ICS 17.020, 27.010

VDI-RICHTLINIEN

Mai 2012
May 2012

VEREIN DEUTSCHER INGENIEURE

Messunsicherheiten bei Abnahmemessungen an energie- und kraftwerkstechnischen Anlagen
Beispiele, insbesondere Vorbereitung der Abnahme einer Kombi-Anlage

Uncertainties of measurement during acceptance tests on energy-conversion and power plants
Examples, especially preparation of acceptance of a gas and steam power plant

VDI 2048

Blatt 3 / Part 3

Ausg. deutsch/englisch
Issue German/English

Frühere Ausgabe: 12.08 Entwurf, deutsch
Former edition: 12/08 Draft, in German only

Zu beziehen durch / Available at Beuth Verlag GmbH, 10772 Berlin – Alle Rechte vorbehalten / All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2012

Vervielfältigung – auch für innerbetriebliche Zwecke – nicht gestattet / Reproduction – even for internal use – not permitted

Die deutsche Version dieser Richtlinie ist verbindlich.

The German version of this guideline shall be taken as authoritative. No guarantee can be given with respect to the English translation.

Inhalt Seite

Vorbemerkung . . . 2
Einleitung . . . 2
1 Anwendungsbereich . . . 3
2 Formelzeichen und Indizes . . . 3
3 Beispiele zu Kovarianzen . . . 6
3.1 Thermoelemente mit gemeinsamer Referenzmessstelle . . . 6
3.2 Messung von Massenflüssen mittels baugleicher genormter Drosselgeräte . . . 7
4 Automatisches Erstellen partieller Ableitungen . . . 10
4.1 Regeln für das Erstellen partieller Ableitungen . . . 11
4.2 Programmbausteine . . . 11
5 Hilfsgrößen . . . 14
6 Ungleichungen . . . 15
6.1 Feste obere Schranke . . . 15
6.2 Feste untere Schranke . . . 16
7 Einflüsse auf die Unsicherheit der Ergebnisgrößen . . . 16
7.1 Nebenbedingungen . . . 16
7.2 Erfasste Messgrößen . . . 18
8 Erweiterte Analyse der groben Fehler . . . 19
9 Beispiel – Vorbereitung der Abnahme einer Kombi-Anlage . . . 21
9.1 Aufgabenstellung . . . 21
9.2 Tabelle der Messgrößen . . . 24
9.3 Ablauf der Auswertung . . . 40
9.4 Eingabedaten . . . 56
9.5 Auswertung der rohen Daten . . . 59
9.6 Auswertung der ausgeglichenen Daten . . . 60
9.7 Einfluss der Nebenbedingungen auf die Verringerung der Unsicherheit der Garantiegrößen . . . 62
9.8 Einfluss der erfassten Messgrößen auf die Unsicherheit der Garantiegröße Netto-Wärmeverbrauch . . . 63
Schrifttum . . . 66

Contents Page

Preliminary note . . . 2
Introduction . . . 2
1 Scope . . . 3
2 Symbols and indices . . . 3
3 Examples of covariances . . . 6
3.1 Thermoelements with common reference measuring point . . . 6
3.2 Measurement of mass flows using standardized choke units of identical design . . . 7
4 Automatic generation of partial deviations . . . 10
4.1 Rules for generating partial deviations . . . 11
4.2 Program modules . . . 11
5 Auxiliary variables . . . 14
6 Inequalities . . . 15
6.1 Fixed upper bound . . . 15
6.2 Fixed lower bound . . . 16
7 Influences on the uncertainty of the output variables . . . 16
7.1 Constraints . . . 16
7.2 Measured variables intercepted . . . 18
8 Extended analysis of the gross errors . . . 19
9 Example – preparation of the acceptance of a gas and steam power plant . . . 21
9.1 Task . . . 21
9.2 Table of measured variables . . . 24
9.3 Evaluation procedure . . . 40
9.4 Inuput data . . . 56
9.5 Evaluation of the raw data . . . 59
9.6 Evaluation of the corected data . . . 60
9.7 Influence of the constraints on the reduction of the uncertainty of the guaranteed variables . . . 62
9.8 Influence of the measured variables on the uncertainty of the variable guaranteed net heat consumption . . . 63
Bibliography . . . 66

VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt (GEU)

Fachbereich Energiewandlung und -anwendung

VDI-Handbuch Energietechnik
VDI/VDE-Handbuch Prozessmesstechnik und Strukturanalyse

 Alle Rechte vorbehalten © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2012

Vorbemerkung

Der Inhalt dieser Richtlinie ist entstanden unter Beachtung der Vorgaben und Empfehlungen der Richtlinie VDI 1000.

Alle Rechte, insbesondere die des Nachdrucks, der Fotokopie, der elektronischen Verwendung und der Übersetzung, jeweils auszugsweise oder vollständig, sind vorbehalten.

Die Nutzung dieser VDI-Richtlinie ist unter Wahrung des Urheberrechts und unter Beachtung der Lizenzbedingungen (www.vdi-richtlinien.de), die in den VDI-Merkblättern geregelt sind, möglich.

Allen, die ehrenamtlich an der Erstellung dieser Richtlinie mitgewirkt haben, sei auf diesem Wege gedankt.

Eine Liste der aktuell verfügbaren Blätter dieser Richtlinienreihe ist im Internet abrufbar unter www.vdi.de/2048.

Einleitung

In der Richtlinie VDI 2048 Blatt 1 wird ein Verfahren vorgestellt, das gegenüber den bisher angewendeten Verfahren entscheidende Vorteile aufweist. Damit ist es möglich,

- Abnahmemessungen einer mathematisch fundierten Qualitätskontrolle zu unterziehen,
- die Wahrscheinlichkeit der Erfüllung zugesicherter Eigenschaften zu ermitteln und
- bei Nutzung des Verfahrens im Anlagenbetrieb mit der geringstmöglichen Unsicherheit über den wahren Zustand der Anlage informiert zu sein.

Die vorgestellte Methodik ist nicht nur auf Kraftwerksprozesse, sondern auf alle quasistationären Fließprozesse anwendbar.

Anmerkung: Diese Methodik kann z. B. auch zur Auswertung von redundanten Messungen in Rohrnetzen verwendet werden [5].

Die vorliegende Richtlinie liefert praxisorientierte Beispiele für die Ermittlung von Kovarianzen, gibt Hilfen bei der Programmierung und stellt die Anwendung des Verfahrens anhand eines praktischen Beispiels dar. Am Beispiel Vorbereitung der Abnahme einer Kombi-Anlage wird ausgehend von den Auslegungsdaten einer geplanten Anlage und den Anforderungen des Kunden die Planung einer Abnahmemessung gezeigt. Dieses Vorgehen bedingt die Notwendigkeit, die Anzahl, Präzision und Position der Messstellen bereits im Angebotsstadium zu fixieren. Dies liefert auch eine nutzbare Grundlage für die Installation von Systemen zur Prozessgüteüberwachung im Anlagenbetrieb.

Das Beispiel Vorbereitung der Abnahme einer Kombi-Anlage ist auf beiliegendem Datenträger in ablauffähiger Form enthalten, sodass auch ein prakti-

Preliminary note

The content of this guideline has been developed in strict accordance with the requirements and recommendations of the guideline VDI 1000.

All rights are reserved, including those of reprinting, reproduction (photocopying, micro copying), storage in data processing systems and translation, either of the full text or of extracts.

The use of this guideline without infringement of copyright is permitted subject to the licensing conditions specified in the VDI Notices (www.vdi-richtlinien.de).

We wish to express our gratitude to all honorary contributors to this guideline.

A catalogue of all available parts of this series of guidelines can be accessed on the internet at www.vdi.de/2048.

Introduction

The guideline VDI 2048 Part 1 presents a method with a few essential advantages over the methods used up to now. This makes it possible to

- subject acceptance measurements to mathematically well-founded quality control,
- determine the likelihood that guaranteed properties will be fulfilled and to
- be informed of the true state of a plant with the lowest possible uncertainty when the method is used in plant operation.

The method presented cannot only be applied to power station processes but can be used for all quasi-stationary flow processes.

Note: This method can for example also be used to evaluate redundant measurements in pipeline networks [5].

The present guideline gives practice-oriented instances of the calculation of covariances, provides assistance in programming and illustrates the application of the method by way of a practical example. Using the preparation of the acceptance of a gas and steam power plant as an example and on the basis of the design data of a planned plant and the requirements of the customers, the guideline shows how an acceptance measurement is planned. This procedure requires the number, precision and position of the measuring points to be fixed early on in the bidding phase. It also provides a viable basis for the installation of systems for monitoring process quality during plant operation.

The example of the preparation of the acceptance of a gas and steam power plant is included in runnable form on the enclosed data carrier, thus also allowing

All rights reserved © Verein Deutscher Ingenieure e.V., Düsseldorf 2012

scher Einblick durch eigene Durchrechnungen, z. B. mit veränderten Daten, insbesondere mit veränderten Unsicherheiten, gewonnen werden kann.

Informationen über Software nach VDI 2048 können bei der VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt, Postfach 10 11 39, 40002 Düsseldorf (geu@vdi.de) angefordert werden.

1 Anwendungsbereich

Das in dieser Richtlinie dargelegte Verfahren ist anwendbar auf quasistationäre Fließprozesse, insbesondere bei Anlagen der Energie- und Kraftwerkstechnik, und bezieht sich auf die Planung von Abnahmemessungen auf der Basis der Richtlinie VDI 2048 Blatt 1.

practical insights via calculations of one's own, for example with altered data and in particular with altered uncertainties.

For information on software in accordance with VDI 2048, please contact VDI-Gesellschaft Energie und Umwelt, Postfach 10 11 39, 40002 Düsseldorf (geu@vdi.de).

1 Scope

The method described in this guideline can be applied to quasi-stationary flow processes, in particular in plants of energy and power station technology, and refers to the planning of acceptance measurements on the basis of the guideline VDI 2048 Part 1.