

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>Danksagung</b>	<b>iii</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>v</b>
<b>Abkürzungen und Symbole</b>	<b>xi</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Motivation . . . . .	1
1.2 Vision . . . . .	4
1.3 Ziele der Arbeit . . . . .	5
<b>2 Medizinische und technische Grundlagen</b>	<b>9</b>
2.1 Grundlagen der Narkose . . . . .	9
2.2 Physiologische Grundlagen . . . . .	11
2.2.1 Herz-Kreislaufsystem . . . . .	12
2.2.2 Autonomes Nervensystem . . . . .	13
2.3 Standardmonitoring . . . . .	13
2.3.1 Elektrokardiografie . . . . .	14
2.3.2 Pulsoxymetrie . . . . .	16
2.3.3 Kapnografie . . . . .	18
2.4 Messverfahren zur apparativen Überwachung der Narkosetiefe . . . . .	18
2.4.1 Hypnose . . . . .	19
2.4.2 Analgesie . . . . .	19
2.4.3 Relaxation . . . . .	24
2.5 Modellbasierte Beurteilung der Narkosetiefe . . . . .	24
2.5.1 Pharmakologie von Narkotika . . . . .	24
2.5.2 Pharmakokinetik . . . . .	25
2.5.3 Pharmakodynamik . . . . .	27
2.5.4 Gängige Narkotika . . . . .	30
<b>3 Vernetzung im OP als Basis für kontextadaptive Entscheidungsunterstützung</b>	<b>33</b>
3.1 Aspekte einer echtzeitfähigen Vernetzung . . . . .	34
3.2 Aspekte einer herstellerübergreifenden Vernetzung im OP . . . . .	37
3.2.1 Kommunikationsprotokoll . . . . .	38
3.2.2 Integrierte Anästhesie-Arbeitsstation . . . . .	39
3.2.3 Risikobewertung und Standardisierung . . . . .	41
3.2.4 Anwendungsszenario . . . . .	42

3.3	Evaluierung . . . . .	46
3.3.1	Übertragung von Parametern und Ereignissen über den Open Surgical Communication Bus (OSCB) . . . . .	47
3.3.2	Datenaustausch mit der Anästhesie-Arbeitsstation . . . . .	48
3.3.3	Abbildung anästhesiologischer Workflows . . . . .	52
3.4	Fusion auf Signalebene . . . . .	56
3.5	Zusammenfassung . . . . .	58
<b>4</b>	<b>Robuste Merkmalsextraktion aus vernetzten Quellen</b>	<b>61</b>
4.1	Einleitung . . . . .	61
4.2	Methoden zur Extraktion von Merkmalen aus unterschiedlichen Quellen . . . . .	62
4.2.1	Beat-to-Beat Analyse . . . . .	62
4.2.2	Merkmalsextraktion aus dem Photoplethysmogramm . . . . .	66
4.2.3	Artefakterkennung . . . . .	70
4.2.4	Filterung von Extrasystolen . . . . .	72
4.2.5	Herzratenvariabilität . . . . .	77
4.2.6	Atemrate . . . . .	77
4.3	Evaluierung . . . . .	79
4.3.1	Algorithmen zur Merkmalsextraktion aus Elektrokardiogramm (EKG) und PPG . . . . .	80
4.3.2	Einzelbewertung der Algorithmen . . . . .	82
4.3.3	Artefakterkennung . . . . .	85
4.3.4	Filterung von Extrasystolen . . . . .	87
4.3.5	Extraktion der Atemrate . . . . .	88
4.4	Fusion auf Merkmalsebene . . . . .	91
4.5	Zusammenfassung . . . . .	92
<b>5</b>	<b>Modell- und merkmalbasierte Entscheidungsunterstützung für die Analgesie</b>	<b>95</b>
5.1	Einleitung . . . . .	95
5.2	Messwertbasierte Methoden . . . . .	96
5.2.1	Analgesia Nociception Index . . . . .	97
5.2.2	Physiological Analgesia Nociception Index . . . . .	98
5.2.3	Surgical Stress Index . . . . .	103
5.3	Modellbasierte Methoden . . . . .	105
5.3.1	Pharmakokinetik . . . . .	106
5.3.2	Pharmakodynamik . . . . .	108
5.4	Evaluierung . . . . .	110
5.4.1	Modellbasierte Narkosetiefemessung . . . . .	111
5.4.2	Auswertemethoden für die Bewertung der Indizes . . . . .	113

5.4.3	Validierung des EKG basierter Analgesia Nociception Index (EKG-ANI) und PPG basierter Analgesia Nociception Index (PPG-ANI) . . . . .	117
5.4.4	Validierung SAI . . . . .	122
5.4.5	Validierung des SSI . . . . .	126
5.4.6	Vergleich der Indizes untereinander . . . . .	130
5.4.7	Vergleich der Indizes im Kontext unterschiedlicher Ereignisse . . . . .	133
5.5	Fusion auf Entscheidungsebene . . . . .	136
5.6	Zusammenfassung . . . . .	139
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>141</b>
6.1	Vorteile einer herstellerübergreifenden Vernetzung . . . . .	141
6.2	Nutzung multimodaler Quellen in der Entscheidungsunterstützung	144
6.3	Entscheidungsunterstützung auf Basis multimodaler Quellen . .	146
6.4	Ausblick . . . . .	148
<b>A</b>	<b>Appendix</b>	<b>151</b>
<b>B</b>	<b>Eigene Veröffentlichungen</b>	<b>159</b>
<b>Literaturverzeichnis</b>		<b>163</b>