

Sicherheit von mobilen Robotern Leitfaden für Betreiber Statusreport Technik

Dieser Leitfaden richtet sich an Betreiber von
mobilen Robotern und Fahrerlosen Transportsystemen (FTS).



Herausgeber:
Forum-FTS (www.forum-fts.com)
Ausgabe: September 2024

erarbeitet durch den Arbeitskreis FTS-Sicherheit des VDI Fachausschuss FA309 „Fahrerlose Transportsysteme (FTS)“

Autoren: Stefanie Arnold (Pepperl+Fuchs), Frank Bauder (Leuze electronic), Bernd Dalhoff (Oppent), Dr. Christian Fischmann (BASF), Mark Hruszczak (Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik), Joachim Jewski (Pyloto), Dr. David Korte, Raphael Kowolik (Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik), Siegmur Laue (ZF), Karl Rapp (DS Automotion), Rolf Schumacher (SICK), Roland Senninger (BASF), Peter Stoiber (Digitale Faszination), Rolf Trabold (Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik), Dr. Günter Ullrich (Forum-FTS), Christoph Wagner-Gillen (Procter&Gamble)

Dieses Dokument liegt der technischen Redaktion des VDI zur Erstellung eines VDI-Statusreports vor. Mit der Veröffentlichung des VDI-Statusreports wird dieses Dokument zurückgezogen.

INHALT

1	Einleitung	4
1.1	Rechtlicher Hinweis.....	4
1.2	Motivation und Zielsetzung	4
1.3	Zielgruppe	4
2	Begriffsbestimmungen.....	5
2.1	Fahrerloses Transportsystem	5
2.1.1	Fahrerloses Fahrzeug.....	5
2.1.2	FTS-Leitsteuerung	6
2.1.3	Infrastruktur	6
2.1.4	Periphere Einrichtungen	6
2.2	Akteure	7
2.2.1	Hersteller.....	7
2.2.2	Betreiber.....	7
2.2.3	Planer.....	8
3	EU-Richtlinien und Gesetze	9
3.1	EU-Richtlinien und Gesetze für Betreiber.....	10
3.1.1	Arbeitsmittelbenutzungsrichtlinie 2009/104/EG	10
3.1.2	Besondere Vorschriften in Deutschland	11
3.2	EU-Richtlinien und Gesetze für Hersteller.....	12
4	Bereiche der FTS-Sicherheit.....	13
4.1	Systemsicherheit.....	13
4.2	Fahrzeugsicherheit.....	13
5	Verantwortung des Betreibers.....	15
5.1	Gefahrenübergang	15
5.2	Planung	16
5.2.1	Anforderungen an die Bodenbeschaffenheit.....	16
5.3	Aufbau	18
5.3.1	Ergänzende Schutzmaßnahmen und Schutzeinrichtungen.....	18
5.3.2	Sicherheitsrelevante Aspekte der Lastübergabe gemäß VDI Richtlinie 2510 Blatt 1 Abs. 4.2.....	19
5.4	In Betrieb nehmen beim Betreiber	20
5.5	Probetrieb.....	21
5.6	Inbetriebnahme und Gefahrenübergang	21
5.6.1	Checkliste für die Inbetriebnahme	21
5.6.2	Dokumentation	23
5.6.3	Prüfung der Kennzeichnung und Abgrenzung von Verkehrsflächen.....	23

5.7	Betrieb und Instandhaltung	24
5.7.1	Betrieb	24
	Grundpflichten des Betreibers	24
5.7.2	Instandhaltung.....	25
	Anpassung an den Stand der Technik	25
	Reinhaltung von Fahrwegen	27
	Prüfung von Arbeitsmitteln.....	27
6	Veränderungen an FTS.....	28
6.1	Nicht wesentliche Veränderung	30
6.2	Wesentliche Veränderung.....	31
7	Übersicht relevanter Gesetze, Normen und Richtlinien.....	32
7.1	Relevante Gesetze und Vorschriften in Deutschland.....	32
7.2	Normen (für den Hersteller)	33
7.3	Relevante Richtlinien	33
7.4	Sonstiges.....	34
8	Verweis	35

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1 - Übersicht Europäischer Richtlinien	9
Abbildung 2 – Wesentliche Phasen eines FTS-Projektes.....	15
Abbildung 3 - Wechselwirkung zwischen Arbeitsmittel und Umgebung	22
Abbildung 4 - Bewertung von Gefährdungen	22
Abbildung 5 - Empfehlungen zur Betriebssicherheit EmpfBS 1114	26
Abbildung 6 - BMAS Entscheidungshilfe - wesentliche Veränderung von Maschinen.....	29

1 Einleitung

1.1 Rechtlicher Hinweis

Aus den folgenden Ausführungen lassen sich keinerlei Ansprüche - gleich aus welchem Rechtsgrund - ableiten. Eine rechtsverbindliche Zusicherung der Vollständigkeit der Darstellung besteht nicht. Die Ausführungen beschreiben die Anforderungen für einen Betrieb von Fahrerlosen Transportsystemen (FTS) unter Verwendung von mobilen Robotern innerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums. Weitere Details zur Unterscheidung der Begriffe siehe Kapitel 2.1.

Der Hersteller hat Fahrerlose Transportsysteme so zu konstruieren und zu bauen, dass sie ihrer Funktion gerecht werden und unter den vorgesehenen Bedingungen – aber auch unter Berücksichtigung einer vernünftigerweise vorhersehbaren Fehlanwendung des Systems – betrieben und gewartet werden können, ohne dass Personen einer Gefährdung ausgesetzt sind. [siehe Maschinenrichtlinie (2006/42/EG) Anhang 1, 1.1.2 (modifiziert)].

Der Betreiber trifft die erforderlichen Vorkehrungen, damit die den Arbeitnehmern im Unternehmen bzw. Betrieb zur Verfügung gestellten Fahrerlosen Transportsysteme für die jeweiligen Arbeiten geeignet sind oder zweckentsprechend angepasst werden, so dass bei deren Benutzung die Sicherheit und der Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer gewährleistet sind. [Siehe Arbeitsmittelbenutzungsrichtlinie (2009/104/EC) Artikel 3 (modifiziert)].

1.2 Motivation und Zielsetzung

Aufgrund des komplexen Anbietermarktes sowohl bei den Geschäftsmodellen als auch bei den Technologien soll dieser Leitfaden dem (potenziellen) Betreiber eine neutrale Hilfestellung in sicherheitstechnischen Belangen geben.

Dazu gehört auch eine Übersicht über wichtige Aufgaben und Verantwortlichkeiten in den Phasen Projektplanung, Gefahrenübergang und Betrieb.

1.3 Zielgruppe

Der Leitfaden „Sicherheit für Betreiber“ richtet sich vornehmlich an die Betreiber von Fahrerlosen Transportsystemen (FTS) im industriellen Umfeld. Beispiele für Fahrzeuge in einem solchen System sind fahrerlose Flurförderzeuge oder mobile Roboter. Dieser Leitfaden gibt dem Betreiber eines FTS sicherheitsrelevante Hinweise für die Planung, die erstmalige Inbetriebnahme, den laufenden Betrieb sowie die Wartung und Instandhaltung.

Informationen für den Hersteller finden Sie in der [VDI-Richtlinie 2510 Blatt 2, Fahrerlose Transportsysteme (FTS) - Sicherheit von FTS].

Weitere Informationen für die Planung von FTS finden Sie in den VDI-Statusberichten [„Sicherheit von mobilen Robotern - Leitfaden für Planer“] und [„Fahrerlose Transportsysteme - Leitfaden Phasen, Rollen und Akteure“].

2 Begriffsbestimmungen

2.1 Fahrerloses Transportsystem

Fahrerlose Transportsysteme sind flurgebundene Systeme, die innerbetrieblich innerhalb und/oder außerhalb von Gebäuden eingesetzt werden. Sie bestehen im Wesentlichen aus einem oder mehreren automatisch gesteuerten, berührungslos geführten Fahrzeugen mit eigenem Fahrtrieb und bei Bedarf aus

- einer Leitsteuerung,
- Einrichtungen zur Standortbestimmung und Lageerfassung,
- Einrichtungen zur Datenübertragung sowie
- Infrastruktur und peripheren Einrichtungen.

Die wesentliche Aufgabe eines Fahrerlosen Transportsystems ist der automatisierte Materialtransport. Im weiteren Sinne zählen zu FTS auch solche Systeme, die für Dienstleistungsaufgaben wie z.B. Handhabung, Überwachung, Reinigung, mobile Auskunft und Führung - auch in öffentlich zugänglichen Bereichen - eingesetzt werden.

Ausgenommen hiervon sind Geräte, die als Verbraucherprodukte gemäß Produktsicherheitsgesetz auf dem Markt bereitgestellt werden.

2.1.1 Fahrerloses Fahrzeug

Am Markt existieren unzählige Bezeichnungen für die fahrerlosen Fahrzeuge, wie z.B.

- fahrerloses Flurförderzeug,
- (autonome) mobile Roboter,
- fahrerloser Routenzug.

Ein derartiges Fahrzeug ist im Sinne dieses Leitfadens ein angetriebenes und flurgebundenes Fahrzeug, konstruiert, um in einem FTS Lasten automatisiert zu transportieren. Die Sicherheit des Betriebs hängt dabei nicht von einem Fahrer/Bediener/Steuerer ab.

Ein fahrerloses Fahrzeug besteht aus einer mobilen Plattform und Einrichtungen zur Lastaufnahme.

Die mobile Plattform umfasst alle Komponenten, die die Fortbewegung ermöglichen, z.B.:

- Rahmen
- Antrieb
- Energieversorgung
- Spurführung
- Fahrzeugsteuerung

Einrichtungen zur Lastaufnahme sind z.B.:

- Stetigförderer
- Anhängerkupplung
- Gabeln
- Lastplattformen
- Hubtische

Zusätzlich zu den automatischen Funktionen bei fahrerlosen Fahrzeugen werden Funktionen implementiert, um die Autonomie der mobilen Roboter zu erhöhen, wie z.B. das Befahren einer Fläche anstatt einer vorgegebenen Fahrspur. Hierdurch können sich komplexere Fahrbewegungen bzw., ein nicht vorhersehbareres Fahrverhalten ergeben. Der Hersteller muss dies in seiner Risikobeurteilung berücksichtigen. Die potenziellen Risiken müssen vom Betreiber in der Gefährdungsbeurteilung betrachtet werden. Eine Beschreibung von autonomen Funktionen befindet sich im [VDI Statusreport „Autonomie für mobile Roboter“]. Dieser Leitfaden ist auf der Homepage des Forum-FTS (<https://forum-fts.com/community/vdi-fa-fts/fts-schriften/>) verfügbar.

2.1.2 FTS-Leitsteuerung

Eine FTS-Leitsteuerung ist im Wesentlichen ein Computerprogramm, das auf einem zentralen Rechner, in einer Cloud oder dezentral auf den Fahrzeugen abläuft.

Die Kernfunktionen der Leitsteuerung sind z.B. das Auftragsmanagement, das Verkehrsmanagement und die Visualisierung. Sie dient der Koordination mehrerer fahrerloser Fahrzeuge und/oder übernimmt die Integration des FTS in die innerbetrieblichen Abläufe.

Eine detailliertere Beschreibung des Funktionsumfangs einer FTS-Leitsteuerung erfolgt in der [VDI-Richtlinie 2510, Fahrerlose Transportsysteme (FTS)] im Kapitel Leitsteuerung.

2.1.3 Infrastruktur

Zur Infrastruktur gehören z.B. der Boden im Bereich der Fahrwege oder Fahrflächen, die Übergabestationen / Stellplätze, die Einrichtung zur Energieversorgung (z.B. Batterieladestationen / Batterie-wechselstationen) und Einrichtungen zur drahtlosen Kommunikation (z.B. W-LAN / 5G).

2.1.4 Periphere Einrichtungen

Zu den peripheren Einrichtungen gehören unter anderem Türen, (Brandschutz-)Tore, Aufzüge / Heber und Krananlagen.

2.2 Akteure

Bezüglich der Feststellung von Verantwortlichkeiten werden in diesem Leitfaden die Wirtschaftsakteure „Hersteller“ und „Betreiber“ von FTS unterschieden. Beide Parteien müssen ihren Anteil an der Sicherheit und Leistungsfähigkeit des FTS tragen.

2.2.1 Hersteller

Ein Hersteller ist jede natürliche oder juristische Person, die ein Produkt herstellt bzw. entwickeln oder herstellen lässt und dieses Produkt unter ihrem eigenen Namen oder ihrer eigenen Marke vermarktet [siehe Artikel 2.3, Europäische Verordnung zur Vermarktung von Produkten Nr. 765/2008].

Zu den Herstellern entsprechend der Lieferkette zählen:

- „Fahrzeughersteller“;
dies sind Hersteller eines oder mehrerer fahrerloser Fahrzeuge.
- „Hersteller von Leitsteuerungen“;
dies sind Hersteller von Leitsteuerungsfunktionen, die als Software eigenständig oder mit einer zugehörigen Hardware (z.B. SPS, Fahrzeugsteuerung) in Verkehr gebracht werden. Die Konformitätsbewertung für diese Software ist komplex und wird in diesem Leitfaden nicht weiter betrachtet.
- „Hersteller von Infrastruktur und peripheren Einrichtungen“;
dies sind Hersteller von Einrichtungen, die für den Betrieb eines fahrerlosen Fahrzeugs erforderlich sind.
- „Systemhersteller“ oder „Integrator“;
dies sind Hersteller von Fahrerlosen Transportsystemen (FTS), bestehend aus mindestens einem fahrerlosen Fahrzeug und Infrastruktur. Systemhersteller verwenden in der Regel eigene Fahrzeuge, Integratoren kaufen diese zu.
- „Generalunternehmer“;
dies sind natürliche oder juristische Personen, die in einem Projekt die Hauptverantwortung für die Ausführung der Gewerke (z.B. FTS, Fördertechnik, Lager oder Arbeitsstationen) übernehmen und mit ihrer Ausführung weitere Firmen beauftragen. Rechtsbeziehungen bestehen grundsätzlich nur zwischen dem Generalunternehmer und seinem Auftraggeber einerseits und dem Generalunternehmer und den Subunternehmern andererseits.
- „Betreiber“;
ein Betreiber wird zum Hersteller, wenn er
 - sich selbst ein FTS aus eigenen oder zugekauften Komponenten herstellt, oder
 - ein vorhandenes FTS wesentlich verändert (siehe Kapitel 6.2), oder
 - ein vorhandenes FTS in eigener Verantwortung wesentlich verändern lässt.

2.2.2 Betreiber

In diesem Leitfaden wird der Betreiber eines FTS als eine dem Arbeitgeber untergeordnete Organisationseinheit betrachtet. Der Arbeitgeber hat alle für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmer erforderlichen Maßnahmen zu treffen.

Ein Arbeitgeber ist jede natürliche oder juristische Person, die als Vertragspartei des Beschäftigungsverhältnisses mit dem Arbeitnehmer die Verantwortung für das Unternehmen bzw. den Betrieb trägt [siehe Artikel 3b, Arbeitsschutz-Rahmenrichtlinie 89/391/EWG].

Es wird empfohlen, für jedes FTS-Projekt eine entsprechende Projektgruppe beim Betreiber zu installieren und alle betroffenen betrieblichen Organisationseinheiten, wie z.B. den Betriebsrat, den Werksschutz oder die IT-Abteilung mit einzubinden.

Gegebenenfalls ist auch die Einbindung externer Organisationen, wie z.B. die Berufsgenossenschaft, die Gewerbeaufsicht oder der Sachversicherer, empfehlenswert oder sogar erforderlich.

2.2.3 Planer

Mögliche Aufgaben für einen Planer in einem FTS-Projekt sind:

- Strategische Vorüberlegungen zum Intralogistik-Konzept
- Konzeptionelle Überlegungen
- Definition der Projektstruktur und Festlegung der Projektbeteiligten (z.B. IT, Arbeitssicherheit, Produktion, Arbeitnehmervertretung)
- Definition der Schnittstellen (z.B. IT-Systeme, periphere Einrichtungen und Fahrzeuge)
- Technische Auslegung, Layout, Transportmatrix, Berechnung der Fahrzeuganzahl, Simulationen, Schnittstellen, Safety-Konzept, Security-Konzept
- Erstellung des Lastenhefts als technisches Basisdokument für Ausschreibung, Angebotsvergleich und Abnahme
- Betreuung des Angebots- und Vergabeprozesses (z.B. technischer Vergleich der eingehenden Angebote, Steuerung und Moderation der Angebotsüberarbeitungen und Begleitung bei der Vergabe)
- Überprüfung, Diskussion und Freigabe des Pflichtenhefts
- Vorabnahmen und Abnahmen werden häufig von den Planern begleitet, da diese die Soll-Leistungsdaten kennen. Darunter fallen z.B. Fahrzeuge, Software und Sicherheit.

Diese Aufgaben können von einem oder mehreren Planern übernommen werden. Ein Planer kann beim Betreiber beschäftigt sein oder extern beauftragt werden.

3 EU-Richtlinien und Gesetze

Einer der Grundpfeiler der Europäischen Gemeinschaft ist der Schutz der Gesundheit ihrer Bürger sowohl im privaten wie im beruflichen Umfeld. Ein weiterer Grundgedanke ist die Schaffung eines einheitlichen Marktes mit freiem Warenverkehr. Damit die Ziele des freien Warenverkehrs und des Schutzes der Bürger gleichzeitig verwirklicht werden können, hat die EU-Kommission bzw. der Rat der Europäischen Union verschiedene Richtlinien erlassen. Diese müssen von den Mitgliedsstaaten in nationale Gesetze umgesetzt werden.

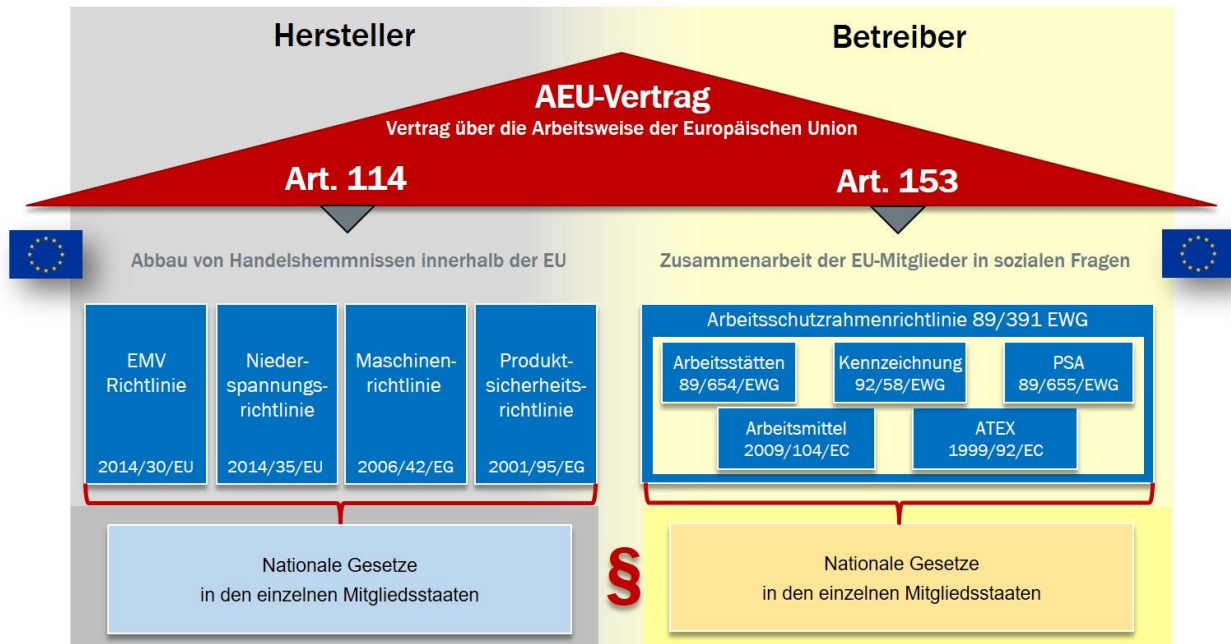


Abbildung 1 - Übersicht Europäischer Richtlinien

Quelle: SICK AG, Waldkirch i.Br.

Die Richtlinien definieren grundsätzliche Ziele und Anforderungen und sind so weit wie möglich technologie-neutral gehalten. Sie sind für jedermann frei erhältlich, z.B. unter <http://eur-lex.europa.eu/>.

3.1 EU-Richtlinien und Gesetze für Betreiber

3.1.1 Arbeitsmittelbenutzungsrichtlinie 2009/104/EG

Die Arbeitsmittelbenutzungsrichtlinie richtet sich an den Arbeitgeber. In Deutschland wird sie durch das Arbeitsschutzgesetz (ArbSchG) sowie die Betriebssicherheitsverordnung (BetrSichV) in nationales Recht umgesetzt.

Das Arbeitsschutzgesetz dient dazu, Sicherheit und Gesundheitsschutz der Beschäftigten bei der Arbeit durch Maßnahmen des Arbeitsschutzes zu sichern und zu verbessern. Nach dem Arbeitsschutzgesetz (§ 5 Abs. 1) hat der Arbeitgeber durch eine Beurteilung der für die Beschäftigten mit ihrer Arbeit verbundenen Gefährdungen zu ermitteln, welche Maßnahmen des Arbeitsschutzes erforderlich sind. Diese Forderung wird durch § 3 der Betriebssicherheitsverordnung konkretisiert.

Die Betriebssicherheitsverordnung gilt für die Verwendung von Arbeitsmitteln. Ziel dieser Verordnung ist es, die Sicherheit und den Schutz der Gesundheit von Beschäftigten bei der Verwendung von Arbeitsmitteln zu gewährleisten. Dies soll insbesondere erreicht werden durch:

1. die Auswahl geeigneter Arbeitsmittel und deren sichere Verwendung,
2. die für den vorgesehenen Verwendungszweck geeignete Gestaltung von Arbeits- und Fertigungsverfahren sowie
3. die Qualifikation und Unterweisung der Beschäftigten.

Nach der Betriebssicherheitsverordnung hat der Arbeitgeber (hier und im Folgenden der FTS-Betreiber) vor der Verwendung von Arbeitsmitteln die auftretenden Gefährdungen zu beurteilen (Gefährdungsbeurteilung) und daraus notwendige und geeignete Schutzmaßnahmen abzuleiten. Das Vorhandensein einer CE-Kennzeichnung am Arbeitsmittel entbindet ihn nicht von der Pflicht zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung.

In die Beurteilung sind alle Gefährdungen einzubeziehen, die bei der Verwendung von Arbeitsmitteln ausgehen, und zwar von

1. den Arbeitsmitteln selbst,
2. der Arbeitsumgebung und
3. den Arbeitsgegenständen, an denen Tätigkeiten mit Arbeitsmitteln durchgeführt werden.

So ist beispielsweise beim Einsatz fahrerloser Fahrzeuge besonderes Augenmerk auf die Gestaltung der Verkehrswege (z.B. Kennzeichnung, Verkehrswegbreite), die Ausführung der am Fahrzeug angebrachten Personenerkennungssysteme und auf die Konzeption der Lastübergabestellen zu legen. Der Betreiber muss dabei bereits in der Planungs- bzw. Angebotsphase entscheiden, welche Anforderungen die Geräte erfüllen müssen und entsprechende Absprachen mit Herstellern und Planern treffen.

Vom Hersteller vorgegebene Anforderungen (z.B. Kennzeichnung von Gefahrenbereichen, Reinhaltung des Bodens) sind durch den Betreiber entsprechend umzusetzen. Der Betreiber hat die Vorgaben bezüglich der bestimmungsgemäßen Verwendung des Arbeitsmittels aus der Original-Betriebsanleitung des Herstellers zu beachten. Die Verantwortung für die hier genannten Punkte bleibt immer beim Betreiber. Er kann diese nicht abgeben oder abtreten. Er kann lediglich Unterstützung bei einem kompetenten Hersteller/Dienstleister suchen.

3.1.2 Besondere Vorschriften in Deutschland

Die Unfallverhütungsvorschriften (UVV) stellen für jedes Unternehmen und jeden Versicherten der gesetzlichen Unfallversicherung verbindliche Pflichten bezüglich Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz dar. Mittlerweile werden diese als DGUV Vorschriften bezeichnet.

Die Technischen Regeln für Betriebssicherheit (TRBS) geben den Stand der Technik, Arbeitsmedizin und Arbeitshygiene sowie sonstige gesicherte arbeitswissenschaftliche Erkenntnisse für die Verwendung von Arbeitsmitteln wieder. Sie konkretisieren, wie die Schutzziele der Betriebssicherheitsverordnung erreicht werden können.

3.2 EU-Richtlinien und Gesetze für Hersteller

In Europa unterliegen Maschinen aktuell der Maschinenrichtlinie (2006/42/EG) bzw. ab 20.01.2027 der Maschinenverordnung (2023/1230/EU). Sie richtet sich an Hersteller von Maschinen und legt die Mindestanforderungen für den Sicherheits- und Gesundheitsschutz an Maschinen fest.

In einem FTS finden sich in der Regel folgende Maschinen:

- Mobile Roboter
- Maschinen der Infrastruktur (z.B. Rolltore)
- Maschinen der peripheren Einrichtungen (z.B. Fördertechnik)

Gegebenenfalls können zusätzlich zur Maschinenrichtlinie weitere europäische Richtlinien relevant sein.

Normen für die Sicherheit von Maschinen konkretisieren, wie einzelne Schutzziele einer anzuwendenden Richtlinie erreicht werden können. Normen sind standardisierte Regelwerke.

Die Standardisierung führt die Interessen und Vorschläge aller relevanten Institutionen wie Hersteller, Verbraucherverbände, Juristen, Forschungseinrichtungen, Prüf- und Zertifizierungsstellen zu einem allgemein anerkannten Werk zusammen.

Jede Norm hat einen Geltungsbereich. Er beschreibt das Umfeld oder den Anwendungsbereich der Norm. Daher unterliegen viele Produkte mehreren Normen.

Die wichtigsten Normenarten sind:

- internationale Normen wie ISO-Normen, die von einer Vielzahl von Nationen auf der ganzen Welt anerkannt werden
- europäische Normen, etwa EN-Normen in der Europäischen Union
- nationale Normen, etwa DIN-Normen in Deutschland

Die Anwendung von Normen ist zu empfehlen, weil sie die allgemein anerkannten Regeln der Technik beschreiben.

Die Maschinensicherheitsnorm für fahrerlose Fahrzeuge ist die [DIN EN ISO 3691-4, Sicherheit von Flurförderzeugen - sicherheitstechnische Anforderungen und Verifizierung – Teil 4: fahrerlose Flurförderzeuge und ihre Systeme]. Sie beschreibt den derzeitigen Stand der Technik.

Betreiber sollten darauf achten, dass in der Konformitätserklärung des mobilen Roboters angewandte Normen aufgeführt sind (z.B. DIN EN ISO 3691-4).

4 Bereiche der FTS-Sicherheit

Dem Betreiber obliegt die Verantwortung, risikomindernde Maßnahmen zum Schutz der Mitarbeiter und des Umfeldes zu treffen, sowie deren Umsetzung und Einhaltung sicherzustellen.

Arbeitsmittel dürfen erst verwendet werden, nachdem der Arbeitgeber

1. eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt hat,
2. die dabei ermittelten Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik getroffen hat und
3. festgestellt hat, dass die Verwendung der Arbeitsmittel nach dem Stand der Technik sicher ist.

4.1 Systemsicherheit

Die Systemsicherheit bezieht sich auf die Sicherheit des FTS im Gesamten. Die betreiberrelevanten Themen werden in diesem Leitfaden beschrieben. Herstellerrelevante Themen beschreibt die [VDI-Richtlinie 2510 Blatt 2, Fahrerlose Transportsystem (FTS) - Sicherheit von FTS].

Planungsrelevante Themen sind im VDI-Statusreport „Sicherheit von mobilen Robotern - Leitfaden für Planer“ beschrieben. Dieser Leitfaden ist auf der Homepage des Forum-FTS (<https://forum-fts.com/community/vdi-fa-fts/fts-schriften/>) verfügbar.

4.2 Fahrzeugsicherheit

Die Fahrzeugsicherheit bezieht sich auf die Sicherheit der mobilen Roboter. Die Anforderungen an mobile Roboter im nicht öffentlichen Bereich enthält die Norm [DIN EN ISO 3691-4, Sicherheit von Flurförderzeugen - sicherheitstechnische Anforderungen und Verifizierung – Teil 4: fahrerlose Flurförderzeuge und ihre Systeme].

Fahrerlose Fahrzeuge unterliegen grundsätzlich der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG bzw. ab 20.01.2027 der Maschinenverordnung 2023/1230/EU. Der Hersteller muss eine Risikobeurteilung durchführen. Er beschreibt in der Betriebsanleitung die durch den Betreiber umzusetzenden risikomindernden Maßnahmen. Außerdem weist er auf bestehende Restrisiken hin.

Wird z.B. beim Umfahren eines Hindernisses die Gegenfahrbahn benutzt, ist ggf. für die Reichweite der Personenerkennungseinrichtungen die Summe der Bremswege der beteiligten Fahrzeuge zu berücksichtigen (insbesondere bei heterogenen Flotten). Das erforderliche Sicherheitsniveau ergibt sich aus der Risikobeurteilung. Diese muss Personenschäden, die durch Kollisionen entstehen können, berücksichtigen.

Der Einsatz von fahrerlosen Fahrzeugen in der Krankenhauslogistik ist im Buch [VDI Praxis - FTS-Einsatz in der Krankenhaus-Logistik] beschrieben.

Die Anforderungen an persönliche Assistenzroboter enthält die [DIN EN ISO 13482, Roboter und Robotikgeräte - Sicherheitsanforderungen für persönliche Assistenzroboter].

Die Anforderungen an Industrieroboter enthält die [DIN EN ISO 10218-1, Industrieroboter – Sicherheitsanforderungen – Teil 1: Roboter].

Die Integration von Industrierobotern wird in der [DIN EN ISO 10218-2, Industrieroboter – Sicherheitsanforderungen – Teil 2: Robotersysteme und Integration] beschrieben.

Die Sicherheitsanforderungen für Reinigungsroboter werden in der DIN EN IEC 63327 Automatische Bodenbehandlungsmaschinen für den gewerblichen Gebrauch - Besondere Anforderungen beschrieben.

Die Anforderungen an Stetigförderer werden in der [DIN EN 619, Stetigförderer und Systeme - Sicherheits- und EMV-Anforderungen an mechanische Fördereinrichtungen für Stückgut] beschrieben.

Unabhängig von der [DIN EN ISO 3691-4, Sicherheit von Flurförderzeugen - sicherheitstechnische Anforderungen und Verifizierung – Teil 4: fahrerlose Flurförderzeuge und ihre Systeme] werden in manchen außereuropäischen Staaten nationale Normen entwickelt. Zum Beispiel wurde 2020 die ANSI/RIA R15.08 in den Vereinigten Staaten veröffentlicht. Sie beschreibt Anforderungen an die Sicherheit industrieller mobiler Roboter für den amerikanischen Markt. Diese nationalen Normen haben jedoch keinen Bezug zur Maschinenrichtlinie und können daher nicht als Ersatz für die DIN EN ISO 3691-4 im europäischen Wirtschaftsraum herangezogen werden.

5 Verantwortung des Betreibers

Die Verantwortung des Betreibers beginnt nicht erst beim Gefahrenübergang, sondern schon bei der Auswahl und Planung der Arbeitsmittel.

Somit sind Gefährdungen wie z.B.

- Quetsch- und Scherstellen an Lastübergabestellen,
- Transport brennbarer Flüssigkeiten, die zu einer explosiven Atmosphäre oder Brand führen können,
- Mischverkehr zwischen fahrerlosen Fahrzeugen, personengesteuerten Flurförderzeugen und Fußgängern oder
- „Hacker-Angriffe“

frühzeitig in einem Projekt zwischen Hersteller und Betreiber abzustimmen.

5.1 Gefahrenübergang

Der Gefahrenübergang vom Hersteller auf den Betreiber erfolgt nach dem Inbetriebnehmen und dem Probetrieb durch den Hersteller mit der Inbetriebnahme und der weiteren Nutzung durch den Betreiber.

Die folgende Abbildung zeigt die Abfolge der einzelnen Phasen und den jeweils Verantwortlichen:

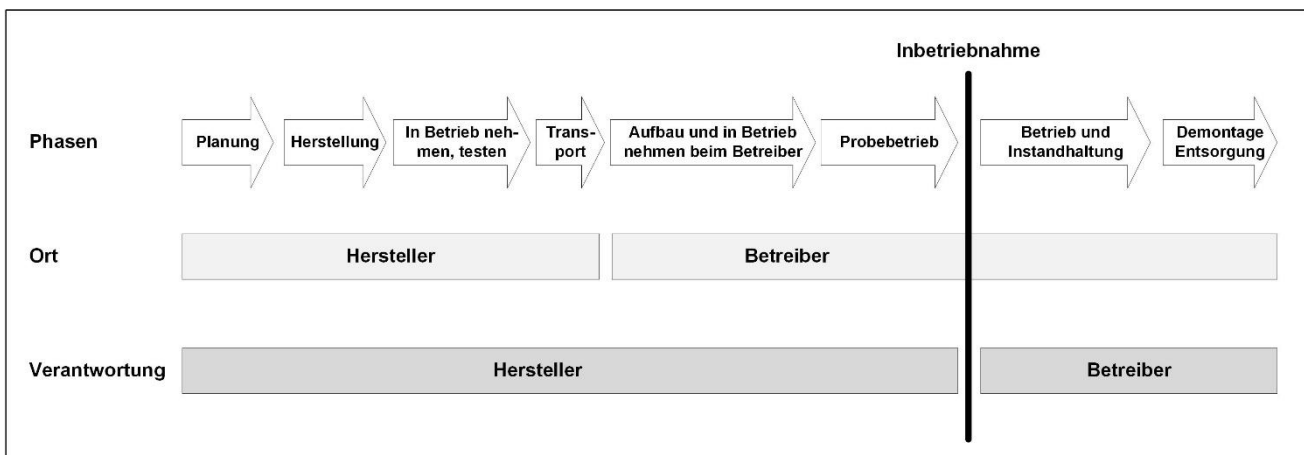


Abbildung 2 – Wesentliche Phasen eines FTS-Projektes

In den weiteren Kapiteln sind Aspekte der Verantwortung bezogen auf die jeweilige Phase beschrieben.

5.2 Planung

Im Rahmen der FTS-Planung müssen die im folgenden genannten Punkte für das Lastenheft definiert und zwischen Hersteller und Betreiber abgestimmt werden.

Als wesentlicher Teil der Planung ist sicherzustellen, dass die Anforderungen an die Arbeitssicherheit erfüllt sind und Gefährdungen vermieden oder zumindest minimiert werden. Hierzu gehört beispielsweise auch die Beurteilung folgender Punkte:

- Layout (Verkehrswege und Verkehrsregelung, Lastübergabestellen und Arbeitsumgebung)
- Last (Art, Maße, Gewichte und Ladungssicherung)
- Bodenbeschaffenheit

5.2.1 Anforderungen an die Bodenbeschaffenheit

Für den sicheren und störungsfreien Betrieb von FTS ist die Einhaltung bestimmter Qualitätsmerkmale des Bodens von grundlegender Bedeutung. Diese Anforderungen sind insbesondere bei der Herstellung neuer Böden einzuhalten. Bestehende Böden erfüllen oftmals nicht alle diese Kriterien. Hier ist unbedingt eine Abstimmung mit dem FTS-Hersteller notwendig. Gegebenenfalls sind weitere Prüfungen der Bodenbeschaffenheit durch Dritte erforderlich. Die vom Hersteller geforderte Bodenbeschaffenheit ist über den gesamten Betriebszeitraum zu gewährleisten

Auszug aus DIN EN ISO 3691-4 Abschnitt 6.2.7

Die Anforderungen an den Boden müssen folgende vom Hersteller des fahrerlosen Fahrzeuges vorgegebene Punkte beinhalten:

- Ebenheit
- Festigkeit
- Oberflächenbeschaffenheit
- Bodenabdeckungen
- Metallgehalt
- Unterflur / Untergrund Einrichtungen und deren Lage
- Elektrische Leitfähigkeit
- Lage und Art von Fugen
- Zulässige unterschiedliche Bodenhöhen (Stufen / Steigungen / Niveauunterschiede)

Auszug aus VDI Richtlinie 2510 Blatt 1

Absatz 2.2.1.2 Reibung

Gegenüber der Nutzschrift des Bodens ist ein Haftreibungskoeffizient von $\mu_H > 0,6$ erforderlich. Dieser Wert beeinflusst die Länge des Bremswegs, z.B. bei Not-Halt und damit auch die Sicherheit von Personen und Anlagen. Allerdings kann ein zu rauher Bodenbelag zu erhöhtem Verschleiß der Räder führen, weshalb Werte von $\mu_H > 0,8$ besondere Beachtung erfordern.

Absatz 2.2.1.3 Sauberkeit

Fahrbahnen sind grundsätzlich sauber und trocken zu halten. Verschmutzungen durch Öle, Fette, Staub, Späne usw. können Störungen verursachen und die Sicherheit reduzieren. Es dürfen keine glättebildenden Reinigungs- und Pflegemittel verwendet werden.

VDI Richtlinie 2510 Blatt 1 Absatz 2.2.1.6 Elektrische Eigenschaften

Zur Vermeidung von elektrostatischen Aufladungen müssen die Bodenbeläge einen Erdableitwiderstand von $R_E \leq 10^6$ Ohm aufweisen. Besonders zu beachten sind hierbei Kunststoffböden und mit Kunststoff nachbeschichtete Flächen. Die Prüfung des Erdableitwiderstandes R_E von elektrostatischen Ladungen ist nach DIN EN 1081 vorzunehmen. Die Einhaltung dieser Anforderungen ist in der Regel möglich.

VDI Richtlinie 2510 Blatt 1 Absatz 2.2.1.7 Weitere Anforderungen an die Bodenbeschaffenheit

Bei besonderen Behandlungsmaßnahmen (Oberflächenversiegelung, gesäuerte oder gewachste Böden) ist immer Rücksprache mit dem FTS-Hersteller zu halten, da es hier gegebenenfalls zu Problemen bei der Anbringung von Bodenmarkierungen, optischen Leitlinien etc. kommen kann.

Der Boden im Bereich von Laderäumen / Ladestationen muss gemäß DIN EN 62485-3 säurefest ausgeführt sein. Bei Einzelladeplätzen ist dies nicht erforderlich. Der Erdableitwiderstand muss im Bereich der Ladeplätze $R_E \leq 10^8$ Ohm sein.

Generell sollten Unstetigkeiten im Fahrbahnbereich vermieden werden. Nachfolgend sind einige wesentliche Unstetigkeiten aufgeführt:

- Dehnungsfugen
- Schienen
- Schacht- und Kanalabdeckungen

Wo dies nicht möglich ist, sind besondere Vorkehrungen zu treffen und / oder mögliche Lösungen mit dem FTS-Hersteller abzustimmen.

5.3 Aufbau

Während des Aufbaus wird die Umsetzung wesentlicher Punkte verifiziert. Details hierzu sind im VDI-Statusreport [„Sicherheit von mobilen Robotern - Leitfaden für Planer“] beschrieben.

5.3.1 Ergänzende Schutzmaßnahmen und Schutzeinrichtungen

Zusätzlich zu den bereits an fahrerlosen Fahrzeugen vorhandenen Schutzeinrichtungen müssen weitere Schutzmaßnahmen entsprechend den Herstellervorgaben und anhand der Gefährdungsbeurteilung des Betreibers ergriffen werden.

- Bodenmarkierungen zur Kennzeichnung von Gefahrbereichen
- Stehverhinderer oder Leitbleche an der Einfahrt zur Lastübergabestation
- stationäre Schutzeinrichtungen zur Gefahrbereichsabsicherung, z.B. Sicherheits-Schaltmatten und Sicherheits-Laserscanner
- optische und/oder akustische Warnsignale durch das Fahrzeug bei der Anfahrt an eine Lastübergabestation

und/oder ergänzende stationäre Schutzmaßnahmen:

Sicherheitselement/-maßnahme	Einsatzzweck
Parabolspiegel	Sind immer sinnvoll in schwer einsehbaren Kreuzungen, besonders dann, wenn neben den fahrerlosen Fahrzeugen auch andere Flurförderzeuge die gleichen Verkehrswege benutzen.
Ampelanlage	Für nicht einsehbare Kreuzungen. In der Regel wird von dem fahrerlosen Fahrzeug die Vorfahrt angefordert und so schnell zugeschaltet, dass es nicht anhalten muss.
Schranken	Der Einsatz von Schranken kann sinnvoll sein, wenn zu bestimmten Zeiten (Schichtwechsel, Feierabend, Mittagszeit etc.) ein großer Personenfluss den Verkehrsweg des fahrerlosen Fahrzeugs kreuzt.
Rundumleuchte	Zur Warnung von Personen vor herannahenden fahrerlosen Fahrzeugen in unübersichtlichen Streckenabschnitten.
Lichtschranken	z.B. zur Absicherung von Lagergassen.
Abgehängte Flutterbänder oder Ketten	Erschweren das Begehen von Flächen.
Weitere Maßnahmen	Rammschutz, Abweiser, Schaltmatte, Bodenmarkierung, Pendelklappe

Ob für einen Betrieb des FTS mit seinen Fahrzeugen zusätzliche Schutzmaßnahmen oder Sicherheitseinrichtungen im Hinblick auf die Einsatzbedingungen (z.B. eingeschränkte Verkehrswegbreiten) erforderlich sind, sollte im Einzelfall mit den in diesem Dokument beschriebenen zuständigen Arbeitsschutzbehörden abgeklärt werden.

5.3.2 Sicherheitsrelevante Aspekte der Lastübergabe gemäß VDI Richtlinie 2510 Blatt 1 Abs. 4.2

Fahrerlose Fahrzeuge fahren häufig im allgemeinen Verkehrsbereich, das heißt in einem Bereich, der nicht ausschließlich dem automatischen Verkehr vorbehalten ist. Lastübergabestationen müssen so ausgebildet sein, dass Personen durch die Bewegung des Fahrzeugs und/oder seiner Last nicht gefährdet werden können. Speziell bei der Übergabe der Last sind mögliche Gefährdungen (Quetschen und Scheren) durch bauliche und/oder technische Maßnahmen an der Lastübergabestation und/oder dem Fahrzeug zu vermeiden.

Generell müssen die erforderlichen Sicherheitsmaßnahmen in Abhängigkeit von den örtlichen und betrieblichen Gegebenheiten sowie der Art und Größe der Lasten und des Fahrzeugs festgelegt und gegebenenfalls mit der zuständigen Arbeitsschutzbehörde abgestimmt werden (in Deutschland die Gewerbeaufsicht bzw. das Amt für Arbeitsschutz). Zusätzlich ist eine Abstimmung mit dem Träger der gesetzlichen Unfallversicherung (in Deutschland die Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung) empfehlenswert.

Im Idealfall erfolgt die Lastübergabe in einem abgeschlossenen Bereich, zu dem Personen keinen Zutritt haben. Wo dies nicht möglich ist, können zur Vermeidung der Gefährdung von Personen z.B. folgende Maßnahmen in Betracht gezogen werden:

- Bodenmarkierungen zur Kennzeichnung von Gefahrenbereichen
- Stehverbinder oder Leitbleche an der Einfahrt zur Lastübergabestation
- Schutzeinrichtungen zur Personen-/Hinderniserkennung am Fahrzeug
- stationäre Schutzeinrichtungen zur Gefahrenbereichsabsicherung, z.B. Sicherheits-Schaltmatten und Sicherheits-Laserscanner
- optische und/oder akustische Warnsignale durch das Fahrzeug bei der Anfahrt an eine Lastübergabestation

5.4 In Betrieb nehmen beim Betreiber

In der DIN EN ISO 12100 vom März 2011 wird der Begriff „In Betrieb nehmen“ wie folgt erläutert:

„Das „In Betrieb nehmen“ von Maschinen und Anlagen dient der Überprüfung von Funktionen und Eigenschaften sowie der Erkennung und Beseitigung von Fehlern und entspricht somit der Endprüfungsphase einer Maschine oder Anlage und liegt daher, auch in den Betriebsräumen des Betreibers, in der Verantwortung des Herstellers.“

Im Gegensatz zur Inbetriebnahme (siehe 5.6) wird hier ein Zeitraum beschrieben, der u. a. vom Umfang der Anlage bestimmt wird. Bei einem FTS bestehend aus mehreren Fahrzeugen, der Infrastruktur und den peripheren Einrichtungen kann der Zeitraum durchaus mehrere Wochen oder Monate dauern.

Punkte für einen Safety-Check während des „In Betriebnehmens“

- Bremstest auf unterschiedlichen Böden mit maximaler Geschwindigkeit und Last
- Quetsch- und Scherstellen
 - Fahrwegbreiten und Sicherheitsabstände prüfen (Abstandsbetrachtung ASR A1.8 und Tabellen A1 und A2 aus DIN EN ISO 3691-4)
 - Lastaufnahmemittel des Fahrzeugs
 - Lastübergabestellen (aktiv / passiv)
- Höchstgeschwindigkeiten in bestimmten Bereichen bezogen auf die Uhrzeit (z.B. Schichtwechsel)
- Regelungen zu Bodenmarkierungen, Konkurrenzsituation mit StVO beachten
- Ladung/Ladungssicherung
- Durchfahrthöhen (mit Last) und Hindernisse oberhalb oder unterhalb der Scan-Ebene (als zusätzliche Maßnahme)
- Absturzstellen (Treppenhäuser, Rampen)
- Batterieladestation (Abstände, Berührungsschutz)
- Kommunikation mit der Brandschutzeinrichtungen (Brandschutztore, selbstständig schließende Türen, Fahrerlaubnis)
- Validierung der Schutzfelder
- Berücksichtigen der Umgebungsbedingungen im Außenbereich (Jahreszeit)

Weitere Details enthält der Leitfaden [Sicherheit von mobilen Robotern - Leitfaden für Planer]

5.5 Probetrieb

Ein Probetrieb kann bei komplexen Anlagen für die Überprüfung von Funktionen und Eigenschaften sowie der Erkennung und Beseitigung von Mängeln erforderlich sein. Er dient gegenüber dem Betreiber zum Nachweis der mit dem Hersteller vertraglich vereinbarten Leistungs- und Lieferdaten [siehe auch Fachbereich Aktuell, FBHM-016].

Der Probetrieb liegt als Teil des Herstellungsprozesses noch vor dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme. Grundsätzlich sollten die Arbeitsschutz- und Gesundheitsschutzmaßnahmen des Normalbetriebes bereits beim Probetrieb so weit wie möglich ergriffen sein. Wegen der Unvollständigkeit der noch im Aufbau befindlichen Anlage sowie noch stattfindender Montagetätigkeiten lässt sich dies jedoch nicht immer realisieren. Daher muss der Hersteller in Zusammenarbeit mit dem Betreiber ggfs. weitere Schutzmaßnahmen für einen sicheren Probetrieb ergreifen (z.B. Mitgänger). Auch der Probetrieb kann mehrere Wochen oder Monate dauern.

5.6 Inbetriebnahme und Gefahrenübergang

Unter Inbetriebnahme ist der Zeitpunkt der erstmaligen Verwendung der Anlage/des FTS durch ihren Endbenutzer zu verstehen. Der Zeitraum des „In Betrieb Nehmens“ (siehe Abbildung 2 – Wesentliche Phasen eines FTS-Projektes) endet mit dem Zeitpunkt der Inbetriebnahme.

Maschinen und Anlagen müssen bei der Inbetriebnahme durch den Betreiber alle anzuwendenden EG/EU-Richtlinien erfüllen! Es besteht daher ein Bedürfnis nach einer Regelung des sog. „Sicherheitstechnischen Gefahrenüberganges“, d.h. des Zeitpunktes, zu dem der Probetrieb durch den Anlagenhersteller abgeschlossen ist. Die Anlage/das FTS entspricht dann den öffentlich-rechtlichen Anforderungen wie z.B. der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG bzw. der Maschinenverordnung 2023/1230/EU und kann in Verkehr gebracht werden.

Ab diesem Zeitpunkt ist der Betreiber/Käufer gem. § 7 (5) BetrSichV dafür verantwortlich, dass dieses Sicherheitsniveau während des weiteren Betriebs der Maschinenanlage nicht unterschritten wird.

Achtung: Dies gilt auch für Maschinen und Anlagen, die dem Betreiber für einen begrenzten Zeitraum zu Versuchszwecken entgeltlich (z.B. Miete) oder unentgeltlich zur Verfügung gestellt werden. Denn auch bei Demobetrieb oder Teststellungen für z.B. wenige Wochen muss eine ordnungsgemäße Inbetriebnahme durchgeführt werden.

5.6.1 Checkliste für die Inbetriebnahme

Im europäischen Wirtschaftsraum muss jede Maschine spätestens zum Zeitpunkt des Gefahrenübergangs eine Konformitätsbewertung durchgeführt worden sein. Die Dokumentation dient zum Nachweis der Konformität mit den jeweils relevanten Richtlinien. Hierbei muss mindestens die Dokumentation für die Fahrzeuge vorliegen. Im Falle von vorhandener Infrastruktur und peripheren Einrichtungen gehört auch deren Dokumentation dazu. Stellt ein FTS eine Gesamtheit von Maschinen (siehe Leitfaden [Sicherheit von mobilen Robotern - Leitfaden für Planer]) dar, ist zusätzlich die Dokumentation für die Gesamtanlage erforderlich.

Das Vorhandensein einer CE-Kennzeichnung am Arbeitsmittel entbindet den Betreiber aber nicht von der Pflicht zur Durchführung einer Gefährdungsbeurteilung. Hierfür muss er neben den Informationen des Herstellers über die bestehenden Restrisiken auch die Wechselwirkungen zwischen FTS und Umfeld berücksichtigen.

Den Zusammenhang zeigen Abbildung 3 und Abbildung 4 aus den [Technischen Regeln für Betriebssicherheit TRBS 2210], die Gefährdungen durch Wechselwirkungen beschreibt.

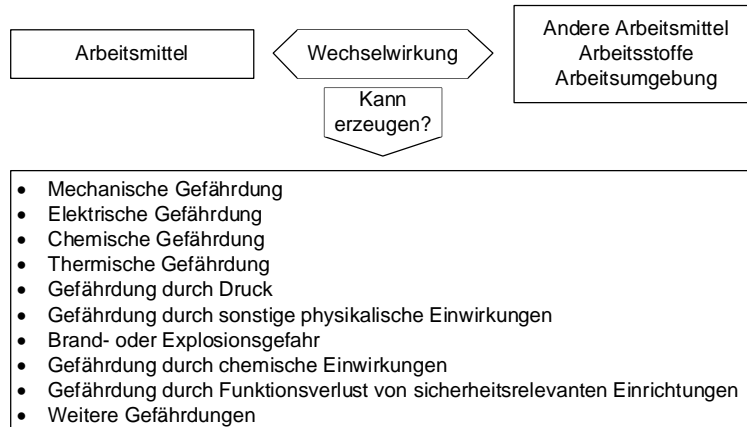


Abbildung 3 - Wechselwirkung zwischen Arbeitsmittel und Umgebung

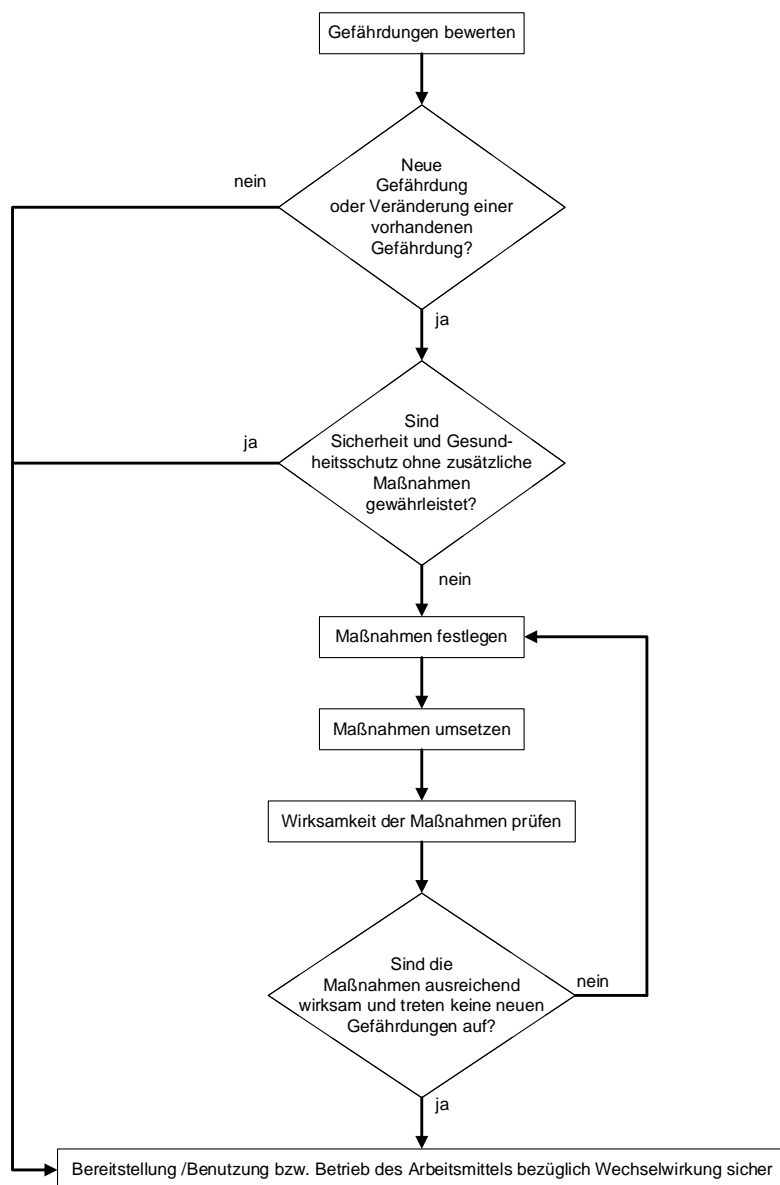


Abbildung 4 - Bewertung von Gefährdungen

5.6.2 Dokumentation

Der Hersteller ist verpflichtet, folgende Dokumente für die Einzelmaschinen bereitzustellen:

- Konformitätserklärungen
- Betriebsanleitungen
- Wartungsanleitungen
- Beschreibungen der durch den Betreiber umzusetzenden risikomindernden Maßnahmen nach Vorgabe des Herstellers

Die der Maschine beiliegende Betriebsanleitung muss eine „Original-Betriebsanleitung“ oder eine „Übersetzung der Original-Betriebsanleitung“ sein. Im letzteren Fall ist der Übersetzung die Original-Betriebsanleitung beizufügen. Die Sprache der Wartungsanleitung kann zwischen Hersteller und Betreiber vereinbart werden.

Es ist empfehlenswert, vertraglich zu vereinbaren, dass alle Restrisiken und die vom Betreiber umzusetzenden risikomindernden Maßnahmen in einem Dokument zusammengefasst werden und bei Bedarf der Hersteller den Betreiber bei der Erstellung der Gefährdungsbeurteilung unterstützt.

Sollte es Stationen oder Bereiche geben, in denen es nicht nur produktionstechnische, sondern auch sicherheitstechnische Zusammenhänge zwischen den Fahrzeugen und stationären Einrichtungen gibt, sind vom Hersteller zusätzliche Konformitätserklärungen zu liefern. Das Vorhandensein eines gemeinsamen Not-Halts führt nicht automatisch zu einem sicherheitstechnischen Zusammenhang.

Wesentliche Inhalte der Checkliste:

- Vorhandensein der Original-Betriebsanleitung
- Vorhandensein der Wartungsanleitung
- Konformitätserklärung für jede Maschine
- Evtl. Konformitätserklärung für eine Gesamtheit von Maschinen (z.B. bei einem abgeschlossenen Bereich)
- Prüfung der Schutzeinrichtungen
- Prüfung der Lastübergabesituationen bzw. der Schnittstellen
 - Stetigförderer
 - Kran
 - Roboterzelle
- Prüfung der Bodenbeschaffenheit

5.6.3 Prüfung der Kennzeichnung und Abgrenzung von Verkehrsflächen

Im Folgenden finden sich Anforderungen an Verkehrswege gemäß Arbeitsstättenregel ASR A1.8. Zusätzliche Anforderungen, die sich aus dem Einsatz von Autonomiefunktionen ergeben, werden ebenfalls berücksichtigt. Hierbei gilt es zu beachten, dass Fahrzeuge mit entsprechenden Autonomiefunktionen nicht mehr an vorgegebene Fahrspuren gebunden sind, sondern die jeweils zur Verfügung stehende Verkehrsfläche vollständig nutzen können. Daher wird im folgenden Abschnitt nicht mehr von Verkehrswegen, sondern von Verkehrsflächen gesprochen.

Zur Kenntlichmachung der Abgrenzung zwischen niveaugleichen Verkehrsflächen und umgebenden Arbeits- und Lagerflächen, sowie zwischen Flächen für den Fußgänger- und Fahrzeugverkehr können verschiedene Markierungsformen (z.B. dauerhafte Farbmarkierung, Markierungsleuchten) eingesetzt werden. Eine Kennzeichnung kann entfallen, wenn die Verkehrsfläche durch feststehende Betriebseinrichtungen (z.B. Maschinen, Schaltschränke oder Regale) eindeutig bestimmt sind und sich dadurch keine Gefährdungen ergeben.

Wenn es das Ergebnis der Gefährdungsbeurteilung erforderlich macht, sind Geländer oder Leitplanken zur Abgrenzung zwischen niveaugleichen Verkehrsflächen und umgebenden Arbeits- und Lagerflächen sowie zwischen Flächen für den Fußgänger- und Fahrzeugverkehr zu setzen.

Lassen sich Gefährdungen im Bereich von Verkehrsflächen nicht durch technische Maßnahmen verhindern oder beseitigen, oder ergeben sich Gefährdungen durch den Fahrzeugverkehr aufgrund unübersichtlicher Betriebsverhältnisse (z.B. durch Arbeits- und Lagerflächen ohne feste Einbauten), sind die Verkehrsflächen gemäß ASR A1.3 „Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung“ deutlich erkennbar zu kennzeichnen, z.B. eine dauerhafte Gefahr in Form von Ausgleichsstufen im Verkehrsweg durch gelbschwarze Streifen oder eine zeitlich begrenzte Gefahr ausgehend von ausgelaufener Flüssigkeit durch das Warnzeichen W011 „Warnung vor Rutschgefahr“.

5.7 Betrieb und Instandhaltung

5.7.1 Betrieb

Der Betrieb ist die Gesamtheit von Vorgängen, die erforderlich sind, damit eine Maschine oder Anlage arbeitet. Der Betrieb schließt neben allen Arbeitsvorgängen auch Schalt-, Steuer- und Regel-, Überwachungs- und Instandhaltungsvorgänge ein [Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch IEV 151-11-28].

Ein wichtiger Baustein der Arbeitssicherheit während der Betriebs-Phase ist die regelmäßige Unterweisung der Mitarbeiter. Daraus resultierend ist das Einhalten der unterwiesenen Inhalte und die regelmäßige Überprüfung der Umsetzung der unterwiesenen Inhalte Aufgabe aller Mitarbeiter.

Inhalte für Sicherheitsunterweisungen sind z.B. Verkehrsregeln im Betrieb, wie die Nutzung von gekennzeichneten Fußwegen oder Vorgaben und Regeln für die Fahrer von Flurförderzeugen.

Der Betrieb der fahrerlosen Fahrzeuge sollte nicht gestört oder behindert werden. Alle Mitarbeiter müssen ihren Beitrag zum sicheren Betrieb fahrerloser Fahrzeuge leisten!

Beispiele:

- Fahrwege im Lichtraumprofil freihalten, d. h. Teile, die in den Fahrweg hängen/ragen, entfernen.
- Sorgfältige Sicherung und/oder Kontrolle der Sicherung einer Ladung auf dem Ladungsträger, damit die Ladung während der Fahrt stabil bleibt.

Grundpflichten des Betreibers

Arbeitsmittel dürfen erst verwendet werden, nachdem der Betreiber

1. eine Gefährdungsbeurteilung durchgeführt hat,
2. die dabei ermittelten Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik getroffen hat und
3. festgestellt hat, dass die Verwendung der Arbeitsmittel nach dem Stand der Technik sicher ist.

Ergibt sich aus der Gefährdungsbeurteilung, dass Gefährdungen durch technische Schutzmaßnahmen nach dem Stand der Technik nicht oder nur unzureichend vermieden werden können, hat der Betreiber geeignete organisatorische und personenbezogene Schutzmaßnahmen zu treffen. Technische Schutzmaßnahmen haben Vorrang vor organisatorischen, diese haben wiederum Vorrang vor personenbezogenen Schutzmaßnahmen. Die Verwendung persönlicher Schutzausrüstung ist für jeden Beschäftigten auf das erforderliche Minimum zu beschränken.

Stand der Technik ist der Entwicklungsstand fortschrittlicher Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen, der die praktische Eignung einer Maßnahme oder Vorgehensweise zum Schutz der Gesundheit und zur Sicherheit der Beschäftigten oder anderer Personen gesichert erscheinen lässt. Bei der Bestimmung des Stands der Technik sind insbesondere vergleichbare Verfahren, Einrichtungen oder Betriebsweisen heranzuziehen, die mit Erfolg in der Praxis erprobt worden sind.

Die Aufrechterhaltung der Sicherheit des Arbeitsmittels nach § 10 Absatz 1 der BetrSichV legt fest, dass der Betreiber Instandhaltungsmaßnahmen treffen muss, damit das Arbeitsmittel während der gesamten Verwendungsdauer den Anforderungen, die zum Zeitpunkt des erstmaligen Verwendens zutrafen, entspricht.

Sofern sich der Stand der Technik in Bezug auf das zu erreichende Schutzniveau ändert, ist im Rahmen der Gefährdungsbeurteilung zu prüfen, ob zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich sind.

5.7.2 Instandhaltung

Alle Arbeitsschritte, die die Funktionsfähigkeit von Maschinen gewährleisten sollen, können unter dem Begriff „Instandhaltung“ zusammengefasst werden. Arbeiten zur Inspektion, Wartung und Instandsetzung sowie Arbeitsschritte zur Verbesserung und Schwachstellenanalyse sind somit Teile der Instandhaltung. Dieser Prozess ist in der DIN 31051 wie folgt definiert: „Instandhaltung ist die Kombination aller technischen und administrativen Maßnahmen sowie Maßnahmen des Managements während des Lebenszyklus einer Betrachtungseinheit zur Feststellung und Beurteilung des Ist-Zustandes sowie zur Erhaltung des funktionsfähigen Zustandes oder der Rückführung in diesen, so dass sie die geforderte Funktion erfüllen kann.“

Die Arbeitsmittelbenutzungsrichtlinie bzw. die Betriebssicherheitsverordnung als deren nationale Umsetzung verpflichtet den Betreiber, bei der Errichtung von Arbeitsmitteln, dem Auf- und Abbau, der Erprobung sowie der Instandhaltung und Prüfung von Arbeitsmitteln, unter Berücksichtigung der sicherheitsrelevanten Aufstellungs- und Umgebungsbedingungen, nach dem Stand der Technik vorzugehen und diese sicher durchzuführen. Nähere Angaben hierzu enthalten die TRBS 1112 „Instandhaltung“ und die DGUV Information 209-015 „Instandhaltung - sicher und praxisgerecht durchführen“.

Anpassung an den Stand der Technik

Die Gefährdungsbeurteilung ist regelmäßig (Empfehlung: alle 12 Monate) zu überprüfen. Dabei ist der aktuelle Stand der Technik zu berücksichtigen. Soweit erforderlich, sind die Schutzmaßnahmen bei der Verwendung von Arbeitsmitteln entsprechend anzupassen.

Der Betreiber hat die Gefährdungsbeurteilung unverzüglich zu aktualisieren, wenn

1. sicherheitsrelevante Veränderungen der Arbeitsbedingungen einschließlich der Änderung von Arbeitsmitteln dies erfordern,
2. neue Informationen, insbesondere Erkenntnisse aus dem Unfallgeschehen oder aus der arbeitsmedizinischen Vorsorge, vorliegen oder
3. die Prüfung der Wirksamkeit der Schutzmaßnahmen nach § 4 Absatz 5 der BetrSichV ergeben hat, dass die festgelegten Schutzmaßnahmen nicht wirksam oder nicht ausreichend sind.

Ergibt die Überprüfung der Gefährdungsbeurteilung, dass keine Aktualisierung erforderlich ist, so hat der Betreiber dies unter Angabe des Datums der Überprüfung in der Dokumentation zu vermerken.

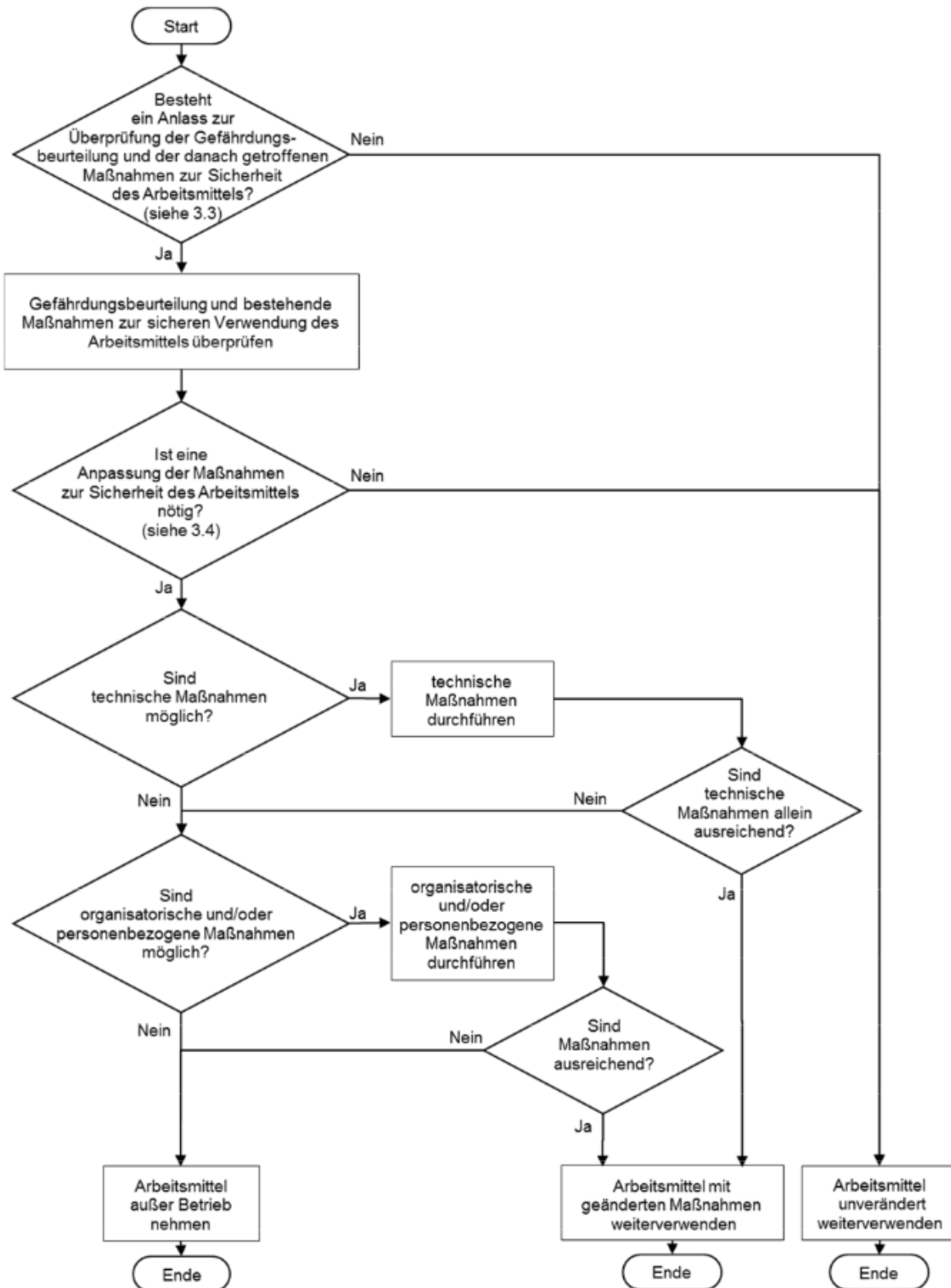


Abbildung 5 - Empfehlungen zur Betriebssicherheit EmpfBS 1114

Ablauf der Überprüfung der Gefährdungsbeurteilung und Anpassung der Maßnahmen zur sicheren Verwendung eines Arbeitsmittels

Quelle: GMBI 2019, S. 310 [Nr. 13-16]

Reinhaltung von Fahrwegen

Der Betreiber muss folgende vom Hersteller anzugebende Anforderungen umsetzen:

- Trockenheit, Sauberkeit und ordnungsgemäßer Zustand der Fahrwege und Fahrwegmarkierungen sind zu gewährleisten, um Rutschen des fahrerlosen Fahrzeugs, besonders während Notbremsungen, zu vermeiden;
- Freihalten des Fahrweges von Hindernissen, die Bewegungen des fahrerlosen Fahrzeugs behindern könnten;
- Instandhaltung der Bodenbeschaffenheit und der Einrichtungen, die mit fahrerlosen Fahrzeugen in Verbindung stehen.

Zusätzliche Anforderungen, beispielsweise bei Anwendungen im Outdoor-Bereich, im Tiefkühlager oder in explosionsgefährdeten Bereichen, sind zu beachten.

Prüfung von Arbeitsmitteln

Die Prüfung eines Arbeitsmittels im Sinne der BetrSichV beinhaltet die Feststellung, ob die getroffenen Schutzmaßnahmen geeignet und funktionsfähig sind. Im Falle eines FTS ist jedes einzelne Fahrzeug zu prüfen und das Ergebnis zu dokumentieren. Hierzu gehört z.B. die Prüfung der Schutzeinrichtungen und die Durchführung eines Bremstests.

Diese Prüfungen müssen durch den Betreiber vor der erstmaligen Verwendung, nach Veränderungen, wiederkehrend in regelmäßigen Intervallen und nach außergewöhnlichen Ereignissen, wie Unfällen oder Beinahe-Unfällen, durchgeführt werden.

Unter Veränderung wird z.B. verstanden

- Demontage und Montage einer Schutzeinrichtung z.B. bei Reparatur oder Austausch
- Ändern der Konfiguration einer Schutzeinrichtung z.B. durch Anpassung des Schutzfeldes eines Sicherheits-Laserscanners oder Änderungen am sicherheitsbezogenen Programm einer Steuerung
- Einbau zusätzlicher Schutzeinrichtungen

Der Betreiber hat nach § 14 BetrSichV Art und Umfang erforderlicher Prüfungen von Arbeitsmitteln sowie die Fristen von wiederkehrenden Prüfungen zu ermitteln und festzulegen, soweit diese Verordnung nicht bereits entsprechende Vorgaben enthält. Dabei sind Herstellervorgaben für die einzelnen Komponenten des FTS zu berücksichtigen.

Wiederkehrende Prüfungen:

Die Prüffrist ist der festgelegte Zeitraum zwischen zwei Prüfungen. Sie muss so festgelegt werden, dass der Prüfgegenstand nach allgemein zugänglichen Erkenntnisquellen und betrieblichen Erfahrungen im Zeitraum zwischen zwei Prüfungen sicher benutzt werden kann.

Ferner hat der Betreiber zu ermitteln und festzulegen, welche Voraussetzungen die zur Prüfung befähigten Personen erfüllen müssen, die von ihm mit den Prüfungen von Arbeitsmitteln nach § 14 BetrSichV zu beauftragen sind. Nähere Angaben hierzu siehe Technische Regeln zur Betriebssicherheit TRBS 1201 und 1203, insbesondere TRBS 1203 Abschnitt 2.

Außerordentliche Prüfungen:

Außergewöhnliche Ereignisse wie Unfälle oder Beinahe-Unfälle, aber auch längere Stillstandzeiten verpflichten zur Durchführung einer außerordentlichen Prüfung des Arbeitsmittels auf seinen sicheren Zustand und seine sichere Funktion.

6 Veränderungen an FTS

Bei einer Veränderung an einem FTS hat der Betreiber die Pflicht, zu prüfen, ob die vorhandenen fahrerlosen Fahrzeuge und peripheren Einrichtungen bestimmungsgemäß und sicher weiterverwendet werden können oder ob zusätzliche Maßnahmen zur Gewährleistung der Sicherheit durchgeführt werden müssen.

Allgemeine Veränderungen an einem FTS können sein:

- Veränderung des Layouts
 - Änderung der Fahrwege (oder Fahrflächen)
 - Zusätzliche Fahrwege (oder Fahrflächen)
 - Änderung der Breite des Fahrwegs (oder der Fahrfläche)
 - ...
- Veränderung der bestimmungsgemäßen Verwendung
 - Erhöhung der Nutzlast
 - Änderung des Lastschwerpunktes
 - Erhöhung der Fahrgeschwindigkeit
 - Freischalten von (zusätzlichen) Autonomiefunktionen
 - ...
- Veränderung an den Umgebungsbedingungen
 - Fahren im Außenbereich
 - Fahren in öffentlich zugänglichen Bereichen
 - Änderung der Flächennutzung (Mischverkehr)
 - ...
- Veränderung der Anzahl fahrerloser Fahrzeuge in einer bestehenden Anlage
- Zusätzliche Typen fahrerloser Fahrzeuge in einer bestehenden Anlage
- Abbau der Anlage und Aufbau in einer neuen Halle (Umzug)
- ...

Für jede Veränderung ist zu beurteilen, ob eine wesentliche oder nicht wesentliche Veränderung vorliegt.

Fahrerlose Fahrzeuge oder periphere Einrichtungen, an denen nach ihrer Inbetriebnahme Veränderungen oder Überarbeitungen mit dem Ziel der Modifizierung ihrer ursprünglichen Leistung, Verwendung oder Bauart vorgenommen worden sind, können gegebenenfalls als neue Maschinen angesehen werden. Hierfür ist durch eine neue Risikobeurteilung zu ermitteln, ob sich durch die vorgesehenen Veränderungen neue Gefährdungen ergeben oder ob sich ein bereits vorhandenes Risiko erhöht. Falls ja, kann eine wesentliche Veränderung vorliegen.

Die folgenden Betrachtungen beziehen sich auf das fahrerlose Fahrzeug, lassen sich sinngemäß aber auch auf alle anderen Maschinen (wie z.B. angetriebene Übergabestationen oder automatische Batteriewechselstationen) in einem FTS übertragen.

Bei der Beurteilung einer wesentlichen Veränderung ist es sinnvoll, nachfolgendes Schaubild anzuwenden. Erläuterungen und Konsequenzen werden in den nächsten Abschnitten beschrieben.

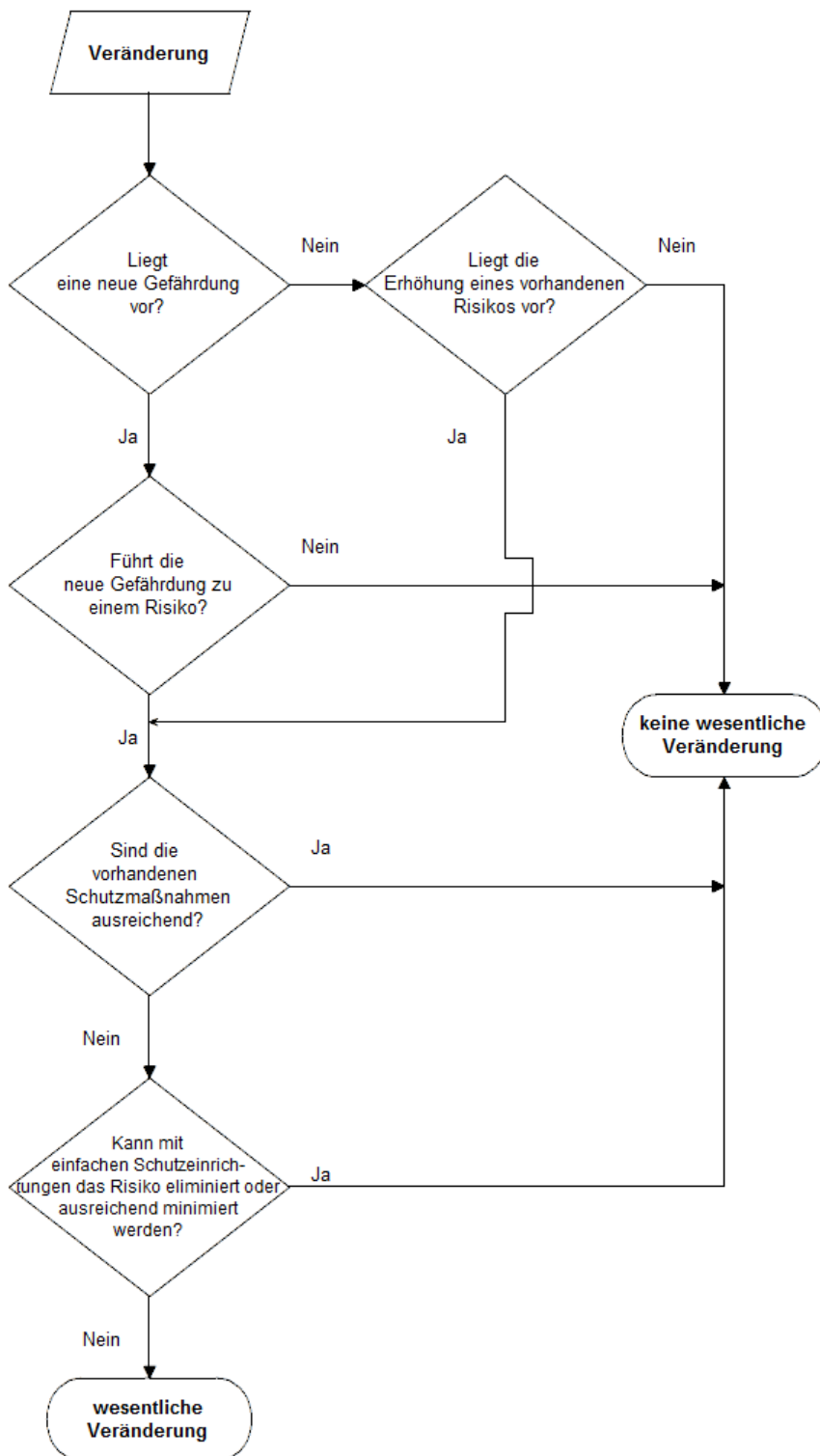


Abbildung 6 - BMAS Entscheidungshilfe - wesentliche Veränderung von Maschinen
BMAS=Bundesministerium für Arbeit und Soziales

6.1 Nicht wesentliche Veränderung

Die möglichen Veränderungen an einem Fahrzeug lassen sich über die Parameter „Gefährdung“ und „Risiko“ bewerten.

Je nach Umfang der Veränderung werden zusätzliche Schutzmaßnahmen erforderlich. Eine technische Schutzmaßnahme an einem fahrerlosen Fahrzeug ist z.B. „Stopp auslösen durch eine Schutzeinrichtung“. Schutzeinrichtungen hierfür können z.B. Bumper oder Sicherheits-Laserscanner sein.

Folgende vier Fälle führen zu einer nicht wesentlichen Veränderung:

Fall 1: Es liegt keine neue Gefährdung und keine Erhöhung eines vorhandenen Risikos vor.

Das Fahrzeug kann nach wie vor als sicher angesehen werden. Zusätzliche Schutzmaßnahmen sind nicht erforderlich.

Fall 2: Es liegt eine neue Gefährdung oder eine Erhöhung eines vorhandenen Risikos vor, aber die vorhandenen Schutzmaßnahmen sind hierfür weiterhin ausreichend.

Das Fahrzeug kann nach wie vor als sicher angesehen werden. Für den Fall einer Geschwindigkeitserhöhung sind folgende Beispiele denkbar:

- Vorhandener Bumper mit für die neue Geschwindigkeit ausreichend dimensionierter Größe.
- Das vorhandene Schutzfeld eines Sicherheits-Laserscanners ist für die neue Geschwindigkeit ausreichend dimensioniert.
- Vergrößern des Schutzfeldes eines vorhandenen Sicherheits-Laserscanners im Rahmen der zulässigen Reichweite.

Fall 3: Es liegt eine neue Gefährdung oder eine Erhöhung eines vorhandenen Risikos vor, und die vorhandenen Schutzmaßnahmen sind hierfür nicht mehr ausreichend.

Durch zusätzliche einfache Schutzeinrichtungen kann das Risiko eliminiert oder ausreichend gemindert werden. Das Fahrzeug kann dann als sicher angesehen werden. Ein Beispiel für zusätzliche einfache Schutzeinrichtungen im Falle einer Geschwindigkeitserhöhung ist:

- Zusätzlicher Sicherheits-Laserscanner mit für die neue Geschwindigkeit ausreichend dimensionierter Reichweite.

Fall 4: Es liegt eine neue Gefährdung oder eine Erhöhung eines vorhandenen Risikos vor, und die vorhandenen Schutzmaßnahmen sind hierfür nicht mehr ausreichend.

Durch Austausch der vorhandenen Schutzeinrichtungen gegen solche mit identischer Funktion und identischem Sicherheitsniveau kann das Risiko ausreichend gemindert werden. Beispiele hierfür im Falle einer Geschwindigkeitserhöhung sind:

- Austausch des vorhandenen Bumpers durch einen Bumper mit für die neue Geschwindigkeit ausreichend dimensionierter Größe.
- Austausch des vorhandenen Bumpers durch einen Sicherheits-Laserscanner mit für die neue Geschwindigkeit ausreichend dimensionierter Reichweite.
- Austausch des vorhandenen Sicherheits-Laserscanners durch einen Sicherheits-Laserscanner mit für die neue Geschwindigkeit ausreichend dimensionierter Reichweite.

Lässt sich auch durch zusätzliche einfache Schutzeinrichtungen das Risiko nicht eliminieren oder ausreichend mindern, liegt eine wesentliche Veränderung vor.

Generell gilt:

Änderungen an den Schutzeinrichtungen sind so auszuführen, dass das bestehende Sicherheitsniveau erhalten bleibt. Sie sind sorgfältig zu dokumentieren und die Wirksamkeit der technischen Schutzmaßnahmen ist vor erstmaliger Verwendung zu prüfen. Es ist keine neue Konformitätsbewertung erforderlich.

6.2 Wesentliche Veränderung

Ein wesentlich verändertes fahrerloses Fahrzeug in einem FTS wird wie eine neue Maschine behandelt. Das bedeutet, dass die juristische Person, die für die wesentliche Veränderung verantwortlich ist, ihrerseits zum Hersteller wird und damit die Herstellerpflichten (in Deutschland gemäß ProdSG und 9. ProdSV) zu erfüllen hat. Danach hat ein solcher Hersteller sicherzustellen, dass die wesentlich veränderte Maschine den grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsschutzanforderungen gemäß Anhang I der MRL entspricht. Er muss für die wesentlich veränderte Maschine das entsprechende Konformitätsbewertungsverfahren durchführen und insbesondere die vorgeschriebenen technischen Unterlagen erstellen, mit denen er die Durchführung des Konformitätsbewertungsverfahrens nachweisen kann. Weiterhin muss dieser Hersteller die an die Veränderungen angepasste Betriebsanleitung zur Verfügung stellen und versieht erforderlichenfalls die wesentlich veränderte Maschine mit Warnhinweisen für die Restrisiken, die aufgrund des Standes der Technik mit technischen Schutzmaßnahmen nicht weiter minimiert werden können. Abschließend muss dieser Hersteller die EG-Konformitätserklärung bereitstellen, diese beifügen und die CE-Kennzeichnung und ein neues Typenschild an allen wesentlich veränderten Fahrzeugen anbringen. Nähere Angaben hierzu finden sich in der [VDI-Richtlinie 2510 Blatt 2, Fahrerlose Transportsystem (FTS) - Sicherheit von FTS].

Es bestehen immer wieder Unsicherheiten, wer von den an der wesentlichen Veränderung Beteiligten die Verantwortung für die Konformität trägt und damit die Rolle des Herstellers übernimmt. Hierzu lassen sich drei Fälle unterscheiden:

Fall 1: Der Betreiber erstellt das Konzept selbst und baut die Fahrzeuge in Eigenregie um.

In diesem Fall übernimmt der Betreiber dann die Rolle des Herstellers und damit auch die oben beschriebene Verantwortung.

Fall 2: Der Betreiber erstellt das Konzept und lässt die Fahrzeuge durch einen Dritten umbauen.

Hierbei ist es unerheblich, in welchem Umfang der Betreiber Entwicklungs- und Produktionsarbeiten beauftragt hat. Entscheidend ist, dass der Betreiber wie in Fall 1 die Verantwortung für die Übereinstimmung der Fahrzeuge mit den relevanten Bestimmungen der Vorschriften zur CE-Kennzeichnung in seinen Händen behält. Der ausführende Dritte (der auch der ursprüngliche Fahrzeughersteller sein kann) arbeitet in diesem Fall als verlängerte Werkbank.

Fall 3: Der Betreiber beauftragt einen Dritten mit Konzepterstellung und Umbau der Fahrzeuge. Der Dritte bringt die umgebauten Fahrzeuge in seinem Namen in Verkehr. Die Rolle des Herstellers mit allen Pflichten obliegt dem umbauenden Dritten.

Für alle Fälle gilt:

Da es in einer Zuliefersituation leicht zu Missverständnissen und Unsicherheiten über die Verantwortung und die juristische Rolle der Beteiligten kommen kann, empfiehlt es sich, in einer vertraglichen Vereinbarung explizit festzuhalten, bei wem die Rolle des Herstellers und die Verantwortung für die Konformität liegen.

7 Übersicht relevanter Gesetze, Normen und Richtlinien

Nachfolgende Übersicht für den Betreiber relevanter Gesetze, Vorschriften, Normen und Richtlinien dient der Orientierung. Die Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

7.1 Relevante Gesetze und Vorschriften in Deutschland

Verpflichtend für den Betreiber:

ArbSchG	Arbeitsschutzgesetz, Nationale Umsetzung der Richtlinie 89/391/EWG Gesetz über die Durchführung von Maßnahmen des Arbeitsschutzes zur Verbesserung der Sicherheit und des Gesundheitsschutzes der Beschäftigten bei der Arbeit Quelle: Gesetze im Internet
BetrSichV	Betriebssicherheitsverordnung, Nationale Umsetzung der Richtlinie 2009/104/EG Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Verwendung von Arbeitsmitteln Quelle: Gesetze im Internet
DGUV Vorschrift 68	Unfallverhütungsvorschrift „Flurförderzeuge“ (bisher BGV D 27) Quelle: Homepage der BGHM

Informativ für den Betreiber:

ProdSG	Produktsicherheitsgesetz, Nationale Umsetzung der Richtlinie 2001/95/EG Quelle: Gesetze im Internet
9. ProdSV	Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenverordnung), Nationale Umsetzung der Richtlinie 2006/42/EG Quelle: Gesetze im Internet
EMVG	Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln, Nationale Umsetzung der Richtlinie 2014/30/EU des Europäischen Parlaments und des Rates vom 26. Februar 2014 zur Harmonisierung der Rechtsvorschriften der Mitgliedstaaten über die elektromagnetische Verträglichkeit Quelle: Gesetze im Internet

7.2 Normen (für den Hersteller)

DIN EN ISO 3691-4	Flurförderzeuge - Sicherheitstechnische Anforderungen und Verifizierung - Teil 4: Fahrerlose Flurförderzeuge und ihre Systeme
DIN EN 1081	Elastische, Laminat- und modulare mehrschichtige Bodenbeläge - Bestimmung des elektrischen Widerstandes
DIN EN 1175	Sicherheit von Flurförderzeugen - Elektrische/elektronische Anforderungen
DIN EN 1755	Flurförderzeuge - Sicherheitsanforderungen und Verifizierung - Zusätzliche Anforderungen für den Einsatz in explosionsgefährdeten Bereichen
DIN EN ISO 4413	Fluidtechnik - Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Hydraulikanlagen und deren Bauteile
DIN EN ISO 4414	Fluidtechnik - Allgemeine Regeln und sicherheitstechnische Anforderungen an Pneumatikanlagen und deren Bauteile
DIN EN ISO 12100	Sicherheit von Maschinen - Allgemeine Gestaltungsleitsätze - Risikobeurteilung und Risikominderung
DIN EN 60204-1	Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstungen von Maschinen – Teil 1 Allgemeine Anforderungen
DIN EN 62485-3	Sicherheitsanforderungen an Batterien und Batterieanlagen - Teil 3: Antriebsbatterien für Elektrofahrzeuge
DIN EN IEC 63327	Automatische Bodenbehandlungsmaschinen für den gewerblichen Gebrauch - Besondere Anforderungen

7.3 Relevante Richtlinien

VDI 2510	Fahrerlose Transportsysteme (FTS) <ul style="list-style-type: none"> • Ausführungsrichtlinie Technik • mit allen Blättern
VDI 2510 Blatt 1	Infrastruktur und periphere Einrichtungen für Fahrerlose Transportsysteme (FTS)
VDI 2510 Blatt 2	Fahrerlose Transportsysteme (FTS) - Sicherheit von FTS
VDI 2510 Blatt 4	Fahrerlose Transportsysteme (FTS); Energieversorgung und Ladetechnik
VDI 2710	Ganzheitliche Planung von Fahrerlosen Transportsystemen (FTS) <ul style="list-style-type: none"> • Planungsrichtlinie • mit allen Blättern

7.4 Sonstiges

ASR A1.3	Technische Regeln für Arbeitsstätten – Sicherheits- und Gesundheitsschutzkennzeichnung
ASR A1.8	Technische Regeln für Arbeitsstätten – Verkehrswege
BAuA-Handbuch Gefährdungsbeurteilung	Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (BAuA) Gefährdungsfaktoren: Ein Ratgeber
BMAS-Entscheidungshilfe	Interpretationspapier zum Thema „Wesentliche Veränderung von Maschinen“ (Bekanntmachung des BMAS im GMBI 2015, Nr.10, Seite 183-186)
EmpfBS1114	Empfehlungen zur Betriebssicherheit – Anpassung an den Stand der Technik bei der Verwendung von Arbeitsmitteln
FTS-Fibel	Fahrerlose Transportsysteme: Eine Fibel mit Praxisanwendungen - zur Technik - für die Planung. Springer Vieweg 2023
Leitfaden Sicherheit für Planer (Juni 2022)	Quelle: Homepage Forum- FTS
Leitfaden Autonomie V1.2	Quelle: Homepage Forum-FTS
Leitfaden Phasen, Rollen und Akteure in FTS-Projekten	Quelle: Homepage Forum-FTS
EU-Verordnung Nr. 765/2008	Verordnung (EG) Nr. 765/2008 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 9. Juli 2008 über die Vorschriften für die Akkreditierung und Marktüberwachung im Zusammenhang mit der Vermarktung von Produkten
TRBS 1112	Technische Regeln für Betriebssicherheit – Instandhaltung
TRBS 1201	Technische Regeln für Betriebssicherheit – Prüfungen und Kontrollen von Arbeitsmitteln und überwachungsbedürftigen Anlagen
TRBS 1203	Technische Regeln für Betriebssicherheit – Zur Prüfung befähigte Personen
TRBS 2210	Technische Regeln für Betriebssicherheit – Gefährdungen durch Wechselwirkungen
FBHM-016	„Probetrieb von Maschinen und maschinellen Anlagen“, Fachbereich Holz und Metall, DGUV 2019.08 Quelle: Homepage DGUV
DGUV Information 209-015	„Instandhaltung - sicher und praxisgerecht durchführen“. Quelle: Homepage DGUV

8 Verweis

Dieser Leitfaden wurde durch den Arbeitskreis FTS-Sicherheit des VDI-GPL Fachausschusses „Fahrerlose Transportsysteme (FTS)“ erarbeitet.

Er entstand unter Mitwirkung der BGHW (Berufsgenossenschaft Handel und Warenlogistik, Körperschaft des öffentlichen Rechts) in Mannheim.