

Schriftenreihe der  
**Haushaltstechnik Bonn**  
*Herausgeber: Prof. Dr. R. Stamminger*

Lotta Theresa Florianne Schencking

**Further development of the  
IEC 60436 reference system to  
ensure more consumer relevance**

**Further development of the  
IEC 60436 reference system to  
ensure more consumer relevance**

**Dissertation**

Zur Erlangung des Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)

der Landwirtschaftlichen Fakultät  
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

von

***Lotta Theresa Florianne Schencking, M. Sc.***

aus

*Ahrensburg*

Bonn 2021

Referent: *Prof. Dr. Rainer Stamminger*

Koreferent: *Prof. Dr. Matthias Wüst*

Tag der mündlichen Prüfung: *25.02.2022*

Angefertigt mit Genehmigung der Landwirtschaftlichen Fakultät der Universität  
Bonn

Schriftenreihe der Haushaltstechnik Bonn

Band 1/2022

**Lotta Theresa Florianne Schencking**

**Further development of the IEC 60436 reference  
system to ensure more consumer relevance**

D 98 (Diss. Universität Bonn)

Shaker Verlag  
Düren 2022

**Bibliographic information published by the Deutsche Nationalbibliothek**

The Deutsche Nationalbibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available in the Internet at <http://dnb.d-nb.de>.

Zugl.: Bonn, Univ., Diss., 2022

Copyright Shaker Verlag 2022

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system, or transmitted, in any form or by any means, electronic, mechanical, photocopying, recording or otherwise, without the prior permission of the publishers.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-8540-2

ISSN 1863-320X

Shaker Verlag GmbH • Am Langen Graben 15a • 52353 Düren

Phone: 0049/2421/99011-0 • Telefax: 0049/2421/99011-9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • e-mail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## **Abstract**

International standards for testing the performance of electric household appliances (hereafter abbreviated to "international standard") are always a compromise between the development of a test method that is as robust as possible and achieves repeatable and reproducible results, and the proximity of the test conditions to the actual average consumer behaviour.

International standards are constantly being worked on to make them as consumer-relevant as possible. In the case of IEC 60436:2015 for dishwashers, there have already been some changes in the past, e.g., to the composition of the test load. Nevertheless, the reference system in particular is in need of overhaul. Dishwashers available today use significantly less water and energy in the ECO programme than the IEC 60436:2015 reference programme, while having much longer programme durations. When it comes to detergents, the products available on the market are less alkaline and include significantly more active enzymes than the IEC 60436:2015 reference detergent.

However, since the European energy label and the associated EcoDesign directive are based on the measurement method of the EN 60436 – which in turn is based on the IEC 60436 – it cannot be freely changed.

A suggested approach to align the measurement results of the future reference system to the ones of the current reference system is presented in this thesis. An experimental, new reference system will first be examined to determine the resulting changes to the performance test results. With modifications to the detergent composition, it is exercised whether comparable results to the IEC 60436:2015 reference system can be produced. In a further approach, a mathematical method is developed to achieve alignment of the measurement results.

The results of the comparative tests show that the experimental, new detergent type E has a significantly better cleaning power than the current reference detergent type D. Even with modifications regarding the amount of detergent for

a single dishwasher run and the enzyme concentration of detergent E, the cleaning performance remained superior to that of detergent D.

A mathematical approach for aligning the results of the present reference system to an experimental, new reference system therefore seems more reasonable. The method presented in this thesis to determine such an adjustment factor can be recommended for incorporation into the standard. Before that, however, a final composition for the future reference detergent should be specified by the responsible standardization working group and a decision made on the future reference dishwasher model. Only then can the conclusions of this thesis be applied to the standardization process in a meaningful way.

In addition, this thesis considers how the measurement for the European energy label can be made even more consumer relevant.

## Zusammenfassung

Internationale Normen zur Testung der Gebrauchstauglichkeit von elektrischen Haushaltsgeräten (kurz „internationale Normen“) sind immer ein Kompromiss zwischen einer möglichst robusten Testmethode, die wiederholbare und reproduzierbare Ergebnisse erzielt, und der Nähe der Versuchsbedingungen zum tatsächlichen, durchschnittlichen Verbraucherverhalten. Internationale Normen werden ständig überarbeitet, um sie möglichst konsumentenrelevant zu gestalten. Im Falle der IEC 60436:2015 für Geschirrspülmaschinen gab es in der Vergangenheit schon einige Veränderungen, z. B. an der Zusammensetzung der Testbeladung. Dennoch ist insbesondere das Referenzsystem überholungsbedürftig. Heute verfügbare Geschirrspüler verwenden im ECO Programm wesentlich weniger Wasser und Energie als das IEC 60436:2015 Referenz-Programm und weisen wesentlich längere Programmdauern auf. Auf dem Markt verfügbare Reiniger sind weniger alkalisch und enthalten dafür wesentlich aktivere Enzyme als der IEC 60436:2015 Referenz-Reiniger.

Da das europäische Energielabel und die dazugehörige Ökodesign-Richtlinie jedoch auf dem Messverfahren der EN 60436 – die wiederum auf der IEC 60436 basiert – beruhen, kann es nicht beliebig verändert werden.

Ein Vorschlag für die Angleichung der Messergebnisse eines zukünftigen Referenzsystems an die des aktuellen Referenzsystems wird in dieser Arbeit vorgestellt. Mit einem experimentellen, neuen Referenzsystem werden zunächst die resultierenden Veränderungen der Reinigungs-Testergebnisse untersucht. Mit Modifizierungen der Reinigerzusammensetzung wird getestet, ob vergleichbare Ergebnisse zum IEC 60436:2015 Referenzsystem produziert werden können. In einem weiteren Ansatz wird eine mathematische Methode entwickelt, um eine Angleichung der Messergebnisse zu erreichen.

Die Ergebnisse der Vergleichs-Tests zeigen, dass der experimentelle, neue Reiniger Typ E eine wesentlich bessere Reinigungskraft aufweist als der derzeitige Referenz-Reiniger Typ D. Auch mit Modifizierungen der



Reinigermenge für einen einzelnen Spülgang und der Enzymkonzentration des Reinigers E, blieb die Reinigungsleistung der von Reiniger D überlegen.

Ein rechnerischer Ansatz zur Angleichung der Messergebnisse erscheint daher praktikabler. Die in dieser Arbeit vorgestellte Herangehensweise, um solch einen Anpassungsfaktor zu bestimmen, kann für die Einarbeitung in die Norm empfohlen werden. Vorher sollten von den verantwortlichen Normungsgremien jedoch Entscheidungen über die schlussendliche Zusammensetzung des zukünftigen Referenz-Reinigers und über das neue Referenz-Geschirrspülmodell getroffen werden. Erst dann können die Schlussfolgerungen dieser Arbeit sinnvoll in den Normungsprozess eingebracht werden.

Zusätzlich werden in dieser Arbeit Überlegungen angestellt, wie die Messung für das europäische Energielabel verbraucherrelevanter gestaltet werden kann.

## Table of contents

Abstract.....	I
Zusammenfassung .....	III
1. Introduction .....	1
2. Background .....	3
2.1. Need for a reference system .....	3
2.2. Dishwasher standards .....	7
2.2.1. Standardization .....	7
2.2.2. IEC 60436 reference system.....	8
2.2.3. EN 60436 and European energy labelling .....	10
2.3. Consumer relevance .....	12
2.4. Electric dishwashers.....	15
2.4.1. Mechanisms of action.....	15
2.4.2. Structure and programmes.....	17
2.5. Detergents for electric dishwashing .....	22
2.5.1. Mechanisms of action.....	24
2.5.2. Structure .....	28
3. Objectives .....	39
4. Materials and methods .....	41
4.1. Experiments conducted .....	41
4.1.1. Preliminary tests .....	41
4.1.2. Comparative tests .....	42
4.1.3. Development of an adjustment factor .....	44
4.2. General conditions for conducting the experiments .....	46
4.3. Equipment used.....	47

---

4.4. Soiling materials .....	52
4.5. Statistical evaluation.....	53
5. Results.....	59
5.1. Comparative tests.....	59
5.1.1. Detergent type D vs. detergent type E .....	59
5.1.2. Modifications of detergent type E.....	65
5.1.3. Current reference system vs. experimental, new reference system .....	72
5.2. Development of an adjustment factor.....	75
6. Summary and discussion .....	79
6.1. Results.....	79
6.1.1. Detergent type D vs. detergent type E .....	79
6.1.2. Modifications of detergent type E.....	80
6.1.3. Current reference system vs. experimental, new reference system .....	83
6.1.4. Development of an adjustment factor .....	86
6.2. Error evaluation .....	89
6.2.1. Statistical errors.....	89
6.2.2. Systematic errors .....	90
6.3. Criticism of the standard testing method in contrast to consumer relevance .....	94
7. Conclusion and proposals for standardization work.....	101
References .....	105
Appendix A .....	113
A.1 List of abbreviations .....	113
A.2 List of tables .....	115
A.3 List of figures.....	117

---

A.4 List of equations .....	121
Appendix B: Results of regression analyses .....	123
B.1 Comparison of detergent type D vs. detergent type E .....	123
B.2 Current reference machine vs. experimental, new reference machine	132
Appendix C – Curriculum vitae .....	141
Acknowledgements.....	IX