

Technische Hochschule Brandenburg

Master-Studiengang „Security Management“

Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Fehlertoleranz:
Analytik der **Ausfallsicherheit** von
Rechenzentrums-Versorgungs-Infrastrukturen (DCI)



Agenda

1. Motivation zur Analytik

- Richtlinien und Normen
- Qualitative vs. quantitative Verfahren
- Rechenzentrums-Versorgungs-Infrastruktur DCI

2. Kennzahlen zur Ausfallsicherheit

- Zuverlässigkeit
- Verfügbarkeit
- Fehlertoleranz

3. Methodik

- Boolesche Algebra
- Beispiele Reihe- und Parallelschaltung
- Variantenvergleich mittels InfraOpt



Rechenzentrums-Versorgungs-Infrastruktur Data Center Infrastructure (DCI)

Rechenzentrum (angelehnt BSI):

- Alle für den Betrieb von komplexen IT-Infrastrukturen (Server-, Speicher-, TK-Systeme, Netzkomponenten usw.) erforderlichen Einrichtungen und Räumlichkeiten (Computerraum, Technikräume, Nebenräume usw.).
- Die Abgrenzung zum Serverraum besteht in der obligatorisch räumlichen Trennung der IT-Systeme und der unterstützenden Infrastruktur.

Infrastruktur (Kontext Rechenzentrum):

- Notwendiger „Unterbau“ einschließlich **Versorgungs-**, Kommunikations-, Sicherheits-, Managementsysteme usw., materiell sowie institutionell.

Das Rechenzentrum darf „nie“ ausfallen!



Rechenzentrums-Versorgungs-Infrastruktur Data Center Infrastructure (DCI)

Rechenzentrum (angelehnt BSI):

- Alle für den Betrieb von komplexen IT-Infrastrukturen (Server-, Speicher-, TK-Systeme, Netzkomponenten usw.) erforderlichen Einrichtungen und Räumlichkeiten (Computerraum, Technikräume, Nebenräume usw.).
- Die Abgrenzung zum Serverraum besteht in der obligatorisch räumlichen Trennung der IT-Systeme und der unterstützenden Infrastruktur.

Infrastruktur (Kontext Rechenzentrum):

- Notwendiger „Unterbau“ einschließlich **Versorgungs-**, Kommunikations-, Sicherheits-, Managementsysteme usw., materiell sowie institutionell.

Das Rechenzentrum darf „nie“ ausfallen!



Uptime Institute	Tier I	Tier II	Tier III	Tier IV
Single Points of Failure	Many+ Human Error	Many+ Human Error	Some+ Human Error	Fire,EPO+Some Human Error
Representative Planned Maintenance Shut Downs	2 Annual Events at 12 Hours Each	2 Events Over 2 Years at 12 Hours Each	None Required	None Required
Representative Site Failures	6 Failures Over 5 Years	1 Failure Every Year	1 Failure Every 2.5 Years	1 Failure Every 5 Years
Annual Site-Caused End-User Downtime (based on field data)	28.8 hours	22.0 hours	1.6 hours	0.8 hours (0.4 hours)
Resulting End-User Availability on Site-Caused Downtime	99.67 %	99.75 %	99.98 %	99.99 % (99.995 %)
First Deployed	1965	1970	1985	1995

Quelle: Uptime Institute, 2008, White Paper, „Tier Classifications Define Site Infrastructure Performance“, Page 14



BSI	VK 0	VK 1	VK 2	VK 3	VK 4	VK 5
Ausfallzeit /Jahr	ca. 2-3 Wo.	< 90 Std.	< 9 Std.	< 1 Std.	ca. 5 min.	-
Anforderung an Verfügbarkeit	Keine	normal	hoch	sehr hoch	höchste	Desaster-tolerant
Verfügbarkeit	ca. 95 %	> 98,97 %	> 99,90 %	> 99,99 %	> 99,999 %	(100 %)

BITKOM	Kategorie A	Kategorie B	Kategorie C	Kategorie D
Zul. Ausfallzeit /Jahr	12 h	1 h	10 min.	< 1 min
Verteilung	USV/Normal empfohlen	Redundanz A und B	Redundanz A und B	Redundanz A und B
USV	mind. 10 min	mind. 10 min N+1	mind. 10 min 2 N	mind. 10 min 2 (N+1)
Notstrom	optional	Anlauf 15 s 24 h Brennstoff	Anlauf 15 s 72 h Brennstoff	Anlauf 15 s 72 h Betankung
Klimatisierung	Redundanz opt. bzw. notwendig	Redundanz notwendig	Redundanz notwendig	Komplette Redundanz
→ Verfügbarkeit	99,86 %	99,99 %	99,998 %	99,9998 %

Quelle: BITKOM e. V., Betriebssicheres Rechenzentrum, Leitfaden 2013



DIN EN 50600-1 2013, DIN EN 50600-2-2 2014, DIN EN 50600-2-3

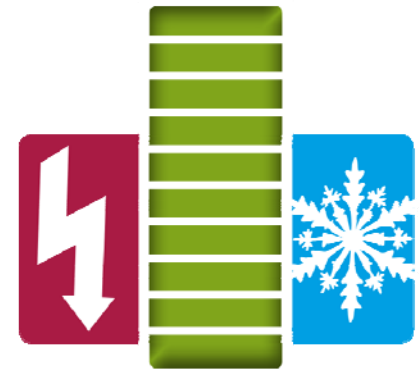
Verfügbarkeits-Klasse	VK 1	VK 2	VK 3	VK 4	VK 4 erweitert
Verfügbarkeit	niedrig	mittel	hoch	sehr hoch	
DIN EN 50600-2-2 Stromversorgung	keine Redundanz	Komponenten Redundanz	Instandsetzung im lfd. Betrieb	Fehlertoleranz (Transferschalter)	
Versorgungspfade	Einer N	Einer N+1	Mehrere 2N	Mehrere 2N	
DIN EN 50600-2-3 Regelung der Umgebungsbedingungen	-	keine Ausfallsicherheit	Komponenten Redundanz	Instandsetzung im laufenden Betrieb	
Versorgungspfade	-	Einer N	Einer N+1	Einer N+1	Mehrere 2N

Qualitative RZ-Zertifizierung

versus

Analytik der Ausfallsicherheit

Worin besteht der Unterschied?



	Rechenzentrums-Zertifizierung	Präventives Risikomanagement
Prinzip der Infrastrukturanalyse	Qualitativ: Checklisten bzw. Kriterienkataloge	Quantitativ: Berechnung von Kennzahlen
Anbieter	Uptime Institut, TÜV Nord/Süd/Rheinland, BSI, ECO, ...	ibmu.de GmbH – InfraOpt® ...
Ergebnis	Tier I ... IV oder Level I ... IV (+) oder Kategorie I ... IV oder 1 ... 5 Stars oder Verfügbarkeitsklasse 1 ... 4	Zuverlässigkeit, inhärente und operationale Verfügbarkeit, 1 – und 2 – Fehlertoleranz, Verfügbarkeitsklasse 1 ... 4
Kennzahlen	<input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Ja
Optimierung	<input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Ja
Investitionsplanung	<input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Ja
SLA-Validierung	<input checked="" type="checkbox"/> nein	<input checked="" type="checkbox"/> Ja
BIM-Integration	<input checked="" type="checkbox"/> nein	Perspektivisch möglich



Rechenzentrums-Versorgungs-Infrastruktur Data Center Infrastructure (DCI)

Notwendige Teilsysteme der Versorgungs-Infrastruktur:

- Power Distribution – Stromversorgung
DIN EN 50600-2-2
- Environmental Control - Regelung der Umgebungsbedingungen
DIN EN 50600-2-3

Systemerfolg S der DCI:

- $S(DCI) = S(P) \cap S(E)$



Kennzahlen zur Ausfallsicherheit **Dependability – Verlässlichkeit**

A measure of a system's (en.wikipedia.org/wiki/Dependability):

- Availability
- Reliability
- Maintainability and maintenance support performance
- in some cases, other characteristics such as durability, safety and security

Versorgungspfade der Verfügbarkeitsklassen:

- EN 50600-2-2 VK 1: N, VK 2: N+1, VK 3: 2N, **VK 4: 2 N**
- EN 50600-2-3 VK 1: -, VK 2: N, VK 3: N+1, **VK 4: N+1**, VK 4 erweitert: 2N

Mehrere Kennzahlen sind zur Bewertung der DCI notwendig!



Kennzahlen zur Ausfallsicherheit

Reliability – Zuverlässigkeit: $R(t) = \int_t^{\infty} f(t)dt$

Exponentialfunktion mit konstanter Fehlerrate: $R(t) = e^{-t/MTBF}$

- Überlebenswahrscheinlichkeit des (Teil-)Systems zum bestimmten Zeitpunkt
- **MTBF**: Mittlere Zeit zwischen zwei Fehlerereignissen
- **t**: Zeit; $t_{1a} = 8760 h$
- Funktion von:
 - Alter der (Teil-)Systeme
 - Strukturdesign, Redundanzen
 - Komponentenarten bzw. -typen

Quelle: IEEE Std. 493-2007



Kennzahlen zur Ausfallsicherheit

Availability A – Verfügbarkeit

Mathematische Definition (Zuverlässigkeitstechnik, HANSER Verlag):

- Wahrscheinlichkeit, dass ein (Teil-)System zur Zeit t funktionstüchtig ist
- $A(t) = P(S(t) = 1)$
- Bei reparierbaren Systemen gilt: $A(t) > R(t)$

Definition als Kennzahl (de.wikipedia.org/wiki/Verfügbarkeit):

- Maß, dass das System **bestimmte Anforderungen** innerhalb eines **vereinbarten Zeitrahmens** erfüllt
- Verfügbarkeit = $1 - \text{Gesamtausfallzeit} / \text{Gesamtzeit}$



Kennzahlen zur Ausfallsicherheit

Inherent Availability – inhärente Verfügbarkeit

$$A_i = MTBF / (MTBF + MTTR)$$

- **MTBF**: Mean Time Between Failures, mittlere Zeit zwischen zwei Fehlerereignissen
- **MTTR**: Mean Time To Repair, mittlere Zeit zur Reparatur
- Interpretation: ermöglicht die Berechnung der Verfügbarkeit auf Grundlage der eingesetzten Komponenten und (Teil-)Systeme
- Vernachlässigt bspw. Wartung und Service, Elementarereignisse menschliche Fehlhandlungen



Quelle: IEEE Std. 493-2007

Technische Hochschule Brandenburg, Master-Studiengang "Security Management"

copyright ibmu.de® GmbH 16.05.2017

14

Kennzahlen zur Ausfallsicherheit

Operational Availability – operationale Verfügbarkeit

$$A_o = MTBM / (MTBM + MDT)$$

- **MTBM**: Mean Time Between Maintenance, mittlere Zeit zwischen zwei Instandsetzungen, unabhängig von deren Ursache
- **MDT**: Mean Down Time, mittlere Zeit der tatsächlichen Nichtverfügbarkeit
- Umfasst:
 - geplante Ausfallereignisse wie Wartungen, Umbauten
 - ungeplante Ereignisse wie Ausfälle, Elementarereignisse, menschliche Fehlhandlungen
 - tatsächliche Liefer- und Reparaturzeiten



Quelle: IEEE Std. 493-2007

Technische Hochschule Brandenburg, Master-Studiengang "Security Management"

copyright ibmu.de® GmbH 16.05.2017

15

Nutzen der Kennzahlen zur Ausfallsicherheit **Fehlertoleranz**

Single Points of Failure: $|SPoF| = N$

- Bestimmung der 1-Fehlerpunkte, durch welche die DCI ausfallen kann
- Bestimmen der Verfügbarkeitsklasse nach EN 50600-2-2
„Stromversorgung“
- Bestimmen der Verfügbarkeitsklasse nach EN 50600-2-3
„Regelung der Umgebungsbedingungen“



Nutzen der Kennzahlen zur Ausfallsicherheit **Fehlertoleranz**

Double Points of Failure: $|DPoF| = \binom{N}{k}; k = 2$

- Bestimmung der 2-Fehlerpunkte, durch welche die DCI, bei gleichzeitigem Eintreten, ausfallen kann
- Vorhersage der Reaktion im Fall von ungeplanten Ereignissen
- Vorhersage der Reaktion im Fall von geplanten Ereignissen
- Bestimmung des „herabgesetzten Ausfallsicherungsgrades“ gemäß EN 50600-2-2:2014



Methodik der Zuverlässigkeitsanalyse für DCI

- Grundbegriffe der Boolesche Algebra
- Axiomensystem von Kolmogorov
- Überlappende bzw. ausschließende Ereignisse
- Beispiel: Berechnung der Zuverlässigkeit

Quellen:

- DIN EN 61078:2006, Techniken für die Analyse der Zuverlässigkeit – Zuverlässigkeitsblockdiagramm und Boole'sche Verfahren
- Zuverlässigkeitstechnik, A. Meyna, B. Pauli, HANSER Verlag
- Integrated Reliability Analysis of Data Center Infrastructures: A Case Study, 3rd IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe, 2012



Boolesche Algebra

- $A, B, C \dots$ Variablen für den Status „klar“
- $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \dots$ Variablen für den Status „unklar“
- S bzw. SS Systemerfolg (system success)
- $S_{ser}(A, B) = A \wedge B$ Systemerfolg der Reihenschaltung
- $A \wedge B = A \cdot B$ Synonym für Konjunktion
- $S_{par}(A, B) = A \vee B$ Systemerfolg der Parallelschaltung
- $A \vee B = A + B$ Synonym für Disjunktion
- $0, 1$ Wertebereich für Unklar- bzw. Klarzustand

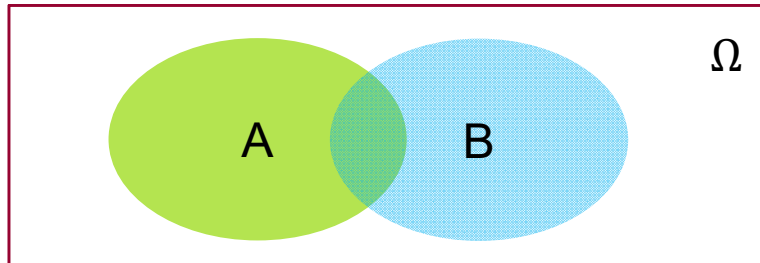


Axiomensystem von Kolmogorov

- $\{\Omega, \mathcal{A}, P\}$ Wahrscheinlichkeitsraum
- Ω Nichtleere Menge von Ereignissen
- \mathcal{A} σ – Algebra von Teilmengen aus Ω
- P Jedem $A \in \mathcal{A}$ sei eine Zahl $R \in \mathbf{R}$ zugeordnet
- $0 \leq P(A) \leq 1 : \forall A \in \mathcal{A}$ Nichtnegativität, Existenz
- $P(\Omega) = 1$ Normiertheit, sicheres Ereignis
- $P(A_1 \cup A_2 \cup \dots) = \sum_{i=1}^{\infty} P(A_i)$ σ – Additivität, abgeschlossenes Mengensystem
- \emptyset Unmögliches Ereignis
- $P(A) = 1$ „Fast sicheres Ereignis“
- $P(\bar{A}) = 0$ „Fast unmögliches Ereignis“
- $P(\bar{A}) = 1 - P(A)$

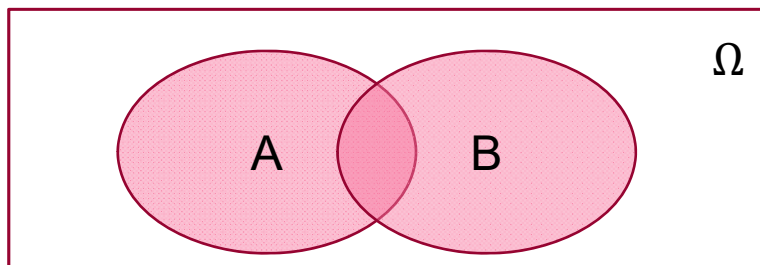
Ausschließende versus überlappende Ereignisse

- Schnittmenge: ausschließende Ereignisse (UND)



$$S(A \cap B) = A \wedge B$$

- Vereinigungsmenge: überlappende Ereignisse (ODER)



$$S(A \cup B) = A \vee B = A \vee \bar{A}B$$

Beweis mittels Wertetabelle!

Qualitative Verfahren vermögen die **Ausschließlichkeit von Ereignissen** im Allgemeinen **nicht zu erfassen**.

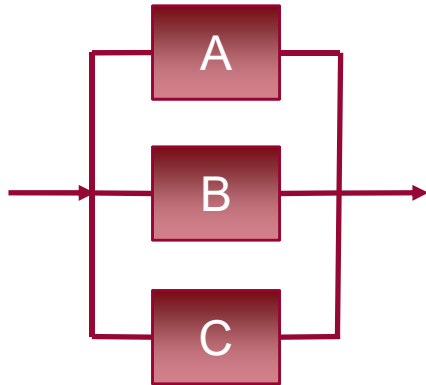
Zuverlässigkeitsberechnung Beispiele

- Reihenschaltung von Komponenten bzw. Teilsystemen



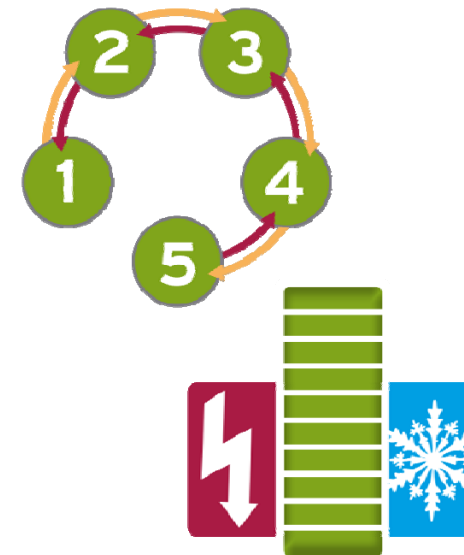
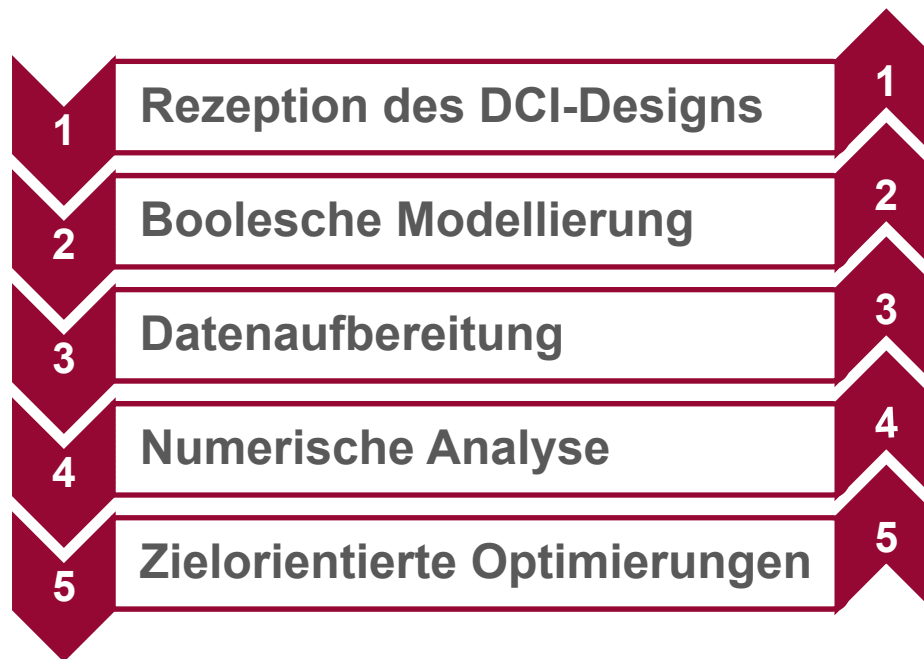
$$S_{ser}(A, B, C) = A \wedge B \wedge C$$
$$R_{A \wedge B \wedge C}(t) = R_A(t)R_B(t)R_C(t)$$

- Redundanz (Parallelschaltung) von Komponenten bzw. Teilsystemen

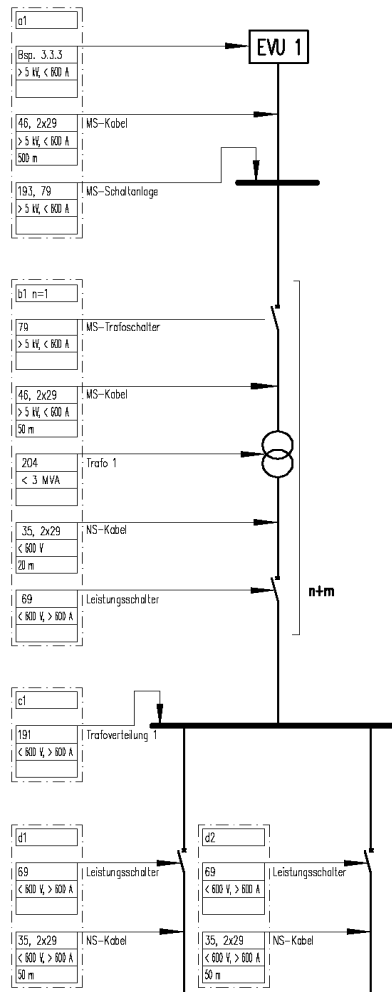


$$S_{par}(A, B, C) = A \vee \bar{A}B \vee \bar{A}\bar{B}C$$
$$R_{A \vee B \vee C}(t) = R_A(t) +$$
$$(1 - R_A(t))R_B(t) +$$
$$(1 - R_A(t))(1 - R_B(t))R_C(t)$$

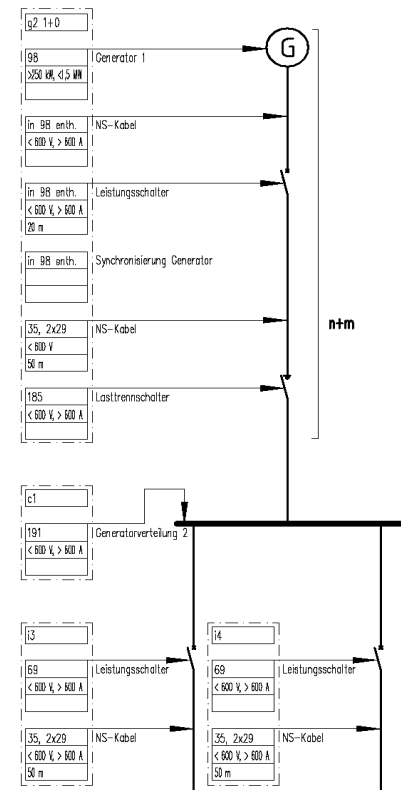
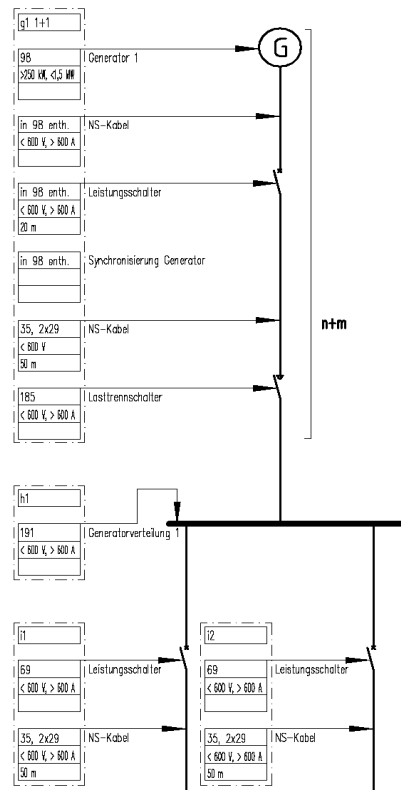
Variantenvergleich mittels InfraOpt® Prozess in fünf Schritten



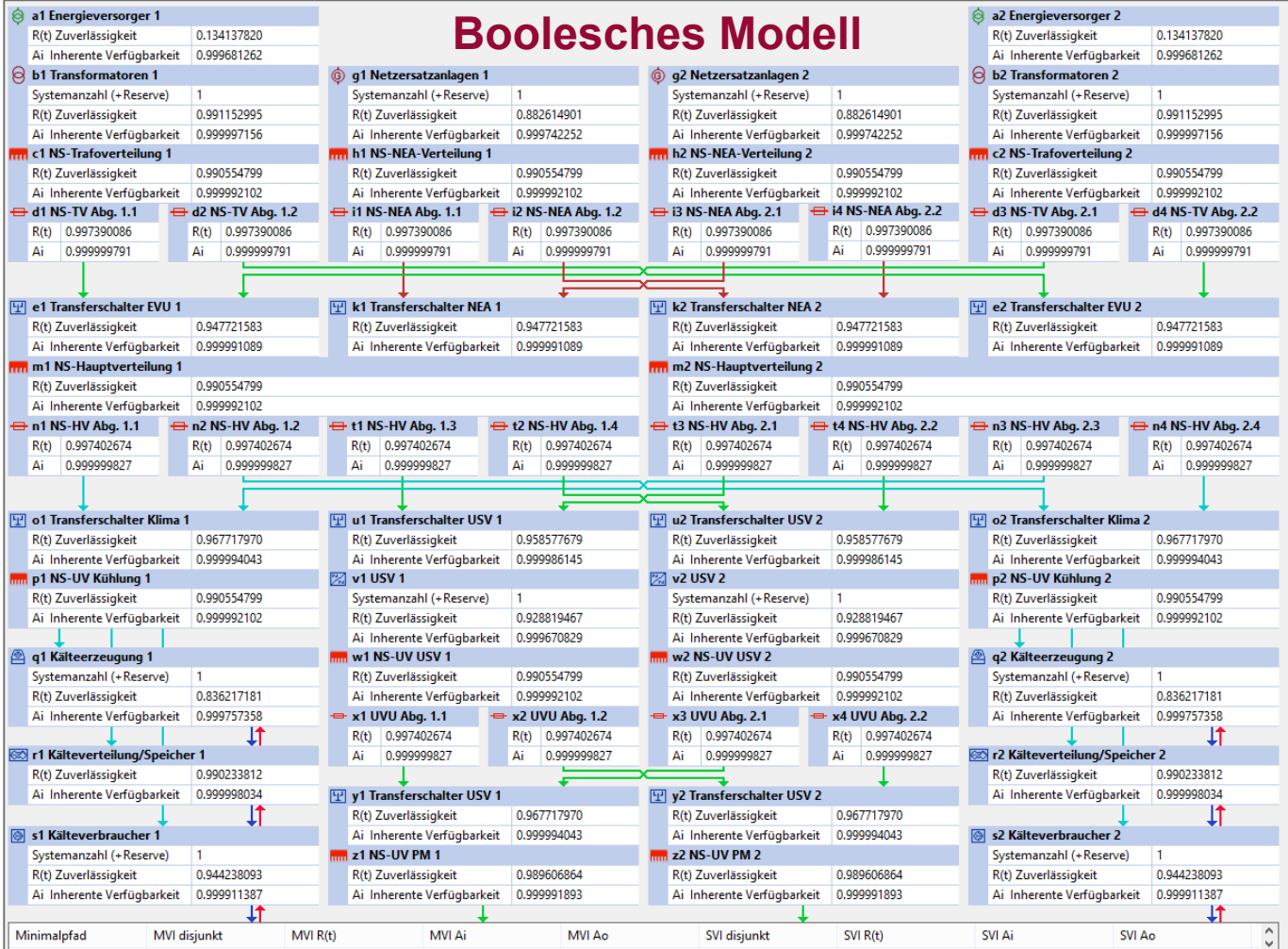
Details unter www.infraopt.de



Integrales Zuverlässigkeitsschema



Boolesches Modell





Verlässlichkeit des System - q1 Kälteerzeugung 1

Typ	Quelle	R(t)	Ai	Ao	MTBF	MTTR	MTBM	MDT	Länge /m	Betrieb /h	Anz. n(+m)
Leistungsschalter; 600 V; Einschub...	IEEE Std 493-2007 gold Book (69)	0.994461784	0.999999894	0.999954308	4732057.80...	0.500000	32411.0000	1.481000		26280	1
Kabel; überirdisch; kein Rohr; ≤ 60...	IEEE Std 493-2007 gold Book (20)	0.999940860	0.999999994	0.999999984	72896904.0...	2.500000	816772.0000	0.078000	50.0	26280	1
Kabelverbindung	IEEE Std 493-2007 gold Book (29)	0.997777624	0.999999937	0.999999937	23624073.0...	0.750000	23624073.0...	0.750000		26280	2
Kühler; Kolbenverdichter; geschlos...	IEEE Std 493-2007 gold Book (56)	0.681336910	0.999809501	0.998736758	68491.3000	13.050000	1314.0000	1.662000		26280	1
Steuereinheit; für Kompressoren, K...	IEEE Std 493-2007 gold Book (129)	0.999546428	1.000000000	0.999982208	57926964.7...	0.000000	58733.0000	1.045000		26280	1
Schaltanlage; isolierte Sammelschi...	IEEE Std 493-2007 gold Book (195)	0.988716986	0.999996546	0.999696325	2316000.00...	8.000000	2548.0000	0.774000		26280	1
Filtersieb; Kühlmittel	IEEE Std 493-2007 gold Book (177)	0.996588939	1.000000000	0.999333914	7691200.00...	0.000000	2444.0000	1.629000		26280	1
Ventil; Geradsitzventil, normal geö...	IEEE Std 493-2007 gold Book (228)	0.999711392	1.000000000	0.999999612	91044470.6...	0.000000	1031837.00...	0.400000		26280	1
Ventil; Geradsitzventil, normal geö...	IEEE Std 493-2007 gold Book (228)	0.999711392	1.000000000	0.999999612	91044470.6...	0.000000	1031837.00...	0.400000		26280	1
Ventil; Geradsitzventil, normal geö...	IEEE Std 493-2007 gold Book (228)	0.999711392	1.000000000	0.999999612	91044470.6...	0.000000	1031837.00...	0.400000		26280	1
Ventil; Geradsitzventil, normal geö...	IEEE Std 493-2007 gold Book (228)	0.999711392	1.000000000	0.999999612	91044470.6...	0.000000	1031837.00...	0.400000		26280	1
Überdruckventil	IEEE Std 493-2007 gold Book (235)	0.996018730	0.999999696	0.999994751	6587760.00...	2.000000	36196.0000	0.190000		26280	1
Tank; Wasser	IEEE Std 493-2007 gold Book (199)	0.989171120	0.999999793	0.999989526	2413680.00...	0.500000	12221.0000	0.128000		26280	1
Pumpe; zentrifugal; integrierter An...	IEEE Std 493-2007 gold Book (163)	0.977713987	0.999993654	0.999897372	1166025.60...	7.400000	5836.0000	0.599000		26280	1
Ventil; 3-Wege; Mischungsregelung	IEEE Std 493-2007 gold Book (237)	0.998713181	1.000000000	0.999980695	20409317.6...	0.000000	52836.0000	1.020000		26280	1
Ventilantrieb; elektrisch	IEEE Std 493-2007 gold Book (229)	0.970767486	0.999979206	0.999934106	885794.0000	18.420000	21245.0000	1.400000		26280	1
Wärmetauscher; Wasser zu Wasser	IEEE Std 493-2007 gold Book (124)	0.988434959	1.000000000	0.999862264	2259200.00...	0.000000	392.0000	0.054000		26280	1
Ventil; 3-Wege; Mischungsregelung	IEEE Std 493-2007 gold Book (237)	0.998713181	1.000000000	0.999980695	20409317.6...	0.000000	52836.0000	1.020000		26280	1
Ventilantrieb; elektrisch	IEEE Std 493-2007 gold Book (229)	0.970767486	0.999979206	0.999934106	885794.0000	18.420000	21245.0000	1.400000		26280	1
Pumpe; zentrifugal; integrierter An...	IEEE Std 493-2007 gold Book (163)	0.977713987	0.999993654	0.999897372	1166025.60...	7.400000	5836.0000	0.599000		26280	1
Verrohrung; Wasser; > 10,16 ≤ 20,3...	IEEE Std 493-2007 gold Book (156)	0.994321376	1.000000000	1.000000000	4614729.40...	0.000000	0.0000	0.000000		26280	1
Filtersieb; Wasser; > 10,16 cm	IEEE Std 493-2007 gold Book (176)	0.997245736	1.000000000	0.999506093	9528423.50...	0.000000	6411.0000	3.168000		26280	1
Ventil; Geradsitzventil, normal geö...	IEEE Std 493-2007 gold Book (228)	0.999711392	1.000000000	0.999999612	91044470.6...	0.000000	1031837.00...	0.400000		26280	1
Ventil; Geradsitzventil, normal geö...	IEEE Std 493-2007 gold Book (228)	0.999711392	1.000000000	0.999999612	91044470.6...	0.000000	1031837.00...	0.400000		26280	1
Ventil; Geradsitzventil, normal geö...	IEEE Std 493-2007 gold Book (228)	0.999711392	1.000000000	0.999999612	91044470.6...	0.000000	1031837.00...	0.400000		26280	1
Ventil; Geradsitzventil, normal geö...	IEEE Std 493-2007 gold Book (228)	0.999711392	1.000000000	0.999999612	91044470.6...	0.000000	1031837.00...	0.400000		26280	1

Komponentendaten

Komponente

Hinzufügen Ändern aufwärts

Entfernen Duplizieren abwärts

Leeren Vorhandenes System kopieren

Verlässlichkeit Einzelsystem

Zuverlässigkeit R(t): 0.576365406

Verfügbarkeit inhärent Ai: 0.999751093

Verfügbarkeit operativ Ao: 0.996681613

Redundanzkonfiguration

Teilsystemzahl n(+m): 1+1

Ersatzsystem vorhanden:

Identische Systeme gesamt: 2

Verlässlichkeit des Systems

Zuverlässigkeit R(t): 0.820533731

Verfügbarkeit inhärent Ai: 0.999999938

Verfügbarkeit operativ Ao: 0.999988988

Manuelle Dateneingabe:

Systemfunktion

Normalbetrieb

abgeschaltet und inaktiv

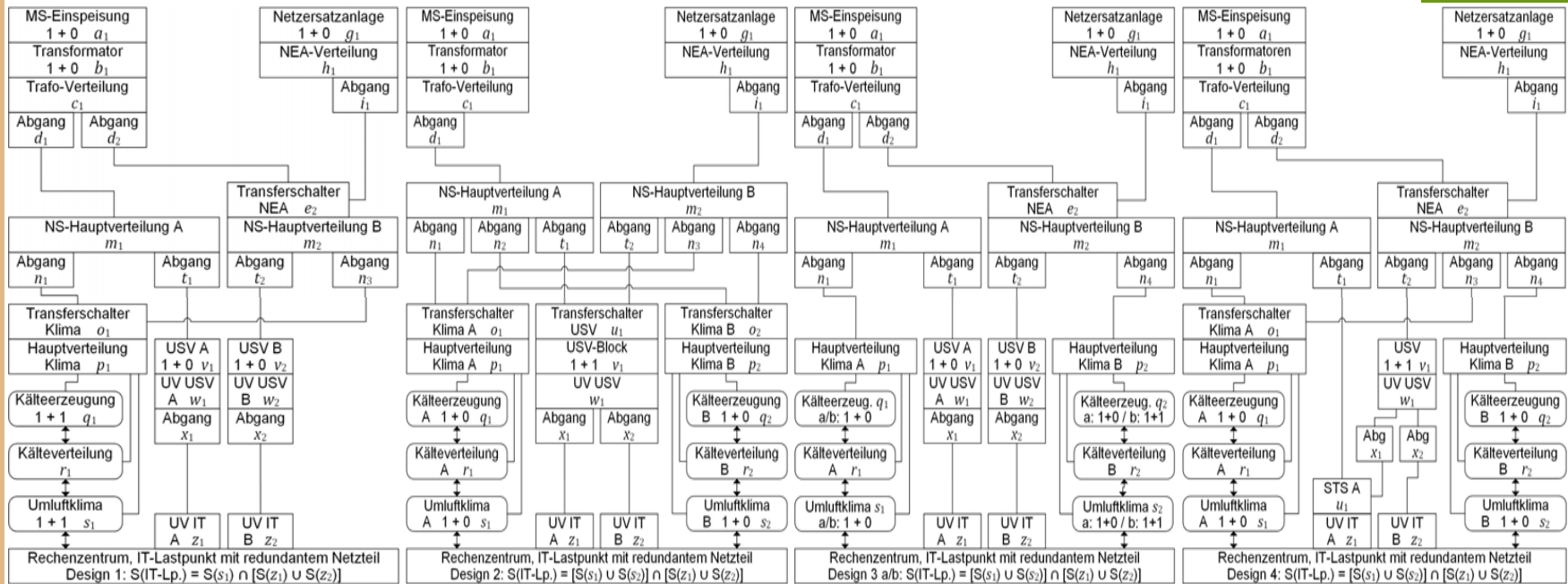
entfernt und überbrückt

Übernehmen Abbrechen

Boolesches Modell
 $2 (P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 P11 P12 P13 P14 P15 P16 P17 P18 P19 P20 P21 P22 P23 P24 P25 P26)^{\wedge} 1 - 1 (P1 P2 P3 P4 P5 P6 P7 P8 P9 P10 P11 P12 P13 P14 P15 P16 P17 P18 P19 P20 P21 P22 P23 P24 P25 P26)^{\wedge} 1 - 1$

Beispiel: Analyse der Ausfallsicherheit von Designvarianten

Design 1: $2N_E$ & N_C+1 Design 2: N_E+1 & $2N_C$ Design 3 a/b: $2N_E$ & $2N_C$ Design 4: $2N_E$ & $2N_C$

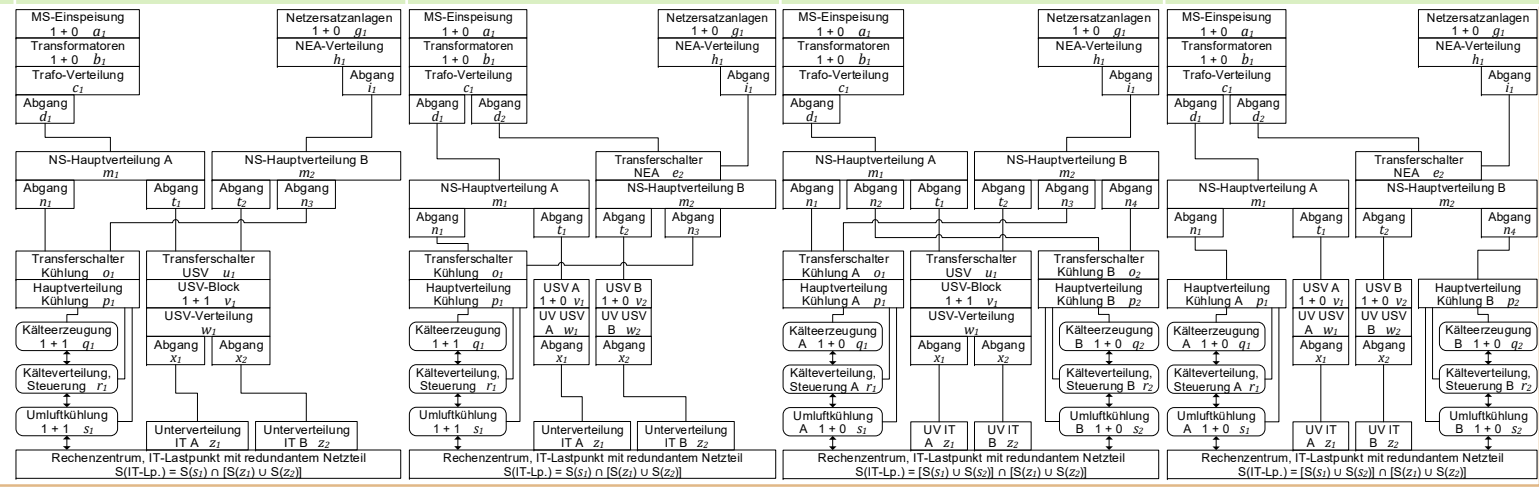


Systeme aller Varianten konsistent, Kennzahlen aus IEEE Std 493-2007.



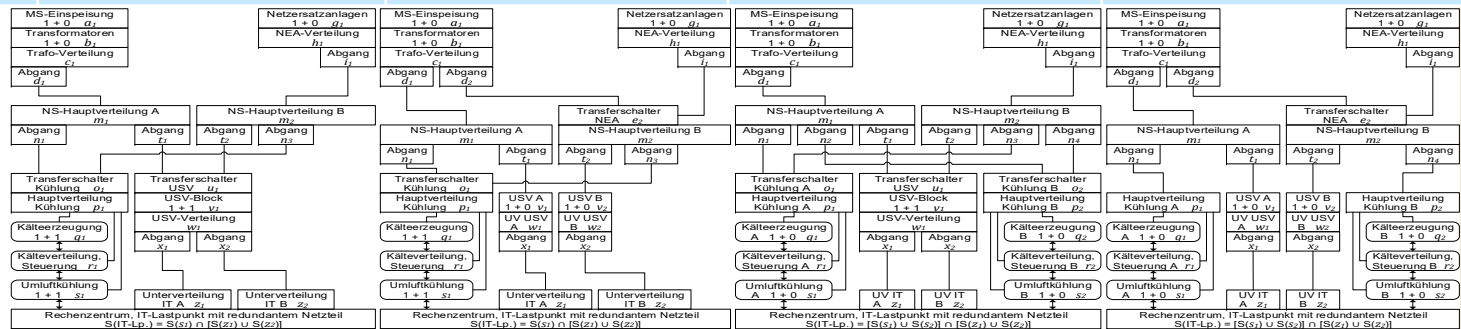
Analytik der Ausfallsicherheit von DCI

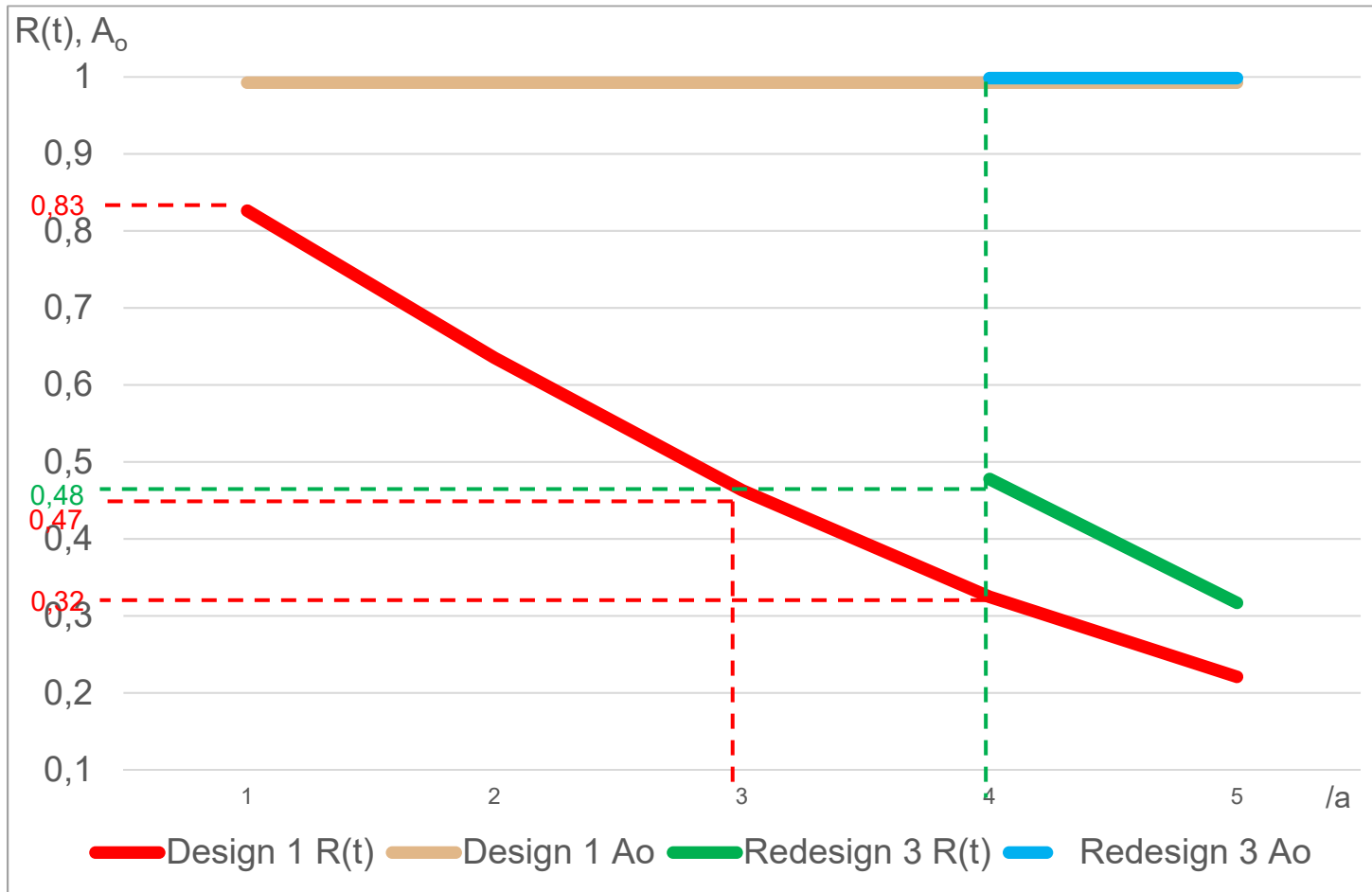
Variante	1: N_E+1 & N_C+1	2: $2N_E$ & N_C+1	3: N_E+1 & $2N_C$	4: $2N_E$ & $2N_C$
N	25	28	32	31
R(t=1a)	0,82629	0,83016	0,83733	0,80050
A_i	0,99996	0,99998	0,99998	0,99999
A_o	0,99261	0,99392	0,99854	0,99982
SPoF	5 von 25	3 von 28	2 von 32	0 von 31
DPoF	146 von 300	165 von 378	120 von 496	139 von 465

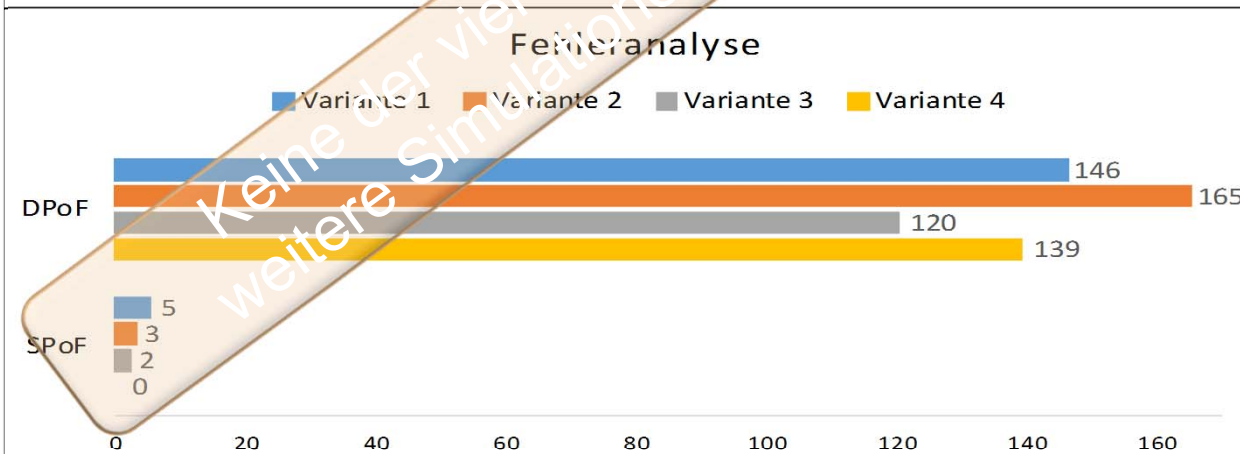
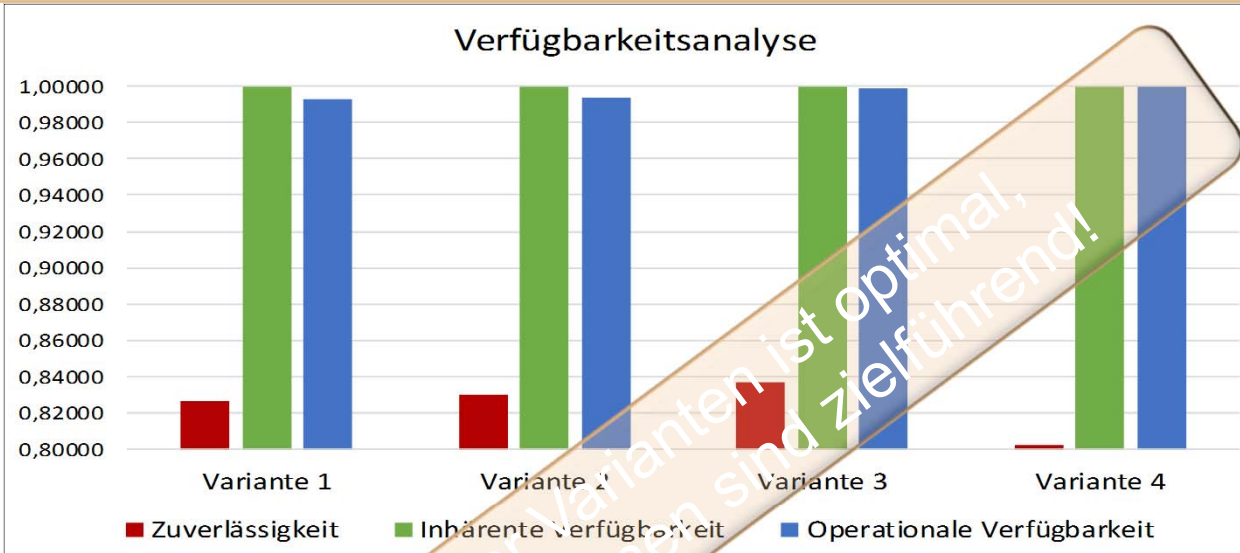


Analytik der Ausfallsicherheit von DCI

Variante	1	2	3	4
Einteilung A_0	99,261 %	99,392 %	99,854 %	99,982 %
Upt. Institute	< Tier 1	< Tier 1	Tier 2	Tier 3
BITKOM	< Kategorie A	< Kategorie A	~ Kategorie A	~ Kategorie B
BSI	VK 1	VK 1	~ VK 2	~ VK 3
Versorgung	N_E+1 & N_C+1	$2N_E$ & N_C+1	N_E+1 & $2N_C$	$2N_E$ & $2N_C$
Upt. Institute	Tier 2	Tier 3	Tier 2	Tier 4
BITKOM	Kategorie B	Kategorie C	Kategorie B	Kategorie D
EN 50600-2-x	VK 2	VK 3	VK 3	VK 4 erweitert







Keine der vier Varianten ist optimal, weitere Simulationen sind zielführend!

Wie kann die **Verfügbarkeit** verschiedener RZ-Designs verglichen werden?

Durch analytische Betrachtungen der Inhärenten sowie der Operationalen Verfügbarkeit.

Wie ist das **Ausfallrisiko** zu minimieren?

Risikoanalysen erfolgen durch Berechnung der Zuverlässigkeit und Fehlersimulationen; Optimierungsverfahren dienen der Minimierung des Ausfallrisikos.

Wie verändert sich das **Ausfallrisiko** durch **Alterung**, wann ist zu **reinvestieren**?

Risikobetrachtungen sind für gegenwärtige und zukünftige Zeitpunkte möglich, wie auch zur vorausschauenden Investitionsplanung.

Wie viele **Single Points of Failure (SPoF)** hat ein konkretes Design?

InfraOpt ermittelt die Anzahl der SPoF durch Simulation und berechnet die resultierenden Verfügbarkeiten.

Welchen Nutzen hat die Untersuchung der **Double Points of Failure (DPoF)**?

Für Vorhersagen in Wartungs- oder Havariesituationen.

Sind vertraglich fixierte **Service-Level-Agreements (SLA's)** plausibel?

SLA's können durch Gegenüberstellung der Inhärenten und Operationalen Verfügbarkeit validiert werden.

Wie sieht die **optimale Infrastruktur** aus?

Variantenvergleiche verbunden mit gezielten Modifikationen können zum Optimum führen.

Q & A



Wie sind DCI ohne Berechnungen zu beurteilen?

Praxistipps

- Definieren von abgegrenzten Teilsystemen, welche den „ingenieurtechnischen Blick“ auf die DCI als Gesamtsystem berücksichtigen
- Untersuchen von Redundanzen bezüglich der definierten Teilsysteme
- Bestimmung aller möglichen 1-Fehlerpunkte (SPoF), durch welche die DCI ausfallen kann
- Bestimmung der Verfügbarkeitsklassen gemäß DIN EN 50600-2-2 bzw. DIN EN 50600-2-3



Literatur

- BITKOM e. V., Betriebssicheres Rechenzentrum, Leitfaden 2013
- DIN EN 50600 ff. Information Technology - Data Centre Facilities and Infrastructures
- DIN EN 61078, Techniken für die Analyse der Zuverlässigkeit
- IEEE Std. 493-2007 Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems
- Integrated Reliability Analysis of Data Center Infrastructures: A Case Study, 3rd IEEE PES Innovative Smart Grid Technologies Europe, 2012
- Uptime Institute, 2008, White Paper, „Tier Classifications Define Site Infrastructure Performance“
- Zuverlässigkeitstechnik, HANSER Verlag





InfraOpt®

**Präventives Risikomanagement für
ausfallsichere Data Center Infrastrukturen.**

Ich freue mich auf Ihre Fragen.

