

# Zuverlässigkeit der Retention mit Cuspidretainer im Unterkiefer

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

vorgelegt von Marinos Mavrommatis  
aus Kassel

Gießen 2006

Aus dem Medizinischen Zentrum für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde  
Poliklinik für Kieferorthopädie  
Direktorin: Prof. Dr. Sabine Ruf  
des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachter: Prof. Dr. H. Pancherz

Gutachter: Prof. Dr. J. Dibbets

Tag der Disputation: 24.04.2007

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

Meinen Eltern, meiner Familie und Freunden  
und Kassiani gewidmet

## Inhaltsverzeichnis

	Seite
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Ätiologie eines frontalen Engstandes im Unterkiefer	1
1.2 Behandlung eines frontalen Engstandes im Unterkiefer	3
1.3 Retention nach der Behandlung eines frontalen Engstandes im Unterkiefer	4
1.4 Entwicklung des Cuspidretainers	5
<b>2 Ziel</b>	<b>9</b>
<b>3 Material und Probanden</b>	<b>10</b>
<b>4 Methode</b>	<b>13</b>
4.1 Bestimmung der Platzverhältnisse	13
4.2 „Platzangebot-Platzbedarfanalyse“ („Platz“) nach Bjerregaard et al. (1980)	13
4.3 „Irregularity-Index-Methode“ („Index“) nach Little (1975)	15
4.4 Statistische Methode	16
4.5 Methodenfehler	19

<b>5</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>20</b>
5.1	Analyse des „Platzes“	22
5.2	„Platz“ der individuellen Probanden	23
5.3	Veränderungen des „Platzes“ individueller Probanden	25
5.4	Prozentuale Verteilung des „Platzes“	27
5.5	Analyse des „Index“	28
5.6	„Index“ der individuellen Probanden	29
5.7	Veränderungen des „Index“ individueller Probanden	31
5.8	Prozentuale Verteilung des „Index“	33
5.9	Korrelation von „Platz“ und „Index“	34
5.10	Individuelle Gegenüberstellung von „Platz“ und „Index“	38
5.11	Vorstellung von Einzelfällen	45
<b>6</b>	<b>Diskussion</b>	<b>52</b>
<b>7</b>	<b>Schlussfolgerung</b>	<b>57</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>58</b>
<b>9</b>	<b>Summary</b>	<b>61</b>
<b>10</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>64</b>
<b>11</b>	<b>Anhang</b>	<b>69</b>

# 1 Einleitung

## 1.1 Ätiologie eines frontalen Engstandes im Unterkiefer

Der im Unterkiefer häufig auftretende Engstand der Frontzähne stellt für die betroffenen Personen in ihrem ästhetischen Erscheinungsbild oft eine Einschränkung dar. Anstatt gerade, in einen harmonischen Zahnbogen eingeordnet zu sein, stehen die Zähne rotiert und verschachtelt ineinander.

Aufgrund unterschiedlicher Ätiologien unterscheidet man zwischen primärem, sekundärem und tertiärem Frontzahnengstand (VAN DER LINDEN 1988).

Der **primäre** Frontzahnengstand, dargestellt durch den aufgefächerten Durchbruch der Schneidezähne, entsteht durch ein Missverhältnis zwischen Zahn- und Kiefer- bzw. Alveolarbogengröße, durch transversale Entwicklungshemmung, das beispielsweise durch Schmalkiefer und normal breite oder überbreite Zähne bedingt sein kann. Er ist hereditär (VAN DER LINDEN 1974).

Der **sekundäre** Frontzahnengstand bezeichnet den Engstand, der durch Aufwanderungen von Seitenzähnen zustande gekommen ist und trifft in der Front vor allem die Eckzähne. Er ist erworben durch eine Stützzonenverkürzung, entweder nach frühzeitigem Milchzahnverlust oder Approximalkaries der Milchzähne. Er entwickelt sich während der Wechselgebissperiode (SIATKOWSKI 1974).

Der **tertiäre** Frontzahnengstand, der auch als Adoleszentenengstand bezeichnet wird, entwickelt sich postpubertär am Ende des zweiten Lebensjahrzehnts. Die Ätiologie ist ungeklärt. Eventuell könnte der Engstand durch späte Wachstums- und Entwicklungsvorgänge entstehen. Durch eine intensivere Ventralentwicklung des Unterkiefers im Vergleich zum Oberkiefer, führt dies zu einer kontaktbedingten Retrusion der unteren Inzisivi. Es

können ferner Zahnbreitendiskrepanzen, eine ungünstige Belastung der unteren Eckzähne bei Lateralbewegungen des Unterkiefers, ein verstärkter vertikaler Überbiss (LOMBARDI 1972) sowie eine unzureichende Abstützung oder Torsion der Eckzähne im unteren Zahnbogen (DAUSCH-NEUMANN 1988) eine Rolle spielen.

Ein tertiärer Engstand muss nicht die Folge einer kieferorthopädischen Behandlung sein. Auch unbehandelte Individuen, lange nach Abschluss des Zahnwechsels, entwickeln diese Form des Engstandes. An seiner Entwicklung kann der Durchbruch der Weisheitszähne beteiligt sein; Untersuchungen, die den engstandauslösenden Einfluss der dritten Molaren bejahen ( BERGSTRÖM et al. 1960, BISHARA et al. 1983, SCHWARZE 2002 ), stehen Resultaten wissenschaftlicher Arbeiten gegenüber, die keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Entstehung eines tertiären Engstandes zwischen Individuen mit Anlage und mit Aplasie der unteren dritten Molaren nachweisen konnten ( ADES et al. 1990, GOUVIANAKIS et al. 1987).

## 1.2 Behandlung eines frontalen Engstandes im Unterkiefer

Grundsätzlich muss bei der Engstandbehandlung Platz für die Frontzähne geschaffen werden. Abhängig von der Ursache und vom Ausprägungsgrad des Engstandes gibt es folgende Behandlungsmöglichkeiten:

1. Transversale Expansion
2. Sagittale Expansion
3. Reduktion der Zahnbreiten (Strippen)
4. Extraktion bleibender Zähne (Prämolaren, Unterkieferincisivi)
5. Chirurgische Symphysendistraktion (wenn erhebliche skelettale Missverhältnisse zwischen Ober- und Unterkiefer vorliegen)

Folgende kieferorthopädische Behandlungsgeräte können angewendet werden:

1. Multibracket Apparaturen (festsitzend)
2. Plattenapparaturen (herausnehmbar)
3. Kunststoffschienen („Aligner“) (herausnehmbar)

Bei der Behandlung eines Frontzahnengstandes sind für ein stabiles Behandlungsergebnis folgende Maßnahmen von Bedeutung:

1. Veränderung von approximalen Kontaktpunkten zu Kontaktflächen, (zur Verriegelung der Zähne), durch interproximales Beschleifen („Strippen“) der unteren Frontzähne von mesial des Eckzahnes auf der einen Seite bis mesial des Eckzahnes der anderen Seite.

2. Einhalten der transversalen Distanz zwischen den Eckzähnen.
3. Überkorrektur der Zahnfehlstellung mit nachfolgendem interproximalen Beschleifen oder Durchtrennung der supragingivalen Fasern (Fibrotomie).
4. Platzierung der unteren Inzisivi über dem knöchernen Alveolarfortsatz und im Gleichgewicht zum labialen und lingualen Muskeldruck.
5. Bei noch im Wachstum befindlichen Patienten des horizontalen Wachstumstyps, am Ende der aktiven Behandlung ein gering vergrößerter Overjet ohne frontale Abstützung anstreben, um den unteren Frontzähnen bei einem nachfolgenden Wachstumsschub des Unterkiefers Platz zu geben.
6. Überkorrektur des Overbites bei einer Tiefbisstendenz, durch eine Intrusion der oberen und unteren Schneidezähne.
7. Palatinales Beschleifen von stark ausgeprägten Randleisten der oberen Inzisivi, da es andernfalls nach Normalisierung des Overjets durch ungleiche okklusale Kontakte zu Rotationen der unteren Inzisivi führen kann.
8. Okklusales Beschleifen posteriorer Zähne für eine Optimierung und Stabilisierung der Okklusion.

### **1.3 Retention nach der Behandlung eines frontalen Engstandes im Unterkiefer**

Da auch nach korrekter Behandlung der Unterkieferfrontzahnbereich von einer verstärkten Rezidivneigung betroffen ist (AL YAMI et al. 1999, JOSELL 1999, LITTLE et al. 1988), wird zur Rezidivprophylaxe eines Frontzahnengstandes nach Abschluss einer kieferorthopädischen Behandlung in den meisten Fällen ein geklebter Cuspidretainer als Retentionsgerät verwendet. Seit der Einführung des geklebten Retainers im Jahr 1973 (KNEIRIM 1973),

ist diese Form der Retention aus der kieferorthopädischen Praxis nicht mehr wegzudenken.

#### 1.4 Entwicklung des Cuspidretainers

Ursprünglich handelte es sich beim Cuspidretainer um zwei zementierte Eckzahn­bänder, verbunden durch einen lingualen Steg, der zu einer Verblockung der Eckzähne führte (ANGLE 1907, Abb. 1). Der Retainer ist aus ästhetischer Hinsicht relativ unbefriedigend. Die Bänder wurden durch die Entwicklung der Adhäsivtechnik überflüssig und der linguale Steg konnte direkt lingual an den Frontzähnen geklebt werden (Kleberretainer).



Abb. 1: Cuspidretainer befestigt über Bänder.

Seit 1977 gibt es den lingualen Kleberretainer in verschiedenen Ausführungen:

Der Kleberretainer der „ersten Generation“ bestand aus einem einfachen runden Stahldraht (.032“-“.036“) mit einer Schlaufe an jedem Ende, die lingual an die Eckzähne geklebt wurden (ZACHRISSON 1977) (Abb. 2).



Abb. 2: Lingualer Kleberretainer der „ersten Generation“.

Der Kleberretainer der „zweiten Generation“ bestand aus einem verseilten, flexiblen Draht (.032“), der lingual an alle sechs Frontzähne geklebt wurde (ZACHRISSON 1983). Dieser Retainer hatte keine Schlaufen an den Enden, da durch die Drahtspiralen ausreichende Retention für den Kleber gewährleistet war (Abb. 3).

Als Nachteil von an allen Zähnen geklebten Retainern wird die Einschränkung der Zahnbeweglichkeit genannt, die zur Beeinflussung der parodontalen Dämpfungseigenschaft führen kann (SCHWARZE et al. 1995). Diese Einschränkungen der Zahnmobilität liegen aber, wie in Untersuchungen anhand von Periotest-Geräten gezeigt wurde im physiologischen Bereich. Des weiteren ist die interdentale Zahnreinigung sehr aufwändig, da an jedem Zahn mit Zahnseide eingefädelt werden muss (WATTED et al. 2001).

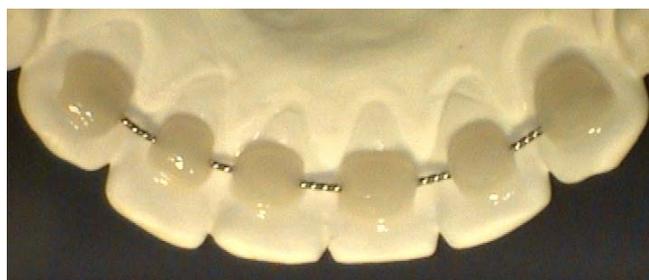


Abb. 3: Lingualer Kleberretainer der „zweiten Generation“.

Der Kleberretainer der „dritten Generation“ bestand aus einem glatten, runden rostfreien Edelstahldraht (.030“-“.032“), der präzise an den lingualen Flächen der Unterkieferfrontzähne anliegt und wie bei den Retainern der „ersten Generation“ nur lingual an den Eckzähnen geklebt wurde (ZACHRISSON 1995). Die Besonderheit hierbei ist die Schaffung retentiver Befestigungsbereiche der Drahtenden durch Sandstrahlen (McCAUGHEY 1993) oder die Flächenaufrauung der Drahtenden durch einen Diamantbohrer (ZACHRISSON 1993). Ein wichtiger Faktor dabei ist die Weiterentwicklung der Adhäsivtechnik zu nennen, die das erfolgreiche und zuverlässige Kleben dieser Retainer sichert (ZACHRISSON 1994, RADLANSKI et al. 2004) (Abb.4 von ZACHRISSON 1997).

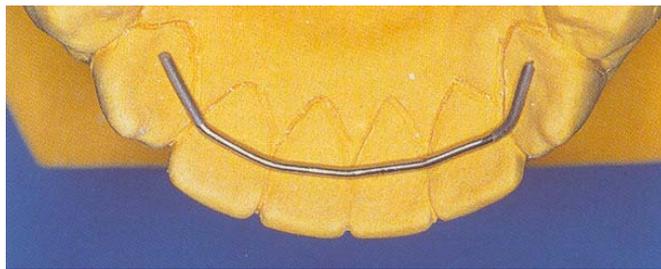


Abb. 4: Lingualer Kleberretainer der „dritten Generation“ nach ZACHRISSON (1997).

Die aktuelle Generation des Kleberretainers ist der faserverstärkte Retainer (Abb. 5), der sehr variabel in bezug auf die Steifigkeit ist. Bei zu großer Steifigkeit kann dieser Retainer frakturieren. Er ist ästhetisch günstiger als die metallische Variante (BURSTONE et al. 2000). Es liegen jedoch nur wenige Langzeituntersuchungen bezüglich seiner klinischen Zuverlässigkeit vor.



Abb. 5: Lingualer glasfaserverstärkter Kleberetainer

Bei Verwendung von Cuspidretainern im Unterkiefer, welche nur an den Eckzähnen geklebt sind, ist der klinische Eindruck, dass während der Retention das Behandlungsergebnis nicht immer stabil bleibt und sich die Zahnstellung und die Platzverhältnisse in der Unterkieferfront verändern.

## **2 Ziel**

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war, die Veränderungen der Zahnstellung und der Platzverhältnisse in der Unterkieferfront nach Einsetzen eines, nur an den Eckzähnen geklebten, Cuspidretainers im Anschluss an eine kieferorthopädische Behandlung mit Multibracketapparatur im Zeitraum zwischen Behandlungsende und mindestens 1 Jahr danach (mit Retainer in situ), zu ermitteln. Folgende Frage sollte dabei beantwortet werden: Wie zuverlässig ist der Cuspidretainer als Retentionsgerät, um die Zahnstellung im Unterkieferfrontzahnbereich nach einer kieferorthopädischen Behandlung zu halten?

### **3 Material und Probanden**

Das Untersuchungsmaterial bestand aus 300 Unterkiefergebissmodellen von 100 Probanden (51 weibliche und 49 männliche), mit je 3 Unterkiefergebissmodellen pro Proband. Alle Probanden sind oder waren Patienten der Poliklinik für Kieferorthopädie des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Justus - Liebig - Universität Gießen.

Bei der Auswahl der Probanden und der Unterkiefermodelle mussten folgende Anforderungen erfüllt sein:

- alle Patienten wurden mit Multibracket Apparatur behandelt
- Behandlungen ohne Extraktion von Zähnen
- der Cuspidretainer durfte nur an den Eckzähnen geklebt sein
- für den Cuspidretainer wurde ein Stahldraht der Qualität hart und der Stärke 0,6 verwendet.
- Gebissmodelle in einwandfreien Zustand
- keine sichtbaren Abrasionen der Zähne
- keine kariösen Läsionen und Füllungen an den Zähnen

Die Unterkiefergebissmodelle wurden zu folgenden 3 Zeitpunkten ausgewertet:

**T1 :** Vor Behandlung

**T2 :** Nach aktiver Behandlung  
(mit anschließender Retention mit Cuspidretainer)

**T3 :** Nachuntersuchung, nach 2-jähriger Retention mit Cuspidretainer

Die Untersuchung umfasste folgende Zeiträume:

**T2-T1:**

Aktiver Behandlungszeitraum von durchschnittlich 2,9 Jahren  
(0,9 bis 5,2 Jahre).

**T3-T2:**

Retentionszeitraum von durchschnittlich 2,0 Jahren (1,2 bis 3,8 Jahre).

**T3-T1:**

Gesamter Untersuchungszeitraum von durchschnittlich 4,9 Jahren  
(2,8 bis 7,3 Jahre).

Das durchschnittliche Alter der Patienten zum Zeitpunkt vor der Behandlung (T1) betrug 11,9 Jahre (weibliche wie auch männliche Patienten). Die Altersverteilung der Patienten ist in Abbildung 6 zu sehen. Das durchschnittliche Alter der Patienten zum Zeitpunkt nach der Behandlung (T2) betrug 14,8 Jahre (weibliche Patienten 14,7 Jahre und männliche Patienten 14,8 Jahre) und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (T3) 16,8 Jahre (weibliche wie auch männliche Patienten).

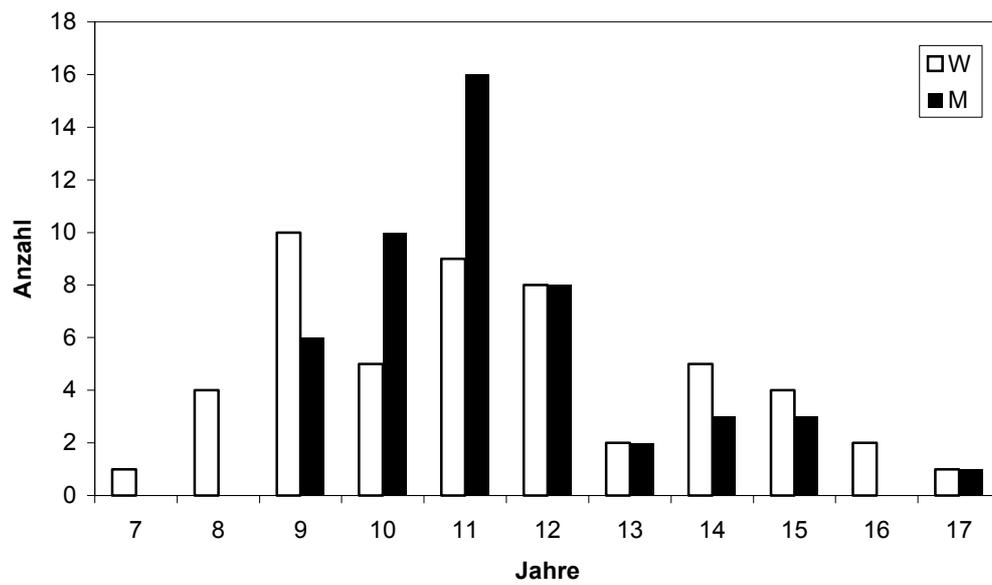


Abb. 6: Altersverteilung von 51 weiblichen (W) und 49 männlichen (M) Patienten vor der Behandlung.

## 4 Methode

### 4.1 Bestimmung der Platzverhältnisse

Zur Ermittlung der Platzverhältnisse an den Modellen diente als Messinstrument eine Schieblehre mit Noniusanzeige, die eine Ablesegenauigkeit von 0,02 mm erlaubte. Durch Beschleifen der Messbrangen wurde die Breite auf 0,2 mm reduziert, um ein problemloses Anlegen in den Interdentalräumen zu ermöglichen. Die Modelle wurden nach der Methode von BJERREGAARD et al. (1980) und LITTLE (1975) jeweils zweimal im Abstand von 14 Tagen von dem Verfasser dieser Arbeit vermessen und die Werte aus erster und zweiter Messung gemittelt und als endgültiger Messwert verwendet.

### 4.2 „Platzangebot-Platzbedarfanalyse“ („Platz“) nach Bjerregaard et al. (1980) (Abb. 7 und 8)

Zur **Ermittlung des Platzangebotes** für die vier Frontzähne wurde der Frontzahnbereich im Unterkiefer in jeweils zwei Segmente (Segment rechts und Segment links) mit je zwei Zähnen unterteilt. Die Messungen des vorhandenen mesio-distalen Raumes erfolgten getrennt für beide Segmente. Ein Segment reichte vom Kontaktpunkt des Eckzahnes mit dem seitlichen Schneidezahn bis zum Kontaktpunkt der mittleren Schneidezähne. Wenn sich bei Zahnfehlstellungen die Kontaktpunkte von Eckzahn und seitlichem Schneidezahn nicht berührten, wurde als Referenzpunkt zum Anlegen der Schieblehre innerhalb der Berührungsfläche des Eckzahnes mit dem seitlichen Schneidezahn ein Punkt gewählt, der dem harmonischen Verlauf des Zahnbogens entsprach. Durch Addition der Messwerte der zwei Frontzahnsegmente wurde für den Frontzahnbereich das Platzangebot ermittelt.

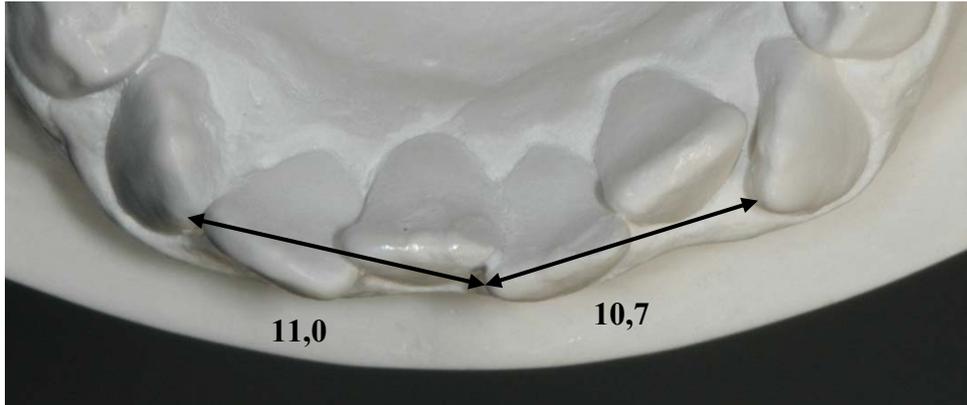


Abb. 7: Ermittlung des **Platzangebotes** für die vier Frontzähne im Unterkiefer in jeweils zwei Segmenten (Segment rechts und Segment links, hier 21,7 mm) unterteilt mit je zwei Zähnen.

Zur **Ermittlung des Platzbedarfs** für die vier Frontzähne wurde die größte mesio-distale Ausdehnung der vier einzelnen Unterkieferfrontzähne gemessen. Die Summe der Zahnbreiten ergab den Platzbedarf für die Zähne.

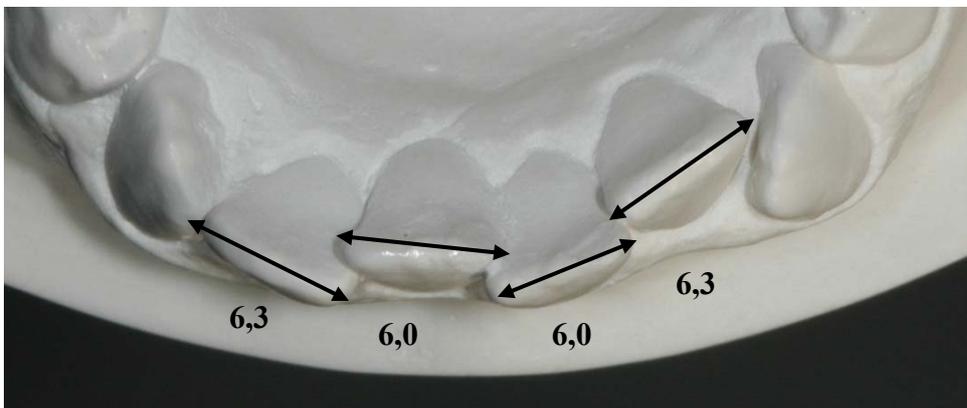


Abb. 8: Ermittlung des **Platzbedarfs** anhand der mesio-distalen Ausdehnung der vier Frontzähne im Unterkiefer (24,6 mm).

Durch die Differenz von Platzangebot und Platzbedarf ergab sich das Platzverhältnis (Engstand, Lückenstand, ausgewogener „Platz“).

#### 4.3 „Irregularity-Index-Methode“ („Index“) nach Little (1975) (Abb. 9 und 10)

Zur Ermittlung des Index wurde die Distanz der labio-lingualen Abweichung zwischen den benachbarten anatomischen Kontaktpunkten der Unterkieferfrontzähne 33 und 32, 32 und 31, 31 und 41, 41 und 42, 42 und 43 mit einer Schieblehre parallel zur Okklusalebene gemessen.



Abb. 9: Schieblehre parallel zur Okklusalebene zur Ermittlung des „Index“.

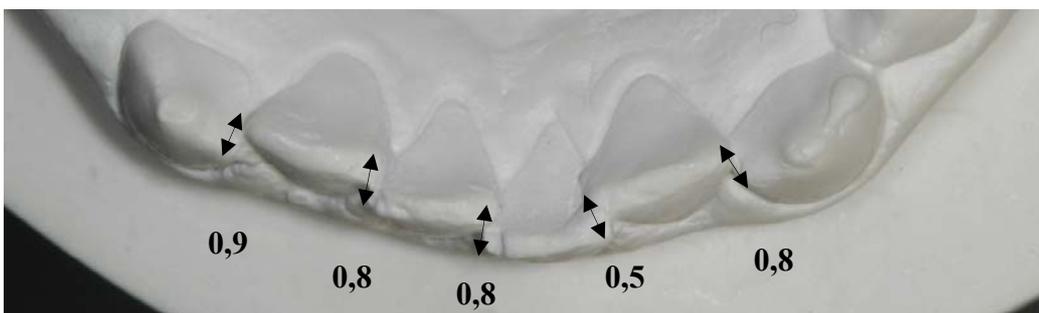


Abb. 10: Ermittlung des „Index“ anhand der Distanz der labio-lingualen Abweichung zwischen den benachbarten anatomischen Kontaktpunkten der vier Unterkieferfrontzähne. Die Summe der fünf Messwerte ergibt den Irregularity Index (hier 3,8).

#### 4.4 Statistische Methoden

Die statistische Auswertung der Daten wurde mit der Tabellenkalkulations-Software „SPSS 12.0 G“ und „MS Excel (Office 2000)“ durchgeführt.

Für die Messvariablen zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten wurden Mittelwert (MW) und Standardabweichung (SD) bestimmt. Die Veränderungen der Variablen während unterschiedlicher Untersuchungszeiträume wurden mit Hilfe des Student-t-Testes für abhängige Stichproben überprüft. Zur Untersuchung von geschlechtsspezifischen Unterschieden der Variablenwerte wurde der t-Test für unabhängige Stichproben herangezogen. Die Zusammenhänge zwischen den Veränderungen zwischen „Platz“ und „Index“ wurden mit dem Korrelationskoeffizienten (r) nach Pearson ermittelt.

Die Korrelation wurde folgendermaßen beurteilt:

$ r  < 0,40$	- schwache Korrelation
$ r  \quad 0,40 - 0,80$	- mäßige Korrelation
$ r  > 0,80$	- starke Korrelation.

Folgende Signifikanzniveaus kamen zur Anwendung:

$P < 0,001$	***
$P < 0,01$	**
$P < 0,05$	*
$P \geq 0,05$	n.s. (nicht signifikant)

Bei den Auswertungen der Untersuchungsvariablen „**Platz**“ und „**Index**“ zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten und Untersuchungszeiträumen wurde ein klinisch nicht bedeutender Bereich berücksichtigt.

Der „**Platz**“ und der „**Index**“ wurden in drei Kategorien eingeteilt (Tab. 1):

- In der Kategorie „nicht bedeutend“ liegt ein individueller Platzmangel von 0,0 mm bis -0,5 mm bzw. ein individueller Platzüberschuss von 0,0 mm bis +0,5 mm und ein Index von 0,0 mm bis 0,5 mm vor. Die individuellen Veränderungen von +0,5 mm bis -0,5 mm beim „Platz“ und von 0,0 mm bis 0,5 mm beim „Index“ sind ebenfalls als „nicht bedeutend“ definiert.
- In der Kategorie „klein“ liegt ein individueller Platzmangel von -0,6 mm bis -1,0 mm bzw. ein individueller Platzüberschuss von +0,6 mm bis +1,0 mm und ein Index von 0,6 mm bis 1,0 mm vor. Die individuellen Veränderungen von +0,6 mm bis +1,0 mm bzw. -0,6 mm bis -1,0 mm beim „Platz“ und von 0,6 mm bis 1,0 mm beim „Index“ sind ebenfalls als „klein“ definiert.
- In der Kategorie „groß“ liegt ein individueller Platzmangel kleiner als -1,1 mm bzw. ein individueller Platzüberschuss ab +1,1 mm und ein Index ab 1,1 mm vor. Die individuellen Veränderungen ab +1,1 mm bzw. kleiner als -1,1 mm beim „Platz“ und ab 1,1 mm beim „Index“ sind ebenfalls als „groß“ definiert.

Tab.1: Definition von Platzmangel, Platzüberschuss, Irregularität und Veränderungen der Untersuchungsvariablen „Platz“ und „Index“.

Definition	„Platz“ (in mm)	„Index“ (in mm)
„ <i>nicht bedeutend</i> “	-0,5 bis +0,5	0,0 bis 0,5
„ <i>klein</i> “	-1,0 bis -0,6 bzw. +0,6 bis +1,0	0,6 bis 1,0
„ <i>groß</i> “	< -1,1 bzw. > +1,1	> 1,1

Zur graphischen Darstellung der Ergebnisse wurden Box- und Whisker-Diagramme verwendet (Abb. 11). Die Box stellt das Intervall zwischen dem oberen und dem unteren Quartil dar, und umfasst 50% aller Werte. Die Whiskers decken 90% aller Werte ab.

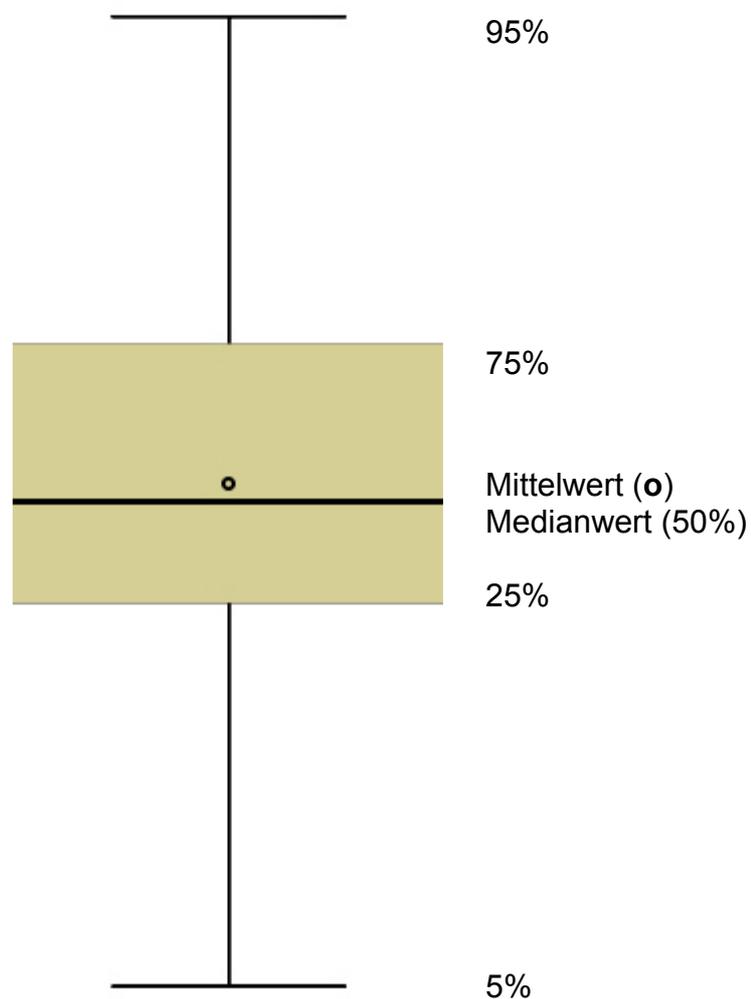


Abb. 11: Erläuterung des Boxplotdiagramms.

#### 4.5 Methodenfehler

Der Methodenfehler (MF) bei den Doppelmessungen der Untersuchungsvariablen „Platz“ und „Index“ zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten und -zeiträumen wurde anhand von folgender Formel (DAHLBERG, 1940) ermittelt:

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

d = Differenz der Doppelauswertungen

n = Anzahl der untersuchten Probanden

Die Ergebnisse der Methodenfehleranalyse für die Untersuchungsvariablen „**Platz**“ und „**Index**“ zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten und Untersuchungszeiträumen sind in der Tabelle 2 dargestellt.

Tab.2: Methodenfehler (MF) der Untersuchungsvariablen „Platz“ und „Index“ (beides in mm) zu den Untersuchungszeitpunkten: T1= Vor Behandlung, T2= Nach Behandlung, T3= Nachuntersuchung und zu den Untersuchungszeiträumen: T2-T1= Aktiver Behandlungszeitraum, T3-T2= Retentionszeitraum, T3-T1= Gesamter Untersuchungszeitraum. Doppelmessungen von je 100 Modellen zu den Zeitpunkten T1, T2 und T3.

Variable	Methodenfehler (MF)					
	T1	T2	T3	T2-T1	T3-T2	T3-T1
„Platz“	0,29	0,22	0,17	0,27	0,20	0,29
„Index“	0,32	0,16	0,12	0,35	0,16	0,30

## 5 Ergebnisse

Da keine Unterschiede zwischen männlichen und weiblichen Probanden festgestellt werden konnten wurde bei der Darstellung der Ergebnisse keine Geschlechteraufteilung vorgenommen.

Die Untersuchungsvariablen „Platz“ und „Index“ sind numerisch in der Tabelle 3 und mittels Boxplotdiagrammen in den Abbildungen 12 bzw. 16 angegeben.

Die individuellen Analysen der Untersuchungsvariablen „Platz“ und „Index“ zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten T1, T2 und T3 sind in den Abbildungen 13 bzw. 17 graphisch dargestellt.

Die individuellen Veränderungen der Untersuchungsvariablen „Platz“ und „Index“ sind für die Untersuchungszeiträume T2-T1 und T3-T2 in den Abbildungen 14 bzw. 18 aufgeführt.

Die prozentuale Verteilung der Untersuchungsvariablen „Platz“ und „Index“ zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten T1, T2 und T3 sind in den Abbildungen 15 bzw. 19 angegeben.

Die Gegenüberstellungen und Korrelationen der Untersuchungsvariablen „Platz“ und „Index“ zu den Untersuchungszeitpunkten T1, T2 und T3 sind in den Abbildungen 20 bis 22 bzw. 25 bis 27 abgebildet.

Die Gegenüberstellungen und Korrelationen der Untersuchungsvariablen „Platz“ und „Index“ bezüglich der individuellen Veränderungen für die Untersuchungszeiträume T2-T1 und T3-T2 sind in den Abbildungen 23 bis 24 bzw. 28 bis 29 dargestellt.

Ausgewählte Einzelfälle zu den Untersuchungsvariablen „Platz“ und „Index“ sind in den Abbildungen 30 bis 34 aufgeführt.

Tab. 3: Darstellung der Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (SD) bei den Analysen „Platz“ und „Index“ (beide in mm). Untersuchung von je 100 Modellen zu den Untersuchungszeitpunkten T1= Vor Behandlung, T2= Nach Behandlung, T3= Nachuntersuchung. T2-T1= Aktiver Behandlungszeitraum, T3-T2= Retentionszeitraum, T3-T1= Gesamter Untersuchungszeitraum. Für den „Platz“ bedeutet minus (-) Platzmangel oder Verkleinerung des Platzangebots. Für den „Index“ bedeutet minus (-) Abnahme der Irregularität.

### Platz

Variable	T1		T2		T3		T2-T1			T3-T2			T3-T1		
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	t	MW	SD	t	MW	SD	t
„Platz“	-0,49	1,52	0,21	0,28	0,06	0,28	0,70	1,50	4,70 ***	-0,15	0,22	-6,95 ***	0,55	1,50	3,68 ***

### Index

Variable	T1		T2		T3		T2-T1			T3-T2			T3-T1		
	MW	SD	MW	SD	MW	SD	MW	SD	t	MW	SD	t	MW	SD	t
„Index“	2,83	2,59	0,27	0,52	0,49	0,63	-2,56	2,47	-10,30 ***	0,22	0,59	3,73 ***	-2,34	2,61	-8,93 ***

## 5.1 Analyse des „Platzes“ (Tab. 3 und Abb. 12)

Die Analyse der Platzverhältnisse zu den verschiedenen Untersuchungszeiträumen zeigt signifikante Veränderungen. Im Untersuchungszeitraum T2-T1 (aktiver Behandlungszeitraum) kam es zu einer „kleinen“ Vergrößerung des Platzes für die unteren Frontzähne um durchschnittlich 0,70 mm ( $P < 0,001$ ), von einem „nicht bedeutenden“ Platzmangel zu einem „nicht bedeutenden“ Platzüberschuss. Im Untersuchungszeitraum T3-T2 (Retentionszeitraum) kam es zu einer „nicht bedeutenden“ Verkleinerung des „Platzes“ um durchschnittlich 0,15 mm ( $P < 0,001$ ). Im Untersuchungszeitraum T3-T1 (gesamter Untersuchungszeitraum) kam es zu einer „kleinen“ Vergrößerung des Platzes um durchschnittlich 0,55 mm ( $P < 0,001$ ), von einem „nicht bedeutenden“ Platzmangel zu einem „nicht bedeutenden“ Platzüberschuss.

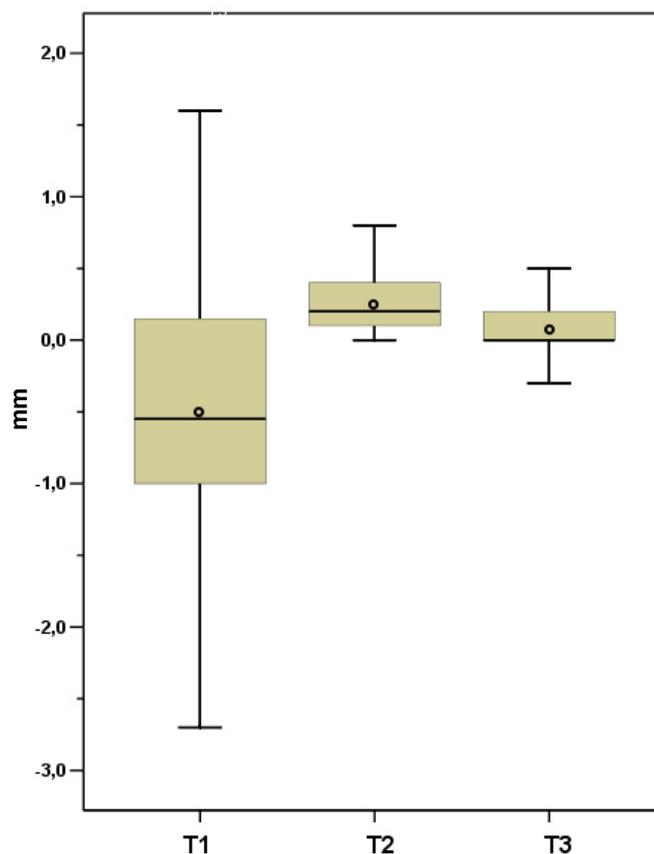
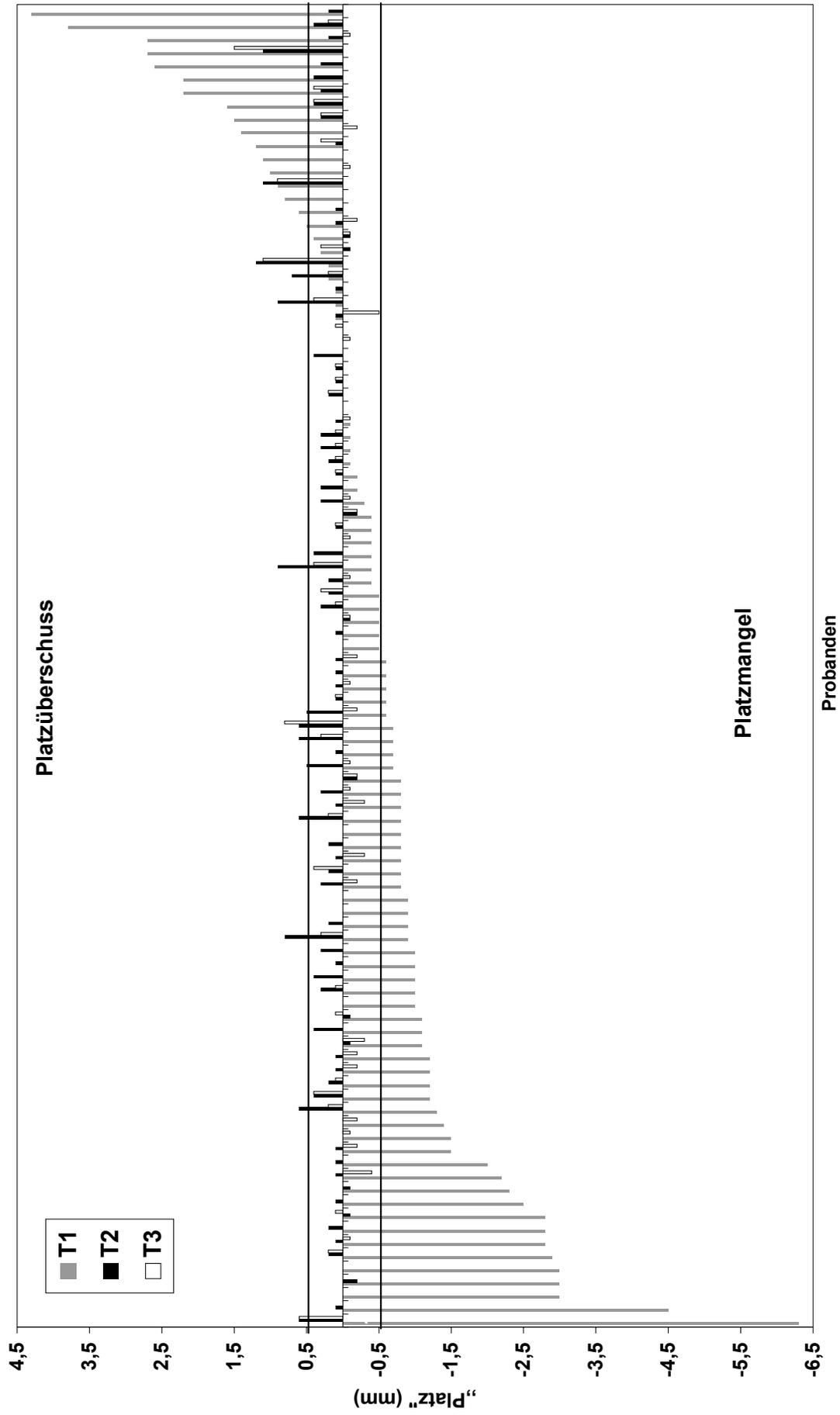


Abb. 12: Darstellung des „**Platzes**“ mittels Boxplotdiagramm für das gesamte Modellmaterial ( $n=100$ ) zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten: T1= Vor Behandlung, T2= Nach Behandlung, T3= Nachuntersuchung

## 5.2 „Platz“ der individuellen Probanden (Abb. 13)

Unter Berücksichtigung des klinisch nicht bedeutenden Bereiches eines Platzüberschusses bzw. Platzmangels (Engstand) von 0,0 mm bis +/- 0,5 mm (in dem 34% der Probanden lagen), wurden bei 26% der Probanden zum Zeitpunkt vor der Behandlung (T1) ein „kleiner“ Engstand, bei 24 % der Probanden ein „großer“ Engstand (bis zu 6,3 mm), bei 4% der Probanden ein „kleiner“ Platzüberschuss und bei 12% der Probanden ein „großer“ Platzüberschuss (bis zu 4,3 mm) ermittelt. Zum Zeitpunkt nach der Behandlung (T2) war bei 9% der Probanden ein „kleiner“ Platzüberschuss und bei 3% der Probanden ein „großer“ Platzüberschuss (bis zu 1,2 mm) zu finden, während bei 88% der Probanden der „Platz“ im klinisch nicht bedeutenden Bereich lag. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (T3) war bei 3% der Probanden ein „kleiner“ Platzüberschuss und bei 2% der Probanden ein „großer“ Platzüberschuss (bis zu 1,5 mm) zu finden, während bei 95% der Probanden der „Platz“ im klinisch nicht bedeutenden Bereich lag.



**Abb. 13:** Darstellung des „Platzes“ der individuellen Probanden (n=100) zu den Untersuchungszeitpunkten: T1= Vor Behandlung, T2= Nach Behandlung, T3= Nachuntersuchung. Aufsteigende Reihung der Probanden nach den Messwerten T1. Der klinisch nicht bedeutende Bereich eines Platzüberschusses bzw. eines Platzmangels von 0,5 mm bis - 0,5 mm ist dargestellt.

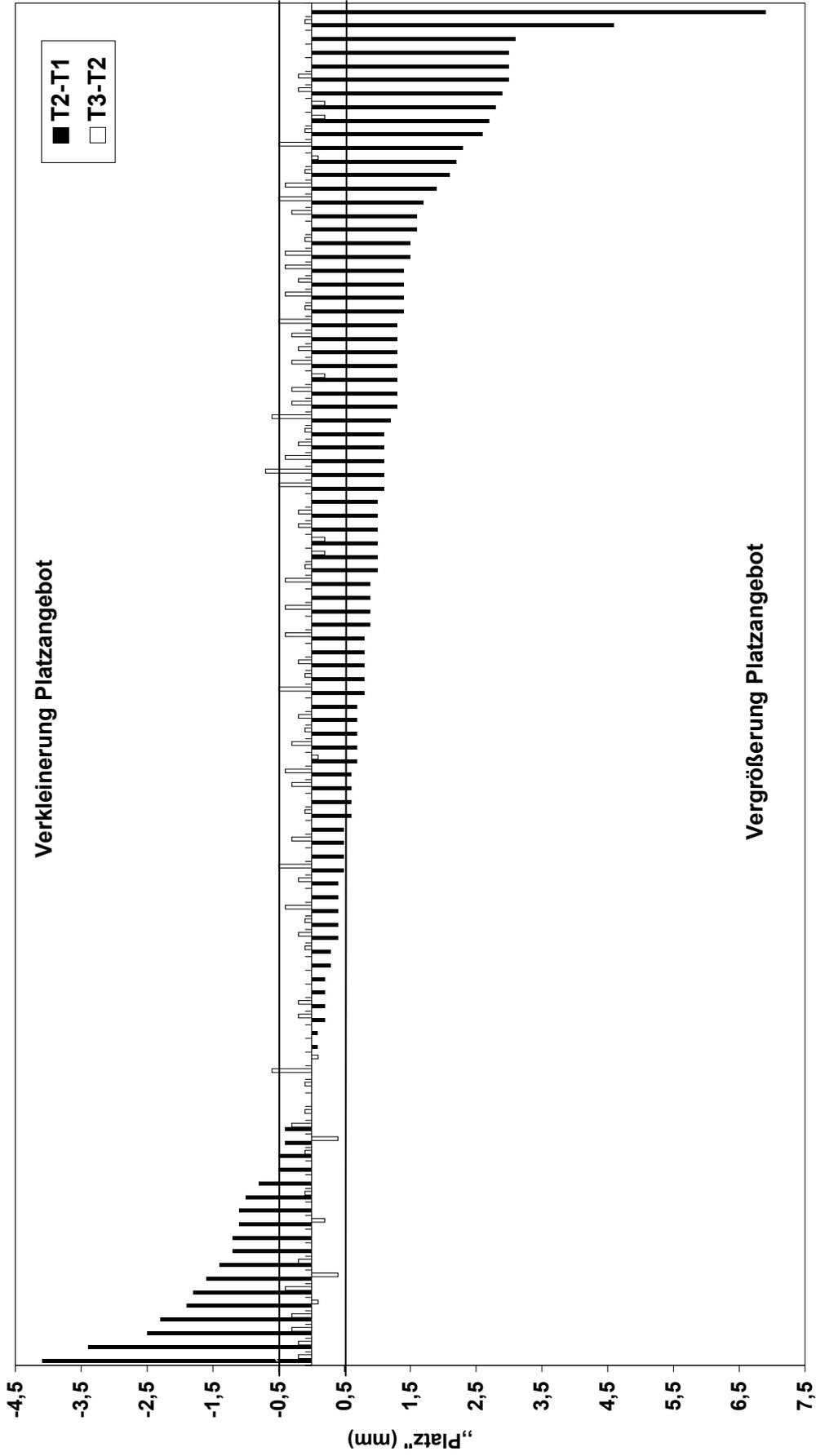
### **5.3 Veränderungen des „Platzes“ individueller Probanden (Abb. 14)**

#### **T2-T1 (Behandlungszeitraum):**

Unter Berücksichtigung des klinisch nicht bedeutenden Bereiches von 0,0 mm bis +/- 0,5 mm, kam es bezüglich des „Platzes“ während des Behandlungszeitraumes von durchschnittlich 2,9 Jahren bei 2% der Probanden zu einer „kleinen“ Verkleinerung (weniger „Platz“), bei 12% der Probanden zu einer „großen“ Verkleinerung (weniger „Platz“) bis zu 4,1 mm, bei 24% der Probanden zu einer „kleinen“ Vergrößerung (mehr „Platz“) und bei 36% der Probanden zu einer „großen“ Vergrößerung (mehr „Platz“) bis zu 6,9 mm. Bei 26% der Probanden lagen die Platzveränderungen innerhalb des klinisch nicht bedeutenden Bereiches.

#### **T3-T2 (Retentionszeitraum):**

Unter Berücksichtigung des klinisch nicht bedeutenden Bereiches von 0,0 mm bis +/- 0,5 mm, kam es bezüglich des „Platzes“ während des Retentionszeitraumes von durchschnittlich 2,0 Jahren bei 3% der Probanden zu einer „kleinen“ Verkleinerung (weniger „Platz“). Bei 97% der Probanden lagen die Platzveränderungen innerhalb des klinisch nicht bedeutenden Bereiches. Die maximale Verkleinerung des „Platzes“ betrug 0,7 mm.



**Abb. 14:** Individuelle Veränderungen des „Platzes“ der Probanden (n=100) zu den Untersuchungszeiträumen: T2-T1= Aktiver Behandlungszeitraum, T3-T2= Retentionszeitraum. Aufsteigende Reihung der Probanden nach den Messwerten T2-T1. Die Zeiträume T2-T1 setzen die T1-Werte als 0-Linie. Die Zeiträume T3-T2 setzen die T2-Werte als 0-Linie. Der klinisch nicht bedeutende Bereich eines Platzüberschusses bzw. eines Platzmangels von 0,5 mm bis - 0,5 mm ist dargestellt.

#### 5.4 Prozentuale Verteilung des „Platzes“ (Abb. 15)

Bezogen auf das gesamte Probandengut (n=100) ohne Berücksichtigung des klinisch nicht bedeutenden Bereiches eines Platzüberschusses bzw. Platzmangels (Engstand) wurden bei 24% der Probanden zum Zeitpunkt vor der Behandlung (T1) ein „großer“ Engstand bis zu 6,3 mm ermittelt. Bei keinem Proband lag zum Zeitpunkt nach der Behandlung (T2) und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (T3) ein „kleiner“ bzw. „großer“ Engstand vor. Bei 12% der Probanden lag zum Zeitpunkt vor der Behandlung (T1) ein „großer“ Platzüberschuss bis zu 4,3 mm vor. Bei 3% der Probanden lag zum Zeitpunkt nach der Behandlung (T2) ein „großer“ Platzüberschuss bis zu 1,2 mm vor und bei 2% der Probanden wurde zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (T3) ein „großer“ Platzüberschuss bis zu 1,5 mm ermittelt.

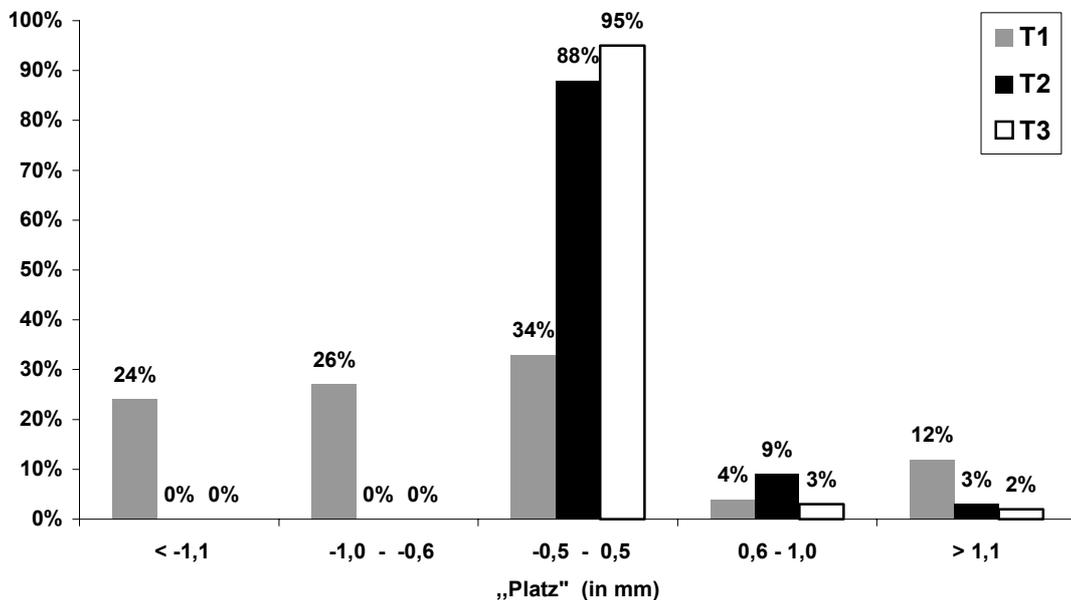


Abb. 15: Prozentuale Verteilung der Probanden (n=100) mit einem „Platz“ unter -1,1 mm, zwischen -1,0 und -0,6 mm, zwischen -0,5 und +0,5 mm, zwischen +0,6 und +1,0 mm und über +1,1 mm zu den Zeitpunkten: T1= Vor Behandlung, T2= Nach Behandlung, T3= Nachuntersuchung

## 5.5 Analyse des „Index“ (Tab. 3 und Abb. 16)

Die Analyse der durchschnittlichen Indexwerte zu den verschiedenen Untersuchungszeiträumen zeigt signifikante Veränderungen. Im Untersuchungszeitraum T2-T1 (aktiver Behandlungszeitraum) kam es zu einer „großen“ Verkleinerung des „Index“ um durchschnittlich 2,56 mm ( $P < 0,001$ ), von einem „großen“ „Index“ zu einem „nicht bedeutenden“ „Index“. Im Untersuchungszeitraum T3-T2 (Retentionszeitraum) kam es zu einer „nicht bedeutenden“ Vergrößerung des „Index“ um durchschnittlich 0,22 mm ( $P < 0,001$ ). Im Untersuchungszeitraum T3-T1 (gesamter Untersuchungszeitraum) kam es zu einer „großen“ Verkleinerung des „Index“ um durchschnittlich 2,34 mm ( $P < 0,001$ ), von einem „großen“ „Index“ zu einem „nicht bedeutenden“ „Index“.

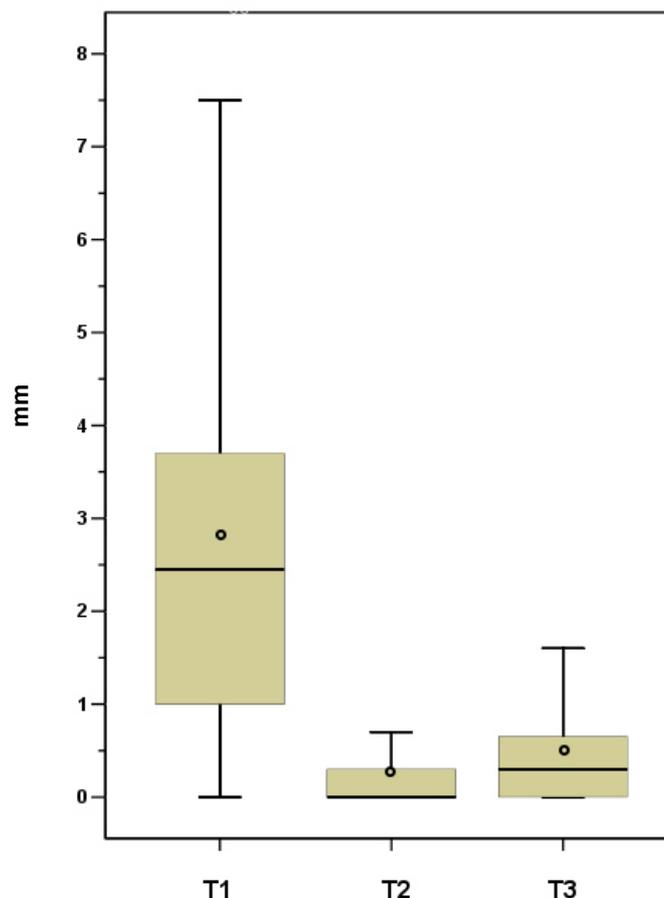
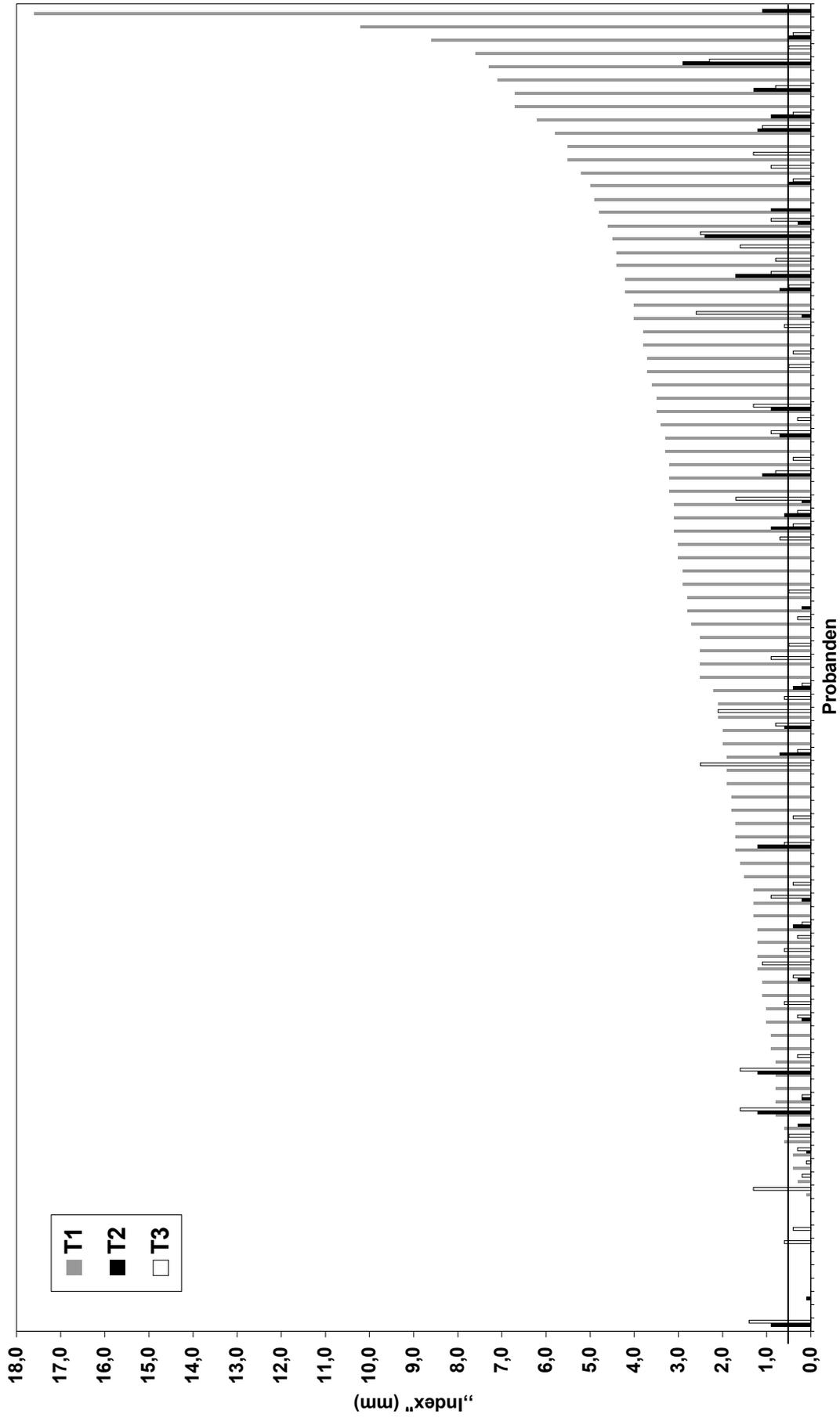


Abb. 16: Darstellung des „**Index**“ mittels Boxplotdiagramm für das gesamte Modellmaterial ( $n=100$ ) zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten: T1= Vor Behandlung, T2= Nach Behandlung, T3= Nachuntersuchung

## 5.6 „Index“ der individuellen Probanden (Abb. 17)

Unter Berücksichtigung des klinisch nicht bedeutenden Bereiches von 0,0 mm bis 0,5 mm (in dem 14% der Probanden lagen), wurden bei 11% der Probanden zum Zeitpunkt vor der Behandlung (T1) ein „kleiner“ Index und bei 75% der Probanden ein „großer“ „Index“ (bis zu 17,6 mm) ermittelt. Zum Zeitpunkt nach der Behandlung (T2) war bei 10% der Probanden ein „kleiner“ „Index“ und bei 10% der Probanden ein „großer“ „Index“ (bis zu 2,9 mm) zu finden, während bei 80% der Probanden der „Index“ im klinisch nicht bedeutenden Bereich lag. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (T3) war bei 18% der Probanden ein „kleiner“ „Index“ und bei 15% der Probanden ein „großer“ „Index“ (bis zu 2,6 mm) zu finden, während bei 67% der Probanden der „Index“ im klinisch nicht bedeutenden Bereich lag.



**Abb. 17:** Darstellung des „Index“ der individuellen Probanden (n=100) zu den Untersuchungszeitpunkten: T1= Vor Behandlung, T2: Nach Behandlung, T3: Nachuntersuchung. Aufsteigende Reihung der Probanden nach den Messwerten T1. Der klinisch nicht bedeutende Bereich einer Indexveränderung von 0,0 mm bis 0,5 mm ist dargestellt.

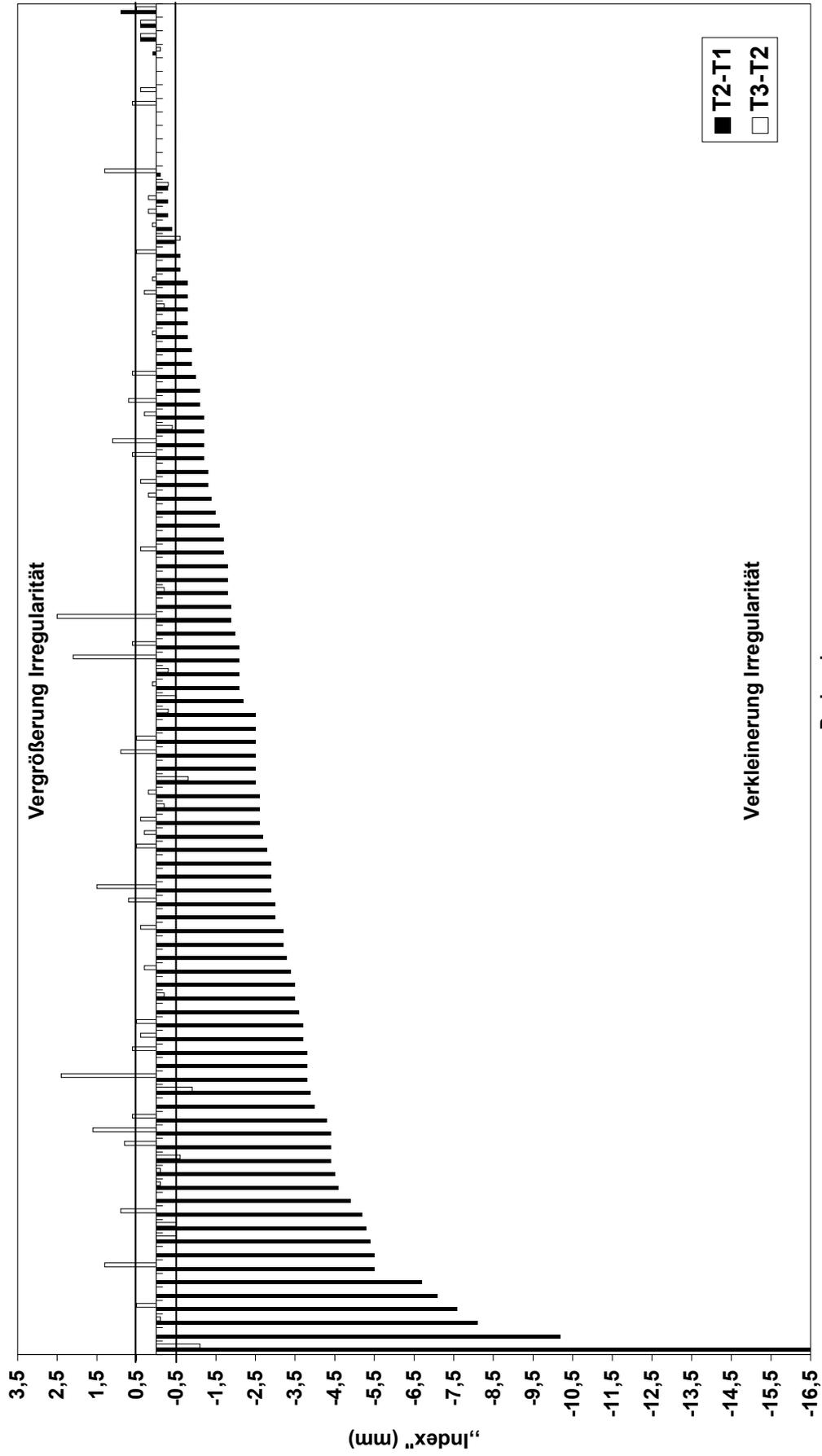
## **5.7 Veränderungen des „Index“ individueller Probanden (Abb. 18)**

### **T2-T1 (Behandlungszeitraum):**

Unter Berücksichtigung des klinisch nicht bedeutenden Bereiches von 0,0 mm bis 0,5 mm, kam es bezüglich des „Index“ während des Behandlungszeitraumes von durchschnittlich 2,9 Jahren bei 12% der Probanden zu einer „kleinen“ Verkleinerung (weniger Irregularität), bei 70% der Probanden zu einer „großen“ Verkleinerung (weniger Irregularität) bis zu 16,5 mm und bei 1% der Probanden zu einer „kleinen“ Vergrößerung (mehr Irregularität) bis zu 0,9 mm. Bei 17% der Probanden lagen die Indexveränderungen innerhalb des klinisch nicht bedeutenden Bereiches.

### **T3-T2 (Retentionszeitraum):**

Unter Berücksichtigung des klinisch nicht bedeutenden Bereiches von 0,0 mm bis 0,5 mm, kam es bezüglich des „Index“ während des Retentionszeitraumes von durchschnittlich 2,0 Jahren bei 5% der Probanden kam es zu einer „kleinen“ Verkleinerung (weniger Irregularität) bis zu 1,1 mm, bei 11% der Probanden zu einer „kleinen“ Vergrößerung (mehr Irregularität) und bei 8% der Probanden zu einer „großen“ Vergrößerung bis zu 2,5 mm. Bei 76% der Probanden lagen die Indexveränderungen innerhalb des klinisch nicht bedeutenden Bereiches.



**Abb. 18:** Individuelle Veränderungen des „Index“ der Probanden (n=100) zu den Untersuchungszeiträumen: T2-T1= Behandlungszeitraum, T3-T2= Retentionszeitraum. Aufsteigende Reihung der Probanden nach den Messwerten T2-T1. Die Zeiträume T2-T1 setzen die T1-Werte als 0-Linie. Die Zeiträume T3-T2 setzen die T2-Werte als 0-Linie. Der klinisch nicht bedeutende Bereich einer Indexveränderung von 0,5 mm bis - 0,5 mm ist dargestellt.

## 5.8 Prozentuale Verteilung des „Index“ (Abb. 19)

Bezogen auf das gesamte Probandengut (n=100) ohne Berücksichtigung des klinisch nicht bedeutenden Bereiches einer Indexveränderung wurden bei 75% der Probanden zum Zeitpunkt vor der Behandlung (T1) ein „großer“ „Index“ bis zu 17,6 mm ermittelt. Bei 10% der Probanden lag zum Zeitpunkt nach der Behandlung (T2) ein „großer“ „Index“ bis zu 2,9 mm vor, und bei 15% der Probanden wurde zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (T3) ein „großer“ „Index“ bis zu 2,6 mm ermittelt. Im klinisch nicht bedeutenden Bereich wurden zum Zeitpunkt vor der Behandlung (T1) 14% der Probanden, zum Zeitpunkt nach der Behandlung (T2) 80% der Probanden und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (T3) 67% der Probanden ermittelt.

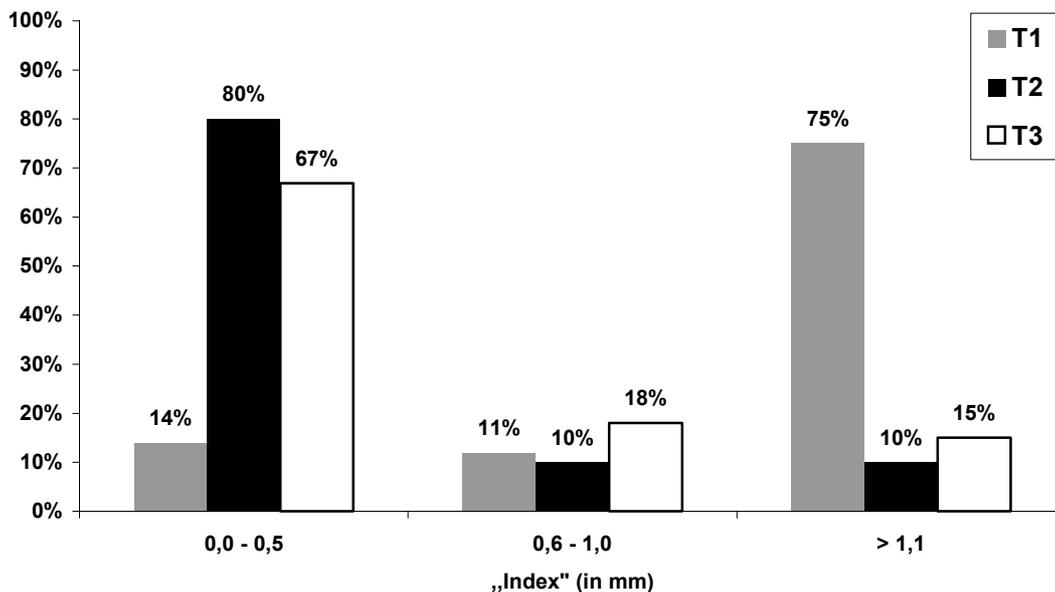


Abb. 19: Prozentuale Verteilung der Probanden (n=100) mit einem „Index“ zwischen 0,0 und 0,5 mm, zwischen 0,6 und 1,0 mm und über 1,1 mm zu den Zeitpunkten: T1= Vor Behandlung, T2= Nach Behandlung, T3= Nachuntersuchung

## 5.9 Korrelation von „Platz“ und „Index“ (Tab. 4 und Abb. 20 bis 24)

Eine schwache bis mäßige Korrelation zwischen „Platz“ und „Index“ war sowohl bei den Untersuchungszeitpunkten als auch zu dem Untersuchungszeitraum T2-T1 zu finden (Tab. 4 und Abb. 20 bis 24).

Tab. 4: Zusammenhang zwischen „Platz“ und „Index“.  
Darstellung der Korrelationskoeffizienten (r) zu den Untersuchungszeitpunkten: T1= Vor Behandlung, T2= Nach Behandlung, T3= Nachuntersuchung und zu den Untersuchungszeiträumen: T2-T1= Behandlungszeitraum, T3-T2= Retentionszeitraum. Untersuchung von je 100 Modellen zu den Zeitpunkten T1, T2 und T3.

Zusammenhang von „Platz“ und „Index“		
Zeitpunkt / Zeitraum	r	Signifikanz
T1	-0,52	***
T2	0,54	***
T3	0,33	***
T2-T1	0,59	***
T3-T2	0,19	n. s.

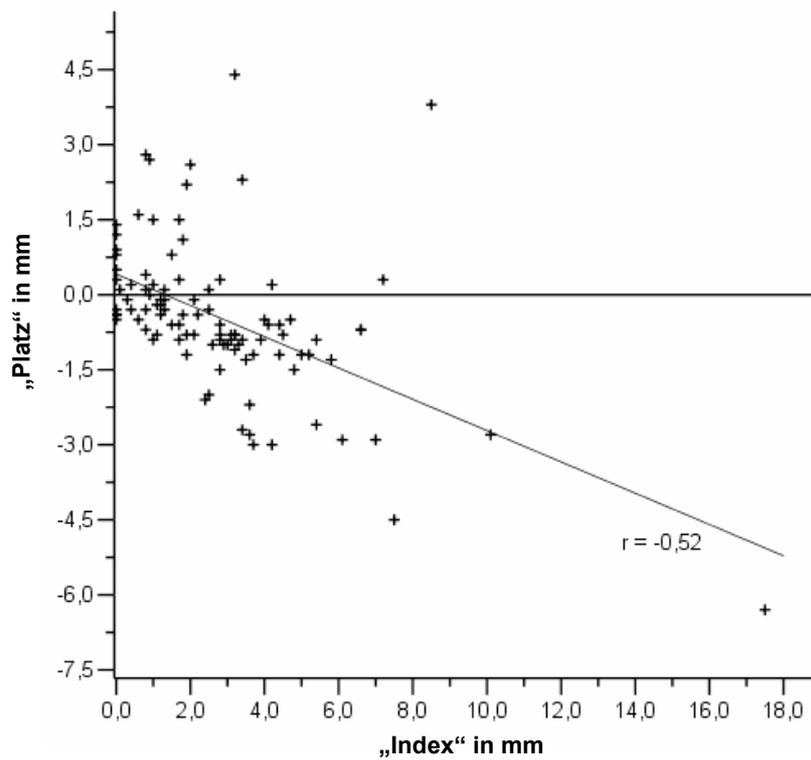


Abb. 20: Darstellung der Korrelation von „Platz“ und „Index“ (n=100) zum Zeitpunkt: T1= Vor Behandlung.

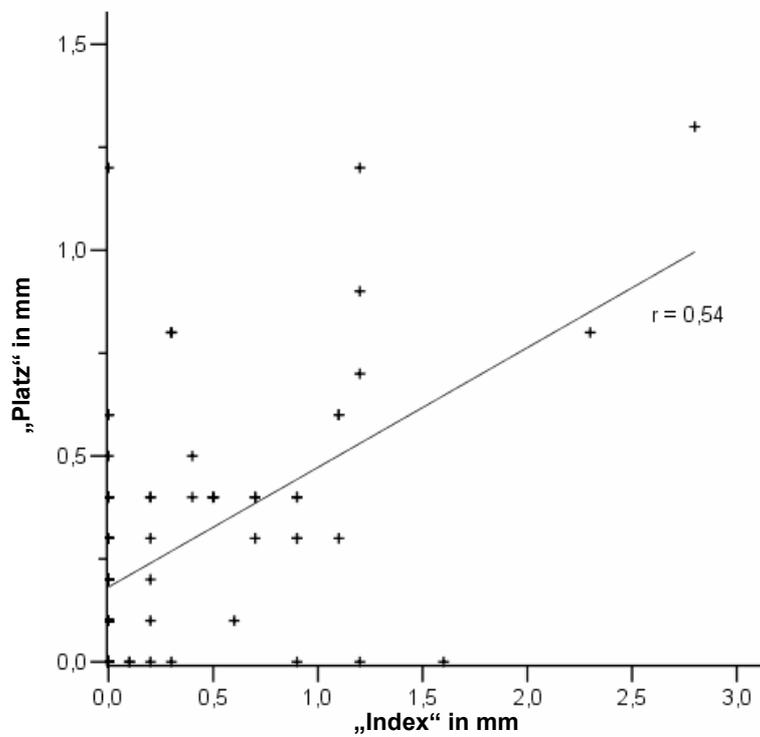


Abb. 21: Darstellung der Korrelation von „Platz“ und „Index“ (n=100) zum Zeitpunkt: T2= Nach Behandlung.

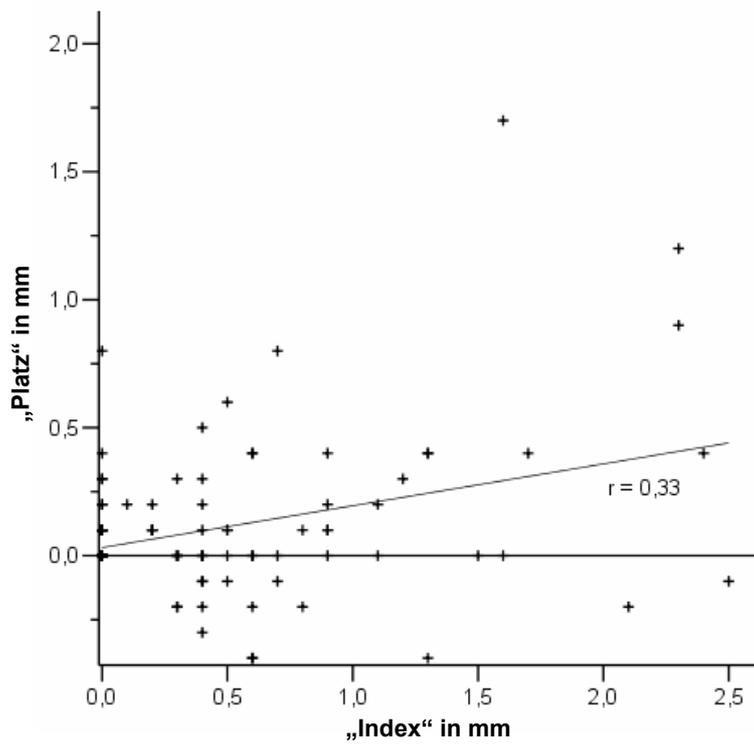


Abb. 22: Darstellung der Korrelation von „Platz“ und „Index“ (n=100) zum Zeitpunkt: T3= Nachuntersuchung.

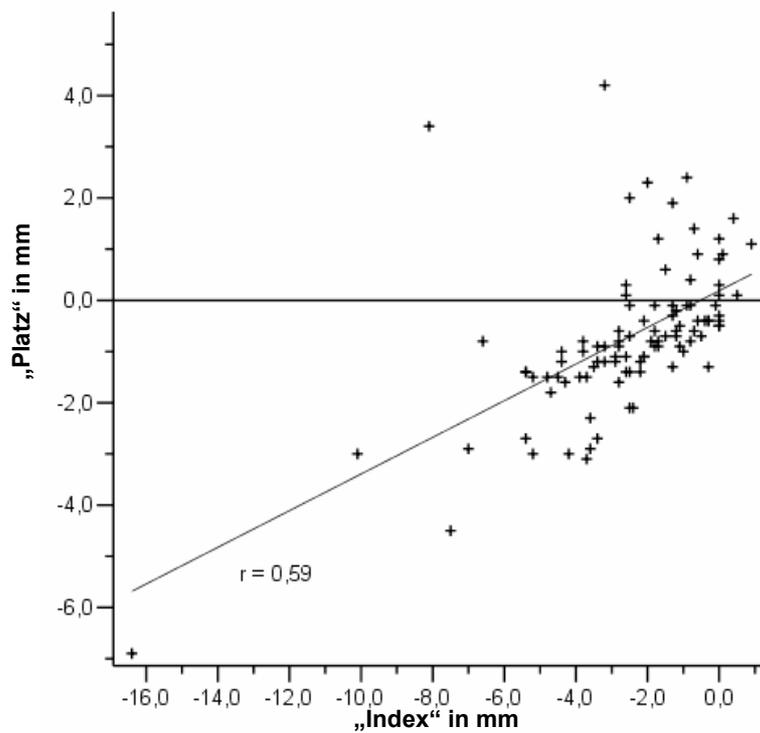


Abb. 23: Darstellung der Korrelation von „Platz“ und „Index“ (n=100) zum Zeitraum: T2-T1= Behandlungszeitraum.

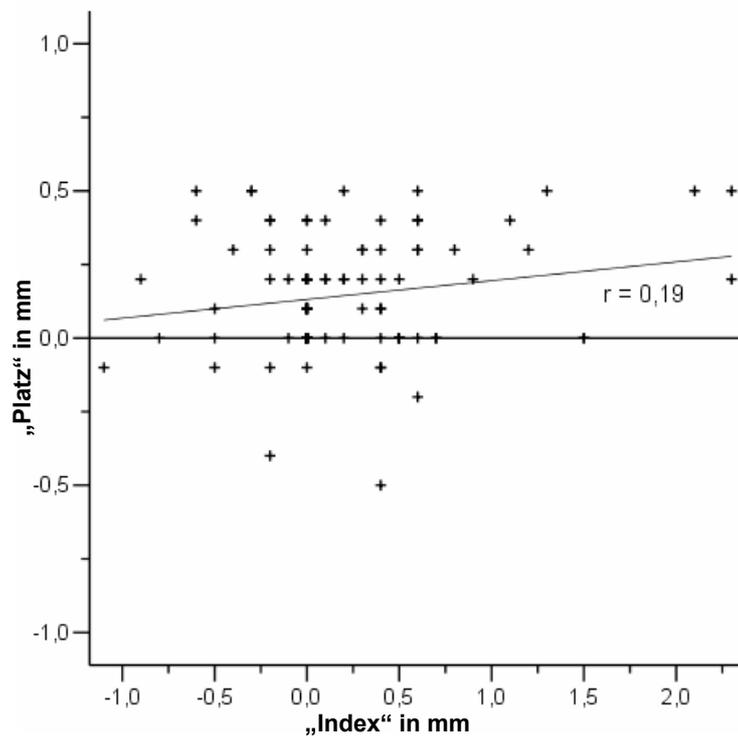


Abb. 24: Darstellung der Korrelation von „Platz“ und „Index“ (n=100) zum Zeitraum: T3-T2= Retentionszeitraum.

## **5.10 Individuelle Gegenüberstellung von „Platz“ und „Index“ (Abb. 25 bis 29)**

Die individuellen Werte der Untersuchungsvariablen „Platz“ und „Index“ sind jeweils zu den Untersuchungszeitpunkten: T1, T2, T3 in Tab. A1 und zu den Untersuchungszeiträumen: T2-T1, T3-T2 in Tab. A2 im Anhang angegeben.

Die Gegenüberstellungen der Untersuchungsvariablen „Platz“ und „Index“ sind jeweils zu den Untersuchungszeitpunkten: T1, T2, T3 (Abb. 25-27; Tab. A3 im Anhang) und zu den Untersuchungszeiträumen: T2-T1, T3-T2 (Abb. 28-29; Tab. A4 im Anhang) dargestellt.

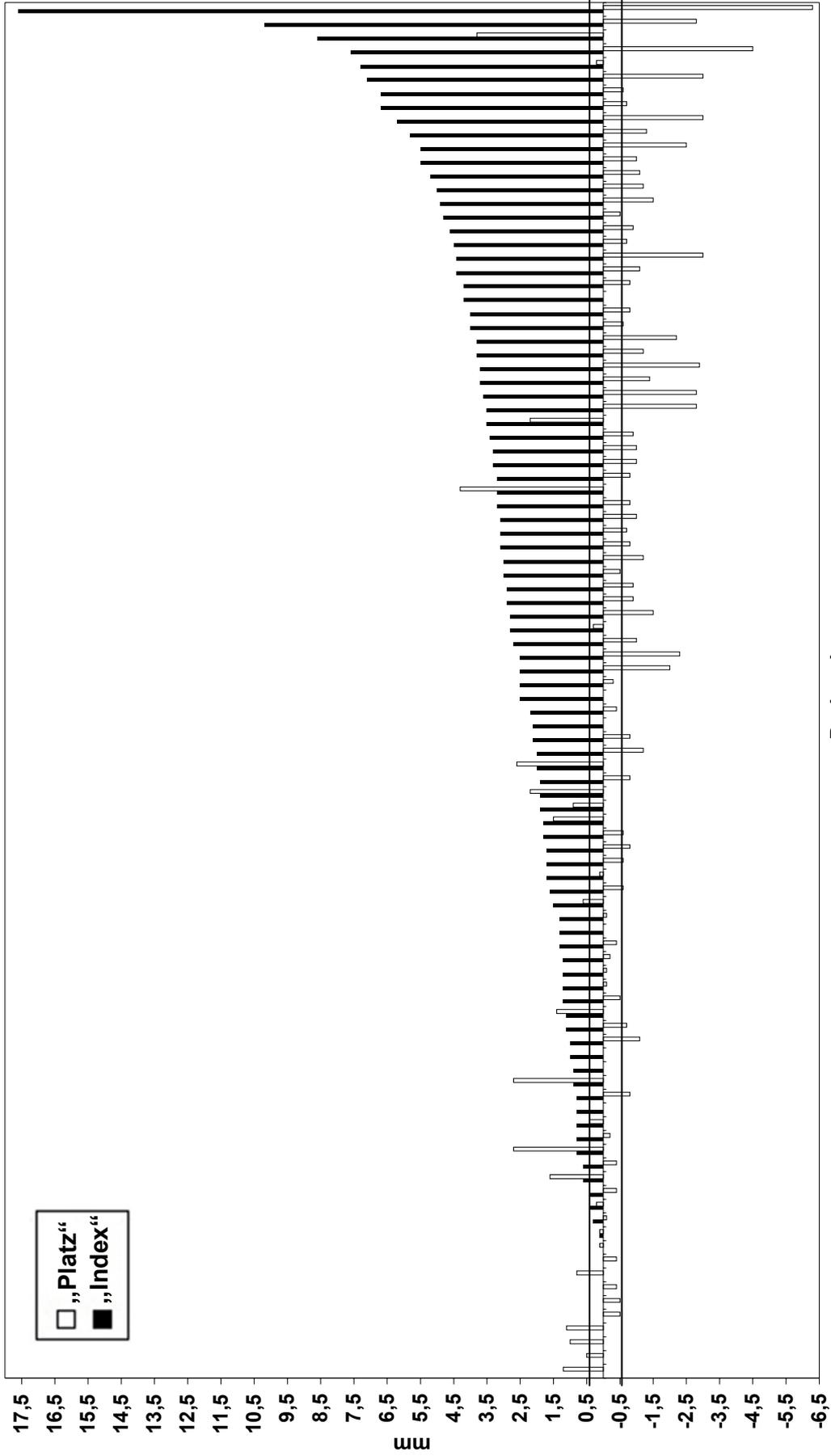
Zum Zeitpunkt vor der Behandlung (T1) korrespondierten ein „nicht bedeutender“ „Platz“ bei 18% der Probanden, ein „kleiner“ Engstand bei 25% der Probanden sowie ein „großer“ Engstand bei 23% der Probanden mit jeweils einem „großen“ „Index“ (Abb. 25; Tab. A3 im Anhang).

Zum Zeitpunkt nach der Behandlung (T2) korrespondierte jeweils ein „nicht bedeutender“ „Platz“ mit einem „nicht bedeutenden“ „Index“ bei 75% der Probanden und mit einem „kleinen“ „Index“ bei 10% der Probanden sowie mit einem „großen“ „Index“ bei 3% der Probanden (Abb. 26; Tab. A3 im Anhang).

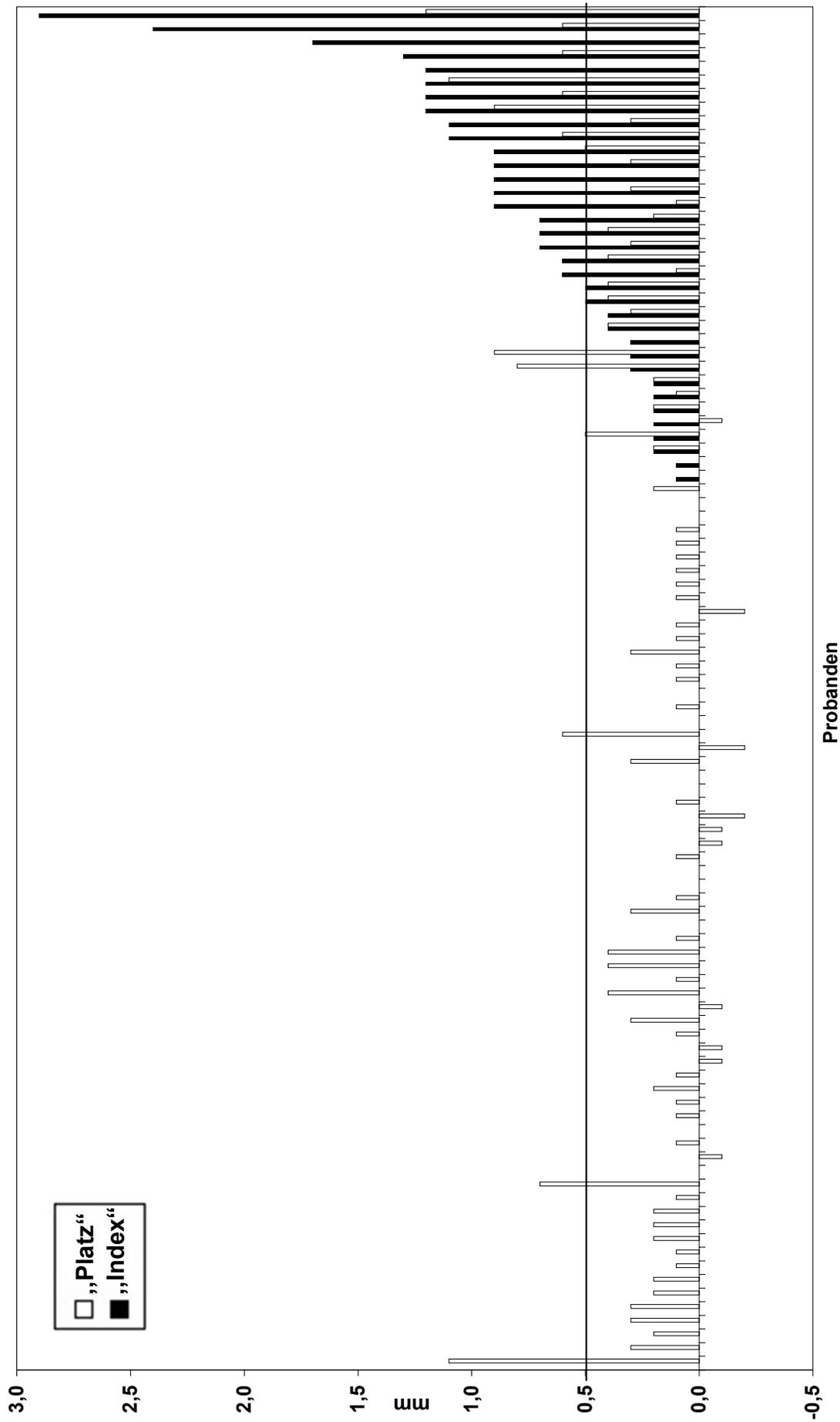
Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (T3) korrespondierten jeweils ein „nicht bedeutender“ „Platz“ mit einem „nicht bedeutenden“ „Index“ bei 66% der Probanden und mit einem „kleinen“ „Index“ bei 17% der Probanden sowie mit einem „großen“ „Index“ bei 12% der Probanden (Abb. 27; Tab. A3 im Anhang).

Im Zeitraum der aktiven Behandlung (T2-T1) korrespondierten eine „große“ Vergrößerung des „Platzes“ bei 35% der Probanden, eine „kleine“ Vergrößerung des „Platzes“ bei 21% der Probanden sowie eine „große“ Verkleinerung des „Platzes“ bei 7% der Probanden mit jeweils einer „großen“ Verkleinerung des „Index“ (Abb. 28; Tab. A4a im Anhang).

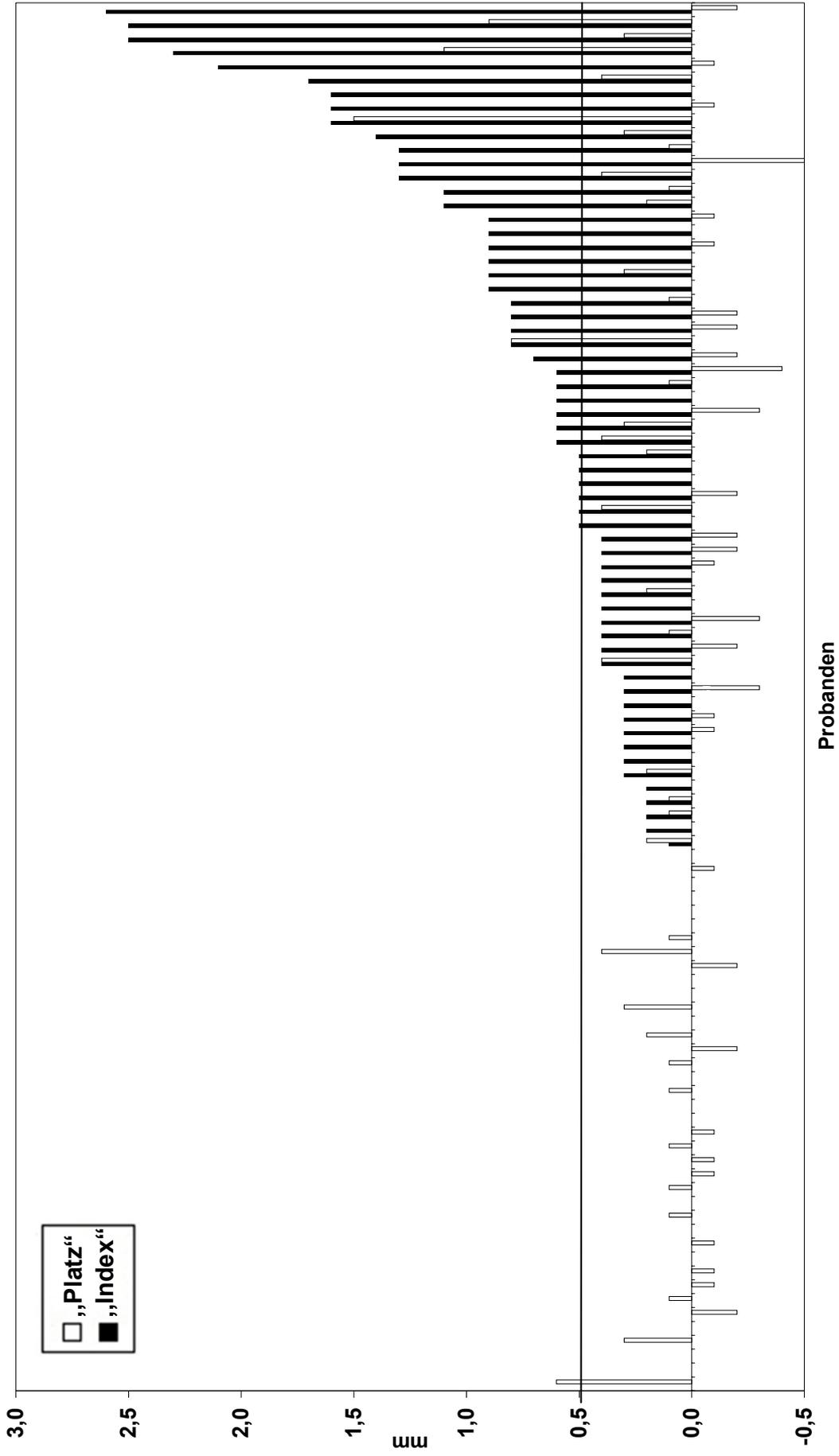
Im Untersuchungszeitraum (T3-T2) korrespondierten jeweils ein „nicht bedeutend“ unveränderter „Platz“ mit einem „nicht bedeutend“ unveränderten „Index“ bei 75% der Probanden und mit einer „kleinen“ Vergrößerung des „Index“ bei 11% der Probanden sowie mit einer „großen“ Vergrößerung des „Index“ bei 6% der Probanden (Abb. 29; Tab. A4b im Anhang).



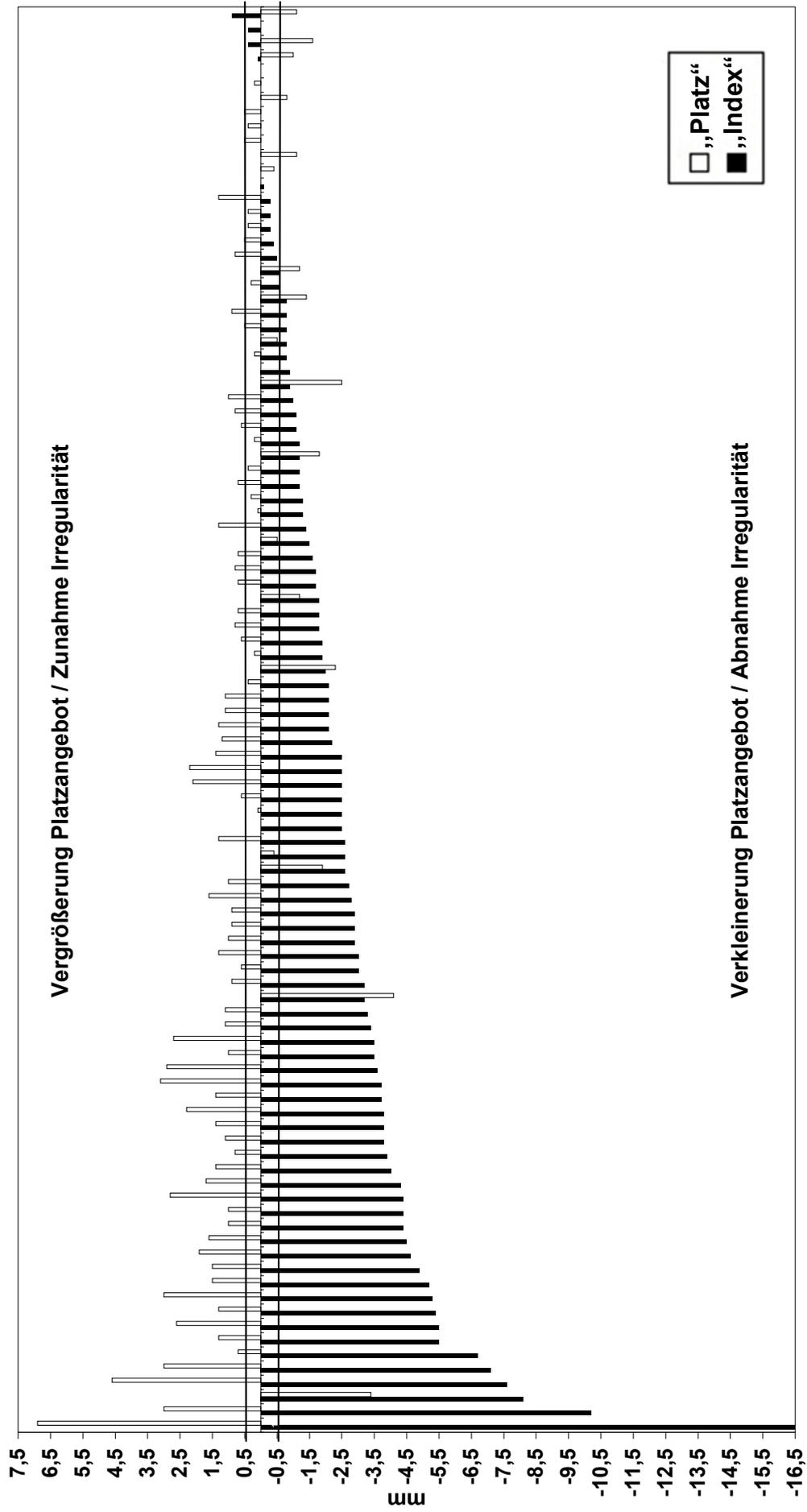
**Abb. 25:** Individuelle Darstellung des „Platzes“ und des „Index“ der 100 Probanden zu dem Untersuchungszeitpunkt: **T1=** Vor Behandlung. Aufsteigende Reihung der Probanden nach den Messwerten des „Index“. Der klinisch nicht bedeutende Bereich eines Platzüberschusses bzw. eines Platzmangels von 0,0 mm bis +/- 0,5 mm und des „Index“ von 0,0 mm bis 0,5 mm ist dargestellt.



**Abb. 26:** Individuelle Darstellung des „Platzes“ und des „Index“ der 100 Probanden zu dem Untersuchungszeitpunkt: T2= Nach Behandlung. Aufsteigende Reihung der Probanden nach den Messwerten des „Index“. Der klinisch nicht bedeutende Bereich eines Platzüberschusses bzw. eines Platzmangels von 0,0 mm bis +/- 0,5 mm und des „Index“ von 0,0 mm bis 0,5 mm ist dargestellt.

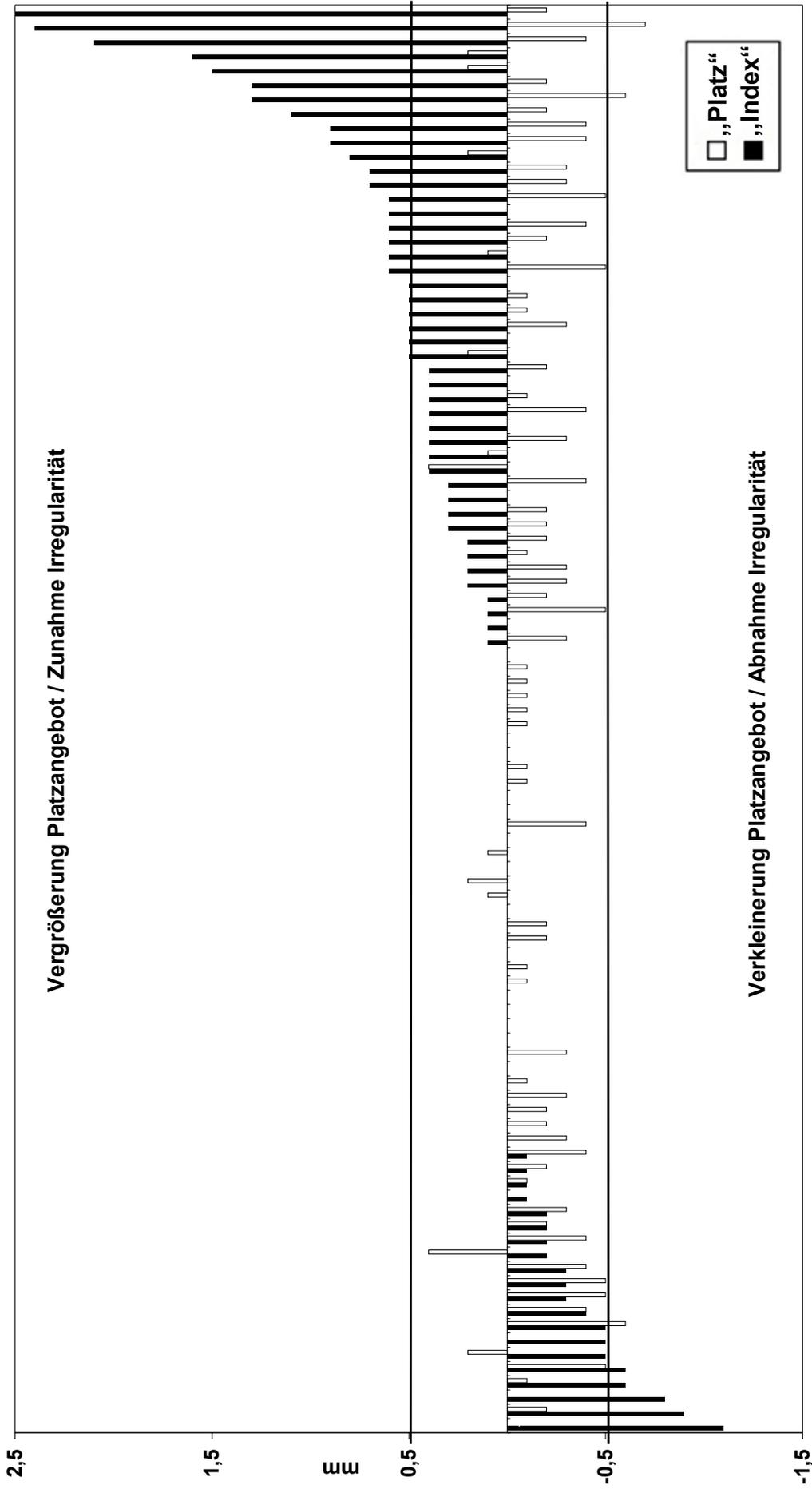


**Abb. 27:** Individuelle Darstellung des „Platzes“ und des „Index“ der 100 Probanden zu dem Untersuchungszeitpunkt: T3= Nachuntersuchung. Aufsteigende Reihung der Probanden nach den Messwerten des „Index“. Der klinisch nicht bedeutende Bereich eines Platzüberschusses bzw. eines Platzmangels von 0,0 mm bis +/- 0,5 mm und des „Index“ von 0,0 mm bis 0,5 mm ist dargestellt.



Probanden

**Abb. 28:** Individuelle Darstellung der Veränderung des „Platzes“ und des „Index“ der 100 Probanden im Untersuchungszeitraum: T2-T1= Behandlungszeitraum. Aufsteigende Reihung der Probanden nach den Messwerten des „Index“. Der klinisch nicht bedeutende Bereich einer Veränderung des „Platzes“ und des „Index“ von 0,0 mm bis +/- 0,5 mm ist dargestellt.



**Abb. 29:** Individuelle Darstellung der Veränderung des „Platzes“ und des „Index“ der 100 Probanden zu dem Untersuchungszeitraum: T3-T2= Retentionszeitraum. Aufsteigende Reihung der Probanden nach den Messwerten des „Index“. Der klinisch nicht bedeutende Bereich einer Veränderung des „Platzes“ und des „Index“ von 0,0 mm bis +/- 0,5 mm ist dargestellt.

## **5.11 Vorstellung von Einzelfällen (Abb. 30 bis 34)**

Zur Darstellung der Messergebnisse „Platz“ und „Index“ werden die Unterkiefermodelle von fünf Probanden zu den Untersuchungszeitpunkten T1, T2 und T3 gezeigt.

### **Fall 1 (Abb. 30a-c)**

Zu dem Untersuchungszeitpunkt T1 wurden ein „kleiner“ Platzmangel und ein „großer“ „Index“ ermittelt. Zu dem Zeitpunkt T2 und T3 lag jeweils ein „nicht bedeutender“ „Platz“ und „Index“ vor.

### **Fall 2 (Abb. 31a-c)**

Zu dem Untersuchungszeitpunkt T1 wurden ein „nicht bedeutender“ Platzmangel und ein „großer“ „Index“ ermittelt. Zu dem Zeitpunkt T2 lagen ein „nicht bedeutender“ Platzüberschuss und ein „nicht bedeutender“ „Index“ vor. Zu dem Zeitpunkt T3 lag jeweils ein „nicht bedeutender“ „Platz“ und „Index“ vor.

### **Fall 3 (Abb. 32a-c)**

Zu dem Untersuchungszeitpunkt T1 wurden ein „großer“ Platzmangel und ein „kleiner“ „Index“ ermittelt. Zu dem Zeitpunkt T2 lagen ein „nicht bedeutender“ Platzmangel und ein „nicht bedeutender“ „Index“ vor. Zu dem Zeitpunkt T3 lagen ein „nicht bedeutender“ Platzmangel und ein „kleiner“ „Index“ vor.

**Fall 4 (Abb. 33a-c)**

Zu dem Untersuchungszeitpunkt T1 wurden ein „großer“ Platzmangel und ein „großer“ „Index“ ermittelt. Zu dem Zeitpunkt T2 lagen ein „nicht bedeutender“ Platzmangel und ein „nicht bedeutender“ „Index“ vor. Zu dem Zeitpunkt T3 lagen ein „nicht bedeutender“ Platzmangel und ein „kleiner“ „Index“ vor.

**Fall 5 (Abb. 34a-c)**

Zu dem Untersuchungszeitpunkt T1 wurden ein „kleiner“ Platzmangel und ein „kleiner“ „Index“ ermittelt. Die Frontzähne stehen in einer so genannten „Flügelposition“. Zu dem Zeitpunkt T2 lag jeweils ein „nicht bedeutender“ „Platz“ und „Index“ vor. Zu dem Zeitpunkt T3 lagen ein „nicht bedeutender“ „Platzmangel“ und ein „nicht bedeutender“ „Index“ vor.

## Fall 1



**T1**

Abb. 30a: Platz: -0,9 mm und Index: 2,9 mm



**T2**

Abb. 30b: Platz: 0,0 mm und Index: 0,0 mm



**T3**

Abb. 30c: Platz: 0,0 mm und Index: 0,0 mm

## Fall 2



**T1**

Abb. 31a: Platz: -0,5 mm und Index: 1,6 mm



**T2**

Abb. 31b: Platz: 0,3 mm und Index: 0,0 mm



**T3**

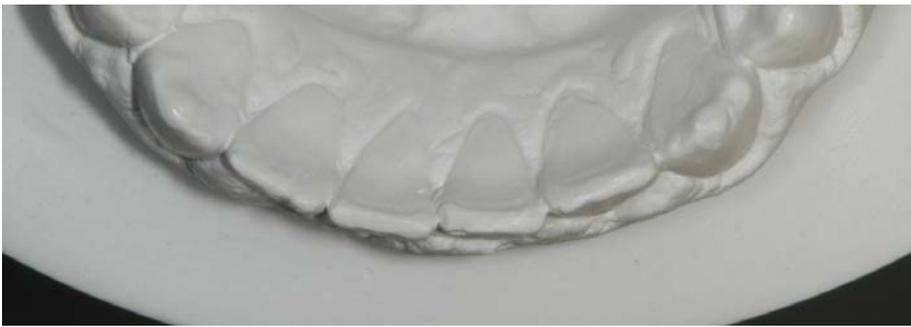
Abb. 31c: Platz: 0,0 mm und Index: 0,0 mm

### Fall 3



**T1**

Abb. 32a: Platz: -1,1 mm und Index: 1,0 mm



**T2**

Abb. 32b: Platz: -0,1 mm und Index: 0,2 mm



**T3**

Abb. 32c: Platz: -0,3 mm und Index: 0,6 mm

## Fall 4



**T1**

Abb. 33a: Platz: -2,0 mm und Index: 2,5 mm



**T2**

Abb. 33b: Platz: -0,1 mm und Index: 0,0 mm



**T3**

Abb. 33c: Platz: -0,3 mm und Index: 0,6 mm

## Fall 5



**T1**

Abb. 34a: Platz: -0,8 mm und Index: 0,8 mm  
Kontaktpunktabweichung nur distal 42 und mesial 43



**T2**

Abb. 34b: Platz: 0,0 mm und Index: 0,0 mm



**T3**

Abb. 34c: Platz: -0,3 mm und Index: 0,3 mm

## 6 Diskussion

Das Untersuchungsmaterial der vorliegenden Arbeit war mit 300 Unterkiefermodellen von 100 kieferorthopädisch behandelten Patienten für eine statistische Auswertung ausreichend. Die Geschlechterverteilung mit 51 weiblichen und 49 männlichen Probanden war ausgeglichen.

Die Streuung des Alters der Patienten war groß und lag zwischen 13,1 und 21,9 Jahren. Weiterhin variierte die aktive Behandlungszeit und lag zwischen 0,9 und 5,2 Jahren. Es konnte aber kein Zusammenhang zwischen Alter, Geschlecht, Behandlungszeit und Behandlungsergebnis festgestellt werden. Ältere Probanden mit kurzer Behandlungszeit und leichter Zahnfehlstellung erzielten ebenso stabile Ergebnisse, wie jüngere Probanden mit langer Behandlungszeit und schwerer Zahnfehlstellung.

Der Cuspidretainer, geklebt nur an den Eckzähnen, wurde für diese Studie ausgewählt, da er mit Abstand der meist verwendete Retainer in der Kieferorthopädie ist. Außerdem eignet er sich für die Vermessungen gegenüber dem Retainer mit je einer Klebestelle pro Zahn dadurch, dass die Klebestellen den Messpunkten nicht im Wege stehen.

Die Vermessungen der Gebissmodelle wurden mit einer Schieblehre mit Noniusanzeige durchgeführt. Durch die beschliffenen Brangen war ein einfaches Anlegen in den Interdentalräumen möglich (HUNTER 1978). Da die Schieblehre aus gehärtetem Stahl bestand, war aufgrund der Materialeigenschaften ein Verbiegen fast ausgeschlossen.

Als Methoden für die Vermessungen wurden die Segmentanalyse nach BJERREGAARD (1980) und der Irregularity Index von LITTLE (1975) verwendet. Dies sind die gängigsten Methoden zur Vermessung von Modellen in der Kieferorthopädie. Man muss sich aber bewusst sein, dass beide Verfahren Mängel aufzeigen, die bei der Beurteilung von den Ergebnissen von Bedeutung sein könnten:

- Nach BJERREGAARD (1980) werden zwar die Zahnbreiten und Segmente analysiert, eventuelle Rotationen der Zähne, auch bei nicht vorhandenen Lücken oder Engständen, werden hier aber nicht berücksichtigt. Bezogen auf die individuellen Zahnbogenformen, weist die Vermessung von Zahnbogensegmenten eine Ungenauigkeit auf, welche Bestandteil der Berechnung von Engständen ist.
- Nach LITTLE (1975) wird der Irregularity Index nur in labiolingualer Richtung, also, die Kontaktpunktabweichungen in der sagittalen Ebene gemessen. Lückenbildungen zwischen den Zähnen ohne labiolinguale Abweichungen der Kontaktpunkte werden nicht berücksichtigt. Ein Frontzahnengstand geht in den meisten Fällen mit Rotationen und Kippungen einher. Bei der sog. „Flügelposition“ (Abb. 34a in den Ergebnissen) sind die Schneidezähne zwar in labiolingualer Richtung rotiert, jedoch beträgt die Irregularität in diesem Fall null. Dies liegt daran, dass die Approximalflächen in Kontakt stehen und somit keine Kontaktpunktabweichungen vorliegen, obwohl in einigen Fällen bei der Ermittlung des „Platzes“ ein Engstand vorliegt und die Zähne nicht harmonisch im Zahnbogen stehen (HARRIS et al. 1987).
- Weiterhin wird bei der Bestimmung des vorhandenen Platzes bei beiden Methoden die runde Zahnbogenform ignoriert (JOHAL et al. 1997) und der vorhandene Platz erscheint somit kleiner als er in Wirklichkeit ist. Da bei der Ermittlung des „Platzes“ die Abstände zwischen den Kontaktpunkten gemessen werden, wird durch eine

vertikale Verschiebung der Kontaktpunkte, die gemessene Segmentstrecke bei eng stehenden Zähnen verlängert, im Vergleich bei einer Kontaktpunktsituation in der gleichen Ebene. Eine Kontaktpunktabweichung besteht dann, wenn die Approximalflächen benachbarter Schneidezähne voneinander abweichen, vor allem bei einer Protrusion bzw. Retrusion eines einzelnen Schneidezahnes.

- Bei der Ermittlung des „Index“ sollte außer einer Rotation, auch eine reine „leichte“ Proklination bzw. Retroklination (Kippung) eines Schneidezahnes berücksichtigt werden, da diese nicht immer eine Kontaktpunktabweichung zu den benachbarten Schneidezähnen darstellt. Eine Kontaktpunktsituation kann in weiter zervikaler Ebene bestehen.

Es gibt keine klar definierte Richtwerte für den Schweregrad des Irregularitätsindex. LITTLE et al. (1975) teilten den „Index“ als minimal (1-3 mm), mäßig (4-6 mm) und schwerwiegend (über 7 mm) ein. SANDUSKY (1983) bezeichnete einen „Index“ von weniger als 3 mm als zufrieden stellend. BUSCHANG et al. (2003) einen „Index“ weniger als 2 mm als klein, zwischen 4 und 7 mm als mäßig und über 7 mm als schwerwiegend. In der vorliegenden Untersuchung wurde beim „Index“ eine Irregularität bis zu 17,6 mm zum Zeitpunkt vor der Behandlung (T1), bis zu 2,9 mm zum Zeitpunkt nach der Behandlung (T2) und bis zu 2,6 mm zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (T3) ermittelt. Ein „Index“ mehr als 1,1 mm wurde als „groß“ definiert, auch wenn nach Angaben der meisten Autoren ein „Index“ um die 2 mm als zufrieden stellendes Behandlungsergebnis gewertet wird.

Es wäre zu erwarten, dass sich die Angaben beim „Platz“ mit denen beim „Index“ bezüglich der Aussage immer decken. Beim Ermitteln der Platzverhältnisse und der Zahnstellung zu den verschiedenen Untersuchungszeitpunkten und Untersuchungszeiträumen korrespondierten aber die Untersuchungsvariablen „Platz“ und „Index“ teilweise nicht.

Somit lag für die beiden Variablen eine gegensätzliche Aussage (eine Irregularität bei positiven Platzverhältnissen) zum Zeitpunkt T1 bei 12% der Probanden, zum Zeitpunkt T2 bei 7% der Probanden und zum Zeitpunkt T3 bei 4% der Probanden vor. Vergleichbar sah es zum Behandlungszeitraum (T2-T1) aus. Bei 9% der Probanden lag eine Verkleinerung des Platzangebotes mit einer Abnahme der Irregularität vor. Im Retentionszeitraum (T3-T2) lag bei 2% der Probanden eine Verkleinerung des Platzangebotes mit einer Zunahme der Irregularität vor.

Für die widersprüchlichen Aussagen beim „Platz“ und „Index“ können folgende Erklärungen gegeben werden: Lückenbildungen im Bereich der unteren Frontzähne werden, wie schon erwähnt, beim „Platz“ aber nicht beim „Index“ gemessen. Somit wurden zum Zeitpunkt vor der Behandlung (T1) einige Fälle mit einer lückigen Frontzahnstellung ermittelt. Weiterhin lag zum Zeitpunkt nach der Behandlung (T2) in vielen Fällen ein positives Platzangebot (Überkorrektur von Engständen) vor. Die Zähne standen aber in labio-lingualer Richtung teilweise irregulär. Entsprechend zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (T3) wurde dieser positive „Platz“ und die bestehende Irregularität durch den Cuspidretainer gehalten.

Während des Retentionszeitraums (T3-T2) vergrößerte sich in vereinzelt Fällen der „Index“ und entsprechend verkleinerte sich der „Platz“, bedingt durch die mögliche Labialbewegung und labio-linguale Rotation mittlerer oder seitlicher Frontzähne. Diese Zahnbewegungen werden durch den Cuspidretainer nicht gehalten. Des weiteren können solche Bewegungen durch einen vergrößerten Overjet mit mangelnder Abstützung der unteren Frontzähne gegen die palatinalen Flächen der entsprechenden oberen Frontzähne begünstigt werden. Um die Zahnstellung besser zu kontrollieren, könnten zusätzliche Klebestellen einzelner Zähne an den Cuspidretainer in Erwägung gezogen werden.

Die Verlustquote des Cuspidretainers in der vorliegenden Untersuchung lag bei 24%. Die hohe Quote könnte durch eine mangelnde Routine (Klebevorgang) der Behandler (Weiterbildungsassistenten) erklärt werden. Bei einem erfahrenen Behandler ist die Verlustquote sicherlich niedriger. Bei ZACHRISSON (1997) lag die Verlustquote bei Verwendung von Kleberretainern der dritten Generation aus Stahldraht bei 107 Patienten über einen Zeitraum von 3 Jahren bei lediglich 8,4%.

Somit war sicherlich eine weitere Ursache für die Vergrößerung des „Index“ bei 19% der Patienten und entsprechend für die Verkleinerung des „Platzes“ bei 3% der Patienten während des Retentionszeitraumes der mehrmalige Verlust und die zeitlich verspätete Wiederbefestigung des Cuspidretainers.

## **7 Schlussfolgerung**

Während der 2-jährigen Retentionszeit blieb die Zahnstellung bei 97% der Probanden beim „Platz“ und bei 76% der Probanden beim „Index“ stabil. Dabei wurden Veränderungen der Zahnstellung im klinisch nicht bedeutenden Bereich von +/- 0,5 mm beim „Platz“ und von 0,0 mm bis 0,5 mm beim „Index“ berücksichtigt. Es konnte somit eine relativ hohe Zuverlässigkeit des Cuspidretainers festgestellt werden.

## 8 Zusammenfassung

Ziel dieser Arbeit war es, die Zuverlässigkeit des Cuspidretainers in Bezug auf die Stabilität der Zahnstellung im Unterkieferfrontzahnbereich nach einer kieferorthopädischen Behandlung zu ermitteln.

Das Untersuchungsgut bestand aus 300 Unterkiefergebissmodellen (3 Unterkiefergebissmodelle pro Patient) von 100 Patienten (51 weibliche und 49 männliche) der Poliklinik für Kieferorthopädie des Zentrums für Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde der Justus - Liebig - Universität Giessen, welche mit Cuspidretainer im Unterkiefer retiniert wurden. Der Cuspidretainer war nur an den Eckzähnen geklebt. Alle Patienten wurden mit Multibracket Apparatur ohne Extraktion von Zähnen behandelt. Das durchschnittliche Alter der Patienten zum Zeitpunkt vor der Behandlung (T1) betrug 11,9 Jahre, zum Zeitpunkt nach der Behandlung (T2) 14,8 Jahre und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung (T3) 16,8 Jahre. Die aktive Behandlungsdauer der Patienten betrug im Durchschnitt 2,9 Jahre und die Retentionsdauer 2,0 Jahre. Die Unterkiefergebissmodelle wurden zu folgenden 3 Zeitpunkten ausgewertet: T1= Vor Behandlung, T2= Nach aktiver Behandlung (mit anschließender Retention mit Cuspidretainer), T3= Nach 2-jähriger Retention mit Cuspidretainer in situ.

Die Veränderungen der Zahnstellung und der Platzverhältnisse im Zeitraum nach Behandlungsende bis 2 Jahre danach wurden ermittelt. Die Vermessungen der Unterkiefermodelle wurden nach den Methoden von BJERREGAARD et al. (1980) („Platz“) und LITTLE (1975) („Index“) durchgeführt. Für die Vermessungen diente eine Schieblehre mit Noniusanzeige. „Platz“ und „Index“ wurden in drei Kategorien eingeteilt:

- Die individuellen Veränderungen von +/- 0,5 mm beim „Platz“ und von 0,0 mm bis 0,5 mm beim „Index“ waren als „nicht bedeutend“ definiert.

- Die individuellen Veränderungen von +0,6 mm bis +1,0 mm bzw. -0,6 mm bis -1,0 mm beim „Platz“ und von 0,6 mm bis 1,0 mm beim „Index“ waren als „klein“ definiert.
- Die individuellen Veränderungen von mehr als +1,1 mm bzw. weniger als -1,1 mm beim „Platz“ und mehr als 1,1 mm beim „Index“ waren als „groß“ definiert.

Die Untersuchung führte zu folgenden Ergebnissen:

- Im Untersuchungszeitraum T2-T1 (Behandlungszeitraum) kam es bei 60% der Probanden zu einer „kleinen“ bis „großen“ Vergrößerung des „Platzes“ (mehr „Platz“) von 0,6 mm bis 6,9 mm und bei 14% der Probanden zu einer „kleinen“ bis „großen“ Verkleinerung des „Platzes“ (weniger „Platz“) von 0,6 mm bis 4,1 mm. Bei 26% der Probanden lagen die Platzveränderungen innerhalb des klinisch nicht bedeutenden Bereiches.  
Weiterhin kam es bei 82% der Probanden zu einer „kleinen“ bis „großen“ Verkleinerung des „Index“ (weniger Irregularität) von 0,6 mm bis 16,5 mm und bei 1% der Probanden zu einer „kleinen“ Vergrößerung des „Index“ (mehr Irregularität) von 0,9 mm. Bei 17% der Probanden lagen die Indexveränderungen innerhalb des klinisch nicht bedeutenden Bereiches.
- Im Untersuchungszeitraum T3-T2 (Retentionszeitraum) kam es bei 3% der Probanden zu einer „kleinen“ Verkleinerung des „Platzes“ (weniger „Platz“) von 0,6 mm bis 0,7 mm. Bei 97% der Probanden lagen die Platzveränderungen innerhalb des klinisch nicht bedeutenden Bereiches.  
Weiterhin kam es bei 5% der Probanden zu einer „kleinen“ bis „großen“ Verkleinerung des „Index“ (weniger Irregularität) von 0,6 bis 1,1 mm und bei 19% der Probanden zu einer „kleinen“ bis „großen“ Vergrößerung (mehr Irregularität) von 0,6 mm bis 2,5 mm. Bei 76%

der Probanden lagen die Indexveränderungen innerhalb des klinisch nicht bedeutenden Bereiches.

- Eine schwache bis mäßige Korrelation zwischen „Platz“ und „Index“ war sowohl bei den Untersuchungszeitpunkten als auch bei den Untersuchungszeiträumen zu finden: T1:  $r = -0,52$  , T2:  $r = 0,54$  , T3:  $r = 0,33$  , T2-T1:  $r = 0,59$  , T3-T2:  $r = 0,19$ .
- Die Aussagen über die Veränderungen von „Platz“ und „Index“ korrespondierten in einigen Fällen nicht (bei T2-T1: 9% und bei T3-T2: 2% der Fälle).

Schlussfolgernd konnte eine relativ hohe Zuverlässigkeit des Cuspidretainers festgestellt werden. Während der durchschnittlichen 2-jährigen Retentionszeit blieb die Zahnstellung bei 97% der Probanden beim „Platz“ und bei 76% der Probanden beim „Index“ stabil. Dies unter Berücksichtigung des klinisch nicht bedeutenden Bereichs einer Veränderung von +/- 0,5 mm beim „Platz“ und von 0,0 mm bis 0,5 mm beim „Index“.

Die zwei Methoden „Platz“ und „Index“ ergänzen sich und sollten beide bei der Beurteilung des Frontzahnplatzes und der Frontzahnstellung verwendet werden.

## 9 Summary

The aim of this study was to assess the reliability of the cuspid retainer with respect to the stability of mandibular anterior tooth position after orthodontic treatment.

The material consisted of 300 mandibular dental casts (3 casts per subject) from 100 orthodontic patients (51 females and 49 males) treated at the Department of Orthodontics, University of Giessen and retained with a mandibular cuspid retainer bonded to the canines. All patients were treated non-extraction with multibracket appliances. The average age of the patients before treatment (T1) was 11.9 years, after treatment (T2) 14.8 years and at follow-up (T3) 16.8 years. The average period of active treatment was 2.9 years and of retention 2.0 years.

The dental casts were examined at three occasions: T1= before treatment, T2= after treatment (followed by retention with a cuspid retainer), T3= after a retention period with the cuspid retainer of 2 years.

During the retention period of 2 years the changes in position of the mandibular anterior teeth and the anterior space conditions were evaluated. The dental casts were analysed according to the "BJERREGAARD"-method ("Space") and the "LITTLE"-method ("Index"). "Space" and "Index" were divided into three groups:

- Individual changes of the "Space" of +/-0.5 mm as well as changes of the "Index" from 0.0 mm to 0.5 mm were defined as clinically "not significant".
- Individual changes of the "Space" from +0.6 mm to +1.0 mm and from -0.6 mm to -1.0 mm, respectively, as well as changes of the "Index" from 0.6 mm to 1.0 mm were defined as "small".

- Individual changes of the “Space” of more than +1.1 mm and of less than -1.1 mm, respectively, as well as changes of the “Index” of more than 1.1 mm were defined as “large”.

The following results were obtained:

- During the active treatment period (T2-T1), 60% of the patients had a “small” to “large” increase of the “Space” from 0.6 mm to 6.9 mm and 14% of the patients had a “small” to “large” decrease of the “Space” from 0.6 mm to 4.1 mm. 26% of the patients had a “not significant” change of the “Space”.

Furthermore, 82% of the patients showed a “small” to “large” decrease of the “Index” (less irregularity) from 0.6 mm to 16.5 mm and 1 patient showed a “small” increase of the “Index” (more irregularity) of 0.9 mm. 17% of the patients had a “not significant” change of the “Index”.

- During the follow up period (T3-T2) 3% of the patients had a “small” decrease of the “Space” from 0.6 mm to 0.7 mm while 97% of the patients had a “not significant” change of the “Space”.

Furthermore, 5% of the patients showed a “small” to “large” decrease of the “Index” (less irregularity) from 0.6 mm to 1.1 mm and 19% of the patients showed a “small” to “large” increase of the “Index” (more irregularity) from 0.6 mm to 2.5 mm. 76% of the patients had a “not significant” change of the “Index”.

- The correlation between “Space” and “Index” was weak to moderate:  
T1:  $r = -0,52$  , T2:  $r = 0,54$  , T3:  $r = 0,33$  , T2-T1:  $r = 0,59$  ,  
T3-T2:  $r = 0,19$ .

- In a few cases, statements based on “Space” did not correspond to those based on “Index” (at T2-T1: 9% and at T3-T2: 2%).

In conclusion it can be said, that the cuspid retainer exhibited a relatively high reliability. According to "Space" 97% and according to "Index" 76% of the patients showed a stable mandibular incisor position during an average retention period of 2 years. This when considering clinical not significant changes of +/- 0.5 mm with respect to the "Space" and 0.0 mm to 0.5 mm with respect to the "Index".

The two methods ("Space" and "Index") are complementary to each other and should be used together in the evaluation of anterior space and tooth position.

## 10 Literaturverzeichnis

ADES AG, JOONDEPH DR, LITTLE RM, CHAPKO MK.

A longterm study of the relationship of third molars changes in the mandibular dental arch.

Am J Orthod Dentofac Orthop 1990;97:323-335.

AL YAMI EA, KUIJIPERS-JAGTMAN AM, VAN'T HOF MA.

Stability of orthodontic treatment outcome: Follow-up until 10 years postretention.

Am J Orthod Dentofac Orthop 1999;115:300-304.

ANGLE EH.

Treatment of malocclusion of the teeth.

7<sup>th</sup> ed. SS White Dental Manufacturing Co., Philadelphia 1907.

BERGSTRÖM K, JENSEN R.

The significance of the third molars in the aetiology of crowding; a biometric study of unilateral aplasia of the third molars.

Trans Europ Orthod Soc 1960;36:84.

BISHARA SE, ANDREASEN G.

Third molars: A review.

Am J Orthod 1983;83:131-137.

BJERREGAARD J, BUNDGAARD AM, MELSEN B.

The effect of the mandibular lip bumper and maxillary bite plate on tooth movement, occlusion and space conditions in the lower dental arch.

Eur J Orthod 1980;2:257-265.

BURSTONE CJ, KUHLBERG AJ.

Fiber-reinforced composites in orthodontics.

J Clin Orthod 2000;34:271-279.

BUSHANG PH, SHULMAN JD.

Incisor Crowding in untreated persons 15-50 years of Age:  
United States, 1988-1994  
Angle Orthod 2003;73:502-508.

DAHLBERG G.

Statistical methods for medical and biological students.  
Interscience Publications, New York 1940.

DAUSCH-NEUMANN D.

Welche Rolle spielt der Eckzahn für den tertiären Engstand?  
Fortschr Kieferorthop, Tübingen 1988;49:48-55.

GOUVIANAKIS D, DRESCHER D.

Der tertiäre Unterkieferengstand in Abhängigkeit  
von Behandlungsbeginn und Methodik.  
Fortschr Kieferorthop, Bonn 1987;48:407-415.

HARRIS EF, VADEN JL, WILLIAMS RA.

Lower incisor space analysis: a contrast of methods.  
Am J Orthod Dentofac Orthop 1987;92:375-380.

HUNTER WS.

Application of analysis of crowding and spacing of the teeth  
Dent Clin North Am 1978;22:563-577.

JOHAL AS, BATTAGEL JM.

Dental crowding: a comparison of three methods of assessment  
Eur J Orthod 1997;19:543-551.

JOSELL SD.

Tooth stabilization for orthodontic retention.  
Dent Clin North Am 1999;43:151-165.

KNEIRIM RW.

Invisible lower cuspid to cuspid retainer.

Angle Orthod 1973;43:218-219.

LITTLE RM.

The irregularity index: a quantitative score of mandibular anterior alignment.

Am J Orthod 1975;68:554-563.

LITTLE RM, RIEDEL RA, ARTUN J.

An evaluation of changes in mandibular anterior alignment from 10 to 20 years postretention.

Am J Orthod Dentofac Orthop 1988;93:423-428.

LOMBARDI AR.

Mandibular incisor crowding in completed cases.

Am J Orthod 1972;61:374-383.

MCCAUGHNEY AD.

Sandblasting and tin plating-surface treatments to improve bonding with resin cements,

Dent. Update 1993;20:153-157.

RADLANSKI RJ, ZAIN ND.

Stability of the bonded lingual wire retainer-a study of the initial bond strength.

J Orofac Orthop 2004;65:321-335.

SANDUSKY WC.

A long-term postretention study of Tweed extraction treatment.[master's thesis]. Tenn: University of Tennessee; Memphis; 1983.

SCHWARZE J, BOURAEEL C, DRESCHER D.

Frontzahnbeweglichkeit nach direkter Klebung von Lingualretainern

Fortschr Kieferorthop 1995;56:25-33.

SCHWARZE CW.

Die Bedeutung der Weisheitszähne aus kieferorthopädischer Sicht. In:

Diedrich, P. (Hrsg.): Praxis der Zahnheilkunde, Kieferorthopädie III, 4. Aufl.,

Urban und Fischer, München 2002;21-29.

SIATKOWSKI RE.

Incisor uprighting: Mechanism for late secondary crowding in the anterior segments of the dental arches.

Am J Orthod 1974;66:398-410.

VAN DER LINDEN FPGM.

Theoretical and practical aspects of crowding in the human dentition.

J Am Dent Ass 1974;89:139-153.

VAN DER LINDEN FPGM, BOERSMA H.

Diagnose und Behandlungsplan in der Kieferorthopädie.

Quintessenz Verlag, Berlin 1988.

WATTED N, WIEBER M, TEUSCHER T, SCHMITZ N.

Comparison of incisor mobility after insertion of canine-to-canine lingual retainers bonded to two or to six teeth. A clinical study.

J Orofac Orthop 2001;62:387-396.

ZACHRISSON BU.

Clinical experience with direct-bonded orthodontic retainers.

Am J Orthod 1977;71:440-448.

ZACHRISSON BU.

The bonded lingual retainer and multiple spacing of anterior teeth.

J Clin Orthod 1983;17:838-844.

ZACHRISSON BU, BUYUKYILMAZ T.

Recent advances in bonding to gold, amalgam and porcelain.

J Clin Orthod 1993;27:661-675.

ZACHRISSON BU.

Third-generation mandibular bonded lingual 3-3 retainer.

J Clin Orthod 1995;29:39-48.

ZACHRISSON BU.

Wichtige Aspekte der Langzeitstabilität.

Inf Orthod Kieferorthop 1997;29:357-379.

ZACHRISSON BU.

Bonding in orthodontics.

Orthodontics: Current Principles and Techniques,

3<sup>rd</sup> ed., T.M. Graber and R.L. Vanarsdall, Mosby, St. Louis 2000;557-645.

## 11 Anhang

In den Tabellen A1 und A2 sind die individuellen Messwerte (Mittelwerte der Doppelmessungen) von je 100 Modellen der Untersuchungsvariablen „Platz“ und „Index“ zu den Untersuchungszeitpunkten: T1, T2, T3 und zu den Untersuchungszeiträumen: T2-T1, T3-T2 angegeben.

In den Tabellen A3 bis A4b sind die Untersuchungsvariablen „Platz“ und „Index“ jeweils zu den Untersuchungszeitpunkten: T1, T2, T3 und zu den Untersuchungszeiträumen: T2-T1, T3-T2 dargestellt.

Tab. A1: Individuelle Werte (Mittelwerte der Doppelmessungen) der Untersuchungsvariablen „Platz“ und „Index“ (beide in mm) von je 100 Modellen zu den Untersuchungszeitpunkten: T1= Vor Behandlung, T2= Nach Behandlung und T3= Nachuntersuchung.

Patient	T1		T2		T3	
	Platz	Index	Platz	Index	Platz	Index
1	1,2	0,0	0,1	0,9	0,3	1,4
2	0,0	4,2	0,0	1,7	0,0	0,9
3	0,2	7,3	1,2	2,9	1,1	2,3
4	-1,2	5,0	0,4	0,5	0,4	0,4
5	0,1	1,7	0,9	1,2	0,4	0,6
6	-0,7	4,5	0,6	2,4	0,3	2,5
7	-6,3	17,6	0,6	1,1	0,6	0,0
8	-1,3	5,8	0,6	1,2	0,2	1,1
9	2,7	0,8	1,1	1,2	1,5	1,6
10	-0,9	4,6	0,8	0,3	0,3	0,9
11	0,9	1,9	1,1	0,0	0,9	2,5
12	-0,7	6,7	0,6	1,3	0,8	0,8
13	2,2	3,5	0,3	0,9	0,4	1,3
14	-0,8	3,2	0,3	1,1	-0,2	0,8
15	-0,8	3,1	0,2	0,2	0,4	1,7
16	-0,6	4,0	0,5	0,2	-0,2	2,6
17	-0,8	2,1	0,3	0,0	-0,1	2,1
18	-0,5	1,2	0,2	0,0	0,3	0,6
19	2,6	2,0	0,3	0,0	0,0	0,0
20	-0,1	1,2	0,3	0,0	0,1	1,1
21	-2,8	10,2	0,2	0,0	0,0	0,0
22	0,3	2,8	-0,1	0,2	0,3	0,0
23	4,3	3,2	0,2	0,0	0,0	0,0
24	0,5	0,0	0,1	0,0	-0,2	0,0
25	-0,6	1,7	0,1	0,0	-0,2	0,4
26	0,0	1,0	0,2	0,2	0,2	0,3
27	-1,0	3,3	0,3	0,7	0,0	0,9
28	-0,9	3,4	0,2	0,0	0,0	0,3
29	-1,2	3,8	0,2	0,0	0,1	0,0
30	-0,4	2,2	0,4	0,4	0,0	0,2
31	-1,2	2,0	0,1	0,6	-0,2	0,8
32	-0,2	0,8	0,1	0,2	0,1	0,2
33	-0,4	1,3	0,2	0,2	-0,1	0,9
34	2,7	0,9	0,2	0,0	-0,1	0,0
35	0,0	1,3	0,1	0,0	0,1	0,4
36	1,0	0,0	0,0	0,1	-0,1	0,0
37	0,2	0,4	0,7	0,0	0,2	0,1
38	2,2	1,9	0,4	0,7	0,0	0,3
39	1,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
40	-0,4	0,4	0,0	0,1	-0,1	0,3
41	0,4	0,8	-0,1	0,0	-0,1	0,0
42	-0,8	3,2	0,1	0,0	-0,3	0,4
43	-0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
44	0,0	2,5	0,1	0,0	0,1	0,0
45	-0,5	3,0	0,1	0,0	0,0	0,0
46	-0,1	1,3	0,2	0,0	0,1	0,0
47	-0,1	1,2	0,1	0,0	-0,1	0,3
48	-1,1	1,0	-0,1	0,2	-0,3	0,6
49	-0,5	0,0	-0,1	0,0	-0,1	0,0

Tab. A1: Fortsetzung.

Patient	T1		T2		T3	
	Platz	Index	Platz	Index	Platz	Index
50	-3,0	6,2	0,0	0,9	0,0	0,4
51	-0,6	1,8	0,1	0,0	-0,1	0,0
52	-0,1	0,3	0,3	0,0	0,1	0,2
53	-1,1	4,4	-0,1	0,0	0,1	0,8
54	-0,8	4,2	0,2	0,7	0,0	0,5
55	-0,5	4,8	0,3	0,9	0,1	0,0
56	0,0	2,1	0,4	0,0	0,0	0,6
57	0,0	0,8	0,0	1,2	-0,1	1,6
58	-0,2	1,2	0,3	0,4	0,0	0,2
59	-2,8	3,6	0,1	0,0	-0,1	0,0
60	-1,1	5,2	0,4	0,0	0,0	0,9
61	1,6	0,6	0,4	0,0	0,4	0,5
62	-1,5	2,8	0,1	0,0	-0,2	0,5
63	-1,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,3
64	-0,3	2,5	0,3	0,0	-0,1	0,9
65	-0,4	0,0	0,1	0,0	0,1	0,6
66	3,8	8,6	0,4	0,5	0,2	0,4
67	0,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4
68	-0,7	3,1	0,5	0,9	-0,1	0,4
69	-0,9	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0
70	-2,0	2,5	-0,1	0,0	-0,3	0,6
71	-2,3	2,5	-0,1	0,0	0,0	0,0
72	-2,8	3,5	-0,1	0,0	0,1	0,0
73	-3,0	4,4	-0,2	0,0	0,0	1,6
74	0,1	0,1	0,1	0,0	-0,5	1,3
75	-0,8	1,7	0,0	0,0	0,0	0,0
76	0,0	0,9	0,0	0,0	0,1	0,0
77	-1,0	5,5	0,3	0,0	0,1	1,3
78	-0,4	0,0	-0,2	0,0	-0,2	0,0
79	-0,8	4,0	0,6	0,0	0,2	0,0
80	-1,4	3,7	0,0	0,0	-0,2	0,4
81	-4,5	7,6	0,1	0,0	0,0	0,5
82	-3,0	7,1	0,0	0,0	0,0	0,0
83	-1,2	3,0	0,1	0,0	-0,2	0,7
84	-0,8	0,8	0,0	0,0	-0,3	0,3
85	1,5	1,8	0,3	0,0	0,3	0,0
86	-2,5	5,5	0,1	0,0	0,0	0,0
87	-0,7	1,1	0,1	0,0	0,0	0,0
88	-0,8	1,9	-0,2	0,0	-0,2	0,0
89	-0,4	0,6	0,9	0,3	0,4	0,0
90	1,4	1,1	0,0	0,3	-0,2	0,4
91	-1,0	3,1	0,4	0,6	0,0	0,3
92	-0,6	6,7	0,1	0,0	0,1	0,0
93	-1,0	3,3	0,1	0,0	0,0	0,0
94	-2,2	3,8	0,1	0,0	-0,4	0,6
95	0,1	0,0	0,1	0,0	0,0	0,0
96	-0,5	1,6	0,3	0,0	0,0	0,0
97	0,6	1,5	0,1	0,0	0,0	0,0
98	-1,5	4,9	0,0	0,0	-0,1	0,0
99	-0,9	2,9	0,0	0,0	0,0	0,0
100	-2,9	3,7	0,2	0,0	0,2	0,5

Tab. A2: Individuelle Werte (Mittelwerte der Doppelmessungen T1,T2,T3) der Untersuchungsvariablen „Platz“ und „Index“ (beide in mm) von je 100 Modellen zu den Untersuchungszeiträumen: T2-T1= Behandlungszeitraum und T3-T2= Retentionszeitraum.

Patient	T2-T1		T3-T2	
	Platz	Index	Platz	Index
1	-1,1	0,9	0,2	0,5
2	0,0	-2,5	0,0	-0,8
3	1,0	-4,4	-0,1	-0,6
4	1,6	-4,5	0,0	-0,1
5	0,8	-0,5	-0,5	-0,6
6	1,3	-2,1	-0,3	0,1
7	6,9	-16,5	0,0	-1,1
8	1,9	-4,6	-0,4	-0,1
9	-1,6	0,4	0,4	0,4
10	1,7	-4,3	-0,5	0,6
11	0,2	-1,9	-0,2	2,5
12	1,3	-5,4	0,2	-0,5
13	-1,9	-2,6	0,1	0,4
14	1,1	-2,1	-0,5	-0,3
15	1,0	-2,9	0,2	1,5
16	1,1	-3,8	-0,7	2,4
17	1,1	-2,1	-0,4	2,1
18	0,7	-1,2	0,1	0,6
19	-2,3	-2,0	-0,3	0,0
20	0,4	-1,2	-0,2	1,1
21	3,0	-10,2	-0,2	0,0
22	-0,4	-2,6	0,4	-0,2
23	-4,1	-3,2	-0,2	0,0
24	-0,4	0,0	-0,3	0,0
25	0,7	-1,7	-0,3	0,4
26	0,2	-0,8	0,0	0,1
27	1,3	-2,6	-0,3	0,2
28	1,1	-3,4	-0,2	0,3
29	1,4	-3,8	-0,1	0,0
30	0,8	-1,8	-0,4	-0,2
31	1,3	-1,4	-0,3	0,2
32	0,3	-0,6	0,0	0,0
33	0,6	-1,1	-0,3	0,7
34	-2,5	-0,9	-0,3	0,0
35	0,1	-1,3	0,0	0,4
36	-1,0	0,1	-0,1	-0,1
37	0,5	-0,4	-0,5	0,1
38	-1,8	-1,2	-0,4	-0,4
39	-1,1	0,0	0,0	0,0
40	0,4	-0,3	-0,1	0,2
41	-0,5	-0,8	0,0	0,0
42	0,9	-3,2	-0,4	0,4
43	0,5	0,0	0,0	0,0
44	0,1	-2,5	0,0	0,0
45	0,6	-3,0	-0,1	0,0
46	0,3	-1,3	-0,1	0,0
47	0,2	-1,2	-0,2	0,3
48	1,0	-1,0	-0,2	0,6
49	0,4	0,0	0,0	0,0

Tab. A2: Fortsetzung.

Patient	T2-T1		T3-T2	
	Platz	Index	Platz	Index
50	3,0	-5,3	0,0	-0,5
51	0,7	-1,8	-0,2	0,0
52	0,4	-0,3	-0,2	0,2
53	1,0	-4,4	0,2	0,8
54	1,0	-3,5	-0,2	-0,2
55	0,8	-3,9	-0,2	-0,9
56	0,4	-2,1	-0,4	0,6
57	0,0	0,4	-0,1	0,4
58	0,5	-0,8	-0,3	-0,2
59	2,9	-3,6	-0,2	0,0
60	1,5	-5,2	-0,4	0,9
61	-1,2	-0,6	0,0	0,5
62	1,6	-2,8	-0,3	0,5
63	1,0	-2,7	0,0	0,3
64	0,6	-2,5	-0,4	0,9
65	0,5	0,0	0,0	0,6
66	-3,4	-8,1	-0,2	-0,1
67	-0,8	0,0	0,0	0,4
68	1,2	-2,2	-0,6	-0,5
69	0,9	-2,9	0,0	0,0
70	2,1	-2,5	-0,1	0,5
71	2,2	-2,5	0,1	0,0
72	2,7	-3,5	0,2	0,0
73	2,8	-4,4	0,2	1,6
74	0,0	-0,1	-0,6	1,3
75	0,8	-1,7	0,0	0,0
76	0,0	-0,9	0,1	0,0
77	1,3	-5,5	-0,2	1,3
78	0,2	0,0	0,0	0,0
79	1,4	-4,0	-0,4	0,0
80	1,4	-3,7	-0,2	0,4
81	4,6	-7,6	-0,1	0,5
82	3,0	-7,1	0,0	0,0
83	1,3	-3,0	-0,3	0,7
84	0,9	-0,8	-0,4	0,3
85	-1,2	-1,8	0,0	0,0
86	2,6	-5,5	-0,1	0,0
87	0,8	-1,1	-0,1	0,0
88	0,6	-1,9	0,0	0,0
89	1,3	-0,3	-0,5	-0,3
90	-1,4	-0,8	-0,2	0,1
91	1,4	-2,5	-0,4	-0,3
92	0,7	-6,7	0,0	0,0
93	1,1	-3,3	-0,1	0,0
94	2,3	-3,8	-0,5	0,6
95	0,0	0,0	-0,1	0,0
96	0,7	-1,6	-0,1	0,0
97	-0,5	-1,5	-0,1	0,0
98	1,5	-4,9	-0,1	0,0
99	0,9	-2,9	0,0	0,0
100	3,1	-3,7	0,0	0,5

Tab. A3: Gegenüberstellung der Untersuchungsvariablen „Platz“ und „Index“ von je 100 Modellen zu den Untersuchungszeitpunkten: T1= Vor Behandlung, T2= Nach Behandlung und T3= Nachuntersuchung. *Nicht bedeutend* beim „Platz“: -0,5 bis +0,5 mm; beim „Index“: 0,0 - 0,5 mm. *Klein* beim „Platz“: -1,0 bis -0,6 bzw. +0,6 bis +1,0 mm; beim „Index“: 0,6 - 1,0 mm. *Groß* beim „Platz“: < -1,1 bzw. > +1,1 mm; beim „Index“: > 1,1 mm.

<b>T1</b>	<b>Platz</b>	<b>Index</b>	<b>Platz</b>	<b>Index</b>	<b>Platz</b>	<b>Index</b>
	<i>nicht bedeutend</i>	<i>nicht bedeutend</i>	<i>nicht bedeutend</i>	<i>klein</i>	<i>nicht bedeutend</i>	<i>groß</i>
Engstand	10		6		18	
Überschuss						
	<i>klein</i>	<i>nicht bedeutend</i>	<i>groß</i>	<i>nicht bedeutend</i>	<i>klein</i>	<i>klein</i>
Engstand					1	
Überschuss	2		2			
	<i>klein</i>	<i>groß</i>	<i>groß</i>	<i>klein</i>	<i>groß</i>	<i>groß</i>
Engstand	25		1		23	
Überschuss	2		3		7	

<b>T2</b>	<b>Platz</b>	<b>Index</b>	<b>Platz</b>	<b>Index</b>	<b>Platz</b>	<b>Index</b>
	<i>nicht bedeutend</i>	<i>nicht bedeutend</i>	<i>nicht bedeutend</i>	<i>klein</i>	<i>nicht bedeutend</i>	<i>groß</i>
Engstand	75		10		3	
Überschuss						
	<i>klein</i>	<i>nicht bedeutend</i>	<i>groß</i>	<i>nicht bedeutend</i>	<i>klein</i>	<i>klein</i>
Engstand						
Überschuss	4		1			
	<i>klein</i>	<i>groß</i>	<i>groß</i>	<i>klein</i>	<i>groß</i>	<i>groß</i>
Engstand						
Überschuss	5				2	

<b>T3</b>	<b>Platz</b>	<b>Index</b>	<b>Platz</b>	<b>Index</b>	<b>Platz</b>	<b>Index</b>
	<i>nicht bedeutend</i>	<i>nicht bedeutend</i>	<i>nicht bedeutend</i>	<i>klein</i>	<i>nicht bedeutend</i>	<i>groß</i>
Engstand	66		17		12	
Überschuss						
	<i>klein</i>	<i>nicht bedeutend</i>	<i>groß</i>	<i>nicht bedeutend</i>	<i>klein</i>	<i>klein</i>
Engstand						
Überschuss	1				1	
	<i>klein</i>	<i>groß</i>	<i>groß</i>	<i>klein</i>	<i>groß</i>	<i>groß</i>
Engstand						
Überschuss	1				2	



Tab. A4b: Gegenüberstellung der Untersuchungsvariablen „Platz“ und „Index“ von je 100 Modellen zu dem Untersuchungszeitraum T3-T2= Retentionszeitraum. *Nicht bedeutend* beim „Platz“: -0,5 bis +0,5 mm; beim „Index“: 0,0 - 0,5 mm. *Klein* beim „Platz“: -1,0 bis -0,6 bzw. +0,6 bis +1,0 mm; beim „Index“: 0,6 - 1,0 mm. *Groß* beim „Platz“: < -1,1 bzw. > +1,1 mm; beim „Index“: > 1,1 mm.

T3-T2	Platz	Index	Platz	Index	Platz	Index	Platz	Index	Platz	Index	Platz	Index	Platz	Index
	groß	groß	klein	groß	klein	klein	groß	klein	nicht bedeutend	klein	nicht bedeutend	klein	groß	nicht bedeutend
Vergrößerung Platz														
Verkleinerung Index														
Verkleinerung Platz und Index														
Verkleinerung Platz														
Vergrößerung Index			2											
Vergrößerung Platz und Index														
unveränderter Platz														
Verkleinerung Index									4		1			
unveränderter Platz														
Vergrößerung Index														
Verkleinerung Platz														
unveränderter Index														1
Vergrößerung Platz														
unveränderter Index														
unveränderter Platz und Index													75	

## **Danksagung**

Ich möchte mich besonders herzlich bei Prof. Dr. H. Pancherz für die freundliche Überlassung des Themas und die unermüdlich hilfsbereite und exzellente Betreuung bei der Anfertigung dieser Arbeit bedanken.

Weiterhin gilt mein Dank den Mitarbeitern der Poliklinik für Kieferorthopädie am Klinikum der Justus-Liebig-Universität Gießen, welche mir bei der Anfertigung dieser Arbeit hilfreich zur Seite standen.

Nicht zuletzt möchte ich meinen Eltern, meiner Familie und Kassiani danken, die mich nicht nur während der Entstehung dieser Arbeit, sondern auch während des gesamten Studiums in jeder nur erdenklichen Weise unterstützt haben.

## Lebenslauf

### Marinos Mavrommatis

- 17.07.1977 Geboren als zweites Kind der Eheleute Georgios Mavrommatis und Maria Mavrommati geb. Sifoniou in Kassel in Hessen
- 1983 - 1984 Besuch der Grundschule in Athen
- 1984 - 1987 Besuch der Grundschule Am Wall in Kassel
- 1987 - 1996 Besuch des Goetheschule Gymnasiums in Kassel
- 1996 Erlangung der Allgemeinen Hochschulreife
- 1996 - 1997 Anstellung im Service bei Odysseus in Kassel
- 1997 - 1998 Anstellung im IT-Bereich bei KL Computers in Kassel
- 1998 - 2004 Studium der Zahnmedizin an der Justus - Liebig - Universität in Giessen
- Dezember 2004 Staatsexamen, Erteilung der Approbation als Zahnarzt
- seit August 2005 Tätigkeit als Assistenz Zahnarzt in der Praxis Schulz und Schulze in Kassel