

Masterarbeit

KONZEPT FÜR EINE RISIKOBEURTEILUNG NACH EMV-RICHTLINIE 2014/30/EU FÜR LOGISTISCHE INDUSTRIEANLAGEN

ausgeführt am



FACHHOCHSCHULE DER WIRTSCHAFT

Fachhochschul-Masterstudiengang
Automatisierungstechnik-Wirtschaft

von

Ing. Gerald Neuhold, BSc

1710322031

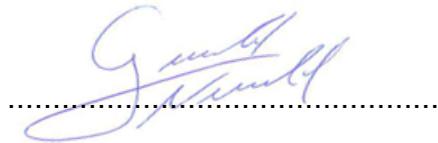
betreut und begutachtet von
Dipl.-Ing. Franz Gregor Blasge

Graz, im Januar 2019


.....
Unterschrift

EHRENWÖRTLICHE ERKLÄRUNG

Ich erkläre ehrenwörtlich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benützt und die benutzten Quellen wörtlich zitiert sowie inhaltlich entnommene Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

A handwritten signature in blue ink is written over a horizontal dotted line. The signature is cursive and appears to read 'G. Schmidt'.

Unterschrift

DANKSAGUNG

Ein herzlicher Dank gilt meiner gesamten Familie, die mich in den letzten Jahren während des Studiums und beim Verfassen der Masterarbeit unterstützt und motiviert hat. Ein weiterer großer Dank gilt allen Lektoren der Fachhochschule Campus02, im Speziellen meinem Betreuer, Herrn Dipl.-Ing. Franz Gregor Blasge, für viele hilfreiche Ratschläge und die Beantwortung zahlreicher Fragen während der gesamten Masterarbeit. Ein spezieller Dank gilt auch meinen Vorgesetzten der Firma Jungheinrich Systemlösungen GmbH, welche mir das berufsbegleitende Studium durch flexible Arbeitszeiten erst ermöglicht haben und mich besonders dann sehr unterstützt haben, wenn in Prüfungszeiten ein erhöhter Zeitaufwand für das Studium erforderlich war.

KURZFASSUNG

In den Richtlinien und Verordnungen der Europäischen Union (EU) werden die allgemeinen Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen für Produkte, welche im Europäischen Raum in Verkehr gebracht werden, festgelegt. Die Anforderungen zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) werden in der EU-Richtlinie 2014/30/EU definiert. Mit der Einführung dieser Richtlinie haben sich einige Anforderungen geändert. Die wichtigste Anforderung der neuen EMV-Richtlinie ist die Erstellung einer Risikoanalyse und einer Risikobewertung. Jedoch gibt es im Unterschied zur Maschinenrichtlinie (MRL) keine Norm über deren Ablauf.

Diese Masterarbeit beschäftigt sich mit der Erarbeitung und der Umsetzung eines Konzeptes für eine Risikoanalyse und eine Risikobewertung nach der EMV-Richtlinie 2014/30/EU. Im theoretischen Teil werden die Grundlagen hinsichtlich EMV, die Grundlagen der EMV-Richtlinie und die Umsetzung einer Risikobeurteilung nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG beschrieben. Im praktischen Teil wird auf Basis der Risikobeurteilung nach MRL ein Konzept beschrieben, welches für die Risikoanalyse und eine Risikobewertung nach EMV-Richtlinie umgesetzt werden kann. Ein weiteres wichtiges Element dieser Risikoanalyse und Risikobewertung ist die Erstellung von Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau für logistische Industrieanlagen. Zur Verifikation dieser Regeln werden erste EMV-Messungen zur Störaussendung durchgeführt, welche die Wirksamkeit der Regeln bestätigen sollen.

Das Konzept für eine Risikoanalyse und Risikobewertung nach EMV-Richtlinie 2014/30/EU dient zur Umsetzung in einem Dokumentationstool, um den Anforderungen der EMV-Richtlinie gerecht zu werden. Erste EMV-Messungen zeigen, dass die Implementierung eines EMV-gerechten Aufbaus die Störaussendung reduziert. Mit dem Dokumentationstool und den Ergebnissen der EMV-Messungen soll in Zukunft sichergestellt werden, dass alle Anforderungen aus der EMV-Richtlinie eingehalten werden. Für alle zukünftigen logistischen Industrieanlagen werden mit diesem Dokumentationstool eine Risikoanalyse und Risikobewertung durchgeführt.

ABSTRACT

The European Union (EU) defines and regulates the general health and safety requirements for products on the European market. The requirements for Electromagnetic Compatibility (EMC) are specified in the EU Directive 2014/30/EU. With the implementation of this guideline some requirements have changed. One of the key requirements of the new EMC Directive is the preparation of a risk analysis and a risk evaluation. However, unlike in the Machinery Directive (MD), no standard process has been defined yet.

This master thesis deals with the development and implementation of a concept for a risk analysis and a risk evaluation tool according to the EMC Directive 2014/30/EU. The theoretical part includes the fundamentals of EMC and essential aspects of the EMC Directive and describes a possible implementation process of a risk evaluation in accordance with the Machinery Directive 2006/42/EC. In the practical part, a concept based on the MD is developed in order to conduct a risk analysis and evaluation according to the EMC Directive. The risk analysis and evaluation of the regulation of an EMC compliant structure for logistic industrial facilities is of major significance. EMC measurements for electromagnetic interference are carried out to confirm the effectiveness of the regulation of an EMC compliant structure.

The concept for a risk analysis and evaluation according to the EMC Directive 2014/30/EU will be integrated into a documentation tool in order to meet the requirements of the EMC Directive. The first EMC measurements indicate that the implementation of an EMC compliant structure reduces the electromagnetic interference. The documentation tool and its findings of the EMC measurements ensure that all requirements of the EMC Directive are met. A risk analysis and evaluation will be done with this documentation tool for all future logistic industrial facilities.

INHALTSVERZEICHNIS

1	Einleitung.....	1
1.1	Unternehmensbeschreibung Jungheinrich Systemlösungen GmbH.....	1
1.2	Aufgabenstellung	2
1.3	Ziele	2
1.4	Nicht-Ziele.....	2
2	Beschreibung logistischer Industrieanlagen	3
2.1	Allgemeine Beschreibung logistischer Industrieanlagen	3
2.2	Regalbediengeräte	4
2.2.1	Automatisches Kleinteilelager-Regalbediengerät.....	5
2.2.2	Automatisches Kleinteilelager-Lastaufnahmemittel.....	6
2.3	Palettenfördertechnik.....	6
3	Grundlagen elektromagnetischer Verträglichkeit.....	8
3.1	Elektromagnetische Verträglichkeit	8
3.2	Koppelmechanismen/Koppelstrecken	10
3.2.1	Galvanische Kopplung.....	11
3.2.2	Kapazitive Kopplung	13
3.2.3	Induktive Kopplung	14
3.2.4	Strahlungskopplung.....	16
3.3	Erdung	18
3.4	EMV in der Automatisierungstechnik und Intralogistik	19
3.4.1	Grundlegende Begriffe.....	20
3.4.2	EMV im Schaltschrank.....	21
3.4.3	EMV im Feld	25
4	Grundlagen Richtlinien und Normen.....	27
4.1	Grundlagen zur EMV-Richtlinie	27
4.1.1	Anwendungsbereich und Anforderungen der EMV-Richtlinie	28
4.1.2	Konformitätsbewertung zur EMV-Richtlinie	30
4.1.3	Harmonisierte EMV-Normen.....	31
4.2	Risikobeurteilung	32
4.2.1	Festlegung der Grenzen des Produktes.....	34
4.2.2	Identifizierungen der Gefährdungen	35
4.2.3	Risikoeinschätzung.....	35
4.2.3.1	Instrumente zur Bewertung der Risiken	36
4.2.4	Risikobewertung	38
4.2.5	Risikominderung	38
4.3	Auswirkung auf die Automatisierungstechnik und Intralogistik.....	39
4.3.1	Definition der EMV-Umgebung.....	39
4.3.2	Konformitätsbewertung für den Schaltschrank.....	39
4.3.3	Konformitätsbewertung für die Installation im Feld.....	42

5	Konzept für eine Risikobeurteilung nach EMV-Richtlinie.....	44
5.1	Aufbau der Risikobeurteilung.....	44
5.2	Allgemeine Informationen zur Risikobeurteilung.....	44
5.3	Beschreibung der Anlage.....	45
5.4	Festlegung der Grenzen der Anlage.....	47
5.5	Risikobeurteilung.....	50
5.5.1	Ablauf der Risikobeurteilung.....	50
5.5.2	Risikoanalyse/Risikoeinschätzung.....	51
5.5.3	Risikobewertung.....	53
5.5.4	Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung.....	54
5.6	Allgemeine Hinweise.....	54
5.7	Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau.....	55
5.7.1	EMV-Zonen und Schutzmaßnahmen im Schaltschrank.....	55
5.7.1.1	Schaltschrank-Gehäuseteile.....	55
5.7.1.2	Montageplatte im Schaltschrank.....	56
5.7.1.3	PE- und Schirmschiene im Schaltschrank.....	57
5.7.1.4	Entstörung von Induktivitäten.....	58
5.7.1.5	Filter und Drossel im Schaltschrank.....	59
5.7.2	Erdungskonzept.....	60
5.7.3	Installation von Geräten im Feld.....	62
5.7.4	Potenzialausgleich im Feld.....	63
5.7.5	Kabel und Leitungen.....	65
5.7.5.1	Schirmung von Kabeln und Leitungen.....	67
5.7.5.2	Kabelverlegung im Feld.....	68
5.7.5.3	Kabeltragsystem im Feld.....	70
6	Beschreibung des Dokumentationstools.....	71
6.1	Allgemeine Informationen zum Dokumentationstool.....	71
6.2	Aufbau des allgemeinen Teils auf Word-Basis.....	71
6.3	Aufbau der Risikobeurteilung auf Excel-Basis.....	71
7	Messtechnische Untersuchung von EMV-Bereichen logistischer Industrieanlagen.....	76
7.1	EMV-Messungen an logistischen Industrieanlagen.....	76
7.2	EMV-Messungen an einem Automatischen-Kleinteilelager Regalbediengerät.....	77
7.2.1	Übersicht und Interpretation der Messergebnisse.....	78
7.3	EMV-Messungen an einer Palettenfördertechnik.....	83
7.3.1	Übersicht und Interpretation der Messergebnisse.....	84
8	Ergebnisse und Ausblick.....	88
8.1	Zusammenfassung.....	88
8.2	Ausblick.....	89
	Literaturverzeichnis.....	90
	Abbildungsverzeichnis.....	92
	Tabellenverzeichnis.....	98
	Abkürzungsverzeichnis.....	100

Anhang 1: Risikobewertung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik.....	101
Anhang 2: EMV-Messergebnisse an einem automatischen Kleinteilelager-Regalbediengerät.....	111
Anhang 3: EMV-Messergebnisse an einer Palettenfördertechnik.....	115

1 EINLEITUNG

Die Europäische Union/Gemeinschaft (EU/EG) legt in ihren Richtlinien die allgemeinen Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen für Produkte, welche im Europäischen Raum in Verkehr gebracht werden, fest. Ziel dieser EU-Richtlinien ist in erster Linie die Regulierung des freien Warenverkehrs innerhalb der EU. Dabei dürfen die vorgeschriebenen Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen nicht unterschritten werden. Mit dem Anbringen der CE-Kennzeichnung wird bestätigt, dass alle Forderungen inklusive der harmonisierten Normen eingehalten werden. Die Anforderungen zur elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) werden in der EU-Richtlinie 2014/30/EU definiert.

Mit der Einführung der neuen Richtlinie 2014/30/EU über die EMV haben sich einige Anforderungen geändert. Die neue EMV-Richtlinie schreibt unter anderem vor, eine Risikoanalyse und Risikobewertung für Industrieanlagen durchzuführen. Jedoch gibt es anders als bei der Maschinenrichtlinie (MRL) keine Norm über deren Ablauf. Die neue EMV-Richtlinie gilt seit dem 20.04.2016 für das Inverkehrbringen von elektrischen Anlagen, allerdings lässt sich deren gesamte Konformität nicht ohne eine Risikoanalyse und Risikobewertung bestätigen.

Aktuell werden im Unternehmen Jungheinrich Systemlösungen GmbH (JSL) alle Anforderungen und Vorgaben der KomponentenherstellerInnen umgesetzt. Des Weiteren werden alle notwendigen Normen berücksichtigt, jedoch wird bis zum heutigen Zeitpunkt noch keine Risikoanalyse und Risikobewertung nach EMV-Richtlinie durchgeführt. Mit der Entwicklung und Einführung eigener mechatronischer Produkte im Jungheinrich Konzern, wie zum Beispiel Automatische Kleinteilelager-Regalbediengeräte (AKL-RBG), soll diese Lücke geschlossen werden, um alle Vorgaben der EMV-Richtlinie zur Gänze zu erfüllen.

1.1 Unternehmensbeschreibung Jungheinrich Systemlösungen GmbH

Das Unternehmen Jungheinrich Systemlösungen GmbH wurde 1989 von damals drei Studenten der Technischen Universität Graz unter dem Namen ISA-Innovative Systemlösungen für die Automation GmbH (ISA) gegründet. Bereits nach kurzer Zeit hatte sich das Unternehmen als eines der kompetentesten Softwareunternehmen im Bereich Intralogistik etabliert. Nach einer Marktevaluierung des Fraunhofer-Instituts hinsichtlich eines geeigneten Warehouse-Management-Systems (WMS) für die Jungheinrich AG erwies sich die Lösung der Firma ISA als am besten geeignet. Nach mehrjähriger erfolgreicher Zusammenarbeit der beiden Unternehmen wurde das Unternehmen ISA von der Jungheinrich AG übernommen und in den Jungheinrich Konzern integriert.



Abb. 1: Firmenlogo Jungheinrich AG, Quelle: Jungheinrich AG - 1 (2018), Online-Quelle [07.08.2018].

Die Kernkompetenz des Unternehmens ist die Realisierung von manuellen und automatischen Intralogistiklösungen. Zu diesen Lösungen zählen zum Beispiel automatische Förderanlagen, Regalbediengeräte oder auch fahrerlose Transportsysteme. Am Standort in Graz werden diese Lösungen

für den Bereich WMS und Steuerungstechnik entwickelt und in weiterer Folge bei den KundInnen implementiert.

1.2 Aufgabenstellung

Aufgrund der fehlenden Norm bzw. Herangehensweise für eine Risikoanalyse und Risikobewertung nach EMV-Richtlinie soll in dieser Masterarbeit ein Konzept für eine Risikoanalyse und Risikobewertung für logistische Anlagen nach EMV-Richtlinie ermittelt werden. Dabei wird auf mögliche elektromagnetische Phänomene im Industriebereich näher eingegangen und wie diese vor Beginn der Projektierungsphase bereits ermittelt bzw. identifiziert werden können. Dieses Konzept soll in Anlehnung an bereits bestehende Normen, welche sich mit einer Risikobeurteilung für EU/EG-Richtlinien beschäftigen, erstellt werden. Im Zuge der Ermittlung von möglichen elektromagnetischen Phänomenen sollen erste Tests an einer Testanlage mit EMV-Messgeräten hinsichtlich Störaussendung durchgeführt werden.

1.3 Ziele

Die Zielsetzung der Masterarbeit ist die Erarbeitung eines Konzeptes für eine Risikoanalyse und Risikobewertung nach EMV-Richtlinie für logistische Industrieanlagen der Firma JSL. Dabei soll auf mögliche Risiken bei Nichteinhaltung von HerstellerInnen- und Normangaben hingewiesen werden. Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse dieser Risikoanalyse und Risikobewertung sollen vor Beginn der Realisierungsphase mögliche elektromagnetische Phänomene betrachtet und geeignete konstruktive Maßnahmen getroffen werden können. Ein Teil der Masterarbeit beschäftigt sich auch mit der Durchführung von EMV-Messungen an einer Testanlage. In erster Linie werden bereits entwickelte Produkte der Produktlinie Automatisches Kleinteilelager-Regalbediengerät und Palettenförderer (PFT) in der Risikoanalyse und Risikobewertung berücksichtigt.

1.4 Nicht-Ziele

In dieser Masterarbeit soll nur die Erarbeitung einer Risikoanalyse und Risikobewertung nach EMV-Richtlinie im Vordergrund stehen. Noch nicht entwickelte Produktlinien wie Behälterförderer (BFT), Shuttle-Systeme usw. werden nicht berücksichtigt. Die Erarbeitung einer Risikoanalyse und Risikobewertung für andere EU/EG-Richtlinien ist nicht Teil dieser Arbeit.

2 BESCHREIBUNG LOGISTISCHER INDUSTRIEANLAGEN

2.1 Allgemeine Beschreibung logistischer Industrieanlagen

Bei einer logistischen Industrieanlage handelt es sich um ein vollautomatisiertes Lager, wo Ladungsträger vollautomatisiert ein- bzw. ausgelagert werden können. Ein Lager ist per Definition ein Raum/eine Fläche, wo Stück- und/oder Schüttgut in Form von Rohstoffen, Zwischenprodukten oder Fertigwaren gelagert werden. Zu den wichtigsten Aufgaben in einem Lager zählen das Einlagern, das Aufbewahren und Bereithalten sowie das Auslagern von Ladeeinheiten. In der Intralogistik bilden Läger eine Kernfunktion innerhalb des Materialflusssystems. Die übergeordnete Steuerung wird dabei von einem WMS oder Warehouse-Control-System (WCS) übernommen, untergeordnet übernimmt eine Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS) die Steuerung der einzelnen Anlagenteile, wie z. B. ein Regalbediengerät.¹



Abb. 2: Übersicht der Elemente einer Logistikanlage, Quelle: Jungheinrich AG - 2 (2018), Online-Quelle [01.10.2018] (leicht modifiziert).

Unabhängig von der Art und Ausführung eines Lagersystems beinhaltet dieses dieselben Grundfunktionen für den Transport von Ladungsträgern bzw. Waren. Die wichtigsten Grundfunktionen sind dabei die Warenannahme, Identifikation, Kommissionierung, Einlagerung, Auslagerung und der Versand. Bei einer vollautomatisierten logistischen Industrieanlage erfolgt das Ein- bzw. Auslagern vollautomatisch durch eine Paletten- oder Behälterfördertechnik und im Lager durch fahrerlose Transportsysteme, Regalbediengeräte oder Shuttle-Systeme.

In dieser Masterarbeit werden bereits entwickelte Produkte der Produktlinie AKL-RBG und PFT in der Risikoanalyse und Risikobewertung berücksichtigt. Diese werden in den nächsten Kapiteln genauer beschrieben.

¹ Vgl. Ten Hompel/Jünemann/Nagel (2007), S. 49.

2.2 Regalbediengeräte

Ein Regalbediengerät, kurz RBG genannt, dient in erster Linie zur Beförderung von Ladehilfsmitteln an einen bestimmten Platz in einer Regalanlage. In den meisten Fällen besteht ein RBG aus einem Fahrwerk, einem Hubwerk, einem Mast, einem Lastaufnahmemittel, einem Steuerschrank und einer Führungsschiene über der Regaloberkante. Die Energieversorgung der elektrischen Komponenten erfolgt von einem stationären Schaltschrank aus, über eine Energiekette auf kurzen Distanzen oder eine Schleifleitung auf längeren Distanzen.

Man unterscheidet RBG in der Art der Ladehilfsmittel, woraus sich zwei Hauptgruppen ergeben. Für kleineres Fördergut wie Behälter, Tablare oder Kartons werden sogenannte Automatische Kleinteilelager-Regalbediengeräte, kurz AKL-RBG, verwendet. Für größeres Fördergut wie Paletten oder Gitterboxen werden Hochregallager-Regalbediengeräte (HRL-RBG) verwendet.

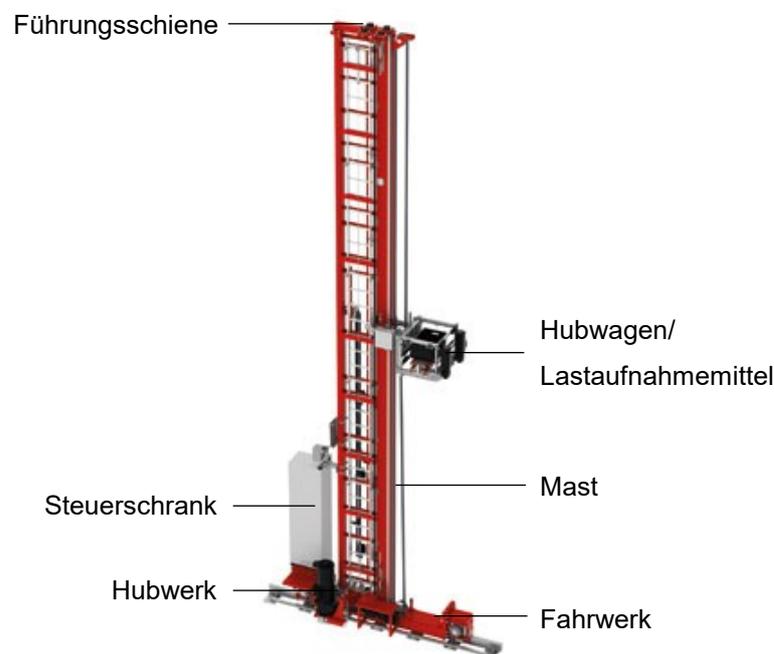


Abb. 3: Hauptkomponenten eines RBG, Quelle: MIAS Group (2018), Online-Quelle [01.10.2018] (leicht modifiziert).

Das Fahrwerk bewegt ein RBG in horizontaler Richtung auf einer Führungsschiene, welche in der Mitte der Regalgasse montiert ist. In den meisten Fällen besteht das Fahrwerk aus einem oder zwei Fahrtrieben, den Reibrädern und den Führungsrollen. Das Hubwerk wiederum bewegt ein Lastaufnahmemittel (LAM) über einen Mast in vertikaler Richtung, wobei der Hubwerksmotor aus Gründen der Wartung am unteren Ende des Mastes montiert wird. Auf dem Hubwagen können ein oder mehrere LAM montiert werden. Mit der Führungsschiene, welche sich über der Regaloberkante befindet, wird das RBG während einer Bewegung in horizontaler Richtung stabilisiert. Bei hohen Geschwindigkeiten wird ein zusätzlicher Antrieb am Kopfende des Mastes verwendet. Dieser reduziert die Auslenkung des Mastes auf ein Minimum.²

² Vgl. Ten Hompel/Jünemann/Nagel (2007), S. 187.

2.2.1 Automatisches Kleinteilelager-Regalbediengerät

Ein Fahrwerk eines Automatischen Kleinteilelager-RBG setzt sich in den meisten Fällen aus einem oder zwei Fahrtrieben, den Reibrädern und den Laufrädern zusammen. Hierbei werden zwei Reibräder gegen eine Führungsschiene gespannt, welche von den Fahrtriebmotoren angetrieben werden. Die Laufräder liegen auf der Führungsschiene auf. Bei höheren Geschwindigkeiten werden in der Regel keine Reibräder mehr eingesetzt, da sich die Rollen zu sehr abnutzen. Anstelle dieser wird ein Omega-Antrieb mit Riemen verwendet, jedoch kann diese Variante nur für kürzere Distanzen bis max. 60 m eingesetzt werden. Bei RBG-Höhen über 12 m werden bei höheren Geschwindigkeiten Antipendelantriebe eingesetzt, um das Schwingen des Mastes zu verhindern. Das Hubwerk wird in den meisten Fällen mit einem oder zwei Hubwerkmotoren und Riemen ausgeführt. Hierbei wird der Hubwagen mit einem Riemen über eine Umlenkrolle am oberen Ende des Mastes in vertikaler Richtung bewegt. Abhängig von der Anzahl der LAM gibt es RBG in Ein- oder Zweimastausführung. Auf dem Hubwagen werden je nach Anwendungsfall ein oder mehrere LAM montiert. Ein Automatisches Kleinteilelager-RBG in horizontaler Richtung erreicht eine typische Geschwindigkeit von 6 m/s bei einer Beschleunigung von 4 m/s² und in vertikaler Richtung eine Geschwindigkeit von 3 m/s bei einer Beschleunigung von 3 m/s².³

Die Energieversorgung erfolgt in horizontaler Richtung für kurze Distanzen über eine Energiekette oder über längere Distanzen mittels Schleifleitung, welche vom stationären Schaltschrank gespeist wird. In den meisten Fällen wird aufgrund der Standardisierung und der modularen Bauweise die Variante der Schleifleitung bevorzugt. Über Stromabnehmer wird der mitfahrende Schaltschrank, welcher parallel zum Mast montiert wird, versorgt. In diesem Schaltschrank befinden sich die Steuerungs- und Antriebstechnik für Fahr-, Hub- und Lastaufnahmemittelantriebe. In vertikaler Richtung wird eine Energiekette eingesetzt, welche Kommunikations- und Antriebsleitungen beinhaltet.



Abb. 4: Jungheinrich AG AKL-RBG STC 2B1A, Quelle: Jungheinrich AG - 3 (2018), Online-Quelle [01.10.2018].

³ Vgl. Kiel (2007), S. 290 – 291.

2.2.2 Automatisches Kleinteilelager-Lastaufnahmemittel

Ein Automatisches Kleinteilelager-LAM (AKL-LAM) dient zum Aufnehmen/Abgeben von Kartons, Behältern oder Tablarern in ein Regal bzw. auf die Ein-/Auslagerstation einer Behälterfördertechnik. Je nach verwendetem RBG-Typ können ein oder mehrere LAM auf dem Hubwagen eines RBG montiert werden. Die am häufigsten eingesetzten Typen sind Teleskoptische mit Riemenförderern und Kartongreifern. Ein Teleskoptisch mit Riemenförderer kann Behälter in Regalfächer einfach- und mehrfach tief ein- bzw. auslagern. Bei diesem LAM-Typ werden für Riemenförderer- und Teleskopantrieb Servo-Asynchronmotoren verwendet. Des Weiteren werden Klappen zur Zentrierung der Behälter am LAM mittels Gleichstrommotor um 90° bewegt. Ein Kartongreifer wird für die mehrfach tiefe Lagerung von Kartons in gleicher oder unterschiedlicher Größe verwendet. Für Teleskoparme, Zentrierung und Gurtförderer werden Servo-Asynchronmotoren verwendet. Die Greifer werden mittels Gleichstrommotor um 90° bewegt.

2.3 Palettenfördertechnik

Eine PFT dient in erster Linie zum Transport von Ladehilfsmitteln in Form von z. B. Paletten oder Gitterboxen. Dabei werden diese Ladehilfsmittel vom Wareneingang über die verschiedenen Elemente der PFT vollautomatisch zu einem HRL-RBG transportiert. Für das Auslagern werden die Ladehilfsmittel vom Hochregallager über die PFT zum Versand transportiert. Die einzelnen Elemente einer PFT werden in den meisten Fällen über einen Drehstrom-Asynchronmotor angetrieben, welcher aus einem Schaltschrank versorgt und von einer SPS gesteuert wird.

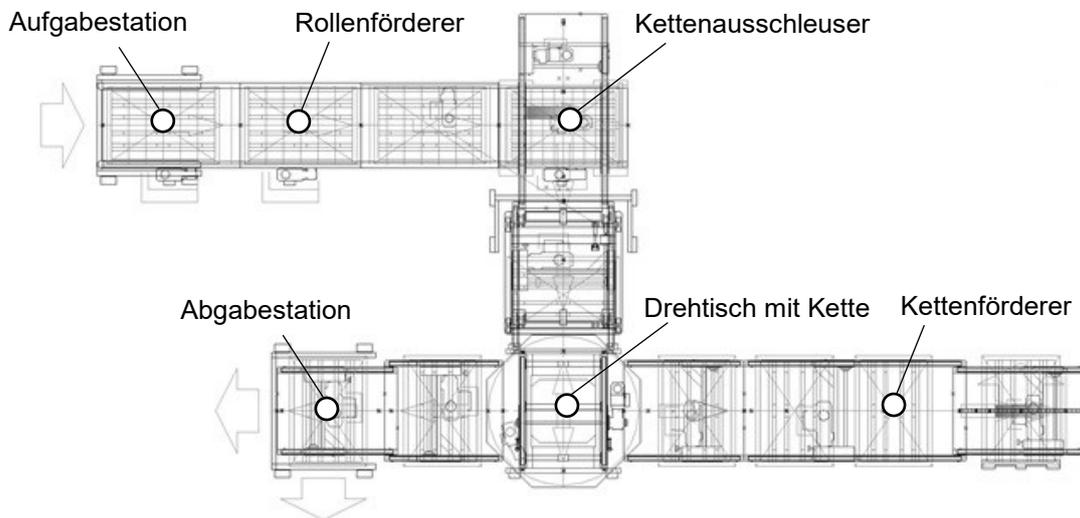


Abb. 5: Übersicht einer kompakten Paletten-Anlage, Quelle: Eigene Darstellung.

Bei einer PFT unterscheidet man zwischen Stetig- und Unstetigförderer. Der Transport erfolgt bei Stetigförderern kontinuierlich und diese arbeiten durchgehend über einen längeren Zeitabschnitt, die Antriebe laufen dabei in einem stationären Dauerbetrieb. Stetigförderer werden mittels ortsfester Halterungen versehen, was die Flexibilität einschränkt und für andere Arbeitsmittel ein Hindernis darstellt. Ein großer Vorteil von Stetigförderern gegenüber Unstetigförderern ist jedoch der Durchsatz, welcher bei

Stetigförderern weitaus größer ist. Die wichtigsten Elemente in der PFT aus der Gruppe der Stetigförderer sind folgende:⁴

- Rollenförderer
- Kettenförderer
- Kettenausschleuser
- Aufgabestation
- Abgabestation
- Drehtisch mit Rollen oder Kette



Abb. 6: Rollen-/Kettenförderer oben und Drehtisch mit Rollen und Kettenausschleuser unten, Quelle: Eigene Darstellung.

Bei Unstetigförderern erfolgt der Transport über einen unterbrochenen Fördergutstrom und Unstetigförderer arbeiten über einzelne Arbeitsspiele. Die Antriebe bei Unstetigförderern arbeiten im Aussetz- bzw. Kurzzeitbetrieb. Unstetigförderer können sowohl ortsfest als auch frei verfahrbar ausgeführt werden. Die wichtigsten Elemente in der PFT aus der Gruppe der Unstetigförderer sind folgende:⁵

- Verschiebewagen
- Vertikalförderer
- Elektrohängebahn

⁴ Vgl. Ten Hompel/Jünemann/Nagel (2007), S. 122.

⁵ Vgl. Ten Hompel/Jünemann/Nagel (2007), S. 123.

3 GRUNDLAGEN ELEKTROMAGNETISCHER VERTRÄGLICHKEIT

3.1 Elektromagnetische Verträglichkeit

Seit dem Beginn der Elektrotechnik und mit der Entwicklung von elektronischen Bauteilen ist das Thema EMV immer mehr in den Vordergrund gerückt. EMV bedeutet, dass elektrotechnische Baugruppen bzw. elektronische Systeme nebeneinander und auch miteinander störungsfrei funktionieren und sich nicht gegenseitig beeinflussen. Grundlegend bedeutet dies, dass ein Empfänger gewünschte Informationen eines Senders empfängt und verarbeitet, ohne dass der Sender andere Empfänger beeinflusst oder gar stört.

Unter dem Begriff Störquelle versteht man im Zusammenhang mit EMV neben Fernseh- und Tonrundfunksendern Stromkreise und Systeme, welche umweltbeeinflussende elektromagnetische Energie ausstrahlen. Folgend eine allgemeine Übersicht sogenannter Störquellen:⁶

- Atmosphärische Entladungen
- Elektromechanische Schaltkontakte
- Hochfrequente Schaltgeräte
- Leistungselektronik
- Leuchtstofflampen
- Motoren

Als Störsenke elektromagnetischer Energie können folgende allgemeine Systeme bzw. Beispiele genannt werden:

- Automatisierungssysteme
- Datenverarbeitungsanlagen
- Messeinrichtungen
- Sensoren

Wie auch bei anderen Medien unterliegt das elektromagnetische Spektrum zunehmender Verschmutzung und somit wird es immer wichtiger, sicher zu stellen, dass diese Verschmutzung so gering wie möglich gehalten wird. Somit ist es essentiell, dafür zu sorgen, dass alle NutzerInnen ein umfassendes Wissen über die Auswirkung elektromagnetischer Felder und Wellen auf elektromagnetische Systeme haben und dass die Nutzung des elektromagnetischen Spektrums diszipliniert durchgeführt wird.⁷

Per Definition gilt ein elektrisches System als verträglich, wenn eine Störquelle die Eigenschaft besitzt, Emissionen bis zu einer maximalen Schwelle abzugeben und wenn eine Störsenke die Eigenschaft besitzt, gegenüber Immissionen bis zu einem gewissen Mindestmaß standzuhalten. In den meisten Fällen taucht ein EMV-Problem immer zuerst bei einer Störsenke auf, da der Empfang eines Nutzsignales beeinträchtigt wird. An einem Automatisierungssystem beispielsweise kann es durch unkontrolliert eingestrahlte elektromagnetische Energie zu Störungen kommen, welche die einwandfreie Funktion des Systems unmöglich machen. Dies wird elektromagnetische Beeinflussung genannt (EMI). Bei der EMI unterscheidet man zwischen reversiblen und irreversiblen Störungen. Reversible Störungen können unter anderem Knackstörungen bei Schaltvorgängen in Haushaltsgeräten sein und irreversible Störungen können Überspannung bei Blitzeinwirkungen oder auch Zerstörung elektronischer Komponenten aufgrund von

⁶ Vgl. Schwab/Kürner (2011), S. 1.

⁷ Vgl. Schwab/Kürner (2011), S. 2.

elektrostatischen Aufladungen sein. Reversible Beeinflussungen unterteilt man in der Praxis nach ihrer Stärke in folgende zwei Kategorien:⁸

- Tolerierbare Funktionsminderungen bzw. Beeinträchtigungen
- Nichttolerierbare Fehlfunktionen bzw. unzumutbare Belästigungen

Da es sehr viele elektrische Einrichtungen gibt, werden Sender und Empfänger per Definition als Störquelle und Störsenke bezeichnet. Folgende Grafik zeigt das allgemeine Beeinflussungsmodell.



Abb. 7: Allgemeines Beeinflussungsmodell EMV, Quelle: Eigene Darstellung.

Beeinflussungen verschiedener Systeme nennt man in der Praxis Intersystem-Beeinflussungen. Wenn die Störquelle und Störsenke Teil eines Systems sind und sich gegenseitig beeinflussen, spricht man von einer Intrasystem-Beeinflussung. Beispiele für Intrasystem-Beeinflussungen sind zum Beispiel Signalwechsel auf benachbarten Datenleitungen elektronischer Baugruppen und selbstinduzierte Spannungen beim Ausschalten von Schutz-Spulen. Generell lassen sich solche Beeinflussungen durch geeignete Maßnahmen vermeiden bzw. reduzieren, um eine ausreichende elektromagnetische Verträglichkeit zu erreichen. Um die Ursache zu bekämpfen, strebt man als Primärmaßnahme und aus wirtschaftlichen Gründen immer eine hohe Verträglichkeit der Störquelle an. In weiterer Folge spricht man von Sekundärmaßnahmen, um eine elektromagnetische Beeinflussung zu vermeiden. Sekundärmaßnahmen sind geeignete Maßnahmen an der Störsenke.⁹

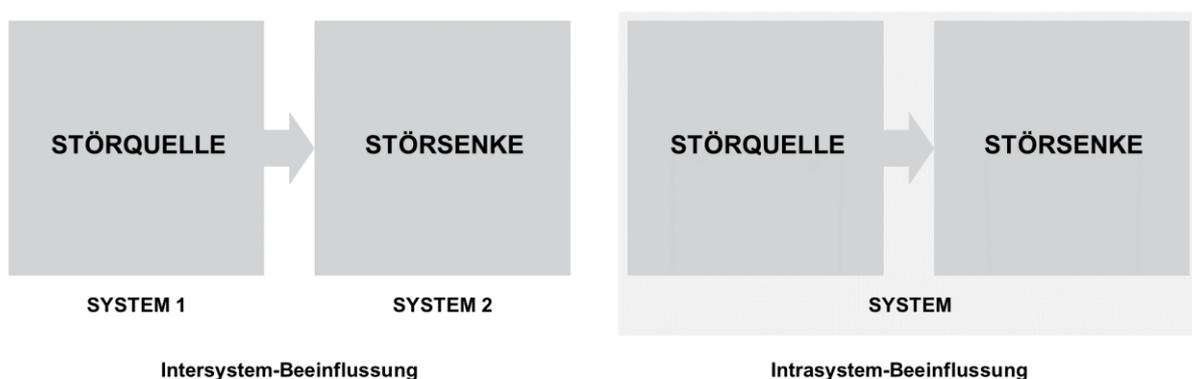


Abb. 8: Intersystem-Beeinflussung und Intrasystem-Beeinflussung, Quelle: Eigene Darstellung.

⁸ Vgl. Schwab/Kürner (2011), S. 2 – 3.

⁹ Vgl. Schwab/Kürner (2011), S. 4 – 5.

3.2 Koppelmechanismen/Koppelstrecken

Abbildung 7 beschreibt das allgemeine Beeinflussungsmodell, dieses ist jedoch nur eine grobe Übersicht der elektromagnetischen Beeinflussung. Unabhängig davon, ob man von einer Intersystem-Beeinflussung oder Intrasystem-Beeinflussung spricht, sollten für die Planung eines Systems nach der EMV folgende Aspekte berücksichtigt werden:

- Störende Umgebung (Störquelle): z. B. Spannungs- und Stromscheitelwerte, Feldstärken, Flankensteilheiten, Frequenzspektren
- Kopplungsmechanismen: z. B. Filter- und Schirmdämpfungen oder auch komplexe Übertragungsfunktionen
- Empfindlichkeit der Störsenke: z. B. Störschwellen im Frequenz- und Zeitbereich¹⁰

Im Gegensatz zu den Koppelmechanismen lassen sich Störquellen und Störsenken relativ einfach charakterisieren, indem man Messungen ihrer Emissionen bzw. Störschwellen durchführt. Die Identifikation der Koppelstrecke und somit der Koppelmechanismen setzt ein großes Maß hinsichtlich des Verständnisses der physikalischen Elektrotechnik voraus sowie eine große Erfahrung im Bereich der praktischen Schaltungstechnik. In den meisten Fällen handelt es sich um parasitäre Streukapazitäten, Streuinduktivitäten etc., wobei sich diese elektromagnetischen Phänomene erst durch den praktischen Einsatz der Systeme zeigen. Störgrößen können je nach Ausbreitungsmedium und Entfernung zur Störquelle über verschiedenste Kombinationen und Wege zum gestörten Empfängerstromkreis kommen. Bei einer leitungsgebundenen Übertragung elektromagnetischer Beeinflussungen werden diese über passive Bauelemente wie Transformatoren, Kondensatoren etc. oder eine oder mehrere Leitungen in die Störsenke übertragen. In diesem Fall können Störsenken in Form von Kabelmantelströmen oder in Netzzuleitungen auftreten - dabei spricht man von der sogenannten galvanischen Kopplung. Des Weiteren kann eine Störenergie durch Kopplung oder Strahlung übertragen werden, beispielsweise kann eine Störung leitungsgebunden entstehen, sich durch Kopplung oder Strahlung ausbreiten und wiederum leitungsgebunden Störungen verursachen.¹¹

Die folgende Grafik soll die grundlegenden Koppelmechanismen veranschaulichen, welche in den nächsten Kapiteln genauer beschrieben werden.

¹⁰ Vgl. Schwab/Kürner (2011), S. 25.

¹¹ Vgl. Schwab/Kürner (2011), S. 25.

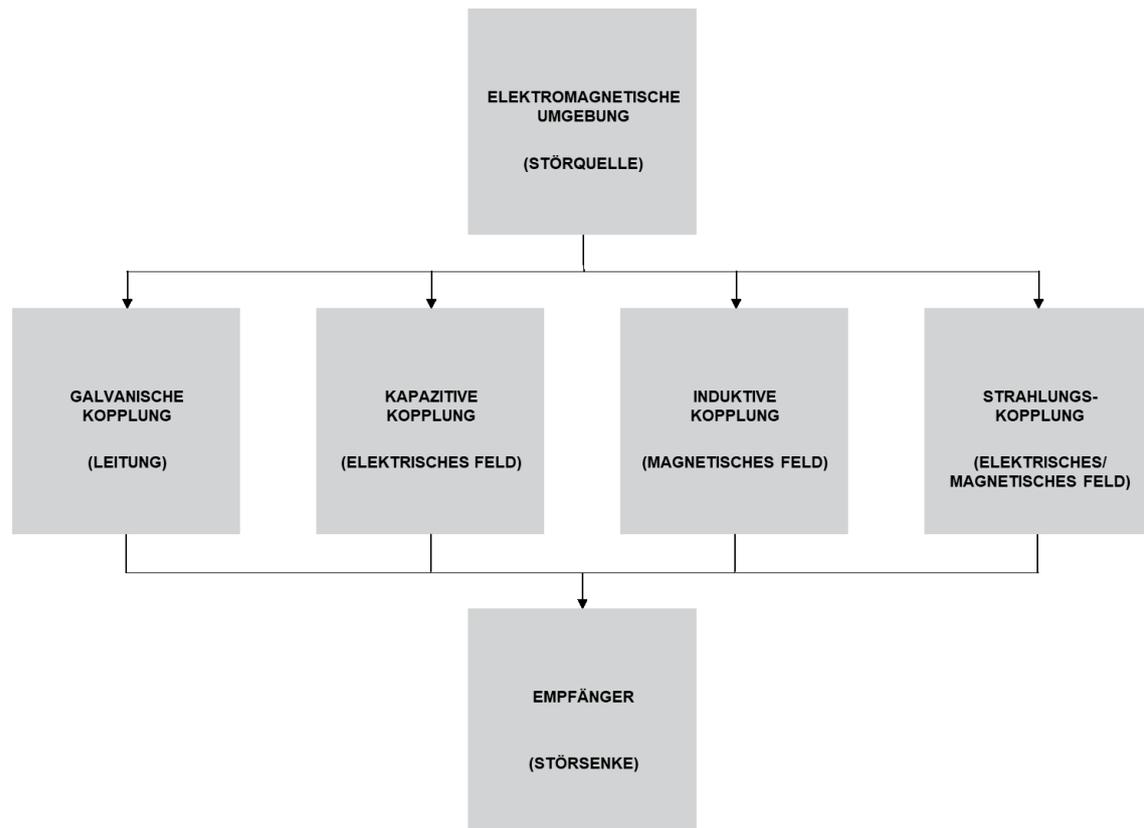


Abb. 9: Grundlegende Koppelmechanismen elektromagnetischer Beeinflussungen, Quelle: Eigene Darstellung.

3.2.1 Galvanische Kopplung

Die galvanische Kopplung (wird auch leitungsgebundene oder metallische Kopplung genannt) tritt in den meisten Fällen dann auf, wenn sich zwei Schaltungsteile oder Systeme ein gemeinsames Leitungsstück teilen oder eine gemeinsame Impedanz Z besitzen. Auf dem gemeinsamen Leitungsstück erzeugt der Strom der Störquelle einen Spannungsabfall, welcher sich auf die Störsenke auswirkt.

Wenn ein Strom in einem Stromkreis 1 über eine gemeinsame Impedanz einen Spannungsabfall erzeugt, kann sich dieser in einem Stromkreis 2 dem Nutzsignal überlagern. In diesem Fall wäre das Nutzsignal im gestörten System 2 verfälscht. Im Gegenzug kann auch der Strom im Stromkreis 2 bei entsprechender Leistung einen Spannungsabfall auf der Impedanz erzeugen, welcher sich dem Nutzsignal im Stromkreis 1 überlagern würde und somit auch dieses Nutzsignal unbrauchbar macht. Auf dem folgenden Ersatzschaltbild ist die galvanische Kopplung zweier Stromkreise grafisch dargestellt.¹²

¹² Vgl. Schwab/Kürner (2011), S. 27.

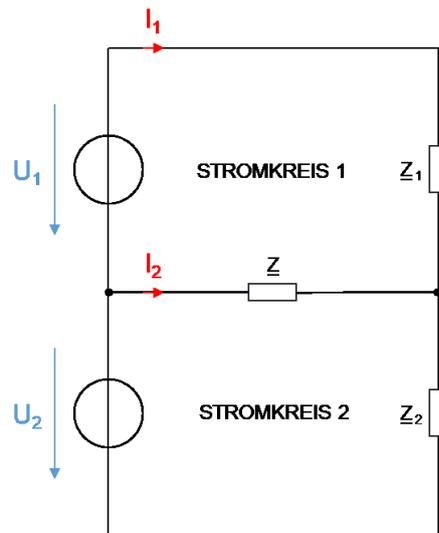


Abb. 10: Galvanische Kopplung von zwei Stromkreisen, Quelle: Eigene Darstellung.

Bei hohen Frequenzen wirkt sich vor allem der induktive Anteil von \underline{Z} sehr stark auf den Spannungsabfall auf der Leitung aus.

		X_L / Ohm	Induktiver Blindwiderstand
$X_L = \omega L$	(3.1)	$\omega / \text{rad/s}$	Kreisfrequenz
		L / H	Induktivität
		$\underline{Z} / \text{Ohm}$	Impedanz
$\underline{Z} = R + jX_L$	(3.2)	R / Ohm	Wirkwiderstand

Die nächste Tabelle zeigt einige Störquellen, welche bei der galvanischen Kopplung auftreten können. Des Weiteren werden mögliche Entstörmaßnahmen beschrieben.

Störquellen	Entstörmaßnahmen
Zwei Stromkreise besitzen eine gemeinsame Leitung	Die Leitungslänge, welche gemeinsam genutzt wird, soll möglichst kurzgehalten werden.
Getaktete Hardwaresysteme (z. B. durch Netzteile oder Umrichter)	Für jeden Stromkreis soll ein eigener Hin- und Rückleiter verwendet werden.
Potenzialunterschiede bei Komponentengehäusen mit einer gemeinsamen Stromversorgung	Wenn die verwendete Leitung einen überwiegend ohmschen Charakter hat, soll ein größerer Querschnitt verwendet werden.
Hochlaufende Motoren	
Gemeinsame Masseleitung	

Tab. 1: Störquellen und mögliche Entstörmaßnahmen für die galvanische Kopplung, Quelle: Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 32 (leicht modifiziert).

3.2.2 Kapazitive Kopplung

Die kapazitive Kopplung (auch elektrische Kopplung genannt) tritt in den meisten Fällen dann auf, wenn sich die Leiter zweier Stromkreise auf verschiedenen Potenzialen befinden. Im Zusammenhang mit EMV spricht man dabei immer von einem parasitären Effekt. Wenn zwischen zwei Stromkreisen eine Potenzialdifferenz entsteht, bildet sich ein elektrisches Feld.

In Abb. 11 sieht man zwei Stromkreise, wobei es sich beim Stromkreis 1 um ein 230 V Lichtnetz und beim Stromkreis 2 um einen Messaufbau handelt. In der Abbildung sieht man im Feldmodell, dass zwischen dem 230 V Potenzial befindlichen Leiter und den Messleitungen des Versuchsaufbaus ein elektrisches Feld besteht. Die beeinflussende Wirkung wird im Netzwerkmodell-Ersatzschaltbild mit den Streukapazitäten C_{Str1} und C_{Str2} nachgebildet. Durch die Streukapazitäten werden Wechselströme getrieben, welche über die gemeinsame Masseverbindung zum Neutraleiter des Netzes zurückfließen. Der Strom, welcher durch die Streukapazität C_{Str1} fließt, erzeugt über die Parallelschaltung der Impedanzen Z_2 und Z_E einen Spannungsabfall, welcher sich im Nutzsignal als Störspannung überlagert.¹³

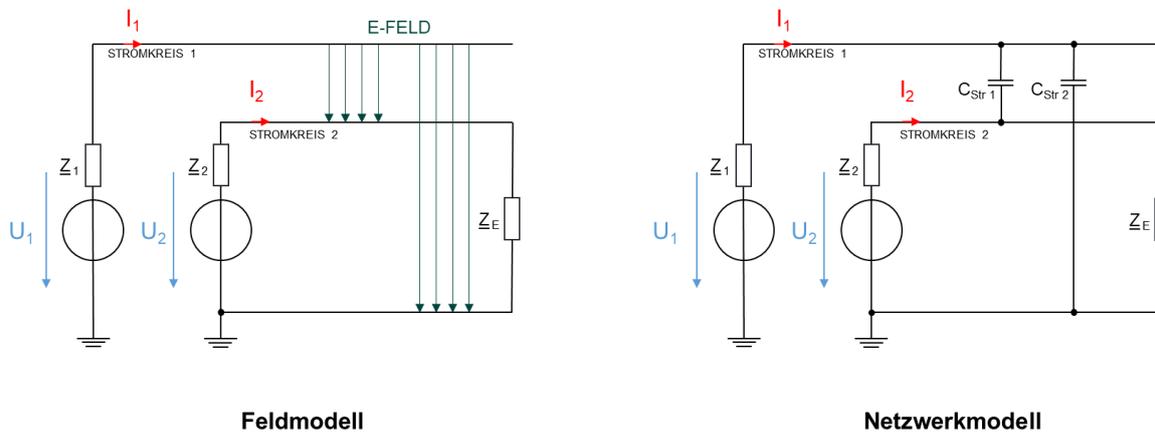


Abb. 11: Kapazitive Kopplung von zwei Stromkreisen, Quelle: Eigene Darstellung.

Durch Spannungsänderungen an einer Störquelle wird in die parasitären Kapazitäten ein Strom eingepreßt. Dieser Strom verursacht in der Störsenke einen Spannungsabfall, welcher im Wesentlichen von der Impedanz der Senke Z_E abhängt. Bei parallelen Leitern verringert sich die parasitäre Kapazität, je größer der Abstand zwischen den Leitern wird.

¹³ Vgl. Schwab/Kürner (2011), S. 27 – 28.

$$i = C \frac{du}{dt} \quad (3.3)$$

i / A Störstrom
 C / F Parasitäre Kapazität
 $\frac{du}{dt}$ Spannungsänderungsgeschwindigkeit

$$C' = \frac{\pi * \epsilon}{\ln \frac{2D}{d}} \quad (3.4)$$

$C' / F/m$ Kapazitätsbelag
 $\epsilon / F/m$ Permittivität des Dielektrikums
 D / m Drahtabstand
 d / m Drahtdurchmesser

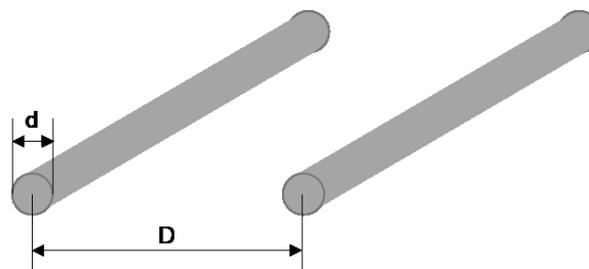


Abb. 12: Durchmesser und Abstand von zwei parallelen Leitern, Quelle: Eigene Darstellung.

Die nächste Tabelle zeigt einige Störquellen, welche bei der kapazitiven Kopplung auftreten können. Des Weiteren werden mögliche Entstörmaßnahmen beschrieben.

Störquellen	Entstörmaßnahmen
Potenzialdifferenz zwischen zwei oder mehreren Leitern	Parallele Leitungsführungen so kurz wie möglich halten und Leitungen im rechten Winkel kreuzen
Störeinkopplung durch parallellaufende Signalkabel	Abstände zwischen störenden und gestörten Leitungen so groß wie möglich halten
Statische Entladung durch Bedienpersonal	Möglichst durchgängige geschirmte Leitungen mit großflächigen, niederinduktiven Schirmauflagen verwenden
Motor und ungeschirmte Signalleitungen in einer Kabeltrasse in geringem Abstand über eine längere Distanz parallel verlegt	

Tab. 2: Störquellen und mögliche Entstörmaßnahmen für die kapazitive Kopplung, Quelle: Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 32 (leicht modifiziert).

3.2.3 Induktive Kopplung

Die induktive Kopplung (wird auch magnetische Kopplung genannt) tritt bei zwei oder mehreren stromdurchflossenen Leiterschleifen auf. Im Zusammenhang mit EMV spricht man, wie auch bei der kapazitiven Kopplung, von einem parasitären Effekt.

In Abb. 13 wird ein Stromkreis betrachtet, wo im Leiter eines Lichtnetzes ein Strom von 20 A fließt. Dabei wird nur die induktive Kopplung betrachtet. Durch den Strom, welcher mit einem veränderlichen Magnetfeld verknüpft ist, wird im Stromkreis 2 eine Spannung induziert und somit dem Nutzsignal überlagert. Im Netzwerkersatzschaltbild ist die Wirkung des Magnetfeldes des Stromkreises 1 auf den Stromkreis 2 durch eine Gegeninduktivität M beschrieben.¹⁴

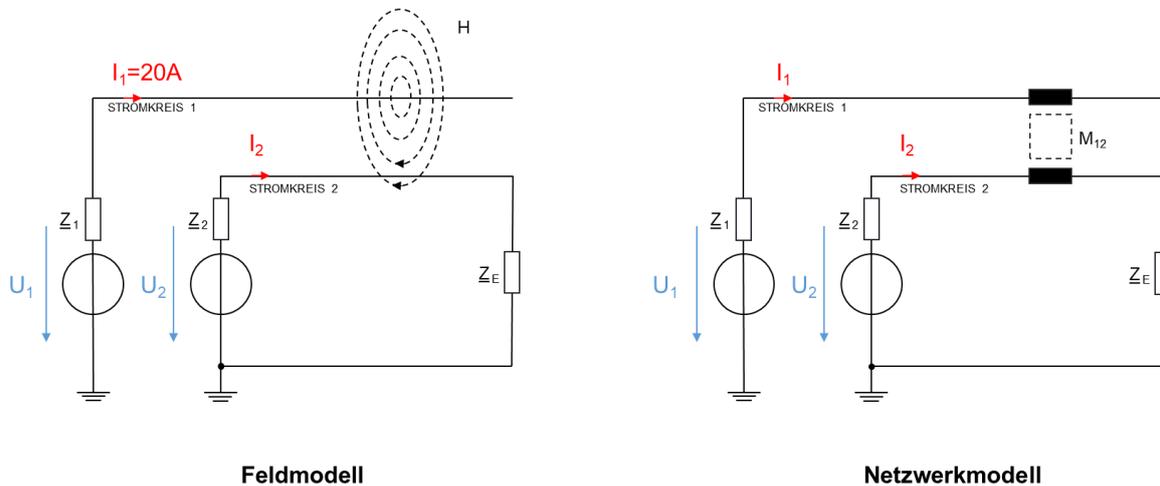


Abb. 13: Induktive Kopplung von zwei Stromkreisen, Quelle: Eigene Darstellung.

Durch Stromänderungen in der Störquelle wird durch die Koppelinduktivität M_{12} eine Spannung in der Störsenke eingepreßt.

		u / V	Störspannung
$u = -M_{12} \frac{di}{dt}$	(3.5)	M_{12} / H	Gegeninduktivität
		$\frac{di}{dt}$	Stromänderungsgeschwindigkeit
		k	Koppelfaktor
$M_{12} = k * \sqrt{L_1 * L_2}$	(3.6)	L_1 / H	Induktivität Spule Leiter 1
		L_2 / H	Induktivität Spule Leiter 2

In vielen Literaturquellen wird darauf hingewiesen, dass der Schirm von Leitungen bei möglichen Störungen im Zusammenhang mit der induktiven Kopplung immer beidseitig aufgelegt werden sollte. Dabei ist jedoch die sogenannte Brummschleife zu beachten. Bei der beidseitigen Erdung einer Abschirmung wird über die Schutzleiterverbindung eine große Leiterschleife aufgebaut. Dabei kann in der niederohmigen Schleife ein großer Brummstrom verursacht werden, welcher wiederum einen Spannungsabfall am Widerstand der Schirmung erzeugt. Dieser Spannungsabfall wiederum kann eine Induktionsspannung im Innenleiter der Leitung hervorrufen.

¹⁴ Vgl. Schwab/Kürner (2011), S. 28 – 29.

Die nächste Tabelle zeigt einige Störquellen, welche bei der induktiven Kopplung auftreten können. Des Weiteren werden mögliche Entstörmaßnahmen beschrieben.

Störquellen	Entstörmaßnahmen
Motoren, Transformatoren	Möglichst großer Abstand zwischen den Leiterschleifen
Parallel verlegte Netzkabel	Verwendung geschirmter Signalleitungen; jedoch darauf achten, ob einseitige oder beidseitige Erdung
Stromdurchflossene Leiterschleifen, welche sich gegenseitig beeinflussen. Die Ströme sind mit einem veränderlichen Magnetfeld verknüpft, welche Störspannung induzieren.	Die Fläche der Leiterschleifen so gering wie möglich halten. Hin- und Rückleitung so eng wie möglich führen oder verdrehte Leitungen verwenden.
Signalkabel mit hohen Frequenzen	
Unbeschaltete Spulen	
Geschaltete Ströme in Kabeln und Leitungen	

Tab. 3: Störquellen und mögliche Entstörmaßnahmen für die induktive Kopplung, Quelle: Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 33 (leicht modifiziert).

3.2.4 Strahlungskopplung

Die Strahlungskopplung tritt auf, wenn eine Wechselspannung einen Wechselstrom durch einen Leiter treibt und somit eine elektromagnetische Welle erzeugt. Dabei breitet sich diese Welle als eine Kombination aus einem elektrischen und einem magnetischen Feld im Raum aus. Die Ausbreitungsgeschwindigkeit entspricht der Lichtgeschwindigkeit und wird zum größten Teil durch das Medium bestimmt.

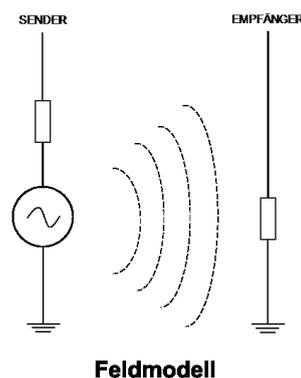


Abb. 14: Feldmodell der Strahlungskopplung, Quelle: Eigene Darstellung.

Bei der Strahlungskopplung wird das Verhältnis zwischen der elektrischen zur magnetischen Feldstärke als Wellenimpedanz bezeichnet. Diese Wellenimpedanz ist die wichtigste Eigenschaft eines Übertragungsmediums und beschreibt die Intensität der Kopplung. Abb. 15 beschreibt den Zusammenhang zwischen Nahfeld und Fernfeld.

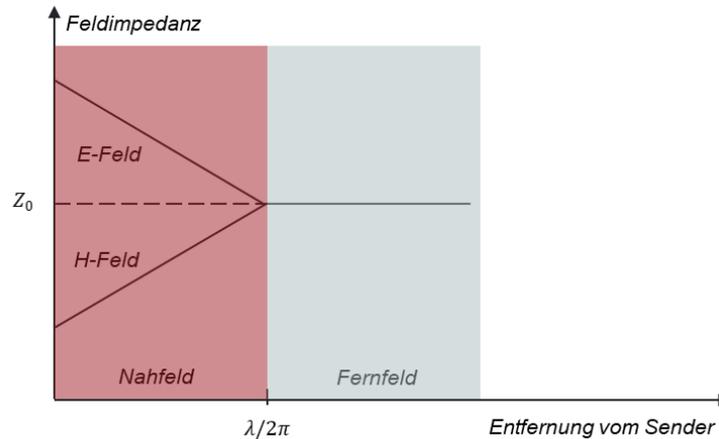


Abb. 15: Diagramm Wellenimpedanz im Nah- und Fernfeld, Quelle: Eigene Darstellung.

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \quad (3.7)$$

Z_0 / Ohm	Wellenimpedanz
μ_0 / Vs/Am	Magnetische Feldkonstante
ϵ_0 / As/Vm	Permittivität des Vakuums

Bei kleinen Entfernungen zur Antenne ($< \lambda/2\pi$) spricht man von einem sogenannten Nahfeld. Hier wird die Wellenimpedanz von den Eigenschaften der Störquelle bestimmt. So wird bei einer Störquelle mit einer hohen Impedanz und kleinem Strom ein elektrisches Feld mit hoher Impedanz erzeugt. Bei Störquellen mit einer kleinen Impedanz und einem hohen Strom wird ein magnetisches Feld mit niedriger Impedanz erzeugt.

Bei großen Entfernungen ($> \lambda/2\pi$) spricht man von einem sogenannten Fernfeld. Nachdem das elektrische und magnetische Feld in gleichem Maß abgenommen haben, ist in diesem Bereich die Wellenimpedanz konstant und entspricht der Impedanz des freien Raumes. Die Wellenimpedanz im Vakuum berechnet sich wie folgt:

$$\mu_0 = 4 * \pi * 10^{-7} \frac{Vs}{Am}; \epsilon_0 = 8,85 * 10^{-12} \frac{As}{Vm}$$

$$Z_0 = \sqrt{\frac{\mu_0}{\epsilon_0}} \approx 377\Omega$$

Die nächste Tabelle zeigt einige Störquellen, welche bei der Strahlungskopplung auftreten können. Des Weiteren werden mögliche Entstörmaßnahmen beschrieben.

Störquellen	Entstörmaßnahmen
Schütze oder Schalter beim Öffnen von Kontakten	Verwendung von hochfrequenztauglichen Schirmen bei Kabeln und Leitungen
Einwirken einer elektromagnetischen Welle auf ein Leitungsgebilde. Dieses Auftreffen einer Welle induziert Ströme und Spannung.	Verwendung metallischer Gehäuse, welche gut leitend miteinander sowie mit dem Schaltschrankgerüst verbunden sind.
Benachbarte Sender (z. B. Sprechfunkgeräte)	Verwendung metallischer Schaltschränke, deren Einzelteile gut leitend miteinander verbunden sind (Tür, Rahmen, Montageplatte usw.)
Mobilfunkgeräte	

Tab. 4: Störquellen und mögliche Entstörmaßnahmen für die Strahlungskopplung, Quelle: Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 33 (leicht modifiziert).

3.3 Erdung

Der Begriff Erdung spielt im Zusammenhang mit EMV eine sehr große und wichtige Rolle. Den Begriff Erdung muss man dabei in Schutzerdung und Funktionserdung unterscheiden. Der Begriff Schutzerdung (PE) definiert den Personenschutz in der Energietechnik und ist unter anderem für einen Teil der Schutzmaßnahmen erforderlich. Unter dem Begriff Funktionserdung (FE) versteht man die Verbesserung der EMV. Diese beiden Begriffe unterscheiden sich grundsätzlich voneinander und dürfen in der Praxis nicht miteinander verwechselt werden.

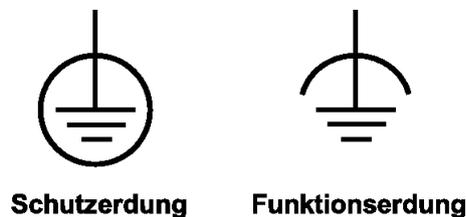


Abb. 16: Symbole Schutzerdung und Funktionserdung, Quelle: Eigene Darstellung.

Im Zusammenhang mit der EMV ist somit der Begriff Funktionserdung relevant. Wie bereits beschrieben ist das Hauptziel der Funktionserdung die EMV zu verbessern. Dabei sind folgende Punkte zu beachten:

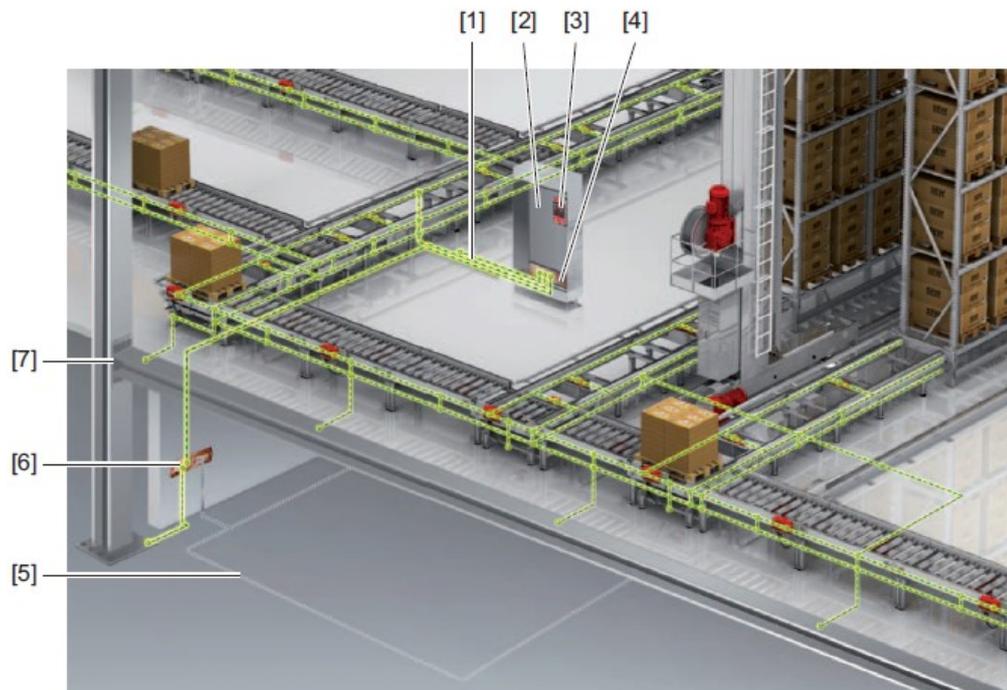
- Ein gemeinsames Bezugspotenzial für Signale muss festgelegt werden, in den meisten Fällen die Erde.
- Die Begrenzung von Spannungsabfällen auf Masseleitungen durch Ableiten von Störströmen - dadurch werden Störspannung vermieden bzw. reduziert.
- Anschluss von Schirmungen an das Bezugspotenzial - dadurch sollen Störeinkopplungen vermieden werden.¹⁵

¹⁵ Vgl. Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 34.

Des Weiteren muss bei der Betrachtung der Funktionserdung berücksichtigt werden, dass sowohl Störungen im Niederfrequenz-Bereich (NF) als auch im Hochfrequenz-Bereich (HF) auftreten können. Somit müssen alle Komponenten für beide Frequenzbereiche möglichst niederohmig geerdet werden. Im HF-Bereich reichen Rundleitungen zur Herstellung der Funktionserdung nicht aus, da diese mit steigender Leitungslänge eine höhere Impedanz aufweisen. Hier muss die Verbindung gegen Erde möglichst großflächig, z. B. mit einem Flachband-Erder, hergestellt werden. Ein Flachband-Erder besitzt im Gegensatz zu einem Rundleiter eine wesentlich geringere Induktivität.

3.4 EMV in der Automatisierungstechnik und Intralogistik

In der Automatisierungstechnik kann man grundsätzlich zwischen zwei Bereichen hinsichtlich EMV unterscheiden. Zum einen betrachtet man eine EMV-gerechte Installation im Schaltschrank und zum anderen betrachtet man eine EMV-gerechte Installation im Feld. Für ein gut durchdachtes EMV-Konzept sind jedoch nicht nur diese beiden Überbegriffe relevant, die Erdungsanlage samt Fundamenterder und Potenzialausgleichspunkte muss die entsprechenden Vorschriften (siehe Kapitel 5.7.2) hinsichtlich EMV erfüllen. Die folgende Grafik zeigt die Komponenten einer logistischen Industrieanlage, worauf im Zusammenhang mit EMV geachtet werden sollte.



3771657867

- [1] Blech-Kabelkanal
- [2] Montageplatte im Schaltschrank
- [3] Frequenzumrichter
- [4] Potenzialausgleichsschiene (PE-Schiene)
- [5] Fundament-Erder
- [6] Potenzialausgleichspunkt
- [7] Stahlkonstruktion

Abb. 17: Hauptkomponenten für ein EMV-Konzept einer logistischen Industrieanlage, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 36.

Wie bereits in den Kapiteln zuvor beschrieben, hängt die EMV-Maßnahme von der Störquelle und der Koppelstrecke ab. Somit kann es vorkommen, dass grundlegende EMV-Maßnahmen nicht in jedem Anwendungsfall eine Wirkung zeigen. In erster Linie sind immer die HerstellerInnenangaben in der technischen Dokumentation der GeräteherstellerInnen zu beachten.

Zum besseren Verständnis werden in den nächsten Unterkapiteln grundlegende Begriffe, EMV im Schaltschrank und EMV im Feld näher beschrieben.

3.4.1 Grundlegende Begriffe

Bereits die Auswahl der Netzform spielt hinsichtlich eines geeigneten EMV-Konzeptes eine wichtige Rolle. Dabei haben die Netzformen unterschiedliche EMV-Eigenschaften, welche bei der Konzeptionierung berücksichtigt werden müssen.

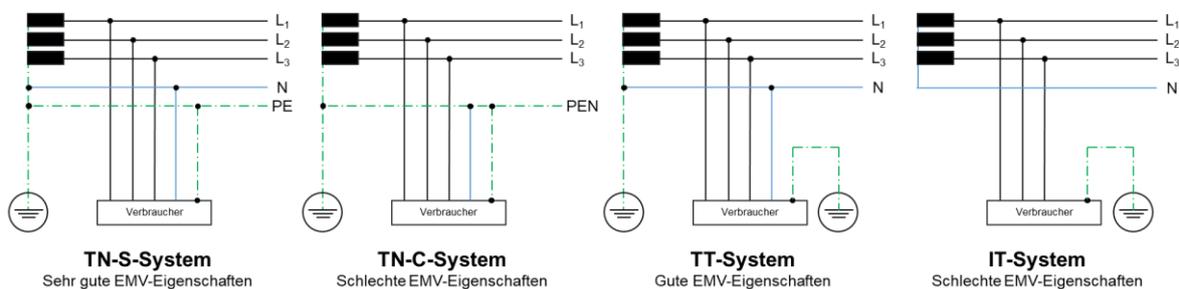


Abb. 18: Übersicht Netzsysteme, Quelle: Eigene Darstellung.

Die folgende Tabelle zeigt die EMV-Eigenschaften der verschiedenen Netzformen:

Netzform	Bedeutung Abkürzung	EMV-Eigenschaft
TN-S-System	Terra Neutral – Seperate (TN-S)	Sehr gut
TN-C-System	Terra Neutral – Combined (TN-C)	Schlecht
TT-System	Terra Terra (TT)	Gut
IT-System	Isolated Terra (IT)	Schlecht

Tab. 5: Netzsysteme und deren EMV-Eigenschaften, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 9.

In der Tabelle Tab. 5 ist zu sehen, dass das TN-S-System die besten EMV-Eigenschaften aufweist. Dabei liegt der Vorteil in der getrennten Führung des Neutral- und Schutzleiters. Diese beiden Leiter werden nur in einem zentralen Punkt im Gebäude zusammengeführt und ab dort getrennt geführt. Das IT-Netz hat hinsichtlich der EMV-Eigenschaften die schlechtesten Eigenschaften.

In der Automatisierungstechnik verursachen häufig Frequenzumrichter leitungsgebundene, nieder- und hochfrequente Störungen. Im Frequenzumrichter verursachen Komponenten wie Netzgleichrichter, Zwischenkreiskondensatoren und der Wechselrichter EMV-Phänomene, welche sich negativ auf andere Geräte auswirken können. Vor allem die Ausgangsspannung des Wechselrichters steht dabei im Fokus, da sich diese aus einer Reihe von Takten unterschiedlichster Breite zusammensetzt, welche mit einer

festen Taktfrequenz wiederholt werden. Dabei charakterisieren die Spannungshöhe, die Pulsbreite und die Flankensteilheit die einzelnen Takte. Die Steilheit und die Häufigkeit der Schaltflanken stellen aus Sicht der EMV eine erhöhte Störaussendung dar.¹⁶

Daher ist es notwendig, geeignete EMV-Maßnahmen zu ergreifen, um diese Störungen zu reduzieren und als Ableitströme zum Erdpotential abzuleiten. Diese Ableitströme sollen zur Gänze wieder zum Frequenzumrichter zurückfließen. Eine gute und niederohmige Erdung ist dabei eine wichtige Voraussetzung. Diese niederohmige Verbindung gegen Erde verhindert, dass Ableitströme über andere Wege abfließen und somit Störungen bei anderen Geräten verursacht werden. Eine weitere wichtige Maßnahme beim Einsatz von Frequenzumrichtern ist der Einsatz eines Netzfilters auf der Eingangsseite eines Frequenzumrichters. Dabei wirkt die Induktivität des Netzfilters dem Ableitstrom entgegen und leitet den größten Teil der Ableitströme über den Y-Kondensator C_y (Abb. 19) zum Frequenzumrichter zurück. Somit bewirkt der Netzfilter, dass die vom Umrichter erzeugten Ableitströme nicht ins Netz, sondern zum Frequenzumrichter zurückfließen.¹⁷

Die folgende Abbildung zeigt, wie sich die Ableitströme bei einem EMV-gerechten Aufbau verhalten:

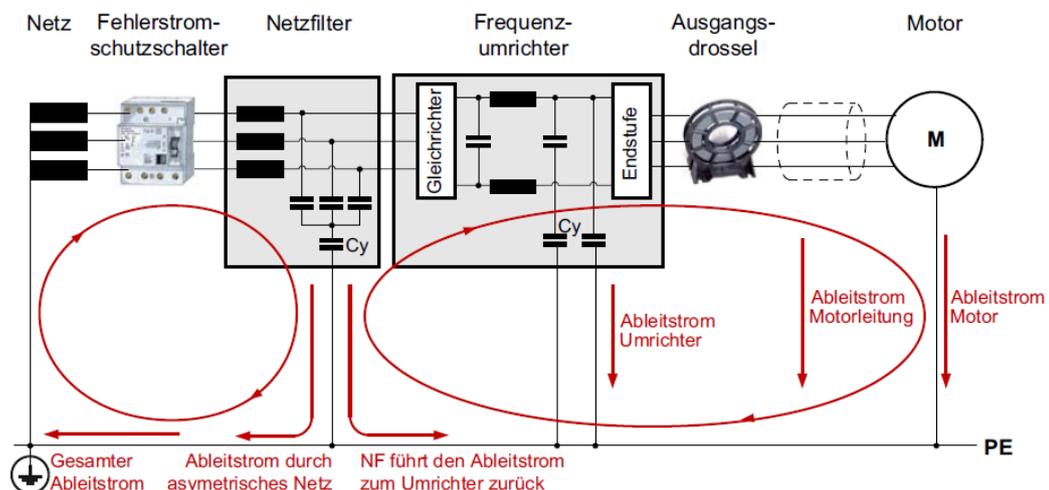


Abb. 19: Ableitströme Frequenzumrichter bei einem EMV-gerechten Aufbau, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 38.

3.4.2 EMV im Schaltschrank

Ein wichtiger Bestandteil einer Automatisierungsanlage bzw. logistischen Industrieanlage ist der Schaltschrank. Hinsichtlich EMV kann ein solcher Schaltschrank in drei Zonen eingeteilt werden, um so bereits in der Konstruktionsphase eine Basis für einen EMV-gerechten Aufbau zu schaffen. Dabei wird darauf geachtet, dass die eingebauten Komponenten in Störquelle und Störsenke eingeteilt werden. Die drei Zonen werden dabei wie folgt unterteilt:

¹⁶ Vgl. SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 14 – 15.

¹⁷ Vgl. SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 38.

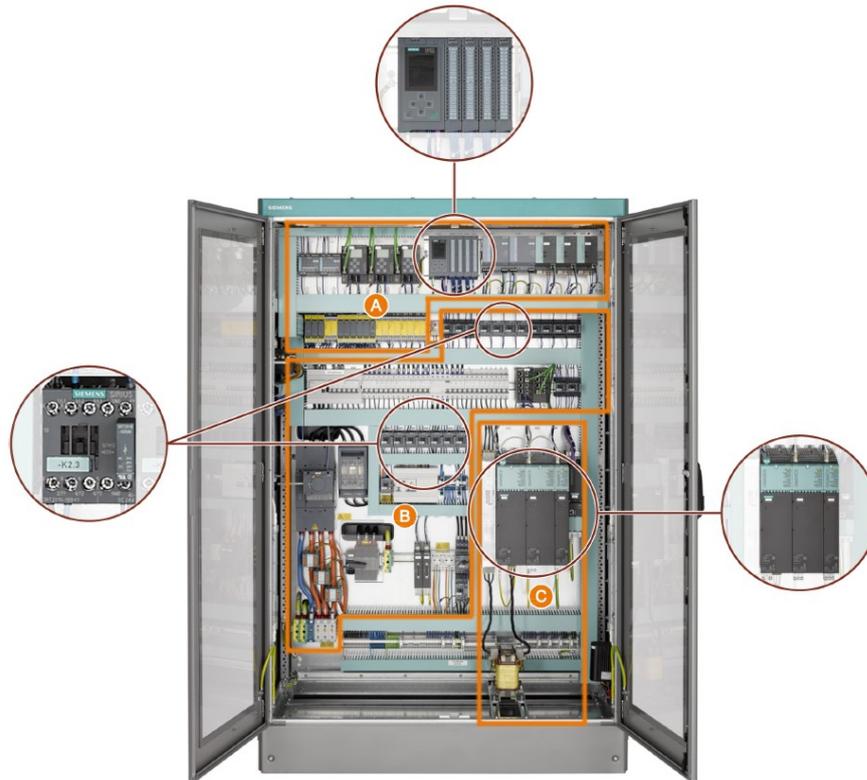


Abb. 20: EMV-Zonen in einem Schaltschrank, Quelle: Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 37.

In Zone A werden überwiegend Störsenken angeordnet. Diese können Steuerungen, Sensorauswertungen oder auch Sicherheitskomponenten sein. Zone B beinhaltet unter anderem Schaltgerätekombinationen und Netzanschlusskomponenten. Zu diesen zählen Schütze/Relais, Leitungsschutzschalter, Motorschutzschalter, Leistungs- und Lasttrennschalter und generell Niederspannungsschaltgeräte. In Zone C befindet sich die Leistungselektronik, welche in den meisten Fällen Störquellen sind. Darunter fallen Frequenzumrichter, Netzfilter, Netzdrosseln, Gleich- und Wechselrichter und alle Komponenten, welche im Einsatz mit einem Frequenzumrichter notwendig und vom/von der HerstellerIn vorgeschrieben sind.

Eines der wichtigsten Elemente, welches im EMV-Konzept betrachtet werden muss, ist die Steuerung einer Automatisierungstechnikanlage bzw. logistischen Industrieanlage. Dabei erfüllt eine Steuerung die gesetzlichen EMV-Anforderungen, jedoch muss die Steuerung im Zusammenspiel mit anderen Komponenten trotzdem einwandfrei funktionieren. Im Speziellen müssen dabei mögliche Störquellen, welche die Steuerung bzw. das Automatisierungssystem beeinflussen können, betrachtet werden. Nachfolgend sind die wichtigsten Störungen aufgelistet:

- Elektromagnetische Störungen, welche auf das Automatisierungssystem einwirken
- Störungen, welche über Bussignale eingekoppelt werden
- Störungen, welche über die Prozessverdrahtung auf das Automatisierungssystem einwirken
- Störungen, welche über die Stromversorgung und/oder über die Schutzerdung auf das Automatisierungssystem einwirken¹⁸

¹⁸ Vgl. Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 42.

Die folgende Abbildung stellt die möglichen Wege dieser Störungen grafisch dar:

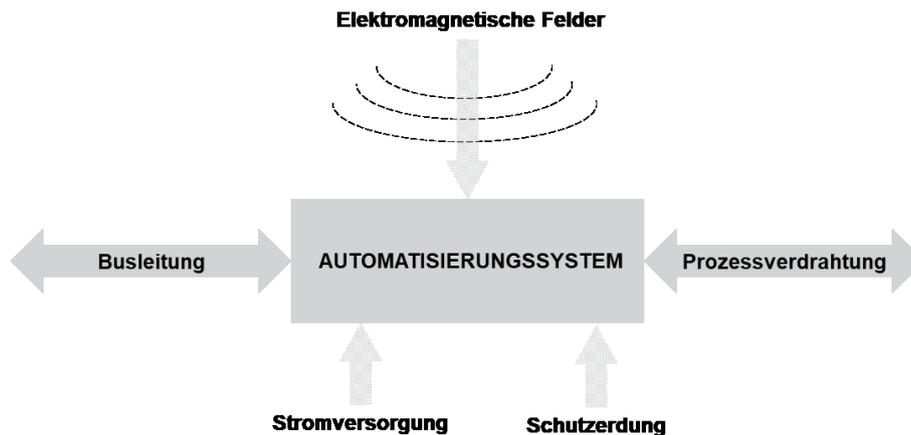


Abb. 21: Störungseinwirkungen auf eine Steuerung bzw. ein Automatisierungssystem, Quelle: Eigene Darstellung.

In weiterer Folge ist es notwendig, einen geeigneten Schaltschrank für einen EMV-gerechten Aufbau zu verwenden. Dabei verwendet man in den meisten Fällen einen Schaltschrank aus Stahlblech, da dieser Schaltschrank magnetische Störungen besonders gut abschirmt. Des Weiteren verhindert ein Schaltschrank auch die Abstrahlung von Störungen. Dabei verbessert ein optimaler Potenzialausgleich die Schirmung des Schaltschranks und trägt dazu bei, dass möglichst keine Störungen vom Schaltschrank ausgesendet werden. Beim Potenzialausgleich im Schaltschrank ist darauf zu achten, dass sowohl NF- als auch HF-Störungen auftreten können, darum ist der Einsatz von geeigneten Massebändern von Vorteil. Für optimale EMV-Eigenschaften eines Schaltschranks müssen neben dem Rahmen auch die Türen, Leitungsdurchführungen und vor allem die Montageplatte in den Potenzialausgleich eingebunden werden. Neben der Befestigung dient die Montageplatte auch der großflächigen Erdung der Geräte. Die PE-Schiene ist der zentrale Anschlusspunkt für die Schutzleiter im Schaltschrank. Sie dient in erster Linie als Schutzerdung der verbauten Geräte der Schutzklasse 1 und wird sternförmig verdrahtet. Bei Geräten der Schutzklasse 1 sind alle leitfähigen Teile (z. B. Gehäuse) über den Schutzleiter mit dem Erdpotential verbunden. Die PE-Schiene ist möglichst niederohmig mit der Erdungsanlage über den Potenzialausgleichspunkt verbunden. Wie bereits beschrieben, stellt die PE-Schiene aus Sicht der elektrischen Sicherheit den Sternpunkt dar und aus Sicht der EMV stellt die Montageplatte den Sternpunkt dar.¹⁹

¹⁹ Vgl. SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 12 – 13.



Abb. 22: HF-Masseband zwischen Rahmen und Tür, Quelle: Eigene Darstellung.

Ein weiteres wichtiges Element im Schaltschrank ist die Schirmschiene, wo alle am Schaltschrank ankommenden geschirmten Signalleitungen großflächig aufgelegt werden. Dabei ist die Schirmschiene möglichst großflächig mit dem Schaltschrankgehäuse verbunden und sollte möglichst nahe an der Kabeleinführung in den Schaltschrank platziert werden. Des Weiteren muss die Schirmschiene mit der PE-Schiene verbunden werden. In Kombination mit HF-Schellen erreicht man dadurch gute EMV-Eigenschaften. Der Schirm der Leitung sollte unter keinen Umständen über ein verdrehtes Schirmgeflecht oder über eine Drahtverlängerung an der Schirmschiene angeschlossen werden, da sich bei HF-Störungen mit einer hohen Frequenz die Impedanz der Leitung erhöht und somit die Schirmwirkung der Leitung sehr stark reduziert bzw. zunichtegemacht wird. Diese EMV-ungünstige Anschlussform bzw. dieser weit verbreitete Fehler beim Anschluss von Schirmgeflechten nennt sich „Pigtail“.

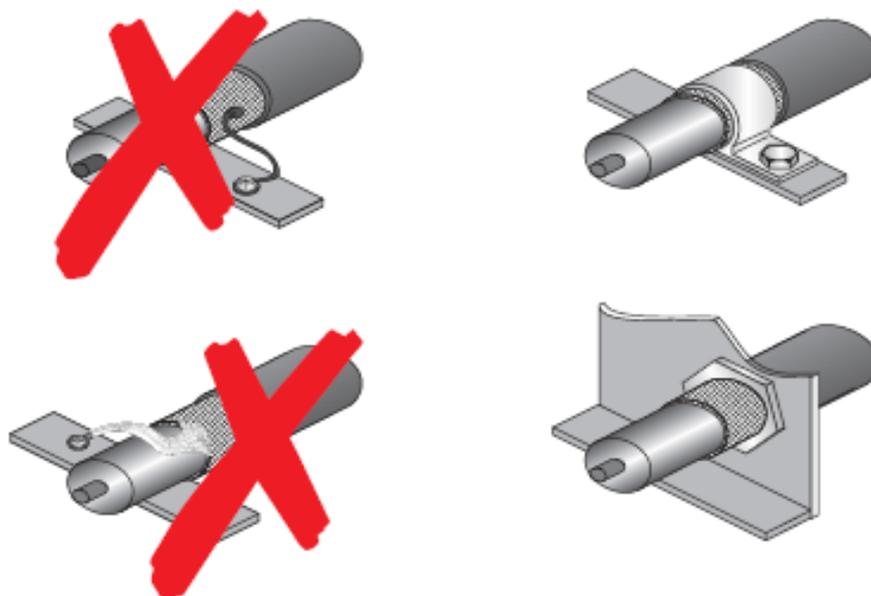


Abb. 23: Falsche (links) und korrekte (rechts) Schirmauflage, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 67.

Kabeln und Leitungen in Kabeltrassen kann man diese auch in Leitungsgruppen unterteilen und mit einem Trennsteg voneinander trennen. In der Praxis unterscheidet man dabei zwischen vier Leitungsgruppen:

Leitungsgruppe	Empfindlichkeit	Beispiele
Gruppe 1	Sehr empfindlich	Geberleitungen, Analoge Sensorleitungen, Messleitungen, Buskabel
Gruppe 2	Empfindlich	Signalleitungen (24 V), Versorgungsleitungen (24 V)
Gruppe 3	Störer	Steuerleitungen induktiver Lasten (Schütze, Bremsen, Relais), entstörte Leistungskabel, Netzzuleitungen
Gruppe 4	Starke Störer	Leistungskreise, geschaltete Leistungskabel (induktive Lasten), getaktete Leistungskabel (Frequenzumrichter)

Tab. 6: Leitungsgruppen für die Verlegung von Kabeln und Leitungen, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 61.

In der Praxis sollte man zumindest darauf achten, dass zwischen den Gruppen 1 und 2 sowie den Gruppen 3 und 4 ein Trennsteg verwendet wird. Ist es notwendig, Kabel und Leitungen zu kreuzen, dann sollte dies in einem Winkel von 90° geschehen.

Bei der Verwendung von geschirmten Kabeln und Leitungen sollten einige Hinweise beachtet und Maßnahmen umgesetzt werden. Es ist zu beachten, dass jede Leitung sowohl als Sende- als auch als Empfangsantenne dienen kann. Bereits eine nicht fachgerecht verlegte, ungeschirmte oder ungefilterte Leitung kann alle EMV-Maßnahmen zum größten Teil zunichtemachen. Ob der Schirm auf beiden Seiten aufgelegt werden sollte, hängt vom Kopplungsmechanismus ab. Ein einseitiges Auflegen des Schirmes wirkt in den meisten Fällen nur gegen die kapazitive Kopplung. Bei der induktiven Kopplung sollte der Schirm möglichst beidseitig aufgelegt werden, jedoch sollte man die sogenannte Brummschleife (siehe Kapitel 3.2.3) nicht außer Acht lassen, da man durch die Schutzleiterverbindung eine große Leiterschleife aufbaut. Im Schaltschrank werden alle ankommenden geschirmten Kabel und Leitungen auf einer Schirmschiene möglichst großflächig aufgelegt. Falls eine beidseitige Erdung notwendig ist, müssen im Feld geeignete Maßnahmen, wie zum Beispiel EMV-Verschraubungen, verwendet werden. Alle Kabel und Leitungen sollen möglichst vom Schaltschrank bis zum Gerät ohne Unterbrechung verlegt werden, da Steckverbindungen in der Praxis oft nicht fachgerecht installiert werden und somit die EMV-Maßnahmen unwirksam werden. Kabel und Leitungen, welche mit Steckverbindern miteinander verbunden sind, sollten in getrennten Kabeltrassen verlegt werden.

4 GRUNDLAGEN RICHTLINIEN UND NORMEN

4.1 Grundlagen zur EMV-Richtlinie

In der EU werden allgemeine Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen für Produkte in den EU-Richtlinien definiert und dürfen dabei nicht unterschritten werden. Das Hauptziel dieser Richtlinien ist ein freier Warenverkehr innerhalb der EU. Mit dem Anbringen einer CE-Kennzeichnung bestätigt der/die HerstellerIn des Produktes, dass er/sie alle für das Produkt relevanten Richtlinien und Normen eingehalten hat. Eine dieser Richtlinien befasst sich mit dem Thema EMV - die Anforderungen werden in der Richtlinie 2014/30/EU definiert. Diese Richtlinie ist seit dem 20.04.2016 gültig und hat die Richtlinie 2004/108/EG ersetzt. Die EMV-Richtlinie gilt für das Inverkehrbringen bzw. Bereitstellen von Betriebsmitteln und dabei ist die Einhaltung für den/die HerstellerIn Pflicht. Laut dem Elektrotechnikgesetz 1992 (ETG 1992) sind elektrische Betriebsmittel zur Gewinnung, Fortleitung oder zum Gebrauch elektrischer Energie bestimmt. Geräte, welche elektromagnetische Störungen verursachen oder durch elektromagnetische Störungen beeinträchtigt werden, werden ebenfalls als elektrische Betriebsmittel bezeichnet. Bei elektrischen Anlagen spricht man von einer ortsfesten betriebsmäßigen Zusammenfassung elektrischer Betriebsmittel. Als elektrische Anlagen werden ebenfalls Potenzialausgleiche, Erdungsanlagen, Blitzschutzanlagen und Anlagen zum kathodischen Korrosionsschutz bezeichnet. In den Begriffsbestimmungen der EMV-Richtlinie werden Geräte und ortsfeste Anlagen generell als Betriebsmittel bezeichnet. Die EMV-Richtlinie befasst sich nicht nur mit einem Produkt, sondern mit allen elektronischen bzw. elektrischen Produkten, Geräten, Systemen und Anlagen. Der Anwendungsbereich der Richtlinie 2014/30/EU umfasst alle Betriebsmittel, welche EMV-Störungen verursachen und Betriebsmittel, welche durch EMV-Störungen beeinträchtigt werden können.²⁰

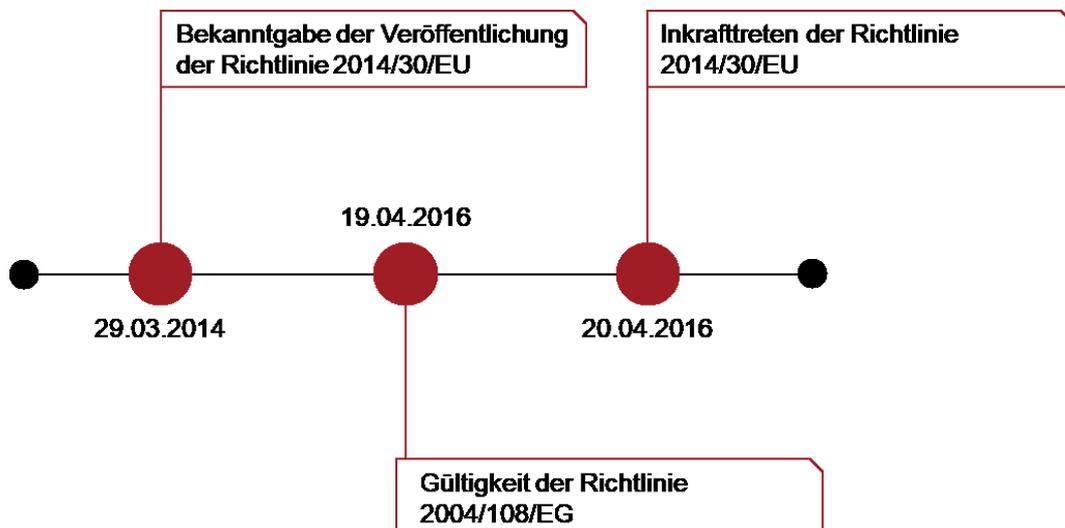


Abb. 25: Einführung- und Übergangszeit der EMV-Richtlinie, Quelle: Eigene Darstellung.

²⁰ Vgl. RIS - Rechtsinformationssystem des Bundes (2018), Online-Quelle [27.11.2018].

Der Aufbau der EMV-Richtlinie ist in sechs Kapitel und vier relevante Anhänge unterteilt, welche wie folgt aufgebaut sind:

- KAPITEL 1 ALLGEMEINE BESTIMMUNGEN: Dieses Kapitel enthält allgemeine Bestimmungen wie Gegenstand, Geltungsbereich, Begriffsbestimmungen, Bereitstellen auf dem Markt, den freien Warenverkehr und die wesentlichen Anforderungen.
- KAPITEL 2 PFLICHTEN DER WIRTSCHAFTSAKTEURE: Dieses Kapitel definiert die Pflichten der HerstellerInnen, EinführerInnen und HändlerInnen.
- KAPITEL 3 KONFORMITÄT DER BETRIEBSMITTEL: Dieses Kapitel definiert die Anforderungen an die Konformität der Geräte und ortsfesten Anlagen. Unter anderem werden das Konformitätsbewertungsverfahren und die CE-Kennzeichnung beschrieben.
- KAPITEL 4 NOTIFIZIERUNG VON KONFORMITÄTSBEWERTUNGSSTELLEN: In diesem Kapitel werden die Notifizierung und die Anforderungen an die Konformitätsbewertungsstellen definiert.
- KAPITEL 5 ÜBERWACHUNG DES UNIONSMARKTES, KONTROLLE DER AUF DEN UNIONSMARKT EINGEFÜHRTEN GERÄTE UND SCHUTZKLAUSELVERFAHREN DER UNION: In diesem Kapitel werden die Überwachungsmaßnahmen auf dem Unionsmarkt definiert.
- KAPITEL 6 AUSSCHUSS, ÜBERGANGS- UND SCHLUSSBESTIMMUNGEN: In diesem Kapitel werden die Übergangs- und Schlussbestimmungen beschrieben.
- ANHANG I WESENTLICHE ANFORDERUNGEN: In diesem Anhang werden die wesentlichen Schutzanforderungen an die Betriebsmittel beschrieben.
- ANHANG II UND III: In diesem Anhang werden die interne Fertigungskontrolle und EU-Baumusterprüfung beschrieben.
- ANHANG IV: In diesem Anhang werden die Anforderungen an die EU-Konformitätserklärung definiert.

4.1.1 Anwendungsbereich und Anforderungen der EMV-Richtlinie

Neben Geräten fallen auch ortsfeste Anlagen in den Anwendungsbereich der EMV-Richtlinie. Als Gerät wird ein fertiger Apparat bzw. eine Funktionseinheit bestehend aus mehreren Apparaten bezeichnet, welche auf dem Markt für die EndnutzerInnen bereitgestellt wird. Diese Apparate bzw. Funktionseinheiten können EMV-Störungen verursachen bzw. durch EMV-Störungen beeinträchtigt werden. Als Gerät werden auch Bauteile oder Baugruppen bezeichnet, welche von den EndnutzerInnen in ein Gerät eingebaut werden können. Des Weiteren werden Geräte als bewegliche Anlagen bezeichnet. Diese können eine Kombination von Geräten sein und für den Betrieb an verschiedenen Orten bestimmt sein. Als ortsfeste Anlage wird eine Kombination von verschiedenen Geräten bezeichnet, welche miteinander verbunden bzw. installiert werden und für den dauerhaften Einsatz an einem festen Ort bestimmt sind. Die EMV-Richtlinie gilt nicht für Betriebsmittel, welche in eine andere Richtlinie fallen. Beispielsweise werden Funkanlagen von der Richtlinie 2014/53/EU abgedeckt. Des Weiteren gilt die EMV-Richtlinie nicht für luftfahrttechnische Erzeugnisse, Kraftfahrzeuge, Medizinprodukte und Schiffsausrüstung. In weiterer Folge findet die EMV-Richtlinie keine Anwendung bei Betriebsmitteln, welche aufgrund der physikalischen Eigenschaften geringe

EMV-Störungen aussenden oder bei EMV-Störungen ohne unzumutbare Beeinträchtigungen funktionieren. Beispielsweise fallen Kabel, Glühlampen oder auch Stecker in diese Kategorie.²¹

Am Anhang I der EMV-Richtlinie werden die wesentlichen Anforderungen beschrieben. Darunter fallen die allgemeinen und die besonderen Anforderungen an ortsfeste Anlagen. Die allgemeinen Anforderungen sind dabei wie folgt definiert:

Betriebsmittel müssen nach dem Stand der Technik so entworfen und gefertigt sein, dass

- a) „die von ihnen verursachten elektromagnetischen Störungen keinen Pegel erreichen, bei dem ein bestimmungsgemäßer Betrieb von Funk- und Telekommunikationsgeräten oder anderen Betriebsmitteln nicht möglich ist;“²²
- b) „sie gegen die bei bestimmungsgemäßem Betrieb zu erwartenden elektromagnetischen Störungen hinreichend unempfindlich sind, um ohne unzumutbare Beeinträchtigung bestimmungsgemäß arbeiten zu können.“²³

Die besonderen Anforderungen an eine ortsfeste Anlage sind dabei wie folgt definiert:

„Ortsfeste Anlagen sind nach den anerkannten Regeln der Technik zu installieren, und im Hinblick auf die Erfüllung der wesentlichen Anforderungen des Abschnitts 1 sind die Angaben zur vorgesehenen Verwendung der Komponenten zu berücksichtigen.“²⁴

Im Anhang II der EMV-Richtlinie werden die Vorgaben für die technische Dokumentation beschrieben. Mit diesen Unterlagen muss man beurteilen können, ob Geräte oder ortsfeste Anlagen mit den grundlegenden Anforderungen der EMV-Richtlinie übereinstimmen. Unter anderem können diese Unterlagen eine Beschreibung des Betriebsmittels, eine Liste der angewendeten Normen, ein Prüfbericht oder eventuell eine Erklärung einer notifizierten Stelle sein. Die technische Dokumentation muss mit der Einführung der neuen EMV-Richtlinie auch eine Risikoanalyse und Risikobewertung enthalten und muss dabei mindestens 10 Jahre vom/von der HerstellerIn aufbewahrt werden und auf Verlangen zur Verfügung gestellt werden.²⁵

Mit dem Anbringen der CE-Kennzeichnung und der Ausstellung der EU-Konformitätserklärung bestätigt der/die HerstellerIn, alle relevanten Normen für die Betriebsmittel eingehalten zu haben. Der/Die HerstellerIn ist dabei alleine für die Konformität verantwortlich, jedoch kann auch auf freiwilliger Basis eine notifizierte Stelle eingeschaltet werden. Bei einer ortsfesten Automatisierungstechnikanlage werden eine CE-Kennzeichnung und eine EG-Konformitätserklärung laut Maschinenrichtlinie 2006/42/EG erstellt, es muss keine separate EU-Konformitätserklärung laut EMV-Richtlinie ausgestellt werden. Mit der Ausstellung der EG-Konformitätserklärung nach Maschinenrichtlinie wird auch die Einhaltung der EMV-Richtlinie, wenn erforderlich, bestätigt. Dabei muss auf der EG-Konformitätserklärung nach Maschinenrichtlinie die EMV-

²¹ Vgl. Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (2016), Online-Quelle [01.09.2018], S. 2 – 3.

²² 2014/30/EU (2014), S. 97.

²³ 2014/30/EU (2014), S. 97.

²⁴ 2014/30/EU (2014), S. 97.

²⁵ Vgl. Industrie und Handelskammer Nürnberg für Mittelfranken (2016), Online-Quelle [31.08.2018], S. 5.

Richtlinie erwähnt werden. Jedoch muss die technische Dokumentation der Anlage auch alle Angaben zur EMV-Richtlinie enthalten. Der Inhalt der EU-Konformitätserklärung nach EMV-Richtlinie wird in Anhang IV beschrieben.

4.1.2 Konformitätsbewertung zur EMV-Richtlinie

Für das Konformitätsbewertungsverfahren können die Anforderungen in Anhang II und Anhang III der EMV-Richtlinie herangezogen werden. Mit der neuen EMV-Richtlinie reicht der Nachweis der Konformität anhand von Prüfberichten oder auf Bewertung durch Begutachtung nicht mehr aus. Die EMV-Richtlinie schreibt vor, eine geeignete Risikoanalyse und -bewertung über die EMV-Eigenschaften zu erstellen. Laut dem EU-Konformitätsbewertungsverfahren unterscheidet man zwischen drei Fällen. Beim ersten Fall erfüllt das Gerät oder die ortsfeste Anlage die Anforderungen der entsprechenden harmonisierten Normen. Dieser Fall entspricht dem Normalfall, somit können die HerstellerInnen ihre Dokumentation wahlweise nach Anhang II oder Anhang III der EMV-Richtlinie erstellen und eine CE-Kennzeichnung und EU-Konformitätserklärung ausstellen. Im zweiten Fall werden keine harmonisierten Normen angewendet. Hier führt der/die HerstellerIn eine eigene Methode einer Konformitätsbewertung durch, erstellt die technische Dokumentation auf Basis dieser Konformitätsbewertung inklusive Risikoanalyse und Risikobewertung, bringt die CE-Kennzeichnung am Betriebsmittel an und erstellt eine EU-Konformitätserklärung. Zusätzlich kann das Gerät von einer notifizierten Stelle bewertet werden. Beim dritten Fall handelt es sich um eine Mischform aus Fall eins und Fall zwei. Hier können harmonisierte Normen angewendet werden, um Phänomene der Störaussendung abzudecken. Um jedoch die Störfestigkeit zu bewerten, wird eine eigene technische Bewertungsmethode angewendet. Dieser Fall findet häufig bei technischen Produktentwicklungen Anwendung.²⁶

²⁶ Vgl. Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (2016), Online-Quelle [01.09.2018], S. 6.

Folgende Abbildung zeigt ein Flussdiagramm für das EU-Konformitätsbewertungsverfahren:

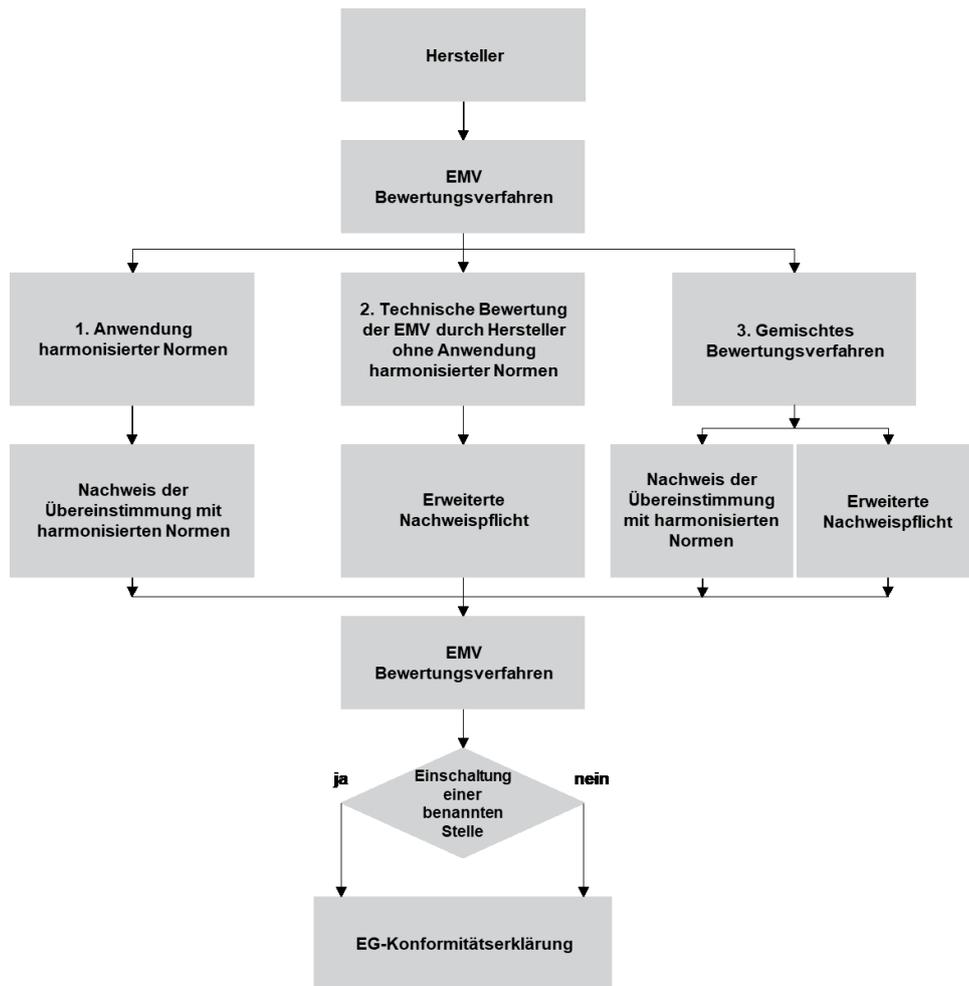


Abb. 26: Flussdiagramm EU-Konformitätsbewertungsverfahren, Quelle: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (2016), Online-Quelle [01.09.2018], S. 7 (leicht modifiziert).

4.1.3 Harmonisierte EMV-Normen

In der EMV-Richtlinie werden die grundlegenden Anforderungen hinsichtlich der Störaussendung und der Störfestigkeit von Geräten und ortsfesten Anlagen definiert. In den harmonisierten Normen werden diese technischen Anforderungen konkretisiert. Die harmonisierten Normen für die EMV-Richtlinie sind im Amtsblatt der EU zur EMV-Richtlinie aufgelistet und werden von den Normenorganisationen (CEN, CENELEC, ETSI) erarbeitet und in den Amtsblättern der EU veröffentlicht. In den einzelnen Staaten der EU werden diese Normen dann in den jeweiligen nationalen Normen umgesetzt.²⁷

Bei der Einhaltung aller relevanten harmonisierten Normen ist davon auszugehen, dass die grundlegenden Anforderungen der EMV-Richtlinie erfüllt sind. Für den/die HerstellerIn gilt die sogenannte Konformitätsvermutung, im Konkreten heißt das, dass die zuständigen Marktüberwachungsstellen davon ausgehen, dass das Produkt die grundlegenden Sicherheits- und Gesundheitsanforderungen nach EMV-Richtlinie erfüllt. Es steht dem/der HerstellerIn jedoch frei, die harmonisierten Normen anzuwenden. Der

²⁷ Vgl. Industrie und Handelskammer Nürnberg für Mittelfranken (2016), Online-Quelle [31.08.2018], S. 2.

Nachweis bei einer nicht normgerechten Lösung ist jedoch nicht zu empfehlen, da im Schadensfall der/die HerstellerIn in der Beweislast ist.

Europäische Richtlinien werden in der Regel von den Mitgliedsstaaten der EU in nationale Gesetze übernommen. Europäische Verordnungen hingegen gelten in den Mitgliedsstaaten der EU unmittelbar. Die folgende Abbildung beschreibt den Zusammenhang zwischen Richtlinien und Normen in der EU:

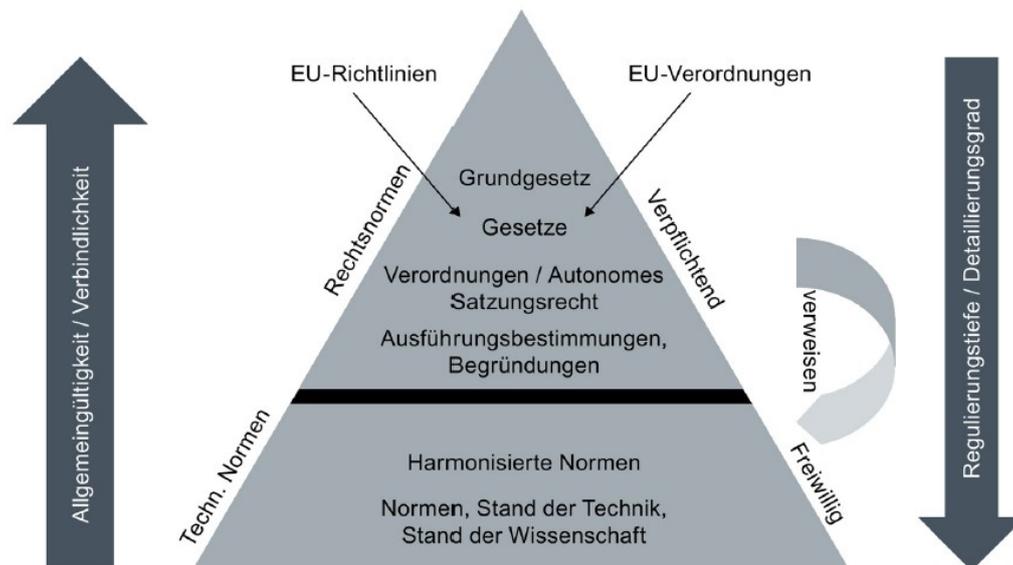


Abb. 27: Zusammenhang zwischen Richtlinien und Normen, Quelle: Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 17.

4.2 Risikobeurteilung

Da in den EU/EG-Richtlinien unterschiedliche Bezeichnungen für eine Risikoanalyse und Risikobewertung verwendet werden, wird im weiteren Verlauf dieser Masterarbeit der übergeordnete Begriff Risikobeurteilung aus der EN ISO 12100 verwendet. Wie bereits in den Kapiteln zuvor beschrieben, muss mit der Einführung der neuen EMV-Richtlinie 2014/30/EU eine Risikobeurteilung durchgeführt werden und bei Bedarf den jeweiligen Marktüberwachungsbehörden der EU-Staaten zur Verfügung gestellt werden. Der/Die HerstellerIn eines Gerätes bzw. einer ortsfesten Anlage muss dabei unbedingt darauf achten, dass die Risikobeurteilung den Anforderungen der EMV-Richtlinie entspricht. Dabei muss der/die HerstellerIn alle EMV-Phänomene seines Gerätes hinsichtlich EMV bewerten und entsprechend dokumentieren. Des Weiteren müssen die Maßnahmen den Anforderungen nach Anhang I der EMV-Richtlinie entsprechen.

Die Herangehensweise gestaltet sich jedoch als schwierig, da für die EMV-Richtlinie keine harmonisierte Norm vorhanden ist, welche sich mit dem Thema Risikobeurteilung beschäftigt. Bei der Maschinenrichtlinie wird die Risikobeurteilung in der EN ISO 12100 beschrieben und für die neue Niederspannungsrichtlinie existiert diesbezüglich der Guide 32. Bei der Umsetzung einer Risikobeurteilung nach EMV-Richtlinie ist es somit naheliegend, sich an diesen beiden Vorgaben zu orientieren. Folgende Normen und Guidelines können für die Erarbeitung einer geeigneten Risikobeurteilung nach EMV-Richtlinie herangezogen werden:

Norm/Guide	Titel und Beschreibung
EN ISO 12100	Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung
ISO/TR 14121-2	Sicherheit von Maschinen – Risikobeurteilung - Teil 2: Praktischer Leitfaden und Verfahrensbeispiele
CENELEC Guide 32	Leitfaden für die sicherheitsrelevante Risikobeurteilung und Risikominderung für Niederspannungsbetriebsmittel
EMCD guide	Guide for the EMCD (Directive 2014/30/EU)

Tab. 7: Relevante Normen für die Erstellung einer Risikobeurteilung nach EMV-Richtlinie, Quelle: Eigene Darstellung.

Zunächst muss ermittelt werden, welchen elektromagnetischen Phänomenen das Gerät oder eine logistische Industrieanlage bei einer definierten Betriebsumgebung ausgesetzt ist. Des Weiteren muss auch betrachtet werden, welche elektromagnetischen Phänomene vom Gerät bzw. von der logistischen Industrieanlage ausgehen. Mit dieser Maßnahme soll sichergestellt werden, dass sich der/die KonstrukteurIn über die EMV-Eigenschaften des Gerätes bzw. der logistischen Industrieanlage Gedanken macht und somit frühzeitig konstruktive Maßnahmen setzen kann, um die EMV-Eigenschaften zu verbessern. Unter Beachtung der folgenden Punkte ermittelt der/die HerstellerIn die elektromagnetischen Phänomene, welche vom Gerät oder der logistischen Industrieanlage ausgehen können bzw. durch die es bzw. sie gestört werden können.

- Die Grenzen des jeweiligen Gerätes bzw. der logistischen Industrieanlage
- Die bestimmungsgemäße Verwendung des Gerätes bzw. der logistischen Industrieanlage
- Die vorgesehene Einsatzumgebung des Gerätes bzw. der logistischen Industrieanlage
- Die Lebensphasen des Gerätes bzw. der logistischen Industrieanlage
- Die Betriebsarten des Gerätes bzw. der logistischen Industrieanlage
- Die Personengruppen, welche das Gerät bzw. die logistische Industrieanlage nutzen
- Die im Gerät bzw. in der logistischen Industrieanlage verwendeten Komponenten und Baugruppen
- Die aktiven und passiven Störpotenziale des Gerätes bzw. der logistischen Industrieanlage²⁸

Ähnlich wie bei der Risikobeurteilung nach Maschinenrichtlinie kann die Risikobeurteilung nach EMV-Richtlinie durchgeführt werden. Die Bewertung muss jedoch im Speziellen auf die Schutzziele der EMV-Richtlinie Anhang I durchgeführt werden. Folgende Grafik zeigt den iterativen Prozess zur Risikominderung nach der EN ISO 12100.

²⁸ Vgl. TÜV Rheinland (2018), Online-Quelle [08.09.2018], S. 3.

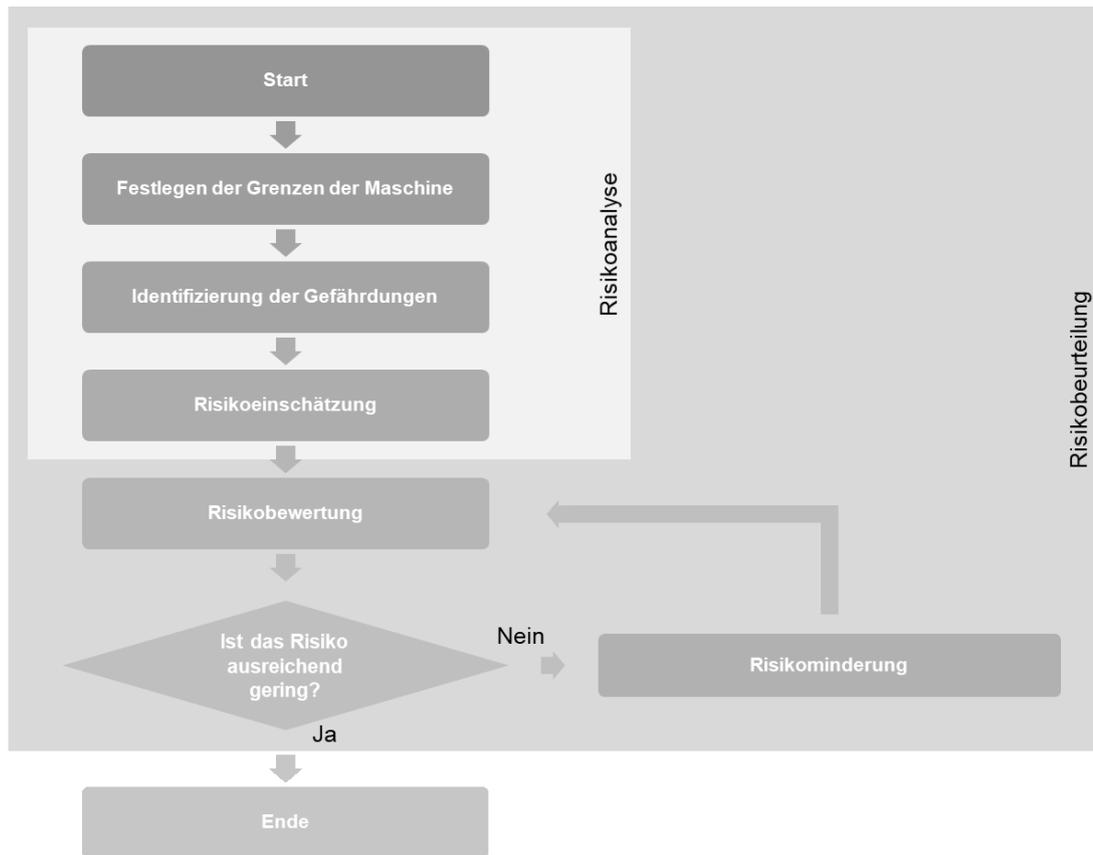


Abb. 28: Iterativer Prozess zur Risikominderung laut Maschinenrichtlinie, Quelle: Eigene Darstellung.

In den folgenden Unterkapiteln werden die einzelnen Punkte des iterativen Prozesses kurz beschrieben.

4.2.1 Festlegung der Grenzen des Produktes

Der iterative Prozess zur Risikominderung in der EN ISO 12100 beginnt mit der Festlegung der Grenzen der Maschine. Dabei werden alle Phasen der Lebensdauer des Produktes berücksichtigt. Bei der Festlegung der Grenzen werden im ersten Schritt die Verwendungsgrenzen definiert. Im Zuge dessen werden die bestimmungsgemäße Verwendung definiert und die vernünftigerweise vorhersehbaren Fehlanwendungen des Produktes betrachtet. Im nächsten Schritt werden die räumlichen Grenzen definiert. Dabei wird auf den Bewegungsraum, den Platzbedarf von Personen, die Wechselwirkung zwischen Mensch und Maschine und die Schnittstelle Maschine/Energieversorgung eingegangen. In weiterer Folge werden die zeitlichen Grenzen des Produktes definiert, wobei die Grenzen der Lebensdauer des Produktes und die empfohlenen Wartungsintervalle definiert werden. Weitere Grenzen können Eigenschaften zum verarbeiteten Material, Informationen zur Sauberhaltung oder empfohlene Mindest- und Höchsttemperaturen sein.²⁹

²⁹ Vgl. EN ISO 12100 (2011), S. 19 – 20.

4.2.2 Identifizierungen der Gefährdungen

Nachdem die Grenzen des Produktes festgelegt sind, werden die vernünftigerweise vorhersehbaren Gefährdungen, Gefährdungssituationen und Gefährdungsereignisse in allen Phasen der Lebensdauer des Produktes systematisch identifiziert. Die Phasen der Lebensdauer des Produktes können dabei wie folgt unterteilt werden:

- Transport, Montage und Installation
- In Betrieb nehmen
- Verwendung
- Demontage, außer Betrieb nehmen und entsorgen

Der/Die KonstrukteurIn des Produktes muss die Gefährdungen unter den folgenden Aspekten identifizieren:

- Eingreifen durch Personen während der gesamten Lebensdauer des Produktes
- Mögliche Betriebszustände des Produktes
- Unbeabsichtigtes Verhalten des Bedienpersonals oder vernünftigerweise vorhersehbare Fehlanwendung des Produktes³⁰

4.2.3 Risikoeinschätzung

Für die Einschätzung eines Risikos gibt es laut EN ISO 12100 und ISO/TR 14121-2 zwei Grundelemente, welche betrachtet werden. Zum einen ist das das Schadensausmaß und zum anderen die Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens.

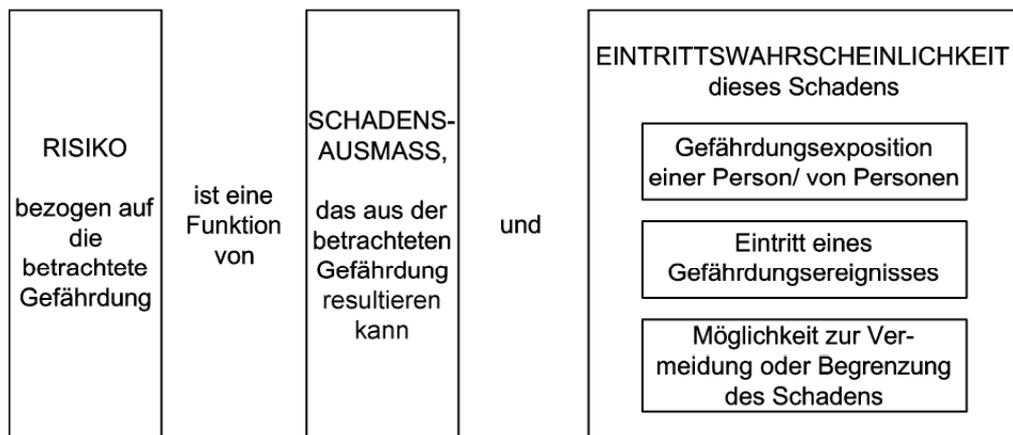


Abb. 29: Risikoelemente nach EN ISO 12100, Quelle: EN ISO 12100 (2011), S. 24.

Das Schadensausmaß kann unter der Berücksichtigung des Ausmaßes der Verletzungen oder der Gesundheitsschädigung und des Schadensumfanges eingeschätzt werden. Beim Ausmaß der Verletzung kann zum Beispiel eine Einteilung nach der Schwere der Verletzung erfolgen, ob diese leicht, schwer oder tödlich sein kann. Beim Schadensumfang wird zum Beispiel unterschieden, ob nur eine Person oder

³⁰ Vgl. EN ISO 12100 (2011), S. 21 – 22.

mehrere Personen betroffen sind. Eine Gefährdung kann in der Praxis viele unterschiedliche Schadensausmaße zur Folge haben. Daher sollte der schwerwiegendste Schaden eines Bereichs betrachtet werden, die schlimmste wahrscheinliche Schadenswirkung.³¹

Bei der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens müssen die Gefährdungsexposition von Personen, der Eintritt von Gefährdungsereignissen und die Möglichkeit zur Vermeidung oder Begrenzung des Schadens berücksichtigt werden.³²

4.2.3.1 Instrumente zur Bewertung der Risiken

In der Norm ISO/TR 14121-2 werden einige Instrumente für die Risikoeinschätzung angeführt bzw. beschrieben. Für die Bewertung der Risiken haben sich dabei folgende Instrumente bewährt:

- Risikomatrix
- Risikograph
- Numerische Bewertung

Diese drei Instrumente werden in der ISO/TR 14121-2 beschrieben. Des Weiteren gibt es noch Mischformen, welche aus einer Kombination aus Verfahren bestehen. Die Wahl des Instrumentes steht in erster Linie nicht im Vordergrund, sondern der eigentliche Prozess für die Einschätzung eines Risikos.

Bei der Risikomatrix handelt es sich um eine mehrdimensionale Tabelle, welche in den meisten Fällen zweidimensional aufgebaut ist. Dabei ermöglicht die Kombination einer beliebigen Klasse des Schadensausmaßes mit einer beliebigen Klasse der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens die Bewertung des Risikos. Jedes Risiko wird anhand einer definierten Matrix bewertet. Dabei werden das Schadensausmaß und die Eintrittswahrscheinlichkeit des Schadens numerisch oder quantitativ unterteilt. Die Anzahl der Zellen kann dabei von wenigen bis hin zu sehr vielen schwanken. Die Anzahl der Zellen wird dabei vom/von der KonstrukteurIn definiert. Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel für eine Risikomatrix:

³¹ Vgl. EN ISO 12100 (2011), S. 24.

³² Vgl. EN ISO 12100 (2011), S. 24 – 25.

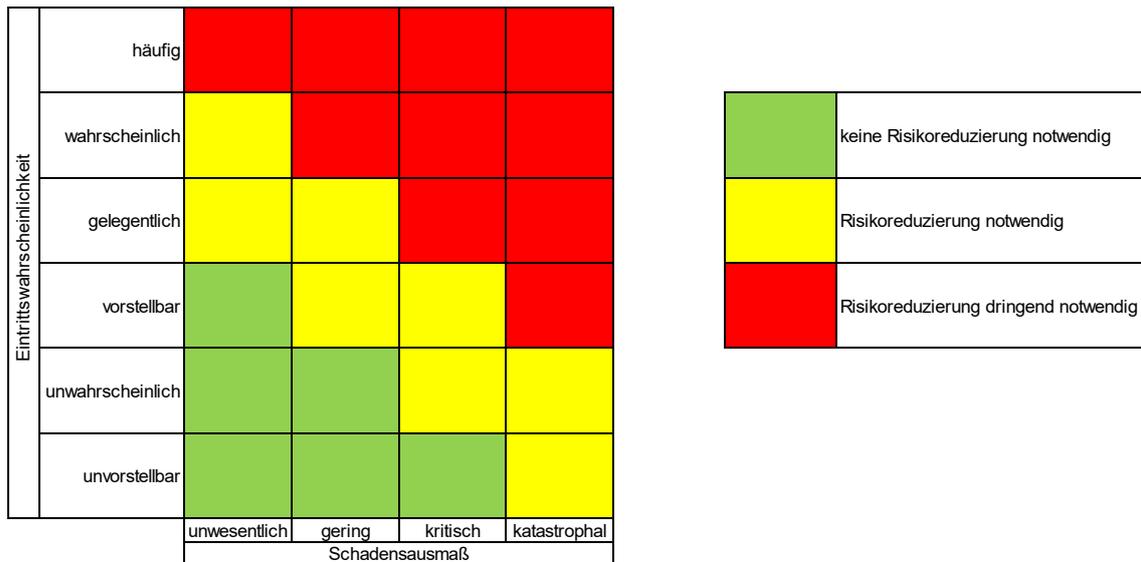


Abb. 30: Beispiel einer Risikomatrix, Quelle: Eigene Darstellung.

Bei einem Risikograph handelt es sich um einen Entscheidungsbaum, dabei stellt jeder Knoten einen Risikoparameter dar. Nach der Definition des Entscheidungsbaumes folgt man während der Beurteilung des Risikos dem Pfad, bis man eine Einschätzung des Risikos erhält. Die Einschätzung des Risikos kann dabei als Nummer oder auch als Buchstabe gekennzeichnet werden und in einer Legende beschrieben werden. Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel für einen Risikographen:

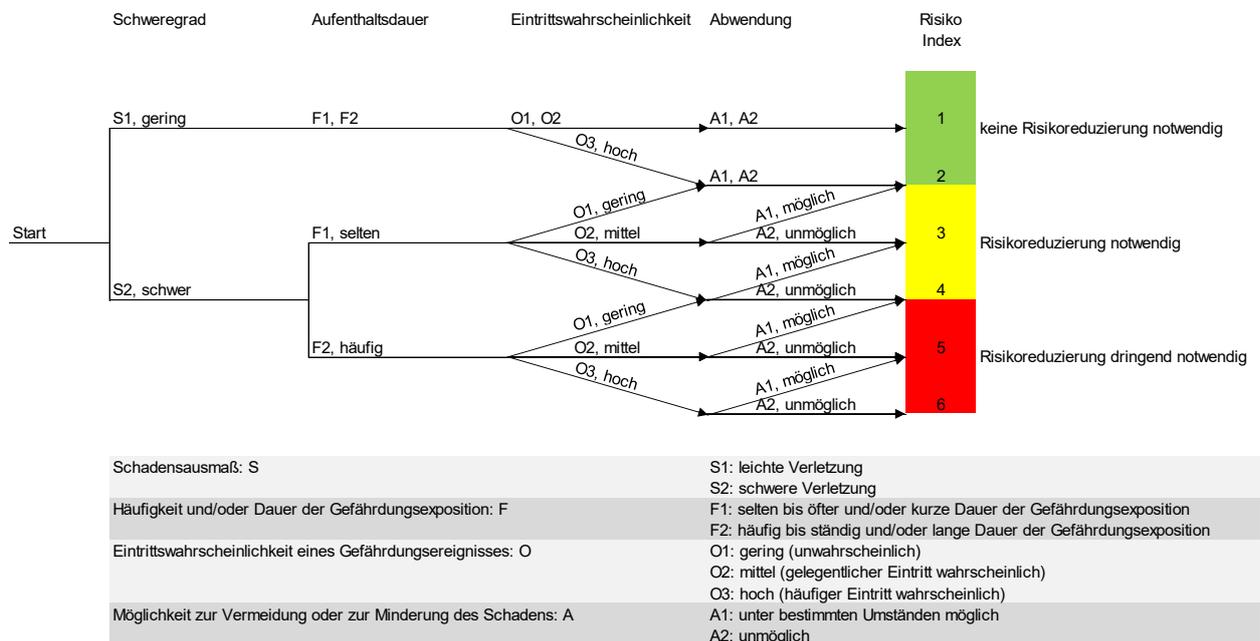


Abb. 31: Beispiel für einen Risikographen, Quelle: Eigene Darstellung.

Ein numerisches Bewertungsverfahren verfügt über zwei oder mehrere Parameter und wird in Klassen eingeteilt. Den verschiedenen Klassen werden dabei numerische Werte zugeteilt und für jeden Parameter wird eine Klasse ausgewählt. Anschließend werden die dazugehörigen Werte miteinander kombiniert, zum

Beispiel durch Addition oder Multiplikation. Daraus erhält man eine numerische Bewertung für das Risiko. Folgende Abbildung zeigt ein Beispiel für eine numerische Bewertung:³³

Bewertungsverfahren:			Legende:			
Numerische Bewertungsverfahren			RS = PS + SS		RS = Risikopunktzahl	
-	hoch	≥ 160	SS = Schadensausmaß		PS = Eintrittswahrscheinlichkeit	
159 ≥	mittel	≥ 120	SS = 100	katastrophal	PS = 100	sehr wahrscheinlich
119 ≥	gering	≥ 90	99 ≥ SS ≥ 90	schwerwiegend	99 ≥ PS ≥ 70	wahrscheinlich
89 ≥	vernachlässigbar	≥ 0	89 ≥ SS ≥ 30	mittelmäßig	69 ≥ PS ≥ 30	unwahrscheinlich
			29 ≥ SS ≥ 0	geringfügig	29 ≥ PS ≥ 0	entfernt vorstellbar

Abb. 32: Beispiel für ein numerisches Bewertungsverfahren, Quelle: Eigene Darstellung.

4.2.4 Risikobewertung

Nachdem ein Risiko ermittelt ist, wird eine Risikobewertung durchgeführt. Laut EN ISO 12100 sind dabei geeignete Schutzmaßnahmen anzuwenden, wobei diese für die Risikobewertung eines EMV-Risikos nicht anwendbar sind. Nachdem eine risikomindernde Maßnahme definiert ist, muss bewertet werden, ob die Risikominderung angemessen ist. Bei der Risikobewertung muss der/die KonstrukteurIn darauf achten, dass keine neuen Gefährdungen entstehen, nachdem eine Schutzmaßnahme definiert ist. Um eine hinreichende Risikominderung zu erreichen, muss ein Drei-Stufen-Verfahren angewendet werden. Dieses Verfahren wird in Kapitel 4.2.5 beschrieben. Des Weiteren ist es bei der Risikobewertung möglich, eine Anlage oder Anlagenteile mit den Risikobewertungen ähnlicher Anlagen bzw. Anlagenteile zu vergleichen.³⁴

4.2.5 Risikominderung

Das Ziel der Risikominderung ist es, ein Risiko zu beseitigen oder zu vermindern. Dabei können entweder das Schadensausmaß der betrachteten Gefährdung oder die Eintrittswahrscheinlichkeit des Schadens gemindert werden. Wie bereits angemerkt, wird eine Risikominderung mit einem Drei-Stufen-Verfahren durchgeführt, welches folgende drei Elemente enthält:

- Schritt 1: Inhärent sichere Konstruktion
- Schritt 2: Technische und/oder ergänzende Schutzmaßnahme
- Schritt 3: BenutzerInneninformation

Bei einer inhärent sicheren Konstruktion handelt es sich um eine geeignete konstruktive Maßnahme, welche die Gefährdung verringert oder beseitigt. Eine technische und/oder ergänzenden Schutzmaßnahme wird dann angewendet, wenn das Risiko konstruktiv nicht verringert werden kann. Im Falle, dass weder eine inhärent sichere Konstruktion noch eine technische und/oder ergänzende Schutzmaßnahme Abhilfe schaffen, muss ein bestimmtes Restrisiko in den BenutzerInneninformationen beschrieben werden. Diese Maßnahme soll nur in Ausnahmefällen angewendet werden.³⁵

³³ Vgl. ISO/TR 14121-2 (2013), S. 20.

³⁴ Vgl. EN ISO 12100 (2011), S. 28.

³⁵ Vgl. EN ISO 12100 (2011), S. 29.

4.3 Auswirkung auf die Automatisierungstechnik und Intralogistik

Laut EMV-Richtlinie fällt eine Automatisierungstechnikanlage und logistische Industrieanlage in den Bereich einer ortsfesten Anlage. Wie bereits im Kapitel 3.4 beschrieben, gliedert man eine Automatisierungstechnikanlage oder logistische Industrieanlage hinsichtlich EMV in zwei Hauptteile: in eine EMV-gerechte Installation des Schaltschranks und in eine EMV-gerechte Installation im Feld. In den nächsten Unterkapiteln wird die Definition hinsichtlich EMV-Umgebung beschrieben sowie die Konformitätsbewertung des Schaltschranks und der Geräte im Feld.

4.3.1 Definition der EMV-Umgebung

Im Zusammenhang mit EMV unterscheidet man in den meisten EMV-Normen zwischen zwei EMV-Umgebungen: dem Industriegebiet und dem Wohngebiet. In den relevanten EMV-Normen werden für diese beiden Gebiete jedoch unterschiedliche Begriffe verwendet. In der folgenden Tabelle werden die unterschiedlichen Begriffe für die EMV-Umgebung tabellarisch dargestellt.

EMV-Umgebung	EN 61439	EN 61000-6	EN 61800-3	EN 55011
Industriegebiet	Umgebung A	Industriebereich	Zweite Umgebung	Klasse A
Wohngebiet	Umgebung B	Wohnbereich	Erste Umgebung	Klasse B

Tab. 8: Begriffe EMV-Umgebungen, Quelle: Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 20.

Nicht nur die Begrifflichkeiten der EMV-Normen unterscheiden sich untereinander, auch die Grenzwerte in den Normen unterscheiden sich voneinander.

4.3.2 Konformitätsbewertung für den Schaltschrank

Die Konformität nach der EMV-Richtlinie für einen Schaltschrank oder eine Schaltgerätekombination kann man in Kombination mit der EMV-Richtlinie mit den harmonisierten Normen EN 61439-1 und EN 61439-2 erreichen. Dabei ist es wichtig, folgende Nachweise zu erbringen:

- Alle verwendeten Komponenten sind für die vorgesehene EMV-Umgebung zugelassen.
- Die gesamte Installation erfolgt genau nach Vorgabe der KomponentenherstellerInnen.
- Alle für die Anlagen harmonisierten Normen werden eingehalten.
- Eine Risikobeurteilung der EMV wird durchgeführt.
- Alle Anforderungen der EMV-Richtlinie hinsichtlich Dokumentation werden eingehalten.³⁶

³⁶ Vgl. Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 21.

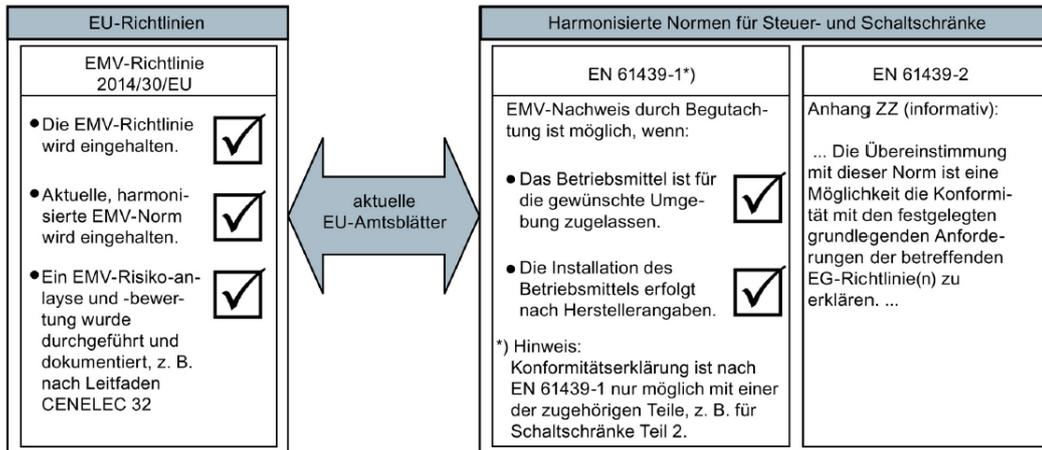


Abb. 33: Konformitätsbewertung für einen Schaltschrank, Quelle: Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 21.

Folgende harmonisierte Normen sind im Hinblick auf EMV in Zusammenhang mit einem Schaltschrank anzuwenden:

Norm	Titel und Beschreibung
EN 61439-1	Niederspannungs-Schaltgerätekombination - Teil 1: Allgemeine Anforderungen. Die Konformität nach EN 61439-1 kann nur in Verbindung mit einem der zugehörigen Teile erklärt werden, z. B. mit dem Teil 2
EN 61439-2	Niederspannungs-Schaltgerätekombination - Teil 2: Energie-Schaltgerätekombination

Tab. 9: Relevante EMV-Normen für einen Schaltschrank, Quelle: Eigene Darstellung.

Wie auch in der Niederspannungsrichtlinie 2014/35/EU ist die harmonisierte Norm EN 61439, die Grundnorm für eine Niederspannungsschaltgerätekombination, für einen Nachweis der EMV heranzuziehen. Dabei ist die Norm EN 61439-1 immer mit einem weiteren Teil dieser Normenreihe anzuwenden - im Falle von Steuerungsverteilern für logistische Industrieanlagen mit der Norm EN 61439-2. In dieser Norm werden zur Verifizierung von Konstruktion, Zusammenbau und Funktionalität einige Nachweise gefordert. Darunter fallen der Bauart- und Stücknachweis. Des Weiteren bietet die Norm auch einen Nachweis der EMV. Alle Komponenten mit einer elektronischen Schaltung, welche in den Schaltschrank eingebaut werden, müssen für die vorhergesehene EMV-Umgebung geeignet sein und die Anweisungen der KomponentenherstellerInnen müssen beim Einbau und der Verdrahtung befolgt werden. Schaltschränke ohne Komponenten mit einer elektronischen Schaltung sind vom Nachweis der EMV ausgenommen.³⁷

Für den Nachweis der EMV gibt es zwei gleichwertige Methoden, zum einen den EMV-Nachweis der Begutachtung und zum anderen den EMV-Nachweis durch Prüfung. Bei einem fertigen Schaltschrank sind

³⁷ Vgl. Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 22.

dann keine EMV-Prüfungen auf die Störfestigkeit und Störabstrahlung erforderlich, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind und der EMV-Nachweis durch Begutachtung erbracht werden kann:

- a) „Die eingebauten Betriebsmittel sind für die festgelegte Umgebung (siehe J.9.4.1) in Übereinstimmung mit den zutreffenden EMV-Produkt- oder Fachgrundnormen ausgeführt.
- b) Der interne Einbau und die Verdrahtung ist nach den Angaben der Hersteller der Betriebsmittel ausgeführt (Anordnung bezüglich gegenseitiger Beeinflussung, abgeschirmter Kabel, Erdung usw.).“³⁸

Falls die Grundanforderungen für den Nachweis durch Begutachtung nicht erfüllt sind, so müssen EMV-Prüfungen erstellt werden. In der EN 61439-1 sind diese Prüfungen im Kapitel J.10.12 beschrieben. Grundsätzlich sind diese EMV-Prüfungen nur notwendig, wenn von den Angaben der HerstellerInnen abgewichen wird. Da EMV-Messungen in der Regel sehr aufwendig und teuer sind, ist eine EMV-Prüfung nur dann sinnvoll, wenn es sich um einen Serienschaltschrank handelt und aus z. B. Platzgründen Angaben der HerstellerInnen nicht eingehalten werden können.

In der Praxis wird fast immer der Nachweis durch Begutachtung gewählt, da ein Schaltschrank in den meisten Fällen ein Unikat darstellt. In den Normengremien hat man sich darauf geeinigt, dass ein Nachweis durch Prüfung praktisch unmöglich ist. Es ist sowohl aus prüftechnischen als auch aus wirtschaftlichen Gründen nicht möglich, diese Prüfungen für jeden einzelnen Schaltschrank durchzuführen. Somit müssen die eingesetzten EMV-relevanten Komponenten vor dem Einbau in den Schaltschrank für den vorgesehenen Einsatzbereich überprüft werden und EMV-gerechte Verdrahtungsmethoden, Abstände und herstellerInnenspezifische Angaben berücksichtigt werden. Hier ist es von Vorteil, wenn der/die KonstrukteurIn die grundlegenden EMV-Probleme kennt und versteht, warum bestimmte Einbau- und Verdrahtungsvorschriften für die Einhaltung der EMV erforderlich sind. Nur dann kann man sich auf die Angaben der KomponentenherstellerInnen verlassen.³⁹

Zur Einhaltung der Konformität der EMV-Richtlinie müssen auch die Anforderungen der EN 61439-2 eingehalten werden. Folgender informativer Hinweis beschreibt die Einhaltung der Konformität:

„Diese Europäische Norm wurde unter einem Mandat erstellt, das von der Europäischen Kommission und der Europäischen Freihandelszone an CENELEC gegeben wurde. Diese Europäische Norm deckt innerhalb ihres Anwendungsbereiches alle relevanten grundlegenden Anforderungen ab, die in Artikel 1 von Anhang I der EG-Richtlinie 2004/108/EG enthalten sind. Die Übereinstimmung mit dieser Norm ist eine Möglichkeit, die Konformität mit den festgelegten grundlegenden Anforderungen der betreffenden EG-Richtlinie(n) zu erklären.“⁴⁰

In der EN 61439-2 wird noch die alte EMV-Richtlinie 204/108/EG angeführt. Hier ist zu beachten, dass die neue EMV-Richtlinie zusätzlich eine Risikobeurteilung fordert.

³⁸ EN 61439-1 (2012), S. 123.

³⁹ Vgl. Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 23 – 25.

⁴⁰ EN 61439-2 (2012), S. 26.

4.3.3 Konformitätsbewertung für die Installation im Feld

Die Konformität nach der EMV-Richtlinie für die Installation im Feld für Automatisierungstechnikanlagen und logistische Industrieanlagen kann man in Kombination mit der EMV-Richtlinie mit den harmonisierten Normen, abhängig von der Anwendung, erreichen. Dabei ist es wichtig, folgende Nachweise zu erbringen:

- Alle verwendeten Komponenten und Geräte sind für die vorgesehene EMV-Umgebung zugelassen.
- Die gesamte Installation erfolgt genau nach Vorgabe der KomponentenherstellerInnen.
- Alle für die Anlagen harmonisierten Normen werden eingehalten.
- Eine Risikobeurteilung der EMV wird durchgeführt.
- Alle Anforderungen der EMV-Richtlinie hinsichtlich Dokumentation werden eingehalten.

Folgende harmonisierte Normen sind im Hinblick auf EMV in Zusammenhang mit der Installation im Feld anzuwenden:

Norm	Titel und Beschreibung
EN 619	Stetigförderer und Systeme – Sicherheits- und EMV-Anforderungen an mechanische Fördereinrichtungen für Stückgut
EN 528	Regalbediengeräte – Sicherheitsanforderungen
EN 55011	Industrielle, wissenschaftliche und medizinische Geräte – Funkstörungen – Grenzwerte und Messverfahren
EN 61000-6-1	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 6-1: Fachgrundnormen – Störfestigkeit für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe
EN 61000-6-2	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 6-2: Fachgrundnormen – Störfestigkeit für Industriebereiche
EN 61000-6-3	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 6-3: Fachgrundnormen – Störaussendung für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe
EN 61000-6-4	Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) - Teil 6-4: Fachgrundnormen – Störaussendung für Industriebereiche
EN 60204-1	Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
EN 60204-32	Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 32: Anforderungen für Hebezeuge

Tab. 10: Relevante EMV-Normen für eine Installation im Feld einer Automatisierungstechnikanlage und logistischen Industrieanlage, Quelle: Eigene Darstellung.

Die Normen EN 528, EN 60204-1 und EN 60204-32 werden nicht im Amtsblatt der EU für die EMV-Richtlinie angeführt, sondern im Amtsblatt der Maschinenrichtlinie. Diese Normen behandeln jedoch auch das Thema EMV und sind daher für die Betrachtung hinsichtlich EMV und logistischer Industrieanlagen von Vorteil.

Wie bereits beschrieben, gibt es für den Nachweis der EMV zwei gleichwertige Methoden, zum einen den EMV-Nachweis der Begutachtung und zum anderen den EMV-Nachweis durch Prüfung. Bei einer ortsfesten logistischen Industrieanlage im Feld sind dann keine EMV-Prüfungen auf die Störaussendung und Störfestigkeit erforderlich, wenn alle HerstellerInnenangaben von Komponenten und Baugruppen eingehalten werden und wenn die anerkannten Regeln der Technik eingehalten und dokumentiert werden. Anerkannte Regeln der Technik hinsichtlich EMV können wie folgt beschrieben werden:

- Bei der Störaussendung müssen geeignete Maßnahmen ergriffen werden, um diese zu verhindern. Beispielsweise der Einsatz von Filtern oder Drosseln.
- Bei den Koppelmechanismen müssen geeigneten Maßnahmen ergriffen werden, beispielsweise Entfernungen in Kabeltrassen beachten oder Auswahl geeigneter Kabel und Leitungen.
- Bei der Störfestigkeit müssen geeignete Maßnahmen ergriffen werden, um sensible Teile der Anlage zu schützen, beispielsweise die Verwendung von geschirmten Kabeln und Leitungen.

5 KONZEPT FÜR EINE RISIKOBEURTEILUNG NACH EMV-RICHTLINIE

5.1 Aufbau der Risikobeurteilung

Für die Risikobeurteilung nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG wird die Vorgehensweise in der EN ISO 12100 beschrieben. Für die Risikobeurteilung nach EMV-Richtlinie 2014/30/EU wird diese in abgewandelter Form in diesem Konzept angewendet. Hinsichtlich Normen werden alle im Amtsblatt 2018/C 246/01 angeführten relevanten Normen berücksichtigt. Des Weiteren werden auch Normen, welche in den Bereich der Maschinenrichtlinie fallen und sich im Inhalt mit elektromagnetischer Verträglichkeit befassen, berücksichtigt. Folgende Grafik zeigt den übergeordneten Ablauf der gesamten Risikobeurteilung.

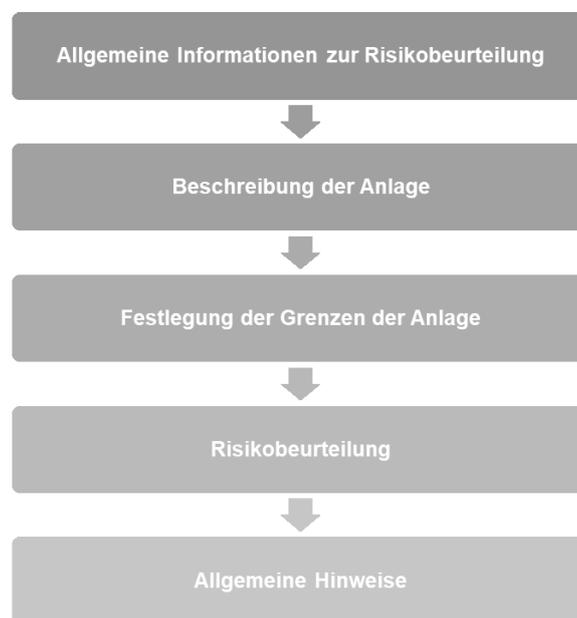


Abb. 34: Übergeordneter Ablauf der gesamten Risikobeurteilung, Quelle: Eigene Darstellung.

In den folgenden Kapiteln werden diese übergeordneten Punkte genau beschrieben und es wird auf den Inhalt eingegangen.

5.2 Allgemeine Informationen zur Risikobeurteilung

In den allgemeinen Informationen zur Risikobeurteilung werden grundlegende Informationen zur ortsfesten Anlage festgelegt. Im ersten Schritt werden dabei die Benutzerspezifikationen und Projektdaten definiert. Dabei werden Anlagendaten wie Projektname, Anlagentyp, Projektnummer, Baujahr und HerstellerIn der Anlage in der Risikobeurteilung vermerkt. In den Benutzerspezifikationen wird auch das angewendete Konformitätsbewertungsverfahren, Modul A Interne Fertigungskontrolle (EMV-Richtlinie 2014/30/EU Anhang II), angeführt.

In den Grundlagen zu den allgemeinen Informationen werden die Anwendung der EN ISO 12100 für die Risikobeurteilung nach EMV-Richtlinie und die grundlegenden Informationen zur Anlage aufgelistet. Dazu zählen:

- Angaben zum Dokument
- Angaben zur Anlage
- Festlegen der Verantwortlichkeiten
- Übersicht über Erfahrungen im Einsatz
- Angewendete Richtlinien und Normen
- Festlegen der zutreffenden Richtlinien und Normen
- Festlegen der Grenzen der Anlage
 - o Verwendungsgrenzen
 - o Räumliche Grenzen
 - o Zeitliche Grenzen
 - o Weitere Grenzen
- Risikobeurteilung, Risikoeinschätzung
- Allgemeine Hinweise

Des Weiteren wird in den grundlegenden Informationen die Modularisierung der Inhalte für die Risikobeurteilung beschrieben. EMV-Phänomene und die dort vorhandenen Risiken werden nicht für eine Anlage im Ganzen, sondern baugruppenspezifisch betrachtet. Somit ist es möglich, die Risikobeurteilung modular zu erstellen und die identifizierten EMV-Phänomene wiederzuverwenden. Die Modularisierung ist nicht zwingend erforderlich, EMV-Phänomene können auch ohne weitere Differenzierung für eine Anlage als Gesamtes identifiziert und bewertet werden.

5.3 Beschreibung der Anlage

In diesem Abschnitt der Risikobeurteilung werden alle grundlegenden technischen Informationen, Verantwortlichkeiten, zutreffenden Richtlinien und Normen und etwaige Erfahrungen im Einsatz beschrieben.

Die Anlagenspezifikation beschreibt, dass es sich bei der zu bewertenden Anlage um eine ortsfeste Anlage (laut EMV-Richtlinie 2014/30/EU Artikel 19) handelt. Dabei müssen die wesentlichen Anforderungen aus der EMV-Richtlinie für eine ortsfeste Anlage (laut EMV-Richtlinie 2014/30/EU Anhang I) eingehalten werden. Im nächsten Schritt werden die elektrischen Angaben der Anlage beschrieben. Dabei werden die Daten in eine Tabelle eingetragen, welche wie folgt aufgebaut ist:

Beschreibung	Angaben
Netzsystem:	< TT, TN-C, TN-C-S, TN-S, IT >
EMV-Umgebung:	< Industriebereich oder Wohnbereich >
EX-Bereich:	< Ja oder Nein >
Mittlere Wirkleistung:	< kW >
Mittlere Scheinleistung:	< kVA >
Mittlere Stromaufnahme:	< A >

Tab. 11: Vorlage für die elektrischen Angaben zur Anlage, Quelle: Eigene Darstellung.

In weiterer Folge werden die Verantwortlichkeiten der einzelnen TeillieferantInnen der Anlagen definiert. Diese Daten werden in einer Tabelle aufgelistet, welche wie folgt aufgebaut ist:

Komponenten/Baugruppen	Dokumentationsverantwortlicher	HerstellerIn/LieferantIn
< Gewerk > InverkehrbringerIn:	< Vorname Nachname >	< LieferantIn >
< Gewerk > Mechanik:	< Vorname Nachname >	< LieferantIn >
< Gewerk > Steuerungstechnik:	< Vorname Nachname >	< LieferantIn >

Tab. 12: Vorlage für die Verantwortlichkeiten zu den einzelnen Teillieferanten, Quelle: Eigene Darstellung.

Die Benutzungsinformationen zu den einzelnen TeillieferantInnen werden in deren Einzeldokumentationen beschrieben. In der Risikobeurteilung wird mit einem Hinweis darauf verwiesen.

Der nächste Punkt bei der Beschreibung der Anlage beschäftigt sich mit den Richtlinien, Normen und weiteren anwendbaren Dokumenten. Dabei werden die Richtlinien und harmonisierten Normen angeführt, welche in der Risikobeurteilung Anwendung finden. Als zutreffende EU-Richtlinie wird nur die EMV-Richtlinie 2014/30/EU angeführt, für alle weiteren EU-Richtlinien wird auf die Risikobeurteilung nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG verwiesen. Des Weiteren ist bei der Beschreibung der Anlage eine Tabelle mit den relevanten harmonisierten Normen, welche für die Risikobeurteilung herangezogen werden, aufgelistet. Diese Normen sind bereits in Tab. 9 und Tab. 10 beschrieben. Der Aufbau der Tabelle sieht dabei wie folgt aus:

Norm	Ausgabe	Titel
EN ISO 12100	2010	Sicherheit von Maschinen – Allgemeine Gestaltungsleitsätze – Risikobeurteilung und Risikominderung
< Norm >	< Datum >	< Titel der Norm >

Tab. 13: Vorlage für die Übersicht der relevanten harmonisierten Normen, Quelle: Eigene Darstellung.

Abschließend werden in der Beschreibung der Anlage Erfahrungen im Einsatz dokumentiert. Dabei werden elektromagnetische Phänomene bei bereits in Betrieb befindlichen Anlagen dokumentiert und die abgeleiteten Maßnahmen beschrieben. Die Beschreibung jeder Fehlfunktion wird dabei in eine Tabelle aufgenommen, welche wie folgt aufgebaut ist:

Beschreibung	Angaben
Datum:	< Datum >
Gemeldet von:	< Vorname Nachname >
Kurzbeschreibung:	< Kurze Beschreibung des Problems/elektromagnetischen Phänomens >
Art des Phänomens:	< Störaussendung oder Störfestigkeit >
Abgeleitete Maßnahme:	< Kurze Beschreibung der abgeleiteten Maßnahme >
Verantwortliche/r:	< Vorname Nachname >
Umsetzung bis:	< Datum >
Erledigt am:	< Datum >
Status:	< Offen oder Erledigt >

Tab. 14: Vorlage für die Dokumentation elektromagnetischer Phänomene bei bereits in Betrieb befindlichen Anlagen, Quelle: Eigene Darstellung.

5.4 Festlegung der Grenzen der Anlage

Bei der Festlegung der Grenzen der Anlage werden unter anderem die Verwendungsgrenzen, Beschreibung der Anlage und der Funktionen, räumliche und zeitliche Grenzen und weitere Grenzen der Anlage beschrieben.

Im ersten Schritt der Festlegung der Grenzen der Anlage werden die verschiedenen Phasen der gesamten Lebensdauer der Anlage beschrieben. Diese Phasen werden aus der EN ISO 12100 Tabelle B.3 entnommen und beschrieben.

- Transport: Diese Phase wird in der Risikobeurteilung laut Maschinenrichtlinie 2006/42/EG betrachtet. In der Phase Transport können von der Anlage keine EMV-Phänomene oder Risiken ausgehen.
- Montage und Installation, in Betrieb nehmen: In dieser Phase wird die Anlage an die Energieversorgung angeschlossen, ab diesem Zeitpunkt können EMV-Phänomene oder Risiken von der Anlage ausgehen.
- Einrichten, Einlernen/Programmieren und/oder Umrüsten: In dieser Phase werden die Anlagenteile steuerungstechnisch in Betrieb genommen. Auch in dieser Phase können EMV-Phänomene oder Risiken von der Anlage ausgehen.
- Betrieb: In dieser Phase ist der/die Kunde/in für die Bedienung der Anlage verantwortlich. Auch in dieser Phase können EMV-Phänomene oder Risiken von der Anlage ausgehen.
- Reinigung, Instandhaltung: In dieser Phase ist der/die Kunde/in für die Reinigung, Instandhaltung und Wartung der Anlage verantwortlich. Auch in dieser Phase können EMV-Phänomene oder Risiken von der Anlage ausgehen.

- Fehlersuche und -beseitigung: In dieser Phase ist der/die Kunde/in für die Fehlersuche und -beseitigung an der Anlage verantwortlich. Auch in dieser Phase können EMV-Phänomene oder Risiken von der Anlage ausgehen.
- Demontage, außer Betrieb nehmen: Diese Phase wird in der Risikobeurteilung laut Maschinenrichtlinie 2006/42/EG betrachtet. Nach dem Abtrennen der Energieversorgung können keine weiteren EMV-Phänomene oder Risiken von der Anlage ausgehen.

Im nächsten Schritt wird die bestimmungsmäßige Verwendung der logistischen Industrieanlage definiert. Diese umfasst das Transportieren, Einlagern, Lagern, Auslagern und Bereitstellen von Ladeeinheiten (zusammengesetzt durch Ladehilfsmittel und Ladung). Die vorhersehbaren Fehlanwendungen hinsichtlich der EMV werden in der Risikobeurteilung bewertet. Vorhersehbare Fehlanwendungen in Bezug auf EMV beziehen sich in erster Linie auf die Installation der Komponenten und darauf, ob alle HerstellerInnenangaben und die anerkannten Regeln der Technik eingehalten werden. Für die detaillierten Betriebsarten wird auf die Risikobeurteilung nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG und auf die Bedienungsanleitungen der einzelnen TeillieferantInnen verwiesen. Die Einsatzbereiche der Anlage werden wie folgt konzipiert:

- Industrielle Nutzung der Anlage.
- Die Anlage darf nicht im Freien betrieben oder gelagert werden.
- Die Anlage darf nicht in Ex-Bereichen eingesetzt werden.
- Die Anlage darf nur von geeignetem Personal bedient und gewartet werden.

In weiterer Folge wird das vorausgesetzte Niveau in Hinblick auf Ausbildung, Erfahrung und Fähigkeiten der BenutzerInnen definiert. Dabei werden die verschiedenen BenutzerInnengruppen der Anlage beschrieben. Diese BenutzerInnengruppen sind in der EN ISO 12100 Pkt. 5.3.2 angeführt. Im Folgenden werden diese BenutzerInnengruppen beschrieben.

- Bedienungspersonal: Hierbei handelt es sich um Personen, welche für den Betrieb, die Wartung, die Reinigung und die Reparatur der Anlage zuständig sind.
- Fachpersonal: Hierbei handelt es sich um Elektrofachkräftepersonal, Instandhaltungspersonal und fachlich ausgebildetes Personal, das aufgrund seiner einschlägigen fachlichen Ausbildung und Erfahrung befähigt ist, Risiken zu erkennen und Gefährdungen zu vermeiden.
- Auszubildende und PraktikantInnen: Die Einsatzmöglichkeit dieser BenutzerInnengruppe muss von den AnlagenbetreiberInnen geprüft werden. Der Einsatz erfolgt unter Aufsicht nach Sicherheits- und Bedienungseinweisung.
- Die allgemeine Öffentlichkeit: Diese BenutzerInnengruppe darf sich nur auf gekennzeichneten Verkehrswegen und auf Besuchsbühne unter der Aufsicht der AnlagenbetreiberInnen und keinesfalls in der Nähe der Anlage aufhalten.

In Bezug auf EMV ist die BenutzerInnengruppe Fachpersonal in einem besonderen Fokus, da die Elektrofachkräfte die elektrische Installation der Anlage ausführen. Hierbei ist bei der Risikobeurteilung auf vorhersehbare Fehler in der Installation zu achten bzw. sind geeignete Maßnahmen zur Vermeidung dieser Fehler zu setzen. Des Weiteren werden in der EN ISO 12100 Pkt. 5.3.2 Personen beschrieben, die den Gefährdungen im Zusammenhang mit der Anlage ausgesetzt sein können, soweit dies vernünftigerweise

vorhersehbar ist. Folgend werden Beispiele für diese BenutzerInnengruppen im Zusammenhang mit einer logistischen Industrieanlage angeführt.

- Personen, die sich der spezifischen Gefährdungen wahrscheinlich sehr genau bewusst sind: StaplerfahrerInnen, LieferantInnen der Gewerke Stahlbau, Inspekture/innen
- Personen, die sich der spezifischen Gefährdungen nicht sehr genau bewusst sind, jedoch wahrscheinlich über eine genaue Kenntnis der standortbezogenen Sicherheitsverfahren, zulässigen Wege usw. verfügen: Verwaltungsangestellte, weitere StaplerfahrerInnen
- Personen, die wahrscheinlich nur über sehr geringe Kenntnisse hinsichtlich der maschinenbezogenen Gefährdungen oder der standortbezogenen Sicherheitsverfahren verfügen: Unbeaufsichtigte BesucherInnen einschließlich Kinder, LieferantInnen, Spediteure/innen

Für die räumlichen Grenzen der Anlagen wird auf die Risikobeurteilung nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG verwiesen. Die zeitlichen Grenzen der Anlage werden mit der Einsatzdauer in Wochen pro Jahr, Tage pro Woche und Stunden pro Tag definiert. Für die zeitlichen Grenzen der Anlage wird auch die gesamte Lebensdauer in Jahren angegeben. Des Weiteren gelten die Einsatzzeiten, Wartungs- und Prüfintervalle für die Anlage und deren Teilbereiche, welche in den Dokumentationen/Bedienungsanleitungen der verschiedenen TeillieferantInnen angegeben sind.

Beschreibung	Angaben
Einsatzdauer Wochen pro Jahr:	< Definieren >
Einsatzdauer Tage pro Woche:	< Definieren >
Einsatzdauer Stunden pro Tag:	< Definieren >
Lebensdauer der Anlage:	< Definieren >

Tab. 15: Vorlage für die zeitlichen Grenzen der Anlage, Quelle: Eigene Darstellung.

Die weiteren Grenzen der Anlagen behandeln die Themen Sauberkeit, Umgebungsbedingungen und Gefahrenstoffe. Die Sauberkeit der Anlagen wird in der Risikobeurteilung wie folgt beschrieben:

- Der Boden ist besenrein zu halten.
- Alle Anlagenteile und deren Umgebung sind trocken und staubfrei zu halten.
- Die Gassen sind frei zu halten von Gegenständen, mit welchen das RBG kollidieren könnte.

Folgende Tabelle zeigt, welche Betriebsbedingungen für den Betrieb der Anlage sicher zu stellen sind.

Betriebsbedingung	Zusatzinformation	Betroffene Bereiche
Normaltemperaturbereich	+5 bis +35° C	< Definieren >
Kühltemperaturbereich	-20 bis +5° C	< Definieren >
Inertisierter Bereich	-26 bis -20° C	< Definieren >
Kontrollierte Luftfeuchtigkeit	Max. Luftfeuchtigkeit: 80 % nicht kondensierend	< Definieren >
Ex-Schutz	Keine Explosionsschutzanforderungen	< Definieren >
Aggressive Atmosphäre	Keine aggressive Atmosphäre	< Definieren >
Mechanische Erschütterungen	Keine mechanische Erschütterung	< Definieren >
Staubentwicklung	Keine Staubentwicklung	< Definieren >

Tab. 16: Vorlage zur Definition der Betriebsbedingungen für den Betrieb der Anlage, Quelle: Eigene Darstellung.

Des Weiteren darf die Anlage nicht im Freien betrieben werden und notwendige Beleuchtungen sind von den Anlagenbetreibern zur Verfügung zu stellen. Der letzte Punkt der weiteren Grenzen für die Festlegung der Grenzen der Anlage befasst sich mit dem Thema Gefahrenstoffe. Für die einzelnen Anlagenteile können Öle oder Schmierstoffe für den Betrieb notwendig sein. Diese sind in den Dokumentationen/Bedienungsanleitungen der verschiedenen TeillieferantInnen angeführt und zu beachten. Des Weiteren muss Folgendes berücksichtigt werden:

- Mit der Anlage dürfen keine Gefahrenstoffe transportiert werden.
- In der Anlage dürfen keine Gefahrenstoffe gelagert werden.

5.5 Risikobeurteilung

Der/Die HerstellerIn eines Gerätes bzw. einer ortsfesten Anlage muss bei der Erstellung der Risikobeurteilung darauf achten, dass diese den Anforderungen der EMV-Richtlinie entspricht. Dabei muss der/die HerstellerIn alle EMV-Phänomene seines/ihrer Gerätes hinsichtlich EMV bewerten und entsprechend dokumentieren. Des Weiteren müssen die Maßnahmen den Anforderungen nach Anhang I der EMV-Richtlinie entsprechen.

Die Risikobeurteilung nach EN ISO 12100 und ISO/TR 14121-2 wird in abgewandelter Form für die EMV-Richtlinie 2014/30/EU in den folgenden Kapiteln beschrieben.

5.5.1 Ablauf der Risikobeurteilung

Für den Ablauf der Risikobeurteilung wird der iterative Prozess nach der EN ISO 12100 in angepasster Form für die EMV-Richtlinie herangezogen. Die grundlegende Form bleibt dabei gleich, lediglich die Beschreibung einiger Elemente wird geändert. Die Definition des bestimmungsgemäßen Gebrauches und die Festlegung der Grenzen der Maschine sind bereits in Kapitel 5.3 und 5.4 beschrieben. Bei der Identifizierung der Gefährdungen wird speziell auf die elektromagnetischen Phänomene und die Kopplungsarten eingegangen. Die Elemente Risikoeinschätzung, Risikobeurteilung und Risikominderung

werden in den nächsten Unterkapiteln ausführlicher beschrieben. Die folgende Abbildung zeigt das Ablaufschema der Risikobeurteilung nach EMV-Richtlinie.

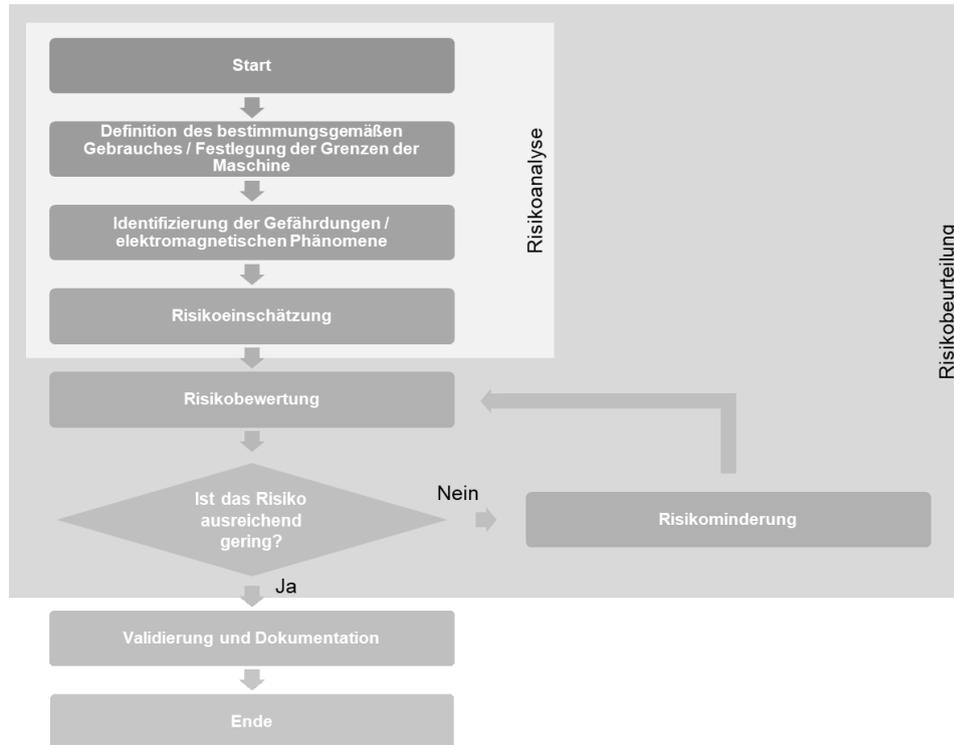


Abb. 35: Iterativer Prozess zur Risikominderung angepasst an die EMV-Richtlinie, Quelle: Eigene Darstellung.

5.5.2 Risikoanalyse/Risikoeinschätzung

Für die Risikoanalyse bzw. Risikoeinschätzung nach EN ISO 12100 müssen die Risikoelemente an die EMV-Richtlinie 2014/30/EU angepasst werden. Beim Risikoelement Schadensausmaß muss die Zielrichtung der EMV-Richtlinie berücksichtigt werden. Hier ist nicht die Gesundheit des Menschen im Fokus, sondern das mögliche Schadensausmaß von Geräten, verursacht durch EMV-Phänomene. Beim Risikoelement Eintrittswahrscheinlichkeit eines Schadens wird nicht die Vermeidung eines Schadens durch den/die BenutzerIn berücksichtigt, da dieser in den meisten Fällen keinen Einfluss auf das Auftreten eines EMV-Phänomens hat. Hier ergibt sich die Eintrittswahrscheinlichkeit aus der Häufigkeit und der Dauer eines EMV-Phänomens kombiniert mit der Eintrittswahrscheinlichkeit eines EMV-relevanten Ereignisses.



Abb. 36: Risikoelemente nach EN ISO 12100 angepasst an die EMV-Richtlinie, Quelle: Eigene Darstellung.

Konzept für eine Risikobeurteilung nach EMV-Richtlinie

Für die Risikoeinschätzung nach ISO/TR 14121-2 wird ein Risikograph verwendet. Bei EMV-Phänomenen unterscheidet man zwischen Störaussendung und Störfestigkeit. Dafür werden jeweils die folgenden Risikographen verwendet:

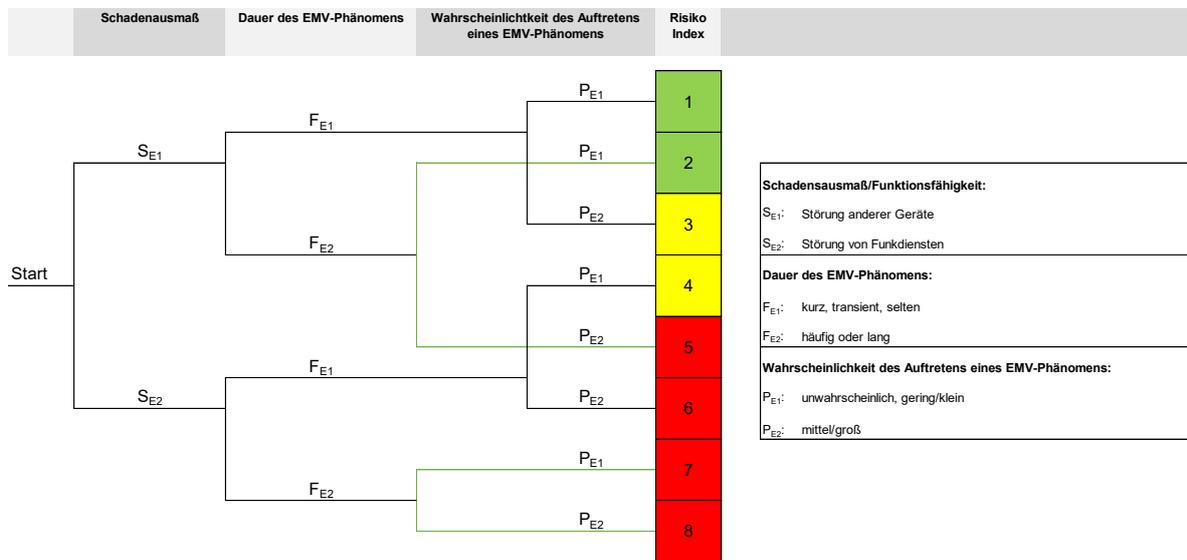


Abb. 37: Risikograph für die Bewertung der Störaussendung, Quelle: TÜV Rheinland (2018), Online-Quelle [08.09.2018], S. 7 (leicht modifiziert).

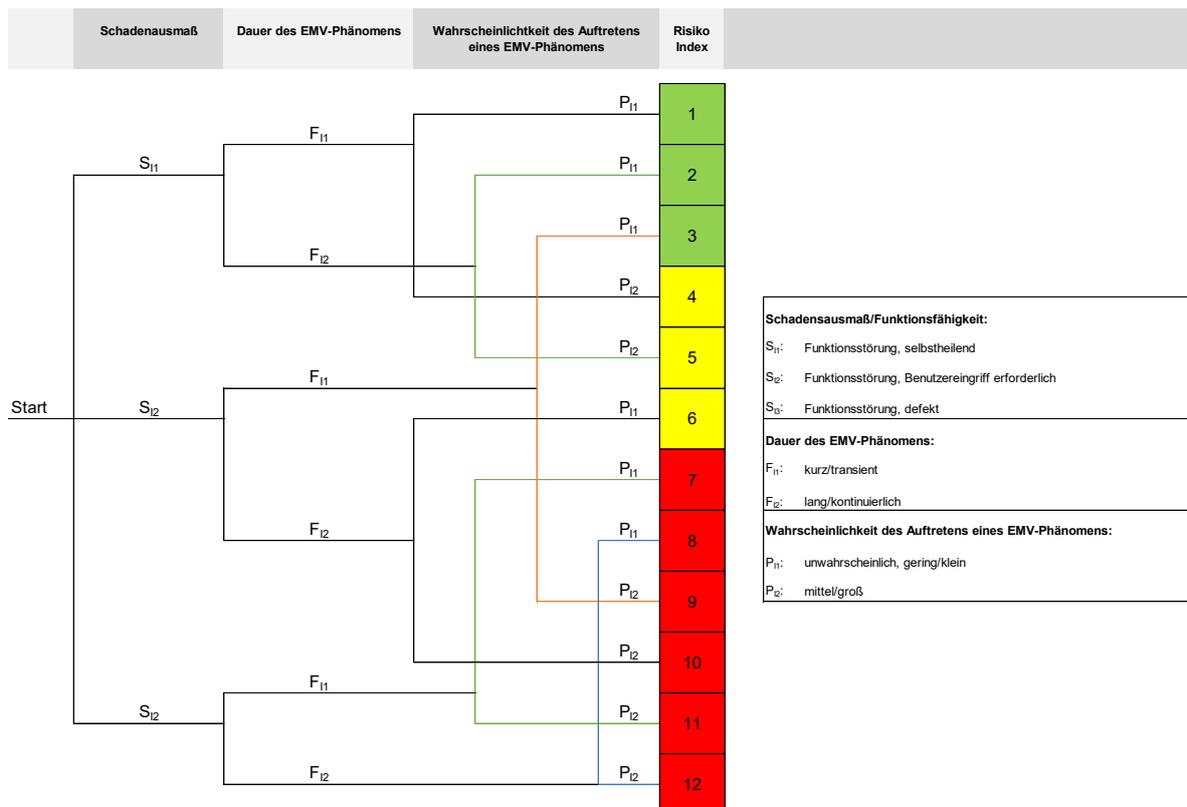


Abb. 38: Risikograph für die Bewertung der Störfestigkeit, Quelle: TÜV Rheinland (2018), Online-Quelle [08.09.2018], S. 8 (leicht modifiziert).

5.5.3 Risikobewertung

Im ersten Schritt der eigentlichen Risikobewertung werden die grundlegenden Informationen wie die EMV-Umgebung, ErstellerIn der Risikobeurteilung, das Datum und der Änderungsindex definiert. Bei der Erstellung eines neuen Risikos muss zwischen Störaussendung und Störfestigkeit unterschieden werden, da es jeweils einen eigenen Risikographen gibt.

In weiterer Folge wird die Grundbewertung des Risikos durchgeführt. Dabei werden Informationen wie Anlagenteil, Baugruppe/Gerät, Produktgruppe/Typnummer und HerstellerIn festgelegt. Beim Anlagenteil kann man zwischen PFT und AKL-RBG unterscheiden. Beim Punkt Baugruppe/Gerät wird die zu bewertende Baugruppe oder das zu bewertende Gerät eingetragen, z. B. das Schaltschrankgehäuse, Frequenzumformer oder die Erdungsanlage. Bei der Produktgruppe/Typnummer wird die Produktfamilie oder die Typnummer des zu bewertenden Gerätes definiert und unter dem Punkt HerstellerIn wird die herstellende Firma eingetragen.

Im nächsten Schritt muss geprüft werden, für welche EMV-Umgebung die Baugruppe bzw. das Gerät geeignet ist. Diese Information findet man in den meisten Fällen im Datenblatt des jeweiligen Gerätes. In der Grundbewertung wird auch unterschieden, in welcher Zone im Schaltschrank bzw. ob das Gerät im Feld installiert wird. Bei der Risikobewertung werden alle Schnittstellen einer Baugruppe bzw. eines Gerätes bewertet. Wie in Abb. 21 ersichtlich, können Störungen über das Gehäuse, Busleitungen, Prozessleitungen, Stromversorgung und über die Funktionserdung ausgestrahlt bzw. aufgenommen werden.

Im nächsten Schritt werden die Art des EMV-Phänomens und dessen Ursprung beschrieben. Auf Basis dieser Beschreibung werden die Folgen für die Anlage und etwaige Bemerkungen festgehalten. Anschließend wird bewertet, welche Koppelmechanismen bei der Art des EMV-Phänomens auftreten können. Wie in Kapitel 3.2 beschrieben, kann es zu einer galvanischen, induktiven, kapazitiven Kopplung oder zu einer Strahlungskopplung kommen. Abhängig von der Art des EMV-Phänomens können auch mehrere Koppelmechanismen auftreten. In weiterer Folge wird definiert, in welchen Lebensphasen dieses EMV-Phänomen auftreten kann. Im Anschluss wird die Grundbewertung der Risikoeinschätzung auf Basis der in Kapitel 5.5.2 definierten Risikographen für die Störaussendung und Störfestigkeit durchgeführt. Liegt der ermittelte Risikoindex im gelben oder im roten Bereich, muss eine Risikominderung durchgeführt werden.

Nachdem ein Risiko in der Grundbewertung mittels eines Risikographen für Störaussendung oder Störfestigkeit ermittelt wurde und der Risikoindex im gelben oder roten Bereich liegt, muss dieses Risiko beseitigt bzw. minimiert werden. Dabei wird im ersten Schritt der Risikominderung das Prinzip beschrieben. In den meisten Fällen handelt es sich dabei um eine konstruktive Maßnahme, welche bei der Planung berücksichtigt werden muss. Danach wird in der Maßnahmenbeschreibung beschrieben, wie das Risiko gemindert werden kann.

Im nächsten Schritt werden die verantwortlichen Personenkreise für die Umsetzung der Maßnahme definiert. Anschließend wird definiert, auf welcher Basis diese Maßnahme umgesetzt wird. Hier wird entweder auf HerstellerInnenangaben, Normenverweise oder auf Grundprinzipien für eine EMV-gerechte Planung einer ortsfesten Anlage verwiesen. In Kapitel 5.7 werden die Grundprinzipien für eine EMV-

gerechte Planung einer ortsfesten Anlage beschrieben, welche bei der Risikobeurteilung berücksichtigt werden müssen. Des Weiteren werden auch noch vorhersehbare Fehler bei der Ausführung der Maßnahme betrachtet und Maßnahmen zur Vermeidung dieser Fehler beschrieben. Etwaige Bemerkungen können hier auch noch festgehalten werden. Nachdem die Maßnahme und die vorhersehbaren Fehlanwendungen beschrieben wurden, wird die Endbewertung des Risikos durchgeführt. Liegt der Risikoindex nach der Endbewertung im grünen Bereich, ist die Endbewertung abgeschlossen und das Risiko ausreichend gemindert bzw. beseitigt. Liegt der Risikoindex jedoch nach wie vor im gelben oder roten Bereich, muss eine weitere Risikominderung durchgeführt werden.

5.5.4 Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung

Bei der Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung muss das 3-Stufen-Konzept aus der EN ISO 12100 an die EMV-Richtlinie angepasst werden. Bei der Risikominderung sollten auf alle Fälle die Regeln der Technik eingehalten werden, um EMV-Phänomene zu reduzieren und damit die elektromagnetische Verträglichkeit der Geräte bzw. ortsfesten Anlagen zu gewährleisten und zu verbessern. Ein weiteres wichtiges Element bei der Risikominderung ist, dass vorhersehbare Fehlanwendungen bei der Installation einer ortsfesten Anlage betrachtet und geeignete Maßnahmen abgeleitet werden.

Bei der Risikominderung nach EMV-Richtlinie ist entscheidend, dass eine Kombination aus Maßnahmen die elektromagnetische Verträglichkeit eines Gerätes bzw. einer ortsfesten Anlage in der vorgesehenen Betriebsumgebung gewährleisten kann.

5.6 Allgemeine Hinweise

In den allgemeinen Hinweisen wird darauf hingewiesen, dass die Risikobeurteilung nach EN ISO 12100 in für die EMV-Richtlinie 2014/30/EU abgewandelter Form nach bestem Wissen und Gewissen sowie mit größter Sorgfalt durchgeführt wird. Die Risikobeurteilung bezieht sich auf den Zeitpunkt der Erstellung - später auftretende EMV-Phänomene und Risiken müssen dokumentiert und bewertet werden. Die Risikobeurteilung wird auf Basis der zur Verfügung gestellten Dokumente der verschiedenen TeillieferantInnen erstellt. Der/Die ErstellerIn dieser Risikobeurteilung übernimmt keine Verantwortung für unvollständige oder falsche Dokumente und Informationen.

In den Maßnahmen wird angeführt, dass die Anlage nach den Erkenntnissen der Risikobeurteilung gebaut und installiert werden muss. D.h. der/die HerstellerIn hat für eine interne Fertigungskontrolle (EMV-Richtlinie 2014/30/EU Anhang II) zu sorgen. Die festgestellten Restrisiken werden in den Dokumentationen/Bedienungsanleitungen der verschiedenen Teilbereiche (z. B. durch Warnhinweise) angeführt.

Des Weiteren wird in den allgemeinen Hinweisen darauf hingewiesen, dass nach der Erledigung der folgenden Punkte die Risikobeurteilung als abgeschlossen betrachtet werden kann:

- Alle dokumentierten Warnhinweise wurden angebracht.
- Die Konformität wird mit der Ausstellung der EG-Konformitätserklärung nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG bestätigt.
- Mit der CE-Kennzeichnung nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG wird auch die CE-Kennzeichnung nach EMV-Richtlinie 2014/30/EU erfüllt.

Im letzten Punkt der allgemeinen Hinweise können etwaige Erkenntnisse aus der Risikobeurteilung beschrieben werden.

5.7 Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau

Da nicht bei allen Komponenten und Schnittstellen auf HerstellerInnenangaben verwiesen werden kann, werden in den folgenden Unterkapiteln Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau beschrieben. In der Risikobeurteilung wird dabei auf diese Regeln verwiesen, wenn keine HerstellerInnenangaben oder Normenverweise möglich sind.

5.7.1 EMV-Zonen und Schutzmaßnahmen im Schaltschrank

Wie bereits in Kapitel 3.4.2 beschrieben, sollte für einen EMV-gerechten Aufbau eines Schaltschranks dieser in EMV-Zonen eingeteilt werden. Dabei werden Störquellen und Störsenken räumlich voneinander getrennt und im Schaltschrank in den jeweiligen Zonen angeordnet. Der Schaltschrank wird dabei in folgende Zonen eingeteilt:

Zone	Beschreibung	Störkategorie	Beispiele
A	Steuerung und Sensorik	Störsenke	SPS, Switch, Router, Sicherheitsrelais, Sensorauswertungen
B	Netzanschluss und Niederspannungsschaltgeräte	Störsenke, Störquelle	Netzanschluss, Schütze, Überstromschutzorgane
C	Leistungselektronik	Störquelle	Frequenzumrichter, Wechselrichter, Filter, Drossel

Tab. 17: Übersicht EMV-Zonen im Schaltschrank, Quelle: Eigene Darstellung.

Die verwendeten Komponenten werden nach der Einteilung in die verschiedenen Zonen auf ihre zulässige EMV-Umgebung geprüft. In weiterer Folge werden alle HerstellerInnenangaben geprüft und entsprechend ausgeführt. Dabei werden hinsichtlich eines EMV-gerechten Aufbaus alle Schnittstellen der einzelnen Komponenten betrachtet und entsprechende EMV-Maßnahmen gesetzt. Folgende Grundregeln sind bei der Einteilung der Zonen zu beachten:

- Die Verlegung von Lastleitungen zu Steuerleitungen muss in einem Mindestabstand von 100 mm getrennt erfolgen.
- Grundsätzlich ist zu beachten, dass mit zunehmender Entfernung von Störquelle und Störsenke die Störwirkung abnimmt.
- Eine weitere Maßnahme ist der Einbau geeigneter Schirmbleche zwischen den Zonen, um eine zusätzliche Störminderung zu erreichen.

5.7.1.1 Schaltschrank-Gehäuseteile

Ein metallischer Schaltschrank dient zur Verminderung der Abstrahlung und wirkt als Abschirmung vor magnetischen/elektrischen Feldern und elektromagnetischen Wellen, wenn dieser EMV-gerecht ausgeführt wird. Dabei müssen alle metallischen Teile eines Schaltschranks gut leitend miteinander

verbunden werden, damit ein optimaler Potenzialausgleich hergestellt werden kann. Wo es möglich ist, sind Schweißverbindungen Schraubverbindungen vorzuziehen, da diese gegen Korrosion weniger anfällig sind. Wo der Potenzialausgleich mittels Verbindungen in Form von HF-Massebändern oder Runddrähten vorgenommen wird, sind kurze Verbindungen mittels HF-Massebändern herzustellen. Die Verbindung der Schaltschranktüren muss mindestens oben und unten mittels HF-Massebändern durchgeführt werden. Die Kontaktstellen müssen blank und fettfrei sein.⁴¹

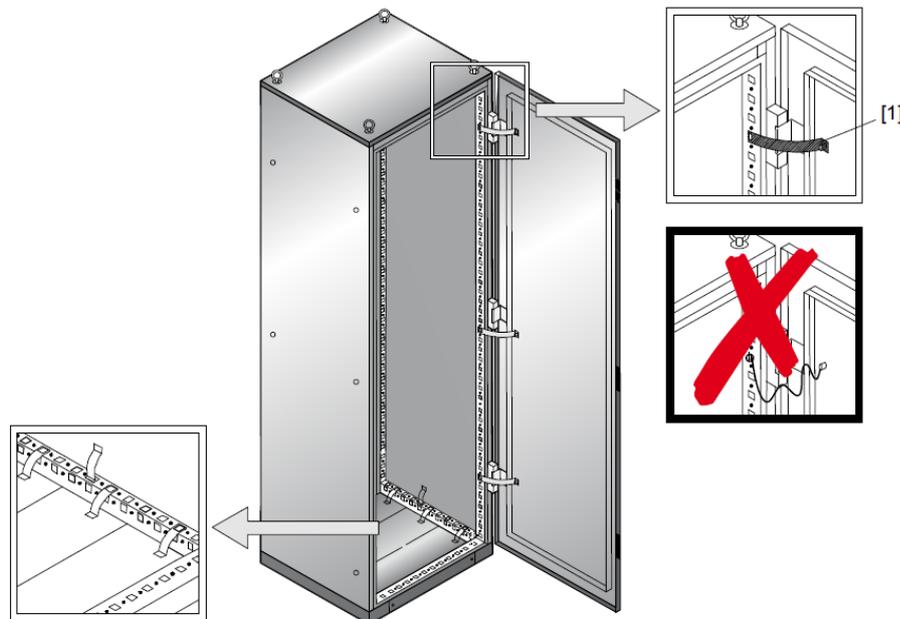


Abb. 39: Potenzialausgleich der Schaltschrank Gehäuseteile in Form von HF-Massebändern, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 42.

Ausschnitte für Schaltschranklüfter, Bedienelemente und Lüftungsöffnungen tragen zur Verschlechterung der Schirmwirkung des Schaltschranks bei. Daher sollten diese, wenn möglich, vermieden werden. Ist dies nicht möglich, sollte der Durchmesser der Öffnungen 100 mm nicht überschreiten.

Werden mehrere Schaltschränke aneinandergereiht, erfolgt der Potenzialausgleich mittels einer PE-Schiene, welche durch alle Schaltschränke hindurch montiert wird. Des Weiteren sind die Rahmen mittels Kontaktscheiben miteinander zu verschrauben.

5.7.1.2 Montageplatte im Schaltschrank

Neben der Befestigung von Komponenten im Schaltschrank dient die Montageplatte auch zur flächigen Erdung von Einbaugeräten mit einem Metallgehäuse. Die Montageplatte muss wie alle metallischen Teile des Schaltschranks möglichst niederohmig mit diesen Teilen verbunden werden, am besten mittels HF-Massebändern. Die Montageplatte ist dann über die PE-Schiene mit der Erdungsanlage der Maschinenhalle verbunden. Komponenten wie Frequenzumrichter, Netzfilter und alle Komponenten mit einem metallischen Gehäuse werden auf der Montageplatte großflächig und gut leitend miteinander verbunden. Der Einsatz von Montagesystemen anstelle von Montageplatten ist zu vermeiden, da sich

⁴¹ Vgl. SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 42.

aufgrund der nicht flächigen Verbindung zu z. B. Frequenzumrichter-Gehäusen EMV-technische Nachteile ergeben.⁴²

Die folgende Grafik zeigt mögliche Varianten, um die Montageplatte in den Potenzialausgleich einzubinden.

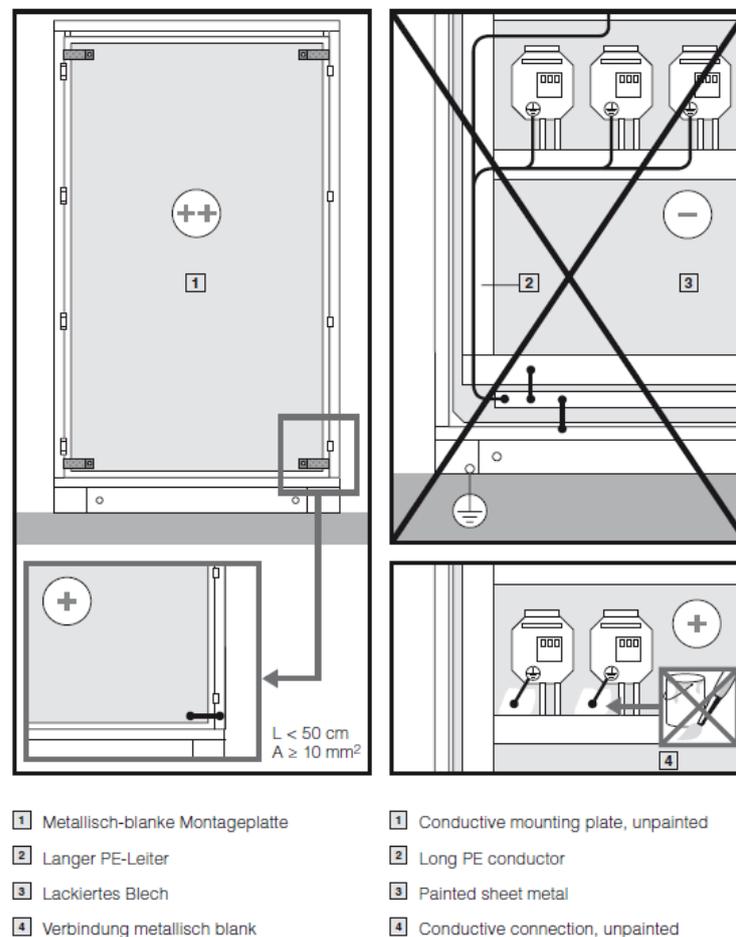


Abb. 40: Montageplatte als Potenzialausgleichsfläche, Quelle: RITTAL GmbH & Co. KG (2013), Online-Quelle [12.10.2018], S. 19.

Werden mehrere Montageplatten mittels HF-Massebändern oder Rundleitungen miteinander verbunden, muss diese Verbindung nahe der Signal- bzw. Leistungsleitungen erfolgen, um so die umschlossene Fläche zu minimieren.

5.7.1.3 PE- und Schirmschiene im Schaltschrank

In einem Schaltschrank dient die PE-Schiene als zentraler Anschlusspunkt für die PE-Leiter der einzelnen Komponenten der Schutzklasse 1, welche im Schaltschrank verbaut sind. Aus sicherheitstechnischer Sicht dient der PE-Leiter zur Umsetzung der Schutzmaßnahmen, ersetzt jedoch weder die HF-Erdung noch die Schirmung. Zur Umsetzung der Schutzmaßnahmen stellt die PE-Schiene den Sternpunkt dar. EMV-technisch ist es von Vorteil, wenn die Montageplatte als Sternpunkt für den HF-Potenzialausgleich verwendet wird.⁴³

⁴² Vgl. SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 43.

⁴³ Vgl. SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 43.



Abb. 41: HF-Potenzialausgleich zwischen Montageplatte und PE-Schiene, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 43.

Die Schirmschiene in einem Schaltschrank wird möglichst nah am Kabel- bzw. Leitungseintritt und großflächig mit dem Schaltschrankgehäuse verbunden. Die Schirmschiene muss dabei auch mit der PE-Schiene verbunden werden. Auf der Höhe der Schirmschiene wird der Mantel des Kabels abisoliert und mittels HF-Schelle oder Kabelbinder verbunden. Dabei ist die Variante mit der HF-Schelle zu bevorzugen.

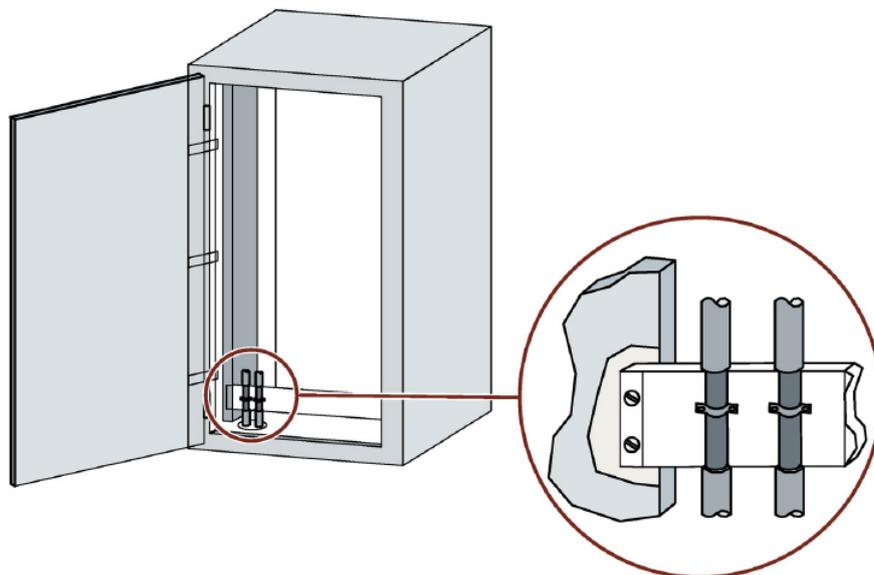


Abb. 42: Schirmschiene im Schaltschrank, Quelle: Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 65.

5.7.1.4 Entstörung von Induktivitäten

Das Schalten von Relais, Schützen, Ventilen usw. erzeugt im Schaltschrank Störspannungen und deshalb müssen geschaltete Induktivitäten mit einer entsprechenden Schutzbeschaltung versehen werden. Das Schalten von 24 V-Spulen bei Schützen erzeugt bereits eine Störspannung von bis zu 800 V und das Schalten von 230 V-Spulen erzeugt eine Störspannung von mehreren kV. Durch die Verwendung von

Freilaufdioden oder Schutzbeschaltungen werden diese hohen Störspannungen verhindert und somit auch die induktive Einstreuung in Kabeln und Leitungen.⁴⁴

Die folgende Abbildung zeigt mögliche Varianten zur Entstörung von Induktivitäten, jedoch sind in erster Linie immer die HerstellerInnenangaben zu befolgen.

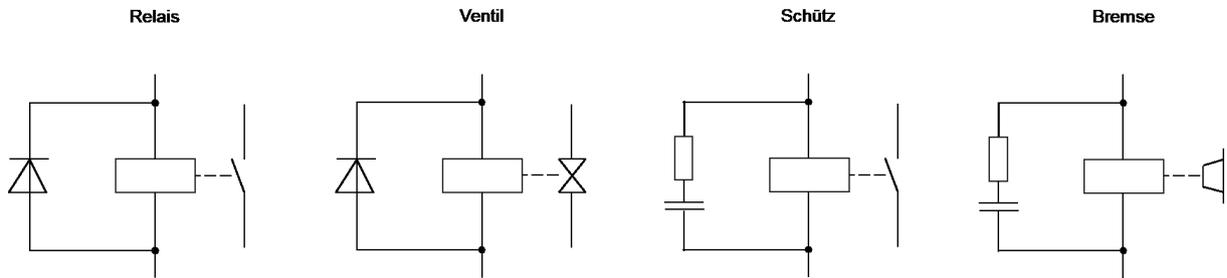


Abb. 43: Varianten zur Entstörung von Induktivitäten, Quelle: Eigene Darstellung.

5.7.1.5 Filter und Drossel im Schaltschrank

Beim Einsatz von Frequenzumrichtern sind geeignete, vom/von der HerstellerIn vorgegebene EMV-Komponenten zu installieren. Diese können z. B. Netzfilter, Netzdrosseln, Ausgangsfilter oder Ausgangsdrosseln sein und müssen einen gemeinsamen großflächigen Kontakt zur Montageplatte haben. Diese Komponenten sollen so nah wie möglich am dazugehörigen Frequenzumrichter montiert werden, damit die Kabel und Leitungen zwischen den EMV-Komponenten und dem Frequenzumrichter möglichst kurz sind. Wenn vom/von der HerstellerIn nicht anders vorgegeben, sollte folgende Reihenfolge bei den Anordnungen der Komponenten eingehalten werden:⁴⁵

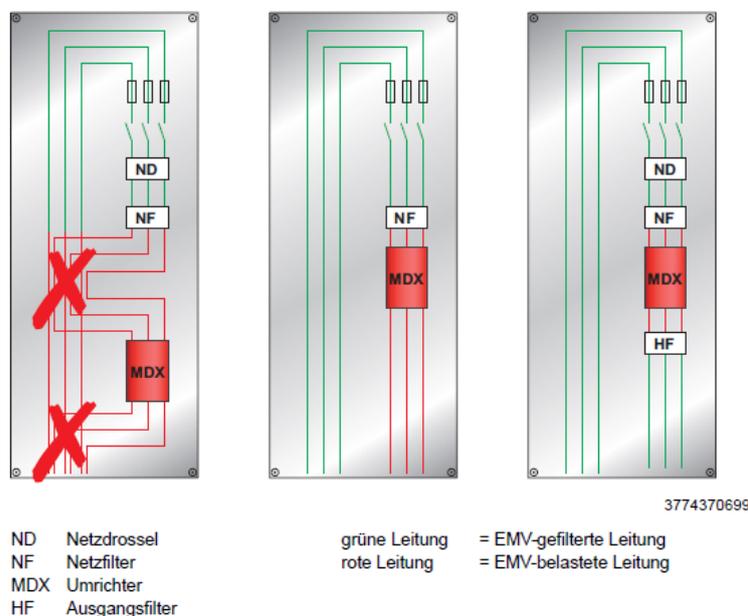


Abb. 44: Anordnung von EMV-Komponenten in Kombination mit einem Frequenzumrichter, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 44.

⁴⁴ Vgl. Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 67.

⁴⁵ Vgl. SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 44.

Ein besonderes Augenmerk ist dabei auf die Verlegung der netzseitigen Zuleitung und der EMV-belasteten Leitung zu legen. Diese dürfen auf keinen Fall parallel verlaufen, da sonst die gefilterte Leitung wieder mit neuen EMV-Störungen belastet wird. Falls die getrennte Verlegung nicht möglich ist, müssen geschirmte Kabel und Leitungen verwendet werden. Des Weiteren müssen die Kabel und Leitungen zwischen den EMV-Komponenten und dem Frequenzumrichter möglichst nah an der Montageplatte geführt werden, da freischwebende Kabel und Leitungen als aktive und passive Antenne wirken.⁴⁶

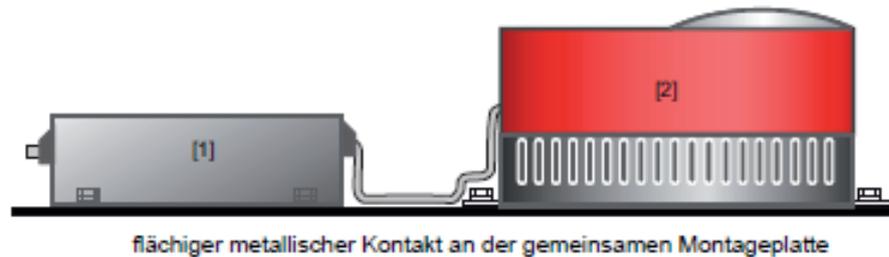


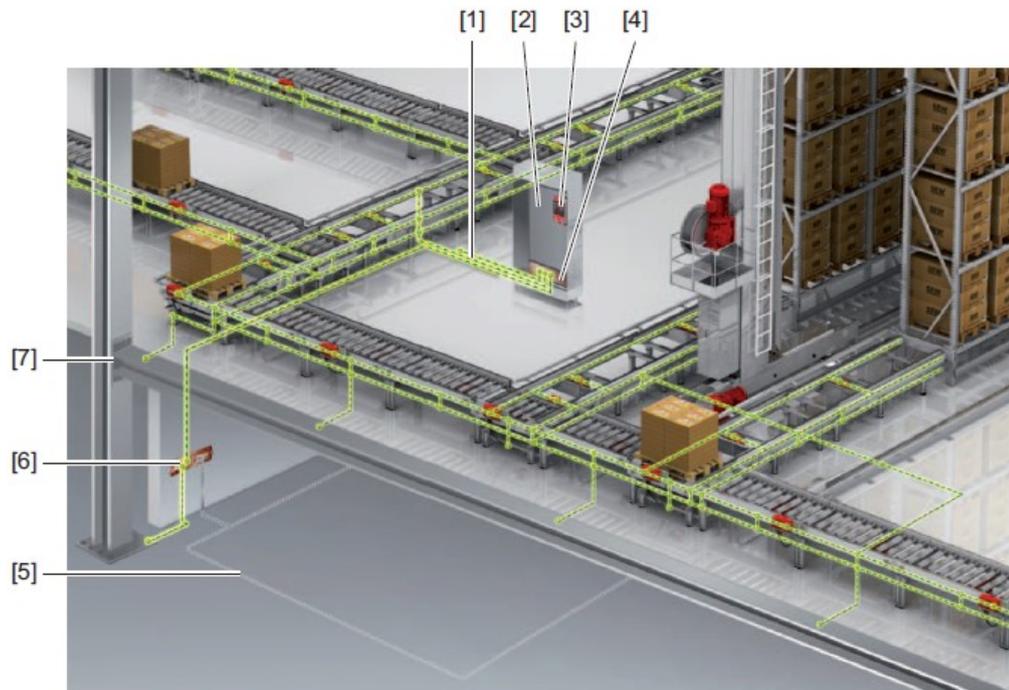
Abb. 45: Verlegung der Leitung zwischen EMV-Komponenten und Frequenzumrichter, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 48.

5.7.2 Erdungskonzept

Die Anforderungen an die Erdungsanlage spielen für den störungsfreien Betrieb einer automatisierten Anlage eine zentrale Rolle. Dabei ist zu beachten, dass alle Anlagenteile sowohl im NF- als auch im HF-Bereich niederohmig geerdet werden. Es ist dafür zu sorgen, dass die Anlage über ein Erdungsnetz verfügt, welches für hohe Frequenzen ein einheitliches Bezugspotenzial darstellt. Für die meisten EMV-Störungen stellt der Schutzleiter eine hohe HF-Impedanz dar. Darum ist es wichtig, dass Erdungsleitungen im HF-Bereich vermascht ausgeführt werden. Durch die Parallelschaltung wird der Leitungswiderstand reduziert. Die folgende Abbildung zeigt einen Aufbau einer Erdungsanlage für eine logistische Industrieanlage.⁴⁷

⁴⁶ Vgl. SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 44.

⁴⁷ Vgl. SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 36.



3771657867

- [1] Blech-Kabelkanal
- [2] Montageplatte im Schaltschrank
- [3] Frequenzumrichter
- [4] Potenzialausgleichsschiene (PE-Schiene)
- [5] Fundament-Erder
- [6] Potenzialausgleichspunkt
- [7] Stahlkonstruktion

Abb. 46: Hauptkomponenten für das Erdungskonzept einer logistischen Industrieanlage, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 36.

Folgende Normen sind bei der Konzeptionierung der Erdungsanlagen zu berücksichtigen:

Norm	Titel und Beschreibung
EN 60204-1	Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen
EN 60204-32	Sicherheit von Maschinen – Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 32: Anforderungen für Hebezeuge
EN 62305-3	Blitzschutz - Teil 3: Schutz von baulichen Anlagen und Personen
IEC 60364-1	Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Bestimmungen allgemeiner Merkmale, Begriffe

Norm	Titel und Beschreibung
ÖVE/ÖNORM E 8014-1	Errichtung von Erdungsanlagen für elektrische Anlagen mit Nennspannungen bis AC 1000 V und DC 1500 V - Teil 1: Allgemeine Anforderungen und Begriffe
ÖVE/ÖNORM E 8014-2	Errichtung von Erdungsanlagen für elektrische Anlagen mit Nennspannungen bis AC 1000 V und DC 1500 V - Teil 2: Fundamenterder

Tab. 18: Relevante Normen zur Konzeptionierung einer Erdungsanlage, Quelle: Eigene Darstellung.

5.7.3 Installation von Geräten im Feld

Bei der Installation von Geräten im Feld müssen in erster Linie alle HerstellerInnenangaben eingehalten werden. Dabei spielen die Kabeleinführungen und Steckverbindungen hinsichtlich der Schirmung eine wesentliche Rolle, da bei unsachgemäßer Ausführung die EMV-Maßnahmen deutlich reduziert werden können.

Wo geschirmte Motorleitungen über eine Verschraubung in den Motorklemmkasten geführt werden, müssen geeignete EMV-Verschraubungen verwendet werden. Generell sind auf der Motorseite fertig konfektionierte Motor- und Geberleitungen zu verwenden, da Kabel und Leitungen in der Praxis meist fehlerhaft konfektionierte werden. Auf der Seite des Frequenzumrichters muss das Kabel bzw. die Leitung entsprechend gekürzt werden, um das Verlegen von Schleifen zu vermeiden. Folgende Abbildung zeigt eine EMV-Verschraubung und eine sachgemäße Schirmauflage.



Abb. 47: EMV-Verschraubung inkl. sachgemäßer Schirmauflage, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 69.

Ein Bremswiderstand ist möglichst großflächig auf einem nicht lackierten Untergrund zu montieren. In den meisten Fällen eignet sich das Schaltschrankdach für die Montage des Bremswiderstandes. Die folgende Abbildung zeigt die Montage eines Stahlgitter-Bremswiderstandes.⁴⁸

⁴⁸ Vgl. SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 59.

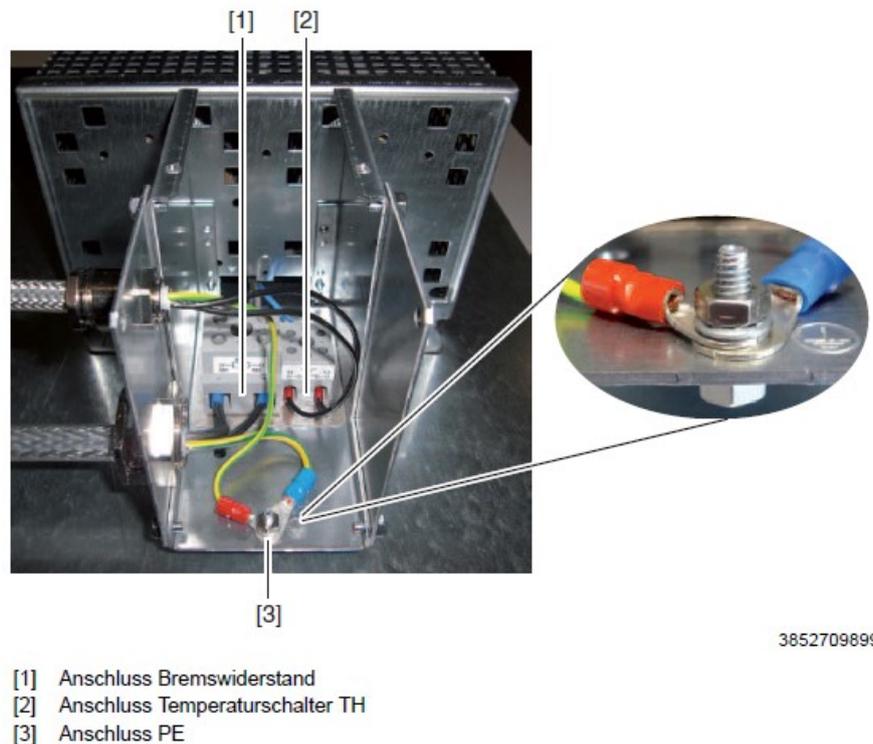


Abb. 48: Montage und Anschluss eines Stahlgitter-Bremswiderstandes, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 59.

Des Weiteren ist bei allen Geräten, wo ein Anschluss für eine Funktionserde vorgesehen ist, dieser in den Potenzialausgleich einzubinden.

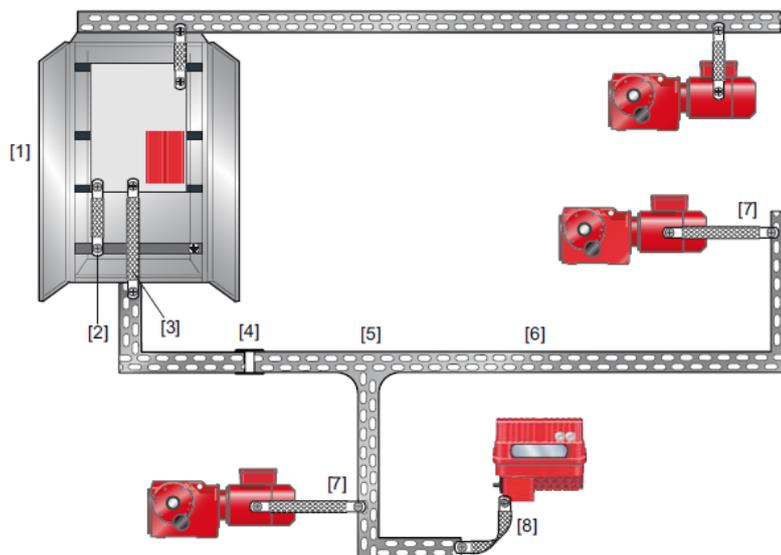
5.7.4 Potenzialausgleich im Feld

Hinsichtlich EMV spielt der Potenzialausgleich in der Anlage eine zentrale Rolle. Wenn mehrere Maschinenteile aneinandergereiht werden, müssen diese über den Potenzialausgleich miteinander verbunden werden. So werden beispielsweise der Schaltschrank als zentrales Element, Förderelemente, Kabelkanäle und Geräte über den Potenzialausgleichsleiter miteinander verbunden. Die Montageplatte im Schaltschrank stellt aus Sicht der EMV den Sternpunkt für den HF-Potenzialausgleich dar. Folgende Hinweise sollten bei der Installation des Potenzialausgleiches im Feld eingehalten werden:

- Die Montageplatte dient als zentraler Anschlusspunkt für den HF-Potenzialausgleich und wird über ein HF-Masseband mit der PE-Schiene verbunden.
- Das Kabeltragsystem wird flächig mit dem Schaltschrank und über ein HF-Masseband mit der Montageplatte verbunden.
- Die einzelnen Elemente des Kabeltragsystems werden durchgehend über möglichst großflächige Verbindungen miteinander verbunden.
- Die einzelnen Komponenten im Feld werden über HF-Massebänder mit dem Kabeltragsystem verbunden.⁴⁹

⁴⁹ Vgl. SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 71.

Die folgende Abbildung zeigt einen beispielhaften Potenzialausgleich für mehrere Komponenten:



3853533579

- [1] Schaltschrank mit PE-Schiene
- [2] Verbindung zwischen Montageplatte und PE-Schiene
- [3] HF-tauglicher Anschluss des Kabelkanals an die PE-Schiene
- [4] Großflächige Verbindung zwischen den Kabelkanälen
- [5] Abzweigung mit großflächigen Winkeln
- [6] Kabelkanal aus Blech
- [7] HF-tauglicher Potenzialausgleich des Getriebemotors an den Kabelkanal
- [8] HF-tauglicher Potenzialausgleich des MOVIFIT®-Geräts an den Kabelkanal

Abb. 49: Beispielhafter Potenzialausgleich von mehreren Komponenten, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 71.

Antriebe mit Aufsteckgetriebe werden mechanisch nur über die Welle mit der Anlage verbunden. Dabei bilden die Lager des Getriebes nur einen unzureichenden Potenzialausgleich. Da in diesem Fall der HF-Potenzialausgleich unzureichend ist, fließen die Ableitströme vom Motor teilweise über die Bremsleitung zurück zum Frequenzumrichter im Schaltschrank. Durch diese Ableitströme wird die Elektronik im Bremsgleichrichter beschädigt, was wiederum zu einer früheren Alterung bis hin zum Ausfall des Bremsgleichrichters führen kann. Des Weiteren ist bei Hub- und Drehwerken der Potenzialausgleich des mobilen Antriebs nicht immer HF-tauglich. Auch hier kann es zu einer frühzeitigen Alterung bis hin zum Ausfall des Bremsgleichrichters kommen. Deshalb ist bei Aufsteckgetrieben, Hub- und Drehwerken ein HF-Masseband zwischen Motor und Kabeltragsystem besonders wichtig.⁵⁰

Wie bereits beschrieben, sollten die Verbindungen idealerweise mittels HF-Massebändern ausgeführt werden. Folgende Grafik zeigt weitere Möglichkeiten und Vorgaben, womit der Potenzialausgleich realisiert werden kann:

⁵⁰ Vgl. SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 72.

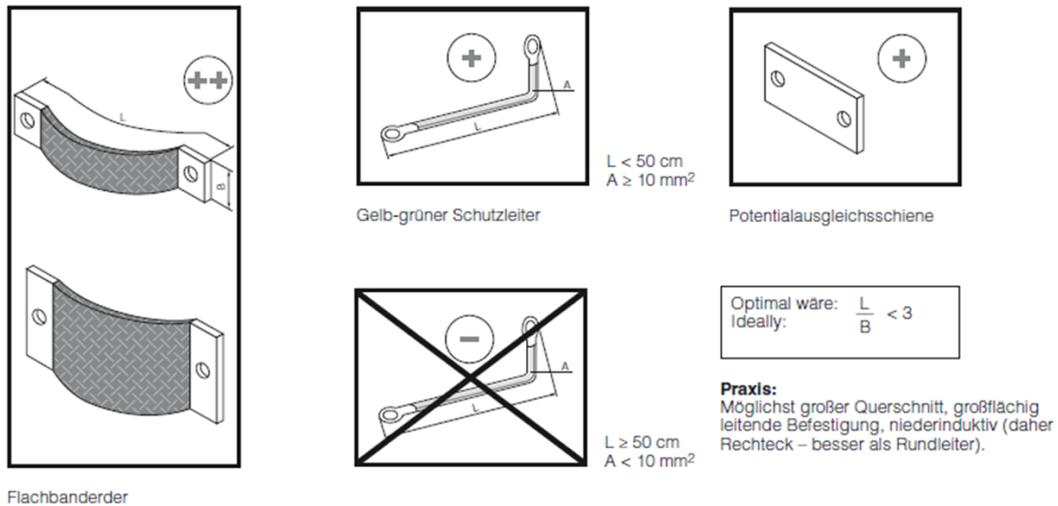


Abb. 50: Möglichkeiten zur Herstellung des HF-Potenzialausgleichs, Quelle: RITTAL GmbH & Co. KG (2013), Online-Quelle [12.10.2018], S. 7.

Bei Anwendungen, welche sich auf einer Schiene bewegen, sollte für einen HF-Potenzialausgleich eine Ableitbürste eingesetzt werden. Diese Ableitbürste wird seitlich an der Fahrschiene befestigt.

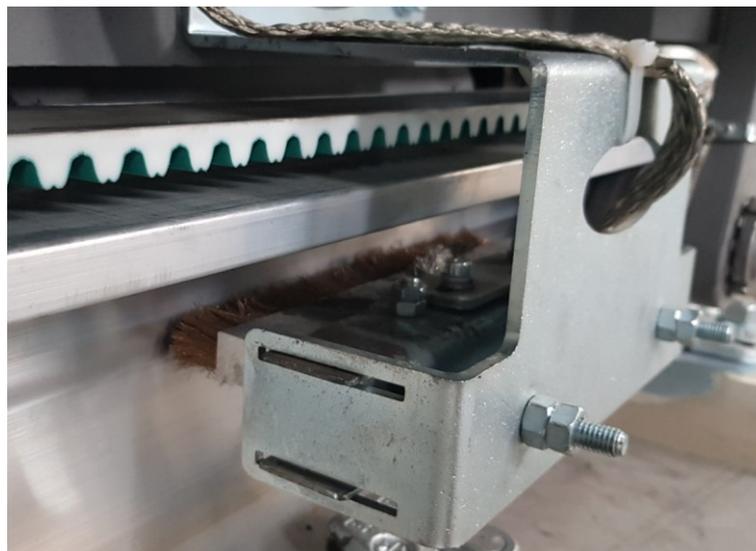


Abb. 51: Ableitbürste seitlich an der Fahrschiene eines RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

5.7.5 Kabel und Leitungen

In den meisten Fällen erfolgt eine Kopplung bei Automatisierungsanlagen zwischen Störquelle und Störsenke über die angeschlossenen Kabel und Leitungen. Darum spielen die Auswahl geeigneter Kabel und Leitungen sowie die Kabelverlegung und das Kabeltragsystem eine zentrale Rolle zur Vermeidung von EMV-Phänomenen. Wenn möglich, sollten vorkonfektionierte Kabel und Leitungen für die jeweiligen Anwendungen, z. B. Geberleitung vom Frequenzumrichter zum Motor, verwendet werden.

Im ersten Schritt werden die Kabel und Leitungen in Leitungsgruppen eingeteilt, welche wiederum aus vier Gruppen bestehen. Dabei werden die Kabel und Leitungen in Abhängigkeit der zu transportierenden

Signale in diese Gruppen eingeteilt. Folgende Tabelle beschreibt diese Gruppen, inklusive der Empfindlichkeit und Beispiele.⁵¹

Leitungsgruppe	Empfindlichkeit	Beispiele
Gruppe 1	Sehr empfindlich	Geberleitungen, Analogsensorleitungen, Messleitungen, Buskabel
Gruppe 2	Empfindlich	Signalleitungen (24 V), Versorgungsleitungen (24 V)
Gruppe 3	Störer	Steuerleitungen induktiver Lasten (Schütze, Bremsen, Relais), entstörte Leistungskabel, Netzzuleitungen
Gruppe 4	Starke Störer	Leistungskreise, geschaltete Leistungskabel (induktive Lasten), getaktete Leistungskabel (Frequenzumrichter)

Tab. 19: Leitungsgruppen für die Verlegung von Kabeln und Leitungen, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 61.

Mit der Einteilung der Gruppen lassen sich in weiterer Folge Regeln für die Auswahl der Kabel und Leitungen definieren. Die folgende Tabelle zeigt, welche Kabel und Leitungen für die jeweilige Gruppe gewählt werden sollten und welche Gruppen getrennt verlegt werden sollten.

Leitungsgruppe	Im Schaltschrank	Im Feld
Gruppe 1	Geschirmte, niederkapazitive Kabel und Leitungen, möglichst ohne Unterbrechung bis zum Gerät mit Abstand zu den Gruppen 3 und 4	
Gruppe 2	Ungeschirmte Kabel und Leitungen getrennt von den Gruppen 3 und 4	Kabel und Leitungen getrennt von den Gruppen 3 und 4
Gruppe 3	Ungeschirmte Kabel und Leitungen getrennt von den Gruppen 1 und 2	Kabel und Leitungen getrennt von den Gruppen 1 und 2
Gruppe 4	Geschirmte oder gefilterte Kabel und Leitungen getrennt von den Gruppen 1 und 2	

Tab. 20: Regel zur Auswahl von Kabeln und Leitungen, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 61 (leicht modifiziert).

Im Schaltschrank sollte die Verlegung von Kabeln und Leitungen der Gruppen 1 und 2 sowie der Gruppen 3 und 4 getrennt ausgeführt werden. Wo dies nicht möglich ist, sollte die parallele Verlegung der Gruppen auf ein Minimum reduziert werden und die Kreuzung dieser Leitungsgruppen sollte in einem Winkel von 90° erfolgen. Bremswiderstandsleitungen sollten ebenfalls durchgängig und geschirmt vom Frequenzumrichter bis zum Bremswiderstand verlegt werden.

⁵¹ Vgl. SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 61.

5.7.5.1 Schirmung von Kabeln und Leitungen

Kabel und Leitungen mit einer Schirmung sollten möglichst durchgehend von einem zum anderen Gerät verlegt werden. Dabei sind die HerstellerInnenangaben hinsichtlich der Auflage der Schirmung zu beachten. Wo keine HerstellerInnenangaben hinsichtlich der Schirmauflage vorhanden sind, sollte der Schirm immer beidseitig aufgelegt werden, da in der Praxis meist induktive bzw. kapazitive Koppelmechanismen zusammen auftreten. Bei dieser Maßnahme werden sowohl nieder- als auch hochfrequente Störungen reduziert. Wo eine beidseitige Schirmauflage nicht möglich ist, sollte eine Seite des Schirms kapazitiv geerdet werden. Hier werden jedoch nur hochfrequente Störungen reduziert. Folgende Abbildung zeigt die einseitige Erdung und die kapazitive Erdung eines Leitungsschirmes. Die Angaben, welche auf der Abbildung zu sehen sind, sind lediglich Richtwerte und sind von System zu System unterschiedlich. Die hochfrequenten EMV-Störungen werden von der Kapazität abgeleitet und diese Kapazität wirkt für die Netzfrequenz hochohmig, was wiederum Ausgleichsströme über den Schirm verhindert.⁵²

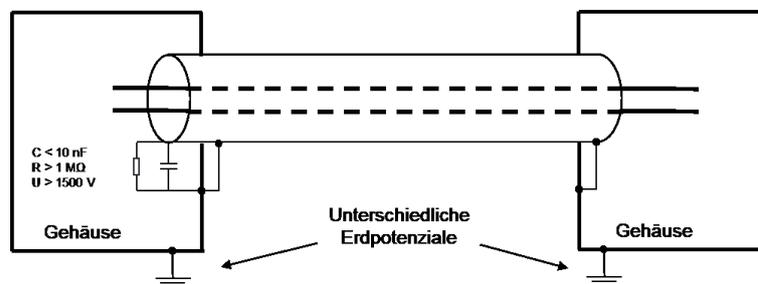


Abb. 52: Kapazitive Erdung eines Kabel- bzw. Leitungsschirmes, Quelle: Eigene Darstellung.

Geschirmte Kabel und Leitungen, welche mit Steckverbindern verlegt werden, sollten nur in getrennten Kabeltragsystemen verlegt werden. Generell sind Steckverbinder jedoch zu vermeiden, da eine unsachgemäße Konfektionierung von Steckverbindungen die Schirmwirkung zunichtemacht.

Folgende Hinweise sollten bei der Verlegung von langen geschirmten Kabeln und Leitungen beachtet werden:

- Mit steigender Leitungslänge sinkt die Schirmwirkung. Durch mehrmaliges Erden des Kabelschirmes in regelmäßigen Abständen kann die Schirmwirkung erheblich verbessert werden.
- Beim Einsatz von langen geschirmten Motorleitungen in Kombination mit einem Frequenzumrichter können die hohen Ableitströme erhebliche Störungen verursachen. In solchen Fällen sind anstelle von geschirmten Kabeln und Leitungen Ausgangsfilter oder Ferritkerne zu verwenden.⁵³

Das Schirmgeflecht sollte mit Hilfe von geeigneten EMV-Verschraubungen oder Erdungsschellen über den gesamten Umfang großflächig aufgelegt werden. Falls das Schirmgeflecht verdrillt oder über eine Drahtverbindung aufgelegt wird, wird die Schirmwirkung um bis zu 90 Prozent reduziert. Dieser Fehler wird in der Fachsprache auch als „Pigtail“ bezeichnet.

⁵² Vgl. Siemens AG (2014), Online-Quelle [16.10.2018], S. 15 – 16.

⁵³ Vgl. SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 66.

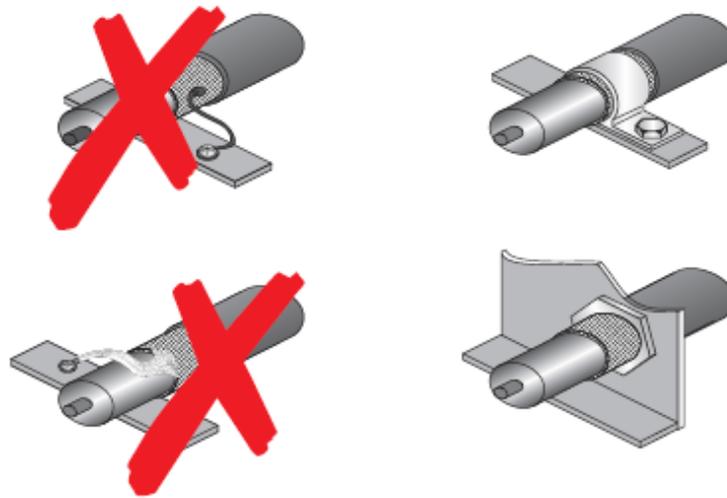


Abb. 53: : Falsche (links) und korrekte (rechts) Schirmauflage, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 67.

5.7.5.2 Kabelverlegung im Feld

Bei der Verlegung von Kabeln und Leitungen im Feld muss darauf geachtet werden, dass die Gruppen 1 und 2 sowie die Gruppen 3 und 4 in einem möglichst großen Abstand, jedoch nicht kleiner als 200 mm, voneinander verlegt werden. Grundsätzlich sollten die Gruppen 1 und 2 sowie die Gruppen 3 und 4 in getrennten Kabeltragsystemen verlegt werden. Wo dies nicht möglich ist, ist für die Trennung dieser Leitungsgruppen ein metallischer Trennsteg vorzusehen. Des Weiteren muss darauf geachtet werden, dass besonders störbehaftete Kabel und Leitungen an den Ecken der Kabeltragsysteme verlegt werden, da das Eckprofil die Abstrahlung der Leitung vermindert. Hin- und Rückleiter sollten immer gemeinsam verlegt werden und es sollten bei Kabeln und Leitungen keine Reserveschleifen vorgesehen werden.⁵⁴

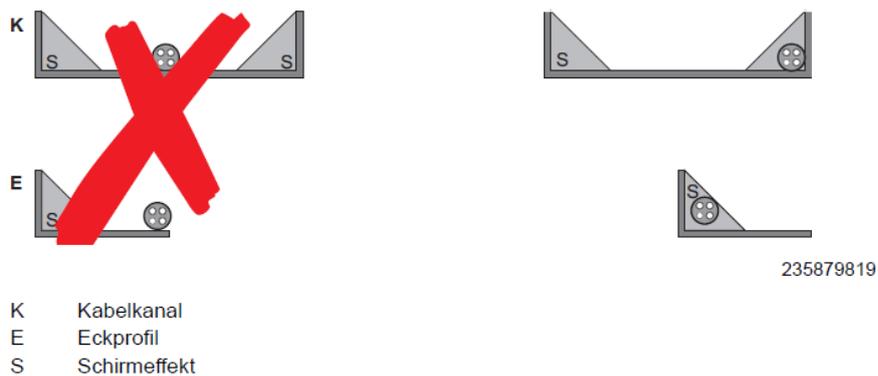


Abb. 54: Verlegung von Kabeln und Leitungen in Kabeltragsystemen, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 60.

⁵⁴ Vgl. SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 60.

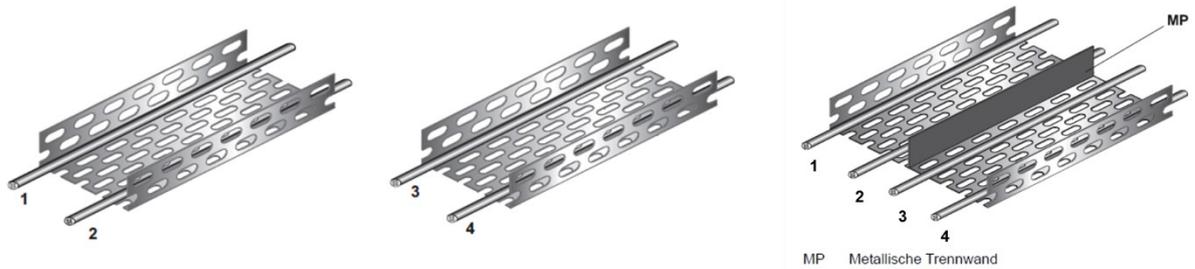


Abb. 55: Unterteilung der Leitungsgruppen in den Kabeltragsystemen, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 62 (leicht modifiziert).

Bei der Verlegung von Kabeln und Leitungen sollte auch darauf geachtet werden, dass diese so dicht wie möglich am Bezugspotenzial verlegt werden. Im Schaltschrank sollten die Kabel und Leitungen daher so nah wie möglich an der Montageplatte und im Feld so nah wie möglich am Kabeltragsystem oder an geerdeten Maschinenteilen verlegt werden. Freischwebende Kabel und Leitungen wirken als aktive oder passive Antenne, was aus EMV-technischer Sicht nicht ideal ist.⁵⁵

Wo Kabel und Leitungen der Gruppen 1 und 2 sowie der Gruppen 3 und 4 im Feld gekreuzt werden müssen, muss dies in einem Winkel von 90° geschehen. Des Weiteren müssen unbenutzte Leiter an beiden Enden geerdet werden.

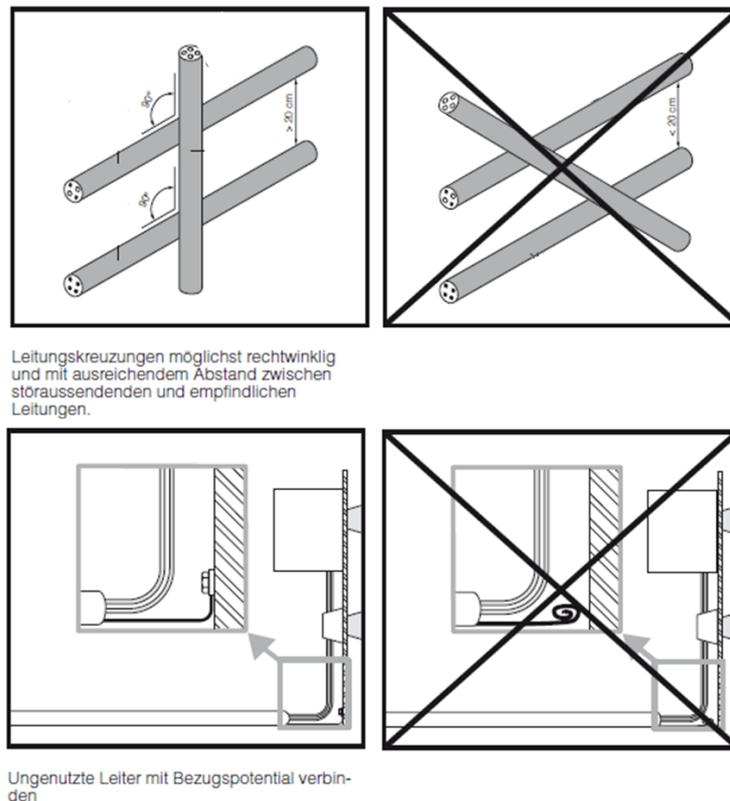


Abb. 56: Kreuzung von Kabeln/Leitungen und Erden von unbenutzten Leitern, Quelle: RITTAL GmbH & Co. KG (2013), Online-Quelle [12.10.2018], S. 30 (leicht modifiziert).

⁵⁵ Vgl. SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 60.

Bei der Verwendung von Schleppketten müssen geeignete Trennstege eingesetzt werden. Bei der Leitungsführung in Schleppketten ist darauf zu achten, dass die Gruppen 1 und 4 auf den beiden Außenkanten der Schleppkette installiert werden, um den größtmöglichen Abstand zu erhalten.

Hinsichtlich der Biegeradien und der Zugfestigkeit von Kabeln und Leitungen sind die HerstellerInnenangaben einzuhalten. Jede zusätzliche Belastung hat Einfluss auf Material, Leiterquerschnitt und Übertragungsqualität.

5.7.5.3 Kabeltragsystem im Feld

Aus EMV-technischer Sicht sind nur Kabeltragsysteme aus Metall geeignet. Je mehr und je größere Austrittsöffnungen das Kabeltragsystem aufweist, desto schlechter ist die Schirmwirkung. Ungeeignet sind Kabeltragsysteme aus Kunststoff, da diese keine Schirmwirkung aufweisen. Verbindungen zwischen einzelnen Elementen des Kabeltragsystems sollten möglichst großflächig erfolgen. Des Weiteren sollten alle Verbindungen metallisch blank erfolgen, danach kann die blanke Stelle durch einen Lack als Korrosionsschutz versiegelt werden.

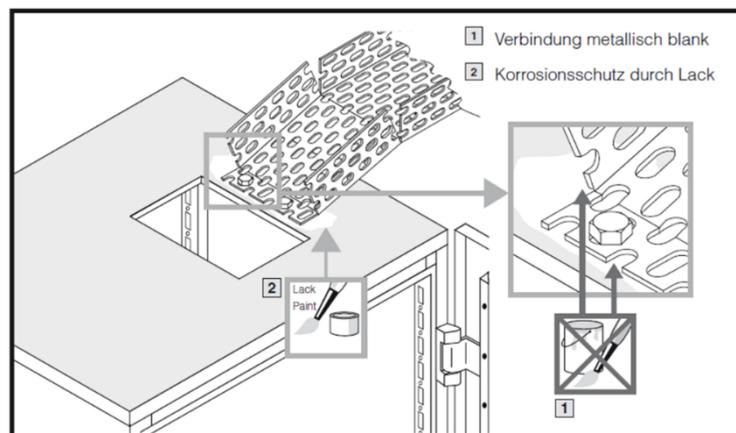


Abb. 57: Anschluss eines metallischen Kabeltragsystems an den Schaltschrank, Quelle: RITTAL GmbH & Co. KG (2013), Online-Quelle [12.10.2018], S. 10.

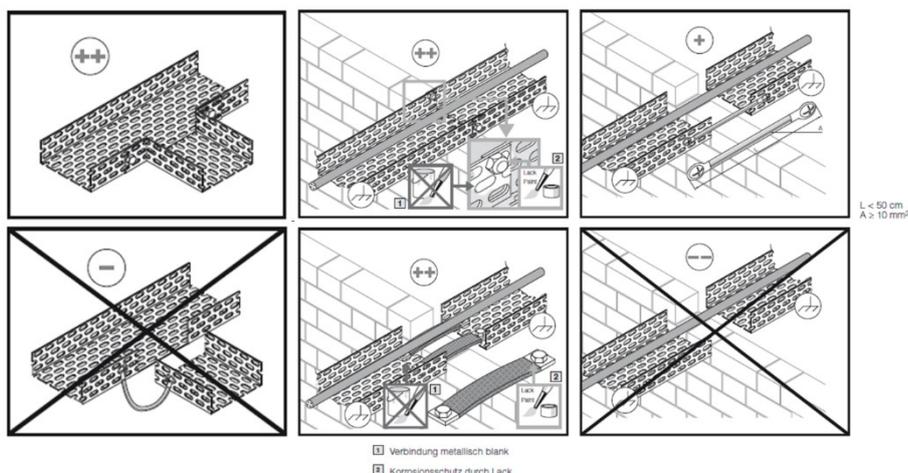


Abb. 58: Verbindungen einzelner Teile eines Kabeltragsystems, Quelle: RITTAL GmbH & Co. KG (2013), Online-Quelle [12.10.2018], S. 11 – 13 (leicht modifiziert).

6 BESCHREIBUNG DES DOKUMENTATIONSTOOLS

6.1 Allgemeine Informationen zum Dokumentationstool

Die Risikobeurteilung wird in zwei Teilen durchgeführt. Der allgemeine Teil der Risikobeurteilung wird in einem Word-Dokument durchgeführt. Die Risikobewertung und die Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung werden in einem Excel-Dokument durchgeführt. Nach Beendigung der gesamten Risikobeurteilung werden die Dokumente in einem PDF-Dokument zusammengeführt. Im Anhang 1 dieser Masterarbeit ist eine Risikobewertung und die Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnikanlage angefügt.

6.2 Aufbau des allgemeinen Teils auf Word-Basis

Der allgemeine Teil der Risikobeurteilung wird in einem Word-Dokument beschrieben. In Kapitel 5 wurde bereits das Konzept für die Risikobeurteilung beschrieben, woraus folgende Punkte im allgemeinen Teil der Risikobeurteilung enthalten sind:

- Allgemeine Informationen zur Risikobeurteilung
- Beschreibung der Anlage
- Festlegung der Grenzen der Anlage
- Risikobeurteilung
 - o Ablauf der Risikobeurteilung
 - o Risikoanalyse/Risikoeinschätzung
- Allgemeine Hinweise
- Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau

6.3 Aufbau der Risikobeurteilung auf Excel-Basis

Die Risikobewertung und die Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung werden in einem separaten Excel-Dokument durchgeführt. Auf den folgenden Seiten werden die einzelnen Elemente der Excel-Vorlage beschrieben. Die in Kapitel 5.5.3 und 5.5.4 beschriebenen Punkte werden im Excel-Dokument umgesetzt.

Auf der ersten Seite im Excel-Dokument werden die EMV-Umgebung, der/die ErstellerInnen, das Datum und der Änderungsindex eingetragen. Des Weiteren befinden sich auf der ersten Seite ein Abkürzungsverzeichnis und die Risikographen für die Störaussendung und die Störfestigkeit. Es werden die Risikographen aus den Abbildungen Abb. 37 und Abb. 38 verwendet. Folgende Tabelle beschreibt alle Abkürzungen, welche im Excel-Dokument verwendet werden:

Abkürzung	Beschreibung
GK	Galvanische Kopplung
IK	Induktive Kopplung
KK	Kapazitive Kopplung
SK	Strahlungskopplung
IB	Inbetriebnahme
B	Betrieb
IH	Instandhaltung
FS	Fehlersuche
S	Schadensausmaß/Funktionsfähigkeit
S _{E1}	Störung anderer Geräte
S _{E2}	Störung von Funkdiensten
S _{I1}	Funktionsstörung, selbstheilend
S _{I2}	Funktionsstörung, Benutzereingriff erforderlich
S _{I3}	Funktionsstörung, defekt
F	Dauer des EMV-Phänomens
F _{E1}	kurz, transient, selten
F _{E2}	häufig oder lang
F _{I1}	kurz/transient
F _{I2}	lang/kontinuierlich
P	Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines EMV-Phänomens
P _{E1}	unwahrscheinlich, gering/klein
P _{E2}	mittel/groß
P _{I1}	unwahrscheinlich, gering/klein
P _{I2}	mittel/groß
R	Risikoindex

Tab. 21: Verwendete Abkürzungen im Excel-Dokument, Quelle: Eigene Darstellung.

In den darauffolgenden Seiten wird jedes Risiko mittels folgenden Aufbaus bewertet:

Rx	< Titel des Risikos >			
Rx.1	< Beschreibung des Risikos >			
	Grundbewertung			
Anlagenteil:	< Anlagenteil >	Störungsart:		
Baugruppe/Gerät:	< Baugruppe/Gerät >	Störaussendung		
Produktgruppe/Typnummer:	< Produktgruppe/Typnummer >	Kopplungsart:		
Hersteller:	< Hersteller der Produktgruppe >	GK	IK	KK SK
Geeignet für EMV-Umgebung:	< EMV-Umgebung >	x	x	x x
Zone:	< Schaltschrank oder Feld >	Risikoeinschätzung Grundbewertung:		
Schnittstelle:	< Schnittstelle der Baugruppe >	S	F	P R
Art des EMV-Phänomens:	< Art des EMV-Phänomens >	SE1	FE2	PE2 5
Ursprung:	< Ursprung des EMV-Phänomens >	Lebensphasen:		
Folgen:	< Folgen durch das EMV-Phänomen >	IB	B	IH FS
Bemerkungen:	< Bemerkungen >	x	x	x x
Rx.1.1	Risikominderung			
Prinzip:	< Prinzip zur Risikominderung >	Risikoeinschätzung Endbewertung:		
Verantwortung:	< Verantwortliche Person/Personengruppe für die Risikominderung >	S	F	P R
Hersteller-/Normenverweis:	< Hersteller-/Normenverweis >	SE1	FE1	PE1 1
Maßnahmenbeschreibung:	< Maßnahmenbeschreibung der Risikominderung >			
Vorhersehbare Fehler:	< Vorhersehbare Fehler werden beschrieben >			
Bemerkungen:	< Bemerkungen >			

Abb. 59: Übersicht der Excel-Vorlage für die Bewertung eines EMV-Risikos, Quelle: Eigene Darstellung.

Jedes EMV-Risiko wird mit einer laufenden Nummer und einem Titel gekennzeichnet bzw. beschrieben. Beispielsweise könnte ein Risiko wie folgt bezeichnet werden:

R1	Risiko Erdungsanlage
----	----------------------

Abb. 60: Titel des EMV-Risikos Erdungsanlage, Quelle: Eigene Darstellung.

In der nächsten Ebene wird das EMV-Risiko beschrieben. Für das Risiko Erdungsanlage könnte die Beschreibung wie folgt aussehen:

R1	Risiko Erdungsanlage
R1.1	Die Erdungsanlage muss nach den gültigen EN Normen ausgeführt sein.

Abb. 61: Titel und Beschreibung des EMV-Risikos Erdungsanlage, Quelle: Eigene Darstellung.

Für das beschriebene EMV-Risiko wird im nächsten Schritt die Grundbewertung durchgeführt. In der Grundbewertung werden folgende Informationen eingetragen:

- Anlagenteil: Hier wird eingetragen, ob es sich um ein RBG oder eine PFT handelt.
- Baugruppe/Gerät: Hier wird die zu bewertende Baugruppe oder das zu bewertende Gerät eingetragen.
- Produktgruppe/Typnummer: Hier wird die Produktgruppe oder die Typnummer des zu bewertenden Gerätes eingetragen.
- HerstellerIn: Hier wird der/die HerstellerIn der Produktgruppe bzw. des Gerätes eingetragen.
- Geeignet für EMV-Umgebung: Hier wird die für das Produkt vorgesehene EMV-Umgebung eingetragen.
- Zone: Hier wird eingetragen, ob es sich um den Einbauort Schaltschrank oder um den Einbauort im Feld handelt.
- Schnittstelle: Hier wird die zu bewertende Schnittstelle der Produktgruppe bewertet.
- Art des EMV-Phänomens: Hier wird die Art des EMV-Phänomens beschrieben.
- Ursprung: Hier wird der Ursprung des EMV-Phänomens eingetragen.

Beschreibung des Dokumentationstools

- Folgen: Hier werden die Folgen des EMV-Phänomens eingetragen.
- Bemerkungen: Hier können etwaige Bemerkungen eingetragen werden.

Des Weiteren wird in der Grundbewertung definiert, ob das Risiko hinsichtlich Störaussendung oder Störfestigkeit bewertet wird. Für jedes Risiko werden in der Grundbewertung die Koppelmechanismen betrachtet. Anschließend wird die eigentliche Grundbewertung des Risikos mit Hilfe des geeigneten Risikographen durchgeführt. Im letzten Punkt der Grundbewertung werden die Lebensphasen definiert, in denen das EMV-Risiko auftreten kann. Für das Risiko Erdungsanlage könnte die Grundbewertung wie folgt aussehen:

Grundbewertung					
Anlagenteil:	Miniload-Regalbediengerät	Störungsart:			
Baugruppe/Gerät:	Erdung	Störaussendung			
Produktgruppe/Typnummer:	-	Kopplungsart:			
Hersteller:	Kunde	GK	IK	KK	SK
Geeignet für EMV-Umgebung:	Industriebereich	x	x	x	x
Zone:	Feld	Risikoeinschätzung Grundbewertung:			
Schnittstelle:	Funktionserde	S	F	P	R
Art des EMV-Phänomens:	Ableitströme können nicht gegen Erde abgeleitet werden.	SE1	FE2	PE2	5
Ursprung:	Umgebung	Lebensphasen:			
Folgen:	Unkontrollierte Zustände der Anlage.	IB	B	IH	FS
Bemerkung:	Anlage wird ohne fachgerechte Erdungsanlage betrachtet.	x	x	x	x

Abb. 62: Grundbewertung des EMV-Risikos Erdungsanlage, Quelle: Eigene Darstellung.

Auf Basis der Grundbewertung kann die Risikominderung für das EMV-Risiko durchgeführt werden. Dabei können auch mehrere Risikominderungen beschrieben werden. In der Risikominderung werden folgende Punkte eingetragen:

- Prinzip: Hier wird das Prinzip zur Risikominderung eingetragen.
- Verantwortung: Hier wird die verantwortliche Person/Personengruppe für die Maßnahme zur Risikominderung eingetragen.
- HerstellerInnen-/Normenverweis: Hier wird auf HerstellerInnen- bzw. Normenverweise oder auf Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau hingewiesen.
- Maßnahmenbeschreibung: Hier wird die Maßnahme für die Risikominderung beschrieben.
- Vorhersehbare Fehler: Hier wird auf mögliche vorhersehbare Fehler hingewiesen.
- Bemerkungen: Hier können etwaige Bemerkungen eingetragen werden.

Anschließend wird die Endbewertung des Risikos mit Hilfe des geeigneten Risikographen durchgeführt. Für das Risiko Erdungsanlage könnte eine Risikominderung wie folgt aussehen:

R1.1.1	Risikominderung				
Prinzip:	Konstruktive Maßnahme	Risikoeinschätzung Endbewertung:			
Verantwortung:	Elektroplaner, Kunde	S	F	P	R
Hersteller-/Normenverweis:	Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau, Erdungskonzept	SE1	FE1	PE1	1
Maßnahmenbeschreibung:	Die Erdungsanlage wird nach den gültigen EN Normen ausgeführt und dokumentiert.				
Vorhersehbare Fehler:	Die Erdungsanlage wird nicht fachgerecht ausgeführt. Eine Besichtigung der Erdungsanlage ist erforderlich.				
Bemerkungen:	-				

Abb. 63: Risikominderung des EMV-Risikos Erdungsanlage, Quelle: Eigene Darstellung.

Eine gesamte Risikobewertung sowie Maßnahmen zur Risikominderung für das Risiko Erdungsanlage könnten wie folgt aussehen:

Beschreibung des Dokumentationstools

R1		Risiko Erdungsanlage			
R1.1	Die Erdungsanlage muss nach den gültigen EN Normen ausgeführt sein.				
		Grundbewertung			
Anlagenteil:	Miniload-Regalbediengerät	Störungsart:			
Baugruppe/Gerät:	Erdung	Störaussendung			
Produktgruppe/Typnummer:	-	Kopplungsart:			
Hersteller:	Kunde	GK	IK	KK	SK
Geeignet für EMV-Umgebung:	Industriebereich	x	x	x	x
Zone:	Feld	Risikoinschätzung Grundbewertung:			
Schnittstelle:	Funktionserde	S	F	P	R
Art des EMV-Phänomens:	Ableitströme können nicht gegen Erde abgeleitet werden.	SE1	FE2	PE2	5
Ursprung:	Umgebung	Lebensphasen:			
Folgen:	Unkontrollierte Zustände der Anlage.	IB	B	IH	FS
Bemerkung:	Anlage wird ohne fachgerechte Erdungsanlage betrachtet.	x	x	x	x
R1.1.1	Risikominderung				
Prinzip:	Konstruktive Maßnahme	Risikoinschätzung Endbewertung:			
Verantwortung:	Elektroplaner, Kunde	S	F	P	R
Hersteller-/Normenverweis:	Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau, Erdungskonzept	SE1	FE1	PE1	1
Maßnahmenbeschreibung:	Die Erdungsanlage wird nach den gültigen EN Normen ausgeführt und dokumentiert.				
Vorhersehbare Fehler:	Die Erdungsanlage wird nicht fachgerecht ausgeführt. Eine Besichtigung der Erdungsanlage ist erforderlich.				
Bemerkungen:	-				

Abb. 64: Risikobewertung und Maßnahmen zur Risikominderung für das EMV-Risiko Erdungsanlage, Quelle: Eigene Darstellung.

7 MESSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG VON EMV-BEREICHEN LOGISTISCHER INDUSTRIEANLAGEN

7.1 EMV-Messungen an logistischen Industrieanlagen

Dieser Teil der Masterarbeit beschäftigt sich mit der empirischen Überprüfung der Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau einer logistischen Industrieanlage. Zur Verifikation der Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau einer logistischen Industrieanlage werden erste EMV-Messungen an einer Testanlage durchgeführt. Dabei werden EMV-Messungen hinsichtlich Störaussendung an einem AKL-RBG und einer PFT durchgeführt. Um die Wirksamkeit der Regeln nachzuweisen, werden Referenzmessungen an einem AKL-RBG und an einer PFT durchgeführt, welche EMV-technisch in Ordnung sind, und anschließend Manipulationen vorgenommen, um die Auswirkungen messtechnisch nachzuweisen.

Wie bereits beschrieben, handelt es sich bei den EMV-Messungen um eine erste messtechnische Betrachtung, welche die Wirksamkeit der Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau bestätigen soll. Für den Fall, dass einige EMV-Messungen nicht den erwarteten Effekt zeigen, müssen weitere umfangreichere EMV-Messungen durchgeführt werden, bevor diese Ergebnisse in der Praxis umgesetzt werden.

Die EMV-Messungen hinsichtlich Störaussendung wurden mittels eines FSL Spektrumanalysators der Firma Rohde&Schwarz, einer Messleitung mit 0 dB Dämpfung und einer EMV-Antenne BicoLOG 30100 der Firma Aariona für den Frequenzbereich von 30 MHz bis 1 GHz durchgeführt. Die folgende Abbildung zeigt den Aufbau der EMV-Messungen:

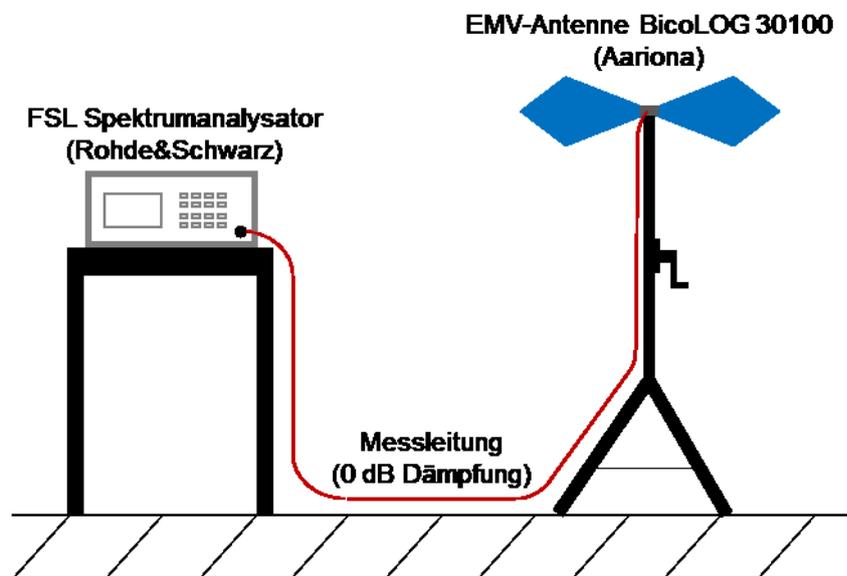


Abb. 65: Messaufbau für die Durchführung der EMV-Messungen hinsichtlich Störaussendung, Quelle: Eigene Darstellung.

Die EMV-Messungen werden in Anlehnung an die Norm EN 61000-6-4, welche sich mit der Störaussendung für Industriebereiche befasst, durchgeführt. Die EMV-Messungen werden für einen Freifeldmessplatz für einen Frequenzbereich von 30 MHz bis 230 MHz und 230 MHz bis 1 GHz durchgeführt. Die Aufzeichnungen wurden mit der „max. Hold“-Funktion erstellt. Hier werden alle maximalen Werte über einen definierten Zeitraum vom Spektrumanalysator aufgezeichnet. Aufgrund der

Tatsache, dass es sich bei den EMV-Messungen um Referenzmessungen handelt, werden Messentfernungen und Grenzwerte nicht berücksichtigt. Die genaue Anordnung der EMV-Antenne wird in den folgenden Unterkapiteln beschrieben.

7.2 EMV-Messungen an einem Automatischen-Kleinteilelager Regalbediengerät

Der Messaufbau, wie in Abb. 65 ersichtlich, wird einen Meter vor dem mitfahrenden Schaltschrank des AKL-RBG aufgebaut. Für die Referenzmessungen wird eine Messung im Idealzustand durchgeführt und diese dann mit Messungen, an denen Manipulationen vorgenommen werden, verglichen. Für die Referenzmessungen wird der Hubantrieb des AKL-RBG auf und ab bewegt. Auf Basis dieser Bewegung des Hubantriebs können die Störaussendungen des Frequenzumrichters für den Hubantrieb mit dem Spektrumanalysator aufgezeichnet werden. Folgende Messungen konnten aufgrund von konstruktiven Änderungen am AKL-RBG durchgeführt werden:

Nr.	Beschreibung	Zusatzinformation
1	Messung im Idealzustand vor dem mitfahrenden Schaltschrank	Mit geschlossener Schaltschranktür
2	Messung im Idealzustand vor dem mitfahrenden Schaltschrank	Mit geöffneter Schaltschranktür
3	Messung mit zusätzlichem Potenzialausgleich, ohne HF-Masseband bei Schaltschranktür	Mit geschlossener Schaltschranktür
4	Messung ohne zusätzlichen Potenzialausgleich	Mit geschlossener Schaltschranktür
5	Messung ohne HF-Masseband, im stationären Schaltschrank abgeklemmt	Mit geschlossener Schaltschranktür
6	Messung ohne HF-Masseband zur Ableitbürste	Mit geschlossener Schaltschranktür
7	Messung ohne Schirmauflage der Hubantriebsleitung beim Eintritt zum mitfahrenden Schaltschrank	Mit geschlossener Schaltschranktür
8	Messung ohne zusätzlichen Potenzialausgleich	Mit geöffneter Schaltschranktür
9	Messung ohne HF-Masseband, im stationären Schaltschrank abgeklemmt	Mit geöffneter Schaltschranktür
10	Messung ohne HF-Masseband zur Ableitbürste	Mit geöffneter Schaltschranktür
11	Messung ohne Schirmauflage der Hubantriebsleitung beim Eintritt zum mitfahrenden Schaltschrank	Mit geöffneter Schaltschranktür

Tab. 22: Übersicht der EMV-Messungen an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

Die einzelnen EMV-Messungen sind in Anhang 2 ersichtlich.

7.2.1 Übersicht und Interpretation der Messergebnisse

In diesem Kapitel werden folgende Messungen miteinander verglichen und interpretiert.

Gegenüberstellung Nr.	EMV-Messung Nr.	EMV-Messung Nr.
1	EMV-Messung Nr. 1	EMV-Messung Nr. 2
2	EMV-Messung Nr. 1	EMV-Messung Nr. 3
3	EMV-Messung Nr. 1	EMV-Messung Nr. 4
4	EMV-Messung Nr. 1	EMV-Messung Nr. 5
5	EMV-Messung Nr. 1	EMV-Messung Nr. 6
6	EMV-Messung Nr. 1	EMV-Messung Nr. 7

Tab. 23: Gegenüberstellung der EMV-Messungen an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

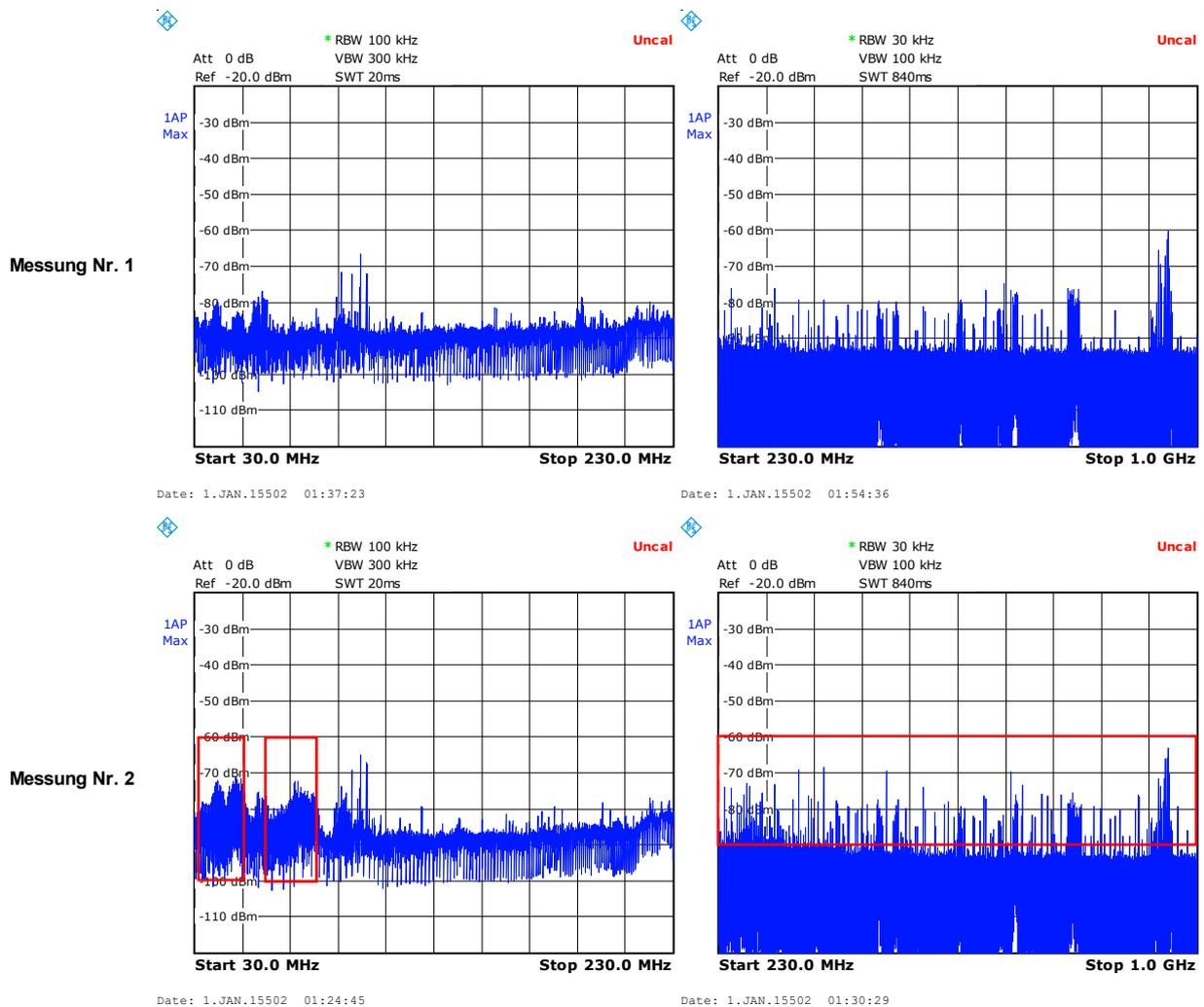


Abb. 66: Gegenüberstellung Nr. 1 der EMV-Messungen an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

Die Gegenüberstellung der Messung 1 und 2 hat ergeben, dass ein geschlossener Schaltschrank Störaussendungen an die Umgebung des Schaltschranks verringert. Im Frequenzbereich zwischen 32

bis 53 MHz und im Frequenzbereich zwischen 62 bis 82 MHz gab es Differenzen des Leistungspegels von mind. 6 dB, d.h. die Störaussendung hat sich in diesem Bereich mehr als vervierfacht. Auffallend ist auch, dass speziell bei höheren Frequenzen im Bereich zwischen 230 MHz bis 1 GHz der Leistungspegel größer als 6 dB ist. Diese Messung hat gezeigt, dass der Schaltschrank die Störaussendung von höheren Frequenzen im Bereich zwischen 230 MHz bis 1 GHz effektiv abschirmt.

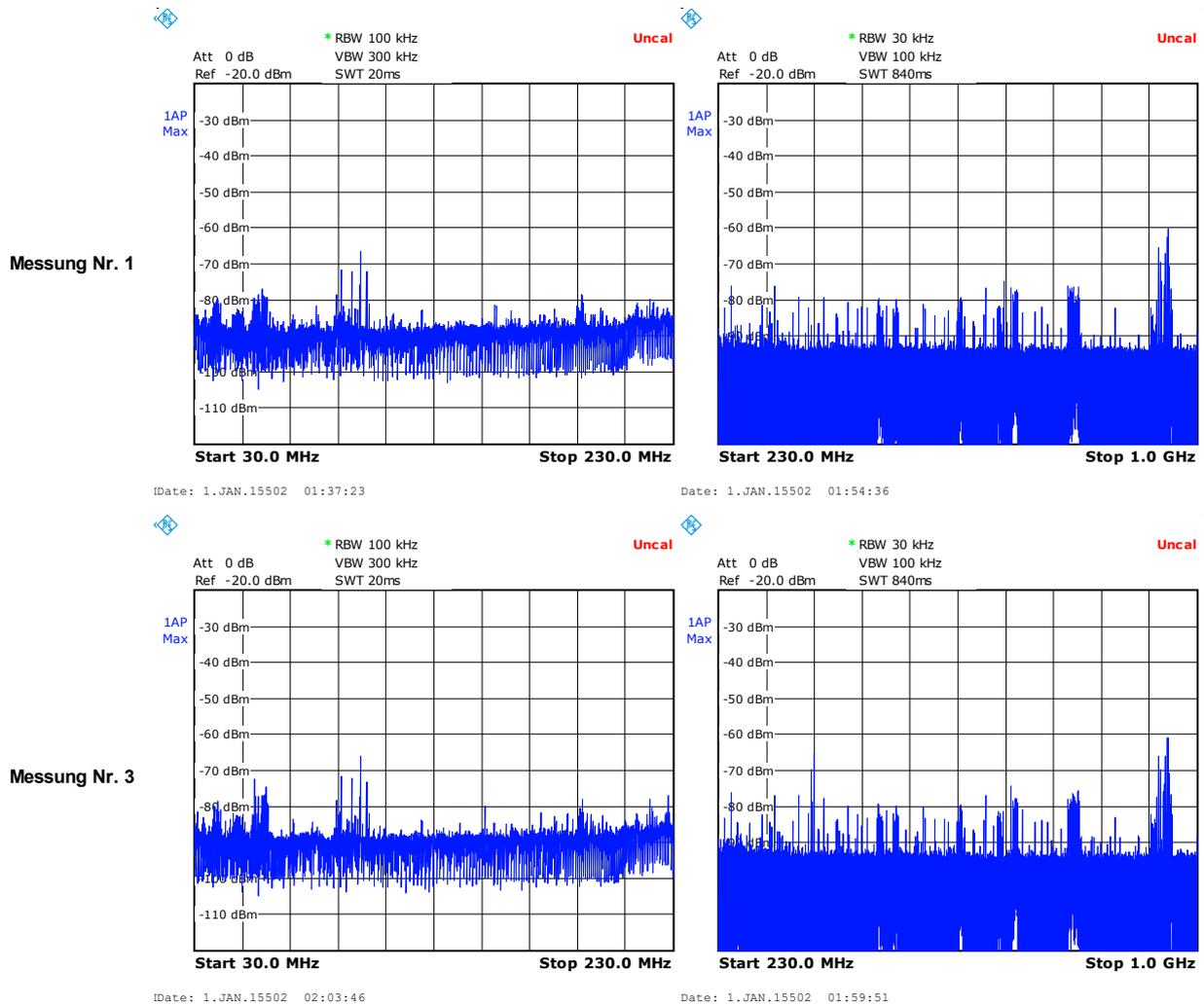


Abb. 67: Gegenüberstellung Nr. 2 der EMV-Messungen an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

Diese Messung hat gezeigt, dass das Abklemmen eines der zwei HF-Massebänder keine große Auswirkung auf die Störaussendung hat. Weder im Frequenzbereich zwischen 30 bis 230 MHz noch im Frequenzbereich zwischen 230 MHz bis 1 GHz hat sich der Leistungspegel nennenswert verändert.

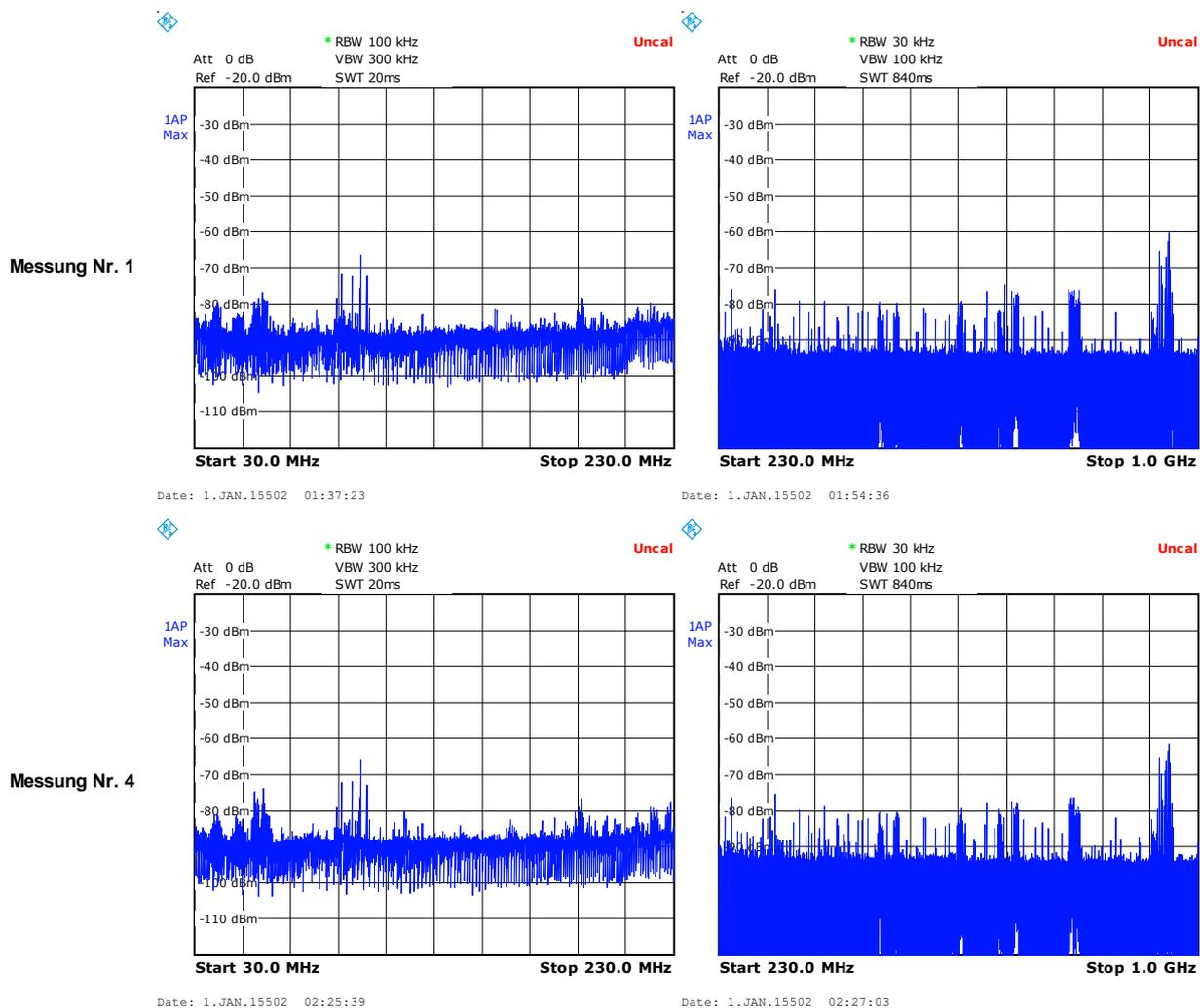


Abb. 68: Gegenüberstellung Nr. 3 der EMV-Messungen an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

Diese Messung hat gezeigt, dass das Abklemmen der zusätzlichen Potenzialausgleichsleitung am stationären Schaltschrank keine großen Auswirkungen auf die Störaussendung hat. Weder im Frequenzbereich zwischen 30 bis 230 MHz noch im Frequenzbereich zwischen 230 MHz bis 1 GHz hat sich der Leistungspegel nennenswert verändert.

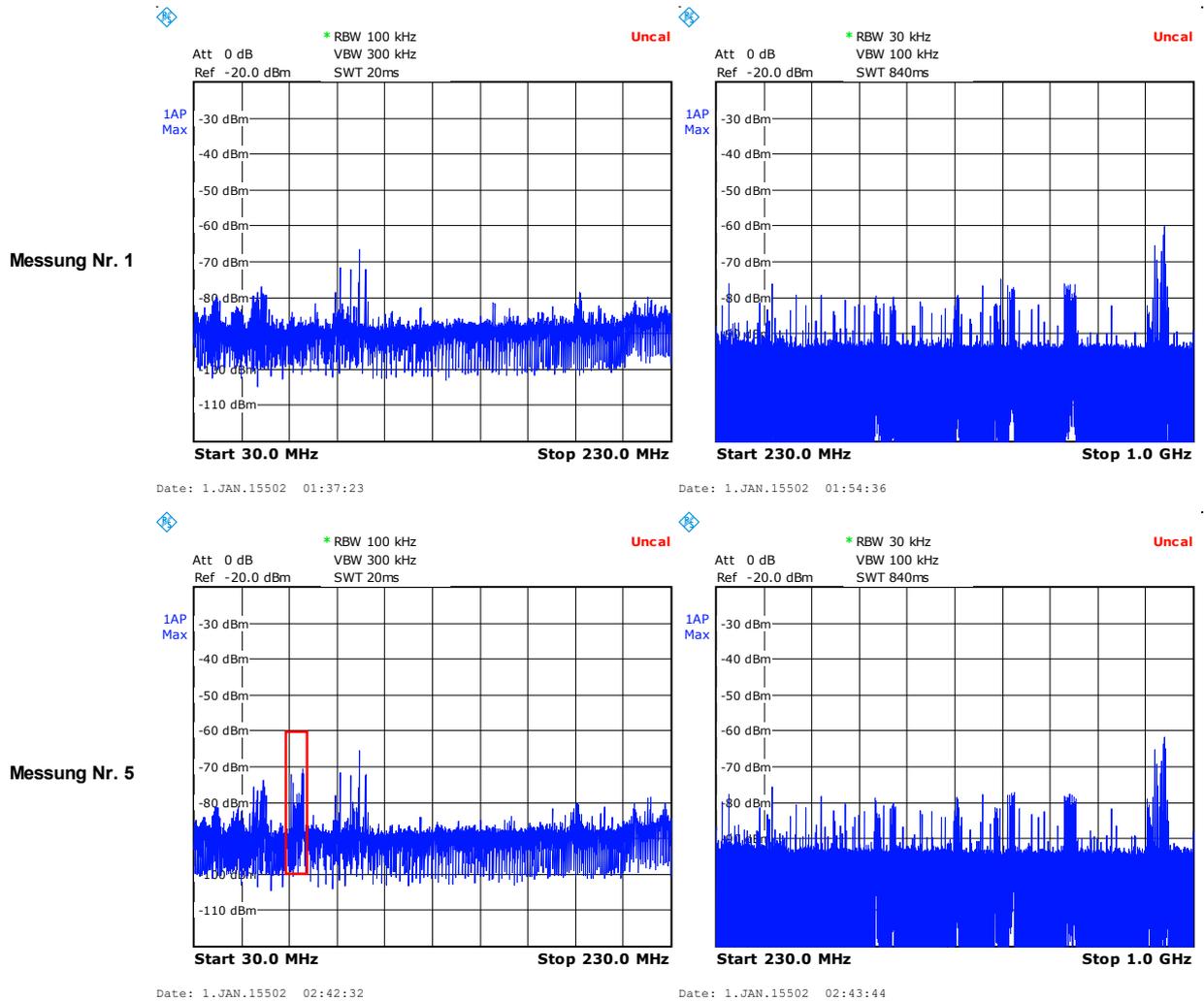


Abb. 69: Gegenüberstellung Nr. 4 der EMV-Messungen an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

Die Gegenüberstellung der Messungen 1 und 5 haben gezeigt, dass sich beim Abklemmen des HF-Massebandes im stationären RBG Schaltschrank die Störaussendung im Frequenzbereich zwischen 70 bis 76 MHz verschlechtert. Hier hat sich der Leistungspegel um mind. 6 dB verschlechtert. Im Frequenzbereich zwischen 230 MHz bis 1 GHz hat sich der Leistungspegel nicht nennenswert verändert.

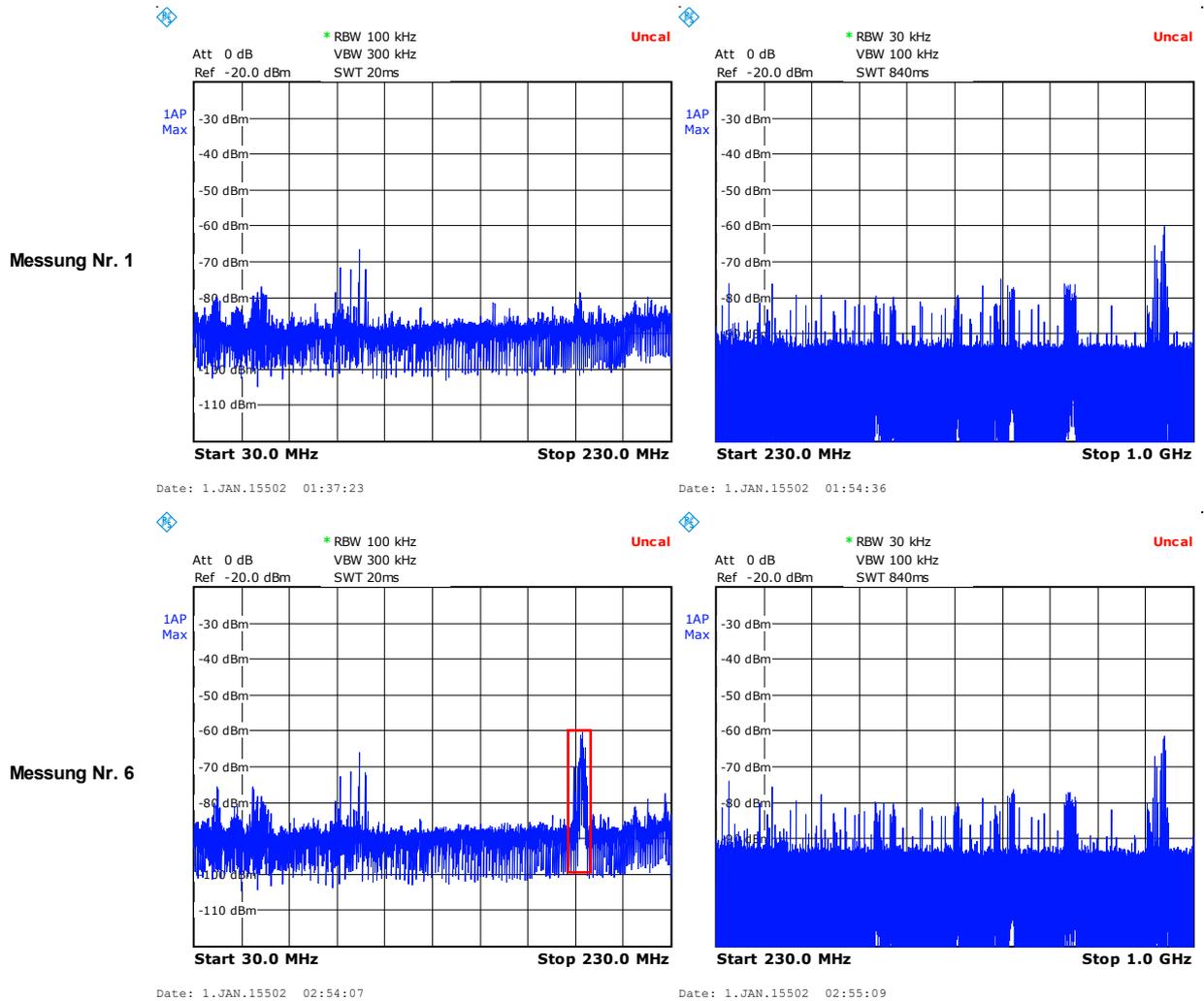


Abb. 70: Gegenüberstellung Nr. 5 der EMV-Messungen an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

Diese Messung hat gezeigt, dass das Abklemmen der Ableitbürste zur Fahrschiene keine großen Auswirkungen auf die Störaussendung hat. Weder im Frequenzbereich zwischen 30 bis 230 MHz noch im Frequenzbereich zwischen 230 MHz bis 1 GHz hat sich der Leistungspegel nennenswert verändert. Im Frequenzbereich von 190 bis 195 MHz handelt es sich bei dem Ausschlag um eine transiente Störung, welche durch den Einschaltvorgang des Frequenzumrichters entstanden ist.

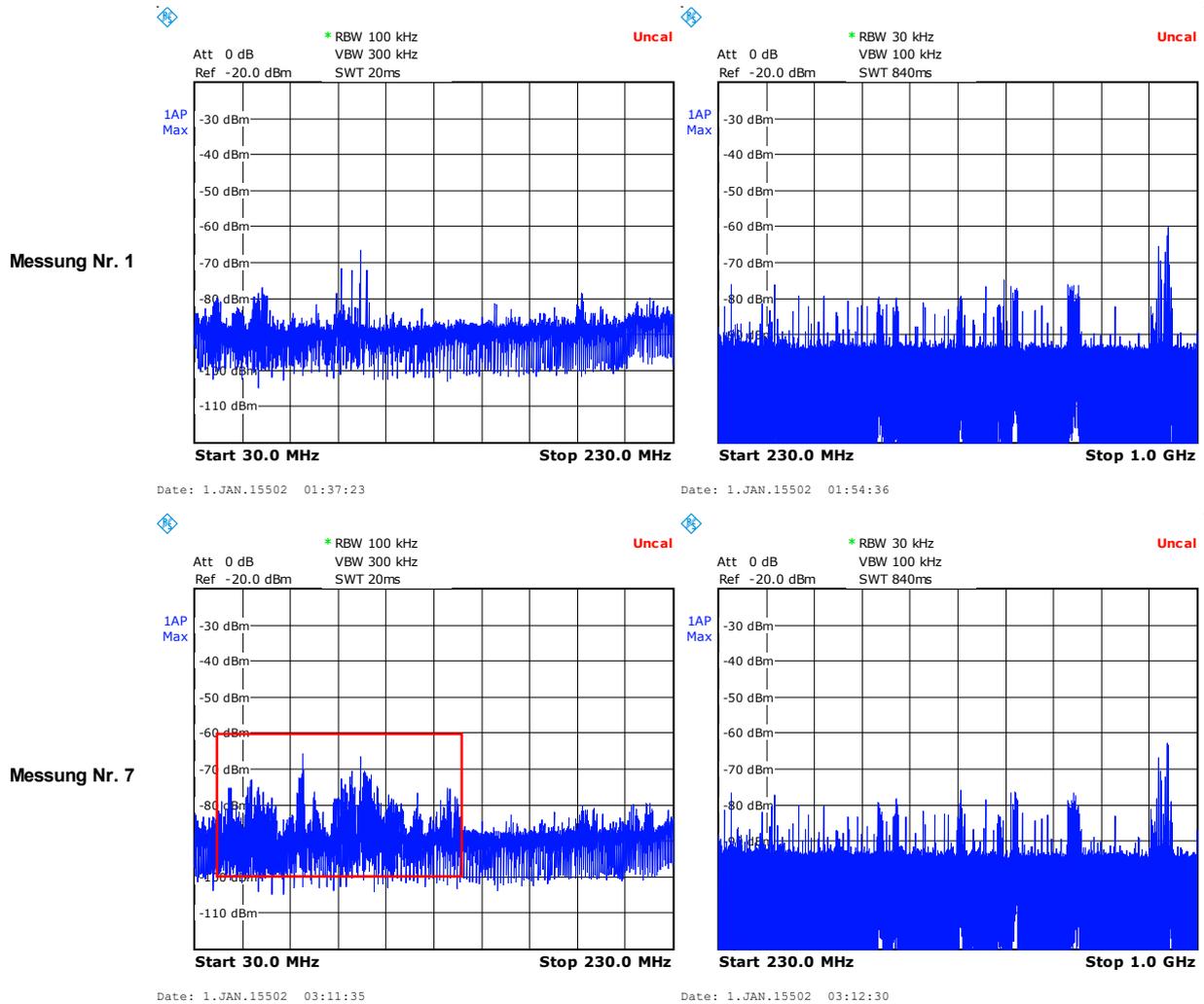


Abb. 71: Gegenüberstellung Nr. 6 der EMV-Messungen an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

Wie erwartet, hat sich die Störaussendung durch das Abklemmen der Schirmung des Leistungskabels vom Hubantrieb im Frequenzbereich zwischen 30 bis 230 MHz verschlechtert. Speziell im Frequenzbereich zwischen 40 bis 140 MHz hat sich der Leistungspegel um mind. 6 dB verschlechtert.

7.3 EMV-Messungen an einer Palettenfördertechnik

Der Messaufbau, wie in Abb. 65 ersichtlich, wird einen Meter vor dem Schaltschrank der PFT und einen Meter von einem Kettenumsetzer entfernt aufgebaut. Für die Referenzmessungen wird eine Messung im Idealzustand durchgeführt und diese dann mit Messungen, an denen Manipulationen vorgenommen werden, verglichen. Für die Referenzmessungen wird die gesamte PFT im Automatikmodus fünf Minuten im Kreis bewegt. Auf Basis dieser Bewegungen können die Störaussendungen am Schaltschrank und an einem Kettenumsetzer mit dem Spektrumanalysator aufgezeichnet werden. Folgende Messungen konnten aufgrund von konstruktiven Änderungen an der PFT durchgeführt werden:

Nr.	Beschreibung	Zusatzinformation
1	Messung im Idealzustand vor dem Schaltschrank	Mit geschlossener Schaltschranktür
2	Messung im Idealzustand vor dem Schaltschrank	Mit geöffneter Schaltschranktür
3	Messung mit zusätzlichem Potenzialausgleich, ohne HF-Masseband bei Schaltschranktür	Mit geschlossener Schaltschranktür
4	Messung an einem Kettenumsetzer mit zusätzlichem Potenzialausgleich	-
5	Messung an einem Kettenumsetzer ohne zusätzlichen Potenzialausgleich	-

Tab. 24: Übersicht der EMV-Messungen an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.

Die einzelnen EMV-Messungen sind in Anhang 3 ersichtlich.

7.3.1 Übersicht und Interpretation der Messergebnisse

In diesem Kapitel werden folgende Messungen miteinander verglichen und interpretiert.

Gegenüberstellung Nr.	EMV-Messung Nr.	EMV-Messung Nr.
1	EMV-Messung Nr. 1	EMV-Messung Nr. 2
2	EMV-Messung Nr. 1	EMV-Messung Nr. 3
3	EMV-Messung Nr. 4	EMV-Messung Nr. 5

Tab. 25: Gegenüberstellung der EMV-Messungen an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.

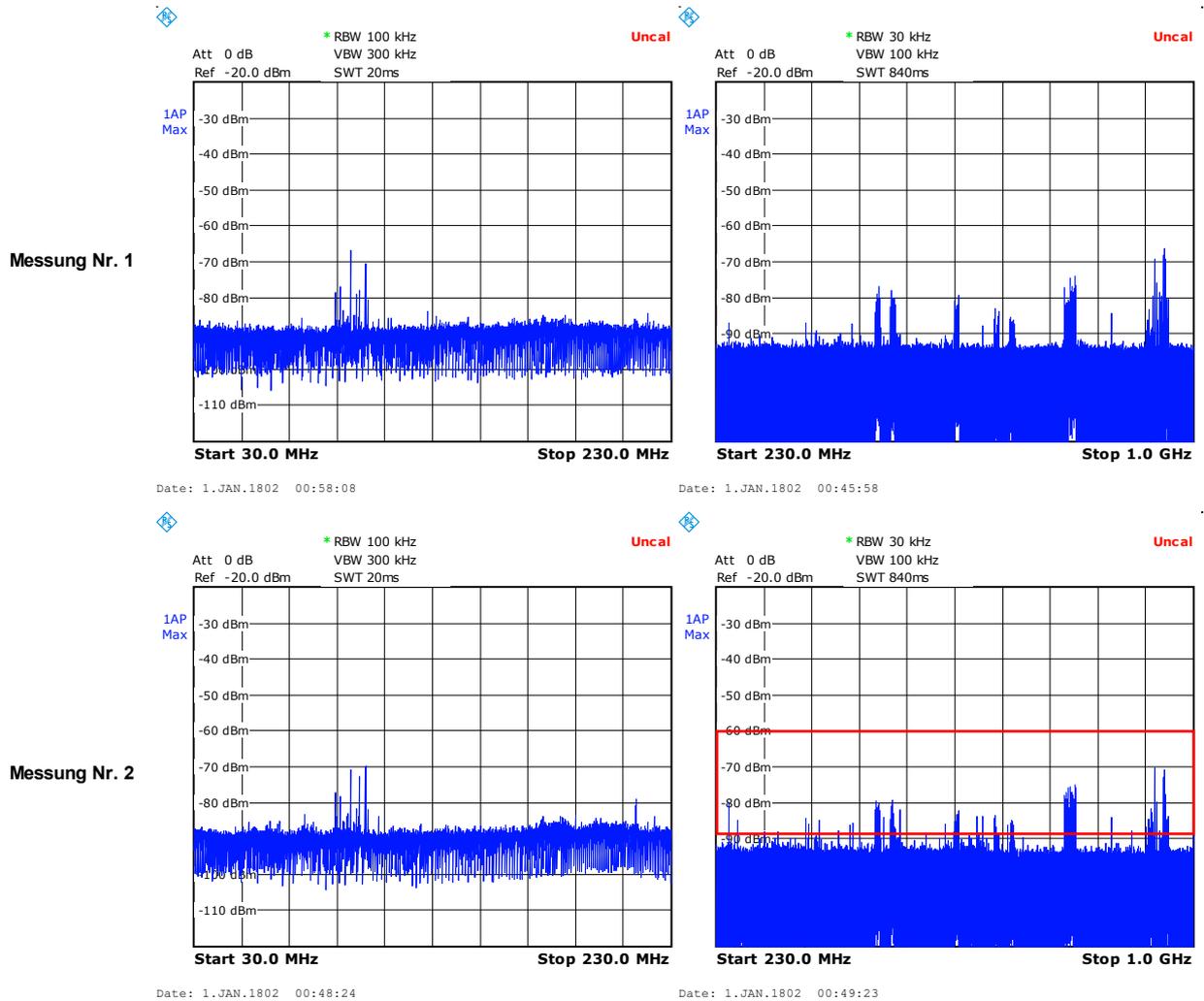


Abb. 72: Gegenüberstellung Nr. 1 der EMV-Messungen an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.

Die Gegenüberstellung der Messungen 1 und 2 hat ergeben, dass ein geschlossener Schaltschrank Störaussendungen an die Umgebung des Schaltschranks verringert. Im Frequenzbereich zwischen 30 bis 230 MHz hat sich der Leistungspegel nicht nennenswert verändert. Wie auch bei der Messung beim AKL-RBG ist es auffallend, dass speziell bei höheren Frequenzen im Frequenzbereich zwischen 230 MHz bis 1 GHz der Leistungspegel größer als 6 dB ist. Auch diese Messung hat gezeigt, dass der Schaltschrank die Störaussendung von höheren Frequenzen im Bereich zwischen 230 MHz bis 1 GHz effektiv abschirmt.

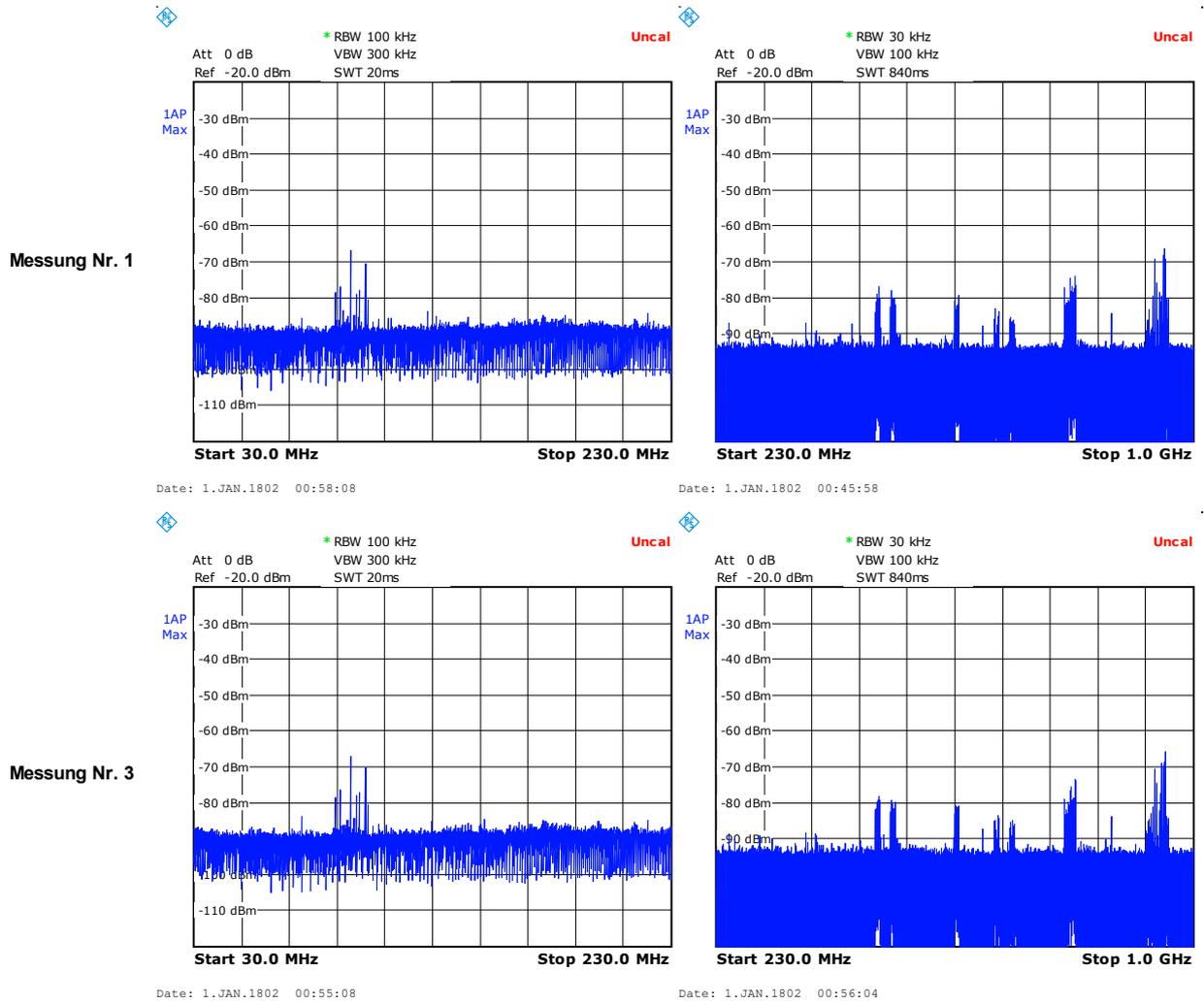


Abb. 73: Gegenüberstellung Nr. 2 der EMV-Messungen an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.

Wie bereits bei der Messung am AKL-RBG hat auch diese Messung gezeigt, dass das Abklemmen eines der zwei HF-Massebänder keine große Auswirkung auf die Störaussendung hat. Weder im Frequenzbereich zwischen 30 bis 230 MHz noch im Frequenzbereich zwischen 230 MHz bis 1 GHz hat sich der Leistungspegel nennenswert verändert.

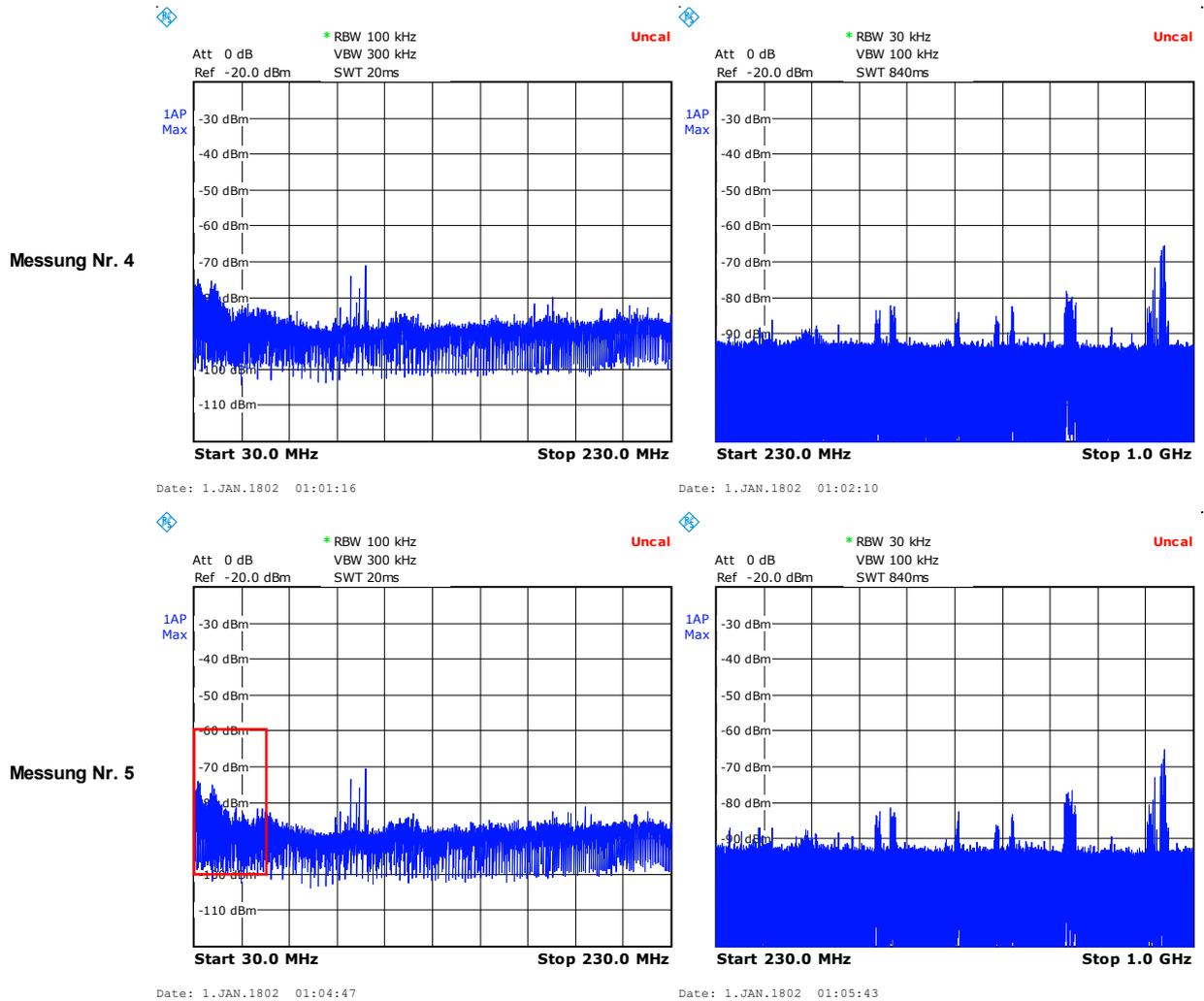


Abb. 74: Gegenüberstellung Nr. 3 der EMV-Messungen an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.

Diese Messung hat gezeigt, dass im Bereich der Kettenumsetzer, wo sich die Asynchron-Drehstrommotoren inkl. Frequenzumrichter befinden, die Störaussendung im Frequenzbereich zwischen 30 bis 60 MHz ansteigt. Das Abklemmen des zusätzlichen Potenzialausgleichs hat dabei keine wesentliche Veränderung hinsichtlich der Störaussendung gebracht. Im Frequenzbereich zwischen 230 MHz bis 1 GHz hat sich der Leistungspegel nicht nennenswert verändert.

8 ERGEBNISSE UND AUSBLICK

8.1 Zusammenfassung

Die Recherchen für diese Masterarbeit haben ergeben, dass auch für eine ortsfeste logistische Industrieanlage eine Risikobeurteilung nach EMV-Richtlinie 2014/30/EU durchgeführt werden muss. Auf Basis der im Literaturteil beschriebenen Informationen konnte ein Konzept für eine Risikobeurteilung einer ortsfesten logistischen Industrieanlage erstellt werden. Das Konzept wurde auf Basis der EN ISO 12100 aufgebaut. Diese Norm beschäftigt sich mit einer Risikobeurteilung nach der Maschinenrichtlinie 2006/42/EG. Der erarbeitete übergeordnete Ablauf der Risikobeurteilung nach der EMV-Richtlinie sieht dabei wie folgt aus:

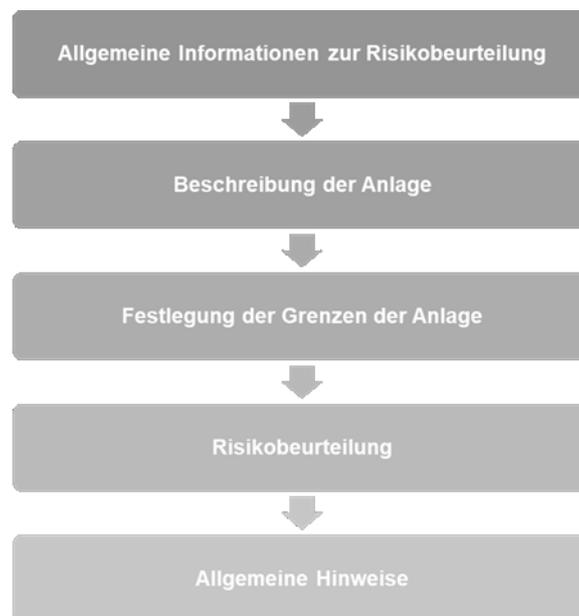


Abb. 75: Übergeordneter Ablauf der gesamten Risikobeurteilung nach EMV-Richtlinie, Quelle: Eigene Darstellung.

Im Zuge der Erstellung des Konzeptes mussten Teile aus der EN ISO 12100 an die Anforderungen der EMV-Richtlinie angepasst werden. Unter anderem wurden der iterative Prozess zur Risikominderung und die Risikoelemente für die Risikobeurteilung nach EMV-Richtlinie angepasst und zwei Risikographen zur Ermittlung eines EMV-Risikos erstellt. In weiterer Folge konnten erste Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau beschrieben werden, welche weiters für die Dokumentation der Risikobeurteilung genutzt werden können.

Auf Basis des erstellten Konzeptes für die Risikobeurteilung nach EMV-Richtlinie wurde ein Dokumentationstool mit einem Teil für allgemeine Informationen und einem Teil, welcher sich mit der eigentlichen Risikoanalyse und Risikobewertung beschäftigt, erstellt. Im Teil der Risikoanalyse und Risikobewertung werden die EMV-Risiken hinsichtlich Störaussendung und Störfestigkeit bewertet und für den Fall, dass das Risiko zu hoch ist, entsprechende konstruktive Maßnahmen beschrieben, um das Risiko zu mindern. Im Zuge des iterativen Prozesses wird nach einer Risikominderung eine erneute Risikobewertung durchgeführt und wenn sich das Risiko danach in einem vertretbaren Bereich befindet, kann das Risiko als annehmbar gering dokumentiert werden.

Im Zuge der Masterarbeit wurden auch erste EMV-Messungen an einer Testanlage durchgeführt, um die Wirksamkeit der Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau zu verifizieren. Dabei wurden Referenzmessungen an einem AKL-RBG und einer PFT durchgeführt. Die Messergebnisse haben gezeigt, dass der Einsatz von z. B. einer Ableitbürste bei einem AKL-RBG EMV-technisch einen großen Vorteil bringt.

8.2 Ausblick

Mit der Erarbeitung eines Konzeptes für eine Risikobeurteilung nach EMV-Richtlinie 2014/30/EU wird in Zukunft für jede installierte logistische Industrieanlage mit Produkten der Firma Jungheinrich AG eine Risikobeurteilung durchgeführt und die Ergebnisse dokumentiert. Mit der Einführung von neuen Produktlinien der Firma Jungheinrich AG sollen auch die Vorlagen für die Risikobeurteilung nach EMV-Richtlinie erweitert werden. Dies bedeutet, dass auch die Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau erweitert werden.

Da neben der Risikobeurteilung nach EMV-Richtlinie auch eine Risikobeurteilung nach Maschinenrichtlinie und Niederspannungsrichtlinie für jede logistische Industrieanlage durchgeführt werden muss, wird eine gemeinsame Vorlage für alle drei Richtlinien angestrebt. Dabei sollen speziell bei den allgemeinen Informationen Synergieeffekte generiert werden.

Da die ersten EMV-Messungen gezeigt haben, dass ein EMV-gerechter Aufbau einer logistischen Industrieanlage die Störaussendung verringert, sollten sowohl für bestehende Produktlinien als auch für neue Produktlinien umfangreichere EMV-Messungen durchgeführt werden, um so zukünftigen Anlagenstillständen noch effektiver vorzubeugen.

LITERATURVERZEICHNIS

Gedruckte Werke (3)

Kiel, Edwin (2007): *Antriebslösungen, Mechatronik für Produktion und Logistik*, 1. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

Schwab, Adolf; Kürner, Wolfgang (2011): *Elektromagnetische Verträglichkeit*, 6. Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg

Ten Hompel, Michael; Jünemann, Reinhardt; Nagel, Lars (2007): *Materialflusssysteme Förder- und Lagertechnik*, 3. Auflage, Springer-Verlag, Dortmund

Online-Quellen (12)

Siemens AG (2016): *EMV Leitfaden - Präferenzen - Siemens Global Website*

<https://www.siemens.com/global/de/home/branchen/schaltschrankbau/steuerschrank/paerferenzen/emv-leitfaden.html> [Stand: 07.08.2018]

SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013): *Online Support | SEW-EURODRIVE*

<https://download.sew-eurodrive.com/download/pdf/11535806.pdf> [Stand: 22.08.2018]

Industrie und Handelskammer Nürnberg für Mittelfranken (2016): *Merkblatt CE-Kennzeichnung - Elektromagnetische Verträglichkeit*

https://www.ihk-nuernberg.de/de/media/PDF/Innovation-Umwelt/merkblaetter-ce-kennzeichnung/2016_07_merkblatt_ce-kennzeichnung-elektromagnetische-vertraeglichkeit.pdf [Stand: 31.08.2018]

Bayrisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (2016): *Merkblatt - Elektromagnetische Verträglichkeit*

https://www.stmwi.bayern.de/fileadmin/user_upload/stmwi/Publikationen/2016/2016-12-27_Merkblatt_-_Elektromagnetische_Vertraeglichkeit_2016-Neufassung.pdf [Stand: 01.09.2018]

TÜV Rheinland (2018): *Risikoanalyse nach der Richtlinie 2014/30/EU | DE | TÜV Rheinland*

<https://www.tuv.com/germany/de/lp/consulting/risikoanalyse-emv-richtlinie-2014-30-eu.html> [Stand: 08.09.2018]

Jungheinrich AG - 1 (2018): *Logos | Jungheinrich*

https://www.jungheinrich.at/uploads/tx_templavoila/jh_logo_4c_15.jpg [Stand: 07.08.2018]

Jungheinrich AG - 2 (2018): *Portfolio | Jungheinrich*

https://www.jungheinrich.at/fileadmin/_processed_/csm_simuliertes_lager_5f5966b624.jpg [Stand: 01.10.2018]

MIAS Group (2018): *MIAS GROUP, RBG Miniload*

http://www.mias-group.com/uploads/tx_templavoila/MIAS_Regalbediengerat_Miniload_2013_06.jpg [Stand: 01.10.2018]

Jungheinrich AG - 3 (2018): *STC 2B1A*

<https://www.jungheinrich.de/jh-api/imageLinkOrigFormat/158844/1130/680> [Stand: 01.10.2018]

RITTAL GmbH & Co. KG (2013): *EMV-gerechter Schaltschrankbau / EMC-compatible enclosure assembly*

https://www.rittal.com/imf/none/5_357/ [Stand: 12.10.2018]

RIS - Rechtsinformationssystem des Bundes (2018): *RIS - Elektrotechnikgesetz 1992 - Bundesrecht konsolidiert, Fassung vom 27.11.2018*

<https://www.ris.bka.gv.at/geltendeFassung.wxe?Abfrage=bundesnormen&gesetzesnummer=10012241>
[Stand: 27.11.2018]

Siemens AG (2014): *Steuerungen störsicher aufbauen*

https://cache.industry.siemens.com/dl/files/566/59193566/att_112151/v1/s71500_designing_controllers_interferencefree_function_manual_de-DE_de-DE.pdf [Stand: 16.10.2018]

Normen (5)

Europäische Union (Hrsg.) (2014): *2014/30/EU: RICHTLINIE 2014/30/EU DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES*

OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik (Hrsg.) (2012): *EN 61439-1: Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen, Teil 1: Allgemeine Festlegungen*

OVE Österreichischer Verband für Elektrotechnik (Hrsg.) (2012): *EN 61439-2: Niederspannungs-Schaltgerätekombinationen, Teil 2: Energie-Schaltgerätekombinationen*

Österreichisches Normungsinstitut (ON) (Hrsg.) (2011): *EN ISO 12100: Sicherheit von Maschinen — Allgemeine Gestaltungsleitsätze — Risikobeurteilung und Risikominderung*

DIN Deutsches Institut für Normung e. V. (Hrsg.) (2013): *ISO/TR 14121-2: Sicherheit von Maschinen – Risikobeurteilung – Teil 2: Praktischer Leitfaden und Verfahrensbeispiele*

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Firmenlogo Jungheinrich AG, Quelle: Jungheinrich AG - 1 (2018), Online-Quelle [07.08.2018]. ...	1
Abb. 2: Übersicht der Elemente einer Logistikanlage, Quelle: Jungheinrich AG - 2 (2018), Online-Quelle [01.10.2018] (leicht modifiziert).	3
Abb. 3: Hauptkomponenten eines RBG, Quelle: MIAS Group (2018), Online-Quelle [01.10.2018] (leicht modifiziert).	4
Abb. 4: Jungheinrich AG AKL-RBG STC 2B1A, Quelle: Jungheinrich AG - 3 (2018), Online-Quelle [01.10.2018].	5
Abb. 5: Übersicht einer kompakten Paletten-Anlage, Quelle: Eigene Darstellung.	6
Abb. 6: Rollen-/Kettenförderer oben und Drehtisch mit Rollen und Kettenausschleuser unten, Quelle: Eigene Darstellung.	7
Abb. 7: Allgemeines Beeinflussungsmodell EMV, Quelle: Eigene Darstellung.	9
Abb. 8: Intersystem-Beeinflussung und Intrasystem-Beeinflussung, Quelle: Eigene Darstellung.	9
Abb. 9: Grundlegende Koppelmechanismen elektromagnetischer Beeinflussungen, Quelle: Eigene Darstellung.	11
Abb. 10: Galvanische Kopplung von zwei Stromkreisen, Quelle: Eigene Darstellung.	12
Abb. 11: Kapazitive Kopplung von zwei Stromkreisen, Quelle: Eigene Darstellung.	13
Abb. 12: Durchmesser und Abstand von zwei parallelen Leitern, Quelle: Eigene Darstellung.	14
Abb. 13: Induktive Kopplung von zwei Stromkreisen, Quelle: Eigene Darstellung.	15
Abb. 14: Feldmodell der Strahlungskopplung, Quelle: Eigene Darstellung.	16
Abb. 15: Diagramm Wellenimpedanz im Nah- und Fernfeld, Quelle: Eigene Darstellung.	17
Abb. 16: Symbole Schutzerdung und Funktionserdung, Quelle: Eigene Darstellung.	18
Abb. 17: Hauptkomponenten für ein EMV-Konzept einer logistischen Industrieanlage, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 36.	19
Abb. 18: Übersicht Netzsysteme, Quelle: Eigene Darstellung.	20
Abb. 19: Ableitströme Frequenzumrichter bei einem EMV-gerechten Aufbau, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 38.	21
Abb. 20: EMV-Zonen in einem Schaltschrank, Quelle: Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 37.	22
Abb. 21: Störungseinwirkungen auf eine Steuerung bzw. ein Automatisierungssystem, Quelle: Eigene Darstellung.	23
Abb. 22: HF-Masseband zwischen Rahmen und Tür, Quelle: Eigene Darstellung.	24

Abb. 23: Falsche (links) und korrekte (rechts) Schirmauflage, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 67.....	24
Abb. 24: Aufbau eines Potenzialausgleichs im Feld für ein Fördererelement mit einem Antrieb, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 37.....	25
Abb. 25: Einführung- und Übergangszeit der EMV-Richtlinie, Quelle: Eigene Darstellung.....	27
Abb. 26: Flussdiagramm EU-Konformitätsbewertungsverfahren, Quelle: Bayrisches Staatsministerium für Wirtschaft und Medien, Energie und Technologie (2016), Online-Quelle [01.09.2018], S. 7 (leicht modifiziert).....	31
Abb. 27: Zusammenhang zwischen Richtlinien und Normen, Quelle: Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 17.....	32
Abb. 28: Iterativer Prozess zur Risikominderung laut Maschinenrichtlinie, Quelle: Eigene Darstellung. ...	34
Abb. 29: Risikoelemente nach EN ISO 12100, Quelle: EN ISO 12100 (2011), S. 24.....	35
Abb. 30: Beispiel einer Risikomatrix, Quelle: Eigene Darstellung.....	37
Abb. 31: Beispiel für einen Risikographen, Quelle: Eigene Darstellung.....	37
Abb. 32: Beispiel für ein numerisches Bewertungsverfahren, Quelle: Eigene Darstellung.....	38
Abb. 33: Konformitätsbewertung für einen Schaltschrank, Quelle: Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 21.....	40
Abb. 34: Übergeordneter Ablauf der gesamten Risikobeurteilung, Quelle: Eigene Darstellung.....	44
Abb. 35: Iterativer Prozess zur Risikominderung angepasst an die EMV-Richtlinie, Quelle: Eigene Darstellung.....	51
Abb. 36: Risikoelemente nach EN ISO 12100 angepasst an die EMV-Richtlinie, Quelle: Eigene Darstellung.....	51
Abb. 37: Risikograph für die Bewertung der Störaussendung, Quelle: TÜV Rheinland (2018), Online-Quelle [08.09.2018], S. 7 (leicht modifiziert).....	52
Abb. 38: Risikograph für die Bewertung der Störfestigkeit, Quelle: TÜV Rheinland (2018), Online-Quelle [08.09.2018], S. 8 (leicht modifiziert).....	52
Abb. 39: Potenzialausgleich der Schaltschrank Gehäuseteile in Form von HF-Massebändern, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 42.....	56
Abb. 40: Montageplatte als Potenzialausgleichsfläche, Quelle: RITTAL GmbH & Co. KG (2013), Online-Quelle [12.10.2018], S. 19.....	57
Abb. 41: HF-Potenzialausgleich zwischen Montageplatte und PE-Schiene, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 43.....	58
Abb. 42: Schirmschiene im Schaltschrank, Quelle: Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 65.....	58

Abb. 43: Varianten zur Entstörung von Induktivitäten, Quelle: Eigene Darstellung.	59
Abb. 44: Anordnung von EMV-Komponenten in Kombination mit einem Frequenzumrichter, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 44.	59
Abb. 45: Verlegung der Leitung zwischen EMV-Komponenten und Frequenzumrichter, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 48.	60
Abb. 46: Hauptkomponenten für das Erdungskonzept einer logistischen Industrieanlage, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 36.	61
Abb. 47: EMV-Verschraubung inkl. sachgemäßer Schirmauflage, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 69.	62
Abb. 48: Montage und Anschluss eines Stahlgitter-Bremswiderstandes, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 59.	63
Abb. 49: Beispielhafter Potenzialausgleich von mehreren Komponenten, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 71.	64
Abb. 50: Möglichkeiten zur Herstellung des HF-Potenzialausgleichs, Quelle: RITTAL GmbH & Co. KG (2013), Online-Quelle [12.10.2018], S. 7.	65
Abb. 51: Ableitbürste seitlich an der Fahrschiene eines RBG, Quelle: Eigene Darstellung.	65
Abb. 52: Kapazitive Erdung eines Kabel- bzw. Leitungsschirmes, Quelle: Eigene Darstellung.	67
Abb. 53: : Falsche (links) und korrekte (rechts) Schirmauflage, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 67.	68
Abb. 54: Verlegung von Kabeln und Leitungen in Kabeltragsystemen, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 60.	68
Abb. 55: Unterteilung der Leitungsgruppen in den Kabeltragsystemen, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 62 (leicht modifiziert).	69
Abb. 56: Kreuzung von Kabeln/Leitungen und Erden von unbenutzten Leitern, Quelle: RITTAL GmbH & Co. KG (2013), Online-Quelle [12.10.2018], S. 30 (leicht modifiziert).	69
Abb. 57: Anschluss eines metallischen Kabeltragsystems an den Schaltschrank, Quelle: RITTAL GmbH & Co. KG (2013), Online-Quelle [12.10.2018], S. 10.	70
Abb. 58: Verbindungen einzelner Teile eines Kabeltragsystems, Quelle: RITTAL GmbH & Co. KG (2013), Online-Quelle [12.10.2018], S. 11 – 13 (leicht modifiziert).	70
Abb. 59: Übersicht der Excel-Vorlage für die Bewertung eines EMV-Risikos, Quelle: Eigene Darstellung.	73
Abb. 60: Titel des EMV-Risikos Erdungsanlage, Quelle: Eigene Darstellung.	73
Abb. 61: Titel und Beschreibung des EMV-Risikos Erdungsanlage, Quelle: Eigene Darstellung.	73
Abb. 62: Grundbewertung des EMV-Risikos Erdungsanlage, Quelle: Eigene Darstellung.	74

Abb. 63: Risikominderung des EMV-Risikos Erdungsanlage, Quelle: Eigene Darstellung.	74
Abb. 64: Risikobewertung und Maßnahmen zur Risikominderung für das EMV-Risiko Erdungsanlage, Quelle: Eigene Darstellung.	75
Abb. 65: Messaufbau für die Durchführung der EMV-Messungen hinsichtlich Störaussendung, Quelle: Eigene Darstellung.	76
Abb. 66: Gegenüberstellung Nr. 1 der EMV-Messungen an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.	78
Abb. 67: Gegenüberstellung Nr. 2 der EMV-Messungen an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.	79
Abb. 68: Gegenüberstellung Nr. 3 der EMV-Messungen an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.	80
Abb. 69: Gegenüberstellung Nr. 4 der EMV-Messungen an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.	81
Abb. 70: Gegenüberstellung Nr. 5 der EMV-Messungen an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.	82
Abb. 71: Gegenüberstellung Nr. 6 der EMV-Messungen an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.	83
Abb. 72: Gegenüberstellung Nr. 1 der EMV-Messungen an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.	85
Abb. 73: Gegenüberstellung Nr. 2 der EMV-Messungen an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.	86
Abb. 74: Gegenüberstellung Nr. 3 der EMV-Messungen an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.	87
Abb. 75: Übergeordneter Ablauf der gesamten Risikobeurteilung nach EMV-Richtlinie, Quelle: Eigene Darstellung.	88
Abb. 76: Seite 1 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.	101
Abb. 77: Seite 2 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.	102
Abb. 78: Seite 3 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.	102
Abb. 79: Seite 4 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.	103
Abb. 80: Seite 5 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.	103
Abb. 81: Seite 6 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.	104

Abb. 82: Seite 7 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.....	104
Abb. 83: Seite 8 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.....	105
Abb. 84: Seite 9 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.....	105
Abb. 85: Seite 10 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.....	106
Abb. 86: Seite 11 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.....	106
Abb. 87: Seite 12 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.....	107
Abb. 88: Seite 13 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.....	107
Abb. 89: Seite 14 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.....	108
Abb. 90: Seite 15 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.....	108
Abb. 91: Seite 16 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.....	109
Abb. 92: Seite 17 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.....	109
Abb. 93: Seite 18 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.....	110
Abb. 94: EMV-Messung Nr. 1 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.....	111
Abb. 95: EMV-Messung Nr. 2 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.....	111
Abb. 96: EMV-Messung Nr. 3 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.....	112
Abb. 97: EMV-Messung Nr. 4 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.....	112
Abb. 98: EMV-Messung Nr. 5 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.....	112
Abb. 99: EMV-Messung Nr. 6 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.....	113
Abb. 100: EMV-Messung Nr. 7 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.....	113
Abb. 101: EMV-Messung Nr. 8 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.....	113
Abb. 102: EMV-Messung Nr. 9 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.....	114
Abb. 103: EMV-Messung Nr. 10 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.....	114

Abb. 104: EMV-Messung Nr. 11 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.....	114
Abb. 105: EMV-Messung Nr. 1 an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.....	115
Abb. 106: EMV-Messung Nr. 2 an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.....	115
Abb. 107: EMV-Messung Nr. 3 an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.....	116
Abb. 108: EMV-Messung Nr. 4 an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.....	116
Abb. 109: EMV-Messung Nr. 5 an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.....	116

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Störquellen und mögliche Entstörmaßnahmen für die galvanische Kopplung, Quelle: Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 32 (leicht modifiziert).	12
Tab. 2: Störquellen und mögliche Entstörmaßnahmen für die kapazitive Kopplung, Quelle: Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 32 (leicht modifiziert).	14
Tab. 3: Störquellen und mögliche Entstörmaßnahmen für die induktive Kopplung, Quelle: Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 33 (leicht modifiziert).	16
Tab. 4: Störquellen und mögliche Entstörmaßnahmen für die Strahlungskopplung, Quelle: Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 33 (leicht modifiziert).	18
Tab. 5: Netzsysteme und deren EMV-Eigenschaften, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 9.	20
Tab. 6: Leitungsgruppen für die Verlegung von Kabeln und Leitungen, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 61.	26
Tab. 7: Relevante Normen für die Erstellung einer Risikobeurteilung nach EMV-Richtlinie, Quelle: Eigene Darstellung.	33
Tab. 8: Begriffe EMV-Umgebungen, Quelle: Siemens AG (2016), Online-Quelle [07.08.2018], S. 20.	39
Tab. 9: Relevante EMV-Normen für einen Schaltschrank, Quelle: Eigene Darstellung.	40
Tab. 10: Relevante EMV-Normen für eine Installation im Feld einer Automatisierungstechnikanlage und logistischen Industrieanlage, Quelle: Eigene Darstellung.	42
Tab. 11: Vorlage für die elektrischen Angaben zur Anlage, Quelle: Eigene Darstellung.	45
Tab. 12: Vorlage für die Verantwortlichkeiten zu den einzelnen Teillieferanten, Quelle: Eigene Darstellung.	46
Tab. 13: Vorlage für die Übersicht der relevanten harmonisierten Normen, Quelle: Eigene Darstellung.	46
Tab. 14: Vorlage für die Dokumentation elektromagnetischer Phänomene bei bereits in Betrieb befindlichen Anlagen, Quelle: Eigene Darstellung.	47
Tab. 15: Vorlage für die zeitlichen Grenzen der Anlage, Quelle: Eigene Darstellung.	49
Tab. 16: Vorlage zur Definition der Betriebsbedingungen für den Betrieb der Anlage, Quelle: Eigene Darstellung.	50
Tab. 17: Übersicht EMV-Zonen im Schaltschrank, Quelle: Eigene Darstellung.	55
Tab. 18: Relevante Normen zur Konzeptionierung einer Erdungsanlage, Quelle: Eigene Darstellung.	62
Tab. 19: Leitungsgruppen für die Verlegung von Kabeln und Leitungen, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 61.	66
Tab. 20: Regel zur Auswahl von Kabeln und Leitungen, Quelle: SEW-EURODRIVE GmbH & Co KG (2013), Online-Quelle [22.08.2018], S. 61 (leicht modifiziert).	66

Tab. 21: Verwendete Abkürzungen im Excel-Dokument, Quelle: Eigene Darstellung.	72
Tab. 22: Übersicht der EMV-Messungen an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.	77
Tab. 23: Gegenüberstellung der EMV-Messungen an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.	78
Tab. 24: Übersicht der EMV-Messungen an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.	84
Tab. 25: Gegenüberstellung der EMV-Messungen an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.	84

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

AKL	Automatisches Kleinteilelager
BFT	Behälterfördertechnik
EG	Europäische Gemeinschaft
EMI	Elektromagnetische Beeinflussung
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
ETG	Elektrotechnikgesetz
EU	Europäische Union
FE	Funktionserdung
HF	Hochfrequenz
HRL	Hochregallager
ISA	Innovative Systemlösungen für die Automation GmbH
JSL	Jungheinrich Systemlösungen GmbH
MRL	Maschinenrichtlinie
NF	Niederfrequenz
PE	Schutzerdung
PFT	Palettenfördertechnik
RBG	Regalbediengerät
SPS	Speicherprogrammierbare Steuerung
WCS	Warehouse-Control-System
WMS	Warehouse-Management-System

ANHANG 1: RISIKOBEWERTUNG UND FESTLEGUNG DER MAßNAHMEN ZUR RISIKOMINDERUNG NACH EMV-RICHTLINIE FÜR EINE PALETTENFÖRDERTECHNIK

Risikobeurteilung nach Richtlinie 2014/30/EU über die elektromagnetische Verträglichkeit



Projekt:	Palettenförderertechnik Testanlage
EMV-Umgebung:	Industriebereich
Durchgeführt von:	Gerard Neuhold
Datum:	19.11.2018
Änderungsindex:	01

Abkürzungsverzeichnis:

GK	Galvanische Kopplung
IK	Induktive Kopplung
KK	Kapazitive Kopplung
SK	Strahlungskopplung
IB	Inbetriebnahme
B	Betrieb
IH	Instandhaltung
FS	Fehlersuche
S	Schadensausmaß/Funktionsfähigkeit
S _{E1}	Störung anderer Geräte
S _{E2}	Störung von Funkdiensten
S _{I1}	Funktionsstörung, selbstheilend
S _{I2}	Funktionsstörung, Benutzereingriff erforderlich
S _{I3}	Funktionsstörung, defekt
F	Dauer des EMV-Phänomens
F _{E1}	kurz, transient, selten
F _{E2}	häufig oder lang
F _{I1}	kurz/transient
F _{I2}	lang/kontinuierlich
P	Wahrscheinlichkeit des Auftretens eines EMV-Phänomens
P _{E1}	unwahrscheinlich, gering/klein
P _{E2}	mittel/groß
P _{I1}	unwahrscheinlich, gering/klein
P _{I2}	mittel/groß
R	Risikoindex

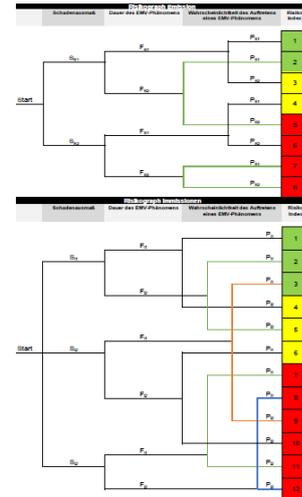


Abb. 76: Seite 1 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenförderertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 1: Risikobewertung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenförderertechnik

Risikobeurteilung nach Richtlinie 2014/30/EU über die elektromagnetische Verträglichkeit



Projekt:	Palettenförderertechnik Testanlage
EMV-Umgebung:	Industriebereich
Durchgeführt von:	Gerald Neuhold
Datum:	19.11.2018
Anderungsindex:	01

R1 Risiko Erdungsanlage			
R1.1	Die Erdungsanlage muss nach den gültigen EN Normen hinsichtlich der Störaussendung ausgeführt sein.		
Grundbewertung			
Anlagenteil:	Paletten System		
Baugruppe/Gerät:	Erdung		
Produktgruppe/Typnummer:	-		
Hersteller:	Kunde		
Geeignet für EMV-Umgebung:	Industriebereich		
Zone:	Feld		
Schnittstelle:	Funktionserde		
Art des EMV-Phänomens:	Ableitströme können nicht gegen Erde abgeleitet werden.		
Ursprung:	Umgebung		
Folgen:	Unkontrollierte Zustände der Anlage		
Bemerkung:	Anlage wird ohne fachgerechte Erdungsanlage betrachtet.		
Störungsart: Störaussendung			
Kopplungsart:			
GK	IK	KK	SK
x	x	x	x
Risikoinschätzung Grundbewertung:			
S	F	P	R
SE1	FE2	PE2	5
Lebensphasen:			
IB	B	IH	FS
x	x	x	x
R1.1.1 Risikominderung			
Prinzip:	Konstruktive Maßnahme		
Verantwortung:	Elektroplaner, Kunde		
Hersteller-Normenverweis:	Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau; Erdungskonzept		
Maßnahmenbeschreibung:	Die Erdungsanlage wird nach den gültigen nationalen und EN Normen ausgeführt und dokumentiert.		
Vorhersehbare Fehler:	Die Erdungsanlage wird nicht fachgerecht ausgeführt. Eine Besichtigung der Erdungsanlage ist erforderlich.		
Bemerkungen:	-		
Risikoinschätzung Endbewertung:			
S	F	P	R
SE1	FE1	PE1	1
R1.2 Die Erdungsanlage muss nach den gültigen EN Normen hinsichtlich der Störfestigkeit ausgeführt sein.			
Grundbewertung			
Anlagenteil:	Paletten System		
Baugruppe/Gerät:	Erdung		
Produktgruppe/Typnummer:	-		
Hersteller:	Kunde		
Geeignet für EMV-Umgebung:	Industriebereich		
Zone:	Feld		
Schnittstelle:	Funktionserde		
Art des EMV-Phänomens:	Ableitströme können nicht gegen Erde abgeleitet werden.		
Ursprung:	Umgebung		
Folgen:	Unkontrollierte Zustände der Anlage		
Bemerkung:	Anlage wird ohne fachgerechte Erdungsanlage betrachtet.		
Störungsart: Störfestigkeit			
Kopplungsart:			
GK	IK	KK	SK
x	x	x	x
Risikoinschätzung Grundbewertung:			
S	F	P	R
SI2	FI2	PI2	10
Lebensphasen:			
IB	B	IH	FS
x	x	x	x

Seite 2/18

Abb. 77: Seite 2 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenförderertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.

Risikobeurteilung nach Richtlinie 2014/30/EU über die elektromagnetische Verträglichkeit



Projekt:	Palettenförderertechnik Testanlage
EMV-Umgebung:	Industriebereich
Durchgeführt von:	Gerald Neuhold
Datum:	19.11.2018
Anderungsindex:	01

R1.2.1 Risikominderung			
Prinzip:	Konstruktive Maßnahme		
Verantwortung:	Elektroplaner, Kunde		
Hersteller-Normenverweis:	Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau; Erdungskonzept		
Maßnahmenbeschreibung:	Die Erdungsanlage wird nach den gültigen nationalen und EN Normen ausgeführt und dokumentiert.		
Vorhersehbare Fehler:	Die Erdungsanlage wird nicht fachgerecht ausgeführt. Eine Besichtigung der Erdungsanlage ist erforderlich.		
Bemerkungen:	-		
Risikoinschätzung Endbewertung:			
S	F	P	R
SI1	FI1	PI1	1
R2 Risiko Schaltschrank •MC01			
R2.1	Störaussendungen, welche vom Schaltschrank der Palettenförderertechnik ausgehen, werden betrachtet.		
Grundbewertung			
Anlagenteil:	Paletten System		
Baugruppe/Gerät:	Schaltschrank		
Produktgruppe/Typnummer:	TS8		
Hersteller:	Rittal		
Geeignet für EMV-Umgebung:	Industriebereich		
Zone:	Schaltschrank allgemein		
Schnittstelle:	Gehäuse		
Art des EMV-Phänomens:	Störfelder an die Umgebung		
Ursprung:	Leistungselektronik im Schaltschrank (FUs, Schaltnetzteile, usw.)		
Folgen:	Unkontrollierte Zustände der Anlage		
Bemerkung:	Schaltschrank wird ohne EMV-Maßnahmen betrachtet.		
Störungsart: Störaussendung			
Kopplungsart:			
GK	IK	KK	SK
x	x	x	x
Risikoinschätzung Grundbewertung:			
S	F	P	R
SE1	FE2	PE1	3
Lebensphasen:			
IB	B	IH	FS
x	x	x	x
R2.1.1 Risikominderung			
Prinzip:	Konstruktive Maßnahme		
Verantwortung:	Elektroplaner, Schaltschrankbauer		
Hersteller-Normenverweis:	Herstellerangaben beachten; Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau; Schaltschrank-Gehäuseteile, Montageplatte im Schaltschrank		
Maßnahmenbeschreibung:	Schirmwirkung des Schaltschranks durch optimalen Potenzialausgleich aller Schaltschrankoberflächen herstellen.		
Vorhersehbare Fehler:	Für die Verbindungen wird ein Gelb-Grüner Schutzleiter verwendet, mit einer Länge größer 500 mm und ein Querschnitt kleiner 10 mm². Ein optimaler Potenzialausgleich ist nur mit EMV-Flachbandkabeln zu erreichen.		
Bemerkungen:	-		
Risikoinschätzung Endbewertung:			
S	F	P	R
SE1	FE1	PE1	1
R2.1.2 Risikominderung			
Prinzip:	Konstruktive Maßnahme		
Risikoinschätzung Endbewertung:			

Seite 3/18

Abb. 78: Seite 3 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenförderertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 1: Risikobewertung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenförderertechnik

Risikobeurteilung nach Richtlinie 2014/30/EU über die elektromagnetische Verträglichkeit



Projekt:		Palettenförderertechnik Testanlage					
EMV-Umgebung:		Industriebereich					
Durchgeführt von:		Gerald Neuhold					
Datum:		19.11.2018					
Änderungsindex:		01					
Verantwortung:		Elektroplaner, Schaltschrankbauer		S	F	P	R
Hersteller-Normenverweis:		Herstellerrichtlinien beachten;		SE1	FE1	PE1	1
Maßnahmenbeschreibung:		Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau: PE- und Schirmschiene im Schaltschrank					
Vorhersehbare Fehler:		Schirmschiene so nah wie möglich an der Eintrittsstelle zum Schaltschrank					
Bemerkungen:		Beim Anschluss von Kabel/Leitungen darauf achten, dass alle Schirme großflächig mit der Schirmschiene verbunden sind!					
Bemerkungen:		-					
R2.1.3 Risikominderung							
Prinzip:		Konstruktive Maßnahme		Risikoinschätzung Endbewertung:			
Verantwortung:		Elektroplaner, Schaltschrankbauer		S	F	P	R
Hersteller-Normenverweis:		Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau: EMV-Zonen und Schutzmaßnahmen im Schaltschrank		SE1	FE1	PE1	1
Maßnahmenbeschreibung:		Steuer- und Leistungsadern im Schaltschrank getrennt verlegen, Kreuzungen von Leitungen nur in einem Winkel von 90°.					
Vorhersehbare Fehler:		-					
Bemerkungen:		-					
R2.2 Störfestigkeit des Schaltschranks der Palettenförderertechnik wird betrachtet.							
Grundbewertung				Störungsart:			
Anlagenteil:		Paletten System		Störfestigkeit			
Baugruppe/Gerät:		Schiensystem		Kopplungsart:			
Produktgruppe/Typnummer:		TS8		GK	IK	KK	SK
Hersteller:		Rittal		x	x	x	x
Geeignet für EMV-Umgebung:		Industriebereich		Risikoinschätzung Grundbewertung:			
Zone:		Schiensystem allgemein		S	F	P	R
Schnittstelle:		Gehäuse		SI2	F11	PI2	3
Art des EMV-Phänomens:		Störfelder von der Umgebung		Lebensphasen:			
Ursprung:		Umgebung		IB	B	IH	FS
Folgen:		Unkontrollierte Zustände der Anlage		x	x	x	x
Bemerkung:		Schiensystem wird ohne EMV-Maßnahmen betrachtet.					
R2.1 Risikominderung							
Prinzip:		Konstruktive Maßnahme		Risikoinschätzung Endbewertung:			
Verantwortung:		Elektroplaner, Schaltschrankbauer		S	F	P	R
Hersteller-Normenverweis:		Herstellerrichtlinien beachten;		SI1	F11	PI1	1
Maßnahmenbeschreibung:		Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau: PE- und Schirmschiene im Schaltschrank					
Vorhersehbare Fehler:		Schirmwirkung des Schaltschranks durch optimalen Potenzialausgleich aller Schaltschrankoberflächen herstellen.					
Bemerkungen:		-					

Seite 4/18

Abb. 79: Seite 4 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenförderertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.

Risikobeurteilung nach Richtlinie 2014/30/EU über die elektromagnetische Verträglichkeit



Projekt:		Palettenförderertechnik Testanlage					
EMV-Umgebung:		Industriebereich					
Durchgeführt von:		Gerald Neuhold					
Datum:		19.11.2018					
Änderungsindex:		01					
Vorhersehbare Fehler:		Für die Verbindungen wird ein Gelb-Grüner Schutzleiter verwendet, mit einer Länge größer 500mm und ein Querschnitt kleiner 10mm². Ein optimaler Potenzialausgleich ist nur mit EMV-Flachbandkabeln zu erreichen					
Bemerkungen:		-					
R2.2 Risikominderung							
Prinzip:		Konstruktive Maßnahme		Risikoinschätzung Endbewertung:			
Verantwortung:		Elektroplaner, Schaltschrankbauer		S	F	P	R
Hersteller-Normenverweis:		Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau; Schaltschrank-Gehäuseteile, Montageplatte im Schaltschrank		SI1	F11	PI1	1
Maßnahmenbeschreibung:		Schirmschiene so nah wie möglich an der Eintrittsstelle zum Schaltschrank					
Vorhersehbare Fehler:		Beim Anschluss von Kabel/Leitungen darauf achten, dass alle Schirme großflächig mit der Schirmschiene verbunden sind!					
Bemerkungen:		-					
R2.3 Risikominderung							
Prinzip:		Konstruktive Maßnahme		Risikoinschätzung Endbewertung:			
Verantwortung:		Elektroplaner, Schaltschrankbauer		S	F	P	R
Hersteller-Normenverweis:		Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau; EMV-Zonen und Schutzmaßnahmen im Schaltschrank		SI1	F11	PI1	1
Maßnahmenbeschreibung:		Steuer- und Leistungsadern im Schaltschrank getrennt verlegen, Kreuzungen von Leitungen nur in einem Winkel von 90°.					
Vorhersehbare Fehler:		-					
Bemerkungen:		-					
R3 Risiko SPS-CPU +MC01							
R3.1 Störfestigkeit der Stromversorgung der SPS-CPU wird betrachtet.							
Grundbewertung				Störungsart:			
Anlagenteil:		Paletten System		Störfestigkeit			
Baugruppe/Gerät:		SPS-CPU		Kopplungsart:			
Produktgruppe/Typnummer:		S7-1500-F		GK	IK	KK	SK
Hersteller:		Siemens		x	x	x	
Geeignet für EMV-Umgebung:		Industriebereich		Risikoinschätzung Grundbewertung:			
Zone:		Schiensystem A		S	F	P	R
Schnittstelle:		Stromversorgung Eingang		SI2	F11	PI1	3
Art des EMV-Phänomens:		Störspannungen/-ströme auf Leitung		Lebensphasen:			
Ursprung:		Umgebung		IB	B	IH	FS
Folgen:		Anlage geht auf Störung.		x	x	x	x
Bemerkung:		Die Wahrscheinlichkeit, dass über die Stromversorgung Störspannungen/-ströme die Funktion der SPS beeinträchtigt ist eher unwahrscheinlich.					

Seite 5/18

Abb. 80: Seite 5 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenförderertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 1: Risikobewertung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik

Risikobeurteilung nach Richtlinie 2014/30/EU über die elektromagnetische Verträglichkeit



Projekt: Palettenfördertechnik Testanlage
 EMV-Umgebung: Industriebereich
 Durchgeführt von: Gerald Neuhold
 Datum: 19.11.2018
 Änderungsindex: 01

R3.2	Mögliche Einwirkung über die Profineileitung auf die SPS-CPU wird betrachtet.		
Grundbewertung			
Anlagenteil:	Paletten System	Störungsart:	
Baugruppe/Gerät:	SPS-CPU	Störfestigkeit:	
Produktgruppe/Typnummer:	S7-1500-F	Kopplungsart:	
Hersteller:	Siemens	GK	IK
Geeignet für EMV-Umgebung:	Industriebereich	x	x
Zone:	Schaltschrank A	KK	SK
Schnittstelle:	Profinet	x	x
Art des EMV-Phänomens:	Störspannungen/-ströme auf Leitung	Risikoeinschätzung Grundbewertung:	
Ursprung:	Umgebung	S	F
Folgen:	Anlage geht auf Störung.	S12	F11
Bemerkung:	-	P12	R
		IB	B
		x	x
		IH	FS
		x	x
R3.2.1	Risikominderung		
Risikoeinschätzung Endbewertung:			
Prinzip:	Konstruktive Maßnahme	S	F
Verantwortung:	Elektroplaner, Schaltschrankbauer	S11	F11
Hersteller-/Normenverweis:	Herstellereingaben beachten;	P11	R
Maßnahmenbeschreibung:	Rechen für einen EMV-gerechten Aufbau: Schirmung von Kabel und Leitungen Beim Anschluss von Kabel/Leitungen darauf achten, dass alle Schirme großflächig mit der Schirmschiene verbunden sind!		1
Vorhersehbare Fehler:	Schirmung wird nicht fachgerecht ausgeführt → Hinweis im E-Plan auf fachgerechte Schirmung.		
Bemerkungen:	-		
R3.2.2	Risikominderung		
Risikoeinschätzung Endbewertung:			
Prinzip:	Konstruktive Maßnahme	S	F
Verantwortung:	Elektroplaner, Schaltschrankbauer	S11	F11
Hersteller-/Normenverweis:	Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau: EMV-Zonen und Schutzmaßnahmen im Schaltschrank Steuer- und Leistungsadern im Schaltschrank getrennt verlegen, Kreuzungen von Leitungen nur in einem Winkel von 90°.	P11	R
Maßnahmenbeschreibung:	-		1
Vorhersehbare Fehler:	-		
Bemerkungen:	-		

R4 Risiko dezentrale Peripherie +MC01

R4.1	Störaussendung der Ausgänge der dezentralen Peripherie +MC01 wird betrachtet.		
Grundbewertung			
Anlagenteil:	Paletten System	Störungsart:	
Baugruppe/Gerät:	Dezentrale Peripherie	Störaussendung	

Seite 6/18

Abb. 81: Seite 6 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.

Risikobeurteilung nach Richtlinie 2014/30/EU über die elektromagnetische Verträglichkeit



Projekt: Palettenfördertechnik Testanlage
 EMV-Umgebung: Industriebereich
 Durchgeführt von: Gerald Neuhold
 Datum: 19.11.2018
 Änderungsindex: 01

	Produktgruppe/Typnummer:	ET200SP	Kopplungsart:	
	Hersteller:	Siemens	GK	IK
	Geeignet für EMV-Umgebung:	Industriebereich	x	x
	Zone:	Schaltschrank A	KK	SK
	Schnittstelle:	Digitaler Ausgang	x	x
	Art des EMV-Phänomens:	Störfelder an die Umgebung	Risikoeinschätzung Grundbewertung:	
	Ursprung:	Elektronik der Baugruppe, gepulstes Ausgangssignal.	S	F
	Folgen:	Unkontrollierte Zustände der Anlage	SE1	FE1
	Bemerkung:	Die Ausgangssignale haben keinen großen Einfluss auf die Funktion der Anlage.	PE1	R
			IB	B
			x	x
			IH	FS
			x	x
R4.2	Störfestigkeit der Stromversorgung der dezentralen Peripherie +MC01 wird betrachtet.			
Grundbewertung				
Anlagenteil:	Paletten System	Störungsart:		
Baugruppe/Gerät:	Dezentrale Peripherie	Störfestigkeit:		
Produktgruppe/Typnummer:	ET200SP	Kopplungsart:		
Hersteller:	Siemens	GK	IK	KK
Geeignet für EMV-Umgebung:	Industriebereich	x	x	SK
Zone:	Schaltschrank A	Risikoeinschätzung Grundbewertung:		
Schnittstelle:	Stromversorgung Eingang	S	F	P
Art des EMV-Phänomens:	Störspannungen/-ströme auf Leitung	S12	F11	P11
Ursprung:	Umgebung			R
Folgen:	Anlage geht auf Störung.			3
Bemerkung:	Die Wahrscheinlichkeit, dass über die Stromversorgung Störspannungen/-ströme die Funktion der dezentralen Peripherie beeinträchtigt ist eher unwahrscheinlich.	IB	B	IH
		x	x	FS
		x	x	x
R4.3	Störfestigkeit der Eingänge der dezentralen Peripherie +MC01 wird betrachtet.			
Grundbewertung				
Anlagenteil:	Paletten System	Störungsart:		
Baugruppe/Gerät:	Dezentrale Peripherie	Störfestigkeit:		
Produktgruppe/Typnummer:	ET200SP	Kopplungsart:		
Hersteller:	Siemens	GK	IK	KK
Geeignet für EMV-Umgebung:	Industriebereich	x	x	SK
Zone:	Schaltschrank A	Risikoeinschätzung Grundbewertung:		
Schnittstelle:	Digitaler Eingang	S	F	P
Art des EMV-Phänomens:	Störfelder an die Umgebung	S11	F11	P11
Ursprung:	Umgebung			R
Folgen:	Unkontrollierte Zustände der Anlage			1
		IB	B	IH
		x	x	FS

Seite 7/18

Abb. 82: Seite 7 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 1: Risikobewertung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik

Risikobeurteilung nach Richtlinie 2014/30/EU über die elektromagnetische Verträglichkeit



Projekt:		Palettenfördertechnik Testanlage	
EMV-Umgebung:		Industriebereich	
Durchgeführt von:		Gerald Neuhold	
Datum:		19.11.2018	
Änderungsindex:		01	
Bemerkung:		Die digitalen Eingangssignale der dezentralen Baugruppe werden als resistent gegen EMV-Störungen betrachtet.	x x x x
R4.4	Mögliche Einwirkung über die Profinfeldleitung auf die dezentrale Peripherie +MC01 wird betrachtet.		
		Grundbewertung	
Anlagenteil:		Paletten System	Störungsart:
Baugruppe/Gerät:		Dezentrale Peripherie	Störfestigkeit
Produktgruppe/Typnummer:		ET200SP	Kopplungsart:
Hersteller:		Siemens	GK IK KK SK
Geeignet für EMV-Umgebung:		Industriebereich	x x x x
Zone:		Schaltschrank A	Risikoinschätzung Grundbewertung:
Schnittstelle:		Profinet	S F P R
Art des EMV-Phänomens:		Störspannungen/-ströme auf Leitung	S12 F11 P12 9
Ursprung:		Umgebung	Lebensphasen:
Folgen:		Anlage geht auf Störung.	IB B IH FS
Bemerkung:		-	x x x x
		Risikominderung	
R4.4.1	Prinzip: Konstruktive Maßnahme		
Verantwortung:		Elektroplaner, Schaltschrankbauer	Risikoinschätzung Endbewertung:
Hersteller-/Normenverweis:		Herstellangaben beachten;	S F P R
Maßnahmenbeschreibung:		Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau; Schirmung von Kabel und Leitungen Beim Anschluss von Kabel/Leitungen darauf achten, dass alle Schirme großflächig mit der Schirmschiene verbunden sind!	S11 F11 P11 1
Vorhersehbare Fehler:		Schirmung wird nicht fachgerecht ausgeführt -> Hinweis im E-Plan auf fachgerechte Schirmung.	
Bemerkungen:		-	
R4.4.2	Prinzip: Konstruktive Maßnahme		
Verantwortung:		Elektroplaner, Schaltschrankbauer	Risikoinschätzung Endbewertung:
Hersteller-/Normenverweis:		Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau; EMV-Zonen und Schutzmaßnahmen im Schaltschrank	S F P R
Maßnahmenbeschreibung:		Steuer- und Leistungsadern im Schaltschrank getrennt verlegen, Kreuzungen von Leitungen nur in einem Winkel von 90°.	S11 F11 P11 1
Vorhersehbare Fehler:		-	
Bemerkungen:		-	
R5	Risiko Switch +MC01		
R5.1	Störfestigkeit der Stromversorgung des Switch im +MC01 wird betrachtet.		
		Grundbewertung	

Seite 8/18

Abb. 83: Seite 8 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.

Risikobeurteilung nach Richtlinie 2014/30/EU über die elektromagnetische Verträglichkeit



Projekt:		Palettenfördertechnik Testanlage	
EMV-Umgebung:		Industriebereich	
Durchgeführt von:		Gerald Neuhold	
Datum:		19.11.2018	
Änderungsindex:		01	
Bemerkung:		Die Wahrscheinlichkeit, dass über die Stromversorgung Störspannungen/-ströme die Funktion der Dezentralen Peripherie beeinträchtigt ist eher unwahrscheinlich.	x x x x
R5.2	Mögliche Einwirkung über die Profinfeldleitung auf den Switch im +MC01 wird betrachtet.		
		Grundbewertung	
Anlagenteil:		Paletten System	Störungsart:
Baugruppe/Gerät:		Switch	Störfestigkeit
Produktgruppe/Typnummer:		6GK5208-0BA00-2AB2	Kopplungsart:
Hersteller:		Siemens	GK IK KK SK
Geeignet für EMV-Umgebung:		Industriebereich	x x x x
Zone:		Schaltschrank A	Risikoinschätzung Grundbewertung:
Schnittstelle:		Stromversorgung Eingang	S F P R
Art des EMV-Phänomens:		Störspannungen/-ströme auf Leitung	S12 F11 P11 3
Ursprung:		Umgebung	Lebensphasen:
Folgen:		Anlage geht auf Störung.	IB B IH FS
Bemerkung:		-	x x x x
		Risikominderung	
R5.2.1	Prinzip: Konstruktive Maßnahme		
Verantwortung:		Elektroplaner, Schaltschrankbauer	Risikoinschätzung Endbewertung:
Hersteller-/Normenverweis:		Herstellangaben beachten;	S F P R
Maßnahmenbeschreibung:		Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau; Schirmung von Kabel und Leitungen Beim Anschluss von Kabel/Leitungen darauf achten, dass alle Schirme großflächig mit der Schirmschiene verbunden sind!	S11 F11 P11 1
Vorhersehbare Fehler:		Schirmung wird nicht fachgerecht ausgeführt -> Hinweis im E-Plan auf fachgerechte Schirmung.	
Bemerkungen:		-	
R5.2.2	Prinzip: Konstruktive Maßnahme		
		Risikominderung	
		Risikoinschätzung Endbewertung:	

Seite 9/18

Abb. 84: Seite 9 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 1: Risikobewertung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenförderertechnik

Risikobeurteilung nach Richtlinie 2014/30/EU über die elektromagnetische Verträglichkeit



Projekt:		Palettenförderertechnik Testanlage				
EMV-Umgebung:		Industriebereich				
Durchgeführt von:		Gerald Neuhold				
Datum:		19.11.2018				
Änderungsindex:		01				
Verantwortung:		Elektroplaner, Schaltschrankbauer	S	F	P	R
Hersteller-/Normenverweis:		Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau; EMV-Zonen und Schutzmaßnahmen im Schaltschrank	SI1	FI1	PI1	1
Maßnahmenbeschreibung:		Steuer- und Leistungsadern im Schaltschrank getrennt verlegen, Kreuzungen von Leitungen nur in einem Winkel von 90°.				
Vorhersehbare Fehler:		-				
Bemerkungen:		-				
R6	Risiko Mobile Panel Anschlussbox +MC01					
R6.1	Störfestigkeit der Stromversorgung für die Mobile Panel Anschlussbox +MC01 wird betrachtet.	Grundbewertung				
Anlagenteil:		Paletten System	Störungsart:			
Baugruppe/Gerät:		Mobile Panel Anschlussbox	Störfestigkeit			
Produktgruppe/Typnummer:		6AV2125-2AE23-0AX0	Kopplungsart:			
Hersteller:		Siemens	GK	IK	KK	SK
Geeignet für EMV-Umgebung:		Industriebereich	x	x	x	
Zone:		Schaltschrank A	Risikoinschätzung Grundbewertung:			
Schnittstelle:		Stromversorgung Eingang	S	F	P	R
Art des EMV-Phänomens:		Störspannungen/-ströme auf Leitung	SI2	FI1	PI1	3
Ursprung:		Umgebung	Lebensphasen:			
Folgen:		Anlage geht auf Störung.	IB	B	IH	FS
Bemerkung:		Die Wahrscheinlichkeit, dass über die Stromversorgung Störspannungen/-ströme die Funktion der Dezentralen Peripherie beeinträchtigt ist eher unwahrscheinlich.	x	x	x	x
R6.2	Mögliche Einwirkung über die Profineileitung auf die Mobile Panel Anschlussbox +MC01 wird betrachtet.	Grundbewertung				
Anlagenteil:		Paletten System	Störungsart:			
Baugruppe/Gerät:		Mobile Panel Anschlussbox	Störfestigkeit			
Produktgruppe/Typnummer:		6AV2125-2AE23-0AX0	Kopplungsart:			
Hersteller:		Siemens	GK	IK	KK	SK
Geeignet für EMV-Umgebung:		Industriebereich	x	x	x	x
Zone:		Schaltschrank A	Risikoinschätzung Grundbewertung:			
Schnittstelle:		Profinet	S	F	P	R
Art des EMV-Phänomens:		Störspannungen/-ströme auf Leitung	SI2	FI1	PI2	3
Ursprung:		Umgebung	Lebensphasen:			
Folgen:		Anlage geht auf Störung.	IB	B	IH	FS
Bemerkung:		-	x	x	x	x
R6.2.1		Risikominderung				

Seite 10/18

Abb. 85: Seite 10 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenförderertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.

Risikobeurteilung nach Richtlinie 2014/30/EU über die elektromagnetische Verträglichkeit



Projekt:		Palettenförderertechnik Testanlage				
EMV-Umgebung:		Industriebereich				
Durchgeführt von:		Gerald Neuhold				
Datum:		19.11.2018				
Änderungsindex:		01				
Prinzip:		Konstruktive Maßnahme	Risikoinschätzung Endbewertung:			
Verantwortung:		Elektroplaner, Schaltschrankbauer	S	F	P	R
Hersteller-/Normenverweis:		Herstellereingaben beachten;	SI1	FI1	PI1	1
Maßnahmenbeschreibung:		Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau; Schirmung von Kabel und Leitungen Beim Anschluss von Kabeln/Leitungen darauf achten, dass alle Schirme großflächig mit der Schirmschiene verbunden sind!				
Vorhersehbare Fehler:		Schirmung wird nicht fachgerecht ausgeführt -> Hinweis im E-Plan auf fachgerechte Schirmung.				
Bemerkungen:		-				
R6.2.2		Risikominderung				
Prinzip:		Konstruktive Maßnahme	Risikoinschätzung Endbewertung:			
Verantwortung:		Elektroplaner, Schaltschrankbauer	S	F	P	R
Hersteller-/Normenverweis:		Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau; EMV-Zonen und Schutzmaßnahmen im Schaltschrank	SI1	FI1	PI1	1
Maßnahmenbeschreibung:		Steuer- und Leistungsadern im Schaltschrank getrennt verlegen, Kreuzungen von Leitungen nur in einem Winkel von 90°.				
Vorhersehbare Fehler:		-				
Bemerkungen:		-				
R7	Risiko Netzteil +MC01					
R7.1	Störaussendungen, welche vom Netzteil +MC01 ausgehen, werden betrachtet.	Grundbewertung				
Anlagenteil:		Paletten System	Störungsart:			
Baugruppe/Gerät:		Netzteil	Störaussendung			
Produktgruppe/Typnummer:		QT20.241	Kopplungsart:			
Hersteller:		Puls	GK	IK	KK	SK
Geeignet für EMV-Umgebung:		Industriebereich	x	x	x	
Zone:		Schaltschrank B	Risikoinschätzung Grundbewertung:			
Schnittstelle:		Stromversorgung Ausgang	S	F	P	R
Art des EMV-Phänomens:		Störspannungen/-ströme auf Leitung	SE1	FE2	PE1	3
Ursprung:		Schaltvorgänge im Netzteil.	Lebensphasen:			
Folgen:		Anlage geht auf Störung.	IB	B	IH	FS
Bemerkung:		-	x	x	x	x
R7.1.1		Risikominderung				
Prinzip:		Konstruktive Maßnahme	Risikoinschätzung Endbewertung:			
Verantwortung:		Elektroplaner, Schaltschrankbauer	S	F	P	R
Hersteller-/Normenverweis:		Herstellereingaben beachten	SE1	FE1	PE1	1
Maßnahmenbeschreibung:		Alle vom Hersteller vorgegebenen Maßnahmen müssen umgesetzt werden.				
Vorhersehbare Fehler:		-				
Bemerkungen:		-				

Seite 11/18

Abb. 86: Seite 11 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenförderertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 1: Risikobewertung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik

Risikobeurteilung nach Richtlinie 2014/30/EU über die elektromagnetische Verträglichkeit



Projekt:	Palettenfördertechnik Testanlage
EMV-Umgebung:	Industriebereich
Durchgeführt von:	Gerald Neuhold
Datum:	19.11.2018
Änderungsindex:	01

R8 Risiko Schütze +MC01			
R8.1	Störaussendungen, welche von den Schützen +MC01 ausgehen, werden betrachtet.		
Grundbewertung			
Anlagenteil:	Paletten System		
Baugruppe/Gerät:	Schütz		
Produktgruppe/Typnummer:	3RT		
Hersteller:	Siemens		
Geeignet für EMV-Umgebung:	Industriebereich		
Zone:	Schaltschrank B		
Schnittstelle:	Stromversorgung Eingang		
Art des EMV-Phänomens:	Störspannungsströme auf Leitung		
Ursprung:	Einschaltvorgang der Schütze.		
Folgen:	Anlage geht auf Störung.		
Bemerkung:	-		
Störungsart:			
Störaussendung			
Kopplungsart:			
GK	IK	KK	SK
x	x	x	
Risikoeinschätzung Grundbewertung:			
S	F	P	R
SE1	FE2	PE1	3
Lebensphasen:			
IB	B	IH	FS
x	x	x	x
R8.1.1 Risikominderung			
Prinzip:	Konstruktive Maßnahme		
Verantwortung:	Elektroplaner, Schaltschrankbauer		
Hersteller-/Normenverweis:	Herstellervorgaben beachten,		
Maßnahmenbeschreibung:	Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau: Entstörung von Induktivitäten		
Vorhersehbare Fehler:	Entstörerelemente werden nicht montiert -> Hinweis im E-Plan und in Stückliste aufnehmen.		
Bemerkungen:	-		
Risikoeinschätzung Endbewertung:			
S	F	P	R
SE1	FE1	PE1	1

Seite 12/18

Abb. 87: Seite 12 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.

Risikobeurteilung nach Richtlinie 2014/30/EU über die elektromagnetische Verträglichkeit



Projekt:	Palettenfördertechnik Testanlage
EMV-Umgebung:	Industriebereich
Durchgeführt von:	Gerald Neuhold
Datum:	19.11.2018
Änderungsindex:	01

Bemerkung:		-	x	x	x	x
R9.1.1 Risikominderung						
Prinzip:	Konstruktive Maßnahme					
Verantwortung:	Elektroplaner, Kunde					
Hersteller-/Normenverweis:	Herstellervorgaben beachten;					
Maßnahmenbeschreibung:	Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau: Kabeltraagsystem im Feld					
Vorhersehbare Fehler:	Das Kabeltraagsystem muss nach den Herstellerangaben installiert werden.					
Bemerkungen:	-					
Risikoeinschätzung Endbewertung:						
S	F	P	R			
SE1	FE1	PE1	1			
R9.2 Das Kabeltraagsystem muss nach dem Stand der Technik hinsichtlich der Störausfestigkeit ausgeführt werden.						
Grundbewertung						
Anlagenteil:	Paletten System					
Baugruppe/Gerät:	Kabeltrasse					
Produktgruppe/Typnummer:	-					
Hersteller:	Obo-Bettermann					
Geeignet für EMV-Umgebung:	Industriebereich					
Zone:	Feld					
Schnittstelle:	Gehäuse					
Art des EMV-Phänomens:	Ableitströme können nicht gegen Erde abgeleitet werden.					
Ursprung:	Umgebung					
Folgen:	Anlage geht auf Störung.					
Bemerkung:	-					
Störungsart:						
Störfestigkeit						
Kopplungsart:						
GK	IK	KK	SK			
x	x	x	x			
Risikoeinschätzung Grundbewertung:						
S	F	P	R			
S11	F11	P12	4			
Lebensphasen:						
IB	B	IH	FS			
x	x	x	x			
R9.2.1 Risikominderung						
Prinzip:	Konstruktive Maßnahme					
Verantwortung:	Elektroplaner, Kunde					
Hersteller-/Normenverweis:	Herstellervorgaben beachten;					
Maßnahmenbeschreibung:	Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau: Kabeltraagsystem im Feld					
Vorhersehbare Fehler:	Das Kabeltraagsystem muss nach den Herstellerangaben installiert werden.					
Bemerkungen:	-					
Risikoeinschätzung Endbewertung:						
S	F	P	R			
S11	F11	P11	1			

Seite 13/18

Abb. 88: Seite 13 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 1: Risikobewertung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenförderertechnik

Risikobeurteilung nach Richtlinie 2014/30/EU über die elektromagnetische Verträglichkeit



Projekt: Palettenförderertechnik Testanlage	
EMV-Umgebung: Industriebereich	
Durchgeführt von: Gerald Neuhold	
Datum: 19.11.2018	
Änderungsindex: 01	
Grundbewertung	
Baugruppe/Gerät:	Potenzialausgleich
Produktgruppe/Typnummer:	-
Hersteller:	Obo-Bettermann
Geeignet für EMV-Umgebung:	Industriebereich
Zone:	Feld
Schnittstelle:	Gehäuse
Art des EMV-Phänomens:	Ableitströme können nicht gegen Erde abgeleitet werden.
Ursprung:	Umgebung
Folgen:	Anlage geht auf Störung.
Bemerkung:	Anlage wird ohne Potenzialausgleich betrachtet.
R9.1.1 Risikominderung	
Prinzip:	Konstruktive Maßnahme
Verantwortung:	Elektroplaner, Kunde
Hersteller-/Normenverweis:	Herstellereingaben beachten; Regeln für einen EMV-erechten Aufbau: Potenzialausgleich im Feld
Maßnahmenbeschreibung:	Der Potenzialausgleich ist nach dem Stand der Technik herzustellen.
Vorhersehbare Fehler:	-
Bemerkungen:	-
R9.2 Der Potenzialausgleich muss nach dem Stand der Technik hinsichtlich der Störfestigkeit hergestellt werden.	
Grundbewertung	
Anlagenteil:	Paletten System
Baugruppe/Gerät:	Potenzialausgleich
Produktgruppe/Typnummer:	-
Hersteller:	Obo-Bettermann
Geeignet für EMV-Umgebung:	Industriebereich
Zone:	Feld
Schnittstelle:	Gehäuse
Art des EMV-Phänomens:	Ableitströme können nicht gegen Erde abgeleitet werden.
Ursprung:	Umgebung
Folgen:	Anlage geht auf Störung.
Bemerkung:	Anlage wird ohne Potenzialausgleich betrachtet.
R9.2.1 Risikominderung	
Prinzip:	Konstruktive Maßnahme
Verantwortung:	Elektroplaner, Kunde
Hersteller-/Normenverweis:	Herstellereingaben beachten; Regeln für einen EMV-erechten Aufbau: Potenzialausgleich im Feld

Seite 14/18

Abb. 89: Seite 14 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenförderertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.

Risikobeurteilung nach Richtlinie 2014/30/EU über die elektromagnetische Verträglichkeit



Projekt: Palettenförderertechnik Testanlage	
EMV-Umgebung: Industriebereich	
Durchgeführt von: Gerald Neuhold	
Datum: 19.11.2018	
Änderungsindex: 01	
Maßnahmenbeschreibung: Der Potenzialausgleich ist nach dem Stand der Technik herzustellen.	
Vorhersehbare Fehler: -	
Bemerkungen: -	
R10 Risiko Mobile Panel Anschlussbox im Feld	
R10.1 Störfestigkeit der Stromversorgung für die Mobile Panel Anschlussbox im Feld wird betrachtet.	
Grundbewertung	
Anlagenteil:	Paletten System
Baugruppe/Gerät:	Mobile Panel Anschlussbox
Produktgruppe/Typnummer:	6AV2125-2AE23-0AX0
Hersteller:	Siemens
Geeignet für EMV-Umgebung:	Industriebereich
Zone:	Feld
Schnittstelle:	Stromversorgung Eingang
Art des EMV-Phänomens:	Störspannungen/-ströme auf Leitung
Ursprung:	Umgebung
Folgen:	Anlage geht auf Störung.
Bemerkung:	Die Wahrscheinlichkeit, dass über die Stromversorgung Störspannungen/-ströme die Funktion der Dezentralen Peripherie beeinträchtigt ist eher unwahrscheinlich.
R10.2 Mögliche Einwirkung über die Profinetteilung auf die Mobile Panel Anschlussbox im Feld wird betrachtet.	
Grundbewertung	
Anlagenteil:	Paletten System
Baugruppe/Gerät:	Mobile Panel Anschlussbox
Produktgruppe/Typnummer:	6AV2125-2AE23-0AX0
Hersteller:	Siemens
Geeignet für EMV-Umgebung:	Industriebereich
Zone:	Feld
Schnittstelle:	Profinet
Art des EMV-Phänomens:	Störspannungen/-ströme auf Leitung
Ursprung:	Umgebung
Folgen:	Anlage geht auf Störung.
Bemerkung:	-
R10.2.1 Risikominderung	
Prinzip:	Konstruktive Maßnahme
Verantwortung:	Elektroplaner, Schaltschrankbauer

Seite 15/18

Abb. 90: Seite 15 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenförderertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 1: Risikobewertung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik

Risikobeurteilung nach Richtlinie 2014/30/EU über die elektromagnetische Verträglichkeit



Projekt:		Palettenfördertechnik Testanlage	
EMV-Umgebung:		Industriebereich	
Durchgeführt von:		Gerald Neuhold	
Datum:		19.11.2018	
Änderungsindex:		01	
Hersteller-Normenverweis:		Herstellereingaben beachten; Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau: Schirmung von Kabel und Leitungen	
Maßnahmenbeschreibung:		Beim Anschluss von Kabel/Leitungen darauf achten, dass alle Schirme großflächig mit der Schirmschiene verbunden sind!	
Vorhersehbare Fehler:		Schirmung wird nicht fachgerecht ausgeführt --> Hinweis im E-Plan auf fachgerechte Schirmung.	
Bemerkungen:		-	
R10.2.2		Risikominderung	
Prinzip:		Konstruktive Maßnahme	
Verantwortung:		Elektroplaner, Schaltschrankbauer	
Hersteller-Normenverweis:		Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau: EMV-Zonen und Schutzmaßnahmen im Schaltschrank	
Maßnahmenbeschreibung:		Steuer- und Leistungsadern im Schaltschrank getrennt verlegen, Kreuzungen von Leitungen nur in einem Winkel von 90°.	
Vorhersehbare Fehler:		-	
Bemerkungen:		-	
Risiko SmartMotor		Risikoeinschätzung Endbewertung:	
R11.1		Störaussendung der SmartMotoren im Feld wird betrachtet.	
Anlagenteil:		Paletten System	
Baugruppe/Gerät:		Motor	
Produktgruppe/Typnummer:		SmartMotor	
Hersteller:		Lenze	
Geeignet für EMV-Umgebung:		Industriebereich	
Zone:		Feld	
Schnittstelle:		Stromversorgung Ausgang	
Art des EMV-Phänomens:		Störfelder an die Umgebung	
Ursprung:		Leistungselektronik des Frequenzumrichters.	
Folgen:		Unkontrollierte Zustände der Anlage	
Bemerkung:		-	
R11.1.1		Risikominderung	
Prinzip:		Konstruktive Maßnahme	
Verantwortung:		Elektroplaner, Schaltschrankbauer	
Hersteller-Normenverweis:		Herstellereingaben beachten; Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau; Installation von Geräten im Feld, Schirmung von Kabeln und Leitungen	
Maßnahmenbeschreibung:		SmartMotoren müssen in den Potenzialausgleich miteinbezogen werden.	
Vorhersehbare Fehler:		-	
Bemerkungen:		-	

Seite 16/18

Abb. 91: Seite 16 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.

Risikobeurteilung nach Richtlinie 2014/30/EU über die elektromagnetische Verträglichkeit



Projekt:		Palettenfördertechnik Testanlage	
EMV-Umgebung:		Industriebereich	
Durchgeführt von:		Gerald Neuhold	
Datum:		19.11.2018	
Änderungsindex:		01	
R11.1.2		Risikominderung	
Prinzip:		Konstruktive Maßnahme	
Verantwortung:		Elektroplaner, Schaltschrankbauer	
Hersteller-Normenverweis:		Herstellereingaben beachten; Regeln für einen EMV-gerechten Aufbau: Schirmung von Kabeln und Leitungen	
Maßnahmenbeschreibung:		Für die Leitungseinführung müssen EMV-gerechte Verschraubungen verwendet werden.	
Vorhersehbare Fehler:		-	
Bemerkungen:		-	
R11.2		Störfestigkeit der SmartMotoren im Feld wird betrachtet.	
Anlagenteil:		Paletten System	
Baugruppe/Gerät:		Motor	
Produktgruppe/Typnummer:		SmartMotor	
Hersteller:		Lenze	
Geeignet für EMV-Umgebung:		Industriebereich	
Zone:		Feld	
Schnittstelle:		Digitaler Eingang	
Art des EMV-Phänomens:		Störspannungen/-ströme auf Leitung	
Ursprung:		Umgebung	
Folgen:		Unkontrollierte Zustände der Anlage	
Bemerkung:		-	
R11.2.1		Risikominderung	
Prinzip:		Konstruktive Maßnahme	
Verantwortung:		Elektroplaner, Schaltschrankbauer	
Hersteller-Normenverweis:		Herstellereingaben beachten	
Maßnahmenbeschreibung:		Herstellereingaben sind im Zusammenhang mit der Verkabelung der Signale umzusetzen.	
Vorhersehbare Fehler:		-	
Bemerkungen:		-	
Risiko Sensorik		Risikoeinschätzung Endbewertung:	
R12.1		Störaussendung der Sensorik im Feld wird betrachtet.	
Anlagenteil:		Paletten System	
Baugruppe/Gerät:		Lichttaster	
Produktgruppe/Typnummer:		WL	

Seite 17/18

Abb. 92: Seite 17 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 1: Risikobewertung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik

Risikobeurteilung nach Richtlinie 2014/30/EU über die elektromagnetische Verträglichkeit



Projekt:		Palettenfördertechnik Testanlage			
EMV-Umgebung:		Industriebereich			
Durchgeführt von:		Gerald Neuhold			
Datum:		19.11.2018			
Änderungsindex:		01			
Hersteller:	Sick	GK	IK	KK	SK
Geeignet für EMV-Umgebung:	Industriebereich	x	x	x	
Zone:	Feld	Risikoinschätzung Grundbewertung:			
Schnittstelle:	Digitaler Ausgang	S	F	P	R
Art des EMV-Phänomens:	Störfelder an die Umgebung	SE1	FE1	PE1	1
Ursprung:	Elektronik des Sensors, gepulstes Ausgangssignal.	Lebensphasen:			
Folgen:	Unkontrollierte Zustände der Anlage	IB	B	IH	FS
Bemerkung:	Die Ausgangssignale haben keinen großen Einfluss auf die Funktion der Anlage.	x	x	x	x

R12.2	Störfestigkeit der Sensorik im Feld wird betrachtet.				
		Grundbewertung			
Anlagenteil:	Paletten System	Störungsart:			
Baugruppe/Gerät:	Lichttaster	Störfestigkeit:			
Produktgruppe/Typnummer:	WL	Kopplungsart:			
Hersteller:	Sick	GK	IK	KK	SK
Geeignet für EMV-Umgebung:	Industriebereich	x	x	x	
Zone:	Feld	Risikoinschätzung Grundbewertung:			
Schnittstelle:	Stromversorgung Eingang	S	F	P	R
Art des EMV-Phänomens:	Störspannungen/-ströme auf Leitung	S12	F11	P11	3
Ursprung:	Umgebung	Lebensphasen:			
Folgen:	Anlage geht auf Störung.	IB	B	IH	FS
Bemerkung:	Die Wahrscheinlichkeit, dass über die Stromversorgung Störspannungen/-ströme die Funktion der Sensorik beeinträchtigt ist eher unwahrscheinlich.	x	x	x	x

Seite 18/18

Abb. 93: Seite 18 der Risikobeurteilung und Festlegung der Maßnahmen zur Risikominderung nach EMV-Richtlinie für eine Palettenfördertechnik, Quelle: Eigene Darstellung.

ANHANG 2: EMV-MESSERGEBNISSE AN EINEM AUTOMATISCHEN KLEINTEILELAGER-REGALBEDIENGERÄT

Auf den folgenden Seiten sind die einzelnen EMV-Messungen aus Tab. 22 ersichtlich.

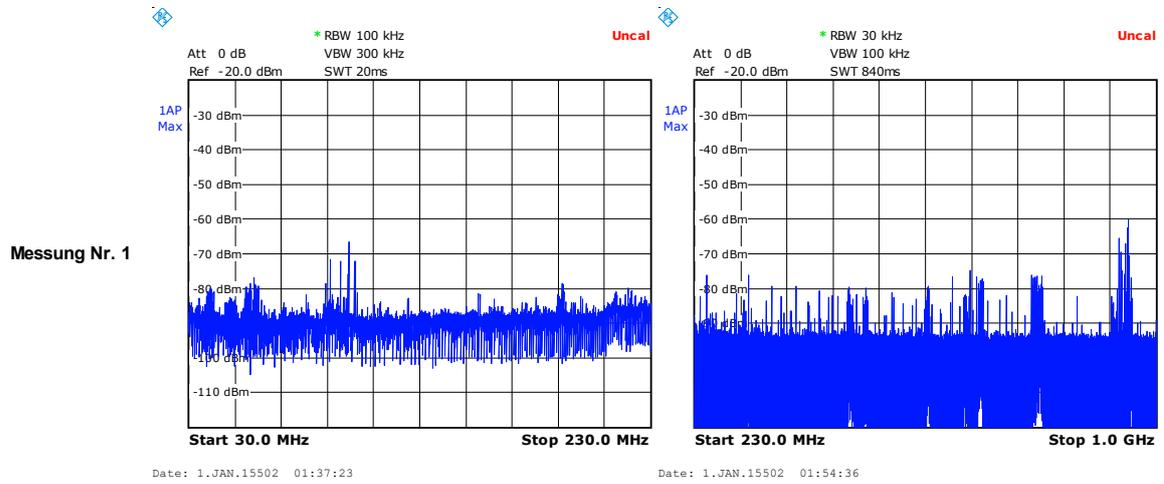


Abb. 94: EMV-Messung Nr. 1 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

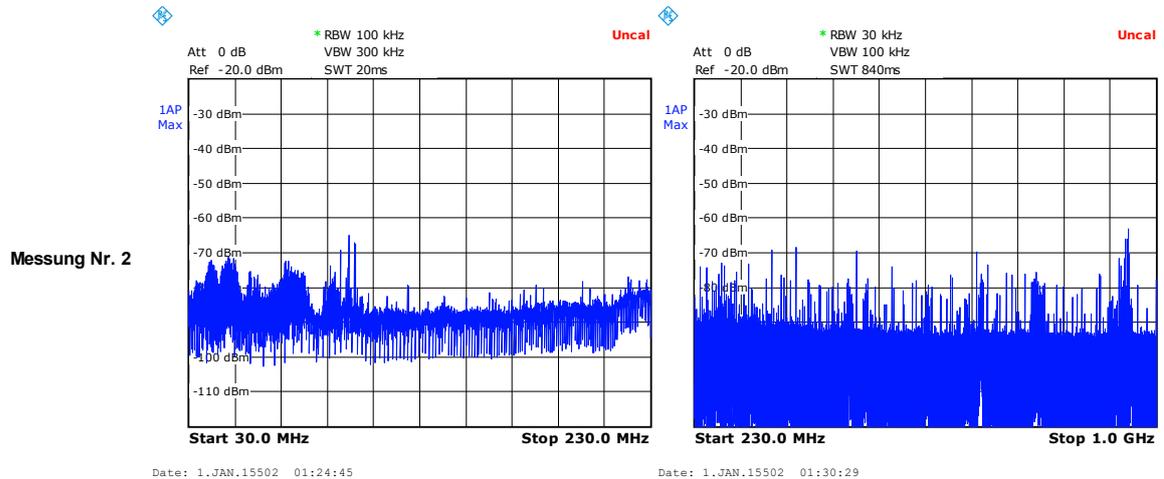


Abb. 95: EMV-Messung Nr. 2 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

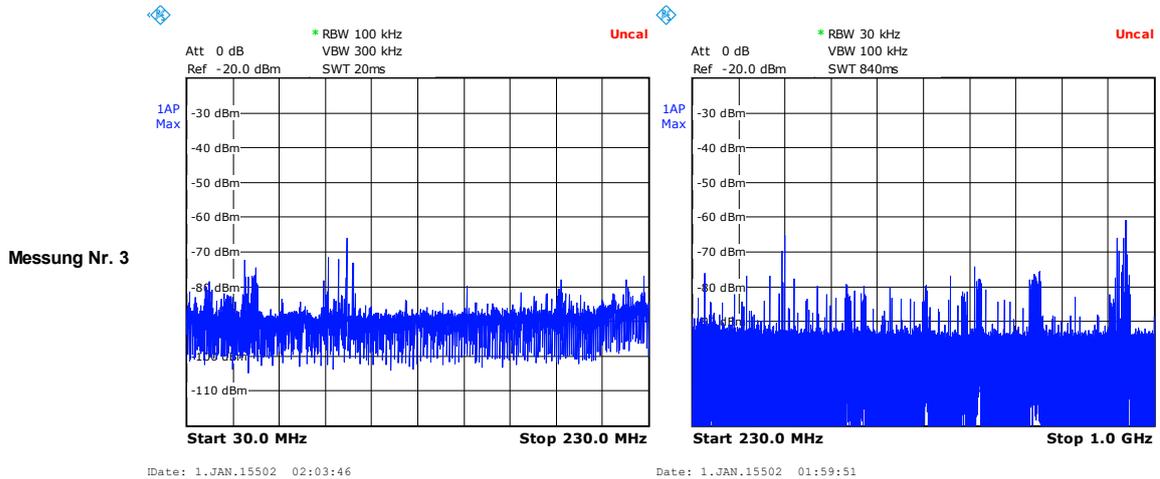


Abb. 96: EMV-Messung Nr. 3 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

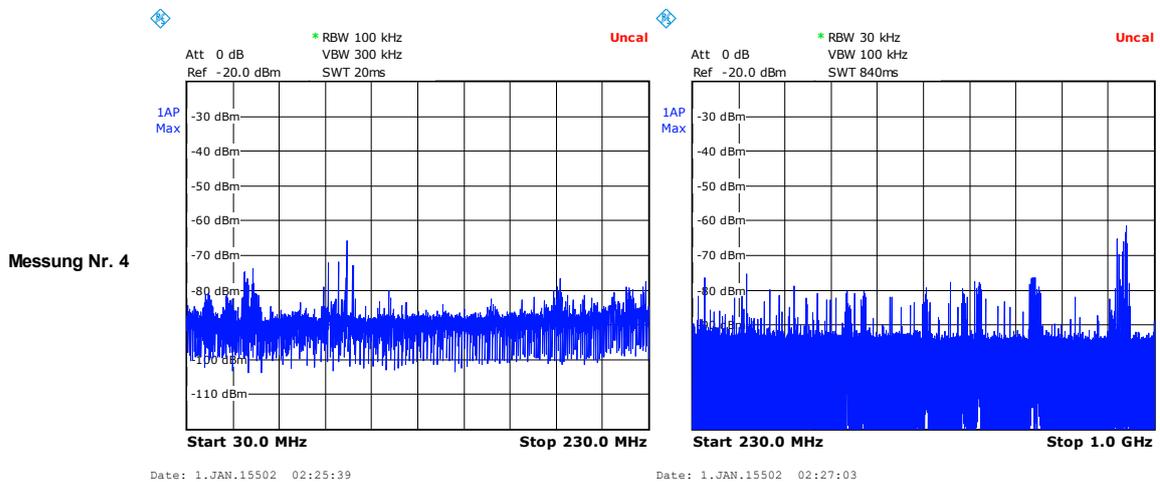


Abb. 97: EMV-Messung Nr. 4 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

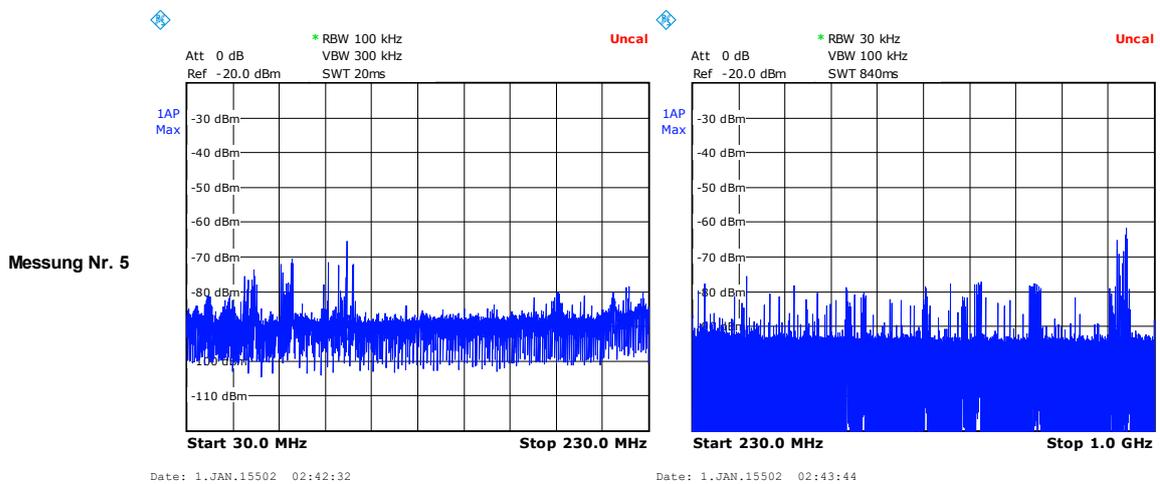


Abb. 98: EMV-Messung Nr. 5 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

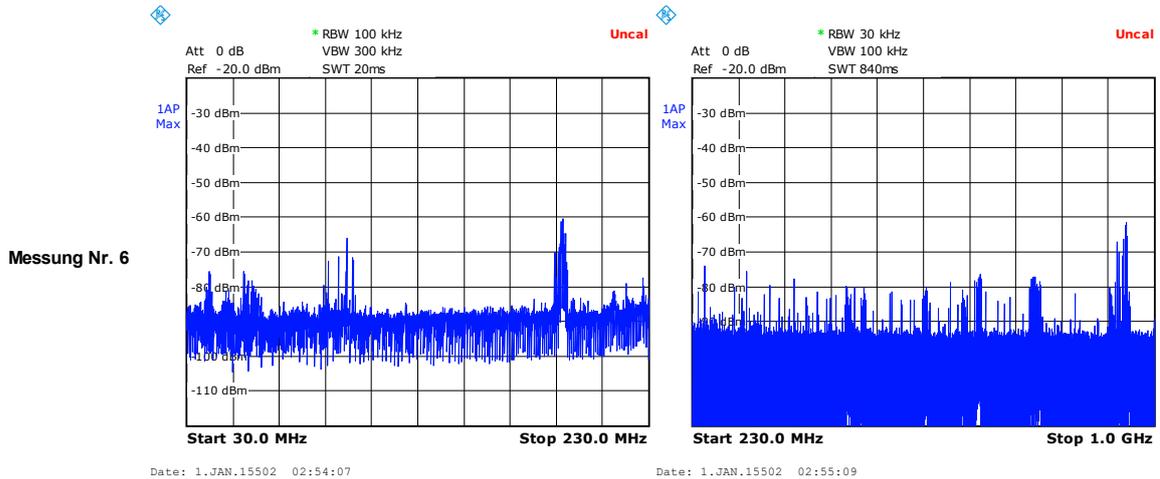


Abb. 99: EMV-Messung Nr. 6 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

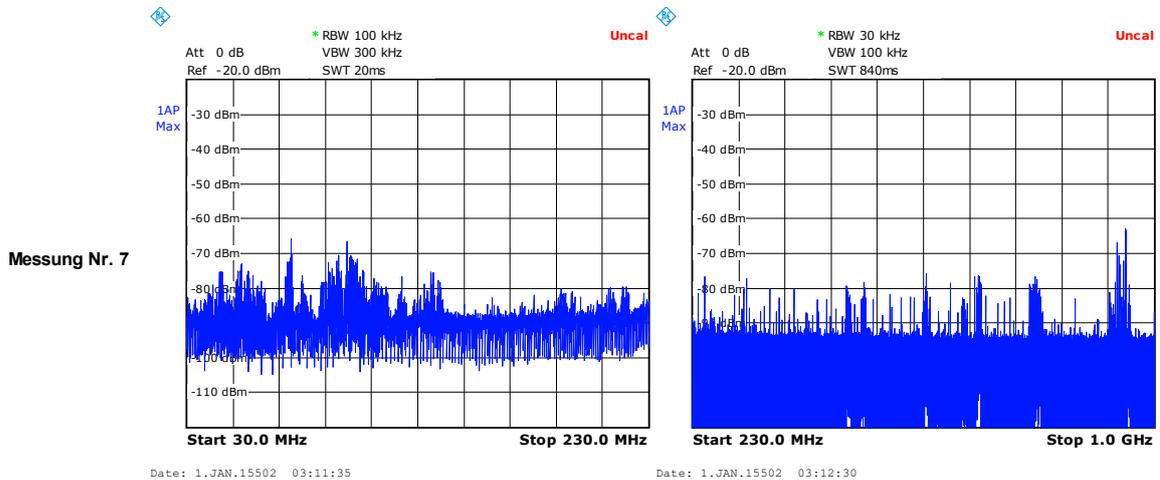


Abb. 100: EMV-Messung Nr. 7 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

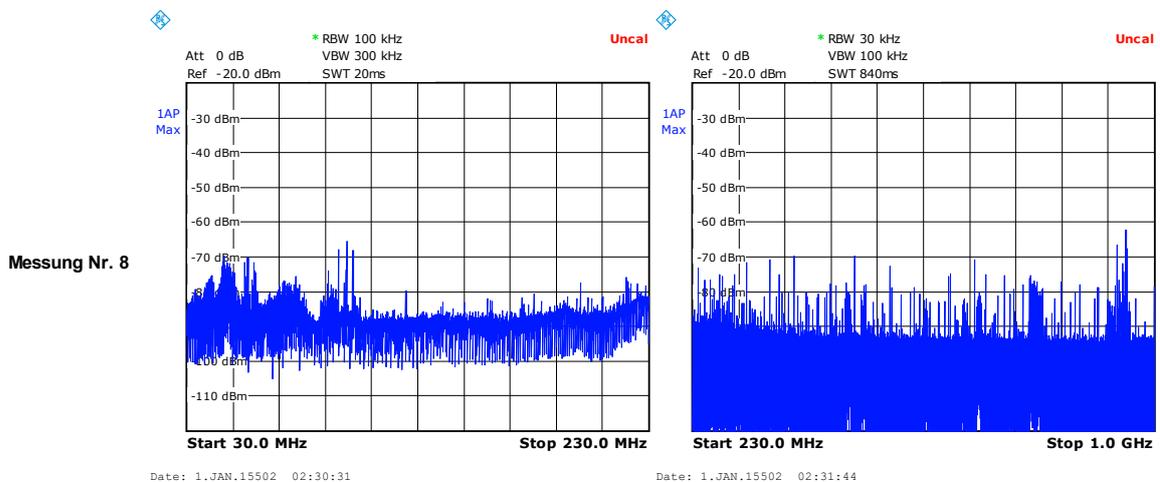


Abb. 101: EMV-Messung Nr. 8 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 2: EMV-Messergebnisse an einem automatischen Kleinteilelager-Regalbediengerät

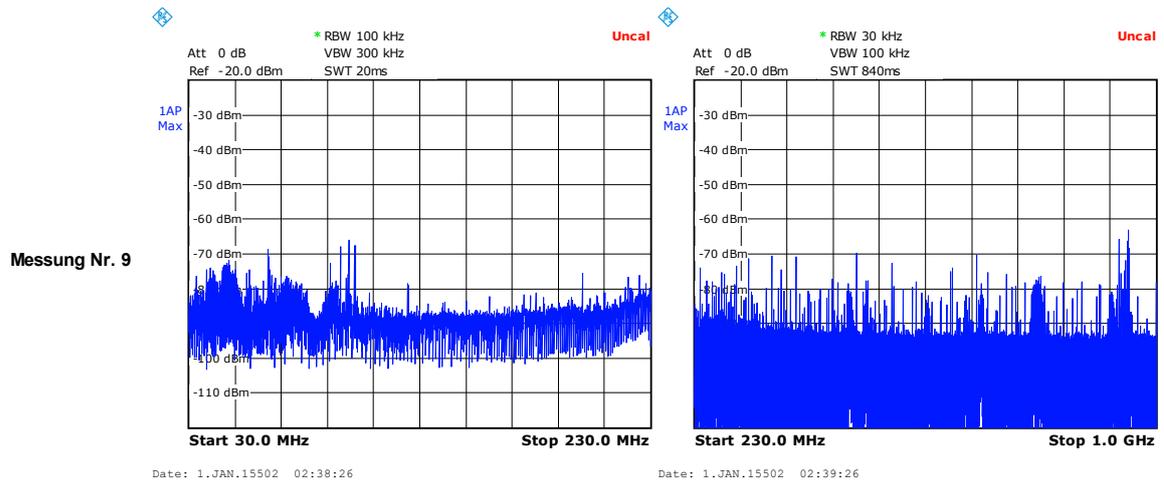


Abb. 102: EMV-Messung Nr. 9 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

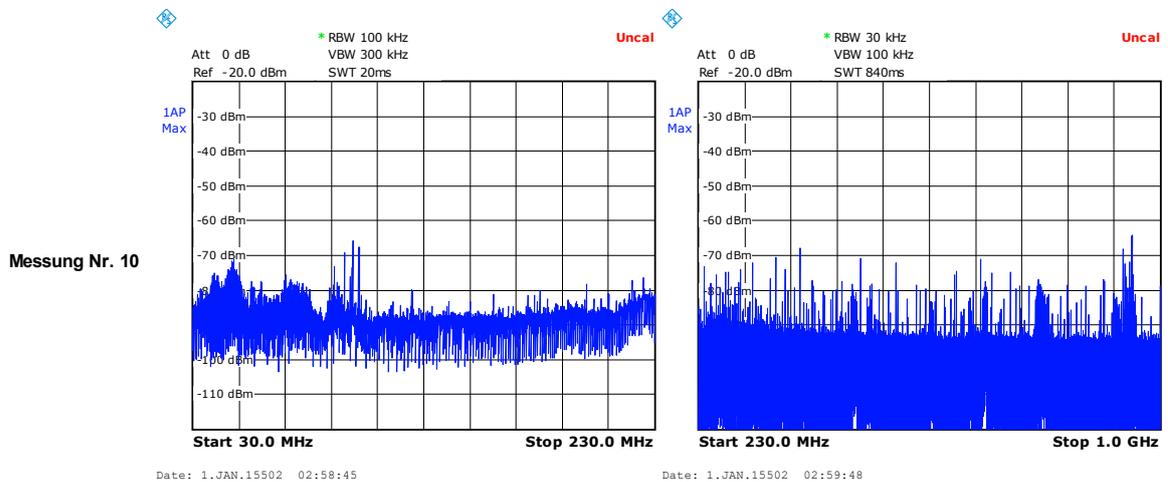


Abb. 103: EMV-Messung Nr. 10 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

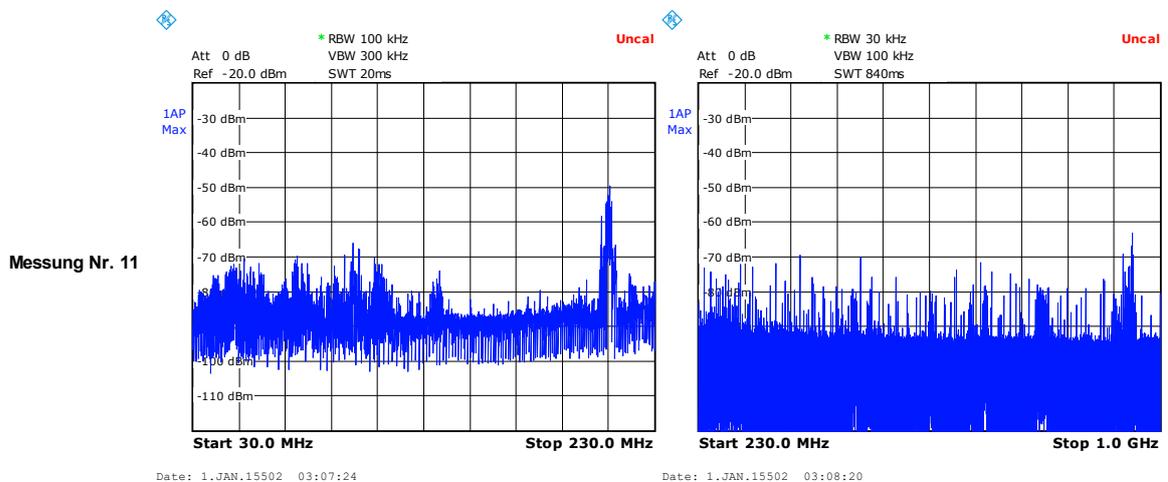


Abb. 104: EMV-Messung Nr. 11 an einem AKL-RBG, Quelle: Eigene Darstellung.

ANHANG 3: EMV-MESSERGESBNISSSE AN EINER PALETTENFÖRDERTECHNIK

Auf den folgenden Seiten sind die einzelnen EMV-Messungen aus Tab. 24 ersichtlich.

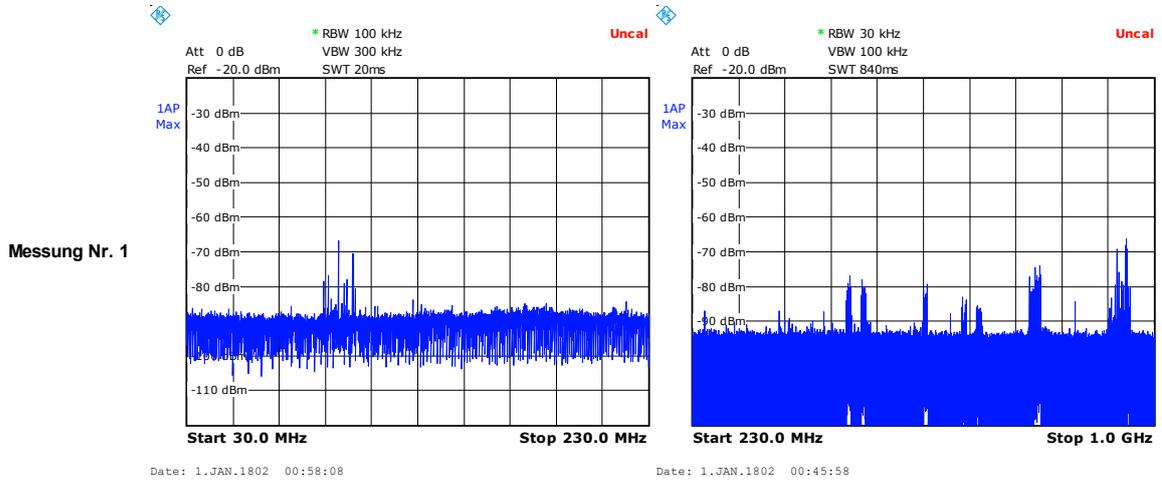


Abb. 105: EMV-Messung Nr. 1 an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.

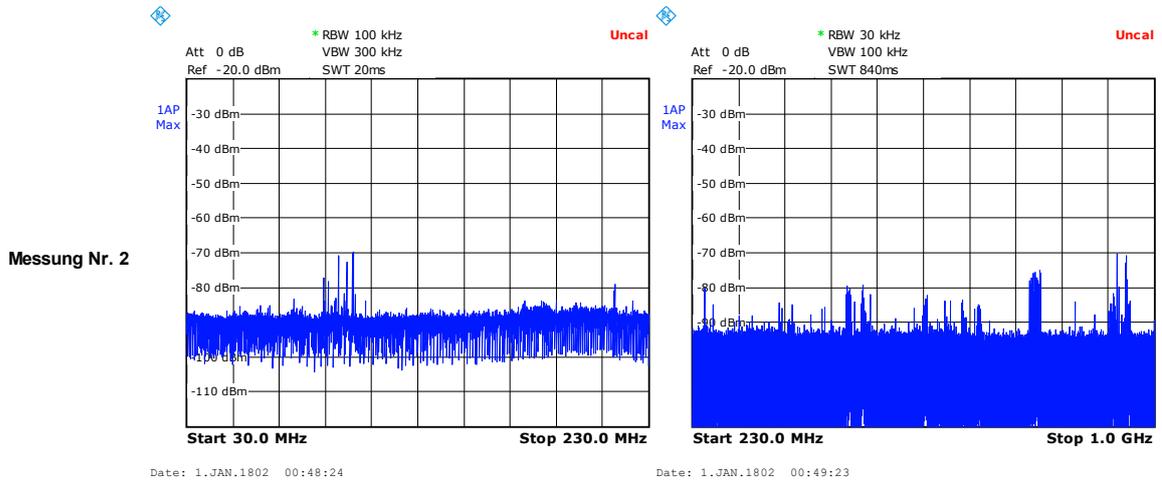


Abb. 106: EMV-Messung Nr. 2 an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.

Anhang 3: EMV-Messergebnisse an einer Palettenfördertechnik

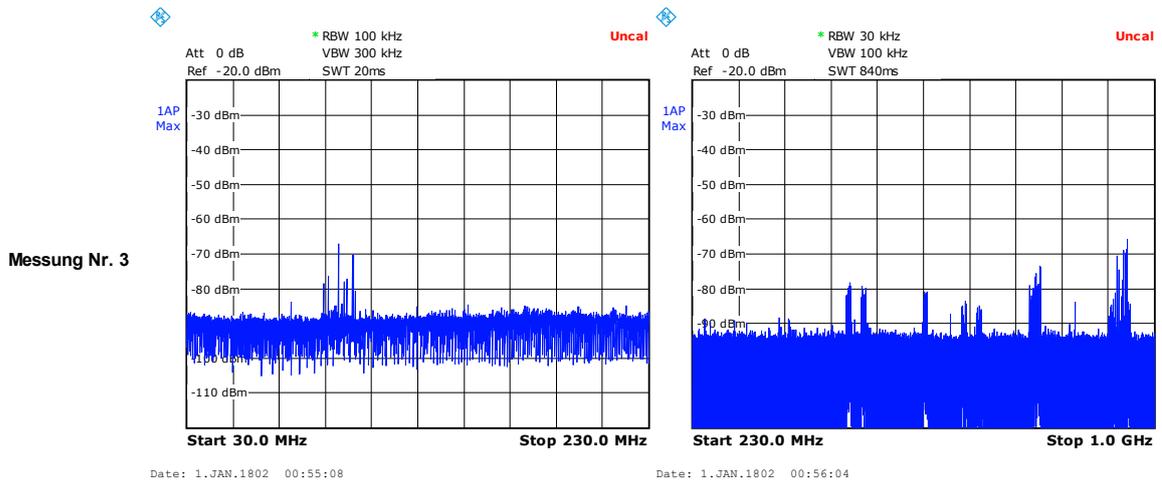


Abb. 107: EMV-Messung Nr. 3 an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.

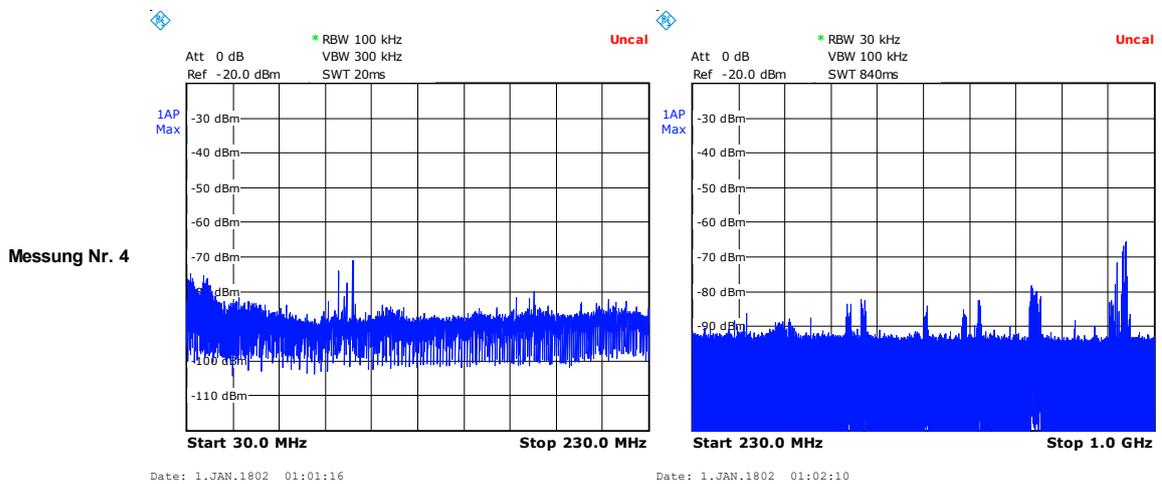


Abb. 108: EMV-Messung Nr. 4 an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.

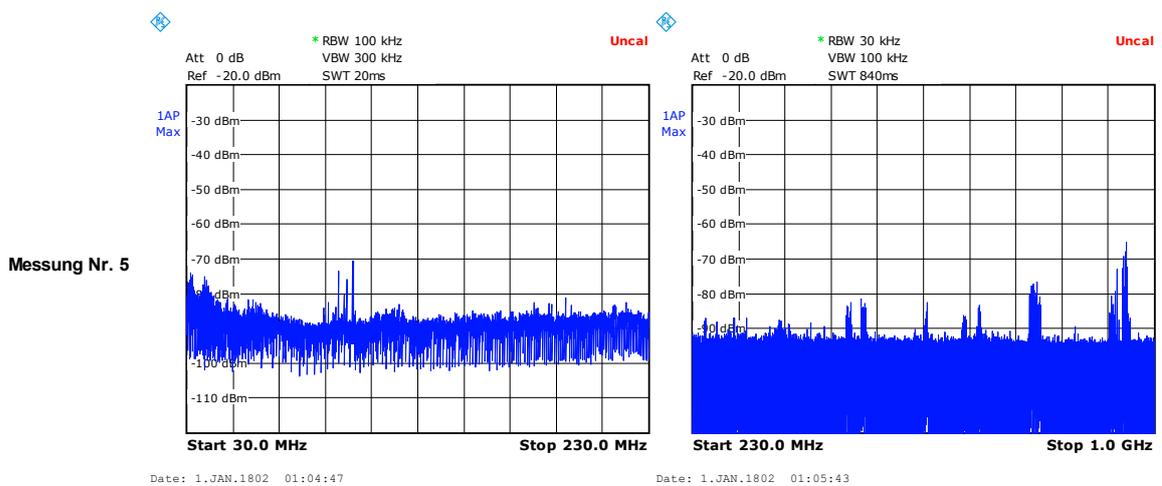


Abb. 109: EMV-Messung Nr. 5 an einer PFT, Quelle: Eigene Darstellung.