



Reliability Modeling

Wie zuverlässig ist die
Infrastruktur?

Frank Donat
Manager Critical Facilities Services
25. August 2009



Agenda



- Verfügbarkeit eines Rechenzentrums
- Optimierungsmöglichkeiten
- Beschreibung der Methode
- Bericht über ein Reliability Modeling
 - Elektroversorgung
 - Klimatisierung

Verfügbarkeit

Spezifizierung von Verfügbarkeit im Rechenzentrum für
bauliche Strukturen und betriebstechnische Anlagen

| | Tier 1 | Tier 2 | Tier 3 | Tier 4 |
|--|------------------|------------------|-------------------|------------------|
| | | | Pfad A passiv | Pfad A Pfad B |
| Redundanz | N | N + 1 | N + 1 | 2 x (N + 1) |
| Anzahl Zuleitungen/ Versorgungswege | 1 | 1 | 1 aktiv, 1 passiv | 2 |
| Wartung im Betrieb | nein | nein | ja | ja |
| Mehrere Brandabschnitte | nicht notwendig | nicht notwendig | notwendig | notwendig |
| Single Point of Failure | Viele + menschl. | Viele + menschl. | Einige + menschl. | Keine + menschl. |
| Fehlertoleranz | keine | keine | ja | ja |
| Verfügbarkeit | 99,671% | 99,749% | 99,982% | 99,995% |
| Zeitliche Nicht-Verfügbarkeit | 28,8 h/a | 22,0 h/a | 1,6 h/a | 0,8 h/a |

Uptime Institute: „Tier-System“



Wie zuverlässig ist das Rechenzentrum?

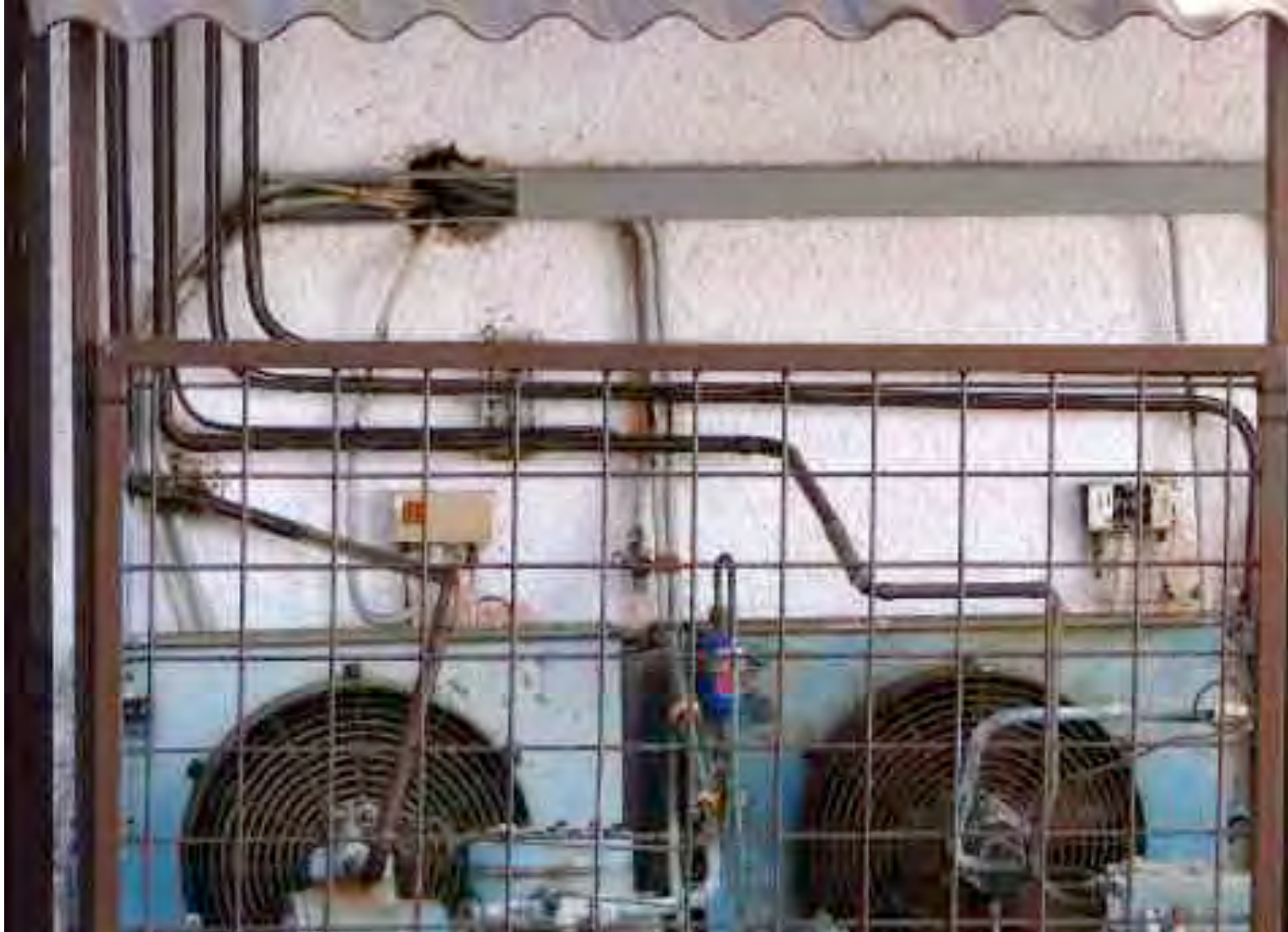
Ein Rechenzentrum besteht aus vielen technischen Komponenten, die mit einer unterschiedlich großen Wahrscheinlichkeit ausfallen.

Wie kann die Verfügbarkeit eingeschätzt werden und mit welchen Massnahmen kann die Zuverlässigkeit erhöht werden?

„Verfügbarkeit“



„Verfügbarkeit“



Auswirkungen von Fehlern

Fehler bei Wartungsarbeiten verursacht Bahn-Computerpanne

Berlin (dpa) - Die Ursache für die schwere Computerpanne bei der Bahn ist gefunden: Bei Wartungsarbeiten an der Stromversorgung für das Rechenzentrum in Berlin sei ein Fehler gemacht worden, sagte ein Bahnsprecher auf Anfrage. Dieser habe zu einem Stromausfall und daraufhin zu einem Ausfall des gesamten Netzwerkes geführt. Durch die Panne war am Mittwoch das gesamte Buchungs- und Informationssystem für Kunden und Mitarbeiter der Bahn lahmgelegt. Als Folge verspäteten sich zahlreiche Züge.

ZEIT ONLINE 2009

ZEIT ONLINE - 16. Januar 2009

http://www.zeit.de/dpa/2009/1/16/iptc-hfk-20090116-80-dpa_20081152.xml



Auswirkungen von Fehlern

COMPUTER ZEITUNG

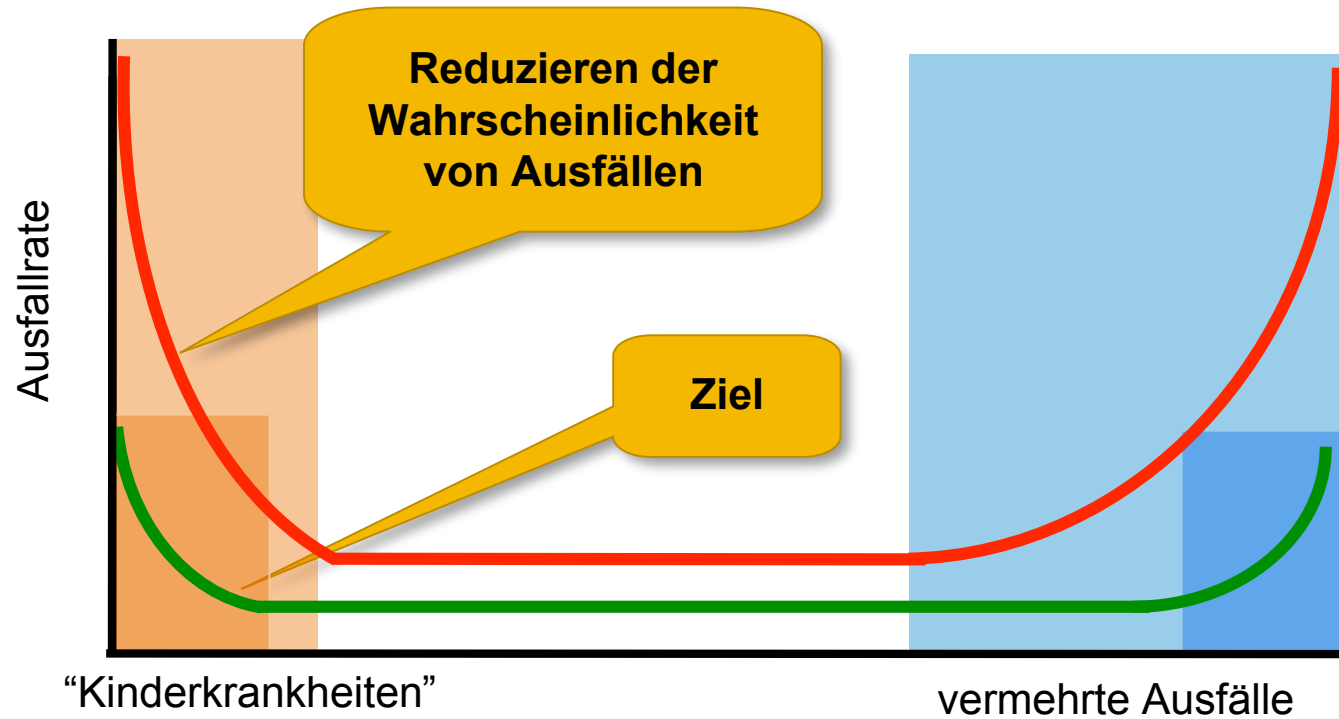
EM-TV-Panne mahnt: Firmen müssen im Rechenzentrum gegen Stromausfälle vorsorgen

von Armin Bannitzke

26. JUNI 2006

Der minutenlange Bildausfall während der Übertragung des Fußball-EM-Halbfinals zwischen Deutschland und der Türkei unterstreicht, wie wichtig unterbrechungsfreie Stromversorgungen sind, betont der Rechenzentrumsausstatter APC.

Optimierung der Verfügbarkeit von Rechenzentren



Lebensdauer



Vorgehen bei einem Assessment

Aufnahme des Ist-Zustands

- Information über bestehende Systeme und Standortbedingungen ermitteln

Analyse der gesammelten Daten

- Analyse von Lücken / Schwachpunkten
- Aufdecken von Single Point of Failures
- Einsatz von Simulationsprogrammen, wenn sinnvoll / erforderlich

Empfehlungen

- Interpretation der Ergebnisse
- Beschreibung möglicher Verbesserungen

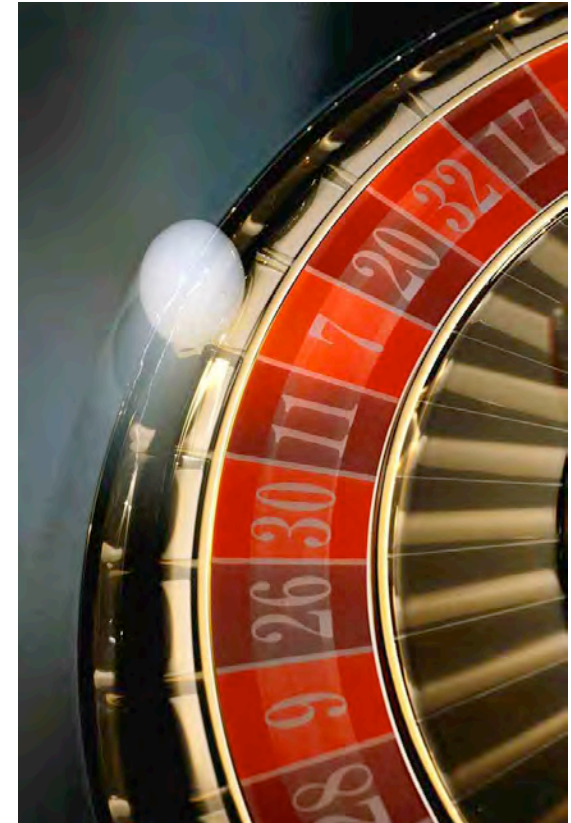


Assessment: Reliability Modeling



Reliability-Ermittlung „Monte-Carlo-Methode“

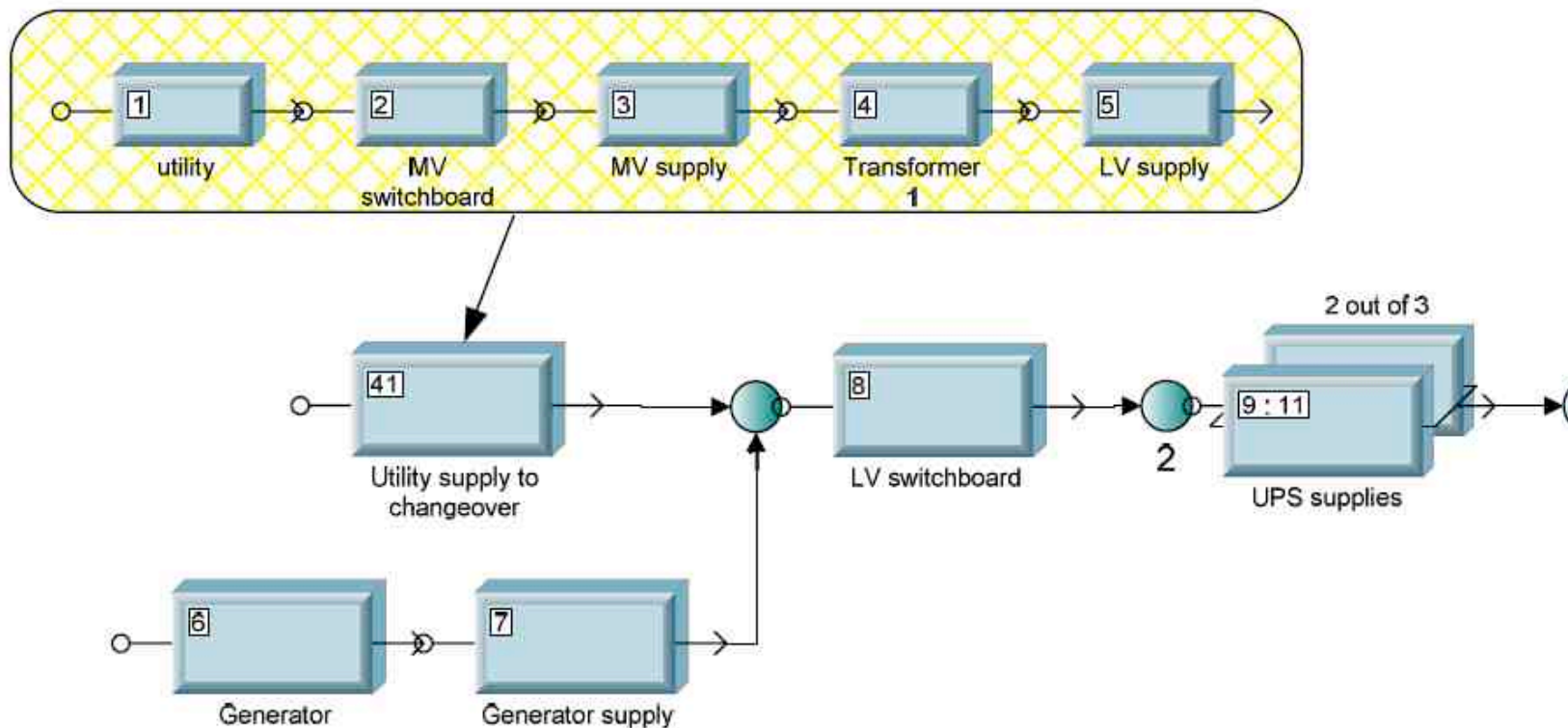
- Die technischen Einrichtungen eines Rechenzentrums werden als System beschrieben.
- Mit einer “Monte Carlo Simulation” wird das Verhalten des Systems analysiert und das Ausfall-Risiko quantifiziert.
- Basis sind die veröffentlichten Ausfallraten und Reparaturzeiten der einzelnen Komponenten.
- “Reliability modeling” wird beim Vergleich unterschiedlicher Konzepte eingesetzt. Hierbei werden die Risiken sowie die Kosten für die Risikovermeidung betrachtet.
- Im folgenden Fall wurden 1.000 gleichartige Rechenzentren über eine Zeit von 20 Jahren betrachtet. (wegen stat. Relevanz)



Beschreibung der Methode

- “Design of Reliable Industrial and Commercial Power Systems” (IEEE Standard 493-1997; The Gold Book)
- Methode des Reliability Block Diagram (RBD) laut “Reliability Block Diagram Simulation Techniques Applied to the IEEE Std. 493 Standard Network”
- Software für die Simulation:
VisualSpar von Clockwork Solutions Inc.

Reliability Block Diagram (RBD)



- Jeder Block im RBD repräsentiert ein Subsystem
- Jedes Subsystem kann aus Einzelkomponenten (LRUs), Subsystemen oder Subsystem-Modulen (x von y Module) bestehen

Reliability Block Diagram (RBD)

- Line Replaceable Units (LRUs) sind die Einzelkomponenten (Basisblöcke) des RBD. Sie repräsentieren einzelne Komponenten wie Schalter, Kabel, Generator, USV Gleichrichter, USV Batterie usw.
- Die Fehlerraten (failure rates) und die Reparaturdaten dieser LRUs wurden aus mehreren Quellen* genommen.
- Jede LRU hat zwei Fehlerraten: “aktiv” und “passiv”. Die “passive failure rate” wird für Equipment herangezogen, das für längere Zeit im Standby Modus ist, wie z.B. der Generator oder die USV Batterien.
- Bei den Reparaturen wurde angenommen, dass die benötigten Ersatzteile sofort verfügbar sind und dass die Reparaturen beim Kunden vor Ort durchgeführt werden.

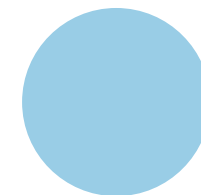
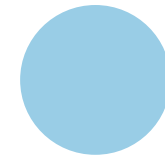
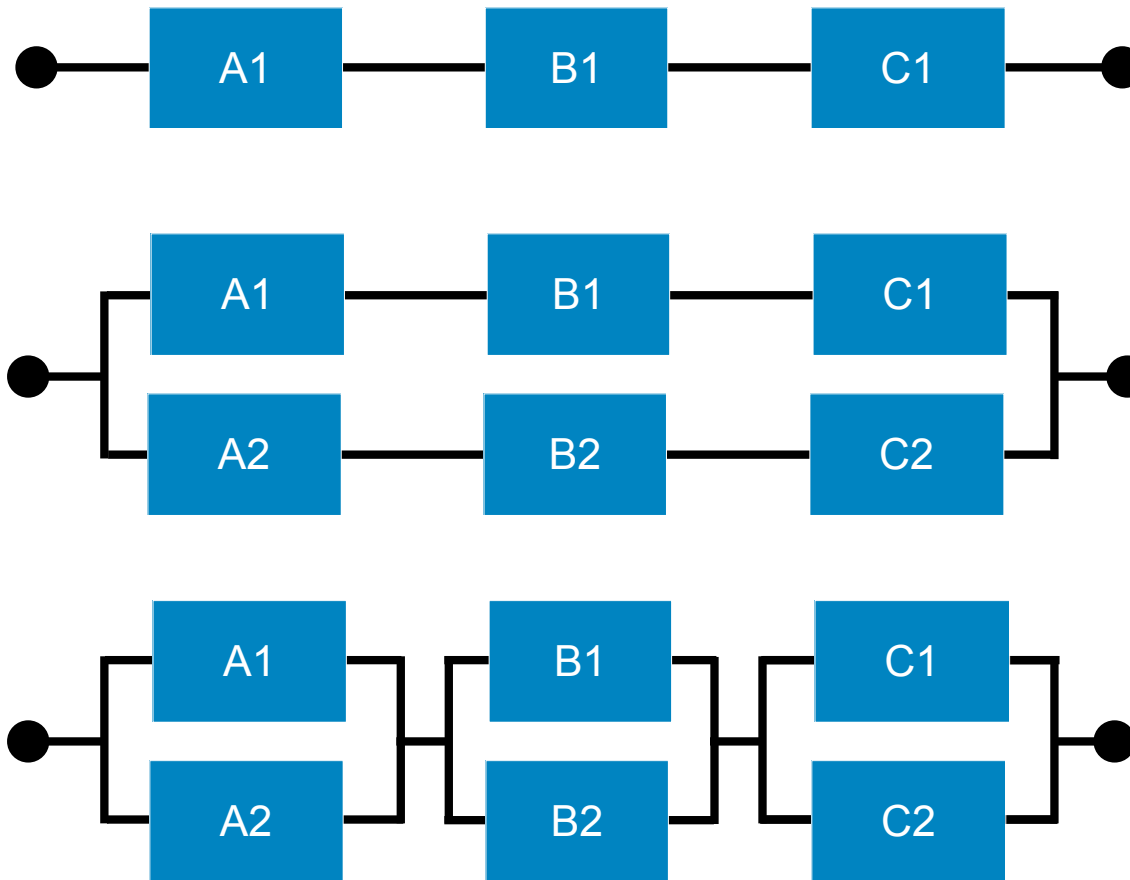
*IEEE493 Gold Book

Public Works Power Reliability Enhancement Program (PREP) published in the IEEE Transactions on Industry Applications Volume 25 No.2

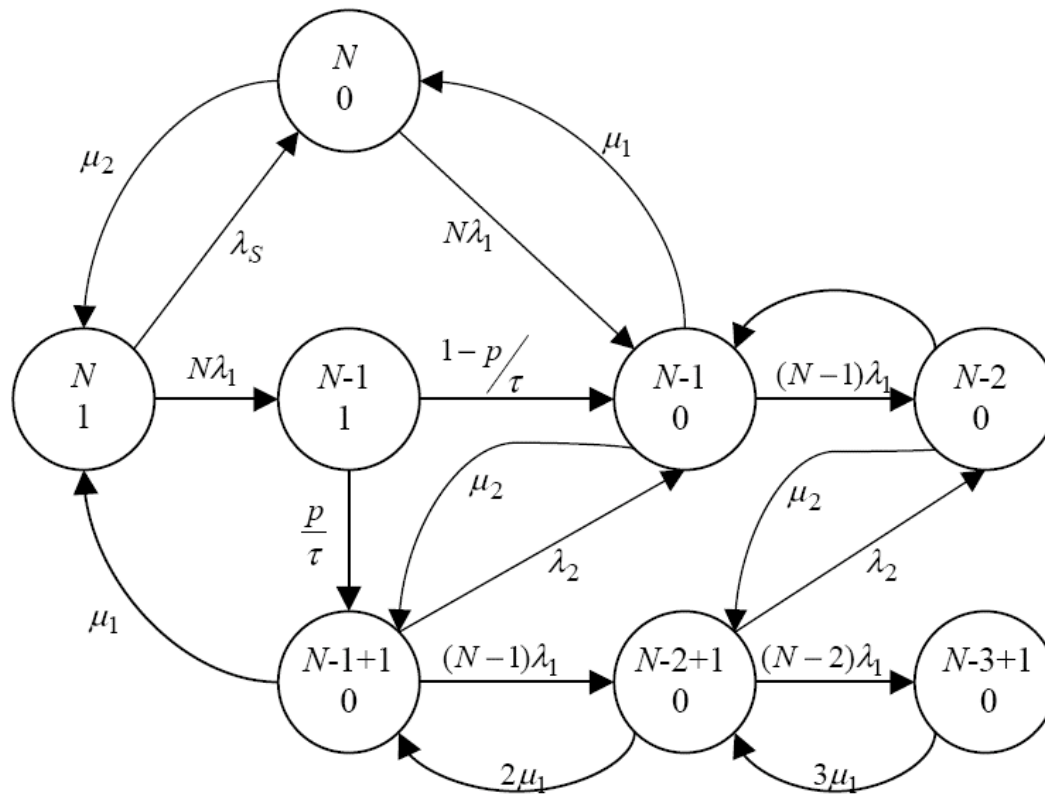


Zuverlässigkeit von Baugruppen

- logische Verknüpfung -



Berechnung der Zuverlässigkeit



$$MTBF = \frac{3N\lambda_a\mu + N^2\lambda_a^2 + 2\lambda_b\mu + N\lambda_a\lambda_b - Np\lambda_a\mu + 2N\lambda_a\mu^2\tau + 2\mu^2}{N(N-1)\lambda_a^2(N\lambda_a + \lambda_b + \mu - p\mu)}$$

Reliability-Modeling eines Rechenzentrums



Daten zu dem untersuchten Rechenzentrum



- ca. 700qm Fläche
- seit ca. 3 Jahren in Betrieb
- voll mit Racks bestückt
- wenig Platz in Racks frei
- Der Kunde wollte die Zuverlässigkeit seiner Infrastruktur untersucht haben und beauftragte das Reliability Modeling

Elektroversorgung

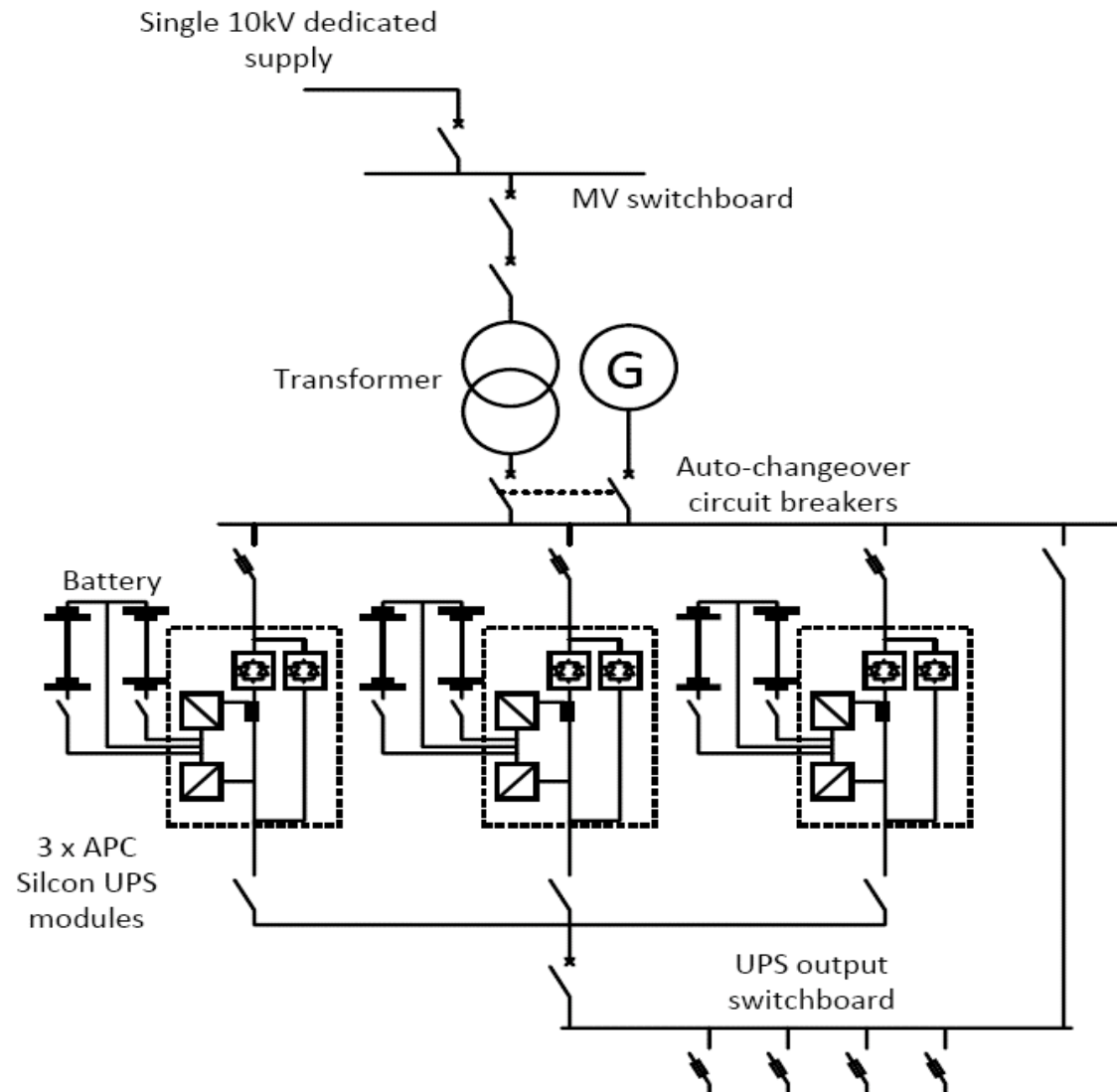


Elektroversorgung - Beschreibung

- Die Stromversorgung erfolgt mit einer dezidierten 10KV Leitung
- Das Rechenzentrum wird von einem 2MVA Transformator mit einem 2MVA 400V Diesel Generator als Backup versorgt.
- Die Umschaltung erfolgt durch einen motorgetriebenen Schalter, der die 3 Phasen und den Neutraleiter schaltet.
- Auf der Niederspannungsseite sind drei APC Silcon DP300E USV' (Delta Conversion) parallel geschaltet
- Es sind vier Schaltschränke zu 400A installiert, die jeweils mehrere 63A Ausgänge haben
- Von den Ausgängen führen Kabel ins Rechenzentrum
- Die meisten IT-Geräte verfügen über einen Stromanschluss ("single cord"), einige Geräte haben zwei Stromanschlüsse ("dual cord")



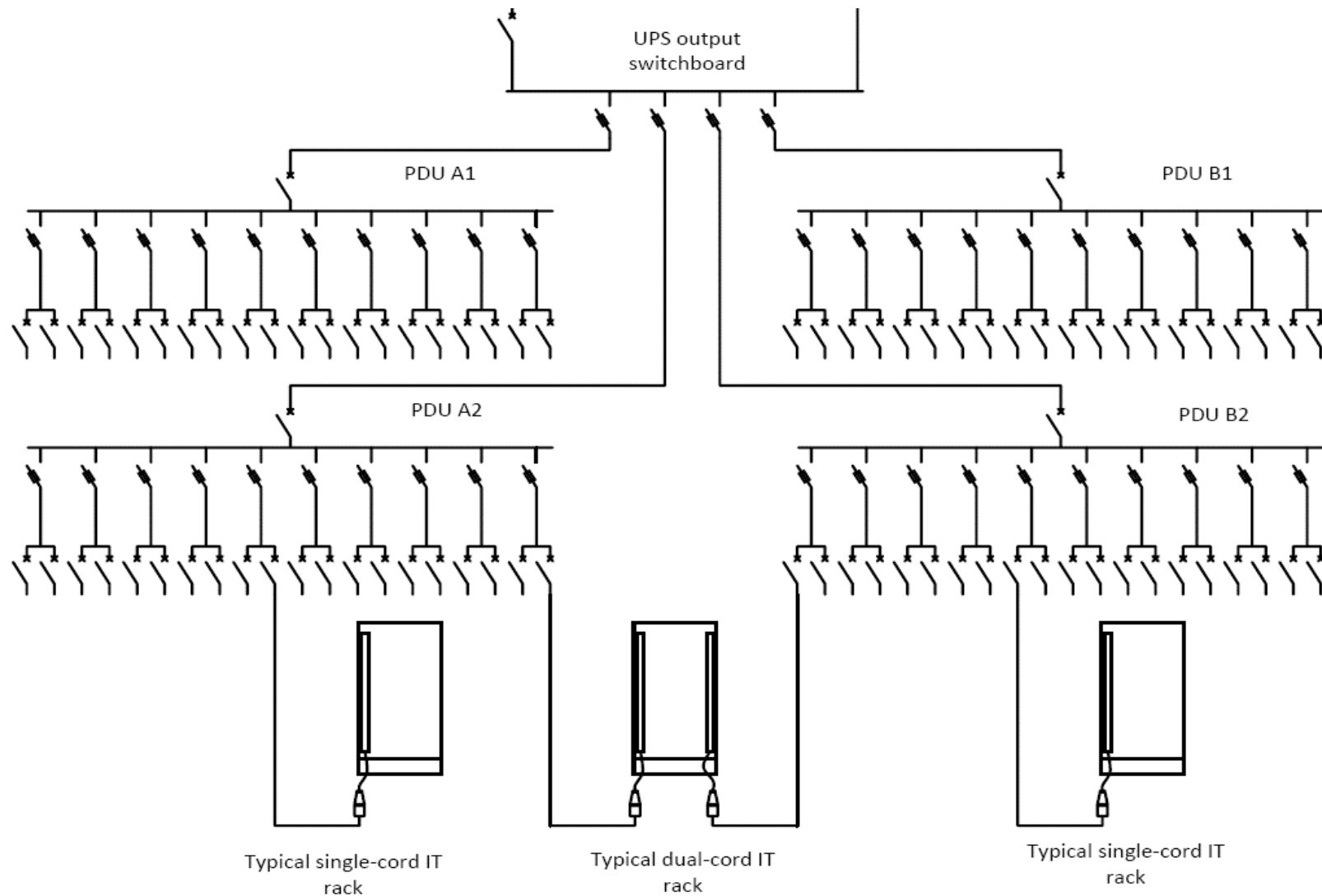
Elektroversorgung (1/2)



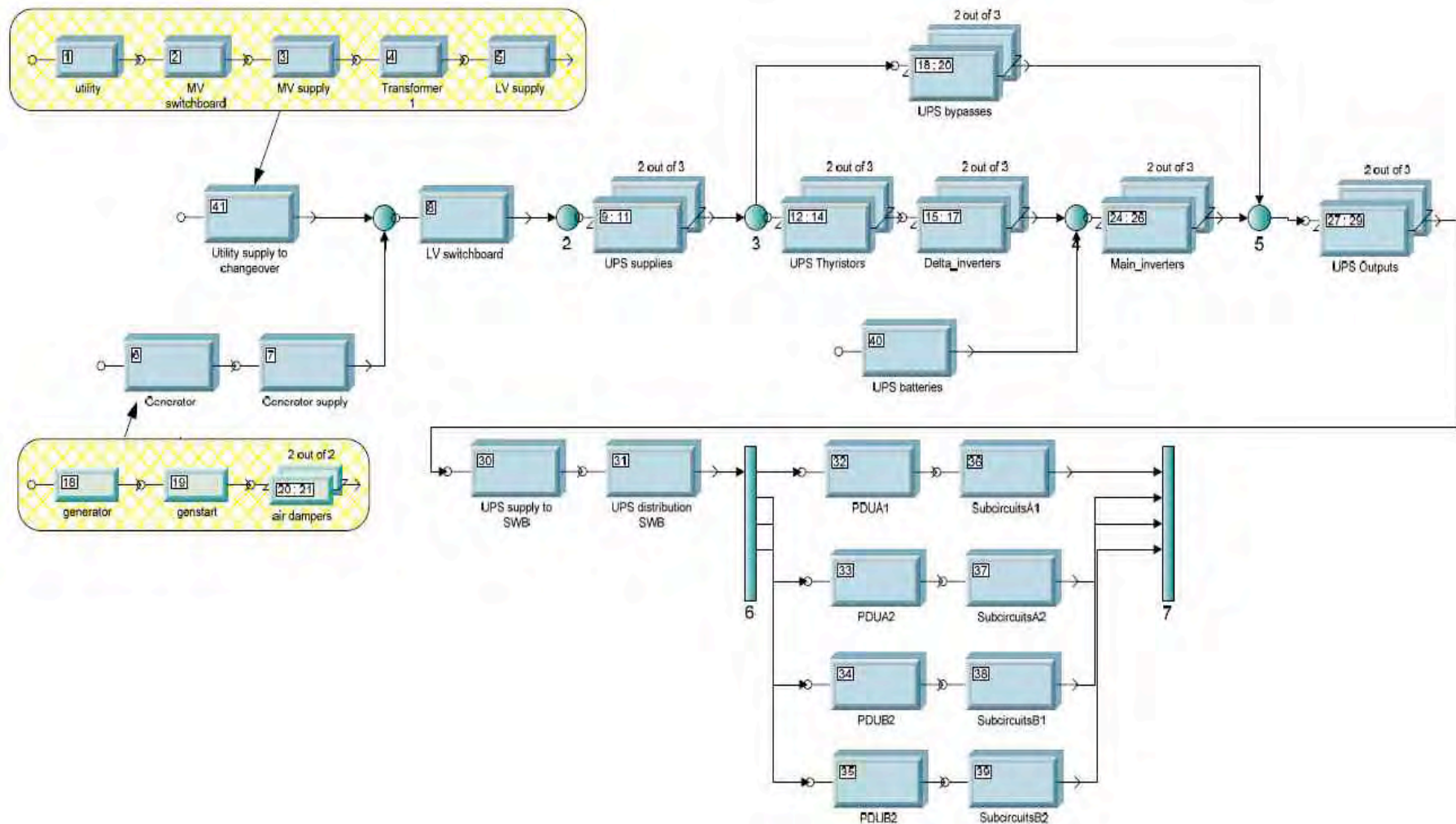
N+1



Elektroversorgung (2/2)



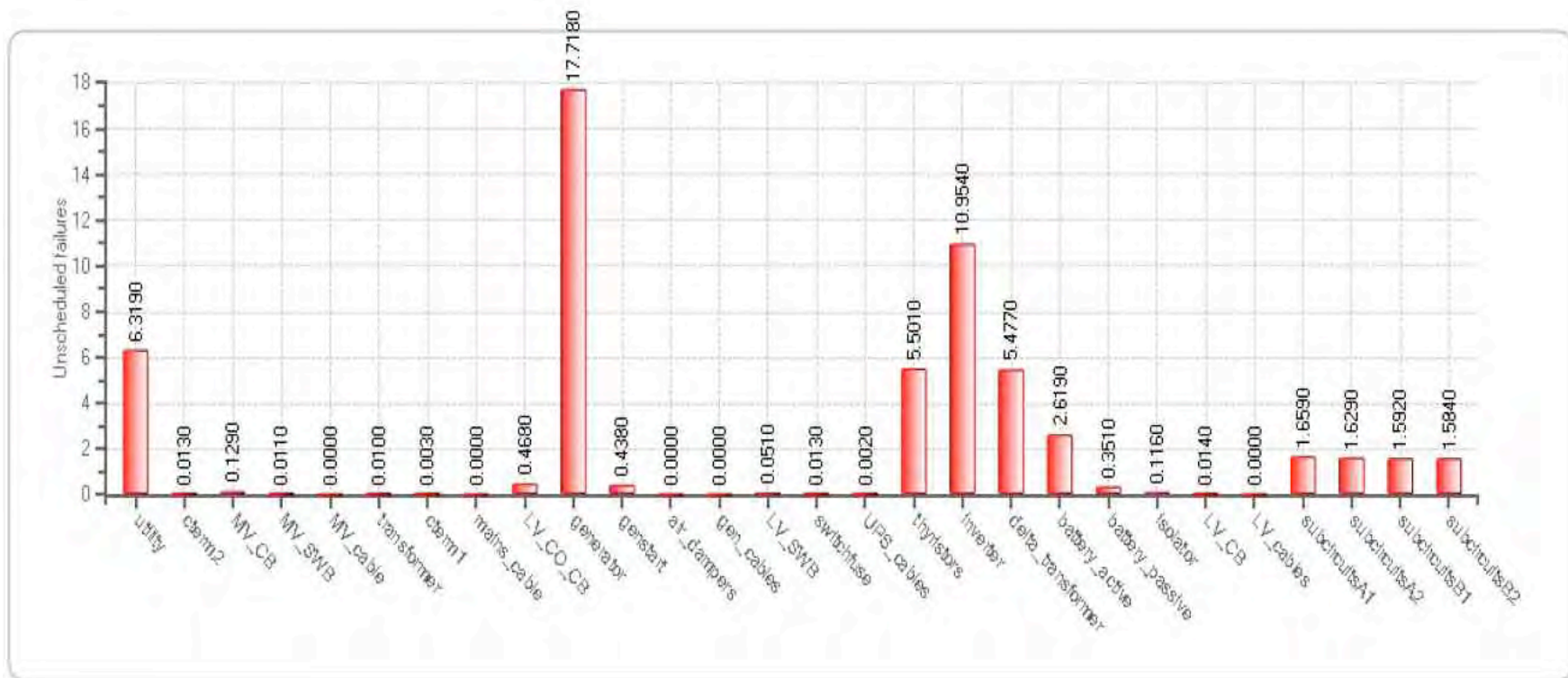
Reliability Block Diagram (RBD) der Elektroversorgung



Das Block-Diagramm (RBD) enthält **352** Line Replacable Units (LRUs)



Single-Cord & Dual Cord Ausfälle nach Komponenten



Viele Ausfälle der Komponenten führen nicht zu Ausfällen des Gesamtsystems.

Single-Cord Fehlerwahrscheinlichkeit



5 Jahre

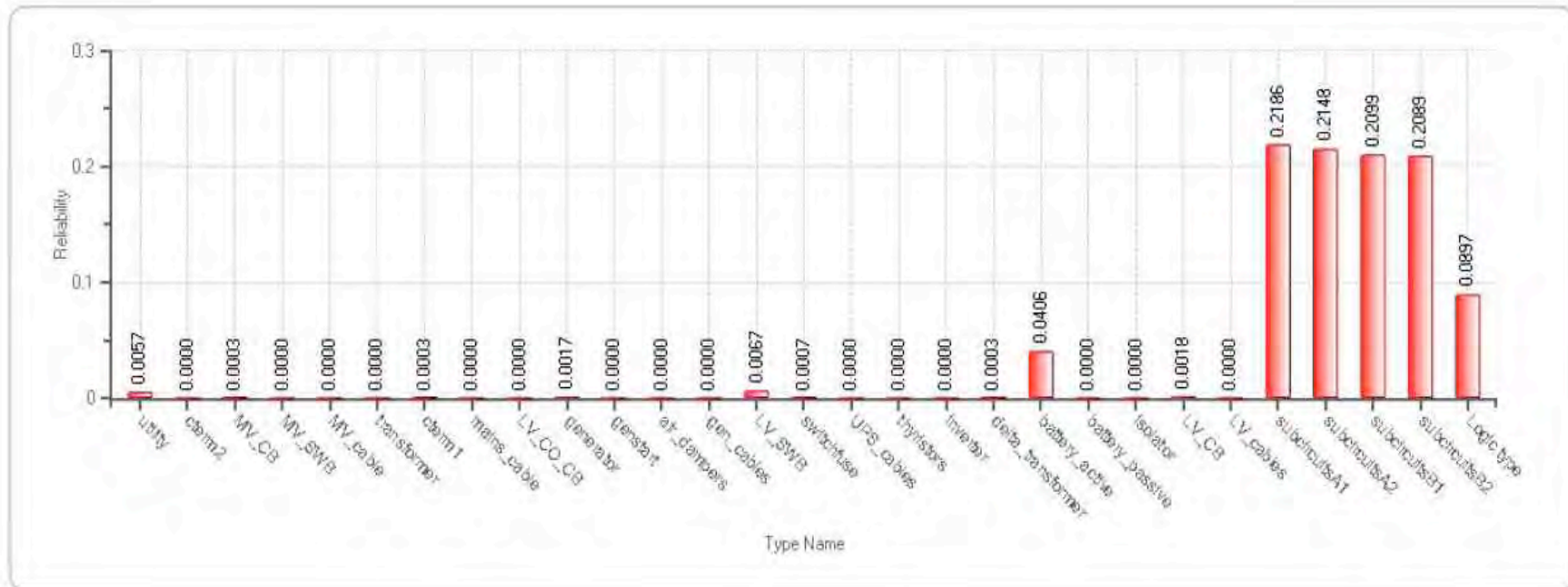
10 Jahre

15 Jahre

20 Jahre



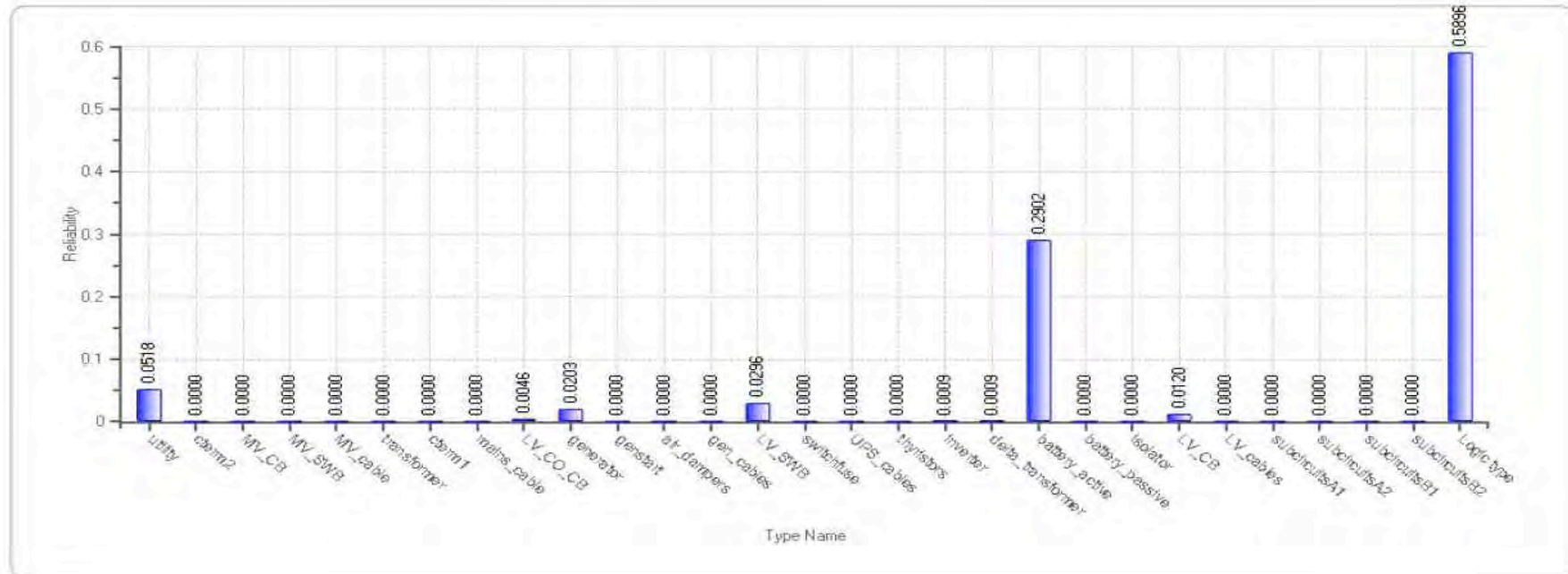
Single-Cord Zuverlässigkeit



Die Fehler im Bereich der Elektroverteilung der einzelnen IT-Komponenten führen zu den meisten Ausfällen.

Die „Battery_Active“ Fehler treten nur auf, wenn die Batterien entladen sind, also der Generator nicht anläuft.

Dual-Cord Zuverlässigkeit



Die Fehler im Bereich der Elektroverteilung führen in der Regel hier nicht zu Ausfällen.

Die „Logic Type“ Fehler treten auf, wenn eine Komponente nicht verfügbar ist, wenn sie benötigt wird. Also z.B. defekte Batterien, ein nicht anspringender Generator, ...

Zuverlässigkeit der Elektroversorgung

Existing single cord

| Average Availability | Mean Time to First Failure (years) | 5-year Probability of Failure | 10-year Probability of Failure | Number of failures in 20 years | Down time in 20 years (hours) | Down time for each failure (hours) |
|----------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 99,9899106% | 4,74 | 59,88% | 91,97% | 7,5830 | 17,6887 | 2,3327 |

Existing dual cord

| Average Availability | Mean Time to First Failure (years) | 5-year Probability of Failure | 10-year Probability of Failure | Number of failures in 20 years | Down time in 20 years (hours) | Down time for each failure (hours) |
|----------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 99,99884609% | 35,42 | 10,23% | 19,21% | 1,0820 | 2,0232 | 1,8699 |



Klimatisierung



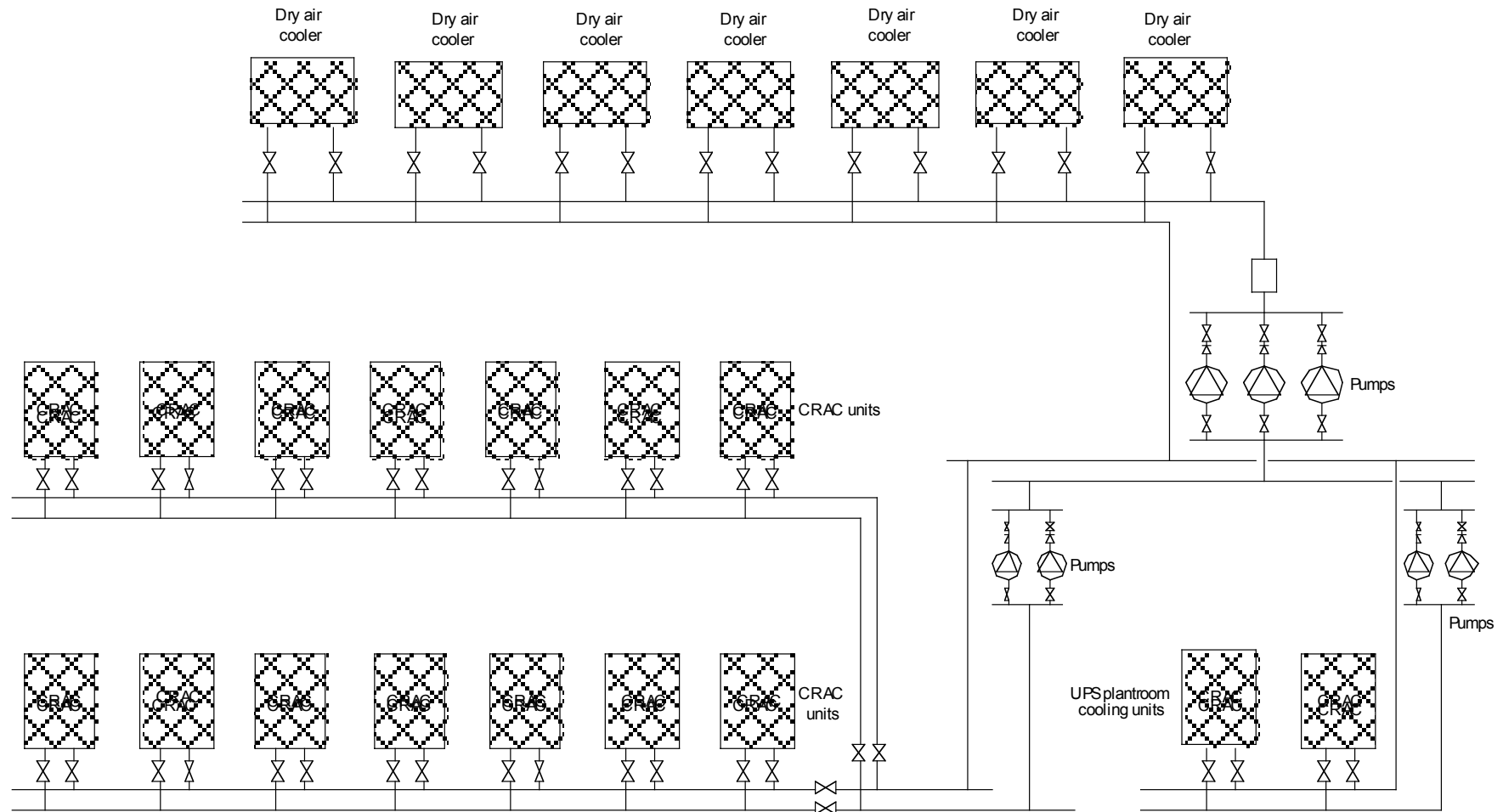
Klimatisierung - Beschreibung

- Die Kälteerzeugung erfolgt mittels STULZ ASD 791 GE1 Geräten. Hierbei handelt es sich um ein hybrides, indirektes Freikühlsystem. Sobald die Außentemperaturen es zulassen, nutzt das System so weit wie möglich die Außenluft zur indirekten freien Kühlung.
- 14 Klimaschränke sind im Rechenzentrum installiert (N+2 Redundanz)
- 2 Klimaschränke im USV-Raum (N+1 Redundanz)
- Das Kühlwasser-Rohrsystem besteht aus geschweissten Stahlrohren; im Bereich der außenliegenden Rückkühler sind einige Rohre verschraubt
- Es sind 7 Rückkühler in N+1 Redundanz installiert.
- Es gibt 3 primäre Kühlwasserpumpen in 2:3 Redundanz und jeweils mehrere Pumpen für die Umluftklimaschränke im Rechenzentrum und im USV-Raum.
- Die Klimatechnik wird über eine Unterverteilung mit Strom versorgt, und wird bei Stromausfall über den Generator betrieben.



Klimatisierung - IST

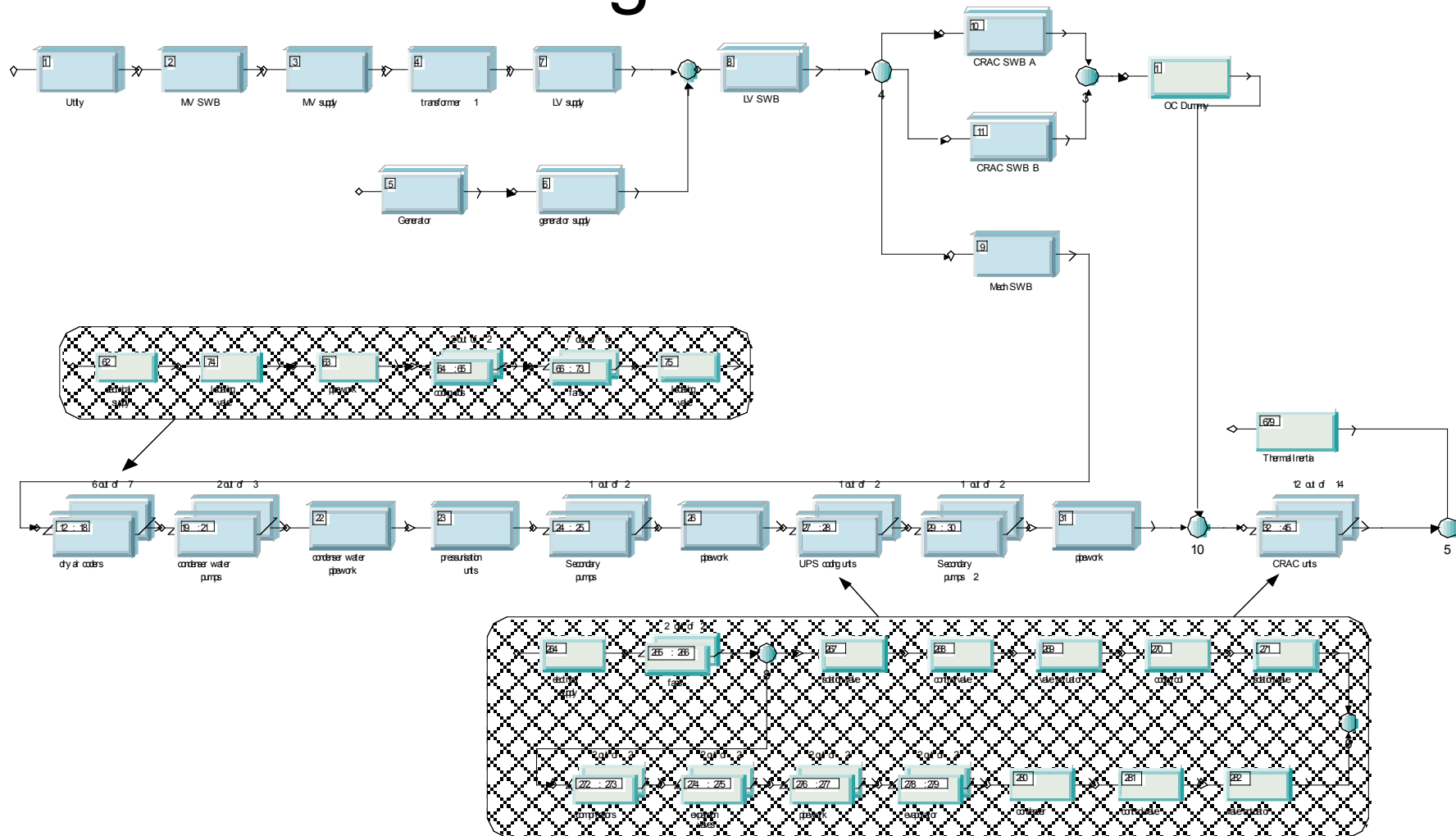
Rückkühler



Umluftklimageräte mit integrierter Kältemaschine



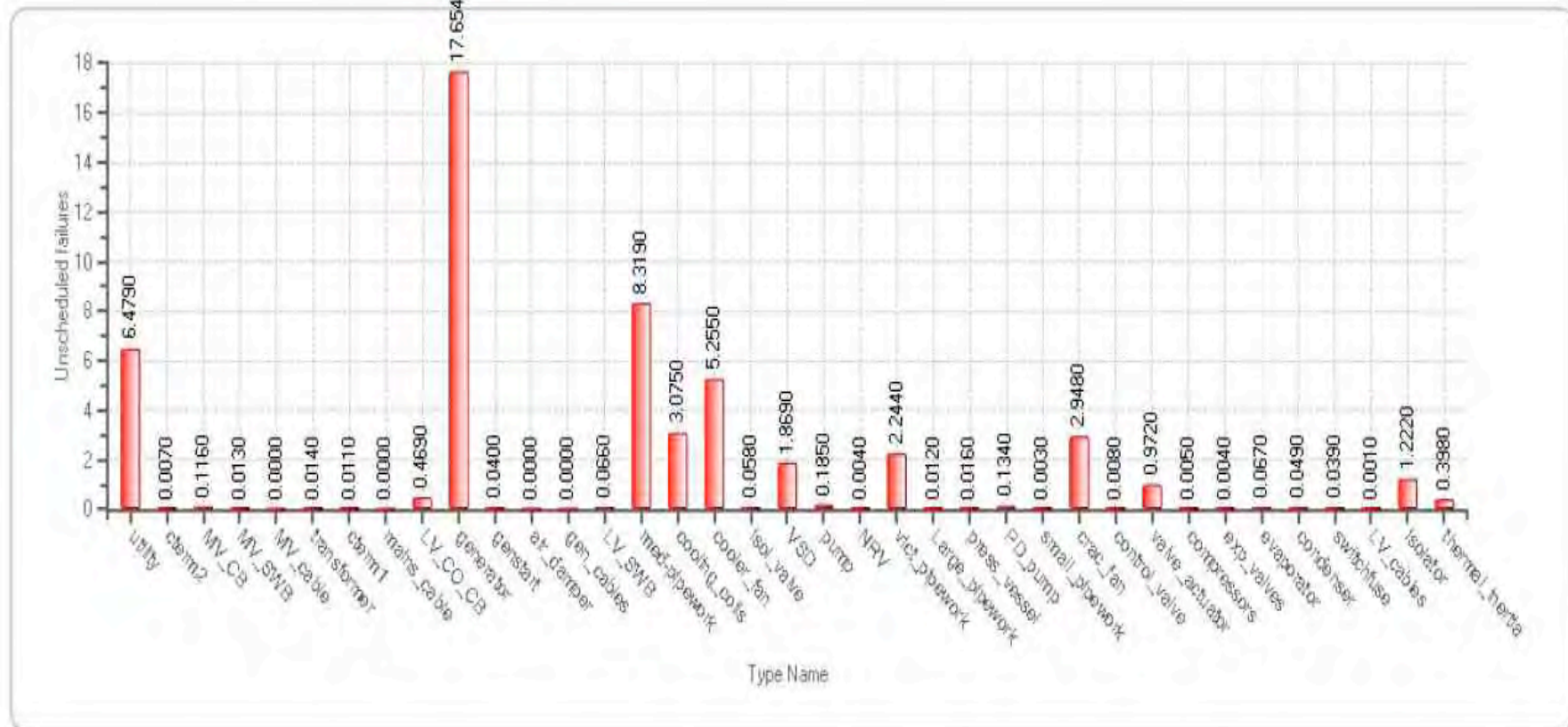
Reliability Block Diagram (RBD) der Klimatisierung



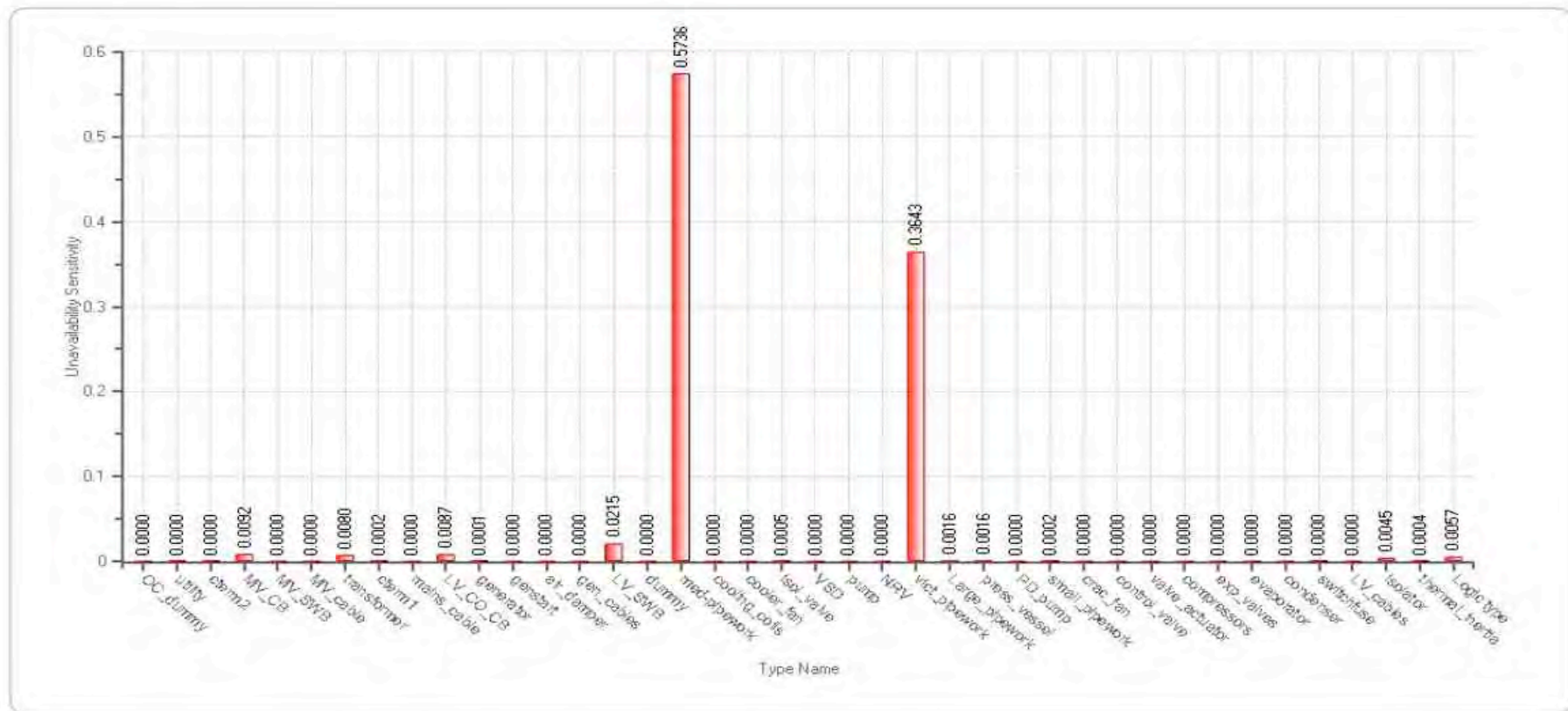
Das Block-Diagramm (RBD) enthält **711** Line Replacable Units (LRUs);
40 unterschiedliche Typen



Klimatisierung Ausfälle nach Komponenten



Klimatisierung Zuverlässigkeit



Das Diagramm zeigt, dass die Fehler mit der größten Auswirkung im Bereich der Kühlmittelleitung entstehen können. Aufgrund der bestehenden Topologie führt ein Fehler in diesem Bereich zu einem Komplettausfall des Kühlsystems.

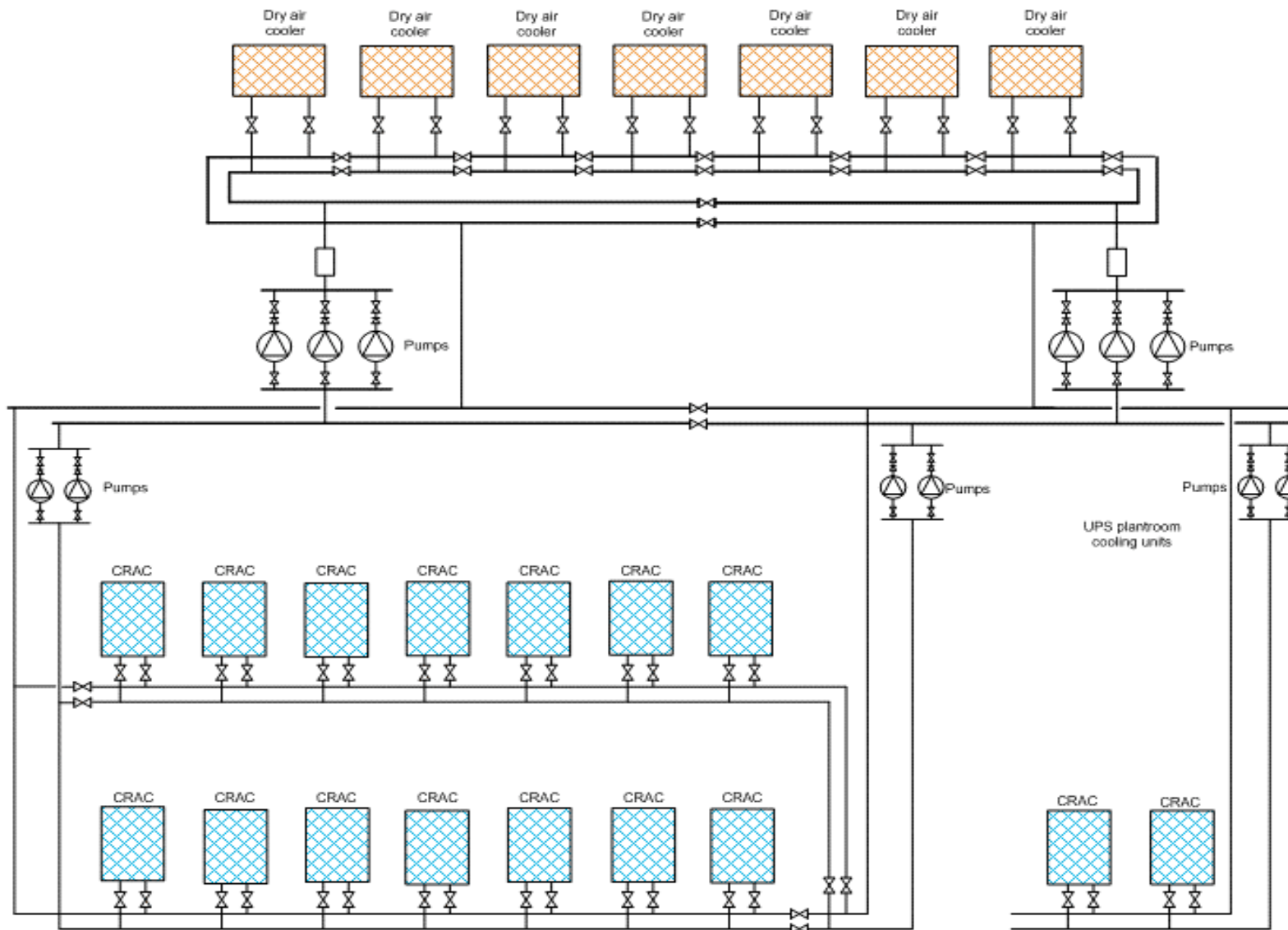
Zuverlässigkeit der Klimatisierung

Existing mechanical cooling system

| Average Availability | Mean Time to First Failure (years) | 5-year Probability of Failure | 10-year Probability of Failure | Number of failures in 20 years | Down time in 20 years (hours) | Down time for each failure (hours) |
|----------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 99.95059664% | 4,64 | 62,33% | 92,15% | 7,2140 | 86,6139 | 12,0064 |



Klimatisierung – Verbesserungsmöglichkeit 1



Zuverlässigkeit der Klimatisierung

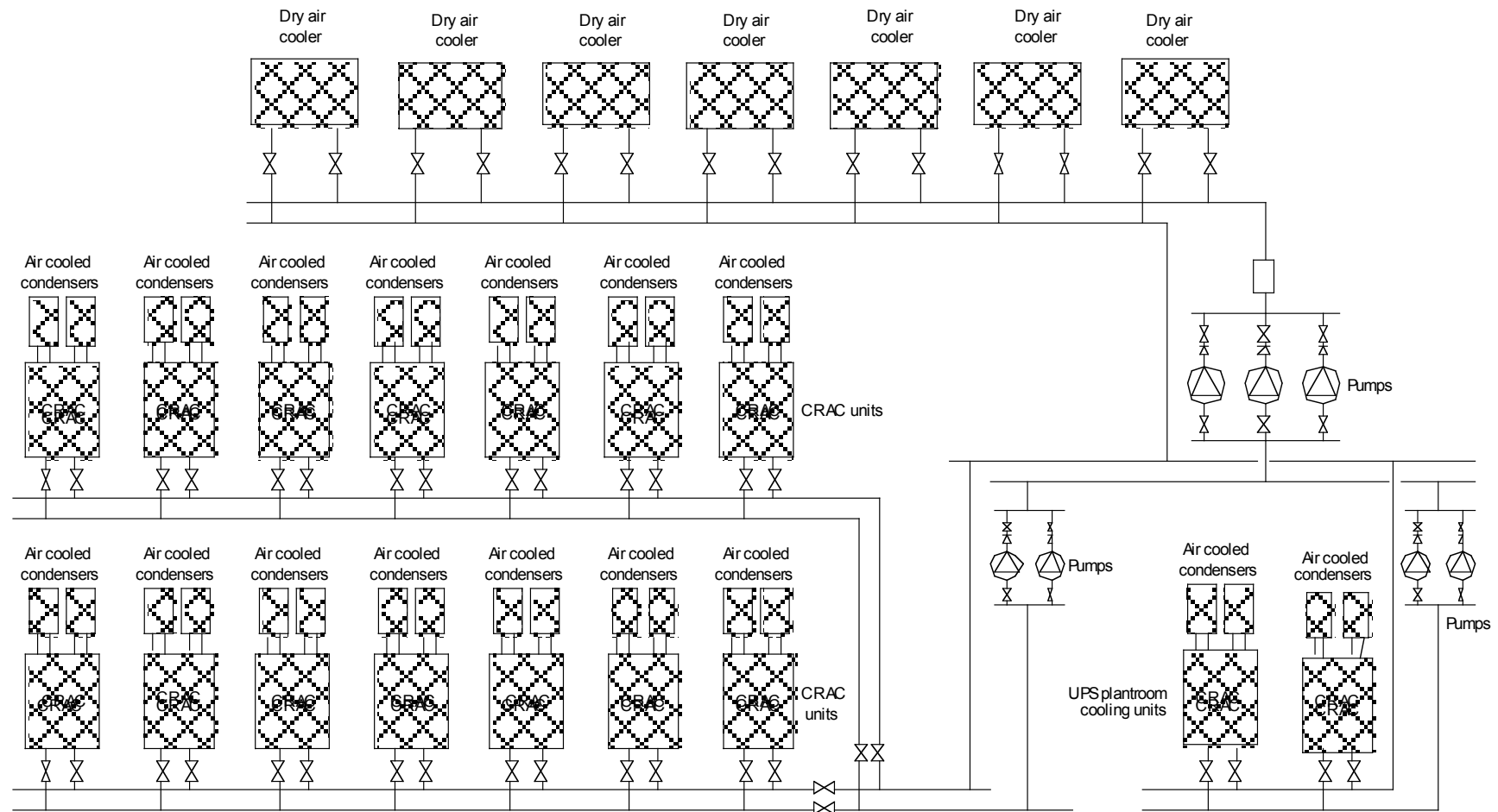
Existing mechanical cooling system

| Average Availability | Mean Time to First Failure (years) | 5-year Probability of Failure | 10-year Probability of Failure | Number of failures in 20 years | Down time in 20 years (hours) | Down time for each failure (hours) |
|----------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 99.95059664% | 4,64 | 62,33% | 92,15% | 7,2140 | 86,6139 | 12,0064 |

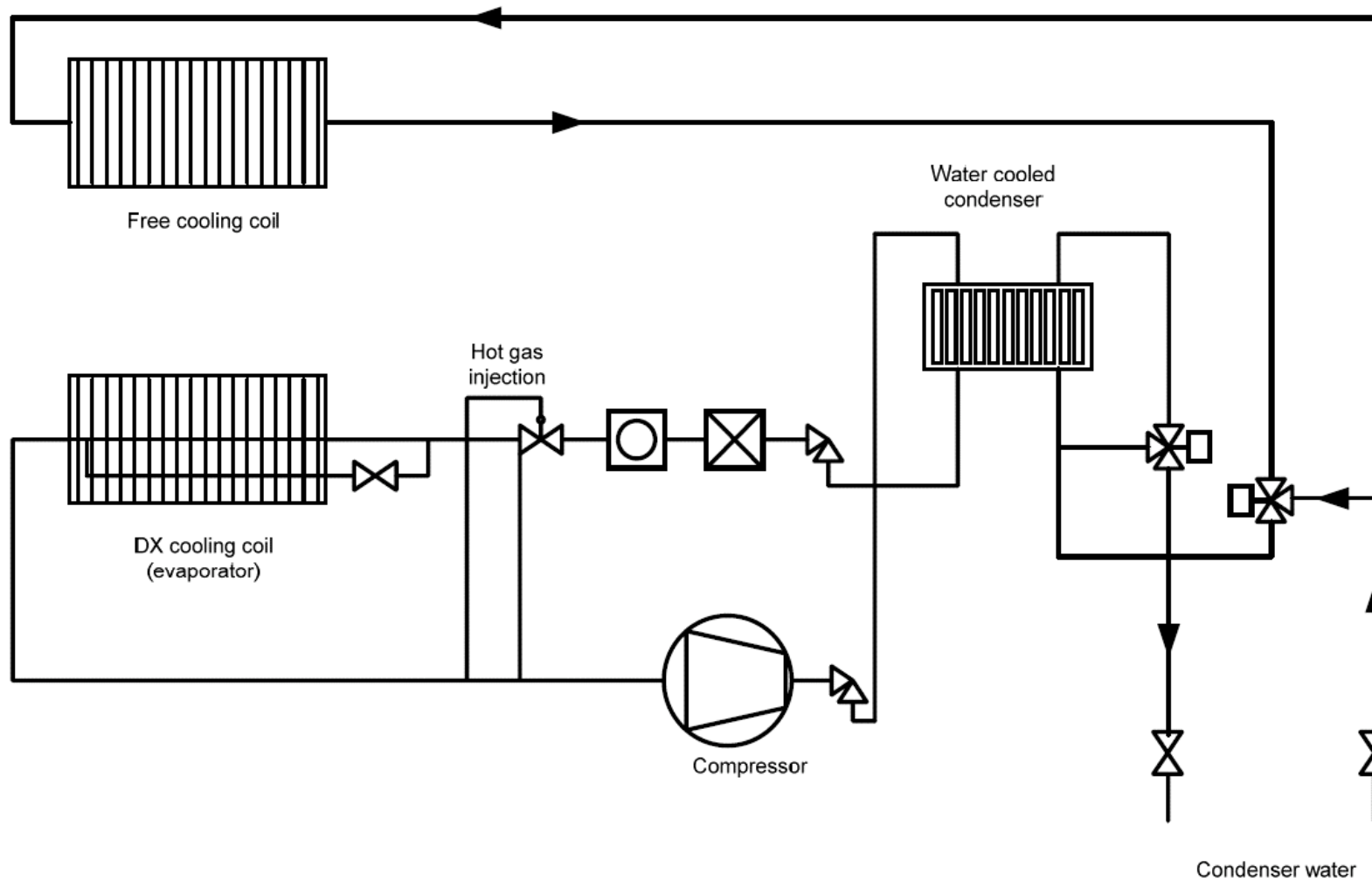
Enhanced condenser water system

| Average Availability | Mean Time to First Failure (years) | 5-year Probability of Failure | 10-year Probability of Failure | Number of failures in 20 years | Down time in 20 years (hours) | Down time for each failure (hours) |
|----------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 99.99705182% | 9,41 | 25,50% | 54,44% | 1,4920 | 5,1688 | 3,4643 |

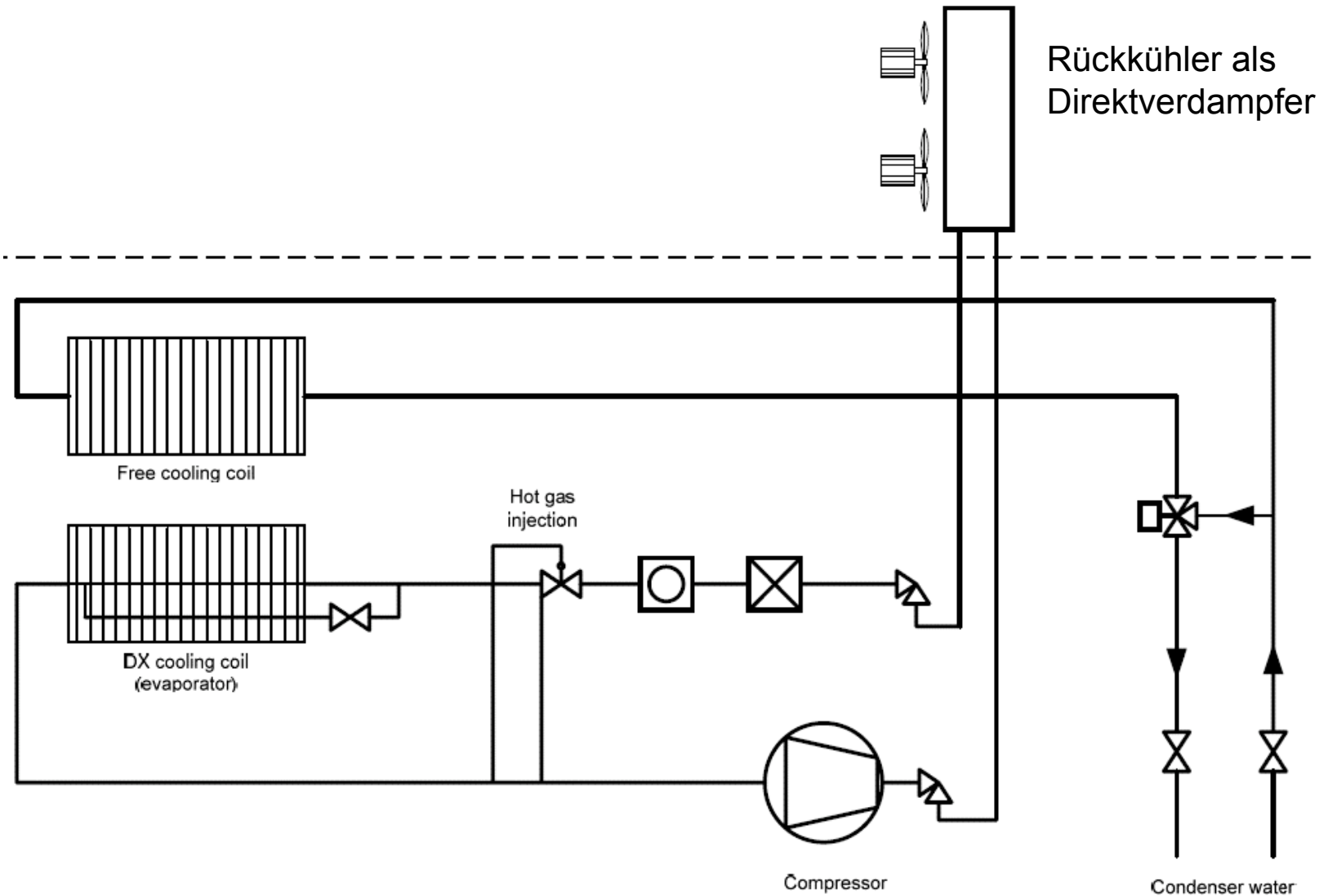
Klimatisierung – Verbesserungsmöglichkeit 2



Klimatisierung – Verbesserungsmöglichkeit 2



Klimatisierung – Verbesserungsmöglichkeit 2



Zuverlässigkeit der Klimatisierung

Existing mechanical cooling system

| Average Availability | Mean Time to First Failure (years) | 5-year Probability of Failure | 10-year Probability of Failure | Number of failures in 20 years | Down time in 20 years (hours) | Down time for each failure (hours) |
|----------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 99.95059664% | 4,64 | 62,33% | 92,15% | 7,2140 | 86,6139 | 12,0064 |

Enhanced condenser water system

| Average Availability | Mean Time to First Failure (years) | 5-year Probability of Failure | 10-year Probability of Failure | Number of failures in 20 years | Down time in 20 years (hours) | Down time for each failure (hours) |
|----------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 99.99705182% | 9,41 | 25,50% | 54,44% | 1,4920 | 5,1688 | 3,4643 |

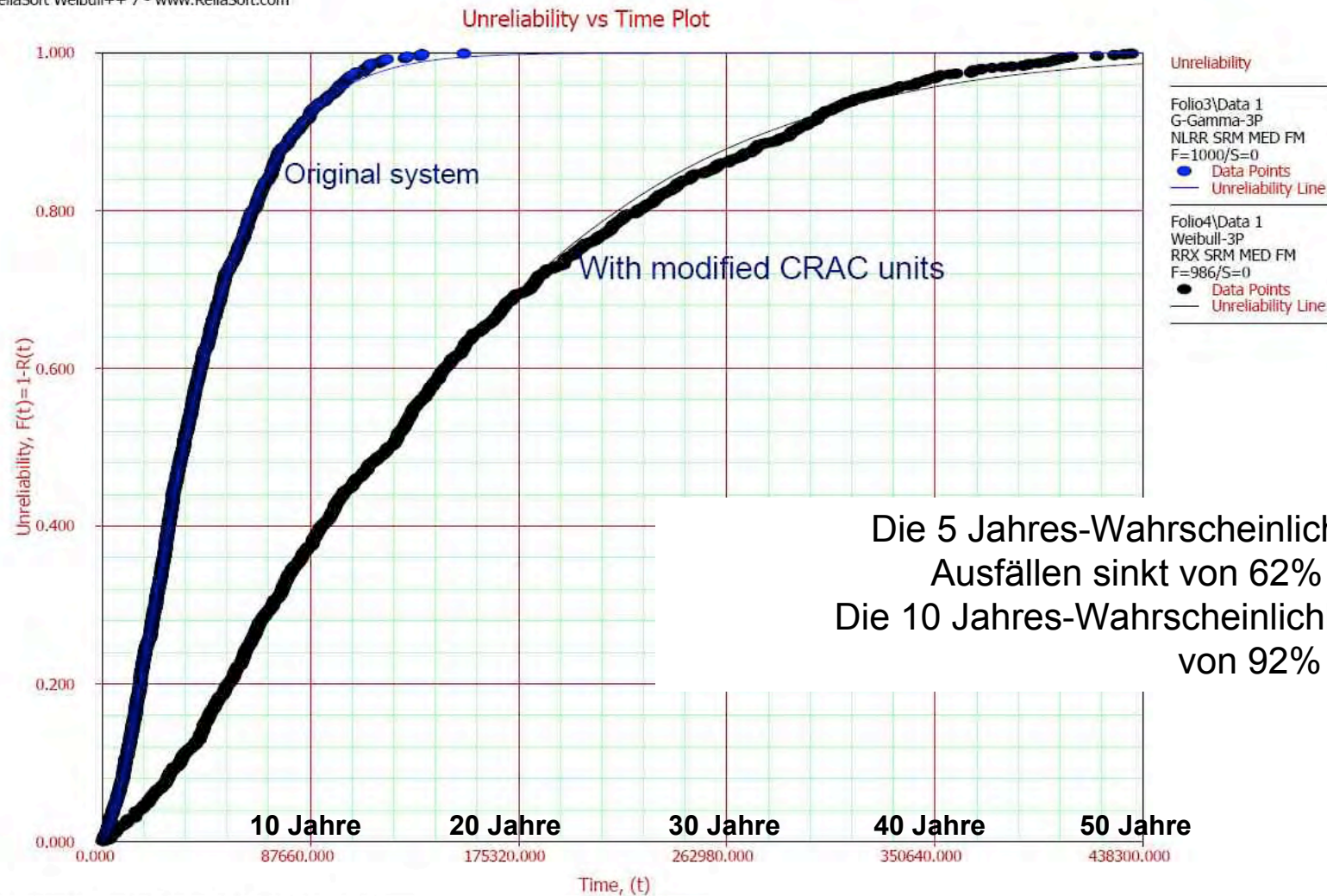
Modified CRAC units

| Average Availability | Mean Time to First Failure (years) | 5-year Probability of Failure | 10-year Probability of Failure | Number of failures in 20 years | Down time in 20 years (hours) | Down time for each failure (hours) |
|----------------------|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 99.99721329% | 15,95 | 15,77% | 36,43% | 1,4650 | 4,8857 | 3,3350 |



Klimatisierung Fehlerwahrscheinlichkeit

ReliaSoft Weibull++ 7 - www.ReliaSoft.com



Die 5 Jahres-Wahrscheinlichkeit von Ausfällen sinkt von 62% auf 15%
Die 10 Jahres-Wahrscheinlichkeit sinkt von 92% auf 36%

Folio3\Data 1: $\mu=10.6622, \sigma=0.7204, \lambda=0.8272, \rho=1.0000$
Folio4\Data 1: $\beta=1.3988, \eta=1.5433E+5, \gamma=44.3664, \rho=0.9986$



Klimatisierung – Verbesserungsmöglichkeit 3

- Es werden weitere Alternativen zur Verbesserung der Zuverlässigkeit geprüft.
- Es ist geplant, in einem späteren Schritt für die ausgewählte Alternative ein erneutes Reliability Modeling durchzuführen
- Auf Basis der Daten kann der Kunde dann eine Entscheidung über den Umbau treffen



Fragen - Diskussion

Danke für die
Aufmerksamkeit

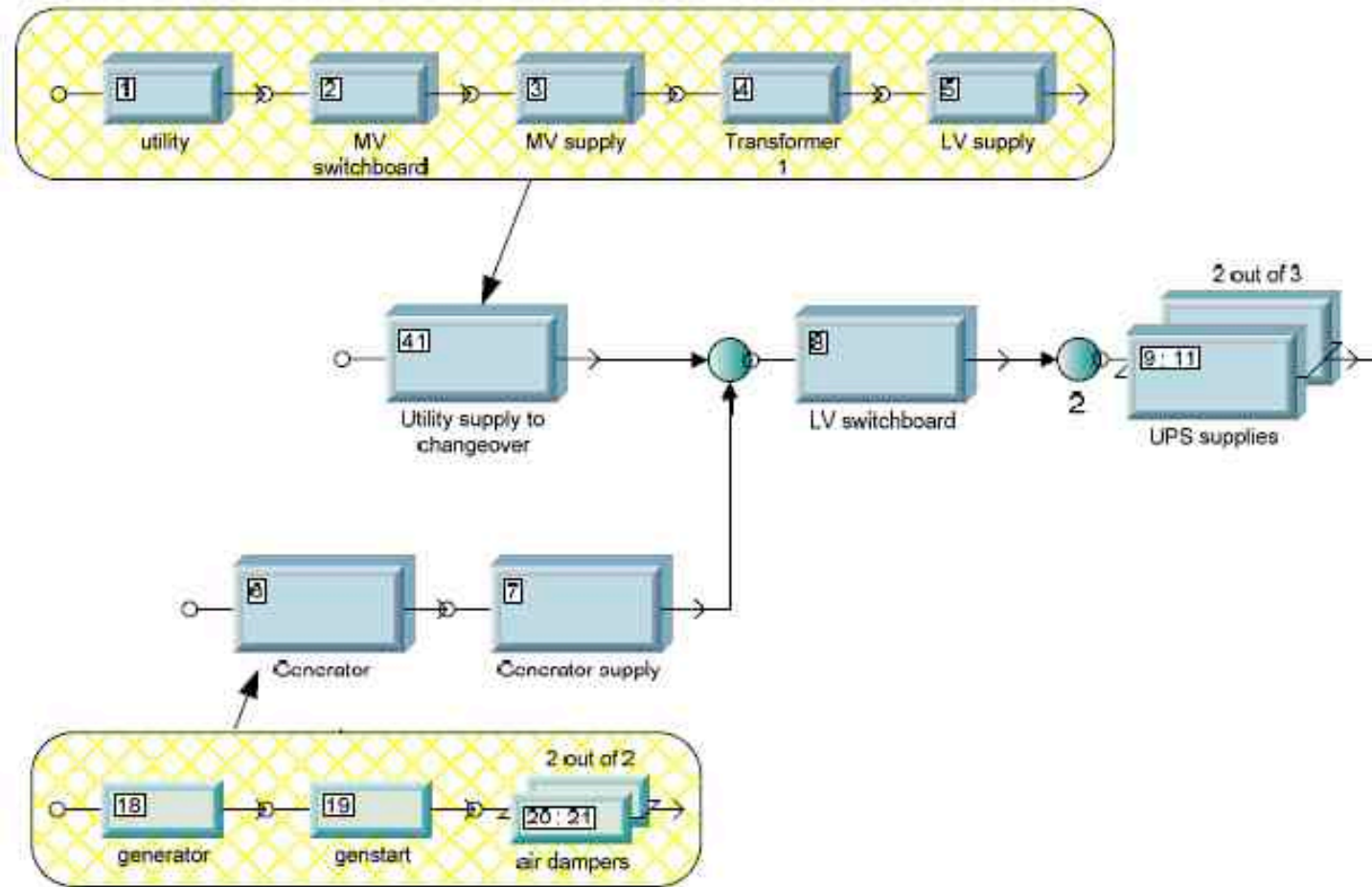
Frank Donat

Frank.Donat@HP.com

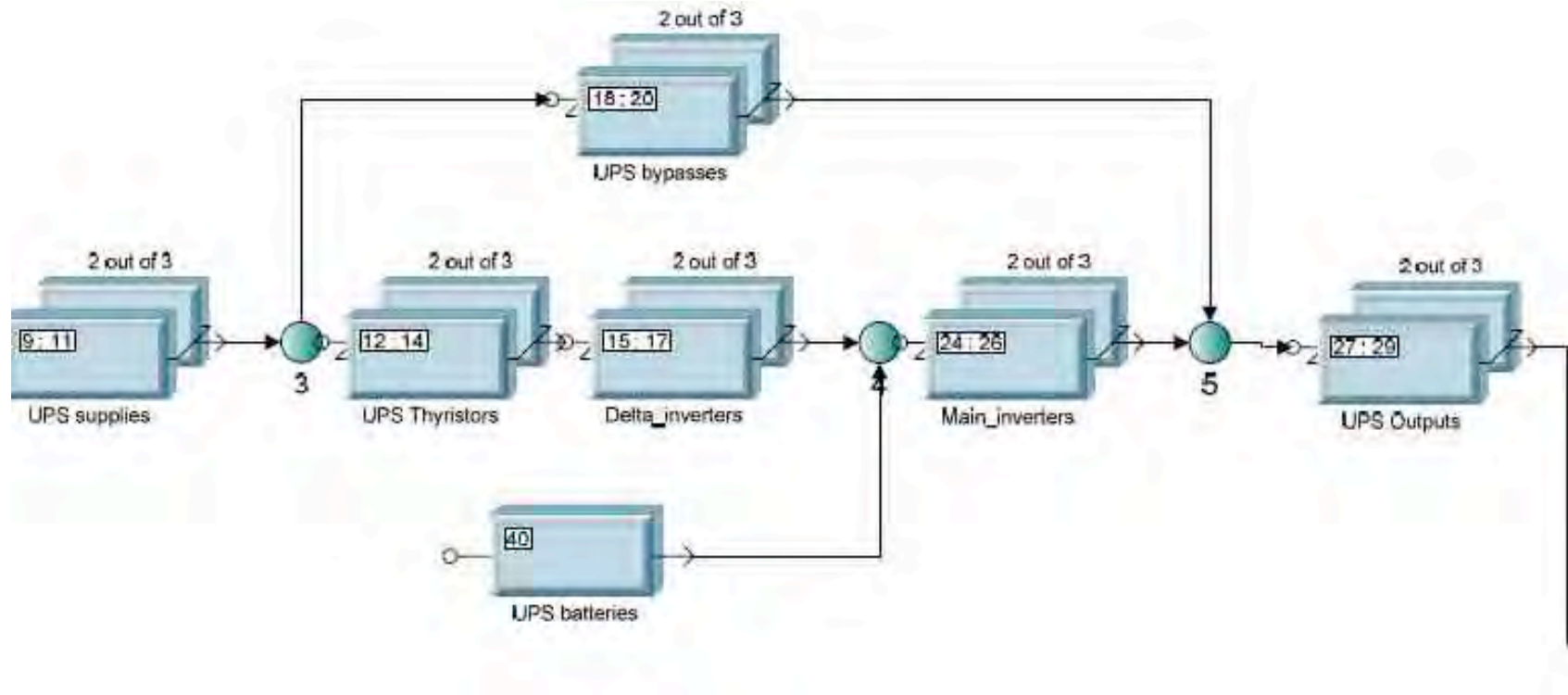


www.hp.com/de/CFS

Reliability Block Diagram (RBD) der Elektroversorgung



Reliability Block Diagram (RBD) der Elektroversorgung



Reliability Block Diagram (RBD) der Elektroversorgung

