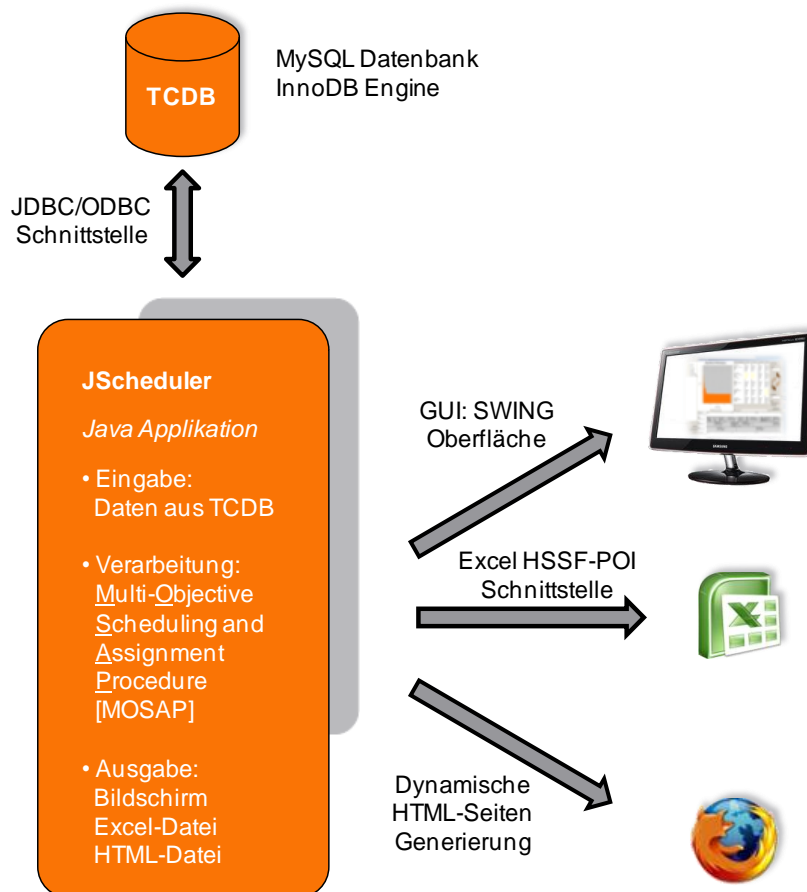


## Design and implementation of a decision support system for complex scheduling of tests on prototypes

Tim A. Rickenberg<sup>2</sup>, Hans-Jörg von Mettenheim<sup>3</sup>,  
und Michael H. Breitner<sup>4</sup>



<sup>1</sup> Kopien oder eine PDF-Datei sind auf Anfrage erhältlich: Institut für Wirtschaftsinformatik, Leibniz Universität Hannover, Königsworther Platz 1, 30167 Hannover ([www.iwi.uni-hannover.de](http://www.iwi.uni-hannover.de)).

<sup>2</sup> Doktorand, Institut für Wirtschaftsinformatik ([rickenberg@iwi.uni-hannover.de](mailto:rickenberg@iwi.uni-hannover.de))

<sup>3</sup> Jun.-Prof., Institut für Wirtschaftsinformatik ([mettenheim@iwi.uni-hannover.de](mailto:mettenheim@iwi.uni-hannover.de))

<sup>4</sup> Professor für Wirtschaftsinformatik und Betriebswirtschaftslehre und Direktor des Instituts für Wirtschaftsinformatik ([breitner@iwi.uni-hannover.de](mailto:breitner@iwi.uni-hannover.de))

# Design and implementation of a decision support system for complex scheduling of tests on prototypes

Tim A. Rickenberg, Hans-Jörg von Mettenheim, Michael H. Breitner

**Abstract** Timing and allocation of resources for testing prototypes is a complex problem. Often hundreds of tests (hardware as well as software tests) have to be performed on a technical product before it can go into mass production. In this context, resources are limited: Next to a limited number of prototypes, a given number of testers with different sets of skills have to perform various tests with limited testing equipment within a certain period of time. It is necessary to assign tests to equipment and testers according to their availability. Tests have to be put in an appropriate order. For this complex task, decision support is needed in order to accelerate the manual planning process and the actual testing phase. Shortening the total test time can reduce costs and helps in achieving the start of production (SOP).

For scheduling tests on prototypes, we design, implement, and evaluate a decision support system (DSS). More precisely, our DSS enables the scheduling of tests on network components. With given sets of real world data of a leading manufacturer of data transmission systems, we suggest a formal description of the problem. We apply operations research (OR) methods to solve the underlying formal model and to generate optimized test sequences. Due to problem size and the number of variables and restrictions, we use heuristic methods in a multi-stage algorithm. The scheduling algorithm combines several heuristics in order to minimize the multi-criteria objective function. The graphical user interface (GUI) allows the user to interact with the DSS and to configure the optimization process. Also, the GUI can output scheduling results and timetables to screen and files in html or xls format.

---

Tim A. Rickenberg

Leibniz Universität Hannover, Königsworther Platz 1, 30167 Hannover, Germany, e-mail: rickenberg@iwi.uni-hannover.de

Hans-Jörg von Mettenheim

Leibniz Universität Hannover, Königsworther Platz 1, 30167 Hannover, Germany, e-mail: mettenheim@iwi.uni-hannover.de

Michael H. Breitner

Leibniz Universität Hannover, Königsworther Platz 1, 30167 Hannover, Germany, e-mail: breitner@iwi.uni-hannover.de

## 1 Introduction

Before a technical product can go into mass production, a significant amount of tests usually has to be performed on prototypes [4]. Individual components, the interaction of the individual components, and the system as a whole must be verified. This results in a variety of tests and test setups. The scheduling of tests on prototypes is a complex task [2] and needs decision support in order to generate feasible and efficient timetables. Tests have to be scheduled in an appropriate order to streamline the total test time and to reduce costs [4].

In this context, resources are limited: With a limited number of prototypes, a given number of testers have to perform numerous tests within a certain period of time. Test setups have to be arranged with limited testing equipment and tests have to be performed by testers according to their availability and skills. Next to the timing of the tests, equipment and testers have to be allocated to the tests.

We propose a decision support system (DSS) for the scheduling of tests on prototypes. More precisely, we design, implement, and evaluate a DSS called JScheduler which enables the scheduling of tests on network components. Starting with different sets of real world data of a leading manufacturer of data transmission systems, we develop a formal description of the problem (section 2). Based upon this, we apply operations research (OR) methods to solve the underlying formal model and to generate optimized test sequences. Therefore, we develop a multi-stage algorithm called MOSAP (section 3) which consists of heuristic methods and minimizes the multi-criteria objective function. The resulting DSS (section 4) supports planners with the scheduling of tests on network components: Raw data is imported from a database, processed by the scheduling algorithm, and scheduling results and timetables are output to screen and files. Finally, a conclusion is provided with a short summary and an outlook (section 5).

## 2 Problem Description

Based on sets of real world data, we present a formal model for the scheduling on prototypes. The formal model is particularly intended for complex scheduling of tests on data transmission and network prototypes. We argue that the model is largely generic and can be used for other problem domains (e.g. cell phone prototypes and other resource-constrained scheduling problems, see also [6]) as well. However, problem-specific adjustments or extensions can be necessary.

Since the formal description of our entire model is extensive, we limit the presentation to the key elements. Our more detailed formal model will follow within another academic outlet. The problem domain and the underlying formal model are characterized as follows:

A workset  $w \in W$  includes all tests to verify a certain prototype. Test managers determine which tests are required and derive tests from predefined test cases. A test  $t \in T$  is conducted by a tester  $e \in E$ . A prototype to be verified is called device under

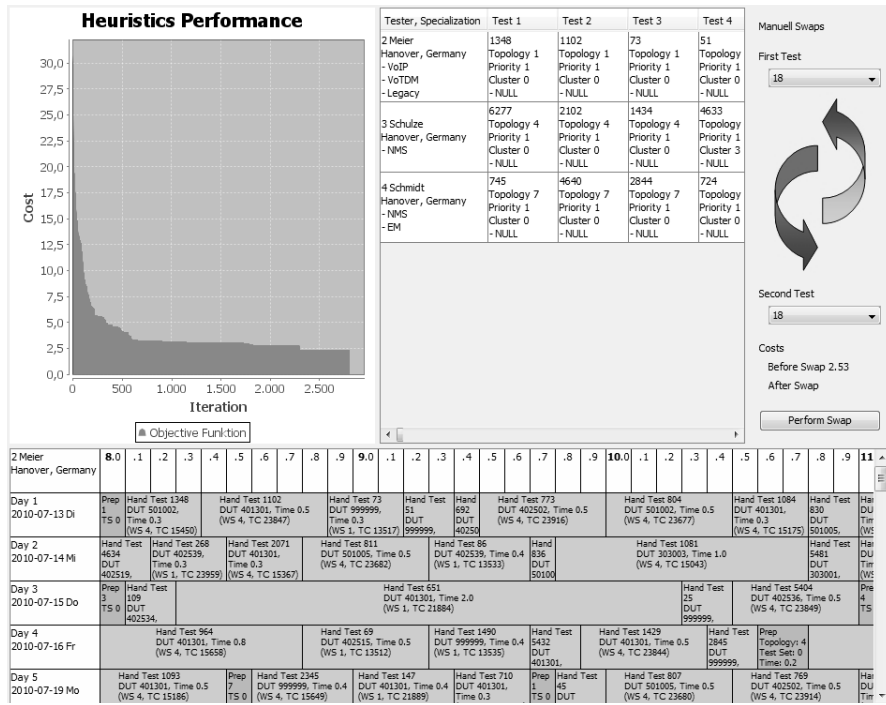


Fig. 3 Scheduling result generated from the DSS JScheduler

Based on our contributions and some identified limitations, implications for further research are drawn. We plan to design and implement a more sophisticated assignment procedure for our algorithm. Further, we intend to employ exact methods instead of heuristics to solve the problem exactly. A promising option are LP/MIP solvers such as IBM ILOG CPLEX which are able to find the best provable solution.

References

1. Aarts, E., Korst, J., Michiels, W.: Simulated Annealing. In: Kendall, G., Burke, E.K. (eds.) Methodologies: Introductory Tutorials in Optimization and Decision Support Techniques, pp. 187-210. Springer, Berlin (2006)
2. Brucker, P., Knust, S.: Complex Scheduling. Springer, Berlin (2006)
3. Brucker, P.: Scheduling Algorithms. Springer, Berlin (2007)
4. Limtanyakul, K.: Scheduling of Tests on Vehicle Prototypes. Dissertation Technische Universität Dortmund (2009)
5. Pinedo, M.L.: Planning and scheduling in manufacturing and services. NYC, Springer (2005)
6. Sirdey, R., Carlier, J., Nace, D.: Approximate solution of a resource-constrained scheduling problem. J. Heuristics **15**, 1–17 (2009)
7. van Laarhoven, P.J., Aarts, E.H.: Simulated Annealing: Theory and Applications. Kluwer, Dordrecht (1989)

# IWI Discussion Paper Series/Diskussionsbeiträge

## ISSN 1612-3646

Michael H. Breitner, *Rufus Philip Isaacs and the Early Years of Differential Games*, 36 p., #1, January 22, 2003.

Gabriela Hoppe and Michael H. Breitner, *Classification and Sustainability Analysis of e-Learning Applications*, 26 p., #2, February 13, 2003.

Tobias Brüggemann und Michael H. Breitner, *Preisvergleichsdienste: Alternative Konzepte und Geschäftsmodelle*, 22 S., #3, 14. Februar, 2003.

Patrick Bartels and Michael H. Breitner, *Automatic Extraction of Derivative Prices from Webpages using a Software Agent*, 32 p., #4, May 20, 2003.

Michael H. Breitner and Oliver Kubertin, *WARRANT-PRO-2: A GUI-Software for Easy Evaluation, Design and Visualization of European Double-Barrier Options*, 35 p., #5, September 12, 2003.

Dorothee Bott, Gabriela Hoppe und Michael H. Breitner, *Nutzenanalyse im Rahmen der Evaluation von E-Learning Szenarien*, 14 S., #6, 21. Oktober, 2003.

Gabriela Hoppe and Michael H. Breitner, *Sustainable Business Models for E-Learning*, 20 p., #7, January 5, 2004.

Heiko Genath, Tobias Brüggemann und Michael H. Breitner, *Preisvergleichsdienste im internationalen Vergleich*, 40 S., #8, 21. Juni, 2004.

Dennis Bode und Michael H. Breitner, *Neues digitales BOS-Netz für Deutschland: Analyse der Probleme und mögliche Betriebskonzepte*, 21 S., #9, 5. Juli, 2004.

Caroline Neufert und Michael H. Breitner, *Mit Zertifizierungen in eine sicherere Informationsgesellschaft*, 19 S., #10, 5. Juli, 2004.

Marcel Heese, Günter Wohlers and Michael H. Breitner, *Privacy Protection against RFID Spying: Challenges and Countermeasures*, 22 p., #11, July 5, 2004.

Liina Stotz, Gabriela Hoppe und Michael H. Breitner, *Interaktives Mobile(M)-Learning auf kleinen End-geräten wie PDAs und Smartphones*, 31 S., #12, 18. August, 2004.

Frank Köller und Michael H. Breitner, *Optimierung von Warteschlangensystemen in Call Centern auf Basis von Kennzahlenapproximationen*, 24 S., #13, 10. Januar, 2005.

Phillip Maske, Patrick Bartels and Michael H. Breitner, *Interactive M(obile)-Learning with UbiLearn 0.2*, 21 p., #14, April 20, 2005.

Robert Pomes and Michael H. Breitner, *Strategic Management of Information Security in State-run Organizations*, 18 p., #15, May 5, 2005.

Simon König, Frank Köller and Michael H. Breitner, *FAUN 1.1 User Manual*, 134 p., #16, August 4, 2005.

Christian von Spreckelsen, Patrick Bartels und Michael H. Breitner, *Geschäftsprozessorientierte Analyse und Bewertung der Potentiale des Nomadic Computing*, 38 S., #17, 14. Dezember, 2006.

Stefan Hoyer, Robert Pomes, Günter Wohlers und Michael H. Breitner, *Kritische Erfolgsfaktoren für ein Computer Emergency Response Team (CERT) am Beispiel CERT-Niedersachsen*, 56 S., #18, 14. Dezember, 2006.

Christian Zietz, Karsten Sohns und Michael H. Breitner, *Konvergenz von Lern-, Wissens- und Personalmanagementssystemen: Anforderungen an Instrumente für integrierte Systeme*, 15 S., #19, 14. Dezember, 2006.

Christian Zietz und Michael H. Breitner, *Expertenbefragung „Portalbasiertes Wissensmanagement“: Ausgewählte Ergebnisse*, 30 S., #20, 5. Februar, 2008.

# IWI Discussion Paper Series/Diskussionsbeiträge

## ISSN 1612-3646

- Harald Schömburg und Michael H. Breitner, *Elektronische Rechnungsstellung: Prozesse, Einsparpotentiale und kritische Erfolgsfaktoren*, 36 S., #21, 5. Februar, 2008.
- Halyna Zakhariya, Frank Köller und Michael H. Breitner, *Personaleinsatzplanung im Echtzeitbetrieb in Call Centern mit Künstlichen Neuronalen Netzen*, 35 S., #22, 5. Februar, 2008.
- Jörg Uffen, Robert Pomes, Claudia M. König und Michael H. Breitner, *Entwicklung von Security Awareness Konzepten unter Berücksichtigung ausgewählter Menschenbilder*, 14 S., #23, 5. Mai, 2008.
- Johanna Mählmann, Michael H. Breitner und Klaus-Werner Hartmann, *Konzept eines Centers der Informationslogistik im Kontext der Industrialisierung von Finanzdienstleistungen*, 19 S., #24, 5. Mai, 2008.
- Jon Sprenger, Christian Zietz und Michael H. Breitner, *Kritische Erfolgsfaktoren für die Einführung und Nutzung von Portalen zum Wissensmanagement*, 44 S., #25, 20. August, 2008.
- Finn Breuer und Michael H. Breitner, *„Aufzeichnung und Podcasting akademischer Veranstaltungen in der Region D-A-CH“: Ausgewählte Ergebnisse und Benchmark einer Expertenbefragung*, 30 S., #26, 21. August, 2008.
- Harald Schömburg, Gerrit Hoppen und Michael H. Breitner, *Expertenbefragung zur Rechnungseingangsbearbeitung: Status quo und Akzeptanz der elektronischen Rechnung*, 40 S., #27, 15. Oktober, 2008.
- Hans-Jörg von Mettenheim, Matthias Paul und Michael H. Breitner, *Akzeptanz von Sicherheitsmaßnahmen: Modellierung, Numerische Simulation und Optimierung*, 30 S., #28, 16. Oktober, 2008.
- Markus Neumann, Bernd Hohler und Michael H. Breitner, *Bestimmung der IT-Effektivität und IT-Effizienz serviceorientierten IT-Managements*, 20 S., #29, 30. November, 2008.
- Matthias Kehlenbeck und Michael H. Breitner, *Strukturierte Literaturrecherche und -klassifizierung zu den Forschungsgebieten Business Intelligence und Data Warehousing*, 10 S., #30, 19. Dezember, 2009.
- Michael H. Breitner, Matthias Kehlenbeck, Marc Klages, Harald Schömburg, Jon Sprenger, Jos Töller und Halyna Zakhariya, *Aspekte der Wirtschaftsinformatikforschung 2008*, 128 S., #31, 12. Februar, 2009.
- Sebastian Schmidt, Hans-Jörg v. Mettenheim und Michael H. Breitner, *Entwicklung des Hannoveraner Referenzmodells für Sicherheit und Evaluation an Fallbeispielen*, 30 S., #32, 18. Februar, 2009.
- Sissi Eklun-Natey, Karsten Sohns und Michael H. Breitner, *Building-up Human Capital in Senegal - E-Learning for School drop-outs, Possibilities of Lifelong Learning Vision*, 39 p., #33, July 1, 2009.
- Horst-Oliver Hofmann, Hans-Jörg von Mettenheim und Michael H. Breitner, *Prognose und Handel von Derivaten auf Strom mit Künstlichen Neuronalen Netzen*, 34 S., #34, 11. September, 2009.
- Christoph Polus, Hans-Jörg von Mettenheim und Michael H. Breitner, *Prognose und Handel von Öl-Future-Spreads durch Multi-Layer-Perceptrons und High-Order-Neuronalnetze mit Faun 1.1*, 55 S., #35, 18. September, 2009.
- Jörg Uffen und Michael H. Breitner, *Stärkung des IT-Sicherheitsbewusstseins unter Berücksichtigung psychologischer und pädagogischer Merkmale*, 37 S., #36, 24. Oktober, 2009.
- Christian Fischer und Michael H. Breitner, *MaschinenMenschen – reine Science Fiction oder bald Realität?*, 36 S., #37, 13. Dezember, 2009.
- Tim Rickenberg, Hans-Jörg von Mettenheim und Michael H. Breitner, *Plattformunabhängiges Softwareengineering eines Transportmodells zur ganzheitlichen Disposition von Strecken- und Flächenverkehren*, 38 S., #38, 11. Januar, 2010.

# IWI Discussion Paper Series/Diskussionsbeiträge

## ISSN 1612-3646

- Björn Semmelhaack, Jon Sprenger und Michael H. Breitner, *Ein ganzheitliches Konzept für Informationssicherheit unter besonderer Berücksichtigung des Schwachpunktes Mensch*, 56 S., #39, 03. Februar, 2009.
- Markus Neumann, Achim Plückebaum, Jörg Uffen und Michael H. Breitner, *Aspekte der Wirtschaftsinformatikforschung 2009*, 70 S., #40, 12. Februar, 2010.
- Markus Neumann, Bernd Hohler und Michael H. Breitner, *Wertbeitrag interner IT – Theoretische Einordnung und empirische Ergebnisse*, 38 S., #41, 31. Mai, 2010.
- Daniel Wenzel, Karsten Sohns und Michael H. Breitner, *Open Innovation 2.5: Trendforschung mit Social Network Analysis*, 46 S., #42, 1. Juni, 2010.
- Naum Neuhaus, Karsten Sohns und Michael H. Breitner, *Analyse der Potenziale betrieblicher Anwendungen des Web Content Mining*, 44 S., #43, 8. Juni, 2010.
- Ina Friedrich, Jon Sprenger and Michael H. Breitner, *Discussion of a CRM System Selection Approach with Experts: Selected Results from an Empirical Study*, 22 p., #44, November 15, 2010.
- Jan Bührig, Angelica Cuylen, Britta Ebeling, Christian Fischer, Nadine Guhr, Eva Hagenmeier, Stefan Hoyer, Cornelius Köpp, Lubov Lechtchinskaia, Johanna Mählmann und Michael H. Breitner, *Aspekte der Wirtschaftsinformatikforschung 2010*, 202 S., #45, 3. Januar, 2011.
- Philipp Maske und Michael H. Breitner, *Expertenbefragung: Integrierte, interdisziplinäre Entwicklung von M(obile)-Learning Applikationen*, 42 S., #46, 28. Februar, 2011.
- Christian Zietz, Jon Sprenger and Michael H. Breitner, *Critical Success Factors of Portal-Based Knowledge Management*, 18 p., #47, May 4, 2011.
- Hans-Jörg von Mettenheim, Cornelius Köpp, Hannes Munzel und Michael H. Breitner, *Integrierte Projekt- und Risikomanagementunterstützung der Projektfinanzierung von Offshore-Windparks*, 18 S., #48, 22. September, 2011.
- Christoph Meyer, Jörg Uffen and Michael H. Breitner, *Discussion of an IT-Governance Implementation Project Model Using COBIT and Val IT*, 18 p., #49, September 22, 2011.
- Michael H. Breitner, *Beiträge zur Transformation des Energiesystems 2012*, 31 S., #50, 12. Februar, 2012.
- Angelica Cuylen und Michael H. Breitner, *Anforderungen und Herausforderungen der elektronischen Rechnungsabwicklung: Expertenbefragung und Handlungsempfehlungen*, 50 S., #51, 05. Mai, 2012
- Helge Holzmann, Kim Lana Köhler, Sören C. Meyer, Marvin Osterwold, Maria-Isabella Eickenjäger und Michael H. Breitner, *Plinc. Facilitates linking. – Ein Accenture Campus Challenge 2012 Projekt*, 98 p., #52, 20. August, 2012
- André Koukal und Michael H. Breitner, *Projektfinanzierung und Risikomanagement Projektfinanzierung und Risikomanagement von Offshore-Windparks in Deutschland*, 40 S., #54, 31. August, 2012
- Halyna Zakhariya, Lubov Kosch und Michael H. Breitner, *Concept for a Multi-Criteria Decision Support Framework for Customer Relationship Management System Selection*, 14 S. #55, 22. Juli, 2013
- Tamara Rebecca Simon, Nadine Guhr, *User Acceptance of Mobile Services to Support and Enable Car Sharing: A First Empirical Study*, 19 S., #56, 1. August, 2013
- Tim A. Rickenberg, Hans-Jörg von Mettenheim und Michael H. Breitner, *Design and implementation of a decision support system for complex scheduling of tests on prototypes*, 6 p. #57, 19. August, 2013
- Angelica Cuylen, Lubov Kosch, Valentina, Böhm und Michael H. Breitner, *Initial Design of a Maturity Model for Electronic Invoice Processes*, 12 p., #58, 30. August, 2013
- André Voß, André Koukal und Michael H. Breitner, *Revenue Model for Virtual Clusters within Smart Grids*, 12 p., #59, 20. September, 2013

Benjamin Küster, André Koukal und Michael H. Breitner, *Towards an Allocation of Revenues in Virtual Clusters within Smart Grids*, 12 p., #60, 30. September, 2013

My Linh Truong, Angelica Cuylen und Michael H. Breitner, *Explorative Referenzmodellierung interner Kontrollverfahren für elektronische Rechnungen*, 30 S., #61, 1. Dezember, 2013

Cary Edwards, Tim Rickenberg und Michael H. Breitner, *Innovation Management: How to drive Innovation through IT – A conceptual Mode*, 34 p., #62, 29. November, 2013

