

Aus der Klinik und Polikliniken für  
Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten

der

**Universität Würzburg**

Klinik und Poliklinik für  
Mund-, Kiefer-, Gesichtschirurgie

Direktor: Professor Dr. med. Dr. med. dent. J. Reuther

**Osteosynthese mit der resorbierbaren Isosorb®-Schraube  
im Vergleich zur konventionellen Titanosteosyntheseschraube  
bei der sagittalen Spaltung nach Obwegeser und Dal-Pont  
im Rahmen  
einer randomisierten, kontrollierten, prospektiven, klinischen Studie  
Ein röntgenkephalometrischer Vergleich**

Inaugural - Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde der

Medizinischen Fakultät

der

Bayerischen Julius-Maximilians-Universität zu Würzburg

vorgelegt von

Alexandra Weidner

aus Solingen

Würzburg, Januar 2005

**Referent: Prof. Dr. med. Dr. med. dent. J. Reuther**

**Korreferent: Prof. Dr. R. Koch**

**Dekan: Prof. Dr.med. G. Ertl**

**Tag der mündlichen Prüfung: 22.03.2006**

**Die Promovendin ist Zahnärztin**

**Meinen Eltern in Liebe gewidmet**

## Inhalt

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
1.1	Einführung	1
1.2	Kurzüberblick zur Geschichte der Dysgnathiechirurgie	3
1.3.	<b>Entwicklung der Osteosynthese</b>	<b>5</b>
1.3.1	Osteosynthese in der orthognathen Chirurgie des Unterkiefers	7
1.4	<b>Osteosynthesematerialien</b>	<b>9</b>
1.4.1	Titan als Osteosynthesematerial	9
1.4.2	Resorbierbare Osteosynthesematerialien:	11
1.5	<b>Materialwissenschaftliche Grundlagen der Polylactide</b>	<b>12</b>
1.5.1	Chemie und Synthese	12
1.5.2	Toxizität und Biokompatibilität	14
1.5.3	Biodegradation und Biochemie	15
1.6	<b>Tierexperimentelle Studien mit resorbierbaren Osteosynthesematerial</b>	<b>18</b>
1.7	<b>Klinischer Einsatz resorbierbarer Osteosynthese-materialien in der maxillofacialen Chirurgie</b>	<b>20</b>
1.7.1	Einsatz in der Mittelgesichtstraumatologie und craniofazialen Chirurgie	20
1.7.2	Einsatz in der Dysgnathiechirurgie und Versorgung von Unterkieferfrakturen	22
1.7.3	Weitere Einsatzgebiete von Polylactiden in der MKG-Chirurgie	23
1.7.4	Produkte für die klinischen Anwendung in der MKG-Chirurgie	23
<b>2</b>	<b>ZIEL</b>	<b>25</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL UND METHODE</b>	<b>26</b>
3.1	Studienauslegung für den klinischen Versuch	26
3.2	Patientengut	28
3.3	<b>Osteosynthesematerial</b>	<b>29</b>
3.3.1	Isosorb®-Schraube	29
3.3.2	Titanosteosyntheseschrauben	31

<b>3.4</b>	<b>Operationstechnik</b>	<b>31</b>
3.4.1	Retromolare sagittale Osteotomie nach OBWEGESER (1955) und DAL-PONT (1959)	31
<b>3.5</b>	<b>Untersuchungszeitpunkte</b>	<b>35</b>
<b>3.6</b>	<b>Patientengruppen</b>	<b>35</b>
<b>3.7</b>	<b>Kephalometrische Auswertung</b>	<b>38</b>
3.7.1	Aufnahmetechnik und Datenverarbeitung	38
3.7.2	Kephalometrische Referenzpunkte	39
3.7.3	Referenzlinien	42
3.7.4	Messvariablen	43
3.7.5	Vertikale und sagittale Kieferrelation	47
<b>3.8</b>	<b>Statistische Verfahren</b>	<b>48</b>
<b>4</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>50</b>
<b>4.1</b>	<b>Patientengut</b>	<b>51</b>
4.1.1	Alter des Gesamtkollektivs zum Operationszeitpunkt	51
4.1.2	Vergleichende Darstellung der beiden Untersuchungsgruppen (Isosorb-, Titangruppe)	51
<b>4.2.</b>	<b>Ergebnisse der kephalometrischen Auswertung</b>	<b>54</b>
4.2.1	SNB-Winkel	54
4.2.1.1	SNB-Winkel im zeitlichen Verlauf	54
4.2.1.2	Postoperative Stabilität des SNB-Winkels	56
4.2.1.3	Entwicklung des SNB-Winkels für das Gesamtkollektiv	59
4.2.1.4	Intraindividuelle Veränderungen des SNB-Winkels	60
4.2.1.5	Zusammenfassung der Ergebnisse des SNB-Winkels	64
4.2.2	ANB-Winkel	64
4.2.2.1	ANB-Winkel im zeitlichen Verlauf	64
4.2.2.2	Postoperative Stabilität des ANB-Winkels	67
4.2.2.3	Entwicklung des ANB-Winkels für das Gesamtkollektiv	69
4.2.2.4	Intraindividuelle Veränderungen des ANB-Winkels	70
4.2.2.5	Zusammenfassung der Ergebnisse des ANB-Winkels	74
4.2.3	SNPG-Winkel	74
4.2.3.1	SNPg-Winkel im zeitlichen Verlauf	74
4.2.3.2	Postoperative Stabilität des SNPg-Winkels	77
4.2.3.3	Entwicklung des SNPg-Winkels für das Gesamtkollektiv	79
4.2.3.4	Intraindividuelle Veränderungen des SNPg-Winkels	79
4.2.3.5	Zusammenfassung der Ergebnisse des SNPg-Winkels	84
4.2.4	NS/ML-Winkel (UK-Neigung)	84
4.2.4.1	NS/ML-Winkel im zeitlichen Verlauf	84
4.2.4.2	Postoperative Stabilität der UK-Neigung	87
4.2.4.3	Entwicklung der UK-Neigung für das Gesamtkollektiv	89
4.2.4.4	Intraindividuelle Veränderungen der Unterkieferneigung	90
4.2.4.5	Zusammenfassung der Ergebnisse der UK-Neigung	93

4.2.5	Gonionwinkel	94
4.2.5.1	Gonionwinkel im zeitlichen Verlauf	94
4.2.5.2	Postoperative Stabilität des Gonionwinkels	96
4.2.5.3	Entwicklung des Gonionwinkels für das Gesamtkollektiv	98
4.2.5.4	Intraindividuelle Veränderungen des Gonionwinkels	99
4.2.5.5	Zusammenfassung der Ergebnisse des Gonionwinkels	102
<b>5</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>103</b>
<b>5.1</b>	<b>Diskussion der Methodik</b>	<b>105</b>
5.1.1	Studienauslegung und klinische Prüfung	105
5.1.2	OP-Methode	107
5.1.3	Fehlerquellen und Probleme bei der kephalometrischen Auswertung	109
<b>5.2</b>	<b>Diskussion der Ergebnisse</b>	<b>112</b>
5.2.1	Patientengut	112
5.2.2	Sagittale Strukturmerkmale	114
5.2.2.1	Der SNB-Winkel im zeitlichen Verlauf	114
5.2.2.2	Postoperative Stabilität des SNB-Winkels	115
5.2.2.3	ANB-Winkel im zeitlichen Verlauf	116
5.2.2.4	Postoperative Stabilität des ANB-Winkels	117
5.2.2.5	Der SNPg-Winkel im zeitlichen Verlauf	117
5.2.3	Vertikalen Strukturmerkmale	118
5.2.3.1	Die UK-Neigung (NS/ML-Winkel) im zeitlichen Verlauf	118
5.2.3.2	Postoperative Stabilität der UK-Neigung	119
5.2.3.3	Der Kieferwinkel im zeitlichen Verlauf	119
5.2.3.4	Postoperative Stabilität des Kieferwinkels	119
<b>5.3</b>	<b>Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur</b>	<b>120</b>
<b>6</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>	<b>127</b>
<b>7</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>129</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Einführung

Bei der Therapie der Dysgnathien haben sich im Laufe der Jahre große Veränderungen des Behandlungskonzeptes ergeben. Anfangs bestand das Behandlungsziel primär in einer Korrektur der okklusalen Verhältnisse. Später trat neben die Einstellung einer optimalen Okklusion das Ziel eine maximale Harmonisierung der Weichteile des Gesichts und damit des Gesichtsprofils zu erreichen (BELL und JACOBS 1981). Dies gelang durch die Einführung der bimaxillären Eingriffe. Durch die Entwicklung moderner Operationsverfahren, die Fortschritte in der Anästhesie, die Minimierung des Infektionsrisikos mittels moderner Chemotherapie und insbesondere durch die Fortschritte im Bereich der funktionsstabilen Osteosynthese sowie der orthodontischen Vor- und Nachbehandlung wurde die kombinierte kieferorthopädisch-kieferchirurgische Behandlung bei ausgeprägten skelettalen Abweichungen im stomatognathen System zur Therapie der Wahl (PROFFIT et al. 1992). Dabei ist die Stabilität des Behandlungsergebnisses ein wesentliches Kriterium einer operativen Korrektur von Dysgnathien (PAULUS 1983, LUHR et al. 1986). Aus verschiedenen Untersuchungen geht hervor, daß bei der chirurgischen Korrektur der Unterkieferretrognathie das skelettale Rezidiv die häufigste Folgeerscheinung der chirurgischen Unterkiefervorverlagerung ist (EPKER et al. 1982, ABELOOS et al. 1993).

Die Positionsschraubenosteosynthese ist heute die am weitesten verbreitete stabile Osteosynthesemethode bei der sagittalen Spaltung des Unterkiefers.

Inwieweit die Auswahl des Osteosynthesematerials (resorbierbare Schraube / Titanschraube) Einfluß auf das Behandlungsergebnis und die Langzeitstabilität hat, soll in dieser Untersuchung anhand von seitlichen Fernröntgenbilder des Kopfes kephalometrisch ermittelt werden.

Bereits seit drei Jahrzehnten stehen biodegradierbare Polymere im Brennpunkt der Forschung im Bereich der resorbierbaren Biomaterialien. Man definiert sie

als Substanzen, die sich für den Einbau in Systeme eignen, um die Funktion körperlicher Gewebe zu ergänzen oder zu ersetzen. Die Wechselwirkung mit dem Organismus sollte untoxisch, steuerbar und vorher bestimmbar sein (FULLER et al. 1986). Unter der Biodegradation eines Materials wird dessen Abbau im lebenden Organismus verstanden.

Die Basisforschung im Bereich der resorbierbaren Nahtmaterialien begann mit dem bereits vor über 100 Jahren eingeführten Catgut (LISTER 1869). Fortschritte in der Polymerchemie ermöglichten zunächst die Entwicklung von resorbierbaren Nahtmaterial (z.B. Vicryl®, Dexon®) und woraus dann die Entwicklung von resorbierbaren Osteosynthesematerial aus biodegradierbaren Polymeren resultierte.

Im Jahre 1966 eröffnete der Vorschlag von KULKARNI et al. Poly (L-Lactid) als mögliches Implantatmaterial in der Chirurgie einzusetzen eine neue Ära für resorbierbare Biomaterialien. Zur Zeit sind die Polymere und Copolymere der Milchsäure sowie der Glycolsäure neben dem Polydioxanon die vielversprechendsten Materialien. Bei einer klinischen Anwendung von biodegradierbaren Polymeren als Osteosynthesematerial könnten hierbei prinzipielle Nachteile von metallischen Implantaten umgangen werden. Zu diesen zählt man die notwendige Zweitoperation zur Metallentfernung, die Inaktivitätsatrophie des Knochens (Stressprotektion), Artefakte und Streuung bei Anwendung ionisierender Strahlung, die Korrosion sowie eine eventuelle Sensibilisierung oder Tumorgenese, wie sie bei einigen Metallen beschrieben wurden.

Die Biokompatibilität von Poly-L-Lactid wird übereinstimmend als hervorragend beurteilt (TUNC et al. 1987, VAN SLIEDEREGT et al. 1991, CAMPBELL et al. 1991). Seit über zehn Jahren wird zunehmend über deren klinische Anwendungen in unterschiedlichsten medizinischen Fachrichtungen berichtet (LOHMAN et al. 1999). Dabei bedurfte es erheblicher materialwissenschaftlicher Grundlagenforschung, bis die Zusammensetzung für die Polylactide, die heute Verwendung finden, festgelegt war. So wurden biologische Verträglichkeit (Biokompatibilität) und Abbaubarkeit (Biodegradation) geprüft. Es mußte vom Design eine angepaßte

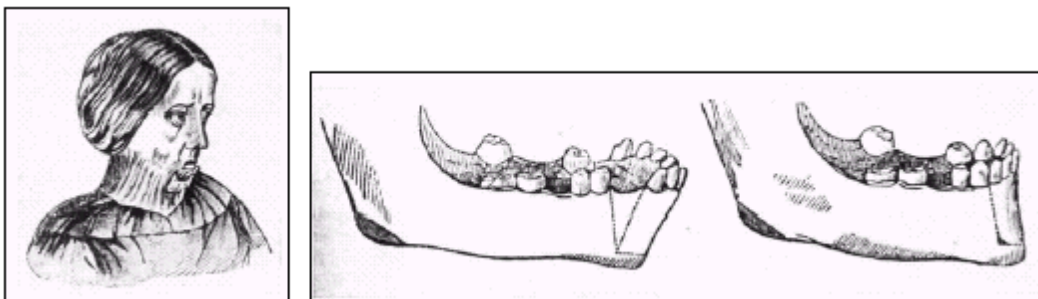


Implantatgeometrie entworfen werden, von Seiten der Biomechanik mußte eine ausreichende Festigkeit und Stabilität gewährleistet sein und von Seiten des klinischen Einsatzes war die kontrollierte Erprobung gefordert.

## 1.2 Kurzüberblick zur Geschichte der Dysgnathiechirurgie

Die Anfänge der Dysgnathiechirurgie liegen in der Mitte des 19. Jahrhunderts, als der amerikanische Allgemeinchirurg HULLIHEN (1849) einen durch Narbenzug entstandenen frontal offenen Biß mit einer alveolären Osteotomie am Unterkiefer erfolgreich behandelte (Abb1. 1).

Seit diesem Beginn der Dysgnathiechirurgie findet man in der Literatur eine nahezu unüberschaubare Fülle operativer Techniken zur Therapie einer skelettal bedingten Fehlbildung des Gesichtsschädels.



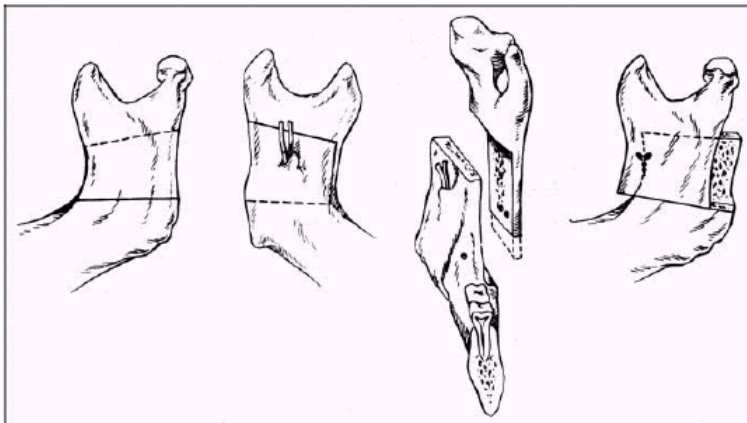
**Abb1. 1:** Zeichnung der von Hullahen operierten Frau mit einer durch Verbrennung und nachfolgender Vernarbung verursachten Kieferdeformität (links) und das Prinzip der Operation (rechts) (aus: REICHENBACH et al., 1970)

Als eigentliche Urväter der Dysgnathiechirurgie gelten jedoch die Zahnärzte Angle und Whipple und der Chirurg Blair, die 1897 in der vielfach zitierten „St. Louis Operation“ eine mandibuläre Prognathie mit einer beidseitigen Ostektomie des Unterkieferkörpers behandelten (ANGLE 1898, WHIPPLE 1898, BLAIR 1906). Die häufig praktizierte Kondylektomie oder horizontale Osteotomie des aufsteigenden Unterkieferastes (BERGER 1897, BABCOCK 1909, BRUHN 1921, PICHLER 1928, KOSTECKA 1931, RAGNELL, 1938), die

noch von extraoral teilweise blind über kleine Hautschnitte zum Einführen einer Handsäge ausgeführt wurden, wiesen jedoch extrem hohe Rezidivquoten von bis zu 50% auf (REICHENBACH et al. 1970). Das Hauptproblem bei dieser Technik war die Fixierung des proximalen Fragments, das durch Zug des M. pterygoideus lateralis und des M. temporalis unkontrolliert verlagert wurde.

ERNST gelang 1927 ausschließlich über einen intraoralen Zugang unter Schonung des Nervus alveolaris inferior die horizontale Osteotomie des aufsteigenden Unterkieferastes.

Den entscheidenden Fortschritt in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie auf dem Gebiet der Dysgnathiechirurgie brachte die von Obwegeser (OBWEGESER et al. 1955, OBWEGESER 1963) entwickelte stufenförmige Osteotomie (Abb1. 2). Es gelang auf diesem Wege durch die Vergrößerung der Knochenanlagerungsflächen nach Verschiebung der Fragmente die Rezidivquote beträchtlich zu reduzieren. Unterhalb der horizontalen Osteotomielinie zwischen Incisura semilunaris und Foramen mandibulae wurde der aufsteigende Unterkieferast mit dem Meißel sagittal gespalten.



**Abb1. 2: Stufenförmige sagittale Spaltung des aufsteigenden Unterkieferastes nach Obwegeser (aus: Reuther, 2000)**

In der Folgezeit wurde diese Methode vielfach in abgewandelter Form angewandt. Die wichtigste Modifikation geht auf DAL-PONT (1959, 1961) zurück, der mehr als eine Verdopplung der Knochenanlagerungsflächen im Osteotomiebereich erreichte, indem er die sagittale Spaltung vom

Unterkieferast über den Kieferwinkel bis in den Unterkieferkörper erweiterte. Die sagittale Osteotomie nach Obwegeser und Dal-Pont hat sich als Standardverfahren zur Verlagerung des Unterkiefers etabliert.

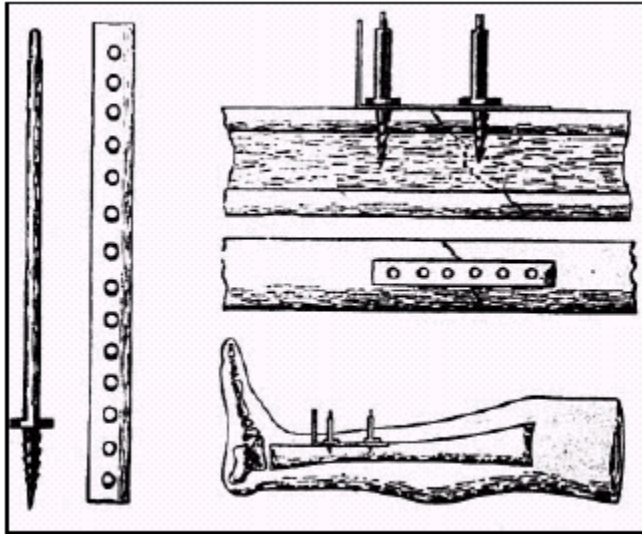
### **1.3. Entwicklung der Osteosynthese**

Seit jeher ist das Prinzip der Stabilisierung und Fixierung bekannt. Schon in frühester Zeit kam bei gebrochenen Gegenständen – waren es Gestänge von Fuhrwerken oder Masten die Überbrückung der Bruchstellen mit einer Art von Schienung zum Einsatz. Diese Art der Wiederherstellung wurde in Form der äußeren Schienung auf die Behandlung von Knochenbrüchen übertragen.

Im weiteren Verlauf orientierte man sich immer mehr auf die innere Versorgung von Frakturen. Die häufig resultierenden Infektionen gaben den Anstoß zur Erforschung geeigneter Materialien und Methoden bei der Frakturbehandlung. Der Chirurg Carl HANSMANN (1886) gilt heute als Erfinder der Plattenosteosynthese. Er befestigte die subkutan gelegte Platten mit perkutanen Schrauben (Abb1. 3).

William Halsted entwickelte diese Methode weiter, indem er unter der Haut liegende Schrauben bei der Frakturversorgung anwendete (ROBINSON 1978). Da die Komplikationsraten jedoch sehr hoch waren, verhinderte dies zunächst eine größere Verbreitung der Plattenosteosynthese. Einer der wesentlichen Gründe für die häufigen Komplikationen war die Verwendung ungeeigneter Implantatmaterialien wie, Silber, vernickelter Stahl, hoch kohlenstoffhaltiger Stahl, Aluminium, Messing und Kupfer, die hoch korrosionsanfällig waren.

Platten und Schrauben führten häufig zu entzündlichen Veränderungen im Weichteil- und Knochenlager und schlimmstenfalls zu einer Osteomyelitis. Wählte man zu kleine Implantate für die Osteosynthese, um weniger Metall in den menschlichen Körper einbringen zu müssen, war die Stabilisierung im Frakturbereich instabil. Deutliche Fortschritte ergaben sich aus der Entdeckung bioverträglicher Osteosynthesematerialien.



**Abb1. 3: Erste Plattenosteosynthese mit transkutan eingesetzten Schrauben und durch die Haut ragendem, winkelförmig gebogenem Endteil der Platte (aus HANSMANN 1886)**

Osteosynthesematerialien aus Chrom-Nickel-Stahl vom Typ V<sub>2</sub>A (Krupp) oder aus einer Kobalt-Chrom-Molybdänlegierung wurden 1932 in die Zahnheilkunde eingeführt. Vitallium, Resilium, Remanit GF und Wisil waren die am meisten gebrauchten Legierungen dieser Art. 1937 fanden VENABLE et al. tierexperimentell heraus, dass sowohl rostfreier legierter Stahl, als auch Vitallium sich wegen ihrer Körperfreundlichkeit gut als Osteosynthesematerial eigneten. Der Problematik möglicher Schädigungen des Organismus durch diese Materialien wie Metallosen und Korrosionen wurde bereits damals im Bereich der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie Rechnung getragen und die Entfernung dieser Fremdkörperhilfsmittel nach erfolgreicher Knochenheilung gefordert (REICHENBACH 1953, THOMA 1945,1948,1951, 1954). COLLINS (1920) und EGGERS (1948) beschrieben spezielle Platten, die das Aneinanderrücken der Fragmente durch besondere Schraubenlöcher bewirkten. Eine entscheidende Wende hinsichtlich auf die Primärstabilität einer Fraktur gelang 1949 dem Chirurgen Robert DANIS. Er beobachtete, dass sich durch das Prinzip der axialen Kompression eine schnellere Konsolidierung der Fragmentenden und eine schnellere Bruchheilung erreichen lässt. Seine

Untersuchungen führten zu wesentlichen Fortschritten in Bezug auf Schraubendesign und Operationstechnik.

Die 1958/59 gegründete Arbeitsgemeinschaft für Osteosynthesefragen (AO) baute die Empfehlungen Danis zu einem differenzierten Konzept für die operative Versorgung von Extremitätenfrakturen weiter aus (MÜLLER et al. 1963, 1969, 1977). Zunächst fand das Prinzip der axialen Kompression Anwendung in der statischen Verspannung von Rundlochplatten mittels eines speziellen Plattenspanners (MÜLLER et al. 1963, 1969). Später wurden selbstspannende Druckplatten geschaffen (BAGBY 1958, TAMAI et al. 1967, LUHR 1968, MITTELMEIER 1968 und 1969, PERREN et al. 1969, SCHILLI 1969). Die wissenschaftlichen Grundlagen der Kompressionsosteosynthese wurden durch umfangreiche tierexperimentelle und physikalisch-technische Untersuchungen dargelegt (LUHR 1969 und 1972). Auch die Komplikationsraten (Osteomyelitis oder Pseudarthrose) konnten durch die Kompressionsosteosynthese deutlich gesenkt werden (REINERT et al 1996, LUHR et al 1996). Weitere Entwicklungen von selbstspannenden Platten erfolgten von NIDERDELLMANN und SCHILLI (1972), sowie von BECKER und MACHTENS (1973). Detailverbesserungen durch Anwendung selbstschneidender Schrauben, Einsetzen geeigneter Implantatmaterialien (Vitallium (LUHR 1968) wurde zwischenzeitlich von Titan oder Titanlegierungen ersetzt), sowie die Ende der 70er Jahre eingeführte Durchführung der Osteosynthese durch intraoralen Zugang mit transbukkalen Vorbohren und Einsetzen der Schrauben vereinfachten die operative Methode weiter.

### **1.3.1 Osteosynthese in der orthognathen Chirurgie des Unterkiefers**

OBWEGESER hat 1963 in der Originalmethode der sagittalen Spaltung zur Fixation der Segmente eine lagestabile Adaptionsosteosynthese in Form einer Drahtnaht im inneren Kieferwinkel oder eine zirkomandibuläre Cerclage angegeben. 1971 haben MICHELET und QUENTIN über 10 Fälle sagittaler Spaltung des Unterkiefers berichtet, die durch monokortikale

Miniplattenosteosynthese stabilisiert wurden. 1974 hat SPIESSL die Zugschraubenosteosynthese in die orthognathe Chirurgie eingeführt. Wegen der Inkongruenzen der Osteotomieflächen bei der sagittalen Spaltung nach Obwegeser und Dal-Pont bestand jedoch bei diesem Osteosyntheseverfahren die Gefahr der unerwünschten Verlagerung des proximalen Segments, d.h. des Kondylus (FREIHOFER, 1977; TUINZING, 1978) und der Nervkompression. Die Verbindung der Vorteile einer stabilen Schraubenfixation unter Vermeidung ihrer Nachteile, Gelenkdislokation und Nervkompression, stellt die zuerst von LINDORF (1984) vorgeschlagene distanz- und winkelerhaltende Tandem- oder Positionsschraubenfixation dar. Bei dieser Technik bleibt der vorhandene intersegmentale Spalt erhalten. Bei 3-Punkt Fixierung mit 2,7 mm selbstschneidenden Osteosyntheseschrauben ist die Positionsschraubenosteosynthese nach experimentellen Untersuchungen von PISTNER (1999) funktionsstabil. Auf eine postoperative intermaxilläre Verdrahtung kann daher verzichtet werden. Dies konnte bereits MICHL (1990) zeigen. Mit Hilfe von elastischen Gummizügen kann eine neuromuskuläre Anpassung im stomatognathen System erleichtert werden.

Der Erhalt der Gelenkposition hat besonders im Hinblick auf die Stabilität (EWERS et al. 1980A, 1980B, BALAN 1981, HELM et al. 1997) einen erheblichen Einfluss auf die Operationsergebnisse. MICHEL (1990) konnte in einer Studie die Vorteile der systematischen Gelenkpositionierung nachweisen. Seine Ergebnisse zeigen, dass die Lageveränderungen der Gelenke auf ein Minimum reduziert werden können, wodurch sich die Rezidivhäufigkeit signifikant verringerte.

Heute ist die Positionsschraubenosteosynthese die am weitesten verbreitete stabile Osteosynthesemethode bei der sagittalen Spaltung des Unterkiefers.

## **1.4 Osteosynthesematerialien**

### **1.4.1 Titan als Osteosynthesematerial**

Als reines Titan bezeichnet man unlegiertes Titan mit geringen Gehalten an Nebenbestandteilen wie Kohlenstoff, Eisen oder Sauerstoff (WINTERMANTEL und HA 1996B). Im Vergleich zu anderen Metallen weist es einen relativ niedrigen Elastizitätsmodul bei hoher Korrosionsbeständigkeit und Festigkeit auf (HILLE 1966, STEINEMANN 1994). Die ersten Untersuchungen für den medizinischen Einsatz führte Leventhal in den fünfziger Jahren durch (WINTERMANTEL und HA 1996 A). Als Implantatwerkstoff wurde es bis dato in der Medizin hauptsächlich für Fixationselemente zur Stabilisierung von Frakturen in Form von Osteosyntheseplatten und Schrauben (MOBERG et al. 1989, ROSENBERG et al. 1993, SCHLIEPHAKE et al. 1993A, SCHLIEPHAKE et al. 1993B, KATOU et al. 1996, ARENS u. HANSIS 1998, HIRAI et al. 2001) und als Prothesen des totalen Gelenkersatzes wie Hüft- (JACOBS et al. 1991, FUNOVICS et al. 2000, HOFMANN et al. 2000, MATZEN u. STOCKMAIER 2001), Knie- (RING 1980, BARONE et al. 1989, LEWIS et al. 1995, KOVACIK et al. 1997), Schulter- und Kiefergelenkendoprothesen (SPIESSL 1976, RAVEH et al. 1982, RAVEH et al. 1989, SPIESSL 1989, SEMKIN et al. 1996, STOJADINOVIC et al. 1999, WITTBGER et al. 2001) eingesetzt. In der Zahnmedizin verwendet man Titan zur Herstellung dentaler Implantate (TOTH et al. 1985, NEWSELY 1985, BUSER et al. 1989, GOTTLANDER u. ALBREKTSSON 1991, SCHROEDER et al. 1994, WHEELER 1996, NOCITI Junior et al. 1997, SCHLIEPHAKE u. ALEYT 1998). Obwohl kommerziell reines Titan in den Lehrbüchern als generell inertes und biokompatibles Material beschrieben wird, welches weder toxische noch allergische Reaktionen verursachen sollte (PREIN u. RAHN 1998), diskutiert man in der Traumatologie die Notwendigkeit der operativen Entfernung von Osteosyntheseplatten und Schrauben aus Titan nach Abschluss der Frakturheilung (BRUNNER 1993, ROSENBERG et al. 1993). Die bei der erneuten Behandlung entstehenden Kosten für einen doch als geheilt anzusehenden Patienten werden toleriert, weil

metallbedingte Röntgenartefakte und Strahlenstreuung die bildgebende Diagnostik erschweren (PISTNER 1992, BRUNNER 1993). Zudem werden Publikationen angeführt, welche lokale und systemische Gewebeeränderungen nach Titanimplantation beschreiben. Titan bildet an seiner Oberfläche sehr rasch eine Passivschicht aus, welche aus sehr beständigen und kaum löslichen Oxiden besteht (WINTERMANTEL und HA 1996A). Diese Passivschicht soll die Metalloberfläche vor korrosiven Angriffen schützen. Vor allem wegen dieser Eigenschaften wurde von vielen Autoren das Belassen des Osteosynthesematerials nach der Knochenheilung propagiert. Dem kann aber nicht uneingeschränkt zugestimmt werden, da diese metallischen Osteosynthesematerialien auch mit Nachteilen behaftet sind.

So gibt es Hinweise, dass es nach einer Insertion von Titan im Organismus zu einer Lösung dieses Metalls (FERGUSON et al. 1962, MEACHIM und WILLIAMS 1973, HILLMANN und DONATH 1991) kommen kann. Hohe Konzentrationen von Titandioxid bis über 2000 ppm wurden häufig auch in der Umgebung von Titanimplantaten gefunden (MEACHIM und WILLIAMS 1973, MEACHIM und PEDLEY 1981, ROSENBERG et al. 1993). Zudem wurde in vivo auf mögliche Korrosionsschädigungen hingewiesen (THULL u. SCHALDACH 1975). Wiederholt wurden Metallosen im Bereich von Osteosynthesematerialien beobachtet (ROSENBERG et al. 1993). Systemische Gewebeeränderungen nach intraossärer Implantation von Titan wurden von SCHLIEPHAKE et al. (1993 a, 1993 b, 1998) und HAERS et al. (1998) beschrieben.

In 40-50% der Fälle wurde nach Titanosteosynthesen graue Verfärbungen der umgebenden Weichgewebe beschrieben (FISCHER-BRANDIES et al. 1992, UNGERSBOECK et al. 1995 ). Bis heute ist noch relativ wenig über den Abtransport des Titans und eine Ablagerung in verschiedenen Organen bekannt. Durch Untersuchungen von SCHROEDER et al. sowie MÄÄTTÄ und ARSTILA hat sich gezeigt, dass die Lunge als permanentes Speicherorgan in Betracht kommt.

Aus diesen Gründen wird empfohlen dieses Osteosynthesematerial nach erfolgter Frakturheilung bis zum definitiven Ausschluss unerwünschter



Langzeitwirkungen zu entfernen (FISCHER-BRANDIES et al. 1992, IIZUKA und LINDQVIST 1992, OBWEGESER 1994, KIM et al. 1997).

#### **1.4.2 Resorbierbare Osteosynthesematerialien:**

Anfang der siebziger Jahre begann die Erforschung resorbierbarer Osteosynthesematerialien. Im Wesentlichen erforscht sind bis zum heutigen Zeitpunkt:

- Polyesteramide
- Poly-beta-Hydroxybutyrate
- Poly-beta-Hydroxypropionate

Diese Substanzen eigneten sich in Versuchen jedoch nicht für eine Frakturversorgung.

- Polydioxanone (PDS)

Auch dieses Material findet aufgrund von fehlender Festigkeit keine Verwendung in der Frakturversorgung.

- Polyglykolide (Dexon®, Vicryl®, Biofix®)

Bei Anwendung von Polyglykoliden zeigten sich zum Teil osteolytische Veränderungen am Knochen

- Polylactide

Hierbei handelt es sich um Milchsäurepolymere (Lactatpolymere), die in zwei optisch aktiven Formen (Enantiomeren) vorkommen, der D- und L- Form und die mittels Polymerisation gebildet werden. Die Polymere und Copolymere der Milchsäure und die daraus abgeleiteten Substanzen sind heute die am besten untersuchten und aussichtsreichsten Kandidaten als resorbierbare Osteosynthesematerialien.

## 1.5 Materialwissenschaftliche Grundlagen der Polylactide

### 1.5.1 Chemie und Synthese

Die chemische Bezeichnung für die Milchsäure (Lactat) ist 2-Hydroxypropionsäure oder  $\alpha$ -Hydroxypropionsäure. Sie wurde 1780 erstmalig von SCHEELE aus saurer Milch isoliert. Sie kommt in zwei optisch aktiven Formen vor, der D- und L- Form.



Abb1. 4: Strukturformel und Molekülmodell von L-Lactat:

Beim Versuch unhydriertes Lactat durch Destillation herzustellen entdeckte PELOUZE (1845) das Lactyollactat sowie das Dilactid (cyclische Diester).

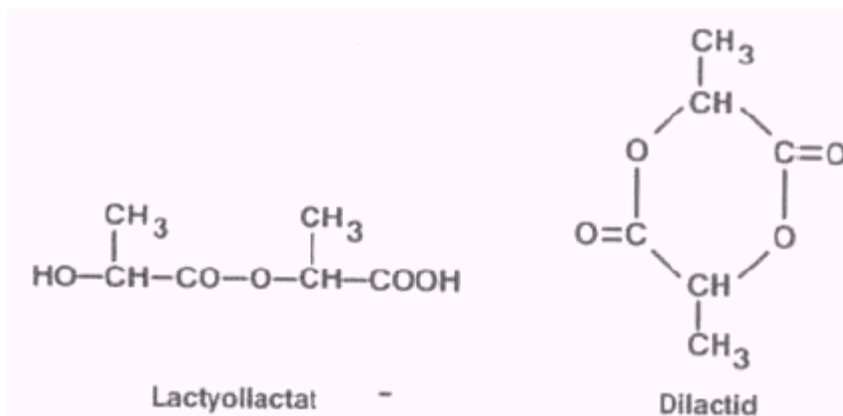


Abb1. 5: Strukturformel von Lactyollactat und Dilactid

1932 gelang CAROTHERS et al. durch zweistündige Erhitzung von Dilactid auf Temperaturen zwischen 250° und 275° Celsius die Polymerisation eines Polylactides.

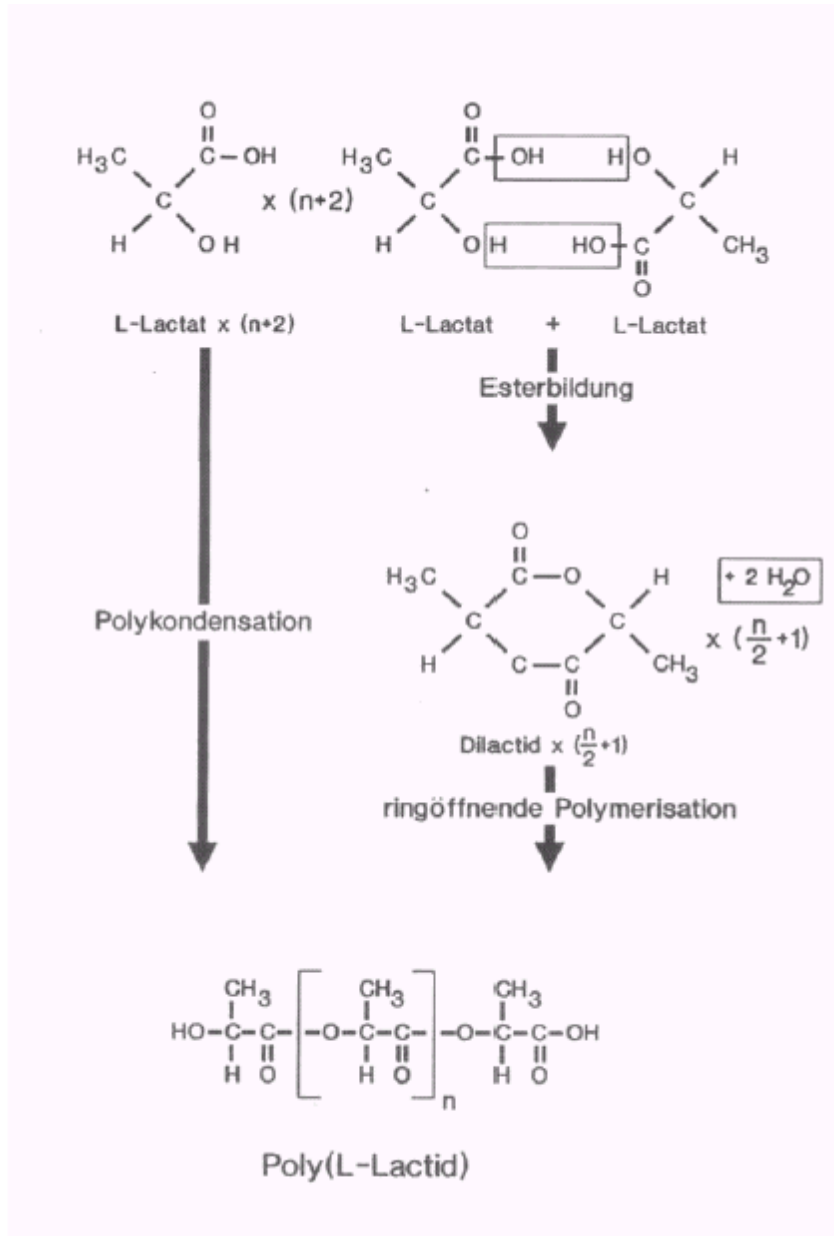


Abb1. 6: Ringöffnende Polymerisation als Möglichkeit zur Herstellung von Polylactid

Eine effiziente Methode zur Bildung von Polymeren mit relativ hohem Molekulargewicht ist die der ringöffnenden Polymerisation (LOWE 1954, KLEINE 1959, TSURUTA et al. 1964, DITTRICH und SCHULZ 1971). Hierbei werden aus je zwei Molekülen L-Lactat unter Abspaltung von Wasser Dilactid

gebildet und anschließend über eine ringöffnende Polymerisation zu Poly-L-Lactid synthetisiert (Abb1. 6).

### 1.5.2 Toxizität und Biokompatibilität

Die Toxizität der Milchsäure (Tab.1.1), welche auch als physiologisches Endprodukt bei der Energiegewinnung über die anaerobe Glykolyse in der Muskelzelle vorkommt, ist gering. Bei schwerer Muskelarbeit kann dabei der Normalwert des Blutacetats von 8-17mg/100ml bis auf 100mg/100ml ansteigen. Menschen tolerieren orale Dosen von mehr als 1500 mg Milchsäure pro Kilogramm Körpergewicht.

Spezies	Applikationsart	Kompatible Maximaldosis [mg/kg]	LD50 [mg/kg]	LD100 [mg/kg]
Maus	Oral	-	4875	-
	Subcutan	-	-	2000-4000
Meerschwein	Oral	-	1810	-
Ratte	Oral	-	3730	-
	Subcutan	2000-4000		-
	Intraperitoneal		2000	-
Mensch	Oral	>1500		-

**Tab.1.1: Dosisangaben der WHO\* (1967) zur akuten Toxizität der Milchsäure (Racemat)**

\*World Health Organisation, Food and Agricult. Organ. of the United Nations WHO 1967, Toxilogical Evaluation of Some Antimicrobials, Antioxidants, Emulsifires, Stabilisers, Huor-Treatment Agents, Acids and Bases, FAO Nutrition Meetings, Report Series No. 40 A, B, C, WHO/Food Add./67.29, (1967) 144.

Die Biokompatibilität der Polylactide wird in der Literatur meist als hervorragend beurteilt. Dennoch liegen zum Teil sehr kontroverse experimentelle und klinische Daten bezüglich der Gewebeverträglichkeit vor.

In Untersuchungen von GOURLAY et al. (1978) und TUNC et al. (1985) werden die Polylactide als gewebeverträglich und nicht-toxisch beurteilt.

Ein osteogenes Potential von Poly-L-Lactid wurde von HOLLINGER (1983) und von NELSON et al. (1977) beschrieben.

Positive Berichte ohne Anzeichen von Entzündungen oder Fremdkörperreaktionen wurden auch von LEENSLAG et al (1987) nach tierexperimentellen Untersuchungen an Schafen und Hunden veröffentlicht.

Campbell et al. (1991, 1994) beschrieb sogar einen wachstumsfördernde Wirkung der Polylactide auf normale menschliche Epithelzellen und einen wachstumshemmenden Einfluss auf Zellen des menschlichen hypopharyngealen Plattenepithelkarzinoms.

Im Gegensatz dazu stehen andere Studien, welche über ungünstige Gewebereaktionen und osteolytische Reaktionen berichten.

SUGANUMA und ALEXANDER (1993) demonstrierten eine gute Biokompatibilität von implantierten Polylactiden im Hundeknochen über sechs Wochen, bevor mit Einsetzen der Biodegradation plötzliche Entzündungszeichen und Knochenresorption auftraten.

Eine Studie von BÖSTMAN et al (1992A und 1992B) setzte die verminderte Gewebeverträglichkeit in direkten Zusammenhang mit dem fortschreitenden Abbau der Polylactide. Dabei wurden Fremdkörperreaktionen und Osteolysen als die häufigsten postoperativ auftretenden Komplikationen bewertet.

### **1.5.3 Biodegradation und Biochemie:**

Da die Synthese der Polylactide unter Wasserabspaltung erfolgt, kann durch die Rückreaktion Polylactid im wässrigen Milieu durch hydrolytischen Abbau wieder in die ursprüngliche Form (L-Lactat) gebracht werden (KRONENTHAL 1975, LEENSLAG 1987, VERT 1990, SUURONEN et al. 1998). Nach KRONENTHAL (1975) erfolgt der Abbau biodegradierbarer Polymere in vivo in vier Phasen (Tab.1. 2):

Stadium	Vorgang	Ablauf und Ursache
1	Hydratation	Auflösung der van der Waals-Kräfte und Wasserstoffbrückenbindungen
2	Festigkeitsverlust	Initiale Spaltung von kovalenten Bindungen der Hauptkette (Rückgrat)
3	Formverlust	Weitere Spaltung von kovalenten Bindungen Molekulargewicht wird für den Massenzusammenhalt unzureichend
4	Massenverlust	Auflösung der niedermolekularen Verbindungen Phagozytose der kleinen Fragmente

**Tab.1. 2: Stadien der Polymerdegradation nach KRONENTHAL (1975)**

Durch Wasseraufnahme kommt es zunächst zur Auflösung sekundärer und tertiärer Strukturen, die gekennzeichnet sind durch van der Waals-Kräfte und Wasserstoffbrückenbindungen. Es folgt die hydrolytische Spaltung kovalenter Bindungen an der Hauptkette(Rückgrat) des Polymers. Dieser Vorgang führt zu einem irreversiblen Festigkeitsverlust des Materials. Die Geschwindigkeit hängt dabei von der Wasserverfügbarkeit, der Temperatur, der Kristallinität, der Geometrie und vom Molekulargewicht ab. So weisen hochkristalline Stoffe gegenüber amorphen Verbindungen über längere Zeit adäquate Festigkeitswerte auf und ein hohes Molekulargewicht wirkt dem Auflösungsprozess entgegen. Die dritte Phase wird vom Verlust des Massenzusammenhaltes geprägt. Das Material erscheint nur noch als gelatineartige oder bröckelige Substanz. Im letzten Stadium vollzieht sich dann der vollständige Abbau durch Auflösung der niedermolekularen Verbindungen und durch Phagozytose der kleinen Fragmente.

L-Lactat ist ein beim Menschen und Säugetier vorkommendes Zwischenprodukt des Aminosäuren- und Kohlenhydratstoffwechsels. Durch die NAD<sup>+</sup>-abhängige Lactatdehydrogenase kann es zu Pyruvat oxidiert werden. Pyruvat wiederum kann unter Energieverlust zu Glukose und Glycogen aufgebaut werden oder unter Energiegewinnung über den Citratcyclus zu Kohlendioxid und Wasser

abgebaut werden und anschließend auf physiologischem Weg ausgeschieden werden (REHBINDER 1971). KULKARNI et al (1966) konnten diesen Abbauweg der Verstoffwechslung und Abatmung der Polymere mit C<sup>14</sup>-markiertem Poly-L-Lactid bestätigen.

Durch diesen hydrolytischen Abbauweg wurde dem Polylactid und seinen Abbauprodukten sowohl eine lokale als auch eine systemische Verträglichkeit unterstellt. Während in zahlreichen experimentellen und klinischen Studien die lokale Biokompatibilität diskutiert wurde (TUNC et al. 1987, CAMPBELL et al. 1991, VAN SLIEDREGT et al. 1991, PISTNER 1992, BAHR et al. 1999, PISTNER 1999, ARAI et al. 2000, BARBER et al 2000, FURUKAWA et al. 2000A, FURUKAWA et al. 2000B, HATTORI et al. 2000, HOOPER et al. 2000, IKARASHI et al 2000, TAMAI et al. 2000, EDWARDS et al. 2001 A, MARTINEK et al. 2001), liegen bis heute Veröffentlichungen über die systemische Wirkung der Polylactide nur vereinzelt vor.

So berichten VERHEYEN et al. 1993 von Polylactidpartikeln in den regionären Lymphknoten von Ziegen zwei Jahre nach transcorticaler Implantation von polylactidhaltigen Bolzen. BEUMER et al. (1994) fanden ein Jahr nach subcutaner Implantation von Poly-L-Lactid basierten Membranen in den Rücken von 75 Widstar-Ratten weder makroskopisch noch mikroskopisch pathologische Organveränderungen an Herz, Lunge, Leber, Milz und Niere.

MARGEVICIUS et al. (1996) ersetzen das vordere Kreuzband und das mediale Seitenband des Knies bei Schafen mit Polylactid verstärkten Bändern. Bei der Nachuntersuchung konnten weder in der Leber noch in der Milz Polylactidpartikel gefunden werden. In den ipsilateralen inguinalen und paraaortalen Lymphknoten wurden jedoch ein Jahr postoperativ bei vier von sechs Tieren Polylactidpartikel beobachtet.

Im Rahmen von zahlreichen tierexperimentellen Untersuchungen über das Degradations- und Resorptionsverhalten von Poly-L-Lactid (PLLA) konnte bisher nur über einen teilweisen Abbau der verwendeten Materialien berichtet werden. Es liegen Untersuchungen von KULKARNI et al. (1966), MILLER et al. (1977), REED (1978), VERT et al. (1981 und 1984), CHABOT (1984), GERLACH (1986), GERLACH et al. (1987), EITENMÜLLER et al. (1987 a,b),

TUNC et al. (1987 und 1988), NAKAMURA et al. (1989), BOS (1989), WECKBACH (1990), MATSUSUE (1992), PÄIVÄRINTA et al. (1993) und SUURONEN (1992), SUURONEN et al. (1996) vor.

PISTNER et al. (1998) zeigten in den durchgeführten in-vivo Degradationsstudien, dass sich in Bezug auf den Abbau, die Resorbierbarkeit und die Gewebeverträglichkeit ein amorphes Copolymer-Gemisch besonders eignet. Dieses Polylactid-Copolymer-Gemisch, aus 80%P(LcoDL)LA 90/10 gemischt mit 20%PDLLA, zeigte als spritzgegossenes, amorphes Material eine vollständige Resorption ohne auftretende Fremdkörperreaktionen. Makroskopisch war über den Zeitraum der in-vivo-Degradationsstudien ein deutlicher und vollständiger Zerfall der explantierten Proben zu sehen. Die mikroskopische Betrachtung nach vollständigem Abbau ergab eine reizlose Einheilung im Weich- und Hartgewebe mit Ausbildung eines Narbenareals im Muskel und einer restitutio ad integrum im Knochen. Damit erfüllte dieser Werkstoff in biologisch-histologischer Sicht alle an resorbierbare Osteosynthesematerialien gestellte Anforderungen.

## **1.6 Tierexperimentelle Studien mit resorbierbaren Osteosynthesematerial**

Poly-L-Lactid kam 1971 erstmalig als Osteosynthesematerial im Tierexperiment zum Einsatz. CUTRIGHT et al. 1971 versorgten erfolgreich mediane Symphysenfrakturen am Unterkiefer von fünf Macaca-Rhesus-Affen mit Hilfe von geflochtenen Poly-L-Lactid-Kordeln. Ohne eine zusätzliche intermaxilläre Fixierung heilten die Frakturen klinisch und histologisch komplikationslos und zeigten keine klinischen Zeichen von Deformitäten. Ein Jahr später setzt die gleiche Forschergruppe bei 12 Macaca-Rhesus-Affen Poly-L-Lactid-Platten zur Versorgung von Blow-out Frakturen als Orbitabodenersatz ein. Die Augenstellung und -motilität waren in allen Fällen normal und unauffällig. Es folgten zahlreiche weitere Untersuchungen mit bioresorbierbaren



Osteosynthesematerialien. Hier sind nur einige wenige Untersuchungen aufgelistet:

GETTER et al. (1972) berichteten über Plattenosteosynthesen mit PLLA zur Ruhigstellung von Hundeunterkieferfrakturen im Molarenbereich. Dieser Versuch wurde an sechs Beagle-Hunden bei einer Versuchsdauer von 4-40 Wochen durchgeführt. Es wurden 4-Lochplatten und Schrauben, die den üblichen Metallschrauben nachgebildet waren, verwendet. Histologisch waren nach 32 Wochen nur noch die PLLA-Reste von einer Schraube nachweisbar gewesen. Die Frakturen heilten klinisch und histologisch ohne Komplikationen.

VERT et al. (1984) verstärkte 6-Loch-Platten aus Poly-L-Lactid mit resorbierbaren Polyglycolid-Fäden und versorgte mit diesen Platten und Metallschrauben Osteotomien der Tibia an zwei Schafen. Trotz anschließender Ruhigstellung im Gipsverband brach eine Platte nach einem Monat und die zweite Osteotomie heilte unter verstärkter Kallusbildung aus.

GERLACH (1986) konnte Unterkieferfrakturen von 12 Beagle-Hunden mit 4-Loch-Platten und Schrauben aus Block-Poly-L-Lactid übungstabil fixieren und eine komplikationslose Frakturheilung erzielen.

SUURONEN (1992) versorgte mit Platten aus PLLA Osteotomien an 18 Schafunterkiefen. Die Platten wurden dabei mit Metallschrauben fixiert. Parallel dazu wurden an weiteren 18 Schafen die Osteotomien mit Metallplatte und –schraube stabilisiert. Mit beiden Methoden wurde eine ausreichende Stabilität und eine vergleichbar gute Knochenheilung mit Kallusbildung erreicht. Ferner wurden Osteotomien des Processus condylaris mandibulae mit je einer Schraube aus PLLA versorgt. Die Kontrollgruppe wurde mit einer Titanschraube fixiert. Auch hier wurde in beiden Gruppen eine ausreichende Stabilität und komplikationslose Knochenheilung erzielt. In einem weiteren Versuch wurden nach bilateraler sagittaler Spaltung bei sechs Schafen die Osteotomien mit je 3 Schrauben aus PLLA stabilisiert. Nach 16 Wochen konnte in einer mechanischen Testung eine größere Stabilität der operierten Unterkiefer

gegenüber 6 unoperierten festgestellt werden. Auch hier war die Heilung unauffällig.

PISTNER (1992) berichtete über den Einsatz eines Platten-Blinddübel-Systems aus Block-Poly-L-Lactid an 10 Neuseeland-Kaninchen. Auch hier war die Osteosynthese erfolgreich. Nach 49 Monaten zeigte sich eine fortgeschrittene Biodegradation des Materials, welches von Bindegewebe und Knochen umgeben und teilweise auch infiltriert wurde.

## **1.7 Klinischer Einsatz resorbierbarer Osteosynthesematerialien in der maxillofacialen Chirurgie**

### **1.7.1 Einsatz in der Mittelgesichtstraumatologie und craniofazialen Chirurgie:**

BOS et al. (1987) versorgten bei 10 Patienten erfolgreich Jochbeinfrakturen am lateralen Orbitarand mit 4-Loch-Platten und Schrauben aus Block-Poly-L-Lactid. In einer Nachuntersuchung von ROZEMA et al. (1988) waren die Platten nach 18 Monaten noch palpabel und klinisch waren keine Anzeichen für eine Fremdkörperreaktion erkennbar. Nach circa 3 Jahren wurden bei sechs Patienten Schwellungen im Bereich des Implantatlagers bemerkt. Die diagnostizierten Tumore wurden entfernt und anschließend histologisch und elektronenmikroskopisch nachuntersucht (ROZEMA 1991, BERGSMA et al. 1993). Die Polymerreste lagen umgeben von einer dichten Bindegewebekapsel zwischen Makrophagen, Schaumzellen, Fremdkörperriesenzellen und Fibroblasten als Ausdruck einer unspezifischen Fremdkörperreaktion.

Bei einer Untersuchung von GERLACH (1988a) wurden ebenfalls Jochbeinfrakturen mit Platten und Schrauben aus Block-Poly-L-Lactid versorgt. Die ersten postoperativen Ergebnisse waren mit denen nach konventioneller Versorgung unter Verwendung von Osteosyntheseplatten und -schrauben aus Metall vergleichbar. Bei der dreijährigen Nachkontrolle wurden

Weichteilschwellungen im Bereich des Implantatmaterials beobachtet (GERLACH 1992).

ILLI (1992) berichtete über die Verwendung von Gewindedübeln und Muttern aus Block-Poly-L-Lactid sowie gewobenen Polydioxanon-Bändern bei 20 Kindern in der craniofazialen Chirurgie. Die Ergebnisse waren vergleichbar mit konventionellen Fixationssystemen. 40 Monate später waren keine lokalen oder systemischen Entzündungszeichen zu beobachten.

Bei einer Untersuchung von PISTNER et al. (1991b, 1992) wurde ein Platten-Blinddübel-System aus Block-Poly-L-Lactid bilateral zur Stabilisierung von Stirnschädelvorverlagerungen eingesetzt. Der Heilungsverlauf war komplikationslos. Nach zwei Jahren waren Aufwölbungen im Bereich der Osteosyntheseplatten festzustellen. Bei der chirurgischen Revision zeigte sich, dass alle Osteotomien gut verheilt waren und das Poly-L-Lactid zum größtenteil resorbiert war. Der Rest befand sich im direkten Knochenkontakt oder in einer dicken bindegewebigen Hülle. Die histologische Untersuchung wies auf eine resorptive histiozytäre Reaktion des Gewebes hin.

EPPLEY et al. (1995, 1996, 1997A, 1997B) beschrieben den erfolgreichen multizentrischen Einsatz eines resorbierbaren craniofazialen Miniplatten-Osteosynthesystems (Lactosorb®). Die mechanischen Eigenschaften der Platte werden in vitro mit Titan-Mikroplatten gleichgesetzt (PIETRZAK et al. 1997).

ARAI (2000) setzte Platten und Schrauben aus Poly-L-Lactid zur Fragmentstabilisierung nach Schädelnahtweiterung bei Patienten mit Craniosynostosen ein.

### **1.7.2 Einsatz in der Dysgnathiechirurgie und Versorgung von Unterkieferfrakturen:**

1983 setzten NIEDERDELLMANN und BÜHRMANN Polydiaxanon-Schrauben zur Ruhigstellung von Unterkieferfrakturen ein. DUMBACH (1984 und 1987) verwendete sie zur Stabilisierung nach sagittaler Spaltung des Unterkiefers.

VERT et al. (1984) versorgten Unterkiefer- und Schädelknochenfrakturen bei 25 Patienten mit Poly-L-Lactid-4-Loch-Platten und Metallschrauben. Der Heilungsverlauf war normal und es zeigten sich keine Infektionen.

SUURONEN et al. (1994) berichteten über die Verwendung von selbstverstärkten Poly-L-Lactid Schrauben nach sagittaler Spaltungsosteotomie ohne intermaxilläre Fixation und normaler primärer Knochenheilung.

Neben der orthopädischen Chirurgie des Unterkiefers (TAMS et al. 1996, BOUWMAN und TUINZING 1999, EDWARDS et al. 1999, KALLELA 1999, KALLELA et al. 1999A, PISTNER 1999, EDWARDS et al. 2001 A) konnten ebenso günstige Verläufe nach Unterkieferfrakturen (TARTARO et al. 1996, BESSHO et al. 1997, KALLELA et al. 1999B, SUURONEN et al. 2000) verbucht werden.

Die ersten kephalometrischen Auswertungen (HAERS et al. 1998, Harada und ENOMOTO 1997, KALLELA et al. 1998) lassen den Schluss zu, dass die Stabilitätsergebnisse im Zug der kieferorthopädischen Chirurgie, welche mit Milchsäurepolymeren erzielt wurden, durchaus mit jenen der metallischen Materialien vergleichbar sind.

HAERS et al. (1998) und EDWARDS et al (2001 B) berichten über den Einsatz von Schrauben und Platten aus Polylactid auch bei bimaxillären Umstellungsosteotomien , sowie von der Verwendung bikortikaler Schrauben aus Polylactid zur Stabilisierung von Genioplastiken.

SHAND und HEGGIE (2000) verwendeten Platten und Schrauben aus PLLA und PGA (Lactosorbâ ) nach Unterkiefer- oder Oberkieferosteotomie bzw. nach

bimaxillären Vorgehen. Sie berichten über einen unkomplizierten Heilungsverlauf.

CHEUNG et al. (2004) versorgten im Rahmen einer vergleichenden Studie Patienten, die sich einer kraniofazialen Osteotomie unterzogen haben, mit Titanschrauben und -platten sowie mit resorbierbarem Material auf Polylactidbasis (BiosorbFX, Bionx Implants). Für Wundheilung, Stabilität und das Auftreten von Komplikationen sowie subjektive Zufriedenheit der Patienten mit der Versorgung konnten ähnliche Ergebnisse eruiert werden. Resorbierbares Osteosynthesematerial bietet daher laut der Autoren die gleiche Funktionalität und Sicherheit bei orthognathen Eingriffen wie herkömmliche Titanlegierungen.

LAINE et al. (2004) untersuchten in einem 10-Jahresrückblick die Komplikationsrate bei Verwendung von resorbierbaren Osteosynthesematerial in der Dysgnathiechirurgie hinsichtlich Infektion, Wundheilungsstörung und Stabilität. Auch sie kamen zu dem Schluß, dass diese Methode ein sicheres Verfahren darstellt.

### **1.7.3 Weitere Einsatzgebiete von Polylactiden in der MKG-Chirurgie:**

SUURONEN et al. (2000) und LINDQVIST (2001) berichteten über die Verwendung von Polylactiden zwecks Fixation freier Knochentransplantate zur primären Rekonstruktion nach Unterkieferteilresektion bei Tumorpatienten.

### **1.7.4 Produkte für die klinischen Anwendung in der MKG-Chirurgie**

Zum klinischen Einsatz kommen heute vorwiegend die unter dem Produktnamen Lactosorb® firmierenden Platten- und Schraubensysteme, die über die Firma Lorenz (USA) vertrieben werden, sowie die Stellschrauben für

die sagittale Unterkieferspaltung der Firma Aesculap (Deutschland), den sog. Isosorb®-Schrauben. Bei Lactosorb® handelt es sich um ein lineares amorphes Copolymer aus 82% Poly-L-Lactid und 18% Polyglykolsäure. Es wird hauptsächlich in der craniofazialen Chirurgie und zur Stabilisierung von Mittelgesichtsfrakturen verwendet.

Isosorb® besteht aus einem Polymerblend mit 86% L-Lactidanteil und 14% D-Lactidanteil. Beide Produkte sind spritzgegossen. Isosorb® hat in Deutschland das Prüfverfahren nach dem Medizinproduktgesetz neuester Fassung durchlaufen und somit die Zulassung.

Ein weiteres Produkt ist das aus resorbierbaren Implantaten bestehende Delta System der Firma Stryker und ist für die traumatologische und rekonstruktive Knochenfixation im Craniofazialen- und im Mittelgesichts-Bereich entwickelt worden. Das System beinhaltet resorbierbare Osteosynthese-Platten und Schrauben, die aus einem einzigartigen Tripolymer gewonnen werden.

Das Delta System Tripolymer setzt sich aus Poly L-Lactiden/D-Lactiden/Glycolyden im Verhältnis 85/5/10 zusammen. Das Ergebnis ist ein Tripolymer, das sich durch die Eigenschaften Festigkeit, Konturierbarkeit und Resorptionsfähigkeit auszeichnet.

## 2 Ziel

Ziel der vorliegenden Untersuchung war, die Verwendbarkeit von bioresorbierbarem Osteosynthesematerial zur Fixierung der Osteotomiesegmente nach sagittaler Spaltung des Unterkiefers im Vergleich zum herkömmlichen Verfahren, der Titanschraubenosteosynthese aufzuzeigen. Dies geschah innerhalb einer kontrollierten, prospektiven, klinischen und randomisierten Studie anhand von prä- und postoperativen Fernröntgenseitbildern des Kopfes.

Bei der Testgruppe wurde die Osteosynthese mit bioresorbierbarem Osteosynthesematerial, der Isosorb®-Schraube, durchgeführt. Die Mitglieder der Kontrollgruppe erhielten die herkömmlichen Titanschrauben.

Anhand der Auswertungen von Fernröntgenseitenbildern des Kopfes (FRS) sollten zwei Fragen beantwortet werden:

1. Wie verändern sich die vertikalen und sagittalen Parameter im FRS im Verlauf der Behandlung (T0-T5)? Sind Unterschiede bezüglich der Wahl des Osteosynthesematerials zu einem der Untersuchungszeitpunkte erkennbar?
2. Gibt es Unterschiede in der Stabilität nach der Unterkiefervorverlagerung bei Verwendung der Isosorb®-Schraube im Vergleich zur konventionellen Osteosynthese mit Titanschrauben?

### **3 Material und Methode**

An den Kliniken für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universitäten Würzburg und Heidelberg wurde im Zeitraum von Juni 1995 bis April 1997 eine randomisierte, kontrollierte, prospektive und klinische Studie mit resorbierbaren Osteosyntheseschrauben bei der sagittalen Spaltung des Unterkiefers durchgeführt.

Ziel der Studie war es, die Verwendbarkeit der entwickelten Isosorb®-Schraube als alternatives Osteosynthesematerial zum herkömmlichen Verfahren, der Titanschraubenosteosynthese aufzuzeigen.

#### **3.1 Studiauslegung für den klinischen Versuch**

Die Voraussetzungen für den Einsatz der neuentwickelten resorbierbaren Schrauben im klinischen Versuch wurden zuvor systematisch erarbeitet:

- Für das resorbierbare Osteosynthesematerial wurde in vivo die vollständige Resorbierbarkeit überprüft.
- Entsprechend den Materialeigenschaften wurde eine angepasste , innovative Schraubenkonstruktion entwickelt und erprobt.
- Die biomechanische Überprüfung im Modell und am Patienten ergab ausreichende Stabilität für die zu erwartende Belastung.

Bereits im Vorfeld der klinischen Studie wurden Anträge zur Beurteilung des Einsatzes biodegradierbarer Osteosyntheseschrauben als biomedizinisches Forschungsprodukt am Menschen an die Ethik-Kommissionen der Universitäten Würzburg und Heidelberg sowie an die nach dem Medizin-Produkte-Gesetz MPG registrierte „Freiburger Ethik-Kommission International“ gestellt. Alle Anträge wurden ohne Einwände ethischer Natur befürwortet.

Als Operationsmethode wurde die sagittale Spaltung des Unterkiefers nach OBWEGESER (1955) in der Modifikation nach DAL-PONT (1959) gewählt. Diese Operation ist ein weltweit standardisiertes Verfahren und war für den



klinischen Versuch fest vorgegeben. Außerdem mussten die Patienten zur Aufnahme in die Studie bestimmte Einschluss- und Ausschlusskriterien erfüllen (siehe Patientengut).

Die Aufteilung von 60 Patienten in die beiden Behandlungsarme (resorbierbare Schrauben versus Titanschrauben) im Verhältnis 1:1 separat für jedes Geschlecht wurde über ein vom Datenzentrum (Rechenzentrum, Würzburg) erstelltes Randomisierungsprogramm durchgeführt. Für die Patienten wurden spezielle Aufklärungs- und Informationsbögen erstellt, und für die Dokumentation der Untersuchungsergebnisse ein Erhebungsbogen vorbereitet. In den Erhebungsbogen sollten zu festgelegten Zeitpunkten radiologische Kontrolltermine, klinische und funktionsanalytische Untersuchungsbefunde, wie subjektive und objektive Symptome, maximale Mundöffnung (SKD) und Okklusionsverhältnisse eingetragen werden. (Tab.3.1).

Die Operationsdaten wurden auf einem gesonderten Bogen festgehalten.

Grundvoraussetzungen für den Beginn der klinischen Studie waren die Vorversuchsoperation und die entsprechenden Untersuchungen von mindestens 2 Patienten, wodurch eine Verfälschung des Studienergebnisses aufgrund mangelnder Operationserfahrung mit dem neuentwickelten Osteosynthesematerial vermieden werden sollte.

Hauptzielkriterium der klinischen Prüfung war die vollständige Wundheilung der Haut und der Schleimhaut sowie die knöcherner Kontinuität und Remodellation der Osteotomiesegmente nach 6 Monaten.

Im Studienprotokoll wurde das Hauptkriterium „Fehlschlag“ definiert, wenn Infektionssymptome im Operationsgebiet später als 6 Wochen postoperativ auftraten, eine klinische oder eine radiologische Dislokation der mit den Osteosyntheseschrauben fixierten Fragmente von mehr als 2 mm festzustellen war oder wenn aus irgendwelchen Gründen die operative Revision der Implantate notwendig war.

Klinische/ Radiologische Untersuchung	Prä- operativ	Stationär		Ambulante Nachsorgetermine			
		Ca.1 Woche post- operativ	Ca.2 Wochen post- operativ	Ca. 6 Wochen Post- operativ	3 Monate post- operativ	6 Monate post- operativ	1,2,3,4 Jahre post- operativ
Randomisierung	X						
Anamnese: subjektive Symptomatik	X	X	X	X	X	X	X
Klinische Untersuchung objektive Symptome	X	X	X	X	X	X	X
SKD in mm	X	X	X	X	X	X	X
Okklusions- verhältnisse	X	X	X	X	X	X	X
Modell- herstellung	X					X	
Fernröntgen	X	X				X	
OPG	X	X			X	X	X
Clementschiß	X	X			X	X	X
Foto- dokumentation	X					X	
Stationäre Metall- entfernung bei der Kontroll- gruppe						X	

Tab.3.1: Übersicht über die Nachsorgetermine und die erforderlichen Behandlungsschritte

### 3.2 Patientengut

Es wurden volljährige Dysgnathiepatienten aufgenommen, bei denen aufgrund der operativen Planung bei der Modelloperation eine geringere Vor- oder Rückverlagerung des Unterkiefers als 10 mm notwendig war. Der Seitschwenk zum Ausgleich einer Laterognathie durfte nicht mehr als 3 mm betragen. Ausgeschlossen wurden Patienten, bei denen eine bimaxilläre Osteotomie

notwendig war sowie Patienten mit ausgedehnten Vorerkrankungen wie Immundefekte, Krebs, Hauterkrankungen, Infektionskrankheiten, Alkoholismus, Rheumatismus sowie vorangegangenen lokalen Frakturen des Unterkiefers.

Die Aufklärung des Patienten erfolgte im ärztlichen Gespräch unter Zuhilfenahme des speziell vorbereiteten Aufklärungs- und Informationsbogens. Für alle Patienten der klinischen Prüfung wurde eine Probandenversicherung (Gerling-Konzern, Kassel) abgeschlossen.

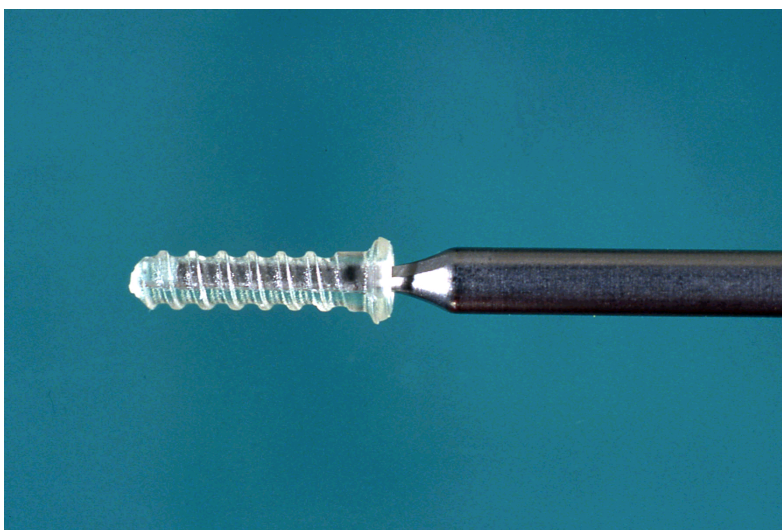
Präoperativ wurden alle Patienten kieferorthopädisch vorbehandelt. Ziel der präoperativen Kieferorthopädie war es, eine vertikale, sagittale und transversale Koordination der Zahnbögen zu erreichen. Die kieferorthopädische Vorbehandlung der einzelnen Patienten wurde von verschiedenen niedergelassenen Kieferorthopäden oder der Klinik für Kieferorthopädie der Universität Würzburg vorgenommen. Alle Patienten waren präoperativ im Rahmen der kieferorthopädischen Vorbehandlung mit einer festsitzenden Apparatur versehen.

### **3.3 Osteosynthesematerial**

#### **3.3.1 Isosorb®-Schraube:**

Auf der Basis von ausgedehnten chemischen, mechanischen und in-vivo-Studien wurde ein neuartiges vollständig biodegradierbares Lactidcopolymergemisch ([Poly- (L-co-DL-LA) (90/10)] / (Poly (DL-LA) 80/20]) entwickelt. Dieses spritzgegossene Material ist vollständig amorph. Eine Restkristallinität lässt sich nicht nachweisen. Die Biegefestigkeit dieses Materials beträgt 130 N/mm<sup>2</sup>, der Elastizitätsmodul 3447 N/mm<sup>2</sup>, die Zugfestigkeit 69,1 N/mm<sup>2</sup> und die Reißdehnung 12,3 %. Diese Materialkennwerte blieben in vitro unter physiologischen Bedingung über 20 Wochen weitgehend konstant. Im Tierversuch ließ sich zu keinem Zeitpunkt eine Fremdkörperreaktion nachweisen. Nach 120 Wochen Implantationsdauer waren keine Reste des Materials mehr vorhanden. Die Materialeigenschaften

von Werkstücken aus Polymeren unterscheiden sich teilweise deutlich von den aus Metall gefertigten. Daher konnte das Design etablierter Metallschrauben zur Osteosynthese nicht zur Gestaltung einer Schraube aus dem neuen vollresorbierbaren Lactidcopolymergemisch herangezogen werden. Mittels der Finite-Elemente-Methode wurde eine Schraube von 3,5 mm Durchmesser mit werkstoffangepasster Geometrie entwickelt. Die Schraube liegt in vier verschiedenen Längen vor (14, 16, 18 und 20mm). Besonderes Augenmerk wurde der Optimierung bezüglich Biegung und Flankenpressung geschenkt. Dank eines innenliegenden Einsteckkanals, der sich über die gesamte Schraubenlänge erstreckt, werden beim Eindrehen der Schraube die zu übertragenden Torsionskräfte bis an die Schraubenspitze geleitet und somit die Gefahr eines Abdrehens des Schraubenkopfes vermieden. Die Isosorb®-Schraube wurde eigens für den Einsatz nach sagittaler Spaltung des Unterkiefers entwickelt. Auf der sterilen Verpackung ist ein Sterilisationsetikett, auf welchem die Sterilisationszeit, das Sterilisationsverfahren, der Sterilisationsindikator, Handhabungshinweise, das Fertigkeitsdatum und das Verfallsdatum vermerkt sind, sowie ein Kontrolletikett, auf dem die Chargennummer, die Schraubenlänge und Schraubendurchmesser angegeben werden. Für den operativen Eingriff wurde eigens ein Instrumentarium zusammengestellt und in einem Siebkorb zum Zweck leichter Sterilisierbarkeit zusammengefasst.



**Abb.3.1:** Isosorb®-Schraube und Schraubendreher

### **3.3.2 Titanosteosyntheseschrauben:**

Die konventionelle Titanosteosyntheseschraube (Stryker-Leibinger) ist ein selbstschneidendes Implantat mit einem Außendurchmesser von 2,7 mm und steht in einer Länge von 14, 16, 18 und 20 mm zur Verfügung.

Das Implantatmaterial besteht aus reinem Titan und zeichnet sich durch schmale und scharfe Gewindegänge aus. Da die Festigkeit der Metalle wesentlich höher ist als die des Knochens, kann mit dem scharfkantigen Gewinde beim Eindrehen der Osteosyntheseschraube in den Knochen gleichzeitig das Schneiden der Gewindebohrung vorgenommen werden. Die Sterilisation der selbstschneidenden Titanschraube erfolgt nach Vorgabe des Herstellers (Fa. Stryker-Leibinger, Freiburg i.Br.).

## **3.4 Operationstechnik**

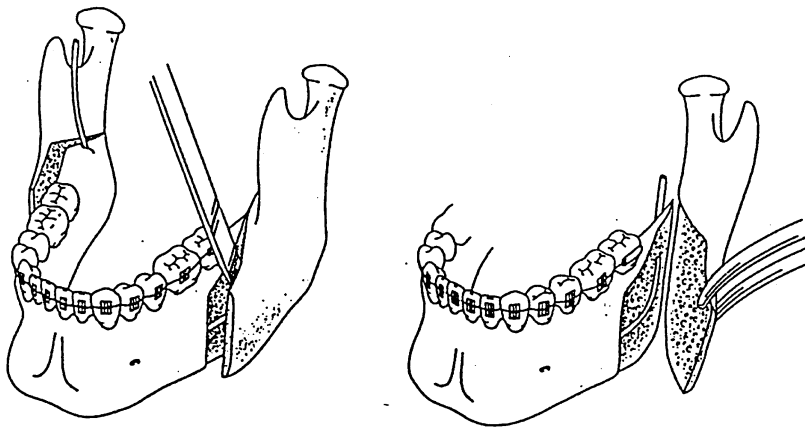
### **3.4.1 Retromolare sagittale Osteotomie nach OBWEGESER (1955) und DAL-PONT (1959)**

Das Prinzip aller Eingriffe im aufsteigenden Unterkieferast besteht darin, den Unterkieferkörper vom Gelenkbereich zu trennen, um eine Verlagerung des zahntragenden Kieferanteils in alle Raumrichtungen – dorsal, ventral, kaudal, kranial oder lateral – durchführen zu können. Diese Bewegungen können auch asymmetrisch erfolgen.

Zum gegenwärtigen Zeitpunkt stellt die retromolare sagittale Spaltung nach Obwegeser und Dal-Pont die weltweit am häufigsten angewandte Methode zur totalen Osteotomie des Unterkiefers dar.

Die Operation erfolgt in Allgemeinanästhesie mit nasaler Intubation. Nach chirurgischer Abwaschung und steriler Abdeckung beginnt die intraorale Präparation mit einem Schleimhautschnitt im inneren Kieferwinkel auf dem Ramus mandibularis über das Trigonum retromolare in das Unterkiefervestibulum bis in die Region des zweiten Prämolaren. Es folgt die

Präparation des Mukoperiostlappens bukkal bis an den Basalbogen, den Kieferwinkel und den Hinterrand des aufsteigenden Unterkieferastes sowie der vollständigen Lösung der Pterygoid–Masseter–Muskelschlinge. Es schließt sich die Präparation der lingualen Weichteile an. Unter strengem Knochenkontakt und unter Zuhilfenahme zweier speziell gebogener Raspatorien kommt es zur Abpräparation des Periostschlauchs und der Pterygoid–Masseter–Muskelschlinge bis an die Incisura semilunaris und zum Hinterrand des aufsteigenden Unterkieferastes. Auf der kontralateralen Seite wird analog vorgegangen.



**Abb.3.2: Sagittale Spaltung des Unterkiefers nach Obwegeser und Dal-Pont**

Zur Reproduktion der zentralen Kondylenposition wird der Unterkiefer anschließend über einen Labor gefertigten Ausgangssplint aus Kunststoff fest mit dem Oberkiefer durch intermaxilläre Drahtligaturen verschnürt. Etwa 3 cm ventral des Ansatzes des Ohrläppchens und vor dem ventralen Rand des Musculus masseter wird von extraoral eine kleine vertikale Inzision der Haut und Weichteile vorgenommen. Nach stumpfer Präparation, zur Vermeidung einer Verletzung des Ramus marginalis des Nervus facialis, wird eine T-förmige Kondylenpositionierungsplatte eingebracht und über den perfacialen Zugang mit zwei Minischrauben, nach Vorbohrung am Vorderrand des Processus muscularis fixiert. Anschließend wird das ventrale Ende der T-förmigen

Kondylenpositionierungsplatte spannungsfrei mittels selbsthärtendem Kunststoff mit den Oberkieferseitenzahnbrackets verbunden (MICHEL 1991).

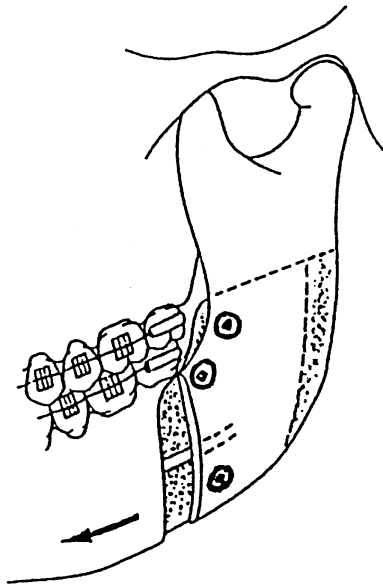
Nach analogem Vorgehen auf der kontralateralen Seite und dem Aushärten des Kunststoffes werden die Positionsplatten wieder entfernt, die Kunststoffblöcke auf den Oberkieferseitenzahnbrackets belassen und die intermaxilläre Fixation geöffnet.

Im nächsten Schritt wird die sagittale Spaltung durchgeführt. Die Durchtrennung der lingualen und bukkalen Kompakta an der Vorderkante des aufsteigenden Unterkieferastes wird mit der Lindemannfräse vorgenommen, mit anschließender sagittaler Spaltung des Knochens mit dem Meißel.

Nach Überprüfung der vollständigen Lösung von Musculus masseter und Musculus pterygoideus medialis sowie nach vollständiger Mobilisation des Unterkiefers wird der definitive Bite-Splint, ein interokklusaler Kunststoffeibiss, der bei der vorangegangenen Modelloperation angefertigt wurde, eingelegt und das zahntragende Fragment durch erneute intermaxilläre Verschnürung in der neu vorgegebenen, endgültigen und gewünschten Position eingestellt und fixiert. Über den vorher angelegten transbukkalen Zugang werden die Positionsplatten beidseits wieder eingebracht.

Nun erfolgte die Osteosynthese. Je nach Randomisierung wurden Titanschrauben mit einem Durchmesser von 2,7 mm, einer Länge von 10–20 mm des Herstellers Stryker–Leibinger oder resorbierbare Polylactid-Copolymer-Gemisch-Schrauben, die Isosorb®-Schraube (Fa Aesculap, Tuttlingen) zur Osteosynthese verwendet. Für die übungsstabile Verbindung der osteotomierten Knochensegmente müssen die distanz- und winkelerhaltenden Positionsschrauben das bukkale und das linguale Segment bikortikal sicher erfassen (LINDORF 1991, 1994, RAVEH et al. 1983, NIEDERDELLMANN et al. 1984).

Zwei Schrauben sollen kranial und eine Schraube kaudal des Nervus mandibularis implantiert werden. Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten kann jedoch in manchen Fällen nur eine Schraube kranial implantiert werden, so dass in diesen Fällen zwei Schrauben kaudal des Nervus mandibularis eingesetzt werden müssen.



**Abb.3 3: Positionierung der Schrauben**

Die Titanschrauben werden nach Vorbohren mit dem 2 mm-Bohrer ohne Gewindeschneiden eingebracht. Für die resorbierbaren Schrauben wird mit 2,7 mm vorgebohrt und mit dem Spezial-Gewindeschneider vorgeschritten. Das Einsetzen der Isosorb®-Schraube erfolgte ohne Verkanten und unter Vermeidung von hohen Anzugskräften entsprechend dem Prinzip der Positionsschrauben-Osteosynthese.

Abschließend wird die intermaxilläre Verschnürung erneut geöffnet. Die durch die Unterkieferverlagerung eingestellte Verzahnung wird intraoperativ unter manueller Führung des Unterkiefers überprüft und mit der auf der Modelloperation geplanten Okklusion verglichen. Bei Diskrepanzen werden die Schrauben entfernt und die Position der Osteosynthese-Schrauben überprüft und eventuell korrigiert. Zum Ende der Operation werden zwei Saugdrainagen eingelegt. Die Schleimhaut wird mit Seide, die Stichinzision in der Wange mit Polypropylen vernäht.

Eine intermaxilläre Fixation war bei keiner der beiden Patientengruppen vorgesehen, konnte jedoch nach klinischer Einschätzung, hinsichtlich der Stabilität der Okklusion oder der Fragmentposition angeordnet werden. Eine Nachbehandlung mit intermaxillären Gummizügen diente der Bahnung der



Propriozeption in der neuen skelettalen Unterkieferposition und neuromuskulären Umstellung.

### **3.5 Untersuchungszeitpunkte**

Für die vorliegende Untersuchung wurden seitliche Fernröntgenbilder des Kopfes (FRS) zu unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten kephalometrisch analysiert und ausgewertet. Die röntgenkephalometrischen Veränderungen wurden zu folgenden Untersuchungszeitpunkten festgehalten:

**T0:** kieferorthopädischer Behandlungsbeginn

**T1:** präoperativ

**T2:** 0 bis 3 Monate postoperativ

**T3:** 4 bis 8 Monate postoperativ

**T4:** 9 bis 14 Monate postoperativ

**T5:** ab 15 Monate postoperativ

### **3.6 Patientengruppen**

Die Behandlungsunterlagen der Patienten, die an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universität Heidelberg operiert wurden, standen für diese Arbeit nicht zur Verfügung, und kamen so bei der kephalometrischen Analyse nicht zur Auswertung.

Bei dieser Arbeit sind nun ausschließlich Dysgnathiepatienten berücksichtigt, die an der Klinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universität Würzburg operiert wurden. Beim ausgewählten Patientengut handelt es sich um 51 Patienten, 18 männlichen Geschlechts und 33 weiblichen Geschlechts. Bei 45 Patienten lag eine Distallage des Unterkiefers vor, bei 5 Patienten eine Progenie und bei den meisten Patienten lag zusätzlich eine laterodysgnathe Komponente vor.

Von den 51 zu untersuchenden Patienten waren nicht zu jedem Untersuchungszeitpunkt Fernröntgenbilder vorhanden. Entscheidend für die Aufnahme in die Untersuchung war, dass mindestens ein Bild präoperativ (T0 oder T1) und mindestens ein Bild postoperativ (T2 bis T5) zur Verfügung standen. Von Patient 113 standen gar keine Fernröntgenbilder zur Verfügung, von Patient 116 und von Patient 146 fehlten die postoperativen Fernröntgenbilder für die kephalometrische Analyse. Aus diesem Grund verringerte sich das zu untersuchende Patientengut um 3 Patienten. Es handelte sich hierbei, um 3 weibliche Patienten, einer gehörten der Titangruppe und zwei der Isosorbgruppe an. Die präoperative Bisslage war bei allen 3 Patienten distal.

Die Art der Unterkieferosteotomie, die Geschichtsverteilung und das jeweils verwendete Osteosynthesematerial kann aus den folgenden Tabellen (Tab.3.2 Tab.3.3 Tab.3.4) entnommen werden.

Osteosynthesematerial	UK- Vorverlagerung		UK- Rückverlagerung		Gesamt	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
<b>Isosorb®</b>	23	53,5	2	40	25	52,1
<b>Titan</b>	20	46,5	3	60	23	47,9
<b>Total</b>	43	100	5	100	48	100

**Tab.3.2: Übersicht der Studiengruppen, differenziert nach der Art der Unterkieferosteotomie und des verwendeten Osteosynthesematerials.**

Geschlecht	Isosorb®		Titan		Gesamt	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
<b>Männlich</b>	9	39,1	7	35	16	37,2
<b>Weiblich</b>	14	60,9	13	65	27	62,8
<b>Total</b>	23	100	20	100	43	100

**Tab.3.3: Übersicht über die Geschichtsverteilung in der Distalgruppe**

Geschlecht	Isosorb®		Titan		Gesamt	
	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%	<i>n</i>	%
<b>Männlich</b>	1	50	1	33,3	2	40
<b>Weiblich</b>	1	50	2	66,7	3	60
<b>Total</b>	2	100	3	100	5	100

**Tab.3.4: Übersicht über die Geschlechtsverteilung in der Mesialgruppe**

Die Anzahl der zur Verfügung stehenden seitlichen Fernröntgenbilder des Kopfes zu den unterschiedlichen Untersuchungszeitpunkten in der Distalgruppe gehen aus der Tab.3.5 und Abb.3 4 hervor.

Zeitpunkt	Isosorbgruppe	Titangruppe	Gesamt
<b>T0</b>	21	18	39
<b>T1</b>	18	19	37
<b>T2</b>	7	8	15
<b>T3</b>	14	16	30
<b>T4</b>	7	7	14
<b>T5</b>	15	8	23

**Tab.3.5: Anzahl der ausgewerteten FRS zu den Untersuchungszeitpunkten T0-T5 (Distalgruppe)**

Da die Gruppe der Progeniepatienten mit nur 5 Studienteilnehmern für eine statistische Auswertung zu klein war, musste diese Gruppe ausgeschlossen werden. Die Gruppe, bei der eine Unterkiefervorverlagerung durchgeführt wurde (Distalgruppe), erfolgte eine statistische Auswertung der kephalometrischen Parameter.

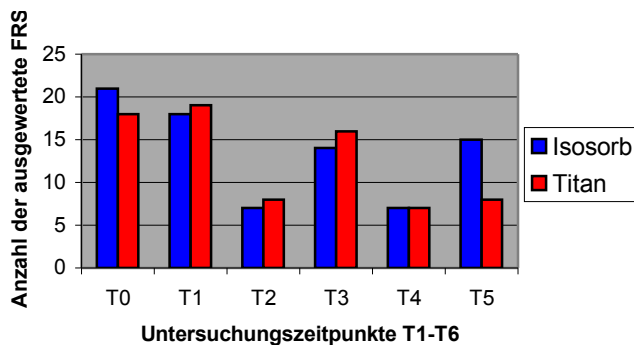


Abb.3 4: Verteilung der ausgewerteten FRS zu den Untersuchungszeitpunkten T0-T5 (distalgruppe)

## 3.7 Kephalometrische Auswertung

### 3.7.1 Aufnahmetechnik und Datenverarbeitung

Alle Fernröntgenbilder des Kopfes (FRS) wurden nach standardisierten Aufnahmetechniken in habitueller Schlussbisslage angefertigt. Dabei verlief der Zentralstrahl rechtwinklig zur Filmebene durch den Porus acusticus externus.

Die Aufnahmen stammten entweder aus der Universitätsklinik für Zahn- Mund- und Kieferkrankheiten Würzburg oder aus der Praxis des jeweils behandelnden niedergelassenen Kieferorthopäden. Zum Ausschluss vergrößerungsbedingter Fehler wurden die Fernröntgenseitbilder entsprechend den Vergrößerungsfaktoren der jeweiligen Röntgenanlage kalibriert.

Die Fernröntgenbilder wurden im Maßstab 1:1 mit 600 dpi gescannt (Epson Scanner Expression 1680 Pro) und in ein Fernröntgenanalyseprogramm (FR-WIN 4.0, Falkenstein) eingelesen. Das Bearbeiten der Fernröntgenbilder am Computer ermöglichte eine sehr genaue Festlegung der Messpunkte, da durch die hohe Auflösung mit einer starken Vergrößerung gearbeitet werden konnte. Bei der computergestützten Kephalometrie genügt die Eingabe der Referenzpunkte. Strecken, Winkel und Verhältniszahlen werden durch das

Computerprogramm FR-WIN errechnet. Durch Studien zur Fehleranalyse haben BECKMANN; WINGBERG und HASUND (1984) nachgewiesen, dass methodische Fehler bei der Computeranalyse geringer sind als bei der Handmessung. Um den Methodenfehler weiter zu reduzieren wurden bei der Definition der Referenzpunkte alle Bilder eines Probanden in einer Sitzung ausgewertet. Zusätzlich wurden alle Bilder mehrfach ausgewertet und der Mittelwert der einzelnen Messungen als eigentlicher Messwert verwendet. Aufgrund von Fehlern in der Abbildungsgeometrie kann es bei Strukturen, die paarig angelegt sind, zu Doppelkonturen kommen. Diese röntgenologisch bedingten Doppelkonturen wurden gemittelt.

### **3.7.2 Kephalometrische Referenzpunkte**

Die Auswertung der Fernröntgenbilder erfolgte nach der Würzburger Methode und entspricht weitgehend der Bergen Analyse, in der von HASSUND empfohlenen Methode.

Folgende kephalometrische Messpunkte des Gesichtsschädels in Bezug auf die Median-Sagittalebene wurden verwendet (Abb.3 .5):

- N:** Nasion  
vorderster Punkt der Sutura naso-frontalis in der Median-Sagittal-Ebene
  
- S:** Sella  
konstruiertes Zentrum der knöchernen Krypte der Sella turcica in der Median-Sagittal-Ebene
  
- Ba:** Basion  
der am weitesten posterior und kaudal gelegene Punkt des Clivus in der Median-Sagittal-Ebene

**Pt:** Pterygoid-Punkt

Höchster und dorsalster Punkt in der Fossa pterygopalatina Kontur

**Spp:** Spina nasalis posterior

hinterster Punkt des knöchernen Nasenbodens in der Median-Sagittal-Ebene

**Spa:** Spina nasalis anterior

vorderster Punkt des knöchernen Nasenbodens in der Median-Sagittal-Ebene

**Ar:** Articulare

röntgenologischer Schnittpunkt des Unterrandes der Schädelbasis mit der dorsalen Kontur des Collum mandibulae

**A-Punkt:**

tiefster Punkt der vorderen Kontur des Oberkiefer-Alveolarfortsatzes in der Median-Sagittal-Ebene

**B-Punkt:**

tiefster Punkt der anterioren Kontur des Unterkiefer-Alveolarfortsatzes in der Median-Sagittal-Ebene

**Pg:** Pogonion

der am weitesten ventral gelegene Punkt des knöchernen Kinns in der Median-Sagittal-Ebene

**Me:** Menton

der kaudalste Punkt der Unterkiefersymphyse in der Median-Sagittal-Ebene

**Is1\_:** Incisale 1 oben

der am weitesten inzisal gelegene Punkt des am anteriorsten stehenden oberen mittleren Schneidezahnes in der Median-Sagittal-Ebene

**Ap1\_:** Apicale 1 oben

der apikalste Punkt der Wurzel des am weitesten anterior stehenden mittleren Oberkiefer-Schneidezahnes

**hPOcP:** Okklusionsplanum hinten

Okklusionsplanum hinten :hinterer Kontaktpunkt der oberen und unteren Molaren

**Okka:** Okklusionsplanum anterior

**Is1-:** Incisale 1 unten

der am weitesten inzisal gelegene Punkt des am anteriorsten stehenden unteren mittleren Schneidezahnes

**Ap1-:** Apicale 1 unten

der apikalste Punkt der Wurzel des am weitesten anterior stehenden mittleren Unterkiefer-Schneidezahnes

**Ct:** UK Tangentenpunkt

Der Unterkiefertangentenpunkt ist der Tangentenpunkt vom Menton an den Unterrand des horizontalen Astes

**Rt:** Ramustangentenpunkt

Der Ramustangentenpunkt ist der Tangentenpunkt vom Articulare an den Hinterrand des aufsteigenden Astes.

Weichteilpunkte sind für die Eingabe erforderlich, sie wurden jedoch nicht in der FRS-Analyse bewertet, weil bei einer Vielzahl der Bilder das Weichteilprofil nicht ausreichend zu beurteilen war. Für das Studienziel, die Beurteilung der skelettalen Verlagerung, waren Weichteilparameter zudem nicht relevant.

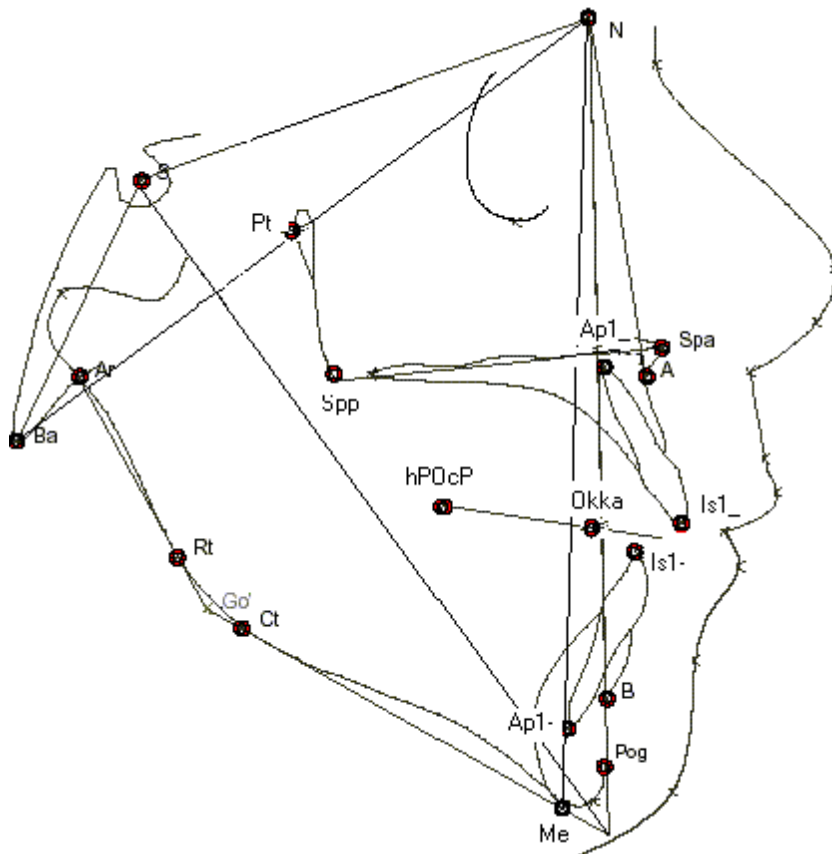


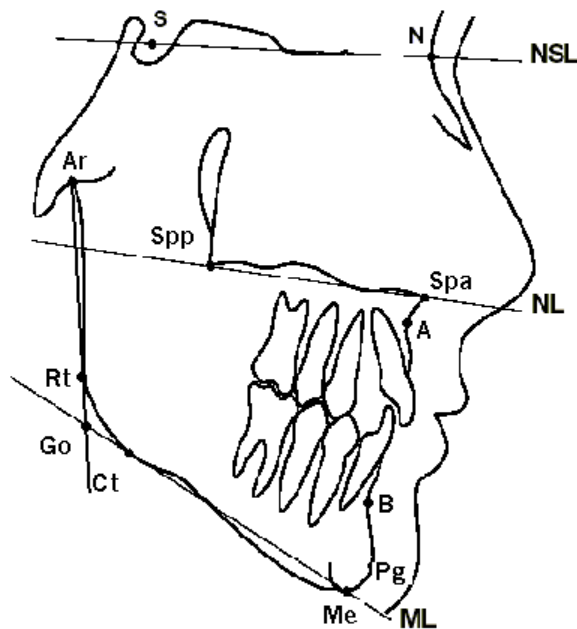
Abb.3 .5: Durchzeichnung eines FRS mit den kephalometrischen Referenzpunkten der Würzburganalyse

### 3.7.3 Referenzlinien

Durch die Verbindung der Referenzpunkte ergaben sich die Bezugslinien: Hauptreferenzlinie ist die Nasion-Sella-Linie (NSL), also die Verbindungslinie zwischen den Referenzpunkten Nasion und Sella. Diese Linie repräsentiert die anteriore Schädelbasis und bietet bei den folgenden Winkelmessungen zur NSL-Ebene den Vorteil, dass diese sich während der beobachteten Behandlungsperiode kaum verändert. Für die Beurteilung der Position und der



Neigung des Oberkiefers wurde die Nasallinie (NL), die durch die Verbindungslinie zwischen Spina nasalis anterior und Spina nasalis posterior definiert ist, und die Linie Nasion-A-Punkt (Nasallinie(NAL)) gewählt (Abb.3.6). Die Bezugslinien des Unterkiefers sind die anteriore Tangente (Mandibularlinie (ML-Ebene)), sie verläuft durch das Menton und berührt den Unterkiefer im Bereich des Kieferwinkels, die posteriore Tangente ausgehend vom Articulare an den Hinterrand des aufsteigenden Unterkieferastes und die Verbindungslinie zwischen Nasion und B-Punkt (NBL).



**Abb.3.6:** Hauptreferenzlinien bei der FRS-Analyse und anguläre Variablen zur Ermittlung der vertikalen Kieferrelation: ML/NSL(UK-Neigung, NL/NSL(OK-Neigung, NL/ML(Interbasenwinkel) und ArGoMe-Winkel(Gonionwinkel)

### 3.7.4 Messvariablen

In den folgenden Tabellen (Tab.3.6, Tab.3.7 und Tab.3.8) werden die verwendeten Meßvariablen der Würzburg-Analyse aufgelistet, sowie kurz definiert und beurteilt.

Winkel in Grad, Strecken in mm, Verhältniszahlen in Prozent

## Dentale Analyse

Variable	Definition	Beurteilung
<b>+1 zu NL</b>	Winkel Schneide- zahnachse im OK und NL	Achsenstellung der oberen Incisivi bezüglich der Nasallinie; große Werte Steilstand, kleine Winkel Labialstand. Normwert $70\pm 5^\circ$
<b>+1 zu NS</b>	Winkel Schneide- zahnachse im OK und NSL	Achsenstellung der OK-Front bezüglich der Nasion-Sella- Linie, große Winkel Steilstand, kleine Winkel Labialstand. Normwert $77\pm 2^\circ$
<b>+1-NA-Winkel</b>	Winkel Schneide- zahnachse im OK zu NAL	Achsenstellung der oberen Schneidezähne bezüglich NAL; große Werte protrusive Achsenstellung, kleine Werte retrusive Achsenstellung
<b>+1-NA-Strecke</b>	Strecke Incisale OK und NAL	Position der OK-Front bezüglich der Oberkieferbasis; vergrößerte Werte Anteposition, kleinere Werte Oberkieferfront hinter Oberkieferbasis
<b>-1 zu ML</b>	Winkel Schneide- zahnachse im UK und ML	Achsenstellung der unteren Schneidezähne bezüglich der ML-Ebene; große Werte Steilstand, kleine Winkel Labialstand. Normwert $90\pm 3^\circ$
<b>-1-NB-Winkel</b>	Winkel Schneide- zahnachse im UK und NBL	Achsenstellung der UK-Front bezüglich der NB-Linie; große Werte labialer Kippstand, kleine Werte Steilstand
<b>-1-NB-Strecke</b>	Strecke Incisale UK und NBL	Position der unteren Schneidezähne bezüglich der Kieferbasis; kleiner Wert UK-Front hinter UK-Basis, großer Wert UK-Front vor UK-Basis
<b>PgNB-Strecke</b>	Strecke Pogonion zur Linie NB	Maß für die Ausprägung des knöchernen Kinns; je größer der Wert ausfällt, desto stärker ist das knöcherne Kinn ausgebildet
<b>Interinzisal- winkel</b>	Winkel Schneide- zahnachse OK und Schneide- zahnachse UK	Schneidezahnstellung ; großer Interinzisalwinkel bei Steilstand der Incisivi, kleine Werte z.B bei bimaxillärer Protrusion

**Tab.3.6: Variablen, Definition und Beurteilung der dentalen Analyse**

## Vertikaler Schädelaufbau

Variable	Definition	Beurteilung
<b>ML-NL Interbasen- winkel</b>	Winkel Oberkieferbasis (NL-Ebene) und Unterkieferbasis (ML-Ebene)	Der Interbasenwinkel beschreibt den Öffnungswinkel der Kieferbasen; große Winkel tendenziell offener Biß, kleine Werte Tiefbiß. Normwert $23,5\pm 5^\circ$
<b>ML-NSL UK-Neigung</b>	Winkel Mandibularlinie und NSL	Neigung der Mandibula bezüglich der anterioren Schädelbasis; großer Wert posteriore Neigung des UK, kleine Werte anteriore Neigung des UK. Normwert $32\pm 5^\circ$
<b>NL-NSL OK-Neigung</b>	Winkel Nasallinie und NSL	Neigung des Oberkiefers gegenüber der anterioren Schädelbasis; große Werte posteriore Neigung des OK, kleine Werte anteriore Neigung des OK. Normwert $8,5\pm 3^\circ$
<b>Verhältnis N- Me zu S-Go PFH/AFH</b>	Streckenverhältnis s von Nasion- Menton zu Sella- Gonion	Verhältnis hintere Gesichtshöhe zu vorderer Gesichtshöhe; kleine Werte posterior, große Werte anterior (NORM $63\pm 5\%$ )
<b>Verhältnis NSp zu SpMe Ant.UGH</b>	Streckenverhältnis s von Nasion- Spinaebenenpun- kt zu Spinaebenenpun- kt-Menton	Das anteriore Gesichtshöhenverhältnis gibt das Verhältnis Mittelgesichtshöhe zur Untergesichtshöhe an; großer Wert kleine Untergesichtshöhe, kleiner Wert große Untergesichtshöhe. Normwert $79\pm 5\%$
<b>ArGoMe-Winkel Gonionwinkel</b>	Winkel Mandibularlinie und posteriore Tangente	Der Kieferwinkel hängt von der Neigung des UK ab; große Werte posteriore Neigung, kleine Werte anteriore Neigung des UK. Normwert $130\pm 7^\circ$

Tab.3.7: Variable, Definition und Beurteilung zum vertikalen Schädelaufbau

## Sagittaler Schädelaufbau

Variable	Definition	Beurteilung
SNA-Winkel	Winkel Sella, Nasion und A-Punkt	Sagittale Position des OK zur NSL; große Werte maxilläre Prognathie, kleine Werte maxilläre Retrognathie. Normwert $82\pm 3,5^\circ$
SNB-Winkel	Winkel Sella, Nasion und B-Punkt	Sagittale Position des UK zur NSL; große Werte mandibuläre Prognathie, kleine Werte mandibuläre Retrognathie. Normwert $80\pm 3^\circ$
NS-Ba	Winkel Nasion, Sella und Basion	Maß für die Schädelbasisknickung, kleine Werte häufig bei prognathen Kiefern. Normwert $130\pm 5^\circ$
SN-Pg	Winkel zwischen Sella, Nasion und Pogonion	Hinweis über die sagittale Position des Unterkiefers und die Kinnprominenz. Normwert $81\pm 3^\circ$
S-N	Strecke Nasion und Sella	Bezugslinie von kephalometrischen Messungen
Go-Me	Strecke Gonion und Menton	Mandibularlinie, sie beschreibt die Länge der Unterkieferbasis
WITS-Wert		“Wits Appraisal“, Abstand der senkrechten Projektion der Punkte A und B auf der Okklusionsebene (OE). Liegt A0 vor B0, ist der Wert positiv. Liegt B0 vor A0 ist der Wert negativ. (NORM $-2$ to $+2$ , mesial $< -2$ , distal $> 2$ )
ANB-Winkel	Winkel A-Punkt, Nasion und B-Punkt	Sagittale Relation von OK und UK; großer Wert OK weiter anterior als UK, kleiner oder negativer Wert UK weiter anterior als OK. (NORM $0$ to $4^\circ$ )

**Tab.3.8: Variable, Definition und Beurteilung zum sagittalen Schädelaufbau**

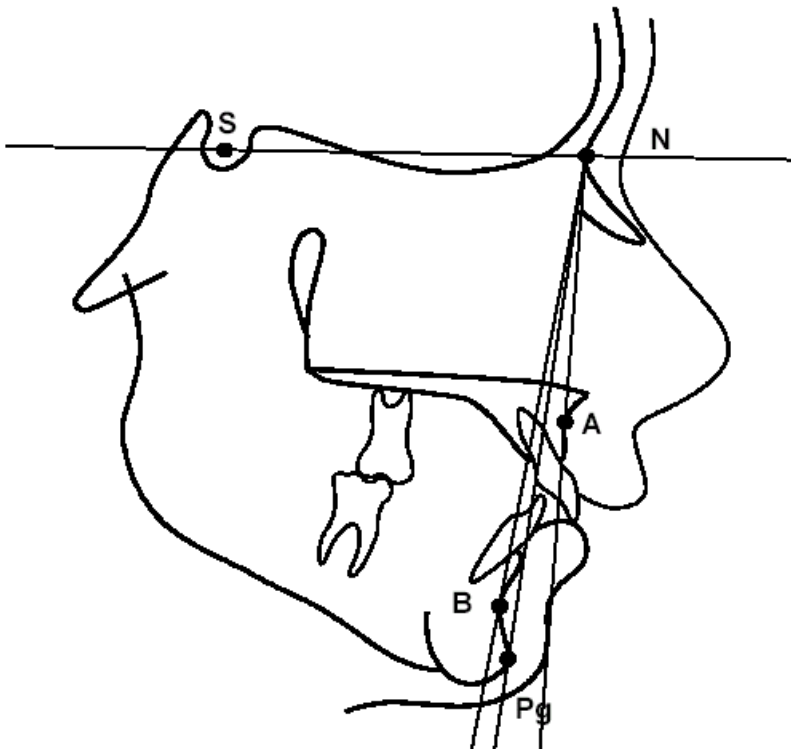


Abb.3.7: Anguläre Variablen zur Ermittlung der sagittalen Kieferrelation: SNA, SNB, ANB, SNPg

### 3.7.5 Vertikale und sagittale Kieferrelation

Von den 25 ermittelten Variablen wurden 5 Parameter statistisch ausgewertet (Abb.3.6 und Abb.3.7):

#### Sagittale Kieferrelation:

*SNB – Winkel*

*SN-Pg – Winkel*

*ANB – Winkel*

#### Vertikale Kieferrelation:

*Gonionwinkel*

*UK-Neigung*

### 3.8 Statistische Verfahren

Die ermittelten Messwerte der einzelnen Variablen wurden direkt aus dem Fernröntgenanalyseprogramm FR-WIN in das Computerprogramm „Microsoft Excel 2000“ exportiert. Hier konnten die Mittelwerte der mehrfach Messungen errechnet werden und der endgültige Messwert wurde mittels des Computerprogramms SPSS eingelesen und statistisch ausgewertet.

Die Werte zum Behandlungsbeginn (BHB) und die präoperativen Daten wurden extrahiert und die Daten nach OP zum Operationsdatum in Beziehung gesetzt.

Für die beiden Osteosynthesegruppen getrennt wurden zu den Untersuchungszeitpunkten (T0-T5) von jeder Variable der Mittelwert (MW) und die Standardabweichung (SD) der Absolutwerte und die prozentuale Veränderung bezogen auf die Ausgangslage berechnet und zur besseren Übersicht mit Minimum und Maximum nebst Patientenzahl (Datenbasis) tabellarisch aufgeführt.

Aufgrund der kleinen Datenbasis zu den Untersuchungszeitpunkten T2, T4 und in der Titangruppe zusätzlich zum Zeitpunkt T5, wurden Untersuchungszeitpunkte zusammengefasst. Dadurch konnte das Stabilitätsverhalten der einzelnen Parameter aussagekräftiger beurteilt werden. Mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Test wurden Unterschiede zwischen den beiden Gruppen bewertet. Für die Variablen SNB-Winkel und ANB-Winkel wurden mit Hilfe des Wilcoxon-Sign-Rank-Test zusätzlich ermittelt, ob die chirurgischen und Follow-up-Veränderungen innerhalb einer Gruppe signifikant waren. Die Verläufe wurden jeweils graphisch dargestellt.

Ferner wurden die errechneten Mittelwerte jedes einzelnen Parameters zwischen den Zeitpunkten präoperativ (T1), erstes postoperatives FRS und zweites postoperatives FRS wie folgt zueinander in Beziehung gesetzt:

$$\text{Rezidiv} = \frac{\text{zweites postoperatives FRS} - \text{erstes postoperatives FRS}}{\text{erstes postoperatives FRS} - \text{präoperativ}}$$

Anhand dieser Formel konnte das Rezidiv als Prozentsatz vom Ausmaß der operativen Verlagerung angegeben werden. Die Vorzeichen sind dabei folgendermaßen zu interpretieren:

Trat postoperativ ein Rezidiv auf, das heißt eine Verlagerung des untersuchten Parameters entgegengesetzt der Operationsrichtung, so erhält man ein negatives Vorzeichen. Trat jedoch eine Weiterentwicklung des Parameters in der Operationsrichtung auf, so erhält man ein positives Vorzeichen (Überkorrektur).

Abschließend folgte für beide Gruppen die Darstellung der individuellen postoperativen Veränderungen bezogen auf die präoperative Ausgangslage für die 5 ausgewählten Parameter.

Folgende Signifikanzniveaus und Abkürzungen (Tab.3.9) kamen zur Anwendung:

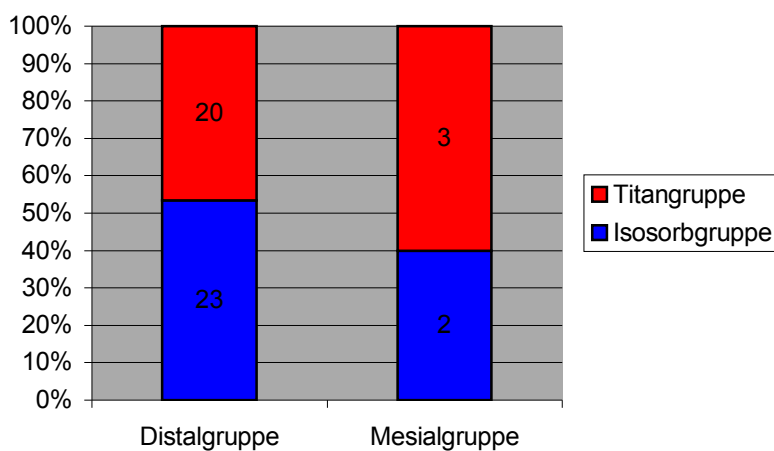
- $p > 0,05$       Es besteht kein Unterschied (n.s. non signifikant)
- $p \leq 0,05$      Der Unterschied ist schwach signifikant (\*)
- $p < 0,01$       Der Unterschied ist signifikant (\*\*)
- $p < 0,001$      Der Unterschied ist hoch signifikant (\*\*\*)

<b>Abkürzung</b>	<b>Bedeutung</b>
<b>SD</b>	Standardabweichung (standard deviation), ein Maß für die Variabilität von Daten
<b>MW</b>	Mittelwert
<b>Max.</b>	Maximum
<b>Min.</b>	Minimum
<b>SPSS</b>	Ein Softwarepaket zur statistischen Datenanalyse („Statistical package for the social sciences“)

**Tab.3.9:** Liste der Abkürzungen

## 4 Ergebnisse

Im Rahmen der vorliegenden Untersuchung wurden 43 Patienten mit skelettaler Klasse II (Distalgruppe) und 5 Patienten mit skelettaler Klasse III (Mesialgruppe) kephalometrisch analysiert und ausgewertet. Die genaue Aufteilung der kephalometrisch erfassten Gruppen ist in Abb. 4.1 ersichtlich.



**Abb. 4.1: Unterteilung der Gruppen nach dem Osteosynthesematerial**

Die in diesem Kapitel aufgeführten Ergebnisse beinhalten ausschließlich die Patientengruppe, die eine Unterkiefervorverlagerung erhielt.

Die ursprünglich geplante statistische Auswertung der Mesialgruppe, erwies sich als nicht durchführbar, da die Untersuchungsgruppe zu klein für gesicherte statistische Aussagen war.

Im folgendem werden die Ergebnisse der Distalgruppe vorgestellt, dabei wird zunächst auf die Vergleichbarkeit der beiden Osteosynthesegruppen eingegangen und anschließend auf die Ergebnisse der statistischen Auswertung der fünf kephalometrischen Parameter.



## 4.1 Patientengut

### 4.1.1 Alter des Gesamtkollektivs zum Operationszeitpunkt:

Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Operation betrug für beide Gruppen 28 Jahre. Es zeigte sich ein deutlicher Schwerpunkt bei Patienten im Altersbereich von 20-29 Jahren. Der jüngste Patient war 18 Jahre, der älteste 47 Jahre alt (Abb. 4.2).

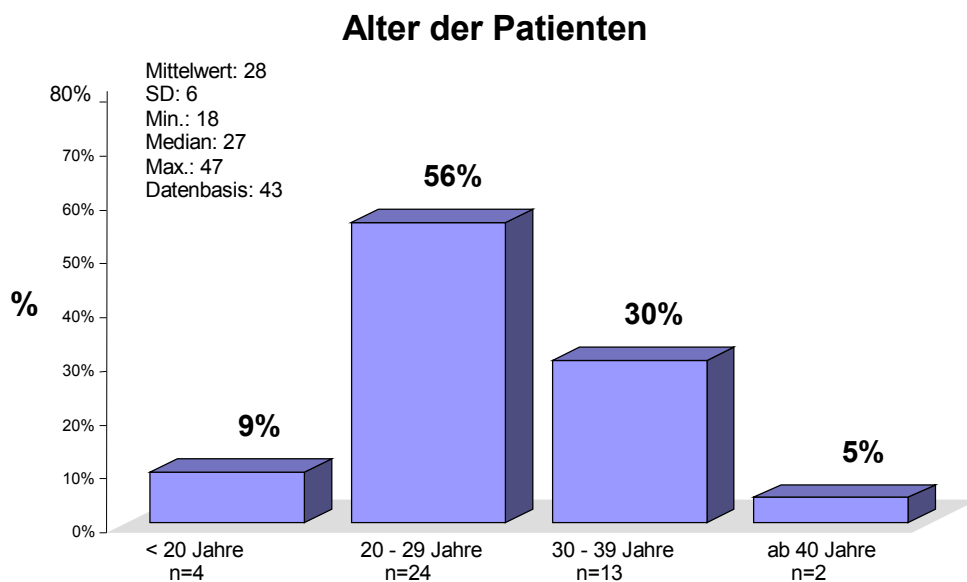


Abb. 4.2: **Altersverteilung zum Operationszeitpunkt für das gesamte Patientenkollektiv in der Distalgruppe. Prozentwerte ganzzahlig gerundet.**

### 4.1.2 Vergleichende Darstellung der beiden Untersuchungsgruppen (Isosorb-, Titangruppe)

Beim Vergleich der beiden Osteosynthesegruppen hinsichtlich des Alters gab es keinen statistisch signifikanten Unterschied ( $p=0,43$  n.s.). Im Durchschnitt waren beide Gruppen etwas unter 30 Jahre alt.

Auch die Altersstruktur (vergleiche die Verteilung der Altersdekaden in Tab. 4.1) zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen ( $p=0,83$  n.s.).

Der Frauenanteil war insgesamt zwar etwas erhöht (> 60%). Allerdings unterschieden sich die beiden Gruppen auch hier nicht ( $p=0,78$  n.s.). Gleiches galt für das Gewicht ( $p=0,25$  n.s.) und die Körpergröße ( $p=0,37$  n.s.).

Die durchschnittliche kieferorthopädische Behandlungsdauer bis zum Operationstermin betrug für die Patienten, die mit der Isosorb®-Schraube versorgt wurden 28,4 Monate. Für die Titangruppe dauerte die kieferorthopädische Vorbehandlung im Durchschnitt 25,7 Monate ( $p=0,91$  n.s.). Unterschiedlich waren die beiden Gruppen lediglich in der Operationsdauer. Die durchschnittliche Dauer der Operation bei Verwendung der Isosorb®-Schraube lag bei 2,6 h, bei der Titanschraubenosteosynthese bei 2,1 h. Dieser Unterschied von einer halben Stunde zugunsten der Patienten, die Titan erhielten, war statistisch signifikant ( $p=0,004^{**}$ ). Insgesamt scheinen somit alle Indikatoren für eine gute Vergleichbarkeit der Gruppen hinzuweisen.

	Isosorb n = 23		Titan n = 20		Deskriptiver Test
Alter der Patienten in Jahren	27	+ 7 ( 18 21 27 31 47 )	28	+ 5 ( 19 25 27 31 40 )	p=0.48 n.s.
Alter der Patienten	< 20 Jahre	3 13%	1	5%	p=0.83 n.s.
	20 - 29 Jahre	12 52%	12	60%	
	30 - 39 Jahre	7 30%	6	30%	
	ab 40 Jahre	1 4%	1	5%	
Geschlecht	Männer	9 39%	7	35%	p=0.78 n.s.
	Frauen	14 61%	13	65%	
Gewicht in kg	62	+ 9 ( 44 56 61 66 84 )	66	+ 11 ( 50 56 66 72 90 )	p=0.25 n.s.
Größe in cm	171	+ 9 ( 158 165 170 175 193 )	174	+ 10 ( 160 167 174 180 198 )	p=0.37 n.s.
Dauer der OP in h	2.6	+ 0.5 ( 1.67 2.3 2.5 2.9 3.67 )	2.1	+ 0.5 ( 1.5 1.8 2 2.3 3.75 )	p=0.004 **
Mon. von Behandl.beg. bis OP	28.4	+ 18.2 ( 10 15 25 38 89 )	25.7	+ 10.4 ( 8 19 22 33 48 )	p=0.91 n.s.

Werte gefolgt von Klammern sind Mittelwert + SD, mit Min., allen Quartilen und Max. in Klammern.

Werte nach der Klammer sind die Fallzahl valider Daten.

Werte gerundet.

Deskriptive Tests auf Unterschied zwischen Gruppen:

- für stetige Daten: Mann-Whitney-U-test

- für Häufigkeiten: Chi<sup>2</sup>-test

**Tab. 4.1: Deskriptive Statistik zum Vergleich der beiden Osteosynthesegruppen, Datenbasis: n=43. Werte nicht verfügbar: Gewicht (Pat. Nr. 003), Größe (Pat. Nr. 003), Mon. Von BHB bis OP (Pat. Nr. 118, 123, 124, 147)**

## 4.2. Ergebnisse der kephalometrischen Auswertung

### 4.2.1 SNB-Winkel

#### 4.2.1.1 SNB-Winkel im zeitlichen Verlauf

Aus der Abb. 4.3 und Abb. 4.4 und den dazugehörigen Tabellen (Tab. 4.2 und Tab. 4.3) lassen sich der grafische Verlauf und die absoluten Werte und prozentualen Veränderungen des SNB-Winkels zu den Untersuchungszeitpunkten T0-T5 ablesen. Da zu den jeweiligen Untersuchungszeitpunkten nicht von allen Patienten Daten zur Verfügung standen (siehe Datenbasis Tab. 4.2 Tab. 4.3), sind besonders die Ergebnisse zum Zeitpunkt T2 und T4 mit Vorsicht zu interpretieren, weil hier individuelle Schwankungen größeren Einfluss ausüben konnten.

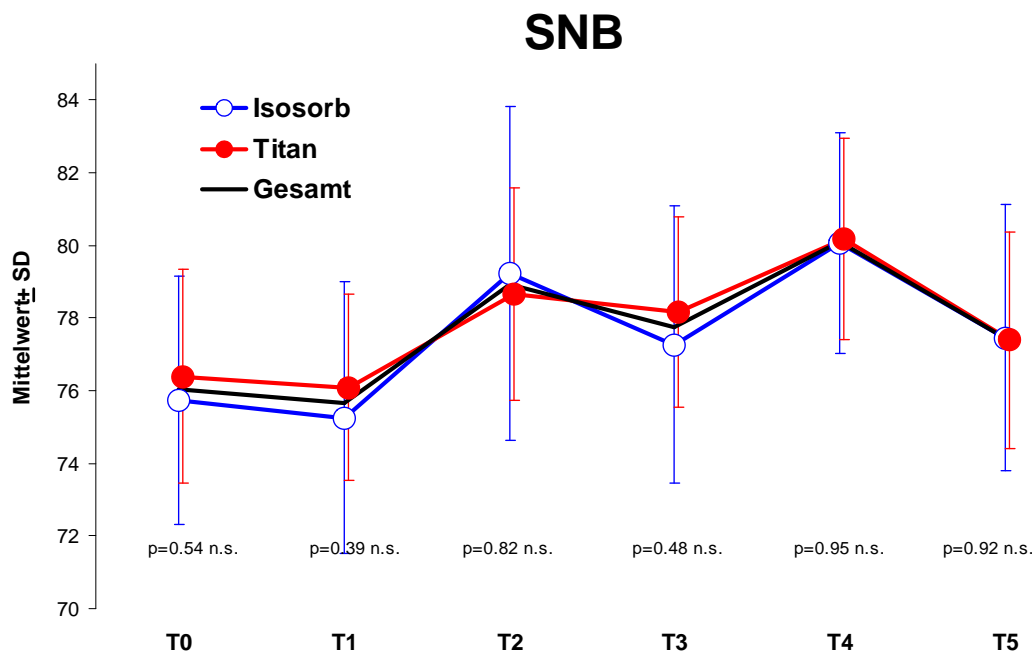


Abb. 4.3: SNB-Winkel als Verlauf von absoluten Werten (Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte  $\leq 0.05$  weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin. BORTZ 1990, 1992)

SNB												
Parameter	Isosorb	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis	Titan	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis
T0	75.7	3.4	69.3	75.5	81.5	21	76.4	2.9	72.4	75.1	80.9	18
T1	75.3	3.7	69.5	75.0	81.3	21	76.1	2.5	73.1	75.3	80.4	19
T2	79.2	4.6	72.3	81.0	84.9	7	78.7	2.9	75.2	78.1	83.8	8
T3	77.3	3.8	72.1	77.2	83.6	14	78.2	2.6	74.2	77.6	82.9	16
T4	80.1	3.0	76.4	79.6	84.9	7	80.2	2.8	75.3	81.5	83.0	7
T5	77.5	3.7	71.9	77.0	84.1	15	77.4	3.0	74.9	76.3	82.9	8

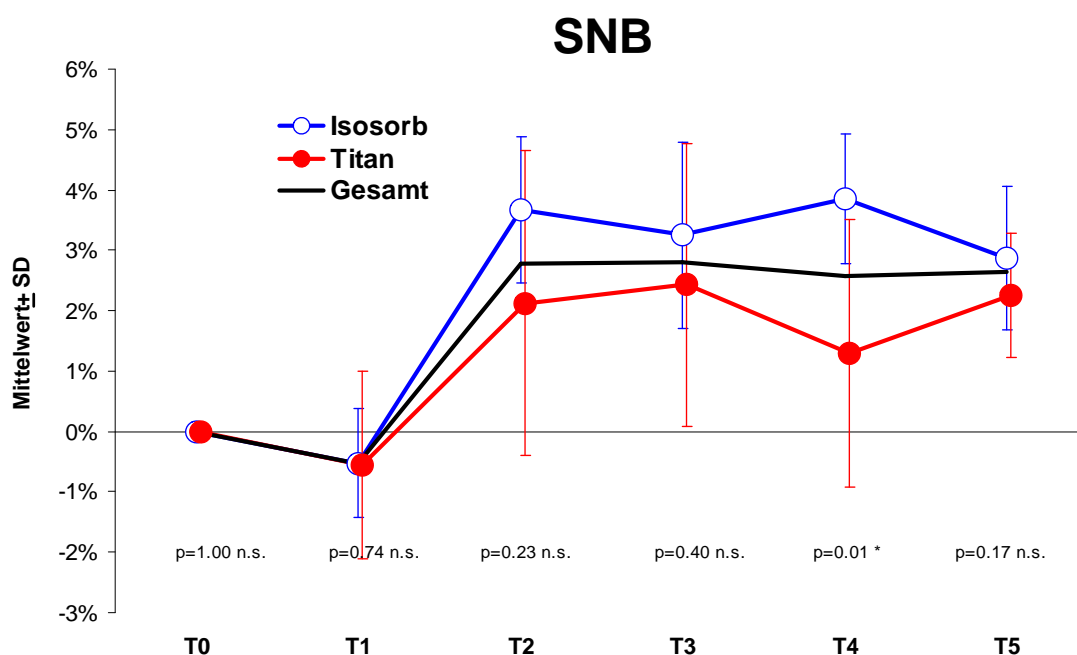
**Tab. 4.2: SNB-Winkel in Grad (absolute Werte) zu den Untersuchungszeitpunkten T0-T5**

Zum Zeitpunkt T0 betrug der SNB-Winkel für beide Gruppen im Durchschnitt 76°. Dieser Wert blieb bis zum Operationstermin relativ stabil. Operationsbedingt nahm der SNB-Winkel in der Isosorbgruppe um durchschnittlich 3,9°, in der Titangruppe um durchschnittlich 2,6° zu (T2). Bei der Kontrolle ca. 6 Monate postoperativ (T3) lag die Zunahme des SNB-Winkels verglichen zur präoperativen Ausgangslage bei der Isosorbgruppe bei 2,0°, in der Kontrollgruppe bei 2,1°. Bei der 1-Jahres Kontrolle (T4) zeigte sich für den SNB-Winkel in der Isosorbgruppe eine Zunahme von 4,8°, in der Titangruppe von 4,1° bezogen auf den präoperativen Wert. Zum Zeitpunkt T5 pendelt sich der Wert für beide Gruppen wieder im Bereich des T3-Wertes ein.

Der Blick auf den zeitlichen Verlauf des SNB-Winkels zeigte keinerlei Unterschiede zwischen den beiden verwendeten Osteosynthesematerialien (siehe p-Werte in Abb. 4.3).

SNB												
Parameter	Isosorb	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis	Titan	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis
T0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	21	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	18
T1	-0.5%	0.9%	-2.0%	0.0%	1.0%	19	-0.6%	1.5%	-5.0%	0.0%	2.0%	18
T2	3.7%	1.2%	2.0%	3.5%	5.0%	6	2.1%	2.5%	-3.0%	3.0%	5.0%	8
T3	3.3%	1.5%	1.0%	3.5%	6.0%	12	2.4%	2.3%	-3.0%	3.0%	6.0%	14
T4	3.9%	1.1%	3.0%	3.0%	5.0%	7	1.3%	2.2%	-3.0%	2.0%	3.0%	7
T5	2.9%	1.2%	0.0%	3.0%	5.0%	15	2.3%	1.0%	1.0%	2.0%	4.0%	8

**Tab. 4.3: Prozentuale Veränderung des SNB-Winkels bezogen auf die Ausgangslage**



**Abb. 4.4 :** SNB-Winkel als %-Verlauf, (Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte  $\leq 0.05$  weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin. Bortz 1990, 1992)

Die prozentualen Verläufe der Daten des SNB-Winkels in Abb. 4.4 und Tab. 4.3 (die Werte wurden erst intraindividuell auf die Ausgangslagen(T0) prozentuiert und dann gemittelt) zeigten präoperativ nur geringfügige Veränderungen von durchschnittlich 0,5% bzw. 0,6%. Der postoperativen Anstieg des SNB-Winkels in der Isosorbgruppe war deutlicher als in der Kontrollgruppe. Dieser Unterschied wurde zum Zeitpunkt T4 schwach signifikant ( $p=0,01^*$ ).

#### **4.2.1.2 Postoperative Stabilität des SNB-Winkels**

Um das postoperative Verhalten des SNB Winkels aussagekräftiger beurteilen zu können, wurden Untersuchungszeitpunkte zusammengefasst und es ergab sich die Auswertung der präoperativen Daten, erstes verfügbares postoperatives FRS und zweites verfügbares FRS (falls vorhanden). Es wurden die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen und die Veränderungen des

SNB-Winkels innerhalb der Gruppen auf statistische Signifikanz geprüft (Abb. 4.5 und Tab. 4.4).

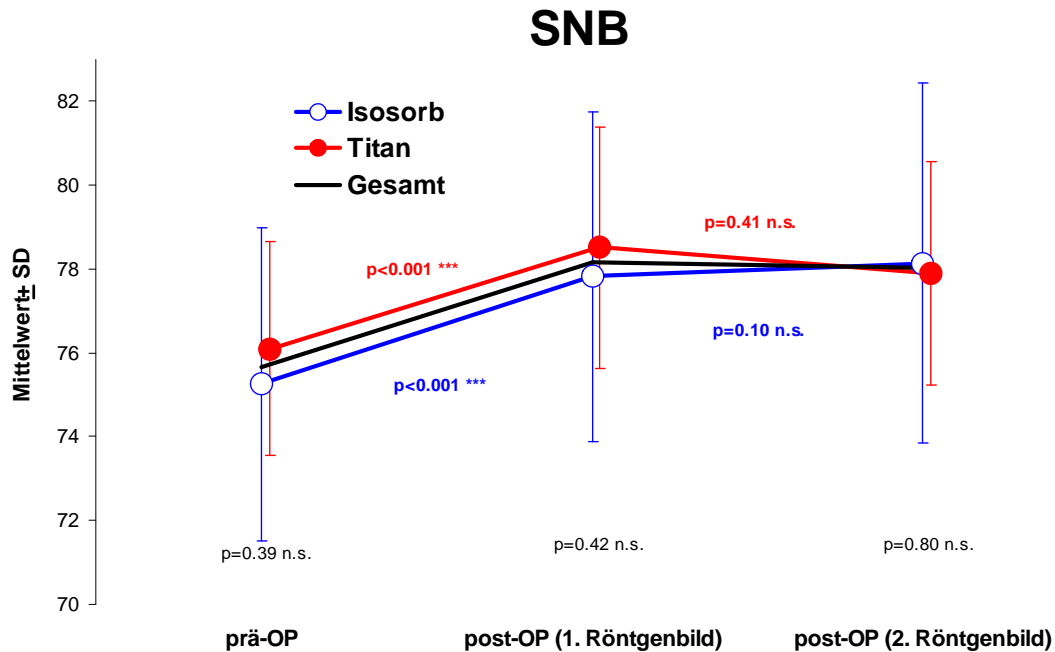


Abb. 4.5 : SNB präoperativ und nach OP (Signifikanztest im Gruppenvergleich: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte  $\leq 0.05$  weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin, Bortz, 1990, 1992), farbig gekennzeichnete p-Werte: Wilcoxon-Sign-Rank-Test zur explorativen Prüfung der Änderung

Parameter	SNB											
	Isosorb	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis	Titan	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis
prä-OP	75.3	3.7	69.5	75.0	81.3	21	76.1	2.5	73.1	75.3	80.4	19
post-OP (1. Röntgenbild)	77.8	3.9	72.3	77.2	84.9	23	78.5	2.9	74.2	78.0	83.8	20
post-OP (2. Röntgenbild)	78.1	4.3	71.9	77.8	84.9	16	77.9	2.7	75.2	76.9	83.0	14

Tab. 4.4 : SNB-Winkel in Grad präoperativ, 1.verfügbare FRS postoperativ und 2. verfügbares FRS postoperativ

Die durchschnittlich erreichte operative Vorverlagerung für die Isosorbgruppe (n=23) betrug beim SNB-Winkel 2,5°. Diese Änderung war statistisch hoch signifikant (p<0,001\*\*\*). Bei der nächsten Kontrolle (n=14) hatte sich der SNB-Winkel um weitere 0,3° vergrößert, entsprechend einem positiven Teilrezidiv von 12%. Die postoperativen Veränderungen waren statistisch nicht signifikant (p=0,10 n.s.).

In der Titangruppe (n=20) zeigte sich eine operationsbedingte Zunahme des SNB-Winkels um durchschnittlich 2,4° (p<0,001\*\*\*) gefolgt von einem postoperativen Korrekturverlust von -0,6° (n=14, p=0,41 n.s.), entsprechend einem negativen Teilrezidiv von 25%.

Hinsichtlich der Frage, ob die Größe des Rezidivs von der Wahl des Osteosynthesematerials abhängig ist, wurden keine signifikanten Unterschiede zwischen der Stabilisierung mit Isosorb®-Schrauben oder der Stabilisierung mit Titanschrauben festgestellt (p>0,05, siehe Abb. 4.5).

Die Rezidivberechnung erfolgte für alle kephalometrischen Parameter mit folgender Formel:

$$\text{Rezidiv} = \frac{\text{zweites postoperatives FRS} - \text{erstes postoperatives FRS}}{\text{erstes postoperatives FRS} - \text{präoperativ}}$$

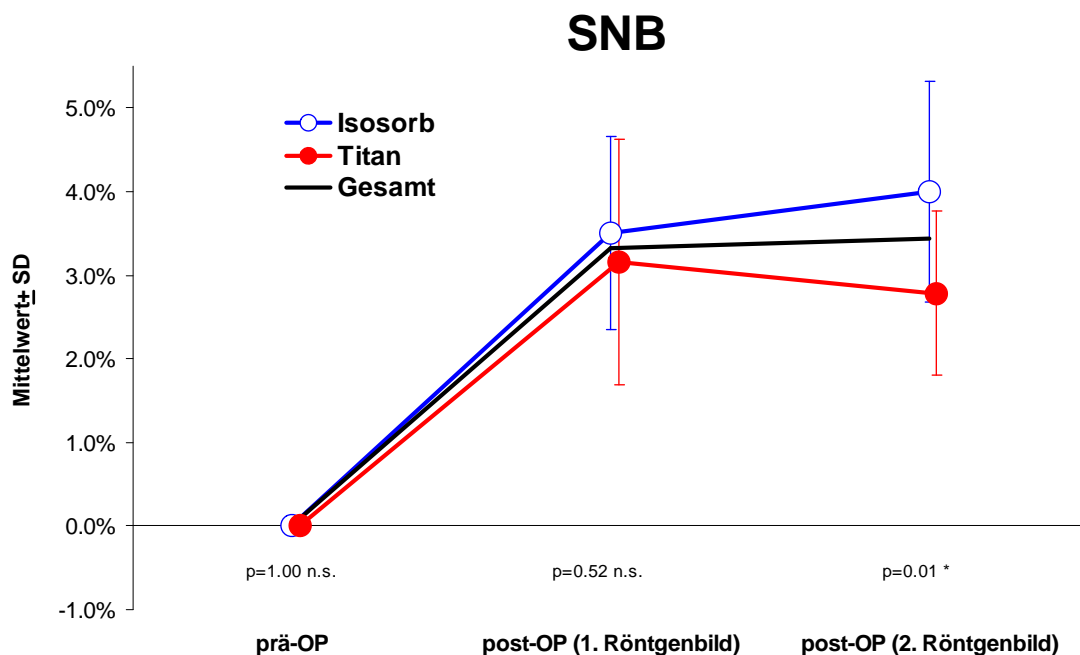
Multipliziert mit dem Faktor 100 erhält man die Rezidivrate in %.

Unter Einbezug der präoperativen Daten und der Berechnung von prozentualen Werten (Abb. 4.6) zeigte sich für die Isosorbgruppe eine größere prozentuale Zunahme des SNB-Winkel im Vergleich zur Titangruppe. Der Unterschied bei der ersten postoperativen Kontrolle war allerdings nicht signifikant (p=0,52 n.s.). Zum zweiten Untersuchungszeitpunkt wurde der Unterschied zwischen den beiden Gruppen schwach signifikant (p=0,01\*). Die Berechnung der Rezidivrate ergab hier für die Isosorbgruppe ein positives Teilrezidiv von 14,3% und für die Kontrollgruppe ein negatives Teilrezidiv von 12,5%.

Parameter	SNB						Datenbasis	Titan						Datenbasis
	Isosorb	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis		SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis		
prä-OP	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	21	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	19		
post-OP (1. Röntgenbild)	3.5%	1.2%	2.0%	3.0%	5.0%	18	3.2%	1.5%	0.0%	3.0%	5.0%	19		
post-OP (2. Röntgenbild)	4.0%	1.3%	2.0%	4.0%	6.0%	16	2.8%	1.0%	2.0%	2.5%	5.0%	14		

**Tab. 4.5 : SNB-Winkel präoperativ und 1. und 2. verfügbares FRS postoperativ (prozentuale Veränderung)**





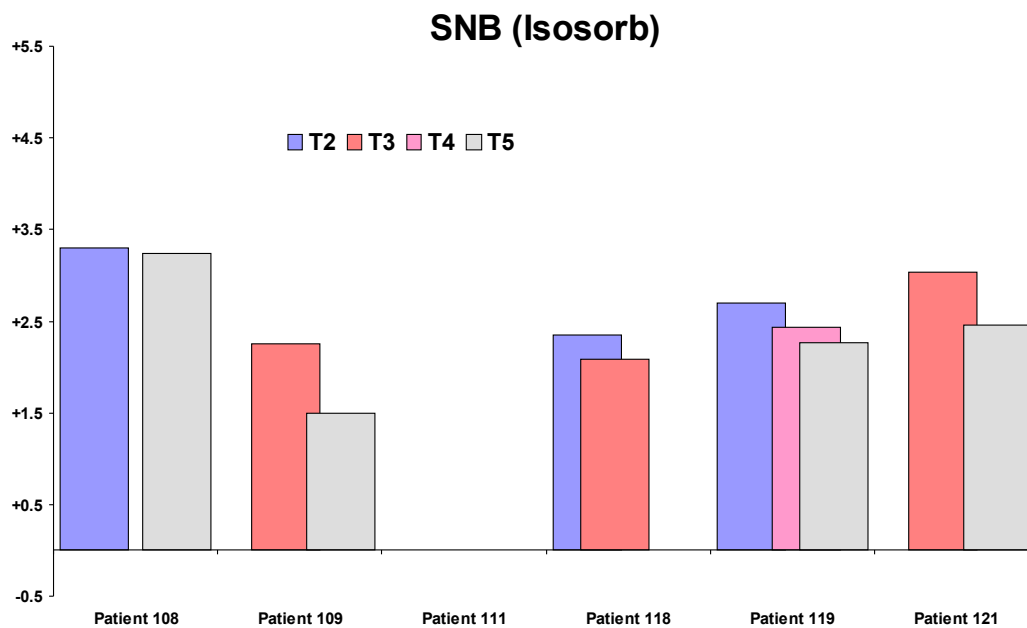
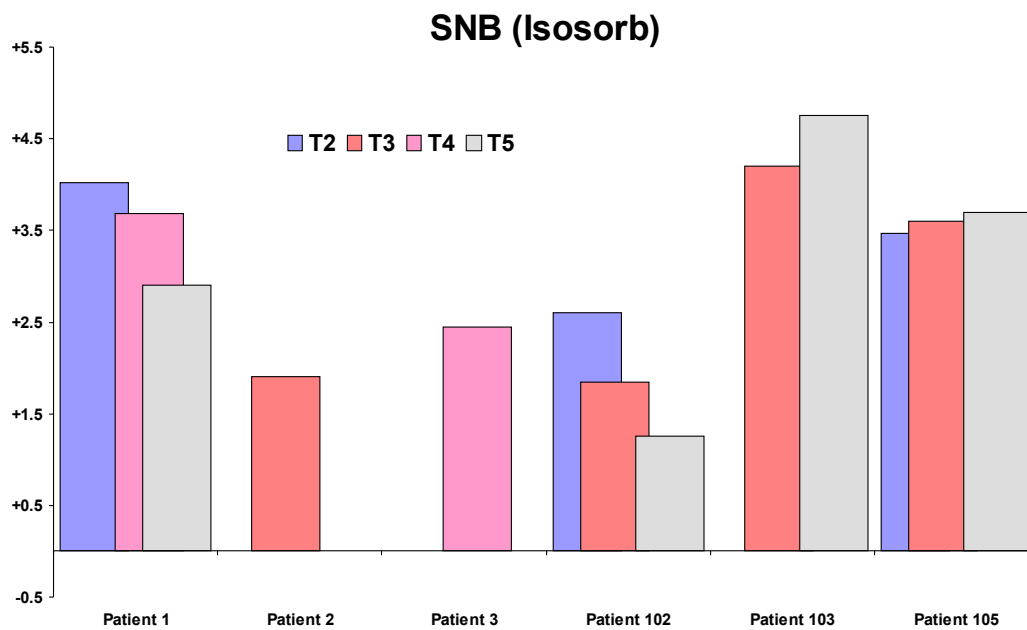
**Abb. 4.6:** SNB-Winkel präoperativ und 1, und 2. verfügbares FRS postoperativ (Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte  $\leq 0.05$  weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin. Bortz 1990, 1992)

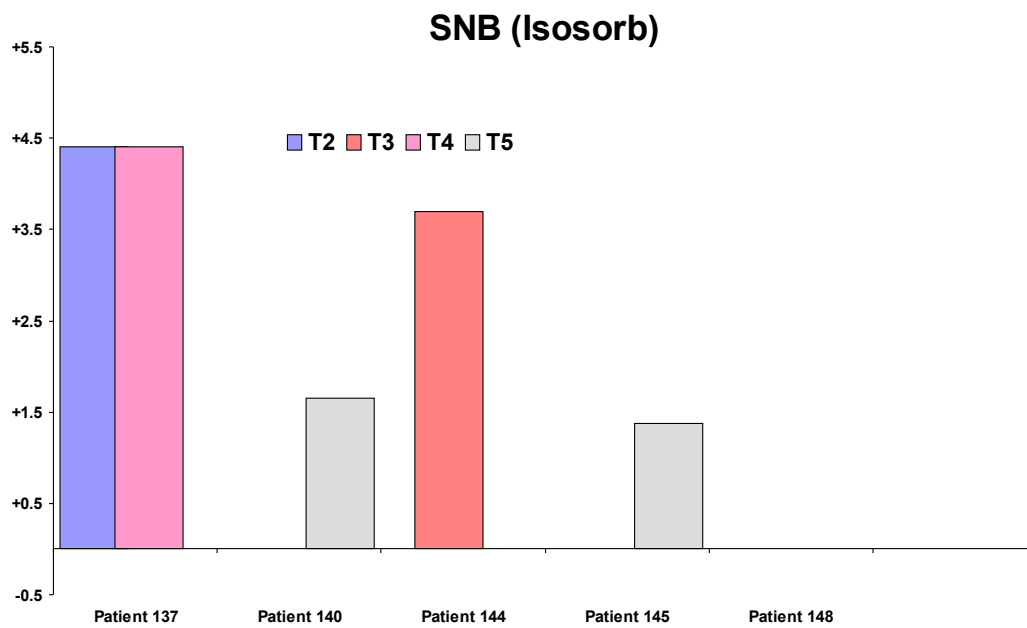
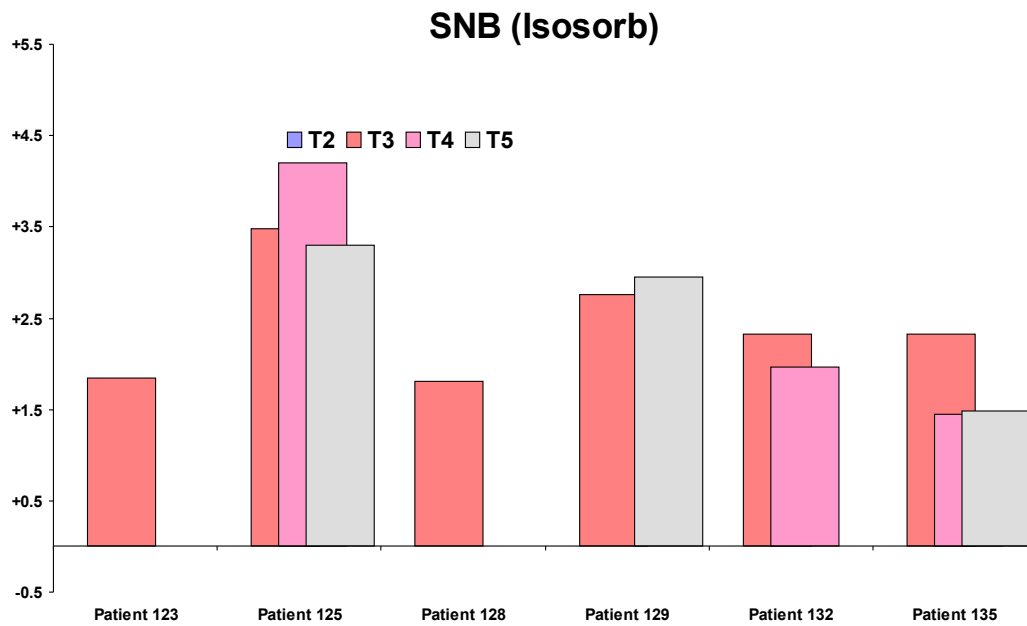
#### 4.2.1.3 Entwicklung des SNB-Winkels für das Gesamtkollektiv

Betrachtet man abschließend beide Untersuchungsgruppen als Einheit, beeinflusste die kieferorthopädische Vorbehandlung den SNB-Winkel nur minimal. Mit einem durchschnittlichen SNB-Winkel von  $75,7^\circ$  lagen präoperativ fast alle Werte im Bereich der retrognathen Mandibula. Operationsbedingt vergrößerte sich der Winkel deutlich und zeigte bei den postoperativen Nachkontrollen (T2-T5) hinsichtlich der Stabilität ein gutes Verhalten (siehe die schwarze Linie für die Gesamtgruppe in Abb. 4.4). Bei der ersten postoperativen Kontrolle war eine durchschnittliche Zunahme von  $2,45^\circ$  eingetreten, der postoperative Korrekturverlust betrug nur  $0,15^\circ$ , entsprechend einem negativen Teilrezidiv von  $6,1\%$ . Es zeichnete sich eine sehr gute Stabilität für den Parameter des SNB-Winkels ab (siehe die schwarze Linie für das Gesamtkollektiv in Abb. 4.5 und Abb. 4.6).

#### 4.2.1.4 Intraindividuelle Veränderungen des SNB-Winkels

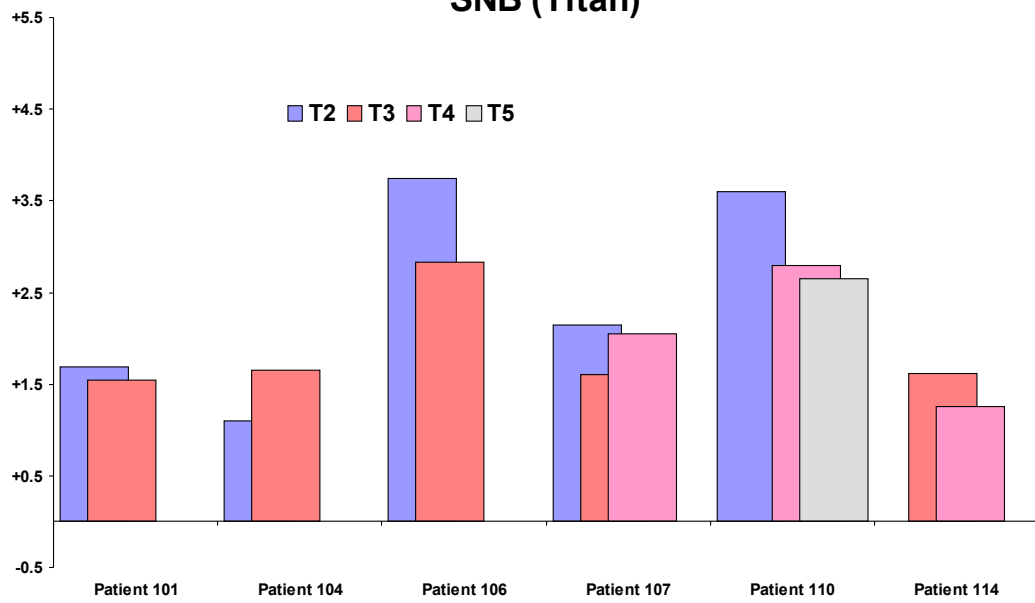
In Abb. 4.7 und Abb. 4.8 werden für beide Untersuchungsgruppen die Individualwerte zum SNB-Winkel in Form von postoperativen Änderungen zum präoperativen Wert dargestellt.



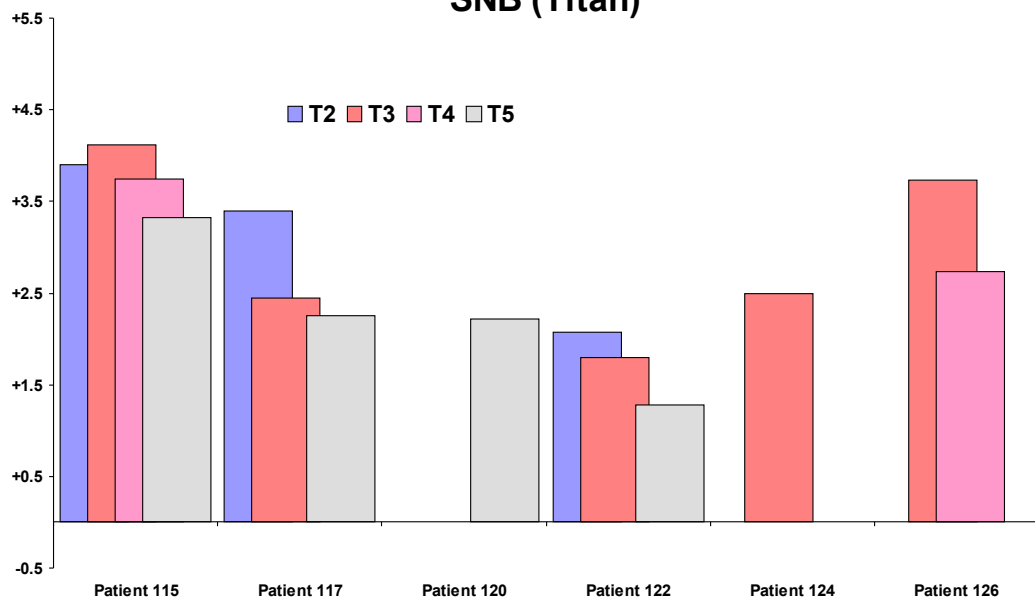


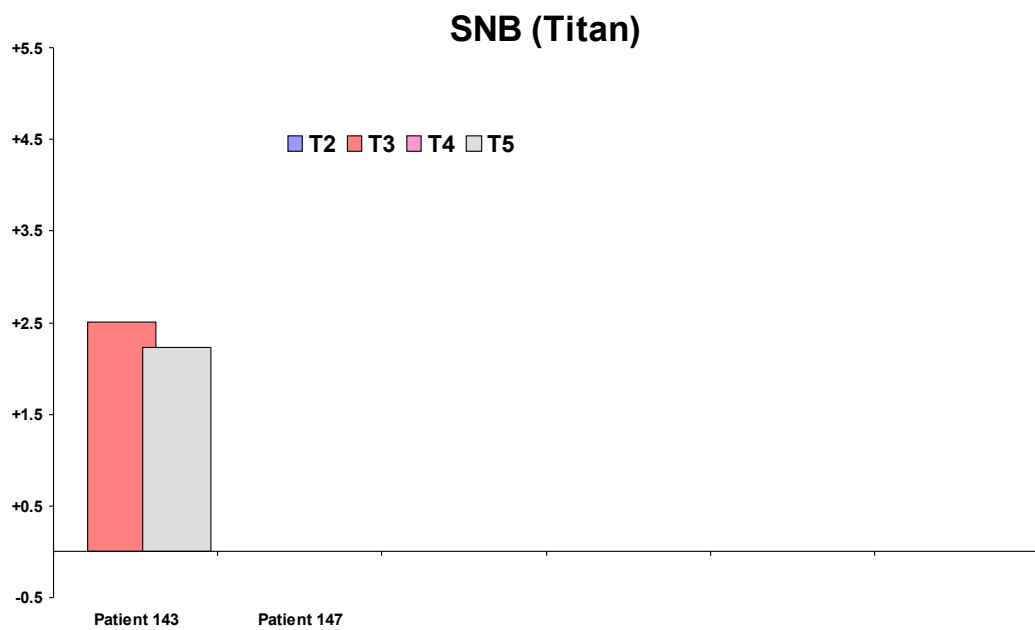
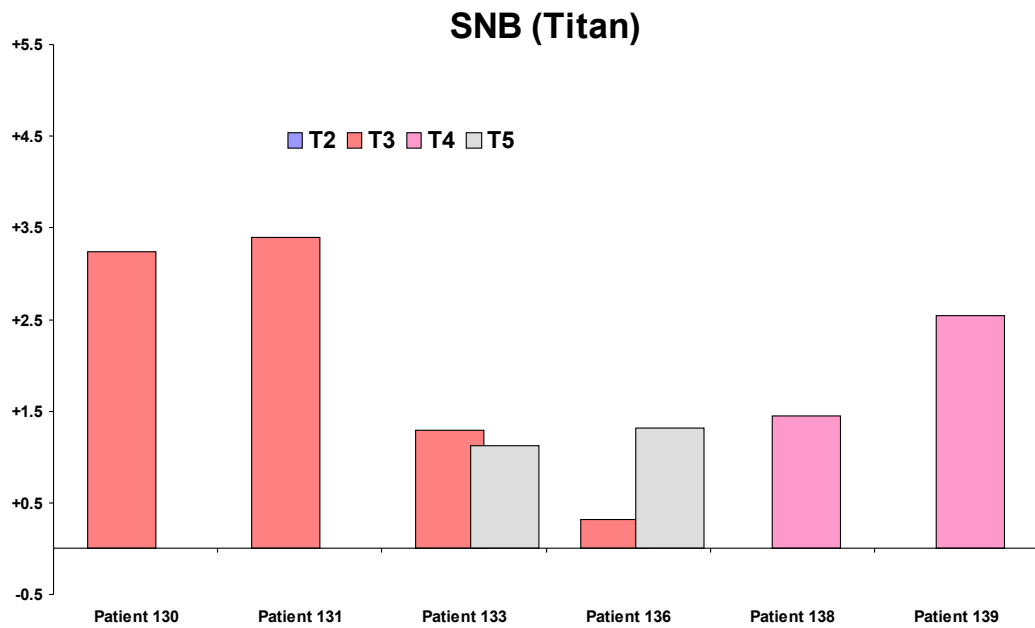
**Abb. 4.7:** Intraindividuelle Veränderungen des SNB-Winkels in Grad bezogen auf die präoperative Ausgangslage (Isosorbgruppe)

### SNB (Titan)



### SNB (Titan)





**Abb. 4.8: Intraindividuelle Veränderungen des SNB-Winkels in Grad bezogen auf die präoperative Ausgangslage (Titangruppe)**

Der SNB-Winkel vergrößerte sich bei allen Patienten der beiden Untersuchungsgruppen durch das operative Vorgehen. Von drei Patienten (111, 147, 148) fehlten die präoperativen Werte.

#### **4.2.1.5 Zusammenfassung der Ergebnisse des SNB-Winkels**

Ein schwach signifikanter Unterschied ( $p=0,01^*$ , Abb. 4.6) zwischen den beiden Untersuchungsgruppen konnte für den postoperativen Korrekturverlust aufgezeigt werden, so stellte sich in der Isosorbgruppe eine weitere postoperative Zunahme des SNB-Winkels heraus, während in der Kontrollgruppe eine postoperative Abnahme eingetreten war. Im zeitlichen Verlauf unterschieden sich die beiden verwendeten Osteosynthesematerialien zum Untersuchungszeitpunkt T4 schwach signifikant ( $p= 0,01^*$ , Abb. 4.4). Bei den weiteren Ergebnissen wurden hinsichtlich der Frage, ob die Materialwahl der Osteosyntheschraube Einfluß auf das Operationsergebnis und auf die postoperative Stabilität für den Parameter des SNB-Winkels hatte, keine signifikanten Unterschiede ( $p> 0,05$  n.s.) zwischen der Stabilisierung mit der Isosorb®-Schraube oder der Stabilisierung der Osteotomiestelle mit den herkömmlichen Titanschrauben festgestellt.

#### **4.2.2 ANB-Winkel**

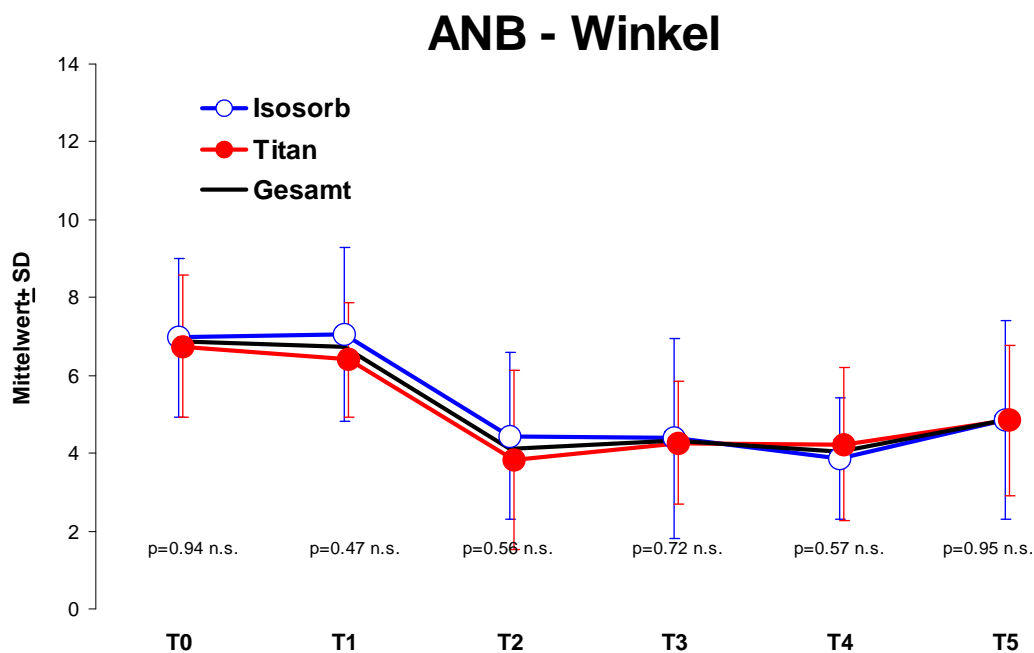
##### **4.2.2.1 ANB-Winkel im zeitlichen Verlauf**

Der ANB-Winkel zeigte vom Behandlungsbeginn bis zum präoperativen Befund in beiden Gruppen kaum Veränderungen. Präoperativ betrug der ANB-Winkel für die Isosorbgruppe  $7,0^\circ$ , für die Titangruppe  $6,4^\circ$ . In der Isosorbgruppe war eine operationsbedingte Abnahme des Wertes von  $2,6^\circ$  zum Zeitpunkt T2 und T3 festzustellen. Bei der 1-Jahres Kontrolle lag die Verkleinerung des Winkels bei  $3,1^\circ$  und zum Zeitpunkt T5 wurde eine Abnahme von  $2,1^\circ$  bezogen auf den präoperativen Wert ermittelt. Für die Kontrollgruppe war der zeitliche Verlauf ähnlich. Bei der ersten postoperativen Kontrolle war ebenfalls eine Abnahme des Winkels von  $2,6^\circ$  zu verzeichnen. Bei der halbjährlichen und jährlichen Befundung lag der ANB-Winkel um  $2,1^\circ$  bzw  $2,2^\circ$  niedriger im Vergleich zum

Zeitpunkt T1. Bei der letzten Kontrolle (T5) war der Winkel noch um 1,5° kleiner als bei der präoperativen Datenerhebung.

Unterschiede zwischen mit Titanschrauben und resorbierbaren Schrauben behandelten Patienten waren statistisch vernachlässigbar (alle Unterschiedstests, siehe die p-Werte in Abb. 4.9 fallen non signifikant aus).

Die prozentualen Verläufe in Abb. 4.10 bestätigten die mit den Absolutwerten gewonnenen Erkenntnisse von Abb. 4.9. Es zeigte sich der operationsbedingte überaus deutliche Abfall des ANB-Winkels, der im Verlauf (T2-T4) ein relativ stabiles Verhalten aufwies. Bei der letzten Kontrolle war wieder ein leichter Anstieg des ANB-Winkels in Richtung Ausgangslage festzustellen. Wesentliche Unterschiede hinsichtlich der Wahl des Osteosynthesematerials wurden auch hier nicht erkennbar (alle Unterschiedstests lieferten keinen signifikanten Befund, siehe die p-Werte in Abb. 4.10).



**Abb. 4.9:** Der ANB-Winkel als Verlauf von absoluten Werten (Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte  $\leq 0.05$  weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin, Bortz, 1990, 1992)

ANB - Winkel												
Parameter	Isosorb	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis	Titan	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis
T0	7.0	2.0	4.4	6.3	11.2	21	6.7	1.8	3.5	7.1	9.4	18
T1	7.0	2.2	3.8	6.3	10.6	21	6.4	1.5	3.3	6.9	8.9	19
T2	4.4	2.1	2.0	4.4	7.8	7	3.8	2.3	0.5	3.8	7.1	8
T3	4.4	2.6	1.5	3.1	8.5	14	4.3	1.6	1.9	4.2	7.6	16
T4	3.9	1.5	2.4	3.4	7.1	7	4.2	2.0	1.6	4.0	7.5	7
T5	4.9	2.6	0.9	4.0	8.8	15	4.9	1.9	1.9	5.1	7.3	8

Tab. 4.6 : ANB-Winkel in Grad zu den Untersuchungszeitpunkten T0-T5

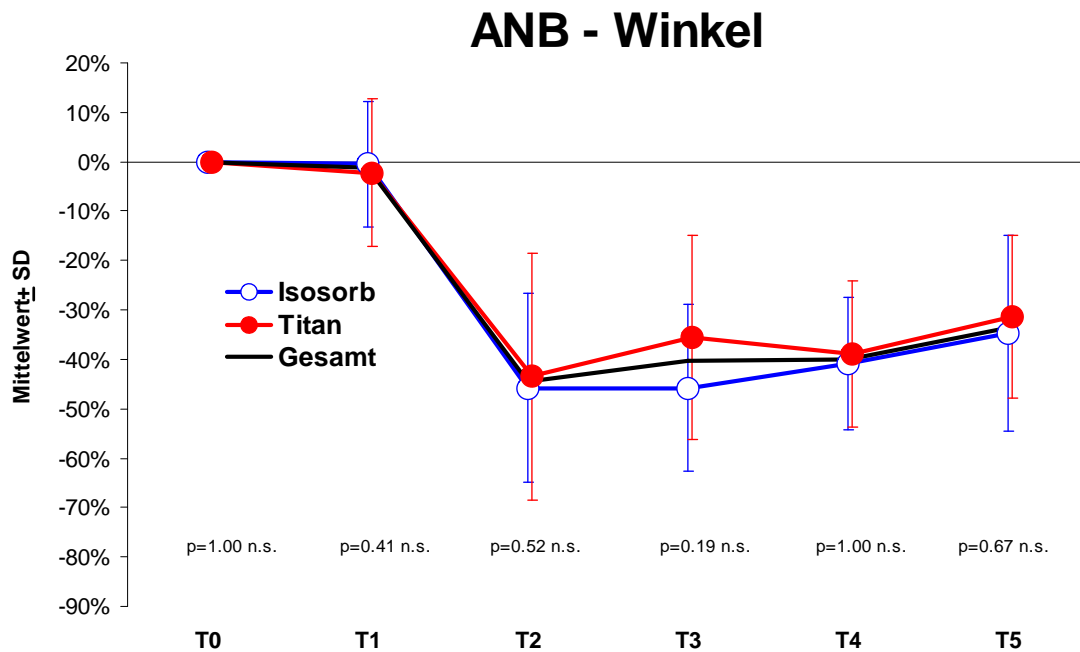


Abb. 4.10: ANB-Winkel als %-Verlauf (Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte  $\leq 0.05$  weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin, Bortz, 1990, 1992)

ANB - Winkel												
Parameter	Isosorb	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis	Titan	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis
T0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	21	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	18
T1	-0.5%	12.7%	-35.0%	1.0%	20.0%	19	-2.2%	14.9%	-21.0%	-3.0%	34.0%	18
T2	-45.8%	19.1%	-68.0%	-42.5%	-26.0%	6	-43.5%	25.1%	-88.0%	-45.0%	-11.0%	8
T3	-45.8%	16.9%	-70.0%	-51.0%	-20.0%	12	-35.6%	20.7%	-63.0%	-41.0%	5.0%	14
T4	-40.9%	13.5%	-61.0%	-37.0%	-23.0%	7	-39.0%	14.8%	-62.0%	-43.0%	-13.0%	7
T5	-34.8%	19.8%	-79.0%	-36.0%	-4.0%	15	-31.3%	16.5%	-55.0%	-34.5%	-6.0%	8

Tab. 4.7: Prozentuale Veränderung des ANB-Winkels bezogen auf die Ausgangslage



#### 4.2.2.2 Postoperative Stabilität des ANB-Winkels

In Abb. 4.11 und Tab. 4.8 werden die präoperative Ausgangslage und die Daten für das jeweils erste verfügbare postoperative FRS, sowie für das zweite verfügbare postoperative Röntgenbild für den ANB-Winkel dargestellt.

Präoperativ betrug der ANB-Winkel in der Isosorbgruppe (n=21) im Durchschnitt  $7,0^\circ$  und zeigte operationsbedingt eine signifikante Änderung von  $-2,4^\circ$  (n=23). Die postoperative Veränderung war nicht signifikant (p= 0,18 n.s.) und betrug nur  $-0,3^\circ$  (n=16) entsprechend einem positiven Teilrezidiv von 12,5% .

Für die Titangruppe lag der ANB-Winkel zum Zeitpunkt T1 bei durchschnittlich  $6,4^\circ$  (n=19) und nahm durch das chirurgische Vorgehen um durchschnittlich  $2,2^\circ$  (n=20) ab (p<0,001\*\*\*). Bei der nächsten Nachuntersuchung betrug die nicht signifikante Veränderung (p=0,15 n.s.) des ANB-Winkels  $+0,2^\circ$  (n=14), entsprechend einem negativen Teilrezidiv von 9,1%.

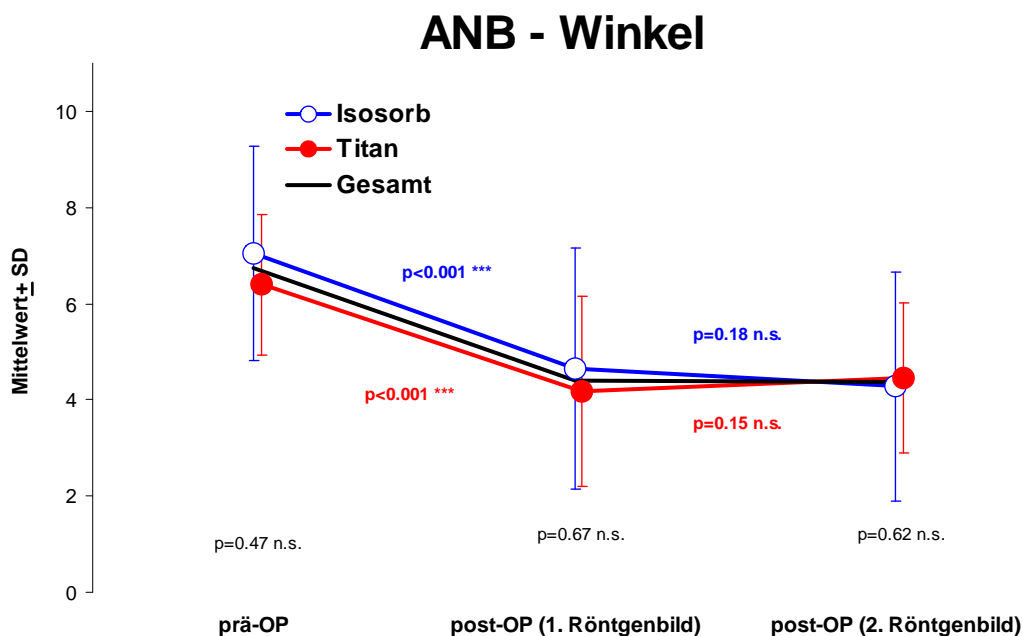


Abb. 4.11: ANB-Winkel präoperativ und nach OP (Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte  $\leq 0.05$  weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin, Bortz, 1990, 1992) , farbig gekennzeichnete p-Werte: Wilcoxon-Sign-Rank-Test zur explorativen Prüfung der Änderung

ANB - Winkel												
Parameter	Isosorb	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis	Titan	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis
prä-OP	7.0	2.2	3.8	6.3	10.6	21	6.4	1.5	3.3	6.9	8.9	19
post-OP (1. Röntgenbild)	4.6	2.5	1.5	4.0	8.8	23	4.2	2.0	0.5	3.9	7.6	20
post-OP (2. Röntgenbild)	4.3	2.4	0.9	3.4	8.5	16	4.4	1.6	1.6	4.4	7.2	14

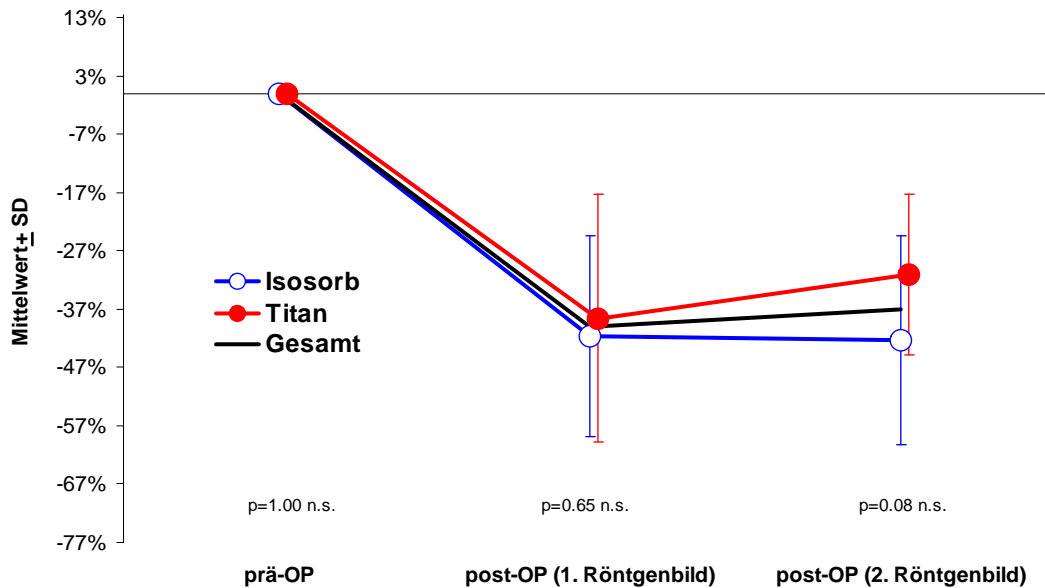
**Tab. 4.8: ANB-Winkel in Grad präoperativ, 1.verfügbares FRS postoperativ und 2. verfügbares FRS postoperativ**

Unterschiede zwischen den beiden Osteosynthesematerialien hinsichtlich der Stabilität für den Parameter des ANB-Winkels konnten zu keinem Zeitpunkt registriert werden (siehe die p-Werte in Abb. 4.11).

Die chirurgische und postoperative prozentuale Veränderung des ANB-Winkels bezogen auf die präoperative Ausgangslage ist in Abb. 4.12 und Tab. 4.9 dargestellt.

Es zeigte sich die überaus deutliche Abnahme des ANB-Winkels von 41,6% (Isosorbgruppe) und von 38,6%(Titangruppe) durch das chirurgische Vorgehen. Dabei war der Unterschied zwischen den beiden Gruppen statistisch nicht signifikant ( $p=0,65$  n.s.). Bei der nächsten Kontrolle wurde für die Isosorbgruppe eine geringe weitere Abnahme von 0,7% und bei der Titangruppe eine prozentuale Zunahme von 7,5% zur ersten postoperativen Untersuchung festgestellt. Hier war eine Tendenz zur Signifikanz im Mann-Whitney-U-Test ersichtlich ( $p=0,08$  n.s.). Die Rezidivrate lag hier in der Testgruppe bei +1,7% und in der Kontrollgruppe bei -19,5%.

## ANB - Winkel



**Abb. 4.12:** ANB-Winkel präoperativ und nach OP (Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte  $\leq 0.05$  weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin, Bortz, 1990, 1992)

Parameter	ANB - Winkel											
	Isosorb	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis	Titan	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis
prä-OP	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	21	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	19
post-OP (1. Röntgenbild)	-41.6%	17.2%	-70.0%	-38.5%	-13.0%	18	-38.6%	21.3%	-89.0%	-40.0%	2.0%	19
post-OP (2. Röntgenbild)	-42.3%	18.0%	-81.0%	-41.5%	-14.0%	16	-31.1%	13.8%	-65.0%	-28.0%	-15.0%	14

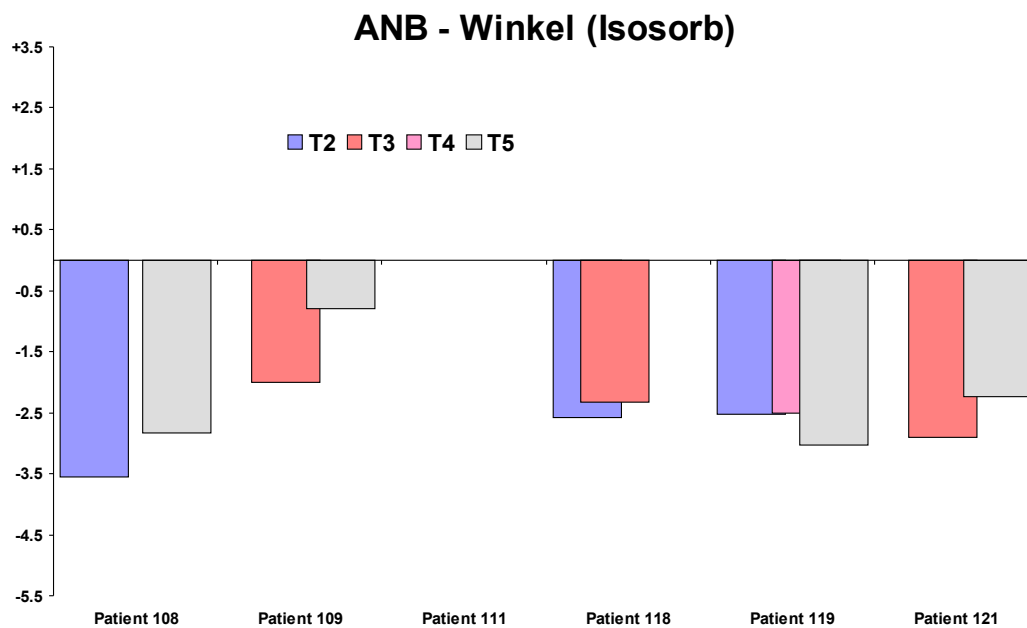
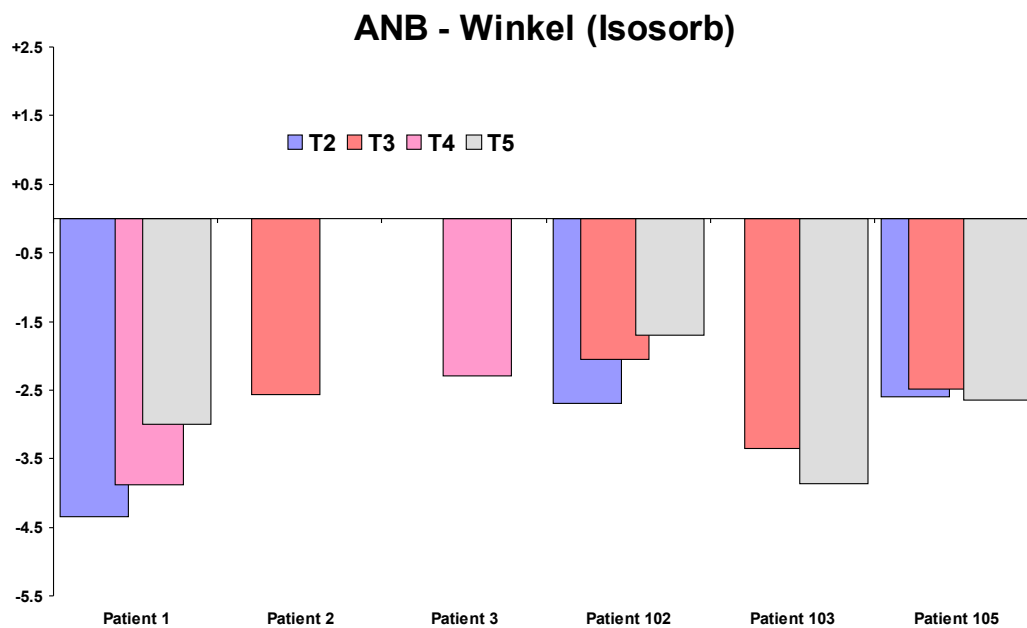
**Tab. 4.9:** ANB-Winkel präoperativ, 1.verfügbare FRS postoperativ und 2. verfügbares FRS postoperativ (prozentuale Veränderung)

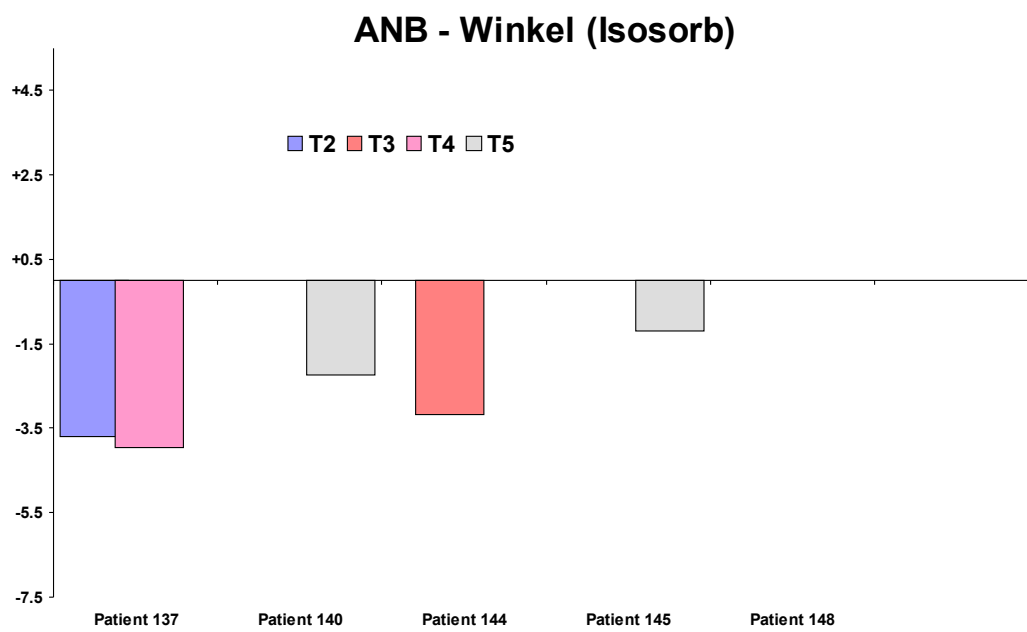
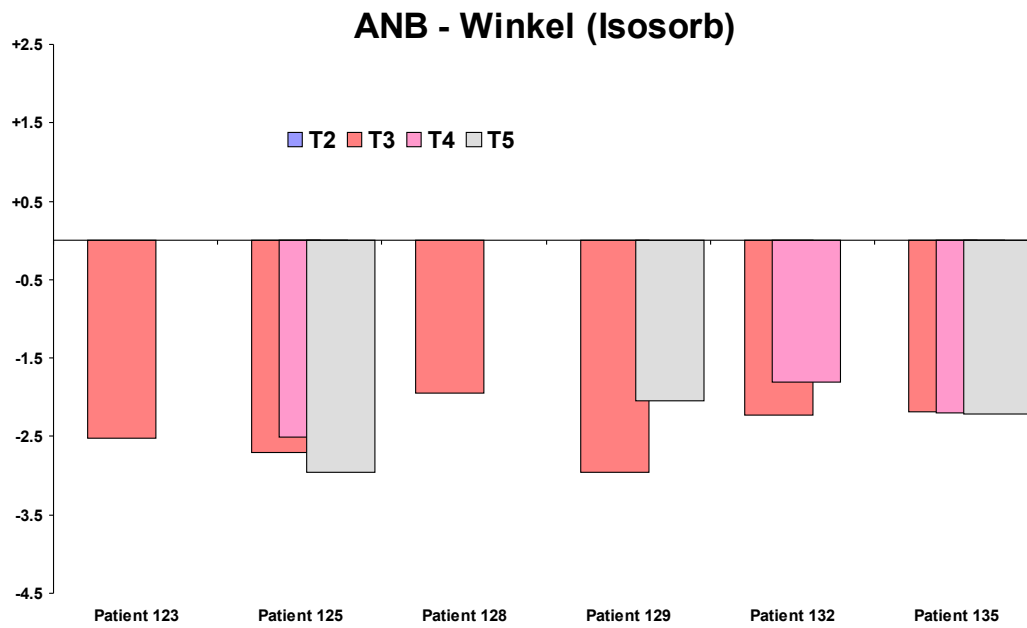
### 4.2.2.3 Entwicklung des ANB-Winkels für das Gesamtkollektiv

Betrachtet man abschließend beide Gruppen als eine Einheit übte die kieferorthopädischen Vorbehandlung nur geringen Einfluss auf den ANB-Winkel aus (siehe Abb. 4.9 und Abb. 4.10). Mit einem durchschnittlichen ANB-Winkel von  $6,7^\circ$  lag eine deutliche präoperative distal-basale Diskrepanz zwischen Ober- und Unterkiefer vor. Operationsbedingt nahm der Winkel um durchschnittlich  $2,3^\circ$  ab und veränderte sich bis zur nächsten postoperativen Kontrolle nur um  $0,05^\circ$  entsprechend einem positiven Teilrezidiv von  $2,2\%$ .

#### 4.2.2.4 Intraindividuelle Veränderungen des ANB-Winkels

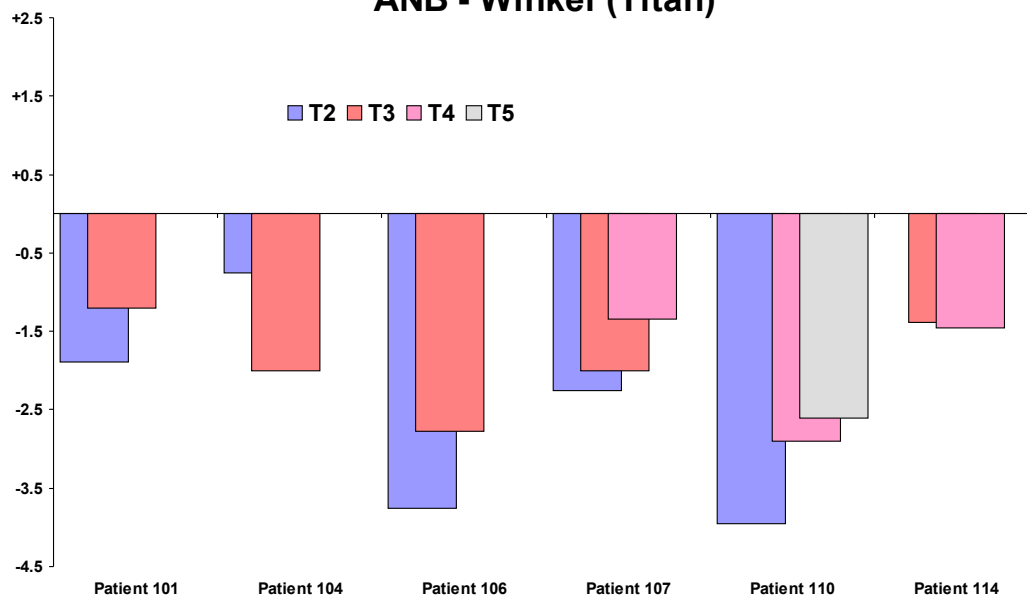
In Abb. 4.13 und Abb. 4.14 werden für beide Untersuchungsgruppen die Individualwerte zum ANB-Winkel in Form von postoperativen Änderungen zum präoperativen Wert dargestellt.



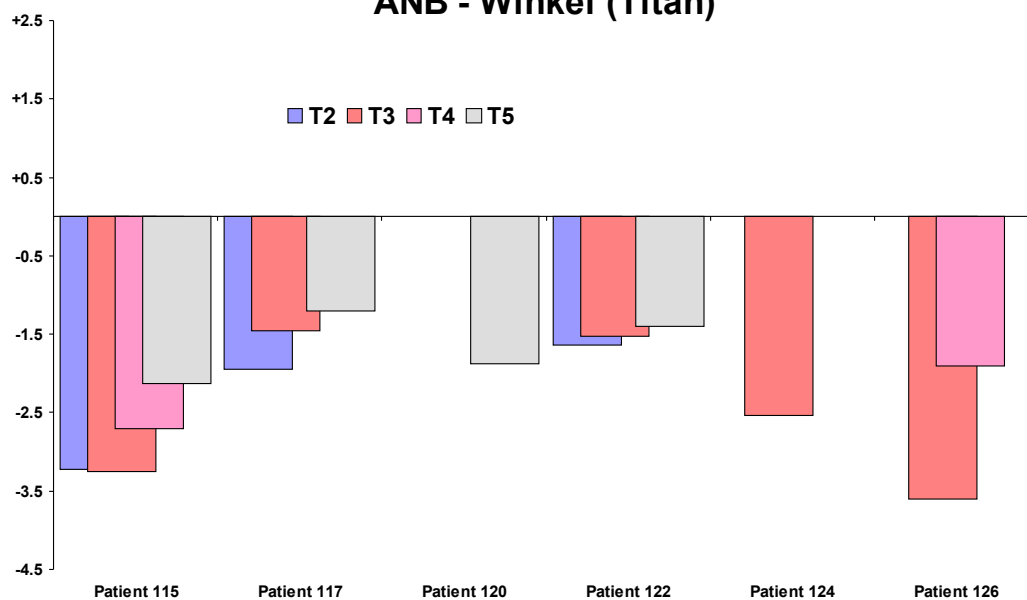


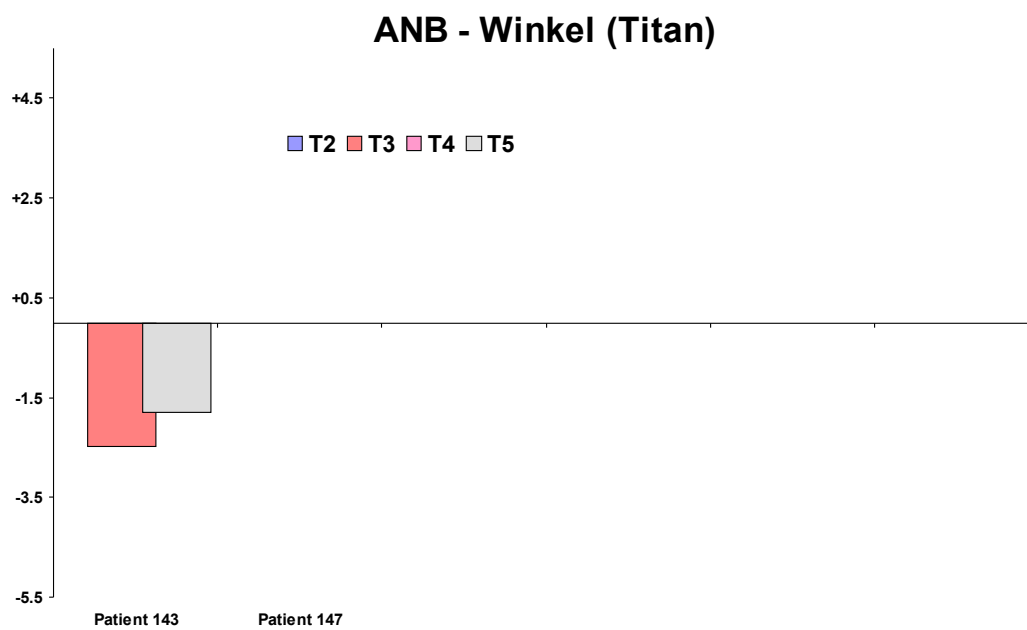
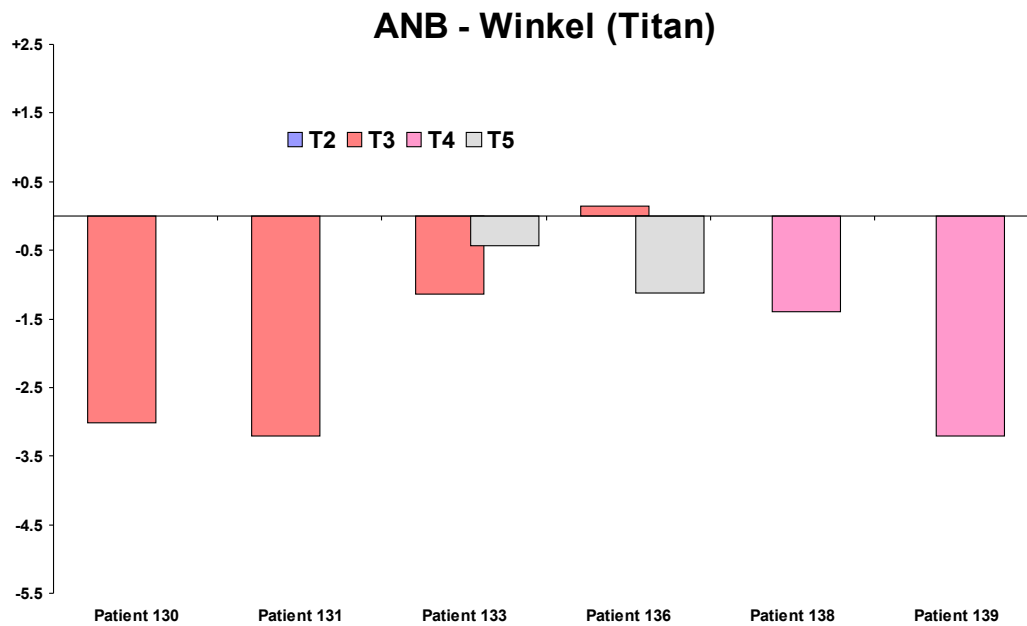
**Abb. 4.13:** Intraindividuelle Veränderungen des ANB-Winkels (Isosorbgruppe)

### ANB - Winkel (Titan)



### ANB - Winkel (Titan)





**Abb. 4.14: Intraindividuelle Veränderung des ANB-Winkels (Titangruppe)**

Durch den operativen Eingriff verkleinerte sich der ANB-Winkel in beiden Gruppen. Bei einem Patienten der Titangruppe war bei der ersten Kontrolle eine minimale Zunahme des ANB-Winkels eingetreten. Von drei Patienten (111, 147, 148) fehlten die präoperativen Werte.

#### 4.2.2.5 Zusammenfassung der Ergebnisse des ANB-Winkels

Hinsichtlich der Frage, ob die Materialwahl der Osteosyntheseschraube Einfluß auf das Operationsergebnis und auf die postoperative Stabilität für den Parameter des ANB-Winkels hatte, wurden keine signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$  n.s.) zwischen der Stabilisierung mit der Isosorb®-Schraube oder der Stabilisierung des osteotomierten Unterkiefers mit den herkömmlichen Titanschrauben festgestellt.

#### 4.2.3 SNPG-Winkel

##### 4.2.3.1 SNPg-Winkel im zeitlichen Verlauf

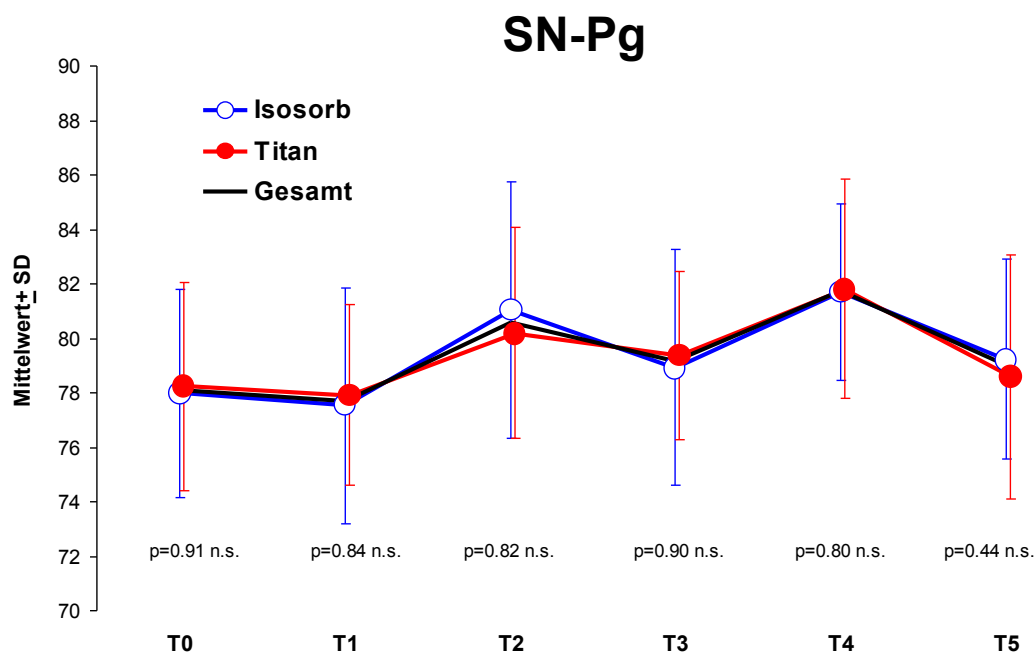


Abb. 4.15: Der SNPg-Winkel als Verlauf von absoluten Werten (Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte < 0.05 weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin, Bortz, 1990, 1992)



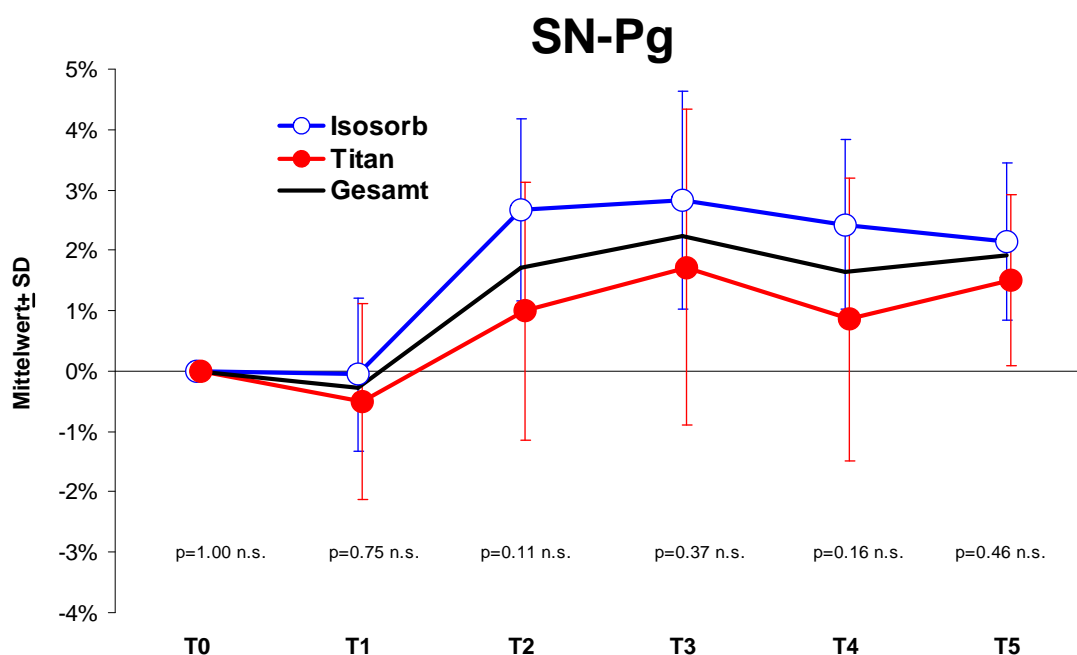
SN-Pg												
Parameter	Isosorb	SD	Min.	Median	Max.	Daten- basis	Titan	SD	Min.	Median	Max.	Daten- basis
T0	78.0	3.8	68.3	78.4	84.1	21	78.2	3.8	72.5	77.8	86.3	18
T1	77.5	4.3	68.8	77.3	84.4	21	77.9	3.3	73.1	77.5	85.2	19
T2	81.0	4.7	73.7	82.4	87.3	7	80.2	3.9	75.0	79.7	87.5	8
T3	78.9	4.3	71.9	79.4	85.4	14	79.3	3.1	73.8	79.1	84.2	16
T4	81.7	3.3	77.4	80.8	87.1	7	81.8	4.0	74.6	83.2	87.1	7
T5	79.2	3.7	74.3	79.3	84.9	15	78.6	4.5	74.3	77.8	87.1	8

**Tab. 4.10: SNPg-Winkel in Grad zu den Untersuchungszeitpunkten T0-T5**

Zu Behandlungsbeginn lag der SNPg-Winkel für beide Gruppen bei durchschnittlich 78,0° und veränderte sich durch die kieferorthopädische Vorbehandlung nur geringfügig. In der Isosorbgruppe wurde durch die Operation eine Zunahme des Winkels von 3,5° erzielt (n=7). Bei der nächsten Kontrolle (T3) lag die Veränderung bei 1,4° (n=14) und zum Zeitpunkt T4 (n=7) lag die Zunahme wieder im Bereich des T2-Wertes. Im letzten Kontrollintervall war der SNPg-Winkel im Vergleich zur präoperativen Ausgangssituation um 1,7° (n=15) größer.

In der Titangruppe lag die operationsbedingte Vergrößerung des untersuchten Winkels bei 2,3° (n=8) und bei der postoperativen Halbjahreskontrolle betrug die Veränderung 1,4° (n=16). Zum Zeitpunkt T4 lag die Zunahme bei 3,9° (n=7) und bei der letzten Kontrolle bei 0,7° (n=8) bezogen auf die präoperative Ausgangslage. Einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen konnte zu keinem Untersuchungszeitpunkt festgestellt werden (siehe die p-Werte in Abb. 4.15).

Insgesamt zeigte sich aufgrund der unterschiedlichen Datenbasis (siehe Tab. 4.10) zu den Untersuchungszeitpunkten T0-T5 ein schwankender zeitlicher Verlauf für den SNPg-Winkel.



**Abb. 4.16:** SNPg-Winkel als %-Verlauf (Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte  $\leq 0.05$  weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin, Bortz, 1990, 1992)

Parameter	SN-Pg						Datenbasis	SN-Pg						Datenbasis
	Isosorb	SD	Min.	Median	Max.			Titan	SD	Min.	Median	Max.		
T0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		21	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		18
T1	-0.1%	1.3%	-2.0%	0.0%	4.0%		19	-0.5%	1.6%	-5.0%	0.0%	2.0%		18
T2	2.7%	1.5%	1.0%	2.0%	5.0%		6	1.0%	2.1%	-3.0%	1.0%	4.0%		8
T3	2.8%	1.8%	0.0%	2.0%	7.0%		12	1.7%	2.6%	-4.0%	2.0%	5.0%		14
T4	2.4%	1.4%	1.0%	2.0%	5.0%		7	0.9%	2.3%	-4.0%	1.0%	3.0%		7
T5	2.1%	1.3%	0.0%	2.0%	5.0%		15	1.5%	1.4%	-1.0%	2.0%	3.0%		8

**Tab. 4.11:** Prozentuale Veränderung des SNPg-Winkels bezogen auf die Ausgangslage

Bei der Untersuchung der prozentualen Veränderung des SNPg-Winkels bezogen auf den Behandlungsbeginn zeigte sich für beide Gruppen durch die kieferorthopädische Vorbehandlung nur eine minimale Änderung. In der Isosorbgruppe nahm der Winkel operationsbedingt zu und blieb bis zum Zeitpunkt T3 relativ konstant und nahm bis zur letzten Kontrolle T5 nur um 0,6% ab (bezogen auf T2). In der Titangruppe zeigte sich ein geringerer postoperativer Anstieg für den SNPg-Winkel und im zeitlichen Verlauf waren größere Schwankungen festzustellen, die wiederum auf die unterschiedliche

Datenbasis (Tab. 4.11) zu den Untersuchungszeitpunkten T0-T5 zurückzuführen sind. Der Unterschied zwischen den Gruppen wurde jedoch zu keinem Zeitpunkt signifikant ( $p > 0,05$ , Abb. 4.16).

Für beide Gruppen zusammen betrachtet, zeigte sich für den SNPg-Winkel ein deutliche postoperative Zunahme und ein relativ stabiles Langzeitverhalten (siehe die schwarze Linie in Abb. 4.16).

#### 4.2.3.2 Postoperative Stabilität des SNPg-Winkels

In Abb. 4.17 und Tab. 4.12 werden die präoperative Ausgangslage des SNPg-Winkels und die Daten für das jeweils erste verfügbare postoperative FRS, sowie für das zweite verfügbare postoperative Röntgenbild dargestellt.

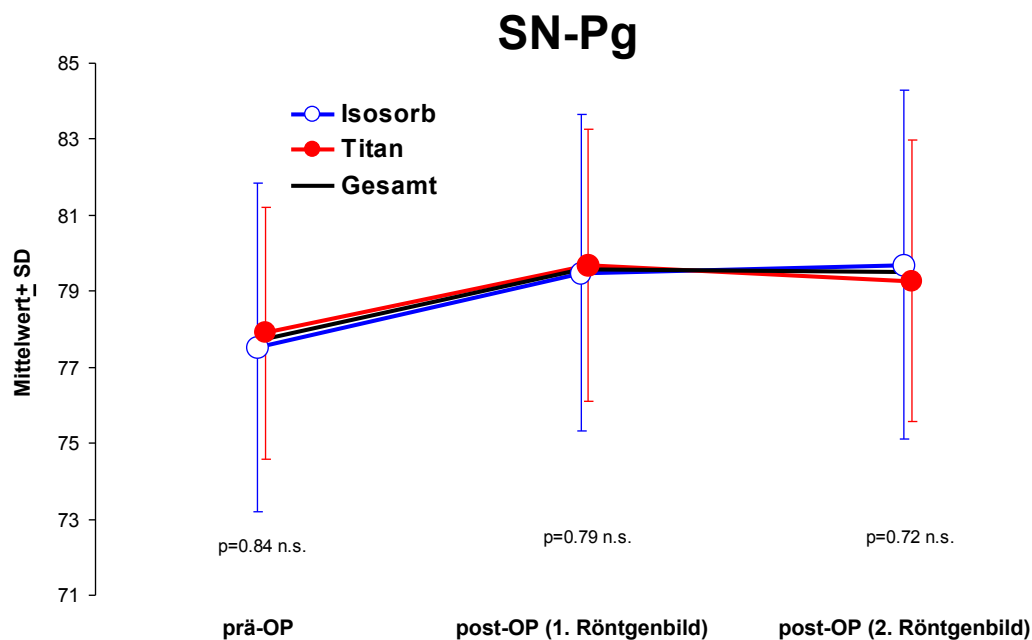


Abb. 4.17: SNPg-Winkel präoperativ und nach OP (Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte  $< 0,05$  weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin, Bortz, 1990, 1992)

Präoperativ betrug der SNPg-Winkel in der Isosorbgruppe im Durchschnitt  $77,5^\circ$  ( $n=21$ ). Bei der Untersuchung der Veränderungen des Winkels in Grad zeigte sich hier eine operationsbedingte Zunahme von  $2^\circ$  ( $n=23$ ) und im postoperativen Verlauf eine weitere Zunahme von  $0,2^\circ$  ( $n=16$ ), entsprechend

einem Teilrezidiv von +10,0%. In der Titangruppe lag der präoperative Durchschnitt des Winkels bei 77,9° (n=19) und es zeigte durch den operativen Eingriff eine Vergrößerung des Parameters von 1,8° (n=20) und ein operativer Korrekturverlust von nur 0,4° (n=14), entsprechend einem Teilrezidiv von -22,2%.

Statistisch konnten keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen festgestellt werden (siehe die p-Werte in Abb. 4.17).

Parameter	SN-Pg											
	Isosorb	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis	Titan	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis
prä-OP	77.5	4.3	68.8	77.3	84.4	21	77.9	3.3	73.1	77.5	85.2	19
post-OP (1. Röntgenbild)	79.5	4.2	73.7	79.3	87.3	23	79.7	3.6	73.8	79.7	87.5	20
post-OP (2. Röntgenbild)	79.7	4.6	71.9	80.0	87.1	16	79.3	3.7	74.7	78.7	87.1	14

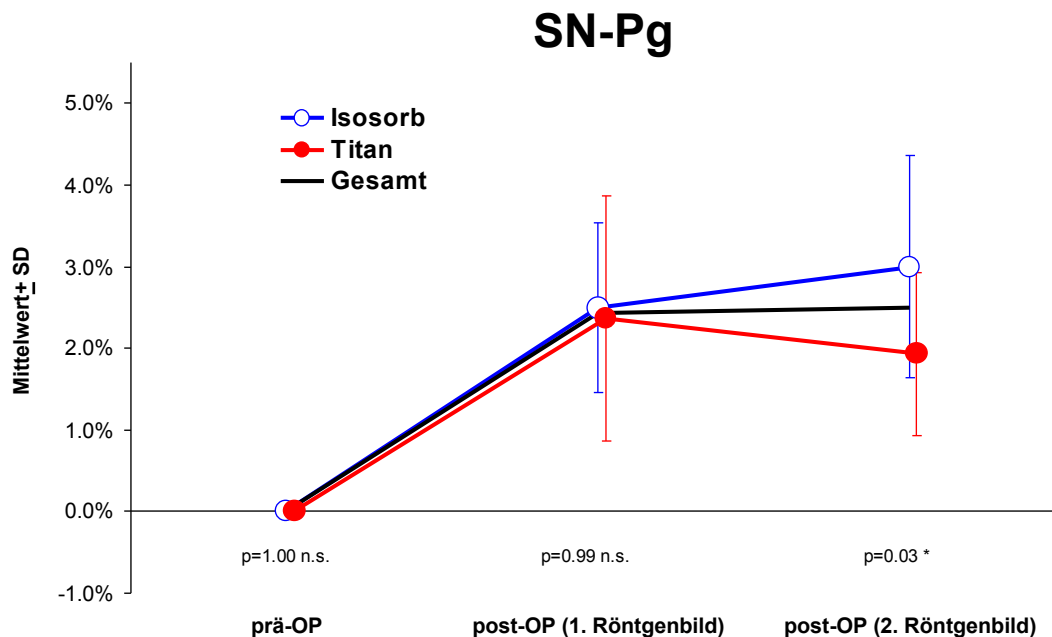
**Tab. 4.12: SNPg-Winkel in Grad präoperativ, 1.verfügbares FRS postoperativ und 2. verfügbares FRS postoperativ**

Die chirurgische und postoperative prozentuale Veränderung des SNPg-Winkels bezogen auf die präoperative Ausgangslage ist in Abb. 4.18 und Tab. 4.13 dargestellt.

Für beide Gruppen zeigte sich bei der ersten postoperativen Kontrolle eine in etwa gleiche (p= 0,99 n.s.) operationsbedingte prozentuale Zunahme des SNPg-Winkels. Bei der zweiten postoperativen Kontrolle war für diese Winkel in der Isosorbgruppe eine weitere Zunahme von 0.5% und in der Titangruppe eine Abnahme von 0,5% eingetreten. Diese Entwicklung zeigte im Signifikanztest einen schwach signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen (p=0,03\*). Das Teilrezidiv betrug in der Isosorbgruppe +20,0% und in der Titangruppe -20,8%.

Parameter	SN-Pg											
	Isosorb	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis	Titan	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis
prä-OP	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	21	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	19
post-OP (1. Röntgenbild)	2.5%	1.0%	1.0%	2.0%	4.0%	18	2.4%	1.5%	-2.0%	2.0%	4.0%	19
post-OP (2. Röntgenbild)	3.0%	1.4%	1.0%	3.0%	5.0%	16	1.9%	1.0%	0.0%	2.0%	4.0%	14

**Tab. 4.13: SNPg-Winkel präoperativ, 1.verfügbare FRS postoperativ und 2. verfügbares FRS postoperativ (prozentuale Veränderung)**



**Abb. 4.18:** SNPg-Winkel präoperativ und nach OP (Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte < 0.05 weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin, Bortz, 1990, 1992)

#### 4.2.3.3 *Entwicklung des SNPg-Winkels für das Gesamtkollektiv*

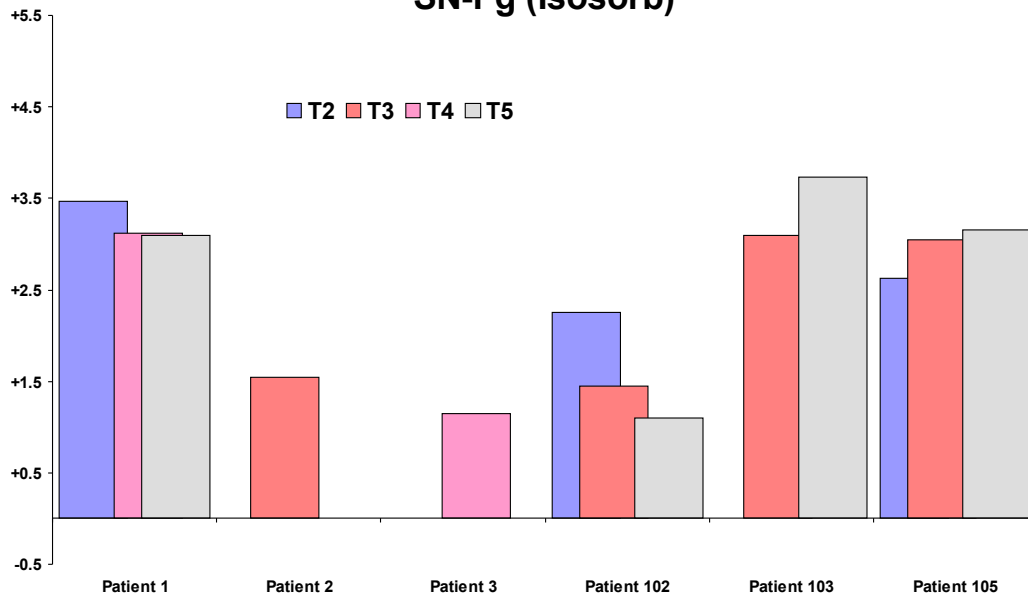
Betrachtet man abschließend beide Untersuchungsgruppen als eine Einheit zeigte sich aufgrund der unterschiedlichen Datenbasis (siehe Tab. 4.10) zu den Untersuchungszeitpunkten T0-T5 ein schwankender zeitlicher Verlauf für den SNPg-Winkel. Dennoch war eine deutliche postoperative Zunahme und ein relativ stabiles Langzeitverhalten (siehe die schwarze Linie für die Gesamtgruppe in Abb. 4.16) für diesen Winkel festzustellen..

Die durchschnittliche Vorverlagerung für das Gesamtkollektiv gemessen am SNPg-Winkel betrug  $1,9^\circ$  erreicht, gefolgt von einem postoperativen Korrekturverlust von  $0,1^\circ$  entsprechend einem negativen Teilrezidiv von 5,3%.

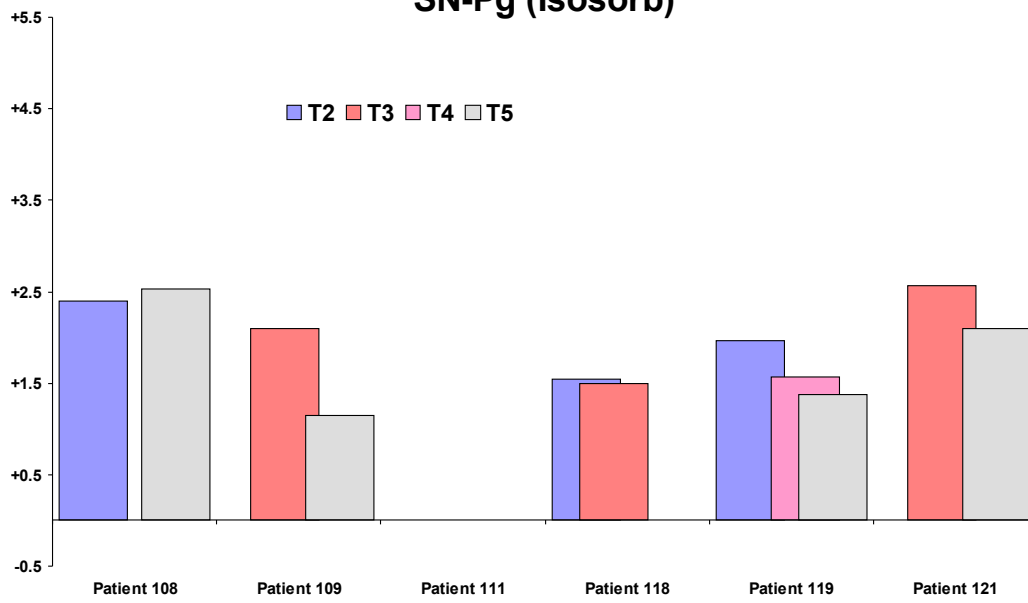
#### 4.2.3.4 *Intraindividuelle Veränderungen des SNPg-Winkels*

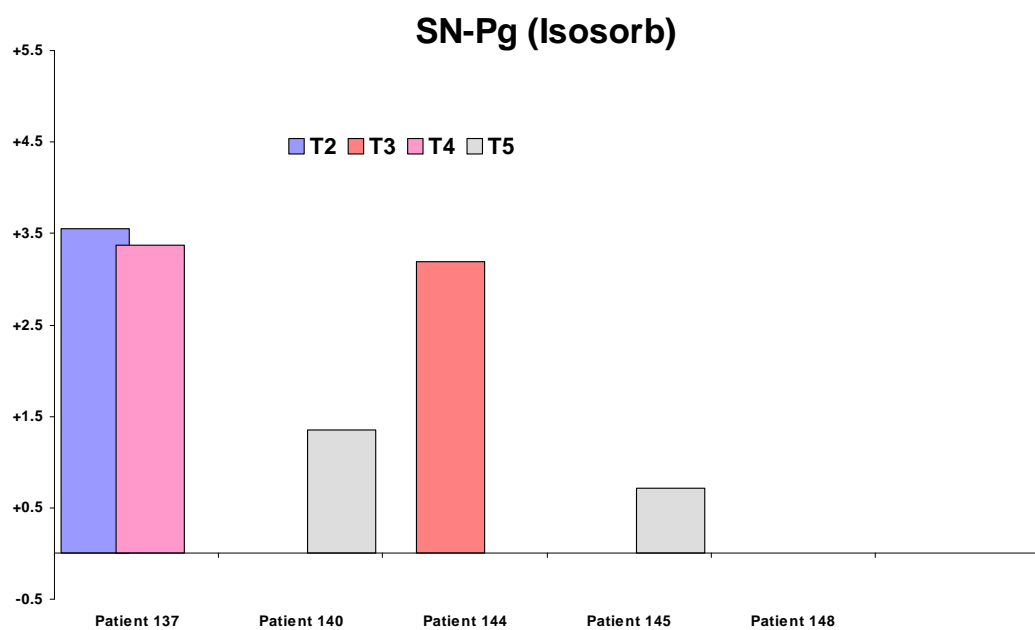
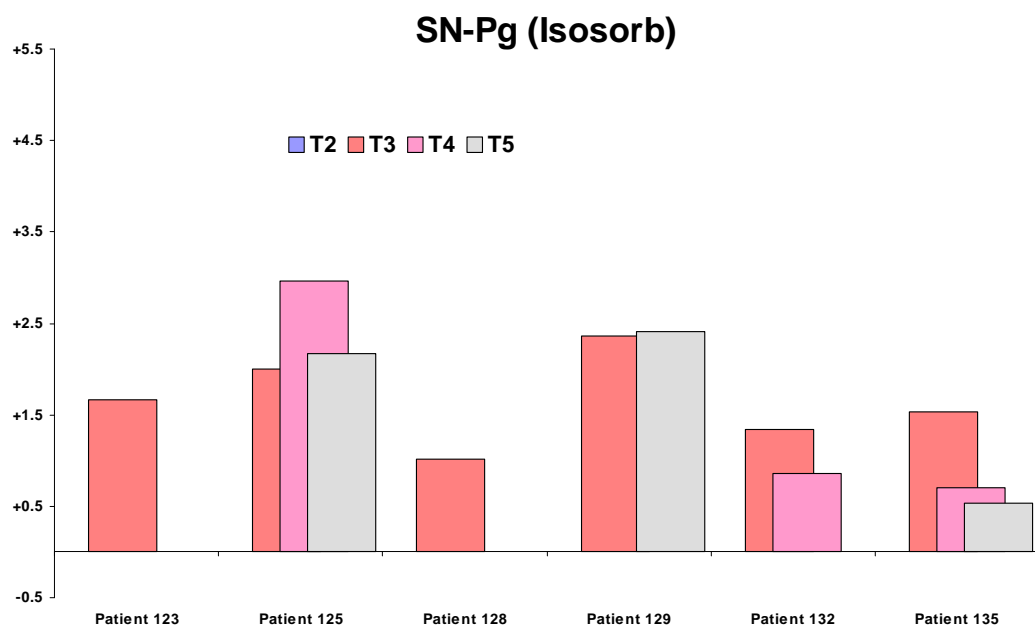
In Abb. 4.19 und Abb. 4.20 werden für beide Untersuchungsgruppen die Individualwerte zum SNPg-Winkel in Form von postoperativen Änderungen zum präoperativen Wert dargestellt.

### SN-Pg (Isosorb)



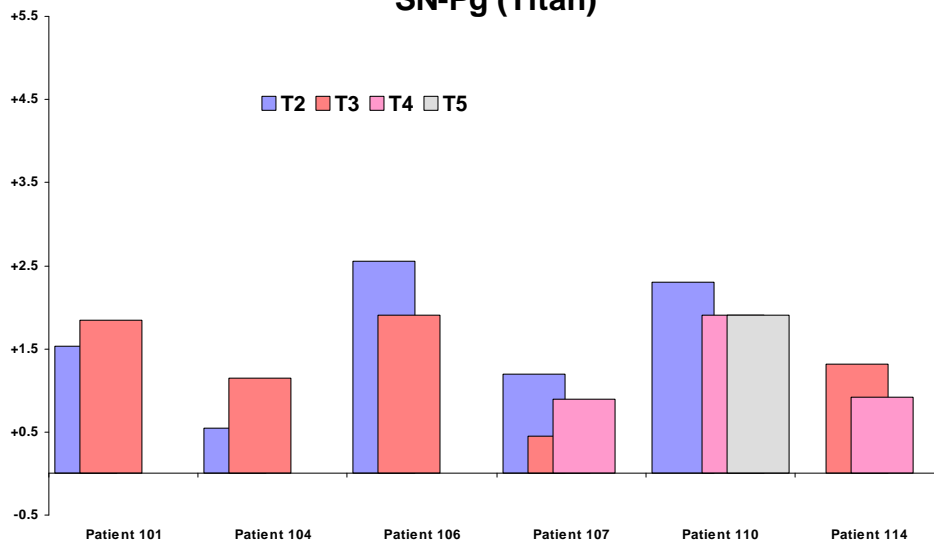
### SN-Pg (Isosorb)



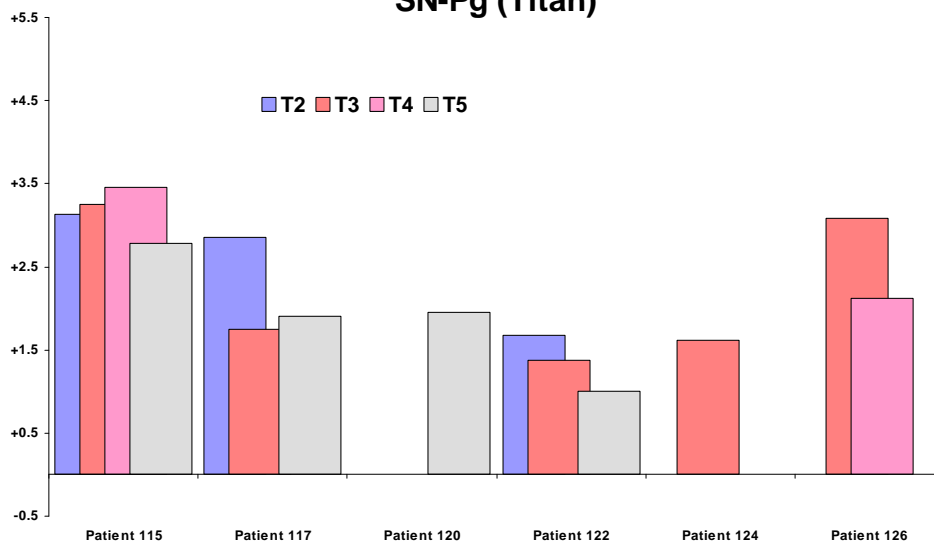


**Abb. 4.19: Intraindividuelle Veränderungen des SNPg-Winkels (Isosorbgruppe)**

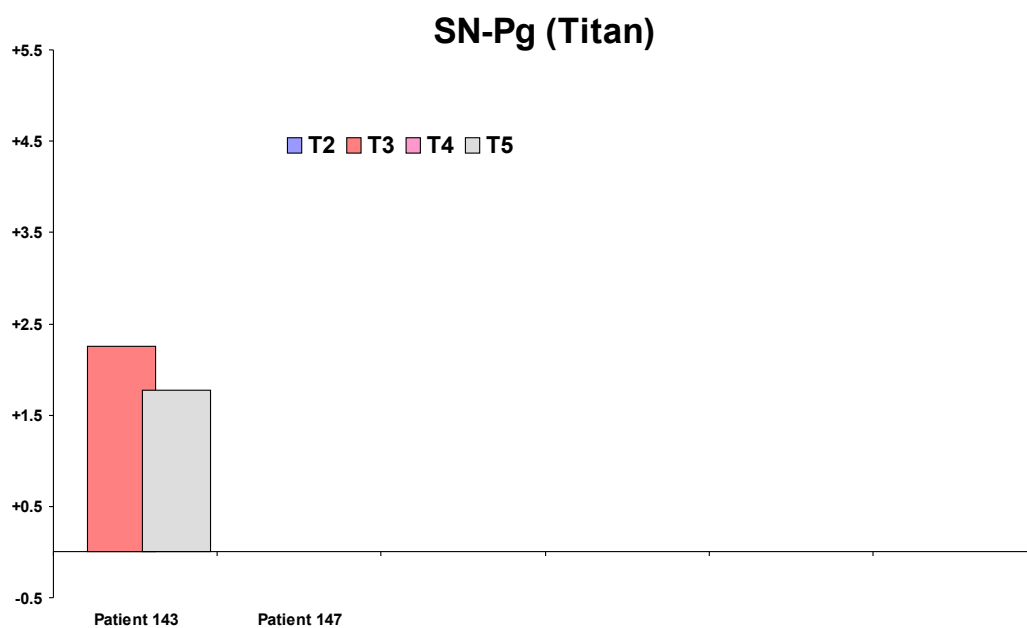
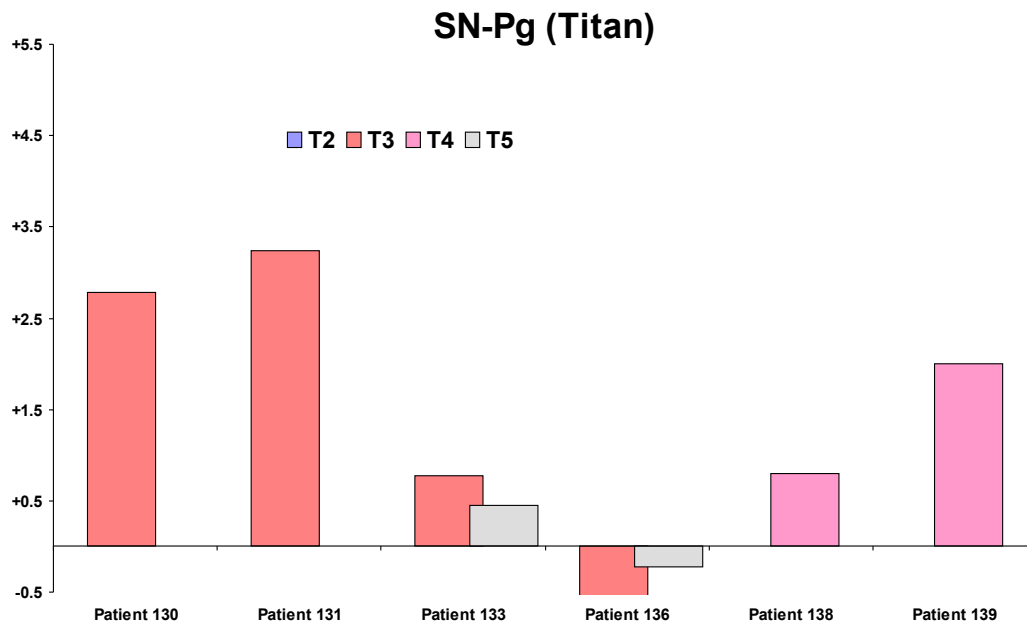
### SN-Pg (Titan)



### SN-Pg (Titan)







**Abb. 4.20: Intraindividuelle Veränderungen des SNPg-Winkels (Titangruppe)**

Während sich der SNPg-Winkel bei einem Patienten der Titangruppe durch das operative Vorgehen verkleinerte, vergrößerte sich dieser Winkel bei den anderen Patienten beider Gruppen. Von drei Patienten (111, 147, 148) fehlten die präoperativen Werte.

#### 4.2.3.5 Zusammenfassung der Ergebnisse des SNPg-Winkels

Ein schwach signifikanter Unterschied ( $p=0,03^*$ , Abb. 4.18) zwischen den beiden Untersuchungsgruppen konnte für den postoperativen Korrekturverlust aufgezeigt werden, so stellte sich in der Isosorbgruppe eine weitere postoperative Zunahme heraus, während in der Kontrollgruppe eine postoperative Abnahme des SNPg-Winkels eingetreten war. Bei den weiteren Ergebnissen wurden hinsichtlich der Frage, ob die Materialwahl der Osteosyntheseschraube Einfluß auf das Operationsergebnis und auf die postoperative Stabilität für den Parameter des SNPg-Winkels hatte, keine signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$  n.s.) zwischen der Stabilisierung mit der Isosorb®-Schraube oder der Stabilisierung der Osteotomiestelle mit den herkömmlichen Titanschrauben festgestellt.

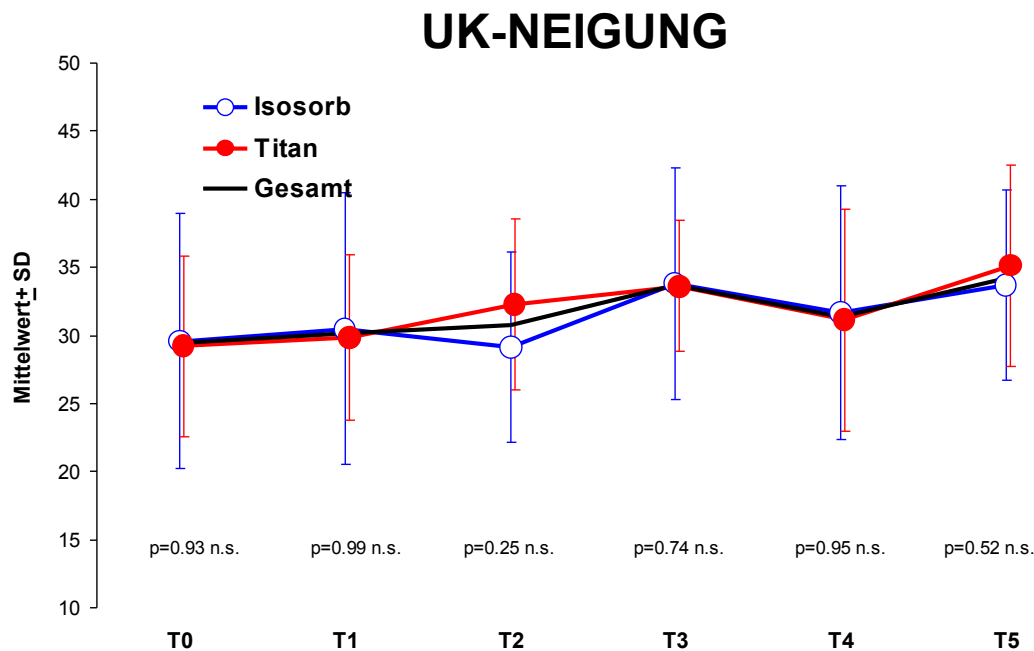
#### 4.2.4 NS/ML-Winkel (UK-Neigung)

##### 4.2.4.1 NS/ML-Winkel im zeitlichen Verlauf

Aufgrund der unterschiedlichen Datenbasis (siehe Tab. 4.14) zu den Untersuchungszeitpunkten T0-T5 zeigte sich insbesondere bei der Auswertung der postoperativen Daten ein schwankender zeitlicher Verlauf der Absolutwerte für den Parameter der UK-Neigung (Abb. 4.21).

UK-NEIGUNG												
Parameter	Isosorb	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis	Titan	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis
T0	29.6	9.4	14.7	28.0	50.8	21	29.2	6.6	13.0	30.1	39.7	18
T1	30.5	10.0	14.0	27.9	49.4	21	29.8	6.0	15.1	29.8	39.8	19
T2	29.1	7.0	17.5	29.5	40.7	7	32.3	6.3	19.7	33.0	40.0	8
T3	33.8	8.5	21.3	31.7	51.5	14	33.6	4.8	25.9	33.6	43.9	16
T4	31.6	9.3	17.1	29.9	45.9	7	31.1	8.2	20.4	30.1	46.0	7
T5	33.7	7.0	25.6	31.2	47.7	15	35.1	7.4	20.7	36.5	44.6	8

**Tab. 4.14: Die Unterkieferneigung in Grad (absolute Werte) zu den Untersuchungszeitpunkten T0-T5**

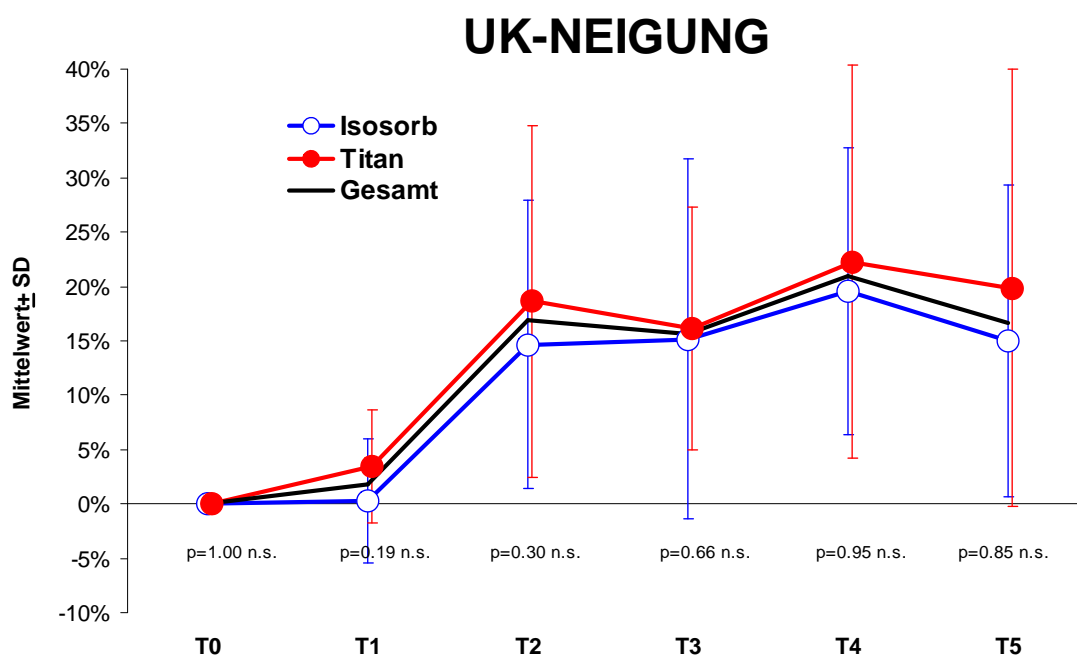


**Abb. 4.21:** Die Unterkieferneigung als Verlauf von absoluten Werten (Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte 0.05 weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin. BORTZ 1990, 1992)

Zum kieferorthopädischen Behandlungsbeginn (T0) lag der Winkel für die Neigung des Unterkiefers in der Isosorbgruppe bei durchschnittlich 29,6° und in der Titangruppe bei 29,2°. Bis zur Operation (T1) vergrößerte sich der Winkel in beiden Gruppen nur leicht. In der Isosorbgruppe war bei der ersten postoperativen Kontrolle (T2) zunächst eine minimale Abnahme der Unterkieferneigung zu ermitteln. Bei der Halbjahreskontrolle (T3) war eine Zunahme von 3,3°, zum Zeitpunkt T4 von 1,1° und bei T5 von 3,2° gegenüber der präoperativen Ausgangslage eingetreten.

In der Titangruppe vergrößerte sich der NSL/ML-Winkel operationsbedingt um 2,5°. Bei der Kontrolle T3 ergab sich eine Zunahme von 3,8°, bei T4 von 1,3° und bei der letzten Kontrolle von 5,3° gegenüber der präoperativen Ausgangslage.

Mit Hilfe des Mann-Whitney-U-Tests ergaben sich zu keinem Untersuchungszeitpunkt statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (siehe p-Werte in Abb. 4.21).



**Abb. 4.22:** UK-Neigung als %-Verlauf, (Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte  $\leq 0.05$  weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin. Bortz 1990, 1992)

UK-NEIGUNG												
Parameter	Isosorb	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis	Titan	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis
T0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	21	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	18
T1	0.3%	5.7%	-17.0%	1.0%	9.0%	19	3.5%	5.2%	-3.0%	2.0%	16.0%	18
T2	14.7%	13.3%	3.0%	11.0%	41.0%	6	18.6%	16.2%	-1.0%	14.5%	51.0%	8
T3	15.2%	16.6%	-12.0%	12.0%	45.0%	12	16.1%	11.1%	2.0%	14.0%	41.0%	14
T4	19.6%	13.2%	8.0%	13.0%	42.0%	7	22.3%	18.1%	4.0%	18.0%	56.0%	7
T5	15.0%	14.4%	-11.0%	14.0%	50.0%	15	19.9%	20.1%	5.0%	13.0%	59.0%	8

**Tab. 4.15:** Prozentuale Veränderung der UK-Neigung bezogen auf die Ausgangslage

Der zeitliche Verlauf der prozentualen Veränderung bezogen auf den kieferorthopädischen Behandlungsbeginn zeigte für beide Gruppen eine deutliche operationsbedingte prozentuale Zunahme der UK-Neigung. Die Schwankungen zu den postoperativen Untersuchungszeitpunkten fiel hier weniger deutlich aus. Einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den beiden Gruppen konnte auch hier zu keinem Untersuchungszeitpunkt festgestellt werden ( $p > 0,05$ , Abb. 4.22).

#### 4.2.4.2 Postoperative Stabilität der UK-Neigung

Die folgende Abbildung und Tabelle (Abb. 4.23, Tab. 4.16) zeigen den NS/ML-Winkel (UK-Neigung) in Grad zum Untersuchungszeitpunkt T1, zur ersten und zweiten postoperativen Kontrolle.

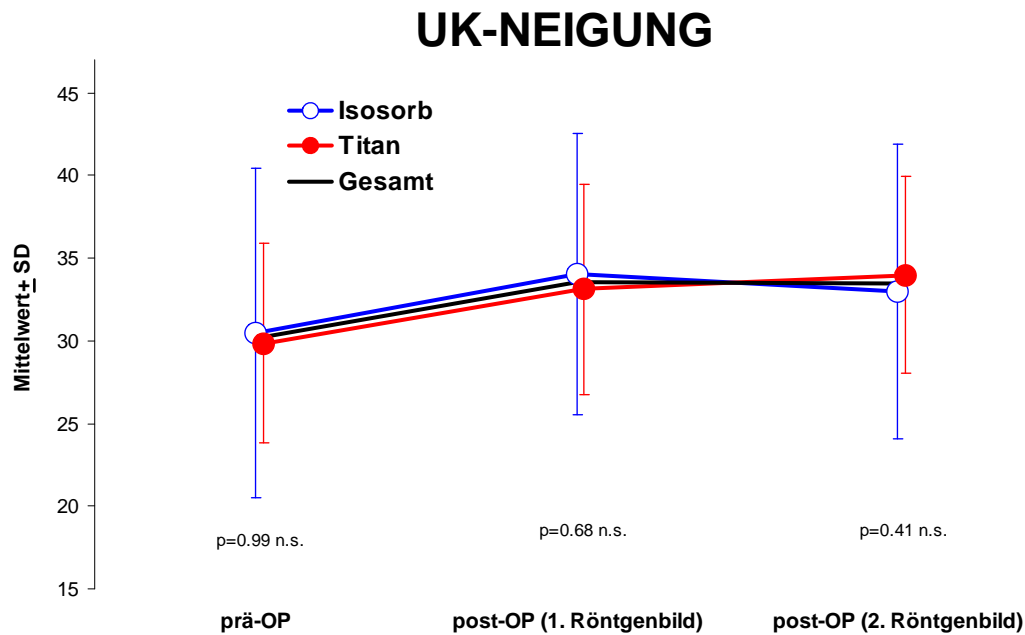


Abb. 4.23: UK-Neigung präoperativ und nach OP (Signifikanztest im Gruppenvergleich: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte  $\leq 0.05$  weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin, Bortz, 1990, 1992)

UK-NEIGUNG												
Parameter	Isosorb	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis	Titan	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis
prä-OP	30.5	10.0	14.0	27.9	49.4	21	29.8	6.0	15.1	29.8	39.8	19
post-OP (1. Röntgenbild)	34.0	8.5	17.5	33.5	48.5	23	33.1	6.4	19.7	33.6	46.0	20
post-OP (2. Röntgenbild)	33.0	8.9	17.1	30.1	51.5	16	34.0	6.0	20.4	34.3	44.6	14

Tab. 4.16: UK-Neigung in Grad präoperativ, 1.verfügbare FRS postoperativ und 2. verfügbares FRS postoperativ

Präoperativ betrug der Winkel für die UK-Neigung in der Isosorbgruppe  $30,5^\circ$  ( $n=21$ ) und in der Titangruppe  $29,8^\circ$  ( $n=19$ ). Operationsbedingt nahm der Winkel in der Isosorbgruppe um durchschnittlich  $3,5^\circ$  ( $n=23$ ). Im weiteren postoperativen Verlauf ergab sich für diesen Parameter eine durchschnittliche

Abnahme von 1,0°, dies entsprach einem negativen Teilrezidiv von 28,6%. In der Titangruppe vergrößerte sich der Winkel der UK-Neigung durch die Operation um durchschnittlich 3,3° und nahm bis zur nächsten postoperativen Kontrolle um weitere 0,9° zu, entsprechend einem positiven Teilrezidiv von 27,3%.

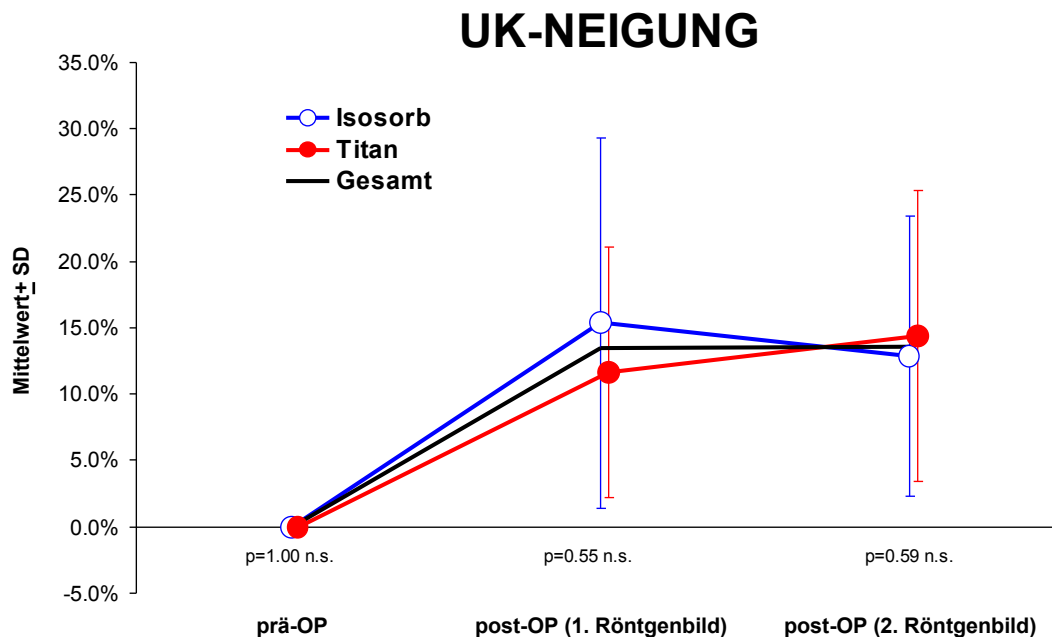
Der Signifikanztest ergab keinen Hinweis auf statistische Unterschiede zwischen den beiden Gruppen (siehe die p-Werte in Abb. 4.23).

Die chirurgische und postoperative prozentuale Veränderung der Unterkieferneigung bezogen auf die präoperative Ausgangslage ist in Abb. 4.24 und Tab. 4.17 dargestellt.

Bei der Auswertung der prozentualen Veränderung bezogen auf die präoperative Ausgangslage ergab sich zwischen den beiden zu untersuchenden Gruppen ebenfalls kein statistisch signifikanter Unterschied ( $p > 0,05$ ). Es zeigte sich auch hier eine deutliche operationsbedingte Zunahme der UK-Neigung, die für die Testgruppe nicht signifikant größer war, als für die Kontrollgruppe. Der postoperative Korrekturverlust war nur gering, wobei sich für die Isosorbgruppe die postoperative Abnahme und für die Titangruppe die postoperative Zunahme des NS/ML-Winkel zur zweiten Nachuntersuchung bestätigte.

Parameter	UK-NEIGUNG											
	Isosorb	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis	Titan	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis
prä-OP	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	21	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	19
post-OP (1. Röntgenbild)	15.4%	14.0%	-1.0%	9.0%	52.0%	18	11.6%	9.5%	-2.0%	11.0%	36.0%	19
post-OP (2. Röntgenbild)	12.9%	10.6%	-2.0%	10.5%	35.0%	16	14.4%	11.0%	1.0%	12.0%	38.0%	14

**Tab. 4.17: UK-Neigung präoperativ und 1. und 2. verfügbares FRS postoperativ (prozentuale Veränderung)**



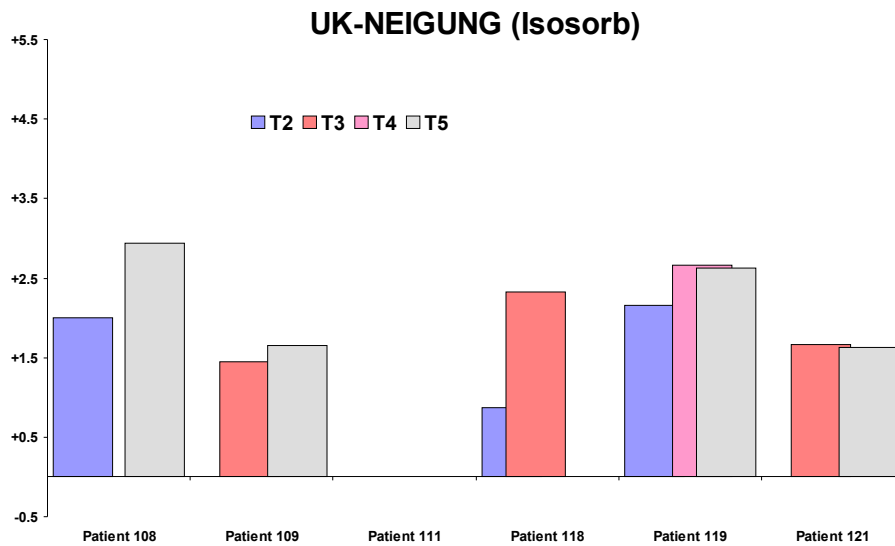
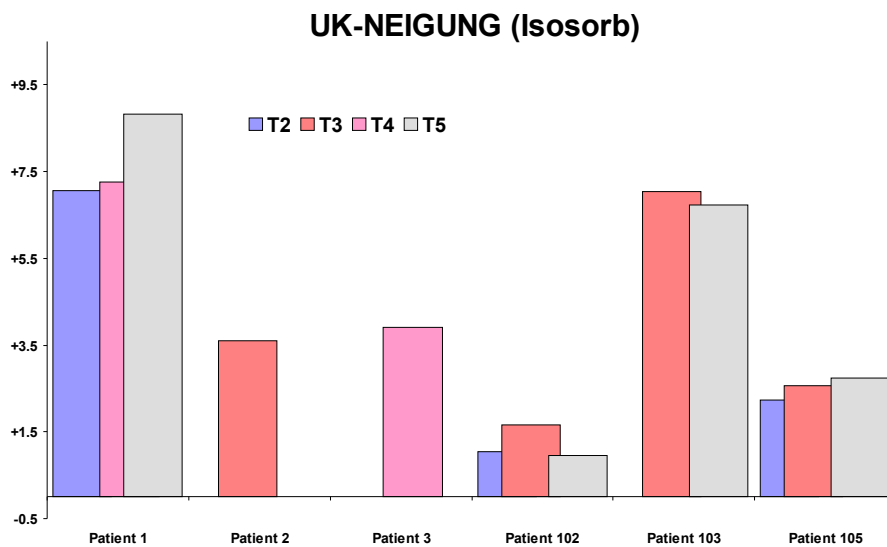
**Abb. 4.24:** UK-Neigung präoperativ und 1, und 2. verfügbares FRS postoperativ (Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte  $\leq 0.05$  weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin. Bortz 1990, 1992)

#### 4.2.4.3 *Entwicklung der UK-Neigung für das Gesamtkollektiv*

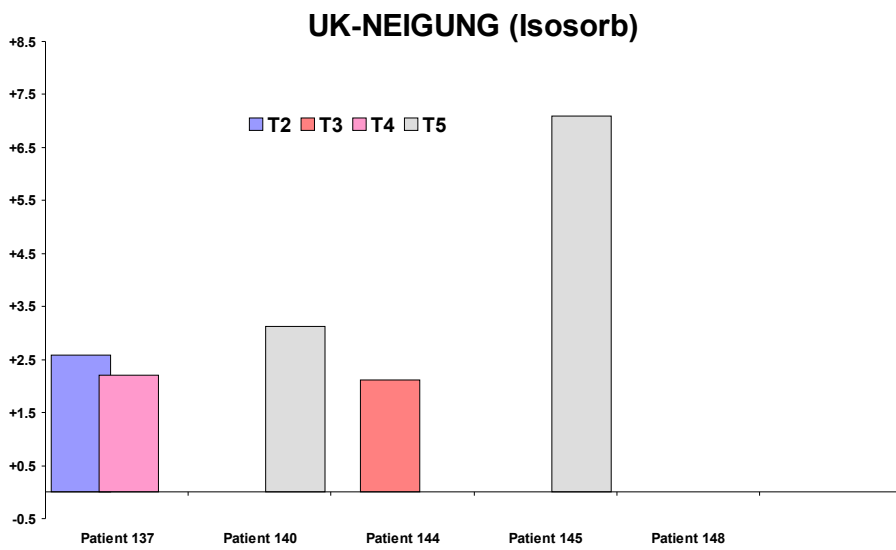
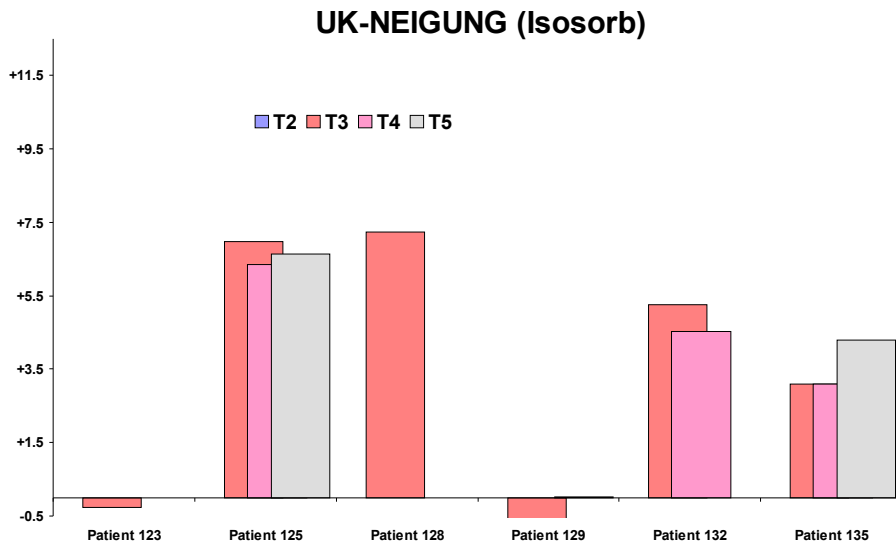
Betrachtet man abschließend beide Untersuchungsgruppen als eine Einheit zeigte sich der NS/ML-Winkel im zeitlichen Verlauf schwankend (Abb. 4.21). Die prozentualen Veränderungen bezogen auf die Ausgangslage (T0) waren bei der präoperativen Kontrolle (T1) gering (Abb. 4.22). Präoperativ lag der Winkel durchschnittlich bei  $30,2^\circ$  und nahm operationsbedingt um  $3,4^\circ$  zu. Der postoperative Korrekturverlust betrug nur  $0,05^\circ$ , entsprechend einem negativen Teilrezidiv von  $1,5\%$  (siehe die schwarze Linie für das Gesamtkollektiv in Abb. 4.23 und Abb. 4.24).

#### 4.2.4.4 Intraindividuelle Veränderungen der Unterkieferneigung

In Abb. 4. 25 und Abb. 4.26 werden für beide Untersuchungsgruppen die Individualwerte zur UK-Neigung in Form von postoperativen Änderungen zum präoperativen Wert dargestellt.

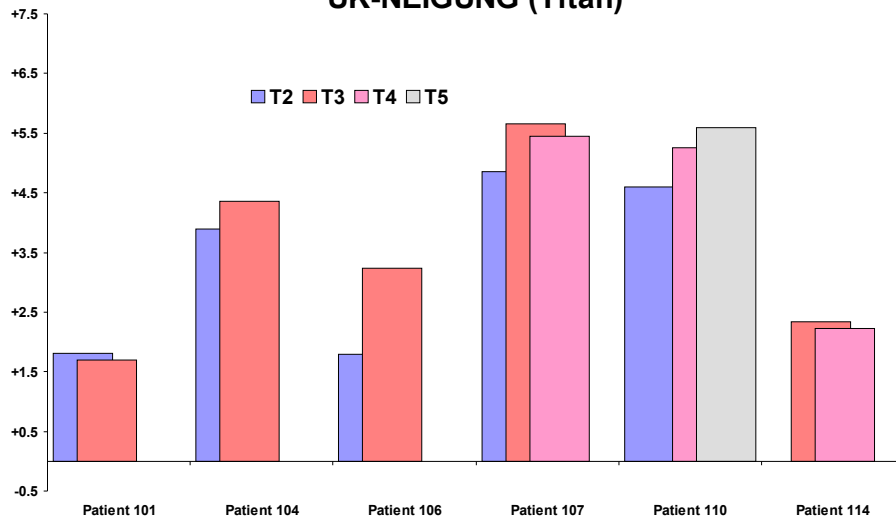




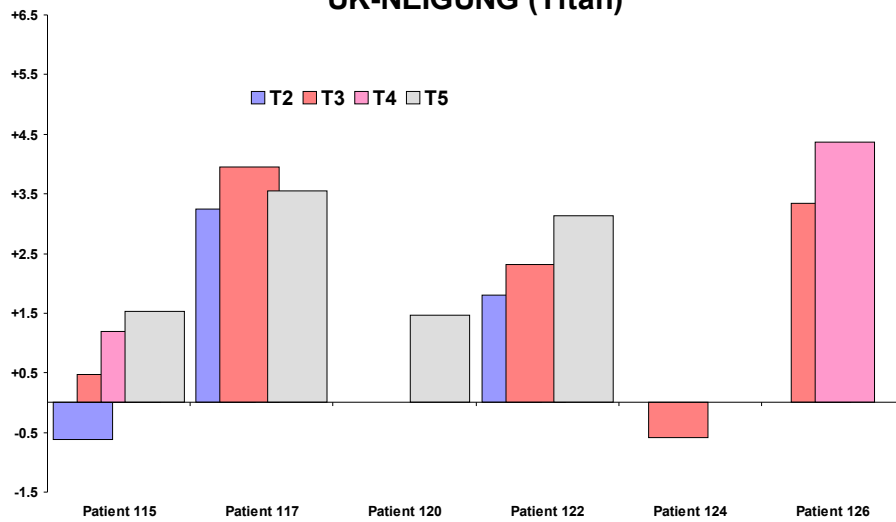


**Abb. 4. 25:** Intraindividuelle Veränderungen der UK-Neigung (Isosorbgruppe)

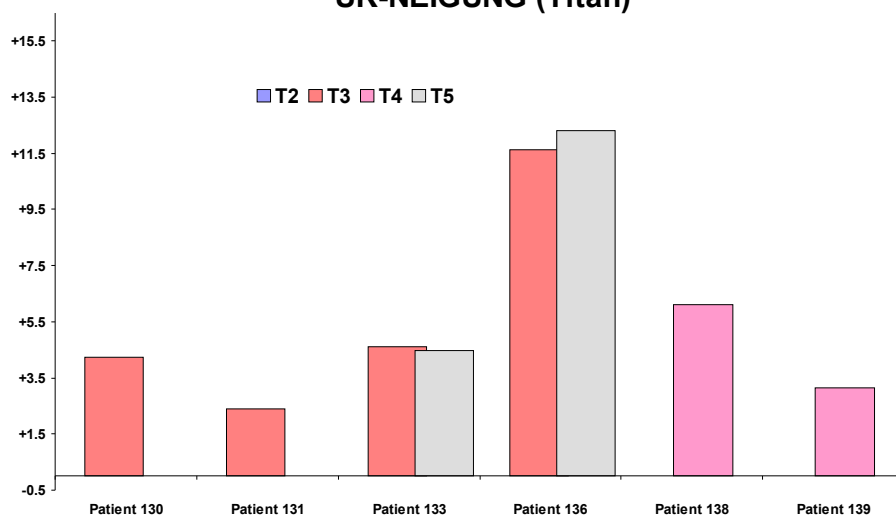
### UK-NEIGUNG (Titan)

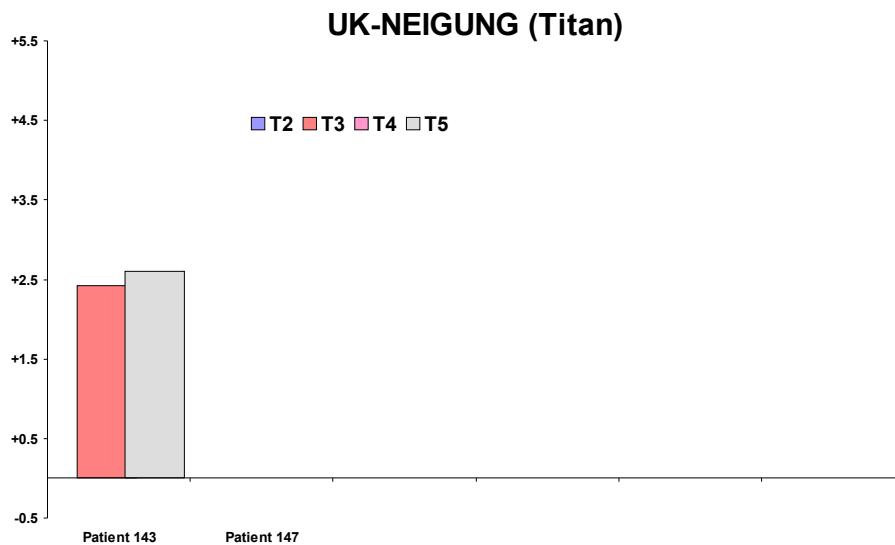


### UK-NEIGUNG (Titan)



### UK-NEIGUNG (Titan)





**Abb. 4.26:** Intraindividuelle Veränderungen der UK-Neigung (Titangruppe)

Bei jeweils zwei Patienten beider Untersuchungsgruppen war bei der ersten postoperativen Untersuchung eine Abnahme der Unterkieferneigung eingetreten, bei den restlichen Patienten nahm die Unterkieferneigung operationsbedingt zu. Von drei Patienten (111, 147, 148) fehlten die präoperativen Werte.

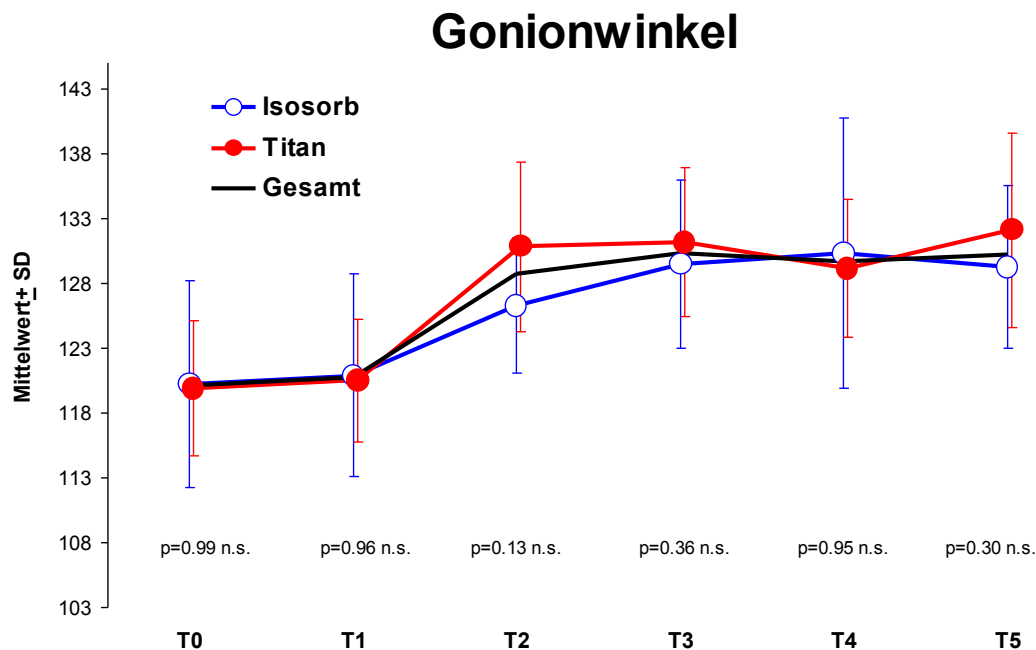
#### **4.2.4.5 Zusammenfassung der Ergebnisse der UK-Neigung**

Hinsichtlich der Frage, ob die Materialwahl der Osteosyntheseschraube Einfluß auf das Operationsergebnis und auf die postoperative Stabilität für den Parameter der UK-Neigung hatte, wurden keine signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$  n.s.) zwischen der Stabilisierung mit der Isosorb®-Schraube oder der Stabilisierung der Osteotomiestelle mit den herkömmlichen Titanschrauben festgestellt.

## 4.2.5 Gonionwinkel

### 4.2.5.1 Gonionwinkel im zeitlichen Verlauf

Die Abbildungen Abb. 4.27 und Abb. 4.28 und die dazugehörigen Tabellen Tab. 4.18 und Tab. 4.19 zeigen den zeitlichen Verlauf des Kieferwinkels für die beiden Untersuchungsgruppen und für die Gesamtgruppe zu den Untersuchungszeitpunkten T0-T5 in Form von Absolutenwerten in Grad und die prozentuale Veränderung bezogen auf die Ausgangslage.



**Abb. 4.27:** Der Gonionwinkel als Verlauf von absoluten Werten (Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte  $\leq 0.05$  weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin. BORTZ 1990, 1992)

Der Kieferwinkel lag in der Isosorbgruppe zum kieferorthopädischen Behandlungsbeginn bei  $120,3^\circ$  und blieb durch die prächirurgische Vorbehandlung fast unverändert. Unmittelbar postoperativ war eine Vergrößerung des Kieferwinkels von  $6,0^\circ$  und bei der nächsten Kontrolle (T3) eine Zunahme von  $9,2^\circ$  bezogen auf die Ausgangslage festzustellen. Bei den

folgenden Kontrollen (T4 und T5) lag der Gonionwinkel um 10° bzw. 9° höher als zu Beginn der Behandlung.

Gonionwinkel												
Parameter	Isosorb	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis	Titan	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis
T0	120.3	8.0	107.7	120.4	139.8	21	119.9	5.2	111.9	119.8	131.7	18
T1	120.9	7.8	107.6	119.8	141.5	21	120.5	4.8	112.5	120.3	130.9	19
T2	126.3	5.2	118.8	127.5	132.8	7	130.8	6.5	121.2	131.6	140.0	8
T3	129.5	6.5	120.3	128.5	145.0	14	131.1	5.7	121.8	130.3	142.5	16
T4	130.3	10.4	119.4	130.6	149.4	7	129.1	5.3	122.4	128.7	137.2	7
T5	129.3	6.3	120.1	129.0	144.9	15	132.1	7.5	122.1	131.9	142.4	8

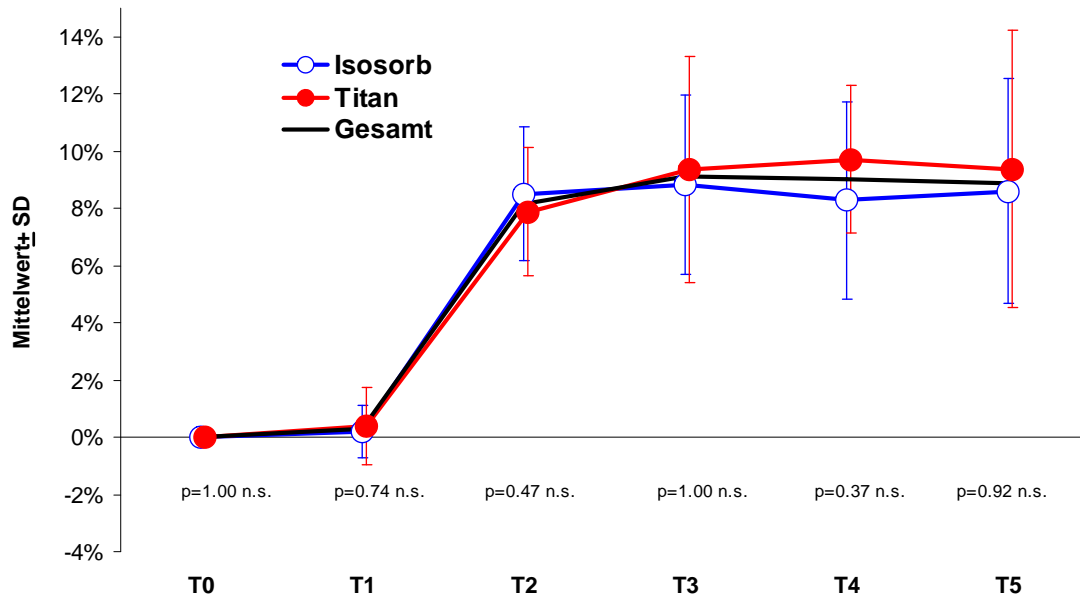
**Tab. 4.18: Der Gonionwinkel in Grad (absolute Werte) zu den Untersuchungszeitpunkten T0-T5**

In der Titangruppe lag der Kieferwinkel zum kieferorthopädischen Behandlungsbeginn bei durchschnittlich 119,9° und veränderte sich auch hier bis zur Operation nur geringfügig. Bei der ersten postoperativen Kontrolle war eine Vergrößerung des Kieferwinkels um durchschnittlich 10,9° zu ermitteln.

Bei den nachfolgenden Kontrollen zeigte sich der Kieferwinkel ein relativ stabiles Verhalten. Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsgruppen waren zu keinem Zeitpunkt zu finden (siehe die p-Werte in Abb. 4.27).

Die Berechnung der prozentualen Veränderung des Kieferwinkels bezogen auf die Ausgangslage verdeutlichte, die mit den Absolutwerten gewonnenen Erkenntnisse. Der Kieferwinkel blieb in beiden Gruppen durch die prächirurgische Kieferorthopädie nahezu unverändert. Operationsbedingt nahm der Gonionwinkel in beiden Gruppen gleichermaßen zu und zeigte in den Nachuntersuchungen ein sehr stabiles Verhalten. Statistisch signifikante Unterschiede konnten für den Kieferwinkel zwischen der Gruppe, die mit der resorbierbaren Schraube und der Kontrollgruppe zu keinem Zeitpunkt festgestellt werden (siehe die p-Werte in Abb. 4.28).

## Gonionwinkel



**Abb. 4.28:** Gonionwinkel als %-Verlauf, (Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte  $\leq 0.05$  weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin. Bortz 1990, 1992)

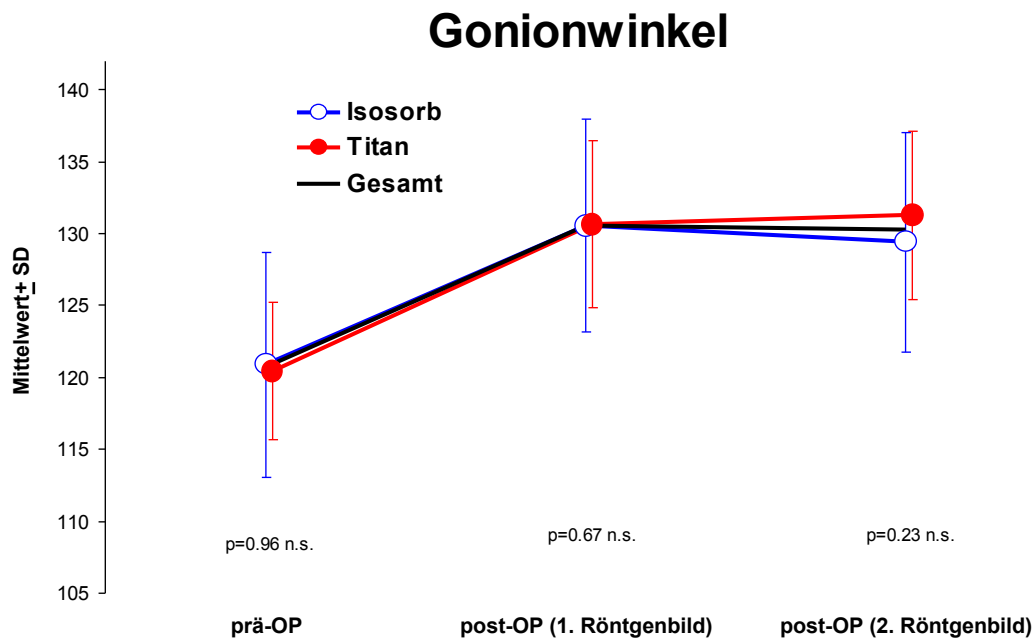
Parameter	Isosorb						Titan					
	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis		
T0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	21	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	18		
T1	0.2%	0.9%	-1.0%	0.0%	2.0%	19	0.4%	1.3%	-2.0%	0.5%	18	
T2	8.5%	2.3%	4.0%	9.5%	10.0%	6	7.9%	2.2%	4.0%	8.0%	11.0%	8
T3	8.8%	3.1%	3.0%	9.0%	14.0%	12	9.4%	4.0%	5.0%	8.5%	21.0%	14
T4	8.3%	3.5%	3.0%	8.0%	13.0%	7	9.7%	2.6%	7.0%	10.0%	13.0%	7
T5	8.6%	3.9%	3.0%	9.0%	14.0%	15	9.4%	4.8%	6.0%	8.0%	21.0%	8

**Tab. 4.19:** Prozentuale Veränderung des Gonionwinkels bezogen auf die Ausgangslage

### 4.2.5.2 Postoperative Stabilität des Gonionwinkels

Präoperativ betrug der Kieferwinkel in der Isosorbgruppe durchschnittlich  $120,9^\circ$  ( $n=21$ ) und nahm operationsbedingt um  $9,7^\circ$  ( $n=23$ ) zu, gefolgt von einem postoperativen Korrekturverlust von  $1,2^\circ$  ( $n=16$ ), entsprechend einem negativen Teilrezidiv von  $12,4\%$ . In der Titangruppe lag der Gonionwinkel präoperativ bei durchschnittlich  $120,5^\circ$  ( $n=19$ ) und vergrößerte sich durch das operative Vorgehen um  $10,1^\circ$  ( $n=20$ ). Im postoperativen Verlauf war eine weitere

Zunahme des Kieferwinkels von  $0,7^\circ$  ( $n=14$ ) zu ermitteln, entsprechend einem positiven Teilrezidiv von 6,9%. Der Signifikanztest ergab keinen Hinweis auf statistische Unterschiede zwischen den beiden Gruppen ( $p>0,05$ , Abb. 4.29).



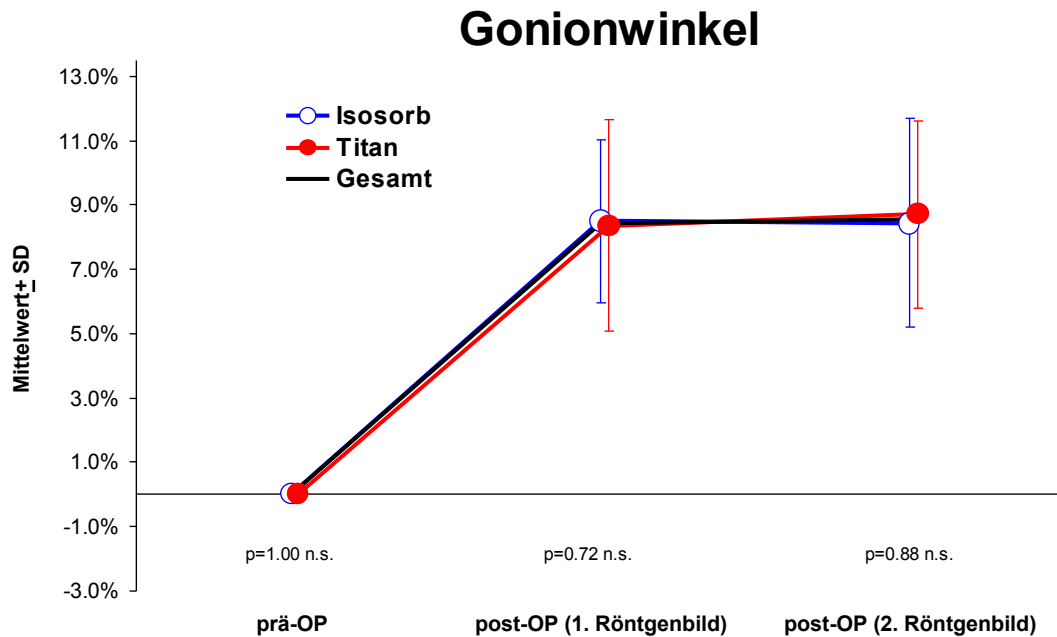
**Abb. 4.29:** Gonionwinkel präoperativ und nach OP (Signifikanztest im Gruppenvergleich: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte  $< 0.05$  weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin, Bortz, 1990, 1992)

Parameter	Isosorb						Titan					
	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis		
prä-OP	7.8	107.6	119.8	141.5	21	4.8	112.5	120.3	130.9	19		
post-OP (1. Röntgenbild)	7.4	118.8	130.0	149.4	23	5.8	121.2	130.2	142.5	20		
post-OP (2. Röntgenbild)	7.6	119.4	128.6	145.3	16	5.9	122.4	131.6	142.4	14		

**Tab. 4.20:** Gonionwinkel in Grad präoperativ, 1.verfügbare FRS postoperativ und 2. verfügbares FRS postoperativ

Bei der Berechnung der prozentualen Veränderung bezogen auf die präoperative Situation ergab sich für beide Untersuchungsgruppen eine fast identische operationsbedingte Zunahme des Kieferwinkels ( $p= 0,72$  n.s.). Die postoperativen Veränderungen fielen gering aus.

Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsgruppen konnten zu keinem Zeitpunkt registriert werden (siehe die p-Werte in Abb. 4.30).



**Abb. 4.30:** Gonionwinkel präoperativ und 1. und 2. verfügbares FRS postoperativ (Signifikanztest: Mann-Whitney-U-Test, p-Werte  $\leq 0.05$  weisen auf einen explorativ signifikanten Unterschied hin. Bortz 1990, 1992)

Parameter	Gonionwinkel											
	Isosorb	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis	Titan	SD	Min.	Median	Max.	Datenbasis
prä-OP	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	21	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	19
post-OP (1. Röntgenbild)	8.5%	2.5%	3.0%	8.5%	13.0%	18	8.4%	3.3%	2.0%	8.0%	17.0%	19
post-OP (2. Röntgenbild)	8.4%	3.2%	2.0%	8.0%	13.0%	16	8.7%	2.9%	5.0%	8.0%	17.0%	14

**Tab. 4.21:** Gonionwinkel präoperativ und 1. und 2. verfügbares FRS postoperativ (prozentuale Veränderung)

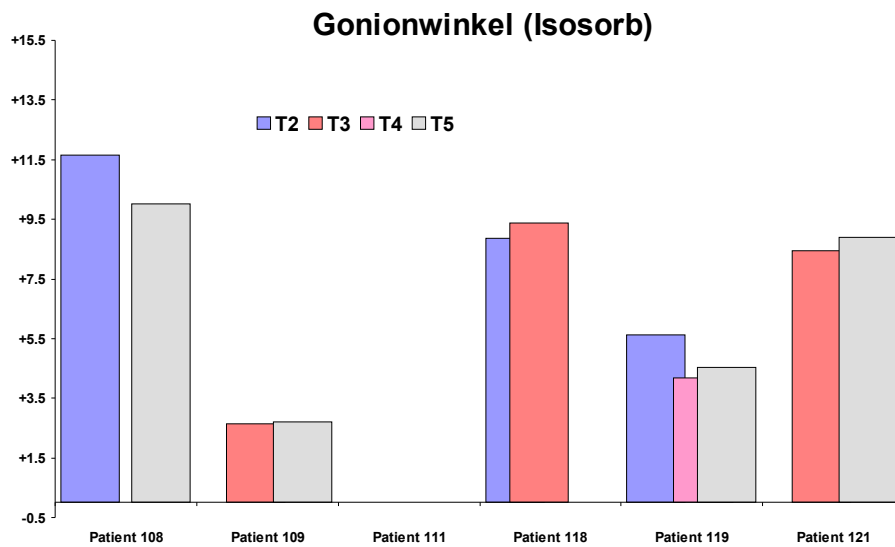
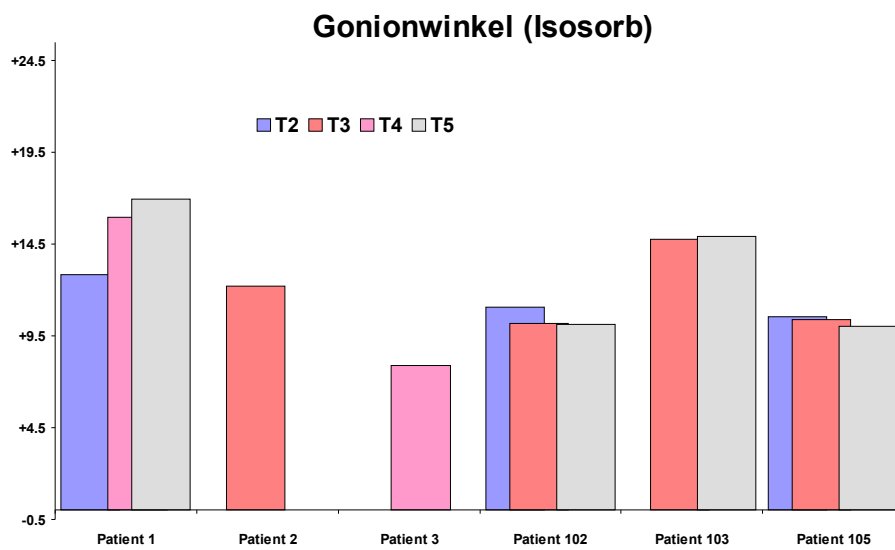
#### 4.2.5.3 Entwicklung des Gonionwinkels für das Gesamtkollektiv

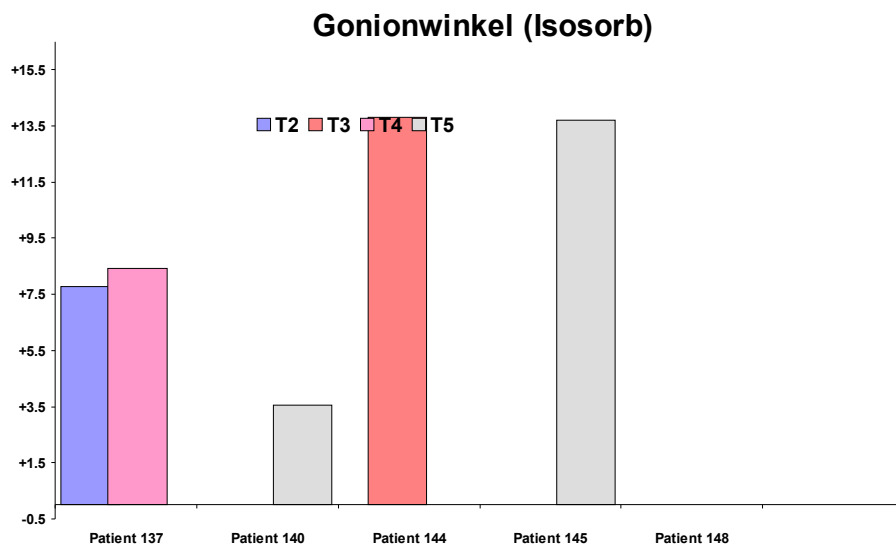
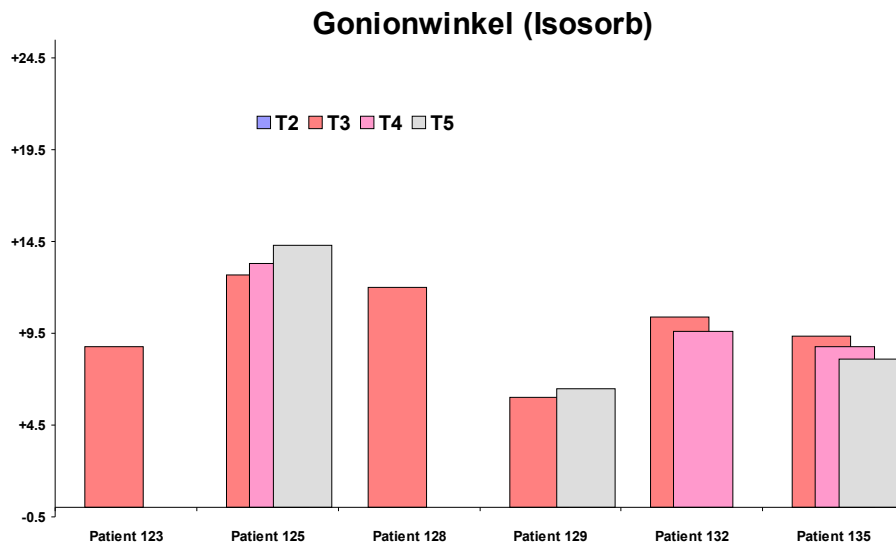
Die kieferorthopädische Vorbehandlung übte nur wenig Einfluß auf den Kieferwinkel aus. Durch das operative Vorgehen wurde der Unterkiefer nach posterior rotiert und der Kieferwinkel vergrößerte sich dementsprechend. Die postoperativen Kontrollen zeigten im Gesamtkollektiv für den Kieferwinkel ein stabiles Verhalten (siehe die schwarze Linie in Abb. 4.27). Die Rezidivberechnung aus den Absolutwerten ergab ein negatives Teilrezidiv von 2,5%.



#### 4.2.5.4 Intraindividuelle Veränderungen des Gonionwinkels

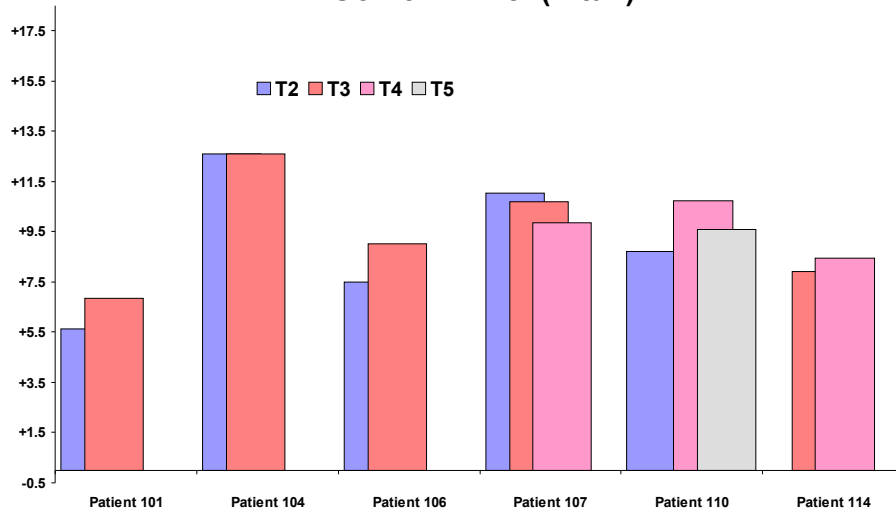
In Abb. 4.31 und Abb. 4.32 werden für beide Untersuchungsgruppen die Individualwerte zum Gonionwinkel in Form von postoperativen Änderungen zum präoperativen Wert dargestellt.



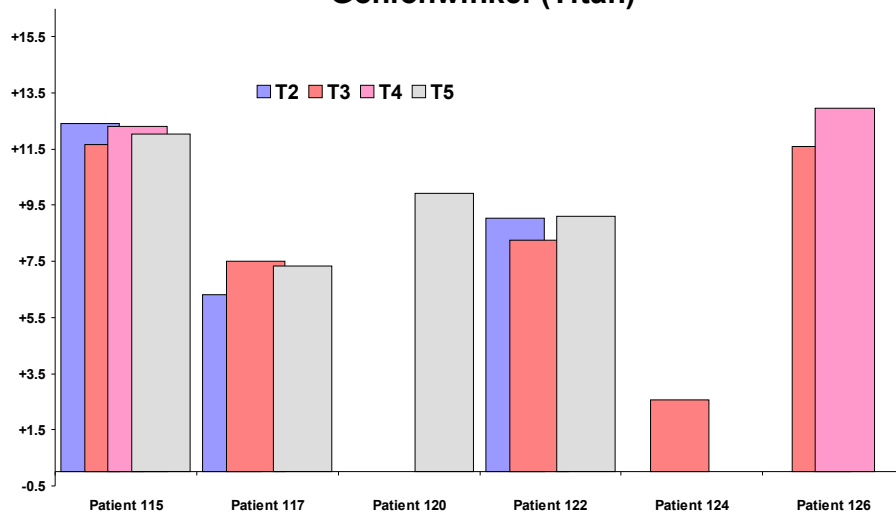


**Abb. 4.31: Intraindividuelle Veränderungen des Gonionwinkels (Isosorbgruppe)**

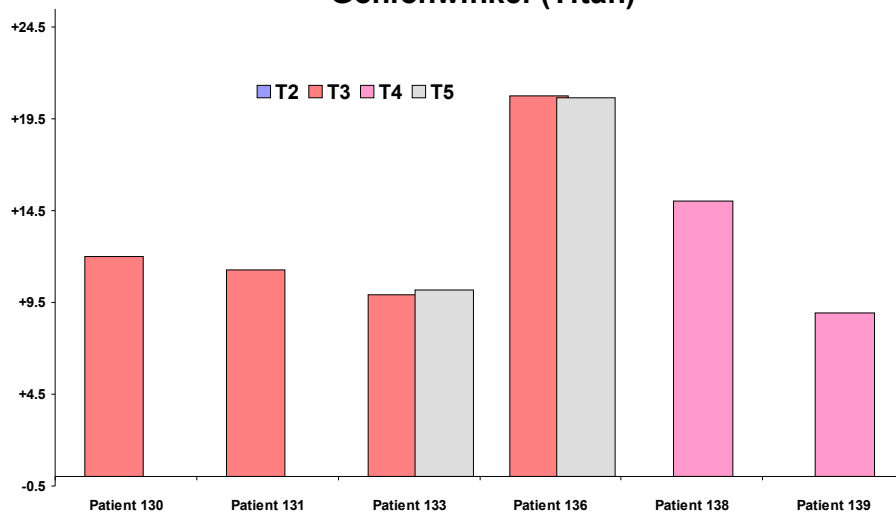
### Gonionwinkel (Titan)

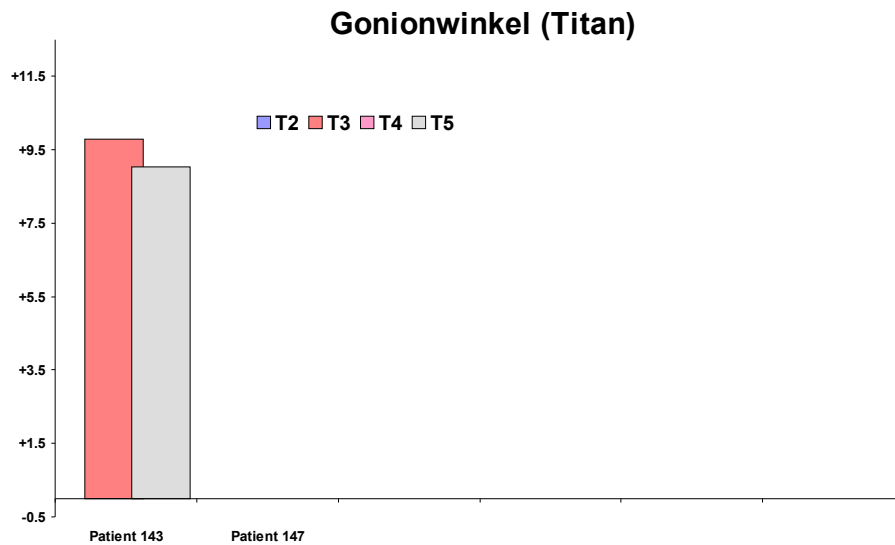


### Gonionwinkel (Titan)



### Gonionwinkel (Titan)





**Abb. 4.32: Intraindividuelle Veränderungen des Gonionwinkels (Titangruppe)**

Bei allen Patienten, sowohl in der Isosorbgruppe, als auch in der Titangruppe vergrößerte sich der Gonionwinkel durch das operative Vorgehen. Von drei Patienten (111, 147, 148) fehlten die präoperativen Werte.

#### **4.2.5.5 Zusammenfassung der Ergebnisse des Gonionwinkels**

Hinsichtlich der Frage, ob die Materialwahl der Osteosyntheseschraube Einfluß auf das Operationsergebnis und auf die postoperative Stabilität für den Parameter des Kieferwinkels hatte, wurden keine signifikanten Unterschiede ( $p > 0,05$  n.s.) zwischen der Stabilisierung mit der Isosorb®-Schraube oder der Stabilisierung der Osteotomiestelle mit den herkömmlichen Titanschrauben festgestellt.

## 5 Diskussion

In der vorliegenden kephalometrischen Studie sollte untersucht werden, ob Unterschiede bei der Verwendung von resorbierbarem Osteosynthesematerial, namentlich der Isosorb®-Schraube, gegenüber der konventionellen Osteosynthese mit Titanschrauben bei der sagittalen Spaltung des Unterkiefers nach Obwegeser und Dal-Pont im Fernröntgenseitbild aufzuzeigen sind.

Es wurde der zeitliche Verlauf der sagittalen und vertikalen Parameter in den beiden Untersuchungsgruppe dargestellt und auf Unterschiede geprüft.

Ferner wurde ermittelt, ob und in welchem Ausmaß sich die vertikalen und sagittalen Veränderungen der Fernröntgenanalyse im weiteren postoperativen Verlauf zwischen den beiden zu untersuchenden Osteosynthesematerialien unterscheiden. Zusätzlich wurde die Rezidivrate berechnet.

Mit der Fragestellung der Stabilität nach Umstellungsosteotomien haben sich in der Vergangenheit schon zahlreiche Untersuchungen auseinandergesetzt. Das Ziel all dieser Studien ist, die Ergebnisse der orthognathen Chirurgie auf Lebenszeit stabil zu halten. Die orofazialen Strukturen unterliegen aber bei jedem Menschen zeitlebens funktionellen Anpassungsvorgängen.

In der Literatur wird über eine Rezidivrate zwischen 10% bis über 50% berichtet (POULTON und WARE 1971 und 1973, KOHN 1978, SCHENDEL und EPKER 1980, LAKE et al. 1981, BATHIA et al. 1985). AUSTERMANN (1998) geht davon aus, daß Segmentosteotomien die geringste Rezidivneigung und daß unter den Totalosteotomien die des Unterkiefers eine größere Rezidivtendenz besitzen als die des Oberkiefers. Von den Totalosteotomien des Unterkiefers haben wiederum diejenigen mit vertikaler Korrektur und Vorverlagerung eine größere Rezidivneigung als die mit Rückverlagerung und transversaler Korrektur.

Zu einem skelettalen Rezidiv nach Mesialisierung des Unterkiefers kann es nur an zwei anatomischen Lokalisationen kommen: An der osteosynthetisch versorgten Osteotomiestelle vor knöcherner Konsolidierung und am Kiefergelenk. Sowohl eine Verschiebung im Bereich der Osteosynthese als

auch eine intraoperativ zu weit inferior eingestellte Kondylusposition, führen zu Frührezidiven (ARNETT 1993). ARNETT (1993) fügt aber noch eine dritte Rezidivursache hinzu: wird der Kondylus intraoperativ zu weit posterior oder medial-lateral positioniert, werden die Kondylen und die intraartikulären Gewebe komprimiert. Als eine Reaktion auf diese Kompression kommt es zu einem Umbau der Gelenkstrukturen. Der Kondylus kommt in Folge weiter superior zu liegen, was zu einem Rezidiv der skelettalen und dentalen Strukturen führt. Der Gelenkumbau erfolgt in der Regel 9 bis 18 Monate postoperativ. In der Literatur werden noch zahlreiche andere Faktoren genannt, die mit einem Rezidiv nach Vorverlagerung der Mandibula in Zusammenhang stehen:

- 1) Patienten mit größerer chirurgischer Vorverlagerung zeigen größere Rezidive als solche mit geringerer (SCHENDEL und EPKER 1980, LAKE et al. 1981).
- 2) Die Überstreckung der suprahyoidalen Muskulatur (POULTON und WARE 1971 und 1973, EPKER und WESSBERG 1982, BATHIA et al. 1985).
- 3) Die Größe des Mandibularebenenwinkels (LAKE et al. 1981, BATHIA et al. 1985) – je größer der Winkel desto rezidivgefährdeter.
- 4) Die Lageveränderung des Ramus ascendens (LAKE et al. 1981)

Es wurden verschiedene Methoden angewandt, um die erwähnten Faktoren auszuschließen. Während die suprahyoidale Myotomie, trotz tierexperimentell anders lautender Ergebnisse (ELLIS und CARLSON 1983), keine Verbesserung der Stabilität erbrachte (SCHENDEL und EPKER 1980), wurde mit der intraoperativen Positionierung des Ramus ascendens sicher einer der Rezidivfaktoren eliminiert (LINDORF und HIRSCHFELDER 1986, LINDORF 1988).

Neuere Veröffentlichungen zeigen eine auf verbesserte Operationstechniken (funktionsstabile Osteosynthese) zurückzuführende deutlich geringere Rezidivrate (PAULUS und STEINHÄUSER 1982, VAN SICKELS und FLAMARY 1985, THOMAS et al. 1987, RICHTER et al. 1990, Van SICKELS

und RICHARDSON 1996, DOLCE et al. 2000, SCHEUER UND HÖLTJE 2001, BILL et al. 2003).

Mittel der Wahl ist heute die von LINDORF (1986) vorgeschlagene und auch in dieser Studie angewandte Osteosynthesemethode mit winkel- und distanzerhaltenden Positionsschrauben (Stellschraubenosteosynthese). Sie stellt eine stabile Schraubenfixation dar und verhindert gleichzeitig eine Gelenkluxation oder Nervkompression, da der intersegmentale Spalt nach erfolgter Osteotomie erhalten bleibt. Die Knochenheilung erfolgt in diesem Fall sekundär. Außerdem ermöglicht sie eine frühzeitige funktionelle Nachbehandlung mit dem Ziel der myofunktionellen Anpassung an die veränderten skelettalen Verhältnisse. Aus der Muskulatur resultierende Kräfte können in ausreichendem Maß kompensiert werden und so Rezidiven vorgebeugt werden (MICHEL 1990).

Kephalometrische Studien unter Verwendung von resorbierbaren Osteosynthesematerialien liegen zum heutigen Zeitpunkt nur sehr vereinzelt vor (HARADA und ENOMOTO 1997, KALLELA et al. 1998, HAERS und SAILER 1998, FERRETTI und REYNEKE 2002).

## **5.1 Diskussion der Methodik**

### **5.1.1 Studienauslegung und klinische Prüfung:**

Nach OBWEGESER (1998) muss ein resorbierbares Osteosynthesematerial im Rahmen der orthognathen Chirurgie im Hinblick auf das Langzeitstabilitätsverhalten von osteotomierten Segmenten zumindest den metallischen Osteosynthesystemen entsprechen. Nach Abschluß der Osteogenese wird eine vollständige Resorption des verwendeten Materials gefordert, welches biologisch inert und in seiner Anwendung praktikabel sein muss.

So wurden die Voraussetzungen für den Einsatz der neuentwickelten resorbierbaren Osteosyntheseschraube im klinischen Versuch zuvor systematisch erarbeitet:

1. Für die resorbierbare Osteosyntheseschraube war in vivo zuvor die vollständige Degradation überprüft worden (PISTNER et al. 1998)
2. Entsprechend der Materialeigenschaften war eine angepaßte, innovative Schraubenkonstruktion entwickelt und erprobt worden.
3. Die biomechanische Überprüfung im Modell und am Patienten ergab ausreichende Stabilität für die zu erwartende Belastung (PISTNER 1992).

ROKANNEN et al.(1985) berichteten über randomisierte, prospektive, klinische Studien resorbierbarer Osteosynthesematerialien im Vergleich zu konventionellen Implantaten bei der operativen Versorgung von dislozierten Malleolarfrakturen mit PDS-Stäbchen und Stäbchen aus Copolymeren (PLA/PGA). Beide resorbierbaren Materialien zeigten gegenüber den konventionellen Implantaten vergleichbar günstige Ergebnisse, so daß eine routinemäßige Verwendung der Implantate folgte.

SUURONEN et al. (1992) stellten einen Vergleich resorbierbarer Poly-L-Lactide und Metallplatten bei der Fixation von Unterkieferosteotomien im tierexperimentellen Versuch auf. Zwei Jahre später berichten SUURONEN et al. (1994) über die Durchführung einer klinischen Prüfung biodegradierbarer Schrauben als Osteosynthesematerial bei der sagittalen Spaltung. Es wurden intraoperativ und postoperativ von keinen schwerwiegenden Komplikationen berichtet.

EDWARDS et al (1999) bestätigten mit ihrer Aussage, daß nach sagittaler Unterkieferspaltung eine resorbierbare Schraubenosteosynthese aus Poly-L-Lactid-Polyglycolid klinisch vergleichbare Ergebnisse mit der herkömmlichen Metallschraubenosteosynthese zeigt.

Bei allen Studien strebte man die Verwendung resorbierbarer Osteosynthesematerialien als geeignete Alternative zu konventionellen Metallimplantaten an.



In der hier vorgestellten Studie erfolgte nach umfangreicher Aufklärung und Zustimmung die zufallsgesteuerte Aufteilung der Probanden in zwei vergleichbare Gruppen. Die Patienten der ersten Gruppe wurden mit den neuen resorbierbaren Schrauben aus dem Lactidcopolymergemisch versorgt, während die Mitglieder der zweiten Gruppe als Kontrolle herkömmliche Titanschrauben erhielten. Die Rekrutierung, präoperative Diagnostik, Operationstechnik und die postoperativen Untersuchungen folgten einem detaillierten, standardisierten und kontrollierten Studienprotokoll.

Intraoperativ ließ sich die neue Schraube einfach und sicher handhaben. Gegenüber der Operation mit Titanschrauben wurde bei Verwendung der Lactidschrauben eine Verlängerung der Operationsdauer um ca. 30 Minuten beobachtet. In der postoperativen Phase zeigten die resorbierbaren Schrauben eine völlig ausreichende Stabilität für die Osteosynthese der osteotomierten Unterkieferfragmente. Auf eine absolute Ruhigstellung durch intermaxilläre Fixation konnte verzichtet werden. Zwischen den Patienten beider Gruppen traten keine statistisch signifikanten Unterschiede auf. Eine Fremdkörperreaktion wurde in keinem Fall beobachtet.

### **5.1.2 OP-Methode**

Als Operationsmethode wurde die sagittale Spaltung des Unterkiefers nach OBWEGESER (1955) und Dal-Pont (1959) gewählt, dieses Verfahren stellt nach AUSTERMANN (1990) die weltweitverbreitetste Methode zur totalen Osteotomie des Unterkiefers dar.

Die Osteosynthesemethode in Form der Positionsschraubenosteosynthese (LINDORF 1984, 1986, RAVEH et al. 1988, NIEDERDELLMANN et al. 1984) war ebenfalls fest vorgegeben. Für die übungstabile Verbindung der osteotomierten Knochensegmente müssen die distanz- und winkelerhaltenden Positionsschrauben das bukkale und linguale Segment bikortikal sicher erfassen. Zwei Schrauben sollen kranial und eine Schraube kaudal des Nervus mandibularis implantiert werden. Aufgrund der anatomischen Gegebenheiten

kann jedoch in manchen Fällen nur eine Schraube kranial implantiert werden, so dass in diesen Fällen zwei Schrauben kaudal des Nerv- und Gefäßbündel eingesetzt werden müssen.

In einer Untersuchung von PISTNER et al. (1997) war der Einfluß der unterschiedlichen Positionierung und Anzahl der Schrauben untersucht worden. Die trianguläre Anordnung der Schrauben ergab dabei die besten Resultate mit einer maximalen Belastbarkeit der Titanschrauben von  $173\pm 42$  N und der PLLA-Schrauben von  $121\pm 33$  N.

Eine Verbesserung der Belastbarkeit in dem biomechanischen Versuch, konnte zudem durch ein vergrößertes Schraubendreieck erzielt werden. Eine zusätzliche vierte Schraube konnte keine erwähnenswerte Belastbarkeitssteigerung erbringen.

Das Erreichen einer größtmöglichen Stabilität mit der triangulären Anordnung der Schrauben wurde von SHETTY et al (1996), die ebenfalls Untersuchungen zur funktionellen Stabilität nach sagittaler Spaltung durchgeführt hatten, bestätigt.

Das Arbeiten mit Schrauben und Platten aus Reintitan stellt für den erfahrenen Operateur keine Schwierigkeiten dar, so stellt Titan das in der Mund- Kiefer- und Gesichtschirurgie meistverwendete Metall bei der Osteosynthese dar (WEBER et al 1990, OIKARINEN et al. 1993, KATOU et al. 1996). Deshalb wurde von uns das System der selbstschneidenden AO – Titanschrauben als Referenzversorgung ausgewählt.

Bei Verwendung der resorbierbaren Schrauben ist es erforderlich, nach dem Setzen des Bohrloches ein Gewinde zu schneiden. Dies stellt einen zusätzlichen Arbeitsschritt dar, daraus lässt sich auch der Unterschied in der Operationsdauer erklären. So war bei dem von uns untersuchten Patientenkollektiv die durchschnittliche Operationsdauer in der Polylactid-Copolymer-Gemisch-Gruppe 30 Minuten länger als in der Titangruppe ( $p=0,004^{***}$ ). Ein Teil der Operationszeitverlängerung dürfte jedoch auch der

im Vergleich zu Titanschrauben geringeren Erfahrung der Operateure mit der resorbierbaren Schraube begründet sein. So nahmen mit zunehmender Erfahrung die OP-Zeiten bei den mit der ISOSORB®-Schraube versorgten Patienten ab. In persönlicher Befragung rechneten die Operateure mit einer OP-Zeitverlängerung von max. 10 Minuten bei routinemäßiger Anwendung der resorbierbaren Schraube durch das Gewindeschneiden.

### **5.1.3 Fehlerquellen und Probleme bei der kephalometrischen Auswertung**

Sowohl für die Planung als auch für die Nachkontrolle von skelettverlagernden Operationen ist die Kephalmetrie ein wesentliches diagnostisches Hilfsmittel. Zunächst wird das Ausmaß der Dysgnathie sowie die Lokalisation der Abweichung von Oberkiefer und Unterkiefer ermittelt (JÄGER et al. 1994) und eine Profilplanung vorgenommen, in der die chirurgischen Behandlungsmöglichkeiten zur Einstellung einer regelrechten Okklusion und ästhetischer Weichteilverhältnisse dargelegt werden (HOFMANN et al. 1991). Die geplanten Bewegungen der Kieferbasen können am Fernröntgenseitbild simuliert werden. Postoperativ kann die chirurgische Lageveränderung überprüft und kephalometrisch ausgewertet werden und durch weitere Nachuntersuchungen kann eine Stabilitätskontrolle erfolgen. Wegen der verhältnismäßig leichten Durchführung sowie der guten Quantifizierbarkeit und der damit verbundenen anschaulichen Vermittelbarkeit hat sich hierfür die Analyse des FRS im Allgemeinen als Standardmaßnahme durchgesetzt (BELL und JACOBS 1981, CARLOTTI und GEORGE 1981, FISH und EPKER 1980, GÖZ et al. 1984, MOSHIRI et al. 1982, WALLEN und BLOOMQUIST 1986, WORMS et al. 1976, WYLIE et al. 1987). Das FRS ergänzt dabei die übrigen Ergebnisse der Befunderhebung, insbesondere der klinischen Untersuchung und die Modellanalyse. Da die kephalometrische Analyse des Fernröntgenseitbildes nur den sagittalen und vertikalen Gesichtsaufbau durch metrische Messungen zweidimensional erfasst und die transversalen

Beziehungen des komplexen dreidimensionalen Schädels nicht erkennen lässt, müssen zur Erfassung der skelettalen Verhältnisse und der dentalen Relation sowie des äußeren Gesichtes weitere diagnostische Unterlagen herangezogen werden.

Bei der Auswertung kephalometrischer Daten sind die Messergebnisse stets mit Fehlern behaftet. Die Fehlermöglichkeiten betreffen nach BAUMRIND (1971):

1. Radiographische Fehler: röntgenologische und projektionsbedingte Fehler.
2. Identifikationsfehler: durch fehlerhafte Interpretation der anatomischen Strukturen.
3. Messfehler: Fehler, die durch die Erfassung der Position eines Messpunktes auftreten.

Aufgrund dieser Fehlermöglichkeiten soll die Auswertung unter gleichzeitiger Berücksichtigung einer umfangreichen klinischen Diagnostik erfolgen (CAPELOZZA et al. 1989, JACOBSON 1990, JÄGER et al. 1994, WALLEN und BLOOMQUIST 1986, WYLIE et al. 1987).

Das Ergebnis einer durchgeführten Operation kann den Ergebnissen einer einfachen kephalometrischen Untersuchung durchaus widersprechen. Obwohl aus der Analyse des FRS zahlreiche Informationen gewonnen werden können, sollte sie jedoch nicht als alleiniges diagnostisches Instrument genutzt werden, denn als Hauptkriterium für die Beurteilung eines Operationsergebnisses ist immer die klinische Wertung des Therapieergebnisses bezüglich Okklusion und Weichteilprofil (Jäger et al. 1994, WYLIE et al. 1987).

Durch die Auswertung der Röntgenbilder durch nur eine Person wurde in der vorliegenden Studie der interindividuelle Fehler minimiert. Die Röntgenbilder wurden z.T. mehrmals vermessen und der entsprechende Mittelwert für die statistische Auswertung verwendet. Die Auswertungsmethode der WÜRZBURGER SCHULE basiert auf der HASUND Analyse, die nur gängige und leicht messbare Variablen verwendet, deren Aussage und Bedeutung auf Anhieb erkennbar sind (SEGNER und HASUND 1998). Andere Fehlerquellen konnten ausgeschlossen werden, da die kephalometrische Auswertung computerunterstützt erfolgte und so die metrischen und angulären Messungen mittels EDV erfolgten.

BECKMANN, WINGBERG und HASUND (1983) haben nachgewiesen, dass die methodischen Fehler bei der computerunterstützten Auswertung geringer sind als bei der Handmessung. Somit kann von einer zuverlässigen Auswertung der Studiendaten ausgegangen werden.

Die Festlegung der Untersuchungszeitpunkte T0-T5 erfolgte aufgrund folgender Kriterien:

Die ersten seitlichen Fernröntgenbilder zum kieferorthopädischen Behandlungsbeginn geben Aufschluß über die Ausgangssituation jedes einzelnen Patientenfalls. So können die ermittelten Daten mit den unmittelbar präoperativen Werten verglichen werden und der Einfluß der prächirurgischen Kieferorthopädie festgestellt werden. In dem von uns untersuchten Patientengut waren die Veränderungen im Zeitraum T0-T1 bei den statistisch ausgewerteten Variablen nur geringgradig. Größeren Einfluß nahm die kieferorthopädische Vorbehandlung auf die dentalen Parameter, für die keine statistische Auswertung erfolgte. Der Zeitpunkt T1 liefert die unmittelbar präoperativen Daten, die mit den postoperativ ermittelten Werten verglichen werden. Der Kontrolltermin T2 zeigt die operationsbedingten Veränderungen und der Zeitpunkt T3 wurde gewählt, weil nun die Knochenheilung (knöcherne Konsolidierung) weitgehend abgeschlossen ist. Die Ein-Jahreskontrolle entsprach in der Regel einem Zeitpunkt kurz vor oder nach Metallentfernung und erlaubte Schlüsse über eine mittelfristige Konstanz des Operationsergebnisses. T5 kann Auskunft über die Langzeitstabilität (Gelenkumbau, Muskeladaption) geben.

In beiden Untersuchungsgruppen bestand das Problem, dass nur eine reduzierte Anzahl (Datenbasis  $n < 10$ ) an zur Verfügung stehenden Fernröntgenseitenaufnahmen zum Zeitpunkt T2 und T4 vorhanden war. In der Kontrollgruppe zusätzlich noch zum Zeitpunkt T5. Dies hatte zur Folge, dass es insbesondere in diesem Nachuntersuchungsintervall zu einer stärkeren Beeinflussung der Mittelwerte kommen konnte, falls die FRS-Werte eines Patienten vom Mittel stark differierten. Aus diesem Grund wurde zur besseren Beurteilung des Langzeitverhalten das erste verfügbare postoperative FRS eines Patienten, gleichgültig zu welchem Untersuchungszeitpunkt es angefertigt

wurde, in die Sparte post-OP (1.Röntgenbild) und das zweite verfügbare (falls vorhanden) postoperative FRS in die Sparte post-OP (2.Röntgenbild) zugeordnet.

Zur Untersuchung der chirurgischen Veränderung und der Stabilität nach bilateraler sagittaler Osteotomie wurden zur Beurteilung der sagittalen Beziehungen der SNB-, ANB- und SNPg-Winkel und zur Beurteilung der vertikalen Beziehungen der Gonionwinkel und die Neigung der Mandibula gewählt.

Anstatt den SNB-Winkel zu bestimmen, wird von einigen Autoren (MANZ und HADJIANGHELOU 1981, RICHTER et al. 1990, KALLELA et al. 1998, POLIDO et al. 1990, KEELING et al. 1996, MOMMAERTS und HADJIANGHELOU 1990) ein Koordinatensystem erstellt, um eine Aussage über das vertikale und sagittale Verhalten des B-Punktes zu machen. Dazu wird die X-Achse mit einer Geraden durch SN dargestellt, wobei die Gerade in S um  $6^\circ$  im Uhrzeigersinn rotiert wird und so eine Parallele zur Frankfurter Horizontalen bildet. Die Y-Achse des Koordinatensystems ist eine Senkrechte zur X-Achse in Punkt S. Mit Hilfe dieses Koordinatensystems ist es möglich die sagittalen und vertikalen Veränderungen des B-Punktes metrisch zu erfassen. Diese Vorgehensweise war in unserer Studie nicht möglich, da die Fernröntgenseitbilder nicht alle von ein und dem selben Gerät angefertigt wurden und somit die linearen Messungen nicht vergleichbar gewesen wären.

Die in der vorliegenden Studie erhobenen Parameter sind unabhängig von den Aufnahmegewerten beurteilbar und erlauben eine gültige statistische Auswertung.

## **5.2 Diskussion der Ergebnisse**

### **5.2.1 Patientengut**

Nach Ausschluss der Studienteilnehmer, die in der Klinik und Poliklinik für Mund- Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universität Heidelberg operiert wurden

und die der Mesialgruppe angehörten sowie der Patienten mit unzureichenden Behandlungsunterlagen wurden die kephalometrischen Daten von 43 Patienten, die sich einer unimaxillären Osteotomie zur Korrektur einer skelettalen Angle Klasse II unterzogen, analysiert und statistisch ausgewertet. Dabei handelt es sich um 27 weibliche und 16 männliche Patienten. Das Verhältnis von weiblichen zu männlichen Patienten beträgt damit nahezu 2:1.

Übereinstimmend fanden auch andere Autoren ein deutliches Überwiegen der weiblichen Patienten (SIMPSON 1974, MICHEL 1990). GRIMM und BREITLICH gaben 1973 die Prävalenz der Frauen bei Umstellungsosteotomien mit 60% an. PROFFIT et al. (1990) bewertete das Verhältnis weiblich zu männlich ebenfalls mit 2:1. MICHEL (1990) äußert dazu, dass zwar in der Ätiologie skelettaler und dentoalveolärer Dysgnathien genetische Faktoren ebenso wie endogene und exogene Einflüsse allgemeine Anerkennung finden, allerdings eine geschlechtsspezifische Häufung bisher nicht bewiesen ist. Er schließt daraus, dass der Grund für das Überwiegen weiblicher Patienten im kieferorthopädisch-chirurgischen Patientengut wohl eher darin zu sehen ist, daß Frauen aus ästhetischen Gründen eher geneigt sind, die Unannehmlichkeiten der Operation und der Nachbehandlung auf sich zu nehmen. Hier wäre eine Analyse der Entscheidungsgründe der Patienten zur OP von großem Interesse. Dies sollte jedoch unbedingt präoperativ erfolgen um Beeinflussungen durch das OP-Erlebnis bei den Patienten auszuschließen.

Die kieferorthopädische Chirurgie therapiert Fehlstellungen von Ober- und Unterkiefer zueinander, aber auch Fehlstellungen der Kiefer zum übrigen Gesichtsschädel. Es handelt sich dabei um skelettale Fehlbildungen, deren ganzes Ausmaß erst am Ende der Wachstumsphase erkennbar ist. Aus diesem Grunde sollte eine Umstellungsosteotomie bei Dysgnathien mit überschießendem Wachstum wie bei der Progenie erst nach Abschluß des Wachstums vorgenommen werden. Für SCHWENZER und EHRENFELD (1990) ist der Abschluß der Wachstumszeit Vorbedingung für ein operatives Vorgehen. PUELACHER und WALDHART berichten 1987 in ihrer Veröffentlichung über Ergebnisse nach operativen Progeniekorrekturen von

einem Lebensalter zwischen 20 und 30 Jahren zum Operationszeitpunkt. Im gleichen Jahr gaben FISCHER-BRANDIES et al. (1987) ein Durchschnittsalter von 29,6 Jahren an. In einer Untersuchung von KALLELA et al. (1998) zur Stabilität nach Unterkieferverlagerung unter Verwendung von PLLA-Schrauben wurde ein durchschnittliches Alter von 27 Jahren zum Operationszeitpunkt veröffentlicht.

Das durchschnittliche Alter zum Zeitpunkt der Operation betrug für die Studienteilnehmer der vorliegenden Untersuchung 28 Jahre und es zeigte sich ein deutlicher Schwerpunkt bei Patienten im Altersbereich von 20-29 Jahren. Es stimmt somit mit den Angaben anderer Autoren überein. Es wurde demnach ein typisches, repräsentatives Patientenkollektiv untersucht.

Insgesamt stand ein einheitliches Patientenkollektiv zur Verfügung. Dabei lag eine gleichmäßige Verteilung der Probanden in die beiden Osteosynthesegruppen vor. Der Isosorbgruppe gehörten 23 und der Titangruppe 20 Studienteilnehmer an. Bezüglich des Alters und Altersstruktur zum Operationstermin, der Geschlechtsverteilung, der Körpergröße, des Körpergewichts und der Dauer der kieferorthopädischen Vorbehandlung konnte zwischen den beiden zu vergleichenden Gruppen keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Somit konnte von einer guten Vergleichbarkeit der beiden Untersuchungsgruppen ausgegangen werden.

## **5.2.2 Sagittale Strukturmerkmale**

### **5.2.2.1 *Der SNB-Winkel im zeitlichen Verlauf***

Der SNB-Winkel als Kriterium für die Beurteilung der sagittalen Position eignet sich gut für die Beurteilung der Stabilität einer Unterkieferverlagerungsoperation.

Die prächirurgische Kieferorthopädie beeinflusste den SNB-Winkel nur gering, dies ist darauf zurück zu führen, dass die meisten Patienten zum Zeitpunkt der prächirurgisch-kieferorthopädischen Behandlung das Wachstum bereits abgeschlossen hatten und damit durch den Kieferorthopäden nur noch wenig



Einfluß auf den B-Punkt genommen werden konnte. Mit einem durchschnittlichen SNB-Winkel von 76° lagen fast alle Werte initial im Bereich der retrognathen Mandibula.

Die präoperative Ausgangssituation war für beide Osteosynthesegruppen identisch ( $p > 0,05$ ), dies ist insoweit von Bedeutung, wenn man davon ausgeht, das ein größeres Verlagerungsausmaß mit der Größe des postoperativen Rezidives zusammenhängt (SCHENDEL und EPKER 1980, LAKE et al. 1981, VAN SICKELS et al. 1986, BLOMQVIST und ISAKSSON 1994). Andere Untersuchungen konnten die Hypothese, daß der postoperative Korrekturverlust mit dem Umfang der chirurgischen Veränderung korreliert (RICHTER et al. 1990), nicht bestätigen.

Bei der Auswertung des zeitlichen Verlaufs des SNB-Winkels in absoluten Werten zeigte sich in unserer Studie zu keinem Untersuchungszeitpunkt (T0-T5) ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen der Patientengruppe, bei der die Versorgung der Osteotomiesegmente mit resorbierbaren Osteosynthesematerial durchgeführt wurde und der Kontrollgruppe, die mit den konventionellen Titanschrauben versorgt wurden.

Die Auswertung der prozentualen Veränderung des SNB-Winkels bezogen auf die Ausgangssituation ergab weitestgehend das gleiche Ergebnis. Lediglich bei der 1-Jahreskontrolle war hier ein schwach signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen festzustellen, der aber wohl auf die relativ kleine Datenbasis ( $n=7$ ) zu diesem Untersuchungszeitpunkt zurückzuführen ist, da es hier zu einer stärkeren Beeinflussung des Mittelwerts kommen konnte.

#### **5.2.2.2 Postoperative Stabilität des SNB-Winkels**

Die signifikante operationsbedingte Zunahme des SNB-Winkels für unserer Patientengut betrug in der Testgruppe durchschnittlich 2,5° und in der Kontrollgruppe 2,4°. Der Unterschied zwischen den Gruppen war statistisch nicht signifikant. Die postoperativen Veränderungen für diesen Winkel waren innerhalb und zwischen beiden Gruppen nicht signifikant.

Jedoch ließ sich durch die Berechnung der prozentualen Veränderung bezogen auf die präoperative Ausgangslage für die Titangruppe ein größerer postoperativer Korrekturverlust feststellen als für die Patientengruppe, die mit resorbierbarem Osteosynthesematerial behandelt wurde. In der Testgruppe zeichnete sich sogar eine weitere minimale postoperative Zunahme für den SNB-Winkel ab. Dies könnte als Hinweis gewertet werden, dass bei der Verwendung der Titanschrauben eine erhöhte Rezdiveneigung besteht. Diese Vermutung wird jedoch nicht zuverlässig bestätigt. Der Unterschied zwischen den beiden Gruppen war bei der zweiten postoperativen Nachuntersuchung schwach signifikant ( $p=0,01^*$ ). Es ist daher anzunehmen, dass bei einer größeren Patientenzahl die Unterschiede geringer werden dürften.

#### **5.2.2.3 ANB-Winkel im zeitlichen Verlauf**

Der ANB-Winkel beschreibt die sagittale Relation von Maxilla und Mandibula. Da durch die Unterkieferverlagerung die skelettale Situation im Oberkiefer unverändert bleibt erlaubt dieser Parameter ebenfalls eine Beurteilung des Operationsergebnisses und damit eine Kontrolle der Resultate der Auswertung des SNB-Winkels.

In beiden Gruppen lag zu Beginn der Behandlung (T0) eine deutliche skelettale Diskrepanz der beiden Kieferbasen vor. Entsprechend der distalen Bisslage war der ANB-Winkel sehr groß ( $6,7^\circ$ - $7,0^\circ$ ). Aus den bereits oben genannten Gründen war auch für den ANB-Winkel durch die prächirurgische kieferorthopädische Vorbehandlung nur eine minimale Veränderung eingetreten. Operationsbedingt nahm der ANB-Winkel in beiden Gruppen gleichermaßen ab. Im postoperativen Verlauf zeigte sich für unser Patientengut ein sehr stabiles Verhalten für den ANB-Winkel. Unter Zuhilfenahme der Berechnungen der prozentualen Veränderung bezogen auf die präoperative Ausgangslage konnte ab dem Zeitpunkt T4 wieder eine leichte Zunahme des ANB-Winkels festgestellt werden. Beide Gruppen zeigten aber auch hier das gleiche Verhalten ( $p>0,05$ ).

#### **5.2.2.4 Postoperative Stabilität des ANB-Winkels**

Für beide Gruppen zeigte sich eine signifikante operationsbedingte Abnahme des ANB-Winkels ( $2,2^{\circ}$ - $2,4^{\circ}$ ). Die postoperativen Veränderungen ( $-0,3^{\circ}$ - $+0,2^{\circ}$ ) waren innerhalb und zwischen beiden Gruppen nicht signifikant. Unter Berechnung der prozentualen Veränderung zeigte sich für die Patientengruppe die mit der Isosorb®-Schraube behandelt wurden eine etwas bessere Stabilität, ähnlich dem Verhalten für den Parameter des SNB-Winkels. Dieser Unterschied war jedoch nicht von statistischer Bedeutung ( $p=0,08$  n.s.). Somit zeigte sich auch hier die resorbierbare Osteosynthese der Titanosteosynthese ebenbürtig.

#### **5.2.2.5 Der SNPg-Winkel im zeitlichen Verlauf**

Dieser Winkel liegt mit dem Schenkel Sella-Nasion in ein von der Unterkieferverlagerung unberührten Bereich, während der Schenkel Nasion Pogonion mit der Unterkieferverlagerung rotiert. Bei einer Vorverlagerung vergrößert sich dieser Winkel, bei einer Rückverlagerung wird er kleiner. Folglich kann dieser Winkel ebenfalls zuverlässig zur Beurteilung des OP-Ergebnisses herangezogen werden.

Analog zum Verlauf des SNB-Winkels verlief der des SNPg-Winkels, wobei der absolute Wert im Durchschnitt  $1,7^{\circ}$  größer als der des SNB-Winkels war.

Auch für diesen Parameter zeigte sich der geringe Einfluß der kieferorthopädischen Vorbehandlung. Durch das operative Vorgehen vergrößerte sich der Winkel in beiden Untersuchungsgruppen und war im postoperativen Verlauf einigen Schwankungen unterlegen, die durch die unterschiedliche Datenbasis zu den einzelnen Untersuchungszeitpunkten zu erklären sind. Insgesamt betrachtet war aber eine deutliche operationsbedingte Zunahme und ein stabiles Langzeitverhalten für die sagittale Position des Kinns festzustellen. Ein Unterschied im verfolgten Nachuntersuchungszeitraum konnte zwischen den verwendeten Materialien zur Osteosynthese nicht beobachtet werden.

### **5.2.2.6 Postoperative Stabilität des SNPg-Winkels**

Die Vorverlagerung des Unterkiefers gemessen am SNPg-Winkel war für beide Untersuchungsgruppen in etwa identisch. Während für die Isosorbgruppe eine weitere postoperative Vergrößerung des Winkels eingetreten war, nahm der Winkel in der Kontrollgruppe zur nächsten Nachkontrolle ab. Dieser Unterschied war bei der Berechnung des Absolutwertes nicht von statistischer Bedeutung. Bei der Berechnung der prozentualen Veränderungen wurde ein schwach signifikanter Unterschied bei der zweiten postoperativen Kontrolle zwischen den beiden Untersuchungsgruppen festgestellt.

Diese Ergebnisse decken sich mit den gewonnenen Erkenntnissen für den SNB- und ANB-Winkel.

Es konnte gezeigt werden, daß nach sagittaler Spaltung zur Korrektur einer Distallage des Unterkiefers unter Verwendung von bioresorbierbaren Osteosynthesematerial aus PLLA ein stabiles Operationsergebnis erreicht wird und welches sich von den Ergebnissen mit konventioneller Titanschraubenosteosynthese nicht wesentlich unterscheidet. Dennoch scheint es, daß die Isosorbgruppe in der Sagittalebene ein stabileres Operationsergebnis zeigt und die Rezidivtendenz kleiner ist als für die Kontrollgruppe.

### **5.2.3 Vertikalen Strukturmerkmale**

#### **5.2.3.1 Die UK-Neigung (NS/ML-Winkel) im zeitlichen Verlauf**

Die präoperativen Veränderungen für diesen Winkel waren in beiden Untersuchungsgruppen gering. Präoperativ betrug der Neigungswinkel zwischen Unterkieferbasis und Schädelbasis durchschnittlich 30°. Allerdings war hier die Standardabweichung groß, es wurde jedoch auf eine zusätzliche Einteilung in Untergruppen („high-angle“ und „no/low angle“) verzichtet. Operationsbedingt vergrößerte sich der Winkel und es zeigte sich für beide Untersuchungsgruppen im postoperativen Verlauf ein gute vertikale Stabilität

gemessen am NS/ML-Winkel. Der Signifikanztest gab zu keinem Zeitpunkt einen Unterschied zwischen den beiden verwendeten Osteosynthesematerialien an.

### **5.2.3.2 Postoperative Stabilität der UK-Neigung**

Operationsbedingt erfolgte in beiden Gruppen eine posteriore Rotation des Unterkiefers. Die Neigung des Unterkiefers vergrößerte sich folglich um durchschnittlich  $3,3^{\circ}$ - $3,5^{\circ}$ . Im postoperativen Verlauf rotierte der Unterkiefer in der Kontrollgruppe um weitere  $0,9^{\circ}$  nach posterior, während in der Testgruppe eine anteriore Rotation des Unterkiefers eintrat. Der Unterschied war allerdings nicht von statistischer Bedeutung.

### **5.2.3.3 Der Kieferwinkel im zeitlichen Verlauf**

Die präoperativen Veränderungen des Kieferwinkels waren in beiden Untersuchungsgruppen gleichermaßen gering. Präoperativ betrug der Winkel im Durchschnitt  $121^{\circ}$ . Operationsbedingt wurde der Unterkiefer nach posterior rotiert. Dies äußerte sich für das gesamte Patientenkollektiv in der Zunahme des Kieferwinkels um durchschnittlich  $9^{\circ}$ . Der postoperative Verlauf war stabil und es zeigten sich keine Unterschiede zwischen den beiden Gruppen.

### **5.2.3.4 Postoperative Stabilität des Kieferwinkels**

Durch das operative Vorgehen wurde der Unterkiefer nach posterior rotiert, dementsprechend vergrößerte sich der Kieferwinkel. Der postoperative Korrekturverlust in der Isosorbgruppe betrug  $-1,2^{\circ}$  für die Kontrollgruppe  $+0,7^{\circ}$ . Durch den operativen Eingriff wurde eine meist gewünschte Zunahme der vertikalen Werte erreicht, d.h. eine Erhöhung des unteren Gesichtsdrittels. Dies äußerte sich in der Zunahme der Unterkieferneigung sowie des Kieferwinkels. Hierbei erfolgte bei stabiler Positionierung des aufsteigenden Astes eine

posteriore Rotation des Corpus mandibulae. Die Zunahme des Gonionwinkels ist dadurch zu erklären, daß bei einer Vorverlagerung die mobilisierte Unterkieferspanne nach posterior rotiert wird, um einen physiologischen Frontzahnüberbiss zu erreichen.

Hinsichtlich des Operationsergebnisses, d.h. des Verlagerungsausmaßes und der postoperativen Stabilität in der Vertikalen konnte durch die vorliegende kephalometrische Nachuntersuchung zu keinem Zeitpunkt ein Unterschied zwischen der Stabilisierung der Fragmente nach sagittaler Spaltung des Unterkiefers mit resorbierbaren Osteosynthesematerial und konventioneller Titanschraubenosteosynthese festgestellt werden.

Die, wenn auch nur geringe, postoperative Abnahme des Unterkieferneigungswinkels und Kieferwinkels in der Isosorbgruppe verursacht eine Rotation der Mandibula in anteriore Richtung, welche die geringen Rezidivtendenzen in der Sagittalen kompensieren kann, ja sogar zu einer weiteren minimalen Vergrößerung des SNB- und SNPg-Winkels führt. Die in der Kontrollgruppe eingetretene weitere postoperative Rotation der Mandibula nach posterior kann das geringe skelettale Rezidiv in der Sagittalebene erklären.

### **5.3 Vergleich der Ergebnisse mit der Literatur**

Die eigenen Untersuchungen mit Studien aus der Literatur, die sich mit der Fragestellung des Rezidivsausmaßes nach kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Verlagerungen des Unterkiefers beschäftigen zu vergleichen ist schwierig, unterscheiden sie sich in Studienaufbau, Patientenkollektiv, Verlagerungsrichtung und -ausmaß, Zeitpunkte der radiologischen Kontrollen, Nachbeobachtungszeitraum und in der kephalometrischen Auswertungsmethode zum Teil beträchtlich. Ein aussagekräftiger Vergleich der Absolutwerte ist dadurch nicht ohne weiteres möglich, so erscheint es durchaus sinnvoll das Rezidiv als Prozentsatz vom Ausmaß der operativen Verlagerung anzugeben.

FISCHER-BRANDIES (1985) schreibt ebenso: "Um ein Rezidiv zu quantifizieren, erscheint es rein theoretisch sinnvoll, die Änderung nach der

Operation als Prozentsatz der durch die Operation bewirkten Veränderung anzugeben“. Allerdings weist er auch auf die Fehlermöglichkeiten dieser Methode hin: „Bei allen Patienten, bei denen die operativ bedingte Änderung des jeweiligen Parameters klein war, ist zwangsläufig auch der für die prozentuale Angabe eines Rezidivmaßes zu Grunde gelegte Wert meist so klein, daß die Messungsgenauigkeit, die projektionsbedingte Schwankung und die Abweichung bei der Einzeichnung der Messpunkte das Ergebnis in unkontrollierter Weise verfälschen“ (FISCHER-BRANDIES 1985).

Aus diesen Gründen wurde zusätzlich zu den Absolutwerten und den prozentualen Veränderungen der einzelnen Parameter das Rezidiv als Prozentsatz vom Ausmaß der operativen Veränderung angegeben.

In einer Untersuchung von KALLELA et al. (1998) zur skelettalen Stabilität nach Unterkiefervorverlagerung unter Verwendung von bioresorbierbaren Schrauben aus PLLA wurde durch das operative Vorgehen eine Vorverlagerung gemessen am B-Punkt von 4,57mm (n=25) erreicht, der postoperative Korrekturverlust betrug nach drei Monaten 0,39mm (n=21), innerhalb der nächsten drei Monate wurde eine weitere Abnahme von 0,13mm (n=18) und weitere 6 Monate postoperativ nochmals eine Abnahme des B-Punktes von 0,22mm (n=21) festgestellt. In Bezug auf die Horizontalbewegung des B-Punktes wurde über den gesamten Untersuchungszeitraum von 12 Monaten ein Korrekturverlust von 0,78mm festgestellt, entsprechend einem Teilrezidiv von 17%. Für den Punkt Pogonion (Pg) wurde operationsbedingt eine Vorverlagerung von 3,88mm, gefolgt von einem postoperativen Korrekturverlust von 0,31 mm nach drei Monaten, in den nächsten drei Monaten fand eine minimale Zunahme und dann wieder eine Abnahme statt. Die postoperativen Veränderungen über des gesamten Untersuchungszeitraum betragen für den Parameter Pg 0,59mm entsprechend einem Teilrezidiv von 15%.

HAERS und SAILER (1998) verwendeten biodegradierbare Schrauben und Platten aus poly L/DL-lactid zur Osteosynthese nach bimaxillärer Osteotomie (n=10). In der Angle Klasse II- Gruppe (n=6) betrug die operative Vorverlagerung des B-Punktes bzw. des Pogonions in der Sagittalebene im

Durchschnitt 4,0 mm bzw. 4,8 mm , sechs Wochen postoperativ stellten sie eine weitere Vorverlagerung um 1,1 mm bzw. 0,8 mm fest. Der SNB-Winkel nahm um durchschnittlich 2,2° zu, bei der Kontrolle 6 Wochen postoperativ nahm der SNB-Winkel um weitere 0,6° zu, entsprechend einem Teilrezidiv von 27%. FERRETTI und REYNECKE geben in einer Veröffentlichung von eine Rezidivrate von 16,2% an.

In der vorliegenden Untersuchung wurde für den SNB-Winkel eine Rezidivrate von 12% und für den SNPg-Winkel von 10% ermittelt. Das Rezidiv für den ANB-Winkel betrug 12,5%. Damit konnte eine sehr gute skelettale Stabilität in der Sagittalebene nach Unterkiefervorverlagerung unter Verwendung von biodegradierbaren Schrauben nachgewiesen werden. Im Gegensatz zu den Ergebnissen von KALLELA et al. (1998) fand in der von uns nachuntersuchten PLLA-Gruppe die postoperative Veränderung für die beiden sagittalen Parameter (SNB- und SNPg-Winkel) entlang der Operationsrichtung statt, während bei Kallela et al. ein Rezidiv, also eine postoperative Veränderung entgegengesetzt der Operationsrichtung beobachtet wurde.

Übereinstimmend mit unseren Ergebnissen, zeigte sich in der Nachuntersuchung von KALLELA et al. (1998) ebenfalls die operationsbedingte posteriore Rotation des Unterkiefers, die sich durch die Zunahme der Unterkieferneigung und des Kieferwinkels äußerte. Beide Parameter zeigten nur eine minimale postoperative Rezidivtendenz im Sinne einer geringen postoperativen Rotation des Unterkiefers in anteriore Richtung. Im Vergleich zu unseren Ergebnissen war die Rezidivrate für die Unterkieferneigung mit 1,1% und für den Kieferwinkel mit 9,9% kleiner.

In einer Untersuchung von MATTHEWS et al. (2003) wurden bei 11 Patienten Biofix-Schrauben aus PLLA zur Osteosynthese nach bilateraler Spaltung des Unterkiefers verwendet und einer Kontrollgruppe (n=11) gegenübergestellt. Patienten mit additiver maxillofazialer Chirurgie (Oberkieferosteotomie, Genioplastik) wurden nicht aus der Studie ausgeschlossen. Eine kephalometrische Analyse von seitlichen Fernröntgenbildern des Kopfes erfolgte unmittelbar präoperativ und postoperativ sowie im Durchschnitt 12 Monate postoperativ. Übereinstimmend mit unseren Ergebnissen wurde durch



das operative Vorgehen eine sagittale Vorverlagerung und Rotation des Unterkiefers nach posterior erreicht. 12 Monate postoperativ stellten MATTHEWS et al. die Tendenz eines vertikalen Rezidives in Form einer counter-clockwise Rotation des Unterkiefers fest. Die sagittalen Werte zeigten dabei in der Titangruppe hinsichtlich der Richtung und des Ausmaßes des Rezidives eine deutlichere Variabilität. Der Signifikanztest ergab zu keinem Zeitpunkt einen Unterschied zwischen den beiden Gruppen. MATTHEWS et al. (2003) schlussfolgerten, daß biodegradierbare Schrauben aus PLLA vergleichbar sind mit den Metallschrauben zur Stabilisierung der Fragmente nach sagittaler Spaltung des Unterkiefers.

Im Vergleich zu den vorangegangenen Untersuchungen kann in der hier vorgestellten Studie die Verwendbarkeit von bioresorbierbaren Osteosynthesematerial aus PLLA als Alternative zur Osteosynthese mit Titanschrauben auch für ein größeres Patientenkollektiv und über einen langen postoperativen Nachuntersuchungszeitraum von mehr als 15 Monaten aufgezeigt werden. Die Gegenüberstellung einer Kontrollgruppe, die mittels Titanschrauben fixiert wurde, macht einen direkten Vergleich der beiden Osteosynthesegruppen möglich, da die Operationstechnik und Osteosynthesemethode (Schraubenpositionierung) identisch war, gleichgültig welches Material zur Osteosynthese verwendet wurde. Ein weiterer Unterschied zu den oben erwähnten Untersuchungen bestand darin, daß ausschließlich unimaxilläre Osteotomien zur Korrektur einer skelettalen Angle Klasse II in die statistische Auswertung einbezogen wurden. Ferner wurde das Operationsergebnis und das Rezidivausmaß sowohl für die Hauptkorrekturbene, die Sagittalebene als auch für die Vertikalebene ermittelt.

In der Literatur steht eine Vielzahl von Untersuchungen zur skelettalen Stabilität nach sagittaler Spaltung des Unterkiefers mit Fixation mittels Metallschrauben und –platten zur Verfügung.

Nach Vorverlagerung des Unterkiefers mit bilateraler sagittaler Spaltungsosteotomie (BSSO) betrug das sagittale Rezidiv in der Titangruppe 25% (Absolutwerte) bzw. 12,5% (prozentuale Veränderung) gemessen am

SNB-Winkel. Damit konnten wir für die Kontrollgruppe ebenfalls eine gute Stabilität gegenüber vergleichbaren Untersuchungen zur Osteotomie nach Obwegeser und Dal-Pont nachweisen. BLOMQVIST und ISAKSSON (1994) befundeten nach Vorverlagerung der Mandibula und monokortikaler Osteosynthese 26,5% Rezidive beim B-Punkt. DOUMA et al. (1991) berechneten in einer Gruppe mit 6- bis 8-wöchiger Immobilisation ohne skelettale Fixation einen Korrekturverlust von 23%, in einer Gruppe mit Zugschraubenosteosynthese und zusätzlich 2-wöchiger intermaxillärer Fixation sogar 31,4%. HILBE und PUELACHER beobachteten nach bikortikaler Positionsschraubenosteosynthese ein Teilrezidiv von 21% gemessen am SNB-Winkel.

Der Korrekturverlust von 22,2% gemessen am SNPg-Winkel und von 9,1% gemessen am ANB-Winkel nach Fixation mit Titanschrauben zeigte für unser Patientenkollektiv ebenfalls eine gute Stabilität gegenüber den in der Literatur angegebenen Durchschnittswerten für die Stabilität der sagittalen Spaltung nach Obwegeser und Dal-Pont. IVE et al. (1977) fanden 30%, KOHN (1978) 39%, LAKE et al. (1981) 26%, MOMMAERTS und HADJIANGHELOU (1990) 45%, POULTON et al. (1979) 50% gemessen am Pogonion. RICHTER et al. (1990) stellten für den ANB-Winkel nach sagittaler Spaltung zur Korrektur einer Distallage des Unterkiefers ein Teilrezidiv von 17,4%, HILBE und PUELACHER (1994) ermittelten eine Rezidivrate von 14,6%.

In der Vertikalebene stimmen die operationsbedingte Zunahme der vertikalen Parameter (Unterkieferneigungswinkel und Kieferwinkel) mit den in der Literatur gefundenen Durchschnittswerten überein (RICHTER et al. 1990). Im postoperativen Verlauf findet meist eine Reduktion der vorderen Gesichtshöhe statt, in Form einer counter-clockwise Rotation des Unterkiefers (VAN SICKELS et al. 2000). In dem von uns nachuntersuchten Patientenkollektiv mit Titanschraubenosteosynthese wurde im postoperativen Verlauf jedoch eine weitere geringe Zunahme der vertikalen Werte festgestellt.

Die postoperativen Veränderungen der sagittalen Parameter (SNB- und SNPg-Winkel) können dabei als Hinweis auf eine vertikale postoperative Instabilität

der distalen Bisslagen nach Korrektur durch sagittale Unterkieferosteotomie gewertet werden (HILBE und PUELACHER 1994).

Die Behandlung der Gesichtsschädel- und Unterkieferfrakturen sowie die Stabilisierung osteotomierter Kiefersegmente in der kieferorthopädischen Chirurgie haben durch die Verwendung moderner Osteosyntheseverfahren, insbesondere der verschiedenen Platten- und Schraubensysteme, in den letzten Jahrzehnten erhebliche Fortschritte erfahren. Ein wesentlicher Nachteil ist aber in dem in vielen Fällen indizierten operativen Zweiteingriff zur Entfernung des Osteosynthesematerials nach Abschluß der Frakturheilung zu sehen. Gründe dafür sind z.B. gelockerte Schrauben oder den Patienten störende Implantate. Im Bereich des Unterkiefers wird die fortschreitende Atrophie des Alveolarfortsatzes bei erworbener Zahnlosigkeit vor Eingliederung von Prothesen eine Metallentfernung erfordern. Weitere Argumente sind die möglichen Artefakte bei notwendigen späteren Untersuchungen mit bildgebenden Verfahren (CT/MRT), die aktive und passive intrakranielle Translokation von Platten und Schrauben am wachsenden kindlichen Schädel, mögliche Sensibilisierungen nach Verwendung insbesondere von chrom- und nickelhaltigen Implantaten sowie Stress-shielding-Phänomene und Korrosionsschäden (TERHEYDEN und CHAMPY 1999). Daher ist die Anwendung eines resorbierbaren Osteosynthesematerials mit einer für die Dauer der Frakturheilung ausreichenden Festigkeit aus folgenden Gründen von besonderem Interesse: Bei ausreichender initialer Stabilität können bei beginnendem Frakturdurchbau infolge der abbaubedingten Schwächung des Implantats funktionelle Belastungen direkt auf die Strukturierung der Bruchzone auswirken. Eine Osteoporose infolge mangelnder Belastung ist daher nicht zu erwarten. Wegen der Absorbierbarkeit des Materials entfällt zudem der operative Zweiteingriff zur Entfernung des Osteosynthesematerials.

Wie bereits andere Studien (HAERS und SAILER 1998, EDWARDS et al. 2001 A, FERRETTI and REYNEKE 2002, MATTHEWS et al. 2003) gezeigt haben, sind bioresorbierbare Schrauben aus PLLA eine gute Alternative zur Fixierung von Osteotomien nach Unterkieferverlagerung.

Die Verwendung von resorbierbaren Materialien bietet den Vorteil, daß eine Nachoperation zur Entfernung des Osteosynthesematerials entfällt. Das führt zu einer Senkung der Patientenmorbidity sowie der Kosten und trägt zur Verkürzung der Operationslinien bei. Der Wegfall einer Nachoperation wird von den meisten Patienten sehr begrüßt. Die Verhinderung von Spannungsabschirmung und Osteoporose sind zusätzliche Vorteile. Nachteilig sind jedoch die deutlich höheren Materialkosten für die resorbierbaren Schrauben zu nennen. So liegt der Preis für eine Isosorb®-Schraube mit 75€ deutlich höher als der für eine Titanschraube (Leibinger) mit 20€.

Unklar ist weiterhin ob bei größeren Verlagerungsmaßen als in dieser Studie ebenfalls eine Gleichwertigkeit zwischen den resorbierbaren und metallischen Schrauben besteht. Ob der Einsatz resorbierbarer Osteosynthesematerialien mit seltene materialspezifischen Nebenwirkungen oder Komplikationen wie Allergien oder anderen Unverträglichkeitsreaktionen könnte erst anhand eines deutlich größeren Patientenkollektivs beurteilt werden. Hierzu sind weitere Studien erforderlich.

## 6 Zusammenfassung

Im Rahmen einer bizenrischen zweiarmigen randomisierten prospektiven kontrollierten Studie wurde die Verwendbarkeit resorbierbarer Schrauben aus einem Lactidcopolymergemisch (Isosorb®) gegenüber dem Standardverfahren mit Titanschrauben zur Osteosynthese nach sagittaler Spaltung des Unterkiefers nach Obwegeser Dal-Pont aufgezeigt.

In die eigenen Untersuchungen wurden 43 Patienten einbezogen, die sich einem unimaxillären Eingriff des Unterkiefers zur operativen Korrektur einer skelettalen Angle Klasse II in der Klinik und Poliklinik für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie der Universität Würzburg unterzogen. Das untersuchte Patientenkollektiv setzte sich zusammen aus 27 weiblichen (62,8%) und 16 männlichen Patienten (37,2%). Das Durchschnittsalter aller erfassten Patienten zum Zeitpunkt der Operation betrug 28 Jahre. Der älteste Patient wurde mit 47 Jahren und der jüngste mit 18 Jahren operiert. Die Patientengruppe, die mit den neuen resorbierbaren Schrauben aus dem Lactidcopolymergemisch versorgt war, bestand aus 23 Teilnehmern, während die Mitglieder der zweiten Gruppe als Kontrolle herkömmliche Titanschrauben erhielten aus 20 Patienten bestand. Die kephalometrische Auswertung erfolgte präoperativ (T0, T1) und postoperativ (T2-T5). Der zeitliche Verlauf und die postoperative Stabilität der drei sagittalen Parameter (SNB-Winkel, SNPg-Winkel und ANB-Winkel) und der zwei vertikalen Parameter (UK-Neigung, Gonionwinkel) wurden ermittelt und die Unterschiede zwischen den beiden Untersuchungsgruppen auf statistische Signifikanz geprüft. Hinsichtlich der Wahl des Osteosynthesematerials zeigten sich in der Vertikalebene keine signifikanten Unterschiede im Operationsergebnis und in der postoperativen Stabilität.

Die im Rahmen der vorliegenden Studie ermittelten Daten von skelettalen Veränderungen in der Sagittalebene lassen erkennen, daß das Operationsergebnis in der Sagittalen in beiden Gruppen stabil geblieben ist. Sowohl der SNB-Winkel, SNPg-Winkel als auch der ANB-Winkel zeigten eine geringe Veränderungstendenz. In der Titangruppe verlief die Änderung im Sinne eines Rezidivs entgegengesetzt der Operationsrichtung. In der

Isosorbgruppe wurde eine geringe Veränderung in Operationsrichtung im Sinne einer Überkorrektur beobachtet. Ein komplettes Rezidiv ist in keinem einzigen Fall aufgetreten.

Statistisch signifikante Unterschiede fanden sich zwischen beiden Gruppen nicht. Die Osteosynthese mit der resorbierbaren Isosorb®-Schraube zeigte sich im Vergleich zur konventionellen Titanosteosyntheseschraube bei der sagittalen Spaltung nach Obwegeser und Dal-Pont im Rahmen dieser randomisierten kontrollierten, prospektiven und klinischen Studie gleichwertig hinsichtlich der Stabilität des Operationsergebnisses.

## 7 Literaturverzeichnis

Abeloos JS, De Clercq CA, Neyt LF:

Skeletal stability following miniplate fixation after bilateral sagittal split osteotomy for mandibular advancement.

J Oral Maxillofac Surg 51: 366-369 (1993)

Angle EH:

Double resection of the lower maxilla.

Dent Cosmos 40: 635 (1898)

Arai H, Sato K, Okuda O, Miyajima M, Hishii M, Nakanishi H, Ishii H:

Early experience with poly L-lactid acid bioabsorbable fixation system for paediatric craniosynostosis surgery. Report of 3 cases.

Acta Neurochir (Wien) 142: 187-192 (2000)

Arens S, Hansis M:

Implantate in der Unfallchirurgie: Osteosynthese mit Titan: Indikationen für die Wahl des geeigneten Implantatmaterials.

Dtsch Arztebl 20: 1216-1219 (1998)

Arnett GW:

A redefinition of bilateral sagittal osteotomy advancement relapse.

Am J Orthod Dentofacial Orthop 104: 506-515 (1993)

Austermann KH:

Chirurgische Behandlungen der Dysgnathien.

In: Horch HH (Hrsg): Mund- Kiefer- Gesichtschirurgie II, Praxis der Zahnheilkunde 10/II, Urban&Schwarzenberg 105-195 (1990)

Austermann KH:

Orthopädische Chirurgie der Dysgnathien.

In: Horch HH (Hrsg): Mund- Kiefer- Gesichtschirurgie II, Praxis der Zahnheilkunde 10/II, Urban&Schwarzenberg 129-192 (1998)

Babcock WW:

Surgical treatment of certain deformities of jaw associated with malocclusion of teeth.

JAMA 53: 833-839 (1909)

Bagby GW, Janes JM:

The effect of compression on the rate of fracture healing using a special plate.

Am J Surg 95: 761 (1958)

Bahr W, Stricker A, Gutwald R, Wellens E:

Biodegradable osteosynthesis material for stabilization of midface fractures: experimental investigation in sheep.

J Craniomaxillofac Surg 27: 51-57 (1999)

Balan EH:

Störungen des artikulären Gleichgewichtes durch die sagittale retromolare Osteotomie nach Obwegeser-Dal Pont.

Fortschr Kiefer Gesichts Chir 26: 105-107 (1981)

Barber FA, Elrod BF, McGuire DA, Paulos LE:

Bioscrew fixation of patellar tendon autografts.

Biomaterials 21: 2623-2629 (2000)

Barone JG, Wang CJ, Barone JE:

Aseptic synovitis.

N J Med 86. 473-474 (1989)



Bathia SN, Yan B, Behbehani I, Harris M:  
Nature of relapse after surgical mandibular advancement.  
Br J Orthod 12: 57 (1985)

Baumrind S, Frantz RC:  
The reliability of head film measurements.  
Am J Orthodont 60: 111-119 (1971)

Becker R, Machtens E:  
Druckplattenosteosynthese zur Frakturbehandlung und bei orthopädisch-  
chirurgischen Maßnahmen am Gesichtsschädel.  
OsteoNews (Schweiz) 19: 1 (1973)

Beckmann G, Wingberg J, Hasund A:  
Computerunterstützte Kephalemetrie in der Bergen-Technik.  
Fortschr Kieferorthop 44: 359 (1983)

Bell WH, Jacobs JD:  
Threedimensional planning for surgical/orthodontic treatment of mandibular  
excess.  
Am J Orthodont 80: 263-288 (1981)

Berger P:  
Du traitement chirurgical du prognathisme  
Thèse des Lyons 1897

Bergsma EJ, Rozema FR, Bos RR, de Bruijn WJ:  
Foreign-body reactions to resorbable poly(L-Lactide) bone plates and screws  
used for fixation of unstable zygomatic fractures.  
J Oral Maxillofac Surg 51: 666-670 (1993)

Bessho K, Iizuka T, Murakami K:

A bioabsorbable poly-L-lactide miniplate and screw system for osteosynthesis in oral and maxillofacial surgery.

J Oral Maxillofac Surg 55: 941-945 (1997)

Beumer GJ, van Blitterswijk CA, Ponc M:

Biocompatibility of a biodegradable matrix used as a skin substitute: an in vivo evaluation.

J Biomed Mater Res 28: 545-552 (1994)

Bill JS, Würzler K, Reinhart E, Böhm H, Eulert S, Reuther JF:

Die bimaxilläre Osteotomie mit und ohne Kondylenpositionierung – eine Langzeitstudie 1981-2002.

Mund Kiefer Gesichts Chir 7: 345-350 (2003)

Blair VP:

A report of a case of double resection for the correction of protrusion of the mandible

Dent Cosmos 48: 817 (1906)

Blomqvist JE, Isaksson S:

Skeletal stability after mandibular advancement: a comparison of two rigid internal fixation techniques.

J Oral Maxillofac Surg 52: 1133-1137 (1994)

Bos RR, Boering G, Rozema FR, Leenslag JW:

Resorbable poly(L-Lactide) plates and screws for the fixation of zygomatic fractures.

J Oral Maxillofac Surg 45: 751-753 (1987)

Bos RR:

Poly(L-Lactide) osteosynthesis – Development of bioresorbable bone plates and screws.

Proefschrift, Groningen (1989)

Böstman O, Partio E, Hirvensalo E, Rokkanen P:

Foreign-body reactions to polyglycolide screws.

Acta Orthop Scand 63: 173-176 (1992 A)

Böstman O, Päivärinta U, Manninen M, Rokkanen P:

Polymer debris from adsorbable polyglycolide screws and pins. Intraosseous migration studied in rabbits.

Acta Orthop Scand 63: 555-559 (1992 B)

Bouwman JP, Tuinzing DB:

Biodegradable osteosynthesis in mandibular advancement: a pilot study.

Br J Oral Maxillofac Surg 37: 6-10 (1999)

Bruhn C:

Zum Ausgleich der Makrognathie und Mikrognathie des Unterkiefers

Dtsch Monatsschr Zahnheilkd 39: 385 (1921)

Brunner FX:

Implantatmaterialien – was hat sich wo und wann bewährt?

Eur Arch Otorhinolaryngol Suppl 1: 311-336 (1993)

Buser D, Stich H, Krekeler G, Schroeder A:

Faserstrukturen der periimplantären Mukosa bei Titanimplantaten.

Z Zahnarztl Implantol 5: 15-23 (1989)

Campbell JH, Edsberg L, Meyer AE:

Differential in vitro growth effects of metals and polylactide on normal human epithelial cells and human epithelial tumor cells.

17<sup>th</sup> Annual Meeting of the Society for Biomaterials, Scottsdale, Arizona, USA (1991)

Carothers WH, Dorough GL, Van Natta FJ:

Studies of polymerization and ring formation, X. The reversible polymerization of six-membered cyclic esters.

J Am Chem Soc 54: 761-772 (1932)

Chabot F, Christel P, Vert M:

In vivo fate bioresorbable bone plates in long lasting poly (L-Lactid acid).

UPAC-Symposium "Polymers in medicine and biology", Prag S. 73 (1984)

Cheung LK, Chow LK, Chiu WK :

A randomized controlled trial of resorbable versus titanium fixation for orthognathic surgery.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 98: 386-97 (2004)

Collins A:

New Fracture Band.

J Am Med Assoc 74: 950 (1920)

Cutright DE, Hunsuck EE, Beasley JD:

Fracture reduction using a biodegradable material, polylactic acid.

J Oral Surg 29: 393-397 (1971)

Cutright DE, Hunsuck EE:

The repair of fractures of the orbital floor using biodegradable polylactic acid.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol 33: 28-34 (1972)

Dal Pont G:

Retromolar osteotomy for the correction of prognathism.

J Oral Surg Anesth Hosp Dent Serv 19: 42-47 (1961)

Dal Pont G:

L'osteotomia retromolare per la correzione della prognia Minerva.

Chir 18: 1138-1145 (1959)

Danis R:

Théorie et pratique de l'osteosynthèse.

Masson, Paris (1949)

Dittrich W, Schulz R :

Kinetik und Mechanismus der ringöffnenden Polymerisation von L-Lactid.

Angew Makromol Chem 15: 109-126 (1971)

Dolce C, Van Sickels JE, Bays RA, Rugh JD:

Skeletal stability after mandibular advancement with rigid versus wire fixation.

J Oral Maxillofac Surg 58: 1219-1227 (2000)

Douma E, Kuftinec MM, Moshiri F:

A comparative study of stability after mandibular advancement surgery.

Am J Orthod Dentofacial Orthop 100: 141-155 (1991)

Dumbach J:

Zugschraubenosteosynthese nach Ramus-Osteotomie mit resorbierbaren Osteosyntheseschrauben aus Polydiäxonon (PDS) – Erste Ergebnisse.

Dtsch Z Mund Kiefer Gesichts Chir 8: 145-148 (1984)

Dumbach J:

Osteosynthese mit resorbierbaren PDS-Stiften nach sagittaler Spaltung und Rückversetzung des Unterkiefers.

Dtsch Zahnärztl Z 42:9-12 (1987)

Edwards RC, Kieley KD, Eppley BL:

Resorbable PLLA-PGA screw fixation of mandibular sagittal split osteotomies.

J Craniofac Surg 10: 230-236 (1999)

Edwards RC, Kieley KD, Eppley BL:

The fate of resorbable poly-L-lactic/polyglycolic acid (Lactosorb) bone fixation devices in orthognathic surgery.

J Oral Maxillofac Surg 59: 19-25 (2001 A)

Edwards RC, Kieley KD, Eppley BL:

Fixation of bimaxillary osteotomies with resorbable plates and screws: Experience in 20 consecutive cases.

J Oral Maxillofac Surg 59: 271-276 (2001 B)

Eggers GWN:

Internal contact splint.

J Bone Jt Surg 30A: 40 (1948)

Eitenmüller J, Gerlach KL, Schmickal J, Muhr G:

Semirigide Plattenosteosynthese unter Verwendung absorbierbarer Polymere als temporäre Implantate, I. Einführung, chemische Zusammensetzung und materialkundliche Untersuchungen.

Chirurg 58: 759-763 (1987 A)

Eitenmüller J, Gerlach KL, Schmickal J, Muhr G:

Semirigide Plattenosteosynthese unter Verwendung absorbierbarer Polymere als temporäre Implantate, II. Tierexperimentelle Untersuchungen.

Chirurg 58: 831-839 (1987 B)

Ellis E, Carlson DS:

Stability two years after mandibular advancement with and without suprahyoid myotomy. An experimental study.

J Oral Maxillofac Surg 41: 426-436 (1983)

Epker BN, Wessberg GA:

Mechanisms of early skeletal release following surgical advancement of the mandible.

Br J Oral Surg 20: 175-182 (1982)

Eppley B:

Resorbable bone fixation in paediatric craniofacial surgery.

J Craniomaxillofac Surg 24: 38 (1996)

Eppley B, Sadove M:

A comparison of resorbable and metallic fixation in healing of calvarial bone grafts.

Plast Reconstr Surg 96: 316-322 (1995)

Eppley B, Prevel C:

Nonmetallic fixation in traumatic midfacial fractures.

J Craniofac Surg 8: 103-109 (1997 A)

Eppley B, Reilly M:

Degradation characteristics of PLLA-PGA bone fixation devices.

J Craniofac Surg 8: 116-120 (1997 B)

Ernst FR:

Progenie.

In: Kirschner M, Nordmann O (Hrsg): Die Chirurgie IV, Teil 1, Urban & Schwarzenberg Berlin, Wien (1927)

Ewers R, Riede U:

Funktionsanalyse des Kiefergelenkes. Eine morphometrische und biometrische Studie.

Fortschr Kiefer Gesichts Chir XXV: 11-14 (1980 A)

Ewers R, Gernet W, Klaiber B, Jonas I:

Der Einfluß der Progenieoperation auf das Kiefergelenk. Eine klinische und röntgenologische Bewertung der Kiefergelenksveränderung bei verschiedenen Progenieoperationsmethoden.

Dtsch Zahnärztl Z 35: 121-133 (1980 B)

Ferguson AB, Akahoshi Y, Laing PG, Hodge ES:

Characteristics of trace ions released from embedded implants in the rabbit.

J Bone Jt Surg 44: 323-327 (1962)

Ferretti C, Reyneke JP:

Mandibular sagittal split osteotomies fixed with biodegradable or titanium screws: a prospective, comparative study of postoperative stability.

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Radiol Endod 93: 534-537 (2002)

Fischer-Brandies E:

Zur Definition des Rezidivs nach operativer Progeniebehandlung.

Dtsch Z Mund Kiefer Gesichts Chir 9: 360-366 (1985)

Fischer-Brandies E, Dielert E, Fischer-Brandies H:

Progenieoperation: Ergebnisse einer Nachuntersuchung

Dtsch Z Mund Kiefer Gesichts Chir 11: 123-130 (1987)



Fischer-Brandies E, Zeintl W, Schramel P, Brenner KU:  
Zum Nachweis von Titan im Organismus bei temporärer Alloplastik.  
Dtsch Zahnärztl Z 47: 526-528 (1992)

Freihofer HP:  
Modellversuch zur Lageveränderung des Kieferköpfchens nach sagittaler  
Spaltung des Unterkiefers.  
Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 87: 12 (1977)

Fuller RA, Rosen JJ:  
Werkstoffe für die Medizin.  
Spektrum der Wissenschaft, Dezember (1986)

Funovics P, Dominkus M, Kotz R:  
Migrationsanalyse von zementfreien Ganzmetall-Hüfttotalendoprothesen.  
Wien Klein Wochenschr 112: 544-551 (2000)

Furukawa T, Matsusue Y, Yasunaga T, Nakagawa Y :  
Histomorphometric study on high-strength hydroxyapatite/poly(L-lactide)  
composite rods for internal fixation of bone fractures.  
J Biomed Mater Res 50: 410-419 (2000 A)

Furukawa T, Matsusue Y, Yasunaga T, Shikinami Y:  
Biodegradation behaviour of ultra-high-strength hydroxyapatite/poly(L-lactide)  
composite rods for internal fixation of bone fractures.  
Biomaterials 21: 889-898 (2000 B)

Gerlach KL:  
Tierexperimentelle Untersuchungen zur Anwendung biologisch abbaubarer  
Polymere in der Mund- Kiefer- und Gesichtschirurgie.  
Habilitationsschrift, Köln (1986)

Gerlach KL:

Absorbierbare Polymere in der Mund- und Kieferchirurgie.

Zahnärztl Mitteilung 78: 1020-1024 (1988)

Gerlach KL:

Langzeitergebnisse nach der Osteosynthese von Jochbeinfrakturen mit absorbierbaren Poly-L-Lactid (PLA)

Vortrag beim Jahreskongress der Deutschen Gesellschaft für MKG-Chirurgie, München, Mai (1992)

Gerlach KL, Eitenmüller J, Schmitz H:

In vivo-Untersuchungen der Festigkeitseigenschaften biologisch abbaubarer Polymere zur Anwendung als Osteosynthesematerialien.

Dtsch Z Mund Kiefer Gesichts Chir 11: 211-216 (1987)

Getter L, Cutright DE, Bashkar SN, Augsburg JK:

A biodegradable intraosseous appliance in the treatment of mandibular fractures.

J Oral Surg 30: 344-348 (1972)

Gottlander M, Albrektsson T:

Histomorphometric studies of hydroxylapatite coated and uncoated cp titanium threaded implants in bone.

Int J Oral Maxillofac Implants 6: 399-410 (1991)

Gourlay SJ, Rice RM, Hegyelle AF, Wade CW, Dillon JG, Jaffe H, Kulkarni RK:

Biocompatibility testing polymers: in vivo implantation studies.

J Biomed Mater Res 12: 219-232 (1978)

Grimm G, Breitlich E:

Kritische Bewertung der Operationsergebnisse von 101 Progeniefällen unter besonderer Berücksichtigung des Verfahrens nach Obwegeser/Dal Pont.

Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd 61: 295-313 (1973)

Haers PE, Sailer HF:

Biodegradable self-reinforced poly-L/DL-lactide plates and screws in bimaxillary orthognathic surgery: short term skeletal stability and material related failures.

J Craniomaxillofac Surg 26: 363-372 (1998)

Haers PE, Suuronen R, Lindqvist C, Sailer HF:

Biodegradable polylactide plates and screws in orthognathic surgery : Technical note.

J Craniomaxillofac Surg 26: 87-91 (1998)

Hansmann C:

Eine neue Methode der Fixierung der Fragmente bei complicierten Frakturen.

Verh dtsch Ges Chir 15: 134-137 (1886)

Harada K, Enomoto S:

Stability after surgical correction of mandibular prognathism using the sagittal split ramus osteotomy and fixation with Poly-L-Lactic acid (PLLA) screws.

J Oral Maxillofac Surg 55: 464-468 (1997)

Hattori K, tomita N, Tamai S, Ikada Y:

Bioabsorbable thread for tight tying of bones.

J Orthop Sci 5: 57-63 (2000)

Helm G, Stepke MT:

Maintenance of the preoperative condyle position in orthognathic surgery.

J Craniomaxillofac Surg 25:34-38 (1997)

Hilbe M, Puelacher W:

Die Stabilität nach sagittaler Unterkieferosteotomie zur Korrektur distaler und progener Bisslagen.

Inform Orthod Kieferorthop 26: 63-69 (1994)

Hille GH:

Titanium for surgical implants.

J Mater 1: 373-383 (1966)

Hillmann G, Donath K:

Licht- und Elektronenmikroskopische Untersuchungen zur Biostabilität dentaler Titanimplantate.

Z Zahnarztl Implant 7:170 (1991)

Hirai H, Okumura A, Goto M, Katsuki T:

Histologic study of the bone adjacent to titanium bone screws used for mandibular fracture treatment.

J Oral Maxillofac Surg 59: 531-537 (2001)

Hofmann AA, Feign ME, Klauser W, van Gorp CC, Camargo MP

Cementless primary total hip arthroplasty with a tapered, proximally porous-coated titanium prosthesis: a 4- to 8-year retrospective review.

J Arthroplasty 15: 833-839 (2000)

Hofmann T, Farmand M, Blaseio G.:

Die Rolle der Kephalometrie bei der kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Behandlungsplanung

Inform.Orthod Kieferorthop 23: 375-396 (1991)

Hollinger J:

Preliminary report on the osteogenic potential of a biodegradable copolymer of PolyLactide (PLA) and Polyglycolide (PGA).

J Biomed Mat Res 17: 71-82 (1983)

Hooper KA, Nickolas TL, Yurkow EJ, Kohn J:

Characterization of the inflammatory response to biomaterials using a rodent air pouch model.

J Biomed Mater Res 50: 365-374 (2000)

Hullihen SR:

Case of elongation of the under jaw and distorsion of the face and neck, caused by a burn, successfully treated

Am J Dent Sci 9:157 (1849)

Iizuka T, Lindqvist C:

Rigid internal fixation of mandibular fractures. An analysis of 270 fractures using the AO/ASIF method

Int J Oral Maxillofac Surg 21: 65-69 (1992)

Ikarashi Y, Tsuchiya T, Kaniwa M, Nakamura A

Activation of osteoblast-like MC3T3-E1 cell responses by poly (lactide).

Biol Pharm Bull 23: 1470-1476 (2000)

Illi O:

Biodegradable Implantate für Osteosynthesen im Kindesalter.

Verlag Huber H, Bern-Göttingen-Toronto 1992

Ive J, Mc Neil RW, West RA:

Mandibular advancement: skeletal and dental changes during fixation

J Oral Surg 35: 881-886 (1977)

Jacobs JJ, Skipor AK, Black J, Urban RM, Galante JO:

Release and excretion of metal in patients who have a total hip-replacement component made of titanium-base-alloy

J Bone Joint Surg Am 73: 1475-1486 (1991)

Jäger A, Zittlau O, Luhr HG:

Zur differentialdiagnostischen Wertigkeit von skelettalen, dentalen und Weichteilanalysen bei der Planung der kieferorthopädisch-kieferchirurgischen Therapie.

Fortschr Kieferorthop 55, 269-278 (1994)

Kallela I:

Rigid internal fixation of the mandible using biodegradable polylactide screws and metal screws. A clinical and experimental study.

Med Dissertation, Universität Helsinki 1999

Kallela I, Laine P, Suuronen R, Iizuka T, Pirinen S, Lindqvist C:

Skeletal stability following mandibular advancement and rigid fixation with polylactide biodegradable screws.

Int J Oral Maxillofac Surg 27: 3-8 (1998)

Kallela I, Laine P, Suuronen R, Ranta P:

Osteotomy site healing following mandibular sagittal split osteotomy and rigid fixation with polylactide biodegradable screws.

J Oral Maxillofac Surg 28: 166-170 (1999 A)

Kallela I, Salo A, Iizuka T, Lindqvist C:

Lag screw fixation of anterior mandibular fractures using biodegradable polylactide screws: A preliminary report.

J Oral Maxillofac Surg 57: 113-118 (1999 B)

Katou F, Andoh N, Motegi K, Nagura H:  
Immuno-inflammatory responses in the tissue adjacent to titanium miniplates  
used in the treatment of mandibular fractures.  
J Craniomaxillofac Surg 24: 155-162 (1996)

Keeling, S.D.; LaBanc, J.P.; Van Sickels, J.E.; Bays, R.A.; Cavalieros, C.;  
Rugh, J.D.:  
Skeletal Change at Surgery as a Predictor of Long-Term Soft Tissue Profile  
Change After Mandibular Advancement.  
J Oral Maxillofac Surg 54: 134-144 (1996)

Kim YK, Yeo HH, Lim SC:  
Tissue response to titanium plates: a transmitted electron microscopic study.  
J Oral Maxillofac Surg 55: 322-326 (1997)

Kleine J, Kleine H:  
Über hochmolekulare, insbesondere optisch aktive Polyester der Milchsäure.  
Ein Beitrag zur Stereochemie makromolekularer Verbindungen.  
Makromol Chem 30: 23-38 (1959)

Kohn MW:  
Analysis of relapse after mandibular advancement surgery  
J Oral Surg 36: 676-684 (1978)

Kostecka F:  
Die chirurgische Therapie der Progenie.  
Korrespondenzbl Zahnärzte 55: 223 (1931)

Kovacik MW, Gradisar IA, Sylvester AM, Haprian JJ, Alexander TS:  
A comparison of interleukin-1 beta in human synovial fluid of osteoarthritic and  
revision total knee arthroplasty.  
Biomed Sci Instrum 33: 519-523 (1997)

Kronenthal R:

Biodegradable polymers in medicine and surgery.

In: Kronenthal R, Oser Z, Martin E (Hrsg): Polymers in medicine and surgery:  
Plenum Press, New York-London: 119-137 (1975)

Kulkarni RK, Pani KC, Neumann C, Leonhard C:

Poly(lactic acid) for surgical implants.

Arch Surg 93: 839-843 (1966)

Laine P, Kontio R, Lindqvist C, Suuronen R:

Are there any complications with bioabsorbable fixation devices? A 10 year  
review in orthognathic surgery.

Int J Oral Maxillofac Surg 33: 240-244 (2004)

Lake SL, McNeil RW, Little RM, West RA:

Surgical mandibular advancement: a cephalometric analysis of treatment  
response.

Am J Orthod 80: 376-394 (1981)

Leenslag JW:

Poly (L-Lactide) and its biomedical applications.

Med Dissertation, Universitat Groningen 1987

Leenslag JW, Pennings A, Bos R, Rozema F, Boering G:

Resorbable materials of Poly(L-Lactid). VI. Plates and screws for internal  
fracture fixation.

Biomaterials 8: 70-73 (1987)

Lewis CG, Belniak RM, Plowman MC, Hopfer SM, Knight JA, Sunderman FW:

Intraarticular carcinogenesis bioassays of CoCrMo and TiAlV alloys in rats.

J Arthroplasty 10: 75-82 (1995)



Lindorf HH:

Funktionsstabile Tandem-Verschraubung der sagittalen Ramusosteotomie-  
Operationstechnik, neue Instrumente und Erfahrungen  
Dtsch Z Mund Kiefer Gesichts Chir 8: 367-373 (1984)

Lindorf HH:

Sagittal ramus osteotomy with tandem screw fixation. Technique and results  
J Maxillofac Surg 14:311-316 (1986)

Lindorf HH:

Osteosynthese durch Schrauben und Miniplatten bei kieferorthopädischen  
Operationen.  
Informationen 3: 329-350 (1988)

Lindorf HH, Hirschfelder U:

Kieferorthopädisch-kieferchirurgische Kombinationstherapie des tiefen Bisses  
bei mandibulärer Retrognathie.  
Zahnärztl Z 41: 222-226 (1986)

Lindqvist C:

The use of bioresorbable osteosynthesis in cranio-maxillofacial surgery. State of  
the art with special emphasis on long term follow-up.  
Vortrag auf dem International AO-Workshop "Bioresorbables in Maxillofacial  
Surgery", Ulm 2001

Lister J:

Observations on ligature of arteries on the antiseptic system  
Lancet 1: 451 (1869)

Lohman M, Partio EK, Vehmas T, Kivisaari A:

MR imaging in biofix-osteosynthesis  
Acta Radiol 40: 415-417 (1999)

Lowe CE:

U.S. Pat No2 668: 162 (1954)

Luhr HG:

Zur stabilen Osteosynthese bei Unterkieferfrakturen

Dtsch Zahnärztl Z 23: 745 (1968)

Luhr HG:

Die Kompressionsosteosynthese bei Frakturen des zahnlosen Unterkiefers

Med Dissertation, Universität Hamburg (1969)

Luhr HG:

Die Kompressionsosteosynthese zur Behandlung von Unterkieferfrakturen -  
experimentelle Grundlagen und klinische Erfahrungen

Dtsch Zahnärztl Z 27:29-37 (1972)

Luhr HG, Hausmann D:

Ergebnisse der Kompressionsosteosynthese mit intraoralem Zugang bei 922  
Unterkieferfrakturen

In: Schwenzer N (Hrsg): Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie Bd. 41,  
Thieme Stuttgart New York (1996)

Luhr HG, Schauer W, Jäger A, Kubein-Meesenburg D:

Formveränderung des Unterkiefers durch kieferorthopädisch-chirurgische  
Maßnahmen mit stabiler Fixation der Segmente

Fortschr Kieferorthop 47: 39-47 (1986)

Määttä K, Arstila AU:

Pulmonary studies of the histopathological responses to Ti-13% Cu casting  
alloys.

Biomaterials 6: 252-257 (1985)

Manz E., Hadjianghelou O:

Spätergebnisse der Korrektur des skelettal offenen Bisses durch sagittale Spaltung des Unterkiefers

Fortschr Kiefer Gesichts Chir Bd. XXVI: 64-66, Thieme 1981

Margevicius KJ, Claes LE, Dürselen L, Hanselmann K:

Identification and distribution of synthetic ligament wear particles in sheep.

J Biomed Mater Res 31: 319-328 (1996)

Martinek V, Seil R, Lattermann C, Watkins SC, Fu FH:

The fate of the poly-L-lactid acid interference screw after anterior cruciate ligament reconstruction.

Arthroscopy 17: 73-76 (2001)

Matsusue Y, Yamamuro T, Oka Y, Shikinami Y, Hyon S, Ikada Y:

In vitro and in vivo studies on bioabsorbable ultra-high-strength Poly(L-Lactide) rods.

J Biomed Mater Res 26:1553-1567 (1992)

Matthews NS, Khambay BS, Ayoub AF, Koppel D, Wood G:

Preliminary assessment of skeletal stability after sagittal split mandibular advancement using a bioresorbable fixation system

Br J Oral Maxillofac Surg 41:179-184 (2003)

Matzen KA, Stockmaier K:

Die zementfreie ACA-Hüfttotalendoprothese - 5-Jahres-Ergebnisse.

Z Orthop Ihre Grenzgeb 139: 420-427 (2001)

Meachim G, Pedley RB:

The tissue response at implant sites.

In: Williams DF (Hrsg): Fundamental aspects of biocompatibility, Vol 1, Boca Raton, Florida: CRC, 107-144 (1981)

Meachim G, Williams DF:

Change in non-osseous tissue adjacent to titanium implants.

J Biomed Mater Res 7: 55-572 (1973)

Michel C:

Zur Problematik der Gelenkposition in der orthopädischen Chirurgie des Kiefer-Gesichtsschädels.

Habilitationsschr Universität Würzburg (1990)

Michelet FX, Quentin D:

Apport des plaques vissées dans les clivages sagittaux pour prognathie mandibulaire.

Rev Odontostomato Midi France 29: 106-136 (1971)

Miller RA, Brady J, Cutright D:

Degradation rates of oral resorbable implants (polylactates and polyglycolates): Rate modification with changes in PLA/PGA copolymer ratios.

J Biomed Mater Res 11: 711-719 (1977)

Mittelmeier H:

Druckosteosynthese mit selbstspannenden Platten (Technik und Erfahrungsbericht).

Ref Saarl Westpfälz Orthopädentreffen, Homburg (1968)

Mittelmeier H:

Selbstspannende Druckplatten

OSTEONews (Schweiz), 3 (1969)

Moberg L-E, Nordenram A, Kjellmann O:

Metal release from plates used in jaw fracture treatment. A pilot study.

Int J Oral Maxillofac Surg 18: 311-314 (1989)

Mommaerts MY, Hadjianghelou O:

Positional changes after mandibular advancement by sagittal split osteotomies and wire osteosynthesis.

J Craniomaxillofac Surg 18: 93-106 (1990)

Müller ME, Allgöwer M, Willenegger H:

Technik der operativen Frakturbehandlung

Springer, Berlin (1963)

Müller ME, Allgöwer M, Willenegger H:

Manual der Osteosynthese (AO Technik)

Springer, Berlin (1969)

Müller ME, Allgöwer M, Schneider R, Willenegger H:

Manual der Osteosynthese

2. Auflage, Springer, Berlin (1977)

Nakamura T, Hitomi S, Watanabe S, Shimuzu Y, Jamshidi K, Hyon SH, Ikada Y:

Bioabsorption of polylactides with different molecular properties

J Biomed Mater Res 23: 1115-1130 (1989)

Nelson J, Stanford H, Cutright D:

Evaluation and comparisons of biodegradable substances as osteogenic agents.

Oral Surg 43: 836-843 (1977)

Newesely H:

Implantatmaterialien.

In: Eichner K (Hrsg): Werkstoffe unter klinischen Aspekten (Zahnärztliche Werkstoffe und ihre Verarbeitung; 2, Heidelberg: Hüthig, 255-291 (1985)

Niederdellmann H, Schilli W:

Zur Plattenosteosynthese bei Unterkieferfrakturen.

Dtsch Zahnärztl Z 27: 138 (1972)

Niederdellmann H, Bührmann K:

Vorläufige Mitteilung. Resorbierbare Osteosyntheseschrauben aus Polydioxanon (PDS).

Dtsch Z Mund Kiefer Gesichts Chir 7: 399-400 (1983)

Niederdellmann H, Bührmann K, Collins FJV

Stellschraube. Adjuvans in der kieferorthopädischen Chirurgie

Dtsch Z Mund Kiefer Gesichts Chir 8: 62-63 (1984)

Nociti Junior FH, Sallum AW, Sallum EA, Bozzo L:

Titanium implants in rabbit femur: a histologic evaluation.

Braz Dent J 8: 105-111 (1997)

Obwegeser H:

The indications for surgical correction of mandibular deformities by sagittal splitting technique.

Br J Oral Surg 1: 157 (1963)

Obwegeser H, Trauner R:

Zur Operationstechnik bei der Progenie und anderen Unterkieferanomalien.

Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd 23: 1-26 (1955)

Obwegeser JA:

Osteosynthesis using biodegradable Poly-p-dioxanon (PDS II) in Le-Fort I-osteotomy without postoperative intermaxillary fixation.

J Craniomaxillofac Surg 22: 129-137 (1994)

Obwegeser JA:

Resorbier- und umbaubare Osteosynthesematerialien in der Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie.

Mund Kiefer Gesichtschir 2: 288-308 (1998)

Oikarinen K, Ignatius E, Silvennoinen U:

Treatment of mandibular fractures in the 1980s.

J Craniomaxillofac Surg 21: 245-250 (1993)

Päivärinta U, Böstman O, Majola A, Toivonen T, Törmälä P, Rokkanen P:

Intraosseous cellular response to biodegradable fracture fixation screws made of polyglycolide or polylactide.

Arch Orthop Trauma Surg 112:71-74 (1993)

Paulus GW:

Rezidivverhalten nach Ramusosteotomien mit unterschiedlichen Osteosyntheseformen.

Dtsch Zahnärztl Z 38: 51-55 (1983)

Paulus GW, Steinhäuser EW:

A comparative study of wire osteosynthesis, versus bone screws in the treatment of mandibular prognathism.

J Oral Surg 54: 2 (1982)

Pelouze J:

Mémoire sur l'Acide Lactique.

Ann Chem 13, 257-268 (1845)

Perren SM, Russenberger M, Steinemann S:

A dynamic compression plate.

Acta Orthop Scand 125 Suppl 31 (1969)

Pichler H:

Über Progenieoperationen.

Wien Klin Wochenschr 41: 1333 (1928)

Pietrzak W, Sarver D, Verstynen M:

Bioabsorbable polymer science for the practicing surgeon.

J Craniofac Surg 8: 87-91 (1997)

Pistner H:

Osteosynthese mit Blinddübeln und Platten aus biodegradierbarem Block-Poly (L-Lactid): tierexperimentelle, werkstoffkundliche und klinische Untersuchungen. München: Akad.-Verl., 1992 (Zugl.: Med Dissertation, Universität Würzburg 1992)

Pistner H:

Osteosynthese mit bioresorbierbaren Materialien: Entwicklung einer Schraube vom Werkstoff bis zur klinischen Anwendung.

Reinbek: Einhorn-Press-Verl., 1999, (Zugl.: Med Habilitationsschrift, Universität Würzburg 1997)

Pistner H, Gutwald R, Schwartz G, Mühling J, Reuther J:

Vollständige Biodegradation von spritzgegossenen Polylactid-Osteosynthesematerialien in Hart- und in Weichgewebe in vivo im Langzeitversuch bis zu 36 Monaten.

In: Claers L, Ignatius AA (Hrsg): Biodegradierbare Implantate und Materialien. 1.Aufl- Springer, Berlin-Heidelberg (1998)

Pistner H, Mühling J, Reuther J:

Resorbierbare Materialien zur Osteosynthese in der craniofacialen Chirurgie.

In: Schwenzer N, Pfeifer G (Hrsg): Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie Bd XXXVI, S. 77-79, Thieme Stuttgart New York (1991)



Pistner H, Reuther J, Ordnung R, Bill J, Voges I:  
Osteosynthese nach sagittaler Spaltung des Unterkiefers.  
Dtsch Mund Kiefer Gesichtschir 1, 199-204 (1997)

Polido, W.D.;Ellis, E.; Sinn, P.D.:  
An assessment of the predictability of maxillary surger.  
J Oral Maxillofac Surg 48: 697-701 (1990)

Poulton DR, Ware WH:  
Surg.-orthodontic treatment of severe mandibular retrusion  
Am J Orthodont 59: 244-264 (Part I) (1971)

Poulton DR, Ware WH:  
Surg.-orthodontic treatment of severe mandibular retrusion  
Am J Orthodont 63: 237-255 (Part II) (1973)

Poulton DR, Ware WH, Baumrind S, Crane S:  
Surgical mandibular advancement studied with computer-aided cephalometrics.  
Am J Orthod 76: 121-135 (1979)

Prein J, Rahn BA:  
Scientific and technical background, 1.5.2.2. Titanium.  
In: Prein J (Hrsg): Manual of internal fixation in the cranio-facial skeleton:  
techniques recommended by AO/ASIF Maxillofacial Group, Berlin:Springer, 13-  
14 (1998)

Proffit WR, Phillips C, Dann C:  
Who seeks surgical orthodontic treatment?  
Int J Adult Orthod Orthognath Surg 3: 153-160 (1990)

Proffit WR, Phillips C, Tulloch J, Medland P:

Surgical versus orthodontic correction of skeletal Class II malocclusion in adolescents: Effects and indications.

Inf J Adult Orthod and Orthog Surgery 4: 209-220 (1992)

Puelacher W, Waldhart E:

Ergebnisse nach operativen Korrekturen von Progenien.

Z Stomatol 84: 383-389 (1987)

Ragnell A:

The operative treatment of progenia in Sweden.

Rev Chir Struct 8: 187 (1938)

Raveh J, Geering AH, Sutter F, Stich H:

Erste Erfahrungen mit einer neuen Kiefergelenkprothese. Vorläufige Resultate.

SSO Schweiz Monatsschr Zahnheilkd 92: 681-689 (1982)

Raveh J, Vuillemin T, Lädach K, Sutter F:

New Techniques for Reproduction of the Condyle Relation and Reduction of complications after sagittal ramus split osteotomy of the mandible.

J Oral Maxillofac Surg 46: 751-757 (1988)

Raveh J, Vuillemin T, Sutter F:

TMJ dysfunction: surgical management and reconstruction.

J Otolaryngol 18: 334-343 (1989)

Reed A:

In vivo and in vitro studies of biodegradable polymers for use in medicine.

Thesis, Liverpool (1978)

Rehbinder D:

Biochemistry.

in: Holten C (Hrsg): Lactid Acid: Properties and Chemistry of Lactic Acid and Derivatives. Verlag Chemie, Weinheim, Chap XVII, 412-460 (1971)

Reichenbach E:

Zur Frage der operativen Knochenbruchbehandlung im Bereich des Gesichtsschädels.

Dtsch Zahn Mund Kieferheilkd 17: 376 (1953)

Reichenbach E, Köle H, Brückl H:

Chirurgische Kieferorthopädie.

Barth, Leipzig (1970)

Reinert S, Schwarz M, Pourkermani JR, Lentrodt J:

Spätergebnisse und Komplikationen der Unterkiefer-Kompressionsosteosynthese mit intraoralem Zugang - eine 10-Jahres Studie.

In: Schwenzler N (Hrsg): Fortschritte der Kiefer- und Gesichtschirurgie Bd. 41, Thieme Stuttgart New York (1996)

Reuther J:

Orthognathe Chirurgie: skelettverlagernde Operationen.

Mund Kiefer Gesichts Chir 4:237-246 (2000)

Richter F, Richter U, Klein J, Michel C:

Das vertikale und sagittale Rezidiv nach kieferorthopädisch-kieferchirurgischer Korrektur distaler Bisslagen.

Inform Orthod Kieferorthop 22: 461-479 (1990)

Ring PA:

Uncemented surface replacement of the knee joint.

Clin Orthop 148: 106-111 (1980)

Robinson PA:

The historical background of internal fixation of fractures in North America.  
Bull Hist Med 52: 354 (1978)

Rokannen P, Böstman O, Vainionpää S, Törmälä P, Laihia J, Kilpikari J:  
Biodegradable implants in fracture fixation: Early results in treatment of  
fractures of the ankle.  
Lancet 1: 1422-1424 (1985)

Rosenberg A, Grätz KW, Sailer HF:

Should titanium miniplates be removed after bone healing is complete?  
Int J Oral Maxillofac Surg 22: 185-188 (1993)

Rozema F:

Resorbable Poly(L-Lactide) bone plates and screws: Tests and applications.  
Thesis, Groningen (1991)

Rozema F, Bos R, Boering G, Leenslag J, Pennings A, Verweij A:

Absorbable bone-plates and screws for the fixation of malar fractures.  
In: de Putter et al. (Hrsg): Implant materials in biofunction. Advances in  
Biomaterials 8: 251-255, Elsevier, Amsterdam (1988)

Scheele C:

Om Mjölck, och dess Syra  
Kgl Vetenskaps-Academiens nya Handlingar (Stockholm) 1:116-124 (1780)

Schendel SA, Epker BN:

Results after mandibular advancement surgery: an analysis of 87 cases.  
J Oral Surg 38: 265-282 (1980)

Scheuer, H., Höltje, W.:

Stabilität des Unterkiefers nach hoher supraforaminaler Osteotomie.  
Mund Kiefer Gesichts Chir 5:283-292 (2001)

Schilli W:

Behandlungsmöglichkeiten bei Unterkieferfrakturen.  
Therapiewoche 41: 2005-2008 (1969)

Schliephake H, Reiss G, Urban R, Neukam FW, Guckel S:

Metal release from titanium fixtures during placement in the mandible: An experimental study.  
Int J Oral Maxillofac Implants 8: 502-511 (1993 A)

Schliephake H, Lehmann H, Kunz U, Schmelzeisen R:

Ultrastructural findings in soft tissues adjacent to titanium plates used in jaw fracture treatment.  
Int J Oral Maxillofac Surg 22: 20-25 (1993 B)

Schliephake H, Aleyt J:

Mandibular onlay grafting using prefabricated bone grafts with primary implant placement: an experimental study in minipigs.  
Int J Oral Maxillofac Implants 13: 384-393 (1998)

Schliephake H, Lehmann H, Kunz U, Kilbourn JP, Abraham JL:

Interstitial lung disease subsequent to the insertion of titanium implants.  
J Craniomaxillofac Surg 26: 171-172 (1998)

Schroeder A, Buser D, Stich H:

Gewebsreaktionen.

In: Schroeder A, Sutter F, Buser D, Krekeler G (Hrsg): Orale Implantologie: allgemeine Grundlagen und ITI-System, 2., neubearb. und erw.Aufl., Stuttgart: Thieme, 83-115 (1994)

Schroeder HA, Balassa JJ, Tipton ICH:  
Abnormal trace metals in man: titanium.  
J Chronic Dis 16: 55 (1964)

Schwenzer N, Ehrenfeld M:  
Chirurgische Kieferorthopädie.  
In: Schwenzer und Grimm (Hrsg): Spezielle Chirurgie Band II. Thieme Stuttgart-  
New York 463-518 (1990)

Segner D, Hasund A:  
In: Individualisierte Kephalemetrie  
Dietmar Segner Verlag, Hamburg (1998)

Semkin VA, Bezrukov VM, Rabukhina NA, Sukachev VA:  
The use of titanium plates and endoprotheses for the mandibular condyles in  
reconstructive surgery of the mandible.  
Stomatologija (Mosk) 75: 27-29 (1996)

Shand JM, Heggie AAC:  
Use of a resorbable fixation system in orthognathic surgery.  
Br J Oral Maxillofac Surg 38: 335-337 (2000)

Shetty V, Freymiller E:  
Functional stability of sagittal split ramus osteotomies.  
J Oral Maxillofac Surg 54: 601-609 (1996)

Simpson W:  
The results of surgery for mandibular prognathism  
Br J Oral Surg 12: 166-176 (1974)

Spiessl B:

Osteosynthese bei der sagittaler Osteotomie nach Obwegeser - Dal Pont  
Fortschr Kiefer Gesichts Chir XVIII: 145-148 (1974)

Spiessl B:

Erste Erfahrungen mit einer Kiefergelenkprothese.  
Fortschr Kiefer Gesichts Chir 21: 119-121 (1976)

Spiessl B:

Partial prosthetic arthroplasty.  
In: Spiessl B (Hrsg): Internal fixation of the mandible, Berlin, 326-332 (1989)

Steinemann S:

Werkstoff Titan.  
In: Schroeder A, Sutter F, Buser D, Krekeler G (Hrsg): Orale Implantologie:  
allgemeine Grundlagen und ITI-System, 2., Neubearb. und erw. Aufl., Stuttgart:  
Thieme, 37-59 (1994)

Stojadinovic S, Eufinger H, Wehmoller M, Machtens E:

One-step resection and reconstruction of the mandible using computer-aided  
techniques - experimental and clinical results.  
Mund Kiefer Gesichts Chir 3 Suppl 1: 151-153 (1999)

Suganuma J, Alexander H:

Biological response of intramedullary bone to Poly-L-Lactid Acid.  
J Applied Biomaterials 4: 13-27 (1993)

Suuronen R:

Biodegradable self reinforced polylactide plates and screws in the fixation of  
osteotomies in the mandible.  
Academic Dissertation, Helsinki (1992)

Suuronen R, Pojohnen T, VASENIUS J; Vainionpää S :  
Comparison of adsorbable self-reinforced multilayer poly-L-lactide and metallic plates for the fixation of mandibular body osteotomies: An experimental study in sheep.  
J Oral Maxillofac Surg 50: 255-262 (1992)

Suuronen R, Laine P, Pojohnen T, Lindqvist C:  
Sagittal ramus osteotomies fixed with biodegradable screws: a preliminary report.  
J Oral Maxillofac Surg 52: 715-721 (1994)

Suuronen R, Pohjonen T, Hietanen J, Lindqvist C:  
Long-term degradation of fracture fixation plates: An in vivo and in vitro study on self-reinforced PolyL-Lactide.  
J Craniomaxillofac Surg 24 (Suppl1): 112 (1996)

Suuronen R, Pohjonen T, Hietanen J, Lindqvist C:  
A 5-year in vitro and in vivo study of the biodegradation of polylactide plates.  
J Oral Maxillofac Surg 56: 604-615 (1998)

Suuronen R, Kallela I, Lindqvist C:  
Bioabsorbable plates and screws: Current state of the art in facial fracture repair.  
J Craniomaxillofac Trauma 6: 19-27 (2000)

Tamai H, Igaki K, Kyo E, Kosuga K:  
Initial and 6-month results of biodegradable poly-L-lactid acid coronary stents in humans.  
Circulation 102: 399-404 (2000)



Tamai T, Hoshiko W:

A new compression plate for osteosynthesis.

Clin Orthop Surg 2: 941 (1967)

Tams J, Rozema FR, Bos RR, Roodenburg JL, Nikkels PG, Vermey A:

Poly(L-Lactide) bone plates and screws for internal fixation of mandibular swing osteotomies.

Int J Oral Maxillofac Surg 25: 20-24 (1996)

Tartaro GP, Adamo C, Rubino C, Colella G:

Clinical use of resorbable polymer mini-plates in mandibular fractures: a one-year experience.

Minerva Stomatol 45:305-309 (1996)

Terheyden H, Champy J:

Titanium plate removal „Yes or no“.

In: Härle F, Champy M, Terry BC (Hrsg): Atlas of craniomaxillofacial osteosynthesis. Thieme, Stuttgart, New York 163-165 (1999)

Thoma KH:

Further uses for the peripheral bone clamp.

Am J Orthod Oral Surg 31: 607 (1945)

Thoma KH:

Methods of fixation of jaw fractures and their indications.

J Oral Maxillofac Surg 6: 125 (1948)

Thoma KH:

Hyperostosis of the mandibular condyle.

J Oral Maxillofac Surg 9: 125 (1951)

Thoma KH:

Tumors of the mandibular condyle.

J Oral Maxillofac Surg 12: 112 (1954)

Thomas PM, Tucker MR, Prewitt JR, Proffit WR:

Early skeletal and distal changes following mandibular advancement and rigid internal fixation.

Int J Adult Orthod Orthognath Surg 1: 171-178 (1986)

Thull R, Schaldach M:

Physikalisch-chemische Aspekte chirurgischer Metallimplantate.

Fortschr Kiefer Gesichtschir 19: 56-59 (1975)

Toth RW, Parr GR, Gardner LK:

Soft tissue response to endosseous titanium oral implants.

J Prosthet Dent 54: 564-567 (1985)

Tsuruta T, Matsuura K, Inoue S:

Preparation of some Polyesters by Organometallic-Catalyzed Ring Opening Polymerization.

Makromol Chem 75: 211-214 (1964)

Tuinzing DB, Swart JGN:

Verwendung von Zugschrauben nach sagittaler Osteotomie des Unterkiefers.

Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir 2: 94-96 (1978)

Tunc DC, Lehmann W, Strongwater A, Kummer F, Kramer M:

Evaluation of a high molecular weight polylactide osteosynthesis device.

11th Annual Meeting of the Society for Biomaterials, San Diego, California, USA (1985)

Tunc DC, Rohovsky MW, Jadhav B, Lehmann WB, Strongwater A, Kummer F:  
Body absorbable osteosynthesis devices.

In: Gebelein C (Hrsg): Advances in biomedical polymers. Plenum Press, New York-London, 87-99 (1987)

Tunc DC, Balkrishna J:

Development of absorbable, ultra high strength polylactide.

Polym Prepr (ACS) 29: 383-387 (1988)

Ungersboeck A, Geret V, Pohler O, Schuetz M, Wuest W:

Tissue reaction to bone plate made of pure titanium: a prospective, quantitative clinical study.

J Mater Sci Materials Med 6: 136-141 (1995)

Van Sickels JE, Flanary CM:

Stability associated with mandibular advancement treated by rigid osseous fixation.

J Oral Maxillofac Surg 43: 338-341 (1985)

Van Sickels JE, Larsen AJ, Thrash WJ:

Relapse after rigid fixation of mandibular advancement.

J Oral Maxillofac Surg 44: 698 (1986)

Van Sickels JE, Richardson DA:

Stability of orthognatic surgery: a review of rigid fixation.

Br J Oral Surg 34:279-285 (1996)

Van Sickels JE, Dolce C, Keeling S, Tiner BD, Clark GM, Rugh JD:

Technical factors accounting for stability of a bilateral sagittal split osteotomy advancement

Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 89:19-23 (2000)

Van Sliederecht A, Hesselink SC, Knook M, De Groot K, Van Blitterswijk CA:  
Intraperitoneal injection of four polylactide particulates.  
17th Annual Meeting of the Society for Biomaterials, Scottsdale, Arizona, USA  
(1991)

Venable CS, Stuck WG, Beach AA:  
The effects on bone of the presence of metals based upon electrolysis; an  
experimental study.  
Ann Surg 105, 917-938 (1937)

Verheyen CC, de Wijn JR, van Blitterswijk CA, Rozing PM:  
Technical note: Examination of efferent lymph nodes after 2 years of  
transcortical implantation of poly(l-lactide) containing plugs. A case report.  
J Biomed Mater Res 27: 1115-1118 (1993)

Vert M:  
New Insights on the degradation of bioresorbable devices based on Lactid and  
Glycolid Acids.  
In: Hofmann GO (Hrsg): Biodegradable implants in orthopaedic surgery  
(Schriftenreihe Praxis Forum; 20. 1990), Berlin: Technik und  
Kommunikationsverl.: 20-29 (1990)

Vert MF, Chabot F, Leray J, Christel P:  
Stereoregular bioresorbable polyesters for orthopaedic surgery.  
Makromol Chem Suppl 5: 30-41 (1981)

Vert MF, Christel P, Chabot F, Leray J:  
Bioresorbable plastic materials for bone surgery.  
In: Hastings GW, Ducheyne P (Hrsg): Macromolecular Biomaterials, CRC  
Press, Inc. Boca Raton, Florida, Chap 6: 119-142 (1984)

Weber W, Reuther J, Michel C, Mühling J:

Erfahrungen bei der Versorgung von Gesichtsschädelfrakturen mit dem Würzburger Titan-Miniplattensystem.

Dtsch Z Mund Kiefer Gesichtschir 14: 46-52 (1990)

Weckbach A:

Resorbierbare Kunststoffe als Osteosynthesematerial, Eine experimentelle Studie zur Biomechanik und Resorption von biodegradierbaren Kunststoffen.

Habilitationschrift, Würzburg (1990)

Wheeler SL:

Eight year clinical retrospective study of titanium plasme-sprayed and hydroxyapatitecoated cylinder implant.

Int J Oral Maxillofac Implants 11: 340-350 (1996)

Whipple JW:

Double resection of the inferior maxilla for protruding lower jaw.

Dent Cosmos 40: 552 (1898)

Wintermantel E, Ha S-W:

Das Werkstoffsystem: Biokompatible Metalle: Einleitung und geschichtlicher Rückblick.

In: Wintermantel E, Ha S-W (Hrsg): Biokompatible Werkstoffe und Bauweisen: Implantate für Medezin und Umwelt, Berlin: Springer 139-141 (1996 A)

Wintermantel E, Ha S-W:

Das Werkstoffsystem: Biokompatible Metalle: Titanlegierungen.

In: Wintermantel E, Ha S-W (Hrsg): Biokompatible Werkstoffe und Bauweisen: Implantate für Medezin und Umwelt, Berlin: Springer 159-162 (1996 B)

Wittbjer J, Sarnas KV, Rune B:

Displacement of the mandible in a child with congenital unilateral temporomandibular joint ankylosis treated with two-stage condylar replacement: a long-term study with the aid of roentgen stereometric analysis.

Cleft Palate Craniofac J 38: 636-644 (2001)

## **Danksagung**

Ich danke Herrn Prof. Dr. Dr. J. Reuther für die Überlassung des interessanten Themas und die Übernahme des Referates.

Herrn Prof. Dr. R. Koch danke ich für die Übernahme des Korreferates.

Mein Dank gilt ferner Dr. H. Böhm für die Unterstützung und Betreuung der Arbeit.

Meinen Eltern und meiner Schwester danke ich für die Unterstützung, die ich während meines zahnmedizinischen Studiums und bei der Erstellung der Dissertation erfahren habe.

## **Lebenslauf**

Name	Alexandra Weidner
Wohnort	Siebengebirgsstr.8, 42699 Solingen
Geburtsdatum	11.07.1972
Geburtsort	Solingen
Familienstand	ledig
Eltern	Marianne Weidner Dietrich Weidner
Geschwister	Christiane Weidner
Konfession	römisch-katholisch
Staatsangehörigkeit	deutsch

## **Schulbildung**

1979-1983	Grundschule Aufderhöhe, Solingen
1983-1987	Geschwister-Scholl-Gymnasium, Solingen
1987-1992	Humboldtgymnasium, Solingen
06/1992	Abitur

## **Freiwilliges Soziales Jahr**

11/1992-04/1993	Huyssen-Stift, Essen
-----------------	----------------------

## **Universität**

Sommersemester 1993	Immatrikulation an der Universität Hamburg Studienfach: Zahnmedizin
Sommersemester 1994	Immatrikulation an der Bayerischen Julius- Maximilians-Universität Würzburg Studienfach: Zahnmedizin
06/1999	Staatsexamen
07/1999	Approbation



**Beruf**

01/2000-01/2002	Vorbereitungsassistentin in der Praxis Dres. Marb, Boxberg
06/2002-08/2004	Vorbereitungsassistentin in der Praxis ZA Lück, Solingen
09/2004-10/2004	Praxisvertretung in der Praxis ZA Janz, Leverkusen- Opladen
Seit 11/2004	Weiterbildungsassistentin für Oralchirurgie in der Praxis Dr. Dr. Heer, Schweinfurt

Solingen, den 11.01.2005