

---

# Intervallararithmetische Stabilitätsanalyse von unsicheren nicht linearen Systemen

---

Von der Fakultät für  
Elektrotechnik, Informationstechnik und Medientechnik der  
Bergischen Universität Wuppertal  
genehmigte

---

## Dissertation

---

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Ingenieurwissenschaften

von  
M. Sc. Robert Swiatlak  
aus Leipzig

Tag der mündlichen Prüfung: 10. Februar 2017  
Referent: Prof. Dr. Bernd Tibken  
Korreferent: Prof. Dr. Christoph Ament



Beiträge aus der Regelungstechnik

Band 9

**Robert Swiatlak**

**Intervallarithmetische Stabilitätsanalyse  
von unsicheren nicht linearen Systemen**

Shaker Verlag  
Aachen 2017

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Zugl.: Wuppertal, Univ., Diss., 2017

Copyright Shaker Verlag 2017

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-5474-3

ISSN 2567-3238

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

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

*Für meine Mutter, Petra Swiatlak geb. Gdowzok, die  
mir stets zur Seite stand und viel zu früh verstarb.*



## Danksagung

Ich bedanke mich bei Herr Prof. Dr. Tibken für die Betreuung meiner Arbeit sowie die überaus fruchtbare Zusammenarbeit während der Jahre meiner Tätigkeit am Lehrstuhl für Automatisierungs- und Regelungstechnik der Bergischen Universität Wuppertal. Außerdem denke ich Prof. Dr. Ament, der meine Arbeit als Koreferent begutachtet hat. Des Weiteren möchte ich meinen Arbeitskollegen für die Hilfestellung und die anregenden Diskussionen, die die Qualität meiner Arbeit gesteigert haben, meinen Dank aussprechen. Ein großer Dank gilt meiner Familie - in erster Linie meiner Mutter Petra Swiatlak, meinem Bruder Oliver Swiatlak und meiner Lebensgefährtin Nadine Krebstakies - für die Unterstützung, die Geduld und den Zuspruch während meiner Promotionszeit.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1	Motivation . . . . .	1
1.2	Gliederung der Arbeit . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Grundlagen</b>	<b>5</b>
2.1	Mathematische Definitionen . . . . .	5
2.2	Intervallarithmetik . . . . .	6
2.3	Regelungstechnische Grundlagen . . . . .	17
<b>3</b>	<b>Problemstellung und Stand der Forschung</b>	<b>23</b>
3.1	Abschätzung des robusten Einzugsgebietes . . . . .	23
3.2	Wahl der optimalen Regelparameter . . . . .	29
<b>4</b>	<b>Berechnung des robusten Einzugsgebietes</b>	<b>37</b>
4.1	Methode . . . . .	37
4.2	Beispiele . . . . .	46
<b>5</b>	<b>Vergrößerung des Einzugsgebietes durch geeignete Reglerparameter</b>	<b>69</b>
5.1	Methode . . . . .	69
5.2	Beispiele . . . . .	76
<b>6</b>	<b>Fazit</b>	<b>81</b>
<b>A</b>	<b>Pseudocode</b>	<b>83</b>