

**Zentrale Zuverlässigkeits- und Ereignisdatenbank  
Mathematical Review of ZEDB Two-Stage Bayesian Model****Vorwort des Herausgebers**

VGB PowerTech hat eine zentrale Zuverlässigkeits- und Ereignisdatenbank (ZEDB) eingerichtet, in der die Betriebserfahrungen der deutschen Kernkraftwerke, der niederländischen Anlage Borssele und des Kernkraftwerks Gösgen (Schweiz) gesammelt werden, um daraus anlagenspezifische Zuverlässigkeitsdaten für probabilistische Sicherheitsanalysen (PSA) zu ermitteln. Die in den periodischen Auswertungen der ZEDB ermittelten Zuverlässigkeitsdaten PSA relevanter Kernkraftwerkskomponenten werden von VGB PowerTech veröffentlicht und stehen damit allen PSA-Anwendern zur Verfügung; bisher sind die Auswertungen 1999 und 2000 publiziert worden.

Als Auswerteverfahren zur Ermittlung anlagenspezifischer Zuverlässigkeitsdaten benutzt die ZEDB ein 2-stufiges Bayes-Verfahren, das sog. Superpopulationsverfahren, mit dem für jede Anlage die Betriebserfahrung aller anderen Anlagen für die betreffende Komponente mit herangezogen wird. Derartige 2-stufige Bayes-Verfahren sind heute allgemein üblich, z.B. beim schwedischen T-Book. Dabei können die mathematischen und programmtechnischen Umsetzungen differieren.

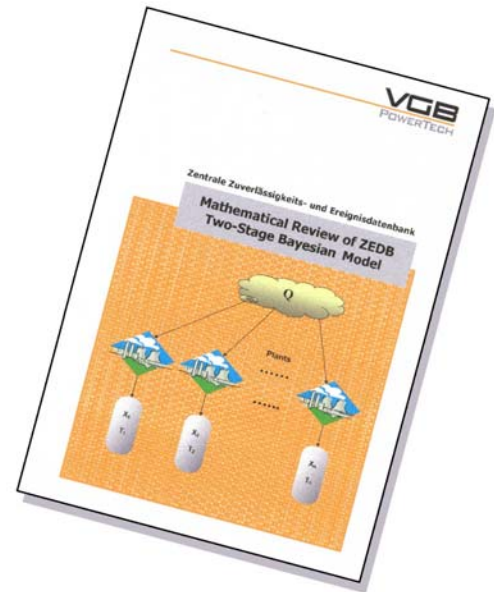
Der bei VGB PowerTech eingerichtete ZEDB-Lenkungskreis hat deshalb eine unabhängige mathematische Überprüfung des in der ZEDB implementierten 2-stufigen Bayes'schen Auswerteverfahren durch Prof. Cooke und Mitarbeiter vom Institut für angewandte Mathematik der Technischen Universität Delft (Niederlande) durchführen lassen. VGB PowerTech legt hiermit den Anwendern und Nutzern der ZEDB sowie allen an 2-stufigen Bayes'schen Modellen Interessierten den Abschlussbericht dieser Überprüfung vor.

**Publisher's Preface**

VGB PowerTech has set up a centralized Reliability and Event Data Base (ZEDB) which contains a compilation of the operating experiences of all German nuclear power plants, the Dutch unit Borssele and the Swiss unit Goesgen, generated to allow plant-specific reliability data to be determined for probabilistic safety analyses (PSA). The reliability data determined in the periodic evaluations of the ZEDB for PSA relevant nuclear power plant components are published by VGB PowerTech, thus placing them at the disposal of all PSA users; the reports for the years 1999 and 2000 have been published to date.

The evaluation method used in the ZEDB to determine plant-specific reliability data is a two-stage Bayesian model, the so-called superpopulation model, in which the reliability parameter for any component in a particular plant can be assessed with reference to the operating experience from all others. Such two-stage Bayesian models are standard practice nowadays, for example in the Swedish T-Book, although they may differ in their mathematical models and software implementation.

The ZEDB Steering Committee appointed by VGB PowerTech therefore commissioned an independent mathematical review of the two-stage Bayesian model and the software implementation in the ZEDB to be performed by Professor Cooke and his staff at the Institute of Applied Mathematics of the Delft University of Technology (Netherlands). In the present publication VGB PowerTech presents the final report of this review to the users of the ZEDB and all other parties interested in two-stage Bayesian models.



## Zentrale Zuverlässigkeits- und Ereignisdatenbank Mathematical Review of ZEDB Two-Stage Bayesian Model

- Report produced under contract for VGB -

**Prof. Dr. R.M. Cooke, Ir. C. Bunea, T. Charitos, Prof. Dr. T.A. Mazzuchi**

(Delft University of Technology, Institute of Applied Mathematics)

### Contents

<b>1. Introduction .....</b>	<b>2</b>
<b>2. Bayesian Two Stage Hierarchical Models ....</b>	<b>3</b>
2.1 Derivation of Posterior Probability for $\lambda_0$ .....	4
2.2 Summary of Significant Features.....	5
2.3 Selected Literature Review. ....	6
2.4 Conclusions .....	12
<b>3. ZEDB Software Verification .....</b>	<b>13</b>
3.1 Gamma model .....	14
3.2 Lognormal model.....	18
3.3 Truncation .....	23
3.4 Conclusions .....	26
<b>4. A Non-Parametric or Dirichlet Model .....</b>	<b>27</b>
4.1 Updating the model .....	28
4.2 Equivalent Observations .....	29
4.3 Choosing Parameters .....	30
4.4 Summary of Significant Features.....	30
4.5 Numerical example .....	30
4.6 Conclusions .....	35
<b>5. Conclusions.....</b>	<b>36</b>
<b>References.....</b>	<b>37</b>
<b>Appendix 1: The Dirichlet Distribution .....</b>	<b>39</b>
<b>Appendix 2: MATLAB codes .....</b>	<b>41</b>

### Imprint

Published by: VGB PowerTech e.V.  
ISBN

Available from: VGB PowerTech Service GmbH  
Verlag technisch-wissenschaftlicher Schriften  
P.O. Box 10 39 32, 45039 Essen, Germany

Price: 39 Euro (+ postage and VAT)

---

<u>Contact:</u>	André Seidel VGB PowerTech e. V. Kernkraftwerke Klinkenstr. 27 – 31 45136 Essen Germany Phone: +49 (0) 2 01 81 28-291 Fax: +49 (0) 2 01 81 28-345 Mail: andre.seidel@vgb.org	Jürgen Zimander VGB PowerTech Service GmbH Verlag technisch-wissenschaftlicher Schriften P.O. Box 10 39 32 45039 Essen Germany Phone: +49 (0) 2 01 81 28-200 Fax: +49 (0) 2 01 81 28-329 Mail: mark@vgb.org
-----------------	--	---