

Die Sagittale-Okklusions-Analyse (SO-Analyse) bei Verwendung verschiedener Bezugslinien

Inauguraldissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
des Fachbereichs Medizin
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von Anne Teresa Birkenkamp
aus Hilden

Gießen 2004

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde
Poliklinik für Kieferorthopädie

Direktor : Prof. Dr. Pancherz

des Universitätsklinikums Gießen

Gutachter : Prof. Dr. Pancherz

Gutachter : Prof. Dr. Ehmer

Tag der Disputation: 06. 12. 2004

„Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbstständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.“

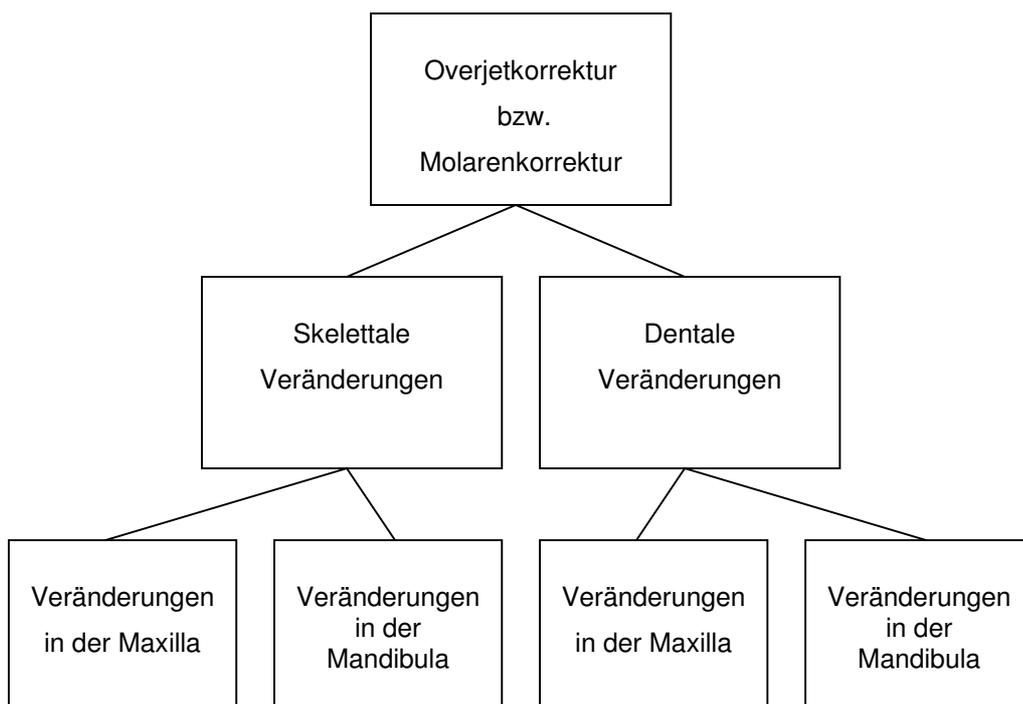
Inhaltsverzeichnis

Kapitel	Seite
1 Einleitung	1
2 Ziel der Untersuchung	4
3 Probanden und Material	5
4 Methode	6
4.1 Sagittale-Okklusions-Analyse (SO-Analyse)	6
4.1.1 Allgemeine Referenzpunkte	6
4.1.2 Referenzlinien	8
4.1.3 Referenzpunkte der SO-Analyse	8
4.1.4 Messvariablen der SO-Analyse	10
4.1.5 Untersuchte Bezugslinien	11
4.2 Statistische Methoden	14
4.3 Methodenfehler	14
5 Ergebnisse	16
5.1 Behandlungsveränderungen der hypodivergenten Probanden	23
5.2 Behandlungsveränderungen der hyperdivergenten Probanden	40
5.3 Vergleich der hypo- und hyperdivergenten Probandengruppen	57
6 Diskussion	59
6.1 Allgemeines	59
6.2 Bezugslinien-Neigung: Beispiele zur Erläuterung der Messergebnisse	59
6.3 Behandlungsveränderungen der hypo- und hyperdivergenten Probanden	75
6.4 Vergleich der hypo- und hyperdivergenten Probandengruppen	77
7 Schlussfolgerungen	78
8 Zusammenfassung	79
9 Summary (Zusammenfassung in Englisch)	81
10 Literatur	83

1 EINLEITUNG

Mit der Sagittalen-Okklusions-Analyse (SO-Analyse) [10] bei der Auswertung von Fernröntgenseitenbildern (FRS) ist es möglich, die skelettalen sowie die dentalen Behandlungsveränderungen im Ober- bzw. Unterkiefer, die zu einer sagittalen Okklusionsveränderung (Overjet, sagittale Molarenbeziehung) beitragen, quantitativ zu erfassen (Tab. 1).

Tab. 1: Darstellung der SO-Analyse:
Mechanismus der Korrektur des Overjets und der sagittalen Molarenbeziehung



Pancherz [10] verwendete, wie nach ihm in gleicher oder ähnlicher Vorgehensweise auch viele andere Autoren [1; 12; 20; 21; 22; 23], bei der SO-Analyse die Oberkieferokklusionslinie als Bezugslinie. Diese wurde für jeden Patienten am ersten Röntgenbild einer Serie definiert und danach auf die anderen Bilder, nach Überlagerung über die vordere Schädelbasis, übertragen. Somit konnte der Einfluss einer Veränderung der Okklusionslinienneigung während und nach einer kieferorthopädischen Behandlung auf die Ausmessungen vermieden werden.

Nach dem Prinzip der SO-Analyse wurden in anderen Untersuchungen unterschiedliche Bezugslinien verwendet:

- Sidhu et al. [16] verwendeten als Bezugslinie die Frankfurter Horizontale (FH). Die Messungen erfolgten zur Senkrechten der FH durch den Punkt Sella.
- Lysle E. Johnston [4] benutzte bei der Pitchfork Analyse die „funktionelle“ Okklusionslinie als Bezugslinie, die durch die Molaren und Eckzähne verlief. Bei der Überlagerung zweier Bilder wurde die gemittelte Linie der beiden Okklusionslinien verwendet.
- Bei der Analyse von Mills und McCulloch [6] wurden die Nasion-Sella-Linie und ihre Senkrechte durch den Sellapunkt als Bezugslinien verwendet.
- Stromeyer et al. [18] machten in ihrer Analyse zum einen von der Okklusionslinie und ihrer Senkrechten durch den Sellapunkt als Bezugslinien Gebrauch, zum anderen von der Frankfurter Horizontale und ihrer Senkrechten durch den hinteren Rand der Fossa pterygopalatina.
- Kim et al. [5] verwendeten in ihrer Analyse eine Parallele zur Frankfurter Horizontale durch den Sellapunkt und eine Senkrechte dazu, ebenfalls durch den Sellapunkt, als Bezugslinien.

Da die SO-Analyse mit den Jahren in der kieferorthopädischen Literatur mehr und mehr zu sehen ist, aber auch unterschiedliche Bezugslinien verwendet werden [4; 5; 6; 16; 18], die wiederum durch Wachstum und Behandlung größeren Neigungsänderungen ausgesetzt sind, die die Messergebnisse beeinflussen können, ist ein Vergleich der publizierten Untersuchungsergebnisse nur bedingt möglich.

2 ZIEL DER UNTERSUCHUNG

In einer röntgenkephalometrischen Untersuchung kieferorthopädisch behandelter Klasse II-Dysgnathien sollte der Aussagewert der SO-Analyse bei Verwendung verschiedener Bezugslinien überprüft werden. Dabei sollten hypo- und hyperdivergente Probanden verglichen werden.

3 PROBANDEN UND MATERIAL

Das Probandengut bestand aus 18 Jungen und 12 Mädchen mit einer Klasse II:1 Dysgnathie, das mit der Herbst-Apparatur [3; 9] erfolgreich behandelt wurde. Nach der Behandlung lag bei allen Probanden eine neutrale Okklusion mit normalem Overjet und Overbite vor. Die Probanden befanden sich vor der Behandlung im Alter zwischen 10 und 16 Jahren, und die Behandlungszeit betrug im Durchschnitt 0,6 Jahre.

Von jedem Probanden standen zwei Fernröntgenseitenbilder (FRS) des Kopfes zur Verfügung. Das erste FRS gab den Zustand unmittelbar vor der Behandlung wieder (T1), während das zweite die Situation nach der Behandlung darstellte (T2).

In bezug auf den Mandibularbasiswinkel (ML/NSL) wurden die Probanden in zwei Gruppen eingeteilt:

- Hypodivergener Gesichtstyp ($ML/NSL \leq 26^\circ$)
Die Gruppe bestand aus 17 Probanden (10 Jungen und 7 Mädchen).
- Hyperdivergenter Gesichtstyp ($ML/NSL \geq 37^\circ$)
Die Gruppe bestand aus 13 Probanden (8 Jungen und 5 Mädchen).

4 METHODE

4.1 Sagittale-Okklusions-Analyse (SO-Analyse)

Die durch die Herbst-Apparatur hervorgerufenen sagittalen skelettalen und dentalen Veränderungen, die zur Korrektur der sagittalen Okklusionsabweichungen beitragen (SO-Analyse nach Pancherz [10]), wurden anhand der zwei FRS mittels Durchzeichnungen (Tracings) analysiert. Die Durchzeichnungen der FRS erfolgten auf matten Acetatfolien, wobei alle Durchzeichnungen zweimal, mit ca. 2-wöchigem Abstand, durchgeführt und linear vermessen wurden. Die Mittelwerte dieser beiden Auswertungen wurden als endgültige Messwerte verwendet. Die Messungen erfolgten bis auf 0,5 Millimeter genau.

4.1.1 Allgemeine Referenzpunkte (Abb. 1)

- n:** Nasion: Der am weitesten anterior gelegene Punkt der Sutura nasofrontalis
- s:** Sella-Punkt: Mittelpunkt der knöchernen Krypte der Sella turcica
(Der anhand der anatomischen Struktur definierte Sella-Punkt des Bildes T1 wurde bei Superponierung der Bilder über die stabilen Strukturen der vorderen Schädelbasis auf das Bild T2 übertragen.)
- hs:** Distobukkale Höckerspitze des bleibenden oberen ersten Molaren
- hi:** Distobukkale Höckerspitze des bleibenden unteren ersten Molaren
- sp:** Spina nasalis anterior: Die Spitze der Spina nasalis anterior
- pm:** Pterygomaxillare: Schnittpunkt der hinteren Kontur des Corpus maxillae beziehungsweise des Fossa pterygopalatina-Schattens mit der Kontur des harten und weichen Gaumens
- gn:** Gnathion: Der am weitesten kaudal (bezogen auf die Horizontalebene n-s) gelegene Punkt der Unterkiefersymphyse
- cm:** Corpus mandibulae: Der am weitesten kaudal gelegene Punkt des Corpus mandibulae im Bereich des Kieferwinkels

- or:** Orbitale: Tiefster Punkt des unteren Randes der knöchernen Orbita (nur für T1 definiert)
- po:** Porion: Mittelpunkt der Verbindungslinie zwischen den Zentralpunkten der beiden Ohrstäbe des Kephalostats.
- is:** Incisor superior: Die Schneidekante des am weitesten vorstehenden oberen mittleren Schneidezahnes
- ii:** Incisor inferior: Die Schneidekante des am weitesten vorstehenden unteren mittleren Schneidezahns
- i:** Mittelpunkt der Linie zwischen **is** und **ii**

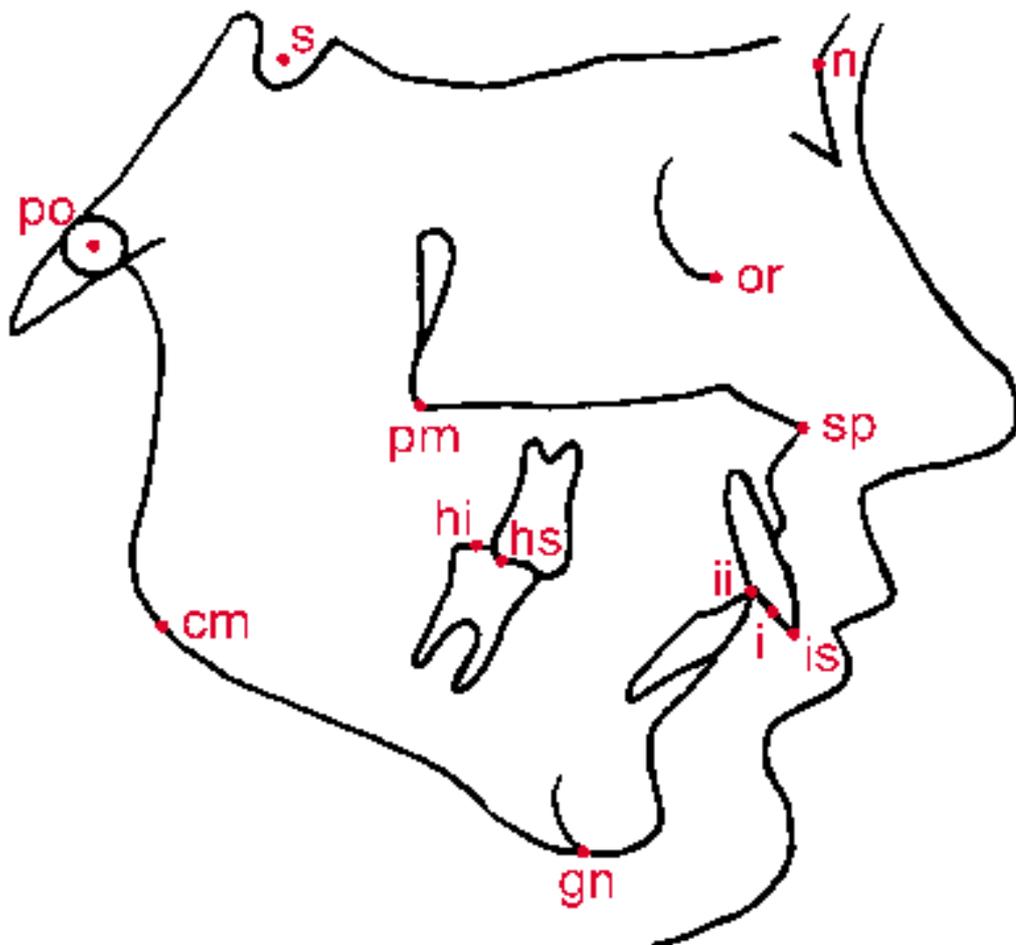


Abb. 1: Allgemeine Referenzpunkte

4.1.2 Referenzlinien (Abb. 2)

Nasion-Sella-Linie (NSL):	Verbindungsline zwischen den Punkten n und s ; die Linie wurde für jedes der beiden Bilder neu definiert. Die Linie diene teils als Referenz bei der Überlagerung der FRS, teils als Bezugslinie der SO-Analyse.
Bezugslinie (BL):	Die BL wurde an allen T1-Bildern nach unterschiedlichen Definitionen (siehe Seite 11 f) festgelegt. Die BL der T2-Bilder wurden zum einen vom T1-Bild nach Superponierung der Bilder über die NSL übernommen, zum anderen am T2-Bild neu definiert.
Bezugslinie perpendiculare (BLp):	Linie senkrecht zur BL durch den Punkt s

4.1.3 Referenzpunkte der SO-Analyse (Abb. 2)

Auf den FRS wurden folgende feste Referenzpunkte mit einem wasserfesten Filzstift markiert:

- ss:** Subspinale: Tiefster Punkt der Einziehung im Bereich der anterioren Kontur des Processus alveolaris des Oberkiefers
- pg:** Pogonion: Der am weitesten nach anterior vorspringende Punkt des knöchernen Kinns
- ms:** Molar superior: Mesialer Kontaktpunkt des bleibenden oberen ersten Molaren
- mi:** Molar inferior: Mesialer Kontaktpunkt des bleibenden unteren ersten Molaren
- is:** Incisor superior: Die Schneidekante des am weitesten vorstehenden oberen mittleren Schneidezahnes

- ii: Incisor inferior: Die Schneidekante des am weitesten vorstehenden unteren mittleren Schneidezahns

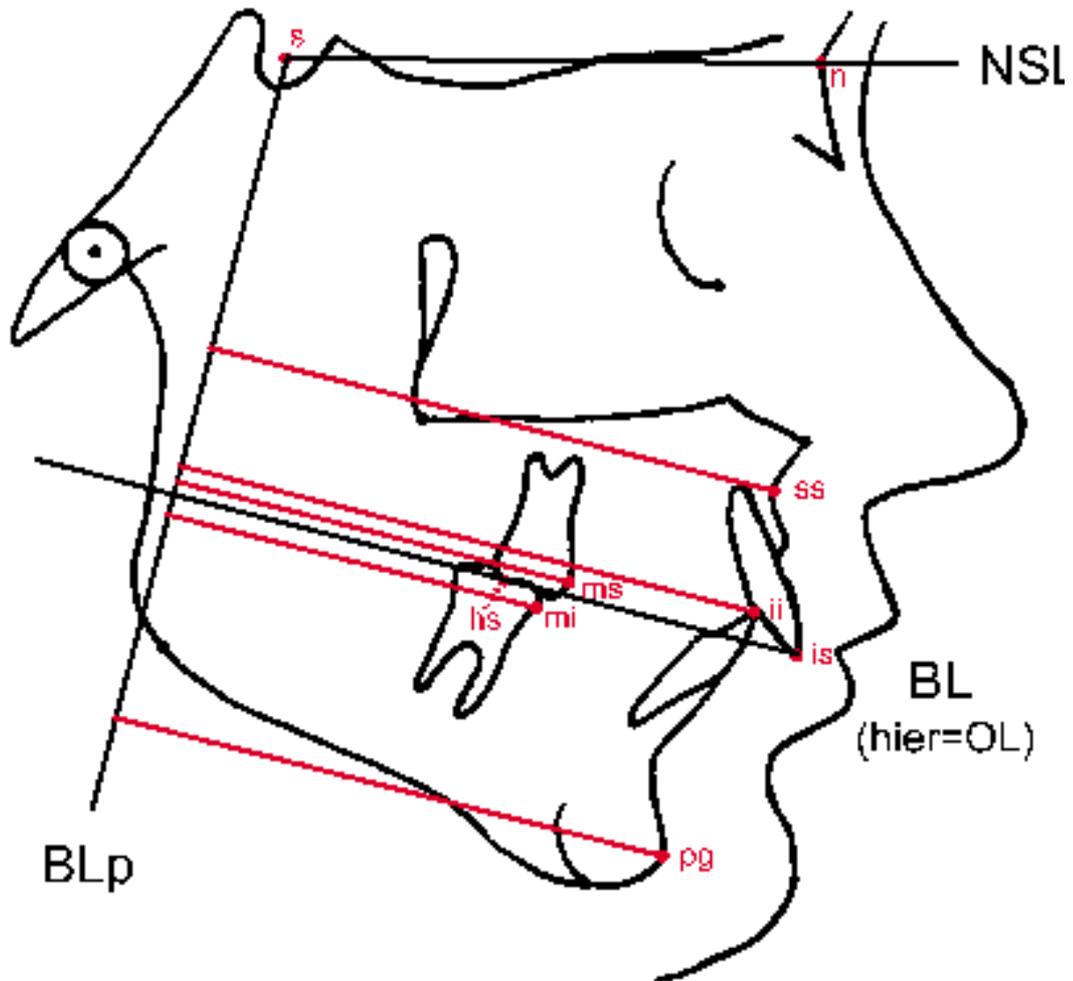


Abb. 2: Referenzlinie (NSL), Bezugslinie (BL), Bezugslinie perpendiculare (BLp), Referenzpunkte sowie Messvariablen der SO-Analyse

4.1.4 Messvariablen der SO-Analyse (Abb. 2)

Gemessen wurden auf jeder Durchzeichnung die Abstände zwischen den Referenzpunkten und der Senkrechten zur Bezugslinie (BLp).

Die Analyse der FRS umfasste folgende Variablen:

1. is/BLp minus ii/BLp – Overjet
2. ms/BLp minus mi/BLp – Molarenbeziehung
(ein positiver Wert deutet auf eine Distalokklusion hin, ein negativer Wert auf eine neutrale Okklusion)

Skelettale Messwerte:

3. ss/BLp – Position der Oberkieferbasis
4. pg/BLp – Position der Unterkieferbasis

Dentale Messwerte:

5. is/BLp – Position des zentralen oberen Inzisivus
6. ii/BLp – Position des zentralen unteren Inzisivus
7. ms/BLp – Position des bleibenden oberen ersten Molaren
8. mi/BLp – Position des bleibenden unteren ersten Molaren

Die Veränderungen der verschiedenen Messwerte in Relation zur BLp während der Behandlung wurden durch die jeweiligen Differenzen vor und nach der Behandlung (D) ermittelt. Veränderungen der Variablen 3 and 4 repräsentieren skelettale Veränderungen, während Veränderungen der Variablen 5 bis 8 eine Summation der skelettalen und dentalen Veränderungen repräsentieren. Variablen für rein dentale Veränderungen innerhalb der Maxilla und innerhalb der Mandibula wurden durch folgende Subtraktionen festgestellt:

9. is/BLp (D) minus ss/BLp (D) – Positionsveränderung des zentralen oberen Inzisivus innerhalb der Maxilla
10. ii/BLp (D) minus pg/BLp (D) – Positionsveränderung des zentralen unteren Inzisivus innerhalb der Mandibula
11. ms/BLp (D) minus ss/BLp (D) – Positionsveränderung des bleibenden ersten oberen Molaren innerhalb der Maxilla
12. mi/BLp (D) minus pg/BLp (D) – Positionsveränderung des bleibenden ersten unteren Molaren innerhalb der Mandibula

Der Winkel zwischen der Nasion-Sella-Linie und der jeweiligen Bezugslinie (BL), Winkel α genannt, wurde auf 0,5 Grad genau gemessen.

4.1.5 Untersuchte Bezugslinien (Abb. 3)

Zur Beurteilung der Aussagekraft der SO-Analyse wurden folgende Bezugslinien (BL) verwendet:

1. **OL** Oberkiefer (OK) – Okklusionslinie:
Verbindungsline zwischen den Punkten **hs** und **is**
 - **OL(ü)**: OL am T1-Bild definiert, auf T2-Bild, nach Superponierung der Bilder über die NSL-Linie mit **s** deckungsgleich, übertragen (**ü**)
 - **OL(nd)**: OL am T2-Bild neu definiert (**nd**)
2. **UL** Unterkiefer (UK) – Okklusionslinie:
Verbindungsline zwischen den Punkten **hi** und **ii**
 - **UL(ü)**: UL am T1-Bild definiert, auf T2-Bild, nach Superponierung der Bilder über die NSL-Linie mit **s** deckungsgleich, übertragen (**ü**)
 - **UL(nd)**: UL am T2-Bild neu definiert (**nd**)
3. **OUL** gemittelte OK/UK – Okklusionslinie:
Verbindungsline zwischen den Punkten **hs** und **i**

- **OUL(ü)**: OUL am T1-Bild definiert, auf T2-Bild, nach Superponierung der Bilder über die NSL-Linie mit **s** deckungsgleich, übertragen (**ü**)
4. **KL** gemittelte OK/UK – Kieferbasislinie:
Winkelhalbierende der Linien **ML** (Mandibular-Linie: Verbindungslinie zwischen den Punkten **gn** und **cm**) und **NL** (Nasal-Linie: Verbindungslinie zwischen den Punkten **sp** und **gm**)
- **KL(ü)**: KL am T1-Bild definiert, auf T2-Bild, nach Superponierung der Bilder über die NSL-Linie mit **s** deckungsgleich, übertragen (**ü**)
 - **KL(nd)**: KL am T2-Bild neu definiert (**nd**)
5. **FH** Frankfurter Horizontale:
Verbindungslinie zwischen den Punkten **or** und **po**
- **FH(ü)**: FH am T1-Bild definiert, auf T2-Bild, nach Superponierung der Bilder über die NSL-Linie mit **s** deckungsgleich, übertragen (**ü**)
6. **NSL** Nasion-Sella-Linie:
Verbindungslinie zwischen den Punkten **n** und **s**
- **NSL(nd)**: NSL am T2-Bild neu definiert (**nd**)

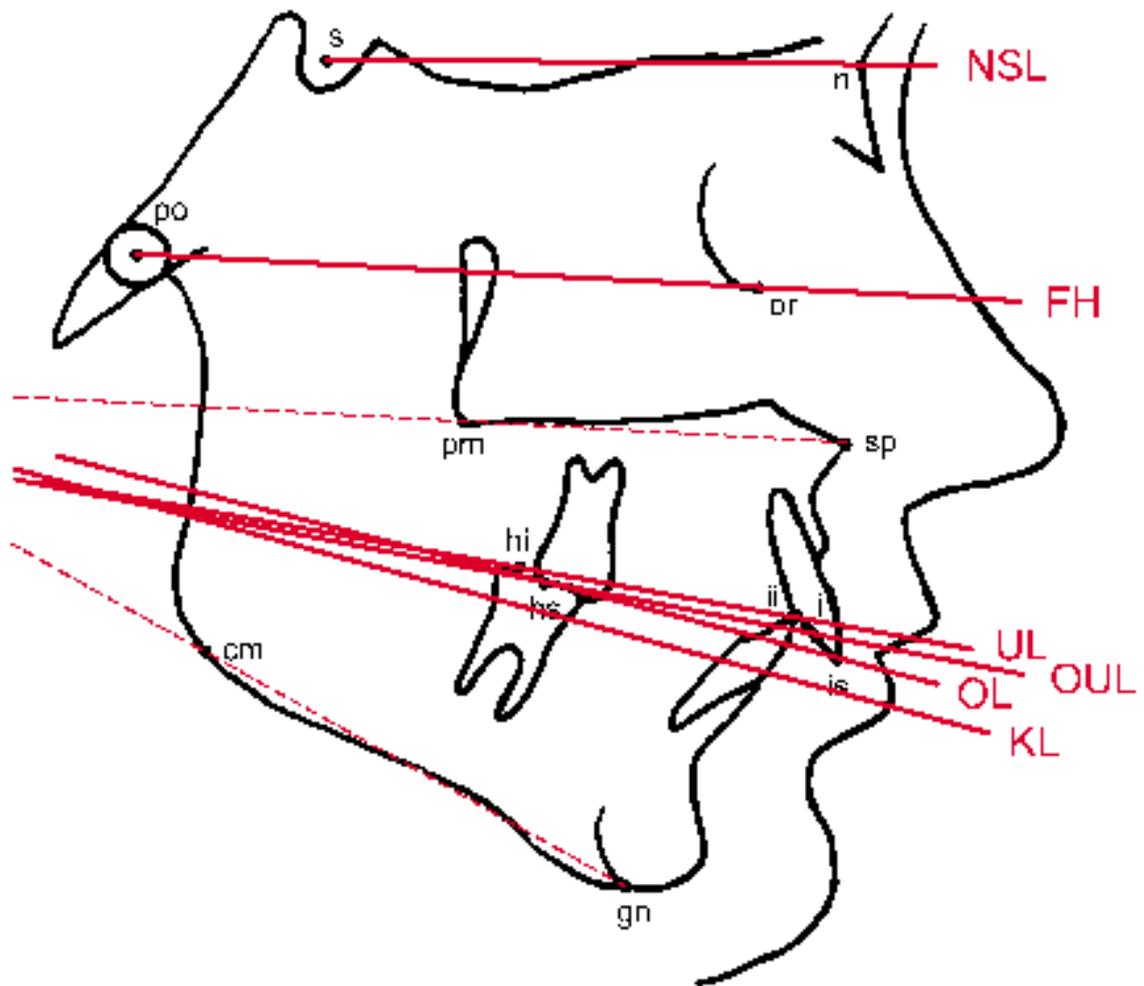


Abb. 3: Die untersuchten Bezugslinien

4.2 Statistische Methoden

Die Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) je Variable und Bezugslinie für die hypodivergente und die hyperdivergente Gruppe wurden berechnet.

Zum Vergleich der Behandlungsveränderungen in den beiden Untersuchungsgruppen und zum Vergleich der Bezugslinien wurde der t-test für abhängige Stichproben verwendet. Zum Vergleich der hypo- und hyperdivergenten Probandengruppen wurde der t-test für unabhängige Stichproben verwendet.

Bei der statistischen Berechnung kamen folgende Signifikanzniveaus zur Anwendung:

- $p < 0,05$ (*)
- $p < 0,01$ (**)
- $p < 0,001$ (***)
- $p \geq 0,05$ (ns = nicht signifikant)

Alle Berechnungen wurden auf einem IBM kompatiblen Computer mit dem Tabellenkalkulationsprogramm Microsoft EXCEL 2000 durchgeführt.

4.3 Methodenfehler

Der totale Methodenfehler bei der Überlagerung der Röntgenbilder, Festlegung der Messpunkte und Bezugslinien, sowie der Messungen der Behandlungsveränderungen der Untersuchungsvariablen wurde anhand von Doppelauswertungen aller FRS bestimmt.

Zur Berechnung des Methodenfehlers (ME) wurde folgende Formel verwendet:

$$ME = \sqrt{\frac{\sum d^2}{2n}}$$

d = Differenz der Doppelauswertungen

n = Anzahl der Probanden

Die Ergebnisse der Methodenfehlerberechnungen sind in Tabelle 2 zu finden.

Tab. 2: Der Methodenfehler (ME) der Variablen Overjet und Molarenbeziehung bei den verschiedenen Bezugslinien

BL	ME hypodivergent		ME hyperdivergent	
	Overjet	Molarenbeziehung	Overjet	Molarenbeziehung
OL(ü)	0,17	0,28	0,29	0,17
OL(nd)	0,33	0,33	0,20	0,26
UL(ü)	0,28	0,19	0,22	0,29
UL(nd)	0,30	0,27	0,17	0,26
OUL(ü)	0,26	0,31	0,24	0,35
KL(ü)	0,21	0,28	0,31	0,24
KL(nd)	0,32	0,27	0,28	0,24
FH(ü)	0,32	0,26	0,14	0,42
NSL	0,21	0,21	0,37	0,39

5 ERGEBNISSE

Der Mechanismus der Overjet- und Molarenkorrektur bei den hypo- und hyperdivergenten Herbst-Patienten ist in den Tabellen 3 bis 6 zu finden.

Tabelle 7 zeigt die Auswirkungen der SO-Analyse in Bezug zu den unterschiedlichen neun Bezugslinien für die hypodivergente Gruppe. Tabelle 8 zeigt das Gleiche für die hyperdivergente Gruppe. In beiden Tabellen sind die Veränderungen während des Behandlungszeitraumes (T1–T2) aufgeführt.

Tabellen 9 bis 16 zeigen die Auswirkungen der SO-Analyse während des Behandlungszeitraumes (T1–T2) beim Vergleich der verschiedenen Bezugslinien für die hypodivergente Gruppe. Tabellen 17 bis 24 zeigen das Gleiche für die hyperdivergente Gruppe.

Tabelle 25 zeigt die Auswirkungen der SO-Analyse während des Behandlungszeitraumes (T1–T2) beim Vergleich der hypodivergenten und der hyperdivergenten Gruppen.

Tab. 7: Auswirkungen der SO-Analyse in Bezug zu den untersuchten neun Bezugslinien (**BL**): Die Veränderungen (MW, SD) der **hypodivergenten** Herbst-Patienten (n=17) während des Behandlungszeitraumes (T1–T2), alle Werte der Variablen sind in Millimeter angegeben. Unten angefügt sind jeweils die Winkel zwischen der entsprechenden BL und NSL.

Variablenveränderungen (T1 - T2)		Bezugslinien (BL)								
		OL (ü)	OL (nd)	UL (ü)	UL (nd)	OUL (ü)	KL (ü)	KL (nd)	FH (ü)	NSL (nd)
1. Overjet	MW	*** + 6,9	*** + 6,4	*** + 6,0	*** + 6,0	*** + 6,4	*** + 6,7	*** + 6,8	*** + 5,5	*** + 5,5
	SD	2,8	2,4	2,7	2,7	2,9	2,9	2,8	2,6	2,6
2. Molarenbeziehung	MW	*** + 6,2	*** + 6,5	*** + 5,7	*** + 6,8	*** + 6,0	*** + 6,0	*** + 6,0	*** + 5,4	*** + 5,6
	SD	1,7	1,7	1,6	1,7	1,8	1,9	1,6	1,5	1,5
3. Oberkieferbasis	MW	ns - 0,1	* - 1,1	ns - 0,1	*** - 4,6	ns 0,0	ns 0,0	ns - 0,1	ns + 0,1	ns + 0,1
	SD	1,5	1,5	1,5	2,5	1,5	1,5	1,5	1,4	1,4
4. Unterkieferbasis	MW	*** + 3,1	*** + 5,5	*** + 2,3	*** + 13,2	*** + 2,8	*** + 3,0	*** + 3,3	** + 1,8	*** + 2,1
	SD	2,0	2,6	2,1	6,0	2,0	1,7	1,1	2,0	1,7
9. Zentraler OK-Inzisivus	MW	ns + 0,9	ns + 0,2	* + 1,1	* - 1,7	ns + 0,8	ns + 0,8	ns + 0,8	* + 1,1	ns + 1,1
	SD	2,0	1,9	1,9	2,3	1,8	1,9	2,0	2,1	2,1
10. Zentraler UK-Inzisivus	MW	*** + 3,0	* + 1,8	*** + 2,7	ns - 0,9	*** + 2,8	*** + 2,9	*** + 2,8	*** + 2,5	*** + 2,2
	SD	1,7	3,0	1,7	1,8	1,8	1,7	1,6	1,7	1,6
11. Oberer erster Molar	MW	*** + 1,6	* + 1,0	*** + 1,6	ns - 0,3	*** + 1,5	** + 1,4	** + 1,3	*** + 1,5	*** + 1,5
	SD	1,4	1,3	1,3	1,7	1,3	1,5	1,5	1,3	1,3
12. Unterer erster Molar	MW	*** + 1,6	** + 1,1	*** + 1,9	** - 1,5	*** + 1,7	*** + 1,6	*** + 1,5	*** + 2,0	*** + 1,9
	SD	0,7	1,2	1,2	1,6	0,9	0,9	0,9	1,0	1,0
Winkel α BL/NSL (Grad)	MW	16,6	18,3	6,5	12,8	12,7	13,4	14,0	0,9	
	SD	3,8	3,9	3,6	3,9	3,1	2,5	2,4	2,9	

+ : positive Auswirkung für eine Overjet- bzw. Molarenkorrektur
 - : negative Auswirkung für eine Overjet- bzw. Molarenkorrektur

ns entspricht nicht signifikant
 * entspricht $p < 0,05$
 ** entspricht $p < 0,01$
 *** entspricht $p < 0,001$

Tab. 8: Auswirkungen der SO-Analyse in Bezug zu den untersuchten neun Bezugslinien (**BL**): Die Veränderungen (MW, SD) der **hyperdivergenten** Herbst-Patienten (n=13) während des Behandlungszeitraumes (T1–T2), alle Werte der Variablen sind in Millimeter angegeben. Unten angefügt sind jeweils die Winkel zwischen der entsprechenden **BL** und **NSL**.

Variablenveränderungen (T1 -T2)		Bezugslinien (BL)								
		OL (ü)	OL (nd)	UL (ü)	UL (nd)	OUL (ü)	KL (ü)	KL (nd)	FH (ü)	NSL (nd)
1. Overjet	MW	*** + 7,5	*** + 7,8	*** + 7,0	*** + 7,1	*** + 7,4	*** + 7,3	*** + 7,4	*** + 5,9	*** + 5,6
	SD	2,6	2,6	2,6	2,6	2,7	2,6	2,6	2,5	2,6
2. Molarenbeziehung	MW	*** + 6,3	*** + 6,6	*** + 6,2	*** + 7,0	*** + 6,3	*** + 6,3	*** + 6,2	*** + 5,5	*** + 5,4
	SD	1,9	1,9	1,9	1,9	1,9	2,0	1,8	1,8	1,6
3. Oberkieferbasis	MW	* - 0,7	*** - 1,5	* - 0,7	*** - 3,7	* - 0,8	** - 0,8	** - 0,9	ns - 0,5	ns - 0,5
	SD	0,9	1,0	1,0	1,6	0,9	0,9	0,8	1,2	1,2
4. Unterkieferbasis	MW	** + 3,0	*** + 5,1	** + 2,6	*** + 10,7	*** + 3,0	** + 3,1	*** + 3,0	* + 1,9	ns + 1,6
	SD	2,6	3,1	2,5	3,2	2,4	2,7	1,9	2,8	2,7
9. Zentraler OK-Inzisivus	MW	** + 2,0	* + 1,8	** + 2,1	ns + 0,1	** + 2,1	* + 2,0	** + 2,1	* + 2,1	** + 2,2
	SD	2,3	2,3	2,4	2,0	2,3	2,5	2,1	2,5	2,5
10. Zentraler UK-Inzisivus	MW	*** + 3,2	*** + 2,4	*** + 3,0	ns 0,0	*** + 3,1	*** + 3,0	*** + 3,2	*** + 2,4	*** + 2,3
	SD	2,1	2,0	1,9	2,1	2,0	2,1	1,7	1,8	1,7
11. Oberer erster Molar	MW	*** + 2,0	** + 1,6	*** + 2,2	ns + 0,6	*** + 2,2	*** + 2,1	*** + 2,2	*** + 1,9	*** + 1,9
	SD	1,2	1,6	1,3	1,2	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2
12. Unterer erster Molar	MW	*** + 2,0	** + 1,4	*** + 2,1	ns - 0,6	*** + 1,9	*** + 1,9	*** + 1,9	*** + 2,2	*** + 2,4
	SD	1,4	1,2	1,4	1,0	1,4	1,6	1,2	1,4	1,5
Winkel α BL/NSL (Grad)	MW	23,8	25,0	17,4	22,3	21,3	23,4	23,4	4,6	
	SD	3,9	4,2	3,1	3,7	3,1	2,6	2,3	4,4	

+ : positive Auswirkung für eine Overjet- bzw. Molarenkorrektur
- : negative Auswirkung für eine Overjet- bzw. Molarenkorrektur

ns entspricht nicht signifikant
* entspricht $p < 0,05$
** entspricht $p < 0,01$
*** entspricht $p < 0,001$

5.1 **Behandlungsveränderungen der hypodivergenten Probanden** (siehe Tab. 3,4,7 und 9-16):

Zur **Overjetkorrektur** (Tab. 3, S. 17) trugen sowohl dentale als auch skelettale Veränderungen bei, wobei jeweils die Veränderungen im Unterkiefer überwogen. Der skelettale Beitrag zur Overjetkorrektur bei Verwendung der übertragenen (**ü**) Bezugslinien lag im Bereich von 35 % bis 45 %, der der neu definierten (**nd**) von 47 % bis 69 %. Die große Ausnahme war die **UL(nd)**, bei der die auf das Behandlungsergebnis sich negativ auswirkenden dentalen Veränderungen (43 %) durch die großen sich positiv auswirkenden skelettalen Veränderungen (143 %) ausgeglichen wurden.

Zur **Molarenkorrektur** (Tab. 4, S. 18) trugen gleichermaßen dentale und skelettale Veränderungen bei, wobei bei den skelettalen Veränderungen die im Unterkiefer überwogen, während bei den dentalen Veränderungen diese gleichermaßen im Ober- und Unterkiefer auftraten. Der skelettale Beitrag zur Molarenkorrektur bei Verwendung der übertragenen (**ü**) Bezugslinien lag im Bereich von 35 % bis 50 %, der der neu definierten (**nd**) von 53 % bis 68 %. Die große Ausnahme war wiederum die **UL(nd)**, bei der die auf das Behandlungsergebnis sich negativ auswirkenden dentalen Veränderungen (26 %) durch die großen sich positiv auswirkenden skelettalen Veränderungen (126 %) ausgeglichen wurden.

Der Winkel α zwischen den einzelnen Bezugslinien (**BL**) zur **NSL** variierte zwischen durchschnittlich $0,9^\circ$ und $18,3^\circ$.

Die Verkleinerung des **Overjets** (Variable 1) war für alle Bezugslinien signifikant ($p < 0,001$) und variierte zwischen durchschnittlich 5,5 mm für die **FH(ü)** und 6,9 mm für die **OL(ü)** (Tab. 7, S. 21).

Signifikante ($p < 0,001$) Differenzen der Overjetverkleinerung von durchschnittlich mehr als 1 mm (klinisch bedeutungsvoller Wert) lagen beim Vergleich von folgenden Bezugslinien vor (Tab. 9, S. 25):

- Bei **OL(ü)** größere Verkleinerung als bei **FH(ü)** (1,4 mm) und **NSL(nd)** (1,3 mm).
Bei **KL(ü)** größere Verkleinerung als bei **FH(ü)** (1,2 mm) und **NSL(nd)** (1,2 mm).
- Bei **KL(nd)** größere Verkleinerung als bei **FH(ü)** (1,3 mm) und **NSL(nd)** (1,3 mm.)

Tab. 9: Auswirkungen der SO-Analyse beim Vergleich der verschiedenen Bezugslinien (BL a – BL b): Veränderungen des **Overjets** (Variable 1) bei der Gruppe der **hypodivergenten** Herbst-Patienten während des Behandlungszeitraumes (T1-T2), alle Werte sind in Millimeter angegeben.

BL b	OL (ü)	OL (nd)	UL (ü)	UL (nd)	OUL (ü)	KL (ü)	KL (nd)	FH (ü)
BL a								
OL (nd)	ns -0,5							
UL (ü)	*** -0,9	ns -0,4						
UL (nd)	*** -0,9	ns -0,4	ns 0,0					
OUL (ü)	** -0,5	ns 0,0	** +0,4	** +0,4				
KL (ü)	ns -0,2	ns +0,3	*** +0,7	*** +0,7	* +0,3			
KL (nd)	ns -0,1	ns +0,4	*** +0,8	*** +0,8	* +0,4	ns +0,1		
FH (ü)	*** -1,4	ns -0,9	* -0,5	ns -0,5	*** -0,9	*** -1,2	*** -1,3	
NSL (nd)	*** -1,3	ns -0,9	* -0,5	** -0,5	*** -0,9	*** -1,2	*** -1,3	ns 0,0

+ : größere Veränderungen der BL a-Werte als der BL b-Werte

– : größere Veränderungen der BL b-Werte als der BL a-Werte

ns entspricht nicht signifikant

* entspricht $p < 0,05$

** entspricht $p < 0,01$

*** entspricht $p < 0,001$

Anmerkung: Die Mittelwerte dieser Tabelle sind abgeglichen in Bezug auf die Mittelwerte der Tabelle 7.

Die Veränderung der **Molarenbeziehung** (Variable 2) in Richtung Neutralokklusion war für alle Bezugslinien signifikant ($p < 0,001$) und variierte zwischen durchschnittlich 5,4 mm für die **FH(ü)** bis 6,8 mm für die **UL(nd)** (Tab. 7, S. 21).

Signifikante ($p < 0,001$) Differenzen der Veränderung der Molarenbeziehung von durchschnittlich mehr als 1 mm (klinisch bedeutungsvoller Wert) lagen beim Vergleich von folgenden Bezugslinien vor (Tab. 10, S. 27):

- Bei der **OL(nd)** größere Veränderung in Richtung Neutralokklusion als bei **FH(ü)** (1,1 mm).
- Bei **UL(nd)** größere Veränderung in Richtung Neutralokklusion als bei **UL(ü)** (1,1 mm), **FH(ü)** (1,4 mm) und **NSL(nd)** (1,2 mm).

Tab. 10: Auswirkungen der SO-Analyse beim Vergleich der verschiedenen Bezugslinien (BL a – BL b):
Veränderungen der **Molarenbeziehung** (Variable 2) bei der Gruppe der **hypodivergenten** Herbst-Patienten während des Behandlungszeitraumes (T1- T2), alle Werte sind in Millimeter angegeben.

BL b	OL (ü)	OL (nd)	UL (ü)	UL (nd)	OUL (ü)	KL (ü)	KL (nd)	FH (ü)
BL a								
OL (nd)	*							
	+0,3							
UL (ü)	**	***						
	-0,5	-0,8						
UL (nd)	**	*	***					
	+0,6	+0,3	+1,1					
OUL (ü)	**	***	ns	***				
	-0,2	-0,5	+0,3	-0,8				
KL (ü)	*	***	*	**	ns			
	-0,2	-0,5	+0,3	-0,8	0,0			
KL (nd)	**	***	**	***	ns	ns		
	-0,2	-0,5	+0,3	-0,8	0,0	0,0		
FH (ü)	***	***	ns	***	**	**	***	
	-0,8	-1,1	-0,3	-1,4	-0,6	-0,6	-0,6	
NSL (nd)	***	***	*	***	**	**	***	ns
	-0,6	-0,9	-0,1	-1,2	-0,4	-0,4	-0,4	+0,2

+ : größere Veränderungen der BL a-Werte
als der BL b-Werte

– : größere Veränderungen der BL b-Werte
als der BL a-Werte

ns entspricht nicht signifikant
* entspricht $p < 0,05$
** entspricht $p < 0,01$
*** entspricht $p < 0,001$

Anmerkung: Die Mittelwerte dieser Tabelle sind abgeglichen in Bezug auf die Mittelwerte der Tabelle 7.

Die Veränderung der **Position der Oberkieferbasis** (Variable 3) war für alle Bezugslinien außer **OL(nd)** ($p < 0,05$) und **UL(nd)** ($p < 0,001$) nicht signifikant (n.s.) und variierte zwischen durchschnittlich 0,1 mm nach anterior und 0,1 mm nach posterior. Eine signifikante ($p < 0,001$) Veränderung von 4,6 mm nach anterior lag für die **UL(nd)** vor (Tab. 7, S. 21).

Signifikante ($p < 0,001$) Differenzen der Veränderung der Position der Oberkieferbasis (Variable 3) von durchschnittlich mehr als 1 mm (klinisch bedeutungsvoller Wert) lagen beim Vergleich von folgenden Bezugslinien vor (Tab. 11, S. 29):

- Bei **OL(nd)** kleinere Veränderung als bei **OUL(ü)** (1,1 mm), **KL(ü)** (1,1 mm) und **FH(ü)** (1,2 mm).
- Bei **UL(nd)** kleinere Veränderung als bei **OL(ü)** (4,5 mm), **OL(nd)** (3,5 mm), **UL(ü)** (4,5 mm), **OUL(ü)** (4,6 mm), **KL(ü)** (4,6 mm), **KL(nd)** (4,5 mm), **FH(ü)** (4,7 mm) und **NSL(nd)** (4,7 mm).

Tab. 11: Auswirkungen der SO-Analyse beim Vergleich der verschiedenen Bezugslinien (BL a – BL b): Veränderungen der **Position der Oberkieferbasis** (Variable 3) bei der Gruppe der **hypodivergenten** Herbst-Patienten während des Behandlungszeitraumes (T1-T2), alle Werte sind in Millimeter angegeben.

BL b	OL (ü)	OL (nd)	UL (ü)	UL (nd)	OUL (ü)	KL (ü)	KL (nd)	FH (ü)
BL a								
OL (nd)	*** -1,0							
UL (ü)	ns 0,0	** +1,0						
UL (nd)	*** -4,5	*** -3,5	*** -4,5					
OUL (ü)	ns +0,1	*** +1,1	ns +0,1	*** +4,6				
KL (ü)	ns +0,1	*** +1,1	ns +0,1	*** +4,6	ns 0,0			
KL (nd)	ns 0,0	** +1,0	ns 0,0	*** +4,5	ns -0,1	ns -0,1		
FH (ü)	ns +0,2	*** +1,2	** +0,2	*** +4,7	ns +0,1	ns +0,1	ns +0,2	
NSL (nd)	ns +0,2	** +1,2	ns +0,2	*** +4,7	ns +0,1	ns +0,1	ns +0,2	ns 0,0

+ : größere Veränderungen der BL a-Werte
als der BL b-Werte
– : größere Veränderungen der BL b-Werte
als der BL a-Werte

ns entspricht nicht signifikant
* entspricht $p < 0,05$
** entspricht $p < 0,01$
*** entspricht $p < 0,001$

Anmerkung: Die Mittelwerte dieser Tabelle sind abgeglichen in Bezug auf die Mittelwerte der Tabelle 7.

Die Veränderung der **Position der Unterkieferbasis** (Variable 4) nach anterior war für alle Bezugslinien signifikant ($p < 0,001$) und variierte zwischen durchschnittlich 2,1 mm für die **NSL(nd)** bis 13,2 mm für die **UL(nd)** (Tab. 7, S. 21).

Signifikante ($p < 0,001$) Differenzen der Veränderungen der Position der Unterkieferbasis von durchschnittlich mehr als 1 mm (klinisch bedeutungsvoller Wert) lagen beim Vergleich von folgenden Bezugslinien vor (Tab. 12, S. 31):

- Bei **OL(ü)** größere Veränderung als bei **FH(ü)** (1,3 mm), aber kleinere Veränderung als bei **OL(nd)** (2,4 mm).
- Bei **OL(nd)** größere Veränderung als bei **UL(ü)** (3,2 mm), **OUL(ü)** (2,7 mm), **KL(ü)** (2,5 mm) und **NSL(nd)** (3,4 mm).
- Bei **UL(nd)** größere Veränderung als bei **OL(ü)** (10,1 mm), **OL(nd)** (7,7 mm), **UL(ü)** (10,9 mm), **OUL(ü)** (10,4 mm), **KL(ü)** (10,2 mm), **KL(nd)** (9,9 mm), **FH(ü)** (11,4 mm) und **NSL(nd)** (11,1 mm).
- Bei **FH(ü)** kleinere Veränderung als bei **KL(ü)** (1,2 mm).

Tab. 12: Auswirkungen der SO-Analyse beim Vergleich der verschiedenen Bezugslinien (BL a – BL b): Veränderungen der **Position der Unterkieferbasis** (Variable 4) bei der Gruppe der **hypodivergenten** Herbst-Patienten während des Behandlungszeitraumes (T1-T2), alle Werte sind in Millimeter angegeben.

BL b	OL (ü)	OL (nd)	UL (ü)	UL (nd)	OUL (ü)	KL (ü)	KL (nd)	FH (ü)
BL a								
OL (nd)	*** +2,4							
UL (ü)	** -0,8	*** -3,2						
UL (nd)	*** +10,1	*** +7,7	*** +10,9					
OUL (ü)	ns -0,3	*** -2,7	** +0,5	*** -10,4				
KL (ü)	ns -0,1	*** -2,5	** +0,7	*** -10,2	ns +0,2			
KL (nd)	ns +0,2	** -2,2	ns +1,0	*** -9,9	ns +0,5	ns +0,3		
FH (ü)	*** -1,3	** -3,7	** -0,5	*** -11,4	*** -1,0	*** -1,2	** -1,5	
NSL (nd)	*** -1,0	*** -3,4	ns -0,2	*** -11,1	*** -0,7	*** -0,9	* -1,2	ns +0,3

+ : größere Veränderungen der BL a-Werte
als der BL b-Werte

- : größere Veränderungen der BL b-Werte
als der BL a-Werte

ns entspricht nicht signifikant

* entspricht $p < 0,05$

** entspricht $p < 0,01$

*** entspricht $p < 0,001$

Anmerkung: Die Mittelwerte dieser Tabelle sind abgeglichen in Bezug auf die Mittelwerte der Tabelle 7.

Die Veränderung der **Position des zentralen Oberkiefer-Inzisivus** (Variable 9) war bei allen Bezugslinien außer **UL(nd)** nach posterior gerichtet. Alle Veränderungen außer bei **UL(ü)**, **UL(nd)** und **FH(ü)** (je $p < 0,01$) waren nicht signifikant (n.s.) (Tab. 7, S. 21).

Signifikante ($p < 0,001$) Differenzen der Veränderung der Position des zentralen Oberkiefer-Inzisivus von durchschnittlich mehr als 1 mm (klinisch bedeutungsvoller Wert) lagen beim Vergleich von folgenden Bezugslinien vor (Tab. 13, S. 33):

- Bei **UL(nd)** kleinere Veränderung als bei **OL(ü)** (2,6 mm), **OL(nd)** (1,9 mm), **UL(ü)** (2,8 mm), **OUL(ü)** (2,5 mm), **KL(ü)** (2,5 mm), **KL(nd)** (2,5 mm), **FH(ü)** (2,8 mm) und **NSL(nd)** (2,8 mm).

Tab. 13: Auswirkungen der SO-Analyse beim Vergleich der verschiedenen Bezugslinien (BL a – BL b): Veränderungen der **Position des zentralen Oberkiefer-Inzisivus** (Variable 9) bei der Gruppe der **hypodivergenten** Herbst-Patienten während des Behandlungszeitraumes (T1-T2), alle Werte sind in Millimeter angegeben.

BL b	OL (ü)	OL (nd)	UL (ü)	UL (nd)	OUL (ü)	KL (ü)	KL (nd)	FH (ü)
BL a								
OL (nd)	*** -0,7							
UL (ü)	ns +0,2	*** +0,9						
UL (nd)	*** -2,6	*** -1,9	*** -2,8					
OUL (ü)	ns -0,1	* +0,6	* -0,3	*** +2,5				
KL (ü)	ns -0,1	** +0,6	** -0,3	*** +2,5	ns 0,0			
KL (nd)	ns -0,1	** +0,6	* -0,3	*** +2,5	ns 0,0	ns 0,0		
FH (ü)	ns +0,2	*** +0,9	ns 0,0	*** +2,8	* +0,3	* +0,3	* +0,3	
NSL (nd)	ns +0,2	*** +0,9	ns 0,0	*** +2,8	* +0,3	ns +0,3	ns +0,3	ns 0,0

+ : größere Veränderungen der BL a-Werte
als der BL b-Werte

– : größere Veränderungen der BL b-Werte
als der BL a-Werte

ns entspricht nicht signifikant

* entspricht $p < 0,05$

** entspricht $p < 0,01$

*** entspricht $p < 0,001$

Anmerkung: Die Mittelwerte dieser Tabelle sind abgeglichen in Bezug auf die Mittelwerte der Tabelle 7.

Die Veränderung der **Position des zentralen Unterkiefer-Inzisivus** (Variable 10) war bei allen Bezugslinien außer bei **UL(nd)** (n.s.) nach anterior gerichtet und signifikant ($p < 0,001$) und variierte zwischen durchschnittlich 2,2 mm für die **NSL(nd)** bis 3,0 mm für die **OL(ü)** (Tab. 7, S. 21).

Signifikante ($p < 0,001$) Differenzen der Veränderung der Position des zentralen Unterkiefer-Inzisivus von durchschnittlich mehr als 1 mm (klinisch bedeutungsvoller Wert) lagen beim Vergleich von folgenden Bezugslinien vor (Tab. 14, S. 35):

- Bei **UL(nd)** kleinere Veränderung als bei **OL(ü)** (3,9 mm), **UL(ü)** (3,6 mm), **OUL(ü)** (3,7 mm), **KL(ü)** (3,8 mm), **KL(nd)** (3,7 mm), **FH(ü)** (3,4 mm) und **NSL(nd)** (3,1 mm).

Tab. 14: Auswirkungen der SO-Analyse beim Vergleich der verschiedenen Bezugslinien (BL a – BL b): Veränderungen der **Position des zentralen Unterkiefer-Inzisivus** (Variable 10) bei der Gruppe der **hypodivergenten** Herbst-Patienten während des Behandlungszeitraumes (T1-T2), alle Werte sind in Millimeter angegeben.

BL b	OL (ü)	OL (nd)	UL (ü)	UL (nd)	OUL (ü)	KL (ü)	KL (nd)	FH (ü)
BL a								
OL (nd)	ns -1,2							
UL (ü)	* -0,3	ns +0,9						
UL (nd)	*** -3,9	** -2,7	*** -3,6					
OUL (ü)	ns -0,2	ns +1,0	ns +0,1	*** +3,7				
KL (ü)	ns -0,1	ns +1,1	ns +0,2	*** +3,8	ns +0,1			
KL (nd)	ns -0,2	ns +1,0	ns +0,1	*** +3,7	ns 0,0	ns -0,1		
FH (ü)	** -0,5	ns +0,7	ns -0,2	*** +3,4	ns -0,3	ns -0,4	ns -0,3	
NSL (nd)	*** -0,8	ns +0,4	* -0,5	*** +3,1	*** -0,6	*** -0,7	** -0,6	** -0,3

+ : größere Veränderungen der BL a-Werte
als der BL b-Werte

– : größere Veränderungen der BL b-Werte
als der BL a-Werte

ns entspricht nicht signifikant

* entspricht $p < 0,05$

** entspricht $p < 0,01$

*** entspricht $p < 0,001$

Anmerkung: Die Mittelwerte dieser Tabelle sind abgeglichen in Bezug auf die Mittelwerte der Tabelle 7.

Die Veränderung der **Position des oberen ersten Molaren** (Variable 11) war für alle Bezugslinien außer **UL(nd)** (n.s.) nach posterior gerichtet und signifikant ($p < 0,001$) und variierte zwischen durchschnittlich 1,5 mm und 1,6 mm (Tab. 7, S. 21).

Signifikante ($p < 0,001$) Differenzen der Veränderung der Position des oberen ersten Molaren von durchschnittlich mehr als 1 mm (klinisch bedeutungsvoller Wert) lagen beim Vergleich von folgenden Bezugslinien vor (Tab. 15, S. 37):

- Bei **UL(nd)** kleinere Veränderung als bei **OL(ü)** (1,9 mm), **OL(nd)** (1,3 mm), **UL(ü)** (1,9 mm), **OUL(ü)** (1,8 mm), **KL(ü)** (1,7 mm), **KL(nd)** (1,6 mm), **FH(ü)** (1,8 mm) und **NSL(nd)** (1,8 mm).

Tab. 15: Auswirkungen der SO-Analyse beim Vergleich der verschiedenen Bezugslinien (BL a – BL b): Veränderungen der **Position des oberen ersten Molaren** (Variable 11) bei der Gruppe der **hypodivergenten** Herbst-Patienten während des Behandlungszeitraumes (T1-T2), alle Werte sind in Millimeter angegeben.

<i>BL b</i>	<i>OL (ü)</i>	<i>OL (nd)</i>	<i>UL (ü)</i>	<i>UL (nd)</i>	<i>OUL (ü)</i>	<i>KL (ü)</i>	<i>KL (nd)</i>	<i>FH (ü)</i>
<i>BL a</i>								
<i>OL (nd)</i>	*** -0,6							
<i>UL (ü)</i>	ns 0,0	*** +0,6						
<i>UL (nd)</i>	*** -1,9	*** -1,3	*** -1,9					
<i>OUL (ü)</i>	ns -0,1	** +0,5	ns -0,1	*** +1,8				
<i>KL (ü)</i>	* -0,2	* +0,4	ns -0,2	*** +1,7	ns -0,1			
<i>KL (nd)</i>	ns -0,3	* +0,3	ns -0,3	*** +1,6	ns -0,2	ns -0,1		
<i>FH (ü)</i>	ns -0,1	** +0,5	ns -0,1	*** +1,8	ns 0,0	ns +0,1	ns +0,2	
<i>NSL (nd)</i>	ns -0,1	** +0,5	ns -0,1	*** +1,8	ns 0,0	ns +0,1	ns +0,2	ns 0,0

+ : größere Veränderungen der BL a-Werte
als der BL b-Werte

– : größere Veränderungen der BL b-Werte
als der BL a-Werte

ns entspricht nicht signifikant

* entspricht $p < 0,05$

** entspricht $p < 0,01$

*** entspricht $p < 0,001$

Anmerkung: Die Mittelwerte dieser Tabelle sind abgeglichen in Bezug auf die Mittelwerte der Tabelle 7.

Die Veränderung der **Position des unteren ersten Molaren** (Variable 12) war für alle Bezugslinien außer **UL(nd)** ($p < 0,01$) nach anterior gerichtet und signifikant ($p < 0,001$) und variierte zwischen durchschnittlich 1,5 mm bei der **KL(nd)** bis 2,0 mm bei der **FH(ü)** (Tab. 7, S. 21).

Signifikante ($p < 0,001$) Differenzen der Veränderung der Position des unteren ersten Molaren von durchschnittlich mehr als 1 mm (klinisch bedeutungsvoller Wert) lagen beim Vergleich von folgenden Bezugslinien vor (Tab. 16, S. 39):

- Bei **UL(nd)** kleinere Veränderung als bei **OL(ü)** (3,1 mm), **OL(nd)** (2,6 mm), **UL(ü)** (3,4 mm), **OUL(ü)** (3,2 mm), **KL(ü)** (3,1 mm), **KL(nd)** (3,0 mm), **FH(ü)** (3,5 mm) und **NSL(nd)** (3,4 mm).

Tab. 16: Auswirkungen der SO-Analyse beim Vergleich der verschiedenen Bezugslinien (BL a – BL b): Veränderungen der **Position des unteren ersten Molaren** (Variable 12) bei der Gruppe der **hypodivergenten** Herbst-Patienten während des Behandlungszeitraumes (T1-T2), alle Werte sind in Millimeter angegeben.

BL b	OL (ü)	OL (nd)	UL (ü)	UL (nd)	OUL (ü)	KL (ü)	KL (nd)	FH (ü)
BL a								
OL (nd)	ns -0,5							
UL (ü)	ns +0,3	* +0,8						
UL (nd)	*** -3,1	*** -2,6	*** -3,4					
OUL (ü)	ns +0,1	ns +0,6	* -0,2	*** +3,2				
KL (ü)	ns 0,0	ns +0,5	* -0,3	*** +3,1	ns -0,1			
KL (nd)	ns -0,1	ns +0,4	ns -0,4	*** +3,0	ns -0,2	ns -0,1		
FH (ü)	** +0,4	* +0,9	ns +0,1	*** +3,5	** +0,3	*** +0,4	** +0,5	
NSL (nd)	ns +0,3	ns +0,8	ns 0,0	*** +3,4	* +0,2	** +0,3	* +0,4	ns -0,1

+ : größere Veränderungen der BL a-Werte als der BL b-Werte

– : größere Veränderungen der BL b-Werte als der BL a-Werte

ns entspricht nicht signifikant

* entspricht p < 0,05

** entspricht p < 0,01

*** entspricht p < 0,001

Anmerkung: Die Mittelwerte dieser Tabelle sind abgeglichen in Bezug auf die Mittelwerte der Tabelle 7.

5.2 **Behandlungsveränderungen der hyperdivergenten Probanden** (siehe Tab. 5,6,8 und 17-24):

Zur **Overjetkorrektur** (Tab. 5, S. 19) trugen sowohl dentale als auch skelettale Veränderungen bei, wobei jeweils die Veränderungen im Unterkiefer überwogen. Der skelettale Beitrag zur Overjetkorrektur bei Verwendung der übertragenen (**ü**) Bezugslinien lag im Bereich von 24 % bis 32 %, der der neu definierten (**nd**) von 28 % bis 46 %. Die große Ausnahme war die **UL(nd)**, bei der die sich für das Behandlungsergebnis unbedeutend gering auswirkenden dentalen Veränderungen (1 %) durch die großen sich positiv auswirkenden skelettalen Veränderungen (99 %) unterstützt wurden.

Zur **Molarenkorrektur** (Tab. 6, S. 20) trugen gleichermaßen dentale und skelettale Veränderungen bei, wobei bei den skelettalen Veränderungen die im Unterkiefer überwogen, während bei den dentalen Veränderungen diese gleichermaßen im Ober- und Unterkiefer auftraten. Der skelettale Beitrag zur Molarenkorrektur bei Verwendung der übertragenen (**ü**) Bezugslinien lag im Bereich von 25 % bis 37 %, der der neu definierten (**nd**) von 33 % bis 54 %. Die große Ausnahme war wiederum die **UL(nd)**, bei der die skelettale Veränderung allein (100 %) die Gesamtveränderung ausmachte.

Der Winkel α zwischen den einzelnen Bezugslinien (**BL**) zur **NSL** variierte zwischen durchschnittlich 4,6° und 25°.

Die Verkleinerung des **Overjets** (Variable 1) war für alle Bezugslinien signifikant ($p < 0,001$) und variierte zwischen durchschnittlich 5,6 mm für die **NSL(nd)** bis 7,8 mm für die **OL(nd)** (Tab. 8, S. 22).

Signifikante ($p < 0,001$) Differenzen der Overjetverkleinerung von durchschnittlich mehr als 1 mm (klinisch bedeutungsvoller Wert) lagen beim Vergleich von folgenden Bezugslinien vor (Tab. 17, S. 42):

- Bei **FH(ü)** kleinere Verkleinerung als bei **OL(ü)** (1,6 mm), **OL(nd)** (1,9 mm), **UL(ü)** (1,1 mm), **UL(nd)** (1,2 mm), **OUL(ü)** (1,5 mm), **KL(ü)** (1,4 mm) und **KL(nd)** (1,5 mm).
- Bei **NSL(nd)** kleinere Verkleinerung als bei **OL(ü)** (1,9 mm), **OL(nd)** (2,2 mm), **UL(ü)** (1,4 mm), **UL(nd)** (1,5 mm), **OUL(ü)** (1,8 mm), **KL(ü)** (1,7 mm) und **KL(nd)** (1,8 mm).

Tab. 17: Auswirkungen der SO-Analyse beim Vergleich der verschiedenen Bezugslinien (BL a – BL b): Veränderungen des **Overjets** (Variable 1) bei der Gruppe der **hyperdivergenten** Herbst-Patienten während des Behandlungszeitraumes (T1-T2), alle Werte sind in Millimeter angegeben.

BL b	OL (ü)	OL (nd)	UL (ü)	UL (nd)	OUL (ü)	KL (ü)	KL (nd)	FH (ü)
BL a								
OL (nd)	ns +0,3							
UL (ü)	** -0,5	** -0,8						
UL (nd)	** -0,4	** -0,7	ns +0,1					
OUL (ü)	* -0,1	* -0,4	* +0,4	* +0,3				
KL (ü)	* -0,2	* -0,5	* +0,3	* +0,2	ns -0,1			
KL (nd)	ns -0,1	ns -0,4	** +0,4	* +0,3	ns 0,0	ns +0,1		
FH (ü)	*** -1,6	*** -1,9	*** -1,1	*** -1,2	*** -1,5	*** -1,4	*** -1,5	
NSL (nd)	*** -1,9	*** -2,2	*** -1,4	*** -1,5	*** -1,8	*** -1,7	*** -1,8	ns -0,3

+ : größere Veränderungen der BL a-Werte
als der BL b-Werte

– : größere Veränderungen der BL b-Werte
als der BL a-Werte

ns entspricht nicht signifikant

* entspricht $p < 0,05$

** entspricht $p < 0,01$

*** entspricht $p < 0,001$

Anmerkung: Die Mittelwerte dieser Tabelle sind abgeglichen in Bezug auf die Mittelwerte der Tabelle 8.

Die Veränderung der **Molarenbeziehung** (Variable 2) in Richtung Neutralokklusion war für alle Bezugslinien signifikant ($p < 0,001$) und variierte zwischen durchschnittlich 5,4 mm für die **NSL(nd)** und 7,0 mm für die **UL(nd)** (Tab. 8, S. 22).

Signifikante ($p < 0,001$) Differenzen der Veränderung der Molarenbeziehung von durchschnittlich mehr als 1 mm (klinisch bedeutungsvoller Wert) lagen beim Vergleich von folgenden Bezugslinien vor (Tab. 18, S. 44):

- Bei **FH(ü)** kleinere Veränderung in Richtung Neutralokklusion als bei **OL(nd)** (1,1 mm) und **UL(nd)** (1,5 mm).
- Bei **NSL(nd)** kleinere Veränderung in Richtung Neutralokklusion als bei **OL(nd)** (1,2 mm) und **UL(nd)** (1,6 mm).

Tab. 18: Auswirkungen der SO-Analyse beim Vergleich der verschiedenen Bezugslinien (BL a – BL b): Veränderungen der **Molarenbeziehung** (Variable 2) bei der Gruppe der **hyperdivergenten** Herbst-Patienten während des Behandlungszeitraumes (T1-T2), alle Werte sind in Millimeter angegeben.

BL b	OL (ü)	OL (nd)	UL (ü)	UL (nd)	OUL (ü)	KL (ü)	KL (nd)	FH (ü)
BL a								
OL (nd)	*							
	+0,3							
UL (ü)	ns	ns						
	-0,1	-0,4						
UL (nd)	***	**	**					
	+0,7	+0,4	+0,8					
OUL (ü)	ns	ns	ns	**				
	0,0	-0,3	+0,1	-0,7				
KL (ü)	ns	ns	ns	***	ns			
	0,0	-0,3	+0,1	-0,7	0,0			
KL (nd)	ns	*	ns	***	ns	ns		
	-0,1	-0,4	0,0	-0,8	-0,1	-0,1		
FH (ü)	***	***	***	***	***	***	**	
	-0,8	-1,1	-0,7	-1,5	-0,8	-0,8	-0,7	
NSL (nd)	***	***	***	***	***	***	***	ns
	-0,9	-1,2	-0,8	-1,6	-0,9	-0,9	-0,8	-0,1

+ : größere Veränderungen der BL a-Werte als der BL b-Werte
 – : größere Veränderungen der BL b-Werte als der BL a-Werte

ns entspricht nicht signifikant
 * entspricht p < 0,05
 ** entspricht p < 0,01
 *** entspricht p < 0,001

Anmerkung: Die Mittelwerte dieser Tabelle sind abgeglichen in Bezug auf die Mittelwerte der Tabelle 8.

Die Veränderung der **Position der Oberkieferbasis** (Variable 3) war für die Bezugslinien **OL(nd)** und **UL(nd)** signifikant ($p < 0,001$) und variierte zwischen durchschnittlich 1,5 mm und 3,7 mm jeweils nach anterior (Tab. 8, S. 22).

Signifikante ($p < 0,001$) Differenzen der Veränderung der Position der Oberkieferbasis von durchschnittlich mehr als 1 mm (klinisch bedeutungsvoller Wert) lagen beim Vergleich von folgenden Bezugslinien vor (Tab. 19, S. 46):

- Bei **UL(nd)** kleinere Veränderung als bei **OL(ü)** (3,0 mm), **OL(nd)** (2,2 mm), **UL(ü)** (3,0 mm), **OUL(ü)** (2,9 mm), **KL(ü)** (2,9 mm), **KL(nd)** (2,8 mm), **FH(ü)** (3,2 mm) und **NSL(nd)** (3,2 mm).

Tab. 19: Auswirkungen der SO-Analyse beim Vergleich der verschiedenen Bezugslinien (BL a – BL b): Veränderungen der **Position der Oberkieferbasis** (Variable 3) bei der Gruppe der **hyperdivergenten** Herbst-Patienten während des Behandlungszeitraumes (T1-T2), alle Werte sind in Millimeter angegeben.

BL b	OL (ü)	OL (nd)	UL (ü)	UL (nd)	OUL (ü)	KL (ü)	KL (nd)	FH (ü)
BL a								
OL (nd)	*							
	-0,8							
UL (ü)	ns	*						
	0,0	+0,8						
UL (nd)	***	***	***					
	-3,0	-2,2	-3,0					
OUL (ü)	ns	*	ns	***				
	-0,1	+0,7	-0,1	+2,9				
KL (ü)	ns	*	ns	***	ns			
	-0,1	0,7	-0,1	+2,9	0,0			
KL (nd)	ns	*	ns	***	ns	ns		
	-0,2	+0,6	-0,2	+2,8	-0,1	-0,1		
FH (ü)	ns	*	ns	***	ns	ns	ns	
	+0,2	+1,0	+0,2	+3,2	+0,3	+0,3	+0,4	
NSL (nd)	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns
	+0,2	+1,0	+0,2	+3,2	+0,3	+0,3	+0,4	0,0

+ : größere Veränderungen der BL a-Werte
als der BL b-Werte

- : größere Veränderungen der BL b-Werte
als der BL a-Werte

ns entspricht nicht signifikant

* entspricht $p < 0,05$

** entspricht $p < 0,01$

*** entspricht $p < 0,001$

Anmerkung: Die Mittelwerte dieser Tabelle sind abgeglichen in Bezug auf die Mittelwerte der Tabelle 8.

Die Veränderung der **Position der Unterkieferbasis** (Variable 4) nach anterior war für einige Bezugslinien signifikant ($p < 0,001$) und variierte zwischen durchschnittlich 3,0 mm bis 10,7 mm für die **OL(nd)**, **UL(nd)**, **OUL(ü)** und **KL(nd)** (Tab. 8, S. 22).

Signifikante ($p < 0,001$) Differenzen der Veränderung der Position der Unterkieferbasis von durchschnittlich mehr als 1 mm (klinisch bedeutungsvoller Wert) lagen beim Vergleich von folgenden Bezugslinien vor (Tab. 20, S. 48):

- Bei **UL(nd)** größere Veränderung als bei **OL(ü)** (7,7 mm), **OL(nd)** (5,6 mm), **UL(ü)** (8,1 mm), **OUL(ü)** (7,7 mm), **KL(ü)** (7,6 mm), **KL(nd)** (7,7 mm), **FH(ü)** (8,8 mm) und **NSL(nd)** (9,1 mm).
- Bei **KL(ü)** größere Veränderung als bei **FH(ü)** (1,2 mm).
- Bei **NSL(nd)** kleinere Veränderung als bei **OL(ü)** (1,4 mm), **OUL(ü)** (1,4 mm) und **KL(ü)** (1,5 mm).

Tab. 20: Auswirkungen der SO-Analyse beim Vergleich der verschiedenen Bezugslinien (BL a – BL b): Veränderungen der **Position der Unterkieferbasis** (Variable 4) bei der Gruppe der **hyperdivergenten** Herbst-Patienten während des Behandlungszeitraumes (T1-T2), alle Werte sind in Millimeter angegeben.

BL b	OL (ü)	OL (nd)	UL (ü)	UL (nd)	OUL (ü)	KL (ü)	KL (nd)	FH (ü)
BL a								
OL (nd)	ns +2,1							
UL (ü)	* -0,4	* -2,5						
UL (nd)	*** +7,7	*** +5,6	*** +8,1					
OUL (ü)	ns 0,0	ns -2,1	* +0,4	*** -7,7				
KL (ü)	ns +0,1	ns -1,9	** +0,5	*** -7,6	ns +0,1			
KL (nd)	ns 0,0	* -2,1	ns +0,4	*** -7,7	ns 0,0	ns -0,1		
FH (ü)	** -1,1	* -3,2	* -0,7	*** -8,8	** -1,1	*** -1,2	ns -1,1	
NSL (nd)	*** -1,4	** -3,5	*** -1,0	*** -9,1	*** -1,4	*** -1,5	* -1,4	ns -0,3

+ : größere Veränderungen der BL a-Werte als der BL b-Werte
 – : größere Veränderungen der BL b-Werte als der BL a-Werte

ns entspricht nicht signifikant
 * entspricht p < 0,05
 ** entspricht p < 0,01
 *** entspricht p < 0,001

Anmerkung: Die Mittelwerte dieser Tabelle sind abgeglichen in Bezug auf die Mittelwerte der Tabelle 8.

Die Veränderung der **Position des zentralen Oberkiefer-Inzisivus** (Variable 9) war bei allen Bezugslinien nach posterior gerichtet und von niedriger Signifikanz ($p < 0,05$ bzw. $0,01$) (Tab. 8, S. 22).

Signifikante ($p < 0,001$) Differenzen der Veränderung der Position des zentralen Oberkiefer-Inzisivus von durchschnittlich mehr als 1 mm (klinisch bedeutungsvoller Wert) lagen beim Vergleich von folgenden Bezugslinien vor (Tab. 21, S. 50):

- Bei **UL(nd)** kleinere Veränderung als bei **OL(ü)** (1,9 mm), **UL(ü)** (2,0 mm), **OUL(ü)** (2,0 mm), **KL(ü)** (1,9 mm), **KL(nd)** (2,0 mm), **FH(ü)** (2,0 mm) und **NSL(nd)** (2,1 mm).

Tab. 21: Auswirkungen der SO-Analyse beim Vergleich der verschiedenen Bezugslinien (BL a – BL b): Veränderungen der **Position des zentralen Oberkiefer-Inzisivus** (Variable 9) bei der Gruppe der **hyperdivergenten** Herbst-Patienten während des Behandlungszeitraumes (T1-T2), alle Werte sind in Millimeter angegeben.

BL b	OL (ü)	OL (nd)	UL (ü)	UL (nd)	OUL (ü)	KL (ü)	KL (nd)	FH (ü)
BL a								
OL (nd)	ns -0,2							
UL (ü)	ns +0,1	ns +0,3						
UL (nd)	*** -1,9	* -1,7	*** -2,0					
OUL (ü)	ns +0,1	ns +0,3	ns 0,0	*** +2,0				
KL (ü)	ns 0,0	ns +0,2	ns -0,1	*** +1,9	ns -0,1			
KL (nd)	ns +0,1	ns +0,3	ns 0,0	*** +2,0	ns 0,0	ns +0,1		
FH (ü)	ns +0,1	ns +0,3	ns 0,0	*** +2,0	ns 0,0	ns +0,1	ns 0,0	
NSL (nd)	ns +0,2	ns +0,4	ns +0,1	*** +2,1	ns +0,1	ns +0,2	ns +0,1	ns +0,1

+ : größere Veränderungen der BL a-Werte als der BL b-Werte

– : größere Veränderungen der BL b-Werte als der BL a-Werte

ns entspricht nicht signifikant

* entspricht p < 0,05

** entspricht p < 0,01

*** entspricht p < 0,001

Anmerkung: Die Mittelwerte dieser Tabelle sind abgeglichen in Bezug auf die Mittelwerte der Tabelle 8.

Die Veränderung der **Position des zentralen Unterkiefer-Inzisivus** (Variable 10) nach anterior war für alle Bezugslinien außer **UL(nd)** (n.s.) signifikant ($p < 0,001$) und variierte zwischen durchschnittlich 2,3 mm für die **NSL(nd)** bis 3,2 mm sowohl für die **OL(ü)** als auch für die **KL(nd)** (Tab. 8, S. 22).

Signifikante ($p < 0,001$) Differenzen der Veränderung der Position des zentralen Unterkiefer-Inzisivus von durchschnittlich mehr als 1 mm (klinisch bedeutungsvoller Wert) lagen beim Vergleich von folgenden Bezugslinien vor (Tab. 22, S. 52):

- Bei **UL(nd)** kleinere Veränderung als bei **OL(ü)** (3,2 mm), **UL(ü)** (3,0 mm), **OUL(ü)** (3,1 mm), **KL(ü)** (3,0 mm), **KL(nd)** (3,2 mm), **FH(ü)** (2,4 mm) und **NSL(nd)** (2,3 mm).

Tab. 22: Auswirkungen der SO-Analyse beim Vergleich der verschiedenen Bezugslinien (BL a – BL b): Veränderungen der **Position des zentralen Unterkiefer-Inzisivus** (Variable 10) bei der Gruppe der **hyperdivergenten** Herbst-Patienten während des Behandlungszeitraumes (T1-T2), alle Werte sind in Millimeter angegeben.

BL a	BL b	OL (ü)	OL (nd)	UL (ü)	UL (nd)	OUL (ü)	KL (ü)	KL (nd)	FH (ü)
		ns -0,8							
		ns -0,2	ns +0,6						
		***	**	***					
		-3,2	-2,4	-3,0					
		*	ns	ns	***				
		-0,1	+0,7	+0,1	+3,1				
		ns	ns	ns	***	ns			
		-0,2	+0,6	0,0	+3,0	-0,1			
		ns	ns	ns	***	ns	ns		
		0,0	+0,8	+0,2	+3,2	+0,1	+0,2		
		**	ns	***	***	**	*	**	
		-0,8	0,0	-0,6	+2,4	-0,7	-0,6	-0,8	
		**	ns	**	***	**	*	**	ns
		-0,9	-0,1	-0,7	+2,3	-0,8	-0,7	-0,9	-0,1

+ : größere Veränderungen der BL a-Werte
als der BL b-Werte

– : größere Veränderungen der BL b-Werte
als der BL a-Werte

ns entspricht nicht signifikant

* entspricht $p < 0,05$

** entspricht $p < 0,01$

*** entspricht $p < 0,001$

Anmerkung: Die Mittelwerte dieser Tabelle sind abgeglichen in Bezug auf die Mittelwerte der Tabelle 8.

Die Veränderung der **Position des oberen ersten Molaren** (Variable 11) nach posterior war für alle Bezugslinien außer **UL(nd)** (n.s.) signifikant ($p < 0,001$) und variierte zwischen durchschnittlich 1,9 mm für die **FH(ü)** und **NSL(nd)** bis 2,2 mm sowohl für die **UL(ü)**, **OUL(ü)** als auch für die **KL(nd)** (Tab. 8, S. 22).

Signifikante ($p < 0,001$) Differenzen der Veränderung der Position des oberen ersten Molaren von durchschnittlich mehr als 1 mm (klinisch bedeutungsvoller Wert) lagen beim Vergleich von folgenden Bezugslinien vor (Tab. 23, S. 54):

- Bei **UL(nd)** kleinere Veränderung als bei **OL(ü)** (1,4 mm), **UL(ü)** (1,6 mm), **OUL(ü)** (1,6 mm), **KL(ü)** (1,5 mm), **KL(nd)** (1,6 mm), **FH(ü)** (1,3 mm) und **NSL(nd)** (1,3 mm).

Tab. 23: Auswirkungen der SO-Analyse beim Vergleich der verschiedenen Bezugslinien (BL a – BL b): Veränderungen der **Position des oberen ersten Molaren** (Variable 11) bei der Gruppe der **hyperdivergenten** Herbst-Patienten während des Behandlungszeitraumes (T1-T2), alle Werte sind in Millimeter angegeben.

<i>BL b</i>	<i>OL (ü)</i>	<i>OL (nd)</i>	<i>UL (ü)</i>	<i>UL (nd)</i>	<i>OUL (ü)</i>	<i>KL (ü)</i>	<i>KL (nd)</i>	<i>FH (ü)</i>
<i>BL a</i>								
<i>OL (nd)</i>	ns -0,4							
<i>UL (ü)</i>	ns +0,2	* +0,6						
<i>UL (nd)</i>	*** -1,4	* -1,0	*** -1,6					
<i>OUL (ü)</i>	* +0,2	* +0,6	ns 0,0	*** +1,6				
<i>KL (ü)</i>	ns +0,1	ns +0,5	ns -0,1	*** +1,5	ns -0,1			
<i>KL (nd)</i>	ns +0,2	ns +0,6	ns 0,0	*** +1,6	ns 0,0	ns +0,1		
<i>FH (ü)</i>	ns -0,1	ns +0,3	ns -0,3	*** +1,3	ns -0,3	ns -0,2	ns -0,3	
<i>NSL (nd)</i>	ns -0,1	ns +0,3	ns -0,3	*** +1,3	ns -0,3	ns -0,2	ns -0,3	ns 0,0

+ : größere Veränderungen der BL a-Werte
als der BL b-Werte

– : größere Veränderungen der BL b-Werte
als der BL a-Werte

ns entspricht nicht signifikant

* entspricht $p < 0,05$

** entspricht $p < 0,01$

*** entspricht $p < 0,001$

Anmerkung: Die Mittelwerte dieser Tabelle sind abgeglichen in Bezug auf die Mittelwerte der Tabelle 8.

Die Veränderung der **Position des unteren ersten Molaren** (Variable 12) war für alle Bezugslinien außer **UL(nd)** (n.s.) nach anterior gerichtet und signifikant ($p < 0,001$) und variierte zwischen durchschnittlich 1,9 mm für die **OUL(ü)**, **KL(ü)** und **KL(nd)** bis 2,4 mm für die **NSL(nd)** (Tab. 8, S. 22).

Signifikante ($p < 0,001$) Differenzen der Veränderung der Position des unteren ersten Molaren von durchschnittlich mehr als 1 mm (klinisch bedeutungsvoller Wert) lagen beim Vergleich von folgenden Bezugslinien vor (Tab. 24, S. 56):

- Bei **UL(nd)** kleinere Veränderung als bei **OL(ü)** (2,6 mm), **UL(ü)** (2,7 mm), **OUL(ü)** (2,5 mm), **KL(ü)** (2,5 mm), **KL(nd)** (2,5 mm), **FH(ü)** (2,8 mm) und **NSL(nd)** (3,0 mm).

Tab. 24: Auswirkungen der SO-Analyse beim Vergleich der verschiedenen Bezugslinien (BL a – BL b): Veränderungen der **Position des unteren ersten Molaren** (Variable 12) bei der Gruppe der **hyperdivergenten** Herbst-Patienten während des Behandlungszeitraumes (T1-T2), alle Werte sind in Millimeter angegeben.

<i>BL b</i>	<i>OL (ü)</i>	<i>OL (nd)</i>	<i>UL (ü)</i>	<i>UL (nd)</i>	<i>OUL (ü)</i>	<i>KL (ü)</i>	<i>KL (nd)</i>	<i>FH (ü)</i>
<i>BL a</i>								
<i>OL (nd)</i>	ns -0,6							
<i>UL (ü)</i>	ns +0,1	* +0,7						
<i>UL (nd)</i>	*** -2,6	** -2,0	*** -2,7					
<i>OUL (ü)</i>	ns -0,1	ns +0,5	* -0,2	*** +2,5				
<i>KL (ü)</i>	ns -0,1	ns +0,5	* -0,2	*** +2,5	ns 0,0			
<i>KL (nd)</i>	ns -0,1	ns +0,5	ns -0,2	*** +2,5	ns 0,0	ns 0,0		
<i>FH (ü)</i>	ns +0,2	* +0,8	ns +0,1	*** +2,8	* +0,3	ns +0,3	ns +0,3	
<i>NSL (nd)</i>	ns +0,4	* +1,0	ns +0,3	*** +3,0	** +0,5	* +0,5	ns +0,5	ns +0,2

+ : größere Veränderungen der BL a-Werte
als der BL b-Werte

– : größere Veränderungen der BL b-Werte
als der BL a-Werte

ns entspricht nicht signifikant

* entspricht $p < 0,05$

** entspricht $p < 0,01$

*** entspricht $p < 0,001$

Anmerkung: Die Mittelwerte dieser Tabelle sind abgeglichen in Bezug auf die Mittelwerte der Tabelle 8.

5.3 Vergleich der hypo- und hyperdivergenten Probandengruppen (Tab. 25)

- Der Winkel α (**BL/NSL**) der hyperdivergenten Gruppe war für alle Bezugslinien größer ($p < 0,01$ bis $p < 0,001$) als der der hypodivergenten Gruppe. Die Differenz reichte von durchschnittlich $3,7^\circ$ bei der **FH(ü)** bis $10,9^\circ$ bei der **UL(ü)** (Tab. 25, S. 58).
- Differenzen zwischen den jeweiligen Variablen der beiden Gruppen waren bei der **Position des zentralen Oberkiefer-Inzisivus** (Variable 9) zu finden: Bei der **OL(nd)** und **UL(nd)** waren die Veränderungen bei der hyperdivergenten Gruppe größer ($p < 0,05$) als bei der hypodivergenten Gruppe. Die Differenzen lagen bei 1,6 mm beziehungsweise 1,8 mm (Tab. 25, S. 58).

Tab. 25: Auswirkungen der SO-Analyse beim Vergleich der **hypodivergenten** (n=17) und der **hyperdivergenten** (n=13) Herbst-Patienten: Variable Veränderungen in Bezug zu den neun Bezugslinien während des Behandlungszeitraumes (T1–T2), alle Werte der Variablen sind in Millimeter angegeben.

Variablen	Bezugslinien (BL)								
	OL (\ddot{u})	OL (nd)	UL (\ddot{u})	UL (nd)	OUL (\ddot{u})	KL (\ddot{u})	KL (nd)	FH (\ddot{u})	NSL (nd)
1. Overjet	ns -0,6	ns -1,4	ns -1,0	ns -1,1	ns -1,0	ns -0,6	ns -0,6	ns -0,3	ns -0,1
2. Molarenbeziehung	ns -0,1	ns -0,1	ns -0,5	ns -0,4	ns -0,3	ns -0,3	ns -0,2	ns -0,1	ns +0,2
3. Position Oberkieferbasis	ns +0,6	ns +0,4	ns +0,6	ns -0,9	ns +0,8	ns +0,8	ns +0,8	ns +0,6	ns +0,6
4. Position Unterkieferbasis	ns +0,1	ns +0,4	ns -0,3	ns +2,5	ns -0,2	ns -0,1	ns +0,3	ns -0,1	ns +0,5
9. Position zentraler OK-Inzisivus	ns -1,1	* -1,6	ns -1,0	* -1,8	ns -1,4	ns -1,2	ns -1,3	ns -1,0	ns -1,1
10. Position zentraler UK-Inzisivus	ns -0,2	ns -0,6	ns -0,3	ns -0,9	ns -0,3	ns -0,1	ns -0,4	ns +0,1	ns -0,1
11. Position oberer erster Molar	ns -0,4	ns -0,6	ns -0,6	ns -0,9	ns -0,7	ns -0,7	ns -0,9	ns -0,4	ns -0,4
12. Position unterer erster Molar	ns -0,4	ns -0,3	ns -0,2	ns -0,9	ns -1,0	ns -1,0	ns -1,0	ns -0,4	ns -0,5
Differenz der Winkel α BL/NSL (Grad) hyper > hypo	*** 7,2	*** 6,7	*** 10,9	*** 9,5	*** 8,6	*** 10,0	*** 9,4	** 3,7	

+ : größere Veränderung der hypodivergenten als der hyperdivergenten Gruppe
 – : größere Veränderung der hyperdivergenten als der hypodivergenten Gruppe

ns entspricht nicht signifikant
 * entspricht $p < 0,05$
 ** entspricht $p < 0,01$
 *** entspricht $p < 0,001$

6 DISKUSSION

6.1 Allgemeines

Zum Verständnis der Methodik der im Rahmen dieser Doktorarbeit durchgeführten SO-Analyse ist Folgendes zu erwähnen:

- Die feste Markierung der allgemeinen und speziellen Referenzpunkte mit Filzstift diente dem stets korrekten Auffinden der Punkte bei jeder Durchzeichnung. Da das Ziel der Arbeit nicht darin bestand, die Behandlungsergebnisse der Herbst-Apparatur darzustellen, sondern die Aussage der SO-Analyse mit verschiedenen Bezugslinien zu untersuchen, erwies sich die feste Markierung der Punkte als sinnvoll. Hieraus resultierte vermutlich auch der sehr geringe Methodenfehler (Seite 14 f).
- Die Messung der Variablen erfolgte durch das menschliche Auge auf 0,5 Millimeter beziehungsweise Grad genau. Bei der mathematischen Berechnung der Mittelwerte entstanden jedoch Werte, die sich bis auf 0,1 Millimeter beziehungsweise Grad unterschieden. Die sich dadurch gebildeten Ungenauigkeiten waren nicht von Belang.
- Durch die vielen Berechnungen der einzelnen Variablen (Tab. 3-25) sind aufgrund der Rundungen geringe Ungenauigkeiten (0,1 – 0,2 mm) beim Vergleich verschiedener Berechnungsergebnisse entstanden, die durch Angleichen ausgeglichen wurden.

6.2 Bezugslinien – Neigung: Beispiele zur Erläuterung der Messergebnisse

Aufgrund der je nach Bezugslinie unterschiedlichen Winkel α (BL/NSL), durch die die Senkrechten zu den Bezugslinien (BLp) mehr oder minder nach anterior

oder posterior rotierten, ergaben die Messungen der Variablen recht unterschiedliche Ergebnisse (Tab. 7 und 8, S. 21 f). Zur Veranschaulichung des Einflusses des Winkels α (BL/NSL) auf die Messergebnisse bei der SO-Analyse werden einige Beispiele aufgeführt.

Beispiel 1: Übertragene (ü) Bezugslinien:

Es wurde mehrmals, jeweils am selben fiktiven Probanden, die SO-Analyse anhand einiger Variablen (3,4,7 und 8) durchgeführt (Abb. 4-8), wobei lediglich die Neigung der Bezugslinie (in diesem Fall NSL) verändert wurde (von 0° bis 5°, 10°, 15°, 20°). Innerhalb einer Messserie blieb die Bezugslinie jedoch die gleiche, das heißt der Winkel α war gleich für die Zeitpunkte T1 und T2.

Jeweils unter der Abbildung sind die Messwerte aufgeführt. Beim direkten Vergleich der Messwerte fallen die Unterschiede bei den verschiedenen Neigungen der Bezugslinien auf, die sich jedoch durch die Differenzbildungen (D) zwischen den Zeitpunkten T1 und T2 wieder ausgleichen (Abweichungen unterhalb der Bezugslinien maximal 1 mm). Im Anschluss an die Abbildungen sind in Tabelle 26 beispielhaft außerdem die Variablen 11 (Oberer erster Molar) und 12 (Unterer erster Molar) aufgeführt, die sich aus den Variablen 3 und 7 beziehungsweise 4 und 8 zusammensetzen.

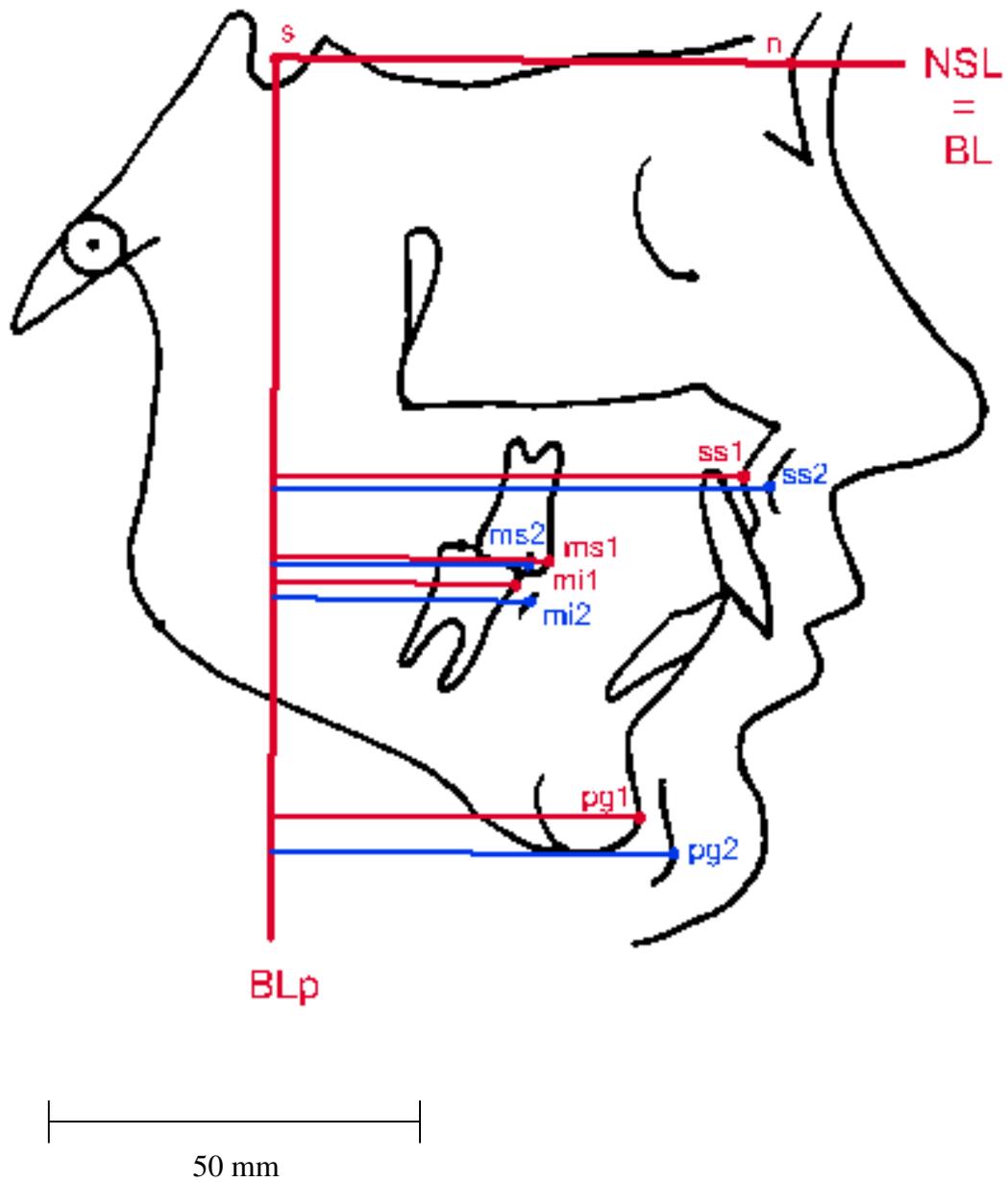


Abb. 4: $\alpha = 0^\circ$

<u>T1</u>	<u>T2</u>	<u>T1-T2</u>
ss1: 64,0 mm	ss2: 67,5 mm	ss(D): 3,5 mm
pg1: 50,0 mm	pg2: 55,0 mm	pg(D): 5,0 mm
ms1: 37,5 mm	ms2: 34,5 mm	ms(D): -3,0 mm
mi1: 33,0 mm	mi2: 35,0 mm	mi(D): 2,0 mm

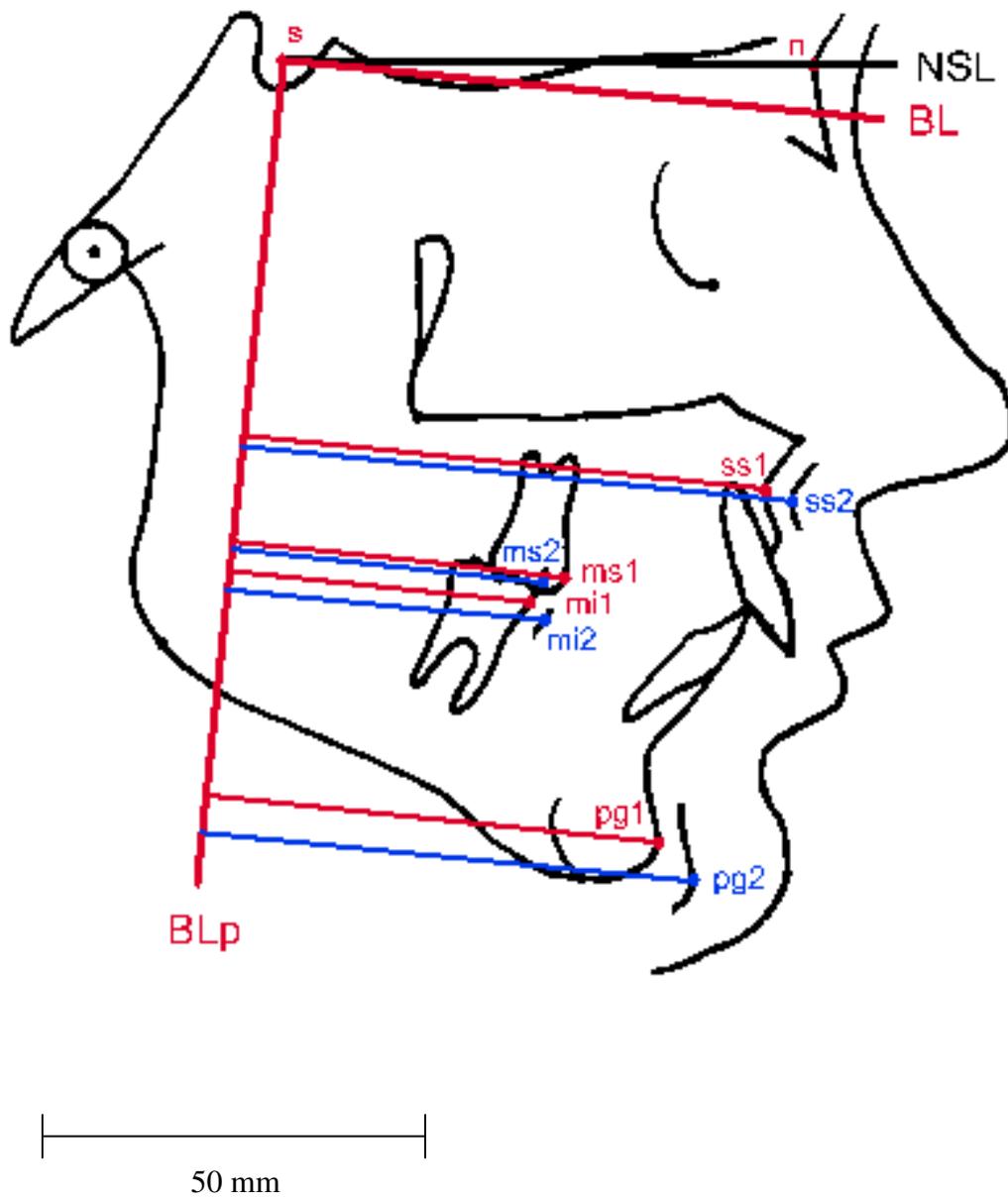


Abb. 5: $\alpha = 5^\circ$

<u>T1</u>	<u>T2</u>	<u>T1-T2</u>
ss1: 69,0 mm	ss2: 73,0 mm	ss(D): 4,0 mm
pg1: 60,0 mm	pg2: 65,0 mm	pg(D): 5,0 mm
ms1: 44,0 mm	ms2: 41,5 mm	ms(D): -2,5 mm
mi1: 40,0 mm	mi2: 42,0 mm	mi(D): 2,0 mm

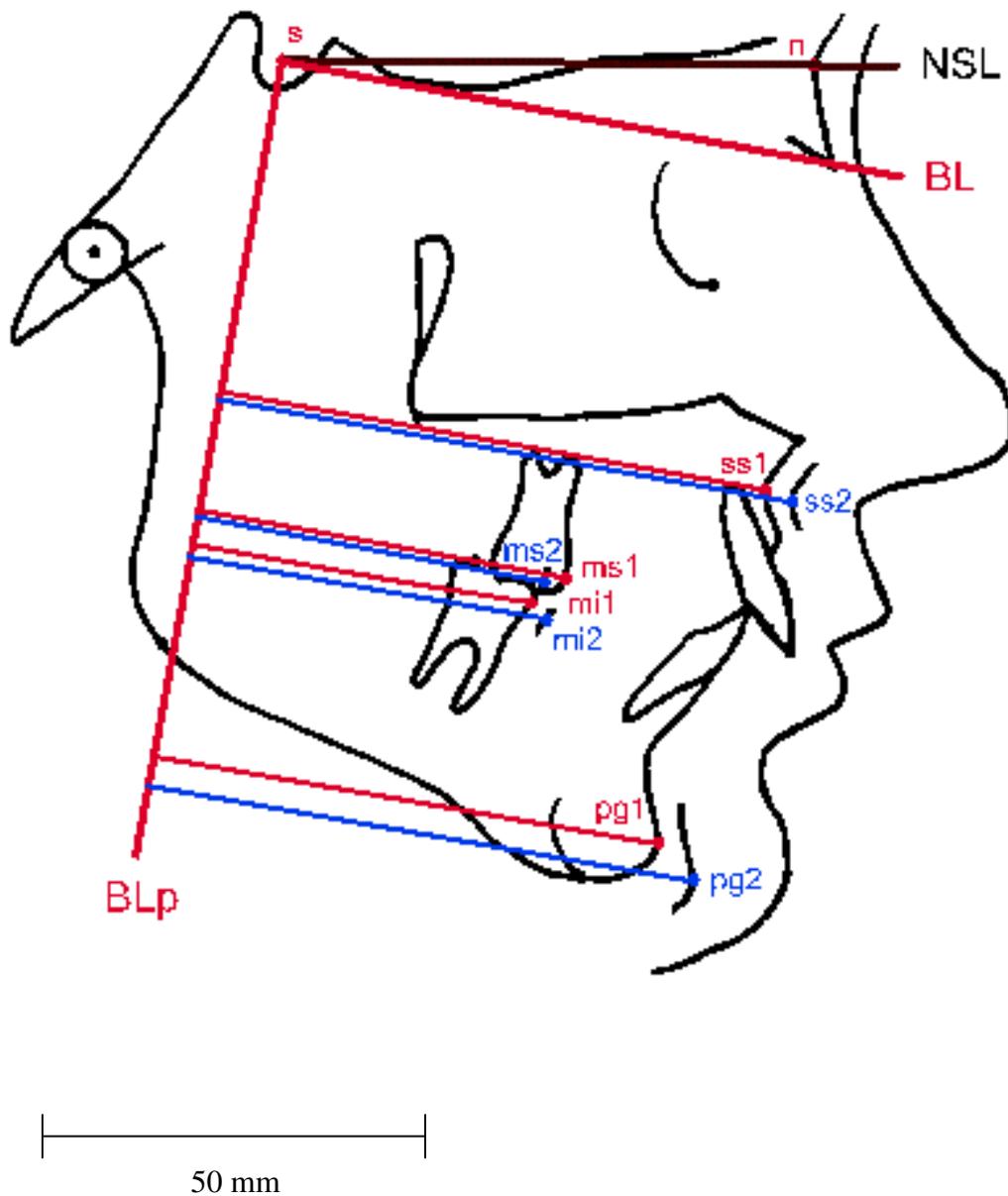


Abb. 6: $\alpha = 10^\circ$

<u>T1</u>	<u>T2</u>	<u>T1-T2</u>
ss1: 73,0 mm	ss2: 77,0 mm	ss(D): 4,0 mm
pg1: 67,5 mm	pg2: 73,0 mm	pg(D): 5,5 mm
ms1: 49,0 mm	ms2: 46,5 mm	ms(D): -2,5 mm
mi1: 45,5 mm	mi2: 47,5 mm	mi(D): 2,0 mm

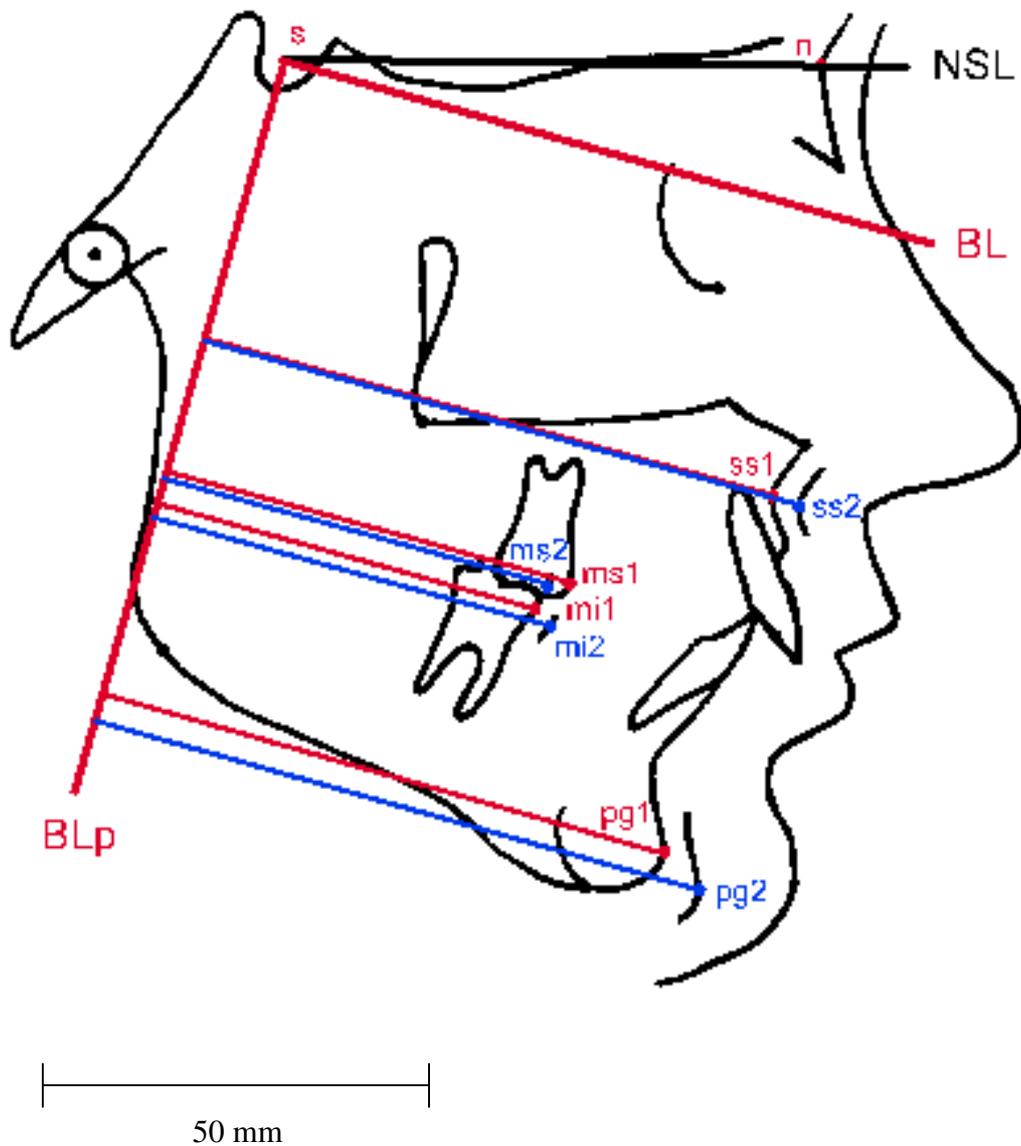


Abb. 7: $\alpha = 15^\circ$

<u>T1</u>	<u>T2</u>	<u>T1-T2</u>
ss1: 77,0 mm	ss2: 81,0 mm	ss(D): 4,0 mm
pg1: 76,5 mm	pg2: 82,0 mm	pg(D): 5,5 mm
ms1: 55,0 mm	ms2: 52,0 mm	ms(D): -3,0 mm
mi1: 52,0 mm	mi2: 54,0 mm	mi(D): 2,0 mm

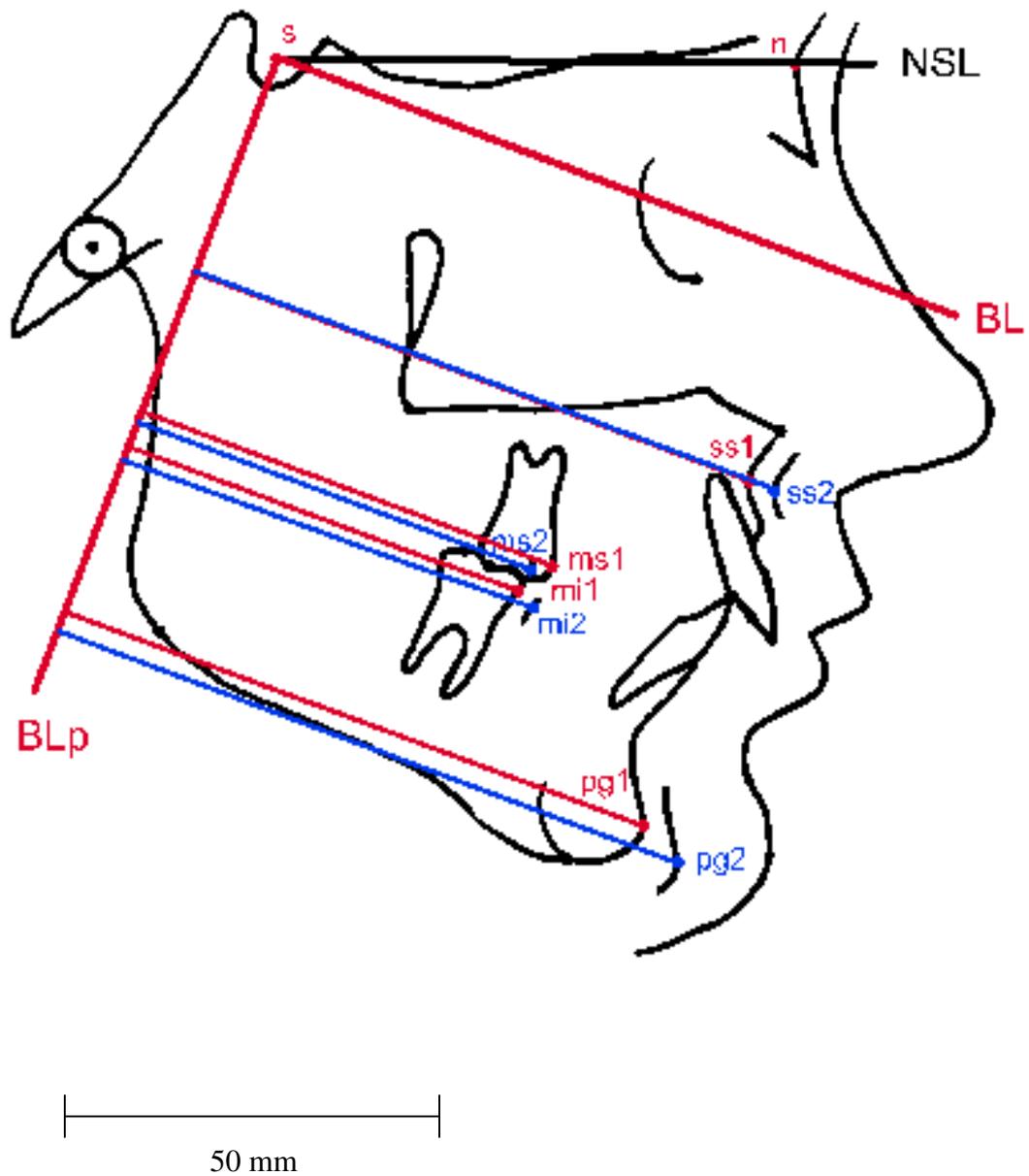


Abb. 8: $\alpha = 20^\circ$

<u>T1</u>	<u>T2</u>	<u>T1-T2</u>
ss1: 80,0 mm	ss2: 84,0 mm	ss(D): 4,0 mm
pg1: 84,0 mm	pg2: 90,0 mm	pg(D): 6,0 mm
ms1: 59,5 mm	ms2: 57,0 mm	ms(D): -2,5 mm
mi1: 57,0 mm	mi2: 59,0 mm	mi(D): 2,0 mm

Tab. 26: Veränderungen der Variablen 11 und 12 des oben angeführten Beispiels bei verschiedenen Neigungen der Bezugslinien; auf die Vorzeichen wurde hier verzichtet, nur der Betrag war für dieses Beispiel von Interesse.

Variablenveränderungen (T1-T2)	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 5^\circ$	$\alpha = 10^\circ$	$\alpha = 15^\circ$	$\alpha = 20^\circ$
11. <i>ms(D)-ss(D)</i>	6,5 mm	6,5 mm	6,5 mm	7,0 mm	6,5 mm
12. <i>mi(D)-pg(D)</i>	3,0 mm	3,0 mm	3,5 mm	3,5 mm	4,0 mm

Aus dem Beispiel ist deutlich zu erkennen, dass die Größe des Winkels α (BL/NSL) keine Auswirkung auf das Ergebnis der SO-Analyse hat, sofern der Winkel zu den Zeitpunkten T1 und T2 gleich bleibt. Das heißt wenn die Bezugslinie von Bild T1 auf Bild T2 nach Superponierung der Bilder übertragen wird, spielt es keine Rolle, welche Bezugslinie für die Auswertung von Behandlungsergebnissen gewählt wird.

Beispiel 2: Neu definierte (nd) Bezugslinien:

Es wurde wieder mehrmals, jeweils am selben fiktiven Probanden, die SO-Analyse anhand einiger Variablen (3,4,7 und 8) durchgeführt (Abb. 9-15), wobei hier jedoch die Neigungen der Bezugslinie innerhalb einer Messserie verändert wurden, das heißt der Winkel α war unterschiedlich für die Zeitpunkte T1 und T2.

Jeweils unter der Abbildung sind wiederum die Messwerte und deren Differenzen zwischen T1 und T2 (D) aufgeführt. Im Anschluss an die Abbildungen sind in Tabelle 27 beispielhaft außerdem die Variablen 11 (Oberer erster Molar) und 12 (Unterer erster Molar) aufgeführt, die sich aus den Variablen 3 und 7 beziehungsweise 4 und 8 zusammensetzen.

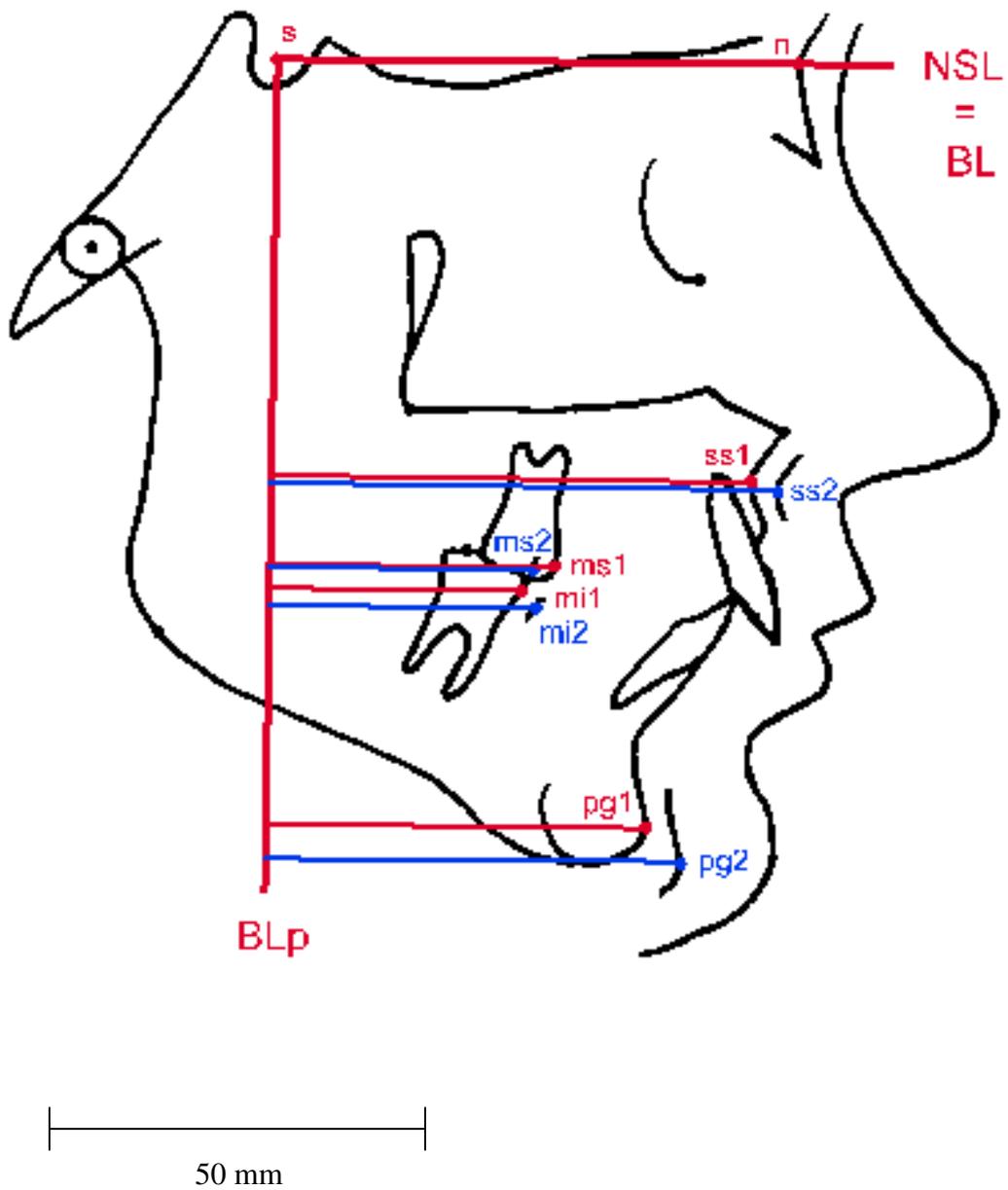


Abb. 9: $\alpha = 0^\circ$, Zeitpunkt T1 und T2

<u>T1</u>	<u>T2</u>	<u>T1-T2</u>
ss1: 64,5 mm	ss2: 68,0 mm	ss(D): 3,5 mm
pg1: 51,0 mm	pg2: 56,0 mm	pg(D): 5,0 mm
ms1: 38,0 mm	ms2: 35,5 mm	ms(D): -2,5 mm
mi1: 34,0 mm	mi2: 36,0 mm	mi(D): 2,0 mm

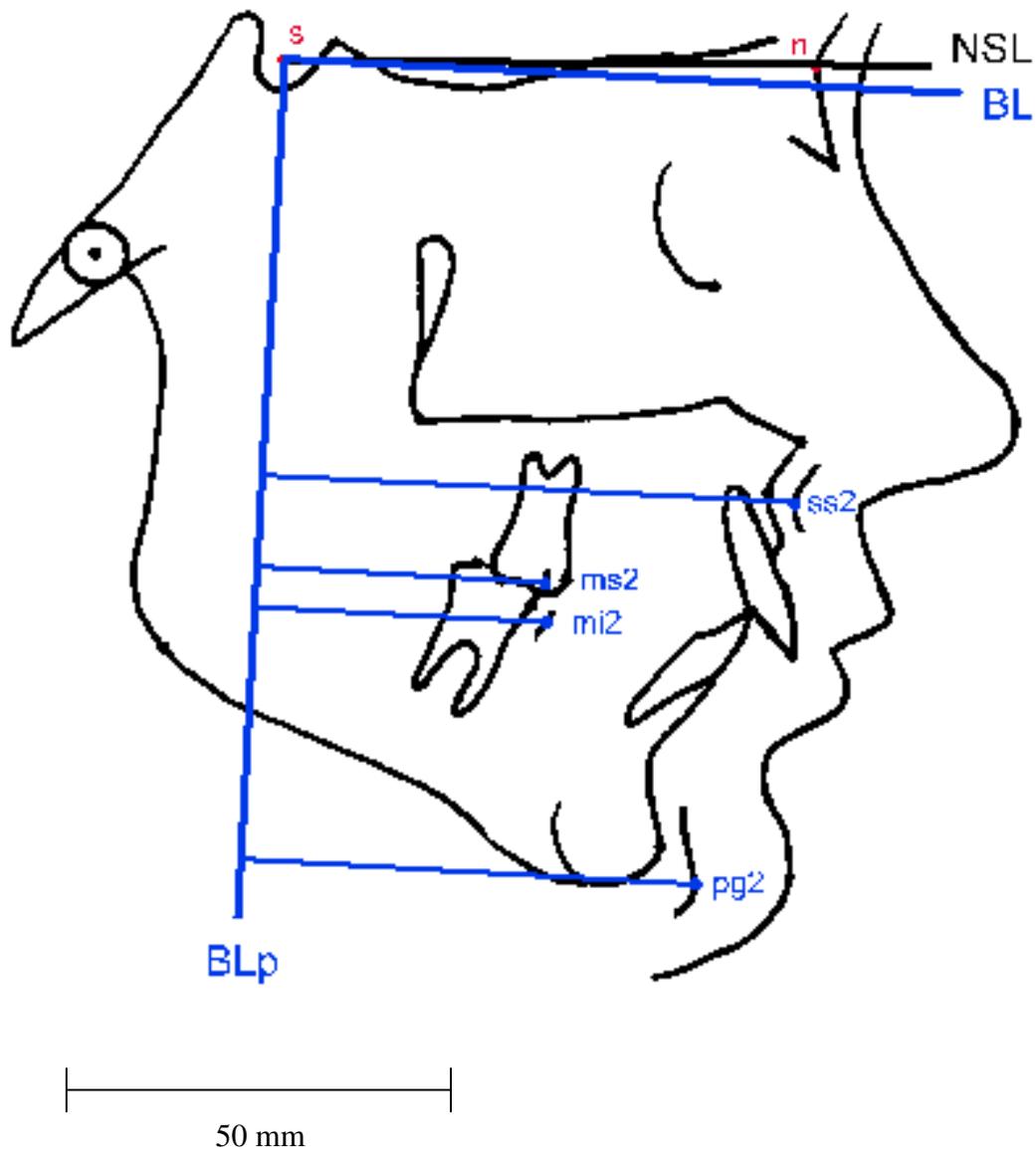


Abb. 10: $\alpha = 2,5^\circ$, Zeitpunkt T2

<u>T1</u>	<u>T2</u>	<u>T1-T2</u>
ss1: 64,5 mm	ss2: 70,5 mm	ss(D): 6,0 mm
pg1: 51,0 mm	pg2: 60,0 mm	pg(D): 9,0 mm
ms1: 38,0 mm	ms2: 38,0 mm	ms(D): 0,0 mm
mi1: 34,0 mm	mi2: 38,5 mm	mi(D): 4,5 mm

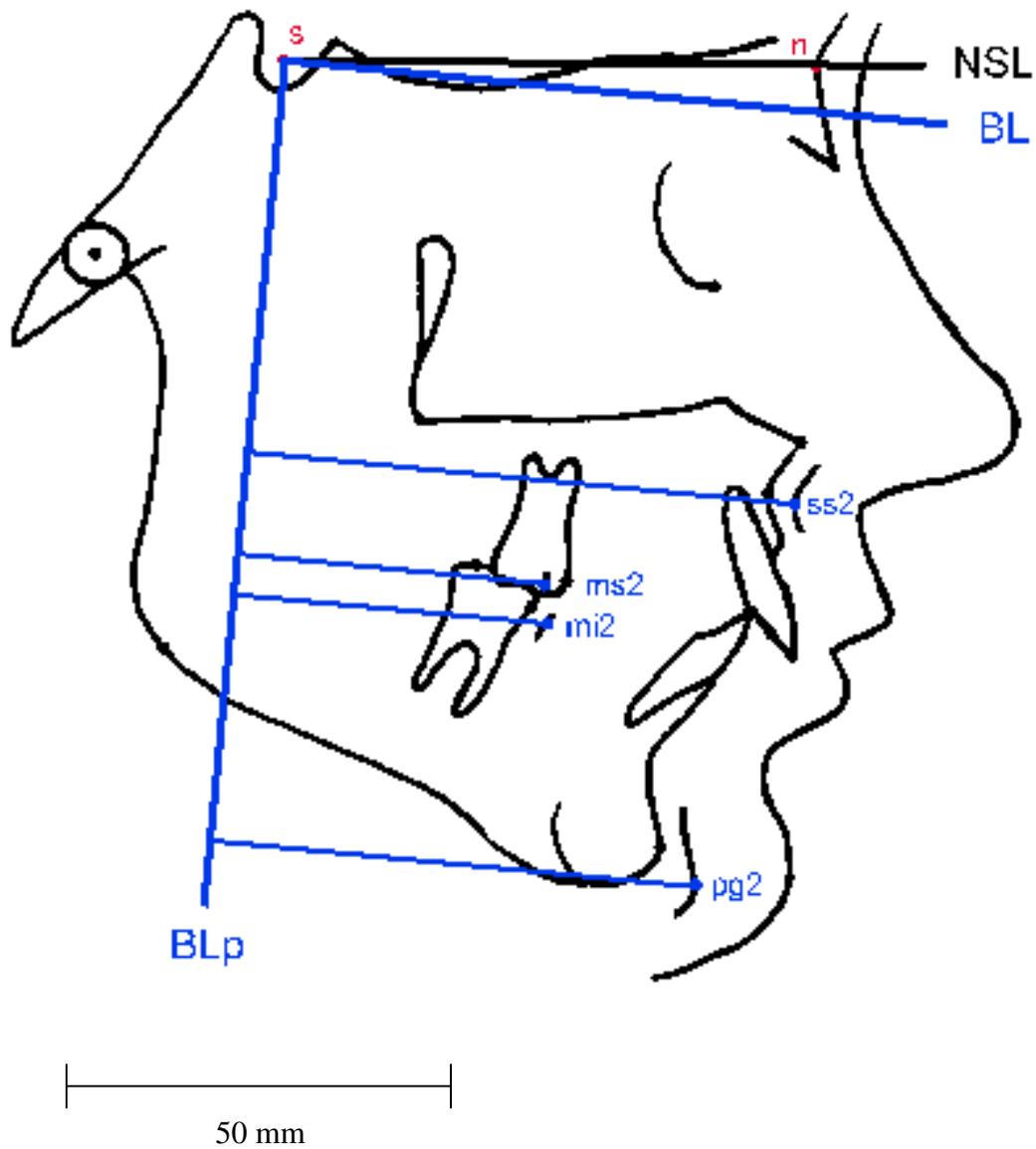


Abb. 11: $\alpha = 5^\circ$, Zeitpunkt T2

<u>T1</u>	<u>T2</u>	<u>T1-T2</u>
ss1: 64,5 mm	ss2: 72,5 mm	ss(D): 8,0 mm
pg1: 51,0 mm	pg2: 64,0 mm	pg(D): 13,0 mm
ms1: 38,0 mm	ms2: 40,5 mm	ms(D): 2,5 mm
mi1: 34,0 mm	mi2: 41,5 mm	mi(D): 7,5 mm

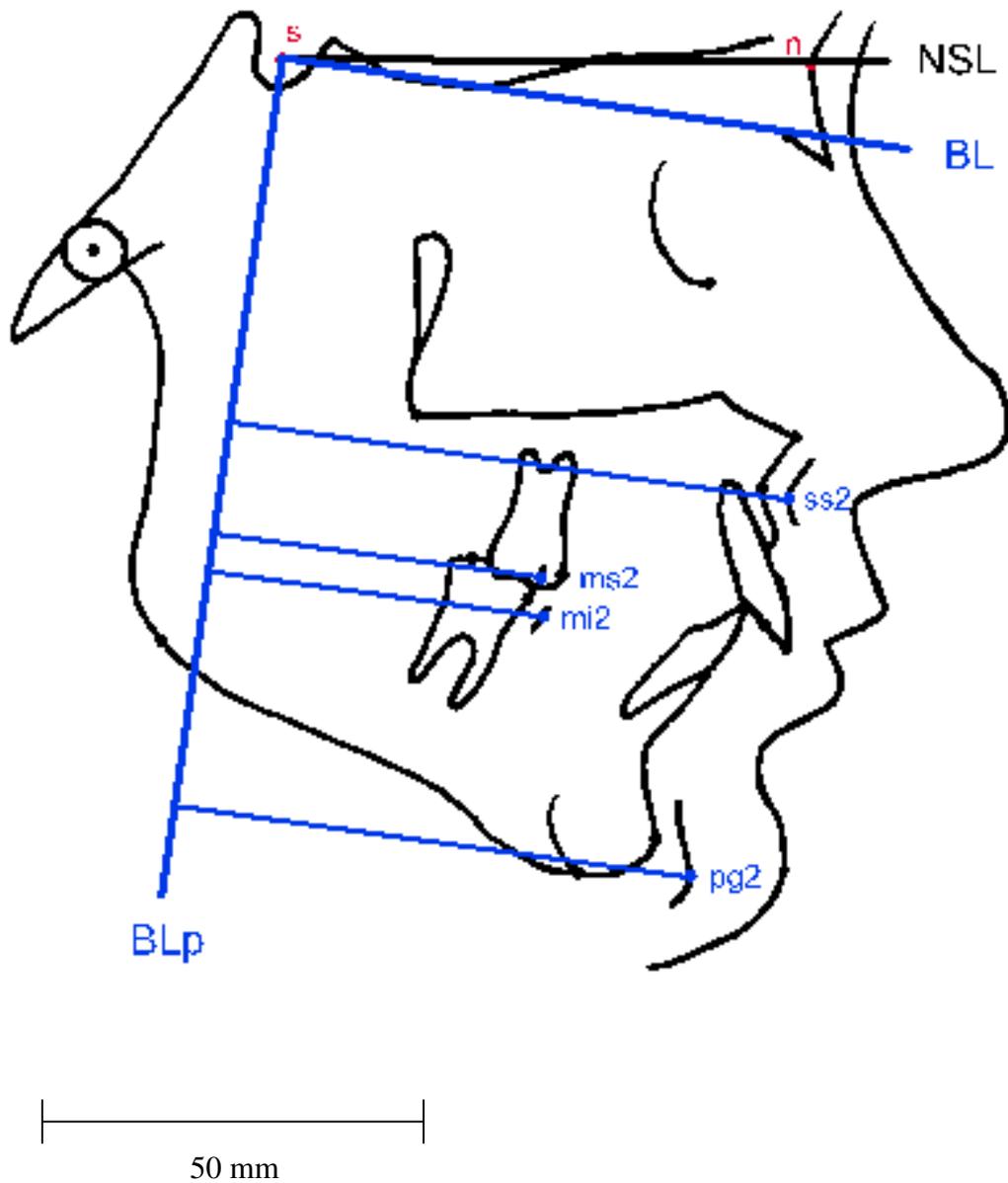


Abb. 12: $\alpha = 7,5^\circ$, Zeitpunkt T2

<u>T1</u>	<u>T2</u>	<u>T1-T2</u>
ss1: 64,5 mm	ss2: 75,0 mm	ss(D): 10,5 mm
pg1: 51,0 mm	pg2: 69,0 mm	pg(D): 18,0 mm
ms1: 38,0 mm	ms2: 44,0 mm	ms(D): 6,0 mm
mi1: 34,0 mm	mi2: 44,5 mm	mi(D): 10,5 mm

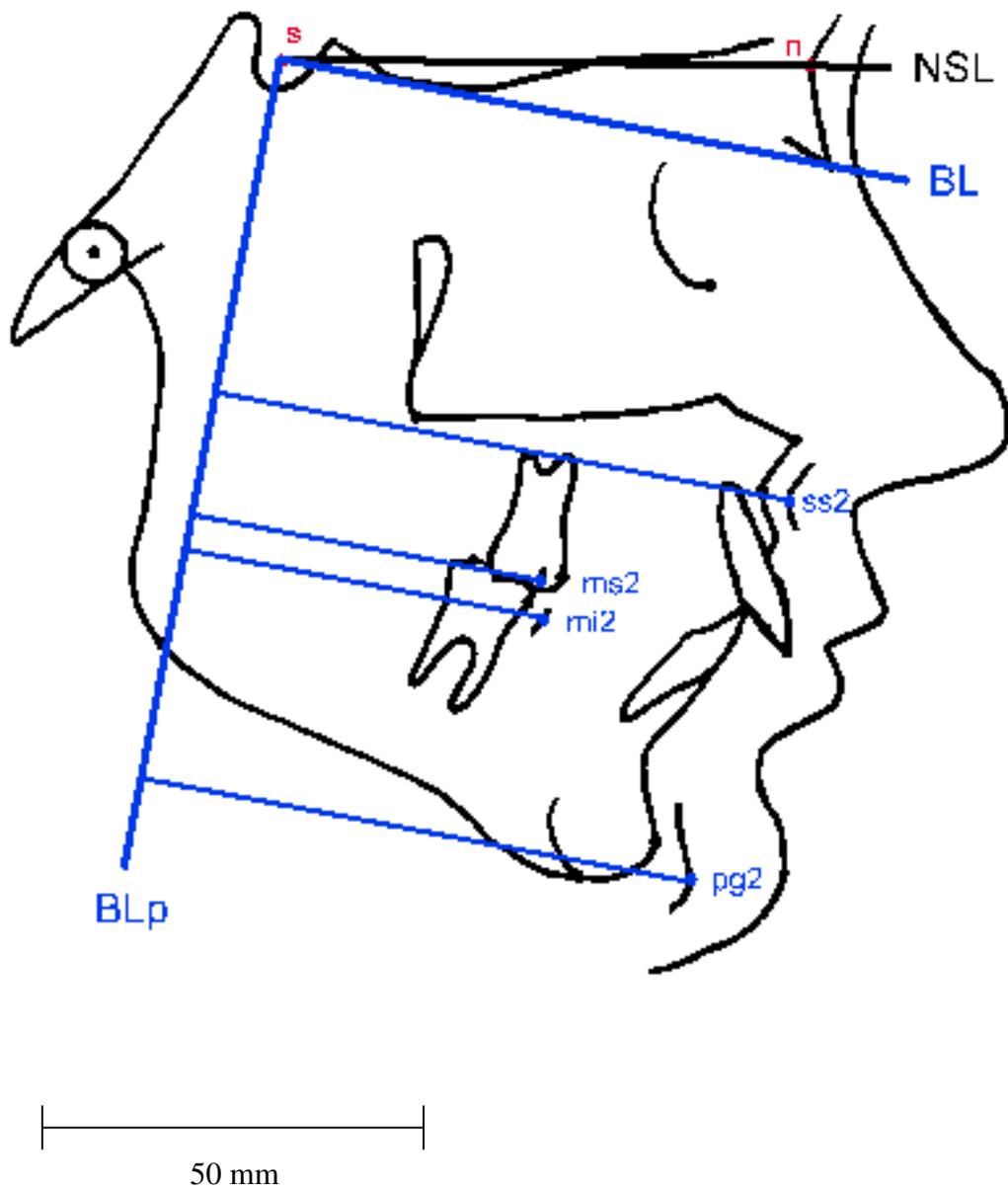


Abb. 13: $\alpha = 10^\circ$, Zeitpunkt T2

<u>T1</u>	<u>T2</u>	<u>T1-T2</u>
ss1: 64,5 mm	ss2: 77,5 mm	ss(D): 13,0 mm
pg1: 51,0 mm	pg2: 74,0 mm	pg(D): 23,0 mm
ms1: 38,0 mm	ms2: 47,0 mm	ms(D): 9,0 mm
mi1: 34,0 mm	mi2: 48,5 mm	mi(D): 14,5 mm

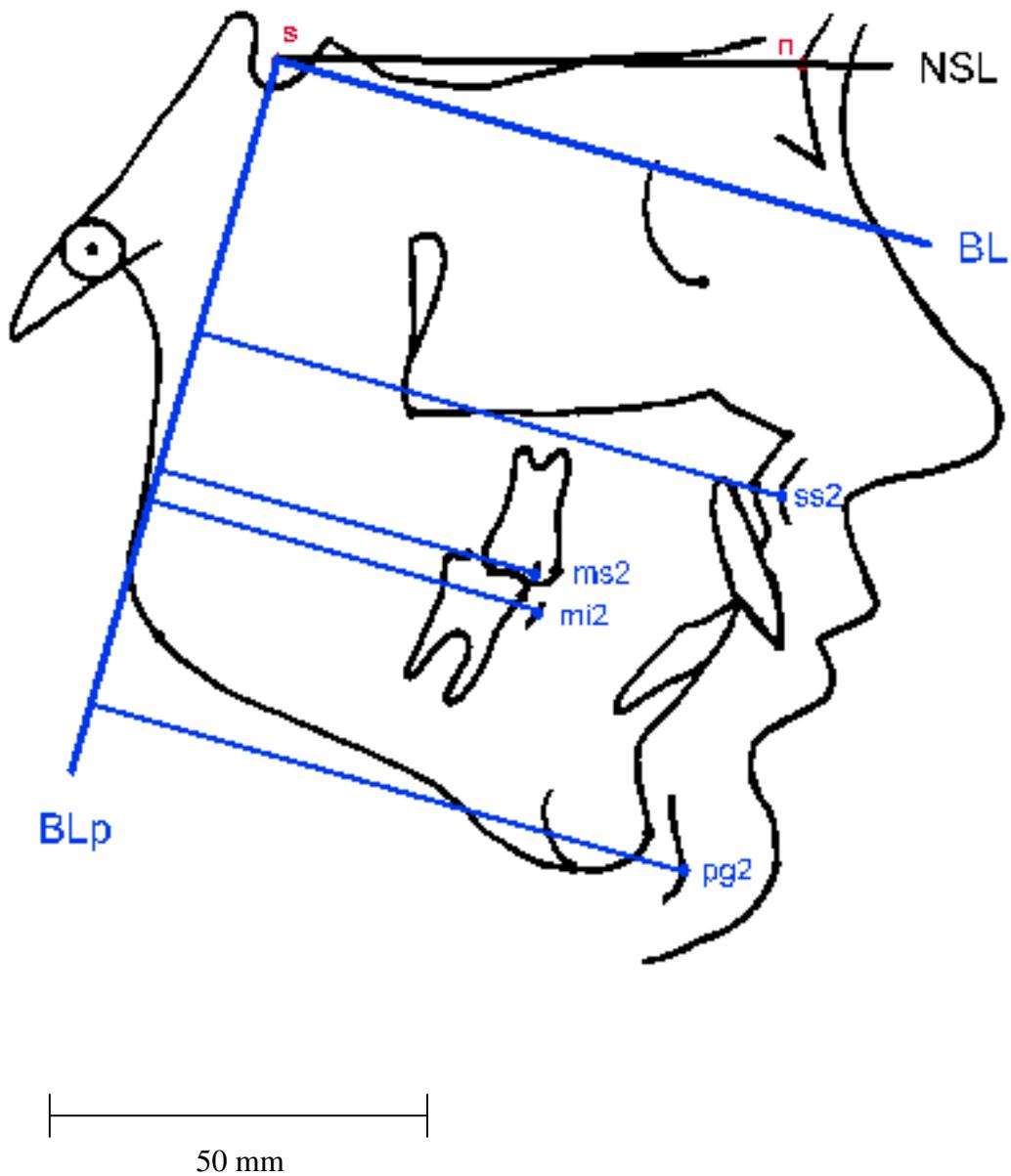


Abb. 14: $\alpha = 15^\circ$, Zeitpunkt T2

<u>T1</u>	<u>T2</u>	<u>T1-T2</u>
ss1: 64,5 mm	ss2: 81,0 mm	ss(D): 16,5 mm
pg1: 51,0 mm	pg2: 83,0 mm	pg(D): 32,0 mm
ms1: 38,0 mm	ms2: 52,5 mm	ms(D): 14,5 mm
mi1: 34,0 mm	mi2: 54,0 mm	mi(D): 20,0 mm

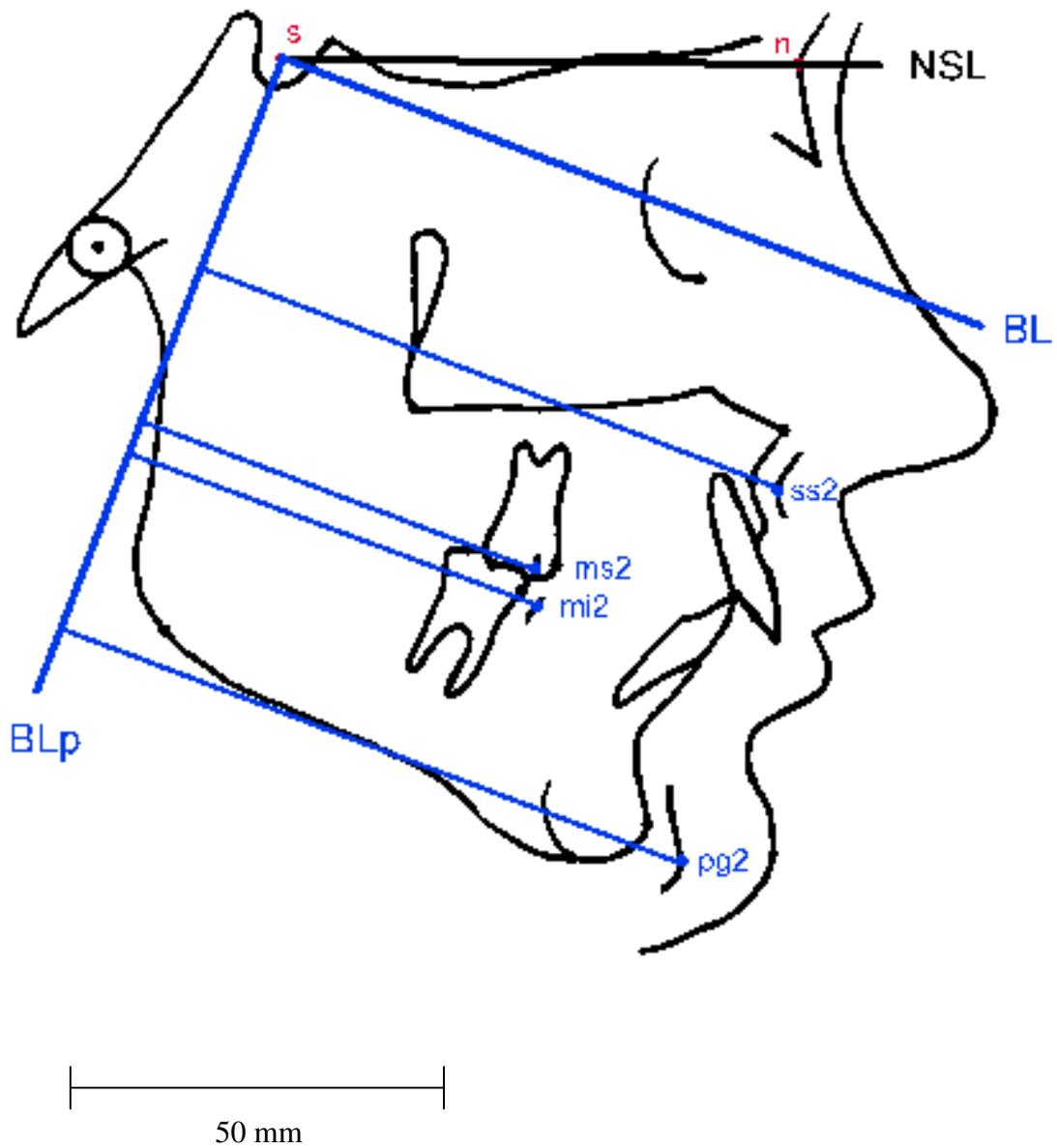


Abb. 15: $\alpha = 20^\circ$, Zeitpunkt T2

<u>T1</u>	<u>T2</u>	<u>T1-T2</u>
ss1: 64,5 mm	ss2: 84,0 mm	ss(D): 19,5 mm
pg1: 51,0 mm	pg2: 90,0 mm	pg(D): 39,0 mm
ms1: 38,0 mm	ms2: 57,0 mm	ms(D): 19,0 mm
mi1: 34,0 mm	mi2: 59,5 mm	mi(D): 25,5 mm

Tab. 27: Veränderungen der Variablen 11 und 12 des oben angeführten Beispiels bei verschiedenen Neigungen der Bezugslinien innerhalb einer Messserie; auf die Vorzeichen wurde hier verzichtet, nur der Betrag war für dieses Beispiel von Interesse.

Variablenveränderungen (T1-T2)	$\alpha=0^\circ$	$\alpha=2,5^\circ$	$\alpha=5^\circ$	$\alpha=7,5^\circ$	$\alpha=10^\circ$	$\alpha=15^\circ$	$\alpha=20^\circ$
11. <i>ms(D)-ss(D)</i>	6,0 mm	6,0 mm	5,5 mm	4,5 mm	4,0 mm	2,0 mm	0,5 mm
12. <i>mi(D)-pg(D)</i>	3,0 mm	4,5 mm	5,5 mm	7,5 mm	8,5 mm	12,0 mm	13,5 mm

An diesem Beispiel ist deutlich zu erkennen, welchen Einfluss der Winkel α auf die Ergebnisse der SO-Analyse hat, sofern er sich innerhalb einer Messserie verändert. Das heißt wenn die Bezugslinie von Bild T1 nicht auf T2 übertragen, sondern daran neu definiert wird, treten große Ungenauigkeiten auf, die die Behandlungsergebnisse nicht wahrheitsgemäß wiedergeben. Beim Vergleich der Messergebnisse zum Zeitpunkt T2 zwischen den verschiedenen geneigten Bezugslinien fallen die Unterschiede direkt auf: Der Wert der Variablen **pg2** (Position der Unterkieferbasis) z.B. schwankt zwischen 56 mm bei $\alpha = 0^\circ$ und 83 mm bei $\alpha = 20^\circ$.

Aus Tabelle 27 ist zu ersehen, dass die Unterschiede in kleinerem Ausmaße auch bei den zusammengesetzten Variablen zu finden sind. Je nach den Einzelvariablen, aus denen eine zusammengesetzte Variable besteht, sind die Unterschiede zwischen den verschiedenen Bezugslinien unterschiedlich groß. Dies liegt daran, dass bei einem großen Winkel α die BLP sehr stark nach posterior geneigt ist, wodurch die weiter kaudal gelegenen Referenzpunkte eine verhältnismäßig größere Entfernung zur BLP aufweisen als die weiter cranial gelegenen Punkte. Die Variable 11 z.B. besteht aus einer cranial und einer mittig gelegenen Variable, wodurch die Differenzen zwischen den verschiedenen Bezugslinien kleiner sind als bei der Variable 12, die aus einer mittig und kaudal gelegenen Variable besteht.

6.3 Behandlungsveränderungen der hypo- und hyperdivergenten Probanden

Besonders auffallend war, dass für die verschiedenen Bezugslinien die Winkel α zwischen der am T1-Bild definierten und der am T2-Bild neu definierten (**nd**) Bezugslinie stark unterschiedliche Veränderungen aufwiesen. Die Ursachen hierfür sind folgende: Die starke Kippung der **UL** ist durch die Intrusion der Unterkiefer-Inzisivi und die Extrusion der unteren Molaren [11] zu erklären. Die kleine Kippung der **OL** ist durch die nur leichte Intrusion der oberen Molaren und der unveränderten vertikalen Position der oberen Inzisivi bedingt [11]. Auf die **KL** hatte die Herbst-Apparatur dagegen keinen Einfluss. Die Linie blieb fast unverändert. Das Gleiche gilt auch für die **FH** und **NSL**.

Overjet (Variable 1)

Obwohl sich die Overjetverkleinerung (Tab. 3, S. 17 und Tab. 7, S. 21 hypodivergente Probanden, Tab. 5, S. 19 und Tab. 8, S. 22 hyperdivergente Probanden) aus den zwei Variablen 5 und 6 zusammensetzt, $i\text{/BLp(D)}$ minus $ii\text{/BLp(D)}$, was bedeutet, dass sich die Werte bei der Analyse annähernd ausgleichen müssten, egal welcher Neigung die Bezugslinie war, waren diesbezüglich dennoch einige Differenzen unter den einzelnen Bezugslinien zu erkennen (Tab. 3, S. 17 und Tab. 9, S. 25 hypodivergente Probanden, Tab. 5, S. 19 und Tab. 17, S. 42 hyperdivergente Probanden). Die Erklärung ist unter den beiden Beispielen zu Beginn des Kapitels (S. 74) aufgeführt. Große Neigungsänderungen der neu definierten (**nd**) Bezugslinien führten beim Vergleich mit den anderen Bezugslinien zu großen Differenzen der Behandlungsveränderungen.

Bemerkenswert war die kleine Streuung in der Verteilung der skelettalen und dentalen Beiträge zur Overjetkorrektur bei den verschiedenen übertragenen (**ü**) Bezugslinien: Der skelettale Beitrag variierte zwischen 35 % [**FH(ü)**] und 45 % [**KL(ü)**] bei den hypodivergenten Probanden und zwischen 24% [**FH(ü)**] und 32 % [**KL(ü)**] bei den hyperdivergenten Probanden. Der skelettale Beitrag bei den

neu definierten Bezugslinien (**nd**) hingegen schwankt zwischen 40 % [**NSL(nd)**] und 143 % [**UL(nd)**] bei den hypodivergenten Probanden und zwischen 20 % [**NSL(nd)**] und 99% [**UL(nd)**] bei den hyperdivergenten Probanden. Diese Tatsachen lassen sich ebenso durch die Beispiele zu Beginn des Kapitels erklären.

Molarenbeziehung (Variable 2)

Die Verbesserung der Molarenbeziehung (Tab. 4, S. 18 und Tab. 7, S. 21 hypodivergente Probanden, Tab. 6, S. 20 und Tab. 8, S. 22 hyperdivergente Probanden) wies wie die Verbesserung des Overjets einige Differenzen unter den einzelnen Bezugslinien auf (Tab. 4, S. 20 und Tab. 10, S. 27 hypodivergente Probanden, Tab. 6, S. 20 und Tab. 18, S. 44 hyperdivergente Probanden). Die Erklärung ist wiederum die Gleiche wie beim Overjet (siehe dazu S. 74). Die Differenzen sind auf die großen Neigungsänderungen der neu definierten Bezugslinien (**nd**) zurückzuführen.

Auffallend ist auch hier wieder die kleine Streuung in der Verteilung der skelettalen und dentalen Beiträge bei den verschiedenen übertragenen (**ü**) Bezugslinien: Der skelettale Beitrag variierte zwischen 35 % [**FH(ü)**] und 50 % [**KL(ü)**] bei den hypodivergenten Probanden und zwischen 25% [**FH(ü)**] und 37 % [**OL(ü)**] bei den hyperdivergenten Probanden. Der skelettale Beitrag bei den neu definierten (**nd**) Bezugslinien hingegen unterlag zwischen den einzelnen Bezugslinien wiederum großen Schwankungen: Er varrierte zwischen 40 % [**NSL(nd)**] und 126 % [**UL(nd)**] bei den hypodivergenten, zwischen 21 % [**NSL(nd)**] und 100 % [**UL(nd)**] bei den hyperdivergenten Probanden, wiederum durch die unterschiedlich großen Neigungsänderungen der neu definierten Bezugslinien bedingt.

Auf die einzelne Diskussion der weiteren Variablen kann verzichtet werden, weil sie Teilkomponenten der skelettalen und dentalen Beiträge zum Overjet beziehungsweise zur Molarenbeziehung sind.

6.4 Vergleich der hypo- und hyperdivergenten Probandengruppen

Aus den nicht signifikanten Differenzen zwischen den beiden Probandengruppen bei den Variablen kann man schließen, dass der Mandibularbasiswinkel auf die Ergebnisse der SO-Analyse keine Auswirkung hat (Tab. 25, S. 58). Ähnliche Ergebnisse sind in einer Untersuchung von Ruf und Pancherz zu finden [13; 14]. Lediglich die Winkel α waren bei den hyperdivergenten Probanden deutlich größer, was auf die stärkere Neigung der Bezugslinien nach posterior, also auf das typisch vertikale Wachstumsmuster dieser Probandengruppe zurückzuführen ist [2].

Zusammenfassend kann man sagen, dass nicht die Initialneigungen, sondern die Neigungsänderungen der Bezugslinien zur **NSL** die Hauptursache für die Differenzen der Variablen zwischen den verschiedenen Bezugslinien bei der SO-Analyse waren, wobei man grob festhalten kann: Je größer die Veränderung des Winkels α , desto größer zum einen die Messwerte, zum anderen auch die Veränderungen (siehe dazu Beispiel 2, S. 66-74). Im Falle einer Herbst-Behandlung z.B. findet eine sehr große Neigungsänderung der **UL** statt [7; 11; 15]. Die vertikalen Lageveränderungen der die Bezugslinien bildenden Referenzpunkte sind somit von Bedeutung und sollten bei jeder Analyse beachtet werden. Je nach Behandlungsapparatur sind die vertikalen Veränderungen in verschiedenen Ebenen oder verschieden stark ausgeprägt vorzufinden [7; 8; 11; 15; 17].

Als logische Folgerung all dieser Fakten ergibt sich für die SO-Analyse die schlechte Eignung der am T2-Bild neu definierten (**nd**) Bezugslinien und die gute Eignung der übertragenen (**ü**) Bezugslinien. Welche dabei verwendet wird, spielt keine Rolle. Sollte doch eine Bezugslinie am T2-Bild neu definiert werden, so ist die **KL(nd)** aufgrund ihrer relativen Unveränderlichkeit zu empfehlen.

7 SCHLUSSFOLGERUNGEN

Für die SO-Analyse ist jede Bezugslinie geeignet, vorausgesetzt sie wird vom T1-Bild auf das T2-Bild übertragen (**ü**).

Die am T2-Bild neu definierten Bezugslinien (**nd**) sind für die SO-Analyse ungeeignet. Besonders auffallend ist dies, zumindest was die Herbst-Behandlung betrifft, bei der **UL(nd)** zu sehen, weil die **UL** während der Behandlung stark kippt.

Wer dennoch die Bezugslinie am zweiten Bild neu definieren möchte, sollte auf die **KL(nd)** zurückgreifen, da sie während der Behandlungszeit nur minimalen Veränderungen ausgesetzt ist.

8 ZUSAMMENFASSUNG

In einer röntgenkephalometrischen Untersuchung kieferorthopädisch behandelter Klasse II-Dysgnathien (Herbst-Apparatur) sollte der Aussagewert der SO-Analyse nach Pancherz bei Verwendung verschiedener Bezugslinien überprüft werden.

Von 17 hypo- ($ML/NSL \leq 26^\circ$) und 13 hyperdivergenten ($ML/NSL \geq 37^\circ$) Probanden standen je zwei Fernröntgenseitenbilder (FRS) zur Auswertung zur Verfügung; eins vor der Behandlung (T1) und eins nach der Behandlung (T2). Die FRS wurden je verwendeter Bezugslinie zweimal durchgezeichnet und mittels der SO-Analyse vermessen. Hierbei fanden folgende Bezugslinien Anwendung:

- Oberkiefer(OK)-Okklusionslinie [**OL**],
an T2 von T1 übertragen [**OL(ü)**] beziehungsweise neu definiert [**OL(nd)**]
- Unterkiefer(UK)-Okklusionslinie [**UL**],
an T2 von T1 übertragen [**UL(ü)**] beziehungsweise neu definiert [**UL(nd)**]
- Gemittelte OK/UK-Okklusionslinie [**OUL**],
an T2 von T1 übertragen [**OUL(ü)**]
- Gemittelte Kieferbasislinie [**KL**],
an T2 von T1 übertragen [**KL(ü)**] beziehungsweise neu definiert [**KL(nd)**]
- Frankfurter Horizontale [**FH**],
an T2 von T1 übertragen [**FH(ü)**]
- Nasion-Sella-Linie [**NSL**],
an T2 neu definiert [**NSL(nd)**]

Folgende Ergebnisse konnten ermittelt werden:

Die **Overjetkorrektur** setzte sich sowohl aus skelettalen als auch dentalen Veränderungen zusammen. Unterschiede zwischen den einzelnen Bezugslinien waren zu erkennen, die auf die verschieden starken Kippungen der Bezugslinien während der Behandlung zurückzuführen sind. Besonders auffallend war das Verhältnis des skelettalen zum dentalen Beitrag zur Overjetkorrektur bei der **UL(nd)**: 143 %

skelettaler Beitrag bei der Gruppe der hypodivergenten Probanden beziehungsweise 99 % bei der hyperdivergenten Gruppe. Der dentale Beitrag war dementsprechend der Behandlung entgegenwirkend beziehungsweise sehr gering. Auch die anderen neu definierten (**nd**) Bezugslinien wiesen zum Teil große Unterschiede auf: Skelettaler Beitrag 40 % [**NSL(nd)**] bis 69 % [**OL(nd)**] bei den hypodivergenten, 20 % [**NSL(nd)**] bis 46 % [**OL(nd)**] bei den hyperdivergenten Probanden. Bei den am T1-Bild übertragenen (**ü**) Bezugslinien hingegen waren die skelettalen und dentalen Beiträge zur Korrektur vergleichbar: Skelettaler Beitrag 35 % [**FH(ü)**] bis 45 % [**KL(ü)**] bei den hypodivergenten, 24 % [**FH(ü)**] bis 32 % [**KL(ü)**] bei den hyperdivergenten Probanden.

Die **Molarenkorrektur** setzte sich ebenfalls sowohl aus skelettalen als auch dentalen Veränderungen zusammen. Unterschiede zwischen den einzelnen Bezugslinien waren aufgrund der verschieden starken Kippungen der Bezugslinien zu erkennen, besonders auffallend war wiederum das Verhältnis des skelettalen zum dentalen Beitrag zur Molarenkorrektur bei der **UL(nd)**: 126 % skelettaler Beitrag bei der Gruppe der hypodivergenten Probanden beziehungsweise 100 % bei der hyperdivergenten Gruppe. Der dentale Beitrag war dementsprechend der Behandlung entgegenwirkend beziehungsweise nicht vorhanden. Wie bei der Overjetkorrektur wiesen auch hier die anderen neu definierten (**nd**) Bezugslinien zum Teil große Unterschiede auf: Skelettaler Beitrag 40 % [**NSL(nd)**] bis 68 % [**OL(nd)**] bei den hypodivergenten, 21 % [**NSL(nd)**] bis 54 % [**OL(nd)**] bei den hyperdivergenten Probanden. Bei den am T1-Bild übertragenen (**ü**) Bezugslinien hingegen waren die skelettalen und dentalen Beiträge zur Korrektur wiederum vergleichbar: Skelettaler Beitrag 35 % [**FH(ü)**] bis 50 % [**KL(ü)**] bei den hypodivergenten, 25 % [**FH(ü)**] bis 36 % [**OL(ü)**] bei den hyperdivergenten Probanden.

Als Schlussfolgerung lassen sich für die SO-Analyse die am T2-Bild vom T1-Bild übertragenen (**ü**) Bezugslinien empfehlen. Die am T2-Bild neu definierten (**nd**) Bezugslinien sind aufgrund ihrer Veränderlichkeit während der Behandlung ungeeignet. Besonders auffallend ist dies, zumindest was die Herbst-Behandlung betrifft, bei der **UL(nd)** zu sehen, weil die **UL** während der Behandlung stark kippt.

9 SUMMARY

In a roentgenographic cephalometric investigation of treated Class II-malocclusions (Herbst appliance) the validity of the SO-Analysis of Pancherz was assessed by the use of different reference lines.

From each of 17 hypo- ($ML/NSL \leq 26^\circ$) and 13 hyperdivergent ($ML/NSL \geq 37^\circ$) subjects two lateral head films (FRS) were available for evaluation; one from before treatment (T1) and one from after treatment (T2). Each head film was traced twice and evaluated by the SO-Analysis using the following reference lines:

- Maxillary occlusal line [**OL**],
 - 1) defined on T1 and transferred to T2 [**OL(ü)**],
 - 2) defined separately on T1 and T2 [**OL(nd)**]
- Mandibular occlusal line [**UL**],
 - 1) defined on T1 and transferred to T2 [**UL(ü)**],
 - 2) defined separately on T1 and T2 [**UL(nd)**]
- The average maxillary/mandibular occlusal line [**OUL**],
 - defined on T1 and transferred to T2 [**OUL(ü)**]
- The average jaw base line [**KL**],
 - 1) defined on T1 and transferred to T2 [**KL(ü)**],
 - 2) defined separately on T1 and T2 [**KL(nd)**]
- Frankfort horizontal [**FH**],
 - defined on T1 and transferred to T2 [**FH(ü)**]
- Nasion-sella line [**NSL**],
 - defined separately on T1 and T2 [**NSL(nd)**]

The following results were found:

Overjet correction consisted of skeletal and dental changes. Differences between the reference lines were caused by changes in the inclination of the reference lines during treatment. Especially remarkable was the relation of the skeletal and dental components

contributing to Overjet correction when using the **UL(nd)**: 143 % of skeletal changes in the group of hypodivergent subjects, 99 % in the group of hyperdivergent subjects. The corresponding dental changes were negative or very small. Also the other separately defined (**nd**) reference lines showed large differences between skeletal and dental components contributing to overjet correction: Skeletal components varied from 40 % [**NSL(nd)**] to 69 % [**OL(nd)**] in the group of hypodivergent subjects, and from 20 % [**NSL(nd)**] to 46 % [**OL(nd)**] in the group of hyperdivergent subjects. On the other hand, when using the transferred (**ü**) reference lines the results were comparable between the reference lines: Skeletal components varied from 35 % [**FH(ü)**] to 45 % [**KL(ü)**] in the group of hypodivergent subjects, and from 24 % [**FH(ü)**] to 32 % [**KL(ü)**] in the group of hyperdivergent subjects.

Likewise **Molar correction** consisted of skeletal and dental changes. As for Overjet correction differences between the reference lines were caused by changes in the inclination of the reference lines during treatment. Especially remarkable again was the relation of the skeletal and dental components contributing to Molar correction when using the **UL(nd)**: 126 % of skeletal changes in the group of hypodivergent subjects, and 100 % in the group of hyperdivergent subjects. The corresponding dental changes were negative or not existing. Also the other separately defined (**nd**) reference lines showed large differences between skeletal and dental components contributing to Molar correction: Skeletal components varied from 40 % [**NSL(nd)**] to 68 % [**OL(nd)**] in the group of hypodivergent subjects, and from 21 % [**NSL(nd)**] to 54 % [**OL(nd)**] in the group of hyperdivergent subjects. However, when using the transferred (**ü**) reference lines the results were comparable between the reference lines: Skeletal components varied from 35 % [**FH(ü)**] to 50 % [**KL(ü)**] in the group of hypodivergent subjects, from 25 % [**FH(ü)**] to 36 % [**OL(ü)**] in the group of hyperdivergent subjects.

In conclusion it can be said that the reference lines transferred (**ü**) from T1 to T2 are to be recommended for the SO-Analysis. The separately defined (**nd**) reference lines are unsuitable because of their change in angulation during treatment. At least in Herbst treatment, the most pronounced angulation changes were seen for **UL(nd)**.

10 LITERATURVERZEICHNIS

- [1] *Franchi, L., Baccetti, T., McNamara, J.A.*: Treatment and posttreatment effects of acrylic splint Herbst appliance therapy; *Am. J. Orthod.* 1999; 115: 429-438
- [2] *Girardot, RA Jr.*: Comparison of condylar position in hyperdivergent and hypodivergent facial skeletal types; *Angle Orthod.* 2001; 71(4): 240-246
- [3] *Herbst, E.*: Dreißigjährige Erfahrungen mit dem Retentionsscharnier; *Zahnärztliche Rundschau* 1934; 43: 1514-1524, 1563-1568, 1611-1616
- [4] *Johnston, L.E.*: Balancing the Books on Orthodontic Treatment: An integrated Analysis of Change; *Brit. J. Orthod.* 1996; 23: 93-102
- [5] *Kim, Y.E., Nanda, R.S., Sinha, P.K.*: Transition of molar relationships in different skeletal growth patterns; *Am. J. Orthod.* 2002; 121: 280-290
- [6] *Mills, C.M., McCulloch, K.J.*: Posttreatment changes after succesful correction of Class II malocclusions with the Twin Block appliance; *Am. J. Orthod.* 2000; 118: 24-33
- [7] *Müller, A.*: Das Verhalten der Okklusionsebene bei kieferorthopädischer Therapie mittels Aktivator, Tip-Edge- oder Herbst-Apparatur; *Diss. med. dent. Justus-Liebig-Universität Gießen*, 2000
- [8] *Nelson, B., Hansen, K., Hägg, U.*: Overjet reduction and molar correction in fixed appliance treatment of class II, division 1, malocclusions: sagittal and vertical components; *Am. J. Orthod.* 1999; 115(1): 13-23
- [9] *Pancherz, H.*: Treatment of Class II malocclusions by jumping the bite with the Herbst appliance. A cephalometric investigation; *Am. J. Orthod.* 1979; 76(4): 423-442

- [10] *Pancherz, H.*: The mechanism of Class II correction in Herbst appliance treatment; *Am. J. Orthod.* 1982; 82: 104-113
- [11] *Pancherz, H.*: Vertical dentofacial changes during Herbst appliance treatment; *Swed. Dent. J. Suppl.* 1982; 15: 189-196
- [12] *Pancherz, H.*: A cephalometric analysis of skeletal and dental changes contributing to Class II correction in activator treatment; *Am. J. Orthod.* 1984; 85: 125-134
- [13] *Ruf, S., Pancherz, H.*: The effect of Herbst appliance treatment on the mandibular plane angle: A cephalometric roentgenographic study; *Am. J. Orthod.* 1996; 110(2): 225-229
- [14] *Ruf, S., Pancherz, H.*: The mechanism of Class II correction during Herbst therapy in relation to the vertical jaw base relationship; *Angle Orthod.* 1997; 67(4): 271-276
- [15] *Schiavoni, R.*: Treatment of Class II malocclusion using the Herbst appliance; *Mondo Ortod.* 1990; 15(1): 11-23
- [16] *Sidhu, M.S., Kharbanda, O.P., Sidhu, S.S.*: Cephalometric Analysis of Changes produced by a Modified Herbst Appliance in the Treatment of Class II Division 1 Malocclusion; *Brit. J. Orthod.* 1995; 22: 1-12
- [17] *Steinhardt, J., Borchers, N., Schleiff, C.*: Vertical changes in the lateral teleroentgenographic image after functional orthodontic therapy; *Fortschr. Kieferorthop.* 1990; 51(5): 284-292
- [18] *Stromeyer, E.L., Caruso, J.M., DeVincenzo, J.P.*: A Cephalometric Study of the Class II Correction Effects of the Eureka Spring; *Angle Orthod.* 2002; 72: 203-210

- [19] *Valant, J.R., Sinclair, P.M.*: Treatment effects of the Herbst appliance; Am. J. Orthod. 1989; 95: 138-147
- [20] *Weiland, F.J., Bantleon, H.-P.*: Treatment of Class II malocclusions with the Jasper Jumper appliance – a preliminary report; Am. J. Orthod. 1995; 108: 341-350
- [21] *Weiland, F.J., Ingervall, B., Bantleon, H.-P., Droschl, H.*: Initial effects of treatment of Class II malocclusion with the Herren activator, activator-headgear combination, and Jasper Jumper; Am. J. Orthod. 1997; 112: 19-27
- [22] *Wong, G.W.K., So, L.L.Y., Hägg, U.*: A comparative study of sagittal correction with the Herbst appliance in two different ethnic groups; Eur. J. Orthod. 1997; 19: 195-204
- [23] *You, Q.L., Hägg, U.*: A comparison of three superimposition methods; Eur. J. Orthod. 1999; 21: 717-725

Lebenslauf

Name: Anne Teresa Birkenkamp

Geburtsdatum: 07. Juni 1979

Geburtsort: Hilden

Eltern: Regina Birkenkamp, geb. Kieper, ehemalige Grund- und
Hauptschullehrerin
Dr. Dr. Udo Birkenkamp, Zahnarzt

Geschwister: Dr. Steffen Birkenkamp, Zahnarzt

Schulbildung: 1985 bis 1989 Grundschule in Hilden
1989 bis 1998 Städt.-Helmholtz-Gymnasium Hilden
1998 Abitur

Studium: 1998 bis 2004 Studium der Zahnheilkunde in Gießen
1999 naturwissenschaftliche Vorprüfung
2001 zahnärztliche Vorprüfung
2004 zahnärztliche Prüfung
Juli 2004 Approbation als Zahnärztin

Juli 2004 bis November 2004 Vorbereitungsassistentin in der zahnärztlichen Praxis Dr.
Dr. Birkenkamp in Hilden und zeitweises Hospitieren in der Abteilung für Mund-
Kiefer-Gesichtschirurgie der St.-Lukas-Klinik in Solingen,
seit Dezember 2004 Vorbereitungsassistentin in der zahnärztlichen Praxis Dres.
Güldenstern in Wülfrath

Herrn Prof. Dr. med. dent. H. Pancherz möchte ich an dieser Stelle für die Überlassung des Themas, die wertvollen Anregungen und die stets sehr gute Betreuung herzlich danken.