

Institut für Landtechnik  
Professur für Haushalts- und Verfahrenstechnik  
Prof. Dr. rer. nat. Rainer Stamminger

---

**Consumer-relevant assessment of automatic dishwashing  
machines by a new testing procedure  
for ‘automatic’ programmes.**

**I n a u g u r a l – D i s s e r t a t i o n**

zur

Erlangung des Grades

Doktor der Ernährungs- und Haushaltswissenschaft

(Dr. oec. troph.)

der

Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät

der

Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

vorgelegt am

27.09.2012

von

Anna Katharina Brückner

aus

Dortmund

Referent: Prof. Dr. rer. nat. Rainer Stamminger

Koreferent: Prof. Dr. rer. pol. Michael-Burkhard Piorkowsky

Tag der mündlichen Prüfung: 14.12.2012

Erscheinungsjahr: 2013

Schriftenreihe der Haushaltstechnik Bonn

Band 1/2013

**Anna Brückner**

**Consumer-relevant assessment of automatic  
dishwashing machines by a new testing procedure  
for 'automatic' programmes**

D 98 (Diss. Universität Bonn)

Shaker Verlag  
Aachen 2013

**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., 2012

Copyright Shaker Verlag 2013

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 978-3-8440-1643-7

ISSN 1863-320X

Shaker Verlag GmbH • P.O. BOX 101818 • D-52018 Aachen

Phone: 0049/2407/9596-0 • Telefax: 0049/2407/9596-9

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

## **Zusammenfassung**

Zur Verbesserung der Vergleichbarkeit beim Testen von Geschirrspülmaschinen und zur Erhöhung der Verbraucherrelevanz der jetzigen Norm EN 50242/EN 60436 ist eine neue Testmethode für „Automatik“-Programme entwickelt und unter standardisierten Laborbedingungen im Vergleich zum bisherigen Test-Programm (jetzt Eco genannt) geprüft worden. Variierende Mengen von Beladung und Schmutz sollen dazu dienen, die Fähigkeit der Geschirrspüler zu testen, mit Sensoren im „Automatik“-Programm die aktuellen Benutzungsbedingungen zu erkennen und darauf adäquat zu reagieren. Basierend auf der Erkenntnis, dass Verbraucher in der Tendenz die Kapazität ihrer Geschirrspülmaschine nicht voll ausnutzen und dass das in den Haushalten anfallende Geschirr wesentlich weniger verschmutzt ist, als das in der Norm verwendete, beinhaltet die neue Methode auch Tests mit geringeren Mengen an Beladung und Schmutz. Fünf verschiedene Szenarien mit einer bis drei Wiederholungen werden getestet. Während der Geschirrspüler im Maximalszenario mit der maximalen vom Hersteller angegebenen Beladung und der in der Norm vorgegebenen Schmutzmenge getestet wird, verringert sich die Menge in den anderen Szenarien kontinuierlich, bis zu einem Test ganz ohne Beladung und Schmutz.

Der Vergleich des Eco- mit dem „Automatik“-Programm hat auf der einen Seite große Unterschiede in den durchschnittlichen Verbrauchswerten zwischen den beiden Programmen gezeigt, aber ebenso die unterschiedlich ausgeprägte Fähigkeit der Maschine auf die herrschenden Bedingungen mit einer Änderung des Programmverlaufs zu reagieren offen gelegt. Auch wenn die limitierte Anzahl an Wiederholungen und unterschiedlichen Szenarien die Aussagekraft über die Güte der Anpassung der Maschinen an externe Einflussfaktoren einschränkt, werden erste Tendenzen anhand der einfachen und der multiplen linearen Regression aufgezeigt. Mit der zusätzlich durchgeführten Nutzwertanalyse wird ermittelt, welche Maschinen-Programm-Kombination für bestimmte Model Haushalte am besten passt. Außerdem ist es hierdurch möglich, verschiedene Maschinen- und Programmverhalten aus neuen Blickwinkeln zu betrachten. Die Ergebnisse haben gezeigt, wie wichtig es ist, das Testportfolio von Geschirrspülmaschinen zu erweitern und auch die Ergebnisse von Tests im „Automatik“-Programm in das europäische Energielabel zu integrieren. Dadurch würden die bisher auf ein Programm begrenzten Informationen über die

Verbrauchs- und Leistungswerte einer Geschirrspülmaschine erweitert werden. Außerdem ist von großer Bedeutung, dass die für den Verbraucher wichtige Kombination aus geringen Verbrauchs- und hohen Leistungswerten nicht nur im Eco-Programm, sondern auch im am zweithäufigsten genutzten Programm „Automatik“ in das Energielabel integriert werden.

## **Abstract**

A new procedure for 'automatic' dishwasher programmes is developed and tested under laboratory conditions in comparison to the standard test programme (now called the Eco programme) to increase the comparative aspect of dishwasher testing and the consumer relevance of current dishwasher test standard EN 50242/EN 60436. It will be assessed if the sensors in the 'automatic' programme are able to detect the current usage conditions and react adequately with varying amounts of load and soil. Due to the fact that consumers tend to underestimate the loading capacity of their dishwasher and that the amount of soil found in dishwashers at home is lower than in the standard, the new approach focuses on lower amounts of dishware and soil to be cleaned in a dishwasher. Five different scenarios with one to three repetitions are tested and, while the highest level is a test with 100% of the rated loading capacity and soil, the amount is lowered until the machine is tested completely empty.

The comparison between the Eco and the 'automatic' programmes reveals big differences in the average consumption values, and also concerning the capability of the machine to adapt the programme course depending on the conditions applied. Although the lack of repetition of the single test scenarios and the generally limited number of scenarios make it hard to assess the quality of adaptation to externally influencing factors to the full extent, first assumptions are possible due to a simple and multiple linear regression analysis. Additionally, a value benefit analysis is performed to assess which machine or programme is best suited for a certain household model type. It is possible to evaluate diverse parameters of machines and programmes from different viewing perspectives. The results of the tests emphasise the importance of extending the test portfolio of household dishwashers and including the results of the 'automatic' programme test scenario onto the energy label. This would enhance the up to now limited information on dishwasher performance and consumption values due to testing only one programme. It is of great importance that the combination of low consumption and high performance values, which is essential for most consumers, is not only considered in the Eco programme, but also in the second most used 'automatic' programme under different consumer-relevant load and soil levels.





# Content

<b>1</b>	<b>Introduction</b> .....	<b>1</b>
1.1	Environmental aspects concerning the use of household dishwashers.....	1
1.2	Energy labelling and minimum performance requirements for household dishwashers in Europe .....	2
1.3	Standardisation for dishwasher testing .....	5
1.3.1	Development of European test standards .....	5
1.3.2	Different approaches for the development of dishwasher test standards worldwide .....	6
1.3.3	European dishwasher test standard EN 50242/EN 60436 .....	8
1.4	Testing dishwashers in consumer tests .....	10
1.5	Consumer behaviour – Usage of household dishwashers .....	12
1.5.1	Influences on the purchase decision, usage and level of satisfaction.....	12
1.5.2	Consumer behaviour versus European declaration and assessment conditions	13
1.6	Automation processes in general and in relation to dishwashing.....	16
1.7	Automatic dishwashing – Influencing factors and technical aspects .....	17
1.7.1	Cleaning and drying performance as a result of varying input factors.....	17
1.7.2	Structure of different dishwashing programmes.....	19
1.7.3	Sensors in household dishwashers.....	20
<b>2</b>	<b>Objective</b> .....	<b>25</b>
<b>3</b>	<b>Material and Methods</b> .....	<b>27</b>
3.1	Laboratory conditions and measurement of consumption values .....	27
3.2	Machines and programmes tested.....	27
3.3	Detergent and rinse aid .....	28
3.4	Dishwasher test load and soils applied .....	29
3.5	Combined cleaning and drying evaluation .....	31
3.6	Test procedure for ‘automatic’ programmes .....	32
3.7	Value benefit analysis of the programmes tested .....	33

3.8	Statistical evaluation methods .....	37
3.8.1	Calculation of average values .....	37
3.8.2	Calculation of the consumption values.....	38
3.8.3	Calculation of standard deviations.....	38
3.8.4	Simple linear regression.....	40
3.8.5	Multiple linear regression .....	42
3.9	Systematic errors.....	44
<b>4</b>	<b>Results .....</b>	<b>49</b>
4.1	Assessment of the consumption and performance values of the four test machines in the Eco and the ‘automatic’ programme .....	49
4.1.1	Programme characteristics of the different machines.....	49
4.1.2	Assessment of the consumption values .....	52
4.1.2.1	Water consumption values.....	52
4.1.2.2	Energy consumption values .....	54
4.1.2.3	Programme duration .....	56
4.1.3	Cleaning performance values .....	58
4.1.4	Drying performance values.....	64
4.1.5	Comparison of the Eco and the ‘automatic’ programme.....	67
4.2	Means to evaluate and score the adjustment of ‘automatic’ programmes to varying usage conditions .....	69
4.2.1	Assessment based on the range of values.....	69
4.2.1.1	The maximum difference.....	69
4.2.1.2	The standard deviation.....	71
4.2.2	Assessment based on the adjustment to the test scenario applied.....	71
4.2.2.1	Simple linear regression.....	71
4.2.2.2	Multiple linear regression .....	75
4.3	Comparing the value benefit of the Eco and the ‘automatic’ programme on the basis of three model households .....	80
<b>5</b>	<b>Discussion .....</b>	<b>85</b>

5.1	Consumer-relevant dishwasher testing .....	85
5.1.1	New test conditions in the Eco programme.....	85
5.1.2	Assessment of the test procedure to test ‘automatic’ programmes .....	87
5.2	Valuation of the results of the different scoring methods .....	91
5.2.1	Approaches based on the range of results.....	91
5.2.2	Approaches based on the adjustment to the test conditions applied.....	92
5.3	The value benefit analysis as a method to compare dishwashing programmes taking into account consumer expectations .....	96
5.4	Modification of the current energy label through the introduction of tests of automatic programmes.....	99
5.5	Adaptation realised in the ‘automatic’ programme of a household dishwasher due to the sensor techniques applied .....	102
<b>6</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>105</b>
	References .....	109
	List of abbreviations .....	115
	List of figures .....	117
	List of tables.....	119
	Appendix .....	I
	A. Loading schemes of the four machines.....	I
	B. List of materials used .....	V
	C. Ingredients list of the detergent and rinse aid .....	VII
	D. Base data used for the calculation of the total values benefit .....	VIII
	E. Temperature profiles of the four machines .....	XI
	Acknowledgements.....	XIII
	Curriculum vitae .....	XV