

**Dimensionierung quantitativer Abbruchkriterien für den  
evolutionären Strukturtest mit Hilfe von Software-Maßen**

**Dissertation**

zur Erlangung  
des wissenschaftlichen Grades  
Doktor der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat.)  
im Fach Informatik

eingereicht an der

Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät II  
der Humboldt-Universität zu Berlin

von

Dipl.-Inf. Frank Werner Lammermann  
geboren am 09. Januar 1971 in Mainz

Präsident der Humboldt-Universität zu Berlin

Prof. Dr. Jürgen Mlynek

Dekan der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen Fakultät II

Prof. Dr. Uwe Küchler

Gutachter/Gutachterin:

1. Prof. Dr. Klaus Bothe
2. Prof. Dr. Ina Schieferdecker
3. Prof. Dr. Holger Schlingloff

Tag der Verteidigung: 16. Dezember 2005

# Inhalt

<b>1 EINLEITUNG</b>	<b>13</b>
1.1 MOTIVATION	13
1.2 AUFBAU DER ARBEIT	14
<b>2 GRUNDLAGEN DER STRUKTURTESTVERFAHREN</b>	<b>17</b>
2.1 KONTROLLFLUSSGRAPH	18
2.2 KONTROLLFLUSSORIENTIERTE STRUKTURTESTVERFAHREN	19
2.3 DATENFLUSSORIENTIERTE STRUKTURTESTVERFAHREN	27
2.4 ZUSAMMENFASSUNG	28
<b>3 AUTOMATISIERUNG DES STRUKTURTESTS MIT HILFE EVOLUTIONÄRER ALGORITHMEN</b>	<b>31</b>
3.1 EVOLUTIONÄRE ALGORITHMEN	32
<i>Struktur und Aufbau evolutionärer Algorithmen</i>	34
<i>Repräsentation der Individuen</i>	36
<i>Fitnesszuweisung</i>	37
<i>Selektion</i>	38
<i>Rekombination</i>	41
<i>Mutation</i>	44
<i>Wiedereinfügen der Nachkommen</i>	47
<i>Populationsmodelle</i>	47
3.2 EVOLUTIONÄRER STRUKTURTEST	49
<i>Vergleich der Optimierungsverfahren</i>	50
<i>Funktionsweise des evolutionären Strukturtests</i>	51
<i>Auswahl und Konfiguration des Optimierungsverfahrens</i>	52
<i>Prozessablauf des evolutionären Strukturtests</i>	53
3.3 ANNÄHERUNGSSTUFE	56
<i>Annäherungsstufe für knotenorientierte Testverfahren</i>	57
<i>Annäherungsstufe für pfadorientierte Testverfahren</i>	58
<i>Annäherungsstufe für knoten-pfadorientierte Testverfahren</i>	59
<i>Annäherungsstufe für knoten-knotenorientierte Testverfahren</i>	59
3.4 LOKALE ABSTANDSFUNKTION	60
<i>Abstandsfunktion für atomare Bedingungen</i>	60
<i>Abstandsfunktion für zusammengesetzte Bedingungen</i>	63
<i>Abstandsfunktion für Mehrfachverzweigungen</i>	65
3.5 DAS ET-FRAMEWORK	66
<i>Aufbau des ET-Frameworks</i>	66
<i>Ablauf des evolutionären Strukturtests</i>	68
3.6 ZUSAMMENFASSUNG	74
<b>4 SOFTWARE-MAßE</b>	<b>75</b>
4.1 GRUNDLAGEN VON SOFTWARE-MAßEN	75
<i>Zweck und Aufgaben von Software-Maßen</i>	76
<i>Gütekriterien für Software-Maße</i>	77
<i>Direkte und abgeleitete Software-Maße</i>	77
4.2 KONVENTIONELLE SOFTWARE-MAßE	78
<i>Quelltextbasierte Software-Maße</i>	78
<i>Strukturbasierte Software-Maße</i>	79
4.3 DER MESSPROZESS	82
<i>Definition von Software-Maßen</i>	83
<i>Validierung von Software-Maßen</i>	87

<i>Anwendung von Software-Maßen</i>	89
4.4 STATISTISCHE GRUNDLAGEN DER MAßVALIDIERUNG	89
<i>Mittelwert und Streuung</i>	89
<i>Die Normalverteilung</i>	91
<i>Das Konfidenzintervall des Erwartungswertes <math>\mu</math></i>	92
<i>Hypothesentest</i>	93
<i><math>\chi^2</math>-Anpassungstest</i>	93
<i>Korrelations- und Regressionsanalyse</i>	94
4.5 ZUSAMMENFASSUNG	97
<b>5 NUTZEN VON EVOLUTIONÄREN SOFTWARE-MABEN</b>	<b>99</b>
5.1 TESTVORBEREITUNGEN	100
5.2 TESTDATENFINDUNGSPROBLEME BEI EVOLUTIONÄREN STRUKTURTESTS	101
<i>Testdatenfindungsprobleme mit Verbesserungspotential durch ein evolutionäres Software-Maß</i>	101
<i>Testdatenfindungsprobleme ohne Verbesserungspotential durch ein evolutionäres Software-Maß</i>	106
5.3 HÄUFIGKEIT DER TESTDATENFINDUNGSPROBLEME	110
5.4 BEWERTUNGEN KONVENTIONELLER SOFTWARE-MABE	112
<i>Auswahl der Teilziele</i>	113
<i>Durchschnittliche Abweichung bei Sortierungen</i>	115
<i>Erste Ergebnisse bei code-mögliche Teilzielen</i>	117
<i>Software-Maß-Kombinationen mit Hilfe evolutionärer Algorithmen</i>	119
<i>Untersuchung mit evolutionär-möglichen Teilzielen</i>	121
<i>Bewertung der Ergebnisse</i>	122
5.5 ZUSAMMENFASSUNG	123
<b>6 ENTWICKLUNG EINES EVOLUTIONÄREN SOFTWARE-MABES</b>	<b>125</b>
6.1 DEFINITION	125
<i>Modellbildung</i>	126
<i>Skalentypbestimmung</i>	133
<i>Maßdefinition</i>	134
6.2 STICHPROBENVERTEILUNG	138
6.3 VALIDIERUNG	141
<i>Nichtrelevante Merkmale für atomare Bedingungen</i>	141
<i>Relevante Merkmale für atomare Bedingungen</i>	144
<i>Nichtrelevante Merkmale für Verknüpfungen</i>	153
<i>Relevante Merkmale für Verknüpfungen</i>	154
<i>Validierung von Lösungs-dichten mit einem Testaufwand <math>&lt; 1</math></i>	161
6.4 ZUSAMMENFASSUNG	164
<b>7 ANWENDUNG UND BEURTEILUNG DES EVOLUTIONÄREN SOFTWARE-MABES</b>	<b>167</b>
7.1 UNTERSUCHUNGEN FÜR DEN PRAKTISCHEN EINSATZ	167
<i>Die Qualität des evolutionären Software-Maßes bei Bedingungen</i>	168
<i>Störende Einflüsse auf die evolutionäre Optimierung</i>	171
<i>Der Einfluss unterschiedlicher Konfigurationen</i>	172
<i>Eichung</i>	179
7.2 VOM EVOLUTIONÄREN SOFTWARE-MAß ZUM ABRUCHKRITERIUM	181
<i>Ermittlung der Gesamtbedingung von Teilzielen</i>	181
<i>Dimensionierung von teilzielspezifischen Abbruchkriterien</i>	183
7.3 VERBESSERTE TESTSTRATEGIE	188
<i>Neue Teststrategie</i>	189
<i>Anwendung der neuen Teststrategie</i>	190
7.4 ZUSAMMENFASSUNG	191
<b>8 RESÜMEE UND AUSBLICK</b>	<b>193</b>

8.1 ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	193
8.2 MÖGLICHKEITEN ZUR WEITEREN VERBESSERUNG DES EVOLUTIONÄREN STRUKTURTESTS	194
<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>197</b>
<b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>207</b>
<b>TABELLENVERZEICHNIS</b>	<b>211</b>
<b>ANHANG A</b>	<b>213</b>
<b>ANHANG B</b>	<b>217</b>
<b>ANHANG C</b>	<b>223</b>