

Anwendungsgerechtes Beispiel einer Sicherheits- und Risikobewertung anhand der Methodik einer FMEA

Einleitung:

Seit der Überarbeitung von DIN VDE 0100-420 zum Oktober 2019 gibt es die Anforderung, zur Erkennung von besonderen Risiken durch Auswirkungen von Fehlerlichtbögen in Endstromkreisen für bestimmte Räume und Orte bereits in der Planungsphase eine **Risiko- und Sicherheitsbewertung** durchzuführen und das Ergebnis zu dokumentieren.

Zur Umsetzung der Anforderungen nach der DIN VDE 0100-420 haben ZVEH und ZVEI einen **Leitfaden zur Risikobewertung nach DIN VDE 0100-420:2019-10 für Elektroplaner, Elektroinstallateure und Errichter**, herausgegeben. Im Flussdiagramm des Leitfadens wird auf das vorliegende Dokument verwiesen, in dem eine Möglichkeit für eine grundsätzliche und praktikable Vorgehensweise aufgezeigt wird, wie die Risiko- und Sicherheitsbewertung zum Fehlerlichtbogenschutz umgesetzt werden kann. In diesem Dokument wird die **FMEA** (Failure Mode and Effects Analysis / Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse) als eine bewährte Vorgehensweise zur Durchführung der geforderten Risiko- und Sicherheitsbewertung vorgestellt, mit der systematisch Risiken identifiziert, analysiert und bzgl. ihrer Auswirkungen klassifiziert werden können. Mit einer FMEA lassen sich bereits vorbeugend Fehler in technischen Systemen verhindern bzw. deren Auswirkungen minimieren.

Kernelement der FMEA ist, eine Bewertung eines zuvor identifizierten möglichen Fehlers bezüglich seiner Auftretenswahrscheinlichkeit (A), seine Bedeutung bzw. Auswirkung (B) und der Entdeckungswahrscheinlichkeit (E), überhaupt entdeckt zu werden, vorzunehmen. Dazu wird jedem Parameter je nach Schwere und Bedeutung eine Zahl zwischen 1 und 10 zugeordnet. Diese Klassifizierung ist allerdings nicht analytisch ableitbar, sondern eine empirische Festlegung. Die Verknüpfung dieser so ermittelten Risikofaktoren durch Multiplikation ergibt das Gesamtrisiko, auch als Risikoprioritätszahl (RPZ) bezeichnet. Diese RPZ wiederum kann als Kriterium herangezogen werden, um über Maßnahmen zur Risikobegrenzung zu entscheiden.

Eine beispielhafte Festlegung einer aus der RPZ ableitbaren praktischen Konsequenz ist:

RPZ	Fehlerrisiko	Handlungsbedarf	Maßnahmen
100 ... 1.000	hoch	dringender Handlungsbedarf	müssen formuliert und umgesetzt werden
50 ... 100	mittel	Handlungsbedarf	sollten formuliert und umgesetzt werden
2 ... 50	akzeptabel	kein zwingender Handlungsbedarf	können formuliert und umgesetzt werden
1	keines	kein Handlungsbedarf	keine

Quelle: [Organisationshandbuch des BMI](#), (Bundesministerium des Inneren, für Bau und Heimat)

Es fällt dabei auf, dass ein Anstieg des Risikos nicht linear mit ansteigender RPZ einhergeht. Dies liegt an der Art der Verknüpfung der einzelnen Elemente zu einem Gesamtrisiko über eine Multiplikation - eine ermittelte RPZ von 500 ist somit niemals als „mittleres Gesamtrisiko“ zu bewerten, auch wenn der Wertebereich zwischen 1 und 1000 liegt.

Auf den folgenden Seiten wird beispielhaft die Anwendung der FMEA-Methodik dargestellt.

Dabei wird aufgrund der Klassifizierung der Faktoren B, A und E der resultierende RPZ-Wert, ab dem Maßnahmen notwendig sind, unter Berücksichtigung der möglichen Kombinationen sowie dem Aufwand und Nutzen auf ≥ 200 gelegt.

Da es hinsichtlich des Risikos der Entstehung eines Fehlerlichtbogens bisher keine belegbaren Erfahrungen gibt, beruht die Festlegung des Schwellwertes auf einer Annahme. Änderungen sind vorbehalten.

Risikobewertung nach DIN VDE 0100-420: 2019-10

Objekt:		Wohnung:	
Adresse:		Stockwerk:	

1. Vorhandene Räume entsprechend der Spiegelstriche eins bis vier nach 421.7 der DIN VDE 0100-420:2019-10	ja	nein
Räumlichkeiten mit Schlafgelegenheit	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Räume oder Orte mit besonderem Brandrisiko	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Räume oder Orte aus Bauteilen mit brennbaren Baustoffen, wenn diese einen geringeren Feuerwiderstand als feuerhemmend aufweisen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Räume oder Orte mit Gefährdungen für unersetzbare Güter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>Anmerkung: Berücksichtigung von Evakuierungsbedingungen (siehe DIN VDE 0100-420: 422.2.1)</i>		
<ul style="list-style-type: none"> - Falls mit ja beantwortet mit Punkt 2 fortfahren. - Falls keine Räume nach Punkt 1 vorhanden sind, weiter mit Punkt 4.1 		

2. Bereits nach DIN VDE 0100-420 ergriffene Maßnahmen		
Anlagentechnisch	Allgemeiner Einsatz von AFDD	<input type="checkbox"/> Weiter mit 4.2
Organisatorisch		
Baulich		

3. Risikoanalyse der unter Punkt 1 vermerkten Gebäude															
Ergebnis der FMEA auf Basis der Erstbewertung							Ergebnis der FMEA unter Berücksichtigung zusätzlicher Maßnahmen								
Ort	B	*	A	*	E	=	RPZ	RPZ > 200 ergriffene Maßnahme	B	*	A	*	E	=	RPZ neu
		*		*		=				*		*		=	
		*		*		=				*		*		=	
		*		*		=				*		*		=	
		*		*		=				*		*		=	
<i>Anmerkung: Einsatz eines AFDDs führt zum Faktor 1 in Spalte (E). Diese Faktoren können vom Anwender unter Berücksichtigung der vorliegenden Situation und der persönlichen Einschätzung ausgehend von den Basiswerten projektspezifisch angepasst werden.</i>															
Alle RPZ (rechte Seite) sind $\leq 200 \rightarrow \square \rightarrow$ Fortfahren mit 4.3.															

4. Bewertung		
4.1	Keine weiteren Maßnahmen nach Abschnitt 421.7 der DIN VDE 0100-420: 2019-10 notwendig	<input type="checkbox"/>
4.2	Besondere Risiken wurden erkannt. Zur Risikominimierung und Erreichung eines allgemein akzeptierten Risikos wurde in die betroffenen Endstromkreise eine Fehlerlichtbogenschutzeinrichtung (AFDD) als anlagentechnische Maßnahme eingebaut.	<input type="checkbox"/>
4.3	Besondere Risiken wurden erkannt. Zur Risikominimierung und Erreichung eines allgemein akzeptierten Risikos wurden für die betroffenen Endstromkreise anlagentechnische, organisatorische und/oder bauliche Maßnahmen umgesetzt.	<input type="checkbox"/>

Ort, Datum

Unterschrift(en)

Weiterführende Informationen zur Durchführung der Sicherheits- und Risikobewertung

Bedeutung, Auswirkung (B) (eines Fehlerlichtbogens in der festen Installation oder bei ortsveränderlichen Betriebsmitteln, der zu Feuer oder Rauch führt)	
10	Direkte Personengefährdung ODER Zerstörung von kritischen / unwiederbringlichen Sachwerten; <ul style="list-style-type: none"> - Auf Personen, z.B. aufgrund „offenes Feuer, Rauch“ und Evakuierungsmöglichkeit (Mobilität der Bewohner, Stockwerk, Menschenmassen, ...“) - Auf Sachwerte
7	indirekte Personengefährdung ODER Zerstörung von Sachwerten in nennenswertem Ausmaß;
4	keine direkte Personengefährdung UND nur Zerstörung von Sachwerten in geringem Umfang (im üblichen Maß ersetzbar);
1	keine Auswirkung auf Personen UND keine Auswirkungen auf kritische Sachwerte / Anlagen
Anmerkung: Individuelle örtliche Gegebenheiten können von den Basiswerten ausgehend nach unten und oben eigenverantwortlich vom Anwender angepasst werden.	

Auftretenswahrscheinlichkeit (A) (eines Fehlerlichtbogens in der festen Installation oder bei ortsveränderlichen Betriebsmitteln, der zu einem Feuer oder Rauch führen könnte)	
<ul style="list-style-type: none"> - Mechanische Belastung durch häufiges Stecken, viele verschiedene Verbraucher, ... - Zustand / Alter der elektrischen Anlage (bei Nutzungsänderung bzw. Erweiterung) - Art der Ausführung der elektrischen Anlage - Belastung / Lastprofil der Anlage 	
10	hohe Auftretenswahrscheinlichkeit (z.B. hohe Lasten, viele Abzweige, Zyklenbelastung, äußere mechanische Beanspruchungen, viele verschiedene Betriebsmittel, gealterte Betriebsmittel Umweltbedingungen, wechselnde Betriebsmittel, wechselnde Nutzer, häufige Umbauten, lose Klemmstellen; Beschädigung von Kabeln / Leitungen und Betriebsmitteln als Folge von Gebrauch bzw. Montagen; Räumlichkeiten mit erhöhten Gefährdungen, wie z.B. Schreinereien, Werkstätten, Landwirtschaft,
7	Gebäude / Räumlichkeiten mit „haushaltsnaher“ Nutzung ohne regelmäßige Überprüfung
4	Gebäude / Räumlichkeiten mit „haushaltsnaher“ Nutzung mit regelmäßiger Überprüfung nach DGUV V3 (z.B. E-CHECK)
1	nahezu ausgeschlossen z.B. nicht geschnitten, bauliche Maßnahmen (z.B. vollständig unter Putz), keine beweglichen Verbraucher
Anmerkung: Individuelle örtliche Gegebenheiten können von den Basiswerten ausgehend nach unten und oben eigenverantwortlich vom Anwender angepasst werden.	

Entdeckungswahrscheinlichkeit (E) Einschätzung der Entdeckungswahrscheinlichkeit vor Eintritt einer gefährlichen Situation für Personen, Nutztieren oder Sachwerten	
Wahrscheinlichkeit der Entdeckung der Fehlerstelle bzw. eines auftretenden Fehlerlichtbogens	
10	<ul style="list-style-type: none"> - Keine regelmäßige Anwesenheit von Personen oder - In dem Raum schlafen Personen oder - Es sind Personen mit erhöhtem Betreuungsbedarf vorhanden oder - Die Installation wird nicht regelmäßig von fachkundigen Personen überprüft
7	<ul style="list-style-type: none"> - Regelmäßige Anwesenheit von Personen oder - Die ortsfeste Installation und ortsveränderliche Betriebsmittel werden regelmäßig von einer Elektrofachkraft überprüft
1	<ul style="list-style-type: none"> - Umsetzung einer Anlagentechnischen Maßnahme, wie z.B. einen AFDD oder - Umsetzung einer organisatorischen Maßnahme, wie z.B. ständige Anwesenheit einer qualifizierten Person (z.B. Elektrofachkraft), die die Gefahren durch eine Beschädigung in der ortsfeste Installation und ortsveränderliche Betriebsmittel rechtzeitig erkennt und z.B. bei Rauch- oder Geruchsentwicklung zeitnah richtig reagiert (z.B. Strom im Verteiler abschalten oder Lichtbogen mit Feuerlöscher löschen).
Anmerkung: Individuelle örtliche Gegebenheiten können von den Basiswerten ausgehend nach unten und oben eigenverantwortlich vom Anwender angepasst werden.	

Die sogenannte Risikoprioritätszahl (RPZ) basiert auf einer Multiplikation der jeweiligen Faktoren aus Bedeutung (B), Auftretenswahrscheinlichkeit (A) und Entdeckungswahrscheinlichkeit (E)

$$RPZ = B \times A \times E$$

Die RPZ kann folgende Werte annehmen:

RPZ <100	Geringes Risiko	Keine weiteren Maßnahmen notwendig
100 ≤ RPZ < 200	Mittleres Risiko	In der Werteabwägung werden zusätzliche Maßnahmen empfohlen
RPZ ≥200	Hohes Risiko	Es sind zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen

Beispiele zur Erklärung der Systematik auf Basis der Spiegelstriche der Norm:

Die FMEA Methodik basiert auf den nachfolgenden Risikofaktoren:

Bedeutung (B)

Auftretenswahrscheinlichkeit (A)

Entdeckungswahrscheinlichkeit (E)

Diese Faktoren können vom Anwender unter Berücksichtigung der vorliegenden Situation und der persönlichen Einschätzung ausgehend von den Basiswerten projektspezifisch angepasst werden.

Räumlichkeiten mit Schlafgelegenheiten

(nach VDE 0100-420, 421.7, erster Spiegelstrich)

Situation	Räume oder Orte	B	A	E	RPZ
Freistehendes Einfamilienhaus, zweigeschossiger Neubau, errichtet nach Stand der Technik, Kabel und Leitungen unter Putz	Schlafraum Kind / Kinderzimmer	7	4	10	280
7 da indirekte Personengefährdung der Kinder (B) 4 aufgrund haushaltsnaher Nutzung und wenig Betriebsmittel (A) 10 aufgrund schlafender Personen und Personen mit erhöhtem Betreuungsaufwand (E) RPZ = 280 → Es sind zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen					
Freistehendes Einfamilienhaus, zweigeschossiger Neubau, errichtet nach Stand der Technik, Kabel und Leitungen unter Putz	Schlafraum Eltern klass. EFH	6	3	10	180
6 da indirekte Personengefährdung (B) 3 aufgrund haushaltsnaher Nutzung und nur Wecker und Leuchten als dauernde Betriebsmittel (A) 10 aufgrund schlafender Personen (E) RPZ = 180 → In der Werteabwägung werden zusätzliche Maßnahmen empfohlen					
Freistehendes Einfamilienhaus nach DIN 18040-2, zweigeschossiger Neubau, errichtet nach Stand der Technik, Kabel und Leitungen unter Putz	Schlafraum Eltern nach DIN 18040-2	10	4	10	400
10 da Personen mit erhöhtem Betreuungsaufwand und diese ggf. nicht mobil sind (B) 4 aufgrund haushaltsnaher Nutzung und wenig Betriebsmittel (A) 10 aufgrund schlafender und Personen mit erhöhtem Betreuungsaufwand (E) RPZ = 400 → Es sind zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen					
Neubau 2-geschossige Kinder-tagesstätte, alle Räume mit BMA und Hausalarm ausgestattet. Kabel und Leitungen unter Putz, in Schlafräumen Steckdosen zeitgesteuert abgeschaltet während der Schlafenszeit. Bewegliche Betriebsmittel auf ein Minimum reduziert . 20 Personen Gruppengröße	Schlafraum Kindertagesstätte	9	1	10	90
9 da direkte Gefährdung im Schlaf, Gruppengröße 20 Personen (B) 1 Spannungsfreischaltung der Steckdosenstromkreise und wenig Betriebsmittel (A) 10 aufgrund Anwesenheit Kinder (E) RPZ = 90 → Keine weiteren Maßnahmen notwendig					

Fortführung Räumlichkeiten mit Schlafgelegenheiten

(nach VDE 0100-420, 421.7, erster Spiegelstrich)

Situation	Räume oder Orte	B	A	E	RPZ
<p>Errichtet nach Stand der Technik, Kabel und Leitungen unter Putz 50 Zimmer ausgestattet in WG-Art ausgestattet ohne eigene Küche. 3 Stockwerke, Pflegeheim für eingeschränkte Personen (Mobilität, geistiger Zustand, ...). Brandmelde- / Entrauchungsanlage, Rauchwarnmelder, Einhaltung der Brandschutzordnung sichergestellt. Haus 24h besetzt, ausreichend Personal. Bauunternehmer, Architekt und Brandschutzplaner bestätigen, dass keine besonderen Gefährdungen aus Bau und Ausführung entstehen; keine Risikoerhöhung durch 2. Stockwerk</p>	Seniorenheim / Pflegeheim	9	7	8	504
<p>9 da direkte Gefährdung und Personen mit erhöhtem Betreuungsaufwand und diese ggf. nicht mobil sind, aber Pflegepersonal in ausreichender Zahl vorhanden (B) 7 da regelmäßige Prüfung der festen Installation aber persönliche - auch ältere - Betriebsmittel durch Personen in den Räumen genutzt werden (A) 8 da Personen mit erhöhtem Betreuungsaufwand, aber regelmäßige Überprüfung der Betriebsmittel und Anwesenheit von Pflegepersonal (E) RPZ = 504 → Es sind zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen</p>					
<p>Neubau, errichtet nach Stand der Technik, 50 Zimmer, 3 Stockwerke. Brandmeldeanlage, Entrauchungsanlage, Rauchwarnmelder flächendeckend Einhaltung der Brandschutzordnung 24h besetzt Fest installierter Fön im Badezimmer</p>	Hotelzimmer / Beherbergungsbetrieb	8	6	9	432
<p>8 da indirekte Personengefährdung und Sachwertschaden im nennenswerten Ausmaß (B) 6 da keine regelmäßige Prüfung der persönlichen Betriebsmittel, jedoch regelmäßige Prüfung der festen Installation (A) 9 da ggf. Personen mit erhöhtem Betreuungsaufwand anwesend sind (E) RPZ = 432 → Es sind zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen</p>					

Räume oder Orte mit besonderem Brandrisiko / Feuergefährdete Betriebsstätten

(nach VDE 0100-420, 421.7, zweiter Spiegelstrich)

Situation	Räume oder Orte	B	A	E	RPZ
Eingeschossige Schreinerei, Umsetzung der anlagentechnischen Maßnahme "Spannungsfreischaltung der Steckdosenstromkreise" nach VdS2033 Ausgabe 2019-11, Absatz 5.2.2	Schreinerei, Steckdosen- und Drehstromkreise	7	1	7	49
	7 aufgrund nennenswerten Schadens (B) 1 aufgrund Umsetzung der VdS Richtlinie Spannungsfreischaltung (A) 7 aufgrund Anwesenheit bei Betrieb von beweglichen Betriebsmitteln (E) RPZ = 49 → Keine weiteren Maßnahmen notwendig				
	Schreinerei, Lichtstromkreise	7	4	7	196
	7 aufgrund nennenswerten Schadens (B) 4 aufgrund regelmäßiger Überprüfung, jedoch Berücksichtigung des Alters der elektrischen Anlage und der Umweltbedingungen (A) 7 aufgrund Anwesenheit bei Betrieb von beweglichen Betriebsmitteln (E) RPZ = 196 → In der Werteabwägung werden zusätzliche Maßnahmen empfohlen				

Räume oder Orte mit Bauteilen aus brennbaren Baustoffen

(nach VDE 0100-420, 421.7, dritter Spiegelstrich)

Situation	Räume oder Orte	B	A	E	RPZ
Mehrgeschossige Scheune, Holzbauweise, freistehend, genutzt als Lagerfläche im landwirtschaftlichen Umfeld. Kabel und Leitungen in Installationsrohr, z.T. offen. Steckdosen und Drehstromkreise. typische Verbraucher der Landwirtschaft. Ungeheizt, keine Brandmeldeanlagen, keine Rauchwarnmelder, keine permanente Anwesenheit von Personen. Umsetzung der anlagentechnischen Maßnahme "Spannungsfreischaltung der Steckdosenstromkreise" nach VdS2067 Ausgabe 2019-11, Absatz 5.2 sowie VdS2033 Ausgabe 2019-11, Absatz 5.2.2	Scheune, Steckdosen- und Drehstromkreise	7	1	7	49
	7 aufgrund nennenswerten Schadens (B) 1 aufgrund Umsetzung der VdS Richtlinie Spannungsfreischaltung (A) 7 aufgrund Anwesenheit bei Betrieb von beweglichen Betriebsmitteln (E) RPZ = 49 → Keine weiteren Maßnahmen notwendig				
	Scheune, Lichtstromkreise	7	4	7	196
	7 aufgrund nennenswerten Schadens (B) 4 aufgrund regelmäßiger Überprüfung, jedoch Berücksichtigung des Alters der elektrischen Anlage und der Umweltbedingungen (A) 7 aufgrund Anwesenheit bei Betrieb von beweglichen Betriebsmitteln (E) RPZ = 196 → In der Werteabwägung werden zusätzliche Maßnahmen empfohlen				

Räume und Orte für unersetzbare Güter

(nach VDE 0100-420, 421.7, vierter Spiegelstrich)

Situation	Räume oder Orte	B	A	E	RPZ
Fachwerkhaus aus dem 17. Jahrhundert, alle Räume mit BMA und Löschanlage. Planung und Ausführung auf Basis bestehender Vorschriften und AMEV Empfehlungen. Wertvolle Exponate im EG und 1.OG, kleine Personengruppen, Museumspersonal während Öffnungszeiten anwesend	Museum	10	4	6	240
10 aufgrund unwiederbringlicher Werte (B) 4 aufgrund regelmäßiger Überprüfung (A) 6 aufgrund guter Entdeckungswahrscheinlichkeit bei Öffnungszeiten, jedoch schlechter Entdeckungswahrscheinlichkeit im geschlossenen Zustand (E) RPZ = 240 → Es sind zusätzliche Maßnahmen zu ergreifen					