

Aus der Poliklinik für Kieferorthopädie
Direktorin: Prof. Dr. med. dent. habil. Franka Stahl
der Klinik und Polikliniken für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde „Hans Moral“
der Universitätsmedizin Rostock

**Das Gesichtsschädelwachstum von unbehandelten Probanden mit
Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie mittels Tensoranalyse**

Inauguraldissertation zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Zahnmedizin
der Universitätsmedizin Rostock

vorgelegt von

Kay Möller

Rostock, 2019

Gutachter:

Prof. Dr. Franka Stahl, Universität Rostock, Klinik und Poliklinik für Kieferorthopädie
Prof. Dr. Robert Mlynki, Universität Rostock, Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-
Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie
Prof. Dr. Christopher J. Lux, Universität Heidelberg, Poliklinik für Kieferorthopädie

Jahr der Einreichung: 2019

Jahr der Verteidigung: 2020

Meiner Frau Isabell und meinem Sohn Friedrich gewidmet

INHALTSVERZEICHNIS

1	EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG	1
2	UNTERSUCHUNGEN ZUM GESICHTSSCHÄDELWACHSTUM IN DER LITERATUR	5
2.1	MERKMALE DER UNTERSUCHUNGEN IN METHODISCHER HINSICHT.....	5
2.1.1	LÄNGE DES UNTERSUCHUNGSZEITRAUMS	6
2.1.2	ANGEWENDETES ANALYSEVERFAHREN.....	7
2.1.3	ERMITTLEMENTEN DES ALTERS BZW. DER SKELETTALEN REIFE.....	10
2.2	ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN IM HINBLICK AUF DIE ANGLE-KLASSE II/1	11
3	PROBANDEN UND METHODE	17
3.1	VERWENDUNG DER ROSTOCKER TENSORANALYSE (ROTA)	17
3.2	PROBANDEN.....	27
3.2.1	QUELLEN FÜR DATEN	27
3.2.2	AUSWAHLKRITERIEN FÜR DIE PROBANDEN	28
3.3	ZUR ERHEBUNG DER VERWENDETEN DATEN.....	35
4	ERGEBNISSE.....	37
4.1	WACHSTUM IM SCHÄDELBASISBEREICH Δ SNBA	39
4.2	WACHSTUM IM MITTELGESICHTSBEREICH Δ SNA	41
4.3	WACHSTUM IM UNTERKIEFERBEREICH Δ SNB, Δ SNGo, Δ SGoGn, Δ CoGoMe, Δ CoGoB	42
4.4	WACHSTUM IM INTERMAXILLÄREN BEREICH Δ SAGn, Δ SAB	52
4.5	TABELLARISCHE ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE	57
5	DISKUSSION DER ERGEBNISSE UND ABLEITUNGEN FÜR KIEFERORTHOPÄDISCHE INTERVENTIONEN.....	62
6	AUSBLICK.....	75
7	ZUSAMMENFASSUNG	77
8	LITERATURVERZEICHNIS.....	80
9	ANHANG	9–95
	THESEN	9–162

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abb. 1: Aufbau des Rostocker Wachstumsanalyse Tools (ROWAT) mit Darstellung der Einzelkomponenten.....	17
Abb. 2: Veränderung des Dreiecks ABC zu A'B'C', Lage des biorthogonalen Kreuzes und Ausmaß der Verzerrung des Inkreises zur Ellipse.....	18
Abb. 3: Ausgangsdreieck ABC und Vergleichsdreieck A'B'C'	19
Abb. 4: Deckung beider Dreiecke in den Punkten A und A'	19
Abb. 5: Überlagerung der Strecken AB und A'B' durch Rotation um die Punkte A und A'	20
Abb. 6: Einheitliche Skalierung durch Reduktion des Vergleichsdreiecks A'B'C'	20
Abb. 7: Darstellung der Winkel α , β und α' , β' in Bezug zur Grundlinie RL.....	21
Abb. 8: Darstellung der Strecken RC, LC im Ausgangsdreieck ABC und RC'', LC'' im Vergleichsdreieck A'B'C'	21
Abb. 9: Ausrichtung der Dilatationen D1 und D2 im Vergleichsdreieck A'B'C'	22
Abb. 10: Verwendete Bezugspunkte der <i>Rostocker Tensoranalyse (ROTA)</i> ; eigene Darstellung in Anlehnung an Stahl de Castrillon (2007)	24
Abb. 11: Verwendete Dreiecke der <i>Rostocker Tensoranalyse (ROTA)</i> , eigene Darstellungen	26
Abb. 12: Reifestadien nach der CVM-Methode	34
Abb. 13: Δ SNBa.....	39
Abb. 14: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SNBa in der Untersuchungsgruppe (** $p \leq 0,001$).....	39
Abb. 15: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SNBa in der Untersuchungsgruppe (* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$)	39
Abb. 16: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SNBa in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe (* $p \leq 0,05$).....	40
Abb. 17: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SNBa in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe.....	40
Abb. 18: Δ SNA	41
Abb. 19: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SNA in der Untersuchungsgruppe	41

Abb. 20: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SNA in der Untersuchungsgruppe ($^{**}p \leq 0,01$; $^{***}p \leq 0,001$)	41
Abb. 21: Δ SNB	42
Abb. 22: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SNB in der Untersuchungsgruppe	43
Abb. 23: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SNB in der Untersuchungsgruppe ($^{***}p \leq 0,001$)	43
Abb. 24: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SNB in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe ($^{**}p \leq 0,01$)	44
Abb. 25: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SNB in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe	44
Abb. 26: Δ SNGo	45
Abb. 27: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SNGo in der Untersuchungsgruppe ($^{*}p \leq 0,05$; $^{***}p \leq 0,001$)	46
Abb. 28: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SNGo in der Untersuchungsgruppe ($^{***}p \leq 0,001$)	46
Abb. 29: Δ SGoGn	47
Abb. 30: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SGoGn in der Untersuchungsgruppe ($^{**}p \leq 0,01$; $^{***}p \leq 0,001$)	47
Abb. 31: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SGoGn in der Untersuchungsgruppe ($^{***}p \leq 0,001$)	47
Abb. 32: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SGoGn in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe ($^{**}p \leq 0,01$)	48
Abb. 33: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SGoGn in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe	48
Abb. 34: Δ CoGoMe	49
Abb. 35: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ CoGoMe in der Untersuchungsgruppe ($^{**}p \leq 0,01$; $^{***}p \leq 0,001$)	49
Abb. 36: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ CoGoMe in der Untersuchungsgruppe ($^{***}p \leq 0,001$)	49
Abb. 37: Δ CoGoB	51
Abb. 38: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ CoGoB in der Untersuchungsgruppe ($^{***}p \leq 0,001$)	51

Abb. 39: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ CoGoB in der Untersuchungsgruppe ($***p \leq 0,001$).....	51
Abb. 40: Δ SAGn	52
Abb. 41: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SAGn in der Untersuchungsgruppe ($*p \leq 0,05$; $**p \leq 0,01$)	53
Abb. 42: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SAGn in der Untersuchungsgruppe	53
Abb. 43: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SAGn in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe ($*p \leq 0,05$).....	53
Abb. 44: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SAGn in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe.....	53
Abb. 45: Δ SAB	54
Abb. 46: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SAB in der Untersuchungsgruppe	55
Abb. 47: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SAB in der Untersuchungsgruppe	55
Abb. 48: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SAB in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe ($*p \leq 0,05$).....	55
Abb. 49: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SAB in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe ($*p \leq 0,05$).....	55

TABELLENVERZEICHNIS

Tab. 1: Verwendete Bezugspunkte der Rostocker Tensoranalyse (ROTA).....	23
Tab. 2: Verwendete tensoranalytische Dreiecke	25
Tab. 3: Zuordnung der Untersuchungsgruppe zu den Longitudinalstudien	29
Tab. 4: Deskriptive Statistik der Untersuchungsgruppe.....	30
Tab. 5: Deskriptive Statistik der männlichen Untersuchungsgruppe.....	30
Tab. 6: Deskriptive Statistik der weiblichen Untersuchungsgruppe	31
Tab. 7: Probanden der Kontrollgruppe.....	32
Tab. 8: Deskriptive Statistik der Kontrollgruppe	32
Tab. 9: Deskriptive Statistik der männlichen Kontrollgruppe	33
Tab. 10: Deskriptive Statistik der weiblichen Kontrollgruppe.....	33
Tab. 11: Zusammenfassung der signifikanten Ergebnisse	57
Tab. 12: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Kontrollgruppe im Δ SNBa	9–96
Tab. 13: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Untersuchungsgruppe im Δ SNBa.....	9–96
Tab. 14: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 1 im Δ SNBa.....	9–97
Tab. 15: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Kontrollgruppe im Δ SNBa	9–97
Tab. 16: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Untersuchungsgruppe im Δ SNBa.....	9–98
Tab. 17: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 2 im Δ SNBa.....	9–98
Tab. 18: Deskriptive Statistik des Winkels α der Kontrollgruppe im Δ SNBa (in °)	9–99
Tab. 19: Deskriptive Statistik des Winkels α der Untersuchungsgruppe im Δ SNBa (in °).....	9–99
Tab. 20: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels α im Δ SNBa	9–100
Tab. 21: Deskriptive Statistik des Winkels β der Kontrollgruppe im Δ SNBa (in °)	9–100
Tab. 22: Deskriptive Statistik des Winkels β der Untersuchungsgruppe im Δ SNBa (in °).....	9–101
Tab. 23: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels β im Δ SNBa	9–101

Tab. 24: P-Werte der Dilatationen 1 und 2 zwischen den Reifestadien in der Kontroll- und Untersuchungsgruppe im Δ SNBa	9–102
Tab. 25: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Kontrollgruppe im Δ SNA	9–103
Tab. 26: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Untersuchungsgruppe im Δ SNA	9–103
Tab. 27: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 1 im Δ SNA	9–104
Tab. 28: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Kontrollgruppe im Δ SNA	9–104
Tab. 29: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Untersuchungsgruppe im Δ SNA	9–105
Tab. 30: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 2 im Δ SNA	9–105
Tab. 31: Deskriptive Statistik des Winkels α der Kontrollgruppe im Δ SNA (in $^{\circ}$)	9–106
Tab. 32: Deskriptive Statistik des Winkels α der Untersuchungsgruppe im Δ SNA (in $^{\circ}$)	9–106
Tab. 33: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels α im Δ SNA.....	9–107
Tab. 34: Deskriptive Statistik des Winkels β der Kontrollgruppe im Δ SNA (in $^{\circ}$)	9–107
Tab. 35: Deskriptive Statistik des Winkels β der Untersuchungsgruppe im Δ SNA (in $^{\circ}$)	9–108
Tab. 36: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels β im Δ SNA.....	9–108
Tab. 37: P-Werte der Dilatationen 1 und 2 zwischen den Reifestadien in der Kontroll- und Untersuchungsgruppe im Δ SNA	9–109
Tab. 38: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Kontrollgruppe im Δ SNB	9–110
Tab. 39: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Untersuchungsgruppe im Δ SNB	9–110
Tab. 40: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 1 im Δ SNB	9–111
Tab. 41: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Kontrollgruppe im Δ SNB	9–111
Tab. 42: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Untersuchungsgruppe im Δ SNB	9–112
Tab. 43: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 2 im Δ SNB	9–112
Tab. 44: Deskriptive Statistik des Winkels α der Kontrollgruppe im Δ SNB (in $^{\circ}$)	9–113
Tab. 45: Deskriptive Statistik des Winkels α der Untersuchungsgruppe im Δ SNB (in $^{\circ}$).....	9–113

Tab. 46: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels α im Δ SNB	9–114
Tab. 47: Deskriptive Statistik des Winkels β der Kontrollgruppe im Δ SNB (in $^{\circ}$)	9–114
Tab. 48: Deskriptive Statistik des Winkels β der Untersuchungsgruppe im Δ SNB (in $^{\circ}$).....	9–115
Tab. 49: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels β im Δ SNB	9–115
Tab. 50: P-Werte der Dilatationen 1 und 2 zwischen den Reifestadien in der Kontroll- und Untersuchungsgruppe im Δ SNB	9–116
Tab. 51: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Kontrollgruppe im Δ SNGo.....	9–117
Tab. 52: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Untersuchungsgruppe im Δ SNGo	9–117
Tab. 53: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 1 im Δ SNGo	9–118
Tab. 54: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Kontrollgruppe im Δ SNGo.....	9–118
Tab. 55: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Untersuchungsgruppe im Δ SNGo	9–119
Tab. 56: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 2 im Δ SNGo	9–119
Tab. 57: Deskriptive Statistik des Winkels α der Kontrollgruppe im Δ SNGo (in $^{\circ}$)	9–120
Tab. 58: Deskriptive Statistik des Winkels α der Untersuchungsgruppe im Δ SNGo (in $^{\circ}$)	9–120
Tab. 59: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels α im Δ SNGo.....	9–121
Tab. 60: Deskriptive Statistik des Winkels β der Kontrollgruppe im Δ SNGo (in $^{\circ}$)	9–121
Tab. 61: Deskriptive Statistik des Winkels β der Untersuchungsgruppe im Δ SNGo (in $^{\circ}$)	9–122
Tab. 62: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels β im Δ SNGo.....	9–122
Tab. 63: P-Werte der Dilatationen 1 und 2 zwischen den Reifestadien in der Kontroll- und Untersuchungsgruppe im Δ SNGo	9–123
Tab. 64: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Kontrollgruppe im Δ SGOGn.....	9–124
Tab. 65: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Untersuchungsgruppe im Δ SGOGn	9–124

Tab. 66: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 1 im Δ SGoGn	9–125
Tab. 67: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Kontrollgruppe im Δ SGoGn.....	9–125
Tab. 68: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Untersuchungsgruppe im Δ SGoGn	9–126
Tab. 69: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 2 im Δ SGoGn	9–126
Tab. 70: Deskriptive Statistik des Winkels α der Kontrollgruppe im Δ SGoGn (in $^{\circ}$)	9–127
Tab. 71: Deskriptive Statistik des Winkels α der Untersuchungsgruppe im Δ SGoGn (in $^{\circ}$)	9–127
Tab. 72: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels α im Δ SGoGn.....	9–128
Tab. 73: Deskriptive Statistik des Winkels β der Kontrollgruppe im Δ SGoGn (in $^{\circ}$)	9–128
Tab. 74: Deskriptive Statistik des Winkels β der Untersuchungsgruppe im Δ SGoGn (in $^{\circ}$)	9–129
Tab. 75: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels β im Δ SGoGn.....	9–129
Tab. 76: P-Werte der Dilatationen 1 und 2 zwischen den Reifestadien in der Kontroll- und Untersuchungsgruppe im Δ SGoGn	9–130
Tab. 77: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Kontrollgruppe im Δ CoGoMe.....	9–131
Tab. 78: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Untersuchungsgruppe im Δ CoGoMe	9–131
Tab. 79: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 1 im Δ CoGoMe	9–132
Tab. 80: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Kontrollgruppe im Δ CoGoMe	9–132
Tab. 81: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Untersuchungsgruppe im Δ CoGoMe	9–133
Tab. 82: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 2 im Δ CoGoMe	9–133
Tab. 83: Deskriptive Statistik des Winkels α der Kontrollgruppe im Δ CoGoMe (in $^{\circ}$)	9–134
Tab. 84: Deskriptive Statistik des Winkels α der Untersuchungsgruppe im Δ CoGoMe (in $^{\circ}$)	9–134
Tab. 85: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels α im Δ CoGoMe.....	9–135

Tab. 86: Deskriptive Statistik des Winkels β der Kontrollgruppe im Δ CoGoMe (in $^{\circ}$)	9–135
Tab. 87: Deskriptive Statistik des Winkels β der Untersuchungsgruppe im Δ CoGoMe (in $^{\circ}$)	9–136
Tab. 88: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels β im Δ CoGoMe	9–136
Tab. 89: P-Werte der Dilatationen 1 und 2 zwischen den Reifestadien in der Kontroll- und Untersuchungsgruppe im Δ CoGoMe	9–137
Tab. 90: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Kontrollgruppe im Δ CoGoB	9–138
Tab. 91: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Untersuchungsgruppe im Δ CoGoB	9–138
Tab. 92: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 1 im Δ CoGoB	9–139
Tab. 93: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Kontrollgruppe im Δ CoGoB	9–139
Tab. 94: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Untersuchungsgruppe im Δ CoGoB	9–140
Tab. 95: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 2 im Δ CoGoB	9–140
Tab. 96: Deskriptive Statistik des Winkels α der Kontrollgruppe im Δ CoGoB (in $^{\circ}$)	9–141
Tab. 97: Deskriptive Statistik des Winkels α der Untersuchungsgruppe im Δ CoGoB (in $^{\circ}$)	9–141
Tab. 98: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels α im Δ CoGoB	9–142
Tab. 99: Deskriptive Statistik des Winkels β der Kontrollgruppe im Δ CoGoB (in $^{\circ}$)	9–142
Tab. 100: Deskriptive Statistik des Winkels β der Untersuchungsgruppe im Δ CoGoB (in $^{\circ}$)	9–143
Tab. 101: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels β im Δ CoGoB	9–143
Tab. 102: P-Werte der Dilatationen 1 und 2 zwischen den Reifestadien in der Kontroll- und Untersuchungsgruppe im Δ CoGoB	9–144
Tab. 103: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Kontrollgruppe im Δ SAGn	9–145
Tab. 104: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Untersuchungsgruppe im Δ SAGn	9–145
Tab. 105: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 1 im Δ SAGn	9–146

Tab. 106: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Kontrollgruppe im Δ SAGn	9–146
Tab. 107: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Untersuchungsgruppe im Δ SAGn	9–147
Tab. 108: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 2 im Δ SAGn	9–147
Tab. 109: Deskriptive Statistik des Winkels α der Kontrollgruppe im Δ SAGn (in $^{\circ}$)	9–148
Tab. 110: Deskriptive Statistik des Winkels α der Untersuchungsgruppe im Δ SAGn (in $^{\circ}$)	9–148
Tab. 111: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels α im Δ SAGn	9–149
Tab. 112: Deskriptive Statistik des Winkels β der Kontrollgruppe im Δ SAGn (in $^{\circ}$)	9–149
Tab. 113: Deskriptive Statistik des Winkels β der Untersuchungsgruppe im Δ SAGn (in $^{\circ}$)	9–150
Tab. 114: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels β im Δ SAGn	9–150
Tab. 115: P-Werte der Dilatationen 1 und 2 zwischen den Reifestadien in der Kontroll- und Untersuchungsgruppe im Δ SAGn	9–151
Tab. 116: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Kontrollgruppe im Δ SAB	9–152
Tab. 117: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Untersuchungsgruppe im Δ SAB	9–152
Tab. 118: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 1 im Δ SAB	9–153
Tab. 119: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Kontrollgruppe im Δ SAB	9–153
Tab. 120: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Untersuchungsgruppe im Δ SAB	9–154
Tab. 121: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 2 im Δ SAB	9–154
Tab. 122: Deskriptive Statistik des Winkels α der Kontrollgruppe im Δ SAB (in $^{\circ}$)	9–155
Tab. 123: Deskriptive Statistik des Winkels α der Untersuchungsgruppe im Δ SAB (in $^{\circ}$)	9–155
Tab. 124: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels α im Δ SAB	9–156
Tab. 125: Deskriptive Statistik des Winkels β der Kontrollgruppe im Δ SAB (in $^{\circ}$)	9–156
Tab. 126: Deskriptive Statistik des Winkels β der Untersuchungsgruppe im Δ SAB (in $^{\circ}$)	9–157

Tab. 127: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels β im Δ SAB	9–157
Tab. 128: P-Werte der Dilatationen 1 und 2 zwischen den Reifestadien in der Kontroll- und Untersuchungsgruppe im Δ SAB	9–158
Tab. 129: Ergebnisse des Methodenfehlers	9–159

ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS

Abb.	Abbildung
bzw.	beziehungsweise
CS	cervical stage
D1	Dilatation 1
D2	Dilatation 2
et al.	et alii
ggf.	gegebenenfalls
Kl.	Klasse
Max	Maximalwert
Min	Minimalwert
n	Anzahl der verfügbaren Observationen
n.s.	nicht signifikant
SD	Standardabweichung
Tab.	Tabelle
vgl.	vergleiche
vs.	versus
\bar{x}	Mittelwert
Δ	Dreieck

1 EINLEITUNG UND PROBLEMSTELLUNG

Die Kenntnis und Einschätzung über physiologische Entwicklungsvorgänge des Menschen, deren Abweichungen oder gar Krankheitsverläufe sind in der Medizin von großem Interesse. Ob an einem Individuum therapeutische Mittel Anwendung finden oder nicht, hängt nicht selten von der Prognose ab. Laut Proffit et al. (2007) war die Prognose schon immer Teil der Wissenschaft; aufgrund von Abweichungen im Wachstum, der Entwicklung und der Therapie war sie bezüglich des Therapieausgangs bei kieferorthopädischen Patienten schwierig zu fällen. Weil die Vorhersagbarkeit des Gesichtsschädelwachstums von großem Nutzen für die kieferorthopädische Behandlungsplanung ist, wurden wiederholt Bemühungen angestellt, Methoden zu entwickeln, die eine Prognose anhand von Fernröntgenseitenaufnahmen zulassen (Proffit et al., 2007). Darüber hinaus erfordert ihr Erfolg die Spezifizierung von Ausmaß, Zeitpunkt und Richtung des Wachstums (Proffit et al., 2007; Stahl et al., 2008). Baumrind (1991) ist der Ansicht, dass die Fähigkeit, Prognosen zu stellen, den Kieferorthopäden in seinem therapeutischen Planungsprozess unterstützt, indem etwas von der Kunst abgezogen und ein bisschen mehr Wissenschaft hinzugefügt wird. Laut Buschang et al. (1988) hängt die Vorhersage einer effektiven Behandlung weitgehend vom Verständnis der Wachstumsveränderungen ab, die ohne kieferorthopädische Intervention zu erwarten gewesen wären. Die Informationen über das Wachstum von Kindern mit unbehandelten Gebissanomalien sind besonders wichtig und stellen die Grundlage dafür dar, deren Ätiologie zu verstehen (Mills, 1983).

Angle (1899) teilte bereits gegen Ende des 19. Jahrhunderts Zahnfehlstellungen anhand der Okklusion in Bisslageanomalien – den sogenannten Angle-Klassen – ein. Basierend auf der Verzahnung der ersten permanenten Molaren beschrieb Angle die sagittale Lage des Unterkiefers zum Oberkiefer. Das regelrechte Ineinandergreifen der 6-Jahrmolaren bezeichnete Angle (1907) als Neutralbiss (Angle-Klasse I), Lageveränderungen nach anterior als Mesialbiss (Angle-Klasse III) und Abweichungen nach posterior als Distalbiss (Angle-Klasse II). Letzterem ordnete Angle aufgrund zweier Phänotypen zwei Untergruppen zu: eine mit protrudierter Oberkieferfront (Angle-Klasse II/1) und eine mit retrudierter Oberkieferfront (Angle-Klasse II/2).

Angle (1906) bezog sich bei seiner Klassifizierung allein auf die dentalen Okklusionsverhältnisse, während die skelettale Relation beider Kiefer zueinander außer Acht gelassen wurde. Um die spezifische Morphologie von Bisslageanomalien sowie deren Wachstumsveränderungen auf skelettaler Ebene beurteilen zu können, hat sich das Fernröntgenseitenbild (Broadbent, 1931; Hofrath, 1931) bewährt, auf das in der modernen Kieferorthopädie weder klinisch als diagnostisches Mittel noch aus wissenschaftlicher Sicht beispielsweise für Wachstumsanalysen verzichtet werden kann. Zudem ist es bei der Behandlung von Gebissanomalien nicht selten wichtig zu wissen, ob die Zahnfehlstellungen mit der Dysgnathie auf skelettaler Ebene assoziiert sind oder nicht sogar aus ihr resultieren (Rothstein und Yoon-Tarlie, 2000).

Zur Analyse von Fernröntgenseitenbildern hat sich in der Kieferorthopädie die konventionelle Kephalometrie als geeignet erwiesen; nicht zuletzt dadurch, dass durch diverse Analysemethoden (Hasund, 1974; McNamara, 1984; Ricketts, 1981) standardisierte anguläre und metrische Referenzwerte zur Verfügung gestellt wurden. Aufgrund der Tatsache, dass zum einen die verwendeten Bezugspunkte durch Wachstumsveränderungen in ihrer Position instabil sind (Melsen, 1974; Pancherz et al., 1997) und zum anderen individuelle Entwicklungszustände durch den Vergleich mit Mittelwerten keine Berücksichtigung finden, ist die Aussagefähigkeit der konventionellen Kephalometrie begrenzt.

Mit der Einführung der Tensoranalyse (Bookstein, 1982) wurde ein weiteres Verfahren zur Analyse von Fernröntgenseitenbildern zur Verfügung gestellt. Darauf basierend bot Stahl de Castrillon (2007) mit dem Softwareanalysetool *Rostocker Tensoranalyse (ROTA)* eine moderne Alternative zur konventionellen Kephalometrie an, die eine praktikablere Methode zur originären Tensoranalyse darstellt. Im Vergleich zur konventionellen Kephalometrie zeichnet sich die *Rostocker Tensoranalyse (ROTA)* durch zahlreiche Vorteile aus. Sie ermöglicht die Berechnung von Wachstumsunterschieden für verschiedene Untersuchungszeiträume. Die Wachstumsanalyse geschieht unabhängig von individuellen Größenunterschieden der Probanden. Die *Rostocker Tensoranalyse (ROTA)* ist in der Lage, Wachstumsveränderungen in ihrem Ausmaß und ihrer Richtung darzustellen. Anders als in der Kephalometrie ist bei der Tensoranalyse weder eine Überlagerung zweier Fernröntgenseitenbilder für die Analyse von Wachstumsveränderungen erforderlich noch lassen sich diese nur visuell abschätzen (Eckardt et al., 2001). In der Tensoranalyse wird die veränderliche Lage der Referenzstrukturen berücksichtigt (Moyers und

Bookstein, 1979) und die gezielte Analyse von zweidimensionalen Wachstumsveränderungen in spezifischen Bereichen des Gesichtsschädels unabhängig von Referenzwerten wie Winkeln und Strecken ermöglicht (Stahl de Castrillon 2007).

Das Verständnis über natürliche Wachstumsprozesse ermöglicht es, zwischen Therapieeffekten und Veränderungen regulären Wachstums zu differenzieren (Gu und McNamara, 2007). Um das Wachstum unter natürlichen Bedingungen zu analysieren, sind Untersuchungen an unbehandelten Probanden erforderlich. Nur diese unverfälschten Daten natürlichen Wachstums lassen Einschätzungen bezüglich des Behandlungszeitpunktes, des Behandlungsaufwandes sowie der Prognose zu (Buschang et al., 1988; Riesmeijer et al., 2004). Da der menschliche Knochen selbst im hohen Erwachsenenalter noch Wachstumsvorgängen unterliegt (Behrents, 1985; Bishara et al., 1994; Formby et al., 1994; Lewis und Roche, 1988; Pecora et al., 2008; West und McNamara, 1999), dessen größte Veränderungen bezüglich der Länge und Morphologie allerdings während der Pubertät auftreten (Franchi et al., 2000), liegt der Fokus der vorliegenden Longitudinalstudie auf dem Beobachtungszeitraum vom prä- bis zum postpuberalen Stadium.

Ziel dieser Arbeit soll die Langzeituntersuchung des Gesichtsschädelwachstums bei unbehandelten Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie sein, um Wachstumsvorhersagen im Bereich der Schädelbasis, im Mittelgesichtskomplex und im Unterkieferbereich zu treffen. Als Kontrollgruppe sollen unbehandelte Probanden mit normaler Okklusion dienen. Durch die Verwendung der *Rostocker Tensoranalyse (ROTA)* sollen unabhängig von kphalometrischen Referenzsystemen und ungeachtet von individuellen Größenunterschieden der Probanden wachstumsintensive und wachstumsstagnierende Phasen in topografischen Bereichen evaluiert werden. Dabei soll das Wachstum der Probanden in Abhängigkeit vom individuellen skelettalen Reifestadium ermittelt und mögliche geschlechtsspezifische Unterschiede herausgestellt werden. In der vorliegenden Arbeit sollen dementsprechend folgende Fragen Beantwortung finden:

1. Inwieweit lassen sich die oben genannten Vorteile der Tensoranalyse gegenüber der konventionellen Kephalometrie bezüglich des Gesichtsschädelwachstums in Ausmaß und Richtung evaluieren?

2. Wie verläuft das Gesichtsschädelwachstum bei unbehandelten Angle-Klasse II/1 Probanden im peripuberalen Stadium und worin bestehen ggf. die Unterschiede zu unbehandelten Probanden mit normaler Okklusion?
3. In welcher Hinsicht sind die in der Literatur publizierten Werte des Gesichtsschädelwachstums von unbehandelten Angle-Klasse II/1 Probanden auf Grundlage der Tensoranalyse verifizierbar?
4. Lassen sich zwischen den Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie geschlechtsspezifische Unterschiede im Hinblick auf das puberale Gesichtsschädelwachstum feststellen?
5. Welche Rückschlüsse lassen sich daraus für den optimalen Behandlungszeitpunkt, die Dauer und die Intensität kieferorthopädisch therapeutischer Interventionen bei Patienten mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie im puberalen Wachstumsalter ziehen?

2 UNTERSUCHUNGEN ZUM GESICHTSSCHÄDELWACHSTUM IN DER LITERATUR

Das folgende Kapitel soll einen Überblick über die in der Literatur publizierten Untersuchungen zum Gesichtsschädelwachstum bei unbehandelten Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie geben. Dabei ist der Fokus auf die Methodik gerichtet, um die Heterogenität der Studiendesigns zu verdeutlichen. Es soll geprüft werden, inwieweit die publizierten Ergebnisse miteinander korrespondieren bzw. in welchen Bereichen sie voneinander abweichen.

2.1 MERKMALE DER UNTERSUCHUNGEN IN METHODISCHER HINSICHT

Untersuchungen an Rostocker Kindergarten- und Schulkindern ergaben eine Häufigkeit des Distalbisses von 21% im Milch- und Wechselgebiss (Stahl, 2002; Stahl und Grabowski, 2003). Im internationalen Vergleich findet man unter den Kaukasiern Angaben zur Häufigkeit der Angle-Klasse II von einem Fünftel bis zu einem Drittel der Bevölkerung (El-Mangoury und Mostafa, 1990; Kelly und Harvey, 1977; Kelly et al., 1973; Massler und Frankel, 1951; McLain und Proffit, 1985; Tschill et al., 1997). Die Angle-Klasse II ist somit die häufigste Bisslageanomalie unter den Kaukasiern, wodurch sie dem Kieferorthopäden regelmäßig im Praxisalltag begegnet (McNamara und Brudon, 2001; Schulze, 1996). In der Literatur scheinen daher das Interesse am spezifischen Wachstum der Angle-Klasse II sowie das Streben nach dem optimalen Therapiekonzept ungebrochen zu sein (Alali, 2014; Altemus, 1955; Baccetti et al., 1997b; Bishara, 1998; Blair, 1954; Buschang et al., 1988; El Refaei et al., 2014; Fröhlich, 1962; Kerr und Hirst, 1987; Kerr et al., 1994; LeCornu et al., 2013; Moyers et al., 1980; Ngan et al., 1997; Pancherz et al., 1997; Perillo et al., 2012; Riesmeijer et al., 2004; Stahl et al., 2008).

Um das Gesichtsschädelwachstum unter natürlichen Bedingungen analysieren zu können, sind Untersuchungen an unbehandelten Probanden erforderlich (Baccetti et al., 2009; Bishara, 1998; Bishara et al., 1997; Buschang et al., 1988; Buschang et al., 1986; Fröhlich, 1962; Gesch, 2000; Perillo et al., 2012; Stahl et al., 2008). Nur diese unverfälschten Daten natürlichen Wachstums lassen Einschätzungen bezüglich des Behandlungszeitpunktes, des Behandlungsaufwandes sowie der Prognose zu (Buschang et al., 1988; Riesmeijer et al., 2004).

2.1.1 LÄNGE DES UNTERSUCHUNGSZEITRAUMS

In den veröffentlichten Beschreibungen zum Wachstum der Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie stellt sich eine große Variationsbreite der Studiendesigns heraus, was einen Vergleich der Ergebnisse teilweise erschwert oder gar unmöglich macht. Zwar ähnelt sich im Allgemeinen der Untersuchungsaufbau, doch lassen sich bei genauer Betrachtung gravierende Unterschiede in der Einteilung der Untersuchungsgruppen oder gar in der Methodik erkennen:

Es finden sich Studien, die spezifische Wachstumsunterschiede anhand des Vergleichs zu einem einzigen Zeitpunkt nachweisen (Bacon et al., 1992; Giuntini et al., 2008) oder verhältnismäßig kurze Beobachtungsintervalle von wenigen Jahren umfassen (Baccetti et al., 1997b; Forsberg und Odenrick, 1981; Gesch, 2000; Janson, 1978; Kerr et al., 1994; Ricketts, 1960). Dies hat zur Folge, dass das puberale Wachstum nicht in vollem Umfang berücksichtigt und somit die für die Kieferorthopädie bedeutende Phase der akzelerierten Wachstumsvorgänge während der gesamten Pubertät außer Acht gelassen wird. Ferner endet in einer Vielzahl von Untersuchungen der Beobachtungszeitraum vor dem Abschluss des puberalen Wachstums (Baccetti et al., 1997a; Baccetti et al., 1997b; Bishara, 1998; Bishara et al., 1988; Janson, 1978), woraufhin Informationen aus fortlaufenden Wachstumsprozessen unerkannt bleiben. Diese Problematik erfordert die Analyse von Längsschnittstudien mit deutlich längeren Beobachtungsintervallen (Anderson und Popovich, 1983; Bathia und Leighton, 1993; Bishara, 1998; Bishara et al., 1988; Bishara et al., 1997; Buschang et al., 1988; Droschl, 1984; Kerr und Hirst, 1987; Ngan et al., 1997; Rothstein und Phan, 2001; Rothstein und Yoon-Tarlie, 2000; Stahl et al., 2008; Vásquez et al., 2009), die eine fundierte Beurteilung der Wachstumsvorgänge zulassen und durch deren Design sich individuelle Veränderungen während des langanhaltenden Wachstums vom prä- bis zum postpuberalen Stadium nachweisen lassen (Ursi et al., 1993).

Hinzu kommt, dass sich einige Untersuchungsergebnisse aufgrund einer inhomogenen Altersbestimmung kaum vergleichen lassen. Demzufolge gibt es Studien, in denen Wachstumsprozesse auf Grundlage des chronologischen Alters (Anderson und Popovich, 1983; Kerr et al., 1994; Rothstein und Yoon-Tarlie, 2000), des Dentitionsalters (Baccetti et al., 1997b; Giuntini et al., 2008; Varrela, 1998) oder der individuellen skelettalen Reife der Probanden (Stahl et al., 2008) beurteilt werden.

2.1.2 ANGEWENDETES ANALYSEVERFAHREN

Als Analyseverfahren dient in den häufig zitierten Publikationen zur Beurteilung der longitudinalen Wachstumsveränderungen zumeist die konventionelle Kephalometrie (Bishara, 1998; Buschang et al., 1988; Kerr und Hirst, 1987; Stahl et al., 2008), wobei hinsichtlich deren Anwendung Uneinigkeit herrscht: So beziehen sich beispielsweise Bishara (1998), Kerr und Hirst (1987) und Buschang et al. (1988) bei der Beschreibung der Unterkieferlänge auf den Punkt „Artikulare“, dessen Verwendung wiederum von Stahl et al. (2008) abgelehnt wird, da er keine anatomische Struktur darstellt (Chen et al., 2002; Nelson et al., 1993). Somit stellt sich selbst ein scheinbar gleiches Studiendesign, basierend auf der konventionellen Kephalometrie, bei genauer Betrachtung als heterogen heraus, was bei der Interpretation der Ergebnisse zu berücksichtigen ist und einen Vergleich der Ergebnisse erschwert.

In der Literatur findet man nur sehr wenige Studien, in denen Angle-Klasse II Probanden mittels der Tensoranalyse untersucht werden, wobei sich diese auf Vergleiche von Therapieeffekten von bereits behandelten Klasse II Probanden konzentrieren (Battagel, 1996; Eckardt et al., 2001; McNamara et al., 1985; Ngan et al., 1993). Einzig Ngan et al. (1997) verglichen das Wachstum der unbehandelten Angle-Klasse II/1 mit dem von unbehandelter Angle-Klasse I, wobei ausschließlich weibliche Probandinnen in die Untersuchung einbezogen wurden. Daraus folgt, dass zum derzeitigen Zeitpunkt keine Studie existiert, in der die spezifischen Veränderungen im Gesichtsschädelbereich von unbehandelten Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie mittels Tensoranalyse geschlechtsspezifisch und in Abhängigkeit von der individuellen skelettale Reife vom prä- bis zum postpuberalen Stadium untersucht werden.

Tensoranalyse vs. Kephalometrie

Im folgenden Abschnitt sollen die konventionelle Kephalometrie und die Tensoranalyse als zweidimensionale Analyseverfahren zur Untersuchung des Gesichtsschädelns vorgestellt sowie ein Überblick über deren charakteristische Unterschiede gegeben werden.

In der Kieferorthopädie hat sich nach der Einführung der seitlichen Fernröntgenaufnahme durch Broadbent (1931) und Hofrath (1931) die konventionelle Kephalometrie zur Analyse des Gesichtsschädelns bewährt. Durch eine Vielzahl von Referenzwerten aus diversen Analysemethoden (Hasund, 1974; Jacobson, 1975; Jarabak und Fizzell, 1972; McNamara, 1984; Ricketts, 1981; Stahl de Castrillon et al. 2013, Steiner, 1953) dient sie sowohl dem Kliniker als auch dem Wissenschaftler als standardisiertes Verfahren der kieferorthopädischen Diagnostik (Pancherz et al., 1997).

Die Kephalometrie ermöglicht quantitativ sowohl die metrische Erfassung von Längen bzw. Abständen knöcherner Strukturen als auch deren anguläre Lagebeziehung zueinander, die sich mit dem Alter nur geringfügig voneinander unterscheiden (Beetke, 2003). Dadurch sind Illustrationen wachstumsbedingter und / oder iatrogener Form- und Größenveränderungen des Gesichtsschädelns nur sehr begrenzt möglich (Book und Lavelle, 1988; Cangialosi et al., 1994; Moyers und Bookstein, 1979; Ngan et al., 1993). Um Wachstumsveränderungen optisch erfassen zu können, bedient man sich in der Kephalometrie der Überlagerung zweier Röntgenbilder respektive deren Durchzeichnungen (Enlow, 1982; Järvinen, 1986; Stahl et al., 2008).

Die traditionell verwendeten Referenzpunkte beziehen sich auf knöcherne Strukturen, die in ihrer Position nicht wachstumsstabil sind (Eckardt et al., 2001; Melsen, 1974; Pancherz et al., 1997). So stellt zum Beispiel der Punkt „Nasion“, an der Sutura nasofrontalis gelegen (vgl. Tab. 1, Seite 23 und Abb. 10, Seite 24), einen wesentlichen Bezugspunkt der vorderen Schädelbasis dar. Die Lage des Punktes „Nasion“ unterliegt im Laufe des Wachstums großen Schwankungen (Moore, 1949; Moore, 1959; Scott, 1956), woraufhin in der Literatur von Analysemethoden, die auf solchen variablen knöchernen Strukturen basieren, mehr und mehr abgeraten wird (Pancherz et al., 1997; Rothstein und Yoon-Tarlie, 2000).

Als weiteres zweidimensionales Analyseverfahren zur Untersuchung des Gesichtsschädel wurde durch Bookstein (1982) die Tensoranalyse zur Verfügung gestellt und durch Järvinen (1989, 1987) und McNamara et al. (1985) weiterentwickelt. Sie ist im Wesentlichen durch den Vergleich zweier Fernröntgenseitenbilder gekennzeichnet und basiert auf einem geometrischen Verfahren, wodurch die Veränderung zweier Dreiecke zueinander beschrieben wird (vgl. Kapitel 3.1, Seite 17).

In der Tensoranalyse kommen prinzipiell die gleichen Bezugspunkte zur Anwendung wie auch in der konventionellen Kephalometrie (vgl. Tab. 1, Seite 23), die wachstumsbedingt als instabil angenommen werden (Moyers und Bookstein, 1979). Dabei werden unabhängig von genormten Referenzwerten individuelle Daten eines Probanden verglichen. So mit werden spezifische Vergleiche möglich, die unabhängig von individuellen Größenunterschieden durchgeführt werden können (Stahl de Castrillon 2007). Die Tensoranalyse hat sich dementsprechend als überlagerungsfreie Vergleichsmethode etabliert, der keine Referenzlinien wie beispielsweise die vordere Schädelbasis zu Grunde liegen, wodurch sie ein geeigneteres Mittel zur Analyse von Wachstumsveränderungen im Vergleich zu konventionellen Analysemethoden darstellt (Eckardt et al., 2001). Darüber hinaus bietet sie gegenüber der Kephalometrie einen weiteren Vorteil: Es lassen sich gezielt spezifische Wachstumsveränderungen sowohl in ihrem Ausmaß als auch in ihrer Richtung detailliert quantifizieren, wodurch diese nicht nur visuell abgeschätzt werden (Eckardt et al., 2001) und besonders kleine wachstumsbedingte Veränderungen besser oder gar erst erkennbar gemacht werden können (Battagel, 1995; Battagel, 1996; Stahl de Castrillon 2007). Mit der Tensoranalyse ist der Untersucher demnach in der Lage, die konventionelle Kephalometrie zu unterstützen und die Beschreibung vom Gesichtsschädelwachstum zu ergänzen (Battagel, 1994). In der Literatur hat die Tensoranalyse ungeachtet dessen bislang vergleichsweise wenig Verwendung finden können (Battagel, 1994; Battagel, 1996; Beetke, 2003; Bookstein, 1984; Brune, 2011; Eckardt et al., 2001; Järvinen, 1989; Klink-Heckmann, 1979; McNamara et al., 1985; Ngan et al., 1993; Ngan et al., 1997; Stahl de Castrillon, 2007).

2.1.3 ERMITTLEMENTEN DES ALTERS BZW. DER SKELETTALEN REIFE

Das Alter eines Menschen als wesentliches Kriterium in der medizinischen Forschung dient nicht selten dazu, Probanden einer Untersuchungsgruppe zuzuordnen oder Aussagen bezüglich eines Beobachtungszeitraumes zu treffen. Im Folgenden soll die Diversität der Möglichkeiten zur Altersbestimmung dargestellt und dabei ein Fokus auf die individuelle skelettale Reife gelegt werden.

Es liegt nahe, dass individuelle Schwankungen Berücksichtigung finden sollten, um eine unerwünschte Heterogenität im Probandengut zu vermeiden, wodurch wiederum erst eine biologisch-gleichwertige Gegenüberstellung bei Kontroll- und Untersuchungsgruppen ermöglicht wird (Baccetti et al., 2005). In der Kieferorthopädie gibt es verschiedene Möglichkeiten, das Alter eines Probanden zu bestimmen: Dazu zählen im Wesentlichen das chronologische, das dentale und das skelettale Alter. Erstgenanntes lässt sich unkompliziert und ohne größeren Aufwand anhand des Geburtsdatums ermitteln (Anderson und Popovich, 1983; Kerr et al., 1994; Rothstein und Yoon-Tarlie, 2000). Als weiteres Mittel zur Altersbestimmung dient das dentale Alter, basierend auf der Dentition (Altemus, 1955; Baccetti et al., 1997b; Bishara et al., 1988; Bishara et al., 1997; Buschang et al., 1988; Buschang et al., 1986; Giuntini et al., 2008; Varrela, 1998). Dieses lässt sich zum einen klinisch durch bereits durchgebrochene Zähne sowie röntgenologisch durch die Mineralisationsstadien der permanenten Zähne in einer Panoramenschichtaufnahme beurteilen (Björk et al., 1964; van der Linden und Duterloo, 1976). Beide Varianten unterliegen starken individuellen und geschlechtsspezifischen Schwankungen (Franchi et al., 2000), sodass weder das chronologische noch das dentale Alter eine verlässliche Einschätzung bezüglich des individuellen Entwicklungsstandes zulassen (Björk und Helm, 1967; Hägg und Taranger, 1982; Marshall, 1978; Nanda, 1999; Simmons und Greulich, 1943; Tanner, 1962). Als dritte Methode steht die röntgenologische Beurteilung der individuellen skelettalen Reife zur Verfügung. Üblicherweise wird diese anhand der Morphologie von Handwurzelknochen (Chumela et al., 1989; Greulich und Pyle, 1959; Tanner, 1975; Tanner, 2001; Tanner und Whitehouse, 1959) oder von Halswirbelkörpern (Baccetti et al., 2002; Baccetti et al., 2005; Hassel und Farman, 1995; Lamparski, 1972) bestimmt. Die Einschätzung des individuellen Entwicklungsstandes auf skelettaler Ebene dient neben der Evaluation des Wachstums während der Pubertät zugleich dazu, dessen zeitliche Limitation zu determinieren und das puberale Wachstumsmaximum zu erfassen.

Aus kieferorthopädischer Sicht ist eben dieser Zeitraum von besonderem Interesse, da hier bei Jugendlichen die größten Wachstumsunterschiede auftreten (Baccetti et al., 2005; Baccetti et al., 2000; Baccetti et al., 2009; Franchi et al., 2000; Gu und McNamara, 2007; Hägg und Pancherz, 1988; Lewis et al., 1985; Rothstein und Yoon-Tarlie, 2000; Stahl et al., 2008; Vásquez et al., 2009).

Die Beurteilung der Halswirbelkörper hat sich als verlässliche und reproduzierbare Methode erwiesen, puberale Wachstumsstadien und -unterschiede zu evaluieren (Chang et al., 2001; O'Reilly und Yanniello, 1988; Rainey et al., 2016; Santiago et al., 2012). In jüngerer Zeit wurde die CVM-Methode (*cervical vertebral maturation method*, Baccetti et al., 2002; Baccetti et al., 2005) eingeführt, mit deren Hilfe sich die individuelle skelettale Reife anhand eines einzigen Fernröntgenseitenbildes bestimmen lässt. Dadurch ist es nicht nötig, eine zusätzliche Handröntgenaufnahme anzufertigen, die eine weitere Strahlenexposition zur Folge hätte (Stiehl et al., 2009). Die CVM-Methode (Baccetti et al., 2002; Baccetti et al., 2005) steht dabei in signifikantem Zusammenhang zur Handröntgenanalyse (Kucukkeles et al., 1999); so wird eine Übereinstimmung beider Methoden mit 86-93,7% angegeben (Lai et al., 2008; Uysal et al., 2006). Die Zuverlässigkeit, anhand der Morphologie der Halswirbelkörper den maximalen puberalen Wachstums- spurt zu identifizieren, wird mit 87-100% angegeben (Ball et al., 2011; Franchi et al., 2000; Perinetti et al., 2016; Soegiharto et al., 2008). Wenngleich sich die CVM-Methode (Baccetti et al., 2002; Baccetti et al., 2005) bewährt hat, so finden sich in der Literatur vergleichsweise wenig Studien zum peripuberalen Wachstum von Probanden mit Angle- Klasse II Gebissanomalie (Baccetti et al., 2009; Stahl et al., 2008; Vásquez et al., 2009).

2.2 ERGEBNISSE DER UNTERSUCHUNGEN IM HINBLICK AUF DIE ANGLE-KLASSE II/1

Beschreibungen des spezifischen Wachstums von unbehandelten Probanden mit Angle- Klasse II/1 Gebissanomalie basieren auf Vergleichen zu unbehandelten Probanden mit Angle-Klasse I. Hierbei wurden neben einigen Gemeinsamkeiten diverse charakteristische Unterschiede im Wachstumsverhalten und im Gesichtsschädelaufbau festgestellt, die sich aufgrund der mangelnden Anzahl von tensoranalytischen Studien hauptsächlich aus kephalometrischen Untersuchungen ergeben haben:

Schädelbasisbereich

Die Wachstumsvorgänge im Bereich der Schädelbasis werden in der Kephalometrie üblicherweise durch den Winkel NSBa (Nasion-Sella-Basion) repräsentiert: Wilhelm et al. (2001) beschreiben in einer longitudinalen Untersuchung in einem Zeitraum ab dem ersten Lebensmonat bis zu einem Alter von 14 Jahren, dass sich das Wachstum gemessen am Schädelbasiswinkel (NSBa-Winkel) bei der Angle-Klasse II und der Angle-Klasse I gleich verhält, bzw. dass Probanden mit Angle-Klasse II keinen signifikant stumpferen Winkel aufweisen. Bei Probanden bis 12 Jahren wurden in anderen Studien ebenfalls keinerlei Unterschiede desselben Winkels gefunden (Baccetti et al., 1997b; Bishara et al., 1997; Varrela, 1998). Im Kontrast dazu wird bei Probanden mit Angle-Klasse II bis zu einem Untersuchungszeitraum von 16 Jahren auf eine spezifische Abweichung in der Konfiguration der Schädelbasis durch größere NSBa-Winkel verwiesen (Anderson und Popovich, 1983; Bacon et al., 1992; Buschang et al., 1986; Dibbets, 1996; Kerr und Hirst, 1987), für die Buschang et al. (1986) zusätzlich eine größere durchschnittliche Wachstumsgeschwindigkeit publizieren. Für Enlow (1968) scheint die Mandibula bei Klasse II Probanden bei einem größeren Schädelbasiswinkel mehr nach kaudal und posterior rotiert zu sein als bei Probanden mit normaler Okklusion, was zu einer retrusiveren Position und damit zur Verstärkung der Klasse II Problematik führt. Laut Stahl et al. (2008) bewirkt die Konfiguration der Schädelbasis eine weiter nach posterior gelegene Verbindung der Mandibula mit dem Schädel, woraus sie im Vergleich zur Maxilla weiter posterior lokalisiert ist. Ein Bezug der flacheren Schädelbasis (NSBa-Winkel) zum Unterkiefer konnte durch Rothstein und Yoon-Tarlie (2000) nicht hergestellt werden.

In Relation zur individuellen skelettalen Reife werden signifikant flachere Schädelbasen durch einen vergrößerten NSBa-Winkel für unbehandelte Probanden mit Angle-Klasse II/1 durch Stahl et al. (2008) zum Beginn (CS1) und durch Baccetti et al. (2009) zum Ende des peripuberalen Wachstums (CS6 und 3 Jahre später) beschrieben.

Aufgrund der fehlenden tensoranalytischen Studien zu denselben Bezugspunkten (NSBa) ergibt sich kein direkter Vergleich zur Kephalometrie. Einzig Ngan et al. (1997) konnten im Bereich des Dreiecks NSAr (Nasion-Sella-Artikulare), einem ähnlich lokalisierten Bereich zur Schädelbasis NSBa, mit jährlichen maximalen Wachstumszunahmen von 1-5% und einer kaudalen und posterioren Entwicklung in Relation zur vorderen Schädelbasis

(Sella-Nasion) keine wesentlichen Abweichungen zwischen der Angle-Klasse II und der Angle-Klasse I feststellen.

Mittelgesichtsbereich

Die sagittale Position des Oberkiefes in Bezug zur vorderen Schädelbasis wird in der Literatur traditionell durch den SNA-Winkel (Sella-Nasion-A-Punkt) gekennzeichnet und kontrovers diskutiert. Zum einen liegen zwischen Probanden mit Angle-Klasse II und Probanden ohne Gebissanomalie keine signifikanten Unterschiede vor (Anderson und Popovich, 1983; Bishara et al., 1997; Ngan et al., 1997; Stahl et al., 2008; Varrela, 1998), wohingegen in anderen Studien eine protrusivere Lage des Oberkiefes bei Probanden mit Angle-Klasse II Gebissanomalie durch einen signifikant vergrößerten SNA-Winkel beschrieben wird (Baccetti et al., 1997b; Palomo et al., 2005; Riesmeijer et al., 2004; Rothstein und Yoon-Tarlie, 2000).

Die Wachstumszunahmen im tensoranalytischen Vergleich werden pro Jahr mit maximal 1-6% angegeben, wobei das Wachstum von Probanden ohne Gebissanomalie mehr nach kaudal und anterior gerichtet ist, während sich der Mittelgesichtsbereich bei Probanden mit Angle-Klasse II eher nach kaudal und posterior entwickelt (Ngan et al., 1997).

Unterkieferbereich

Mehrheitlich findet sich in Longitudinalstudien die Erkenntnis, dass der SNB-Winkel (Sella-Nasion-B-Punkt) bei der Angle-Klasse II signifikant verkleinert ist, woraus eine retrusivere Position des Unterkiefers resultiert (Anderson und Popovich, 1983; Baccetti et al., 1997b; Bishara, 1998; Kerr und Hirst, 1987; Ngan et al., 1997). In neueren Studien, in denen das Alter der Probanden anhand der individuellen skelettalen Reife bestimmt wird, konnte dies für den peri- und postpuberalen Zeitraum bestätigt werden (Baccetti et al., 2009; Stahl et al., 2008). Im Gegensatz dazu werden im Alter von 12,5 Jahren (Dibbets, 1996) und im Zeitraum von 8,5-15,5 Jahren (Rothstein und Yoon-Tarlie, 2000) weder Unterschiede in der mandibulären Position, in der Größe noch in der Form beschrieben.

Vásquez et al. (2009) fanden keine signifikanten metrischen Differenzen der Unterkieferregion (Condylion-Pogonion, Condylion-Gonion und Gonion-Pogonion) in Abhängigkeit von der individuellen skelettalen Reife während der Pubertät. Demgegenüber konnten in einer Vielzahl von Studien markante Unterschiede der Angle-Klasse II festgestellt werden: So wurde bei Klasse II/1 Probanden im Kindes- und Jugendalter eine signifikant kürzere Mandibula (Condylion-Pogonion oder Artikulare-Gnathion) apparent (Baccetti et al., 1997b; Ngan et al., 1997). Die Unterkieferlänge (Artikulare-Pogonion, Artikulare-Gnathion oder Condylion-Gnathion) ist demnach signifikant kleiner (Kerr und Hirst, 1987; Ngan et al., 1997; Stahl et al., 2008), was bezüglich der Gesamtunterkieferlänge (*total mandibular length*, Condylion-Gnathion) ebenfalls durch Stahl et al. (2008) einerseits durchweg für das prä- bis postpuberale Stadium und andererseits besonders zum maximalen puberalen Wachstumsspurt und durch Baccetti et al. (2009) für den postpuberalen Zeitraum nachgewiesen wurde. Im Bereich des aufsteigenden Astes (Artikulare-Gonion) weisen Probanden mit Angle-Klasse II laut Bishara et al. (1997) ein Defizit auf, was durch signifikant verringerte Wachstumszunahmen vom prä- bis zum postpuberalen Stadium im nahezu gleichen Bereich (Condylion-Gonion) durch Stahl et al. (2008) und postpuberal durch Baccetti et al. (2009) bestätigt wurde. Im Bereich der Unterkieferbasis (Gonion-Gnathion) liegen im Zeitraum von 7-14 Jahren signifikant größere Wachstumszunahmen bei weiblichen Probandinnen ohne Gebissanomalie vor (Ngan et al., 1997).

Für den Unterkieferbereich (Sella-Gnathion oder Artikulare-Pogonion) sind bei unbehandelter Angle-Klasse II/1 bis zum Alter von 15 Jahren verringerte Wachstumsraten publiziert worden (Buschang et al., 1988; Kerr und Hirst, 1987). Durch die Tensoranalyse konnten gleichfalls verringerte Wachstumsveränderungen im Bereich des Dreiecks SGOGn (Sella-Gonion-Gnathion) bei weiblichen Probandinnen mit Angle-Klasse II/1 im Alter von 7 bis 14 Jahren festgestellt werden, die mit jährlichen Zunahmen von 1-7% variierten (Ngan et al., 1997).

Vertikale Dimension

Bezüglich der vertikalen Dimension zeigen Probanden mit und ohne Gebissanomalie teilweise spezifische Unterschiede: Bei der Angle-Klasse I liegt einigen Autoren zufolge ein vertikaleres Wachstum (Nasion-Menton) vor (Bishara et al., 1997; Kerr und Hirst, 1987).

Laut Ngan et al. (1997) ist im Bereich der vorderen Gesichtshöhe (Nasion-Menton) kein signifikanter Unterschied zwischen Probandinnen mit Angle-Klasse II und Angle-Klasse I vorhanden. In weiteren Studien finden sich weiterhin keine signifikanten Unterschiede in der Vertikalen (Baccetti et al., 2009; Rothstein und Yoon-Tarlie, 2000; Stahl et al., 2008). Bei Probanden mit Angle-Klasse I ist hingegen zur Zeit des puberalen Wachstums ein vermehrt horizontales Wachstumsmuster durch eine deutliche Zunahme des Quotienten aus hinterer und vorderer Gesichtshöhe erkennbar (Ngan et al., 1997). Buschang et al. (1988) stellen bei 6- bis 15-Jährigen keine signifikanten Unterschiede im Wachstumsmuster fest, finden allerdings einen Trend für vertikaleres Wachstum bei Angle Klasse II Probanden. Auch Riesmeijer et al. (2004) berichten über signifikante Unterschiede im Wachstumsmuster, das durch eine Zunahme des Winkels zwischen Schädelbasis und Unterkieferplanum (Sella-Nasion zu Gonion-Menton) bei der männlichen und weiblichen Angle-Klasse II geprägt ist.

Wachstumsprofil

Neben den oben genannten Charakteristika finden sich weiterhin einige Besonderheiten, die an dieser Stelle Erwähnung finden sollen: Zum einen treten die Wachstumszunahmen bei Jungen im puberalen Wachstumsspurt schneller und in etwa ein bis zwei Jahre später auf als bei Mädchen (Buschang et al., 1988; Hunter, 1966; Lewis et al., 1982; Lewis et al., 1985; Nanda, 1955). Ferner ist das Wachstum zwischen der Angle-Klasse I und der Angle-Klasse II/1 bis auf die genannten signifikanten Unterschiede im Wesentlichen gleich, sodass es sich in gewisser Hinsicht nahezu identisch verhält (Baccetti et al., 1997b; Bishara, 1998; Bishara et al., 1997; Buschang et al., 1988; Stahl et al., 2008). Die Eigenschaften der Angle-Klasse II/1 bestehen zum Teil schon präpuberal oder manifestieren sich im Laufe der Pubertät und zeigen während des Wachstums keine Selbstausheilungstendenz (Baccetti et al., 1997b; Baccetti et al., 2009; Bishara et al., 1988; Fröhlich, 1962; Stahl et al., 2008; Vásquez et al., 2009).

Zusammenfassend lässt sich konstatieren, dass die hohe Quantität an Studien ein großes Interesse an den Wachstumsprozessen im Gesichtsschädelbereich der Angle-Klasse II/1 widerspiegelt. Die Aussagefähigkeit und Vergleichbarkeit der Studienergebnisse hingegen ist aufgrund der mannigfaltigen Studiendesigns äußerst limitiert. Es findet sich schließlich keine Studie, in der alle aufgeführten Kriterien methodisch vereint werden:

longitudinale Datensätze unbehandelter Probanden sowohl von der Untersuchungs- als auch der Kontrollgruppe, die die peripubertale Wachstumsphase umfassen, Berücksichtigung der individuellen skelettalen Reife, geschlechtsspezifische Vergleiche zwischen männlichen und weiblichen Probanden, Untersuchung der Wachstumsprozesse anhand der Tensoranalyse. Daher gilt es, eben diese oben aufgeführten Eigenschaften in einer einzigen Studie zu inkludieren, um so bestmöglich die intrinsischen Spezifitäten der Wachstumsprozesse bei Probanden mit Angle-Klasse II/1 zu eruieren.

3 PROBANDEN UND METHODE

Im folgenden Kapitel soll das methodische Design der vorliegenden Studie erörtert werden. Dazu wird zu Beginn ein Überblick über das Prinzip der Tensoranalyse mit den zu analysierenden anatomischen Bereichen des Gesichtsschädels gegeben. Ferner werden die Quellen, die Einschlusskriterien sowie die Verarbeitung des verwendeten Datenmaterials dargestellt.

3.1 VERWENDUNG DER ROSTOCKER TENSORANALYSE (ROTA)

Die Analyse der Fernröntgenseitenbilder erfolgte mit der *Rostocker Tensoranalyse (ROTA)*, die als wesentlicher Bestandteil des von Stahl de Castrillon (2007) beschriebenen *Rostocker Wachstumsanalysetools (ROWAT)* eine praktikablere Methode zur ursprünglichen Tensoranalyse (Bookstein, 1982) darstellt (Abb. 1).

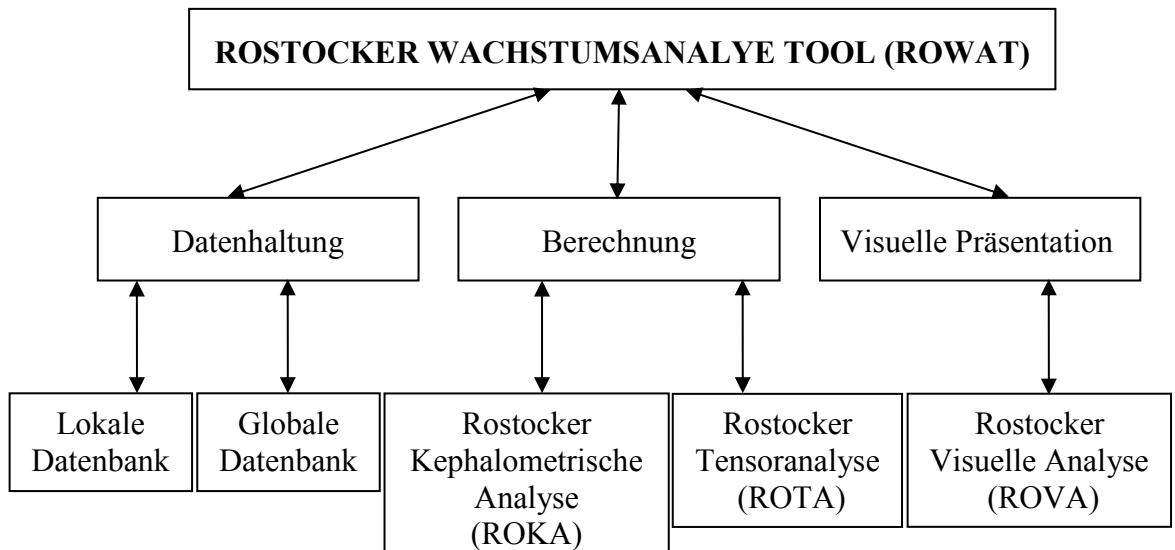


Abb. 1: Aufbau des Rostocker Wachstumsanalyse Tools (ROWAT) mit Darstellung der Einzelkomponenten
(Abb. aus Stahl de Castrillon, 2007)

Prinzip der Tensoranalyse

Durch die Tensoranalyse (Bookstein, 1982) steht eine überlagerungsfreie (Eckardt et al., 2001) und weitere Methode zur zweidimensionalen Analyse des Gesichtsschädels zur Verfügung. Sie ist durch den Vergleich von zwei verschiedenen Fernröntgenseitenaufnahmen gekennzeichnet. Dabei gibt immer die älteste Aufnahme den Ausgangszustand als Referenzbild und die zweite das zu untersuchende Vergleichsbild wider. Die grundlegende Charakteristik der Tensoranalyse besteht in der Zerlegung einer geometrischen Ebene in Dreiecke. Die Eckpunkte werden durch knöcherne Strukturen gebildet, die wachstumsbedingt als veränderlich angenommen werden (Moyers und Bookstein, 1979). Beim Vergleich von ein und demselben Dreieck zu zwei verschiedenen Zeitpunkten lässt sich somit das stattgefundene Wachstum durch morphologische Abweichungen analysieren. In der Abb. 2 hat sich das Dreieck ABC zu A'B'C' beispielsweise derart verändert, dass eine Streckung um den Faktor 2,0 parallel zu \overline{AB} bei gleichbleibender Höhe erfolgte.

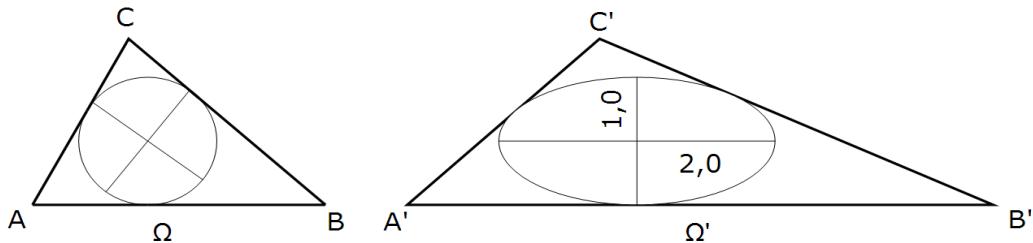


Abb. 2: Veränderung des Dreiecks ABC zu A'B'C', Lage des biorthogonalen Kreuzes und Ausmaß der Verzerrung des Inkreises zur Ellipse
(Abb. aus Beetke, 2003)

Um den exakten Betrag der stattgefundenen Verzerrung zu ermitteln, ist es nicht notwendig, alle Seiten des Dreiecks zu vermessen (Grayson et al., 1985). Da in jedes Dreieck durch Konstruktion der Winkelhalbierenden ein Inkreis gezeichnet werden kann, der alle Seiten berührt, lassen sich die Transformation des Dreiecks und dadurch die Veränderung seines Inkreises zur Ellipse registrieren (Abb. 2). In einer Ellipse, der Sonderform eines Kreises, befinden sich zwei Diameter, die die Verzerrung (Dilatation) von kleinstem und größtem Ausmaß darstellen. Beide Dilatationen stehen in Form eines biorthogonalen Kreuzes rechtwinklig zueinander. Durch die Tensoranalyse lässt sich zum einen das exakte Ausmaß der Wachstumsveränderung in Form von Dilatationen und zum anderen die Richtung der stattgefundenen Wachstumsveränderung in Form von Winkeln berechnen.

Hierfür sind nach Bookstein (1984) einige geometrische Vorgänge notwendig, die allein dem technischen Verständnis dienen und die Interpretation der Ergebnisse nicht beeinflussen dürfen. Im Folgenden ist das Prinzip der Tensoranalyse in Anlehnung an Beetke (2003) dargestellt (Abb. 3-Abb. 9 aus Beetke, 2003):

Die Abb. 3 zeigt das Ausgangsdreieck ABC und das Vergleichsdreieck A'B'C'.

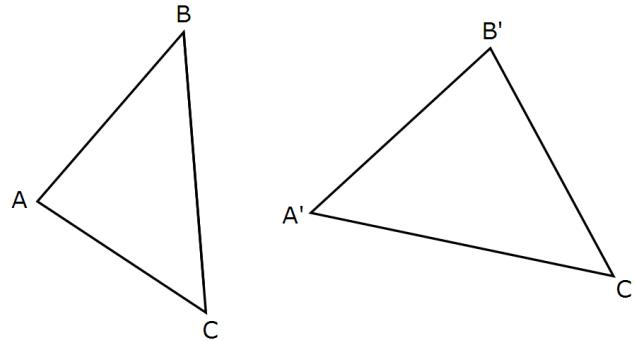


Abb. 3: Ausgangsdreieck ABC und Vergleichsdreieck A'B'C'

Beide Dreiecke werden so verschoben, dass sie sich in den Punkten A und A' decken (Abb. 4) und anschließend derart rotiert, dass sie sich in den Strecken \overline{AB} und $\overline{A'B'}$ überlagern (Abb. 5).

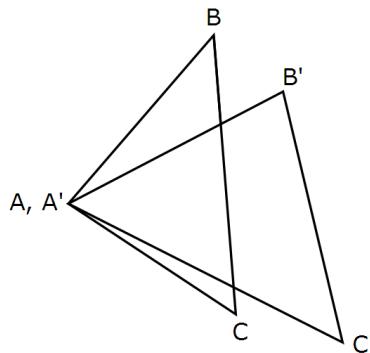


Abb. 4: Deckung beider Dreiecke in den Punkten A und A'

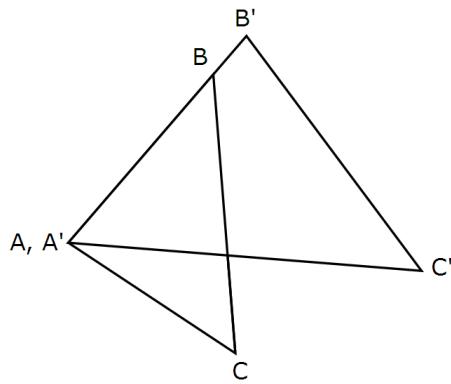


Abb. 5: Überlagerung der Strecken \overline{AB} und $\overline{A'B'}$ durch Rotation um die Punkte A und A'

Um die Lage des biorthogonalen Kreuzes und somit die Richtungsänderung zwischen dem Ausgangs- und Vergleichsdreieck zu ermitteln, muss das Vergleichsdreieck skaliert werden: Durch Parallelverschiebung der Strecke $\overline{B'C'}$ in den Punkt B entsteht ein neuer Punkt C“ und somit ein weiteres Dreieck A’BC“ (Abb. 6).

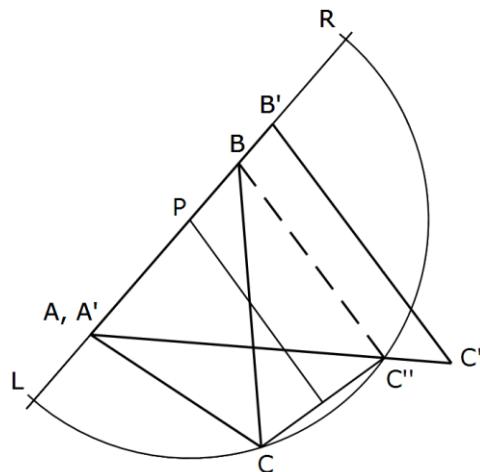


Abb. 6: Einheitliche Skalierung durch Reduktion des Vergleichsdreiecks $A'B'C'$

Durch Verbinden der Punkte C und C“ entsteht die Strecke $\overline{CC''}$. Orthogonal zu deren Mitte lässt sich eine Hilfslinie konstruieren, die die Strecke \overline{AB} bzw. deren Verlängerung (Grundlinie) in dem Punkt P schneidet. Der so entstandene Schnittpunkt P dient als Mittelpunkt eines Halbkreises durch die Punkte C und C“, der die Grundlinie im Punkt R (rechts) und L (links) schneidet (Abb. 6).

Ausgehend von den Punkten R und L ergeben sich jeweils zu den Punkten C und C'' die Strecken \overline{RC} , \overline{LC} für das Ausgangsdreieck respektive $\overline{RC''}$, $\overline{LC''}$ für das skalierte Vergleichsdreieck. Bezuglich der spezifischen Ausrichtung des biorthogonalen Kreuzes und damit der Strecken lassen sich dabei die Winkel α , β sowie α' , β' in Relation zur Grundlinie \overline{RL} angegeben (Abb. 7 und Abb. 8).

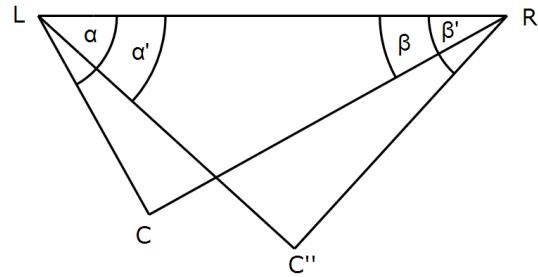


Abb. 7: Darstellung der Winkel α , β und α' , β' in Bezug zur Grundlinie \overline{RL}

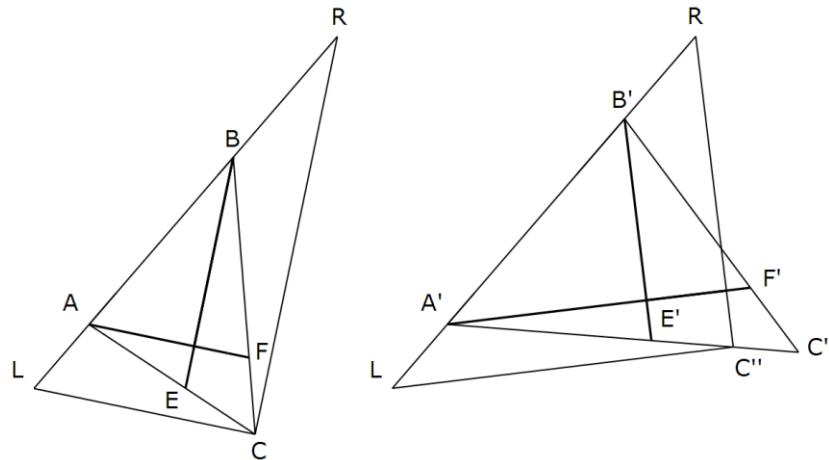


Abb. 8: Darstellung der Strecken \overline{RC} , \overline{LC} im Ausgangsdreieck ABC und $\overline{RC''}$, $\overline{LC''}$ im Vergleichsdreieck A'B'C'

Die Dilatationen D1 und D2 werden als Quotient aus den jeweiligen Strecken beider Dreiecke berechnet:

$$D1 = \overline{RC''}/\overline{RC}$$

$$D2 = \overline{LC''}/\overline{LC}$$

Die Strecken des Ausgangsdreiecks (\overline{RC} , \overline{LC}) und des Vergleichsdreiecks ($\overline{RC''}$, $\overline{LC''}$) werden in der Software *Rostocker Tensoranalyse (ROTA)* metrisch erfasst. Da es sich bei den Dilatationen D1 und D2 um Quotienten handelt, werden diese hingegen in dimensionslosen Verhältniszahlen ausgedrückt. Anhand des Wertes für D1 und D2 lässt sich das Ausmaß der Wachstumsveränderung quantifizieren. Ein Wert 1,1 bedeutet beispielsweise eine Vergrößerung der Dilatation um 10% und ein Wert von 0,9 bedeutet eine Verkleinerung der Dilatation um 10%. Die Abb. 9 zeigt das Vergleichsdreieck $A'B'C'$ und die Lage der Dilatationen D1 und D2.

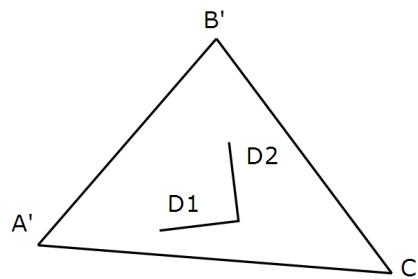


Abb. 9: Ausrichtung der Dilatationen D1 und D2 im Vergleichsdreieck $A'B'C'$

Bezugspunkte und Dreiecke der *Rostocker Tensoranalyse (ROTA)*

Folgende Bezugspunkte, die der konventionellen Kephalometrie entstammen, wurden in der vorliegenden Studie verwendet (Tab. 1 und Abb. 10).

Tab. 1: Verwendete Bezugspunkte der Rostocker Tensoranalyse (ROTA)
(in Anlehnung an Stahl de Castrillon, 2007)

Nr.	Abkürzung	Definition
1	S	Sella turcica, Mitte der Fossa hypophysialis des Os sphenoidale
2	N	Nasion, posteriorster Punkt an der Verbindung der Sutura nasofrontalis mit der Kurvatur des knöchernen Nasenrückens
3	Spa	Spina nasalis anterior, Spitze der Spina nasalis anterior in der Median-Sagittalebene
4	A	A-Punkt, tiefster Punkt der anterioren Kurvatur des Oberkieferalveolarfortsatzes
5	B	B-Punkt, tiefster Punkt der anterioren Kontur des Unterkieferalveolarfortsatzes
6	Pog	Pogonion, anteriorster Punkt des knöchernen Kinns
7	Gn	Gnathion (anatomisch), anterior-inferiorster Punkt des knöchernen Kinns, Schnittpunkt, der durch die Winkelhalbierende des von Mandibularebene und Fazialebene eingeschlossenen Winkels am Unterkiefersympophysenrand entsteht
8	Me	Menton, inferiorster Punkt der Unterkiefersympophyse
9	Goi	Gonion inferior, Schnittpunkt der Tangente von Menton und der Konvexität des Unterkieferrandes im Bereich des Kieferwinkels
10	Go	Gonion (konstruiert), Schnittpunkt von Mandibularebene und hinterer Ramuslinie im Kieferwinkelbereich
11	Gop	Gonion posterior, Schnittpunkt der Tangente von Artikulare und der posterioren Wölbung des Ramus mandibulare im Bereich des Kieferwinkels
12	Ba	Basion, posterior-inferiorster Punkt des Vorderrandes des Foramen magnum

13	Ar	Artikulare, Schnittpunkt der unteren Fläche der Schädelbasis mit der posterioren Kontur des Condylus mandibularis
14	Co	Condylion, posterior-superiorster Punkt der Kurvatur des Condylus mandibularis
15	Spp	Spina nasalis posterior, posteriorster Punkt des knöchernen Hartgaumens in der Median-Sagittalebene

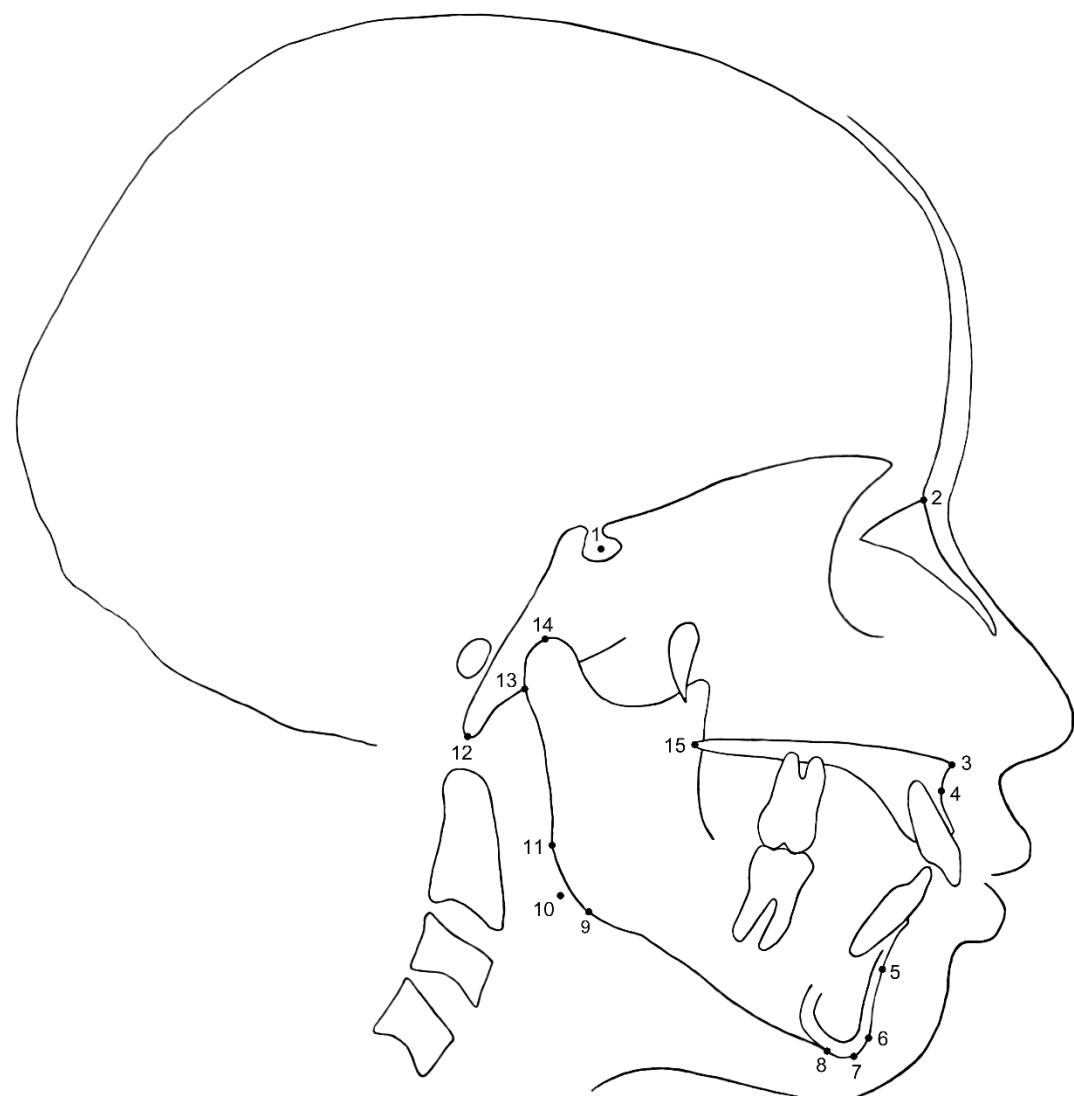


Abb. 10: Verwendete Bezugspunkte der *Rostocker Tensoranalyse* (*ROTA*); eigene Darstellung in Anlehnung an Stahl de Castrillon (2007)

Järvinen (1987) empfiehlt, Vielecke zur Darstellung des Wachstums in unterschiedlichen Regionen des Gesichtsschädels zu bilden und diese wiederum in Dreiecke zu unterteilen. Aufgrund dessen wurden folgende Dreiecke (Tab. 2 und Abb. 11) verwendet, um die regionalen skelettalen Wachstumsveränderungen im Gesichtsschädelbereich zu analysieren.

Tab. 2: Verwendete tensoranalytische Dreiecke

Dreiecke	Beschreibung
Schädelbasisbereich Δ SNBa	Schädelbasis
Mittelgesichtsbereich Δ SNA	Vordere Schädelbasis - Maxilla
Unterkieferbereich Δ SNB	Vordere Schädelbasis - Mandibula
Δ SNGo	Vordere Schädelbasis - hintere Gesichtshöhe
Δ SGoGn	Hintere Gesichtshöhe - anteriore Mandibula
Δ CoGoMe	Mandibula
Δ CoGoB	Mandibula
Intermaxillärer Bereich Δ SAGn	Maxilla - anteriore Mandibula
Δ SAB	Maxilla - Mandibula

Für die Nomenklatur der untersuchten Dreiecke ist neben den anatomischen Bezugspunkten (vgl. Tab. 1, Seite 23) ebenfalls die Reihenfolge von Bedeutung. Basierend auf dem Prinzip der Tensoranalyse (vgl. Abb. 3-Abb. 9, Seite 19-22) entsprechen die beiden erstgenannten Punkte des Dreiecks grundsätzlich den Punkten A und B bzw. A' und B'. Der Letztgenannte verhält sich analog zum Punkt C bzw. C'.

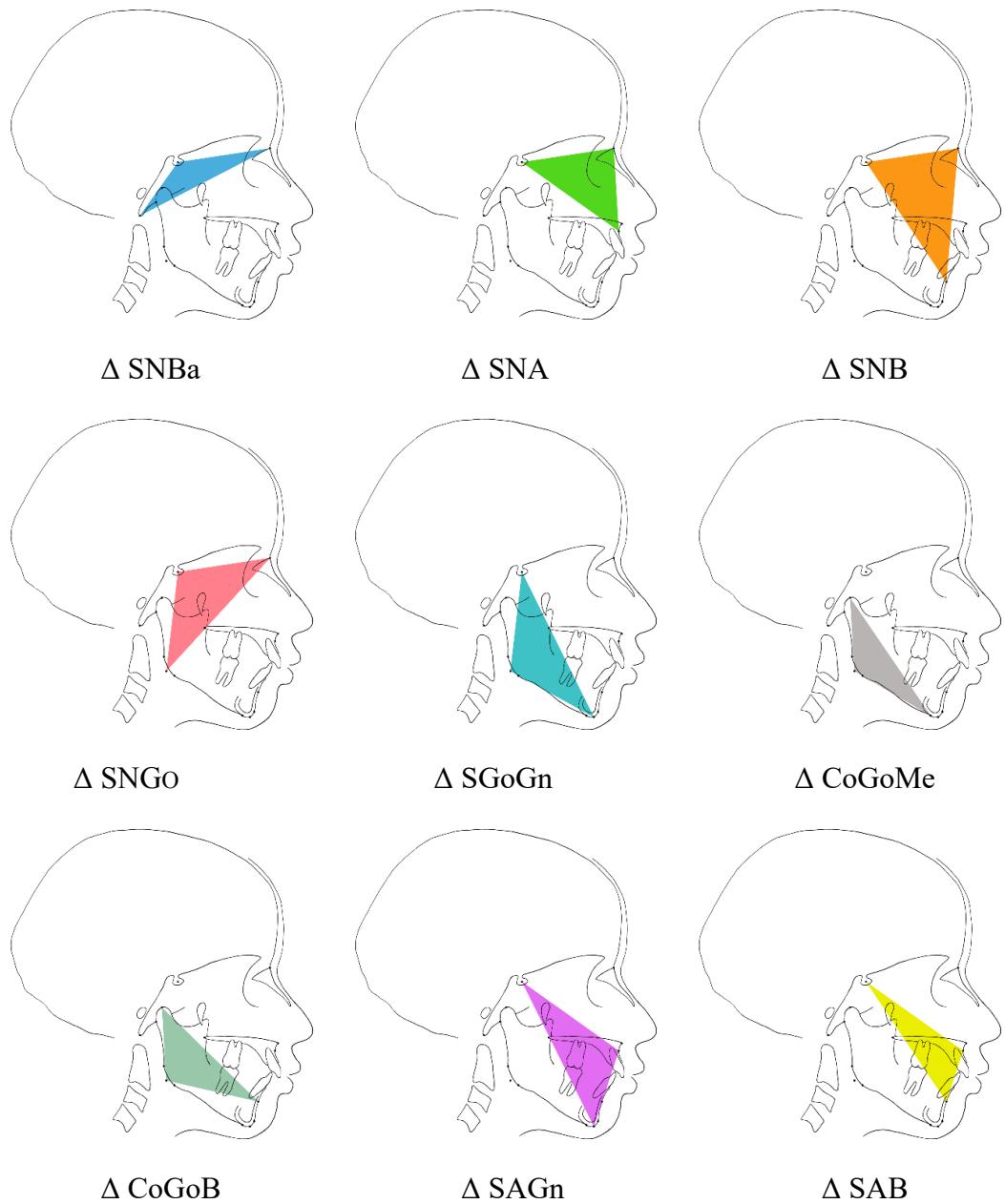


Abb. 11: Verwendete Dreiecke der *Rostocker Tensoranalyse (ROTA)*,
eigene Darstellungen

3.2 PROBANDEN

3.2.1 QUELLEN FÜR DATEN

Für die vorliegende Studie wurde das verfügbare Material der Längsschnittsdaten des Gesichtsschädelwachstums unbehandelter Probanden aus drei verschiedenen Longitudinalstudien verwendet. Hierzu zählen die *Michigan Growth Study (The University of Michigan Elementary and Secondary School Growth Study, UMGS)*, die *Denver Growth Study (The University of Oklahoma Denver Growth Study, DGS)* und die *Rostocker Wachstumsstudie*.

University of Michigan Growth Study (UMGS)

Die *Michigan Growth Study* oder auch *The University of Michigan Elementary and Secondary School Growth Study* (Riolo et al., 1974) zählt mit zu den bedeutendsten Longitudinalstudien von kieferorthopädisch unbehandelten Probanden weltweit. Die Datenerhebung begann um 1930 herum und umfasste jährlich psychologische, verhaltensbezogene, bildungsbezogene und körperliche Untersuchungen an Probanden im Alter von 3 bis 18 Jahren. Gipsmodelle beider Kiefer, seitliche Röntgenaufnahmen der Kiefer und Kieferaufsichtsaufnahmen waren anfänglich die einzigen zahnmedizinisch erhobenen Daten. Im Jahr 1953 wurde die Anfertigung von seitlichen Röntgenaufnahmen der Kiefer sowie von Kieferaufsichtsaufnahmen eingestellt und die Anfertigung von seitlichen und posteroanterioren Fernröntgenaufnahmen begonnen (Riolo et al., 1974). Insgesamt umfasst die *Michigan Growth Study* 721 Probanden mit hauptsächlich nordeuropäischer Abstammung (American Association of Orthodontists Foundation (AAOF)).

University of Oklahoma Denver Growth Study (DGS)

Die *Denver Growth Study* entstammt dem *Child Research Council*, einer Longitudinalstudie, die die 1922 gegründete *Seieme Winter Foundation* fortsetzte und seit 1927 in Zusammenarbeit mit der University of Colorado School of Medicine (Denver, Colorado, USA) stand und in ihr durchgeführt wurde. Zu Beginn wurden 100 Probanden in regelmäßigen Abständen ab einem Alter von zwei bis vier Wochen nach der Geburt untersucht

(Waldo, 1938). Der Umfang reichte von körperlichen Untersuchungen (Elektrokardiogramm, Blutdruck, Basalstoffwechsel) über die Anfertigung von Röntgenaufnahmen (seitliche und posteroanteriore Fernröntgenaufnahmen des Kopfes, Röntgenaufnahmen von Zähnen, Lunge, Herz und Knochen) und Anfertigung von Gipsmodellen beider Kiefer bis hin zu anthropometrischen Messungen und Fotografien des Kopfes und der Körperhaltung (Waldo, 1936; Waldo, 1938). Die zahnärztlichen Untersuchungen sowie die Anfertigung der seitlichen Fernröntgenaufnahmen fanden in jährlichen Abständen statt (McDowell, 1941). Das *Child Research Council* umfasst insgesamt 334 Probanden, die kurz nach der Geburt bis ins Erwachsenenalter im Zeitraum von 1927 bis 1966 untersucht wurden (McCammon, 1970).

Rostocker Wachstumsstudie

Die *Rostocker Wachstumsstudie* ist eine Longitudinalstudie mit dem Schwerpunkt des Gesichtsschädelwachstums, die im Jahr 1959 von Klink-Heckmann begonnen wurde. Die Datenerhebung umfasste von Geburt an anamnestische sowie klinische Untersuchungen und die Anfertigung von Gipsmodellen beider Kiefer in halbjährlichen Abständen (Heckmann, 1975; Heckmann et al., 1974; Klink-Heckmann und Fischer, 1997). Die Untersuchungen wurden ab dem 4. Lebensjahr in jährlichen Abständen durchgeführt und ab dem 7. Lebensjahr durch die jährliche Anfertigung von seitlichen Fernröntgenaufnahmen ergänzt. Zu Beginn umfasste die *Rostocker Wachstumsstudie* 102 kieferorthopädisch unbehandelte Probanden kaukasischer Abstammung, deren Anzahl sich im Laufe der Zeit auf 82 Probanden reduzierte (Heckmann, 1973).

3.2.2 AUSWAHLKRITERIEN FÜR DIE PROBANDE

Für die Erstellung der Untersuchungsgruppe wurde das Datenmaterial aus der *Michigan Growth Study*, der *Denver Growth Study* und der *Rostocker Wachstumsstudie* analysiert. Von allen zur Verfügung stehenden seriellen Daten wurde eine Selektion nach folgenden primären Einschlusskriterien durchgeführt:

- keine begonnene kieferorthopädische Behandlung vor oder während des Untersuchungszeitraumes
- keine Probanden mit Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte oder anderen syndromischen Leiden
- kein vorzeitiger Verlust von Zähnen, keine Zahnzahl- oder Zahnformanomalien
- Vorliegen einer Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie spätestens nach Abschluss des puberalen Wachstums:
 - vergrößerte Frontzahnstufe von $\geq 2\text{mm}$
 - Distalokklusion im Eckzahn- oder Molarenbereich von mindestens $\frac{1}{2}$ Prämolarenbreite.

Zu den sekundären Einschlusskriterien zählen:

- Vorhandensein von seitlichen Fernröntgenaufnahmen geeigneter Qualität von möglichst sechs aufeinanderfolgenden skelettalen Reifestadien (CS1-CS6), davon zumindest von jedem Probanden das Stadium CS1 und ein weiteres Stadium
- guter Allgemeinzustand der Probanden
- kaukasische Abstammung.

Insgesamt konnten 270 Fernröntgenseitenbilder von 49 Probanden (25 männliche, 24 weibliche) der Untersuchungsgruppe zugeordnet werden. Die Verteilung auf die einzelnen Longitudinalstudien ist der Tab. 3 zu entnehmen. Die Tab. 4 bis Tab. 6 geben eine ausführliche Beschreibung der Altersverteilung der Untersuchungsgruppe in Abhängigkeit von der skelettalen Reife und vom Geschlecht wider.

Tab. 3: Zuordnung der Untersuchungsgruppe zu den Longitudinalstudien

Longitudinalstudie	n	männlich	weiblich
Michigan Growth Study	24	13	11
Denver Growth Study	22	11	11
Rostocker Wachstumsstudie	3	1	2

Tab. 4: Deskriptive Statistik der Untersuchungsgruppe

Skelettale Reife	Anzahl n	\bar{x} (in Jahren)	SD (in Jahren)	Min (in Jahren)	Max (in Jahren)
CS 1	49	9,6	1,9	6,0	13,7
CS 2	48	10,8	1,9	7,2	14,7
CS 3	48	12,0	2,1	7,9	15,8
CS 4	46	13,3	2,0	9,5	17,0
CS 5	40	14,4	1,6	11,5	16,9
CS 6	39	15,7	1,6	12,5	20,3

Tab. 5: Deskriptive Statistik der männlichen Untersuchungsgruppe

Skelettale Reife	Anzahl n	\bar{x} (in Jahren)	SD (in Jahren)	Min (in Jahren)	Max (in Jahren)
CS 1	25	10,7	1,7	6,0	13,7
CS 2	24	12,1	1,5	7,2	14,7
CS 3	24	13,4	1,6	7,9	15,8
CS 4	23	14,8	1,2	12,0	17,0
CS 5	20	15,7	0,7	14,5	16,9
CS 6	16	16,8	0,7	15,4	18,2

Tab. 6: Deskriptive Statistik der weiblichen Untersuchungsgruppe

Skelettale Reife	Anzahl n	\bar{x} (in Jahren)	SD (in Jahren)	Min (in Jahren)	Max (in Jahren)
CS 1	24	8,4	1,4	6,5	11,3
CS 2	24	9,5	1,3	7,5	12,3
CS 3	24	10,6	1,4	8,4	13,8
CS 4	23	11,7	1,3	9,5	14,9
CS 5	20	13,1	1,2	11,5	16,0
CS 6	23	14,9	1,6	12,5	20,3

Die Kontrollgruppe wurde aus dem Längsschnittdatenmaterial der *Rostocker Wachstumsstudie* generiert. Von allen zur Verfügung stehenden seriellen Daten wurde eine Selektion nach folgenden primären Einschlusskriterien durchgeführt:

- keine begonnene kieferorthopädische Behandlung vor oder während des Untersuchungszeitraumes
- keine Probanden mit Lippen-, Kiefer-, Gaumen-, Segelspalte oder anderen syndromischen Leiden
- kein vorzeitiger Verlust von Zähnen, keine Zahanzahl- oder Zahnformanomalien
- beidseitige Neutralokklusion im Eckzahn- und Molarenbereich
- korrekter Overjet
- korrekter Overbite.

Zu den sekundären Einschlusskriterien zählen:

- Vorhandensein von seitlichen Fernröntgenaufnahmen geeigneter Qualität von möglichst sechs aufeinanderfolgenden skelettalen Reifestadien (CS1-CS6), davon zumindest von jedem Probanden das Stadium CS1 und ein weiteres Stadium
- guter Allgemeinzustand der Probanden
- kaukasische Abstammung.

Insgesamt konnten 144 Fernröntgenseitenbilder von 31 Probanden (16 männliche, 15 weibliche) der Kontrollgruppe zugeordnet werden (Tab. 7). Die Tab. 8 bis Tab. 10 geben eine ausführliche Beschreibung der Altersverteilung der Kontrollgruppe in Abhängigkeit von der skelettalen Reife und vom Geschlecht wider.

Tab. 7: Probanden der Kontrollgruppe

Longitudinalstudie	n	männlich	weiblich
Rostocker Wachstumsstudie	31	16	15

Tab. 8: Deskriptive Statistik der Kontrollgruppe

Skelettale Reife	Anzahl n	\bar{x} (in Jahren)	SD (in Jahren)	Min (in Jahren)	Max (in Jahren)
CS 1	31	10,5	1,0	8,4	13,3
CS 2	26	11,6	0,9	9,3	13,1
CS 3	28	12,8	1,2	10,2	15,5
CS 4	15	14,0	1,4	12,0	16,6
CS 5	19	15,3	1,1	13,1	17,5
CS 6	25	17,4	2,3	15,3	23,7

Tab. 9: Deskriptive Statistik der männlichen Kontrollgruppe

Skelettale Reife	Anzahl n	\bar{x} (in Jahren)	SD (in Jahren)	Min (in Jahren)	Max (in Jahren)
CS 1	16	10,7	1,2	8,4	13,3
CS 2	13	11,7	0,8	10,3	13,0
CS 3	14	13,1	1,4	11,0	15,5
CS 4	9	14,1	1,3	13,0	16,6
CS 5	10	15,8	0,9	15,2	17,5
CS 6	13	17,6	2,5	15,3	23,7

Tab. 10: Deskriptive Statistik der weiblichen Kontrollgruppe

Skelettale Reife	Anzahl n	\bar{x} (in Jahren)	SD (in Jahren)	Min (in Jahren)	Max (in Jahren)
CS 1	15	10,1	0,7	8,5	11,3
CS 2	13	11,4	1,0	9,3	13,1
CS 3	14	12,5	0,9	10,2	13,3
CS 4	6	14,0	1,6	12,0	16,0
CS 5	9	14,8	1,2	13,1	16,1
CS 6	12	17,1	2,0	15,3	21,4

Um die Wachstumsvorgänge im Gesichtsschädelbereich unabhängig vom Dentitions- oder chronologischen Alter beurteilen zu können, wurde die individuelle skelettale Reife aller Probanden vom prä- bis zum postpuberalen Stadium mit Hilfe der CVM-Methode (*cervical vertebral maturation method*, Baccetti et al., 2002; Baccetti et al., 2005) bestimmt, die in sechs aufeinanderfolgende Reifestadien (CS1-CS6) eingeteilt wird. Diese Methode stellt eine vereinfachte Modifikation der ursprünglich von Lamparski entwickelten Beurteilung der skelettalen Reife dar, die auf der Morphologie der oberen Halswirbel basiert (Lamparski, 1972; Lamparski, 1975). Das Stadium CS1 stellt dabei das skelettal unreifste Stadium dar, während das Stadium CS6 das reifste Stadium und damit den Abschluss des puberalen Wachstums kennzeichnet.

Die Abb. 12 zeigt schematisch die unterschiedliche Morphologie der Halswirbelkörper und das entsprechende Reifestadium (CS, cervical stage).

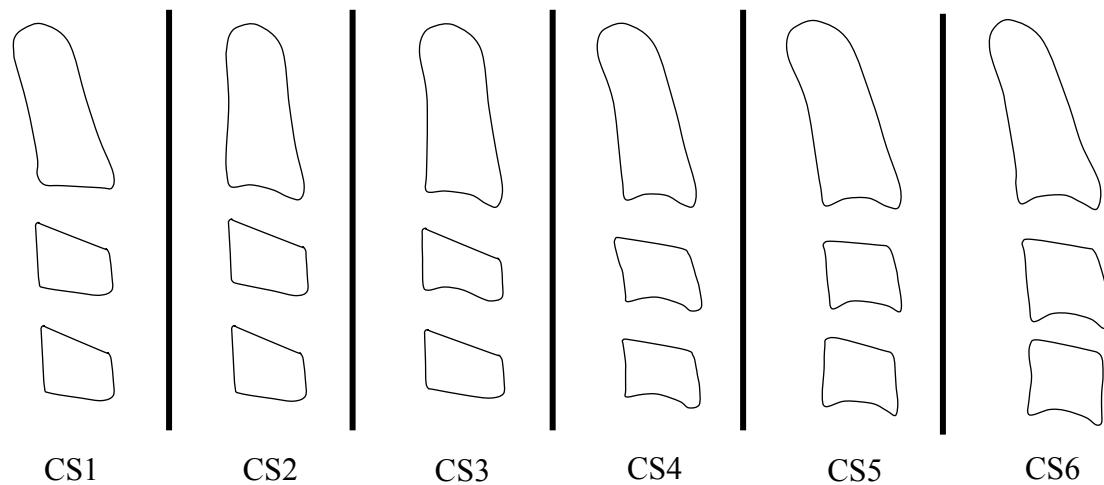


Abb. 12: Reifestadien nach der CVM-Methode
(in Anlehnung an Baccetti et al., 2005)

Die Beurteilung und Einteilung der individuellen Reifestadien wurde durch je zwei erfahrene Untersucher (FS und KM) unabhängig voneinander durchgeführt und verglichen. Bei aufgetretenen Abweichungen wurde die Einschätzung reevaluiert und ein Konsens zwischen beiden Untersuchern gefunden.

3.3 ZUR ERHEBUNG DER VERWENDETEN DATEN

Durchzeichentechnik, Digitalisierung und Berechnung

Das Datenmaterial der *Rostocker Wachstumsstudie* lag in analoger Form vor. Es erfolgte die Digitalisierung aller Fernröntgenseitenbilder mittels eines Hochleistungscanners (Heidelberg Nexscan F4100, Heidelberger Druckmaschinen AG) bei 600 dpi und 8 Bit Farbstufen im .tiff Format. Die Röntgenaufnahmen der *Denver Growth Study* und der *Michigan Growth Study* lagen bereits in digitalisierter Form vor. Diese wurden mit einem Durchlichtscanner (Epson® Expression 10000 XL, Epson America, Incorporated) bei 600 dpi und 24 Bit Farbstufen im .bmp Format gescannt und durch einen Datentransfer via Internet von der University of Michigan School of Dentistry (Ann Arbor, Michigan, USA) zur Verfügung gestellt.

An einem Monitor wurden von einem erfahrenen Untersucher (KM) unter dunklen Lichtverhältnissen Durchzeichnungen aller digitalisierten Fernröntgenseitenbilder mit einem 0,5mm HB Druckbleistift auf 0,003“ matter Azetatfolie (Fa. Dentaurum) angefertigt. Die größenoptimierte Darstellung der gescannten Röntgenbilder am Monitor wurde durch die Vergrößerungsfunktion der Bildbearbeitungssoftware Adobe® Photoshop® CS3 (© 2007 Adobe Systems Incorporated, USA) realisiert, wobei den Scans, die mit ein und demselben Scanner erstellt wurden, jeweils derselbe Vergrößerungswert zugeordnet wurde. Mithilfe der Bildbearbeitungssoftware konnten teils gravierende Helligkeits- und Kontrastunterschiede der digitalisierten Röntgenaufnahmen optimiert werden. Projektionsbedingte Doppelkonturen knöcherner Strukturen wurden gemittelt (McDowell, 1941).

Alle Durchzeichnungen wurden mit Hilfe eines Aufsichtscanners (Epson® Perfection V750 Pro, Epson, Deutschland) in 8 Bit Graustufen mit einer Auflösung von 300 dpi gescannt und in die *Rostocker Tensoranalyse (ROTA)* eingelesen. Am Bildschirm wurden durch denselben Untersucher (KM) die tensoranalytischen Bezugspunkte (vgl. Abb. 10, Seite 24) gepunktet. Dabei wurden serielle Durchzeichnungen eines Probanden in einer Sitzung bearbeitet. Die Berechnung der tensoranalytischen Daten (Dilatationen und Winkel) sowie die grafische Darstellung erfolgte durch die *Rostocker Tensoranalyse (ROTA)*. Das Datenmaterial wurde für die statistische Auswertung in Microsoft® Excel® 2013 (© 2012 Microsoft Corporation, USA) exportiert.

Statistische Analyse

Alle Daten wurden mit dem auf Windows™ basierenden statistischen Softwarepaket SPSS gespeichert und analysiert. Im ersten Schritt erfolgte eine deskriptive Auswertung. Die quantitativen Merkmale wurden mittels Mittelwert [\bar{x}], Standardabweichung [SD], Minimum [Min], Maximum [Max] und Anzahl der verfügbaren Observationen [n] beschrieben. Statistische Vergleiche zwischen den Gruppen sind für quantitative Parameter mit dem t-Test für unabhängige Stichproben bzw. mit dem U-Test von Mann-Whitney realisiert worden. Mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test wurde auf Normalverteilung getestet. Statistische Vergleiche innerhalb der Kontroll- und Untersuchungsgruppe zwischen den Reifestadien wurden mittels der Einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung realisiert. Paarweise Vergleiche wurden nur für die Parameter durchgeführt, deren Pillai-Spur im multivariaten Test einen p-Wert von $p \leq 0,05$ aufwies. Alle p-Werte sind das Resultat zweiseitiger statistischer Tests und prinzipiell wird $p \leq 0,05$ als statistisch signifikant und $p \leq 0,1$ als statistischer Trend angesehen.

Methodenfehlerbetrachtung

Zur Bewertung des Methodenfehlers wurden von 10 zufällig ausgewählten Probanden manuell am Bildschirm Durchzeichnungen angefertigt (T1). In einem Abstand von zwei Wochen (T2) wurden von denselben Probanden erneut Durchzeichnungen erstellt. Anschließend erfolgte die Analyse der Daten durch die *Rostocker Tensoranalyse (ROTA)* und die Berechnung des intraindividuellen methodischen Fehlers nach Dahlberg (1940). Die Fehleranalyse ergab keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Zeitpunkten (T1-T2) (vgl. Tab. 129, Seite 9–159).

4 ERGEBNISSE

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse der *Rostocker Tensoranalyse (ROTA)* in Abhängigkeit von ausgewählten anatomischen Bereichen in folgender Reihenfolge dargestellt:

- Schädelbasisbereich:
 - Schädelbasis (Δ SNBa)
- Mittelgesichtsbereich:
 - Vordere Schädelbasis – Maxilla (Δ SNA)
- Unterkieferbereich:
 - Vordere Schädelbasis – Mandibula (Δ SNB)
 - Vordere Schädelbasis – hintere Gesichtshöhe (Δ SNGo)
 - Hintere Gesichtshöhe – anteriore Mandibula (Δ SGoGn)
 - Mandibula (Δ CoGoMe)
 - Mandibula (Δ CoGoB)
- Intermaxillärer Bereich:
 - Maxilla – anteriore Mandibula (Δ SAGn)
 - Maxilla – Mandibula (Δ SAB).

In der Ergebnisanalyse fanden folgende Schwerpunkte Beachtung:

- Deskription der longitudinalen Entwicklung der tensoranalytischen Parameter in der Untersuchungsgruppe
- Vergleich der Wachstumsveränderungen bei den verschiedenen skelettalen Reifestadien zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe
- geschlechtsspezifischer Vergleich zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe.

Durch die Auswahl der verwendeten Dreiecke sollen die longitudinalen Wachstumsveränderungen im Gesichtsschädelbereich von unbehandelten Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie und Probanden mit normaler Okklusion untersucht werden. Dabei werden die Wachstumsveränderungen vom prä- bis zum postpuberalen Stadium auf der Grundlage der individuellen skelettalen Reife sowohl geschlechtsspezifisch als auch geschlechtsunspezifisch dargestellt.

Um das Verständnis für die zweidimensionale Ausrichtung der Dreiecke und die jeweiligen Dilatationen zu erleichtern, sind diese im Gesichtsschädelbereich schematisch abgebildet. Die Ausrichtungen der Dilatationen (D1 in rot und D2 in blau) werden für jedes Dreieck anhand der gemittelten Winkel α und β illustriert.

Im Folgenden werden die Longitudinalentwicklungen der Dilatationen sowie deren Entwicklungen zwischen den Reifestadien dargestellt. Aufgrund der Einmaligkeit des verwendeten Datenmaterials und der damit verbundenen Limitation der Probandenanzahl werden in der vorliegenden Dissertationsschrift neben den Signifikanzen ebenfalls die sich abzeichnenden Trends aus den statistischen Vergleichen angegeben. Durch die Vielzahl der Ergebnisse liegt der Fokus der Ergebnisdarstellung auf der Untersuchungsgruppe. Als grundlegender Vergleich werden die Ergebnisse aus der Kontrollgruppe abgebildet. Die vollständigen Ergebnisse werden im Anhang (vgl. Kapitel 9, Seite 9–95) tabellarisch wiedergegeben.

4.1 WACHSTUM IM SCHÄDELBASISBEREICH Δ SNBa

Δ SNBa

(vgl. Anhang Seite 9–96 bis 9–102)

Das Dreieck SNBa repräsentiert den Bereich der vorderen und hinteren Schädelbasis. In der Ausrichtung der Dilatationen ist zu erkennen, dass die D1 überwiegend sagittales Wachstum repräsentiert, wohingegen die D2 vornehmlich vertikale Wachstumsprozesse widerspiegelt (Abb. 13). Die longitudinalen Wachstumszunahmen sind während der Pubertät in beiden Richtungen durch relativ gleichmäßige Anstiege und dezelerierte Wachstumsvorgänge zum Stadium CS6 gekennzeichnet (Abb. 14 und Abb. 15). In der Sagittalen (D1) stellen sich statistisch signifikant erhöhte Wachstumszunahmen von 1,5% zum Stadium CS3 als auch in der Vertikalen (D2) zum Stadium CS3 bis CS5 von jährlich 1,9-2,9% heraus. Hierdurch zeigt sich ein signifikant akzeleriertes Wachstumspotenzial während des maximalen puberalen Wachstumsschubs bei Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie sowohl in sagittaler als auch in vertikaler Richtung.

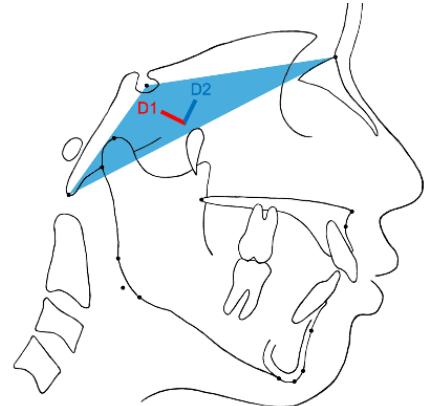


Abb. 13: Δ SNBa

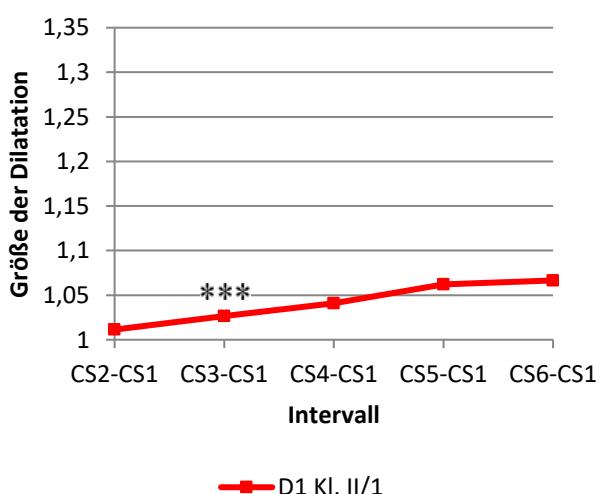


Abb. 14: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SNBa in der Untersuchungsgruppe (**p≤0,001)

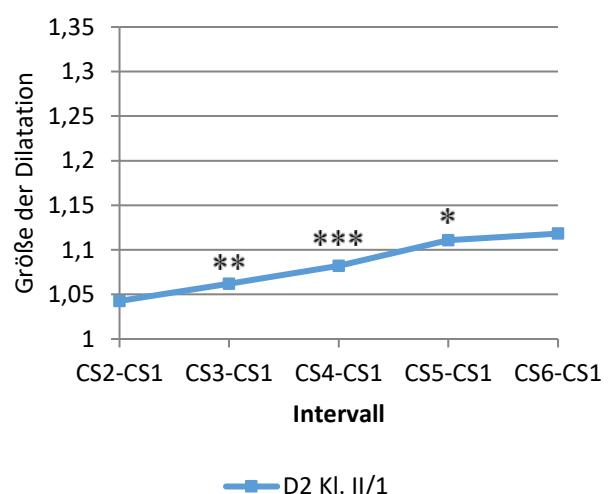


Abb. 15: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SNBa in der Untersuchungsgruppe (*p≤0,05; **p≤0,01; ***p≤0,001)

Dieses Wachstumspotenzial ist bei Probanden mit normaler Okklusion ebenfalls in dorso-kaudaler Richtung (D2) apparent. Die Wachstumszunahmen in vertikaler Richtung (D2) erreichen zum Ende der Pubertät bei Probanden mit Angle-Klasse II/1 insgesamt einen Wert von 11,8% und liegen während des gesamten Beobachtungszeitraums mit 2-5% kontinuierlich über den sagittal gerichteten (D1), die insgesamt einen Anstieg von 6,6% erreichen.

Im Gruppenvergleich lassen sich zum maximalen puberalen Wachstumsspurt (CS3) ein signifikanter Unterschied und zum Ende der Pubertät (CS6) ein statistischer Trend feststellen (Abb. 16), wobei ein um 2% respektive 3% reduziertes Wachstum bei Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie vorliegt. Daraus resultiert ein signifikant unterschiedliches Wachstumsverhalten in Bezug auf die Konfiguration der hinteren Schädelbasis zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe, demnach Erstere einen mehr retrognathen Profiltypus aufweisen.

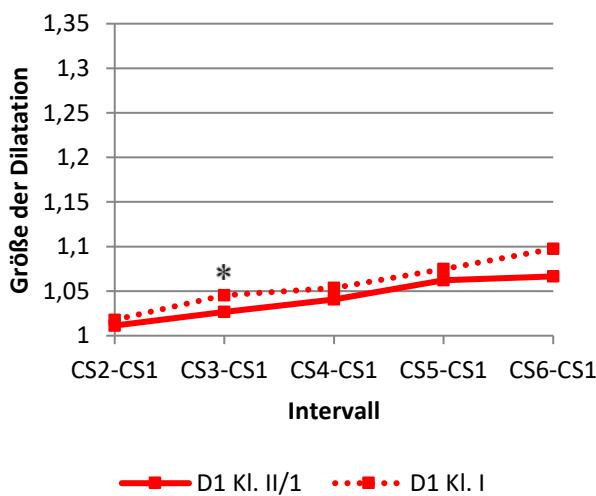


Abb. 16: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SNBa in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe (*p≤0,05)

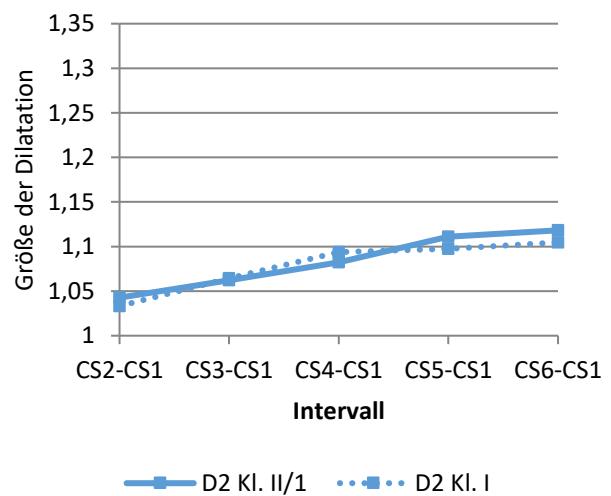


Abb. 17: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SNBa in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe

Im geschlechtsspezifischen Vergleich innerhalb der Untersuchungsgruppe weisen die männlichen Probanden im Stadium CS6 eine um 3,2% vergrößerte Wachstumszunahme in sagittaler Richtung (D1) auf. Ein weiterer signifikanter geschlechtsspezifischer Unterschied zeigt sich bei den weiblichen Probandinnen der Untersuchungs- gegenüber der

Kontrollgruppe: Im Stadium des maximalen puberalen Wachstums (CS3) weisen Probandinnen mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie ein um 3% verringertes sagittales Wachstum auf, das dem aus dem Gruppenvergleich aller Probanden entspricht.

4.2 WACHSTUM IM MITTELGESICHTSBEREICH Δ SNA

Δ SNA

(vgl. Anhang Seite 9–103 bis 9–109)

Das Dreieck SNA repräsentiert den Bereich des Mittelgesichts. Beide Dilatationen sind einerseits nach kaudal gerichtet, während die D1 zusätzlich eine moderate ventrale und die D2 eine geringe dorsale Komponente aufweisen (Abb. 18). Die Kurvenverläufe der longitudinalen Wachstumsveränderungen deuten auf relativ ausgeglichene jährliche Wachstumszunahmen in beiden Richtungen hin, die postpuberal leicht reduziert sind (Abb. 19 und Abb. 20). Signifikante Wachstumszunahmen treten in ventrokaudaler Richtung (D1, Abb. 19) mit 2,5% zum Stadium CS3, 1,6% bei CS4 und 1,2% bei CS6 auf, die auch in dorsokaudaler Richtung (D2, Abb. 19) mit 2,4-2,5% im Stadium CS3 und CS4

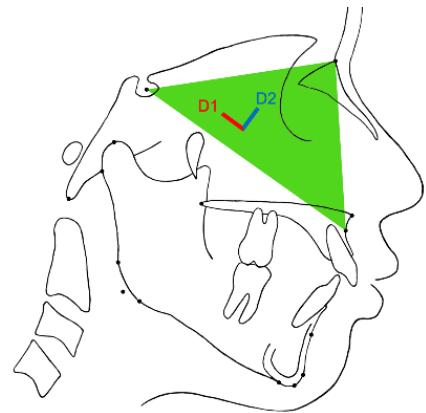


Abb. 18: Δ SNA

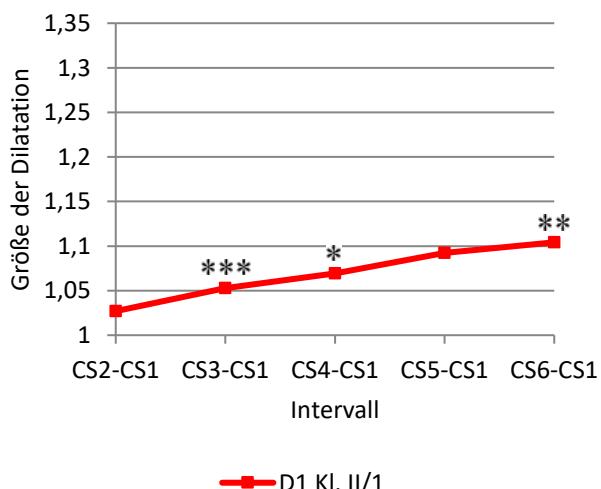


Abb. 19: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SNA in der Untersuchungsgruppe
($*p \leq 0,05$; $**p \leq 0,01$; $***p \leq 0,001$)

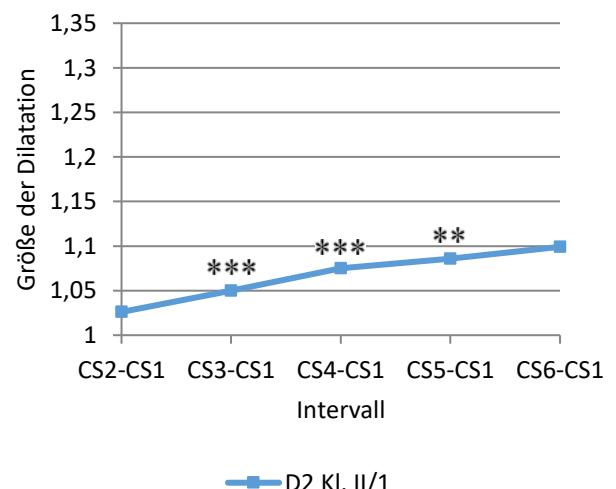


Abb. 20: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SNA in der Untersuchungsgruppe ($**p \leq 0,01$; $***p \leq 0,001$)

sowie mit 1,1% bei CS5 apparent sind. Zum maximalen puberalen Wachstumsschub stellen sich demnach signifikante Wachstumszunahmen dar, die zum Teil in darauffolgenden Stadien nachweisbar sind. Dieses Wachstumsverhalten findet sich auch bei den Probanden aus der Kontrollgruppe. Über die gesamte Pubertät lassen sich im Mittelgesichtsbereich bei Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie Wachstumsprozesse in ventro- als auch dorsokaudaler Richtung von insgesamt 9,9-10,4% feststellen. Im Vergleich zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe stellt sich ein ziemlich ähnliches Wachstumsverhalten ohne signifikante Unterschiede dar.

Im geschlechtsspezifischen Vergleich innerhalb der Untersuchungsgruppe lassen sich keine signifikanten Unterschiede nachweisen. Zwischen den männlichen Probanden der Untersuchungs- und Kontrollgruppe zeichnen sich die Jungen mit Angle-Klasse II/1 durch verringerte Wachstumszunahmen um 3% im Stadium CS5 gegenüber den Jungen mit normaler Okklusion in ventrokaudaler Richtung (D1) aus.

4.3 WACHSTUM IM UNTERKIEFERBEREICH Δ SNB, Δ SNGo, Δ SGoGn, Δ CoGoMe, Δ CoGoB

Δ SNB

(vgl. Anhang Seite 9–110 bis 9–116)

Das Dreieck SNB beschreibt den vorderen Bereich des Unterkiefers auf Höhe des Alveolarfortsatzes in Relation zur vorderen Schädelbasis. Beide Dilatationen sind durch ihre gemeinsame Ausrichtung Ausdruck vertikalen Wachstums. Zusätzlich ist die D1 durch eine ventrale und die D2 durch eine dorsale Komponente gekennzeichnet (Abb. 21). Die longitudinalen Wachstumsveränderungen stellen sich über den gesamten Beobachtungszeitraum in ventrokaudaler Richtung (D1) mit jährlichen Zunahmen von 1,9-2,5% nahezu konstant dar und erreichen postpuberal einen Wert von insgesamt 11,5%

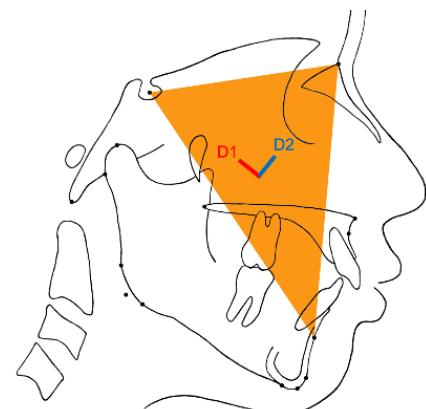


Abb. 21: Δ SNB

(Abb. 22). Der ähnliche Kurvenverlauf der D2 weist hingegen signifikante Wachstumszunahmen zu Beginn des maximalen puberalen Wachstumsspurs von 2,2% bei CS3 auf, die mit jeweils 1,8% bei CS4 und CS5 persistieren und postpuberal nahezu auf eine Stagnation des Wachstums hindeuten (Abb. 23). Über den gesamten Beobachtungszeitraum erreicht die D2 postpuberal insgesamt Zunahmen von 7,4% und liegt mit 4,1% deutlich unter denen der D1 mit 11,5%. Dadurch orientieren sich die Wachstumsprozesse im Bereich des Dreiecks SNB überwiegend ventrokaudal.

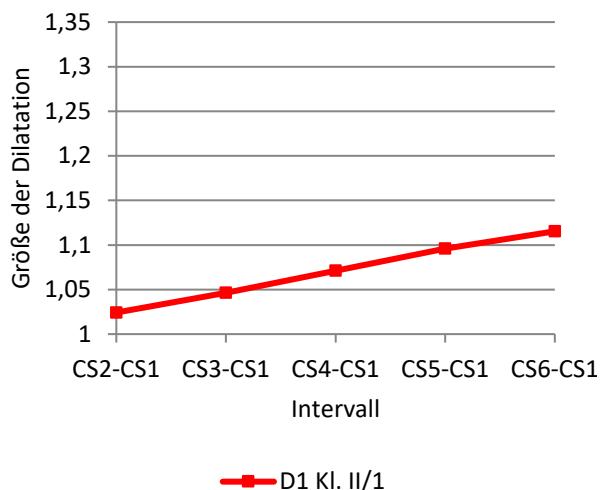


Abb. 22: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SNB in der Untersuchungsgruppe

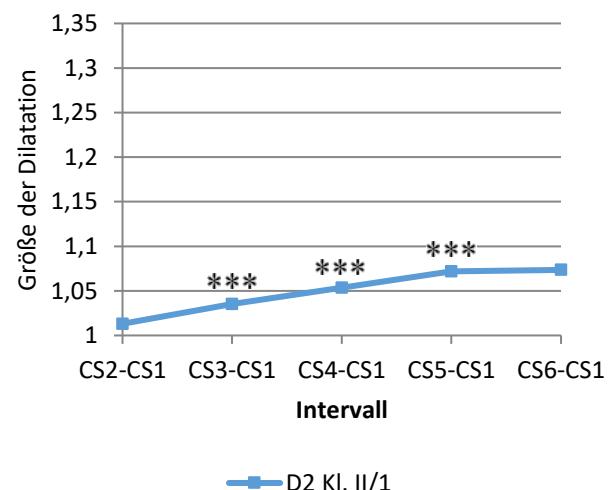


Abb. 23: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SNB in der Untersuchungsgruppe (**p≤0,001)

Im Vergleich dazu sind bei den Probanden der Kontrollgruppe in beiden Dilatationen für alle Reifestadien ab CS3 signifikante Wachstumszunahmen nachweisbar. Im Vergleich zwischen den Gruppen lassen sich Unterschiede mit statistischer Signifikanz im Stadium CS3 und als statistischer Trend im Stadium CS5 verifizieren: Die Probanden der Untersuchungsgruppe weisen ein um 1,8-1,9% reduziertes Wachstum in der D1 auf (Abb. 24). Daraus folgt ein signifikant defizitäres Wachstum in ventrokaudaler Richtung zu Ungunsten der Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie zum maximalen puberalen Wachstumsspurt.

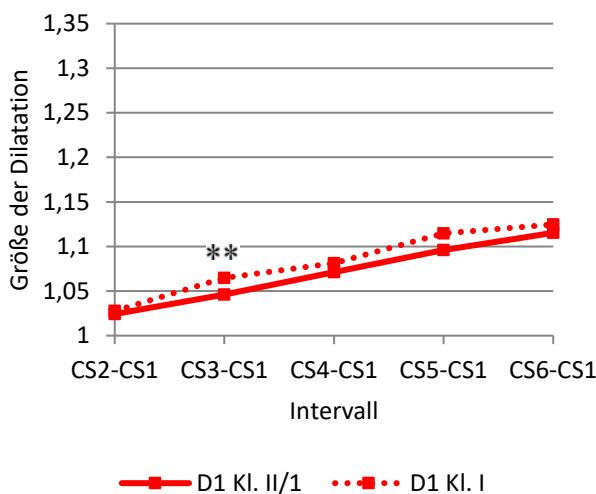


Abb. 24: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SNB in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe (** $p \leq 0,01$)

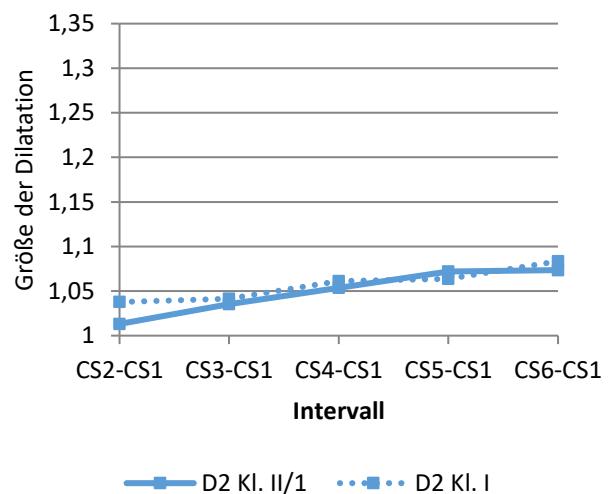


Abb. 25: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SNB in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe

Im geschlechtsspezifischen Vergleich sind folgende Unterschiede jeweils in ventrokaudaler Richtung (D1) nachweisbar: Zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe sind bei den männlichen Probanden mit Angle-Klasse II/1 ab dem Stadium CS5 verringerte Wachstumszunahmen von 2,9% signifikant, die postpuberal als statistischer Trend mit 2,7% Differenz bestehen bleiben. Reduziertes Wachstumspotenzial ist zwischen den Gruppen ebenfalls bei den weiblichen Probandinnen im Stadium CS3 festzustellen: Probandinnen mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie besitzen zum maximalen puberalen Wachstumsspurt um 2,5% geringere Wachstumszunahmen als weibliche Probandinnen ohne Gebissanomalie. Beim Vergleich innerhalb der Kontrollgruppe lässt sich zum Ende der Pubertät bei männlichen Probanden vermehrtes Wachstum nachweisen, das das der weiblichen Probandinnen im Stadium CS5 als statistischer Trend um 2,7% und im Stadium CS6 signifikant um 4,6% übersteigt.

Δ SNGo

(vgl. Anhang Seite 9–117 bis 9–123)

Der Bereich des Unterkieferwinkels und die hintere Gesichtshöhe werden durch das Dreieck SNGo charakterisiert. In der Ausrichtung der Dilatationen ist zu erkennen, dass die D1 überwiegend sagittales Wachstum repräsentiert, wohingegen die D2 vornehmlich vertikale Wachstumsprozesse widerspiegelt (Abb. 26). Die longitudinalen Wachstumsveränderungen sind während der Pubertät in beiden Richtungen durch relativ ausgeglichene Größenzunahmen und dezelerierte postpuberale Wachstumsvorgänge gekennzeichnet (Abb. 27 und Abb.28). In der Sagittalen (D1) lassen sich im Stadium CS3, CS4 und CS6 signifikante Wachstumszunahmen von 1,5%, 2,2% und 1,2% nachweisen. In der Vertikalen (D2) stellen sich vom Stadium CS3 bis CS6 jährliche Wachstumszunahmen von 2,1-4,0% dar. Aus den Werten der jährlichen Wachstumsveränderungen geht hervor, dass die Klimax für die D1 und D2 jeweils im Stadium CS4 mit 2,2% respektive 4,0% erreicht wird. Da zum Ende des Beobachtungszeitraums Wachstumszunahmen für die D1 von insgesamt 9,2% und für die D2 von insgesamt 16,5% resultieren, ist neben der anterioren überwiegend eine kaudale Entwicklung im Bereich des Dreiecks SNGo charakteristisch. Neben einem sehr ähnlichen Wachstumsverhalten im Vergleich zur Kontrollgruppe lassen sich keine bemerkenswerten Unterschiede zwischen Probanden mit und ohne Gebissanomalie nachweisen.

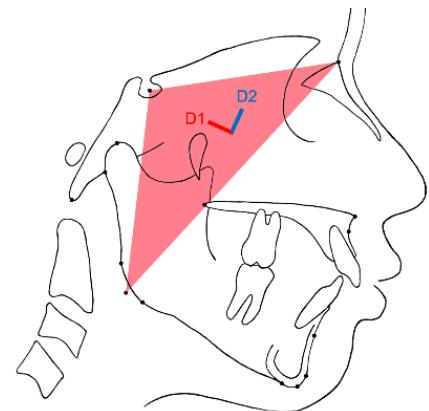


Abb. 26: Δ SNGo

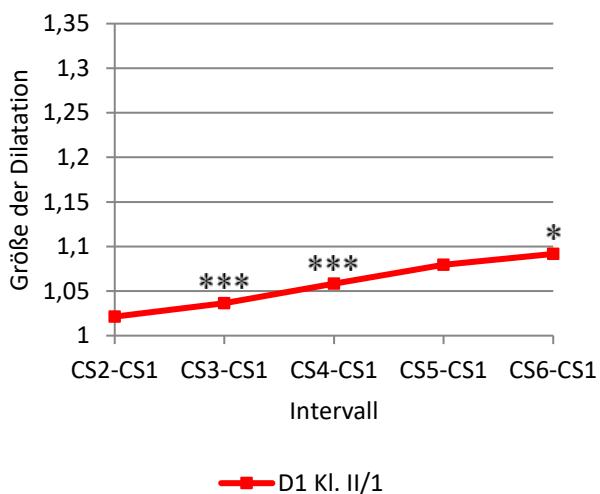


Abb. 27: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SNGo in der Untersuchungsgruppe ($*p \leq 0,05$; $***p \leq 0,001$)

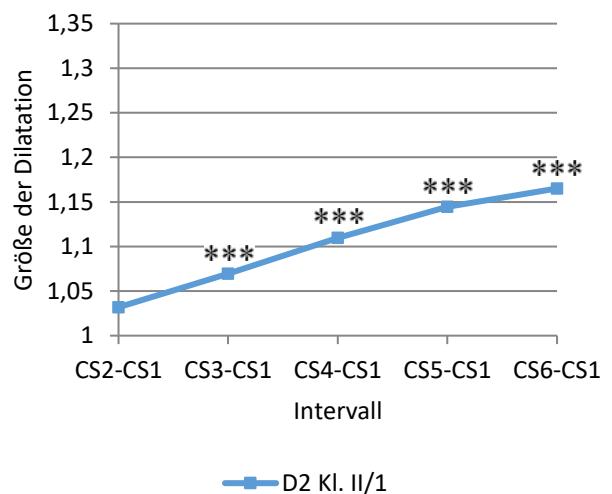


Abb. 28: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SNGo in der Untersuchungsgruppe ($***p \leq 0,001$)

Im geschlechtsspezifischen Vergleich sind im Stadium CS4 signifikant größere Wachstumszunahmen in der Vertikalen (D2) von 4,2% bei den männlichen Probanden mit Angle-Klasse II/1 im Vergleich zu den weiblichen Probandinnen nachweisbar. Die weiblichen Probandinnen der Untersuchungsgruppe weisen durchweg verringerte Wachstumszunahmen in der Vertikalen (D2) als die Probandinnen der Kontrollgruppe auf, was im Stadium CS3 und CS4 mit signifikanten Differenzen von 2,7% bzw. 6% verifiziert wird. Innerhalb der Kontrollgruppe ist im postpuberalen Wachstumsverhalten in sagittaler Richtung (D1) ein markanter Überschuss von 8,6% der männlichen Probanden gegenüber den weiblichen feststellbar.

Δ SGoGn

(vgl. Anhang Seite 9–124 bis 9–130)

Das Dreieck SGoGn stellt den Bereich zwischen der hinteren Gesichtshöhe und der vorderen Mandibula auf Höhe des knöchernen Kinns dar. Beide Dilatationen sind nach ventral ausgerichtet und deuten somit auf ein sagittales Wachstum hin. Die D1 besitzt darüber hinaus eine ventrale und die D2 eine kraniale Komponente (Abb. 29). In beiden Richtungen sind über den Beobachtungszeitraum durchweg signifikante und nahezu konstante Wachstumszunahmen nachweisbar, die postpuberal rückläufig sind. Diese erreichen bis zum Stadium CS5 jährliche Werte von 2,7-3,3% in ventrokaudaler (D1) und 3,0-5,1% in ventrokranialer (D2) Richtung (Abb. 30 und Abb. 31). Die größten jährlichen Wachstumszunahmen liegen zum Stadium CS5 (D1) respektive CS4 (D2) vor, sodass der Bereich des Dreiecks SGoGn durch spätpubertale Wachstumsmaxima gekennzeichnet ist. Während der gesamten Pubertät liegen die Wachstumszunahmen für die D2 über denen der D1 und erreichen postpuberal mit insgesamt 22,2% gegenüber 13,1% deutlich größere Werte.

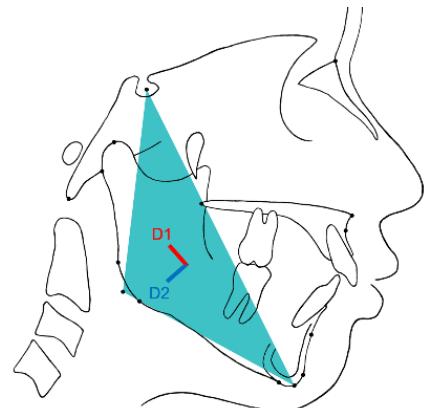


Abb. 29: Δ SGoGn

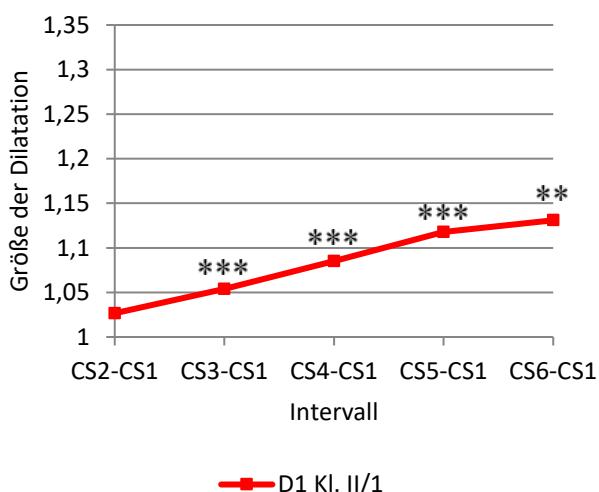


Abb. 30: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SGoGn in der Untersuchungsgruppe (**p≤0,01; ***p≤0,001)

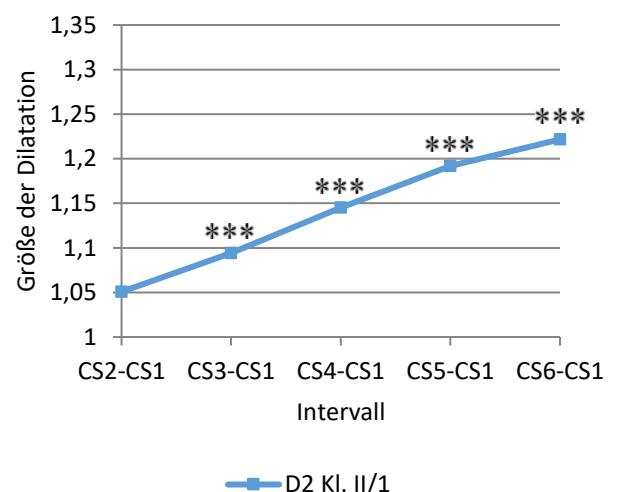


Abb. 31: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SGoGn in der Untersuchungsgruppe (****p≤0,001)

Im Vergleich dazu zeigt sich bei Probanden mit normaler Okklusion ein sehr ähnliches Wachstumsverhalten. Einzig zum Stadium CS3 sind um 2% größere Wachstumszunahmen in der D1 bei der Kontrollgruppe evident, die zum Stadium CS4 als statistischer Trend mit 1,8% Differenz bestehen bleiben (Abb. 32 und Abb. 33). Das heißt, dass Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie zum maximalen puberalen Wachstumsspurt signifikant weniger in ventrokaudaler Richtung wachsen bzw. dass deren Wachstum zeitlich etwas versetzter als bei Probanden mit Angle-Klasse I abläuft.

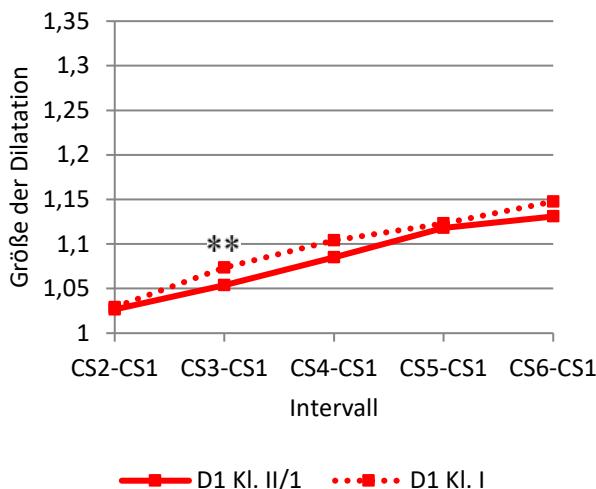


Abb. 32: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SGoGn in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe (**p≤0,01)

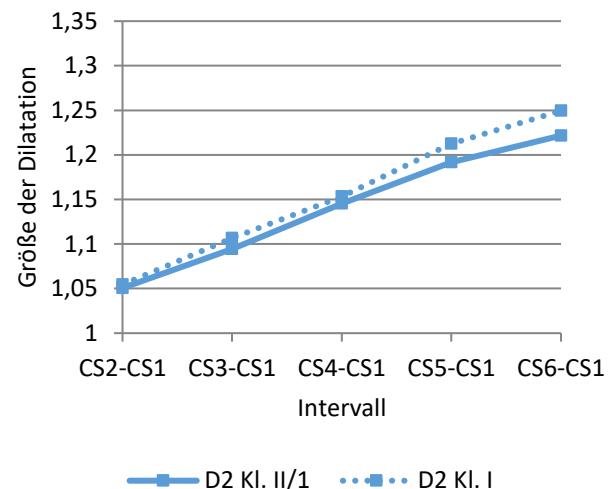


Abb. 33: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SGoGn in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe

Im geschlechtsspezifischen Vergleich innerhalb der Untersuchungsgruppe sind keine signifikanten Unterschiede nachweisbar, hingegen beim Vergleich zwischen den weiblichen Probandinnen mit und ohne Gebissanomalie in ventrokaudaler Richtung (D1) zum Stadium CS3 und CS4: Das Wachstum bei Mädchen mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie ist durch ein signifikantes Defizit von 2,4% bzw. 2,7% gekennzeichnet. Innerhalb der Kontrollgruppe bestehen geschlechtsspezifische signifikante Unterschiede in ventrokaudaler Richtung (D1), die zum Stadium CS5 und CS6 durch 4% respektive 3,1% stärkere Wachstumszunahmen bei den Jungen gekennzeichnet sind.

Δ CoGoMe

(vgl. Anhang Seite 9–131 bis 9–137)

Das Dreieck CoGoMe repräsentiert den Unterkieferbereich zwischen dem Caput mandibulae, dem Kieferwinkel und dem Symphysenboden. Beide Dilatationen sind nach ventral ausgerichtet und spiegeln sagittale Wachstumsprozesse wider. Die D1 besitzt zusätzlich eine kaudale und die D2 eine kraniale Komponente (Abb. 34). Die longitudinalen Veränderungen sind zu allen Zeitpunkten durch gleichmäßige signifikante Wachstumszunahmen von jährlich 3,2-3,6% mit postpuberaler Stagnation auf 1,6% in ventrokaudaler (D1) und 5,1-6,3% in ventrokranialer (D2) Richtung gekennzeichnet (Abb. 35 und Abb. 36). Dabei treten die größten Wachstumsprozesse jeweils zum Stadium CS5 auf, woraufhin eine Reduktion der Wachstumszunahmen erfolgt. Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie weisen demzufolge ein verhältnismäßig geradliniges Wachstumsverhalten mit spätpuberaler Amplitude auf. Über den gesamten Beobachtungszeitraum dominieren die jährlichen Wachstumszunahmen in ventrokranialer Richtung (D2) und erreichen postpuberal insgesamt 27,0% gegenüber 15,0% in ventrokaudaler Richtung (D1).

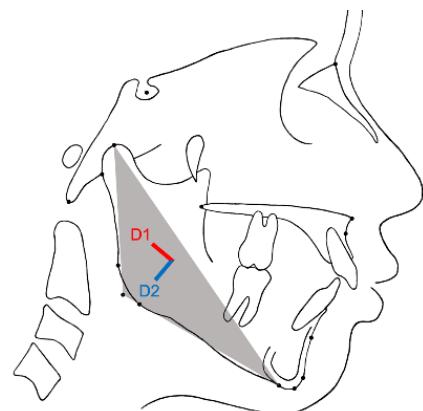


Abb. 34: Δ CoGoMe

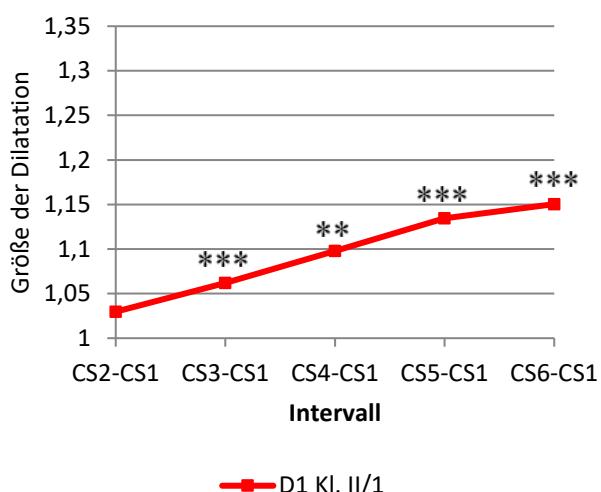


Abb. 35: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ CoGoMe in der Untersuchungsgruppe (**p≤0,01; ***p≤0,001)

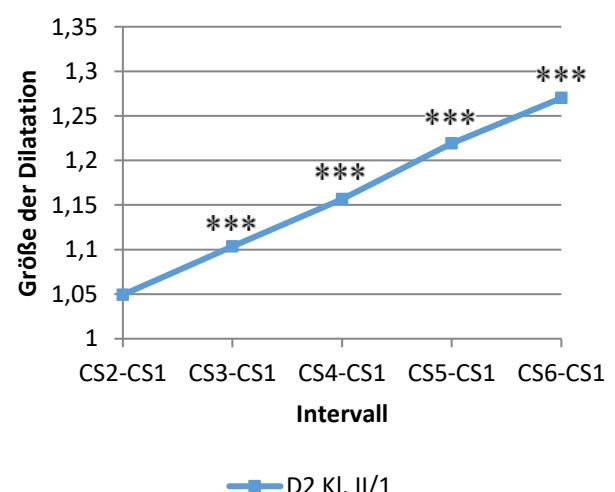


Abb. 36: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ CoGoMe in der Untersuchungsgruppe (**p≤0,01; ***p≤0,001)

Im Vergleich dazu stellen sich bei der Kontrollgruppe nahezu identische Wachstumsprozesse dar. Zum Stadium CS6 zeichnet sich für die D2 ein statistischer Trend ab, demzufolge die Probanden mit Angle-Klasse II/1 postpuberal 3,6% geringere Wachstumszunahmen und somit eine stärkere Tendenz zur „clockwise“ Rotation des Unterkieferbereichs aufweisen als die Probanden aus der Kontrollgruppe.

Im geschlechtsspezifischen Vergleich innerhalb der Untersuchungsgruppe sind keine statistisch relevanten Unterschiede nachweisbar. Beim Vergleich zwischen den weiblichen Probandinnen beider Gruppen sind in ventrokranialer Richtung (D2) zum Stadium CS2 signifikant geringere Wachstumszunahmen von 4% bei Probandinnen mit Angle-Klasse II/1 evident. Dieses Wachstumsdefizit bleibt als statistischer Trend bis ins Stadium CS5 bestehen. Im geschlechtsspezifischen Vergleich innerhalb der Kontrollgruppe zeigen sich in ventrokaudaler Richtung (D1) zum Stadium CS5 und CS6 signifikant höhere Werte mit einer Differenz von 3,7% bzw. 4,7% bei den Jungen. In ventrokranialer Richtung (D2) übersteigen die Wachstumszunahmen der Mädchen mit normaler Okklusion die der Jungen von präpuberal um 4,3% und steigern sich bis ins Stadium CS4 auf eine Differenz von knapp 9% signifikant. Dadurch ist im Zeitraum um den maximalen puberalen Wachstumsspurt herum ein eher brachycephaleres Wachstumsmuster als Charakteristikum des fazialen Dimorphismus bei Mädchen mit normaler Okklusion zu erkennen.

Δ CoGoB

(vgl. Anhang Seite 9–138 bis 9–144)

Die Unterkieferregion zwischen dem Caput mandibulae, dem Kieferwinkel und dem vorderen Bereich des Unterkiefers auf Höhe des Alveolarfortsatzes wird durch das Dreieck CoGoB charakterisiert (Abb. 37). Beide Dilatationen kennzeichnen durch ihre Ausrichtung sagittales Wachstum mit kaudaler (D1) als auch kranialer (D2) Komponente. Die longitudinalen Wachstumszunahmen zeigen einen durchweg signifikanten Anstieg von 2,2-3,0% mit postpuberaler Stagnation auf 1,0% für die D1 und 4,9-6,2% für die D2 (Abb. 38 und Abb. 39). Die relativ gleichmäßigen jährlichen Anstiege erreichen ihr Maximum jeweils im Stadium CS4 (D1) und CS5 (D2). Das Wachstum in ventrokaudaler Richtung (D1) ist über den gesamten Beobachtungszeitraum nahezu halb so progressiv wie in ventrokranialer Richtung (D2) und erreicht postpuberal Zuwächse von insgesamt 11,1% respektive 25,8%. Im Vergleich dazu lässt sich in der Kontrollgruppe kein signifikanter Unterschied im Wachstumsverhalten nachweisen.

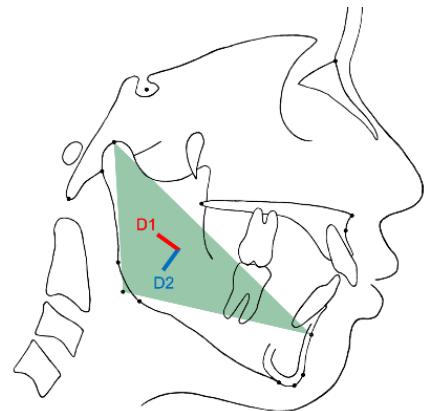


Abb. 37: Δ CoGoB

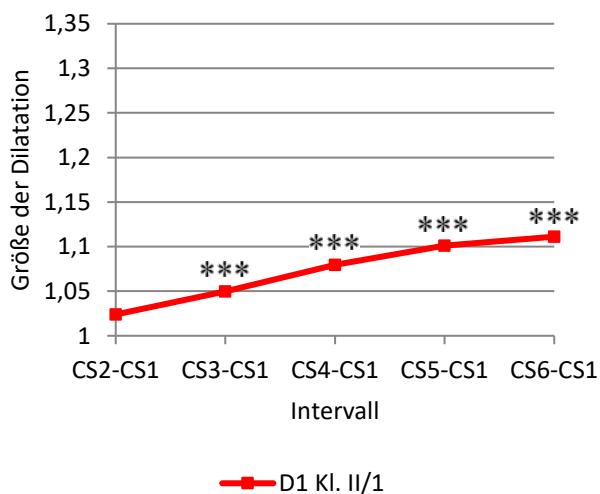


Abb. 38: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ CoGoB in der Untersuchungsgruppe (***(p≤0,001)

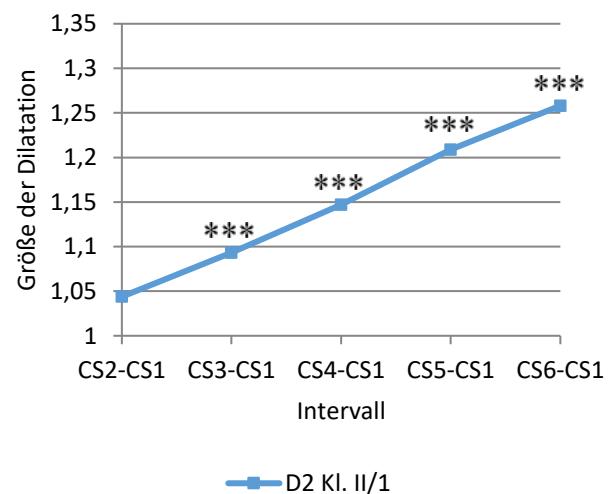


Abb. 39: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ CoGoB in der Untersuchungsgruppe (***(p≤0,001)

Bei den Angle-Klasse II/1 Probanden sind keinerlei geschlechtsspezifische Unterschiede evident. Im Vergleich zwischen den weiblichen Probandinnen mit und ohne Gebissanomalie ist zum Stadium CS3 eine Differenz von 4,9% in ventrocranialer Richtung (D2) nachweisbar. Demnach ist zum maximalen puberalen Wachstumsschub eine ausgeprägtere „clockwise“ Rotation bei weiblichen Probandinnen mit Angle-Klasse II/1 apparent. Im geschlechtsspezifischen Vergleich innerhalb der Kontrollgruppe finden sich signifikante Unterschiede zum Stadium CS3 für die D1 und zum Stadium CS6 für die D2: Bei Mädchen ohne Gebissanomalie besteht zum maximalen puberalen Wachstumsspunkt ein erhöhtes Wachstum von 4,7% in ventrocranialer Richtung (D2) und postpuberal ein um 2,8% reduziertes Wachstum in ventrokaudaler Richtung (D1). Diese Unterschiede deuten auf eine „counter clockwise“ Rotation bei den Angle-Klasse I Probandinnen hin.

4.4 WACHSTUM IM INTERMAXILLÄREN BEREICH Δ SAGn, Δ SAB

Δ SAGn

(vgl. Anhang Seite 9–145 bis 9–151)

Das Dreieck SAGn gibt den intermaxillären Bereich zwischen der Maxilla, der vorderen Mandibula auf Höhe des knöchernen Kinns und der Sella turcica wider. Die D1 ist primär vertikal ausgerichtet, während die D2 posterior-sagittale Wachstumsprozesse repräsentiert (Abb. 40). In kaudaler Richtung (D1) sind die longitudinalen Wachstumsveränderungen durch nahezu gleichmäßige Zuwächse von jährlich 2,6-3,7% und postpuberal durch einen dezelerierten Anstieg von 1,6% gekennzeichnet (Abb. 41). Signifikante Zunahmen sind zum Stadium CS3 und CS5 mit 3,7% bzw. 3,1% nachweisbar. Daraus resultiert, dass die vertikalen Wachstumszunahmen zum Stadium des maximalen puberalen Wachstumsspunkts signifikant am größten sind und noch bis ins spätpubertäre Stadium anhalten. Die longitudinale Entwicklung in sagittaler Richtung (D2) hingegen ist durch geringe Zunahmen von maximal 2,1% mit starken jährlichen Schwankungen

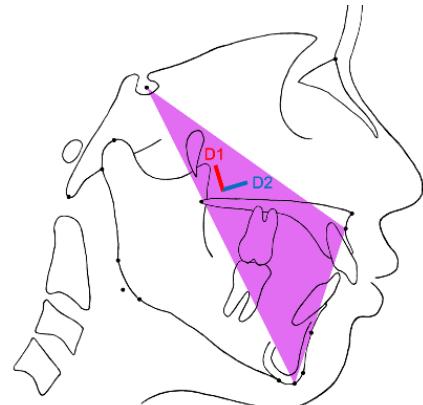


Abb. 40: Δ SAGn

und ohne statistische Signifikanz geprägt (Abb. 42). Zum Ende des Beobachtungszeitraums betragen die Wachstumszunahmen in vertikaler Richtung (D1) insgesamt 14,6%, wohingegen die in sagittaler Richtung (D2) mit insgesamt 2,8% sehr gering sind.

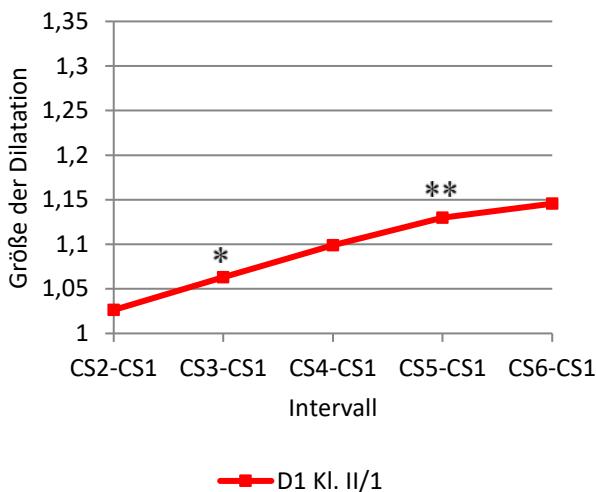


Abb. 41: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SAGn in der Untersuchungsgruppe (* $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$)

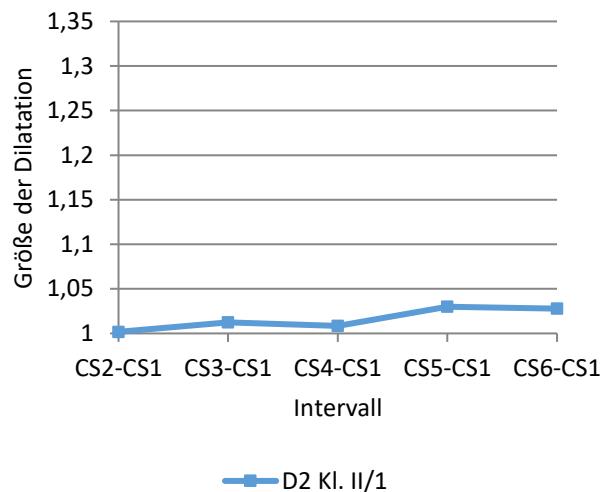


Abb. 42: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SAGn in der Untersuchungsgruppe

In der Kontrollgruppe hingegen sind nahezu durchweg signifikante Wachstumszunahmen für beide Dilatationen mit ähnlichen Werten nachweisbar. Im Vergleich zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe (Abb. 43 und Abb. 44) ergibt sich ein sehr ähnliches Wachstumsmuster. Letzteres unterscheidet sich bei Angle-Klasse II/1 Probanden jedoch dadurch, dass im Stadium CS3 um 1,7% signifikant geringere Zunahmen in vertikaler Richtung vorliegen als bei Probanden mit normaler Okklusion. Diese Differenz stellt sich mit 2,1% postpuberal (CS6) als statistischer Trend erneut dar.

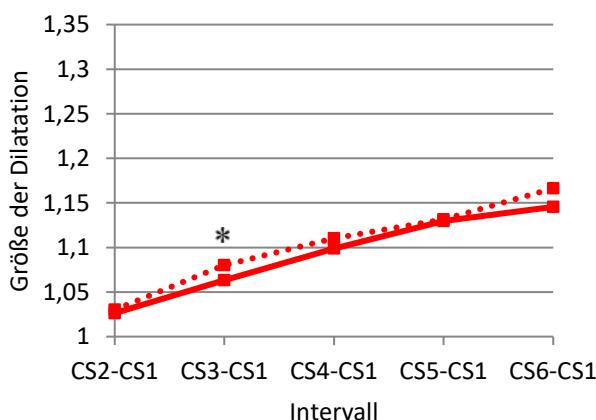


Abb. 43: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SAGn in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe (* $p \leq 0,05$)

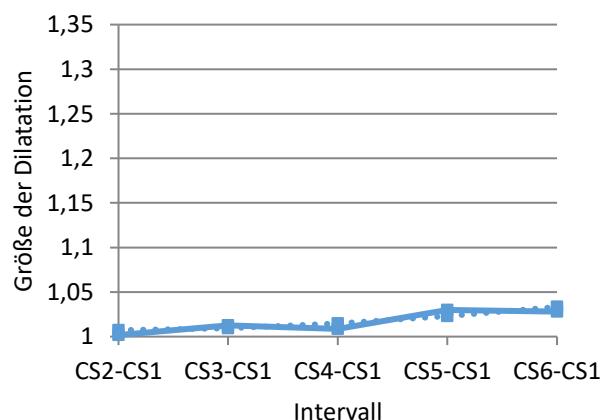


Abb. 44: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SAGn in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe

Im geschlechtsspezifischen Vergleich innerhalb der Angle-Klasse II/1 sind bei Jungen durchweg signifikant größere Wachstumszunahmen von 3,1-5,4% in dorsaler Richtung (D2) nachweisbar. Im Vergleich der männlichen Probanden mit und ohne Gebissanomalie weisen die Jungen mit normaler Gebissentwicklung zum Ende der Pubertät signifikant größere Wachstumszunahmen von 3,9% in der Vertikalen (D1) auf. Ein ähnliches Wachstumsmuster zeigt sich bei den Mädchen: So sind die Wachstumszunahmen der D1 zum Stadium CS3 und CS4 um 2,1% und 2,7% signifikant größer als bei Mädchen mit Angle-Klasse II/1. Innerhalb der Kontrollgruppe sind die Wachstumszunahmen in der Vertikalen (D1) bei Jungen postpuberal um 4,8% signifikant größer als die der Mädchen.

Δ SAB

(vgl. Anhang Seite 9–152 bis 9–158)

Das Dreieck SAB repräsentiert die intermaxilläre Region zwischen der Maxilla, der Mandibula auf Höhe des Alveolarfortsatzes und der Sella turcica. Die Ausrichtung der D1 spiegelt primär vertikale und die der D2 primär posterior-sagittale Wachstumsprozesse wider (Abb. 45). Die longitudinalen Veränderungen in der Vertikalen (D1) sind durch relativ gleichmäßige jährliche Zuwächse von bis zu 4,1% mit deutlicher Reduktion postpuberal gekennzeichnet (Abb. 46). Die Entwicklung in der Sagittalen (D2) unterliegt mit Werten unter 1,9% prägnanten jährlichen Schwankungen (Abb. 47). Diese Veränderungen unterliegen keinerlei statistischer Signifikanz. Zum Ende des Beobachtungszeitraums erreichen die Wachstumszunahmen für die D1 und D2 insgesamt 9,5% und 5,0%, wodurch die Wachstumsprozesse im Bereich SAB vornehmlich in der Vertikalen stattfinden. Im Vergleich dazu finden sich bei der Kontrollgruppe signifikante Wachstumszunahmen in der Vertikalen zum Stadium CS4 und in der Sagittalen für die Stadien CS3 bis CS5. Im Vergleich zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe sind wesentliche Unterschiede nachweisbar: In der Vertikalen übersteigen die Wachstumszunahmen der Probanden mit normaler Okklusion die der Probanden mit Angle-Klasse II/1 durchweg, wofür sich zum Stadium CS2 ein statistischer Trend mit 7,4% Differenz und

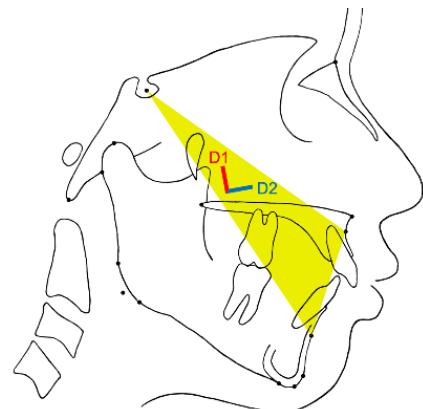


Abb. 45: Δ SAB

signifikant größere Werte zum Stadium CS3 von 3,5% und zum Stadium CS6 von 4,1% nach-

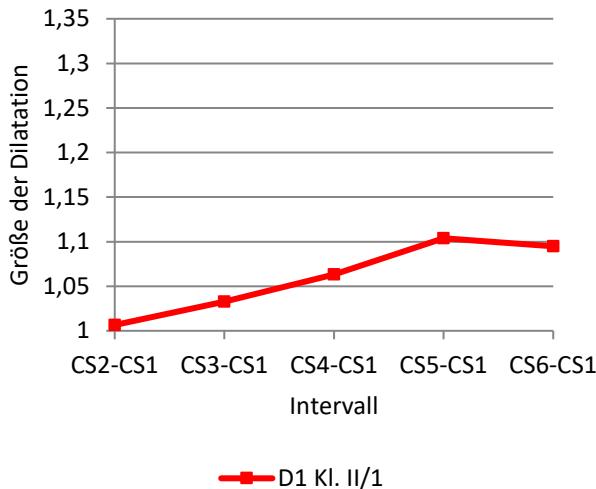


Abb. 46: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SAB in der Untersuchungsgruppe

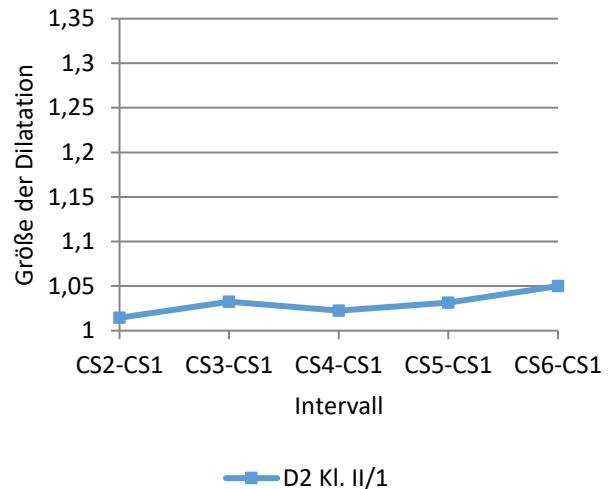


Abb. 47: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SAB in der Untersuchungsgruppe

weisen lassen (Abb. 48). In posterior-sagittaler Richtung (D2) übersteigen die Werte der Untersuchungsgruppe durchweg die der Kontrollgruppe, wofür zum Stadium CS3 eine signifikante Differenz von 2,9% feststellbar ist (Abb. 49). Daraus folgt, dass Angle-Klasse II/1 Probanden zum einen eine geringere relative Vertikalentwicklung erfahren und der Unterkieferbereich zum anderen eine größere Posteriorentwicklung aufweist als Probanden mit Angle-Klasse I.

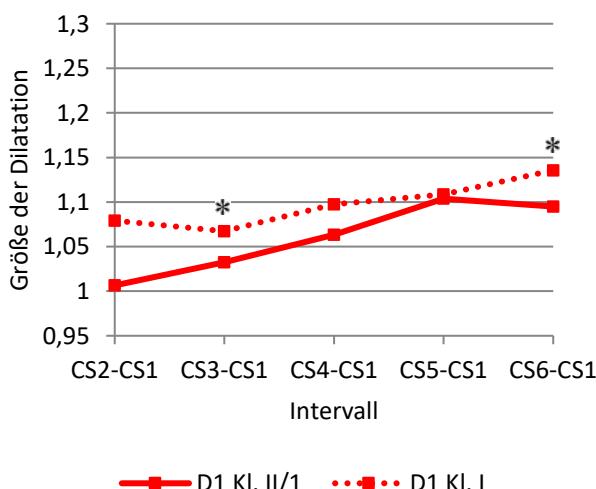


Abb. 48: Longitudinale Veränderung der Dilatation 1 im Δ SAB in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe (* $p \leq 0,05$)

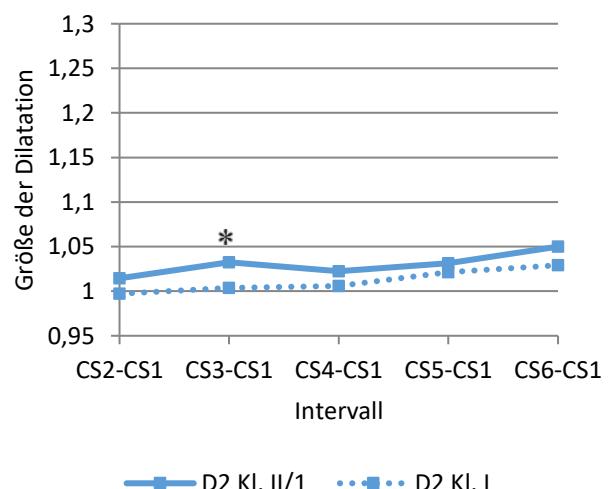


Abb. 49: Longitudinale Veränderung der Dilatation 2 im Δ SAB in der Untersuchungs- und Kontrollgruppe (* $p \leq 0,05$)

Bei den Angle-Klasse II/1 Probanden sind keinerlei geschlechtsspezifische Unterschiede nachweisbar. Im Vergleich zwischen den männlichen Probanden mit und ohne Gebissanomalie ist ein signifikanter Unterschied zum Stadium CS3 von 3,5% und CS6 von 7,4% für die D1 nachweisbar. Demzufolge sind stärkere vertikale Wachstumszunahmen für männliche Probanden mit normaler Okklusion zum maximalen puberalen Wachstums- spurt und besonders zum Ende der Pubertät charakteristisch. Die Differenzen in der D2 spiegeln mit einem signifikanten Unterschied von 4,0% zum Stadium CS3 sowie statisti- schen Trends von 5,0% und 4,3% zum Stadium CS4 und CS6 größere Wachstumszunah- men im Unterkieferbereich bei Jungen mit Angle-Klasse II/1 in posteriorer Richtung wi- der. Im geschlechtsspezifischen Vergleich innerhalb der Kontrollgruppe führt progressi- veres Wachstum in der Vertikalen (D1) bei den männlichen Probanden zum Ende der Pubertät zu um 5,9% erhöhte Wachstumszunahmen gegenüber den weiblichen Proban- dinnen.

4.5 TABELLARISCHE ZUSAMMENFASSUNG DER ERGEBNISSE

Tab. 11: Zusammenfassung der signifikanten Ergebnisse

Dreieck	Dilatation (Richtung)	zum Zeitraum (relative Zunahme)	Geschlechtsspezifische Unterschiede innerhalb II/1	Untersuchungsgruppe Kontrollgruppe	vs. Untersuchungsgruppe Kontrollgruppe δ - δ bzw. δ - φ	Gesamtzunahme CS1-CS6
SNB _a	D1 (ventrokaudal)	CS3 (1,5%)	CS6 (3,2%) \uparrow bei δ	CS3 (2%) \downarrow bei II/1	φ - φ : CS3 (3%) \downarrow bei II/1	6,6%
				Trend: CS6 (3%) \downarrow bei II/1		
	D2 (dorsokaudal)	CS3 (1,9%) CS4 (2,0%) CS5 (2,9%)	n.s.	n.s.	n.s.	11,8%
SNA	D1 (ventrokaudal)	CS3 (2,5%) CS4 (1,6%) CS6 (1,2%)	n.s.	n.s.	δ - δ : CS5 (3%) \downarrow bei II/1	10,4%
	D2 (dorsokaudal)	CS3 (2,4%) CS4 (2,5%) CS5 (1,1%)	n.s.	n.s.	n.s.	9,9%

(\uparrow =mehr Zuwachs, \downarrow =weniger Zuwachs, II/1=Angle-Klasse II/1, I=Angle-Klasse I, δ =männlich, φ =weiblich)

Dreieck	Dilatation (Richtung)	zum Zeitraum (relative Zunahme)	Geschlechtsspezifi- sche Unterschiede innerhalb II/1	Untersuchungs- vs. Kontrollgruppe	Untersuchungs- vs. Kontrollgruppe δ - δ bzw. φ - φ	Gesamt- zunahme CS1-CS6
SNB	D1 (ventrokaudal)	n.s.	n.s.	CS3 (1,8%) \downarrow bei II/1 Trend: CS5 (1,9%) \downarrow bei II/1	δ - δ : CS5 (2,9%) \downarrow bei II/1 Trend: CS6 (2,7%) \downarrow bei II/1 φ - φ : CS3 (2,5%) \downarrow bei II/1	11,5%
	D2 (dorsokaudal)	CS3 (2,2%) CS4 (1,8%) CS5 (1,8%)	n.s.	n.s.	n.s.	7,4%
SNGo	D1 (ventrokaudal)	CS3 (1,5%) CS4 (2,2%) CS6 (1,2%)	n.s.	n.s.	n.s.	9,2%
	D2 (dorsokaudal)	CS3 (3,8%) CS4 (4,0%) CS5 (3,5%) CS6 (2,1%)	CS4 (4,2%) \uparrow bei δ	n.s.	φ - φ : CS3 (2,7%) \downarrow bei II/1 CS4 (6,0%) \downarrow bei II/1	16,5%

(\uparrow =mehr Zuwachs, \downarrow =weniger Zuwachs, II/1=Angle-Klasse II/1, I=Angle-Klasse I, δ =männlich, φ =weiblich)

Dreieck	Dilatation (Richtung)	zum Zeitraum (relative Zunahme)	Geschlechtsspezifi- sche Unterschiede innerhalb II/1	Untersuchungs- Kontrollgruppe	vs. $\text{♂-} \text{♂}$ bzw. $\text{♀-} \text{♀}$	Untersuchungs- Kontrollgruppe	Gesamt- zunahme CS1-CS6
SGoGn	D1 (ventrokaudal)	CS3 (2,7%) CS4 (3,1%) CS5 (3,3%) CS6 (1,3%)	n.s.	CS3 (2%) \downarrow bei II/1 Trend: CS4 (1,8%) \downarrow bei II/1	$\text{♀-} \text{♀}$: CS3 (2,4%) \downarrow bei II/1 CS4 (2,7%) \downarrow bei II/1	13,1%	
D2	(ventrokraniel)	CS3 (4,4%) CS4 (5,1%) CS5 (4,7%) CS6 (3,0%)	n.s.	n.s.	n.s.	22,2%	
CoGoMe	D1 (ventrokaudal)	CS3 (3,2%) CS4 (3,6%) CS5 (3,6%) CS6 (1,6%)	n.s.	n.s.	n.s.	27,0%	
D2	(ventrokraniel)	CS3 (5,4%) CS4 (5,3%) CS5 (6,3%) CS6 (5,1%)	n.s.	Trend: CS6 (3,6%) \downarrow bei II/1	$\text{♀-} \text{♀}$: CS2 (4%) \downarrow bei II/1 Trend: CS3 (7,1%) \downarrow bei II/1 CS4 (7,7%) \downarrow bei II/1	15,0%	

(↑=mehr Zuwachs, ↓=weniger Zuwachs, II/1=Angle-Klasse II/1, I=Angle-Klasse I, ♂=männlich, ♀=weiblich)

Dreieck	Dilatation (Richtung)	zum Zeitraum (relative Zunahme)	Geschlechtsspezifi- sche Unterschiede innerhalb II/1	Untersuchungs- Kontrollgruppe	vs. Untersuchungs- Kontrollgruppe ♂-♂ bzw. ♀-♀	vs. Untersuchungs- Kontrollgruppe ♂-♀ bzw. ♀-♂	Gesamt- zunahme CS1-CS6
CoGoB	D1 (ventrokaudal)	CS3 (2,6%)	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	11,1%
		CS4 (3,0%)					
		CS5 (2,2%)					
		CS6 (1,0%)					
D2	(ventrokraniel)	CS3 (4,9%)	n.s.	n.s.	♀-♀: CS3 (4,9%) ↓ bei II/1	25,8%	
		CS4 (5,4%)					
		CS5 (6,2%)					
		CS6 (4,9%)					
SAGn	D1 (kaudal)	CS3 (3,7%)	n.s.	n.s.	♂-♂: CS6 (3,9%) ↓ bei II/1 ♀-♀: CS6 (2,1%) ↓ bei II/1	14,6%	
		CS5 (3,1%)					
D2	(dorsal)	n.s.		n.s.	n.s.	2,8%	
		CS2 (3,1%) ↑ bei ♂					
		CS3 (3,6%) ↑ bei ♂					
		CS4 (5,4%) ↑ bei ♂					

(↑=mehr Zuwachs, ↓=weniger Zuwachs, II/1=Angle-Klasse II/1, I=Angle-Klasse I, ♂=männlich, ♀=weiblich)

Dreieck	Dilatation (Richtung)	zum Zeitraum (relative Zunahme)	Geschlechtsspezifi- sche Unterschiede innerhalb II/1	Untersuchungs- Kontrollgruppe	vs. Untersuchungs- Kontrollgruppe ♂-♂ bzw. ♀-♀	vs. Gesamt- zunahme CS1-CS6
SAB	D1 (kaudal)	n.s.		CS3 (3,5%) ↓ bei II/1 CS6 (4,1%) ↓ bei II/1 Trend: CS2 (7,4%) ↓ bei II/1	♂-♂: CS3 (3,5%) ↓ bei II/1 CS6 (7,4%) ↓ bei II/1	9,5%
	D2 (dorsal)	n.s.		CS3 (2,9%) ↑ bei II/1	♂-♂: CS3 (4,0%) ↑ bei II/1 Trend: CS4 (5,0%) ↑ bei II/1 CS6 (4,3%) ↑ bei II/1	5,0%

(↑=mehr Zuwachs, ↓=weniger Zuwachs, II/1=Angle-Klasse II/1, I=Angle-Klasse I, ♂=männlich, ♀=weiblich)

5 DISKUSSION DER ERGEBNISSE UND ABLEITUNGEN FÜR KIEFERORTHOPÄDISCHE INTERVENTIONEN

Das Ziel dieser Arbeit war es, durch die Anwendung der Tensoranalyse die spezifischen longitudinalen Veränderungen im Gesichtsschädelwachstum von unbehandelten Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie vom prä- bis zum postpuberalen Stadium in Abhängigkeit von der individuellen skelettalen Reife zu untersuchen und darüber hinaus geschlechtsspezifische Unterschiede zu evaluieren. Daraus sollten Rückschlüsse für den optimalen Behandlungszeitpunkt, die Dauer und die Intensität für kieferorthopädisch therapeutische Interventionen bei Patienten mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie im Wachstumsalter gezogen werden.

Um das Gesichtsschädelwachstum unter natürlichen Bedingungen zu analysieren, wurden ausschließlich unverfälschte Daten unbehandelter Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie verwendet. Zur Präzisierung der Wachstumsprozesse wurden Vergleiche zu unbehandelten Probanden mit normaler Okklusion angestellt. Ausgehend von dieser Referenz konnten spezifische Wachstumsunterschiede zwischen Probanden mit und ohne Gebissanomalie identifiziert werden. Die Probanden der Untersuchungsgruppe entstammen dem Längsschnittdatenmaterial der Michigan Wachstumsstudie, der Denver Wachstumsstudie und der Wachstumsstudie der Universität Rostock. Die vor und während des Untersuchungszeitraums kieferorthopädisch unbehandelten Probanden (25 männliche, 24 weibliche) wurden anhand ihrer Okklusionsverhältnisse von mindestens einer halben Prämolarenbreite Distalokklusion im Eckzahn- und Molarenbereich sowie vergrößerter Frontzahnstufe ($\geq 2\text{mm}$) der Angle-Klasse II/1 zugeordnet. Als Kontrollgruppe dienten 31 unbehandelte Probanden (16 männliche, 15 weibliche) mit normaler Gebissentwicklung aus der Wachstumsstudie der Universität Rostock. Bei ihnen lagen während des gesamten Beobachtungszeitraums neben der Angle-Klasse I normale Okklusionsverhältnisse vor.

Allen drei Wachstumsstudien ist gemeinsam, dass von den unbehandelten Probanden – ob mit oder ohne Gebissanomalie – in annähernd jährlichen Abständen Fernröntgenseitenaufnahmen angefertigt wurden, die den Zeitraum der prä- und postpuberalen Reife einschließen. Derartige Längsschnittstudien, die das natürliche Wachstum des Gesichts-

schädels vom Kindes- bis ins Jugendalter und teilweise sogar darüber hinaus dokumentieren, sind von großem Wert für die Kieferorthopädie. Sie werden als unersetzbar angesehen, da es schier unmöglich ist, eine weitere Studie mit solchem Umfang, auch in Anbetracht der ethischen und wirtschaftlichen Aspekte erneut ins Leben zu rufen (Hunter et al., 1993; Proffit et al., 2007).

Die konventionelle Kephalometrie hat sich in der Literatur als Standardverfahren zur Beschreibung von Gesichtsschädelstrukturen und deren Wachstumsveränderungen etabliert. Durch den Bezug zu angulären und metrischen Referenzwerten bleiben in der Kephalometrie trotzdem individuelle Größenunterschiede unberücksichtigt und Veränderungen geringen Grades oft unbemerkt (Moyers und Bookstein, 1979). Demgegenüber ist der Untersucher durch die Tensoranalyse in der Lage, individuelle Wachstumsveränderungen in ausgewählten Bereichen des Gesichtsschädels zu ermitteln. Dabei lassen sich die Wachstumszunahmen zweidimensional in Ausmaß und Richtung wiedergeben. Die Tensoranalyse setzt jedoch im Vergleich zur konventionellen Kephalometrie eine aufwendige rechnergestützte Auswertung einer großen Datenmenge voraus, deren Interpretation aufgrund der abstrakten Tensoren schwierig ist (Battagel, 1993; Moss et al., 1985). Deshalb hat sie bisher in der Literatur kaum Anwendung gefunden. Des Weiteren werden die gleichen Bezugspunkte verwendet wie in der konventionellen Kephalometrie, wodurch sie ebenso anfällig in Hinblick auf das Punkten der Strukturen für ungeübte Anwender ist (Eckardt et al., 2001). Die vorgelegte Arbeit zeigt und bestätigt, dass in der Tensoranalyse individuelle relative Wachstumsveränderungen offensichtlich werden, sodass spezifische Veränderungen – beispielsweise akzeleriertes oder dezeleriertes Wachstum und dessen Richtung – eruiert werden können. Andererseits sind hingegen keinerlei Einschätzungen bezüglich absoluter Wachstumsprozesse im eigentlichen metrischen Sinne möglich: So äußert sich beispielsweise eine Steigerung des Wachstums um denselben relativen (prozentualen) Betrag in zwei unterschiedlichen Individuen nicht zwangsläufig auch in einer absoluten Längenveränderung gleichen Ausmaßes. Ferner können keine Einschätzungen hinsichtlich der tatsächlichen Position einer anatomischen Struktur getroffen werden, sodass beispielsweise eine ausgeprägt posteriore Lage der Mandibula bei Probanden mit Angle-Klasse II tensoranalytisch nicht feststellbar ist. In diesem Fall lassen sich einzig die Veränderungen ausgehend von der ursprünglichen Morphologie evaluieren – nicht jedoch die absolute Differenz, also egal ob die Mandibula womöglich von Beginn an verkleinert oder posterior gelegen war oder nicht. Daraus folgt,

dass die Beurteilung einer Gebissanomalie aus diagnostischer Sicht tensoranalytisch unmöglich ist.

Für die Analyse der longitudinalen Wachstumsveränderungen im Gesichtsschädelbereich von unbehandelten Angle-Klasse II/1 Probanden wurden exemplarisch die Bereiche der Schädelbasis, des Mittelgesichts, des Unterkiefers - isoliert und in Bezug zur Schädelbasis - sowie die intermaxilläre Region untersucht. Aufgrund der bereits beschriebenen Einzigartigkeit und begrenzten Anzahl des verfügbaren Datenmaterials wurden in der vorliegenden Dissertationsschrift neben den Signifikanzen ebenfalls die sich abzeichnenden Trends aus den statistischen Vergleichen angegeben. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit wurden hauptsächlich mit den bestehenden limitierten khalometrischen Daten verglichen, da in der Literatur derzeit kaum verwertbare analoge tensoranalytische Daten als Vergleichsmöglichkeit vorliegen, wenngleich dadurch keine fundierte Vergleichbarkeit gegeben und die Aussagekraft begrenzt ist.

Schädelbasisbereich

Im Bereich der vorderen und hinteren Schädelbasis, repräsentiert durch das Dreieck SNBa, zeigen sich bei Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie signifikante Wachstumszunahmen zum Stadium des maximalen puberalen Wachstumsschubs in sagittaler (1,5%) als auch bis postpuberal (CS5) persistierend in vertikaler Richtung (1,9-2,9%). Mit 11,8% sind die gesamten Wachstumszunahmen in vertikaler Richtung knapp doppelt so groß wie in sagittaler mit 6,6%. Im Vergleich zur Kontrollgruppe ist zum maximalen puberalen Wachstumsspurt ein um 2,0% signifikant reduziertes Wachstum in sagittaler Richtung apparent. Daraus resultiert ein signifikant unterschiedliches Wachstumsverhalten in Bezug auf die Konfiguration der hinteren Schädelbasis, demnach Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie einen mehr retrognathen Profiltypus aufweisen. Im geschlechtsspezifischen Gruppenvergleich der weiblichen Probandinnen bestätigt sich dieses sagittale Wachstumsdefizit: Im Stadium des maximalen puberalen Wachstums (CS3) weisen Probandinnen mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie ein um 3,0% verringertes sagittales Wachstum auf, das dem aus dem Gruppenvergleich aller Probanden entspricht. Tensoranalytisch konnten im Bereich des Dreiecks NSAr, einem anatomisch nahegelegenen Bereich, neben jährlichen Wachstumszunahmen von 1-5% und kaudalen sowie posterioren Entwicklungsprozessen in Relation zur vorderen Schädelbasis

(Sella-Nasion) keine wesentlichen Abweichungen zwischen Mädchen mit Angle-Klasse II/1 und normaler Okklusion festgestellt werden (Ngan et al. 1997). Dies mag darauf zurückzuführen sein, dass der Punkt Artikulare keine anatomische Struktur darstellt (Chen et al., 2002; Nelson et al., 1993) und lediglich in der Nähe des üblicherweise verwendeten Punktes Basion lokalisiert ist. Ähnliche Wachstumsprozesse mit retrognathia Konfiguration der Schädelbasis werden durch khalometrische Analysen mit größeren NSBa-Winkel sowohl auf Grundlage des chronologischen Alters (Anderson und Popovich, 1983; Bacon et al., 1992; Buschang et al., 1986; Dibbets, 1996; Kerr und Hirst, 1987; Enlow 1968) als auch in Relation zur individuellen skelettalen Reife (Baccetti et al. 2009, Stahl et al. 2008) beschrieben.

Im geschlechtsspezifischen Vergleich weisen männliche Probanden mit Angle-Klasse II/1 gegenüber den weiblichen zum Ende der Pubertät ein um 3,2% erhöhtes sagittales Wachstum auf, wodurch für männliche Probanden ein ausgeprägteres prognathia Wachstum charakteristisch ist. Aufgrund fehlender Vergleichsstudien lässt sich diese Erkenntnis nicht mit Ergebnissen anderer Autoren vergleichen.

Mittelgesichtsbereich

Im Mittelgesichtsbereich, wiedergegeben durch das Dreieck SNA, sind signifikante Wachstumszunahmen in ventro- und dorsokaudaler Richtung von 1,2-2,5% ab dem maximalen puberalen Wachstumsspurt bis postpuberal nachweisbar, die insgesamt Zunahmen von 9,9% bzw. 10,4% erreichen. Das Maximum liegt mit einem Wert von jeweils 2,5% zum Stadium CS3 (D1) und CS4 (D2) vor. Im Vergleich zu Probanden mit normaler Okklusion sind keine signifikanten Unterschiede nachweisbar. Ngan et al. (1997) publizierten im tensoranalytischen Vergleich auf Grundlage des chronologischen Alters Wachstumszunahmen von jährlich maximal 1-6%, wobei sich der Mittelgesichtsbereich bei weiblichen Probandinnen mit Angle-Klasse II/1 eher nach kaudal und posterior entwickelt als kaudal und anterior bei Probandinnen mit Angle-Klasse I. Diese Beobachtung bestätigt sich in der vorliegenden Arbeit zumindest im geschlechtsspezifischen Vergleich bei männlichen Probanden der Angle-Klasse II/1 gegenüber denen ohne Gebissanomalie in ventrokaudaler Richtung: Hierbei sind um 3,0% verringerte Wachstumszunahmen im Stadium CS5 signifikant, wodurch Jungen mit Gebissanomalie komparativ zu Jungen mit normaler Okklusion spätpuberal ein Wachstumsdefizit in sagittaler und

vertikaler Richtung aufweisen. Hinsichtlich der Entwicklung des Dreiecks SNA konnten in kephalometrischen Studien ebenfalls keinerlei signifikante Unterschiede nachgewiesen werden (Bishara et al., 1997; Ngan et al., 1997; Stahl et al., 2008; Varrela, 1998). Bezuglich der publizierten protrusiveren Lage der Maxilla bei Probanden mit Angle-Klasse II (Baccetti et al., 1997b; Palomo et al., 2005; Riesmeijer et al., 2004; Rothstein und Yoon-Tarlie, 2000) kann zumindest in Betracht auf die Sagittalentwicklung keine Übereinstimmung gefunden werden, während mit der Tensoranalyse die tatsächliche Lokalisation der Maxilla methodisch nicht erfassbar ist.

Unterkieferbereich

Die anterioren vertikalen Wachstumsveränderungen des Unterkiefers in Relation zur vorderen Schädelbasis, repräsentiert durch das Dreieck SNB, sind bei Jungen und Mädchen der Angle-Klasse II/1 speziell in dorsokaudaler Richtung durch signifikante jährliche Zunahmen von 2,2-1,8% zum Stadium CS3-CS5 gekennzeichnet. Über den gesamten Beobachtungszeitraum nimmt das Wachstum in dorsokaudaler Richtung insgesamt um 7,4% zu, während mit jährlichen nahezu konstanten nicht signifikanten Zunahmen von 1,9-2,5% in ventrokaudaler Richtung postpuberal eine Steigerung von 11,5% erreicht wird. Im Vergleich zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe sind signifikante Wachstumszunahmen von 1,8% im Stadium CS3 und ein statistischer Trend mit 1,9% Differenz im Stadium CS5 evident. Daraus folgt ein defizitäres Wachstum in ventrokaudaler Richtung zu Ungunsten der Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie zum maximalen puberalen Wachstumsspurt. Diese spezifische Differenz findet in der Literatur insofern Bestätigung, als dass in kephalometrischen Studien bei Probanden mit Angle-Klasse II Gebissanomalie durch eine Reduktion des SNB-Winkels eine retrusivere Lage des Unterkiefers publiziert wird. Dies wird sowohl bezüglich der CVM-Methode (Baccetti et al., 2002; Baccetti et al., 2005) für den peri- und postpuberalen Zeitraum (Baccetti et al., 2009; Stahl et al., 2008) als auch einheitlich in Longitudinalstudien veröffentlicht, in deren Methodik das chronologische Alter Verwendung findet (Anderson und Popovich, 1983; Baccetti et al., 1997b; Bishara, 1998; Kerr und Hirst, 1987; Ngan et al., 1997).

Im geschlechtsspezifischen Vergleich zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe werden die oben genannten Defizite in ventrokaudaler Richtung bei Angle-Klasse II/1 in der vorgelegten Studie verifiziert: Bei männlichen Probanden sind spätpuberal (CS5) verringerte Wachstumszunahmen von 2,9% signifikant, die postpuberal als statistischer Trend mit 2,7% Differenz bestehen bleiben. Ein ähnliches Wachstumsverhalten zeigt sich bei den weiblichen Probandinnen zum Stadium des maximalen puberalen Wachstums schubs durch um 2,5% verringertes Wachstum gegenüber der Kontrollgruppe. Innerhalb der Untersuchungsgruppe sind keine signifikanten geschlechtsspezifischen Unterschiede nachweisbar.

Im posterioren Bereich zwischen Unterkiefer und vorderer Schädelbasis, repräsentiert durch das Dreieck SNGo, liegen signifikante Wachstumszunahmen in der Sagittalen zum Stadium CS3, CS4 und CS6 mit 1,5%, 2,2% und 1,2% vor. In der Vertikalen stellen sich jährlich signifikante Wachstumszunahmen zwischen CS3-CS6 von 2,1-4,0% dar. Die Klimax liegt dabei jeweils im Stadium CS4 mit 2,2% für die D1 und 4,0% für die D2. Insgesamt zeigen sich in der Sagittalen Wachstumszunahmen von 9,2% und in der Vertikalen von 16,5%. Gegenüber der Kontrollgruppe lassen sich keine signifikanten Unterschiede nachweisen. Die weiblichen Probandinnen der Untersuchungsgruppe weisen durchweg verringerte Wachstumszunahmen im posterioren vertikalen Bereich des Gesichtsschädels als die Probandinnen der Kontrollgruppe auf, wofür im Stadium CS3 und CS4 signifikante Differenzen von 2,7% bzw. 6,0% dokumentiert werden. Dadurch zeigt sich bei den Mädchen der Angle-Klasse II/1 gegenüber denen mit normaler Okklusion ein signifikantes Defizit im posterioren vertikalen Wachstum zur Mitte der Pubertät. Im Vergleich zur Kephalometrie lässt sich hierbei jedoch nicht zwangsläufig durch geringere Vertikalentwicklung ein markanteres vertikales Wachstumsmuster bzw. eine „clockwise“ Rotation der Mandibula ableiten, da diesbezüglich zum einen die absoluten metrischen Parameter und andererseits die Relation zur vorderen Gesichtshöhe fehlen. Im kephalometrischen Vergleich ist bei Ngan et al. (1997) bei Probandinnen mit Angle-Klasse II/1 zur Zeit des puberalen Wachstums übereinstimmend ein vermehrt vertikales Wachstumsmuster durch eine deutliche Reduktion des Quotienten aus hinterer und vorderer Gesichtshöhe erkennbar. Buschang et al. (1988) stellen kephalometrisch bei 6- bis 15-Jährigen ebenfalls keine signifikanten Unterschiede im Wachstumsmuster fest, finden allerdings einen Trend für vertikaleres Wachstum bei Klasse II Probanden. Auch Riesmeijer et al. (2004) berichten über signifikante Unterschiede im Wachstumsmuster, das

durch eine Zunahme des Winkels zwischen Schädelbasis und Unterkieferplanum (Sella-Nasion zu Gonion-Menton) bei der männlichen und weiblichen Angle-Klasse II geprägt ist.

Im geschlechtsspezifischen Vergleich innerhalb der Angle-Klasse II/1 sind einzig im Stadium CS4 signifikant größere Wachstumszunahmen im posterioren vertikalen Bereich des Gesichtsschädels von 4,2% bei den männlichen Probanden im Vergleich zu den weiblichen Probandinnen nachweisbar.

Aus den Untersuchungen im Dreieck SGoGn, den Bereich zwischen der hinteren Gesichtshöhe und dem Kinn wiedergebend, gehen jährlich signifikante Wachstumszunahmen sowohl in ventrokaudaler (D1) als auch in ventrokranialer (D2) Richtung von 2,7-3,3% bzw. 4,4-5,1% bis zum Stadium CS5 hervor. Ein spätpuberales Wachstum ist mit Amplituden im Stadium CS5 respektive CS4 charakteristisch, das postpuberal mit 1,3% bzw. 3,0% dezeleriert. Insgesamt überwiegen die Wachstumszunahmen mit 22,2% in ventrokranialer gegenüber 13,1% in ventrokaudaler Richtung. Neben einem ähnlichen Wachstumsverhalten der Probanden ohne Gebissanomalie zeigen sich im Stadium CS3 um 2,0% signifikant größere Wachstumszunahmen und ein Trend zum Stadium CS4 mit 1,8% Differenz in ventrokaudaler Richtung. Somit unterscheiden sich Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie zum Stadium des maximalen puberalen Wachstums schubs signifikant durch geringeres ventrokaudales Wachstum. Im geschlechtsspezifischen Gruppenvergleich zwischen den weiblichen Probandinnen mit und ohne Gebissanomalie werden oben genannte Differenzen in ventrokaudaler Richtung mit Signifikanzen zum Stadium CS3 und CS4 von 2,4% bzw. 2,7% bestätigt. Folglich ist das Wachstum im Bereich SGoGn von Mädchen mit Angle-Klasse II/1 durch ein signifikantes Defizit zum maximalen puberalen Wachstum in ventrokaudaler Richtung gekennzeichnet. Für die kphalometrische Analyse zwischen den Punkten Sella und Gnathion wurden unter Beachtung des chronologischen Alters bis 15 Jahren ebenfalls verringerte Wachstumsraten bei Probanden mit Angle-Klasse II/1 publiziert (Buschang et al., 1988; Kerr und Hirst, 1987). Angesichts der Ausrichtung der D2 ist zu erwähnen, dass diese nahezu parallel zur Strecke Condylion-Gnathion verläuft und somit Wachstumsprozesse wider spiegelt, die stark denen der „*total mandibular length*“ (Stahl et al. 2008) ähneln. Diese „*gesamte Unterkieferlänge*“ (Condylion-Gnathion) ist laut Stahl et al. (2008) durch kphalometrische Analyse unter Beachtung der individuellen skelettalen Reife bei Angle-

Klasse II/1 Probanden signifikant verkleinert – einerseits durchweg für das prä- bis postpuberale Stadium und andererseits besonders zum maximalen puberalen Wachstums- spurt. Gleichermaßen wurde von Baccetti et al. (2009) für den postpuberalen Zeitraum nachgewiesen. Es bestätigt sich demnach dieses wesentliche Wachstumsdefizit bei Probanden mit Angle-Klasse II/1 während der Pubertät. Ngan et al. (1997) konnten durch die Tensoranalyse gleichfalls verringerte Wachstumsveränderungen im Bereich des Dreiecks SGoGn bei weiblichen Probandinnen mit Angle-Klasse II/1 im Alter von 7 bis 14 Jahren feststellen, die mit jährlichen Zunahmen von 1-7% variierten; dabei wurden jedoch keine genaueren Angaben zwischen ventrokranialer oder -kaudaler Richtung gemacht.

Der geschlechtsspezifische Vergleich innerhalb der Untersuchungsgruppe weist keinerlei Evidenz auf.

Im Bereich der Mandibula zwischen dem Symphysenboden und dem aufsteigenden Ast, beschrieben durch das Dreieck CoGoMe, sind zu allen Zeitpunkten gleichmäßige signifikante Wachstumszunahmen von jährlich 3,2-3,6% in ventrokaudaler und 5,1-6,3% in ventrokranialer Richtung nachweisbar. Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie weisen ein verhältnismäßig geradliniges Wachstumsverhalten mit spätpuberaler Amplitude (CS5) gefolgt von dezeleriertem Wachstum auf. Über den gesamten Beobachtungszeitraum dominieren die jährlichen Wachstumszunahmen in ventrokranialer Richtung und erreichen postpuberal insgesamt 27,0% gegenüber 15,0% in ventrokaudaler Richtung. Im Vergleich zur Kontrollgruppe ergeben sich neben einem Trend im Stadium CS6 von 3,6% reduziertem Wachstum in ventrokranialer Richtung keine signifikanten Unterschiede. Beim Vergleich zwischen den weiblichen Probandinnen beider Gruppen sind in ventrokranialer Richtung zum Stadium CS2 signifikant geringere Wachstums- zunahmen von 4,0% bei Probandinnen mit Angle-Klasse II/1 evident. Dieses Wachstums- defizit bleibt als statistischer Trend bis ins Stadium CS4 mit 7,7% bestehen. Dadurch ergeben sich vor allem bei weiblichen Probandinnen mit Angle-Klasse II/1 Gebissano- malie statistisch nachweisbare Defizite gegenüber weiblichen Probandinnen ohne Gebiss- anomalie in sagittaler und vertikaler Richtung. Dadurch ist ihnen einerseits eine „clock- wise“ Rotation des Unterkieferbereichs charakteristisch. Andererseits bestehen die Unterschiede bereits seit der präpuberalen Wachstumsphase und bleiben – wenn auch als Trend – postpuberal bestehen. Dass die spezifischen Eigenschaften der Wachstums- prozesse bei Angle-Klasse II/1 zum Teil schon präpuberal offensichtlich sind, sich im

Laufe der Pubertät manifestieren und keine Selbstausheilungstendenz aufweisen, wurde bereits durch mehrere Autoren beschrieben (Baccetti et al., 1997b; Baccetti et al., 2009; Bishara et al., 1988; Fröhlich, 1962; Stahl et al., 2008; Vásquez et al., 2009). Die Feststellung, dass Mädchen mit Angle-Klasse II/1 zur Zeit des puberalen Wachstums vermehrtes Wachstum im Sinne einer posterioren Rotation des Unterkiefers durchlaufen, wurde von Ngan et al. (1997) anhand der Reduktion des Quotienten aus hinterer und vorderer Gesichtshöhe kephalometrisch gegenteilig dargestellt. Daneben reichen die Dokumentationen in der Literatur bezüglich des Wachstumsmusters respektive der vertikalen Wachstumsprozesse über keinerlei signifikante Unterschiede (Baccetti et al., 2009; Rothstein und Yoon-Tarlie, 2000; Stahl et al., 2008) bis hin zu vertikalem Wachstum im Bereich der vorderen Gesichtshöhe (Bishara et al., 1997; Kerr und Hirst, 1987). Aufgrund der vielseitigen und heterogenen Studiendesigns ist eine Relation der vorliegenden zu publizierten Ergebnissen sehr vage und dient eher der Veranschaulichung des Mangels an vergleichbarem Datenmaterial.

Im geschlechtsspezifischen Vergleich innerhalb der Untersuchungsgruppe sind keine statistisch relevanten Unterschiede nachweisbar.

Die Analyse des Unterkieferwachstums im Bereich zwischen aufsteigendem Ast und anteriorem Alveolarfortsatz, charakterisiert durch das Dreieck CoGoB, ergibt durchweg signifikante Wachstumszunahmen von jährlich 1,0-3,0% in ventrokaudaler und 4,9-6,2% in ventrokranialer Richtung, die postpuberal insgesamt 11,1% bzw. 25,8% erreichen. Die Maxima werden jeweils im Stadium CS4 mit 3,0% (D1) bzw. CS5 mit 6,2% (D2) erreicht, woraus ein spätpuberales Wachstumsverhalten resultiert. Komparativ zur Angle-Klasse I lassen sich keine signifikanten Unterschiede beobachten. Im Vergleich zwischen den weiblichen Probandinnen mit und ohne Gebissanomalie ist zum Stadium CS3 eine Differenz von 4,9% in ventrokranialer Richtung nachweisbar. Demnach ist zum maximalen puberalen Wachstumsschub eine ausgeprägtere „clockwise“ Rotation bei weiblichen Probandinnen mit Angle-Klasse II/1 apparent.

Innerhalb der Angle-Klasse II/1 sind keinerlei geschlechtsspezifische Unterschiede evident.

Intermaxillärer Bereich

Im Bereich zwischen der Sella turcica, der anterioren Maxilla und dem knöchernen Kinn, beschrieben durch das Dreieck SAGn, lassen sich in primär kaudaler Richtung signifikante Wachstumszunahmen von 3,7% und 3,1 % zum Stadium des maximalen puberalen Wachstums (CS3) bzw. spätpuberal (CS5) nachweisen. Über den gesamten Beobachtungszeitraum finden Größenzunahmen von 14,6% in vertikaler und 2,8% in sagittaler Richtung statt. Zwischen der Untersuchungs- und Kontrollgruppe sind neben einem sehr ähnlichen Wachstumsverhalten signifikante Unterschiede von 1,7% zum Stadium CS3 und 2,1% zum Stadium CS6 als statistischer Trend nachweisbar, woraus geringere relative Wachstumszunahmen in vertikaler Richtung bei Probanden mit Angle-Klasse II/1 resultieren.

Diese Beobachtung bestätigt sich im geschlechtsspezifischen Vergleich zur Kontrollgruppe: Jungen mit Gebissanomalie weisen postpuberal (CS6) signifikant geringere vertikale Wachstumszunahmen von 3,9% auf als Jungen ohne Gebissanomalie. Mädchen mit Angle-Klasse II/1 erfahren zu den Stadien CS3 und CS4 ein um 2,1% und 2,7% signifikant reduziertes Größenwachstum als Mädchen mit normaler Okklusion.

Im geschlechtsspezifischen Vergleich innerhalb der Untersuchungsgruppe ergeben sich im intermaxillären Bereich durchweg signifikant größere Wachstumszunahmen von 3,1- 5,4% in dorsokaudaler Richtung bei den männlichen Probanden.

Die Wachstumsprozesse im intermaxillären Bereich zwischen Sella turcica und beiden Kiefern jeweils auf Höhe des anterioren Alveolarfortsatzes, repräsentiert durch das Dreieck SAB, verhalten sich sehr ähnlich zu denen, die sich im Dreieck SAGn darstellen. In der Vertikalen sind relativ gleichmäßige jährliche Zuwächse von bis zu 4,1% mit postpuberaler Reduktion erkennbar, während die Wachstumszunahmen in der Sagittalen jährlich mit unter 1,9% deutlich schwanken. Über den gesamten Beobachtungszeitraum werden Zuwächse von 9,5% bzw. 5,0% für die vertikale respektive sagittale Richtung erreicht. Die genannten Entwicklungsprozesse bei Probanden mit Angle-Klasse II/1 unterliegen dabei hingegen keinerlei statistischer Signifikanz. Im Vergleich zur Kontrollgruppe sind jedoch wesentliche Unterschiede nachweisbar: In der Vertikalen unterliegen die Wachstumszunahmen der Probanden mit Angle-Klasse II/1 durchweg, wofür sich

zum Stadium CS2 ein statistischer Trend mit 7,4% Differenz und signifikant verringerte Werte zum Stadium CS3 von 3,5% und zum Stadium CS6 von 4,1% nachweisen lassen. In posterior-sagittaler Richtung übersteigen die Werte der Untersuchungsgruppe permanent die der Kontrollgruppe, wofür zum Stadium CS3 eine signifikante Differenz von 2,9% feststellbar ist. Daraus folgt, dass die Wachstumsprozesse im intermaxillären Bereich bei Angle-Klasse II/1 Probanden durch signifikante Wachstumsdefizite sowohl in vertikaler als auch in sagittaler Richtung gekennzeichnet sind. Gleichermaßen lässt sich im Vergleich der Jungen mit und ohne Gebissanomalie konstatieren: Demzufolge sind stärkere vertikale Wachstumszunahmen für männliche Probanden mit normaler Okklusion zum Stadium des maximalen puberalen Wachstumsspulses von 3,5% und besonders zum Ende der Pubertät von 7,4% charakteristisch. In der Sagittalen lässt sich zum Stadium CS3 ein um 4,0% ausgeprägteres Wachstum bei den Jungen mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie nachweisen, das als statistischer Trend zum Stadium CS4 und CS6 von 5,0% bzw. 4,3% persistiert, wonach sich der intermaxilläre Bereich bei Jungen mit Angle-Klasse II/1 mehr nach posterior entwickelt.

Bei den Probanden mit Angle-Klasse II/1 lassen sich im Dreieck SAB keinerlei signifikante geschlechtsspezifische Unterschiede nachweisen.

Aufgrund fehlender adäquater Studien lassen sich die Wachstumsvorgänge im intermaxillären Bereich nicht in den Forschungskontext einordnen.

Ableitungen für kieferorthopädische Interventionen

Durch die in der vorgelegten Studie dokumentierten Ergebnisse konnte zum Teil bestätigt werden, dass bei der Angle-Klasse II Gebissanomalie keine Selbstausheilungstendenz besteht (Baccetti et al., 1997b; Baccetti et al., 2009; Bishara et al., 1988; Fröhlich, 1962; Stahl et al., 2008; Vásquez et al., 2009). Wenngleich nur relative Wachstumsveränderungen eruiert werden können, zeigt sich dies durch die Diskrepanzen bei Probanden mit Gebissanomalie, die vereinzelt bereits zu Beginn der Pubertät vorlagen. Ferner waren signifikante defizitäre Wachstumsunterschiede bei Probanden mit Angle-Klasse II/1 während des gesamten Beobachtungszeitraums apparent, die partiell postpuberal persistierten. Folglich ist das therapeutische Einschreiten zur Behebung der Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie durch den Kieferorthopäden zwingend notwendig, der laut Tulloch et al.

(1997) in der Lage ist – wenn auch in geringem, aber bedeutendem Maße – maxilläres Wachstum zu unterstützen und einzuengen sowie mandibuläres Wachstum zu begünstigen und einzuschränken.

In der Kieferorthopädie stellt sich oft die Frage, wann der ideale Behandlungszeitraum zur Behebung einer Gebissanomalie vorliegt. Dass bereits in jungen Jahren Wachstumsprozesse stimuliert werden können, wies McNamara (1973) in einer experimentellen Studie an Primaten mit höchst signifikanten Wachstumszunahmen im Kondylusbereich während der Milchgebissphase im Vergleich zu älteren Tieren nach. Die Möglichkeit, das kondyläre Wachstum bei Kindern zu stimulieren, ist laut Petrovic und Stutzmann (1993) bereits im Alter von 5-7 Jahren sehr effektiv. Bezuglich der Effektivität funktionskieferorthopädischer Behandlungen werden Therapiezeitpunkte postuliert, die den puberalen Spurt abdecken sollten (Hägg und Pancherz, 1988; Petrovic et al., 1990; Stahl et al., 2008). Aufgrund der vergrößerten Wachstumszunahmen zum maximalen puberalen Wachstumsschub sollte der Behandlungszeitpunkt für Patienten mit Angle-Klasse II das Stadium CS3 miteinbeziehen (Baccetti et al., 2005), bzw. ist deren Behandlung im Stadium CS3-CS4 am wahrscheinlichsten (Ball et al., 2011) oder führt gar am wahrscheinlichsten zum Erfolg. Diese Empfehlungen können durch die eigenen Ergebnisse attestiert werden, da die Amplituden der jährlichen Wachstumsveränderungen überzählig im Stadium CS3 registriert wurden. Darüber hinaus fanden sich markante spätpuberalen Zuwächse oder gar Wachstumsmaxima, sodass auch diese fortgeschrittene Phase der Pubertät eine prägnante Rolle in der Therapiedauer oder des Therapiezeitpunkts spielen sollte. Wenngleich auch signifikante präpuberale Wachstumsprozesse nachweisbar sind und folglich frühzeitig das Wachstumspotenzial stimulierbar ist, sollten der Behandler und der Patient gemeinsam abwägen, inwieweit eine Therapie bei individueller Ausprägung über die gesamte Pubertät notwendig, zumutbar oder aber ab dem maximalen puberalen Wachstumsschub ausreichend ist. Je nach Schwere der Anomalie ist somit eine langwierige oder eine kurzzeitige apparative Therapie empfehlenswert, die sich jedoch stets an der individuellen skelettalen Reife und nicht an dem chronologischen oder dentalen Alter orientieren sollte. Da sich die individuelle skelettale Reife durch die CVM-Methode (Baccetti et al., 2002; Baccetti et al., 2005) anhand eines einzigen Fernröntgenseitenbildes bestimmen lässt, ist es nicht nötig, eine zusätzliche Handröntgenaufnahme anzufertigen, die eine weitere Strahlenexposition zur Folge hätte (Stiehl et al., 2009). Da sie bei geübten Untersuchern als reproduzierbare und verlässliche Methode (Rainey et

al., 2016) angesehen wird und die Zuverlässigkeit, anhand der Morphologie der Halswirbelkörper den maximalen puberalen Wachstumsspurt zu identifizieren, mit 87-100% verhältnismäßig hoch ist (Ball et al., 2011; Franchi et al., 2000; Perinetti et al., 2016; Soegiharto et al., 2008), sollte die CVM-Methode (Baccetti et al., 2002; Baccetti et al., 2005) bei Fragestellungen bezüglich der individuellen skelettalen Reife stets Anwendung finden. Auch wenn Kritiker eine schlechte Reproduzierbarkeit von 62% angeben (Gabriel et al., 2009; Nestman et al., 2011), so sollte bedacht werden, dass die Halswirbelkörper in der Regel auf dem Fernröntgenseitenbild abgebildet sind und dementsprechend ohnehin zur Beurteilung zur Verfügung stehen.

Durch die vorliegende Arbeit konnten fehlende tensoranalytische Basisdaten der relativen Wachstumsveränderungen im Gesichtsschädelbereich unbehandelter Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie in der peripuberalen Entwicklungsphase geliefert werden. Diese Erkenntnisse sollten nachfolgenden Studien als Vergleich dienen und so im Sinne der American Association of Orthodontists Foundation (AAOF) genutzt werden, um bestehendes Wissen über das Gesichtsschädelwachstum zu bereichern und weiterzuentwickeln. Dementsprechend sollten die Längsschnittdaten der unbehandelten Probanden mit Angle-Klasse II als Kontrollen in Studien verwendet werden, um die Effektivität bei mandibulärem Wachstum zu prüfen (Stahl et al., 2008).

Die Literaturrecherche der vorliegenden Studie hat gezeigt, dass das Interesse an den spezifischen Wachstumsprozessen der Angle-Klasse II/1 zwar sehr groß ist, aber eine Vergleichbarkeit wegen teils gravierender Diversität der Studiendesigns äußerst begrenzt oder schier unmöglich ist. Aus diesem Grund ist es empfehlenswert, Standards einzuführen, die auf internationaler Ebene Gültigkeit finden. So ließe sich in zukünftigen Studien aus methodischer Sicht mehr Homogenität erzielen und folglich eine aussagekräftige Basis schaffen, auf deren Grundlage das Wissen um Wachstumsprozesse oder Therapieerfolge bewährter oder neuartiger Behandlungsmethoden erweitert werden kann. Diese Standards können sowohl in retro- als auch prospektiven Studien Verwendung finden und sollten beispielsweise von der radiologischen Befundung über die ausgewählten anatomischen Strukturen, die Analysemethode, die Auswahl der Probanden bis zur Bestimmung der individuellen skelettalen Reife reichen. Überdies sollten Zentren auf nationaler wie internationaler Ebene einen kooperativen Beitrag leisten, die vorhandenen Datensätze zu ergänzen oder gar zu vereinen, um so die Quantität der Probanden zu steigern. Hinzu kommt, dass diese groß angelegten Longitudinalstudien wie von Proffit et al. (2007) und Hunter et al. (1993) beschrieben als unersetbar angesehen werden, da es schier unmöglich ist, eine weitere Studie mit solchem Umfang, auch in Anbetracht der ethischen und wirtschaftlichen Aspekte erneut ins Leben zu rufen.

Auch wenn durch die Tensoranalyse gegenüber der konventionellen Kephalometrie detailliertere Informationen über die Richtung und das relative Ausmaß von Wachstumsveränderungen ermöglicht werden, so gehen wie bereits erwähnt mit ihr auch einige Nachteile einher, zu denen beispielsweise die fehlende Beurteilung sowohl der Position einer anatomischen Struktur oder auch der absoluten Wachstumszuwächse zählen. Um Ableitungen über absolute Größenveränderungen treffen zu können, müsste die Tensoranalyse mit einer metrischen Komponente und vor allem einer wachstumsstabilen Struktur im Referenzbild gekoppelt werden. Letztere wird in der Literatur durch die „*stable basicranial line*“ oder auch „*static basicranial line*“ (frei übersetzt: „stabile Schädelbasislinie“) angegeben (Baccetti et al., 1997b; Viazis, 1991). Kombiniert mit einigen kephalometrischen Parametern könnten somit in zukünftigen Studien auch die bestehenden Limitationen der Tensoranalyse reduziert werden, um die Wachstumsprozesse im Gesichtsschädelbereich noch exakter beschreiben zu können.

Das Ziel dieser Studie war es, die longitudinalen Wachstumsveränderungen im Gesichtsschädelbereich von unbehandelten Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie unter Berücksichtigung der individuellen skelettalen Reife vom prä- bis zum postpuberalen Stadium zu untersuchen und etwaige Unterschiede zu unbehandelten Probanden mit normaler Okklusion zu evaluieren. Dabei sollte die *Rostocker Tensoranalyse (ROTA)* Verwendung finden, um unabhängig von Referenzsystemen und individuellen Größenunterschieden selbst geringe Wachstumsveränderungen in Ausmaß und Richtung zu untersuchen, wozu die konventionelle Kephalometrie nicht im Stande ist. Daneben sollten geschlechtsspezifische Vergleiche innerhalb und zwischen den Gruppen evaluiert werden. Die daraus gewonnenen Daten sollten Rückschlüsse für den idealen Behandlungszeitpunkt, die Dauer und die Intensität kieferorthopädisch therapeutischer Interventionen bei Patienten mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie im Wachstumsalter erlauben.

Zu Beginn der Arbeit stand eine strukturierte Literaturrecherche, welche die Merkmale der publizierten Untersuchungen in methodischer Hinsicht und die Ergebnisse bezüglich des Wachstums der Angle-Klasse II/1 umfasste. Dabei lagen die Länge des Untersuchungszeitraums, die angewendeten Analyseverfahren und die Ermittlungen des Alters bzw. der individuellen skelettalen Reife im Fokus.

Die Untersuchungsgruppe umfasste 49 unbehandelte Probanden (25 männliche, 24 weibliche) mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie aus dem Längsschnittdatenmaterial der Universität Michigan, der Denver Wachstumsstudie und aus der Wachstumsstudie der Universität Rostock. Als Kontrollgruppe dienten 31 unbehandelte Probanden (16 männliche, 15 weibliche) mit normaler Okklusion aus der Wachstumsstudie der Universität Rostock. Es wurde die individuelle skelettale Reife jedes Probanden anhand der CVM-Methode (Baccetti et al., 2002; Baccetti et al., 2005) in sechs aufeinanderfolgenden Stadien vom prä- bis zum postpuberalen Zeitraum ermittelt. Insgesamt wurden 414 Fernröntgenseitenbilder mit Hilfe der *Rostocker Tensoranalyse (ROTA)* untersucht. Durch die Tensoranalyse sollten unabhängig von Referenzstrukturen das Ausmaß und die Richtung der Wachstumsvorgänge in ausgewählten Bereichen des Gesichtsschädels untersucht werden, die durch die häufig verwendete konventionelle Kephalometrie nicht eruierbar sind.

In der statistischen Analyse erfolgte zuerst eine deskriptive Auswertung des Datenmaterials. Statistische Vergleiche zwischen den Gruppen sind für quantitative Parameter mit dem t-Test für unabhängige Stichproben bzw. mit dem U-Test von Mann-Whitney realisiert worden. Mit dem Kolmogorov-Smirnov-Test wurde auf Normalverteilung getestet. Statistische Vergleiche innerhalb der Kontroll- und Untersuchungsgruppe zwischen den Reifestadien wurden mittels der Einfaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung realisiert. Paarweise Vergleiche wurden nur für die Parameter durchgeführt, deren Pillai-Spur im multivariaten Test einen p-Wert von $p \leq 0,05$ aufwies. Alle p-Werte waren das Resultat zweiseitiger statistischer Tests, wobei prinzipiell $p \leq 0,05$ als statistisch signifikant und $p \leq 0,1$ als statistischer Trend angesehen wurde. Die Berechnung des intraindividuellen methodischen Fehlers erfolgte anhand von 10 zufällig ausgewählten Probanden nach Dahlberg (1940). Die Fehleranalyse ergab keine statistisch signifikanten Unterschiede.

Die Ergebnisse der vorliegenden Dissertationsschrift zeigen, dass durch die Tensoranalyse signifikante relative Wachstumszunahmen zwischen den Stadien der prä- bis postpuberalen Reife nachweisbar sind. Diese ließen sich ungeachtet individueller Größenunterschiede selbst bei geringem Ausmaß und in ihrer Richtung in allen untersuchten Regionen des Gesichtsschädels quantifizieren. Die Maxima der relativen Wachstumsveränderungen lagen hierbei zumeist im Stadium des maximalen puberalen Wachstumschubs (CS3), persistierten teilweise wenige Jahre oder ereigneten sich erst gegen Ende der Pubertät. Im Unterkieferbereich der Dreiecke CoGoMe und CoGoB konnten signifikante Wachstumsdefizite bei Probanden mit Angle-Klasse II/1 bereits zu Beginn der Pubertät nachgewiesen werden, die bis zum Ende des Beobachtungszeitraums bestehen blieben. Demnach konnte der Mangel an Selbstausheilungstendenz bei der Angle-Klasse II bestätigt werden (Baccetti et al., 1997b; Baccetti et al., 2009; Bishara et al., 1988; Fröhlich, 1962; Stahl et al., 2008; Vásquez et al., 2009). Auch wenn sich das Wachstumsverhalten beider Gruppen teils stark ähnelt, konnten dennoch einige wesentliche signifikante Unterschiede von Probanden mit Angle-Klasse II/1 gegenüber denen mit normaler Okklusion dokumentiert werden: Hinsichtlich der Konfiguration der hinteren Schädelbasis ließen sich Wachstumsprozesse im Sinne eines retrognatheren Profiltypus bei Probanden mit Angle-Klasse II/1 nachweisen, die bei den weiblichen Probandinnen spätpuberal markanter als bei den männlichen Probanden verliefen. Im intermaxillären und vor allem im Bereich des Unterkiefers waren Defizite sowohl in vertikaler als auch

sagittaler Richtung feststellbar, aus denen zum Teil eine Verstärkung der Angle-Klasse II/1 gegenüber der Angle-Klasse I durch eher nach posterior orientierte Wachstumsprozesse resultiert. Ferner verwiesen die relativen Wachstumsveränderungen bei der Untersuchungsgruppe bezüglich des Rotationsmusters der Mandibula auf eine „clockwise“ Rotation. Geschlechtsspezifisch konnten bei den männlichen Probanden bis auf größere spätpuberalen Wachstumszunahmen in vertikaler Richtung im posterioren Unterkieferbereich (Dreieck SNGo) und durchweg ausgeprägtere Zuwächse im intermaxillären Bereich (Dreieck SAGn) in dorsokaudaler Richtung keine signifikanten Unterschiede verifiziert werden.

Da die Wachstumsdefizite der Angle-Klasse II/1 zum Teil über den gesamten prä- und postpuberalen Zeitraum vorliegen, erscheint ein therapeutischer Ansatz zu jeder Zeit denkbar. Dabei inkludiert der Zeitraum ab dem maximalen puberalen Wachstumsschub bis in die spätpuberalen Phasen die größten relativen Wachstumsveränderungen, wodurch dann die maximale Effektivität kieferorthopädischer Interventionen zu erwarten ist. Dementsprechend ist die Evaluation der individuellen skelettalen Reife von hoher Bedeutung, wozu sich die CVM-Methode (Baccetti et al., 2002; Baccetti et al., 2005) ohne zusätzlich notwendige Strahlenexposition bewährt hat.

Für weitere Studien ist zum einen zu empfehlen, die Tensoranalyse durch metrische Komponenten und die „stable basicranial line“ oder auch „static basicranial line“ (Baccetti et al., 1997b; Viazis, 1991) zu erweitern, um so noch exaktere Informationen zu den Wachstumsveränderungen zu erhalten und diese durch absolute Wachstumsveränderungen zu ergänzen. Zum anderen sind eine Zusammenarbeit von Zentren, die über Längsschnittdatenmaterial verfügen, und die Erhebung von internationalen Standards erstrebenswert, um dadurch die Aussagekraft durch eine einheitliche Methodik und größere Fallzahlen zu maximieren. Außerdem sollten gerade Studien von unbehandelten Probanden als Kontrollen dienen, um die Effektivität bei mandibulärem Wachstum zu prüfen (Stahl et al., 2008).

- 1 **Alali, OH:** A prospective controlled evaluation of Class II division 1 malocclusions treated with fixed lingual mandibular growth modifier. *The Angle Orthodontist*. 2014;84:527–533.
 - 2 **Altemus, LA:** Horizontal And Vertical Dentofacial Relationships In Normal And Class II Division I Malocclusion In Girls 11–15 Years*. *The Angle Orthodontist*. 1955;25:120–137.
 - 3 **American Association of Orthodontists Foundation (AAOF).**
<http://www.aaoflegacycollection.org>.
 - 4 **Anderson, DL; Popovich, F:** Lower cranial height vs craniofacial dimensions in Angle Class II malocclusion. *Angle Orthod.* 1983;53:253–260.
 - 5 **Angle, EH:** Classification of malocclusions. *Dental Cosmos*. 1899;248.
 - 6 **Angle, EH:** The Upper First Molar as a Basis of Diagnosis in Orthodontia. *Items of Interest*. 1906;421–439.
 - 7 **Angle, EH:** Treatment of Malocclusion of the Teeth. Philadelphia, S. S. White dental manufacturing Company, 1907.
 - 8 **Baccetti, T; Antonini, A; Franchi, L; Tonti, M; Tollaro, I:** Glenoid fossa position in different facial types: a cephalometric study. *British journal of orthodontics*. 1997a;24:55–59.
 - 9 **Baccetti, T; Franchi, L; McNamara, JA:** An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *The Angle Orthodontist*. 2002;72:316–323.
 - 10 **Baccetti, T; Franchi, L; McNamara, JA:** The Cervical Vertebral Maturation (CVM) Method for the Assessment of Optimal Treatment Timing in Dentofacial Orthopedics. *Seminars in Orthodontics*. 2005;11:119–129.
 - 11 **Baccetti, T; Franchi, L; McNamara, JA; Tollaro, I:** Early dentofacial features of Class II malocclusion: a longitudinal study from the deciduous through the mixed dentition. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1997b;111:502–509.
-

- 12 **Baccetti, T; Franchi, L; Toth, LR; McNamara, JA:** Treatment timing for Twin-block therapy. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2000;118:159–170.
- 13 **Baccetti, T; Stahl, F; McNamara, JA:** Dentofacial growth changes in subjects with untreated Class II malocclusion from late puberty through young adulthood. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2009;135:148–154.
- 14 **Bacon, W; Eiller, V; Hildwein, M; Dubois, G:** The cranial base in subjects with dental and skeletal Class II. *European journal of orthodontics*. 1992;14:224–228.
- 15 **Ball, G; Woodside, D; Tompson, B; Hunter, WS; Posluns, J:** Relationship between cervical vertebral maturation and mandibular growth. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2011;139:e455-61.
- 16 **Bathia, SN; Leighton, BC:** A Manual of Facial Growth of Longitudinal Cephalometric Growth Data, Oxford University Press, 1993.
- 17 **Battagel, JM:** The aetiology of Class III malocclusion examined by tensor analysis. *British journal of orthodontics*. 1993;20:283–295.
- 18 **Battagel, JM:** Facial growth of males and females compared by tensor analysis. *British journal of orthodontics*. 1994;21:245–257.
- 19 **Battagel, JM:** Tensor analysis of facial growth in males. *European journal of orthodontics*. 1995;17:215–229.
- 20 **Battagel, JM:** The use of tensor analysis to investigate facial changes in treated class II division 1 malocclusions. *European journal of orthodontics*. 1996;18:41–54.
- 21 **Baumrind, S:** Prediction in the planning and conduct of orthodontic treatment. in: Melsen B (ed): *Current controversies in orthodontics*. Chicago, Quintessence Pub. Co, 1991, 25–43.
- 22 **Beetke, S:** *Gesichtsschädelwachstum bei orthognathen Patienten: eine Longitudinalstudie vom 6. bis 18. Lebensjahr mittels Tensoranalyse*. Dissertation. Universität Rostock. 2003.

- 23 **Behrents, RG:** Growth in the aging craniofacial skeleton. University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, Center for Human Growth and Development, 1985.
- 24 **Bishara, SE:** Mandibular changes in persons with untreated and treated Class II division 1 malocclusion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1998;113:661–673.
- 25 **Bishara, SE; Hoppens, BJ; Jakobsen, JR; Kohout, FJ:** Changes in the molar relationship between the deciduous and permanent dentitions: a longitudinal study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1988;93:19–28.
- 26 **Bishara, SE; Jakobsen, JR; Vorhies, B; Bayati, P:** Changes in dentofacial structures in untreated Class II division 1 and normal subjects: a longitudinal study. *The Angle Orthodontist*. 1997;67:55–66.
- 27 **Bishara, SE; Treder, JE; Jakobsen, JR:** Facial and dental changes in adulthood. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1994;106:175–186.
- 28 **Björk, A; Helm, S:** Prediction of the age of maximum puberal growth in body height. *The Angle Orthodontist*. 1967;37:134–143.
- 29 **Björk, A; Krebs, A; Solow, B:** A method for epidemiological registration of malocclusion. *Acta odontologica Scandinavica*. 1964;22:27–40.
- 30 **Blair, ES:** A Cephalometric Roentgenographic Appraisal of the Skeletal Morphology of Class I, Class II, Div. 1, and Class II, Div. 2 (Angle) Malocclusions. *The Angle Orthodontist*. 1954;24:106–119.
- 31 **Book, D; Lavelle, C:** Changes in craniofacial size and shape with two modes of orthodontic treatment. *Journal of craniofacial genetics and developmental biology*. 1988;8:207–223.
- 32 **Bookstein, FL:** On the cephalometrics of skeletal change. *American Journal of Orthodontics*. 1982;82:177–198.
- 33 **Bookstein, FL:** A statistical method for biological shape comparisons. *Journal of theoretical biology*. 1984;107:475–520.
- 34 **Broadbent, BH:** A new x-ray technique and its application to orthodontia. *The Angle Orthodontist*. 1931:45–66.

- 35 **Brune, A:** Wirkung funktionskieferorthopädischer Geräte bei der Behandlung der Angle-Klasse II/1 - eine Auswertung mit Hilfe der Rostocker Kephalometrischen Analyse und der Rostocker Tensoranalyse. Rostock, 2011.
- 36 **Buschang, PH; Tanguay, R; Demirjian, A; LaPalme, L; Turkewicz, J:** Mathematical models of longitudinal mandibular growth for children with normal and untreated Class II, division 1 malocclusion. European journal of orthodontics. 1988;10:227–234.
- 37 **Buschang, PH; Tanguay, R; Turkewicz, J; Demirjian, A; La Palme, L:** A polynomial approach to craniofacial growth: description and comparison of adolescent males with normal occlusion and those with untreated Class II malocclusion. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 1986;90:437–442.
- 38 **Cangialosi, TJ; Moss, ML; McAlarney, ME; Nirenblatt, BD; Yuan, M:** An evaluation of growth changes and treatment effects in Class II, Division 1 malocclusion with conventional roentgenographic cephalometry and finite element method analysis. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 1994;105:153–160.
- 39 **Chang, HP; Liao, CH; Yang, YH; Chang, HF; Chen, KC:** Correlation of cervical vertebra maturation with hand-wrist maturation in children. The Kaohsiung journal of medical sciences. 2001;17:29–35.
- 40 **Chen, JY; Will, LA; Niederman, R:** Analysis of efficacy of functional appliances on mandibular growth. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 2002;122:470–476.
- 41 **Chumela, WC; Roche, AF; Thissen, D:** The FELS method of assessing the skeletal maturity of the hand-wrist. American Journal of Human Biology. 1989;1:175–183.
- 42 **Dahlberg, G:** Statistical methods for medical and biological students, G. Allen & Unwin ltd, 1940.
- 43 **Dibbets, JM:** Morphological associations between the Angle classes. European journal of orthodontics. 1996;18:111–118.
- 44 **Droschl, H:** Die Fernröntgenwerte unbehandelter Kinder zwischen dem 6. und 15. Lebensjahr. Berlin, Quintessenz, 1984.

- 45 **Eckardt, L; Gebert, E; Harzer, W:** Tensor analytical evaluation of the effects of a skeletonized activator in the treatment of Class II, Division 1 patients. *Journal of orofacial orthopedics - Fortschritte der Kieferorthopädie.* 2001;62:337–349.
- 46 **El Refaei, AK; Fayed, MM; Heider, A; Mostafa, YA:** Treatment of a complex malocclusion in a growing skeletal Class II patient. *Journal of clinical orthodontics.* 2014;48:181–189.
- 47 **El-Mangoury, NH; Mostafa, YA:** Epidemiologic panorama of dental occlusion. *The Angle Orthodontist.* 1990;60:207–214.
- 48 **Enlow, DH:** *The Human Face: An Account of the Postnatal Growth and Development of the Craniofacial Skeleton.* New York, Hoeber Medical Division, Harpers & Row, 1968.
- 49 **Enlow, DH:** *Handbook of facial growth*, 2nd edition. Philadelphia, Saunders Co., 1982.
- 50 **Formby, WA; Nanda, RS; Currier, GF:** Longitudinal changes in the adult facial profile. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 1994;105:464–476.
- 51 **Forsberg, CM; Odenrick, L:** Skeletal and soft tissue response to activator treatment. *European journal of orthodontics.* 1981;3:247–253.
- 52 **Franchi, L; Baccetti, T; McNamara, JA:** Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2000;118:335–340.
- 53 **Fröhlich, FJ:** Changes In Untreated Class II Type Malocclusions. *The Angle Orthodontist.* 1962;32:167–179.
- 54 **Gabriel, DB; Southard, KA; Qian, F; Marshall, SD; Franciscus, RG; Southard, TE:** Cervical vertebrae maturation method: poor reproducibility. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics.* 2009;136:478.e1-7; discussion 478-80.
- 55 **Gesch, D:** A longitudinal study on growth in untreated children with Angle Class II, Division 1 malocclusion. *Journal of orofacial orthopedics - Fortschritte der Kieferorthopädie.* 2000;61:20–33.

- 56 **Giuntini, V; Toffol, LD; Franchi, L; Baccetti, T:** Glenoid Fossa Position in Class II Malocclusion Associated with Mandibular Retrusio. The Angle Orthodontist. 2008;78:808–812.
- 57 **Grayson, BH; Weintraub, N; Bookstein, FL; McCarthy, JG:** A comparative cephalometric study of the cranial base in craniofacial anomalies: Part I: Tensor analysis. The Cleft palate journal. 1985;22:75–87.
- 58 **Greulich, WW; Pyle, SI:** Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist, 2. ed. Stanford, Calif, Stanford Univ. Press, 1959.
- 59 **Gu, Y; McNamara, JA:** Mandibular Growth Changes and Cervical Vertebral Maturation. The Angle Orthodontist. 2007;77:947–953.
- 60 **Hägg, U; Pancherz, H:** Dentofacial orthopaedics in relation to chronological age, growth period and skeletal development. An analysis of 72 male patients with Class II division 1 malocclusion treated with the Herbst appliance. European journal of orthodontics. 1988;10:169–176.
- 61 **Hägg, U; Taranger, J:** Maturation indicators and the pubertal growth spurt. American Journal of Orthodontics. 1982;82:299–309.
- 62 **Hassel, B; Farman, AG:** Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics. 1995;107:58–66.
- 63 **Hasund, A:** Klinische Kephalometrie für die Bergen-Technik, Universität in Bergen, Kieferorthopädische Abteilung des zahnärztlichen Institutes, 1974.
- 64 **Heckmann, U:** Längsschnittuntersuchungen über die Entwicklung des lückenlos angelegten Milchgebisses. Dtsch. Zahn-, Mund-, Kieferheilkd. 1973;61:161–167.
- 65 **Heckmann, U:** Längsschnittuntersuchungen der Gebißentwicklung und daraus resultierende Schlußfolgerungen für die kieferorthopädische Behandlungsplanung im Milchgebiss. Stomatol DDR. 1975;25:445–448.
- 66 **Heckmann, U; Grabowski, R; Brune, K:** Über die Breiten- und Längenentwicklung des Gebisses. Dtsch. Zahn-, Mund-, Kieferheilkd. 1974;62:429–435.
- 67 **Hofrath, H:** Die Bedeutung der Röntgenfern- und Abstandsaufnahme für die Diagnostik der Kieferanomalien. Fortschritte der Orthodontik. 1931;1:232–258.

- 68 **Hunter, CJ:** The correlation of facial growth with body height and skeletal maturation at adolescence. *The Angle Orthodontist.* 1966;36:44–54.
- 69 **Hunter, WS; Baumrind, S; Moyers, RE:** An inventory of United States and Canadian growth record sets: preliminary report. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 1993;103:545–555.
- 70 **Jacobson, A:** The "Wits" appraisal of jaw disharmony. *American Journal of Orthodontics.* 1975;67:125–138.
- 71 **Janson, I:** Skelettale und dentoalveolare Änderungen durch die Bionatorbehandlung in der vorpubertären und pubertären Wachstumszeit. *Journal of orofacial orthopedics - Fortschritte der Kieferorthopädie.* 1978;39:62–76.
- 72 **Jarabak, JR; Fizzell, JA:** Technique and treatment with light-wire edgewise appliances, ed 2. Saint Louis, Mosby, 1972.
- 73 **Järvinen, S:** Floating norms for the ANB angle as guidance for clinical considerations. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 1986;90:383–387.
- 74 **Järvinen, S:** Die Tensoranalyse in der kieferorthopädischen röntgenkephalometrischen Diagnostik. Eine Weiterentwicklung der Methode. *Zahn-, Mund-, und Kieferheilkunde mit Zentralblatt.* 1987;75:445–450.
- 75 **Järvinen, S:** Bewertung der Anwendbarkeit eines mathematischen Modells in der röntgenkephalometrischen Diagnostik der sagittalen Gebißanomalien. *Journal of orofacial orthopedics - Fortschritte der Kieferorthopädie.* 1989;50:465–472.
- 76 **Kelly, JE; Harvey, CR:** An assessment of the occlusion of the teeth of youths 12–17 years. *Vital and Health Statistics-Series 11.* 1977.
- 77 **Kelly, JE; Sanchez, M; Van Kirk, Lawrence E.:** An assessment of the occlusion of the teeth of children 6–11 years. *Vital and Health Statistics-Series 11.* 1973.
- 78 **Kerr, WJ; Hirst, D:** Craniofacial characteristics of subjects with normal and post-normal occlusions-a longitudinal study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 1987;92:207–212.

- 79 **Kerr, WJ; Miller, S; Ayme, B; Wilhelm, N:** Mandibular form and position in 10-year-old boys. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1994;106:115–120.
- 80 **Klink-Heckmann, U:** Variationen des Gesichtsschädel bei regelrechtem Gebiß - Eine Darstellung mittels Tensoranalyse. *Stomatol DDR*. 1979;29:828–831.
- 81 **Klink-Heckmann, U; Fischer, J:** Rostocker Tabellen für die Vermessung von Fernröntgenseitenbildern bei Kindern, Jugendlichen und jungen Erwachsenen, 1997.
- 82 **Kucukkeles, N; Acar, A; Biren, S; Arun, T:** Comparisons between cervical vertebrae and hand-wrist maturation for the assessment of skeletal maturity. *The Journal of clinical pediatric dentistry*. 1999;24:47–52.
- 83 **Lai, EH-H; Liu, J-P; Chang, JZ-C; Tsai, S-J; Yao, C-CJ; Chen, M-H; Chen, Y-J; Lin, C-P:** Radiographic assessment of skeletal maturation stages for orthodontic patients: hand-wrist bones or cervical vertebrae? *Journal of the Formosan Medical Association = Taiwan yi zhi*. 2008;107:316–325.
- 84 **Lamparski, DG:** Skeletal Age Assessment Utilizing Cervical Vertebrae. Pittsburgh, University of Pittsburgh, 1972.
- 85 **Lamparski, DG:** Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae. *American Journal of Orthodontics*. 1975;67:458–459.
- 86 **LeCornu, M; Cevidanes, LH; Zhu, H; Wu, C-D; Larson, B; Nguyen, T:** Three-dimensional treatment outcomes in Class II patients treated with the Herbst appliance: a pilot study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2013;144:818–830.
- 87 **Lewis, AB; Roche, AF:** Late Growth Changes in the Craniofacial Skeleton. *The Angle Orthodontist*. 1988;58:127–135.
- 88 **Lewis, AB; Roche, AF; Wagner, B:** Growth of the mandible during pubescence. *The Angle Orthodontist*. 1982;52:325–342.
- 89 **Lewis, AB; Roche, AF; Wagner, B:** Pubertal spurts in cranial base and mandible. Comparisons within individuals. *The Angle Orthodontist*. 1985;55:17–30.

- 90 **Marshall, WA:** Puberty. in: Falkner F, Tanner JM (eds): *Human growth*. London, United Kingdom, Baillière Tindall, 1978, 141–186.
- 91 **Massler, M; Frankel, JM:** Prevalence of malocclusion in children aged 14 to 18 years. *American Journal of Orthodontics*. 1951;37:751–768.
- 92 **McCammon, RW:** *Human growth and development*, Thomas, Charles C., 1970.
- 93 **McDowell, RM:** The use of lateral head radiographs for evaluating orthodontic results as distinguished from growth changes: Part I. Technique and statement of problem. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*. 1941;27:59–74.
- 94 **McLain, JB; Proffit, WR:** Oral health status in the United States: prevalence of malocclusion. *Journal of dental education*. 1985;49:386–397.
- 95 **McNamara, JA:** Neuromuscular and skeletal adaptations to altered function in the orofacial region. *American Journal of Orthodontics*. 1973;64:578–606.
- 96 **McNamara, JA:** A method of cephalometric evaluation. *American Journal of Orthodontics*. 1984;86:449–469.
- 97 **McNamara, JA; Bookstein, FL; Shaughnessy, TG:** Skeletal and dental changes following functional regulator therapy on class II patients. *American Journal of Orthodontics*. 1985;88:91–110.
- 98 **McNamara, JA; Brudon, WL:** *Orthodontics and dentofacial orthopedics*. Ann Arbor, Needham Press, 2001.
- 99 **Melsen, B:** The Cranial Base: The Postnatal Development of the Cranial Base Studied Histologically on Human Autopsy Material. *Acta odontologica Scandinavica*. 1974;32:1–126.
- 100 **Mills, JR:** Clinical control of craniofacial growth: sceptic's viewpoint. in: McNamara JA, Ribbens KA, Howe R.P. (eds): *Clinical alteration of the growing face*. University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, Center for Human Growth and Development, 1983.
- 101 **Moore, AW:** Head growth of the macaque monkey as revealed by vital staining, embedding, and undecalcified sectioning. *American Journal of Orthodontics*. 1949;35:654–671.

- 102 **Moore, AW:** Observations on facial growth and its clinical significance. *American Journal of Orthodontics*. 1959;45:399–423.
- 103 **Moss, ML; Skalak, R; Patel, H; Sen, K; Moss-Salentijn, L; Shinozuka, M; Vil-mann, H:** Finite element method modeling of craniofacial growth. *American Journal of Orthodontics*. 1985;87:453–472.
- 104 **Moyers, RE; Bookstein, FL:** The inappropriateness of conventional cephalometrics. *American Journal of Orthodontics*. 1979;75:599–617.
- 105 **Moyers, RE; Riolo, ML; Guire, KE; Wainright, RL; Bookstein, FL:** Differential diagnosis of Class II malocclusions: Part 1. Facial types associated with Class II malocclusions. *American Journal of Orthodontics*. 1980;78:477–494.
- 106 **Nanda, RS:** The rates of growth of several facial components measured from serial cephalometric roentgenograms. *American Journal of Orthodontics*. 1955;41:658–673.
- 107 **Nanda, SK:** Some comments on estimation normal craniofacial growth. in: McNamara JA (ed): *Growth modification: what works, what doesn't, and why*. University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, Center for Human Growth and Development, 1999, 323–356.
- 108 **Nelson, C; Harkness, M; Herbison, P:** Mandibular changes during functional appliance treatment. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1993;104:153–161.
- 109 **Nestman, TS; Marshall, SD; Qian, F; Holton, N; Franciscus, RG; Southard, TE:** Cervical vertebrae maturation method morphologic criteria: poor reproducibility. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2011;140:182–188.
- 110 **Ngan, P; Scheick, J; Florman, M:** A tensor analysis to evaluate the effect of high-pull headgear on Class II malocclusions. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1993;103:267–279.
- 111 **Ngan, PW; Byczek, E; Scheick, J:** Longitudinal evaluation of growth changes in Class II division 1 subjects. *Seminars in Orthodontics*. 1997;3:222–231.

- 112 **O'Reilly, MT; Yanniello, GJ:** Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae-a longitudinal cephalometric study. *The Angle Orthodontist*. 1988;58:179–184.
- 113 **Palomo, JM; Hunt, DW; Hans, MG; Broadbent, BH:** A longitudinal 3-dimensional size and shape comparison of untreated Class I and Class II subjects. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2005;127:584–591.
- 114 **Pancherz, H; Zieber, K; Hoyer, B:** Cephalometric characteristics of Class II division 1 and Class II division 2 malocclusions: a comparative study in children. *The Angle Orthodontist*. 1997;67:111–120.
- 115 **Pecora, NG; Baccetti, T; McNamara, JA:** The aging craniofacial complex: A longitudinal cephalometric study from late adolescence to late adulthood. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2008;134:496–505.
- 116 **Perillo, L; Padricelli, G; Isola, G; Femiano, F; Chiodini, P; Matarese, G:** Class II malocclusion division 1: a new classification method by cephalometric analysis. *European journal of paediatric dentistry*. 2012;13:192–196.
- 117 **Perinetti, G; Contardo, L; Castaldo, A; McNamara, JA, JR; Franchi, L:** Diagnostic reliability of the cervical vertebral maturation method and standing height in the identification of the mandibular growth spurt. *The Angle Orthodontist*. 2016;86:599–609.
- 118 **Petrovic, A; Stutzmann, J:** Timing aspects of orthodontic treatment. *Bull Orthod Soc Yugoslavia*. 1993;26:25–36.
- 119 **Petrovic, A; Stutzmann, J; Lavergne, J:** Mechanism of craniofacial growth and modus operandi of functional appliances: a cell-level and cybernetic approach to orthodontic decision making. in: Carlson DS (ed): *Craniofacial growth theory and orthodontic treatment*. University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, Center for Human Growth and Development, 1990, 13–73.
- 120 **Proffit, WR; Fields, HW; Sarver, DM:** *Contemporary orthodontics*, 4. ed. St. Louis, Mo, Mosby Elsevier, 2007.

- 121 **Rainey, B-J; Burnside, G; Harrison, JE:** Reliability of cervical vertebral maturation staging. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics.* 2016;150:98–104.
- 122 **Ricketts, RM:** The Influence Of Orthodontic Treatment On Facial Growth And Development. *The Angle Orthodontist.* 1960;30:103–133.
- 123 **Ricketts, RM:** Perspectives in the clinical application of cephalometrics. The first fifty years. *The Angle Orthodontist.* 1981;51:115–150.
- 124 **Riesmeijer, AM; Prahl-Andersen, B; Mascarenhas, AK; Joo, BH; Vig, KW:** A comparison of craniofacial Class I and Class II growth patterns. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2004;125:463–471.
- 125 **Riolo, ML; Moyers, RE; McNamara, JA; Hunter, WS:** An Atlas of craniofacial growth: cephalometric standards from the University school growth study, the University of Michigan. University of Michigan, Ann Arbor, Michigan, Center for Human Growth and Development, 1974.
- 126 **Rothstein, T; Phan, XL:** Dental and facial skeletal characteristics and growth of females and males with Class II Division 1 malocclusion between the ages of 10 and 14 (revisited). Part II. Anteroposterior and vertical circumpubertal growth. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2001;120:542–555.
- 127 **Rothstein, T; Yoon-Tarlie, C:** Dental and facial skeletal characteristics and growth of males and females with class II, division 1 malocclusion between the ages of 10 and 14 (revisited)-part I: characteristics of size, form, and position. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2000;117:320–332.
- 128 **Santiago, RC; Miranda Costa, LF de; Vitral, RWF; Fraga, MR; Bolognese, AM; Maia, LC:** Cervical vertebral maturation as a biologic indicator of skeletal maturity. *The Angle Orthodontist.* 2012;82:1123–1131.
- 129 **Schulze, C:** Terminologie und klinisch-morphologische Symptomatik. in: Miethke R-R (ed): *Kleines Lehrbuch der Angle-Klasse II,1 unter besonderer Berücksichtigung der Behandlung.* Berlin,Quintessenz-Verl., 1996.

- 130 **Scott, JH:** Growth at facial sutures. *American Journal of Orthodontics.* 1956;42:381–387.
- 131 **Simmons, K; Greulich, WW:** Menarcheal age and the height, weight, and skeletal age of girls age 7 to 17 years. *The Journal of pediatrics.* 1943;22:518–548.
- 132 **Soegiharto, BM; Moles, DR; Cunningham, SJ:** Discriminatory ability of the skeletal maturation index and the cervical vertebrae maturation index in detecting peak pubertal growth in Indonesian and white subjects with receiver operating characteristics analysis. *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics.* 2008;134:227–237.
- 133 **Stahl, F:** Kieferorthopädische und zahnärztliche Befunde im Milch- und frühen Wechselgebiß : Konsequenzen für die Prävention. Rostock, 2002.
- 134 **Stahl, F; Baccetti, T; Franchi, L; McNamara, JA:** Longitudinal growth changes in untreated subjects with Class II Division 1 malocclusion. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics.* 2008;134:125–137.
- 135 **Stahl, F; Grabowski, R:** Orthodontic findings in the deciduous and early mixed dentition-inferences for a preventive strategy. *Journal of orofacial orthopedics - Fortschritte der Kieferorthopädie.* 2003;64:401–416.
- 136 **Stahl de Castrillon, F:** Kephalometrische, tensoranalytische und visuelle Analyse des Gesichtsschädelwachstums bei unbehandelten Probanden mit regelrechter Gebissentwicklung vom 7. bis 18. Lebensjahr. Rostock, 2007.
- 137 **Stahl de Castrillon, F; Baccetti, T; Franchi, L; Grabowski, R; Klink-Heckmann, U; McNamara, JA:** Lateral cephalometric standards of Germans with normal occlusion from 6 to 17 years of age. *Journal of orofacial orthopedics - Fortschritte der Kieferorthopädie.* 2013;74:236–256.
- 138 **Steiner, CC:** Cephalometrics for you and me. *American Journal of Orthodontics.* 1953;39:729–755.
- 139 **Stiehl, J; Müller, B; Dibbets, J:** The Development of the Cervical Vertebrae as an Indicator of Skeletal Maturity: Comparison with the Classic Method of Hand-wrist Radiograph. *Journal of orofacial orthopedics - Fortschritte der Kieferorthopädie.* 2009;70:327–335.

- 140 **Tanner, JM:** Growth at adolescence, 2nd ed. Oxford, United Kingdom: Blackwell Scientific Publications, 1962.
- 141 **Tanner, JM:** Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height: (TW2 method). London, Acad. Press, 1975.
- 142 **Tanner, JM:** Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method), 3rd ed. London, W.B. Saunders, 2001.
- 143 **Tanner, JM; Whitehouse, RH:** Standards for skeletal maturity based on a study of 3000 British children. London, University of London, 1959.
- 144 **Tschill, P; Bacon, W; Sonko, A:** Malocclusion in the deciduous dentition of Caucasian children. *The European Journal of Orthodontics*. 1997;19:361–367.
- 145 **Tulloch, JF; Phillips, C; Koch, G; Proffit, WR:** The effect of early intervention on skeletal pattern in Class II malocclusion: a randomized clinical trial. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1997;111:391–400.
- 146 **Ursi, WJ; Trotman, CA; McNamara, JA; Behrents, RG:** Sexual dimorphism in normal craniofacial growth. *The Angle Orthodontist*. 1993;63:47–56.
- 147 **Uysal, T; Ramoglu, SI; Basciftci, FA; Sari, Z:** Chronologic age and skeletal maturation of the cervical vertebrae and hand-wrist: is there a relationship? *American journal of orthodontics and dentofacial orthopedics : official publication of the American Association of Orthodontists, its constituent societies, and the American Board of Orthodontics*. 2006;130:622–628.
- 148 **van der Linden, F; Duterloo, HS:** Development of the human dentition: An atlas. Hagerstown, Maryland, USA, Medical Dept. Harper & Row. 1976.
- 149 **Varrela, J:** Early developmental traits in class II malocclusion. *Acta odontologica Scandinavica*. 1998;56:375–377.
- 150 **Vásquez, MJ; Baccetti, T; Franchi, L; McNamara, JA:** Dentofacial features of Class II malocclusion associated with maxillary skeletal protrusion: A longitudinal study at the circumpubertal growth period. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2009;135:568.
- 151 **Viazis, AD:** The cranial base triangle. *Journal of clinical orthodontics*. 1991;25:565–570.

- 152 **Waldo, CM:** Orthodontic research as a component part of a balanced longitudinal study of 100 children. *International Journal of Orthodontia and Oral Surgery*. 1936;22:659–673.
- 153 **Waldo, CM:** Orthodontic procedure based upon a consideration of individual differences. *American Journal of Orthodontics and Oral Surgery*. 1938;24:737–754.
- 154 **West, KS; McNamara, JA:** Changes in the craniofacial complex from adolescence to midadulthood: a cephalometric study. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 1999;115:521–532.
- 155 **Wilhelm, BM; Beck, FM; Lidral, AC; Vig, KW:** A comparison of cranial base growth in Class I and Class II skeletal patterns. *American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics*. 2001;119:401–405.

Ergebnisse der Tensoranalyse

Tab. 12: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Kontrollgruppe im Δ SNBa

Intervall	gesamt						männlich						weiblich					
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD			
CS2-CS1	26	0,926	1,078	1,018	0,036	13	0,926	1,056	1,009	0,037	13	0,965	1,078	1,027	0,034			
CS3-CS1	28	0,994	1,192	1,045	0,041	14	0,994	1,120	1,040	0,038	14	1,008	1,192	1,051	0,044			
CS4-CS1	15	1,017	1,120	1,053	0,035	9	1,017	1,120	1,053	0,039	6	1,023	1,109	1,054	0,031			
CS5-CS1	19	0,967	1,177	1,075	0,055	10	1,028	1,166	1,090	0,051	9	0,967	1,177	1,057	0,056			
CS6-CS1	26	0,957	1,243	1,097	0,075	14	0,957	1,243	1,122	0,091	12	1,010	1,135	1,068	0,036			

Tab. 13: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Untersuchungsgruppe im Δ SNBa

Intervall	gesamt						männlich						weiblich					
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD			
CS2-CS1	47	0,933	1,060	1,011	0,024	24	0,983	1,054	1,015	0,020	23	0,933	1,060	1,008	0,028			
CS3-CS1	47	0,912	1,148	1,026	0,037	24	0,989	1,148	1,034	0,035	23	0,912	1,088	1,019	0,039			
CS4-CS1	45	0,871	1,205	1,041	0,049	23	0,993	1,205	1,052	0,045	22	0,871	1,109	1,029	0,050			
CS5-CS1	39	0,986	1,173	1,062	0,041	20	1,004	1,172	1,067	0,042	19	0,986	1,173	1,056	0,041			
CS6-CS1	37	0,965	1,156	1,066	0,046	15	1,036	1,150	1,086	0,036	22	0,965	1,156	1,053	0,049			

Tab. 14: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 1 im Δ SNBa

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe	geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probandinnen der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
		p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,363	0,301		0,199		0,502		0,072	
CS3-CS1	0,044*	0,185		0,463		0,623		0,026*	
CS4-CS1	0,355	0,126		0,981		0,925		0,273	
CS5-CS1	0,332	0,406		0,198		0,203		0,959	
CS6-CS1	0,069	0,035*		0,057		0,177		0,359	

(*p≤0,05)

Tab. 15: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Kontrollgruppe im Δ SNBa

Intervall	gesamt					männlich			weiblich						
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	26	0,892	1,131	1,033	0,054	13	0,953	1,111	1,034	0,051	13	0,892	1,131	1,032	0,060
CS3-CS1	28	0,954	1,217	1,064	0,059	14	0,954	1,164	1,063	0,059	14	0,973	1,217	1,065	0,061
CS4-CS1	15	1,034	1,215	1,094	0,048	9	1,034	1,215	1,098	0,058	6	1,053	1,127	1,087	0,032
CS5-CS1	19	1,048	1,184	1,098	0,036	10	1,056	1,184	1,107	0,041	9	1,048	1,141	1,087	0,029
CS6-CS1	26	0,965	1,238	1,105	0,068	14	1,033	1,226	1,125	0,055	12	0,965	1,238	1,081	0,075

Tab. 16: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Untersuchungsgruppe im Δ SNBa

Intervall	gesamt						männlich						weiblich		
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	47	0,907	1,289	1,043	0,062	24	0,970	1,183	1,043	0,050	23	0,907	1,289	1,042	0,074
CS3-CS1	47	0,877	1,197	1,062	0,060	24	0,952	1,197	1,065	0,053	23	0,877	1,191	1,059	0,067
CS4-CS1	45	0,912	1,244	1,082	0,066	23	0,973	1,194	1,082	0,060	22	0,912	1,244	1,082	0,073
CS5-CS1	39	0,939	1,350	1,111	0,086	20	0,939	1,350	1,129	0,091	19	0,960	1,195	1,092	0,079
CS6-CS1	37	1,016	1,338	1,118	0,066	15	1,016	1,338	1,125	0,085	22	1,032	1,208	1,114	0,051

Tab. 17: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 2 im Δ SNBa

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,520		0,943		0,927		0,601		0,689		0,689	
CS3-CS1	0,878		0,701		0,947		0,919		0,772		0,772	
CS4-CS1	0,533		0,982		0,673		0,500		0,872		0,872	
CS5-CS1	0,407		0,191		0,231		0,484		0,787		0,787	
CS6-CS1	0,431		0,634		0,105		1,000		0,144		0,144	

Tab. 18: Deskriptive Statistik des Winkels α der Kontrollgruppe im Δ SNBa (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt						männlich						weiblich					
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD			
CS2-CS1	26	1,840	86,680	31,954	27,319	13	1,840	86,680	34,682	27,564	13	2,020	84,770	29,227	27,909			
CS3-CS1	28	5,150	82,030	36,275	21,808	14	5,150	82,030	35,494	24,628	14	10,820	79,440	37,056	19,491			
CS4-CS1	15	2,710	84,270	44,060	26,959	9	2,710	79,870	39,500	29,118	6	15,500	84,270	50,900	24,185			
CS5-CS1	19	1,700	87,240	45,814	27,924	10	1,700	87,240	45,638	30,110	9	3,930	84,040	46,009	27,101			
CS6-CS1	26	0,540	88,020	46,443	28,055	14	0,540	88,020	54,479	25,483	12	1,700	78,840	37,068	29,040			

Tab. 19: Deskriptive Statistik des Winkels α der Untersuchungsgruppe im Δ SNBa (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt						männlich						weiblich					
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD			
CS2-CS1	47	4,850	88,090	32,886	23,175	24	4,850	81,950	30,158	20,543	23	5,210	88,090	35,734	25,791			
CS3-CS1	47	1,880	88,810	32,763	23,802	24	1,880	88,810	32,935	25,209	23	2,580	79,560	32,583	22,806			
CS4-CS1	45	0,190	88,500	37,318	26,350	23	4,320	84,520	43,285	26,273	22	0,190	88,500	31,080	25,532			
CS5-CS1	39	0,390	89,980	35,997	26,980	20	1,780	89,980	38,902	28,950	19	0,390	85,560	32,940	25,156			
CS6-CS1	37	0,340	83,000	35,730	21,153	15	0,340	83,000	37,536	25,364	22	9,380	69,020	34,498	18,283			

Tab. 20: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels α im Δ SNBa

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe	geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probandinnen der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
		p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,878	0,416	0,621	0,575	0,485				
CS3-CS1	0,526	0,960	0,854	0,763	0,546				
CS4-CS1	0,397	0,122	0,443	0,725	0,101				
CS5-CS1	0,204	0,498	0,978	0,558	0,221				
CS6-CS1	0,089	0,674	0,116	0,084	0,785				

Tab. 21: Deskriptive Statistik des Winkels β der Kontrollgruppe im Δ SNBa (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt					männlich			weiblich						
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	26	3,320	88,160	58,046	27,319	13	3,320	88,160	55,318	27,564	13	5,230	87,980	60,773	27,909
CS3-CS1	28	7,970	84,850	53,725	21,808	14	7,970	84,850	54,506	24,628	14	10,560	79,180	52,944	19,491
CS4-CS1	15	5,730	87,290	45,940	26,959	9	10,130	87,290	50,500	29,118	6	5,730	74,500	39,100	24,185
CS5-CS1	19	2,760	88,300	44,186	27,924	10	2,760	88,300	44,362	30,110	9	5,960	86,070	43,991	27,101
CS6-CS1	26	1,980	89,460	43,557	28,055	14	1,980	89,460	35,521	25,483	12	11,160	88,300	52,933	29,040

Tab. 22: Deskriptive Statistik des Winkels β der Untersuchungsgruppe im Δ SNBa (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt						männlich						weiblich		
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	47	1,910	85,150	57,114	23,175	24	8,050	85,150	59,843	20,543	23	1,910	84,790	54,266	25,791
CS3-CS1	47	1,190	88,120	57,237	23,802	24	1,190	88,120	57,065	25,209	23	10,440	87,420	57,417	22,806
CS4-CS1	45	1,500	89,810	52,682	26,350	23	5,480	85,680	46,715	26,273	22	1,500	89,810	58,920	25,532
CS5-CS1	39	0,020	89,610	54,003	26,980	20	0,020	88,220	51,098	28,950	19	4,440	89,610	57,060	25,156
CS6-CS1	37	7,000	89,660	54,270	21,153	15	7,000	89,660	52,464	25,364	22	20,980	80,620	55,502	18,283

Tab. 23: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels β im Δ SNBa

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,878		0,416		0,621		0,575		0,485			
CS3-CS1	0,526		0,960		0,854		0,763		0,546			
CS4-CS1	0,397		0,122		0,443		0,725		0,101			
CS5-CS1	0,204		0,498		0,978		0,558		0,221			
CS6-CS1	0,089		0,674		0,116		0,084		0,785			

Tab. 24: P-Werte der Dilatationen 1 und 2 zwischen den Reifestadien in der Kontroll- und Untersuchungsgruppe im Δ SNBa

Vergleich zwischen den Reifestadien	Kontrollgruppe		Untersuchungsgruppe	
	D1	D2	D1	D2
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1 vs. CS3-CS1	n.s.	<0,001***	0,002**	0,003***
CS3-CS1 vs. CS4-CS1	n.s.	0,057	0,026*	0,001***
CS4-CS1 vs. CS5-CS1	n.s.	0,336	0,059	0,017*
CS5-CS1 vs. CS6-CS1	n.s.	0,099	0,326	0,083

(*p≤0,05; **p≤0,01; ***p≤0,001)

Tab. 25: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Kontrollgruppe im Δ SNA

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	25	0,995	1,090	1,031	0,022	12	1,005	1,068	1,032	0,020	13	0,995	1,090	1,031	0,025
CS3-CS1	27	1,020	1,159	1,058	0,027	13	1,021	1,159	1,056	0,035	14	1,020	1,086	1,061	0,018
CS4-CS1	14	1,038	1,174	1,079	0,031	8	1,038	1,174	1,087	0,039	6	1,050	1,096	1,069	0,015
CS5-CS1	19	1,060	1,189	1,105	0,035	10	1,062	1,189	1,124	0,035	9	1,060	1,118	1,084	0,018
CS6-CS1	25	1,050	1,218	1,112	0,045	13	1,055	1,218	1,135	0,049	12	1,050	1,139	1,086	0,024

Tab. 26: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Untersuchungsgruppe im Δ SNA

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	41	0,998	1,093	1,027	0,020	20	0,998	1,058	1,029	0,018	21	1,000	1,093	1,025	0,022
CS3-CS1	41	1,007	1,177	1,053	0,033	20	1,020	1,108	1,054	0,021	21	1,007	1,177	1,051	0,042
CS4-CS1	37	0,989	1,156	1,069	0,034	18	1,029	1,135	1,075	0,028	19	0,989	1,156	1,064	0,039
CS5-CS1	32	1,034	1,206	1,092	0,038	16	1,053	1,135	1,094	0,026	16	1,034	1,206	1,091	0,047
CS6-CS1	33	1,023	1,161	1,104	0,034	14	1,065	1,153	1,113	0,027	19	1,023	1,161	1,098	0,038

Tab. 27: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 1 im Δ SNA

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe	geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probandinnen der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
		p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,417	0,544		0,971		0,711		0,469	
CS3-CS1	0,470	0,776		0,661		0,870		0,443	
CS4-CS1	0,335	0,363		0,295		0,347		0,778	
CS5-CS1	0,227	0,850		0,007**		0,018*		0,601	
CS6-CS1	0,471	0,214		0,005**		0,165		0,369	

(*p≤0,05; **p≤0,01)

Tab. 28: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Kontrollgruppe im Δ SNA

Intervall	gesamt					männlich			weiblich			
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	SD	
CS2-CS1	25	0,979	1,080	1,027	0,028	12	0,979	1,069	1,025	0,028	13	0,993
CS3-CS1	27	1,006	1,133	1,061	0,038	13	1,006	1,113	1,055	0,035	14	1,013
CS4-CS1	14	1,027	1,164	1,069	0,037	8	1,027	1,082	1,049	0,018	6	1,051
CS5-CS1	19	1,029	1,227	1,086	0,050	10	1,046	1,134	1,075	0,030	9	1,029
CS6-CS1	25	1,031	1,254	1,103	0,053	13	1,031	1,164	1,106	0,040	12	1,032

Tab. 29: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Untersuchungsgruppe im Δ SNA

Intervall	gesamt						männlich						weiblich		
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	41	0,987	1,113	1,026	0,028	20	0,988	1,113	1,026	0,031	21	0,987	1,072	1,026	0,025
CS3-CS1	41	0,963	1,192	1,050	0,045	20	0,963	1,192	1,042	0,048	21	0,987	1,157	1,057	0,042
CS4-CS1	37	1,000	1,179	1,075	0,050	18	1,000	1,179	1,076	0,052	19	1,015	1,177	1,074	0,050
CS5-CS1	32	0,990	1,223	1,086	0,052	16	1,019	1,223	1,088	0,055	16	0,990	1,188	1,084	0,050
CS6-CS1	33	0,965	1,208	1,099	0,067	14	0,995	1,206	1,098	0,062	19	0,965	1,208	1,100	0,072

Tab. 30: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 2 im Δ SNA

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,911		0,974		0,816		0,947		0,947		0,815	
CS3-CS1	0,278		0,276		0,455		0,385		0,385		0,520	
CS4-CS1	0,662		0,919		0,014*		0,162		0,162		0,367	
CS5-CS1	0,992		0,810		0,341		0,491		0,491		0,528	
CS6-CS1	0,813		0,921		0,803		0,701		0,701		1,000	

(*p≤0,05)

Tab. 31: Deskriptive Statistik des Winkels α der Kontrollgruppe im Δ SNA (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	25	0,650	88,750	45,364	29,604	12	0,650	88,250	38,589	31,828	13	11,700	88,750	51,617	27,128
CS3-CS1	27	0,540	89,670	40,432	34,239	13	0,540	89,210	42,264	36,876	14	2,830	89,670	38,731	32,908
CS4-CS1	14	0,780	89,150	47,011	32,182	8	24,420	89,150	64,170	24,397	6	0,780	74,290	24,133	27,574
CS5-CS1	19	0,910	86,770	50,221	32,616	10	9,720	85,310	58,375	27,851	9	0,910	86,770	41,161	36,681
CS6-CS1	25	0,320	88,470	42,876	31,155	13	0,320	83,710	41,978	28,388	12	0,830	88,470	43,848	35,165

Tab. 32: Deskriptive Statistik des Winkels α der Untersuchungsgruppe im Δ SNA (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	41	2,170	89,050	42,809	31,689	20	2,170	87,100	47,812	32,577	21	7,050	89,050	38,045	30,843
CS3-CS1	41	0,370	89,090	47,355	31,439	20	3,520	89,090	52,188	30,208	21	0,370	89,040	42,752	32,624
CS4-CS1	37	1,810	89,330	46,388	33,098	18	2,900	89,330	51,502	33,395	19	1,810	85,790	41,543	32,966
CS5-CS1	32	0,390	87,220	44,633	31,144	16	4,380	87,220	47,529	31,424	16	0,390	85,470	41,737	31,611
CS6-CS1	33	0,350	88,860	44,229	33,071	14	3,540	87,130	49,255	33,632	19	0,350	88,860	40,525	33,065

Tab. 33: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels α im Δ SNA

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe	geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe			geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe			männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe			weibliche Probandinnen der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		
		p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	
CS2-CS1	0,746		0,330		0,281		0,440		0,202				
CS3-CS1	0,394		0,343		0,795		0,404		0,724				
CS4-CS1	0,952		0,368		0,014*		0,346		0,255				
CS5-CS1	0,545		0,607		0,262		0,381		0,967				
CS6-CS1	0,875		0,462		0,884		0,551		0,792				

(*p≤0,05)

Tab. 34: Deskriptive Statistik des Winkels β der Kontrollgruppe im Δ SNA (in °)

Intervall	gesamt					männlich			weiblich						
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	25	1,250	89,350	44,636	29,604	12	1,750	89,350	51,411	31,828	13	1,250	78,300	38,383	27,128
CS3-CS1	27	0,330	89,460	49,568	34,239	13	0,790	89,460	47,736	36,876	14	0,330	87,170	51,269	32,908
CS4-CS1	14	0,850	89,220	42,989	32,182	8	0,850	65,580	25,830	24,397	6	15,710	89,220	65,867	27,574
CS5-CS1	19	3,230	89,090	39,779	32,616	10	4,690	80,280	31,625	27,851	9	3,230	89,090	48,839	36,681
CS6-CS1	25	1,530	89,680	47,124	31,155	13	6,290	89,680	48,022	28,388	12	1,530	89,170	46,152	35,165

Tab. 35: Deskriptive Statistik des Winkels β der Untersuchungsgruppe im Δ SNA (in °)

Intervall	gesamt						männlich						weiblich		
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	41	0,950	87,830	47,191	31,689	20	2,900	87,830	42,189	32,577	21	0,950	82,950	51,955	30,843
CS3-CS1	41	0,910	89,630	42,645	31,439	20	0,910	86,480	37,812	30,208	21	0,960	89,630	47,248	32,624
CS4-CS1	37	0,670	88,190	43,612	33,098	18	0,670	87,100	38,498	33,395	19	4,210	88,190	48,457	32,966
CS5-CS1	32	2,780	89,610	45,367	31,144	16	2,780	85,620	42,471	31,424	16	4,530	89,610	48,263	31,611
CS6-CS1	33	1,140	89,650	45,772	33,071	14	2,870	86,460	40,745	33,632	19	1,140	89,650	49,475	33,065

Tab. 36: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels β im Δ SNA

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,746		0,330		0,281		0,440		0,202			
CS3-CS1	0,394		0,343		0,795		0,404		0,724			
CS4-CS1	0,952		0,368		0,014*		0,346		0,255			
CS5-CS1	0,545		0,607		0,262		0,381		0,967			
CS6-CS1	0,875		0,462		0,884		0,551		0,792			

(*p≤0,05)

Tab. 37: P-Werte der Dilatationen 1 und 2 zwischen den Reifestadien in der Kontroll- und Untersuchungsgruppe im Δ SNA

Vergleich zwischen den Reifestadien	Kontrollgruppe		Untersuchungsgruppe	
	D1	D2	D1	D2
CS2-CS1 vs. CS3-CS1	<0,001***	<0,001***	<0,001***	<0,001***
CS3-CS1 vs. CS4-CS1	0,006**	0,047*	0,005	0,001***
CS4-CS1 vs. CS5-CS1	0,002**	0,054	<0,001***	0,006**
CS5-CS1 vs. CS6-CS1	0,152	0,006***	0,002**	0,092

(*p≤0,05; **p≤0,01; ***p≤0,001)

Tab. 38: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Kontrollgruppe im Δ SNB

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	26	1,001	1,076	1,028	0,020	13	1,001	1,061	1,025	0,020	13	1,004	1,076	1,030	0,021
CS3-CS1	28	1,019	1,152	1,065	0,027	14	1,019	1,152	1,059	0,031	14	1,030	1,120	1,070	0,022
CS4-CS1	15	1,039	1,165	1,081	0,030	9	1,039	1,165	1,079	0,037	6	1,067	1,109	1,084	0,018
CS5-CS1	19	1,060	1,188	1,115	0,032	10	1,060	1,188	1,128	0,032	9	1,063	1,150	1,100	0,027
CS6-CS1	26	1,068	1,211	1,125	0,041	14	1,083	1,211	1,146	0,038	12	1,068	1,146	1,100	0,030

Tab. 39: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Untersuchungsgruppe im Δ SNB

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	45	0,992	1,072	1,024	0,018	23	0,992	1,072	1,027	0,019	22	0,996	1,060	1,021	0,018
CS3-CS1	45	1,006	1,140	1,046	0,027	23	1,006	1,114	1,047	0,026	22	1,008	1,140	1,045	0,029
CS4-CS1	41	1,005	1,155	1,071	0,033	21	1,027	1,128	1,074	0,029	20	1,005	1,155	1,068	0,038
CS5-CS1	35	1,033	1,197	1,096	0,037	18	1,052	1,197	1,099	0,036	17	1,033	1,175	1,093	0,039
CS6-CS1	35	1,026	1,243	1,115	0,042	15	1,064	1,243	1,119	0,040	20	1,026	1,179	1,113	0,044

Tab. 40: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 1 im Δ SNB

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe	geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probandinnen der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
		p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,474	0,322		0,555		0,798		0,208	
CS3-CS1	0,006**	0,790		0,312		0,210		0,010**	
CS4-CS1	0,308	0,575		0,773		0,677		0,332	
CS5-CS1	0,070	0,638		0,060		0,045*		0,617	
CS6-CS1	0,386	0,662		0,002**		0,074		0,377	

(*p≤0,05; **p≤0,01)

Tab. 41: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Kontrollgruppe im Δ SNB

Intervall	gesamt					männlich			weiblich						
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	\bar{x}	SD	n	Min	\bar{x}	SD		
CS2-CS1	26	0,980	1,479	1,038	0,094	13	0,980	1,056	1,020	0,023	13	0,982	1,479	1,055	0,131
CS3-CS1	28	0,990	1,096	1,041	0,028	14	0,990	1,085	1,039	0,030	14	0,996	1,096	1,044	0,026
CS4-CS1	15	1,008	1,151	1,061	0,037	9	1,008	1,081	1,049	0,029	6	1,043	1,151	1,079	0,043
CS5-CS1	19	1,017	1,172	1,064	0,034	10	1,033	1,097	1,062	0,021	9	1,017	1,172	1,065	0,045
CS6-CS1	26	1,009	1,210	1,083	0,046	14	1,035	1,160	1,087	0,037	12	1,009	1,210	1,080	0,056

Tab. 42: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Untersuchungsgruppe im Δ SNB

Intervall	gesamt						männlich						weiblich		
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	45	0,869	1,060	1,013	0,027	23	0,983	1,060	1,014	0,018	22	0,869	1,036	1,012	0,034
CS3-CS1	45	0,900	1,096	1,035	0,033	23	0,977	1,080	1,036	0,027	22	0,900	1,096	1,035	0,039
CS4-CS1	41	0,905	1,156	1,054	0,038	21	1,007	1,156	1,062	0,033	20	0,905	1,107	1,045	0,042
CS5-CS1	35	1,011	1,186	1,072	0,035	18	1,020	1,186	1,077	0,041	17	1,011	1,121	1,066	0,028
CS6-CS1	35	0,896	1,185	1,074	0,049	15	1,009	1,185	1,084	0,044	20	0,896	1,131	1,066	0,052

Tab. 43: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 2 im Δ SNB

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,202		0,833		0,359		0,347		0,269	
CS3-CS1	0,430		0,949		0,615		0,760		0,453	
CS4-CS1	0,524		0,168		0,139		0,334		0,104	
CS5-CS1	0,402		0,364		0,877		0,297		0,923	
CS6-CS1	0,423		0,299		0,714		0,839		0,488	

Tab. 44: Deskriptive Statistik des Winkels α der Kontrollgruppe im Δ SNB (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt						männlich						weiblich					
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD			
CS2-CS1	26	5,010	89,810	39,275	26,259	13	5,300	83,950	42,751	25,727	13	5,010	89,810	35,799	27,358			
CS3-CS1	28	2,910	88,970	47,074	31,216	14	2,910	87,170	43,948	33,840	14	6,290	88,970	50,200	29,285			
CS4-CS1	15	1,460	84,410	47,761	28,901	9	12,390	81,260	49,199	24,715	6	1,460	84,410	45,603	36,770			
CS5-CS1	19	4,090	89,800	57,463	26,512	10	19,280	82,260	62,013	20,660	9	4,090	89,800	52,408	32,353			
CS6-CS1	26	4,550	86,850	50,190	28,233	14	4,550	86,840	54,971	24,687	12	5,040	86,850	44,613	32,066			

Tab. 45: Deskriptive Statistik des Winkels α der Untersuchungsgruppe im Δ SNB (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt						männlich						weiblich					
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD			
CS2-CS1	45	0,320	89,790	43,084	29,420	23	7,310	89,790	47,462	29,515	22	0,320	86,150	38,507	29,291			
CS3-CS1	45	0,700	88,430	42,438	30,118	23	2,220	88,050	44,534	31,636	22	0,700	88,430	40,247	29,020			
CS4-CS1	41	0,990	88,390	48,679	28,445	21	6,950	88,390	52,803	28,433	20	0,990	86,540	44,349	28,529			
CS5-CS1	35	0,840	86,300	50,107	28,220	18	4,650	86,300	50,324	29,374	17	0,840	85,380	49,878	27,846			
CS6-CS1	35	0,290	89,210	52,569	29,157	15	3,630	81,800	51,793	29,325	20	0,290	89,210	53,151	29,780			

Tab. 46: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels α im Δ SNB

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe	geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probandinnen der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
		p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,587	0,313	0,511	0,634	0,634	0,634	0,634	0,634	0,788
CS3-CS1	0,530	0,639	0,606	0,958	0,958	0,958	0,958	0,958	0,325
CS4-CS1	0,916	0,348	0,823	0,744	0,744	0,744	0,744	0,744	0,930
CS5-CS1	0,355	0,963	0,459	0,277	0,277	0,277	0,277	0,277	0,837
CS6-CS1	0,751	0,894	0,362	0,755	0,755	0,755	0,755	0,755	0,451

Tab. 47: Deskriptive Statistik des Winkels β der Kontrollgruppe im Δ SNB (in °)

Intervall	gesamt					männlich			weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	
CS2-CS1	26	0,190	84,990	50,725	26,259	13	6,050	84,700	47,249	25,727	13	0,190	84,990
CS3-CS1	28	1,030	87,090	42,926	31,216	14	2,830	87,090	46,052	33,840	14	1,030	83,710
CS4-CS1	15	5,590	88,540	42,239	28,901	9	8,740	77,610	40,801	24,715	6	5,590	88,540
CS5-CS1	19	0,200	85,910	32,537	26,512	10	7,740	70,720	27,987	20,660	9	0,200	85,910
CS6-CS1	26	3,150	85,450	39,810	28,233	14	3,160	85,450	35,029	24,687	12	3,150	84,960

Tab. 48: Deskriptive Statistik des Winkels β der Untersuchungsgruppe im Δ SNB (in °)

Intervall	gesamt						männlich						weiblich					
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD			
CS2-CS1	45	0,210	89,680	46,916	29,420	23	0,210	82,690	42,538	29,515	22	3,850	89,680	51,493	29,291			
CS3-CS1	45	1,570	89,300	47,562	30,118	23	1,950	87,780	45,466	31,636	22	1,570	89,300	49,753	29,020			
CS4-CS1	41	1,610	89,010	41,321	28,445	21	1,610	83,050	37,197	28,433	20	3,460	89,010	45,652	28,529			
CS5-CS1	35	3,700	89,160	39,893	28,220	18	3,700	85,350	39,676	29,374	17	4,620	89,160	40,122	27,846			
CS6-CS1	35	0,790	89,710	37,431	29,157	15	8,200	86,370	38,207	29,325	20	0,790	89,710	36,849	29,780			

Tab. 49: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels β im Δ SNB

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		p-Wert		p-Wert	
		p-Wert		p-Wert		p-Wert		p-Wert		p-Wert		p-Wert		p-Wert		p-Wert		p-Wert
CS2-CS1		0,587		0,313		0,511		0,634		0,788								
CS3-CS1		0,530		0,639		0,606		0,958		0,325								
CS4-CS1		0,916		0,348		0,823		0,744		0,930								
CS5-CS1		0,355		0,963		0,459		0,277		0,837								
CS6-CS1		0,751		0,894		0,362		0,755		0,451								

Tab. 50: P-Werte der Dilatationen 1 und 2 zwischen den Reifestadien in der Kontroll- und Untersuchungsgruppe im Δ SNB

Vergleich zwischen den Reifestadien	Kontrollgruppe		Untersuchungsgruppe	
	D1	D2	D1	D2
CS2-CS1 vs. CS3-CS1	<0,001***	n.s.	<0,001***	<0,001***
CS3-CS1 vs. CS4-CS1	<0,001***	n.s.	<0,001***	<0,001***
CS4-CS1 vs. CS5-CS1	<0,001***	n.s.	<0,001***	<0,001***
CS5-CS1 vs. CS6-CS1	0,003***	n.s.	<0,001***	0,488

(**p≤0,01; ***p≤0,001)

Tab. 51: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Kontrollgruppe im Δ SNGo

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	25	0,979	1,139	1,031	0,035	12	0,979	1,085	1,028	0,034	13	0,995	1,139	1,034	0,036
CS3-CS1	27	1,006	1,175	1,054	0,040	13	1,006	1,100	1,042	0,031	14	1,020	1,175	1,064	0,046
CS4-CS1	14	1,025	1,142	1,058	0,030	8	1,025	1,142	1,058	0,041	6	1,047	1,065	1,058	0,007
CS5-CS1	19	1,027	1,269	1,097	0,070	10	1,039	1,269	1,105	0,077	9	1,027	1,235	1,088	0,064
CS6-CS1	25	1,029	1,302	1,113	0,090	13	1,041	1,302	1,154	0,109	12	1,029	1,116	1,068	0,025

Tab. 52: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Untersuchungsgruppe im Δ SNGo

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	48	0,973	1,102	1,021	0,028	24	0,978	1,102	1,023	0,030	24	0,973	1,074	1,019	0,025
CS3-CS1	48	0,986	1,122	1,036	0,034	24	1,001	1,105	1,033	0,025	24	0,986	1,122	1,040	0,041
CS4-CS1	46	0,990	1,186	1,058	0,042	23	1,017	1,150	1,055	0,033	23	0,990	1,186	1,062	0,050
CS5-CS1	40	0,992	1,249	1,080	0,055	20	1,029	1,194	1,087	0,051	20	0,992	1,249	1,073	0,060
CS6-CS1	39	0,997	1,253	1,092	0,061	16	1,056	1,201	1,098	0,048	23	0,997	1,253	1,087	0,070

Tab. 53: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 1 im Δ SNGo

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe	geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probandinnen der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
		p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,191		0,615		0,637		0,704		0,146
CS3-CS1	0,051		0,527		0,159		0,341		0,095
CS4-CS1	0,984		0,608		0,955		0,815		0,718
CS5-CS1	0,372		0,245		0,661		0,619		0,501
CS6-CS1	0,635		0,404		0,030*		0,268		0,572

(* $p \leq 0,05$)Tab. 54: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Kontrollgruppe im Δ SNGo

Intervall	gesamt					männlich			weiblich						
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	
CS2-CS1	25	0,998	1,087	1,036	0,026	12	1,005	1,043	1,028	0,012	13	0,998	1,087	1,044	0,032
CS3-CS1	27	1,022	1,199	1,085	0,042	13	1,022	1,199	1,081	0,044	14	1,022	1,174	1,089	0,041
CS4-CS1	14	1,058	1,207	1,125	0,050	8	1,058	1,207	1,108	0,055	6	1,097	1,187	1,148	0,032
CS5-CS1	19	1,062	1,269	1,145	0,057	10	1,063	1,223	1,143	0,052	9	1,062	1,269	1,148	0,065
CS6-CS1	25	1,062	1,302	1,173	0,055	13	1,100	1,246	1,169	0,047	12	1,062	1,302	1,178	0,064

Tab. 55: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Untersuchungsgruppe im Δ SNGo

Intervall	gesamt						männlich						weiblich		
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	48	0,994	1,105	1,032	0,024	24	1,005	1,077	1,032	0,020	24	0,994	1,105	1,032	0,028
CS3-CS1	48	0,993	1,164	1,069	0,035	24	0,993	1,151	1,077	0,039	24	1,026	1,164	1,062	0,031
CS4-CS1	46	0,992	1,208	1,110	0,052	23	1,043	1,208	1,131	0,048	23	0,992	1,197	1,088	0,048
CS5-CS1	40	1,048	1,357	1,144	0,069	20	1,048	1,357	1,156	0,075	20	1,051	1,282	1,132	0,061
CS6-CS1	39	1,041	1,401	1,165	0,068	16	1,053	1,401	1,185	0,084	23	1,041	1,237	1,151	0,051

Tab. 56: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 2 im Δ SNGo

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,481		0,967		0,110		0,496		0,235	
CS3-CS1	0,081		0,164		0,625		0,737		0,026*	
CS4-CS1	0,329		0,005**		0,137		0,273		0,008**	
CS5-CS1	0,971		0,276		0,848		0,608		0,543	
CS6-CS1	0,614		0,128		0,715		0,554		0,197	

(*p≤0,05; **p≤0,01)

Tab. 57: Deskriptive Statistik des Winkels α der Kontrollgruppe im Δ SNGo (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt						männlich						weiblich					
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD			
CS2-CS1	25	2,060	87,780	46,640	29,798	12	13,430	87,490	54,344	26,737	13	2,060	87,780	39,529	31,724			
CS3-CS1	27	0,070	89,420	25,488	27,145	13	0,070	75,980	22,855	23,953	14	0,270	89,420	27,932	30,508			
CS4-CS1	14	1,100	75,100	16,379	19,177	8	1,100	75,110	19,216	25,311	6	5,280	18,240	12,597	5,402			
CS5-CS1	19	1,510	89,850	33,711	31,438	10	3,890	89,850	35,422	34,205	9	1,510	84,270	31,810	29,998			
CS6-CS1	25	3,220	89,800	32,362	30,506	13	3,220	89,800	41,695	35,498	12	5,460	86,720	22,252	21,008			

Tab. 58: Deskriptive Statistik des Winkels α der Untersuchungsgruppe im Δ SNGo (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt						männlich						weiblich					
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD			
CS2-CS1	48	1,460	89,250	43,279	28,803	24	1,730	88,340	43,102	28,869	24	1,460	89,250	43,457	29,357			
CS3-CS1	48	0,190	89,540	32,969	29,141	24	0,190	89,540	25,335	27,311	24	1,700	89,260	40,602	29,459			
CS4-CS1	46	0,300	89,900	27,714	28,201	23	0,340	86,430	19,526	21,510	23	0,660	89,930	35,903	31,998			
CS5-CS1	40	0,550	89,370	32,127	30,132	20	5,270	89,370	33,219	31,729	20	0,550	88,110	31,035	29,230			
CS6-CS1	39	1,660	86,570	28,713	28,786	16	3,350	86,570	26,127	28,602	23	1,660	86,120	30,513	29,415			

Tab. 59: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels α im Δ SNGo

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probandinnen der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,642		0,966		0,221		0,267		0,708	
CS3-CS1	0,225		0,027*		0,583		0,814		0,152	
CS4-CS1	0,116		0,073		0,491		0,411		0,142	
CS5-CS1	0,871		0,850		0,968		0,983		0,835	
CS6-CS1	0,397		0,621		0,406		0,215		0,619	

(*p≤0,05)

Tab. 60: Deskriptive Statistik des Winkels β der Kontrollgruppe im Δ SNGo (in °)

Intervall	gesamt					männlich			weiblich			
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	SD	
CS2-CS1	25	2,220	87,940	43,360	29,798	12	2,510	76,570	35,656	26,737	13	2,220
CS3-CS1	27	0,580	89,930	64,512	27,145	13	14,020	89,930	67,145	23,953	14	0,580
CS4-CS1	14	14,900	88,900	73,621	19,177	8	14,890	88,900	70,784	25,311	6	71,760
CS5-CS1	19	0,150	88,490	56,289	31,438	10	0,150	86,110	54,578	34,205	9	5,730
CS6-CS1	25	0,200	86,780	57,638	30,506	13	0,200	86,780	48,305	35,498	12	3,280

Tab. 61: Deskriptive Statistik des Winkels β der Untersuchungsgruppe im Δ SNGo (in °)

Intervall	gesamt						männlich						weiblich		
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	48	0,750	88,540	46,721	28,803	24	1,660	88,270	46,898	28,869	24	0,750	88,540	46,543	29,357
CS3-CS1	48	0,460	89,810	57,032	29,141	24	0,460	89,810	64,665	27,311	24	0,740	88,300	49,398	29,459
CS4-CS1	46	0,100	89,700	62,286	28,201	23	3,570	89,660	70,474	21,510	23	0,070	89,340	54,097	31,998
CS5-CS1	40	0,630	89,450	57,874	30,132	20	0,630	84,730	56,782	31,729	20	1,890	89,450	58,966	29,230
CS6-CS1	39	3,430	88,340	61,287	28,786	16	3,430	86,650	63,873	28,602	23	3,880	88,340	59,487	29,415

Tab. 62: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels β im Δ SNGo

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,642	0,966	0,221	0,267	0,221	0,267	0,708	0,708	0,814	0,814	0,152	0,152
CS3-CS1	0,225	0,027*	0,583	0,814	0,583	0,814						
CS4-CS1	0,116	0,073	0,491	0,411	0,491	0,411	0,142	0,142				
CS5-CS1	0,871	0,850	0,968	0,983	0,968	0,983	0,835	0,835				
CS6-CS1	0,397	0,621	0,406	0,215	0,406	0,215	0,619	0,619				

(*p≤0,05)

Tab. 63: P-Werte der Dilatationen 1 und 2 zwischen den Reifestadien in der Kontroll- und Untersuchungsgruppe im Δ SNGo

Vergleich zwischen den Reifestadien	Kontrollgruppe		Untersuchungsgruppe	
	D1	D2	D1	D2
CS2-CS1 vs. CS3-CS1	<0,001**	<0,001***	0,004**	<0,001***
CS3-CS1 vs. CS4-CS1	0,075	<0,001***	<0,001***	<0,001***
CS4-CS1 vs. CS5-CS1	0,013*	0,195	0,006**	<0,001***
CS5-CS1 vs. CS6-CS1	0,027*	0,018*	0,055	<0,001***

(*p≤0,05; **p≤0,01; ***p≤0,001)

Tab. 64: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Kontrollgruppe im Δ SGoGn

Intervall	gesamt						männlich						weiblich					
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD			
CS2-CS1	25	0,950	1,075	1,029	0,025	12	1,007	1,054	1,030	0,013	13	0,950	1,075	1,028	0,033			
CS3-CS1	27	1,031	1,155	1,074	0,027	13	1,043	1,155	1,071	0,030	14	1,031	1,116	1,076	0,024			
CS4-CS1	14	1,059	1,172	1,104	0,029	8	1,059	1,172	1,103	0,036	6	1,076	1,135	1,105	0,021			
CS5-CS1	19	0,988	1,189	1,123	0,044	10	1,107	1,189	1,142	0,024	9	0,988	1,172	1,102	0,054			
CS6-CS1	25	1,061	1,219	1,148	0,040	13	1,125	1,219	1,163	0,030	12	1,061	1,207	1,131	0,043			

Tab. 65: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Untersuchungsgruppe im Δ SGoGn

Intervall	gesamt						männlich						weiblich					
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD			
CS2-CS1	48	0,990	1,068	1,027	0,016	24	0,990	1,068	1,029	0,019	24	1,002	1,057	1,024	0,013			
CS3-CS1	48	0,995	1,127	1,054	0,024	24	0,995	1,127	1,056	0,027	24	1,028	1,124	1,052	0,022			
CS4-CS1	46	1,033	1,161	1,085	0,033	23	1,051	1,161	1,092	0,037	23	1,033	1,127	1,079	0,027			
CS5-CS1	40	1,063	1,243	1,118	0,038	20	1,063	1,243	1,125	0,044	20	1,065	1,182	1,111	0,032			
CS6-CS1	39	1,079	1,300	1,131	0,039	16	1,089	1,300	1,138	0,051	23	1,079	1,179	1,126	0,028			

Tab. 66: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 1 im Δ SGoGn

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probandinnen der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,604	0,267		0,848		0,885		0,885		0,664
CS3-CS1	0,002**	0,551		0,635		0,125		0,125		0,003**
CS4-CS1	0,058	0,172		0,913		0,452		0,452		0,035*
CS5-CS1	0,652	0,240		0,047*		0,269		0,269		0,589
CS6-CS1	0,102	0,329		0,048*		0,145		0,145		0,688

(*p≤0,05; **p≤0,01)

Tab. 67: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Kontrollgruppe im Δ SGoGn

Intervall	gesamt					männlich			weiblich			
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	SD	
CS2-CS1	25	0,996	1,133	1,054	0,033	12	1,013	1,069	1,043	0,020	13	0,996
CS3-CS1	27	1,031	1,217	1,107	0,048	13	1,032	1,217	1,094	0,049	14	1,031
CS4-CS1	14	1,058	1,238	1,153	0,063	8	1,058	1,237	1,129	0,072	6	1,153
CS5-CS1	19	1,134	1,318	1,212	0,053	10	1,134	1,315	1,203	0,057	9	1,150
CS6-CS1	25	1,174	1,359	1,249	0,055	13	1,178	1,343	1,259	0,052	12	1,174

Tab. 68: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Untersuchungsgruppe im Δ SGoGn

Intervall	gesamt						männlich						weiblich		
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	48	0,989	1,156	1,051	0,035	24	0,994	1,126	1,050	0,035	24	0,989	1,156	1,052	0,037
CS3-CS1	48	1,013	1,247	1,094	0,048	24	1,033	1,177	1,091	0,045	24	1,013	1,247	1,097	0,052
CS4-CS1	46	1,035	1,300	1,145	0,064	23	1,064	1,290	1,155	0,060	23	1,035	1,300	1,135	0,068
CS5-CS1	40	1,044	1,439	1,192	0,078	20	1,112	1,439	1,204	0,079	20	1,044	1,354	1,180	0,077
CS6-CS1	39	1,089	1,479	1,222	0,066	16	1,168	1,479	1,238	0,078	23	1,089	1,343	1,210	0,056

Tab. 69: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 2 im Δ SGoGn

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,663		0,823		0,092		0,550		0,323			
CS3-CS1	0,292		0,691		0,212		0,855		0,227			
CS4-CS1	0,684		0,281		0,103		0,317		0,092			
CS5-CS1	0,299		0,343		0,414		0,975		0,134			
CS6-CS1	0,085		0,196		0,388		0,422		0,157			

Tab. 70: Deskriptive Statistik des Winkels α der Kontrollgruppe im Δ SGoGn (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	25	9,120	88,620	51,268	22,153	12	20,340	88,620	52,581	25,487	13	9,120	68,420	50,055	19,564
CS3-CS1	27	3,000	89,970	51,207	21,039	13	3,860	74,540	51,144	21,786	14	3,000	89,970	51,266	21,145
CS4-CS1	14	6,890	64,130	43,534	18,147	8	6,890	64,130	38,714	21,326	6	30,060	60,620	49,962	11,522
CS5-CS1	19	14,600	69,300	47,287	15,785	10	14,610	64,150	44,721	17,970	9	23,020	69,260	50,138	13,416
CS6-CS1	25	8,490	86,400	52,122	14,743	13	8,490	86,400	53,759	18,025	12	33,460	66,320	50,348	10,639

Tab. 71: Deskriptive Statistik des Winkels α der Untersuchungsgruppe im Δ SGoGn (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	48	0,280	89,130	41,275	26,712	24	0,280	86,510	40,706	26,434	24	0,930	89,130	41,844	27,543
CS3-CS1	48	2,870	89,240	46,122	24,838	24	5,390	89,240	50,620	27,512	24	2,870	85,810	41,623	21,483
CS4-CS1	46	1,500	89,090	52,331	23,325	23	17,040	84,440	59,053	17,818	23	1,500	89,090	45,608	26,474
CS5-CS1	40	8,200	87,700	48,810	19,753	20	13,070	77,840	53,956	18,127	20	8,150	87,710	43,663	20,410
CS6-CS1	39	8,490	82,560	52,098	17,293	16	42,590	82,560	56,729	12,761	23	8,490	79,350	48,877	19,469

Tab. 72: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels α im Δ SGoGn

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probandinnen der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,113	0,885	0,783	0,207						0,301
CS3-CS1	0,372	0,213	0,988	0,953						0,188
CS4-CS1	0,201	0,050*	0,267	0,013*						0,555
CS5-CS1	0,770	0,100	0,471	0,198						0,394
CS6-CS1	0,996	0,166	0,574	0,608						0,774

(*p≤0,05)

Tab. 73: Deskriptive Statistik des Winkels β der Kontrollgruppe im Δ SGoGn (in °)

Intervall	gesamt					männlich			weiblich			
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	
CS2-CS1	25	1,380	80,880	38,732	22,153	12	1,380	69,660	37,419	25,487	13	21,580
CS3-CS1	27	0,030	87,000	38,793	21,039	13	15,460	86,140	38,856	21,786	14	0,030
CS4-CS1	14	25,870	83,110	46,466	18,147	8	25,870	83,110	51,286	21,326	6	29,380
CS5-CS1	19	20,700	75,400	42,713	15,785	10	25,850	75,390	45,279	17,970	9	20,740
CS6-CS1	25	3,600	81,510	37,878	14,743	13	3,600	81,510	36,241	18,025	12	23,680

Tab. 74: Deskriptive Statistik des Winkels β der Untersuchungsgruppe im Δ SGoGn (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt						männlich						weiblich		
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	48	0,870	89,720	48,725	26,712	24	3,490	89,720	49,294	26,434	24	0,870	89,070	48,156	27,543
CS3-CS1	48	0,760	87,130	43,879	24,838	24	0,760	84,610	39,380	27,512	24	4,190	87,130	48,377	21,483
CS4-CS1	46	0,910	88,500	37,669	23,325	23	5,560	72,960	30,947	17,818	23	0,910	88,500	44,392	26,474
CS5-CS1	40	2,300	81,900	41,191	19,753	20	12,160	76,930	36,044	18,127	20	2,290	81,850	46,337	20,410
CS6-CS1	39	7,440	81,510	37,902	17,293	16	7,440	47,410	33,271	12,761	23	10,650	81,510	41,123	19,469

Tab. 75: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels β im Δ SGoGn

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe	geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe	geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe	männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
				p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,113	0,885		0,783		0,207	0,301
CS3-CS1	0,372	0,213		0,988		0,953	0,188
CS4-CS1	0,201	0,050*		0,267		0,013*	0,555
CS5-CS1	0,770	0,100		0,471		0,198	0,394
CS6-CS1	0,996	0,166		0,574		0,608	0,774

(*p≤0,05)

Tab. 76: P-Werte der Dilatationen 1 und 2 zwischen den Reifestadien in der Kontroll- und Untersuchungsgruppe im Δ SGoGn

Vergleich zwischen den Reifestadien	Kontrollgruppe		Untersuchungsgruppe	
	D1	D2	D1	D2
CS2-CS1 vs. CS3-CS1	<0,001***	<0,001***	<0,001***	<0,001***
CS3-CS1 vs. CS4-CS1	<0,001***	0,001***	<0,001***	<0,001***
CS4-CS1 vs. CS5-CS1	0,075	<0,001***	<0,001***	<0,001***
CS5-CS1 vs. CS6-CS1	<0,001***	0,002***	<0,001***	<0,001***

(**p≤0,01; ***p≤0,001)

Tab. 77: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Kontrollgruppe im Δ CoGoMe

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	26	0,976	1,072	1,029	0,024	13	0,976	1,068	1,030	0,024	13	0,980	1,072	1,028	0,024
CS3-CS1	28	1,029	1,119	1,069	0,024	14	1,040	1,106	1,072	0,021	14	1,029	1,119	1,066	0,027
CS4-CS1	15	1,057	1,185	1,105	0,035	9	1,057	1,185	1,107	0,038	6	1,059	1,144	1,103	0,033
CS5-CS1	19	1,071	1,206	1,139	0,039	10	1,109	1,206	1,157	0,032	9	1,071	1,184	1,120	0,038
CS6-CS1	26	1,073	1,249	1,159	0,048	14	1,108	1,249	1,181	0,042	12	1,073	1,222	1,134	0,042

Tab. 78: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Untersuchungsgruppe im Δ CoGoMe

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	48	0,951	1,090	1,030	0,028	24	0,990	1,083	1,031	0,028	24	0,951	1,090	1,028	0,028
CS3-CS1	48	1,002	1,148	1,062	0,032	24	1,008	1,148	1,066	0,037	24	1,002	1,139	1,058	0,027
CS4-CS1	46	0,991	1,210	1,098	0,043	23	1,043	1,210	1,104	0,045	23	0,991	1,174	1,092	0,041
CS5-CS1	40	1,072	1,232	1,134	0,043	20	1,072	1,232	1,136	0,049	20	1,077	1,222	1,133	0,037
CS6-CS1	39	1,050	1,272	1,150	0,047	16	1,109	1,272	1,160	0,048	23	1,050	1,194	1,144	0,045

Tab. 79: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 1 im Δ CoGoMe

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probandinnen der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,929		0,755		0,833		0,928		0,973	
CS3-CS1	0,293		0,375		0,534		0,525		0,334	
CS4-CS1	0,562		0,319		0,859		0,899		0,535	
CS5-CS1	0,691		0,851		0,036*		0,241		0,382	
CS6-CS1	0,475		0,278		0,009**		0,229		0,533	

(*p≤0,05; **p≤0,01)

Tab. 80: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Kontrollgruppe im Δ CoGoMe

Intervall	gesamt					männlich			weiblich						
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	SD				
CS2-CS1	26	0,980	1,250	1,066	0,057	13	0,980	1,132	1,044	0,045	13	1,013	1,250	1,087	0,061
CS3-CS1	28	1,014	1,233	1,121	0,061	14	1,014	1,233	1,088	0,062	14	1,100	1,222	1,154	0,038
CS4-CS1	15	1,052	1,291	1,165	0,081	9	1,052	1,265	1,130	0,081	6	1,147	1,291	1,217	0,048
CS5-CS1	19	1,137	1,388	1,254	0,077	10	1,137	1,362	1,235	0,070	9	1,149	1,388	1,275	0,083
CS6-CS1	26	1,209	1,492	1,306	0,066	14	1,209	1,426	1,319	0,059	12	1,218	1,492	1,290	0,074

Tab. 81: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Untersuchungsgruppe im Δ CoGoMe

Intervall	gesamt						männlich						weiblich		
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	48	0,961	1,159	1,049	0,045	24	0,977	1,159	1,051	0,041	24	0,961	1,137	1,048	0,050
CS3-CS1	48	0,978	1,276	1,104	0,062	24	0,988	1,192	1,092	0,052	24	0,978	1,276	1,115	0,069
CS4-CS1	46	1,001	1,325	1,157	0,078	23	1,056	1,325	1,167	0,072	23	1,001	1,302	1,146	0,083
CS5-CS1	40	1,026	1,438	1,219	0,098	20	1,127	1,426	1,240	0,084	20	1,026	1,438	1,198	0,109
CS6-CS1	39	1,071	1,516	1,270	0,092	16	1,112	1,516	1,295	0,097	23	1,071	1,403	1,252	0,086

Tab. 82: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 2 im Δ CoGoMe

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,182	0,808	0,049*	0,632	0,040*							
CS3-CS1	0,237	0,217	0,002**	0,793	0,056							
CS4-CS1	0,731	0,351	0,034*	0,206	0,056							
CS5-CS1	0,183	0,179	0,275	0,868	0,073							
CS6-CS1	0,094	0,156	0,274	0,432	0,208							

(*p≤0,05; **p≤0,01)

Tab. 83: Deskriptive Statistik des Winkels α der Kontrollgruppe im Δ CoGoMe (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	26	2,210	87,920	46,879	26,877	13	2,440	87,920	48,318	31,441	13	2,210	79,570	45,441	22,625
CS3-CS1	28	1,340	89,080	41,702	25,006	14	9,020	74,760	37,491	21,395	14	1,340	89,080	45,913	28,333
CS4-CS1	15	10,550	83,660	47,936	22,888	9	14,740	83,660	51,886	24,894	6	10,550	69,810	42,012	20,127
CS5-CS1	19	7,590	89,600	41,506	19,729	10	21,300	89,600	46,407	22,181	9	7,590	59,100	36,061	16,091
CS6-CS1	26	18,110	70,470	47,087	15,264	14	20,900	70,470	45,547	15,394	12	18,110	68,550	48,883	15,586

Tab. 84: Deskriptive Statistik des Winkels α der Untersuchungsgruppe im Δ CoGoMe (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	48	2,620	89,570	44,321	32,095	24	4,170	89,570	40,482	32,545	24	2,620	88,470	48,160	31,860
CS3-CS1	48	0,540	87,450	45,982	26,700	24	0,540	87,450	45,054	28,272	24	7,380	83,900	46,910	25,607
CS4-CS1	46	6,310	89,950	48,100	25,806	23	6,310	88,340	45,030	24,246	23	8,040	89,950	51,170	27,470
CS5-CS1	40	4,600	86,910	49,791	21,339	20	7,900	80,880	51,278	17,974	20	4,600	86,910	48,305	24,636
CS6-CS1	39	6,120	83,070	45,001	19,960	16	10,270	76,030	46,249	16,863	23	6,120	83,070	44,133	22,189

Tab. 85: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels α im Δ CoGoMe

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe	geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probandinnen der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
		p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,717	0,413	0,791	0,484	0,765				
CS3-CS1	0,492	0,813	0,383	0,393	0,912				
CS4-CS1	0,983	0,426	0,433	0,481	0,453				
CS5-CS1	0,159	0,665	0,265	0,523	0,185				
CS6-CS1	0,653	0,749	0,589	0,907	0,514				

Tab. 86: Deskriptive Statistik des Winkels β der Kontrollgruppe im Δ CoGoMe (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt					männlich			weiblich						
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	26	2,080	87,790	43,121	26,877	13	2,080	87,560	41,682	31,441	13	10,430	87,790	44,559	22,625
CS3-CS1	28	0,920	88,660	48,298	25,006	14	15,240	80,980	52,509	21,395	14	0,920	88,660	44,087	28,333
CS4-CS1	15	6,340	79,450	42,064	22,888	9	6,340	75,260	38,114	24,894	6	20,190	79,450	47,988	20,127
CS5-CS1	19	0,400	82,410	48,494	19,729	10	0,400	68,700	43,593	22,181	9	30,900	82,410	53,939	16,091
CS6-CS1	26	19,530	71,890	42,914	15,264	14	19,530	69,100	44,453	15,394	12	21,450	71,890	41,118	15,586

Tab. 87: Deskriptive Statistik des Winkels β der Untersuchungsgruppe im Δ CoGoMe (in °)

Intervall	gesamt						männlich			weiblich					
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	48	0,430	87,380	45,679	32,095	24	0,430	85,830	49,518	32,545	24	1,530	87,380	41,840	31,860
CS3-CS1	48	2,550	89,460	44,018	26,700	24	2,550	89,460	44,946	28,272	24	6,100	82,620	43,090	25,607
CS4-CS1	46	0,050	83,690	41,900	25,806	23	1,660	83,690	44,970	24,246	23	0,050	81,960	38,830	27,470
CS5-CS1	40	3,090	85,400	40,209	21,339	20	9,120	82,100	38,723	17,974	20	3,090	85,400	41,695	24,636
CS6-CS1	39	6,930	83,880	44,999	19,960	16	13,970	79,730	43,751	16,863	23	6,930	83,880	45,867	22,189

Tab. 88: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels β im Δ CoGoMe

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,717		0,413		0,791		0,484		0,765			
CS3-CS1	0,492		0,813		0,383		0,393		0,912			
CS4-CS1	0,983		0,426		0,433		0,481		0,453			
CS5-CS1	0,159		0,665		0,265		0,523		0,185			
CS6-CS1	0,653		0,749		0,589		0,907		0,514			

Tab. 89: P-Werte der Dilatationen 1 und 2 zwischen den Reifestadien in der Kontroll- und Untersuchungsgruppe im Δ CoGoMe

Vergleich zwischen den Reifestadien	Kontrollgruppe		Untersuchungsgruppe	
	D1	D2	D1	D2
CS2-CS1 vs. CS3-CS1	<0,001***	<0,001***	<0,001***	<0,001***
CS3-CS1 vs. CS4-CS1	<0,001***	0,002**	<0,001***	<0,001***
CS4-CS1 vs. CS5-CS1	<0,001***	<0,001***	<0,001***	<0,001***
CS5-CS1 vs. CS6-CS1	<0,001***	<0,001***	<0,001***	<0,001***

(**p≤0,01; ***p≤0,001)

Tab. 90: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Kontrollgruppe im Δ CoGoB

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	25	0,976	1,322	1,033	0,063	12	0,976	1,040	1,019	0,018	13	0,993	1,322	1,045	0,086
CS3-CS1	27	1,026	1,117	1,056	0,021	13	1,036	1,084	1,056	0,013	14	1,026	1,117	1,057	0,027
CS4-CS1	14	1,037	1,121	1,084	0,024	8	1,037	1,113	1,083	0,024	6	1,051	1,121	1,086	0,026
CS5-CS1	19	1,054	1,152	1,107	0,028	10	1,078	1,152	1,117	0,024	9	1,054	1,133	1,095	0,028
CS6-CS1	25	1,061	1,201	1,124	0,035	13	1,083	1,201	1,137	0,032	12	1,061	1,157	1,109	0,033

Tab. 91: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Untersuchungsgruppe im Δ CoGoB

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	45	0,894	1,090	1,024	0,032	23	0,985	1,078	1,024	0,027	22	0,894	1,090	1,023	0,038
CS3-CS1	45	0,930	1,143	1,050	0,038	23	1,002	1,118	1,046	0,031	22	0,930	1,143	1,053	0,044
CS4-CS1	41	0,958	1,191	1,079	0,042	21	1,028	1,177	1,079	0,037	20	0,958	1,191	1,080	0,048
CS5-CS1	35	1,050	1,209	1,101	0,040	18	1,050	1,209	1,104	0,048	17	1,057	1,147	1,098	0,032
CS6-CS1	35	0,979	1,230	1,111	0,053	15	0,979	1,230	1,110	0,059	20	0,979	1,195	1,112	0,049

Tab. 92: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 1 im Δ CoGoB

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe	geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probandinnen der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
		p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,859	0,733	0,852	0,824	0,801				
CS3-CS1	0,323	0,507	0,819	0,202	0,766				
CS4-CS1	0,715	0,943	0,827	0,804	0,788				
CS5-CS1	0,582	0,692	0,080	0,406	0,803				
CS6-CS1	0,306	0,918	0,043*	0,155	0,861				

(*p≤0,05)

Tab. 93: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Kontrollgruppe im Δ CoGoB

Intervall	gesamt					männlich			weiblich						
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	25	0,687	1,128	1,046	0,083	12	0,989	1,125	1,048	0,035	13	0,687	1,128	1,045	0,113
CS3-CS1	27	1,010	1,201	1,115	0,051	13	1,010	1,196	1,091	0,052	14	1,059	1,201	1,138	0,040
CS4-CS1	14	1,053	1,249	1,161	0,060	8	1,053	1,249	1,141	0,065	6	1,134	1,244	1,188	0,043
CS5-CS1	19	1,107	1,334	1,224	0,059	10	1,144	1,299	1,223	0,054	9	1,107	1,334	1,226	0,067
CS6-CS1	25	1,166	1,430	1,285	0,060	13	1,204	1,384	1,304	0,055	12	1,166	1,430	1,265	0,061

Tab. 94: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Untersuchungsgruppe im Δ CoGoB

Intervall	gesamt						männlich						weiblich		
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	45	0,970	1,177	1,044	0,043	23	0,997	1,149	1,048	0,033	22	0,970	1,177	1,039	0,053
CS3-CS1	45	0,984	1,288	1,093	0,060	23	1,029	1,190	1,097	0,044	22	0,984	1,288	1,089	0,073
CS4-CS1	41	1,009	1,371	1,147	0,081	21	1,053	1,313	1,163	0,069	20	1,009	1,371	1,130	0,091
CS5-CS1	35	1,028	1,440	1,209	0,089	18	1,105	1,385	1,231	0,079	17	1,028	1,440	1,185	0,095
CS6-CS1	35	1,077	1,452	1,258	0,094	15	1,107	1,452	1,292	0,099	20	1,077	1,452	1,233	0,083

Tab. 95: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 2 im Δ CoGoB

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,865		0,484		0,928		0,977		0,729		0,836	
CS3-CS1	0,099		0,688		0,014*		0,029				0,029*	
CS4-CS1	0,557		0,186		0,151		0,430		0,430		0,144	
CS5-CS1	0,511		0,133		0,914		0,766		0,766		0,273	
CS6-CS1	0,209		0,062		0,106		0,705		0,705		0,252	

(*p≤0,05)

Tab. 96: Deskriptive Statistik des Winkels α der Kontrollgruppe im Δ CoGoB (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	25	6,820	89,550	52,585	25,562	12	6,820	88,090	52,976	30,543	13	27,290	89,550	52,225	21,245
CS3-CS1	27	5,100	89,100	51,039	24,458	13	21,360	78,900	52,195	22,478	14	5,080	89,120	49,966	26,970
CS4-CS1	14	23,310	81,250	54,734	18,695	8	28,610	81,250	56,200	20,733	6	23,310	75,420	52,780	17,289
CS5-CS1	19	14,130	66,820	50,188	14,095	10	27,800	66,820	51,383	13,215	9	14,130	65,860	48,860	15,709
CS6-CS1	25	29,000	77,600	59,434	12,508	13	33,420	77,630	60,284	12,303	12	29,040	75,250	58,513	13,208

Tab. 97: Deskriptive Statistik des Winkels α der Untersuchungsgruppe im Δ CoGoB (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	45	2,420	89,950	41,192	27,436	23	2,420	89,420	42,497	27,489	22	5,880	89,950	39,829	27,960
CS3-CS1	45	0,800	90,000	45,373	27,834	23	0,790	89,960	48,270	26,806	22	0,750	87,720	42,344	29,183
CS4-CS1	41	1,650	87,070	53,368	24,136	21	10,130	87,070	55,095	19,525	20	1,650	83,870	51,556	28,607
CS5-CS1	35	0,470	88,450	57,045	20,587	18	0,470	87,080	56,903	18,098	17	14,190	88,450	57,195	23,506
CS6-CS1	35	3,500	88,400	56,826	20,081	15	3,470	86,010	55,077	17,037	20	8,220	88,430	58,139	22,439

Tab. 98: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels α im Δ CoGoB

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe	geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe			geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe			männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe			weibliche Probandinnen der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		
		p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	
CS2-CS1	0,093	0,748	0,943	0,310	0,178								
CS3-CS1	0,385	0,482	0,818	0,658	0,437								
CS4-CS1	0,848	0,648	0,749	0,894	0,922								
CS5-CS1	0,201	0,967	0,708	0,406	0,350								
CS6-CS1	0,568	0,662	0,732	0,369	0,959								

Tab. 99: Deskriptive Statistik des Winkels β der Kontrollgruppe im Δ CoGoB (in °)

Intervall	gesamt					männlich			weiblich						
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	25	0,450	83,180	37,415	25,562	12	1,910	83,180	37,024	30,543	13	0,450	62,710	37,775	21,245
CS3-CS1	27	0,900	84,900	38,961	24,458	13	11,100	68,640	37,805	22,478	14	0,880	84,920	40,034	26,970
CS4-CS1	14	8,750	66,690	35,266	18,695	8	8,750	61,390	33,800	20,733	6	14,580	66,690	37,220	17,289
CS5-CS1	19	23,180	75,870	39,812	14,095	10	23,180	62,200	38,617	13,215	9	24,140	75,870	41,140	15,709
CS6-CS1	25	12,400	61,000	30,566	12,508	13	12,370	56,580	29,716	12,303	12	14,750	60,960	31,487	13,208

Tab. 100: Deskriptive Statistik des Winkels β der Untersuchungsgruppe im Δ CoGoB (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt						männlich			weiblich					
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	45	0,050	87,580	48,808	27,436	23	0,580	87,580	47,503	27,489	22	0,050	84,120	50,171	27,960
CS3-CS1	45	0,000	89,300	44,627	27,834	23	0,040	89,210	41,730	26,806	22	2,280	89,250	47,656	29,183
CS4-CS1	41	2,930	88,350	36,632	24,136	21	2,930	79,870	34,905	19,525	20	6,130	88,350	38,445	28,607
CS5-CS1	35	1,550	89,530	32,955	20,587	18	2,920	89,530	33,097	18,098	17	1,550	75,810	32,805	23,506
CS6-CS1	35	1,600	86,500	33,174	20,081	15	3,990	86,530	34,923	17,037	20	1,570	81,780	31,862	22,439

Tab. 101: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels β im Δ CoGoB

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,093		0,748		0,943		0,310		0,178	
CS3-CS1	0,385		0,482		0,818		0,658		0,437	
CS4-CS1	0,848		0,648		0,749		0,894		0,922	
CS5-CS1	0,201		0,967		0,708		0,406		0,350	
CS6-CS1	0,568		0,662		0,732		0,369		0,959	

Tab. 102:

P-Werte der Dilatationen 1 und 2 zwischen den Reifestadien in der Kontroll- und Untersuchungsgruppe im Δ CoGoB

Vergleich zwischen den Reifestadien	Kontrollgruppe		Untersuchungsgruppe	
	D1	D2	D1	D2
CS2-CS1 vs. CS3-CS1	0,082	0,001***	<0,001***	<0,001***
CS3-CS1 vs. CS4-CS1	<0,001***	0,001***	<0,001***	<0,001***
CS4-CS1 vs. CS5-CS1	<0,001***	<0,001***	0,001***	<0,001***
CS5-CS1 vs. CS6-CS1	<0,001***	<0,001***	<0,001***	<0,001***

(***p≤0,001)

Tab. 103: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Kontrollgruppe im Δ SAGn

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	24	0,848	1,090	1,030	0,047	11	0,995	1,064	1,031	0,024	13	0,848	1,090	1,030	0,061
CS3-CS1	26	1,034	1,161	1,080	0,024	12	1,054	1,161	1,080	0,028	14	1,034	1,115	1,080	0,021
CS4-CS1	13	1,059	1,173	1,110	0,032	7	1,059	1,173	1,103	0,035	6	1,078	1,157	1,119	0,029
CS5-CS1	19	0,879	1,203	1,131	0,070	10	1,118	1,201	1,157	0,026	9	0,879	1,203	1,103	0,093
CS6-CS1	24	1,080	1,242	1,166	0,047	12	1,130	1,232	1,190	0,033	12	1,080	1,242	1,142	0,047

Tab. 104: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Untersuchungsgruppe im Δ SAGn

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	41	0,967	1,069	1,026	0,023	20	0,967	1,069	1,026	0,028	21	0,983	1,065	1,027	0,019
CS3-CS1	41	1,006	1,138	1,063	0,030	20	1,018	1,138	1,067	0,032	21	1,006	1,130	1,059	0,029
CS4-CS1	39	1,031	1,174	1,099	0,033	19	1,031	1,174	1,105	0,039	20	1,048	1,139	1,092	0,025
CS5-CS1	33	1,042	1,201	1,130	0,037	17	1,042	1,201	1,136	0,041	16	1,075	1,187	1,124	0,031
CS6-CS1	34	1,076	1,231	1,146	0,032	15	1,076	1,231	1,151	0,041	19	1,104	1,179	1,141	0,022

Tab. 105: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 1 im Δ SAGn

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probandinnen der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,666	0,829	0,951	0,601	0,865					
CS3-CS1	0,018*	0,427	0,988	0,253	0,027*					
CS4-CS1	0,273	0,224	0,370	0,871	0,036*					
CS5-CS1	0,912	0,356	0,091	0,148	0,410					
CS6-CS1	0,066	0,345	0,008**	0,013*	0,933					

(*p≤0,05; **p≤0,01)

Tab. 106: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Kontrollgruppe im Δ SAGn

Intervall	gesamt					männlich			weiblich						
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	\bar{x}	SD	n	Min	\bar{x}	SD		
CS2-CS1	24	0,907	1,095	1,007	0,038	11	0,966	1,095	1,015	0,036	13	0,907	1,040	1,001	0,040
CS3-CS1	26	0,953	1,049	1,009	0,024	12	0,983	1,044	1,010	0,017	14	0,953	1,049	1,009	0,030
CS4-CS1	13	0,984	1,071	1,015	0,026	7	0,987	1,071	1,017	0,026	6	0,984	1,050	1,012	0,028
CS5-CS1	19	0,938	1,078	1,023	0,038	10	0,992	1,078	1,036	0,025	9	0,938	1,076	1,009	0,045
CS6-CS1	24	0,959	1,151	1,033	0,047	12	0,959	1,151	1,050	0,049	12	0,966	1,090	1,017	0,040

Tab. 107: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Untersuchungsgruppe im Δ SAGn

Intervall	gesamt						männlich						weiblich		
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	41	0,884	1,067	1,002	0,040	20	0,965	1,067	1,018	0,032	21	0,884	1,044	0,987	0,042
CS3-CS1	41	0,867	1,109	1,013	0,052	20	0,902	1,104	1,031	0,042	21	0,867	1,109	0,995	0,056
CS4-CS1	39	0,877	1,092	1,008	0,059	19	0,909	1,091	1,036	0,046	20	0,877	1,092	0,982	0,058
CS5-CS1	33	0,900	1,126	1,030	0,050	17	0,900	1,126	1,047	0,053	16	0,923	1,085	1,012	0,041
CS6-CS1	34	0,903	1,134	1,028	0,050	15	0,976	1,134	1,054	0,043	19	0,903	1,095	1,007	0,047

Tab. 108: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 2 im Δ SAGn

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe	geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe	geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe	männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
				p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,594	0,012*	0,378	0,823	0,345		
CS3-CS1	0,740	0,025*	0,850	0,113	0,408		
CS4-CS1	0,598	0,003**	0,734	0,317	0,245		
CS5-CS1	0,617	0,044*	0,112	0,564	0,856		
CS6-CS1	0,686	0,005**	0,081	0,800	0,564		

(*p≤0,05; **p≤0,01)

Tab. 109: Deskriptive Statistik des Winkels α der Kontrollgruppe im Δ SAGn (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt						männlich						weiblich					
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD			
CS2-CS1	24	0,490	88,710	39,485	28,500	11	3,200	88,710	44,859	29,977	13	0,490	79,460	34,937	27,551			
CS3-CS1	26	8,750	67,610	30,255	14,321	12	8,750	67,610	32,976	18,720	14	13,760	41,640	27,923	9,231			
CS4-CS1	13	1,370	54,870	33,083	14,898	7	1,370	52,850	30,799	16,697	6	16,550	54,870	35,748	13,501			
CS5-CS1	19	14,050	80,370	35,324	16,224	10	14,050	50,720	35,285	11,807	9	16,010	80,370	35,367	20,866			
CS6-CS1	24	14,120	60,970	36,368	13,650	12	19,150	54,640	34,816	13,200	12	14,120	60,970	37,919	14,494			

Tab. 110: Deskriptive Statistik des Winkels α der Untersuchungsgruppe im Δ SAGn (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt						männlich						weiblich					
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD			
CS2-CS1	41	2,770	88,410	38,438	26,638	20	2,770	86,460	40,929	27,023	21	4,110	88,410	36,065	26,707			
CS3-CS1	41	3,850	84,100	39,769	26,273	20	3,850	82,410	49,083	24,073	21	3,890	84,100	30,898	25,704			
CS4-CS1	39	1,580	74,350	34,217	21,270	19	1,580	72,230	41,015	20,032	20	8,220	74,350	27,758	20,845			
CS5-CS1	33	9,450	78,020	39,734	18,789	17	9,450	78,020	42,239	18,231	16	15,010	77,240	37,073	19,595			
CS6-CS1	34	9,860	86,960	37,294	18,087	15	20,840	86,960	43,198	19,054	19	9,860	63,010	32,634	16,292			

Tab. 111: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels α im Δ SAGn

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe	geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probandinnen der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
		p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,882	0,566		0,407		0,712		0,907	
CS3-CS1	0,060	0,025*		0,408		0,057		0,631	
CS4-CS1	0,860	0,050*		0,573		0,242		0,388	
CS5-CS1	0,397	0,439		0,992		0,292		0,840	
CS6-CS1	0,833	0,091		0,589		0,208		0,367	

(*p≤0,05)

Tab. 112: Deskriptive Statistik des Winkels β der Kontrollgruppe im Δ SAGn (in °)

Intervall	gesamt					männlich			weiblich						
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	24	1,290	89,510	50,515	28,500	11	1,290	86,800	45,141	29,977	13	10,540	89,510	55,063	27,551
CS3-CS1	26	22,390	81,250	59,745	14,321	12	22,390	81,250	57,024	18,720	14	48,360	76,240	62,077	9,231
CS4-CS1	13	35,130	88,630	56,917	14,898	7	37,150	88,630	59,201	16,697	6	35,130	73,450	54,252	13,501
CS5-CS1	19	9,630	75,950	54,676	16,224	10	39,280	75,950	54,715	11,807	9	9,630	73,990	54,633	20,866
CS6-CS1	24	29,030	75,880	53,633	13,650	12	35,360	70,850	55,184	13,200	12	29,030	75,880	52,081	14,494

Tab. 113: Deskriptive Statistik des Winkels β der Untersuchungsgruppe im Δ SAGn (in °)

Intervall	gesamt						männlich			weiblich					
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	41	1,590	87,230	51,562	26,638	20	3,540	87,230	49,071	27,023	21	1,590	85,890	53,935	26,707
CS3-CS1	41	5,900	86,150	50,232	26,273	20	7,590	86,150	40,918	24,073	21	5,900	86,110	59,102	25,704
CS4-CS1	39	15,650	88,420	55,783	21,270	19	17,770	88,420	48,985	20,032	20	15,650	81,780	62,242	20,845
CS5-CS1	33	11,980	80,550	50,266	18,789	17	11,980	80,550	47,761	18,231	16	12,760	74,990	52,928	19,595
CS6-CS1	34	3,040	80,140	52,706	18,087	15	3,040	69,160	46,802	19,054	19	26,990	80,140	57,366	16,292

Tab. 114: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels β im Δ SAGn

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,882		0,566		0,407		0,712		0,907			
CS3-CS1	0,060		0,025*		0,408		0,057		0,631			
CS4-CS1	0,860		0,050*		0,573		0,242		0,388			
CS5-CS1	0,397		0,439		0,992		0,292		0,840			
CS6-CS1	0,833		0,091		0,589		0,208		0,367			

(*p≤0,05)

Tab. 115:

P-Werte der Dilatationen 1 und 2 zwischen den Reifestadien in der Kontroll- und Untersuchungsgruppe im Δ SAGn

Vergleich zwischen den Reifestadien	Kontrollgruppe		Untersuchungsgruppe	
	D1	D2	D1	D2
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1 vs. CS3-CS1	<0,001***	0,015*	<0,001***	n.s.
CS3-CS1 vs. CS4-CS1	<0,001***	0,411	<0,001***	n.s.
CS4-CS1 vs. CS5-CS1	0,425	0,006**	<0,001***	n.s.
CS5-CS1 vs. CS6-CS1	0,002**	0,633	<0,001***	n.s.

(*p≤0,05; **p≤0,01; ***p≤0,001)

Tab. 116: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Kontrollgruppe im Δ SAB

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	24	0,930	2,205	1,079	0,243	11	0,984	1,066	1,031	0,028	13	0,930	2,205	1,120	0,330
CS3-CS1	26	0,965	1,151	1,067	0,039	12	0,980	1,151	1,066	0,043	14	0,965	1,118	1,068	0,037
CS4-CS1	13	1,059	1,164	1,097	0,033	7	1,059	1,164	1,088	0,035	6	1,072	1,147	1,108	0,029
CS5-CS1	19	0,950	1,188	1,109	0,060	10	0,950	1,188	1,116	0,066	9	0,979	1,154	1,101	0,055
CS6-CS1	24	0,955	1,212	1,136	0,064	12	1,121	1,212	1,165	0,030	12	0,955	1,198	1,106	0,076

Tab. 117: Deskriptive Statistik der Dilatation 1 der Untersuchungsgruppe im Δ SAB

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	41	0,737	1,130	1,007	0,066	20	0,936	1,130	1,018	0,050	21	0,737	1,098	0,995	0,077
CS3-CS1	41	0,712	1,134	1,033	0,074	20	0,938	1,132	1,040	0,053	21	0,712	1,134	1,025	0,091
CS4-CS1	38	0,731	1,152	1,063	0,091	18	0,731	1,152	1,054	0,094	20	0,731	1,150	1,071	0,089
CS5-CS1	32	0,993	1,225	1,104	0,050	16	0,993	1,225	1,095	0,061	16	1,043	1,174	1,113	0,038
CS6-CS1	33	0,765	1,179	1,095	0,089	14	0,982	1,172	1,091	0,065	19	0,765	1,179	1,098	0,105

Tab. 118: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 1 im Δ SAB

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe	geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probandinnen der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
		p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,080	0,335		0,531		0,403		0,112	
CS3-CS1	0,015*	0,526		0,920		0,157		0,105	
CS4-CS1	0,235	0,393		0,295		0,458		0,242	
CS5-CS1	0,754	0,319		0,602		0,414		0,525	
CS6-CS1	0,020*	0,339		0,033*		0,001***		1,000	

(*p≤0,05; ***p≤0,001)

Tab. 119: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Kontrollgruppe im Δ SAB

Intervall	gesamt					männlich			weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	n	Min	Max	
CS2-CS1	24	0,863	1,121	0,997	0,062	11	0,871	1,121	1,004	0,062	13	0,863	1,088
CS3-CS1	26	0,885	1,079	1,004	0,047	12	0,885	1,079	1,002	0,052	14	0,912	1,060
CS4-CS1	13	0,921	1,084	1,006	0,047	7	0,921	1,084	0,992	0,059	6	0,999	1,050
CS5-CS1	19	0,925	1,137	1,021	0,056	10	0,983	1,137	1,041	0,046	9	0,925	1,079
CS6-CS1	24	0,891	1,145	1,029	0,059	12	0,936	1,145	1,029	0,060	12	0,891	1,103

Tab. 120: Deskriptive Statistik der Dilatation 2 der Untersuchungsgruppe im Δ SAB

Intervall	gesamt						männlich			weiblich					
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	41	0,951	1,088	1,014	0,037	20	0,951	1,064	1,013	0,038	21	0,952	1,088	1,016	0,036
CS3-CS1	41	0,885	1,169	1,032	0,057	20	0,897	1,145	1,042	0,051	21	0,885	1,169	1,023	0,063
CS4-CS1	38	0,867	1,111	1,022	0,070	18	0,901	1,106	1,042	0,058	20	0,867	1,111	1,005	0,076
CS5-CS1	32	0,878	1,140	1,032	0,065	16	0,889	1,140	1,049	0,066	16	0,878	1,110	1,014	0,062
CS6-CS1	33	0,910	1,193	1,050	0,063	14	0,944	1,193	1,072	0,067	19	0,910	1,152	1,034	0,056

Tab. 121: P-Werte der statistischen Vergleiche der Dilatation 2 im Δ SAB

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe	geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe	geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe	männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
				p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,217	0,770	0,631	0,626	0,213		
CS3-CS1	0,038*	0,301	0,846	0,040*	0,370		
CS4-CS1	0,429	0,099	0,264	0,065	0,373		
CS5-CS1	0,567	0,130	0,113	0,725	0,579		
CS6-CS1	0,210	0,085	0,964	0,097	0,848		

(*p≤0,05)

Tab. 122: Deskriptive Statistik des Winkels α der Kontrollgruppe im Δ SAB (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	24	0,050	85,650	45,732	33,319	11	1,430	82,040	40,837	31,803	13	0,050	85,650	49,874	35,276
CS3-CS1	26	0,110	88,930	33,399	28,057	12	0,110	84,440	41,310	30,170	14	1,030	88,930	26,619	25,225
CS4-CS1	13	3,780	62,110	26,454	18,749	7	3,780	62,110	21,850	20,278	6	8,130	56,430	31,825	16,909
CS5-CS1	19	6,000	89,860	32,279	23,534	10	9,590	89,860	34,499	23,826	9	6,000	75,880	29,812	24,383
CS6-CS1	24	3,700	86,970	34,917	24,785	12	3,700	68,270	24,248	21,112	12	16,150	86,970	45,585	24,299

Tab. 123: Deskriptive Statistik des Winkels α der Untersuchungsgruppe im Δ SAB (in $^{\circ}$)

Intervall	gesamt					männlich					weiblich				
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	41	0,500	89,670	50,977	28,118	20	4,800	89,410	47,370	26,096	21	0,500	89,670	54,413	30,149
CS3-CS1	41	0,310	89,990	45,961	33,342	20	4,360	87,150	50,469	29,864	21	0,310	89,990	41,667	36,557
CS4-CS1	38	1,500	88,960	44,514	28,472	18	9,560	88,350	44,909	28,206	20	1,500	88,960	44,159	29,437
CS5-CS1	32	2,060	84,120	41,038	25,778	16	4,340	84,120	42,236	26,138	16	2,060	82,450	39,841	26,212
CS6-CS1	33	5,610	88,690	39,855	26,424	14	8,000	85,850	45,045	28,557	19	5,610	88,690	36,031	24,818

Tab. 124: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels α im Δ SAB

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probandinnen der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,501		0,430		0,520		0,542		0,692	
CS3-CS1	0,116		0,405		0,189		0,409		0,159	
CS4-CS1	0,014*		0,937		0,361		0,062		0,216	
CS5-CS1	0,232		0,798		0,677		0,455		0,357	
CS6-CS1	0,478		0,341		0,032*		0,048*		0,301	

(*p≤0,05)

Tab. 125: Deskriptive Statistik des Winkels β der Kontrollgruppe im Δ SAB (in °)

Intervall	gesamt					männlich			weiblich			
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	
CS2-CS1	24	4,350	89,950	44,268	33,319	11	7,960	88,570	49,163	31,803	13	4,350
CS3-CS1	26	1,070	89,890	56,601	28,057	12	5,560	89,890	48,690	30,170	14	1,070
CS4-CS1	13	27,890	86,220	63,546	18,749	7	27,890	86,220	68,150	20,278	6	33,570
CS5-CS1	19	0,140	84,000	57,721	23,534	10	0,140	80,410	55,501	23,826	9	14,120
CS6-CS1	24	3,030	86,300	55,083	24,785	12	21,730	86,300	65,752	21,112	12	3,030

Tab. 126: Deskriptive Statistik des Winkels β der Untersuchungsgruppe im Δ SAB (in °)

Intervall	gesamt						männlich			weiblich					
	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD	n	Min	Max	\bar{x}	SD
CS2-CS1	41	0,330	89,500	39,023	28,118	20	0,590	85,200	42,630	26,096	21	0,330	89,500	35,587	30,149
CS3-CS1	41	0,010	89,690	44,040	33,342	20	2,850	85,640	39,531	29,864	21	0,010	89,690	48,333	36,557
CS4-CS1	38	1,040	88,500	45,486	28,472	18	1,650	80,440	45,091	28,206	20	1,040	88,500	45,841	29,437
CS5-CS1	32	5,880	87,940	48,962	25,778	16	5,880	85,660	47,764	26,138	16	7,550	87,940	50,159	26,212
CS6-CS1	33	1,310	84,390	50,145	26,424	14	4,150	82,000	44,955	28,557	19	1,310	84,390	53,969	24,818

Tab. 127: P-Werte der statistischen Vergleiche des Winkels β im Δ SAB

Intervall	Kontroll- und Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Untersuchungsgruppe		geschlechtsspezifisch innerhalb der Kontrollgruppe		männliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe		weibliche Probanden der Kontroll- und Untersuchungsgruppe	
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1	0,501		0,430		0,520		0,542		0,692			
CS3-CS1	0,116		0,405		0,189		0,409		0,159			
CS4-CS1	0,014*		0,937		0,361		0,062		0,216			
CS5-CS1	0,232		0,798		0,677		0,455		0,357			
CS6-CS1	0,478		0,341		0,032*		0,048*		0,301			

(*p≤0,05)

Tab. 128:

P-Werte der Dilatationen 1 und 2 zwischen den Reifestadien in der Kontroll- und Untersuchungsgruppe im Δ SAB

Vergleich zwischen den Reifestadien	Kontrollgruppe		Untersuchungsgruppe	
	D1	D2	D1	D2
	p-Wert	p-Wert	p-Wert	p-Wert
CS2-CS1 vs. CS3-CS1	0,711	n.s.	0,010**	n.s.
CS3-CS1 vs. CS4-CS1	0,017*	n.s.	<0,001***	n.s.
CS4-CS1 vs. CS5-CS1	0,374	n.s.	<0,001***	n.s.
CS5-CS1 vs. CS6-CS1	0,075	n.s.	0,834	n.s.

(*p≤0,05; **p≤0,01; ***p≤0,001)

Tab. 129: Ergebnisse des Methodenfehlers

Δ SNBa		D1 (T1)	D1 (T1)	D1 (T2)	D1 (T2)	D2 (T1)		D2 (T2)	D2 (T2)	p-Wert	
Intervall	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	p-Wert	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	p-Wert	
CS2-CS1 vs. CS3-CS1	1,022	0,037	1,029	0,049	0,264	1,071	0,094	1,065	0,087	0,458	
CS3-CS1 vs. CS4-CS1	1,038	0,027	1,039	0,026	0,550	1,078	0,054	1,078	0,054	0,888	
CS4-CS1 vs. CS5-CS1	1,064	0,037	1,066	0,038	0,321	1,104	0,052	1,106	0,054	0,124	
CS5-CS1 vs. CS6-CS1	1,082	0,053	1,082	0,056	0,820	1,115	0,038	1,118	0,039	0,308	
Δ SNA		D1 (T1)	D1 (T1)	D1 (T2)	D1 (T2)	D2 (T1)		D2 (T2)	D2 (T2)	p-Wert	
Intervall	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	p-Wert	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	p-Wert	
CS2-CS1 vs. CS3-CS1	1,040	0,025	1,040	0,024	0,617	1,044	0,020	1,043	0,024	0,861	
CS3-CS1 vs. CS4-CS1	1,067	0,009	1,067	0,009	0,848	1,059	0,049	1,063	0,051	0,146	
CS4-CS1 vs. CS5-CS1	1,077	0,013	1,082	0,021	0,238	1,053	0,029	1,051	0,023	0,586	
CS5-CS1 vs. CS6-CS1	1,115	0,033	1,114	0,034	0,692	1,070	0,013	1,069	0,015	0,872	
Δ SNB		D1 (T1)	D1 (T1)	D1 (T2)	D1 (T2)	D2 (T1)		D2 (T2)	D2 (T2)	p-Wert	
Intervall	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	p-Wert	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	p-Wert	
CS2-CS1 vs. CS3-CS1	1,042	0,017	1,040	0,020	0,509	1,030	0,031	1,034	0,026	0,180	
CS3-CS1 vs. CS4-CS1	1,068	0,008	1,070	0,011	0,570	1,037	0,035	1,037	0,026	0,999	
CS4-CS1 vs. CS5-CS1	1,087	0,022	1,088	0,027	0,632	1,046	0,039	1,051	0,037	0,111	
CS5-CS1 vs. CS6-CS1	1,124	0,020	1,117	0,032	0,400	1,056	0,018	1,066	0,032	0,310	

Δ SNGo	D1 (T1)	D1 (T1)	D1 (T2)	D1 (T2)		D2 (T1)	D2 (T1)	D2 (T2)	D2 (T2)	
Intervall	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	p-Wert	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	p-Wert
CS2-CS1 vs. CS3-CS1	1,041	0,041	1,041	0,391	0,733	1,054	0,249	1,054	0,024	0,682
CS3-CS1 vs. CS4-Cs1	1,079	0,051	1,080	0,049	0,630	1,070	0,036	1,071	0,035	0,719
CS4-CS1 vs. CS5-CS1	1,082	0,051	1,091	0,043	0,473	1,111	0,055	1,102	0,064	0,440
CS5-CS1 vs. CS6-CS1	1,142	0,071	1,142	0,069	0,655	1,127	0,068	1,126	0,068	0,574
Δ SGoGn	D1 (T1)	D1 (T1)	D1 (T2)	D1 (T2)		D2 (T1)	D2 (T1)	D2 (T2)	D2 (T2)	
Intervall	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	p-Wert	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	p-Wert
CS2-CS1 vs. CS3-CS1	1,044	0,020	1,049	0,020	0,200	1,074	0,040	1,070	0,039	0,402
CS3-CS1 vs. CS4-Cs1	1,073	0,014	1,073	0,014	0,828	1,112	0,050	1,113	0,047	0,665
CS4-CS1 vs. CS5-CS1	1,103	0,031	1,106	0,032	0,065	1,154	0,072	1,153	0,074	0,701
CS5-CS1 vs. CS6-CS1	1,132	0,033	1,132	0,033	0,454	1,216	0,070	1,214	0,069	0,420
Δ CoGoMe	D1 (T1)	D1 (T1)	D1 (T2)	D1 (T2)		D2 (T1)	D2 (T1)	D2 (T2)	D2 (T2)	
Intervall	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	p-Wert	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	p-Wert
CS2-CS1 vs. CS3-CS1	1,046	0,023	1,044	0,020	0,465	1,075	0,054	1,074	0,048	0,827
CS3-CS1 vs. CS4-Cs1	1,078	0,278	1,079	0,022	0,831	1,113	0,071	1,113	0,067	0,923
CS4-CS1 vs. CS5-CS1	1,117	0,049	1,121	0,047	0,161	1,148	0,075	1,145	0,077	0,363
CS5-CS1 vs. CS6-CS1	1,160	0,053	1,153	0,051	0,344	1,249	0,071	1,239	0,069	0,092

Δ CoGoB	D1 (T1)	D1 (T1)	D1 (T2)	D1 (T2)		D2 (T1)	D2 (T1)	D2 (T2)	D2 (T2)
Intervall	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	p-Wert	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
CS2-CS1 vs. CS3-CS1	1,038	0,022	1,045	0,031	0,160	1,079	0,037	1,069	0,036
CS3-CS1 vs. CS4-CS1	1,081	0,023	1,079	0,025	0,734	1,101	0,065	1,010	0,060
CS4-CS1 vs. CS5-CS1	1,096	0,042	1,100	0,046	0,510	1,154	0,059	1,146	0,061
CS5-CS1 vs. CS6-CS1	1,133	0,053	1,122	0,042	0,469	1,232	0,066	1,236	0,043
Δ SAGn	D1 (T1)	D1 (T1)	D1 (T2)	D1 (T2)		D2 (T1)	D2 (T1)	D2 (T2)	D2 (T2)
Intervall	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	p-Wert	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
CS2-CS1 vs. CS3-CS1	1,051	0,032	1,051	0,030	0,745	1,013	0,027	1,013	0,027
CS3-CS1 vs. CS4-CS1	1,083	0,014	1,081	0,014	0,354	1,009	0,027	1,003	0,028
CS4-CS1 vs. CS5-CS1	1,103	0,022	1,104	0,024	0,765	1,018	0,027	1,019	0,025
CS5-CS1 vs. CS6-CS1	1,143	0,028	1,144	0,028	0,898	1,023	0,047	1,027	0,046
Δ SAB	D1 (T1)	D1 (T1)	D1 (T2)	D1 (T2)		D2 (T1)	D2 (T1)	D2 (T2)	D2 (T2)
Intervall	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD	p-Wert	\bar{x}	SD	\bar{x}	SD
CS2-CS1 vs. CS3-CS1	1,039	0,467	1,037	0,041	0,589	1,011	0,062	1,019	0,043
CS3-CS1 vs. CS4-CS1	1,065	0,037	1,056	0,040	0,156	1,005	0,065	1,007	0,051
CS4-CS1 vs. CS5-CS1	1,092	0,023	1,096	0,026	0,465	0,991	0,064	0,999	0,041
CS5-CS1 vs. CS6-CS1	1,098	0,076	1,134	0,033	0,298	1,033	0,069	1,006	0,049

THESEN

1. Die Angle-Klasse-II/1 stellt die häufigste Bisslageanomalie bei Kaukasiern dar.
2. Die Kenntnis über physiologische Wachstumsprozesse dient dem Therapeuten als essenzielle Grundlage, morphologische Abweichungen oder Therapieeffekte eruieren zu können.
3. Das Gesichtsschädelwachstum unterliegt unter anderem während der Pubertät markanten morphologischen Veränderungen. Dabei kann das chronologische Alter in Abhängigkeit der individuellen skelettalen Reife bei verschiedenen Probanden stark variieren. Zur Darstellung und Analyse dieser Wachstumsprozesse ist ein entsprechend langer Beobachtungszeitraum indiziert.
4. Durch die Anwendung der CVM-Methode (cervical vertebral maturation method) können auf skelettaler Ebene individuelle Entwicklungsstadien der Probanden unabhängig vom chronologischen Alter verglichen werden.
5. Durch die Verwendung der Tensoranalyse können im Gegensatz zur konventionellen Kephalometrie sogar sehr geringe relative Veränderungen des Gesichtsschädelwachstums und deren Richtung zweidimensional dargestellt werden. Dies geschieht unabhängig von Referenzstrukturen und individuellen Größenunterschieden der Probanden.
6. Unbehandelte Probanden mit Angle-Klasse-II/1 Gebissanomalie weisen bereits zu Beginn der Pubertät Wachstumsdefizite im Unterkieferbereich (Dreiecke CoGoMe und CoGoB) auf. Diese bleiben bis zum Ende des Beobachtungszeitraums bestehen, wodurch die Angle-Klasse-II/1 keiner Selbstausheilung unterliegt.
7. Im Wesentlichen ähneln sich die relativen Wachstumszunahmen im Gesichtsschädelbereich von unbehandelten Probanden mit Angle-Klasse-II/1 Gebissanomalie und unbehandelten Probanden mit normaler Okklusion.

8. Unbehandelte Probanden mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie unterscheiden sich hinsichtlich der Konfiguration der hinteren Schädelbasis durch einen retrognatheren Profiltyp. Die Wachstumszunahmen im Bereich NSBa sind bei den weiblichen Probandinnen mit Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie spätpuberal ausgeprägter als bei den männlichen Probanden.
9. Im intermaxillären Bereich und im Bereich des Unterkiefers treten Defizite in vertikaler und sagittaler Richtung auf, aus denen zum Teil eine Verstärkung der Angle-Klasse II/1 gegenüber der Angle-Klasse I durch eher nach posterior orientierte Wachstumszunahmen resultiert.
10. Das Rotationsmuster der Mandibula unbehandelter Probandinnen mit Angle-Klasse-II/1 Gebissanomalie weist im Dreieck CoGoB während des maximalen puberalen Wachstums (CS3) eine ausgeprägtere „clockwise“ Rotation als bei Probandinnen mit normaler Okklusion auf.
11. Bei männlichen Probanden mit und ohne Angle-Klasse II/1 Gebissanomalie bestehen gegenüber den weiblichen Probandinnen größere spätpuberalen Wachstumszunahmen in vertikaler Richtung im posterioren Unterkieferbereich (Dreieck SNGo) und durchweg ausgeprägtere Zuwächse im intermaxillären Bereich (Dreieck SAGn) in dorsoaudaler Richtung.
12. Da die maximalen Veränderungen im Gesichtsschädelbereich meist zum Zeitpunkt CS3 und in den darauf folgenden Reifestadien auftreten, sind währenddessen möglicherweise funktionskieferorthopädische Einflüsse auf die sagittale Lage des Unterkiefers am effektivsten. Wegen der teils schon markanten präpuberalen Wachstumszuwächse sollten möglicherweise auch diese frühen Phasen durch den Therapeuten genutzt werden.
13. Die vorliegenden Längsschnittdaten dienen in Anbetracht der geringen Verfügbarkeit tensoranalytischer Daten dazu, bestehende Erkenntnisse über peripuberales Wachstum im Gesichtsschädelbereich von unbehandelten Angle-Klasse-II/1 Probanden zu ergänzen. Ebenso können sie in Studien als Kontrollgruppe Anwendung finden, um mögliche Therapieeffekte beurteilen zu können.

14. Die Ergänzung der Tensoranalyse durch eine wachstumsstabile Referenzstruktur und eine metrische Komponente ist zu empfehlen, um möglicherweise noch detailliertere zweidimensionale Wachstumsveränderungen im Gesichtsschädelbereich darstellen zu können.

Danksagung

Ich möchte Frau Prof. Dr. med. dent. habil. Franka Stahl für die Vergabe des Themas und für die langjährige Unterstützung sowie Frau Dr. med. Dr. med. dent. Silvia Müller-Hagedorn für die Betreuung dieser Arbeit danken.

Außerdem möchte ich Herrn Prof. Dr.-Ing. habil. Günther Kundt und seinen Mitarbeitern, Institut für Biostatistik und Informatik in Medizin und Altersforschung, für die freundliche Unterstützung bei der statistischen Analyse der Ergebnisse danken.

Mein Dank gilt auch Frau Prof. Dr. med. dent. habil. Ursula Klink-Heckmann, ehemalige Direktorin der Poliklinik für Kieferorthopädie, für die Bereitstellung des Längsschnittdatenmaterials der Wachstumsstudie der Universität Rostock sowie Prof. Dr. James A. McNamara Jr., Abteilung für Kieferorthopädie und Kinderzahnheilkunde der Universität Michigan, USA, für die Überlassung des Längsschnittdatenmaterials der Wachstumsstudien aus Michigan und Denver.

Besonders möchte ich auch meiner Ehefrau Isabell danken, die mich auf diesem langen Weg stets motiviert und mir zur Seite gestanden hat.