

Inhaltsverzeichnis

1 Problemstellung, Ziele und Forschungsansatz	1
1.1 Einführung	1
1.1.1 Motivation	1
1.1.2 Funktion und Aufbau von Callcentern	2
1.2 Forschungsrahmen	4
1.2.1 Interdisziplinäre Erforschung der Callcenterkommunikation	4
1.2.2 Status quo des Qualitätsmanagements in Callcentern	6
1.2.3 Defizite der Callcenterkommunikation	9
1.2.4 Neue Ansätze zur Bewertung der Gesprächsqualität	11
1.3 Forschungsbeitrag und Ziele	14
1.3.1 Bedarf für eine automatische Gesprächsbewertung	14
1.3.2 Grundkonzept des zweistufigen Klassifikationsframeworks	16
1.3.3 Zielsetzung	18
1.3.4 Formale Ziele und Forschungsfragen	20
1.3.5 Übersicht der Forschungsgebiete	22
1.4 Vorgehen	24
1.4.1 Struktur der Arbeit	24
1.4.2 Forschungsmethodik	26
2 Erkennung paralinguistischer Merkmale – Stand der Forschung	29
2.1 Grundlagen der Sprachproduktion und -perzeption	29
2.1.1 Sprachproduktion und Sprechprozess	29
2.1.2 Eigenschaften der Sprechstimme	32
2.1.3 Perzeptive Sprechausdrucksmerkmale	33
2.2 Automatische Erkennung paralinguistischer Merkmale	36
2.2.1 Begriffliche Eingrenzung	36
2.2.2 Übersicht der Forschungsgebiete	37
2.2.3 Erkennung von Persönlichkeitseigenschaften	40
2.2.4 Automatische Segmentierung	43
2.3 Vorgehen bei der Erkennung paralinguistischer Merkmale	46
2.3.1 Arbeitsablauf am Beispiel der Emotionserkennung	46
2.3.2 Definition von Annotationskatalog und Datenstruktur	47

2.3.3	Sprachkorpora	49
2.3.4	Merkmalsextraktion	50
2.3.5	Auswahl von Klassifikationsverfahren	55
2.4	Anwendungen der automatischen Erkennung paralinguistischer Merkmale	57
2.4.1	Kategorisierung der Anwendungsbereiche	57
2.4.2	Anwendungen in Callcentern	59
2.5	Diskussion	61
2.5.1	Perzeption und Beurteilung von paralinguistischen Merkmalen	61
2.5.2	Herausforderungen der Erkennung paralinguistischer Merkmale	64
2.5.3	Zusammenfassung und Implikationen für die vorliegende Arbeit	66
3	Klassifikationsverfahren – Stand der Forschung	71
3.1	Grundlagen	72
3.1.1	Künstliche Intelligenz und Lernen	72
3.1.2	Vorgehen der Mustererkennung	73
3.1.3	Mustererkennung im Data-Mining	74
3.1.4	Vorgehensmodell des Data-Mining	77
3.2	Klassifikationsverfahren für die erste und zweite Stufe	78
3.2.1	Definition und Grundlagen	78
3.2.2	Auswahl der Klassifikationsverfahren	80
3.2.3	Regellernverfahren	81
3.2.4	Entscheidungsbäume	82
3.2.5	Künstliche neuronale Netze	88
3.2.6	Bayes-Verfahren	90
3.2.7	Support-Vektor-Maschinen	92
3.3	Kombination von Lernverfahren	94
3.3.1	Überblick über Kombinationsverfahren	94
3.3.2	Sequentielle Kombinationsverfahren	96
3.3.3	Boosting- und Bagging-Verfahren	97
3.4	Bewertung und Vergleich von Klassifikationsalgorithmen	99
3.4.1	Ziele der Bewertung	99
3.4.2	Praktische Aspekte der Bewertung	101
3.4.3	Partitionierung von Trainings- und Testdaten	103
3.4.4	Performanzmaße	106
3.5	Evaluation der Verfahren im Hinblick auf die Ziele der Arbeit	111
3.5.1	Deskriptive Statistik	111
3.5.2	Vorgehen zur Auswahl der Basisklassifikationsmodelle	113
3.5.3	Statistische Testmethodik	115
3.5.4	Zusammenfassung	118
4	Entwicklung des zweistufigen Klassifikationsframeworks	121
4.1	Grundlegendes Konzept	121
4.1.1	Begründung des Konzepts am Wahrnehmungsmodell	121

4.1.2	Struktur des Frameworks	123
4.1.3	Umsetzung und Anwendung des Frameworks	125
4.1.4	Symbolische Repräsentation und Klassifikation des Sprechausdrucks	126
4.2	Gesprächskorpus	129
4.2.1	Auswahl der Gespräche	129
4.2.2	Annotation der Gespräche	129
4.2.3	Faktoren und Bewertungskriterien	133
4.2.4	Methodenkritik	135
4.2.5	Aufbereitung des Korpus für die Experimente	138
4.3	Lernen der ersten Stufe aus den Signalmerkmalen	140
4.3.1	Vorgehen und Ziele der Experimente	140
4.3.2	Merkmalsextraktion mit openSMILE	142
4.3.3	Vorstudie – natürliche Verteilung der Datensätze	143
4.3.4	Transformation der Klassenverteilung	146
4.3.5	Referenzwerte für Kriterien der Gesprächsqualität	148
4.3.6	Basismodelle der ersten Stufe für den Sprechausdruck	152
4.3.7	Verifikation der Basismodelle	156
4.3.8	Globale Performanz der Klassifikationsalgorithmen	160
4.4	Lernen der zweiten Stufe auf Basis von Sprechausdrucksmerkmalen	162
4.4.1	Vorgehen und Überblick über die Ergebnisse	162
4.4.2	Natürlichkeit	164
4.4.3	Glaubwürdigkeit	166
4.4.4	Kompetenz	168
4.4.5	Sicherheit	170
4.4.6	Freundlichkeit	171
4.4.7	Kooperativität	173
4.5	Analyse und Validierung des Frameworks	175
4.5.1	Empirischer Vergleich von ein- und zweistufiger Klassifikation	175
4.5.2	Einfluss der Basismodelle auf die Gesamtklassifikationsgüte	177
4.5.3	Einfluss der Merkmalsauswahl in der zweiten Stufe	180
4.5.4	Zusammenfassung	183
5	Fallstudien zur Validierung des Klassifikationsframeworks	187
5.1	Fallstudie I – Validierung mit manuell bewerteten Daten	187
5.1.1	Neuannotation von Subkorpora	187
5.1.2	Korrelation der Expertenbewertung	190
5.1.3	Klassifikation manuell erstellter Daten mit dem Framework	192
5.2	Fallstudie II – Regelgenerierung durch Expertenhörer	197
5.2.1	Vorgehen	197
5.2.2	Expertenregeln als Wissensbasis	199
5.2.3	Probabilistische Klassifikation	201
5.3	Fallstudie III – zweistufige Sympathieerkennung	202

5.3.1	Testkorpus	202
5.3.2	Referenzwerte	203
5.3.3	Zweistufige Klassifikation	205
5.3.4	Halbautomatische Anpassung der Regeln	209
5.3.5	Ergebnisse	215
5.4	Fallstudie IV – quasi-kontinuierliche Klassifikation der zweiten Stufe	216
5.4.1	Datenerhebung	216
5.4.2	Gesprächsbeispiel	218
5.4.3	Vorverarbeitung	220
5.4.4	Einstufige Klassifikation	221
5.4.5	Zweistufige Klassifikation	222
5.5	Diskussion der Fallstudien	225
5.5.1	Zusammenfassung	225
5.5.2	Bewertung der Ergebnisse	227
6	Diskussion der Forschungsergebnisse	229
6.1	Weiterentwicklung der zweistufigen Klassifikation	229
6.1.1	Verbesserung der Datenbasis	229
6.1.2	Wissensverarbeitung	232
6.1.3	Expertensystem	234
6.1.4	Offene Forschungsfragen	237
6.2	Fazit	240
6.2.1	Zusammenfassung	240
6.2.2	Ausblick	242
Literaturverzeichnis		245
Anhang		289
A.1	Entwicklung und Verifikation	289
A.1.1	Bewertungskatalog	289
A.1.2	Statistische Funktionen der Merkmalsextraktion	291
A.1.3	Performanzmaße für Gesprächsqualität	291
A.1.4	Performanzmaße für Sprechausdruck	296
A.1.5	Verifikation der Basismodelle	309
A.2	Fallstudien	310
A.2.1	Korrelation der Expertenhörer	310
A.2.2	Regelgenerierung durch Expertenhörer	312
A.2.3	Entscheidungsbäume zur Sympathieerkennung	313
A.2.4	Quasi-kontinuierliche Klassifikation der zweiten Stufe	314