

# **Erweiterung von unüberwachten Lernmethoden durch probabilistische Ansätze zur kontextbasierten Situations- und Aktionsanalyse in kognitiven Systemen**

Von der Fakultät Informatik, Elektrotechnik und Informationstechnik  
der Universität Stuttgart zur Erlangung der Würde eines Doktors  
der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.) genehmigte Abhandlung

Vorgelegt von

Dipl.-Inf. Kai Steffen Häussermann

aus Schorndorf

Hauptberichter: Prof. Dr. rer. nat. habil. Paul Levi

Mitberichter: PD Dr. rer. nat. Michael Schanz

Tag der mündlichen Prüfung: 08.12.2014

Institut für Parallele und Verteilte Systeme der Universität Stuttgart

2014



# **BV-Forschungsberichte**

herausgegeben von  
Prof. Dr. rer. nat. habil. Paul Levi  
Universität Stuttgart, IPVS  
Lehrstuhl Praktische Informatik - Bildverstehen (BV)

Band 1/2015

**Kai Steffen Häussermann**

## **Erweiterung von unüberwachten Lernmethoden durch probabilistische Ansätze zur kontextbasierten Situations- und Aktionsanalyse in kognitiven Systemen**

D 93 (Diss. Universität Stuttgart)

Shaker Verlag  
Aachen 2015

**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.: Stuttgart, Univ., Diss., 2014

Copyright Shaker Verlag 2015

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

Printed in Germany.

ISBN 978-3-8440-3361-8

ISSN 1868-3886

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)

Wem sonst als Dir.



---

# INHALTSVERZEICHNIS

Kurzfassung	v
Abstract	vii
<b>1. Einführung</b>	<b>1</b>
1.1. Motivation . . . . .	1
1.2. Zielsetzung und wissenschaftlicher Beitrag dieser Arbeit . . . . .	7
1.3. Aufbau der Arbeit . . . . .	9
<b>2. Stand der Forschung und verwandte Arbeiten</b>	<b>11</b>
2.1. Situations- und Aktionsanalyse im Ubiquitären Rechnen . . . . .	11
2.1.1. Modellbasierte Ansätze . . . . .	12
2.1.2. Lernbasierte Ansätze . . . . .	13
2.2. Situations- und Aktionsanalyse im Bereich Autonomer Systeme . . . . .	15
2.2.1. Modellbasierte Ansätze . . . . .	15
2.2.2. Lernbasierte Ansätze . . . . .	17
2.3. Diskussion . . . . .	18
<b>I. Grundlagen</b>	<b>21</b>
<b>3. Grundlagen und Terminologie</b>	<b>23</b>
3.1. Räumlicher und temporaler Kontext . . . . .	23
3.1.1. Umgang mit Unsicherheiten . . . . .	27
3.2. Situations- und Aktionsanalyse . . . . .	28
3.2.1. Situationserkennung . . . . .	29

3.2.2.	Aktionserkennung . . . . .	29
<b>4.</b>	<b>Modellierung und Inferenz von räumlichem Kontext</b>	<b>33</b>
4.1.	Selbstorganisierende Karten (SOM) . . . . .	33
4.1.1.	Mathematische Herleitung . . . . .	34
4.1.2.	Das SOM - Konzept . . . . .	36
4.1.3.	Visualisierungsmethoden . . . . .	48
<b>5.</b>	<b>Modellierung und Inferenz von temporalem Kontext</b>	<b>53</b>
5.1.	Nutzung graphischer Strukturen zur Prozessmodellierung . . . . .	53
5.1.1.	Grundlagen und mathematische Notation . . . . .	54
5.1.2.	Probabilistische Graphische Modelle (PGM) . . . . .	55
5.1.3.	Inferenzverfahren . . . . .	59
<b>II.</b>	<b>Datengetriebene Methoden zur Situations- und Aktionser-</b>	<b>63</b>
	<b>kennung</b>	
<b>6.</b>	<b>Situationsanalyse</b>	<b>65</b>
6.1.	Datengetriebene Situationsmodellierung . . . . .	65
6.1.1.	Konzeptionelles Vorgehen zur Situationsmodellierung . . . . .	66
6.1.2.	Grenzen des Ansatzes . . . . .	72
6.2.	Erweiterungen zur verbesserten Situationserkennung . . . . .	74
6.2.1.	Kontextspezifische Metriken und Ähnlichkeitsmaße . . . . .	74
6.2.2.	Berücksichtigung degradierter Daten bei der Adaption des Kartenraums . . . . .	77
6.2.3.	Berücksichtigung degradierter Daten bei der Situationsinferenz	81
6.2.4.	Automatisierter Labeling-Prozess . . . . .	84
6.2.5.	Dynamische Neuanpassung des Kartenraums . . . . .	85
6.3.	Evaluierung der neuen Situationserkennung . . . . .	89
6.3.1.	TestszENARIO 1 . . . . .	89
6.3.2.	TestszENARIO 2 . . . . .	93
6.4.	Diskussion . . . . .	99
<b>7.</b>	<b>Aktionsanalyse</b>	<b>101</b>
7.1.	Existierende Ansätze zur Sequenzanalyse mit SOM und deren Grenzen	103
7.2.	Kombination von SOM mit PGM zur Aktionserkennung . . . . .	106
7.3.	Zwei-Schichten Modell . . . . .	107
7.3.1.	Modellbeschreibung . . . . .	107

7.3.2. Training . . . . .	107
7.3.3. Diskussion . . . . .	111
7.4. Gekoppeltes Ein-Phasen Modell . . . . .	113
7.4.1. Modellbeschreibung . . . . .	113
7.4.2. Training . . . . .	113
7.4.3. Diskussion . . . . .	114
7.5. Gekoppeltes Pfad-Affinitäts Modell . . . . .	114
7.5.1. Modellbeschreibung . . . . .	114
7.5.2. Training . . . . .	116
7.5.3. Diskussion . . . . .	118
7.6. Erkennungsprozess . . . . .	119
7.7. Prädiktion . . . . .	120
7.8. Visualisierung . . . . .	121
7.9. Erweiterung zur verbesserten Aktionserkennung . . . . .	121
7.9.1. Dynamische Adaption des Modells . . . . .	121
7.9.2. Einbeziehung von Multiagentensystemen . . . . .	123
7.10. Evaluierung der neuen Aktionserkennung . . . . .	125
7.10.1. Aktionserkennung . . . . .	126
7.10.2. Anomalieerkennung . . . . .	130
7.11. Diskussion . . . . .	137
<b>8. Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>139</b>
8.1. Zusammenfassung . . . . .	139
8.2. Ausblick . . . . .	141
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>144</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>148</b>