

Ausfalleffektanalyse

(Fehler-Möglichkeiten- und -Einfluß-Analyse)

DIN
25 448

Failure mode and effects analysis (FMEA)
Analyse des modes de défaillance et de leurs effets (AMDE)

Ersatz für Ausgabe 06.80

Zusammenhang mit dem vom Europäischen Komitee für Elektrotechnische Normung (CENELEC) herausgegebenen Harmonisierungsdokument HD 485 S 1/1985 siehe Erläuterungen.

Die Ausfalleffektanalyse ist ein Verfahren zur Untersuchung der Ausfallarten aller Baueinheiten eines Systems und deren Auswirkungen (Effekte) auf das System. Die Vorgehensweise bei der Analyse ist induktiv. Ziel ist die systematische Erfassung und Bewertung zuverlässigkeits-, sicherheits- und instandhaltungsrelevanter Informationen über das System.

Die Ausfalleffektanalyse geht von Ausfällen einzelner Baueinheiten und nicht von Ausfallkombinationen aus. Ausfallkombinationen werden detailliert in der Fehlerbaumanalyse nach DIN 25 424 Teil 1 und Teil 2 und der Ereignisablaufanalyse nach DIN 25 419 untersucht.

Die Analyse wird an Hand von Vordrucken dokumentiert. Verwendete Begriffe (z. B. Ausfallart) sind nach DIN 25 424 Teil 1 definiert.

Es werden Empfehlungen zum Verfahren der Ausfalleffektanalyse und zur Gestaltung des Vordruckes gegeben.

Inhalt

	Seite
1 Anwendungsbereich	1
2 Zweck der Analyse	1
3 Systeminformationen	1
4 Verfahren der Analyse	1
5 Beschreibung des Vordruckes	2
6 Bewertung, Ausfallbedeutungsanalyse	3
7 Hinweise zur Anwendung der Analyse	3
Anhang A	
Beispiel für die Ausfalleffektanalyse	4
Erläuterungen	8

1 Anwendungsbereich

Die Ausfalleffektanalyse (Fehler-Möglichkeiten- und -Einfluß-Analyse) ist in allen Bereichen der Technik anwendbar. Sie findet vor allem in der Kerntechnik Anwendung.

2 Zweck der Analyse

Der Zweck der Analyse ist die qualitative Bewertung von Systemen bzw. Systementwürfen hinsichtlich des Ausfalls einzelner Baueinheiten. Dabei steht das Auffinden von Schwachstellen im Vordergrund. Die Analyse ermöglicht Entwurfsverbesserungen bezüglich der Zuverlässigkeit (z.B. Anwendung von Redundanz, Driftkompensation), der Instandhaltung (z.B. Maßnahmen zur Ausfallerkennung) und der Sicherheit (z.B. passive Schutzmaßnahmen).

Für die Fehlerbaumanalyse und die Ereignisablaufanalyse liefert die Ausfalleffektanalyse nützliche Vorabinformationen über Ausfallarten und Ausfalleffekte.

3 Systeminformationen

Für eine Ausfalleffektanalyse müssen Informationen zum Aufbau und zur Funktion des Systems vorliegen, die z.B. aus den nachfolgenden Unterlagen entnommen werden können:

- Systemspezifikationen,
- Funktionsbeschreibung, Funktionsblockdiagramm, Zeichnungen des zu analysierenden Systems,
- Beschreibung der Einsatzbedingungen (z.B. Einsatzprofil, Umgebungsbedingungen).

Es sind außerdem Angaben über wesentliche Schnittstellen und Wechselwirkungen mit anderen Systemen erforderlich.

4 Verfahren der Analyse

Das Verfahren der Analyse ist weitgehend formalisiert, damit die Untersuchung systematisch und vollständig

Fortsetzung Seite 2 bis 8

Normenausschuß Kerntechnik (NKe) im DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
Ausschuß Qualitätsprüfung und angewandte Statistik (AQS) im DIN

Jede Art der Vervielfältigung, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung des DIN Deutsches Institut für Normung e.V., Berlin, gestattet.

Tabelle 1. **Beispiele für Ausfallarten**

1	Strukturbruch
2	Physikalisches Verbinden oder Festklemmen
3	Schwingen
4	Verhart nicht (in der Position)
5	Öffnet nicht
6	Schließt nicht
7	Bleibt offen
8	Bleibt geschlossen
9	Interne Undichtheit
10	Äußere Undichtheit
11	Ausfall über der Toleranzgrenze
12	Ausfall unterhalb der Toleranzgrenze
13	Unerwartete Ausführung der Aufgabe
14	Unterbrochene Ausführung der Aufgabe
15	Unregelmäßige Ausführung der Aufgabe
16	Fehlerhafte Ausführung der Aufgabe
17	Unterbrochener Fluß
18	Falsche Betätigung
19	Hört nicht auf
20	Beginnt nicht
21	Schaltet nicht
22	Vorzeitige Ausführung der Aufgabe
23	Verzögerte Ausführung der Aufgabe
24	Fehlerhafte Eingabe/Eingang (zu hoch)
25	Fehlerhafte Eingabe/Eingang (zu niedrig)
26	Fehlerhafte Ausgabe (zu hoch)
27	Fehlerhafte Ausgabe (zu niedrig)
28	Ausfall der Eingabe
29	Ausfall der Ausgabe
30	Kurzschluß (elektrisch)
31	Unterbrechung (elektrisch)
32	Kriechstrom (elektrisch)
33	Andere Ausfallbedingungen, die sich auf die Systemeigenschaften, -bedingungen und -betriebserfordernisse beziehen

durchgeführt werden kann. Sie kann bereits in der Entwurfsphase eines Systems durchgeführt werden und mit fortschreitender Detailplanung erweitert werden.

Für die Durchführung der Analyse ist ein Systemzustand als Ausgangssituation festzulegen, wobei alle Baueinheiten als intakt vorausgesetzt werden. Sind mehrere Systemzustände (infolge verschiedener Systemfunktionen bei bestimmungsgemäßem Betrieb) wichtig, so sind jeweils getrennte Analysen durchzuführen.

Das zu betrachtende System wird in Baueinheiten (z.B. Geräte, Komponenten, Baugruppen, Bauelemente) unterteilt. In verfahrenstechnischen Systemen ist z.B. eine Unterteilung nach Pumpen, Ventilen und Leitungsabschnitten, in elektrotechnischen Systemen z.B. eine Unterteilung nach Geräten, Baugruppen und Bauelementen sinnvoll.

Für jede Baueinheit wird ein Vordruck (siehe Abschnitt 6), bei Bedarf mit Folgeblättern, angelegt. Gegebenenfalls können mehrere Baueinheiten der Reihe nach auf einem Vordruck eingetragen werden. Die Ausfallarten der Baueinheiten sowie ihre Auswirkungen auf das System und gegebenenfalls auf seine Umgebung werden festgestellt und bewertet (siehe Abschnitt 7).

Die Auswirkungen sind im allgemeinen aus den vorliegenden Systeminformationen (siehe Abschnitt 3) abzuleiten. Gegebenenfalls müssen Ergebnisse zusätzlicher Auswirkungsanalysen herangezogen werden (z.B. Funktionsprüfung, Rechnersimulation, dynamische Rechnung). Wesentlich für den Aussagewert der Analyse ist, daß möglichst alle Ausfallarten einer Baueinheit festgestellt werden. Die Ausfallarten lassen sich aus den Funktionen der Baueinheit ableiten (siehe Tabellen 1 und 2).

Tabelle 2. **Beispiel für die Funktion einer Absperrarmatur und deren Ausfallarten**

Funktion einer Absperrarmatur	Ausfallarten
schließen	fällt offen aus, schließt nur teilweise
öffnen	fällt geschlossen aus, öffnet nur teilweise
geschlossen bleiben	schließt vollständig, öffnet teilweise
offen bleiben	schließt vollständig, schließt teilweise
Medium umschließen	äußere Leckage

5 Beschreibung des Vordruckes

Der Aufbau des Vordruckes ist der Tabelle A.1 im Anhang A zu entnehmen. Im Kopf des Vordruckes werden Informationen zum System und der jeweiligen Baueinheit angegeben.

Die Numerierung (Spalte 1 des Vordruckes) dient der Kennzeichnung der Baueinheiten und deren Ausfallarten. In Spalte 2 wird die Funktion, in Spalte 3 die Ausfallart eingetragen und in Spalte 4 durch die Angabe des Schadensbildes und möglicher Ursachen ergänzt. In Spalte 5 sind die Möglichkeiten der Ausfallerkennung (z.B. automatische Meldung, Inspektion und wiederkehrende Prüfungen) anzugeben. Es ist zwischen selbstmeldenden und nichtselbstmeldenden Ausfällen zu unterscheiden. Angaben über vorhandene Gegenmaßnahmen (Spalte 6)

sollten alle Maßnahmen, die zur Begrenzung oder Vermeidung der Auswirkungen einer Ausfallart im System vorgesehen sind, enthalten. Diese sind z.B. Ersatzgeräte, redundante Auslegung, Umschaltmaßnahmen, Einrichtungen zur Begrenzung von Folgeschäden. In den angegebenen Ausfallauswirkungen (Spalte 7) sind die vorhandenen Gegenmaßnahmen (Spalte 6) als wirksam unterstellt. Zusätzlich können Randbedingungen, die die Auswirkung beeinflussen, angegeben werden. Die zur Ermittlung der Ausfallauswirkungen herangezogenen Unterlagen sind anzugeben. Spalte 8 enthält Angaben zur Auswirkung und Bemerkungen.

Der Vordruck kann je nach Art des untersuchten Systems oder Verwendungszwecks der Analyse erweitert werden (z.B. durch eine Spalte „Ausfallhäufigkeit“ für die Ausfallbedeutungsanalyse). Angaben zu Spalte 4 und Spalte 6 sind zweckmäßig, jedoch nicht zwingend.

6 Bewertung, Ausfallbedeutungsanalyse

Die Bewertung der Auswirkungen des Baueinheitsausfalls kann nach verschiedenen Kriterien vorgenommen werden, insbesondere der Sicherheit oder der Zuverlässigkeit des Systems. Aus der Bewertung können unter Umständen zusätzliche Schutzmaßnahmen oder Auslegungsänderungen abgeleitet werden. Zur Beurteilung der Notwendigkeit solcher Maßnahmen sollte die Häufigkeit der jeweiligen Ausfallart herangezogen werden.

Eine solche Bewertung erfolgt mit der Ausfallbedeutungsanalyse, die neben der Auswirkung auch deren Eintrittshäufigkeit (hier die Ausfallhäufigkeit) heranzieht. Liegen keine statistisch gesicherten Häufigkeitswerte vor, so sind Abschätzungen durchzuführen. Die Ermittlung der Ausfallbedeutung kann mittels eines Gitternetzes erfolgen (siehe Bild 1). Die Ausfallhäufigkeit wird auf der Ordinate, die Auswirkung auf der Abszisse aufgetragen. Im Beispiel ist die Häufigkeit in drei Bereiche eingeteilt: sehr selten, selten, häufig. Die Auswirkung ist in vier Klassen I (leicht) bis IV (sehr schwer) eingeteilt.

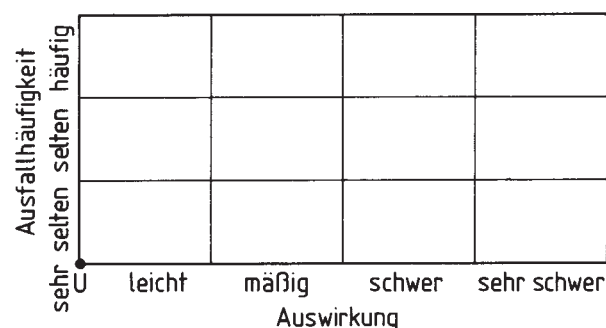


Bild 1. Beispiel eines Gitternetzes für die Ausfallbedeutung

Ist ein Ausfall bezüglich seiner Auswirkung und seiner Häufigkeit klassifiziert, so kann er im Gitternetz als Punkt dargestellt werden. Je weiter der Punkt vom Ursprung (U) entfernt liegt, desto größer ist die Bedeutung des Ausfalls (siehe DIN 31 000 Teil 2, Abschnitt 2.2).

Je nach Analysenzweck und betrachteten Systemen können für die Bewertung der Auswirkung verschiedene Kriterien benutzt werden (z.B. Aufwand, Kosten, Termin-

verzug, Lagerhaltung, Verfügbarkeit, Personenschäden, gesetzliche Grenzwerte).

Bei einer Klasseneinteilung eines Kriteriums ist eine eindeutige und geordnete Einteilung vorzunehmen. Für das im Anhang A in Bild A.1 dargestellte Druckluftsystem können z.B. als Kriterien der Druckabfall oder das Zeitintervall des Systemausfalles gewählt werden. Für jedes Kriterium ist ein gesondertes Gitternetz zu erstellen.

7 Hinweise zur Anwendung der Analyse

Ein wesentliches Merkmal der Ausfalleffektanalyse besteht darin, daß die durch Unterteilung des Systems festgelegten Baueinheiten ohne Ausnahme behandelt werden. Die Analyse liefert alle Ausfallmöglichkeiten des Systems auf der Basis einzelner Baueinheitsausfälle, wobei Ausfallkombinationen nicht betrachtet werden. Sie liefert keine quantitativen Zuverlässigkeitswerte des zu betrachtenden Systems. Um den analytischen Aufwand für eine größere technische Anlage in einem praktikablen Rahmen zu halten, sind Einschränkungen sinnvoll (z.B. die Beschränkung der Analyse auf die Untersuchung der wichtigen Systeme der Anlage).

Der Vorteil einer frühzeitig durchgeführten Analyse liegt darin, daß bereits im Systementwurf Ausfallmechanismen berücksichtigt werden und dadurch mit verhältnismäßig geringem Aufwand ein Optimum zwischen mehreren Kriterien (z.B. den sicherheitstechnischen Belangen und den gewünschten Systemfunktionen) gefunden werden kann.

Wenn das Betriebspersonal im Prozeßablauf Funktionen ausüben muß, so ist es im Sinne der Ausfalleffektanalyse als Teil des Systems (Komponente, Element) aufzufassen.

Die dem Betriebspersonal zugeordneten Funktionen (z.B. Prozeßsteuerung, Steuerung von Transportmitteln, Anschlagen von Lasten) sind im einzelnen festzustellen.

An Hand dieser Funktionen sind die Fehlermöglichkeiten und Schadensauswirkungen zu untersuchen. Zum Beispiel: Eine Aufgabe wird

- nicht vorgenommen,
- nach einer nicht zutreffenden Betriebsanweisung vorgenommen,
- zu früh vorgenommen,
- zu spät vorgenommen,
- versehentlich vorgenommen,
- fehlerhaft vorgenommen.

Darüber hinaus sind vom Prozeßablauf unabhängige Einwirkungen auf das System (z.B. Transportvorgänge) zu betrachten.

Eine spezielle Form der Ausfalleffektanalyse ist die Gefahrenanalyse. Zur Begrenzung des Aufwandes und zur Konzentration auf bestimmte Ausfallmechanismen werden in dieser Analyse nur diejenigen Baueinheiten eines Systems untersucht, denen Gefährdungspotentiale zugeordnet werden können, wie z.B. durch

- kinetische Energie (z.B. rotierende Maschinenteile),
- potentielle Energie (z.B. Druckbehälter),
- Quellen thermischer Energie (z.B. heiße Oberflächen),
- radioaktive Stoffe,
- biologisch schädliche Stoffe,
- chemisch reaktive Stoffe (z.B. Säuren, leicht entzündliche Stoffe, explosionsfähige Gemische).