

Modelling the Dependability of XFEL

Einfaches vollständiges Modell der Zuverlässigkeit des XFEL als Ausgangspunkt für weiterführende Studien.

Siegfried Köpke
Bahrenfeld, 30.01.2020

Agenda

01 Definitionen

- Zuverlässigkeit - Dependability
- System, Betriebszustände, Betrachtungszeitraum
- Ausfall, Fehler

02 Modell, Daten, Ergebnis

- Modell 1: Ausgangsversion
- Modell 2: Erweiterte Version

03 Fehler in der Betrachtung

04 Nächste Schritte

01 Definitionen

01 Definitionen

Ohne vereinbarte Begriffe und Festlegungen ist alles nur *Babel...*

Zuverlässigkeit - Dependability

- Die Norm DIN 40041 – Zuverlässigkeit, Begriffe beschreibt die Zuverlässigkeit eines Systems als: *“Beschaffenheit einer Einheit bezüglich ihrer Eignung, während oder nach vorgegebenen Zeitspannen bei vorgegebenen Anwendungsbedingungen die Zuverlässigkeitsforderung zu erfüllen.”*
- In der IEC 60050-191 – Quality Vocabulary wird Zuverlässigkeit mit Dependability übersetzt.
- Die Gleichsetzung zwischen Zuverlässigkeit und Reliability kann mißverstanden werden, denn Reliability meint in der Literatur auch *Funktionsfähigkeit* und/oder *Überlebenswahrscheinlichkeit*.¹

System, Betriebszustände, Betrachtungszeitraum

- Das System XFEL wird maximal vereinfacht und besteht aus einem Funktionsblock. Infrastruktur, Experimente und Betriebsführung werden nicht betrachtet.
- Das System kann zwischen zwei Betriebszuständen wechseln: Zustand *Funktion* und Zustand *keine Funktion*.
- Ein Wechsel zwischen den Zuständen erfolgt durch zwei mögliche Ereignisse: *Ausfall* oder *Reparatur*.
- Der betrachtete Zeitraum ist 2019.

Ausfall, Fehler

- Bezogen auf das betrachtete System bedeutet *Ausfall* den vollständigen Verlust der Funktionsfähigkeit.
- Bezogen auf das betrachtete System bedeutet Fehler einen gegenüber den Betriebsanforderungen reduzierten Betrieb, bis kurz vor den Ausfall. Diese Kategorie wird hier nicht betrachtet.

¹ vgl. Meyna, A.; Pauli, B.: Zuverlässigkeitstechnik Quantitative Bewertungsverfahren. Carl Hanser Verlag, München, 2010

02 Modell, Daten, Ergebnis

02 Modell, Daten, Ergebnis

Modell 1, Ausgangsversion: Erhöhung der Modellaussage durch vollständigere Datenerfassung!

Modell

- Als Modell wird ein einfacher Zustandsautomat (deterministisch, endlich) benutzt: Zwei Zustände, zwei Ereignisse, binäres Verhalten.

Daten

- In 2019 wurde bei DESY | MXL die Methode 8D als Prozedur zur Root Cause Analysis eingeführt. Darüber hinaus dient sie als Datenquelle für den Aufbau quantitativer Analyseverfahren.

Ergebnis

- Mean Time Between Failure (1):

$$\begin{aligned} \text{Anzahl Fehler:} & 18 \\ \text{Betrachteter Zeitaum:} & 8760 \text{ h} \\ \text{MTBF} & = 8760 / 18 = \mathbf{486,7 \text{ h}} \end{aligned}$$

- Verfügbarkeit:

$$\begin{aligned} \text{Quozient:} & \frac{8760}{8760 - 210,5} = 97,6 \% \end{aligned}$$

- Mean Time Between Failure (2): (auf Basis erweiterter Daten)

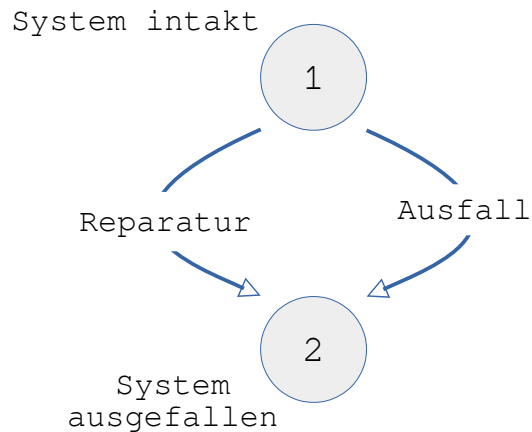
$$\begin{aligned} \text{Down time in Summe:} & 210,5 \text{ h} \\ \text{Zeit zwischen zwei Ausfällen:} & \\ \text{Minimum:} & 0 \text{ d} = < 24 \text{ h} \\ \text{Mittel:} & \mathbf{MTBF = 15 \text{ d} = 360 \text{ h}} \\ \text{Maximum:} & 73 \text{ d} = 1752 \text{ h} \end{aligned}$$

- MTBF für X-Ray Delivery (3):

$$\begin{aligned} \text{Downtime:} & 30 \text{ h} \\ \text{Minimum:} & 3 \text{ d} = 72 \text{ h} \\ \text{Mittel:} & \mathbf{MTBF = 32,5 \text{ d} = 782,2 \text{ d}} \\ \text{Maximum:} & 73 \text{ d} = 1752 \text{ h} \end{aligned}$$

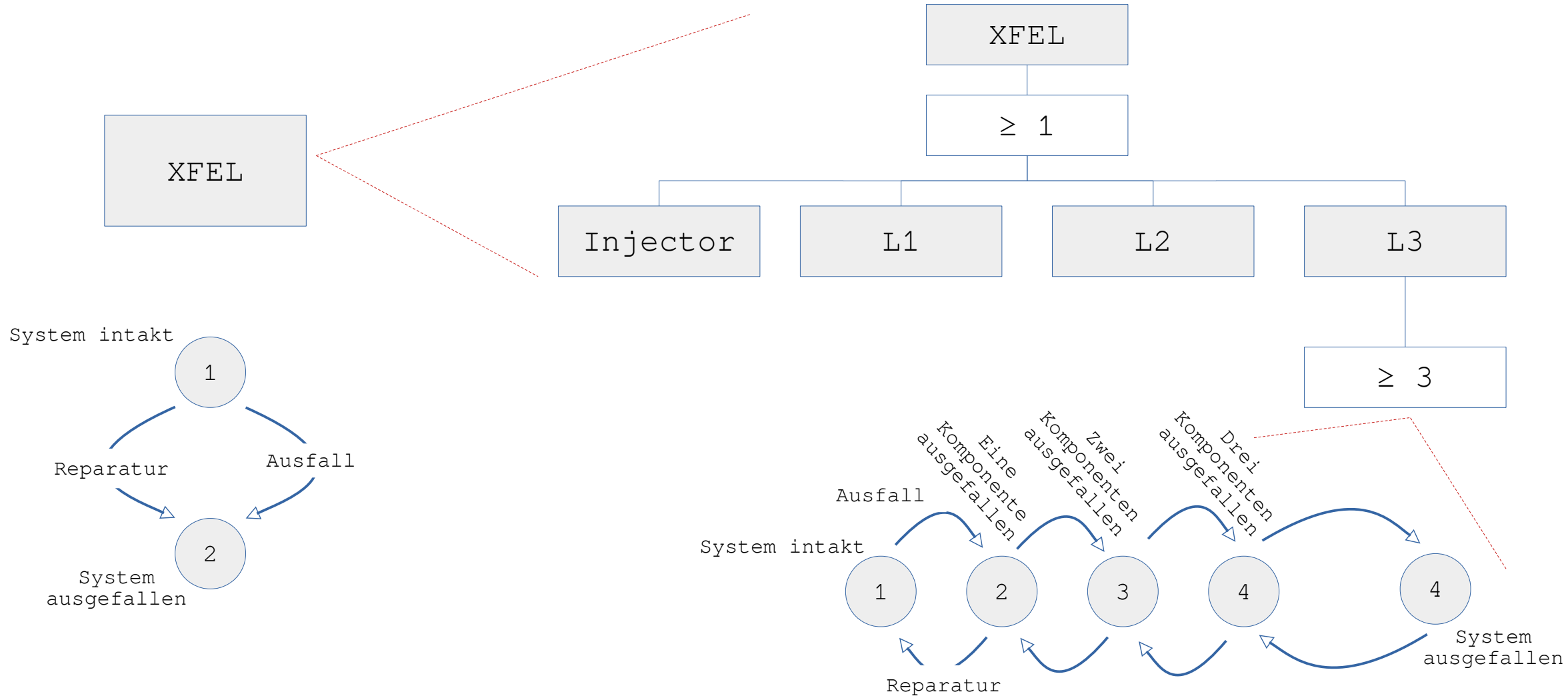
Tab. 1: Liste aller Ausfälle mit Downtime

Typ of report	Report No.	RIA	Report Date	Report Status	Report Short description	Recurring	Machine state	Primary System	Total facility downtime [h]
8D	2019-0001	R	2019-02-08	open	RF station A12 through A25 trip. Multiple interlock signals observed.		Facility development	L3 RF	16
8D	2019-0002	R	2019-02-21	closed	Water leak in krypton A11, most probably in a water connection of the krypton system.		unknown	L3 RF	11
8D	2019-0003	R	2019-03-01	open	Facility emergency Off Release (tunnel fire detection system test)		SASE Delivery	Emergency Off	19
8D	2019-0004	R	2019-02-28	open	A21 Communication Board Klystron/Modulator; RF Switch over to A25		User Program	RF Station A21	7
8D	2019-0005	R	2019-03-22	open	Toroid in L1 cuts beam		unknown	Diagnostic and LLRF (Micro TCA systems)	5,5
8D	2019-0006	R	2019-03-23	cancelled	Cold compressor #4 failure. Cancellation of remaining user run (before shutdown)				
4D	2019-06_WD	R	2019-03-23	closed	Failure of Cold Compressor (Stage-4)		User Run	Cryo-System	32
8D	2019-007	R	2019-04-03	open	Complete RF trip due to FSM reaction of false LLRF sample post timing.		unknown	LLRF System	1,5
8D	2019-008	R	2019-04-17	closed	Prolonged recovery from ZZ due to cryo instability after shutting of trace RF		Recovery from ZZ -> Facility Development	Cryo-System	12
8D	2019-009	R	2019-05-11	open	Cryogenic plant failure due to 2x 2kVA fuse trip		User Run	Cryo-System	35
8D	2019-010	R	2019-05-26	closed	AS modulator fault (recovery after ZZ)		X-Ray Delivery	Modulator AS	4,5
8D	2019-011	R	2019-05-29	open	Failure of laser due to PLM reflected power interlock causing beam loss. (chronic PSB/RFQ) in case of energy system, followed by a damage in the sync system of the laser.		X-Ray Delivery	Klystron	1,5
8D	2019-012	R	2019-06-15	open	Failure to restore water cooling to CL magnet. Repeated attempt to power-on magnet despite high pliotherm reading.		Machine Development	Master Timing	24
8D	2019-013	R	2019-07-10	open	Failure to restore water cooling to CL magnet. Repeated attempt to power-on magnet despite high pliotherm reading.		Startup after Shutdown	Magnets	3
8D	2019-014	R	2019-08-07	closed	During urgent repair the high pressure fire extinguishing system triggered the machines emergency off		X-Ray Delivery	Fire Protection	10
8D	2019-015	R	2019-08-10	open	Failure of chiller of Laser2. After repair attempt switch over to Laser1 (warm spare)		X-Ray Delivery	Injector Laser	8,5
8D	2019-016	R	2019-10-22	open	Beam Permission lost due to users access to the SCS hatch		X-Ray Delivery	Hutch Interlock SCS	3,5
8D	2019-017	R	2019-11-06	open	Beam Permission lost during preparing access to the SCS hatch		X-Ray Delivery	Hutch Interlock SCS	2
8D	2019-019	R	2019-12-03	open	Unauthorized Access to Radiation Controlled area		Shutdown	Access Control	14,5
4D	2019-19_DN	R	2019-11-16	open	Failure of cold compressor (Stage 1)	2019-06_WD	Shutdown	Access Control	



02 Modell, Daten, Ergebnis



Modell 2, Erweiterte Version: Erhöhung der Modellaussage durch detailliertere Systembeschreibung!



03 Fehler in der Betrachtung

03 Fehler in der Betrachtung

Voraussetzungen schaffen für genauere Modelle und detailliertere Daten

Modell	System, Betriebszustände	Daten
<ul style="list-style-type: none">• Systembeschreibung benötigt: Welche Elemente sind vorhanden?• Welche Teilsysteme, welche TeilTeilsystem?• Welche Komponenten, welche Bauteile?• Wie sind diese angeordnet und verknüpft (systemisch, logisch)?• Benennung der Elemente	<ul style="list-style-type: none">• Betriebszustände des XFEL eindeutig definiert (später ggf. auch Lastprofile / Energie) und dokumentiert: • Fehlerbeschreibungen im Logbuch getagged: • Betriebszustände der Teilsysteme, Komponenten ((FSM, Off beam, ...)) automatisiert ins logfile	<ul style="list-style-type: none">• Zusammenführung der Informationen in harmonisierter Form in einer Datenbank<ul style="list-style-type: none">– Qualitative Daten aus 8D, FMEA– Quantitative Daten aus Logfiles, ...• M-Gruppenweite Veröffentlichung von Qualitätsdaten der Betriebs- und Technikgruppen

04 Nächste Schritte

04 Nächste Schritte

Erhöhung der Aussagekraft durch vollständigere Datenerfassung und abgestimmtes Modell!

ToDo

- Beschreibung des XFEL in Form eines verfeinerten Blockdiagramms (das sind die Teilsysteme, *nicht die OPs!*) und des zugehörigen Zustandsdiagramm.
 - Intensivere Nutzung der vorhandenen Tools (XFEL statistics, ...) → datenqualität erhöhen.
 - Festlegung der Betriebszustände von Maschine, und Teilsysteme und Komponenten, ggf. elektr. erfassen.
-

**Vielen
Dank**

Kontakt

DESY. Deutsches
Elektronen-Synchrotron

www.desy.de

Siegfried Köpke
MXL
siegfried.koepek@desy.de
Tel.: 3869

Backup

Überschrift

Unterüberschrift, optional

2019: XFEL Event Report (8D 4D) Register									
Typ of report	Report: No.	R/A	Report: Event Date	Report: Status	Report: Short description	Recurring	Machine state	Primary System	Total facility downtime [h]
8D	2019-0001	R	2019-02-08	open	RF station A12 through A25 trip. Multiple interlock signals observed		Facility development	L3 RF	16
8D	2019-0002	R	2019-02-21	closed	Water leak in klystron A11, most probably in a water connection of the klystron		unknown	L3 RF	11
8D	2019-0003	R	2019-03-01	open	Faulty emergency Off Release (tunnel fire detection system test)		SASE Delivery	Emergency Off	19
8D	2019-0004	R	2019-02-28	open	A21 Communication Board Klystron/Modulator; RF Switch over to A25		User Program	RF Station A21	7
8D	2019-0005	R	2019-03-22	open	Toroid in L1 cuts beam		unknown	Diagnostic and LLRF (Micro TCA systems)	5,5
8D	2019-0006	R	2019-03-23	canceled	Cold compressor #4 failure. Cancellation of remaining user run (before shutdown)				
4D	2019-06_WD	R	2019-03-23	closed	Failure of Cold Compressor (Stage 4)		User Run	Cryo-System	32
8D	2019-007	R	2019-04-03	open	Complete RF trip due to FSM reaction of false LLRF sample point timing.		unknown	LLRF System	1,5
8D	2019-008	R	2019-04-17	closed	Prolonged recovery from ZZ due to cryo instability after shutting off linac RF		Recovery from ZZ >> Facility Development	Cryo-System	12
8D	2019-009	R	2019-05-11	open	Cryogenic plant failure due to 2x 2kA fuse trip		User Run	Cryo-System	35
8D	2019-010	R	2019-05-26	closed	A5 modulator fault (recovery after ZZ)		X-Ray Delivery	Modulator A5	4,5
8D	2019-011	R	2019-05-29	open	FUSE COILING due to NLM reflected power interlock causing beam loss. (chronic failure)		X-Ray Delivery	Klystron	1,5
8D	2019-012	R	2019-06-15	open	Failure of master timing system, followed by a damage in the sync system of the injector laser		Machine Development Time	Master Timing	24
8D	2019-013	R	2019-07-10	open	Failure to restore water cooling to CL magnet. Repeated attempt to power-on magnet despite high pilottherm reading.		Startup after Shutdown	Magnets	3
8D	2019-014	R	2019-08-07	closed	During urgent repair the high pressure fire extinguishing system triggered the machines emergency off		X-Ray Delivery	Fire Protection	10
8D	2019-015	R	2019-08-10	open	Failure of chiller of Laser2, After repair attempt switch over to Laser1 (warm spare)		X-Ray Delivery	Injector Laser	8,5
8D	2019-016	R	2019-10-22	open	Beam Permission lost due to users access to the SCS hutch		X-Ray Delivery	Hutch Interlock SCS	3,5
8D	2019-017	R	2019-11-06	open	Beam Permission lost during preparing access to the SCS hutch		X-Ray Delivery	Hutch Interlock SCS	2
8D	2019-019	R	2019-12-03	open	Unauthorized Access to Radiation Controlled area		Shutdown	Access Control	14,5
4D	2019-19_DN	R	2019-11-16	open	Failure of cold compressor (Stage 1)	2019-06_WD	Shutdown	Access Control	