

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Problemformulierung und Zielstellung	2
1.2	Aufbau der Arbeit	2
2	Evolutionsbasierte Modellbildung mittels multikriterieller Optimierung	5
2.1	Einleitung	5
2.2	Evolutionäre Algorithmen	6
2.2.1	Motivation	6
2.2.2	Eigenschaften und Ablauf eines Evolutionären Algorithmus	7
2.2.2.1	Eigenschaften eines Evolutionären Algorithmus	7
2.2.2.2	Ablauf eines Evolutionären Algorithmus	12
2.2.3	Einteilung Evolutionärer Algorithmen	15
2.3	Multikriterielle Evolutionäre Algorithmen	17
2.3.1	Techniken von multikriteriellen Evolutionären Algorithmen	18
2.3.1.1	Rangzuweisung auf Basis von Dominanzbeziehungen	21
2.3.1.2	Sharing Function Model (<i>Fitness Sharing</i>)	24
2.3.1.3	Crowding und Crowding Distance Sorting	27
2.3.2	Non-dominated Sorting Genetic Algorithm	28
2.3.3	Strength Pareto Evolutionary Algorithm 2	33
2.3.4	Indicator-Based Evolutionary Algorithm	36
2.3.5	Validierung der eingesetzten multikriteriellen Evolutionären Algorithmen	38
2.3.5.1	Annäherung an ein globales Optimum	39
2.3.5.2	Annäherung einer Pareto-optimalen Front	41
2.3.6	Vor- und Nachteile der erprobten multikriteriellen Evolutionären Algorithmen	42
3	Klassifikationsbezogene Modellierung durch unscharfe Regelwerke	45
3.1	Einleitung	45
3.2	Unschärfe Logik	47
3.2.1	Fuzzifizierung	48
3.2.2	Regel- und Inferenzsystem	50
3.2.3	Defuzzifizierung	53
3.3	Optimierung unscharfer Regelwerke mittels multikriterieller Evolutionärer Algorithmen	55
3.3.1	Optimierungsmodell	56

3.3.2	Optimierungsphase	62
3.3.2.1	Parametereinstellung	63
3.3.2.2	Regelformulierung	64
3.3.2.3	Populationsreduzierung	64
3.3.2.4	Kontextbasierte Vorhersage	66
3.3.3	Anwendungsphase	68
4	Klassifikation hirnelektrischer Narkosepotentiale	71
4.1	Einleitung	71
4.1.1	Durchführung der Anästhesie	71
4.1.2	Einteilung von Narkosestadien auf Basis der Äthernarkose	74
4.1.3	Einteilung von Bewusstseinszuständen anhand von Bewertungsskalen	76
4.1.4	Patientenspezifische Parameter	78
4.1.5	Probleme und Risiken während der Narkose	78
4.1.6	Parameter des Elektroenzephalogramms	79
4.2	Einteilung elektroenzephalographischer Signalmuster	81
4.2.1	<i>Wach</i>	85
4.2.2	<i>A1 - Sedierung</i>	85
4.2.3	<i>A2 - Chirurgische Toleranz</i>	86
4.2.4	<i>A3 - Tiefe Narkose</i>	87
4.2.5	<i>A4 - Burst Suppression</i>	88
4.2.6	Spezielle Störungen des EEG während der Narkose	88
4.2.6.1	Technische Artefakte	89
4.2.6.2	Biologische Artefakte	90
4.3	Anwendung unscharfer Regelwerke	90
4.3.1	Datenbasis	90
4.3.2	Methodik	91
4.3.2.1	Ziele	91
4.3.2.2	Randbedingungen	92
4.3.2.3	Vergleich der Klassifikationsleistung	97
4.3.3	Ergebnisse und Interpretation zur Optimierung	98
4.3.4	Ergebnisse und Interpretation zur intra-individuellen Klassifikation	101
4.3.5	Ergebnisse und Interpretation zur inter-individuellen Klassifikation	102
4.3.6	Ergebnisse und Interpretation zur Populationsreduzierung	104
4.3.7	Ergebnisse und Interpretation zur kontextbasierten Vorhersage	105
4.3.8	Zusammenfassung zur Interpretation der Ergebnisse	108
5	Umsetzung von Soft- und Hardwarekomponenten	111
5.1	Programmbibliothek zur multikriteriellen Optimierung	111
5.1.1	Grundfunktionen	111
5.1.2	Abgeleitete Programme	113
5.1.2.1	Validierung Multikriterieller Evolutionärer Algorithmen	113
5.1.2.2	Individuenextrahierung aus der Pareto-Front	113
5.1.2.3	Betrachter für elektroenzephalographische Daten	113
5.2	Programm zur Generierung unscharfer Regelwerke	113

5.3 EEG-Analysekomponenten zur Erfassung und Verarbeitung hirnelektrischer Potentiale	116
6 Zusammenfassung und Ausblick	119
6.1 Zusammenfassung	119
6.2 Ausblick	122
A Testergebnisse der Multikriteriellen Algorithmen	125
B Erfassung des Elektroenzephalogramms	127
C Narkoseaufzeichnungen	129
D Verwendete Merkmale des Zeit- und Frequenzbereichs	135
E Einstellungen zur Klassifikation und Vorhersage	139
F Ergebnisse zur Optimierung	143
G Ergebnisse zur intra-individuellen Klassifikation	145
H Ergebnisse zur inter-individuellen Klassifikation	149
I Ergebnisse zur Vorhersage	151
J Ergebnisse zur Populationsreduzierung	153
K Automatische Bewertungen	155
L Linguistische Interpretation der Regelwerke	161
M Inhalt der erstellten Programmbibliothek	163