

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| I | Theoretischer Teil | 1 |
| 1 | Einführung, Konzepte und Grundlagen | 2 |
| 1.1 | Motivation | 2 |
| 1.1.1 | Hinweise auf das Alter eines Sprechers | 3 |
| 1.1.2 | Sprachsynthese | 4 |
| 1.1.3 | Automatische Klassifikation | 6 |
| 1.2 | Konzepte des Alters | 7 |
| 1.2.1 | Chronologisches Alter | 8 |
| 1.2.2 | Biologisches Alter | 8 |
| 1.2.3 | Wahrgenommenes Alter | 9 |
| 1.3 | Grundlagen der Phonation | 9 |
| 1.3.1 | Anatomie und Physiologie des Kehlkopfes | 10 |
| 1.3.2 | Vereinfachtes Modell der Phonation | 11 |
| 1.3.3 | Laryngographie | 12 |
| 1.3.4 | Laryngogramme | 14 |
| 1.4 | Grundlagen der Klassifikation | 15 |
| 1.4.1 | Eigenschaften eines Klassifikators | 16 |
| 1.4.2 | Definition der Referenzklassen | 18 |
| 1.4.3 | Leistungsvorhersage eines Klassifikators | 19 |
| 1.4.4 | Beispiel eines Klassifikators | 20 |
| 2 | Wissensstand | 24 |
| 2.1 | Einleitung | 24 |
| 2.2 | Physiologische Veränderungen | 25 |
| 2.2.1 | Veränderungen auf subglottaler Ebene | 26 |
| 2.2.2 | Veränderungen am Larynx | 27 |
| 2.2.3 | Veränderungen auf supra-laryngaler Ebene | 29 |
| 2.3 | Korrelate chronologischen Alters | 30 |
| 2.3.1 | Grundfrequenz | 30 |

| | | |
|-------|---|----|
| 2.3.2 | Stimmstabilität | 33 |
| 2.3.3 | Spektrale Merkmale | 34 |
| 2.3.4 | Harmonics-to-Noise Ratio (HNR) | 35 |
| 2.3.5 | Open Quotient | 36 |
| 2.3.6 | Tempo, Dauern und Pausen | 38 |
| 2.3.7 | Formantfrequenzen | 39 |
| 2.3.8 | Lautstärke | 42 |
| 2.3.9 | Segmentelle Merkmale | 44 |
| 2.4 | Bestimmung des wahrgenommenen Alters | 45 |
| 2.4.1 | Methoden zur Bestimmung der Schätzgenauigkeit | 45 |
| 2.4.2 | Genauigkeit der Schätzungen | 46 |
| 2.4.3 | Weitere Faktoren mit Einfluss auf die Schätzungen | 52 |
| 2.5 | Korrelate wahrgenommenen Alters | 57 |
| 2.5.1 | Durch Hörer genannte Merkmale | 57 |
| 2.5.2 | Durch Sprecher simulierte Merkmale | 59 |
| 2.5.3 | Experimentell ermittelte Merkmale | 60 |
| 2.6 | Perzeptive Relevanz | 63 |
| 2.7 | Maschinelle Klassifikation | 66 |
| 2.8 | Fragestellungen dieser Arbeit | 68 |
| 2.8.1 | Korrelate chronologischen Alters | 68 |
| 2.8.2 | Korrelate des wahrgenommenen Alters | 69 |
| 2.8.3 | Perzeptive Relevanz ausgewählter Merkmale | 70 |
| 2.8.4 | Maschinelle Schätzung | 70 |
| 2.8.5 | Gliederung der Arbeit | 71 |

II Experimenteller Teil 73

3 Korrelate chronologischen Alters 74

| | | |
|-------|---|----|
| 3.1 | Einleitung | 74 |
| 3.2 | Daten & Methoden | 76 |
| 3.2.1 | Sprecher | 76 |
| 3.2.2 | Aufnahmen | 78 |
| 3.2.3 | Segmentation und Etikettierung | 83 |
| 3.2.4 | Beschreibung der verwendeten Messgrößen | 85 |
| 3.2.5 | Statistische Analysen | 94 |
| 3.3 | Ergebnisse | 95 |
| 3.3.1 | Grundfrequenz | 95 |

| | | |
|----------|--|------------|
| 3.3.2 | Jitter & Shimmer | 97 |
| 3.3.3 | Spektrale Merkmale | 100 |
| 3.3.4 | Signal-Rausch-Verhältnis | 102 |
| 3.3.5 | EKG Open Quotient | 104 |
| 3.3.6 | Sprechtempo | 105 |
| 3.4 | Zusammenfassung & Diskussion | 110 |
| 3.4.1 | Grundfrequenz | 110 |
| 3.4.2 | Jitter & Shimmer | 114 |
| 3.4.3 | Spektrale Merkmale | 115 |
| 3.4.4 | Signal-Rausch-Verhältnis | 117 |
| 3.4.5 | EKG Open Quotient | 118 |
| 3.4.6 | Sprechtempo | 119 |
| 4 | Korrelate wahrgenommenen Alters | 122 |
| 4.1 | Einleitung | 122 |
| 4.2 | Daten & Methoden | 124 |
| 4.2.1 | Sprachmaterial | 124 |
| 4.2.2 | Sprecher | 124 |
| 4.2.3 | Aufbau der Perzeptionsexperimente | 125 |
| 4.2.4 | Hörergruppen | 127 |
| 4.2.5 | Statistische Analysen | 128 |
| 4.3 | Ergebnisse | 131 |
| 4.3.1 | Genauigkeit der Schätzungen | 131 |
| 4.3.2 | Einflüsse auf die Genauigkeit | 136 |
| 4.3.3 | Einzelne Korrelationen | 138 |
| 4.3.4 | Modellierung mittels linearer Regression | 142 |
| 4.4 | Zusammenfassung & Diskussion | 146 |
| 4.4.1 | Genauigkeit der Schätzungen | 146 |
| 4.4.2 | Korrelationen und Regression | 148 |
| 5 | Test auf perzeptive Relevanz | 154 |
| 5.1 | Einleitung | 154 |
| 5.2 | Beschreibung des Systems zur Sprachsynthese | 156 |
| 5.2.1 | Schnittstellen | 156 |
| 5.2.2 | Repräsentation einer Äußerung | 158 |
| 5.2.3 | Steuerparameter von HLsyn | 159 |
| 5.2.4 | Modellierung weiblicher und männlicher Stimmen | 159 |
| 5.2.5 | Modellierung segmenteller Merkmale | 159 |

| | | |
|----------|---|------------|
| 5.2.6 | Prosodische Struktur der Äußerungen | 162 |
| 5.2.7 | Modellierung von Koartikulation | 168 |
| 5.3 | Sprachmaterial & Variation der Merkmale | 168 |
| 5.3.1 | Synthetisiertes Sprachmaterial | 168 |
| 5.3.2 | Ausgewählte Merkmale | 170 |
| 5.3.3 | Systematische Variation der Merkmale | 171 |
| 5.4 | Beschreibung der Perzeptionstests | 174 |
| 5.4.1 | Grad der wahrgenommenen Natürlichkeit | 174 |
| 5.4.2 | Schätzung des Alters | 175 |
| 5.5 | Statistische Analyse | 175 |
| 5.6 | Ergebnisse | 176 |
| 5.6.1 | Einfluss auf die wahrgenommene Natürlichkeit | 176 |
| 5.6.2 | Einflüsse auf die Wahrnehmung des Alters | 181 |
| 5.7 | Zusammenfassung & Diskussion | 190 |
| 5.7.1 | Tempo | 192 |
| 5.7.2 | Tonhöhe | 192 |
| 5.7.3 | Glottaler Spalt | 193 |
| 5.7.4 | Dehnung | 193 |
| 6 | Anwendung: Maschinelle Klassifikation | 195 |
| 6.1 | Einleitung | 195 |
| 6.2 | Daten & Methoden | 197 |
| 6.2.1 | Sprachmaterial | 197 |
| 6.2.2 | Referenzklassen | 197 |
| 6.2.3 | Algorithmus des Klassifikators | 197 |
| 6.2.4 | Verwendete Merkmale | 198 |
| 6.3 | Ergebnisse | 199 |
| 6.3.1 | Klassifikator | 199 |
| 6.3.2 | Klassifikationsrate bei neuen Sprachsignalen | 200 |
| 6.3.3 | Ableitung einer Beschreibung junger und alter Stimmen | 202 |
| 6.4 | Zusammenfassung & Diskussion | 203 |
| 7 | Allgemeine Zusammenfassung & Diskussion | 207 |
| 7.1 | Wichtigste Ergebnisse | 207 |
| 7.1.1 | Phonation | 207 |
| 7.1.2 | Sprechgeschwindigkeit & Pausen | 211 |
| 7.1.3 | Überlegungen zur multiplen Regression | 212 |
| 7.1.4 | Überlegungen zum Test auf perzeptive Relevanz | 213 |

| | |
|--|------------|
| 7.1.5 Überlegungen zur maschinellen Klassifikation | 213 |
| 7.2 Ausblick | 214 |
| Literaturverzeichnis | 216 |
| A Material zu Kapitel 3 | 230 |
| A.1 Verwendetes Lautinventar | 230 |
| A.2 Aufnahmeprotokoll | 234 |
| A.3 Tabellen der Varianzanalysen | 240 |
| A.4 Grafische Darstellung der Merkmale | 259 |
| B Material zu Kapitel 4 | 265 |
| B.1 Alter der Sprecher | 265 |
| B.2 Alter der Hörer | 267 |
| B.3 Chronologisches Alter, Schätzungen und ihre Genauigkeit | 268 |
| B.4 Modellierung mittels multipler Regression | 273 |
| C Material zu Kapitel 5 | 275 |
| C.1 Schätzung des Alters bei Variation ausgewählter Merkmale | 275 |