaschinen; S. 16: Luis Technology GmbH; S. 18: Motec GmbH, Brigade Elektronik GmbH; S. 19: Brigade Elektronik GmbH, Netzwerk Baumaschinen; S. 20: Mekratronics GmbH; S. 21: Mekratronics GmbH; Continental Automotive GmbH; S. 22: Axion AG, Luis Technology GmbH, S. 23: Luis Technology GmbH, Brigade Elektronik GmbH; S. 25: Netzwerk Baumaschinen; S. 26: Motec GmbH, Luis Technology GmbH; S. 27: Brigade Elektronik GmbH; S. 28: Continental Automotive GmbH, Brigade Elektronik GmbH; S. 29: Continental Automotive GmbH, Netzwerk Baumaschinen; S. 31: Motec GmbH; S. 32: DGUV e.V., Luis Technology GmbH; S. 33: Brigade Elektronik GmbH; S. 35: ADFC/Jens Lehmkühler, ZF Friedrichshafen AG; S. 36: Luis Technology GmbH, Brigade Elektronik GmbH; S. 37: Motec GmbH;; S. 39: BMDV/Aktion Abbiegeassistent

Foto auf Seite 8 mit freundlicher Unterstützung der Abfallwirtschaftsbetriebe (AWM) München

Aktion Abbiegeassistent des BMDV – Wir sind offizieller Unterstützer!

Das Bundesverkehrsministerium setzt mit der „Aktion Abbiegeassistent“ seit 2018 nationale Anreize für eine freiwillige Selbstverpflichtung zur Verwendung von Abbiegeassistenten. Kleine und große, kommunale und private Unternehmen engagieren sich gemeinsam.

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
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.

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

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

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

Ausgabe 2.3 – Stand 12/2023

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

INQA | Netzwerk Baumaschinen NRMM CV

VISION ZERO. Wir machen mit!

NULL UNFÄLLE – GESUND ARBEITEN!