

Willkommen
Welcome
Bienvenue



Gefahrenanalyse und Risikobeurteilung des Batteriesystems e-dumper

Teil 4

Marcel Held

1



Exposure - E (Eintrittswahrscheinlichkeit, d.h. Häufigkeit und / oder Dauer des Betriebszustands)

E1: seltenes Auftreten (Liegenbleiben auf dem Bahnübergang)

E2: gelegentliches Auftreten (Fahren mit Anhänger oder Dachgepäckträger)

E3: häufiges Auftreten (Tanken des Fahrzeugs, nasse Straße)

E4: ständiges Auftreten (Beschleunigen, Bremsen, Lenken)

Außerdem wird beim Faktor Exposure noch nach zwei Parametern unterschieden: **Duration** (Dauer des Auftretens der Fahrsituation) und **Frequency** (Frequenz des Auftretens der Fahrsituation).

Controllability - C (Beherrschbarkeit des Fehlers)

C0: sichere Beherrschbarkeit (alle Fahrer beherrschen diese Situation, z.B. ungewollte Erhöhung der Radiolautstärke)

C1: einfache Beherrschbarkeit (mehr als 99% der Fahrer können die Situation beherrschen, z.B. Lenksäule beim Start des Fahrzeugs eingerastet)

C2: normale Beherrschbarkeit (mehr als 90% der Fahrer können die Situation beherrschen, z.B. Ausfall des ABS während einer Notfallbremsung)

C3: schwierige Beherrschbarkeit (weniger als 90% der Fahrer beherrschen die Situation, z.B. plötzlich auftretende hohe Lenkkräfte)

„Severity - S (Schwere des Fehlers, Gefährdung des Nutzers oder der Umgebung)

S0: keine Verletzungen (unverletzt)

S1: leichte bis mittelschwere Verletzungen (Arm verletzt)

S2: schwere Verletzungen, Überleben aber sehr wahrscheinlich (Arm ab)

S3: schwerste Verletzungen, Überleben unwahrscheinlich (Kopf ab)

„Severity - S (Schwere des Sachschadens)

S0: kein Schaden

S1: leichte bis mittelschwerer Schaden, z.B. Kontamination Fz

S2: schwerer Schaden, BM- Brand, Fahrzeugbrand

S3: schwerster Schaden, Brand Umgebung, andere Fz, Gebäude

2

Betriebszustände eDumper

Nr.	Betriebszustand
B1	Abfahrt
B2	Fahren in Ebene oder bergauf, leer
B3	Fahren in Ebene oder bergauf, teil- oder vollbeladen
B4	Fahren bergab
B5	Fz wird beladen
B6	Fz wird entladen
B7	Fz speist Energie ins Netz, Bergstation
B8	Fz nimmt Energie vom Netz, Bergstation
B9	Fz ist parkiert, Bergstation
B10	Fz in Wartung klein, Bergstation
B11	Fz in Wartung gross, Werkstatt
B12	Fz Stilllegung
B13	Fz Unfall Fahrbetrieb, Fahrer ok (kann entkommen)
B14	Fz Unfall Fahrbetrieb, Fahrer øk (ohnmächtig, bewegungsunfähig)
B15	Ketten auf Fz aufziehen
B16	Fz wird abgeschleppt
B17	Fz wird geborgen
B18	Fz in Demo (Ausstellung)
B19	Reinigung

3

Personengefährdungen

Nr.	Gefahrenquelle	Gefährdung
G1	BM x Rauch/ Gasaustritt in Umgebung	Rauchvergiftung Fahrer
G2	BM x Rauch/ Gasaustritt in Umgebung	Rauchvergiftung Umstehende
G3	BM x Verpuffung	Druck auf Fahrerkabine
G4	BM x Verpuffung	Druck auf Umstehende
G5	BM x heiss	Verbrennung Fahrer
G6	BM x heiss	Verbrennung Umstehende
G7	BM x brennt	Rauchvergiftung Fahrer
G8	BM x brennt	Rauchvergiftung Umstehende
G9	BM x brennt	Verbrennung Fahrer
G10	BM x brennt	Verbrennung Umstehende
G11	Fz brennt durch BMx Brand	Rauchvergiftung Fahrer
G12	Fz brennt durch BMx Brand	Rauchvergiftung Umstehende
G13	Fz Teile unter Hochspannung	Stromschlag Fahrer
G14	Fz Teile unter Hochspannung	Stromschlag Umstehende

4

Sachgefährdungen

G Nr.	Gefahrenquelle	Gefährdung
GS1	BM x Rauch/ Gasaustritt	Kontamination BM Fz
GS2	BM x Rauch/ Gasaustritt	Kontamination Umgebung (andere Fz)
GS3	BM x Rauch/ Gasaustritt	Kontamination Umgebung (Gebäude)
GS4	BM x Verpuffung	Druck auf Fz
GS5	BM x Verpuffung	Druck auf Umgebung (andere Fz)
GS6	BM x Verpuffung	Druck auf Umgebung (Gebäude)
GS7	BM x brennt	Kontamination Fz
GS8	BM x brennt	Kontamination Umgebung (andere Fz)
GS9	BM x brennt	Kontamination Umgebung (Gebäude)
GS10	BM x brennt	Brand Fz
GS11	BM x brennt	Brand Umgebung (andere Fz)
GS12	BM x brennt	Brand Umgebung (Gebäude)

5

Risikobewertung Personengefährdung

Risiko	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19	
G1	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
G2	3	2	1	1	1	1	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
G3	3	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
G4	4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G5	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G6	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G7	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
G8	3	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1
G9	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G10	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
G11	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
G12	3	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1
G13	1	3	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1
G14	1	3	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19
G1	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4	6	8	6	6	6	4	4
G2	6	4	4	4	6	6	5	5	5	6	6	6	4	4	6	6	6	7	6
G3	7	7	7	7	7	7	5	5	5	5	5	7	7	7	7	7	7	7	5
G4	8	5	5	5	7	7	8	8	8	8	8	8	5	5	8	7	8	8	8
G5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
G6	4	4	4	4	4	4	5	5	5	6	6	6	4	4	4	4	6	5	6
G7	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4	6	8	6	6	4	6	4
G8	6	4	4	4	6	6	5	5	5	6	6	6	4	4	6	6	6	7	6
G9	5	5	5	5	5	5	3	3	3	3	3	3	5	10	5	5	3	5	3
G10	5	3	3	3	5	5	4	4	4	5	5	5	3	3	5	5	5	6	5
G11	6	6	6	6	6	6	4	4	4	4	4	4	6	9	6	6	4	6	4
G12	6	4	4	4	6	6	5	5	5	6	6	6	4	4	6	6	6	7	6
G13	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
G14	7	7	7	7	7	7	7	7	7	10	10	10	7	7	7	7	10	8	8

6

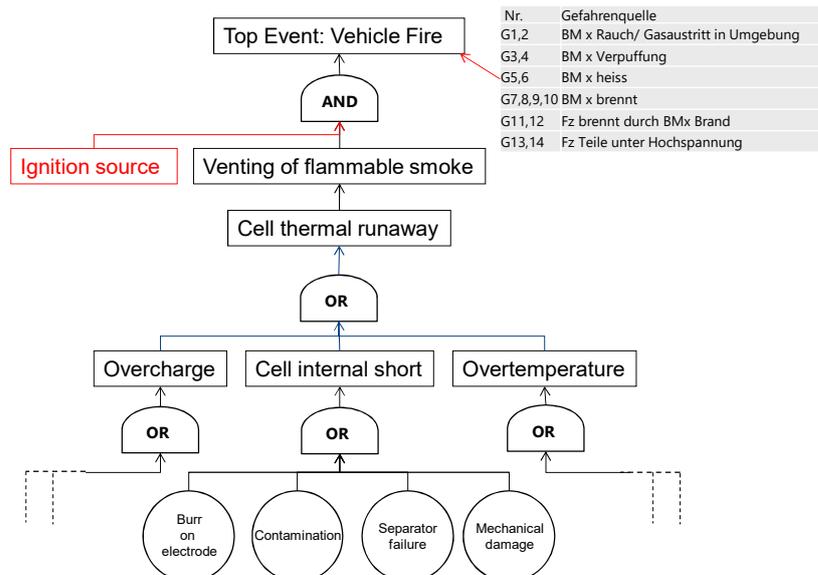
Risikobewertung Personengefährdung ASIL

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16	B17	B18	B19
G1	QM	ASIL B	QM	QM	QM	QM	QM												
G2	QM	ASIL A	QM																
G3	ASIL A	QM	QM	QM	QM	QM	QM	ASIL A	QM										
G4	ASIL B	QM	QM	QM	ASIL A	ASIL A	ASIL B	QM	QM	ASIL B	ASIL A	ASIL B	ASIL B	ASIL B					
G5	QM																		
G6	QM																		
G7	QM	ASIL B	QM	QM	QM	QM	QM												
G8	QM	ASIL A	QM																
G9	QM	ASIL D	QM	QM	QM	QM	QM												
G10	QM																		
G11	QM	ASIL C	QM	QM	QM	QM	QM												
G12	QM	ASIL A	QM																
G13	ASIL A																		
G14	ASIL A	ASIL D	ASIL D	ASIL D	ASIL A	ASIL A	ASIL A	ASIL A	ASIL D	ASIL B	ASIL B								

G3, G4 Verpuffung G13, G14 Stromschlag
 B14 Unfall Fahrer ohnmächtig
 B18 Fz in Demo / Ausstellung

7

Beispiel Batteriebrand FTA approach: top-down



8

Beispiel Batteriebrand

FMEA approach: bottom-up

Item	Lithium-Ion Cell	
Function	Power Source	
Operational Mode	Vehicle driving	
Failure Mode	Internal short	
Failure Cause	<ul style="list-style-type: none"> - Intrinsic Defect - Overstress (el. ,therm., mech.) 	
Failure Effects	Local Effect	Thermal runaway
	Next higher Level	Vent open, Release of Smoke
	End Effect	Vehicle Burning
Failure Detection	none	
Compensation	none	
Severity	high	

9

Ausfallmechanismen von Zellen

Ausfälle

Degradation

- Kapazitätsverlust
- Ansteigen Innenwiderstand
- Leistungsverlust



Lebensdauer

Katastrophischer Ausfall

Energie nach aussen (el. / chem)

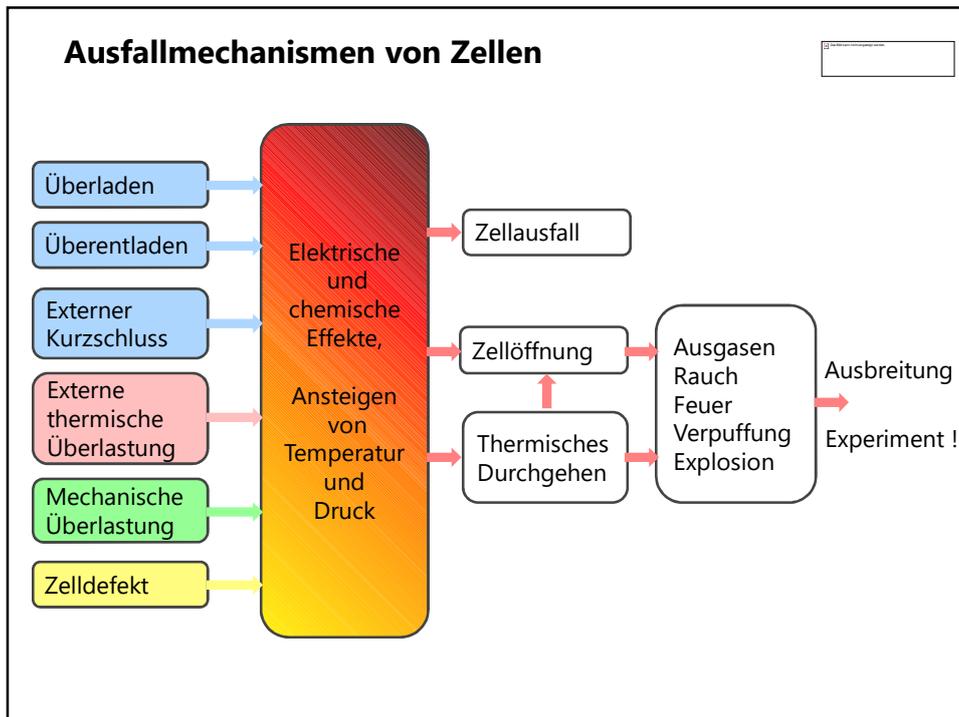
Ursachen

- Thermische
 - Mechanische
 - Elektrische
- } Überlastung
- Zelldefekte

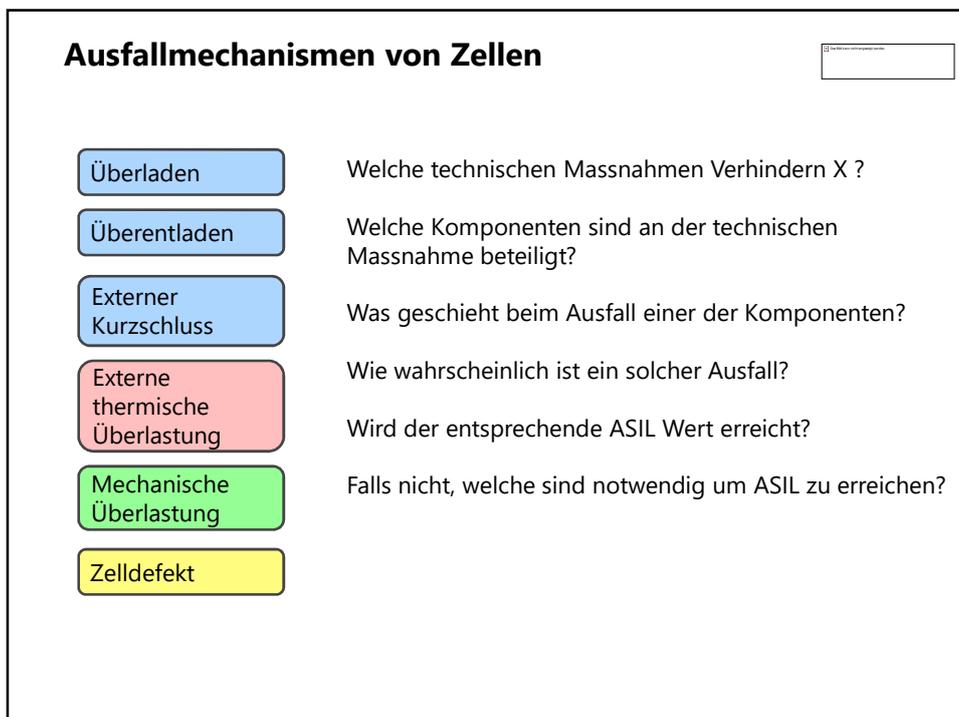


Zuverlässigkeit / Sicherheit

10



11



12