

## Zentrale Zuverlässigkeits- und Ereignisdatenbank Zuverlässigkeitskenngrößen für Kernkraftwerkskomponenten

(Basiswerk im Ringordner sowie 1. und 2. Ergänzung)

### Vorwort

Die ZEDB stellt Zuverlässigkeitsdaten für die probabilistischen Sicherheitsanalysen (PSA) bereit, die die Betreiber der an der ZEDB beteiligten Kernkraftwerke durchführen bzw. fortschreiben.

Im Zusammenhang mit der Erstellung und Anwendung anlagenspezifischer PSA besteht der Bedarf an anlagenspezifischen Zuverlässigkeitsdaten, die auf der vorliegenden Betriebserfahrung der zu untersuchenden Technik basieren.

Zu diesem Zweck hat der Fachverband für Strom- und Wärmeenergieerzeugung (VGB) im Auftrag der Kernkraftwerksbetreiber die zentrale Zuverlässigkeits- und Ereignisdatenbank (ZEDB) initiiert. In dieser Datenbank wird die Betriebserfahrung vieler Kernkraftwerke gesammelt und ausgewertet.

Im Jahr 1999 wurden ein Teil der Betriebserfahrung der ZEDB erstmals ausgewertet und die Ergebnisse in einem Datenbuch veröffentlicht. Weitere Auswertungen erfolgten 2000, 2002 und 2004, wobei sowohl der Umfang der ausgewerteten Komponenten als auch deren Betriebserfahrung zunahm.

Mit Stand vom Dezember 2006 wurde die Veröffentlichung der ZEDB-Auswerteergebnisse auf die hier vorliegende Loseblattsammlung umgestellt. Aktualisierungen der Auswerteergebnisse mit neuer Betriebserfahrung sowie Erweiterungen des ausgewerteten Komponentenumfanges können nun ohne neue Auflage des gesamten Datenbuchs als „lose“ Blätter veröffentlicht werden, die als Austausch bzw. Ergänzungen der Datentabellen geliefert werden.

Dieses Komplettpaket umfasst das Basiswerk (Auswertung Dezember 2006) im Ringordner sowie die ersten beiden Ergänzungen (d.h. Auswertungen Dezember 2007 und Dezember 2008) in Form von Ergänzungs- und Austauschseiten.



### Inhalt

#### Revisionsverzeichnis

#### Abkürzungsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung</b>
<b>2</b>	<b>Beschreibung der ZEDB</b>
2.1	Hintergrund und Zielsetzung der ZEDB
2.2	Organisation der ZEDB
2.3	Grundbegriffe
2.4	Elemente der Datenbank
2.5	Datenerfassung mittels ZEDB 2000
2.6	Auswertungsmöglichkeiten der ZEDB
2.7	Struktur der Ergebnisdokumentation

<b>3</b>	<b>Dateninhalt der ZEDB</b>
3.1	Datenerfassung und Qualitätssicherung
3.2	Stammdaten der Komponenten
3.3	Ereignisberichte
3.4	Betriebsberichte
3.5	Komponentenabgrenzungen
<b>4</b>	<b>Theoretische Grundlagen</b>
4.1	Der Superpopulationsansatz zur Schätzung von Ausfall- daten
4.2	Mathematische Grundlagen des Programms BAYES der ZEDB
4.3	Anwendung der ermittelten Zuverlässigkeitskenngrößen

# Zentrale Zuverlässigkeits- und Ereignisdatenbank

## Zuverlässigkeitskenngrößen für Kernkraftwerkskomponenten

(Basiswerk im Ringordner sowie 1. und 2. Ergänzung)

### Inhalt *(Fortsetzung)*

#### 5 Kollektivbildung

- 5.1 Grundsätzliches Vorgehen
- 5.2 Kollektivbildung der Komponentenprototypen
  - 5.2.1 Armatur
  - 5.2.2 Pumpe
  - 5.2.3 Gebläse
  - 5.2.4 Notstromaggregat
  - 5.2.5 Behälter
  - 5.2.6 Wärmetauscher
  - 5.2.7 Steuerelement
  - 5.2.8 Batterie
  - 5.2.9 Rotierender Umformer
  - 5.2.10 Statischer Umformer
  - 5.2.11 Transformator
  - 5.2.12 Sammelschiene
  - 5.2.13 Leistungsschalter

#### 6 Hinweise zur Anwendung

- 6.1 Datentabellen
- 6.2 Integration der Ansteuerungs- bzw. Vorrangbaugruppen
  - 6.2.1 Ausfallraten von Ansteuerungs- bzw. Vorrangbaugruppen
  - 6.2.2 Methodik zur Berücksichtigung von AVS-BG innerhalb der ZEDB-Komponenten
  - 6.2.3 Vereinfachtes Vorgehen zur Berücksichtigung von AVS-BG innerhalb der ZEDB-Komponenten

#### 7 Literaturverzeichnis

##### Datentabellen

##### A Armaturen

- A.1 Rückschlagarmaturen
  - A.1.1 Rückschlagventil, Nennweite > 50
  - A.1.2 Rückschlagventil, Nennweite ≤ 50
  - A.1.3 Rückschlagklappe
  - A.1.4 Rückschlagventil, absperribar
  - A.1.5 Rückschlagklappe Nebenkühlwasser, Nennweite ≥ 250
  - A.1.6 Rückschlagklappe Nebenkühlwasser, Nennweite < 250
  - A.1.7 Rückschlagventil, aufziehbar
  - A.1.8 Rückschlagventil mit Nachfahrkolben
- A.2 Absperrentile mit E-Motor
  - A.2.1 Frischdampf-Abblase-Absperrentil
  - A.2.2 Speisewasser-Absperrentil, Volllast
  - A.2.3 Durchdringungsarmatur Reaktorwasserreinigung
  - A.2.4 Absperrentil kleiner Nennweite
  - A.2.5 Absperrentil mittlerer Nennweite
  - A.2.6 DWR-Sumpfarmatur
  - A.2.7 Absperrentil großer Nennweite
  - A.2.8 Druckhalter-Abblaseabsperrentil
- A.3 Absperrentile mit Eigenmediumantrieb
  - A.3.1 Frischdampf-Absperrentil
  - A.3.2 Frischdampf-Isolationsventil
  - A.3.3 Frischdampf-Schnellschlussventil
  - A.3.4 Frischdampf-Abblaseabsperrentil
  - A.3.5 Frischdampf-Absperrentil / Sicherheitsventil innerhalb Containment

- A.4 Absperrschieber mit E-Motor
  - A.4.1 Frischdampf-Durchdringungsarmaturen
  - A.4.2 Frischdampf-Abblaseabsperrschieber
  - A.4.3 Speisewasser-Absperrschieber, Volllast
  - A.4.4 Speisewasser-Absperrschieber, Schwachlast / Notspeisewasser
  - A.4.5 Absperrschieber Not- und Nachkühlsystem, SWR
  - A.4.6 Absperrschieber zur Frischdampfleitung, SWR
  - A.4.7 Absperrschieber Volumenregel, Nachkühl-, Zusatzborier- und Notspeisewassersystem
  - A.4.8 Absperrschieber Dampferzeuger-Abschlammssystem
  - A.4.9 Absperrschieber mittlerer Nennweite, Deionatsystem
- A.5 Absperrschieber mit Eigenmediumantrieb
  - A.5.1 Frischdampf-Absperrschieber
- A.6 Absperrrklappen mit E-Motor
  - A.6.1 Motorabsperrrklappe Zwischenkühlwasser
  - A.6.2 Motorabsperrrklappe Nebenkühlwasser
  - A.6.3 Motorabsperrrklappe Nebenkühlwasser, Nennweite < 250
- A.7 Absperrrklappen mit hydraulischem Antrieb
  - A.7.1 Schnellschlussklappe Zwischenkühlsystem
- A.8 Regelventile
  - A.8.1 Frischdampf-Abblaseregelventil
  - A.8.2 Speisewasserregelventil, Volllast
  - A.8.3 Regelventil Speisewasser-Schwachlast, Notspeisewasser, Notspeisewasser-Druckhaltung, An- und Abfahrssystem
  - A.8.4 Deionatnachspeiseregelventil
  - A.8.5 Nachkühlregelventil
  - A.8.6 Speisewasserregelventil, Schwachlast
  - A.8.7 Notspeisewasser-Regelventil, Druckhaltung
  - A.8.8 Notspeisewasser-Regelventil
  - A.8.9 Regelventil Hochdruck-Reduzierstation
  - A.8.10 Borsäure-Regelventil Chemikalien-Einspeisesystem
  - A.8.11 Deionat-Regelventil Chemikalien-Einspeisesystem
- A.9 Mehrwegeventile mit E-Motor
  - A.9.1 DWR-Sumpfarmatur
  - A.9.2 Dreiwegeventil Nachkühlsaugleitung / Beckensaugleitung
  - A.9.3 Dreiwegeventil Hilfssprühen Druckhalter, Volumenregelsystem
  - A.9.4 Dreiwegeventil Hilfssprühen Druckhalter, Zusatzboriersystem
- A.10 Mehrwegeventile eigenmediumbetätigt
  - A.10.1 Mehrwegeventil Hochdruck-Einspeisung
- A.11 Sicherheitsventile
  - A.11.1 Frischdampf-Sicherheitsventil
  - A.11.2 Sicherheits- und Entlastungsventil
  - A.11.3 Druckhalter-Abblaseventil
  - A.11.4 Druckhalter-Sicherheitsventil
- A.12 Lüftungsarmaturen
  - A.12.1 Gebäudeabschlussventil Lüftung
  - A.12.2 Gebäudeabschlussklappe Lüftung

## Zentrale Zuverlässigkeits- und Ereignisdatenbank Zuverlässigkeitskenngrößen für Kernkraftwerkskomponenten

(Basiswerk im Ringordner sowie 1. und 2. Ergänzung)

### Inhalt *(Fortsetzung)*

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>A.13 Vorsteuerventile, Typ Absperrventil</li> <li>A.13.1 Feder-Vorsteuerventil, Druckhalter-Armaturen</li> <li>A.13.2 Feder-Vorsteuerventil, Frischdampf-Armaturen</li> <li>A.13.3 Feder-Vorsteuerventil, Sicherheits- und Entlastungsarmaturen</li> <li>A.13.4 Magnet-Vorsteuerventil, Druckhalterabblaseventil</li> <li>A.13.5 Magnet-Vorsteuerventil, Frischdampf-Ventil</li> <li>A.13.6 Magnet-Vorsteuerventil, Frischdampf-Armaturen, Arbeitsstromprinzip</li> <li>A.13.7 Magnet-Vorsteuerventil, Frischdampf-Armaturen, Ruhestromprinzip</li> <li>A.13.8 Magnet-Vorsteuerventil, Sicherheits- und Entlastungsventil</li> <li>A.13.9 Magnet-Vorsteuerventil, Betriebsmedium Deionat</li> <li>A.13.10 Pneumatik-Vorsteuerventil</li> <li>A.13.11 Motor-Vorsteuerventil, Druckhalterabblase- und Druckhaltersicherheitsventil</li> <li>A.13.12 Motor-Vorsteuerventil, Frischdampfarmatur</li> <li>A.14 Vorsteuerventile, Typ Mehrwegeventil</li> <li>A.14.1 Magnet-Vorsteuerventil, Betriebsmedium Luft</li> <li>A.14.2 Magnet-Vorsteuerventil, Betriebsmedium Öl</li> <li>A.14.3 Magnet-Vorsteuerventil, Gebäudeabschlussklappen</li> <li>A.15 Armaturen mit Handantrieb</li> <li>A.15.1 Handabsperrklappe für Deionat oder boriiertes Wasser, Nennweite <math>\leq 50</math></li> <li>A.15.2 Handabsperrklappe für Deionat oder boriiertes Wasser, <math>200 \leq</math> Nennweite <math>\leq 400</math></li> <li>A.15.3 Handabsperrklappe für Deionat oder boriiertes Wasser, Nennweite <math>&gt; 400</math></li> <li>A.15.4 Handabsperrschieber für Deionat oder boriiertes Wasser, <math>50 \leq</math> Nennweite <math>\leq 125</math></li> <li>A.15.5 Handabsperrschieber für Deionat oder boriiertes Wasser, <math>125 &lt;</math> Nennweite <math>\leq 250</math></li> <li>A.15.6 Handabsperrschieber für Deionat oder boriiertes Wasser, Nennweite <math>&gt; 250</math></li> <li>A.15.7 Handabsperrschieber für Wasser, <math>50 \leq</math> Nennweite <math>\leq 125</math></li> <li>A.15.8 Handabsperrschieber für Wasser, <math>125 &lt;</math> Nennweite <math>\leq 250</math></li> <li>A.15.9 Handabsperrventil für Deionat oder boriiertes Wasser, Nennweite <math>\leq 50</math></li> <li>A.15.10 Handabsperrventil für Deionat oder boriiertes Wasser, <math>50 &lt;</math> Nennweite <math>\leq 200</math></li> <li>A.15.11 Handabsperrventil für Deionat oder boriiertes Wasser, Nennweite <math>&gt; 200</math></li> </ul> <p><b>B Pumpen</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>B.1 Kreiselpumpen mit Antriebsart: E-Motor</li> <li>B.1.1 Fördermedium: Deionat oder boriiertes Wasser</li> <li>B.1.1.1 Pumpen-Sammelkollektiv 1</li> <li>B.1.1.2 Pumpen-Sammelkollektiv 2</li> <li>B.1.1.3 Pumpen-Sammelkollektiv 3</li> <li>B.1.1.4 Pumpen-Sammelkollektiv 4</li> <li>B.1.1.5 Pumpen-Sammelkollektiv 5</li> <li>B.1.1.6 Pumpen-Sammelkollektiv 6</li> <li>B.1.1.7 Hochdruck-Förderpumpe</li> <li>B.1.1.8 Steuerstabantriebspumpe</li> <li>B.1.1.9 An- und Abfahrpumpe</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>B.1.1.10 Hochdruck-Sicherheitseinspeisepumpe</li> <li>B.1.1.11 Nachspeisepumpe</li> <li>B.1.1.12 Spaltröhrenmotorpumpe</li> <li>B.1.1.13 Beckenkühlpumpe</li> <li>B.1.1.14 Notnachkühlpumpe SWR</li> <li>B.1.1.15 Nachkühlpumpe DWR</li> <li>B.1.1.16 Nachkühlpumpe SWR</li> <li>B.1.1.17 Flutpumpe</li> <li>B.1.1.18 Not-Zwischenkühlpumpe DWR</li> <li>B.1.1.19 Zwischenkühlpumpe DWR / SWR</li> <li>B.1.1.20 Nukleare Zwischenkühlpumpe</li> <li>B.1.1.21 Gesicherte Zwischenkühlpumpe</li> <li>B.1.1.22 Hauptkondensatpumpe</li> <li>B.1.1.23 Hauptspeisewasserpumpe</li> <li>B.1.2 Fördermedium: Wasser</li> <li>B.1.2.1 Pumpen-Sammelkollektiv 7</li> <li>B.1.2.2 Pumpen-Sammelkollektiv 8</li> <li>B.1.2.3 Pumpen-Sammelkollektiv 9</li> <li>B.1.2.4 Pumpen-Sammelkollektiv 10</li> <li>B.1.2.5 Brunnenpumpe I</li> <li>B.1.2.6 Notnebenkühlwasserpumpe</li> <li>B.1.2.7 Nebenkühlwasserpumpe</li> <li>B.2 Kreiselpumpen mit Antriebsart: Dieselmotor</li> <li>B.2.1 Fördermedium: Deionat oder boriiertes Wasser</li> <li>B.2.1.1 Primäre Einspeisepumpe</li> <li>B.2.1.2 Notspeisewasserpumpe</li> <li>B.3 Kreiselpumpen mit Antriebsart: Turboantrieb</li> <li>B.3.1 Fördermedium: Deionat oder boriiertes Wasser</li> <li>B.3.1.1 Sicherheitseinspeisepumpe</li> <li>B.3.1.2 Notspeisewasserpumpe</li> <li>B.4 Kolbenpumpen mit Antriebsart: E-Motor</li> <li>B.4.1 Fördermedium: Boriiertes Wasser</li> <li>B.4.1.1 Borierpumpe</li> <li>B.5 Membranpumpen mit Antriebsart: E-Motor</li> <li>B.5.1 Fördermedium: Deionat</li> <li>B.5.1.1 Sperrwasserpumpe</li> <li>B.6 Zahnradpumpen mit Antriebsart: E-Motor</li> <li>B.6.1 Fördermedium: Öl</li> <li>B.6.1.1 Ölpumpe</li> </ul> <p><b>C Gebläse</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>C.1 Gebläse 0,11 – 4 kW</li> <li>C.2 Gebläse 5,5 – 45 kW</li> <li>C.3 Gebläse 55 – 145 kW</li> </ul> <p><b>D Notstromaggregate</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>D.1 Notstromaggregat 320 – 1740 kW</li> <li>D.2 Notstromaggregat 2682 – 5000 kW</li> </ul> <p><b>E Behälter</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>E.1 Druckspeicher</li> <li>E.2 Flutbehälter</li> <li>E.3 Sammeltank Schnellabschaltsystem</li> <li>E.4 Einzeltank Schnellabschaltsystem</li> <li>E.5 Stickstofftank Einzeltankschnellabschaltsystem</li> </ul> |
|--|--|

## Zentrale Zuverlässigkeits- und Ereignisdatenbank Zuverlässigkeitskenngrößen für Kernkraftwerkskomponenten

(Basiswerk im Ringordner sowie 1. und 2. Ergänzung)

### Inhalt *(Fortsetzung)*

#### **F Wärmetauscher**

- F.1 Nachkühler
- F.2 Nuklearer Zwischenkühler

#### **G Steuerelemente**

- G.1 Steuerelement DWR
- G.2 Steuerelement SWR

#### **H Batterien**

- H.1 Batterie 24 – 48 V
- H.2 Batterie 220 V

#### **I Rotierende Umformer**

- I.1 Rotierender Umformer

#### **J Statische Umformer**

- J.1 Gleichrichter 24 V
- J.2 Gleichrichter 220 V
- J.3 Wechselrichter 220 V
- J.4 Wechselrichter 400 V

#### **K Transformatoren**

- K.1 Maschinentransformator
- K.2 Reservenetztransformator, dreiwicklig
- K.3 Reservenetztransformator, zweiwicklig
- K.4 Eigenbedarftransformator, dreiwicklig
- K.5 Niederspannungstransformator, zweiwicklig
- K.6 Niederspannungstransformator, dreiwicklig
- K.7 Niederspannungstransformator, zweiwicklig
- K.8 Spannungskonstanthalter, zweiwicklig

#### **L Sammelschienen**

- L.1 Sammelschiene 20 – 30 kV, Wechselstrom
- L.2 Sammelschiene 6 – 10,5 kV, Wechselstrom
- L.3 Sammelschiene 400 – 660 V, Wechselstrom
- L.4 Sammelschiene 220 V, Gleichstrom
- L.5 Sammelschiene 24 – 48 V, Gleichstrom

#### **M Leistungsschalter**

- M.1 Generatorschalter 20 – 30 kV
- M.2 Leistungsschalter 6 – 10,5 kV
- M.3 Leistungsschalter 400 – 660 V
- M.4 Lastschalter 400 – 660 V
- M.5 Lastschalter 220 V
- M.6 Lastschalter 24 – 48 V

### Impressum

Herausgegeben vom: VGB PowerTech e.V.  
ISSN 1439-7498

Zu beziehen bei: VGB PowerTech Service GmbH  
Verlag technisch-wissenschaftlicher Schriften  
Postfach 10 39 32, 45039 Essen, Deutschland

Preis: 999 Euro (+ Versandkosten und MWSt.)

Kontakt: André Seidel  
VGB PowerTech e. V.  
Kernkraftwerke  
Klinkestr. 27 – 31  
45136 Essen  
Deutschland  
Telefon: +49 (0) 2 01 81 28-291  
Telefax: +49 (0) 2 01 81 28-345  
E-Mail: andre.seidel@vgb.org

Jürgen Zimander  
VGB PowerTech Service GmbH  
Verlag technisch-wissenschaftlicher Schriften  
Postfach 10 39 32  
45039 Essen  
Deutschland  
Telefon: +49 (0) 2 01 81 28-200  
Telefax: +49 (0) 2 01 81 28-329  
E-Mail: mark@vgb.org