

**Vergleichende Untersuchungen zur Lagerstabilität
verschiedener Checkbiß-Registramaterialien**

Inaugural Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität
Bonn

vorgelegt von
Ralph Büttner
aus Duisburg
1998

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. med. dent. K.-H. Utz
2. Gutachter: Prof. Dr. med. dent. A. Jäger

Tag der mündlichen Prüfung: 20.10.1998

Aus der Poliklinik für Zahnärztliche Prothetik des Zentrums für Zahn-, Mund- und
Kieferheilkunde der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn,
Welschnonnenstr.17, 53111 Bonn
Direktor: Prof. Dr. med. dent. Bernd Koeck

Druck: Digital Print Wuppertal

meinen Eltern gewidmet

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|----|
| 1. Einleitung | 7 |
| 2. Literaturübersicht | 12 |
| 3. Problemstellung und Ziel der Arbeit | 16 |
| 4. Material und Methode | 18 |
| 4.1 <i>Ablauf der Untersuchung</i> | 18 |
| 4.2 <i>Registrierungsverfahren- und materialien</i> | 21 |
| 4.3 <i>Meßvorrichtung</i> | 25 |
| 4.4 <i>Ablauf der Messungen</i> | 26 |
| 4.5 <i>Datenerfassung und Auswertung</i> | 28 |
| 4.6 <i>Beschreibung der den statistischen Tests zugrunde liegenden Dateien</i> | 29 |
| 5. Ergebnisse | 31 |
| 6. Statistik | 41 |
| 6.1 <i>Friedman-Test zum Vergleich von mehr als zwei Gruppen</i> | 41 |
| 6.2 <i>Wilcoxon-Vorzeichenrangtest zum paarweisen Vergleich</i> | 41 |
| 6.3 <i>Ergebnisse der statistischen Auswertung</i> | 42 |
| 7. Diskussion | 44 |
| 7.1 <i>Kritik der Methode</i> | 44 |
| 7.2 <i>Vergleich mit dem Schrifttum</i> | 46 |
| 7.3 <i>Beobachtungen während der Studie</i> | 54 |

| | |
|---|-----|
| 7.4 <i>Wertung der Ergebnisse</i> | 56 |
| 7.5 <i>Praktische Schlußfolgerungen</i> | 61 |
| 8. Zusammenfassung | 62 |
| 9. Anhang | 64 |
| 10. Literaturverzeichnis | 99 |
| 11. Danksagung | 106 |
| 12. Lebenslauf | 107 |

1. Einleitung

Bei der Herstellung von Zahnersatz ergibt sich dadurch ein grundlegendes Problem, daß die für den Patienten bestimmte zahntechnische Arbeit indirekt im zahntechnischen Labor angefertigt werden muß.

Dafür benötigt der Zahntechniker dimensionsgetreue Abformungen von Oberkiefer und Unterkiefer, mit denen der Techniker die individuellen Gipsmodelle herstellt. Auf diesen Modellen wird der Zahnersatz für den Patienten im Labor fertiggestellt.

Um die Übertragung der Kieferrelation vom Patienten zum Labor zu gewährleisten, wird eine Registrierung der horizontalen und der vertikalen Relation des Unterkiefers im Verhältnis zum Oberkiefer vorgenommen. Als Übertragungsmedium werden sogenannte Registrate verwendet.

Über eine exakte Kieferrelationsbestimmung hinausgehend forderten viele Autoren, wie Boitel (1976), Horn und Vetter (1985) und Koeck (1987) die räumlich korrekte Modellmontage der Patientensituation in den Artikulator unter Zuhilfenahme der Gesichtsbogenübertragung. Bei dieser Übertragung werden die Gipsmodelle in Abhängigkeit vom verwendeten Artikulatortyp entweder schädel- oder kiefergelenkbezogen einander zugeordnet und in den Artikulator montiert.

Prinzipiell stehen dem Behandler zwei verschiedene Unterkieferpositionen als Ausgangspunkt für die Kieferrelationsbestimmung zur Verfügung.

Man unterscheidet zwischen maximaler Interkuspitation (MI) und der zentrischen Kondylenposition (ZKP), gemäß der gültigen Nomenklatur der Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik (1992).

Bei der maximalen Interkuspitation wird die Lage von Unterkiefer zu Oberkiefer durch die Patientensituation vorgegeben. Das bedeutet, daß die Gipsmodelle des Patienten im zahntechnischen Labor ohne oder mit Hilfe eines Durchbißregistrates einander zugeordnet werden können. Hierfür ist eine ausreichende Abstützung der

Kiefer in den Stützzonen im Seitenzahnbereich als Voraussetzung absolut erforderlich. Die maximale Interkuspitation kann deshalb als Grundlage für zahnärztliche Restaurationen nur empfohlen werden, wenn der Patient funktionell gesund ist und die manuelle Zuordnung der Modelle in eine reproduzierbare Position ohne Probleme möglich ist.

In diesem Fall empfehlen Reiber und Trobala (1993), die Modelle bei vorhandenen Stützzonen ohne Registrat und manuell zentriert einzuartikulieren. Dieses Vorgehen wurde auch von Urstein et al. (1991) und Walls et al. (1991) propagiert.

Die Zuordnung der Gipsmodelle in der maximalen Interkuspitation läßt sich nicht immer durchführen, ein Beispiel hierfür ist die fehlende Abstützung der Kiefer im Seitenzahnbereich. Wenn eine eindeutige Abstützung im posterioren oder auch im anterioren Bereich fehlt, kommt es zur Kontraktion der Adduktoren bei der Registrierung und damit zur Kippung des Unterkiefers um eine sagittale oder transversale Achse, deren Betrag nicht durch den Behandler kontrollierbar ist. Aus diesem Grund muß gefordert werden, daß die Registrierung behandlergeführt erfolgen muß, wozu gesperrte Checkbißregistrare gebräuchlich sind (Utz, 1997).

Außerdem sollte bei umfangreichen Rehabilitationen des Kauorgans, zur Funktions- und Okklusionsanalyse und bei der Therapie von Myoarthropathien eine rein behandlergeführte Unterkieferposition angestrebt werden. In derartigen Fällen empfehlen Koeck und Utz (1995), die zentrische Kondylenposition als Ausgangspunkt für eine zahnärztliche Restauration anzuwenden.

Bei der zentrischen Kondylenposition befinden sich die Kondylen in kranio-ventraler, nicht seitenverschobener Position bei physiologischer Kondylus-Diskus-Relation und physiologischer Belastung der beteiligten Gewebe. Hierbei handelt es sich um die gewünschte behandlerinduzierte Unterkieferposition.

Zur Übertragung dieser Position kommen gesperrte Checkbißregistrare zum Einsatz. Diese gesperrten Checkbißregistrare können je nach Registratverfahren und Registratart einteilig oder zweiteilig sein, d.h. ein Registrat besteht entweder aus einem oder aus zwei Teilen. Die Registrare sollten möglichst nicht durchgebissen sein, da

sich gezeigt hat, daß der Widerstand des Registratmaterials zu unkontrollierbaren reflektorischen Muskelkontraktionen führt, die eine exakte Reproduzierung der angestrebten Unterkieferhaltung unmöglich machen. Aus diesem Grund sollten gesperrte Checkbißregistrare möglichst geringe Höckerimpressionen der Zähne aufweisen, außerdem wird dadurch eine Kontrolle der Passung dieser Registrare auf dem Gipsmodell erleichtert.

Um die Kontrolle der gesperrten Checkbißregistrare zu gewährleisten, fertigt man drei Registrare an, die anhand der Split-Cast-Kontrollsockelmethode auf Übereinstimmung geprüft werden, um die zentrische Kondylenposition reproduzierbar auffinden zu können. Die damit kontrollierte Reproduzierbarkeit ist aber von Übung und Fähigkeit des Behandlers abhängig, wie es schon durch Lauritzen (1973) formuliert worden ist und von Horn und Vetter (1976) nachuntersucht wurde.

Als Alternative zur Übertragung der zentrischen Kondylenposition mit Hilfe von gesperrten Checkbißregistraten wird häufig auch die Stützstiftregistrierung angewendet, ein Verfahren, daß unter anderem von Utz et al. (1991) beschrieben wurde.

Schon Sauer (1969) stellte fest, daß es keinen wesentlichen Unterschied in der Bestimmung der Unterkieferlage durch die Stützstiftregistrierung und die Registrierung mit gesperrten Checkbißregistraten gibt.

Als Grundlage für das gesperrte Checkbißregistrat dient die durch den Behandler vorgenommene manuelle Unterkieferführung mit speziell dafür empfohlenen Grifftechniken.

Nach Koeck und Utz (1995) wurden die von Lauritzen und Dawson beschriebenen Grifftechniken am häufigsten verwendet, sie unterliegen jedoch ständigen Modifizierungen.

Auf dieses Problem eingehend wiesen Utz et al. (1990 b) darauf hin, daß durch den Lauritzen- und Dawson-Griff unterschiedliche Unterkieferpositionen bestimmt wurden.

Als Grundlage zur Herstellung von gesperrten Checkbißregstraten stehen viele verschiedene Werkstoffgruppen zur Verfügung.

Skurnik (1977) beschrieb folgende allgemeingültigen Forderungen an das Registratmaterial:

- genaue Reproduzierbarkeit
- leichte Handhabung
- kein Widerstand während der Registrierung
- Härte, während das Material abbindet
- größter Härtegrad, nachdem sich das Material gesetzt hat

Assif et al. (1988) erweiterten diese Forderungen um folgende Punkte:

- geringe Viskosität des Materials
- geringer Widerstand des Materials beim Kieferschluß
- hohe Detailwiedergabe
- ausreichende Dimensionsstabilität
- Plastizität und Elastizität des Registratmaterials
- Einfachheit der Handhabung
- akzeptable Verarbeitungszeit
- schnelles Aushärten
- Akzeptanz durch den Patienten

Nach der Registrierung soll das Material im Artikulator

- dimensionsgenau
- starr
- kantenfest
- nicht brüchig
- leicht zu beschneiden

- auf dem Gipsmodell abriebfest und
- lagerstabil sein.

Fischer et al. (1987) stellten folgende Anforderungen an das Korrekturmaterial mit dem das zunächst vorbereitete Registrat verfeinert werden konnte:

- dünn auftragbar
- Haftung ohne Adhäsiv
- schnell aushärtend
- kantenstabil
- angenehm im Geruch und Geschmack
- preiswert

Für den klinischen Gebrauch forderten Wirth und Aplin (1971) außerdem, daß das Registratmaterial und die gewählte Methode die Option offenhält, es zu modifizieren, es zu verbessern und den jeweiligen Anforderungen des Patientenfalles anzupassen.

2.Literaturübersicht

Es gibt viele Untersuchungen und Veröffentlichungen, die sich mit dem Thema Registrierung und den damit zusammenhängenden Problemen auseinandersetzen. Bei diesen Arbeiten gab es jedoch keine, die sich konkret mit der Aufgabenstellung dieser Untersuchung deckten. Noch dazu war der hier gewählte Versuchsaufbau mit keiner anderen Untersuchung vergleichbar. Der Übersichtlichkeit halber soll die nachfolgende Literaturübersicht alle Publikationen berücksichtigen, deren Inhalte die Merkmale Lagerzeitveränderungen von Registratmaterialien mit metrischen Ergebnissen oder vergleichbaren Beschreibungen aufführten.

Tabelle Ia: Literaturübersicht rein werkstoffkundlicher Untersuchungen an Materialblöcken zur Überprüfung der zweidimensionalen Lagerstabilität oder anderer Parameter

| Autor | Materialien | Ergebnisse |
|-----------------------------|--|---|
| Balthazar-Hart et al., 1981 | ZOE-Paste, ZO-Paste, Silikon, Polyether | Dimensionsänderung in %, nach 1 Std. max.-0,13% (Silik.), +0,06% (ZOE), nach 48 Std. alle unter 0.01% |
| Lassila und McCabe, 1985 | Silikon, Polyether, ZOE-Paste, ZO-Paste | Abbindeschumpfung nach 48 Std. bis 0,6%, Dimensionsänderungen bis 0,4% nach 48 Stunden |
| Lassila, 1986 | Silikon, Polyether, ZOE-Paste, ZO-Paste, Kunststoff, Wachs | Dimensionsveränderungen nach 72 Std., Kunststoff, ZOE, ZO, Wachs bis 0,3%, Silikon bis 1,4% |

| | | |
|------------------------------|---|--|
| Lucchini et al., 1975 | 3 verschiedene Wachse | 30 Tage Lagerung.: Aufbewahrung der Wachse beeinflusst die Messungen |
| Millstein et al., 1971 | 2 verschiedene Wachse | Dimensionsänderungen nach 48 Stunden bis 0,09 mm |
| Millstein et al., 1973 | 2 verschiedene Wachse | Beschreibung von Lagerungseffekten, bei unterschiedlichen Erhitzungstemperaturen, Lagerungsumgebungen; rein deskriptive Untersuchung |
| Millstein et al., 1975 | 3 Silikone | Dimensionsänderungen von 0,03-0,34 mm |
| Millstein und Clark, 1981 | Silikon, Harz | Dimensionsänderungen nach 48 Std. Silikon: 0,025-0,1 mm, Harz: 0,25-0,5 mm |
| Millstein und Clark, 1983 | kupferhaltiges Wachs, normales Wachs | Dimensionsänderungen nach 48 Std. bis 0,2 mm |
| Millstein, 1985 | Wachs, Harz | Dimensionsänderungen nach 48 Std. alle unter 0,025 mm |
| Millstein und Hsu, 1994 | 5 Silikone, 1 Polyether | Dimensionsänderungen nach 48 Std. horizontal nicht über 0,06 mm, vertikal nicht über 0,03 mm |
| Müller et al., 1991 | Gips, Thermoplast mit und ohne ZOE-Paste, Wachs mit und ohne ZOE-Paste, Polyether | Vertikaler Fehler nach 24 Std. im Molarenbereich bis 0,234 mm |

Tabelle Ib: Literaturübersicht von Untersuchungen zur Überprüfung der dreidimensionalen Lagerstabilität mit zweiteiligen gesperrten Checkbißregstraten

| Autor | Materialien | Ergebnisse |
|--------------------------|--|---|
| Müller et al., 1988 | Gips, Kunststoff mit und ohne ZOE-Paste, Wachs mit und ohne ZOE-Paste, Thermoplast mit und ohne ZOE-Paste, | dreidimensionale Abweichungen nach 30 Min. von 0,2 -0,5 mm im Kondylarbereich |
| Müller et al., 1990 a | Gips, Kunststoff mit und ohne ZOE-Paste, Wachs mit und ohne ZOE-Paste, Thermoplast mit und ohne ZOE-Paste, Polyether | Abweichungen im Kondylarbereich nach 48 Std. bis 0,48 mm |
| Müller et al., 1990 b | Gips, Thermoplast, unkorrigiertes Wachs | Abweichungen im Kondylarbereich nach 30 Min. bereits 0,51 mm |
| Müller et al., 1990 c | Kunststoff, Polyether, korrigiertes Wachs | Abweichungen im Kondylarbereich nach 30 Min. bereits 0,46 mm |
| Müller et al., 1991 | Gips, Thermoplast mit und ohne ZOE-Paste, Wachs mit und ohne ZOE-Paste, Polyether | vertikaler Fehler nach 24 Std. im Molarenbereich bis 0,234 mm |
| Müller, 1991 | auto-und lichtpolymerisierender Kunststoff korrigiert mit Aluwachs und ZOE-Paste, Wachs und Gipskombination | Abweichungen im Kondylarbereich nach 30 Min. bis 0,25 mm |

Tabelle Ic: Literaturübersicht von Untersuchungen zur Überprüfung der dreidimensionalen Lagerstabilität mit einteiligen gesperrten Checkbißregistraten

| | | |
|----------------------------|---|---|
| Wöstmann und Vehring, 1994 | 3 Silikone, Gips, Wachs, Thermoplast, Kunststoff, Polyether | Abweichungen im Kondylarbereich nach 24 Std. bis 0,61mm |
| Wöstmann und Vehring, 1995 | 6 Silikone, Polyether, Gips | Abweichungen im Kondylarbereich nach 24 Std. bis 0,9 mm |

3. Problemstellung und Ziel der Arbeit

Im Rahmen einer unter der Leitung von Prof. Dr. Karl-Heinz Utz umfangreich angelegten Studie über gesperrte Checkbißregistrare ergab sich die Möglichkeit, klinisch verwendete Registrare auf ihre Eignung zu prüfen. Diese Studie wurde von einem Team durchgeführt, das aus vier Zahnärzten, einem im Meßlabor tätigen Zahnarzt und zwei Zahntechnikern, die für die labortechnische Vorbereitung verantwortlich waren, zusammensetzte.

Die Themen der gesamten Untersuchung waren:

- Reproduzierbarkeit der maximalen Interkuspitation ohne die Verwendung von Durchbißregistraren
- Reproduzierbarkeit der zentrischen Kondylenposition
- Reproduzierbarkeit der myozentrischen Position
- Abhängigkeit der Reproduzierbarkeit der Einstellung der zentrischen Kondylenposition von verschiedenen Registrarmethoden
- Abhängigkeit der Reproduzierbarkeit der Einstellung der zentrischen Kondylenposition von verschiedenen Registrarmaterialien
- Differenz der zentrischen Kondylenposition zur maximalen Interkuspitation
- Zeitdauer der klinischen Registrierungen und Beobachtungen zur Handhabung der Registrare
- Lagerstabilität der Registrarmaterialien nach 48 Stunden

Ziel der hier vorgelegten Untersuchung war es, die von den Behandlern unter klinischen Bedingungen gewonnenen gesperrten Checkbißregistrare unter in der Praxis herrschenden Lagerungskautelen nach 48 Stunden nachzuuntersuchen. Dabei sollten die für den praktisch tätigen Zahnarzt zutreffenden Bedingungen nachgebildet werden.

Viele Publikationen beschäftigten sich ausschließlich experimentell mit dem Problem, welche Veränderungen das untersuchte Registrat und Material in den jeweils gewählten Versuchsapparaturen vollzog. Dabei wurde aber außer Acht gelassen, daß Registrare beim Praktiker im klinischen Einsatz entstehen und es durch die Herstellung des Zahnersatzes in zahntechnischen Laboratorien immer zu einer zeitlichen Diskrepanz zwischen Herstellung und Verwendung des Registrates kommt.

Die Praxis zeigt, daß bis zur Verwendung des Registrates oftmals 48 Stunden vergehen können. Aus diesem Grund wurde dieses Zeitintervall für die hier vorliegende Untersuchung ausgewählt.

Die Ergebnisse sollten praxisrelevante Aussagen für den praktischen Umgang mit am Patienten durchgeführten Registraten und deren Lagerungsfähigkeit liefern.

In dieser Studie wurden folgende Faktoren untersucht:

- Wie wirkten sich die Dimensionsänderungen der Registrare nach der 48-stündigen Lagerung aus ?
- Wie unterschieden sich die Materialien in ihrer Lagerungsfähigkeit ?
- Welche Probleme beinhalteten die einzelnen Registrare bei der zahntechnischen Verwendung auf den Modellen ?

4. Material und Methode

Die 81 untersuchten Probanden waren vorwiegend Studenten der Zahnmedizin und im Durchschnitt $26 \pm 6,2$ Jahre alt. Für die Studie erfüllten sie bestimmte Auswahlkriterien. Dazu gehörte, daß die Patienten möglichst zum einen im Praemolaren- und Molarenbereich füllungsfreie Zähne aufwiesen, zum anderen sollten ihnen mit Ausnahme der dritten Molaren keine Seitenzähne fehlen. Außerdem sollten die Probanden möglichst nicht in kieferorthopädischer Behandlung gewesen sein.

4.1 Ablauf der Untersuchung

Im Anhang sind die verwendeten Materialien aufgelistet. Die Untersuchung wurde in zwei Sitzungen aufgeteilt. Die erste Sitzung lief nach folgendem Schema ab:

- Standardisiertes Befundblatt ausfüllen
- Terminvergabe für die eigentliche Untersuchung
- Abformung des Unter- und Oberkiefers mit Schreinemakers[®]-Abformlöffeln, Adhäsiv und Silikon-Monophase-Abformmaterial
- Abformungen ins Labor geben und zweimal mit Superhartgips ausgießen lassen

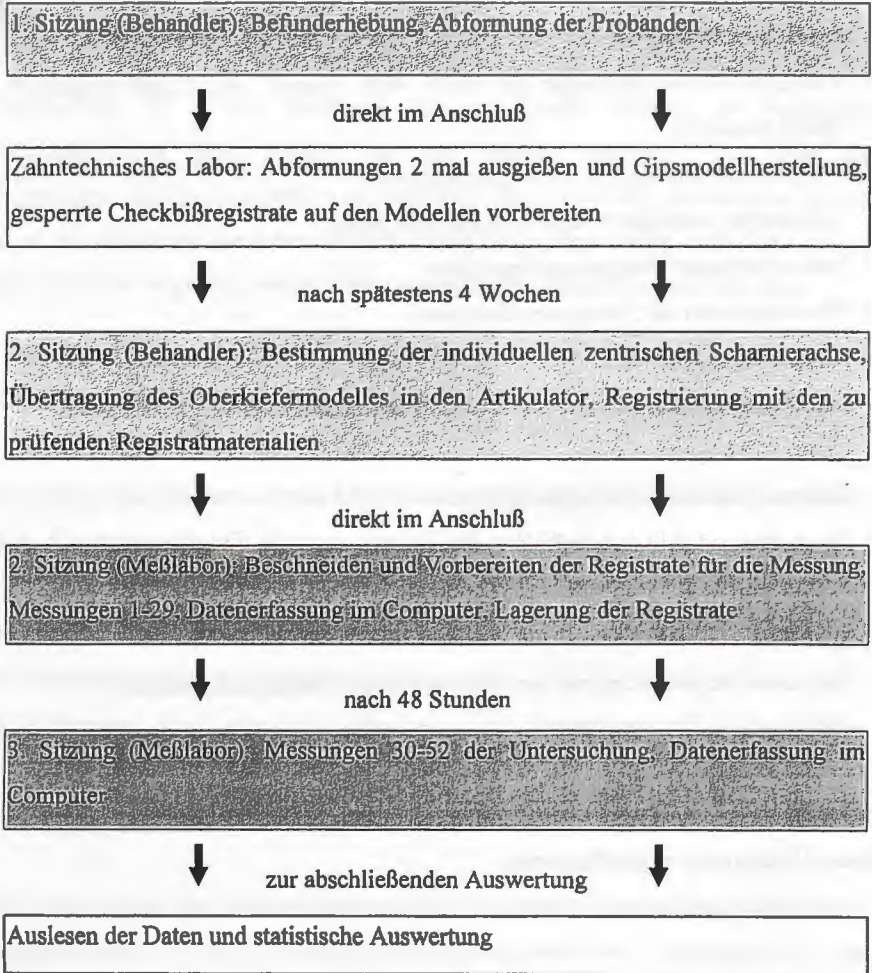
Im Labor stellten die Zahntechniker mit Hilfe der beiden angefertigten Modellpaare Registrierplatten für die Stützstiftregistrierung und jeweils drei Trägerplatten für die Kunststoffplattenregistratur her. Außerdem bereiteten wir drei Trägerplatten aus Zinnfolie, drei Bißregistorlöffel mit thermoplastischer Masse und je sechs Trägerplatten aus extrahartem Plattenwachs vor.

In der zweiten Sitzung, die zeitlich nicht länger als vier Wochen nach der ersten Sitzung folgen sollte, wurde nach folgendem Procedere vorgegangen:

- Befundblatt fortführen
- Axiograph[®]-Unterkieferbogen mit Snow white plaster[®] No. 2 und Periphery[®]-Wachs montieren
- Flaggenbogen mit Silikon am Kopf montieren
- individuelle zentrische Scharnierachsen bestimmen
- Infraorbitalpunkt festlegen und markieren
- Protrusionsbahn der Patienten aufzeichnen
- Flaggenbogen entfernen
- Markierung der individuellen zentrischen Scharnierachsenpunkte auf die Haut
- Unterkieferbogen entfernen
- Dentatus AEK[®]-Gesichtsbogen anlegen
- Oberkiefermodell in den Artikulator übertragen
- Referenzebene auf Flaggenbogen übertragen
- individuelle Scharnierachsenpunkte ausmessen
- Beginn der Registrierung mit den unterschiedlichen Registratmaterialien

Da ein Umsetzen der Modelle vom Behandlerartikulator in den Meßartikulator erforderlich war, verwendeten wir das Adesso[®] Quick-Split-System, um eine möglichst genaue Übertragung zu gewährleisten.

Diagramm 1: Schematischer Ablaufplan der Untersuchung



4.2 Registratverfahren- und Materialien

Die gesperrten Checkbißregistrare wurden in dieser Untersuchung geteilt (halbseitig) oder einteilig verwendet. Geteilt wurden die Registrare, die materialabhängig einige Zeit zur Aushärtung benötigten (Stützstiftregistrat, Frontzahreiterregistrat). Diese Registrare härteten nicht behandlergeführt, sondern mit Fixierung durch einen zentralen Stützstift oder einen Frontzahnaufbiß aus. Als Ausnahme zu den anderen einteiligen Registraten wurde auch das ungeteilte Adduktionsfeldregistrat mit dem zentralen Stützstift während des Aushärtens positioniert.

Alle anderen einteiligen gesperrten Checkbißregistrare wurden folgendermaßen angewandt: die Trägerplatten wurden im Bereich der Oberkiefer Eckzähne mit Daumen und Zeigefinger der linken Hand an die Okklusalfächen der Oberkieferzähne adaptiert. Mit Hilfe des Lauritzen-Griffes wurde der Unterkiefer in zentrischer Kondylenposition gegen die Trägerplatte geführt. Der Patient sollte dann den Kiefer unter beibehaltener Handführung des Zahnarztes so weit schließen, bis die Unterkiefer Eckzähne Kontakt mit der Trägerplatte bekamen. Dies sicherte in der Regel einerseits gerade ausreichend tiefe Impressionen, um die Modelle im Labor eindeutig zuordnen zu können. Andererseits verhinderte das Verfahren Perforationen der Trägerplatte durch eine zu starke Verringerung der vertikalen Kieferrelation und eine folgende Abweichung des Unterkiefers aus der zentrischen Kondylenposition heraus.

Eine Besonderheit bei der Registrierung stellte die Verwendung eines Leaf Gauge dar, den wir in Form von dünnen Watterollen benutzten. Dieser anteriore Stop kann zwischen 1-6 mm dick sein und unterbricht adaptierte muskuläre Schließmechanismen. Der Umstand war von Bedeutung, da bei jedem Probanden 21 Registrare hergestellt werden mußten. Mit Hilfe unserer Technik erreichten wir, daß die Muskulatur des Probanden entspannte und dadurch die natürliche Retrusion bei der Registrierung erleichtert wurde. Außerdem gelang es dem Behandler einfacher, den Patienten in die gewünschte Unterkieferposition zu führen, was auch behandlerinduzierte Fehler bei

der Registrierung verminderte. In unserer Untersuchung verwendeten wir ausschließlich dünne Watterollen in der Funktion eines Leaf Gauge.

1. Registrat : Stützstift-Registrierung

Um die Stützstift-Platten für eine Mc-Grane Aufzeichnung herzustellen, verwendeten wir die nach der ersten Untersuchungssitzung im Labor hergestellten Zweitmodelle. Mit Hilfe dieser Platten zeichneten wir jeweils dreimal den intraoralen Pfeilwinkel auf, kontrollierten die Aufzeichnung und verschlüsselten diese auf der Pfeilwinkelspitze mit Snow-White-Plaster® No 2. Wie bei allen folgenden Registraten wurde jetzt die durch die Registrare verursachte Erhöhung der vertikalen Relation ermittelt. Nach der Aushärtung entnahm man die so gewonnenen Registrare und beschnitt sie unter fließendem Wasser. Danach wurde der Unterkiefer mit den Gipsschlüsseln einartikuliert, Frühkontakte mittels Hanel®-Folie auf den Modellen aufgezeichnet und die Gipsschlüssel markiert (1. -3. Registrat und rechts/links). Diesen Registrierablauf wiederholten wir zweimal. Zum Abschluß erfolgte die Ausmessung der Registrare.

2. Registrat: Adduktionsfeld mit Stützstiftmethode

Zunächst zeichneten wir wieder mit Hilfe der Mc-Grane-Registrierplatten den intraoralen Pfeilwinkel auf. Danach sollten die Probanden 30 Sekunden Adduktionsbewegungen ausführen. Das entstandene Adduktionsfeld markierten wir mit Hanel®-Folie und verschlüsselten es am Punkt der höchsten Trefferquote individuell mit einem durch Klebewachs fixierten Kunststoff-Rondell. Dazu applizierten die Behandler die Registratmasse bei geöffnetem Mund auf die Okklusalfächen der Unterkieferzähne und ließen die Probanden in das Rondell und damit in der festgelegten Unterkieferhaltung schließen. Diesen gesamten Registrierablauf wiederholten wir zweimal. Zum Abschluß erfolgte die Ausmessung der Registrare.

3. Registrat: Zinnfolienregistrat

Nach Festlegung der Bißhöhe wurde der Patient in die zentrische Kondylenposition geführt. Dabei wurden dünne Watterollen in der Funktion eines Leaf-Gauge benutzt. Drei auf den vorhandenen Modellen bereits vorbereitete Zinnfolien wurden mesial der Eckzähne ausgeschnitten, einer Kieferseite zugeordnet und im Zahnkontaktbereich mit einer Fräse beidseitig aufgeraut. Im Anschluß biß der Patient mit maximaler Kraft auf die Zinnfolie, um das individuelle okklusale Relief der Folie anzupassen und danach wiederum zur Entspannung auf die dünnen Watterollen. Die so vorbereitete Zinnfolie versahen wir auf der dem Oberkiefer zugewandten Seite mit Haftlack und bestrichen sie mit Super-Bite[®]. Dann sollte die Folie möglichst in gleicher Position bei leicht geöffnetem Mund drucklos im Oberkiefer aushärten. Nach Entnahme der Folie biß der Patient wieder auf die dünnen Watterollen und die Impressionen im Super-Bite[®] wurden unter fließendem Wasser mit einem Skalpell beschnitten. Danach trugen wir auf der Unterseite der Zinnfolie Bite-Compound[®] auf und registrierten in zentrischer Kondylenposition. Nach dem Beschneiden unter fließendem Wasser vermaßen wir das Registrat und wiederholten den gesamten Registrierablauf zweimal.

4. Registrat: Kunststoffplattenregistrat

Die Kunststoffplattenregistrare wurden im Labor auf den Modellen vorbereitet. Dazu wurden die Modelle in einen Okkludator gesetzt. Die Modelle einschließlich der Kunststoffplatte wurde in einen Lichtofen überführt und die Trägerplatte polymerisiert. Die Impressionen der Oberkieferzähne wurden am Probanden durch Auftragen von Triad[®]-Gel auf den Träger verfeinert, welches intraoral bei geöffnetem Mund durch die Platte hindurch mit Licht ausgehärtet wurde. Für die Impressionen der Unterkieferzähne wurden zwei gekühlte Triad[®]-Plattenstreifen im Bereich der Okklusalfächen der Seitenzähne aufgetragen. In der wachsartigen Masse der nicht polymerisierten, kalten Kunststoffoberfläche konnten dann durch geführten

Kieferschluß die Impressionen der Unterkieferzähne hervorgerufen werden. Die gesamte Platte wurde im Anschluß im Lichtofen erneut ausgehärtet. Extraoral korrigierten wir die Einbisse mit einer Fräse und ließen sie subjektiv vom Patienten im Mund auf Gleichmäßigkeit überprüfen. Den gesamten Registrierablauf wiederholten wir zweimal. Anschließend erfolgte die Ausmessung des Registrates.

5. Registrat: Frontzahnreiter, KKD[®]-Halter mit Bite-Compound[®]

Zunächst paßten wir die mit Bite-Compound[®] bestückten KKD[®]-Halter der Kiefergröße an. Daraufhin stellten wir ein Jig aus brauner Kerr-Masse her, beschnitten und kontrollierten ihn unter Berücksichtigung der Unterkieferhaltung intraoral. Darüber hinaus überprüften wir mit Hanel[®]-Folie im Seitenzahnbereich bei eingesetztem Frontzahnreiter die interokklusale Separation der Zähne. Wir ließen den mit Bite-Compound[®] bestückten KKD[®]-Halter 20 Sekunden im 50° C warmen Wasserbad aufwärmen, adaptierten und härteten den KKD[®]-Halter für drei Minuten intraoral aus. Anschließend entnahm man das Registrat, beschnitt es und markierte es mit einem Filzstift (Nummer des Registrates und rechts/links). Nach Ausmessen des Registrates wiederholten wir den gesamten Registrierablauf zweimal.

6. Registrat: Doppelte Beauty-Pink Wachsplatte

Nachdem der Patient zur Entspannung auf die dünnen Watterollen gebissen hatte, wurden die am Oberkiefermodell individualisierten Wachsplatten mesial der Eckzähne im Frontzahnbereich ausgeschnitten und zwanzig Sekunden im 50° C warmen Wasserbad erwärmt. Mit der so vorbereiteten Wachsplatte nahmen wir ein Registrat in zentrischer Kondylenposition, wobei wir darauf achteten, daß die Impressionstiefe möglichst gering blieb. Das so gewonnene Registrat entnahm man mit einer Pinzette, kühlte es an der Umgebungsluft ab und formte es nochmals intraoral nach. Nach

subjektiver Beurteilung des Registrates durch den Patienten wiederholten wir den gesamten Registrierablauf zweimal und vermaßen das Registrat.

7.Registrat: Doppelte Beauty-Pink Wachsplatte, korrigiert

Dieses Registrat entsprach dem wie bei 6. vorgenommenen Registrat mit der Veränderung, daß wir das Registrat an der Oberkieferseite mit Super-Bite[®]-Paste und an der Unterkieferseite mit Aluwachs korrigierten.

4.3 Meßvorrichtung

Das Meßsystem bestand aus einem umgebauten Dentatus[®]-Artikulator, an dessen Kondylarpfosten die Kondylarboxen entfernt waren. Am Gehäuse der Kondylarboxen waren elektronische Wegaufnehmer in den drei Raumrichtungen befestigt, die mit einer Genauigkeit von 0,01mm arbeiteten. Die Meßtaster lagen vergrößerten Kondylarkugeln des Artikulatoroberteils an und konnten deren Bewegungen folgen. Da das Artikulatoroberteil im Kondylarbereich nicht befestigt war, entsprach seine Position allein der aufgezeichneten registratabhängigen Unterkieferlage. Die elektronischen Wegaufnehmer waren digital mit einem Computer verbunden, dessen Bildschirm alle Meßwerte online anzeigte. Fehler in der Positionierung waren deshalb auf einfache Weise zu erkennen. In solchen Fällen wiederholten wir die Positionierung von Modellen und Registraten. Vor jeder Messung wurde der Komplex aus Unterkiefermodell, Registrat und Oberkiefermodell neu zusammengesetzt, was mit Hilfe des Adesso-Split[®]-Systems einfach gelang. Zu den Messungen (1-52) setzten wir die Registerate in den Artikulator zwischen Oberkiefer und Unterkiefer ein. Die so festgelegte Kondylarkugelposition speicherte man per Tastendruck im Computer. Um die Registratposition zu stabilisieren, legten wir dem Artikulatoroberteil ein ca. 10 N schweres Gewicht zentral auf. Im Rahmen der Meßwiederholung wiederholten wir

jede Einzelmessung. Dazu setzte man den Gesamtkomplex aus Unterkiefermodell, Registrat und Oberkiefermodell neu zusammen, nachdem es aus dem Adesso-Split®-System gelöst war.

4.4 Ablauf der Messungen

Der Ablauf der Messungen gestaltete sich für jeden Probanden wie folgt:

Messung 1: 1.Exemplar zentrales Stützstiftregistrat mit Gips

Messung 2: 2.Exemplar zentrales Stützstiftregistrat mit Gips

Messung 3: 3.Exemplar zentrales Stützstiftregistrat mit Gips

Messung 4: Messung der maximalen Interkuspitation

Messung 5: 1. Exemplar Adduktionsfeldregistrat mit Regisil

Messung 6: 2. Exemplar Adduktionsfeldregistrat mit Regisil

Messung 7: 3. Exemplar Adduktionsfeldregistrat mit Regisil

Messung 8: Messung der maximalen Interkuspitation

Messung 9: 1. Exemplar Zinnfolienregistrat

Messung 10: 2. Exemplar Zinnfolienregistrat

Messung 11: 3. Exemplar Zinnfolienregistrat

Messung 12: Messung der maximalen Interkuspitation

Messung 13: 1. Exemplar Kunststoffplattenregistrat

Messung 14: 2. Exemplar Kunststoffplattenregistrat

Messung 15: 3. Exemplar Kunststoffplattenregistrat

Messung 16: Messung der maximalen Interkuspitation

Messung 17: 1. Exemplar Frontzahnreiterregistrat

Messung 18: 2. Exemplar Frontzahnreiterregistrat

Messung 19: 3. Exemplar Frontzahnreiterregistrat

Messung 20: Messung der maximalen Interkuspitation

Messung 21: 1. Exemplar einfache Wachsplatte

Messung 22: 2. Exemplar einfache Wachsplatte

Messung 23: 3. Exemplar einfache Wachsplatte

Messung 24: Messung der maximalen Interkuspitation

Messung 25: 1. Exemplar korrigierte Wachsplatte

Messung 26: 2. Exemplar korrigierte Wachsplatte

Messung 27: 3. Exemplar korrigierte Wachsplatte

Messung 28: Messung der maximalen Interkuspitation

Messung 29: Messung mit dem Justierblock

Nach Ablauf von 48 Stunden wurden im Rahmen der Untersuchung der Lagerstabilität folgende Messungen vorgenommen:

Messung 30: 1. Exemplar zentrales Stützstiftregistrat mit Gips

Messung 31: 2. Exemplar zentrales Stützstiftregistrat mit Gips

Messung 32: 3. Exemplar zentrales Stützstiftregistrat mit Gips

Messung 33: 1. Exemplar Adduktionsfeldregistrat mit Regisil

Messung 34: 2. Exemplar Adduktionsfeldregistrat mit Regisil

Messung 35: 3. Exemplar Adduktionsfeldregistrat mit Regisil

Messung 36: 1. Exemplar Zinnfolienregistrat

Messung 37: 2. Exemplar Zinnfolienregistrat

Messung 38: 3. Exemplar Zinnfolienregistrat

Messung 39: 1. Exemplar Kunststoffplattenregistrat

Messung 40: 2. Exemplar Kunststoffplattenregistrat

Messung 41: 3. Exemplar Kunststoffplattenregistrat

Messung 42: 1. Exemplar Frontzahnreiterregistrat

Messung 43: 2. Exemplar Frontzahnreiterregistrat

Messung 44: 3.. Exemplar Frontzahnreiterregistrat

Messung 45: 1. Exemplar einfache Wachsplatte

- Messung 46: 2. Exemplar einfache Wachsplatte
Messung 47: 3. Exemplar einfache Wachsplatte
Messung 48: 1. Exemplar korrigierte Wachsplatte
Messung 49: 2. Exemplar korrigierte Wachsplatte
Messung 50: 3. Exemplar korrigierte Wachsplatte
Messung 51: Messung der maximalen Interkuspitation
Messung 52: Messung mit dem Justierblock

4.5 Datenerfassung und Auswertung

Die Erfassung der Daten erfolgte computergestützt über die digitalen Datenausgänge der sechs Meßuhren. Ein Interface (Multiplexer MUX -50, Firma Mitutoyo) ermöglichte es, die aufgenommenen Meßdaten der Meßuhren über eine der COM-Schnittstellen in den Computer zu übertragen. Über ein eigens entwickeltes Programm konnten alle für den Patienten relevanten Daten mit den jeweiligen Werten der Einzelmessungen gespeichert und für eine weitere statistische Nachbearbeitung über die Umwandlung der Daten in einen ACCII-File ausgelesen werden. Die Datensicherung erfolgte über ein Streamer-Bandlaufwerk.

Eine Abweichung, die eine besonders kritische Überprüfung der Einzeldaten auslöste, war der fünffache Wert der Standardabweichung. Ergebnisse, die diese Größe überschritten, wurden nachträglich von der statistischen Auswertung ausgenommen. Daraus ergibt sich auch die unterschiedlich große Anzahl der ausgewerteten Beobachtungen [n].

Um den räumlichen Gesamtfehler nach der 48-stündigen Lagerung ermitteln zu können, mußte der Wert der räumlichen Gesamtverlagerung aus den sechs Einzelwerten der Abweichungen der einzelnen Koordinatenrichtungen [x (sagittal), y (vertikal) und z (transversal)] bestimmt werden. Dieser Wert beschreibt die Entfernung des Kondylenmittelpunktes zum Zeitpunkt der Messung der Ausgangssituation und der

damit verbundenen räumlichen Verlagerung des Kondylenmittelpunktes nach 48 Stunden.

Die Darstellung der Abweichungen als räumlicher Vektor beruht auf folgender Berechnung:

$$\text{räumliche Gesamtverlagerung (d)} = \sqrt{(x^2+y^2+z^2)}$$

4.6 Beschreibung der den statistischen Tests zugrunde liegenden Dateien

Lagerung:

Hierbei bildeten wir für die Ermittlung der räumlichen Gesamtverschiebung die Differenz vor und nach der Lagerung, entsprechend den Differenzen Registratexemplar 1 minus Registratexemplar 2, Registratexemplar 2 minus Registratexemplar 3 und Registratexemplar 1 minus Registratexemplar 3.

Die bei der Untersuchung zur Auswertung gekommene Probandenzahl [n] stellt für den Statistiker eine sogenannte Beobachtung dar, die je nach Mittelung von Seiten (links, rechts und links und rechts gemittelt), Mittelung über die drei Exemplare oder Einzelbetrachtung jedes Exemplars über Seite (links, rechts) und Raumrichtungen (X-Achse, Y-Achse und Z-Achse) stark differierende Beobachtungszahlen ergeben.

In unserer Untersuchung ermittelten wir deshalb folgende Beobachtungszahlen:

- n = 72-75
- n = 144-150
- n = 216-225
- n = 432-450

Meßwiederholung:

Jedes Registrat vermaßen wir bei den Messungen 1-52 unmittelbar zweimal. Bei der Auswertung der entsprechenden Datensätze konnten Diagramme erstellt werden, indem die mittlere räumliche absolute Differenz zwischen den Meßwiederholungen gebildet wurde. Dies erfolgte entweder einzeln für jede der drei Raumrichtungen, für rechts und links gemittelt oder als Gesamtdifferenz für rechts und links gemittelt. Bei der Untersuchung der Meßwiederholung wurde aus Übersichtlichkeitsgründen der Durchschnittswert der drei Exemplare einer Registratart gebildet.

5. Ergebnisse

Tabelle II: Mittelwerte der Verschiebung des Unterkiefermodells durch die 48-stündige Lagerung der Registratmaterialien (räumliche Gesamtverlagerung in (mm), rechts und links)

| Registratmaterial | Gips | Regisil | Zinnfolie | Kunststoffplatte | Bite Compound | einfache Wachspl. | korrigierte Wachspl. |
|-------------------|------|---------|-----------|------------------|---------------|-------------------|----------------------|
| (mm) | 0,17 | 0,18 | 0,15 | 0,15 | 0,18 | 0,14 | 0,14 |

Tabelle III: 90%-Quantil der Verschiebung des Unterkiefermodells durch die 48-stündige Lagerung der Registratmaterialien (räumliche Gesamtverlagerung in (mm), rechts und links)

| Registratmaterial | Gips | Regisil | Zinnfolie | Kunststoffplatte | Bite Compound | einfache Wachspl. | korrigierte Wachspl. |
|-------------------|------|---------|-----------|------------------|---------------|-------------------|----------------------|
| (mm) | 0,32 | 0,27 | 0,28 | 0,29 | 0,33 | 0,25 | 0,25 |

Tabelle IV: Maxima der Verschiebung des Unterkiefermodells durch die 48-stündige Lagerung der Registratmaterialien (räumliche Gesamtverlagerung in (mm), rechts und links)

| Registratmaterial | Gips | Regisil | Zinnfolie | Kunststoffplatte | Bite Compound | einfache Wachspl. | korrigierte Wachspl. |
|-------------------|------|---------|-----------|------------------|---------------|-------------------|----------------------|
| (mm) | 0,97 | 2,54 | 1,16 | 0,86 | 1,16 | 1,15 | 0,91 |

Tabelle V: Minima der Verschiebung des Unterkiefermodells durch die 48-stündige Lagerung der Registratmaterialien (räumliche Gesamtverlagerung in (mm), rechts und links)

| Registratmaterial | Gips | Regisil | Zinnfolie | Kunststoffplatte | Bite Compound | einfache Wachspl. | korrigierte Wachspl. |
|-------------------|------|---------|-----------|------------------|---------------|-------------------|----------------------|
| (mm) | 0,02 | 0,02 | 0,02 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,01 |

Tabelle VI: Gesamtdaten der Verschiebung des Unterkiefermodells durch die 48-stündige Lagerung der **Gipsschlüssel** (Messung der Verlagerung im Kondylarbereich in mm)

| Anzahl der Probanden n=77 jeweils 2 Mal gemessen | rechts | | | links | | | räumliche Gesamtverlagerung re +li [mm] |
|--|-----------------|-----------------|------------------|-----------------|-----------------|------------------|--|
| | sagittal [mm] | vertikal [mm] | transversal [mm] | sagittal [mm] | vertikal [mm] | transversal [mm] | |
| Median | 0.03 ventral | 0.01 kranial | 0.01 lateral | 0.01 ventral | 0.01 kranial | 0.01 medial | 0.12 |
| Mittelwert | 0.03 ventral | 0.03 kranial | 0.01 lateral | 0.02 ventral | 0.01 kranial | 0.02 medial | 0.17 |
| Standardabweichung | 0.12 | 0.19 | 0.07 | 0.12 | 0.14 | 0.08 | 0.08 |
| 90%Quantil | 0.17 ventral | 0.12 kaudal | 0.07 medial | 0.14 ventral | 0.14 kaudal | 0.09 medial | 0.32 |
| Maxima | 0.42 ventral | 1.30 kranial | 0.25 medial | 0.37 ventral | 0.49 kaudal | 0.28 medial | 0.97 |
| Minima | 0.40 dorsal | 0.26 kaudal | 0.30 lateral | 0.39 dorsal | 0.36 kranial | 0.29 lateral | 0.02 |

Der Wert der Sagittalebene entspricht dem X-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer ventralen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer dorsalen Verlagerung der Modelle entspricht.

Der Wert der Vertikalebene entspricht dem Y-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer kaudalen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer kranialen Verlagerung der Modelle entspricht.

Der Wert der Transversalebene entspricht dem Z-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer lateralen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer medialen Verlagerung der Modelle entspricht.

Tabelle VII: Gesamtdaten der Verschiebung des Unterkiefermodells durch die 48-stündige Lagerung der **Regisil®-Registrate** (Messung der Verlagerung im Kondylarbereich in mm)

| Anzahl der Probanden n=77 jeweils 2 Mal gemessen | rechts | | | links | | | räumliche Gesamtver- lagerung re +li [mm] |
|--|------------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------------|--|
| | sagittal [mm] | vertikal [mm] | transversal [mm] | sagittal [mm] | vertikal [mm] | transversal [mm] | |
| Median | 0.04 ventral | 0 | 0.02 lateral | 0.01 ventral | 0.02 kaudal | 0.02 medial | 0.13 |
| Mittelwert | 0.05 ventral | 0.03 kaudal | 0.02 lateral | 0.03 ventral | 0.04 kaudal | 0.02 medial | 0.18 |
| Standard- abweichung | 0.27 | 0.17 | 0.08 | 0.26 | 0.19 | 0.09 | 0.09 |
| 90%Quantil | 0.13 ventral | 0.15 kaudal | 0.06 medial | 0.11 ventral | 0.18 kaudal | 0.09 medial | 0.27 |
| Maxima | 2.20 ventral | 1.21 kaudal | 0.15 medial | 1.67 ventral | 1.39 kaudal | 0.47 medial | 2.54 |
| Minima | 0.23 dorsal | 0.21 kranial | 0.41 lateral | 0.59 dorsal | 0.19 kranial | 0.17 lateral | 0.02 |

Der Wert der Sagittalebene entspricht dem X-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer ventralen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer dorsalen Verlagerung der Modelle entspricht.

Der Wert der Vertikalebene entspricht dem Y-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer kaudalen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer kranialen Verlagerung der Modelle entspricht.

Der Wert der Transversalebene entspricht dem Z-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer lateralen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer medialen Verlagerung der Modelle entspricht.

Tabelle VIII: Gesamtdaten der Verschiebung des Unterkiefermodells durch die 48-stündige Lagerung der Zinnfolien-Registrate (Messung der Verlagerung im Kondylarbereich in mm)

| Anzahl der Probanden n=77 jeweils 2 Mal gemessen | rechts | | | links | | | räumliche Gesamtver- lagerung re +li [mm] |
|--|------------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------------|--|
| | sagittal [mm] | vertikal [mm] | transversal [mm] | sagittal [mm] | vertikal [mm] | transversal [mm] | |
| Median | 0.01 ventral | 0.01 kranial | 0 | 0.02 ventral | 0.01 kaudal | 0 | 0.10 |
| Mittelwert | 0.03 ventral | 0.01 kranial | 0 | 0 | 0.01 kranial | 0.01 medial | 0.15 |
| Standard- abweichung | 0.14 | 0.13 | 0.08 | 0.19 | 0.14 | 0.08 | 0.08 |
| 90%Quantil | 0.15 ventral | 0.11 kaudal | 0.06 medial | 0.15 ventral | 0.09 kaudal | 0.05 medial | 0.28 |
| Maxima | 0.82 ventral | 0.47 kaudal | 0.13 medial | 0.50 ventral | 0.53 kaudal | 0.58 medial | 1.16 |
| Minima | 0.36 dorsal | 0.58 kranial | 0.57 lateral | 1.16 dorsal | 0.48 kranial | 0.11 lateral | 0.02 |

Der Wert der Sagittalebene entspricht dem X-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer ventralen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer dorsalen Verlagerung der Modelle entspricht.

Der Wert der Vertikalebene entspricht dem Y-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer kaudalen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer kranialen Verlagerung der Modelle entspricht.

Der Wert der Transversalebene entspricht dem Z-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer lateralen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer medialen Verlagerung der Modelle entspricht.

Tabelle IX: Gesamtdaten der Verschiebung des Unterkiefermodells durch die 48-stündige Lagerung der **Kunststoffplatten-Registrate** (Messung der Verlagerung im Kondylarbereich in mm)

| Anzahl der Probanden n=77 jeweils 2 Mal gemessen | rechts | | | links | | | räumliche Gesamtver- lagerung re +li [mm] |
|--|------------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------------|--|
| | sagittal [mm] | vertikal [mm] | transversal [mm] | sagittal [mm] | vertikal [mm] | transversal [mm] | |
| Median | 0.02 dorsal | 0.04 kaudal | 0 | 0.01 dorsal | 0.03 kaudal | 0 | 0.11 |
| Mittelwert | 0.01 dorsal | 0.02 kaudal | 0 | 0.01 dorsal | 0.01 kaudal | 0.01 medial | 0.15 |
| Standard- abweichung | 0.13 | 0.12 | 0.06 | 0.15 | 0.14 | 0.06 | 0.06 |
| 90%Quantil | 0.11 ventral | 0.17 kaudal | 0.05 medial | 0.12 ventral | 0.13 ventral | 0.05 medial | 0.29 |
| Maxima | 0.36 ventral | 0.45 kaudal | 0.27 medial | 0.30 ventral | 0.34 ventral | 0.32 medial | 0.86 |
| Minima | 0.68 dorsal | 0.24 kranial | 0.24 lateral | 0.86 dorsal | 0.57 kranial | 0.10 lateral | 0.01 |

Der Wert der Sagittalebene entspricht dem X-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer ventralen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer dorsalen Verlagerung der Modelle entspricht.

Der Wert der Vertikalebene entspricht dem Y-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer kaudalen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer kranialen Verlagerung der Modelle entspricht.

Der Wert der Transversalebene entspricht dem Z-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer lateralen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer medialen Verlagerung der Modelle entspricht.

Tabelle X.: Gesamtdaten der Verschiebung des Unterkiefermodells durch die 48-stündige Lagerung der **Bite-Compound®-Registrate** mit Frontzahnaufbiß (Messung der Verlagerung im Kondylarbereich in mm)

| Anzahl der Probanden n=79 jeweils 2 Mal gemessen | rechts | | | links | | | räumliche Gesamtverlagerung re +li [mm] |
|--|------------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------------|---|
| | sagittal [mm] | vertikal [mm] | transversal [mm] | sagittal [mm] | vertikal [mm] | transversal [mm] | |
| Median | 0.01 dorsal | 0.05 kaudal | 0.01 lateral | 0 | 0.01 kaudal | 0.01 medial | 0.13 |
| Mittelwert | 0 | 0.05 kaudal | 0.01 lateral | 0.04 dorsal | 0.02 kaudal | 0.02 medial | 0.18 |
| Standard- abweichung | 0.12 | 0.17 | 0.05 | 0.20 | 0.14 | 0.05 | 0.05 |
| 90%Quantil | 0.16 ventral | 0.25 kaudal | 0.03 medial | 0.11 ventral | 0.20 ventral | 0.08 medial | 0.33 |
| Maxima | 0.24 ventral | 0.75 kaudal | 0.21 medial | 0.39 ventral | 0.41 ventral | 0.19 medial | 1.16 |
| Minima | 0.41 dorsal | 0.49 kranial | 0.21 lateral | 1.16 dorsal | 0.48 kranial | 0.22 lateral | 0.01 |

Der Wert der Sagittalebene entspricht dem X-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer ventralen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer dorsalen Verlagerung der Modelle entspricht.

Der Wert der Vertikalebene entspricht dem Y-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer kaudalen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer kranialen Verlagerung der Modelle entspricht.

Der Wert der Transversalebene entspricht dem Z-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer lateralen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer medialen Verlagerung der Modelle entspricht.

Tabelle XI: Gesamtdaten der Verschiebung des Unterkiefermodells durch die 48-stündige Lagerung der **einfachen Wachsplatten-Registrate** (Messung der Verlagerung im Kondylarbereich in mm)

| Anzahl der Probanden n=77 jeweils 2 Mal gemessen | rechts | | | links | | | räumliche Gesamtver- lagerung re +li [mm] |
|--|------------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------------|--|
| | sagittal [mm] | vertikal [mm] | transversal [mm] | sagittal [mm] | vertikal [mm] | transversal [mm] | |
| Median | 0 | 0.05 kaudal | 0.01 medial | 0.02 ventral | 0.02 kaudal | 0.01 lateral | 0.11 |
| Mittelwert | 0.01 ventral | 0.01 kaudal | 0.01 medial | 0.01 ventral | 0.02 kaudal | 0 | 0.14 |
| Standard- abweichung | 0.08 | 0.10 | 0.08 | 0.17 | 0.12 | 0.08 | 0.08 |
| 90%Quantil | 0.10 ventral | 0.13 kaudal | 0.07 medial | 0.17 ventral | 0.17 kaudal | 0.05 medial | 0.25 |
| Maxima | 0.26 ventral | 0.32 kaudal | 0.13 medial | 0.29 ventral | 0.30 kaudal | 0.60 medial | 1.15 |
| Minima | 0.23 dorsal | 0.20 kranial | 0.58 lateral | 1.15 dorsal | 0.58 kranial | 0.14 lateral | 0.01 |

Der Wert der Sagittalebene entspricht dem X-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer ventralen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer dorsalen Verlagerung der Modelle entspricht.

Der Wert der Vertikalebene entspricht dem Y-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer kaudalen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer kranialen Verlagerung der Modelle entspricht.

Der Wert der Transversalebene entspricht dem Z-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer lateralen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer medialen Verlagerung der Modelle entspricht.

Tabelle XII: Gesamtdaten der Verschiebung des Unterkiefermodells durch die 48-stündige Lagerung der **korrigierten Wachsplatten-Registrate** (Messung der Verlagerung im Kondylarbereich in mm)

| Anzahl der Probanden n=77 jeweils 2 Mal gemessen | rechts | | | links | | | räumliche Gesamtver- lagerung re +li [mm] |
|--|------------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|---------------------|--|
| | sagittal [mm] | vertikal [mm] | transversal [mm] | sagittal [mm] | vertikal [mm] | transversal [mm] | |
| Median | 0.01 ventral | 0.02 kranial | 0 | 0.04 ventral | 0.03 kaudal | 0 | 0.10 |
| Mittelwert | 0.02 ventral | 0.01 kranial | 0.01 ventral | 0.02 ventral | 0.02 kaudal | 0 | 0.14 |
| Standard- abweichung | 0.09 | 0.10 | 0.04 | 0.15 | 0.15 | 0.05 | 0.03 |
| 90%Quantil | 0.12 ventral | 0.09 kaudal | 0.05 medial | 0.14 ventral | 0.14 kaudal | 0.05 medial | 0.25 |
| Maxima | 0.36 ventral | 0.30 kaudal | 0.13 medial | 0.35 ventral | 0.25 kaudal | 0.11 medial | 0.91 |
| Minima | 0.23 dorsal | 0.26 kranial | 0.08 lateral | 0.91 dorsal | 0.45 kranial | 0.15 lateral | 0.01 |

Der Wert der Sagittalebene entspricht dem X-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer ventralen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer dorsalen Verlagerung der Modelle entspricht.

Der Wert der Vertikalebene entspricht dem Y-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer kaudalen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer kranialen Verlagerung der Modelle entspricht.

Der Wert der Transversalebene entspricht dem Z-Wert, wobei ein Plus als Vorzeichen einer lateralen Verlagerung, ein Minus als Vorzeichen einer medialen Verlagerung der Modelle entspricht.

Tabelle XIII: Gesamtdaten der räumlichen Gesamtverschiebung des Unterkiefermodells durch die 48-stündige Lagerung aller Registratarten (räumliche Gesamtverlagerung in mm, rechts und links)

| Registramaterial (Anzahl der Probanden [n]) | Lagerungsdifferenzen der Registratrate [mm] | | | | | |
|---|---|------------|--------------------|-------------|--------|--------|
| | Median | Mittelwert | Standardabweichung | 90% Quantil | Maxima | Minima |
| Gips n=77 | 0.12 | 0.17 | 0.08 | 0.32 | 0.97 | 0.02 |
| Regisil® n=77 | 0.13 | 0.18 | 0.09 | 0.27 | 2.54 | 0.02 |
| Zinnfolie n=78 | 0.10 | 0.15 | 0.08 | 0.28 | 1.16 | 0.02 |
| Kunststoffplatte n=78 | 0.11 | 0.15 | 0.06 | 0.29 | 0.86 | 0.01 |
| Bite-Compound® n=79 | 0.13 | 0.18 | 0.05 | 0.33 | 1.16 | 0.01 |
| einfache Wachsplatte n=77 | 0.11 | 0.14 | 0.08 | 0.25 | 1.15 | 0.01 |
| korrigierte Wachsplatte n=77 | 0,10 | 0.14 | 0.03 | 0.25 | 0.91 | 0.01 |

6. Statistik

6.1 Friedman-Test zum Vergleich von mehr als 2 Gruppen

Bei der vorliegenden Untersuchung konnten sieben unterschiedliche Registrare, also im statistischen Sinne sieben verschiedene Verfahren (Gruppen) beurteilt werden. Dazu wurde der Friedman-Test angewendet. Mit diesem Test konnten die Mittelwerte der sieben verschiedenen Registrare verglichen werden.

Grundlage dieses nicht parametrischen Tests sind die Rangzahlen der Beobachtungen. Für jeden Probanden existieren abhängige Beobachtungen zu den jeweils angewendeten Verfahren.

Die zu testende Nullhypothese H_0 lautet: „Die sieben Verfahren haben gleiche Effekte.“ Die Nullhypothese H_0 wird gegen die Alternativhypothese H_1 getestet, welche lautet: „Mindestens zwei der Verfahren haben unterschiedliche Effekte.“

Ein Test wird als signifikant bezeichnet, falls der zugehörige p-Wert kleiner als das Signifikanzniveau $\alpha = 0,05$ ist.

6.2 Wilcoxon-Vorzeichenrangtest zum paarweisen Vergleich

Der Wilcoxon-Vorzeichenrangtest ist ein nicht parametrischer Test zum Vergleich der Mittelwerte zweier abhängiger Verfahren (Registrarten).

Die Nullhypothese H_0 lautet: „Der Mittelwert der Differenzen der beiden Verfahren ist Null.“ Dagegen lautet die Alternativhypothese H_1 : „Der Mittelwert der Differenzen der beiden Verfahren ist ungleich Null.“

Wenn also der Friedman-Test signifikante Ergebnisse liefert, können mit dem paarweisen Vergleich über den Wilcoxon-Vorzeichenrangtest je zwei Gruppen abgeglichen werden. Damit kann festgestellt werden, welche der zuvor betrachteten Verfahren sich für das Verwerfen der Nullhypothese H_0 beim Friedman-Test verantwortlich zeichnen.

Wird der Friedman-Test zum Vergleich von sieben Verfahren (Registratarten) signifikant, können jeweils zwei Verfahren mit dem Wilcoxon-Vorzeichenrangtest verglichen werden.

Falls mehrere Tests zur Verifizierung einer Globalhypothese durchgeführt werden, wird die Anzahl der Tests mit dem p-Wert multipliziert und erst dann mit dem Signifikanzniveau verglichen. Bei fünf Tests werden die p-Werte mit fünf multipliziert. Dies hat folgende Auswirkung: Je mehr Tests (Verfahren) in eine Gesamtaussage eingehen, desto niedriger muß der einzelne p-Wert sein, damit insgesamt ein signifikantes Ergebnis resultiert. Aus diesem Grund sollten alle Tests rein deskriptiv betrachtet und bewertet werden.

6.3 Ergebnisse der statistischen Auswertung

- Es gab keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Registratarten (Verfahren), bezogen auf die Lagerzeit.
- Die Ergebnisse der Meßwiederholungen vor und nach der Lagerzeit waren gleich gut, dies bedeutet: die Lagerung der Registrare hatte keinen Effekt bezogen auf die Meßgenauigkeit.

- Die Registratart hatte keinen Einfluß auf die Meßgenauigkeit.
- Die Lagerung beeinflusste die Streuung der Meßwerte bei den drei Registraten innerhalb einer Registratgruppe nicht.
- Das angewendete Verfahren hatte keinen Einfluß auf die Streuung der Meßwerte zwischen den drei Exemplaren innerhalb einer Registratgruppe nach der Lagerzeit.

7. Diskussion

Aus der Literatur geht hervor, daß bezüglich Registratart, Handhabung, Ausführung und nicht zuletzt der Lagerung unterschiedliche Meinungen herrschen. Diese resultieren offensichtlich aus variierenden persönlichen Erfahrungen und den verschiedenen Materialeigenschaften, die jeweils die Auswahl eines spezifischen Registrattypes bestimmen.

Deshalb wird kaum ein Gebiet in der Zahnheilkunde so kontrovers diskutiert und untersucht wie die Festlegung der Unterkieferlage mit Hilfe von gesperrten Checkbißregistraten.

7.1 Kritik der Methode

Folgende Punkte mußten beachtet werden, die die Ergebnisse der Registratherstellung beeinflussen konnten:

Einflußnahme durch den Patienten:

- fehlerhafte Einstellung der angestrebten Unterkieferposition
- verspannter Patient
- parodontale Beweglichkeit der Zähne wird auf dem Modell nicht wiedergegeben
- fehlerhafte Ausführung der geforderten Bewegungen des Unterkiefers
- Verbiegung der Mandibula während der Mundöffnung
- unkontrollierte Kieferschließkraft des Patienten
- Unterschiede in der Anatomie der Probanden (große Zunge o.ä.)
- Beanspruchung des Probanden wegen 3-stündiger klinischer Untersuchung

Da die Untersuchung der Probanden nicht nur von einem, sondern von vier Behandlern durchgeführt wurde, mußten folgende Faktoren berücksichtigt werden:

- unterschiedliche Erfahrung und manuelle Fertigkeit der Behandler
- Fehler in der praktischen Ausführung der einzelnen Registerate
- keine standardisierbare Behandlerposition bei der Registrierung
- fehlendes Erkennen von mangelhaften Registraten und deren Weiterverwendung

Alle diese Punkte waren für die reine Untersuchung der Lagerstabilität irrelevant, da hier nicht die Reproduzierbarkeit der Registrierung, sondern nur die Lagerstabilität jedes einzelnen Registrates nach der 48-stündigen Lagerzeit überprüft und ausgewertet werden sollte.

Fehlermöglichkeiten bei der Untersuchung der Lagerstabilität:

- ungenaue Gipsmodelle durch die Problematik der Abformung und Modellherstellung
- Verunreinigung der Modelle durch Abrieb der Registratmaterialien
- ungenügendes Vorbereiten der Registerate durch fehlerhaftes Beschneiden und damit fehlerhafter Sitz auf den Gipsmodellen
- Verbiegung der Registratmaterialien durch unvorsichtige Handhabung
- Fehler beim Reponieren der Registerate auf den Modellen
- unsachgemäßes Auseinandernehmen und Zusammensetzen des Artikulator-Splitcast-Systemes
- fehlerhafte Positionierung des Gewichtes auf dem Artikulatoroberteil mit dadurch verbundener dreidimensionaler Kippung des Oberkiefermodelles
- Nachlässigkeit des Untersuchers durch monotone Arbeitsabläufe

Bedingt durch die digitalisierte Meßwertdarstellung am Computermonitor, konnten größere Abweichungen direkt vor der Speicherung der Datensätze evaluiert werden. Bei offensichtlich zu stark voneinander abweichenden Werten konnte der Arbeitsgang vor der Abspeicherung deshalb wiederholt werden.

Trotz all dieser Vorsichtsmaßnahmen ließen sich Fehlmessungen in der Auswertung nicht vermeiden, die eindeutig durch den Ausführenden verursacht waren. Dies dürfte damit zusammenhängen, daß sich der praktische Teil der Untersuchung über 6 Wochen hinzog und die Registrare ohne zeitliche Verzögerung täglich 10 Stunden vermessen werden mußten. Es ist deshalb denkbar, daß Fehlmessungen durch unkonzentriertes Arbeiten beim Beschneiden der Registrare bzw. beim Zusammensetzen des Modell-Registral-Komplexes entstanden sein könnten. Die Abweichung, die eine besonders kritische Überprüfung der Einzeldaten auslöste, war der fünffache Wert der Standardabweichung. Ergebnisse, die diese Größe überschritten, wurden nachträglich von der statistischen Auswertung ausgenommen. Daraus ergibt sich auch die unterschiedlich große Anzahl der ausgewerteten Beobachtungen [n].

7.2 Vergleich mit dem Schrifttum

In der Literatur findet man für die Herstellung interokklusal gesperrter Checkbißregistrare unterschiedliche Methoden, z.B. die Herstellung von Registraren mit und ohne Trägerplatten und die Verwendung verschiedener Materialien.

Als Trägermedium für Plattenregistrare werden Wachse, Kunststoffe und Metallfolien eingesetzt. Für deren Feinkorrektur sind Zinkoxyd-Nelkenöl-Pasten, Wachse, licht- und autopolymerisierende Kunststoffe, thermoplastische Massen und deren Kombinationen denkbar.

Gips, Silikon und Polyäther können ohne zusätzlich stabilisierende Materialien verwendet werden.

Die Registrare differieren nicht nur in ihrer chemischen Zusammensetzung, sondern auch in der behandlerabhängigen Methodik, da nicht bei jedem Patientenfall das gleiche Verfahren angewendet werden kann.

Metallfolie:

Fischer et al. (1987) berichteten, daß sich Trägerplatten aus bleitoten Metallegierungen als gut okklusal adaptierbar und unempfindlich gegenüber Temperatur- und Lagerungseinflüssen erwiesen hätten. Dafür war eine Mindeststärke von mindestens 0,25 mm erforderlich. Metall als Trägerplatte ohne Korrekturmateriale war ungeeignet.

Deshalb ist es besser, die Trägerplatten durch eine geeignete Profilierung zu stabilisieren und seitlich mit Korrekturmateriale zu unterfüttern. Wir wählten eine Zinnfolienstärke von 0,9 mm, die sich im klinischen Gebrauch bewährt hatte und weniger Anfälligkeit gegen Deformationen bei der Handhabung zeigte (Koeck 1979).

Kunststoff:

Kunststoffplatten wurden in der Literatur kritisch beurteilt, da sie im Aushärteprozeß bedingt durch die Polymerisationsschrumpfung zu starken Dimensionsänderungen neigten (Adams, 1982). Lassila (1986) fand nach 6 Minuten bereits Polymerisationsschrumpfungen von 3,6 % (Volumen). Die durch die Polymerisationsschrumpfung entstandenen Ungenauigkeiten sollten deshalb in jedem Fall durch eine Feinkorrektur mit geeigneten Materialien ausgeglichen werden. Die interokklusale Sperrung wird allerdings durch die Schichtstärke des Korrekturmateriale größer. Stackhouse (1976) gab an, daß Kunststoffe bereits nach 20 Minuten weiterverwendet werden können. Zu einer Lagerung von mindestens 24 Stunden vor dem Gebrauch der Kunststoffträgerplatte rieten Fischer et al. (1987), weil sonst Ungenauigkeiten bis zu 1 mm zu beobachten wären. Sie empfahlen die Herstellung

und Vorbereitung der Platten im zahntechnischen Labor analog zu dem Hinweis von Krauth und Völm (1994), die ebenfalls diese Vorgehensweise bevorzugten. Außerdem riet Krauth keine hufeisenförmigen Registratprofile zu verwenden, da sie nicht ausreichend torsionsstabil wären. Er betrachtete Kunststoff als ein lagerstabiles Material. Fischer et al. (1987) wiesen kritisch auf die Tatsache hin, daß lichthärtende Kunststoffe die Gefahr einer Kompression im Kiefergelenk mit sich brächten. Dies sei durch die pastöse Grundkonsistenz des von ihm beschriebenen Materials vor der Aushärtung bedingt. Freilich et al. (1992) gaben an, daß lichthärtende Kunststoffe als Trägermaterial vergleichbar mit Wachs zu verwenden wären. Weitere Vorteile von Kunststoff hoben Balthazar et al. (1989) hervor. Sie lobten die Präzision und Härte des Materials, wobei die Gipsmodelle durch die Endhärte des Kunststoffes bei der Montage beschädigt werden könnten.

Wachs:

Kaum ein Registratmaterial wurde so unterschiedlich in der Literatur beschrieben wie Wachs. So reichten die Bewertungen der Autoren bei Wachs vom ideal geeigneten bis völlig ungeeigneten Material. Assif et al. (1988), die allerdings zur Verwendung von Durchbißregistraten rieten, vertraten die Meinung, daß Wachs aufgrund seiner Materialeigenschaften eine zu hohe Viskosität hätte, dimensionsinstabil wäre und eine zu geringe Detailschärfe in der Abbildung brächte. Balthazar et al. (1989) erwähnten, daß Wachs zwar oft benutzt wurde und einfach zu handhaben sei, sie bemängelten aber seine Ungenauigkeit und Instabilität. Berman (1960), Lassila und McCabe (1985) und Skurnik (1969) wiesen auf den unerwünscht hohen Widerstand beim Kieferschluß hin, weil dadurch beim Patienten reflektorische Muskelbewegungen ausgelöst werden könnten, die die Registratgenauigkeit negativ beeinflussen würden. Berman (1960) glaubte, daß Wachs trotzdem die Möglichkeit eines präzisen Transfers bote, aber auch durch seine speziellen Materialeigenschaften für den Unerfahrenen Fehlerquellen in sich birge. Fuchs (1967) bemängelte früh die unscharfe Detailwiedergabe und

mangelnde Dimensionsstabilität von Wachs, wie auch schon Cohn (1963), der angab, daß Wachse nicht genügend verwindungssteif und dazu schlecht zu lagern seien. Wachse hatten bei unterschiedlichen Temperaturen ein sehr verschiedenes Fließvermögen und müßten aus diesem Grund auf jeden Fall für eine Registrierung erwärmt werden. Den gleichen Sachverhalt griffen Horn und Vetter (1976) auf, die erwähnten, daß ein zu hartes Wachs zu einer dorsokaudalen Verlagerung der Kondylen im Kiefergelenk führen könnte. Von einem idealen Registratwachs forderte Cohn (1963), daß es sein maximales Fließvermögen im erweichten Zustand hätte. Einer möglichst kurzen Fließzeit sollte umgehend eine schnelle Erhärtung folgen. Die Fähigkeit einer genauen Detailwiedergabe war genauso wichtig wie eine hohe Verwindungsfestigkeit bei der Handhabung und beim Beschneiden der Registrare. Ein ideales Wachs sollte bei Mund- und Raumtemperatur steif sein und bei Verbiegung brechen, damit es nicht zu unbemerkten Dimensionsveränderungen kommt. Dieser Meinung war auch Koeck (1979), der zu weiches Wachs für ungeeignet hielt. Er empfahl darüber hinaus Wachs mit ZOE-Pasten zu korrigieren. Bei einer thermischen Behandlung ermittelten Lucchini et al. (1975), daß harte Wachse gegenüber weichen Wachsen größeren Dimensionsänderungen unterliegen. Ebenso gaben Reiber und Hupfauf (1990) an, daß je öfter das Wachs erwärmt wurde, es um so ungenauer nach der jeweils anschließenden Abkühlung sei. Deshalb sollte man ein Wachsregistrat nur um den Betrag erwärmen, bis die für die Registrierung gewünschte Elastizität erreicht sei. Eeckman und De Boever (1988) waren der Ansicht, daß man mit Wachs genaue zentrische Registrare erreichen könnte. Auch Freilich et al. (1992) empfahlen ein hartes Wachs als Trägermaterial. Lagerung und Handhabung beeinflussten in nicht geringem Maße die Genauigkeit der Registrare (Eeckman und De Boever, 1988). Wegen auftretender Verwindungen in vertikaler und anteroposteriorer Richtung hielten Fattore et al. (1984) und Shanahan und Leff (1960) Wachs für zu ungenau. Millstein war einer der ersten Autoren, die sich mit der Vorbereitung und dem Handling von Wachsregistraten auseinandersetzten. Er empfahl (1985) Wachsregistrare doppellagig einzusetzen, da gefaltete Wachsregistrare genauere Ergebnisse liefern würden. Der

Wachstyp stellte für ihn keinen entscheidenden Faktor in der Modellmontage dar. Dagegen beurteilte er die vorsichtige Entnahme der Registrat aus dem Mund als besonders wichtig, da es hierbei schon durch unsachgemäße Handhabung zu Verbiegungen kommen könnte.

Diese Erkenntnis entsprach auch unseren klinischen und praktischen Erfahrungen. Wachs muß ohne Zweifel auf jeden Fall vorgewärmt werden, damit der Widerstand beim Kieferschluß minimiert wird. Millstein (1985) war aber nicht in der Lage, eine einmal mit einem Wachsregistrat erreichte Position exakt zu reproduzieren. Wirth und Aplin (1971) waren der Meinung, daß ein doppellagiges Wachsregistrat aus klinischer Sicht mit den besten anderen Registraten vergleichbar einzusetzen wäre. Sie wiesen jedoch darauf hin, daß Wachs bei unsachgemäßem Gebrauch und zu geringer Materialstärke anfällig gegen Verwindungen sei. Als Feinkorrekturmateriale empfohlen Fischer et al. (1987) Aluwachs wegen seiner guten praktischen Handhabung. Durch das gute Fließvermögen und die Möglichkeit des sequentiellen Auftragens bei der Korrektur bestand keine Kompressionsgefahr im Kiefergelenk wie z.B. beim weniger plastischen Kunststoff.

Gips:

Ein weiteres, wenn auch oft nur für die Stützstiftregistriertechnik (Utz et al., 1991) benutztes Registratmaterial, war der Abdruckgips. Er zeichnete sich durch eine besonders hohe Schärfe in der Darstellung aus und war lagerungsunempfindlich. Bedingt durch seine flüssige Konsistenz empfanden ihn die Patienten oftmals als unangenehm und er war für den unerfahrenen Behandler gewöhnungsbedürftig in der Handhabung, was auch schon Balthazar-Hart et al. (1981) beschrieben. Wegen seines genauen, harten, unverformbaren und lagerfähigen Charakters hielten sie Gips für ein gutes Registratmaterial. Vor der Benutzung, beim Einartikulieren der Modelle mußten die Registratstücke allerdings penibel und sorgfältig beschnitten und von Verunreinigungen befreit werden. Sonst könnte es schnell zu Übertragungsfehlern kommen. Stellen, an

denen das Registrat Schleimhautkontakt hatte, mußten auf dem Modell unbedingt zurückgeschnitten werden (Balthazar et al., 1989). Müller et al. (1988) untersuchten die lagerungsbedingten Schwankungen zwischen Original- und Arbeitsmodellen, wobei sie beobachteten, daß auf den Arbeitsmodellen die größeren Schwankungen auftraten. Außerdem wiesen sie darauf hin (1990), daß Abdruckgips über 24 Stunden dimensionsstabil wäre. Millstein et al. (1983) entdeckten, daß unmittelbar nach dem Abbinden eine Expansion von 0,3 % auftrat. Berman (1964) war mit der Tatsache unzufrieden, daß der Abdruckgips zu leicht brach. Nach Genieser und Jakstat (1991) hatte Gips bei der Stützstiftregistrierung eine reproduzierbare Genauigkeit von 0,01mm in der Vertikal- und Horizontalebene. Für Skurnik (1969) handelte es sich bei Gips um ein sehr exaktes Material.

Zinkoxid-Eugenol:

Zinkoxid-Eugenol-Pasten eigneten sich wegen ihrer Materialeigenschaften und flüssigen Konsistenz während der Verarbeitung nur zur Feinkorrektur von unkorrigierten Trägerplatten, die möglicherweise ohne Korrektur (Metallfolie, Kunststoff) nicht zur eindeutigen Festlegung der Kieferrelation geeignet wären (Adams 1982). Adams bevorzugte zur Korrektur von Metallfolien die Super-Bite[®]-Paste. Auch Koeck (1978) korrigierte hartes Wachs mit einer Zinkoxid-Eugenol-Paste. Nach den Messungen von Balthazar-Hart et al. (1981) zeigten Zinkoxid-Pasten, in Abhängigkeit von der Zeit, eine lineare Kontraktion nach einer initialen Expansion. Diese träte innerhalb der ersten Stunde nach der Abbindereaktion ein, was zu einem Verkleben des Registrates am Zahn führen könnte (Lassila 1986). Balthazar-Hart et al. (1981) empfahlen eugenolfreie Zinkoxid-Pasten, da sie geringere Abweichungen während der Lagerzeitmessungen zeigten. Dem widersprachen Lassila und McCabe (1985), die bei ihren Untersuchungen eine Verlangsamung der Viskositätszunahme bei eugenolhaltigen Pasten im Vergleich zu eugenolfreien bemerkten, was ihrer Auffassung nach einen Verarbeitungsvorteil bei Mundtemperatur brächte. Den Vorteil

einer niedrigen Viskosität und hohen Fließfähigkeit von Zinkoxid-Eugenol-Pasten sah auch Berman (1960), der besonders den geringen Widerstand beim interokklusalen Registrieren als Argument aufgriff. Einen geringen Widerstand gegen Schließdruck beobachtete auch Lassila (1986) in seinen Messungen, er fand nach 72 Stunden Lagerzeit in trockener Umgebung Dimensionsänderungen, die 0,2 % nicht überschritten. Fattore et al. (1984) beschrieben in ihrer in vivo durchgeführten Studie Zinkoxid-Eugenol-Pasten als ausreichend genaues Material zur Korrektur von Trägerplatten. Kritisch merkten sie jedoch an, daß Zinkoxid-Eugenol-Pasten schnell austrocknen und am Zahn kleben würden, beim Beschneiden leicht brächen (Ohlrogge et al., 1990) und in der Regel nur einmal verwendet werden könnten. Balthazar et al. (1989) sahen die Vorteile in der flüssigen Konsistenz, in der guten Haftung am Träger, in der Reproduzierbarkeit und in der hohen Detailschärfe des Materials. Als Nachteil empfanden sie die recht lange Aushärtezeit im Mund des Patienten und die zum Abbrechen neigende Konsistenz. Zinkoxid-Eugenol-Pasten bildeten ihrer Meinung genauer als Gips ab, deshalb könnte es zu einem unkorrekten Sitz des Registrates auf dem Gipsmodell kommen. Ohlrogge et al. (1990) benutzten Zinkoxid-Eugenol-Pasten in Verbindung mit einem Adhäsiv, um eine bessere Verbindung zur Trägerplatte herzustellen zu können. Bei einer geringen Schichtstärke sei eine Zinkoxid-Eugenol-Paste gut geeignet zur Korrektur des Trägermediums. Skurnik (1969) verwandte Zinkoxid-Eugenol-Paste in einem Gitter-Trägerrahmen zur Stabilisierung bei einseitigen Registraten.

Silikon:

Die Werkstoffgruppe der Silikone drängt in immer stärkerem Maße auf den heutigen Dentalmarkt. Mußten die Silikone früher noch umständlich per Hand aus zwei Komponenten angemischt werden, so erleichtern die jetzt erhältlichen Kartuschensysteme die Anwendung erheblich. Aufgrund der gummielastischen Eigenschaften hielten Koeck (1979), Adams (1982), Genieser und Jakstat (1991)

Silikone jedoch für sehr problematisch, um Gipsmodelle gegeneinander im Artikulator einzustellen. Wenn die Modelle nicht exakt zentral belastet würden, könnte die Eigenelastizität dazu führen, daß unbemerkte dreidimensionale Kippungen beim Einartikulieren der gesperrten Checkbißregistrare auftreten, was auch Balthazar et al. (1989) in ihrer Veröffentlichung als gravierenden Nachteil aufzeigten. Andererseits betrachteten sie als Vorteil von Silikon, daß es trägerlos verwendet werden könnte und ausreichend genau sei. Freilich et al. (1992) beschrieben eine gute horizontale Stabilität von Silikonen. Das von uns benutzte Silikon 'Regisil' zeigte in der Untersuchung von Breeding et al. (1992) eine geringere Festigkeit gegen Widerstandsverformung als andere geprüfte Silikone, während es in der Untersuchung von Wöstmann und Vehring (1994) bessere Ergebnisse in der Lagerstabilität brachte. Silikon konnte auf keinen Fall direkt weiterverwendet werden, da es initial nach der Abbildung in den ersten beiden Stunden zu den größten Dimensionsveränderungen käme (Balthazar-Hart et al., 1981; Millstein et al., 1981). Lassila (1986) fand in seiner Lagerzeitstudie für Silikon nach 72 Stunden Dimensionsveränderungen vor, die kleiner als 0,3 % waren. Er bewahrte die Proben dazu trocken und bei Raumtemperatur auf. Die zu beobachtenden Dimensionsänderungen gingen immer mit einem Gewichtsverlust einher (Millstein et al., 1975). Dieser Gewichtsverlust war aber vernachlässigbar und beeinflusste nicht die Dimensionsstabilität (Millstein et al., 1994). In ihrer Untersuchung blieben die untersuchten Silikone über den Beobachtungszeitraum von 48 Stunden genau und dimensionsstabil. Wöstmann (1993, 1994) sah den Vorteil von Silikonen in ihrer leichten Handhabung. Interokklusale Registrare aus Silikon streuten in der Reproduzierbarkeit bis zu 1 mm und konnten deshalb nur eingeschränkt empfohlen werden. Starre Materialien schnitten im Vergleich deutlich besser ab, wie auch die Silikone der Untersuchung, die eine größere Endhärte aufwiesen. Wöstmann und Vehring (1995) wiesen darauf hin, daß alle derzeitig zur Verfügung stehenden Produkte Fehler bei der Modellzuordnung nicht ausschließen könnten. Das galt für die Anwendung sowohl beim bezahnten als auch beim unbezahnten Patienten. Als einziger Autor verwendete Kobes (1973) Silikon als

Korrekturmateriale für eine Trägerplatte. Er benutzte als Trägerplatte allerdings ein hartes Wachs.

Thermoplaste:

Thermoplastische Materialien wie das von uns benutzte Bite-Compound[®] wurden in der Literatur kontrovers besprochen. Lassila und McCabe (1985) hielten Thermoplaste für zu zerbrechlich, instabil und ungenau. Müller et al. (1988) fanden bei ihrer Untersuchung bereits nach 30 Minuten Bißerhöhungen von 0,2mm. In der Veröffentlichung von 1990 beschrieben sie Thermoplaste als instabil und für die Registrierung ungeeignet. Breeding et al. (1994) stellten heraus, daß Thermoplaste ungenauer als Silikone und Kunststoffe wären. Thermoplastische Materialien könnten die Gefahr einer Distraction im Kiefergelenk wegen der unkontrollierbaren momentanen Härte während der Abkühlung im Patientenmund in sich bergen. Ein im Umgang mit dem Werkstoff geübter Behandler könnte aber gute und reproduzierbare Ergebnisse erzielen (Fischer et al., 1987). Bite-Compound[®] war im klinischen, wie labortechnischen Gebrauch ein gut zu verarbeitendes Registratmaterial und sei besonders gut geeignet in Verbindung mit KKD[®]-Bißregistrierlöffeln (Utz et al., 1992). Wöstmann (1993) ermittelte die geringsten Kondylenverlagerungen mit thermoplastischen Massen, sie waren genauer als die verglichenen elastischen Materialien.

7.3 Beobachtungen während der Studie

Bei der Handhabung der unterschiedlichen Registerate zeigten sich bei der Untersuchung der Lagerstabilität deutliche Unterschiede, die auf die typischen Eigenschaften der Materialien zurückzuführen waren. Während die Registerate, die nach der klinischen Herstellung einteilig (z.B. Wachs) vorlagen, relativ problemlos benutzt werden konnten, mußten alle zweiteiligen Registerate (Gips, Bite-Compound[®])

besonders sorgsam behandelt werden. Dies erklärt sich dadurch, daß jeweils die rechte und linke Seite als Einzelstücke auf das Modell reponiert werden mußten. Es konnte so durch die geringe Größe und den fehlenden Verbund der beiden Registrathälften zu Kippungen der Registerate und des Oberkiefermodelles kommen, die schwer zu bemerken und zu kontrollieren waren.

Gips und Bite-Compound[®] mußten besonders sorgfältig zurückgeschnitten werden, da auf jeden Fall ein Kontakt zwischen Registrat und der auf dem Modell abgebildeten Schleimhautoberfläche zu vermeiden war. Bedingt durch die Materialbeschaffenheit von Gips und Bite-Compound[®] mußte gewährleistet sein, daß die Registerate unter fließendem Wasser bearbeitet wurden, da ansonsten die auf den Gipsmodellen verbleibenden Verunreinigungen zu Fehlinterpretationen der Messungen führen konnten.

Durch die Zusammendrückbarkeit des additionsvernetzenden Silikons Regisil[®] mußte unbedingt darauf geachtet werden, daß die Modelle zentral belastet wurden. Entstandene Kippungen wurden ansonsten durch die Elastizität von Regisil ausgeglichen und wahrscheinlich nicht bemerkt.

Das auf der Oberkieferseite mit Super-Bite[®]-Paste bestückte Zinnfolienregistrat hatte bei der Lagerzeituntersuchung den Nachteil, daß es durch leichten Abrieb der Super-Bite[®]-Paste zu Verunreinigungen der Gipsmodelle kam, die nur schwer wieder entfernt werden konnten.

Analog zum Zinnfolienregistrat kam es auch beim korrigierten Wachsregistrat zu einem leichten Schmierfilm auf dem Gipsmodell durch die Super-Bite[®]-Paste, der unbedingt entfernt werden mußte, um die nachfolgenden Messungen nicht negativ zu beeinflussen.

Beim unkorrigierten Wachsregistrat fiel auf, daß es bei vorsichtiger und sachgemäßer Handhabung problemlos weiterverwendet werden konnte.

7.4 Wertung der Ergebnisse

Analog zu den Untersuchungen von Fattore et al.(1984), Horn und Vetter (1976) und Utz et al. (1992) stellten wir die Registrate an vollbezahnten, möglichst füllungs-freien Patienten her. Um möglichst exakte Gipsmodelle zu erhalten, formten wir die Patienten mittels Schreinemakers[®]-Abformlöffeln für Bezahnte und Monophase-Abformungen mit einem additionsvernetzenden Silikon ab. Dies war eine Kombination, die sehr genaue Modelle liefern konnte. Da es bei unserer Untersuchung erforderlich war, viele verschiedene Registrate in einem Meßartikulator nachzuuntersuchen, wählten wir ein Split-Cast-System. Dafür eignete sich nach unserer Einschätzung besonders gut das von Bernard et al. (1994) untersuchte Adesso[®]- Split-Cast-System, um absolut exaktes Arbeiten zu gewährleisten.

Vergleichbar zu der Forderung von Millstein et al. (1971) die Modelle mit Druck zu montieren, belasteten wir das Artikulatoroberteil zentral mit einem Gewicht von 10 N, um die Modelle eindeutig positionieren zu können. Klünder (1993) wählte in ihrer Versuchsanordnung 9,81 N als Gewicht, Müller belastete in all seinen Untersuchungen die Proben mit 4 N. Jähnig (1979) benutzte ein Gewicht von ca. 5 N, während Kettenbach (1984) ca. 20 N auswählte. Millstein et al. (1971) beobachteten bei der Belastung mit einem Gewicht am Artikulatoroberteil eine Abnahme der vertikalen Dimensionsänderungen, die horizontalen erhöhten sich dagegen leicht. Balthazar-Hart et al. (1981) übten bei ihren Messungen Druck von Hand auf die Proben aus. Bei diesem Vorgehen stellten wir bei einer Testanwendung jedoch erhebliche Meßabweichungen beim einzelnen Registrat fest.

Unsere Untersuchung zeichnete sich durch einen besonderen klinischen Bezug aus, weil alle Registrate am Patienten gewonnen wurden und durch eine besonders hohe Anzahl von Stichproben verifiziert wurden. Im Gegensatz zu allen anderen Studien wurden keine im Laborversuch hergestellten Registrate oder in unterschiedlichsten Formen hergestellte Prüfkörper vermessen (Balthazar-Hart et al., 1981; Lassila 1985 und 1986), sondern in der klinischen Routine durchgeführte Registrate.

Betrachtete man die Hinweise der Autoren bezüglich Handling, Aufbewahrung und Lagerung, gingen die Empfehlungen der anderen Untersuchungen sehr weit auseinander. Außerdem bezogen sie sich vor allem auf das Registratmaterial Wachs, weil hier die Meinungen der Autoren am weitesten auseinander lagen und es am häufigsten untersucht wurde.

Im folgenden eine Auflistung der werkstoffkundlichen Empfehlungen zum Temperaturhandling der Registrare:

- Assif et al. (1988): Doppellagiges Wachs bei 42° C, 20 Sekunden aufheizen
- Balthazar et al. (1989): Wachs 1 Minute im Wasserbad erwärmen, Registrieren, unter kaltem Wasser aushärten, Kontrolle und Beschneiden
- Boitel (1976): Wachs im Eiswasser abkühlen
- Cohn (1963): Wachs im kalten Wasser abkühlen (kein Eiswasser)
- Fischer et al. (1987): Abkühlung im Eiswasser erhöht die Streubreite der Messungen um den Faktor 10
- Horn und Vetter (1976): Erwärmung von Wachsregistrat 30 Sekunden bei 55° C im Wasserbad, Abkühlung mit Wasserspray
- Kobes (1973): Wachs bei 50° C im Wasserbad erwärmen
- Koeck (1979): Wachs im Wasserbad temperieren, behutsam abkühlen
- Krauth und Völlm (1994): Aluwachs mit Eiswasser kühlen
- Lucchini et al. (1975): Erwärmung von Wachs 8 Sekunden bei 54° C, Abkühlung bei Umgebungstemperatur
- Malchau (1977): Registrare langsam abkühlen
- Müller et al. (1991): Wachsträger langsam abkühlen
- Ohlrogge et al. (1990): Wachs nicht in Eiswasser kühlen

Empfehlungen zur Lagerung der Registrare:

- Cohn (1963): Aufbewahrung im Wasser bei Raumtemperatur
- Jähmig (1979): Lagerung des Wachsregistrates im Eiswasser
- Kettenbach (1984): Lagerung der Registrare im Eiswasser führt zu den schlechtesten Ergebnissen, Abkühlung an der Umgebungsluft
- Lassila und McCabe (1985): Silikone nicht im feuchten Medium aufbewahren
- Lassila (1986): Wachs bei gleichbleibenden Temperaturen lagern
- Lucia (1992): Lagerung im kalten Wasser
- Lucchini et al. (1975): Lagerung bei Umgebungstemperatur
- Malchau (1977): Registrare im Wasser schwimmend aufbewahren
- Millstein et al. (1971): Registrare angemessen lagern, beste Ergebnisse bei Lagerung an der Luft bei Raumtemperatur
- Millstein et al. (1973;1983): Lagerung bei Raumtemperatur und Umgebungsluft, nur Handling und Procedere entscheiden über die Genauigkeit der Registrare
- Müller et al. (1991): Lagerung bei 17-23° C
- Reiber und Hupfau (1990): Wachse bis zur Montage im Eiswasser lagern, da dadurch die Härte gesteigert wird
- Skurnik (1969): Registrare auf dem Gegenkiefermodell aufbewahren

Nach unseren klinischen Erfahrungen empfahl es sich, ein Wachsregistrat bei ca. 50°C im Wasserbad für 20 Sekunden zu erhitzen, es sehr behutsam aus dem Mund zu entnehmen, bei Raumtemperatur abzukühlen und aufzubewahren. Die Aufbewahrung der anderen Registratmaterialien unterschied sich nicht von denen beim Wachs aufgezeigten Modalitäten. Auch bei ihnen kann eine Lagerung bei Raumtemperatur an der Umgebungsluft empfohlen werden.

Waren schon die Hinweise bezüglich Handling und Lagerung sehr unterschiedlich, gibt es genau so viele Empfehlungen der Autoren in Bezug auf das ideale Registratmaterial.

Empfohlen wurden folgende Registrare in der Literatur:

- Adams (1982): perforierte Metallfolie, beidseitig mit Super-Bite[®]-Paste korrigiert, unilaterales Registrat
- Assif et al. (1988): Durchbißregistrat aus dem Elastomer Ramitec[®]
- Boitel (1976): Registrat aus Beauty-Pink[®]-Wachs extra-hart
- Cohn (1963): Hartes Wachs für interokklusale Registrare (ggfls. korrigiert mit ZOE-Paste), weiches Wachs für Durchbißregistrat
- Ferger und Rasche (1973): Registrat aus Beauty-Pink[®]-Wachs extra-hart
- Fischer et al. (1987): Metallträgerplatte korrigiert mit Steffens-Zement
- Freilich et al. (1992): es gibt kein ideales, in jeder Situation einsetzbares Material
- Fuchs (1967): Registrat aus Beauty-Pink[®]-Wachs
- Horn und Vetter (1976): Registrat aus Beauty-Pink[®]-Wachs extra-hart
- Kobes (1973): Registrat aus Beauty-Pink[®]-Wachs extra-hart, korrigiert mit Silikon
- Koeck (1978): Registrat aus Beauty-Pink[®]-Wachs extra-hart
- Koeck (1979): Wachsregistrat, gegebenenfalls mit ZOE-Paste korrigiert
- Krauth und Völlm (1994): Kunststoffplattenregistrat
- Lucia (1964): Wachsregistrat und Jig
- Malchau (1977): Registrat aus Beauty-Pink[®]-Wachs extra-hart
- Müller et al. (1991): Korrigiertes Wachsregistrat war ein günstiges Material
- Ohlogge et al. (1990): Metallfolie mit Steffens-Zement und Jig, aufgebaut mit Aluwachs
- Skurnik (1977): Duralay[®]-Registrat
- Stammen (1992): Wachsregistrat war gut verwendbar
- Utz (1997): korrigiertes Wachsregistrat war als gesperrtes Checkbißregistrat gut geeignet
- Wirth und Aplin (1971): gefaltetes Wachsregistrat

Betrachtet man die Ergebnisse der hier vorgelegten Studie, so fällt auf, daß unsere ermittelten Ergebnisse im Vergleich zum Schrifttum geringere Dimensionsabweichungen zeigen (s.a. Literaturübersicht). Nimmt man als konkretes Beispiel die Studien von Müller et al. (1988; 1990a; 1990b; 1990c; 1991) heraus, dann wird offensichtlich, daß offenbar schon kleine Unterschiede im Studiendesign zu gänzlich anderen Ergebnissen führen können. In seinen Studien wurden nur halbseitige Registrate vermessen, die vielleicht zu stärkeren Kippungen der Modelle führen konnten. Die Ergebnisse stellten vergleichende Messungen an Original- und Arbeitsmodellen dar, was größere Schwankungsbreiten der Ergebnisse bedingt. Die Erstabformungen erfolgten nicht standardisiert mit dem gleichen Material, sondern es kamen bis zu drei verschiedene Abformmaterialien zur Anwendung. Zusätzlich ergab sich eine relevante Seitenasymmetrie aufgrund der unterschiedlichen Präparationsformen der Zähne auf den Modellen, die für die Registratherstellung verwendet wurden. Bei der Messung belasteten sie die Registrate mit 20 N. Die von ihm festgestellten Abweichungen waren die Abweichungen jedes Registrates von der Position der maximalen Interkuspitation, welches das Problem barg, daß ein Absenkefehler mit in die Messung einfloß. Durch den Umstand, daß Müller et al. die Registrate in zwei Artikulatoren vermaßen, kam es zu Unterschieden in den Ergebnissen, weil Gipsmodelle nicht identisch sein konnten und damit auch die Registrate nicht vergleichbar reponiert werden konnten.

Zusammenfassend kann man sagen, daß sich eine große Anzahl von Untersuchungen mit der Problematik beschäftigten, ein geeignetes Registratmaterial zu finden, das allen gewünschten Materialeigenschaften entsprach. Die Fragestellungen und Prüfmethode waren sehr variabel und ließen direkte Vergleiche mit dieser Studie nicht zu. Betrachtet man den Aufbau unserer Untersuchung, so gibt es in der Literatur keine vergleichbare Studie mit ähnlichem Design. Die Besonderheit liegt darin, daß wir die Registrate unter genormten klinischen Bedingungen herstellten und danach unter normalen, für jeden Praktiker reproduzierbaren Umständen nachuntersuchten.

7.5 Praktische Schlußfolgerungen

- Für jedes geprüfte Material galt, daß es über den Untersuchungszeitraum ähnlich lagerungsstabil verglichen mit den anderen Materialien war.
- Alle untersuchten Registrate konnten sehr große Differenzen bei der Modellmontage bewirken, wobei das getestete Silikon die größte Abweichung auslöste. Deshalb war es wichtig, die angestrebte Unterkieferhaltung mehrfach aufzuzeichnen und die Modelle anhand der Split-Cast-Kontrollsockelmethode zu überprüfen.
- Es ließen sich mit jedem untersuchten Registrat vergleichbar gute Ergebnisse erreichen, wobei die beiden geprüften Wachsregistratarten keine schlechteren, sondern eher günstigere Ergebnisse erzielten.
- Die Meßwiederholungen vor und nach der Lagerzeit waren weitgehend identisch, was bedeutet, daß die Lagerung keinen Effekt auf die Meßgenauigkeit hatte.

8. Zusammenfassung

Das Ziel dieser Untersuchung lag darin, die Dimensionsstabilität von Registraten nach 48-stündiger Lagerzeit zu ermitteln. Die Untersuchungsbedingungen sollten den klinisch relevanten Umständen angepaßt sein, die auch der Zahnarzt im täglichen Praxisalltag antrifft.

An 81 vollbezahnten und möglichst füllungsreifen Probanden wurden Registrierungen mit sieben verschiedenen gesperrten Checkbißregistraten durchgeführt. Gesperrte Checkbißregistrare werden eingesetzt, um bei weitgehend vollbezahnten Patienten die zentrische Kondylenposition als Referenzhaltung des Unterkiefers festzulegen. Von den sieben verschiedenen gesperrten Checkbißregistraten wurden jeweils drei Einzelstücke hergestellt. Direkt nach der Fertigstellung am Probanden wurden die Registrare zum ersten Mal vermessen. Nach der ersten Messung bewahrten wir die gesperrten Checkbißregistrare bei Raumtemperatur an der Umgebungsluft auf.

Im Anschluß an die Lagerung von exakt 48 Stunden wurden die Registrare nochmals vermessen. Die Messungen der dreidimensionalen räumlichen Abweichungen erfolgten im Bereich der Kondylarboxen mit Hilfe eines Meßartikulators.

Zusammen mit den Kontroll-, Zwischen- und den Lagerzeitmessungen ergaben sich für jeden Probanden 52 Einzelmessungen.

Alle von uns verglichenen Materialien zeigten ohne Ausnahme Dimensionsveränderungen im Beobachtungszeitraum von 48 Stunden.

Sie lagen zwischen 0,25 und 0,33 mm mit einer Standardabweichung von 0,08 mm, wenn man 90% aller untersuchten Stichproben (90%-Quantil) betrachtet. Die in der Praxis oft verwendeten Wachsplattenregistrare erzielten mit Werten von 0,25 mm geringfügig positivere Resultate. Dieses Ergebnis fanden wir sowohl beim unkorrigierten wie beim korrigierten Wachsplattenregistrat, wobei beim korrigierten Wachsplattenregistrat die Standardabweichung mit 0,03 mm besonders klein ausfiel.

Trotz sorgfältigster Handhabung ließen sich Fehler von maximal 2,54 mm (Silikon) nicht vermeiden. Bei den besten Ergebnissen lagen die Werte bei allen Registraten unterhalb von 0,02mm.

Zusammenfassend war für alle untersuchten Registratmaterialien festzustellen, daß sie über den Untersuchungszeitraum vergleichbar lagerungsstabil waren.

9. Anhang

Tabelle XIV: Liste der verwendeten Materialien

| PRODUKT | HERSTELLER/ VERTREIBER | STOFFGRUPPE |
|--|---|---------------------------------------|
| Regisil [®] | L.D Caulk Division Dentsply International Inc. Milford U.S.A. | additionsvernetzendes Silikon |
| Super Bite [®] | H.J. Bosworth Company Skokie, Ill., U.S.A. | Zinkoxyd-Neißenöl-Paste |
| Bite Compound [®] | G-C Dental Industrial Corp. Tokio, Japan | Thermoplastische Kompositionsmasse |
| Beauty Pink [®] X-Hard Wax | Moyco Industries Inc. Philadelphia, U.S.A. | Plattenwachs |
| Triad [®] -Gel u. Triad [®] - Kunststoffplatten | De Trey, Konstanz | Lichthärtendes Composite |
| Snow White Plaster No.2 [®] | Kerr GmbH, Karlsruhe | Gips |
| Panasil-Contact medium viscosity | Kettenbach, Eschenburg | additionsvernetzendes Silikon |
| Tewestone [®] | Tewe Kettenbach, Eschenburg | Superhartgips |
| Gerber-System Set | Condylator Service, Zürich, Schweiz | Pfeilwinkel-Registrier-Set |
| KKD [®] -Bißregistrierlöffel | Kentzler-Kaschner Dental GmbH, Ellwangen | |

| | | |
|--|-------------------------------------|--|
| Schreinemakers Set Abformlöffel vollbezahnt | Clan | |
| Zinnfolie: 0,9 mm | Dentaurum, Pforzheim | |
| Vakuum-Anmischgerät Typ R 11 | Degussa, Frankfurt/M. | |
| SAM-Axiograph® Nr.2 | SAM, München | |
| Gesichtsbogen Dentatus® Typ AEK | AB Dentatus, Hägersten, Schweden | |
| Interface Multiplexer MUX-50 | Mitutoyo Meßgeräte GmbH, Neuss | |
| Fotokopiergerät Xerox 5018 | Rank Xerox GmbH, Düsseldorf | |

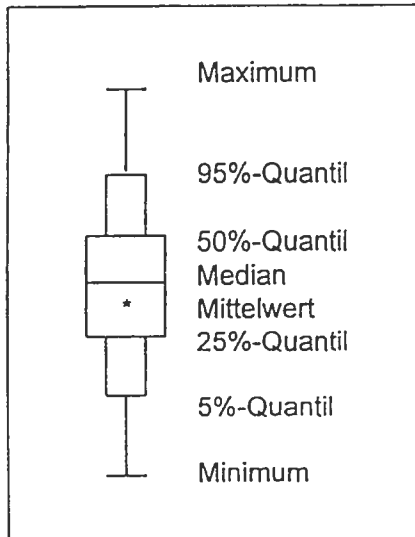
Legenden der folgenden Diagramme:

2. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, rechts (n = 72-75, Seite 69)
3. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, links (n = 72-75, Seite 70)
4. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, rechte X-Achse (n = 72-75, Seite 71)
5. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, rechte Y-Achse (n = 72-75, Seite 72)
6. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, rechte Z-Achse (n = 72-75, Seite 73)
7. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, linke X-Achse (n = 72-75, Seite 74)
8. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, linke Y-Achse (n = 72-75, Seite 75)
9. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, linke Z-Achse (n = 72-75, Seite 76)
10. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, links und rechts (n = 144-150, Seite 77)
11. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, linke und rechte X-Achse (n = 144-150, Seite 78)
12. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, linke und rechte Y-Achse (n = 144-150, Seite 79)
13. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, linke und rechte Z-Achse (n = 144-150, Seite 80)
14. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, rechts (n = 216-225, Seite 81)

15. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, links (n = 216-225, Seite 82)
16. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, rechte X-Achse (n = 216-225, Seite 83)
17. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, rechte Y-Achse (n = 216-225, Seite 84)
18. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, rechte Z-Achse (n = 216-225, Seite 85)
19. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, linke X-Achse (n = 216-225, Seite 86)
20. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, linke Y-Achse (n = 216-225, Seite 87)
21. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, linke Z-Achse (n = 216-225, Seite 88)
22. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, links und rechts (n = 432-450, Seite 89)
23. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, linke und rechte X-Achse (n = 432-450, Seite 90)
24. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, linke und rechte Y-Achse (n = 432-450, Seite 91)
25. Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48-stündiger Lagerzeit, linke und rechte Z-Achse (n = 432-450, Seite 92)
26. Mittlere räumliche absolute Differenz zwischen den Meßwiederholungen, links und rechts (n = 72-75, Seite 93)
27. Mittlere räumliche absolute Differenz zwischen den Meßwiederholungen, linke und rechte X-Achse (n = 72-75, Seite 94)
28. Mittlere räumliche absolute Differenz zwischen den Meßwiederholungen, linke und rechte Y-Achse (n = 72-75, Seite 95)

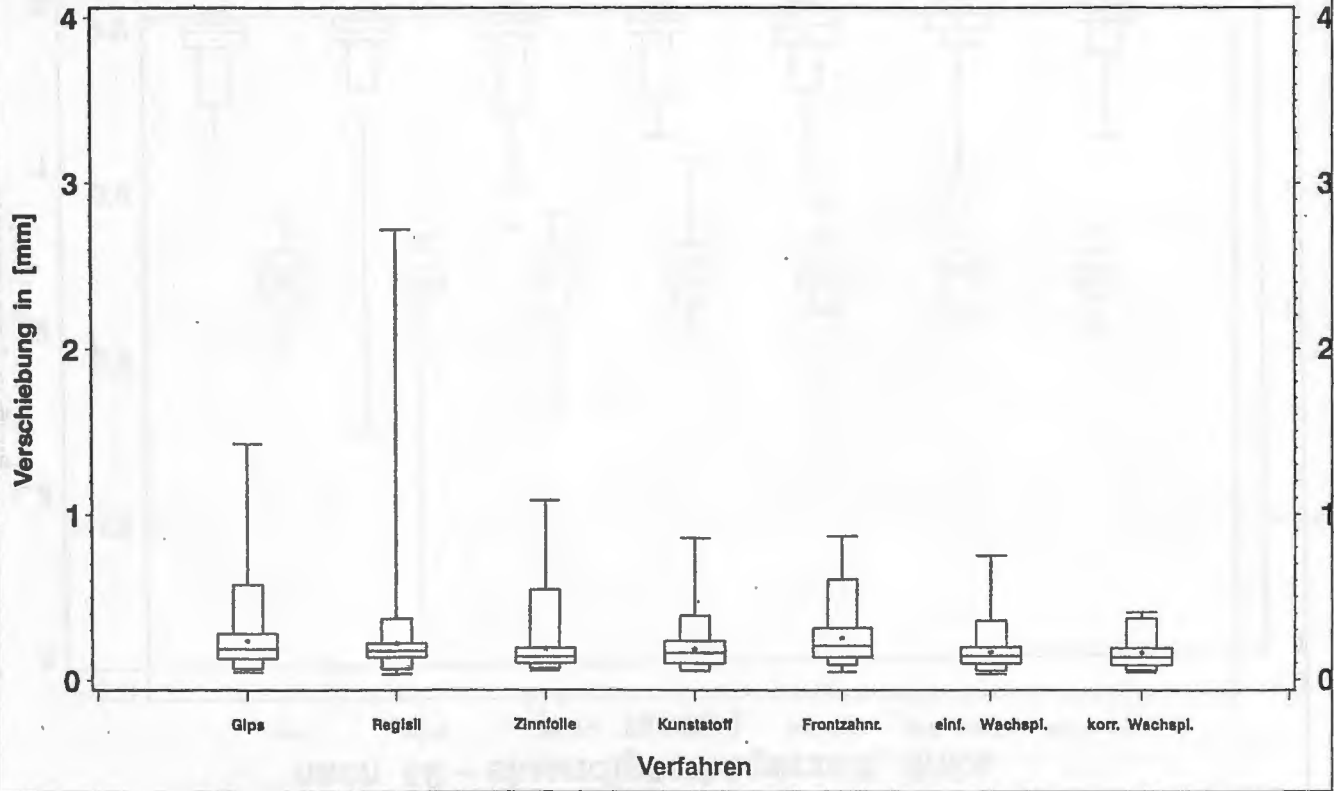
29. Mittlere räumliche absolute Differenz zwischen den Meßwiederholungen, linke und rechte Z-Achse (n = 72-75, Seite 96)

Gesamtlegende zu den in den Diagrammen verwendeten Plots:



Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrare nach 48 – stündiger Lagerzeit, rechts (n = 72–75)

Diagramm 2



Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registrat nach 48 – stündiger Lagerzeit, links (n = 72 – 75)

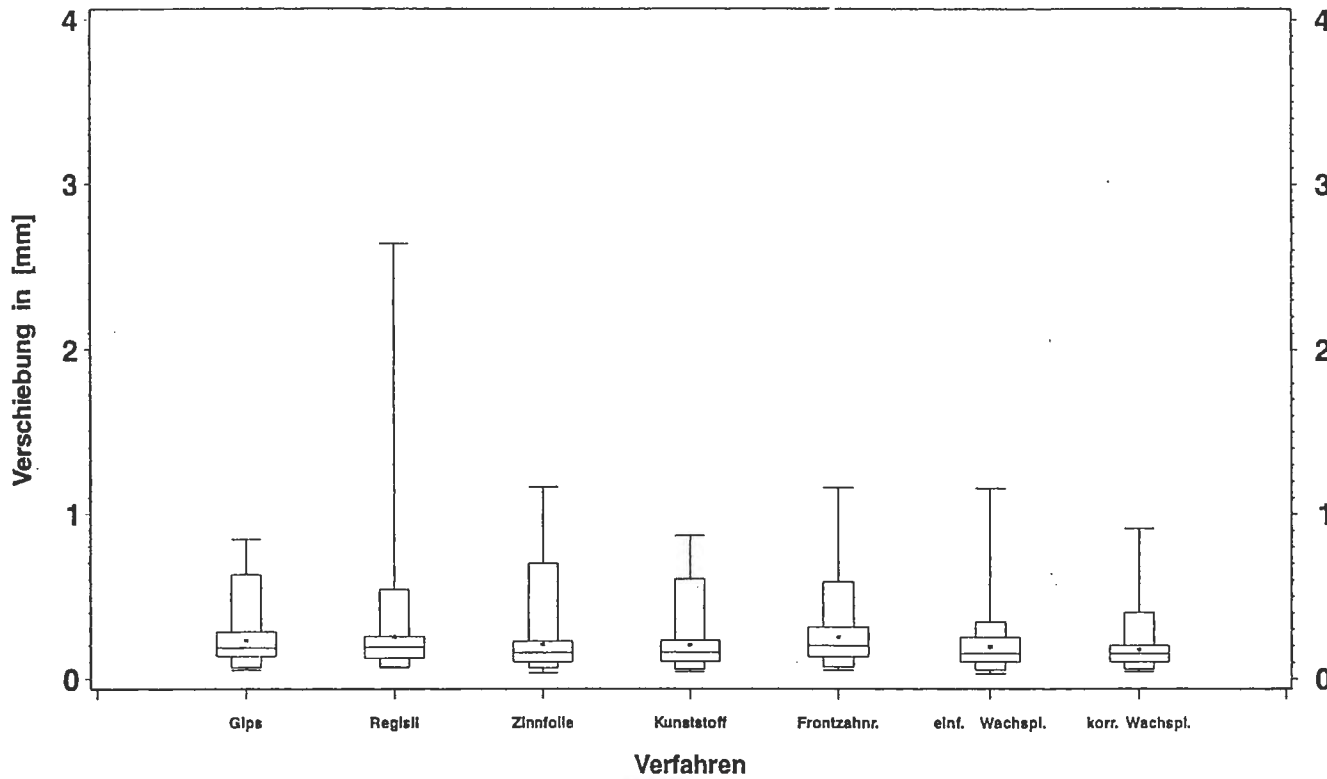
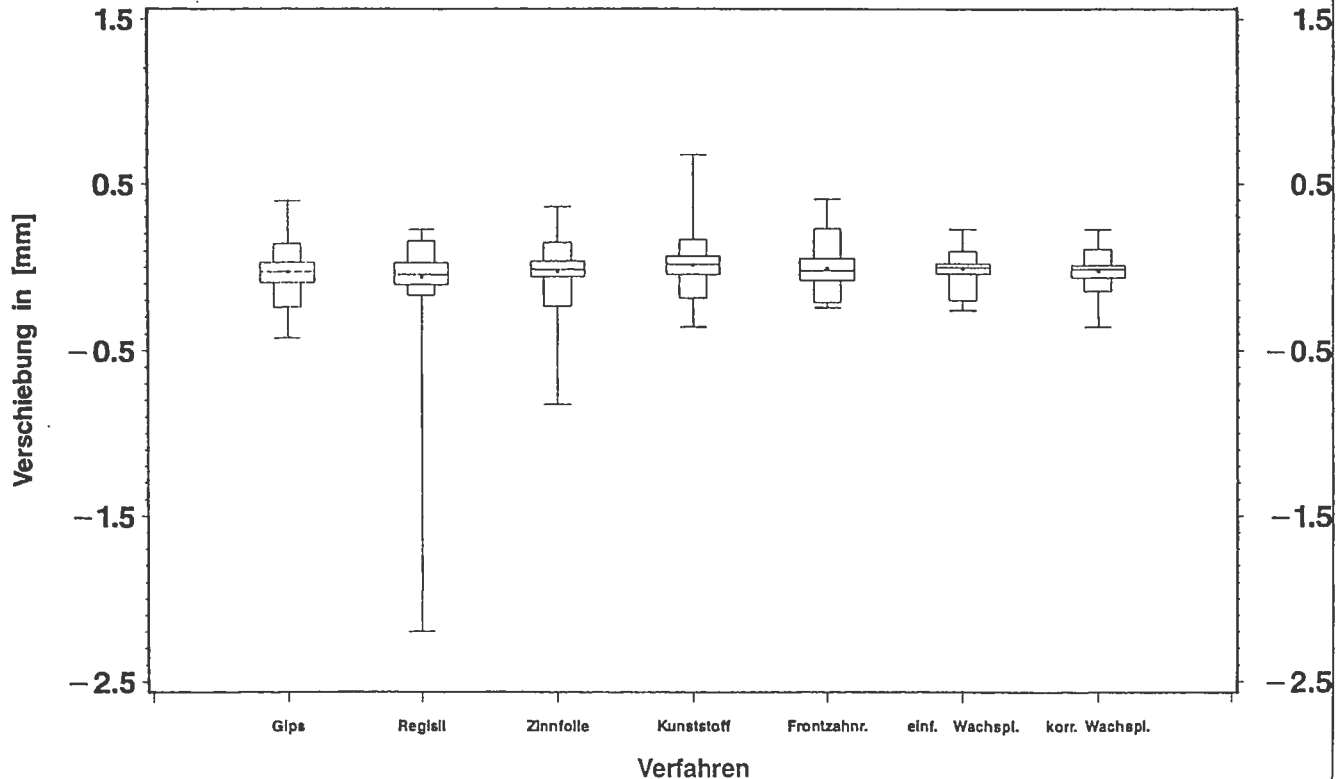


Diagramm 3

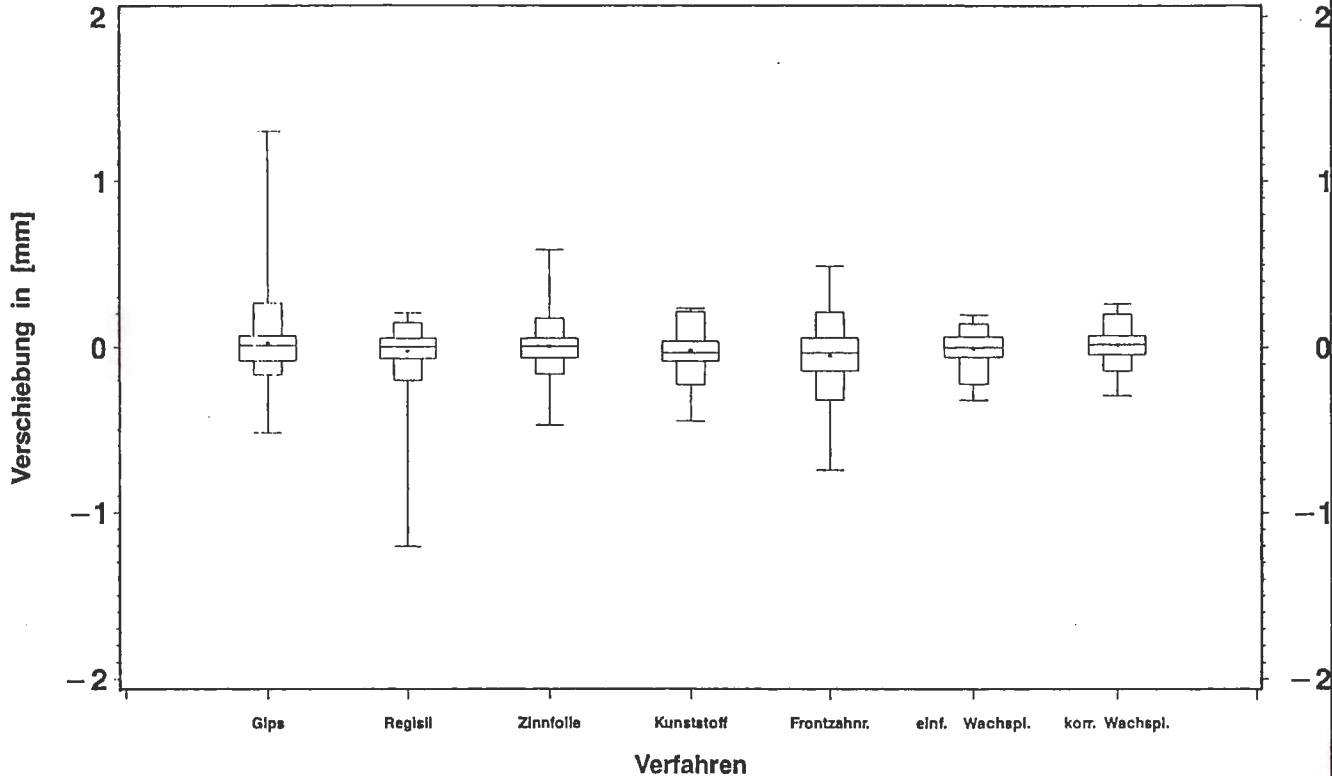
Mittlere räumliche Verschiebung der Registratrate
nach 48 – stündiger Lagerzeit, rechte X – Achse
(n = 72 – 75)

Diagramm 4



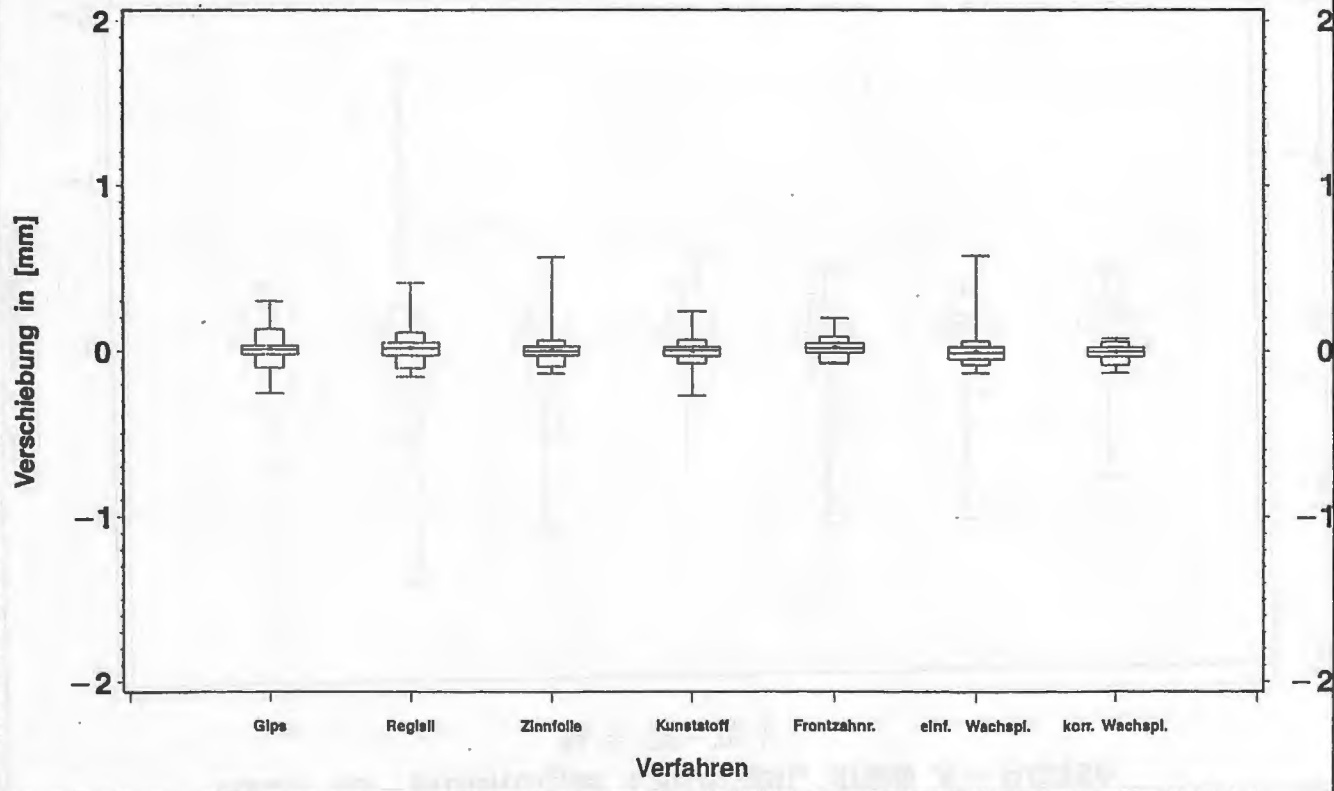
Mittlere räumliche Verschiebung der Registratur
nach 48 – stündiger Lagerzeit, rechte Y – Achse
(n = 72 – 75)

Diagramm 5



Mittlere räumliche Verschiebung der Registrat
nach 48 – stündiger Lagerzeit, rechte Z – Achse
(n = 72 – 75)

Diagramm 6



Mittlere räumliche Verschiebung der Registratrate nach 48 – stuendiger Lagerzeit, linke X – Achse (n = 72 – 75)

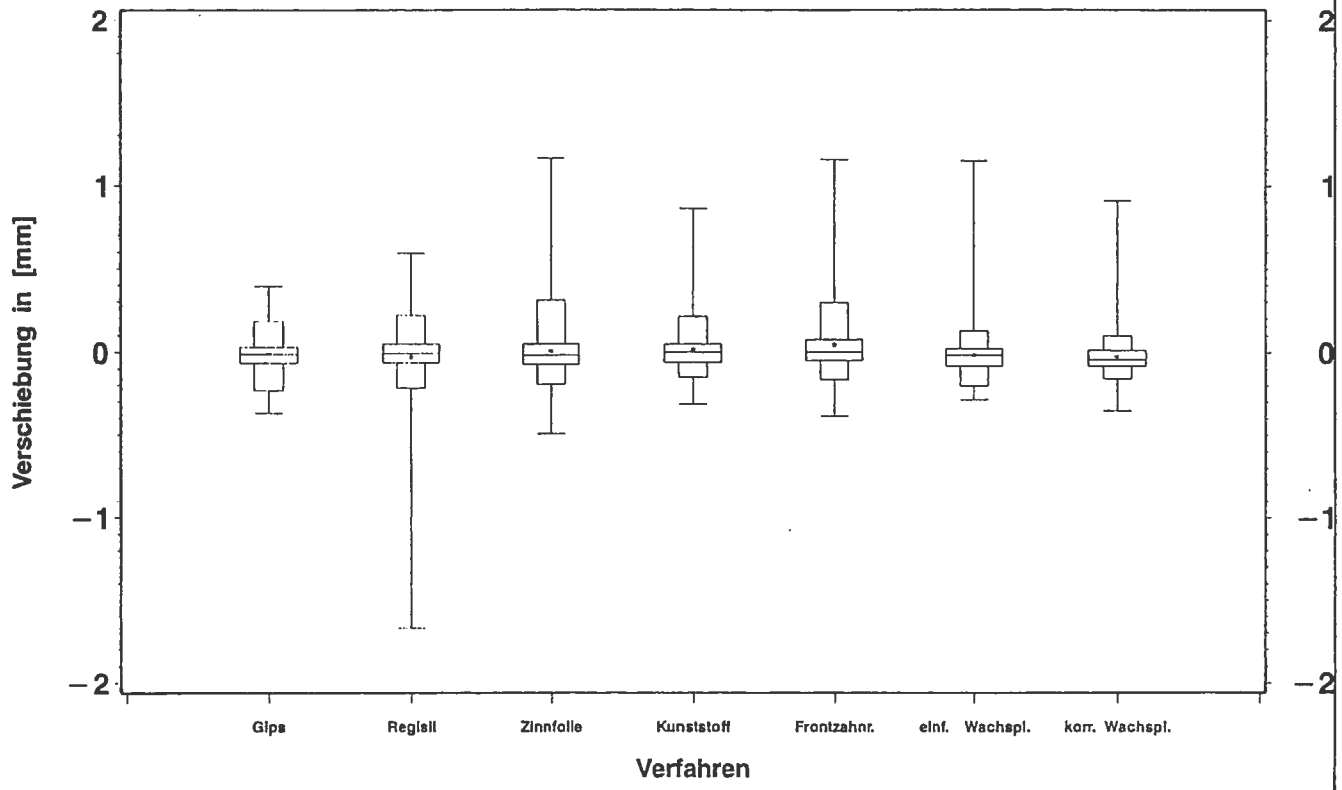
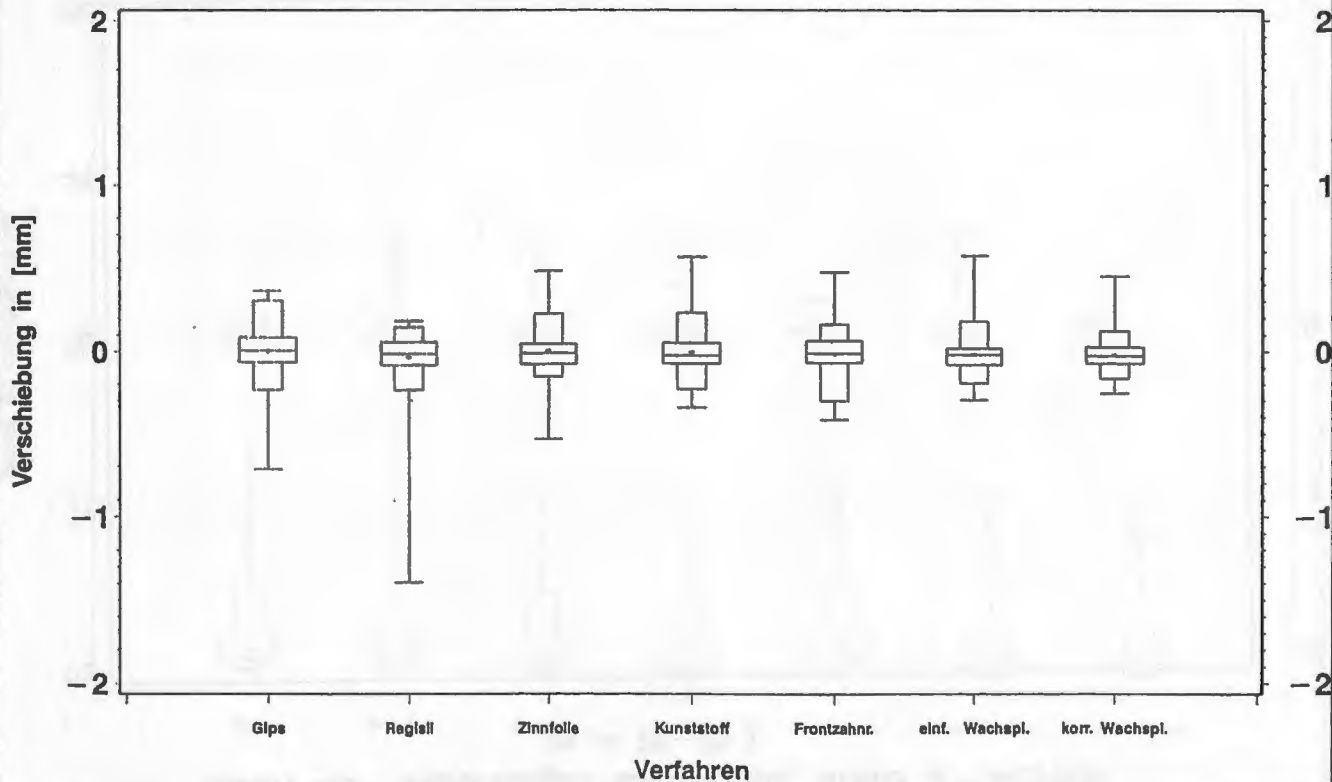


Diagramm 7

**Mittlere räumliche Verschiebung der Registratrate
nach 48 – stündiger Lagerzeit, linke Y – Achse**
(n = 72 – 75)

Diagramm 8



Mittlere räumliche Verschiebung der Registratrate nach 48-stündiger Lagerzeit, linke Z-Achse (n = 72-75)

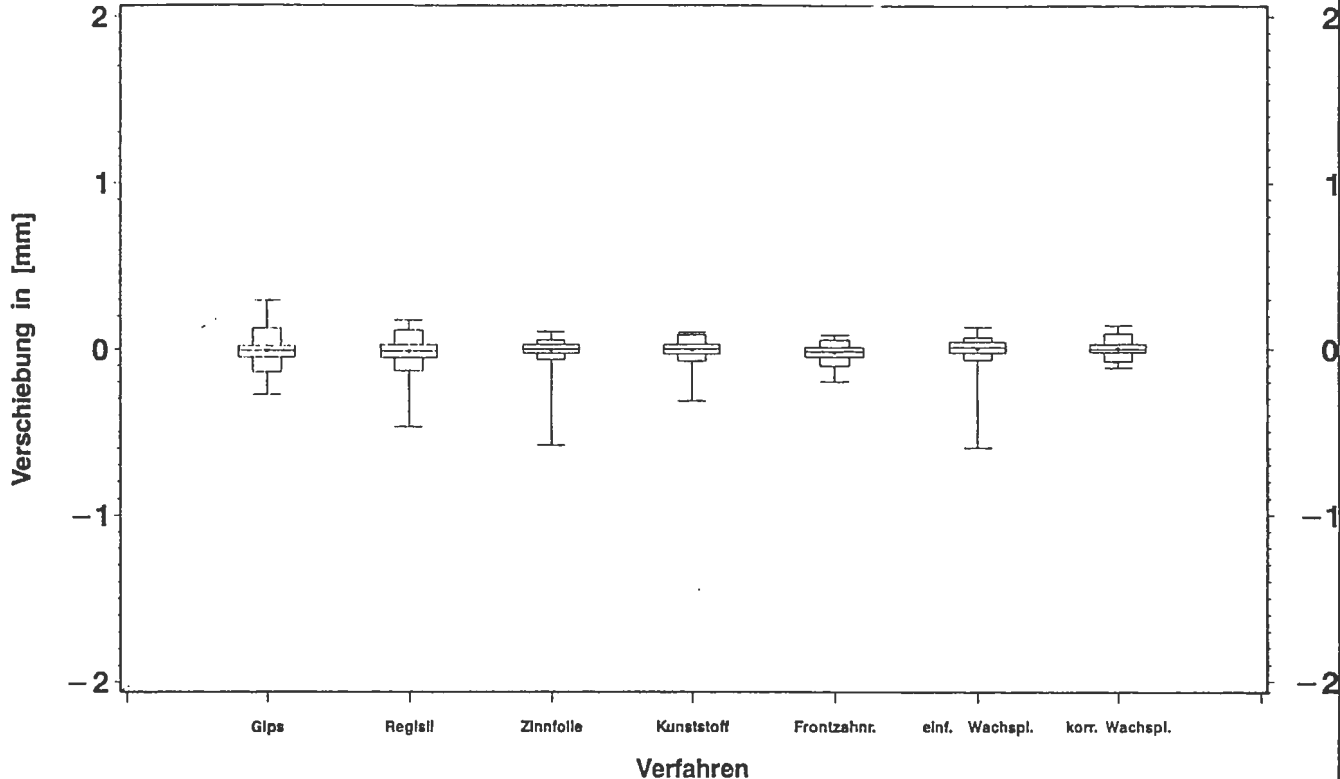
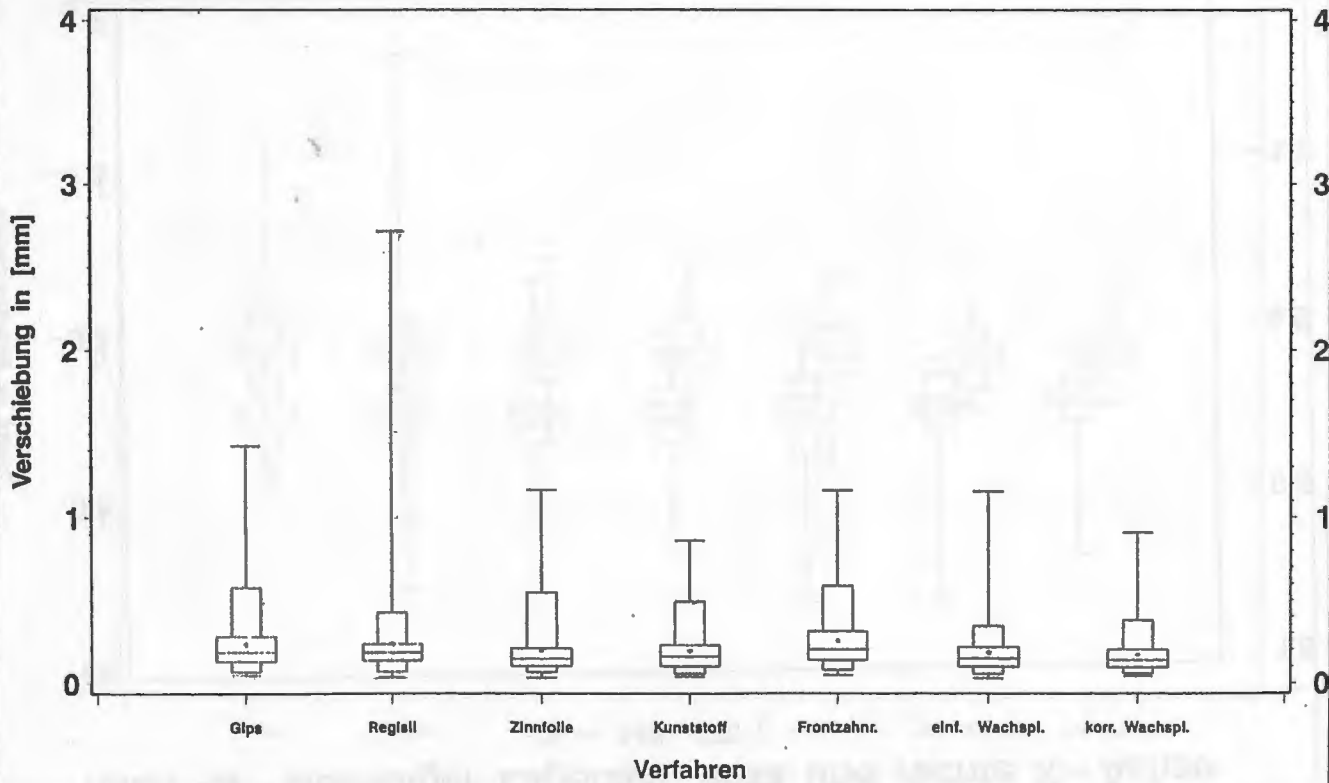


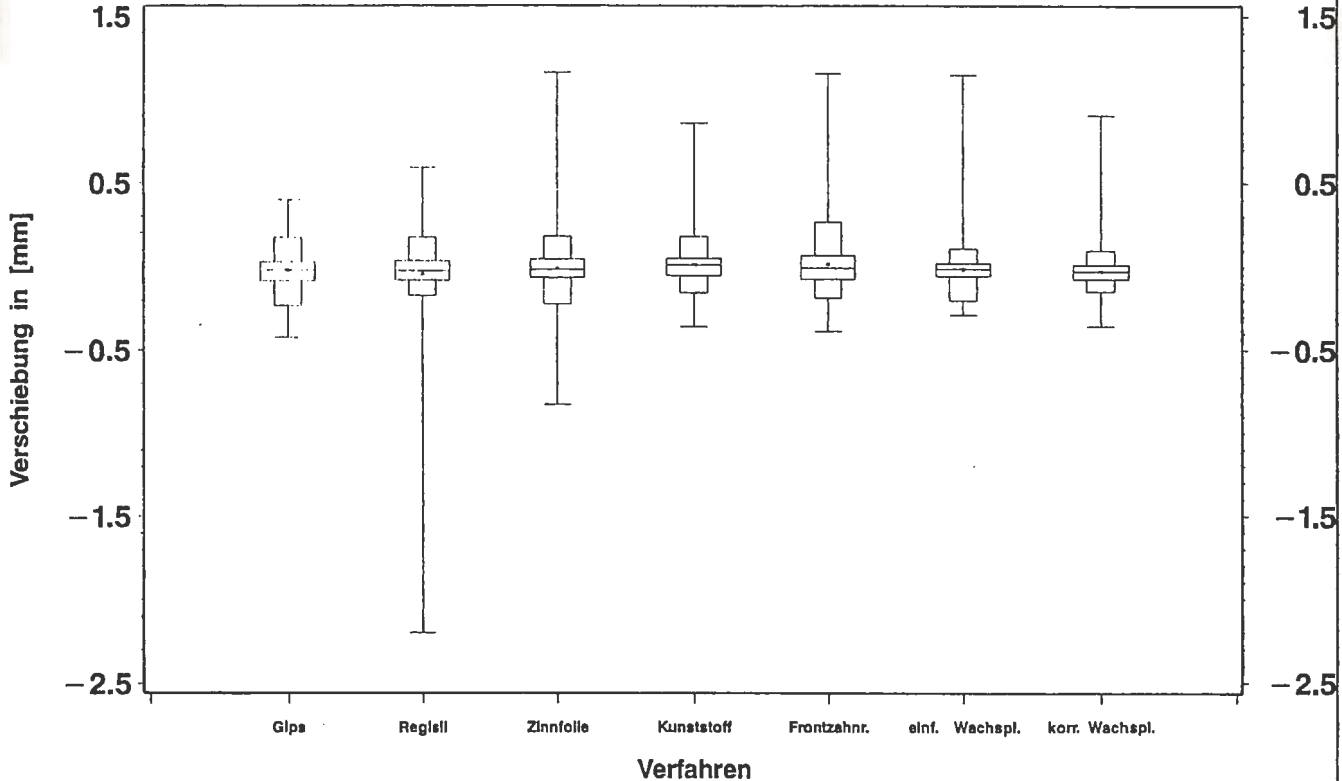
Diagramm 9

Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registratrate nach 48-stündiger Lagerzeit, links und rechts (n = 144 - 150)

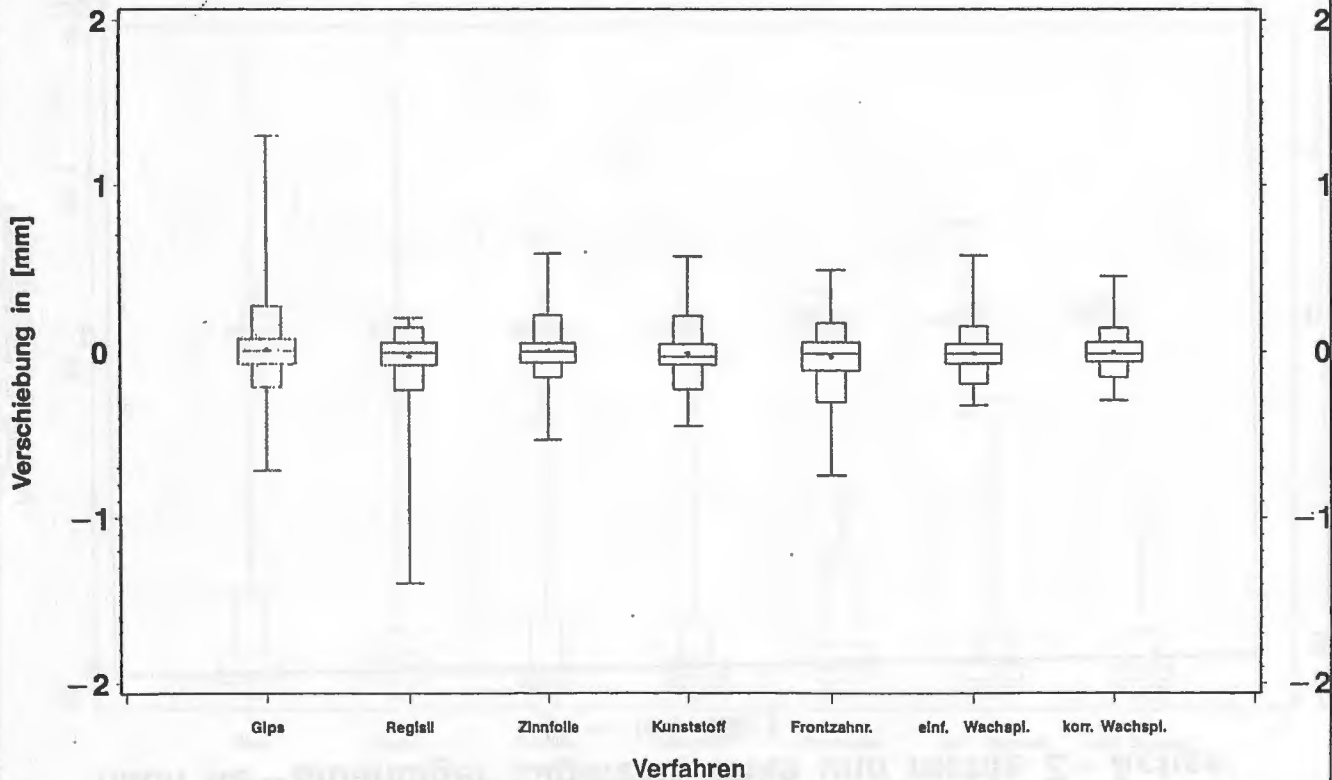
Diagramm 10



Mittlere räumliche Verschiebung der Registratrate nach 48 – stuendiger Lagerzeit, linke und rechte X – Achse (n = 144 – 150)



Mittlere räumliche Verschiebung der Registratrate nach 48 – stündiger Lagerzeit, linke und rechte Y – Achse (n = 144 – 150)



Mittlere räumliche Verschiebung der Registerate
nach 48-stündiger Lagerzeit, linke und rechte Z-Achse
(n = 144-150)

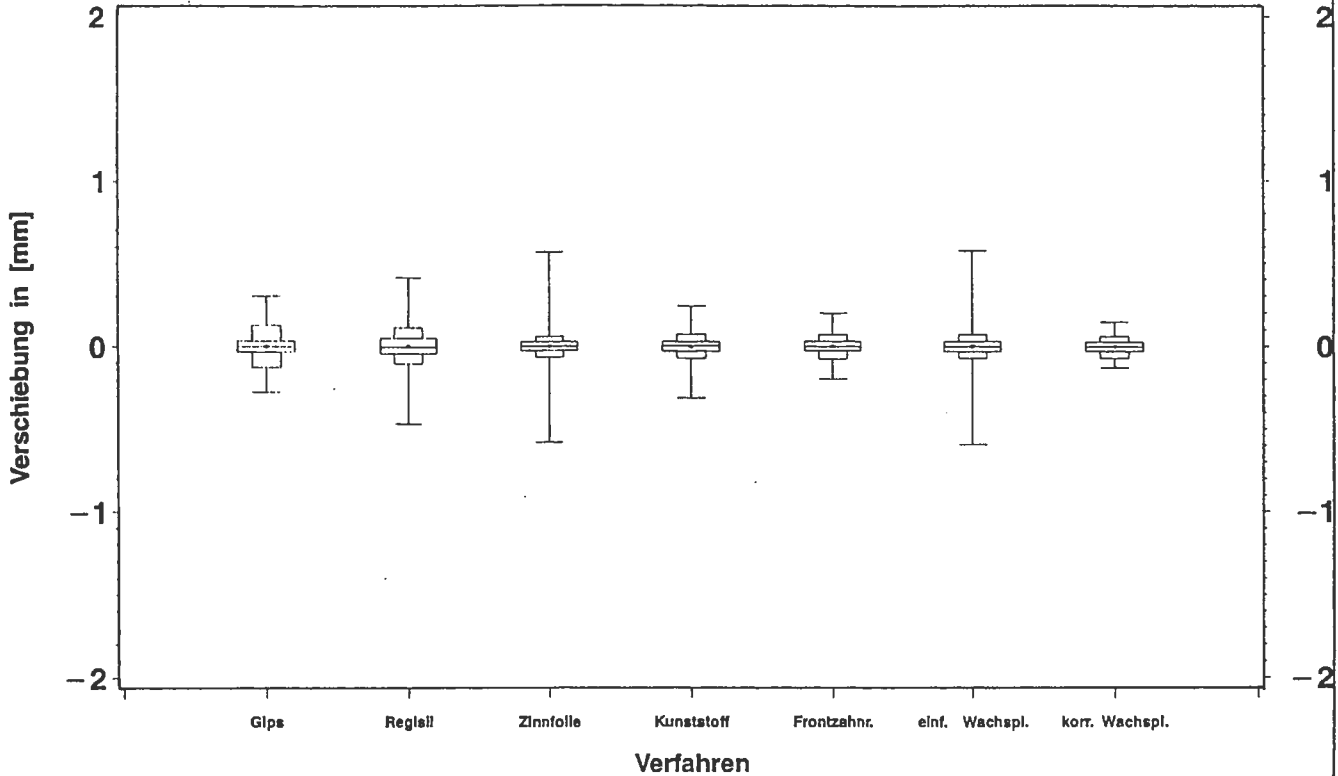


Diagramm 13

Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registratrate nach 48-stündiger Lagerzeit, rechts

(n = 216 - 225)

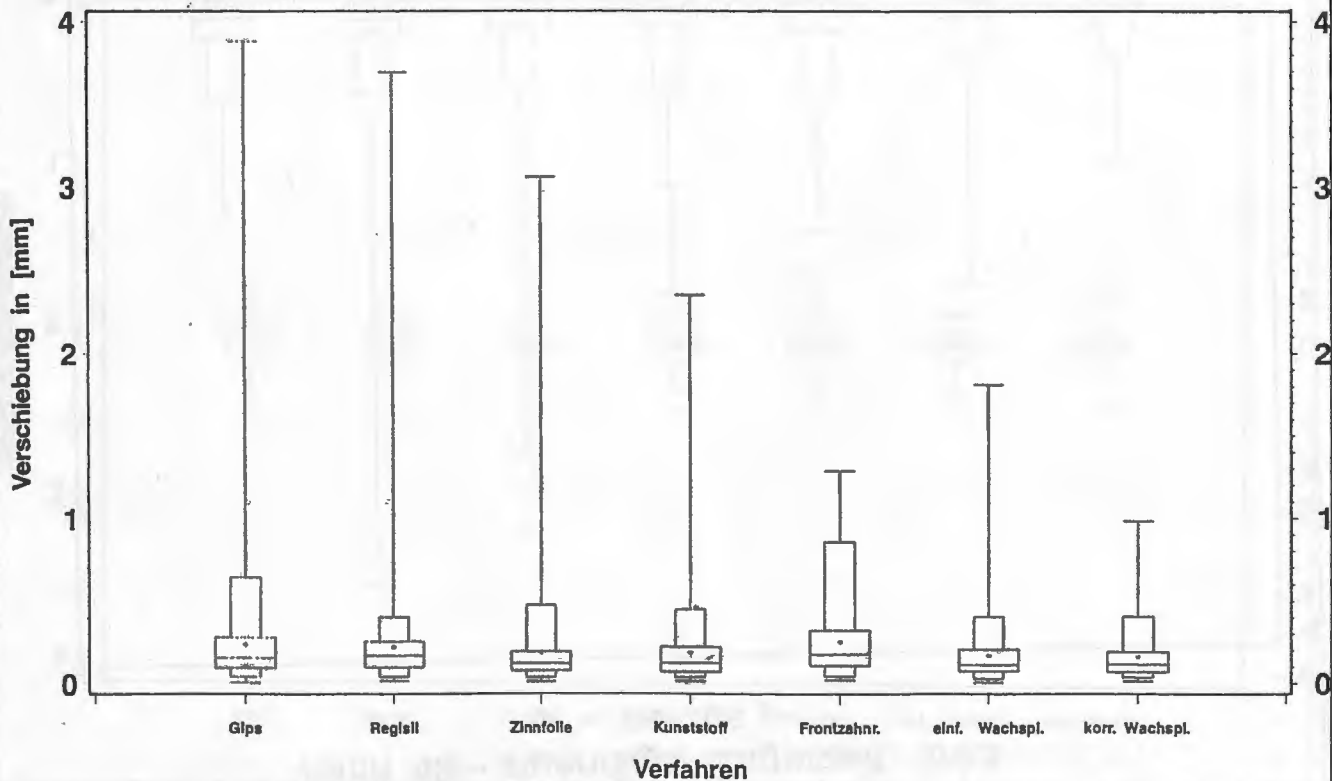


Diagramm 14

Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registratrate nach 48 – stündiger Lagerzeit, links

(n = 216 – 225)

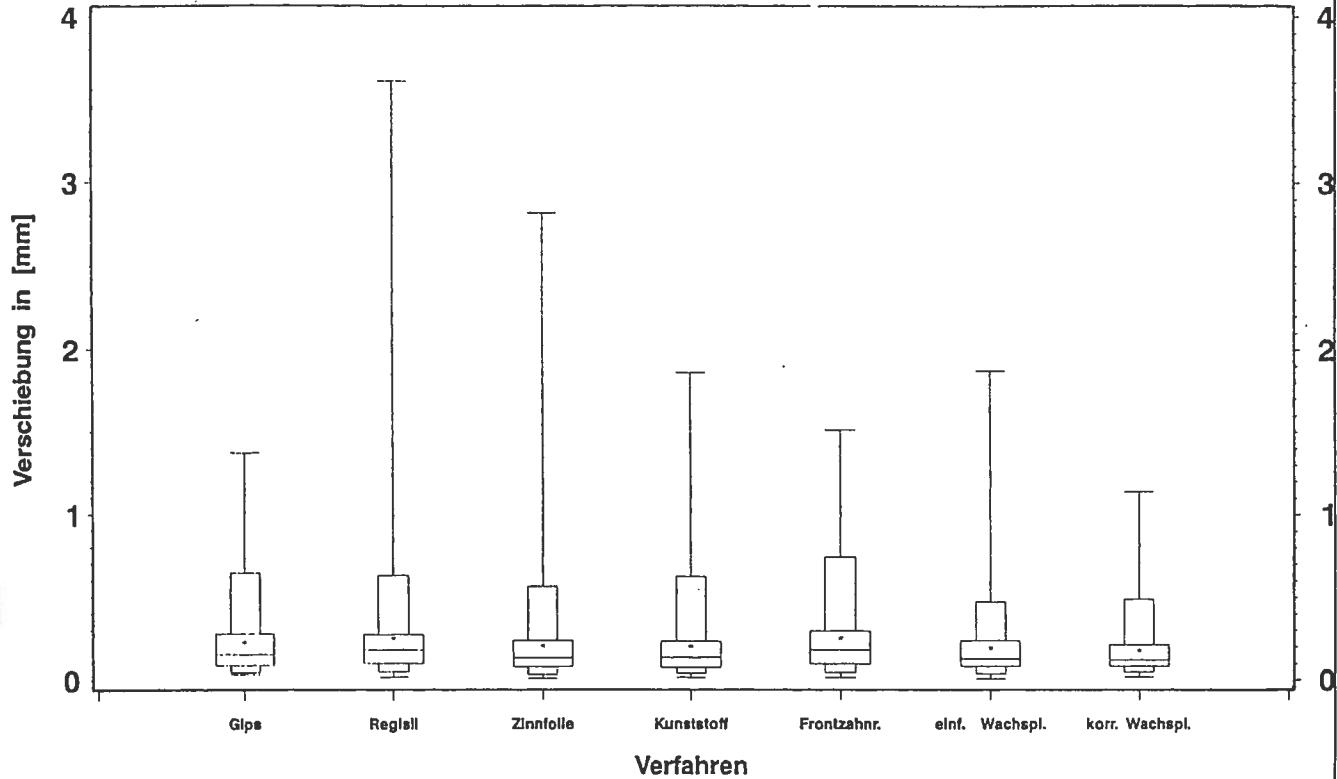
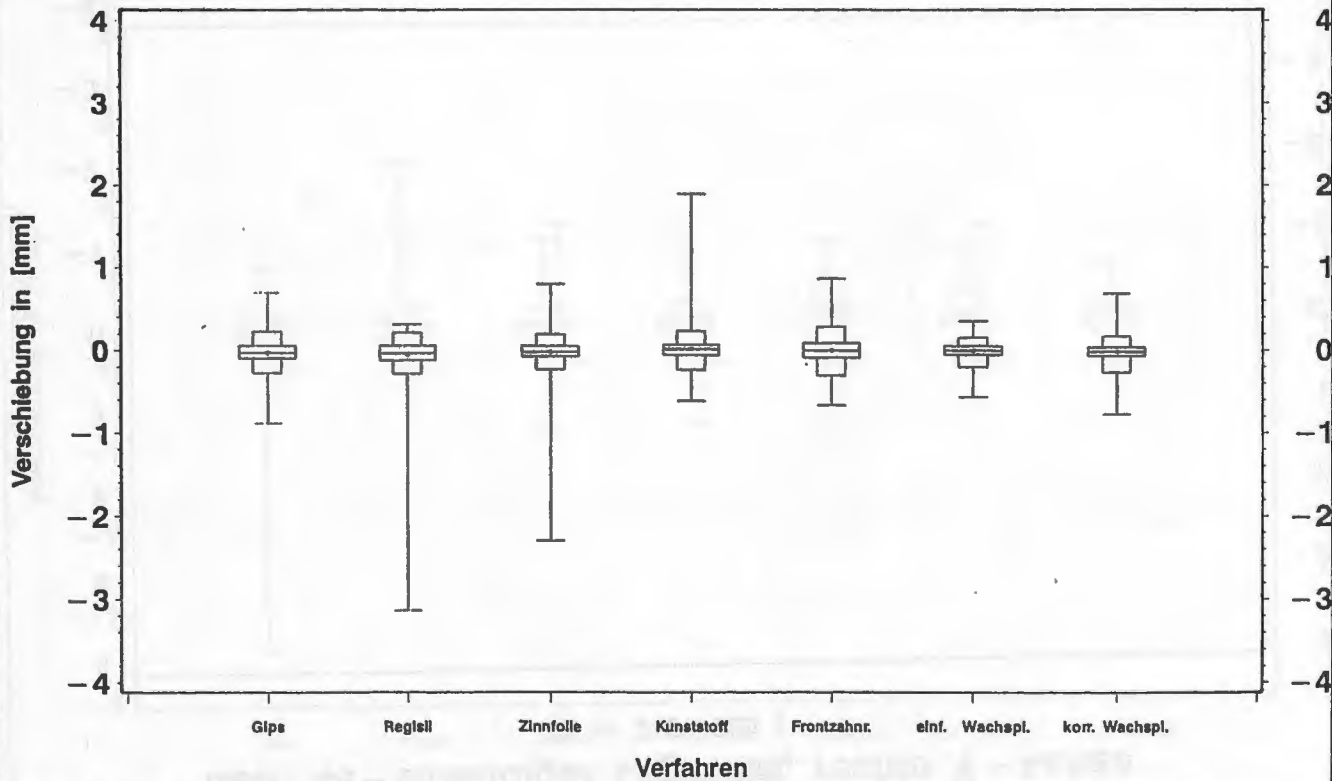


Diagramm 15

Mittlere räumliche Verschiebung der Registratrate
nach 48 – stündiger Lagerzeit, rechte X – Achse
(n = 216 – 225)

Diagramm 16



Mittlere räumliche Verschiebung der Registratrate
nach 48 – stündiger Lagerzeit, rechte Y – Achse
(n = 216 – 225)

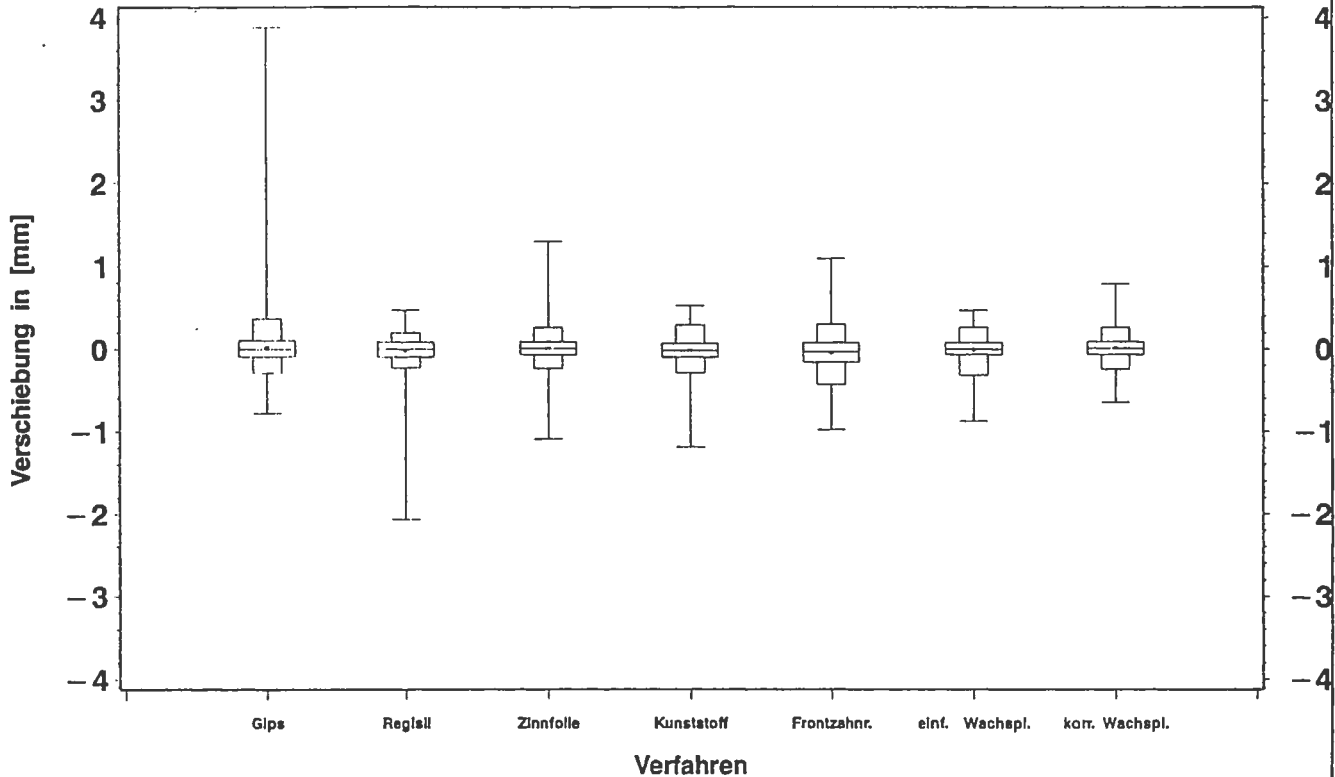


Diagramm 17

Mittlere räumliche Verschiebung der Registratrate
nach 48 – stündiger Lagerzeit, rechte Z – Achse
(n = 216 – 225)

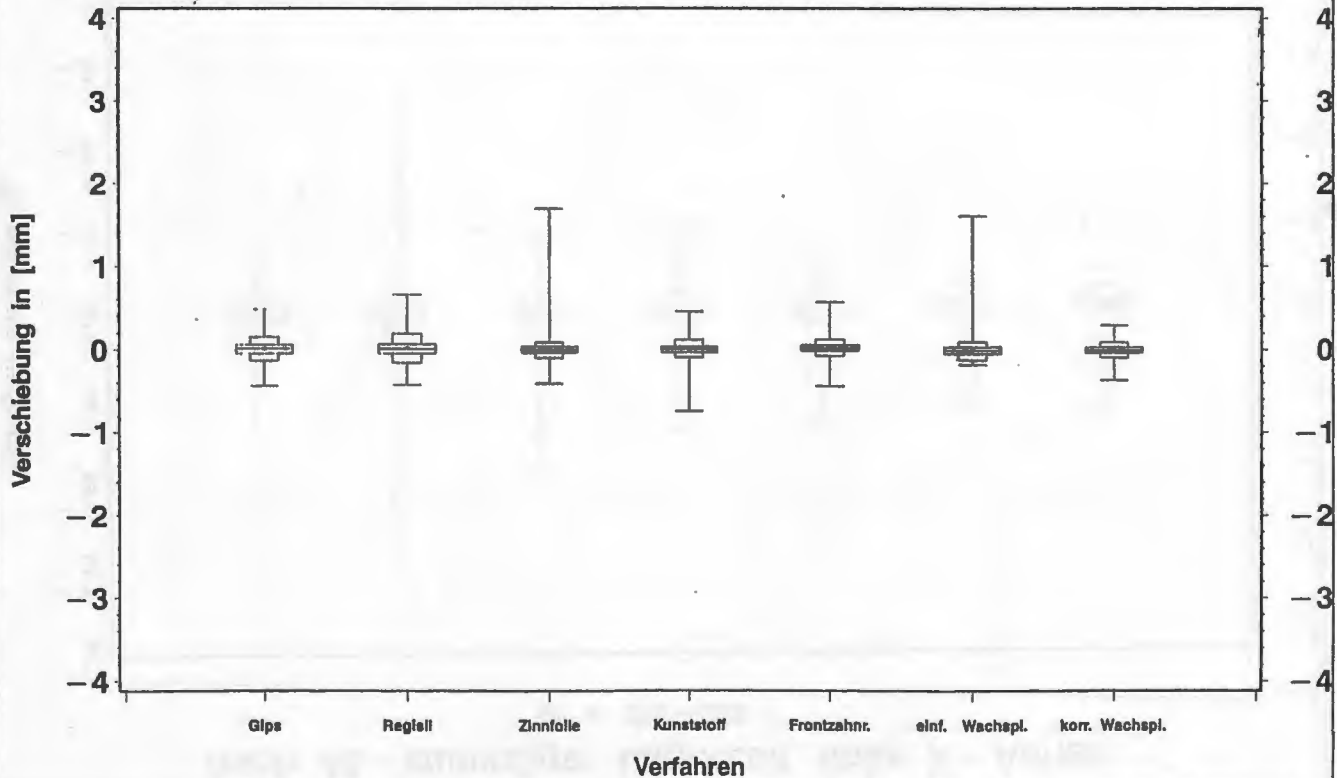


Diagramm 18

Mittlere räumliche Verschiebung der Registratrate nach 48 – stündiger Lagerzeit, linke X – Achse (n = 216 – 225)

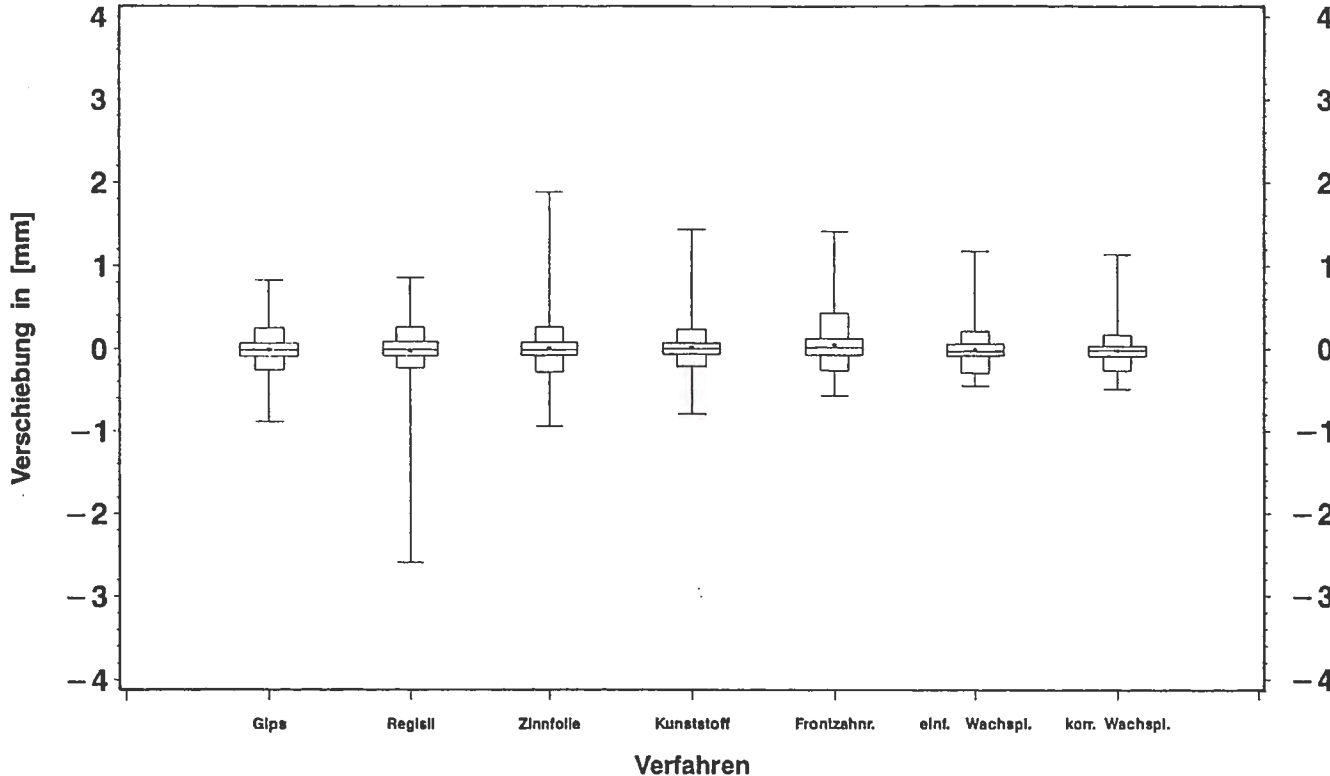
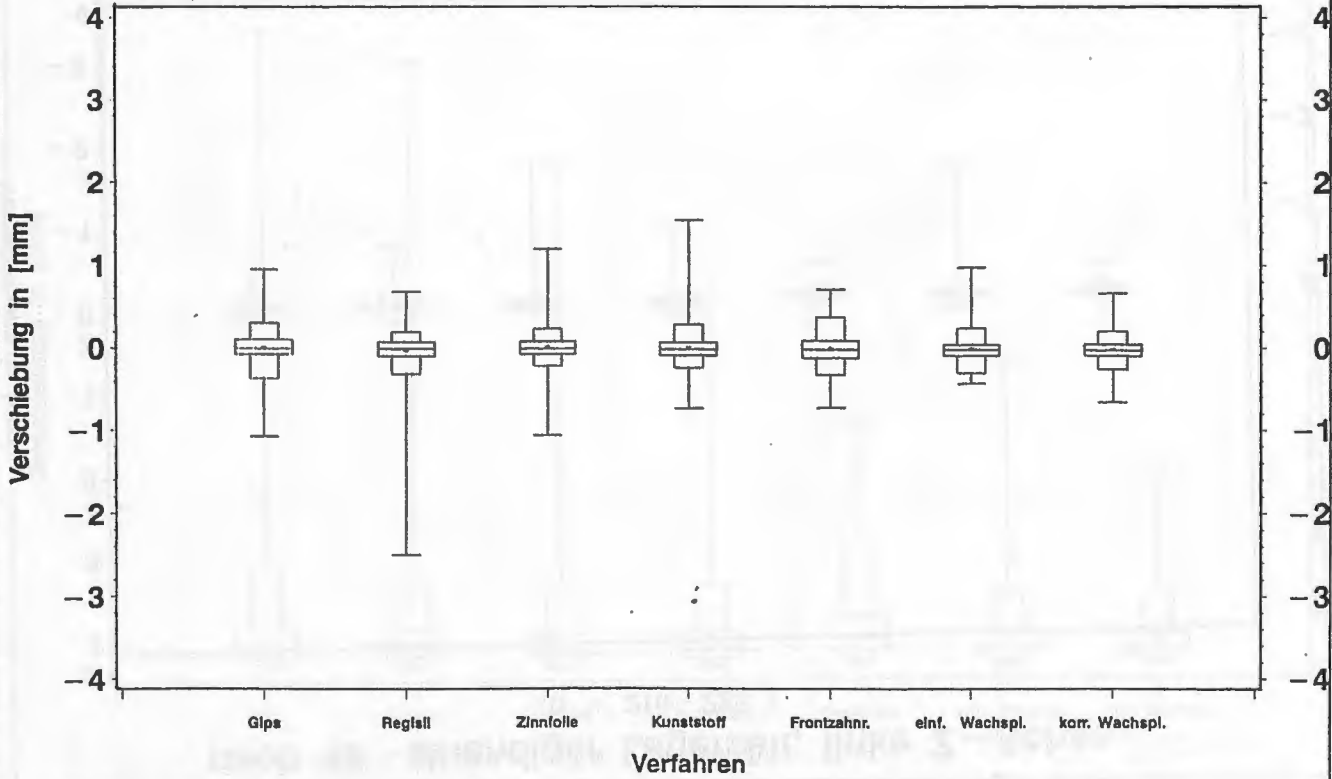


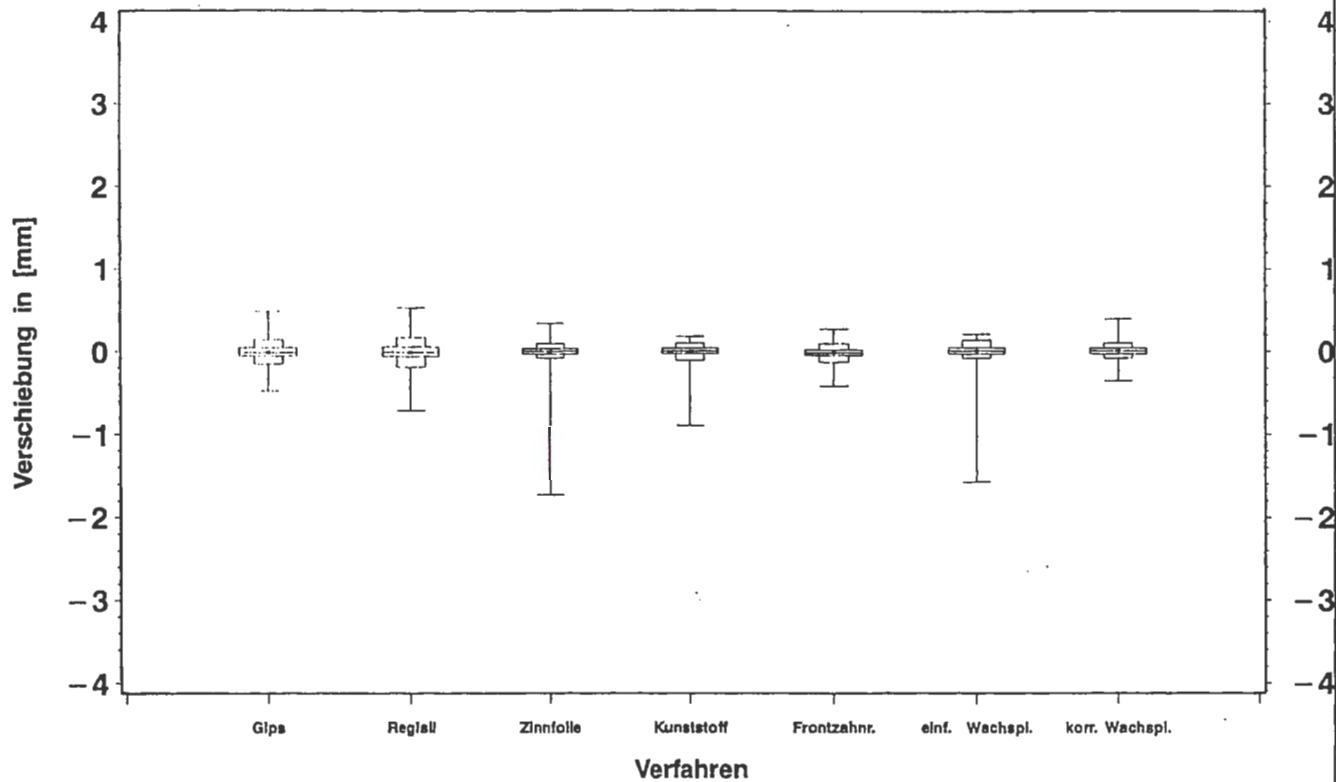
Diagramm 19

Mittlere räumliche Verschiebung der Registratur
nach 48 – stündiger Lagerzeit, linke Y – Achse
(n = 216 – 225)

Diagramm 20



Mittlere räumliche Verschiebung der Registratrate
nach 48 – stündiger Lagerzeit, linke Z – Achse
(n = 216 – 225)



Mittlere räumliche Gesamtverschiebung der Registratrate nach 48-stündiger Lagerzeit, links und rechts (n = 432-450)

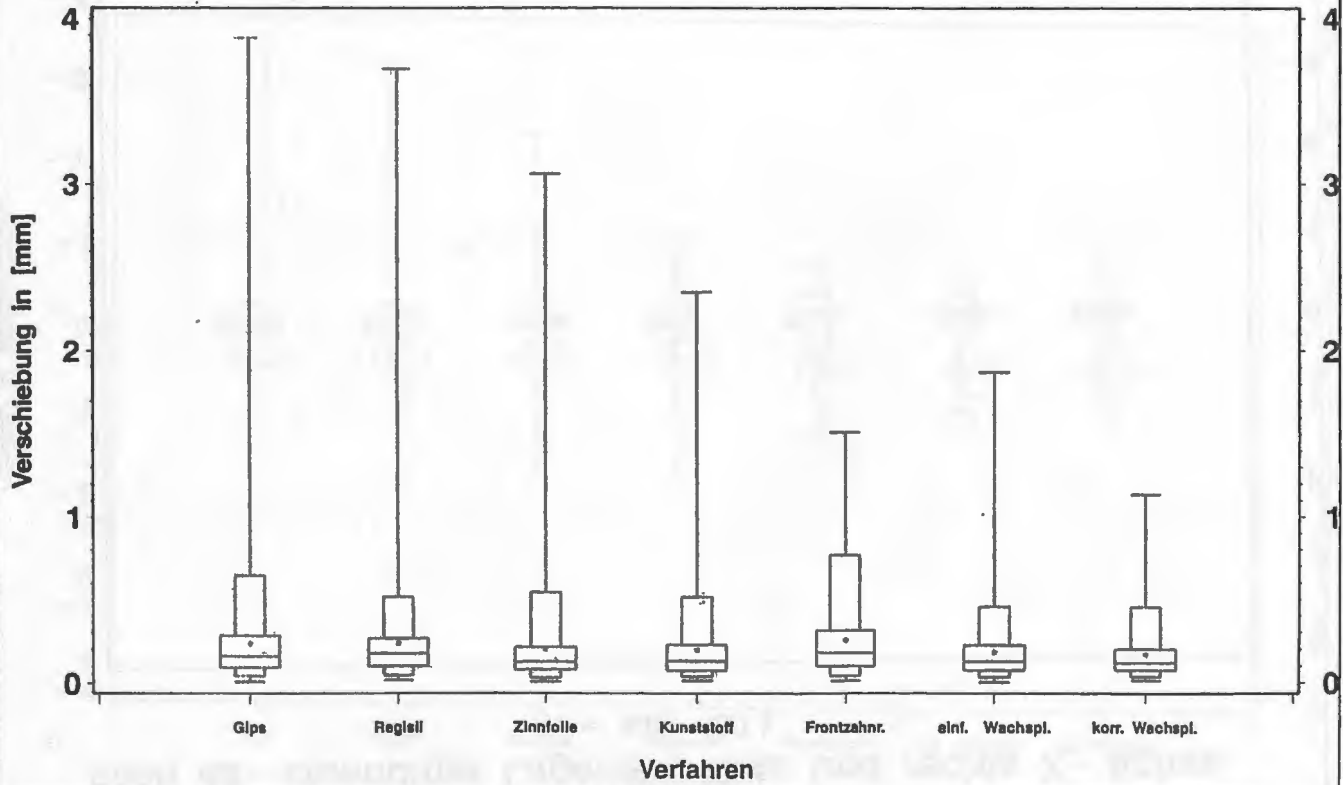
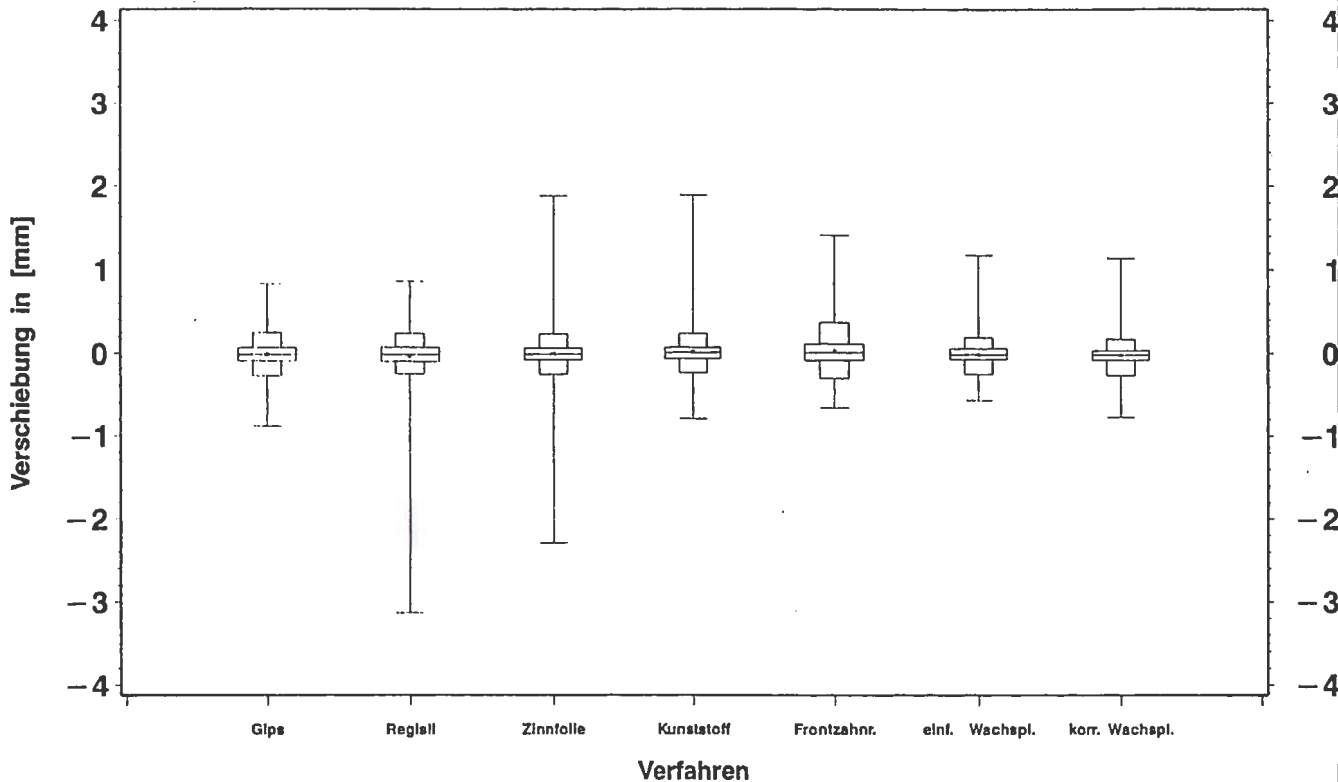


Diagramm 22

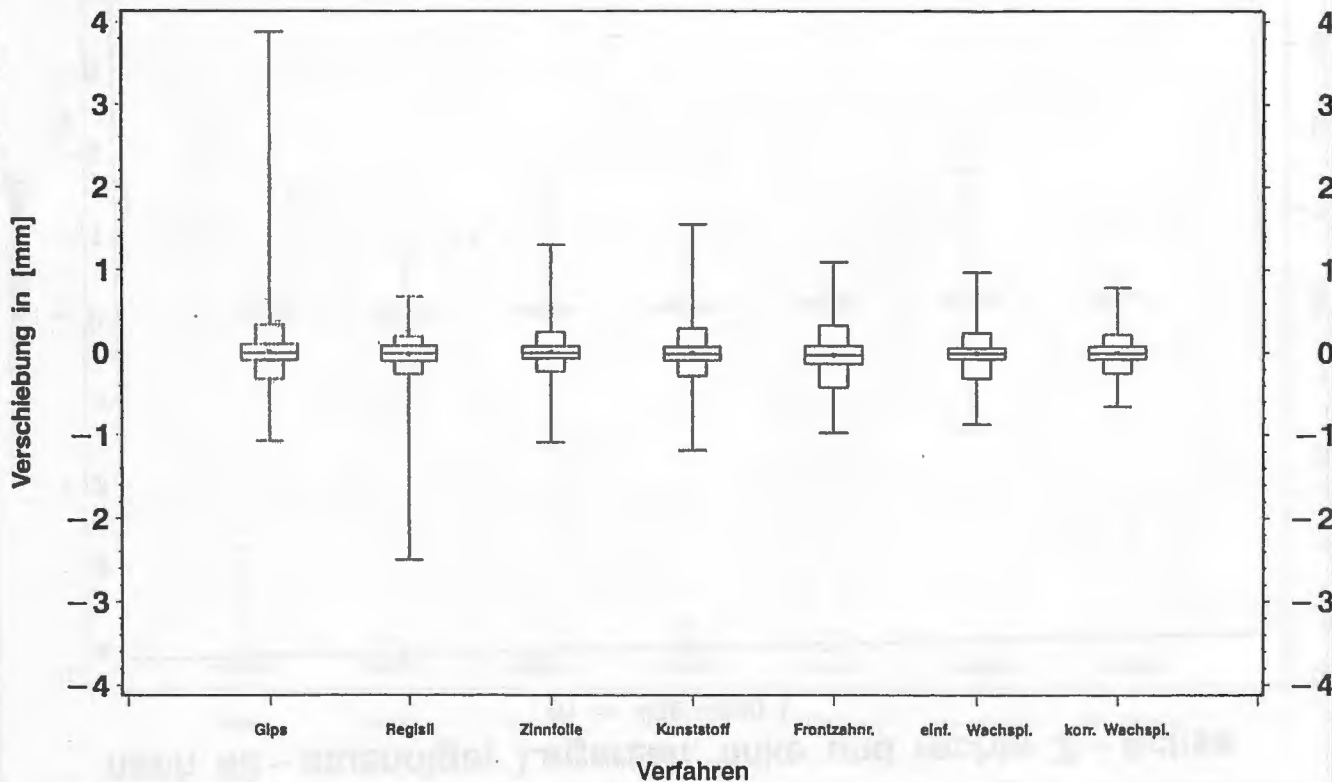
Mittlere räumliche Verschiebung der Registrate nach 48 – stündiger Lagerzeit, linke und rechte X – Achse (n = 432 – 450)

Diagramm 23



Mittlere räumliche Verschiebung der Registratrate nach 48 – stündiger Lagerzeit, linke und rechte Y – Achse (n = 432 – 450)

Diagramm 24



Mittlere räumliche Verschiebung der Register nach 48-stündiger Lagerzeit, linke und rechte Z-Achse (n = 432 - 450)

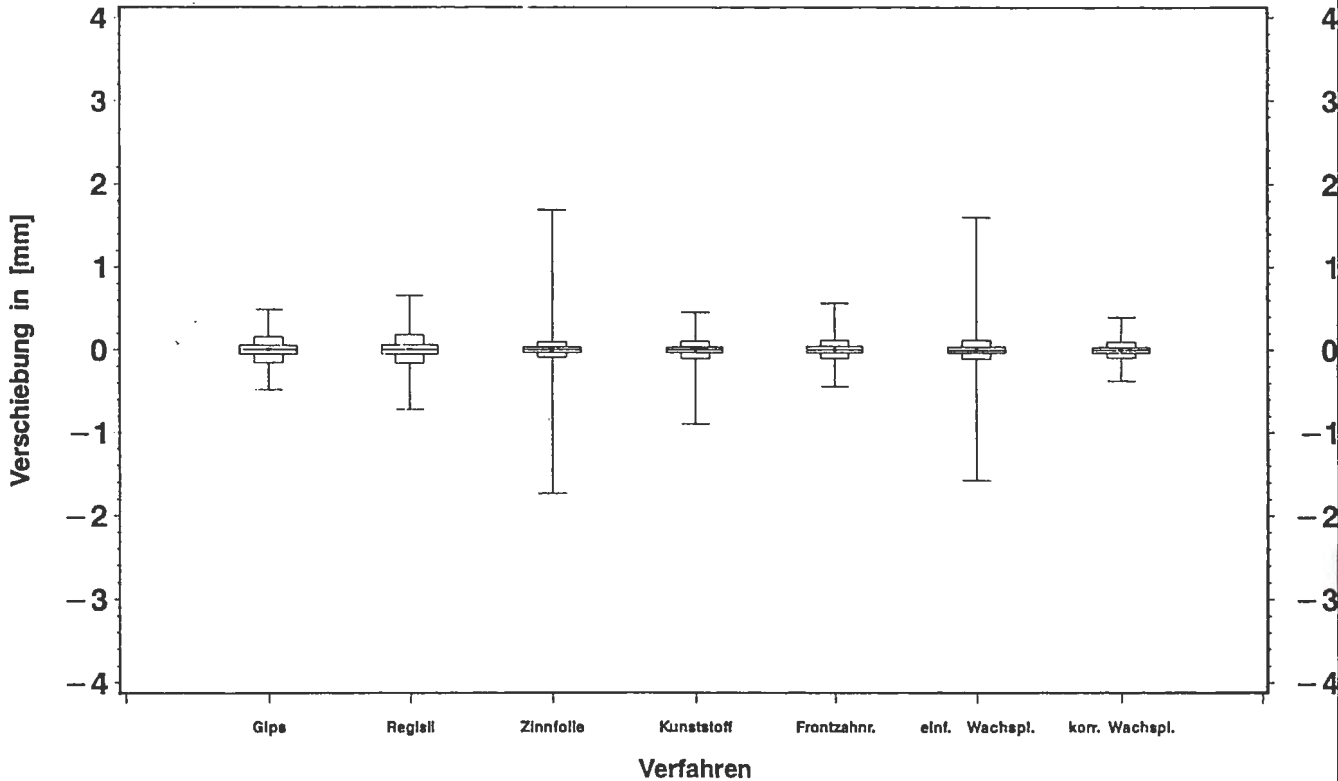
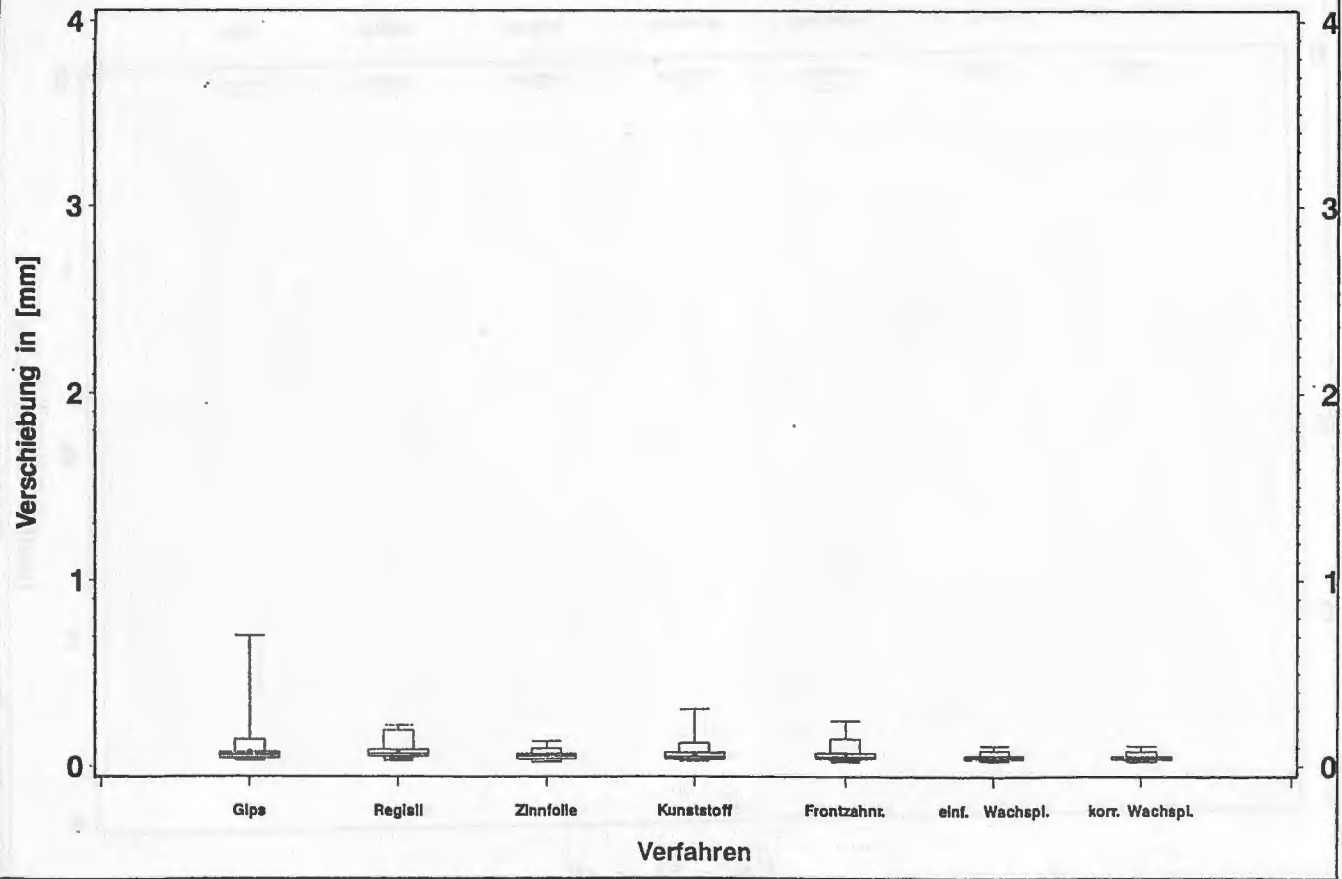


Diagramm 25

Mittlere räumliche absolute Differenz zwischen den Messwiederholungen, links und rechts
(n = 72-75)

Diagramm 26



Mittlere räumliche absolute Differenz zwischen den Messwiederholungen, linke und rechte X-Achse
(n = 72 - 75)

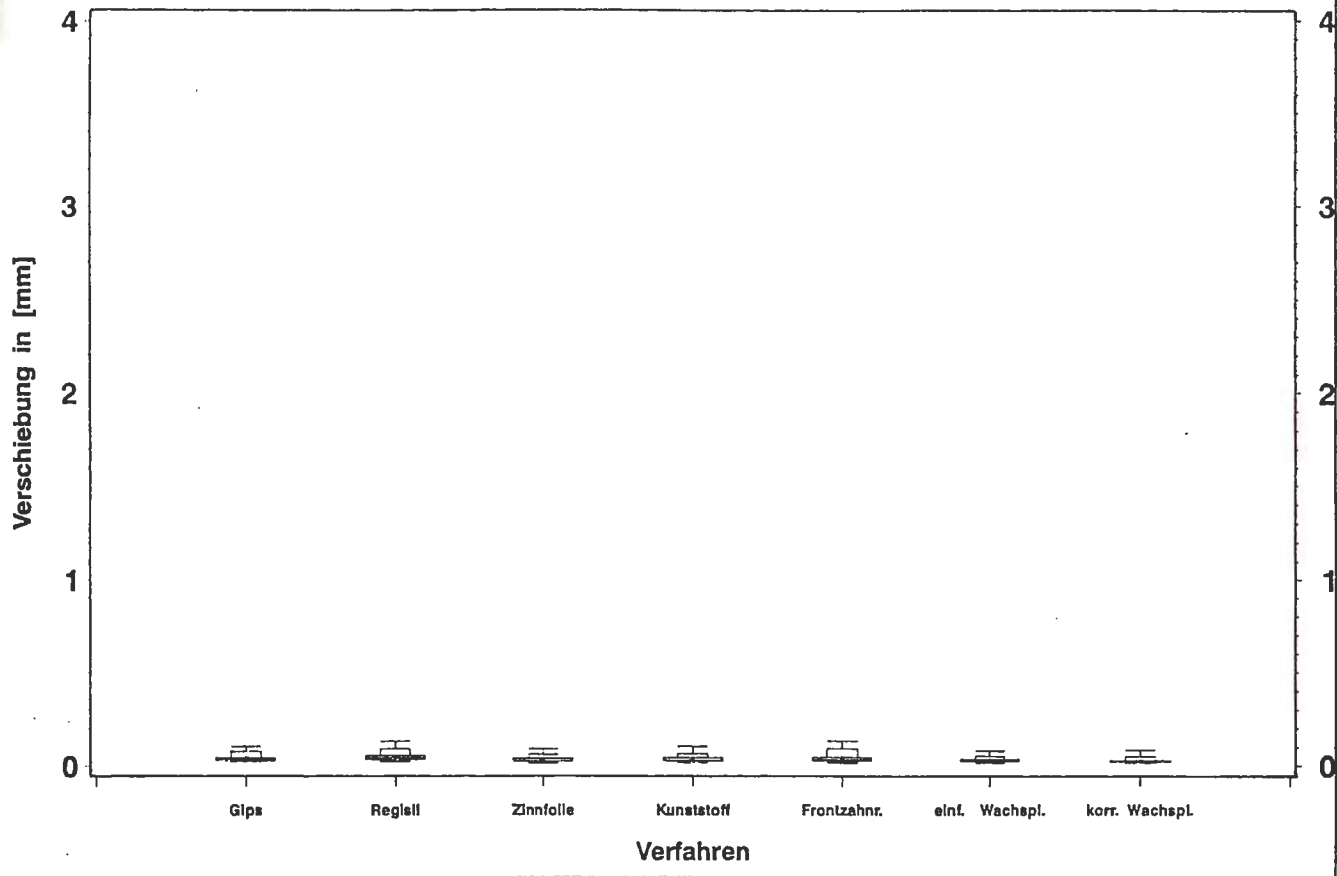
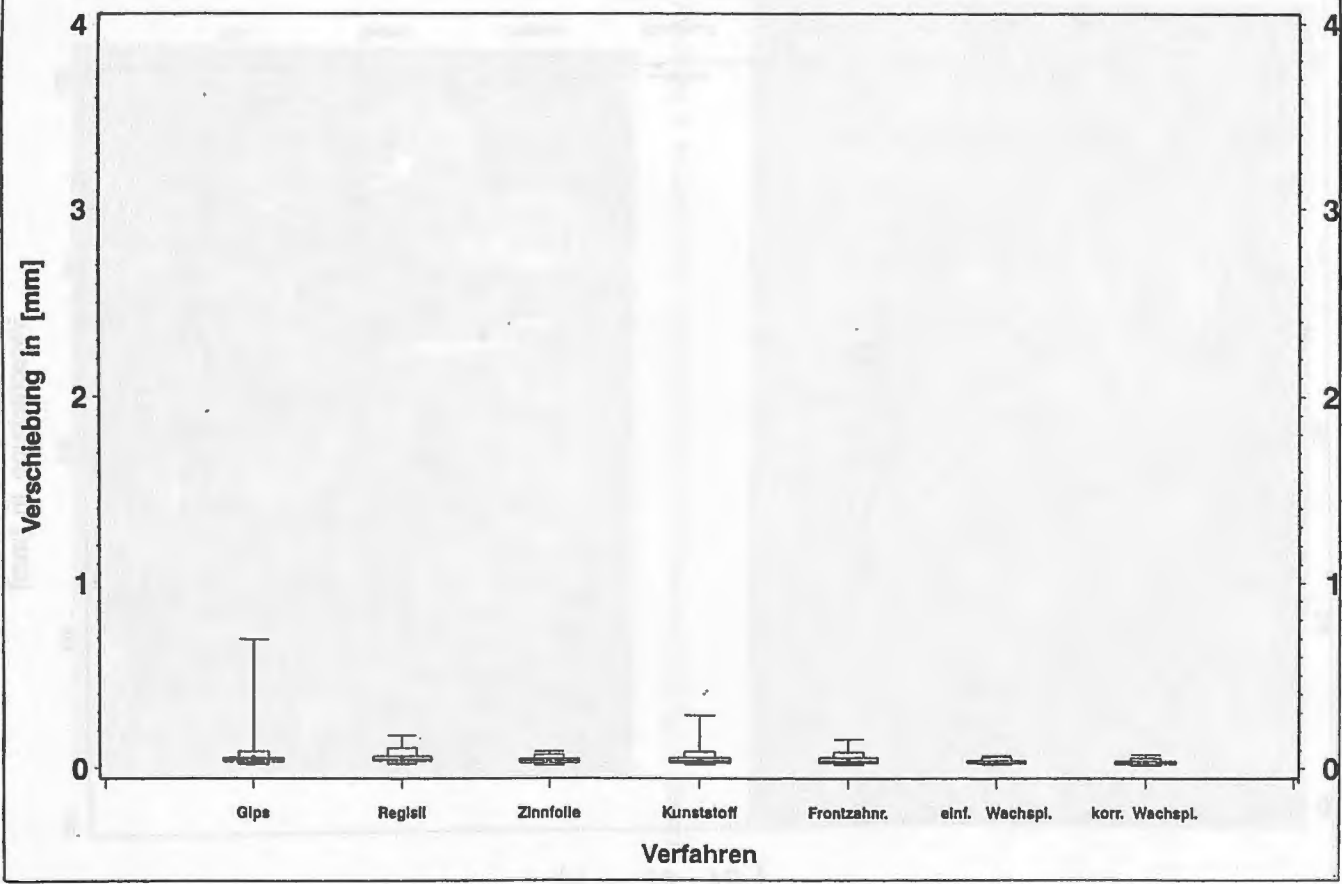


Diagramm 27

Mittlere räumliche absolute Differenz zwischen den Messwiederholungen, linke und rechte Y-Achse
(n = 72-75)

Diagramm 28



Mittlere räumliche absolute Differenz zwischen den Messwiederholungen, linke und rechte Z-Achse
(n = 72 - 75)

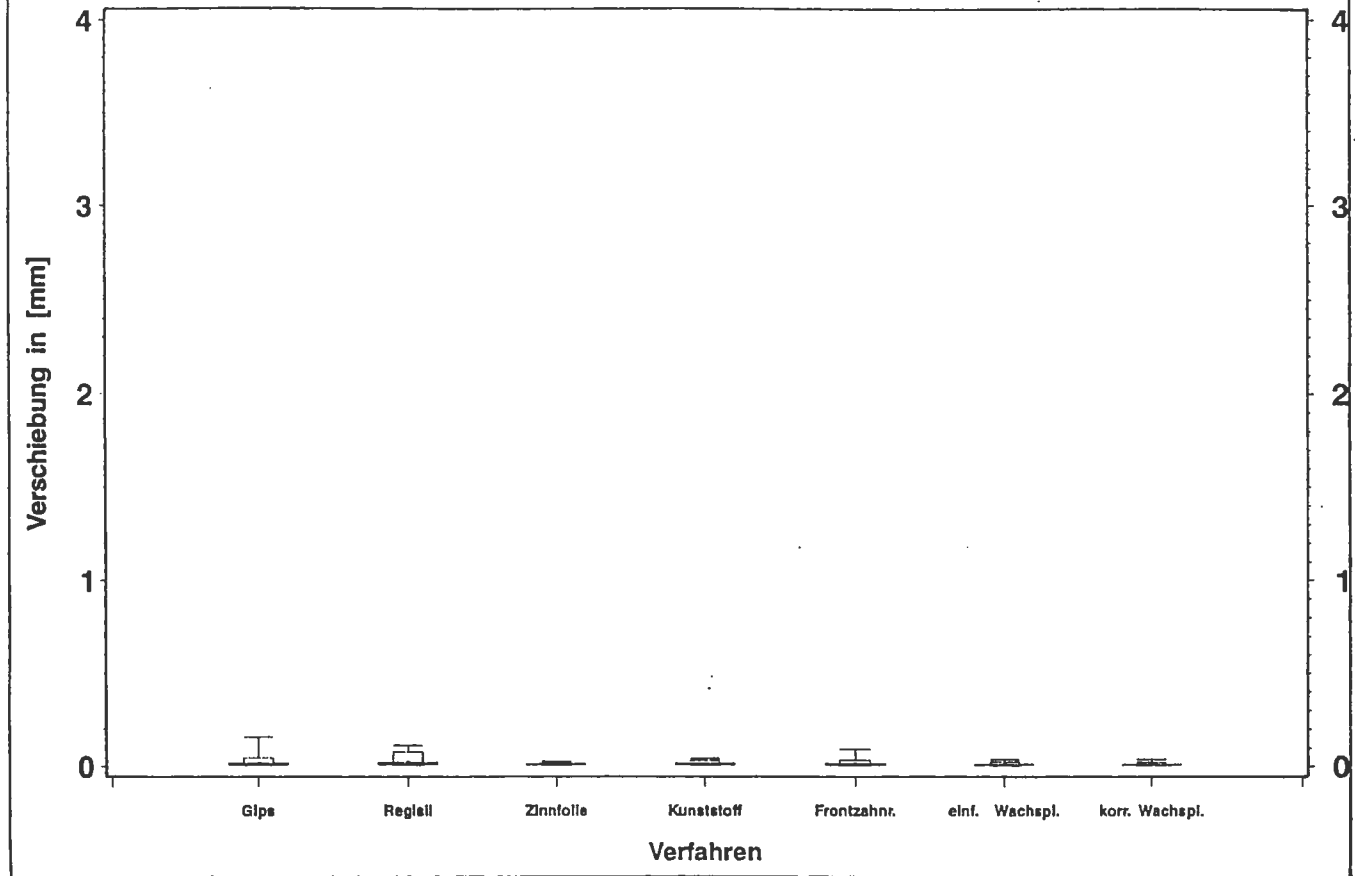


Diagramm 29

Abbildung 1: Übersicht der gesperrten Checkbißregisträte



Abbildung 2: Meßartikulator mit eingesetztem Justierblock und aufgelegtem Gewicht



Abbildung 3: Messungsbeispiel mit korrigiertem Wachplattenregistrat und aufgelegtem Gewicht



10. Literaturverzeichnis

Die Literatursuche erfolgte u.a. auch mit Hilfe der Datenbank *Medline*. Die so ermittelten Literaturstellen sind im folgenden Verzeichnis mit **Medline** gekennzeichnet.

1. Adams HF. A technique for quadrant interocclusal records. *J Prosthet Dent* 1982; 47: 44-46 **Medline**
2. Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik (AGF): Nomenklatur der Arbeitsgemeinschaft für Funktionsdiagnostik innerhalb der DGZMK. *Dtsch Zahnärztl Z* 1992; 47: 347
3. Assif D, Himmel R, Grajower Y. A new electromechanical device to measure the accuracy of interocclusal records. *J Prosthet Dent* 1988; 59: 672-676
4. Balthazar-Hart Y, Sandrik JL, Malone WFP, Mazur B, Hart T. Accuracy and dimensional stability of four interocclusal recording materials. *J Prosthet Dent* 1981; 45: 586-591 **Medline**
5. Balthazar Y, Fattore LD, Hart T, Malone WFP. Interocclusal records. In: Malone WFP, Koth DL. *Tylman's theory and practice of fixed prosthodontics*. St.Louis-Tokyo Ishiyaku EuroAmerica, Inc 1989: 273-284
6. Berman MH. Accurate interocclusal records. *J Prosthet Dent* 1960; 10: 620-630
7. Bernard N, Utz K-H, Kurbel R. Zur Präzision vorgefertigter Magnet-Split-Cast-Systeme. *Zahnärztl Welt* 1994; 9: 522-525
8. Bock O. Untersuchungen über verschiedene Methoden der Registrierung der Unterkieferlage im vollbezahnten Gebiß. *Dtsch Zahnärztl Z* 1967; 22: 823-826
9. Boitel RH. Bißnahmen (Bißrelation) für Rekonstruktionen am bezahnten Gebiß. *Schweiz Mschr Zahnheilk* 1976; 86: 1308-1311
10. Breeding LC, Dixon DL, Kinderknecht KE. Accuracy of three interocclusal recording materials used to mount a working cast. *J Prosthet Dent* 1994; 71: 265-270

11. Breeding LC, Dixon DL. Compression resistance of four interocclusal recording materials. *J Prosthet Dent* 1992; 68: 876-878 **Medline**
12. Carroll WJ, Woelfel JB, Huffman RW. Simple application of anterior jig or leaf gauge in routine clinical practice. *J Prosthet Dent* 1988; 59: 611-616
13. Cohn LA. Two techniques for interocclusal records. *J Prosthet Dent* 1963; 13: 439-443
14. Eeckman J, De Boever JA. Clinical accuracy of functionally generated interocclusal registration waxes. *J Prosthet Dent* 1988; 60: 549-552 **Medline**
15. Fattore LD, Malone WF, Sandrik JL, Mazur B, Hart T. Clinical evaluation of the accuracy of interocclusal recording materials. *J Prosthet Dent* 1984; 51: 152-157 **Medline**
16. Fergler P, Rasche K. Zentrales Registrat und maximale Kraniallage des Unterkiefers. *Dtsch Zahnärztl Z* 1973; 28: 794-796
17. Fischer W, Mack H, Ohlrogge H-H. Das interokklusale Registrat Teil 1: Laborversuche. Vortrag AGF Bad Nauheim 1987
18. Freilich MA, Altieri JV, Wahle JJ. Principles for selecting interocclusal records for articulation of dentate and partially dentate casts. *J Prosthet Dent* 1992; 68: 361-367 **Medline**
19. Fuchs P. Untersuchungen über die Genauigkeit von Okklusionsfixierungen. *Dtsch Zahnärztl Z* 1967; 22: 298-302
20. Genieser A, Jakstat H. Die Eignung verschiedener Materialien für die Verschlüsselung der Stützstiftregistrierung. *Dtsch Zahnärztl Z* 1991; 46: 769-771
21. Horn R, Vetter A. Untersuchungen zur Reproduzierbarkeit zentraler Registrare nach Lauritzen. *Dtsch Zahnärztl Z* 1976; 31: 721-724
22. Horn R, Opitz H. Zur Relation zwischen Kiefergröße und Modellposition im Artikulator. *Dtsch Zahnärztl Z* 1985; 40: 221-223
23. Jähmig A. Die Ausmessung von intraoralen Wachsregistraten im Bereich des Artikulargelenks. *Zahnärztl Welt* 1979; 6: 253-256

- 24.Kantor ME, Silverman SI, Garfinkel L. Centric-relation recording techniques-a comparative investigation. J Prosthet Dent 1972; 28: 593-600
- 25.Kettenbach W. Untersuchungen über das Dimensionsverhalten von Wachsregis-traten. Med Diss, Bonn 1984
- 26.Kitzis GD, Millstein PL, Nathanson D. Determing the accuracy of articulator in-terchangeability. J Prosthet Dent 1991; 65:845-848 Medline
- 27.Klünder BMM. Experimentelle Untersuchungen zur Genauigkeit von interokklusala-len Registraten bei der Kieferrelationsbestimmung. Med Diss, Düsseldorf 1993
- 28.Kobes LWR. Vorschlag zur Relationsbestimmung bei der Herstellung von Kronen und Brücken. Dtsch Zahnärztl Z 1973; 28: 770-774
- 29.Koeck B. Die Bißnahme im bezahnten Gebiß. Zahnärztl Welt 1979; 18: 812-814
- 30.Koeck B. Die Relationsbestimmung während der Rekonstruktion der Kieferhaltung beim teilbezahnten Patienten. In: Schön F., Singer F., : Europäische Prothetik heute. Quintessenz, Berlin 1978: 217-235
- 31.Koeck B. Untersuchung und Befunderhebung. In: Hupfaut, L.: Praxis der Zahnheil-kunde, Bd. 5 (Festsitzender Zahnersatz), 2. Aufl. Urban & Schwarzenberg, Mün-chen-Wien-Baltimore 1988: 3
- 32.Koeck B, Utz KH. Rekonstruktive Maßnahmen. In Koeck B: Funktionsstörungen des Kauorgans. Praxis der Zahnheilkunde. Band 8. Urban & Schwarzenberg, Mün-chen 1995
- 33.Köllner H J. Das Verhalten der Mandibula bei der Registrierung der retrudierten Kontaktposition. Zahn-, Mund-und Kieferheilk. 1978; 66: 792-796
- 34.Körber E, Landt H. Untersuchungen über die Reproduzierbarkeit von Registrierun-gen. Dtsch Zahnärztl Z 1979; 34: 202-205
- 35.Körber E. Erfahrungen bei der Kieferrelationsbestimmung und Ergebnisse von Nachuntersuchungen. Dtsch Zahnärztl Z 1980, 35: 656-657
- 36.Kraft E. Über die Bestimmung der sogenannten Zentalokklusion. Dtsch Zahnärztl Z 1961; 16: 1226-1231

- 37.Krauth G, Völlm L. Das Zentrikregistrat. Herstellung und Anwendung. Dental Labor 1994;5: 647-653
- 38.Lassila V, McCabe JF. Properties of interocclusal registration materials. J Prosthet Dent 1985; 53:100-104 **Medline**
- 39.Lassila V. Comparison of five interocclusal recording materials. J Prosthet Dent 1986; 55:215-218 **Medline**
- 40.Lucchini JP, Lavigne J, Spirgi M, Meyer JM. La relation centree. Schweiz Monatsschr Zahnheilk 1975; 85: 229-238 **Medline**
- 41.Lucia VO. A technique for recording centric relation. J Prosthet Dent 1964; 14: 492-505
- 42.Malchau A. Die Registriermethodik und die Lage des Unterkiefers. Dtsch Zahnärztl Z 1977, 32: 115-116
- 43.Millstein PL, Kronman JH, Clark RE. Determination of the accuracy of wax interocclusal registrations.J Prosthet Dent 1971; 25: 189-196
- 44.Millstein PL, Clark RE, Kronman JH. Determination of the accuracy of wax interocclusal registrations. Part II. J Prosthet Dent 1973; 29: 40-45
- 45.Millstein PL, Clark RE, Myerson RL. Differential accuracy of silicone-body interocclusal records and associated weight loss due to volatiles. J Prosthet Dent 1975; 33: 649-654 **Medline**
- 46.Millstein PL, Clark PD. Differential accuracy of silicone-body and self-curing resin interocclusal records and associated weight loss. J Prosthet Dent 1981; 46: 380-384
- 47.Millstein PL, Clark RE. Determination of the accuracy of laminated wax interocclusal wafers. J Prosthet Dent 1983; 50: 327-331 **Medline**
- 48.Millstein PL. Accuracy of laminated wax interocclusal wafers. J Prosthet Dent 1985; 54: 574-577
- 49.Millstein PL, Hsu CC. Differential accuracy of elastomeric recording materials and associated weight change. J Prosthet Dent 1994; 71: 400-403

50. Müller J, Götz G, Kraft E. Werkstoffkundliche Untersuchungen zur dreidimensionalen Veränderung der Kieferrelationen durch verschiedene Registratmaterialien. Dtsch Zahnärztl Z 1988; 43: 1112-1115
51. Müller J, Götz G, Hörz W, Kraft E. Study of the accuracy of different recording materials. J Prosthet Dent 1990a; 63: 41-46 **Medline**
52. Müller J, Götz G, Hörz W, Kraft E. An experimental study on the influence of the derived casts on the accuracy of different recording materials. Part I: Plaster, impression compound, and wax. J Prosthet Dent 1990b; 63: 263-269 **Medline**
53. Müller J, Götz G, Hörz W, Kraft E. An experimental study on the influence of the derived casts on the accuracy of different recording materials. Part II: Polyether, acrylic resin, and corrected wax wafer. J Prosthet Dent 1990c; 63: 389-395 **Medline**
54. Müller J, Götz G, Bruckner G, Kraft E. An experimental study of vertical deviations induced by different interocclusal recording materials. J Prosthet Dent 1991; 65: 43-50 **Medline**
55. Müller J. Experimentelle Untersuchungen zur Übertragung der Kieferrelation durch interokklusale Registrare. Vortrag DGZPW Regensburg 1991
56. Mullick SC, Stackhouse JA, Vincent GR. A study of interocclusal record materials. J Prosthet Dent 1981; 46: 304-307 **Medline**
57. Ohlrogge H-H, Mack H, Fischer W. The interocclusal registration. J Gnathol 1990; 9: 43-48
58. Reiber T, Hupfaut S. Zum thermischen Dimensionsverhalten zahnärztlicher Registrierwaxse. Zahnärztl Welt 1990; 7: 551-553 **Medline**
59. Reiber T, Trobola U. Vergleich der klinischen Okklusion und der Modellokklusion. Dtsch Zahnärztl Z 1993; 48: 170-173
60. Sauer G. Bestimmung der sagittalen Unterkieferlage nach sechs verschiedenen Methoden und Kontrolle der Reproduzierbarkeit. Dtsch Zahnärztebl 1969; 13: 470-479
61. Schreinemakers J. Ideale Abformung mit der „Monophase“. In: Zahnärztliche Mitteilungen Sonderdruck 1992; 82: 1-6

62. Shanahan TEJ, Leff A. Interocclusal records. *J Prosthet Dent* 1960; 10: 842-848
63. Skurnik H. Accurate interocclusal records. *J Prosthet Dent* 1969; 21: 154-165
- Medline**
64. Skurnik H. Resin registration for interocclusal records. *J Prosthet Dent* 1977; 37: 164-172 **Medline**
65. Stackhouse JA. Dimensional change of custom acrylic impression trays. *J Am Dent Assoc* 1976; 47: 28-32
66. Stammen E-M. Werkstoffkundliche Untersuchung zur Übertragungsgenauigkeit von Checkbißregistraten. *Med Diss, Bonn* 1992
67. Urstein M, Fitzig S, Moskona D, Cardash HS. A clinical evaluation of materials used in registering interjaw relationships. *J Prosthet Dent* 1991; 65: 372-377
68. Utz K-H, Duvenbeck H, Oettershagen K. Distanz zwischen terminaler Scharnierachsenposition und Interkuspitationsposition im Kiefergelenkbereich. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1990; 100: 42-49
69. Utz K-H, Duvenbeck H, Oettershagen K. Variation der terminalen Scharnierachsenposition bei verschiedenen Registriermethoden. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1990; 100: 412-419
70. Utz K-H, Bernard N, Wegmann U, Huntebrinker W. Reproduzierbarkeit der Pfeilwinkelregistrierung bei der Remontage von Totalprothesen. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1991; 101: 438-444
71. Utz K-H, Bernard N, Hültenschmidt R, Wegmann U, Huntebrinker W. Reproduzierbarkeit der Pfeilwinkelregistrierung bei Vollbezahnten in Abhängigkeit vom Registrar material. *Schweiz Monatsschr Zahnmed* 1992; 102: 299-307
72. Utz K-H, Müller F, Bernard N, Hültenschmidt R, Kurbel R. Handbißnahme oder Stützstiftregistrierung zur Einstellung der maximalen Interkuspitation bei Totalprothesenträgern. *Zahnärztl Welt* 1993; 11: 780-791
73. Utz K-H. Unterkiefer-Haltung und intraorale Registrierung bei bezahnten Patienten. *Deutscher Zahnärztekalendar* 1997, 56: 145-168

74. Walls AWG, Wassel RW, Steele JG. A comparison of two methods for locating the intercuspal position (ICP) whilst mounting casts on an articulator. *J Oral Rehabil* 1991; 18: 43-48 **Medline**
75. Warren K, Capp N. A review of principles and techniques for making interocclusal records for mounting working casts. *J Prosthet Dent* 1990; 3: 341-348
76. Wirth CG, Aplin AW. An improved interocclusal record of centric relation. *J Prosthet Dent* 1971; 25: 279-286
77. Woelfel JB. New device for accurately recording centric relation. *J Prosthet Dent* 1986; 56: 716-727
78. Wöstmann B, Vehring A. Zur Genauigkeit der Übertragung der Kieferrelation durch verschiedene interokklusale Registrare in den Artikulator. Vortrag AGF Bad Nauheim 1993
79. Wöstmann B, Vehring A. Zur Genauigkeit der Übertragung der Kieferrelation durch verschiedene interokklusale Registrare in den Artikulator. *Dtsch Zahnärztl Z* 1994; 49: 554-557
80. Wöstmann B, Vehring A. Die Eignung elastomerer Bißregistrierungsmaterialien zur Verschlüsselung von Stützsstiftregistraten. *Dtsch Zahnärztl Z* 1995; 50: 496-498

11. Danksagung

Mein besonders herzlicher Dank gilt Herrn Prof. Dr. Karl -Heinz Utz für die Überlassung des Themas. Seine persönliche Betreuung und sein aufmunternder Antrieb haben mir die Fertigstellung der Dissertation deutlich erleichtert. Mit seiner ihm eigenen freundlichen und hilfreichen Art unterstützte er mich bei der Überwindung der während der Niederschrift auftretenden Hürden.

Frau Maria Bungarten danke ich für wertvolle Hilfe bei der Durchführung der Voruntersuchung und Erstabformung der Probanden. Sie erleichterte mir die Organisation der Untersuchung stark.

Unsere Zahntechniker Frau Gisela Angenendt und Herr Olaf Babczinsky haben die Modelle und Registrierplatten in unserem Labor hergestellt.

Herrn Dipl.-Phys. Manfred Grüner danke ich für die Hilfe bei der Erstellung der Versuchssapparatur, des Computerprogramms zur Auswertung der gewonnenen Daten und bei der moralischen Unterstützung bei diversen aufgetretenen „ Abstürzen“ der Computersoftware.

Herrn Edgar Fuß danke ich für die Zusammenarbeit bei der Sichtung der statistisch relevanten Datensätze.

Frau Dr. Dipl.-Math. Kruse danke ich für die Hilfe bei der Auswahl der angewandten statistischen Tests und der Überprüfung der ausgewerteten Datensätze auf statische Relevanz.

Unserer Bibliothekarin Frau Hannelore Hanke möchte ich für die Unterstützung während der Literatursuche danken.

Mein besonderer Dank gilt all denen, die mich immer wieder aufgemuntert haben den eingeschlagenen Weg zu Ende zu gehen.

Abschließend möchte ich mich vor allem bei meinem lieben Vater und bei meiner lieben Mutter bedanken ohne die mir mein beruflicher Werdegang in der bisherigen Weise sicherlich nicht möglich gewesen wäre.