

## 4. Ergebnisse

Die Ergebnisse sind hinsichtlich der Aussage zu

1. Positionsveränderungen in Bezug zum Gesamtmodell und
2. Positionsveränderungen der Implantate untereinander unterteilt.

Diese Auswertung erscheint sinnvoll, da in Abhängigkeit der klinischen Situation eine besondere Gewichtung auf hohe Übertragungspräzision einer Implantatposition

1. in Bezug zur Restbezahnung (Einzelzahnersatz, Verbundbrücke) oder
2. in Bezug von mehreren Implantaten zueinander (rein implantatgetragene Stegkonstruktion bzw. Brücke) gestellt wird.

Bei der Auswertung der Scanergebnisse für die **Positionsveränderungen in Bezug zum Gesamtmodell** wurde als Referenz eine Bezugsebene definiert. Diese Bezugsebene wurde durch die drei Positionierkugeln gebildet. Die softwareseitige Best-Fit-Justage der 3D-Scans erfolgte anhand einer optimierten Projektion der Positionierkugeln. Anschließend konnte die mittig in regio 31/41 gelegene Kugel als Referenzhöhe gemessen werden.

Bei der Auswertung der Scanergebnisse für die **Positionsveränderungen der Implantate untereinander** wurde die durch Positionierkugeln gebildete Referenzebene nicht berücksichtigt. Die Best-Fit-Passungsoptimierung erfolgte lediglich zwischen den Gitternetzmodellen der Implantate. Das optimale Ergebnis wurde manuell dahingehend korrigiert, dass keine Überschneidungen beider Scans vorlagen. Klinisch entspricht das der Tatsache, dass beim Einpassen einer Suprakonstruktion beim ersten Auftreten eines Kontaktes keine weitere Passungsoptimierung möglich ist. Aus diesem Grund diente als Referenzhöhe der Übertragungspostens mit der geringsten Differenz zwischen beiden Scans.

#### 4.1 Positionsveränderungen in Bezug zum Gesamtmodell

Die statistische Bewertung der Messergebnisse erfolgte mittels linearer Regressionsanalyse. Die Messwerte für jeweils 4 abgeformte Implantate stellen in ihrer Gesamtheit die Präzision einer Abformung dar. Damit können durch Projektion einer Regressionsgeraden durch die streuenden Messwerte gemeinsame die Abformpräzision beschreibende Werte ermittelt werden.

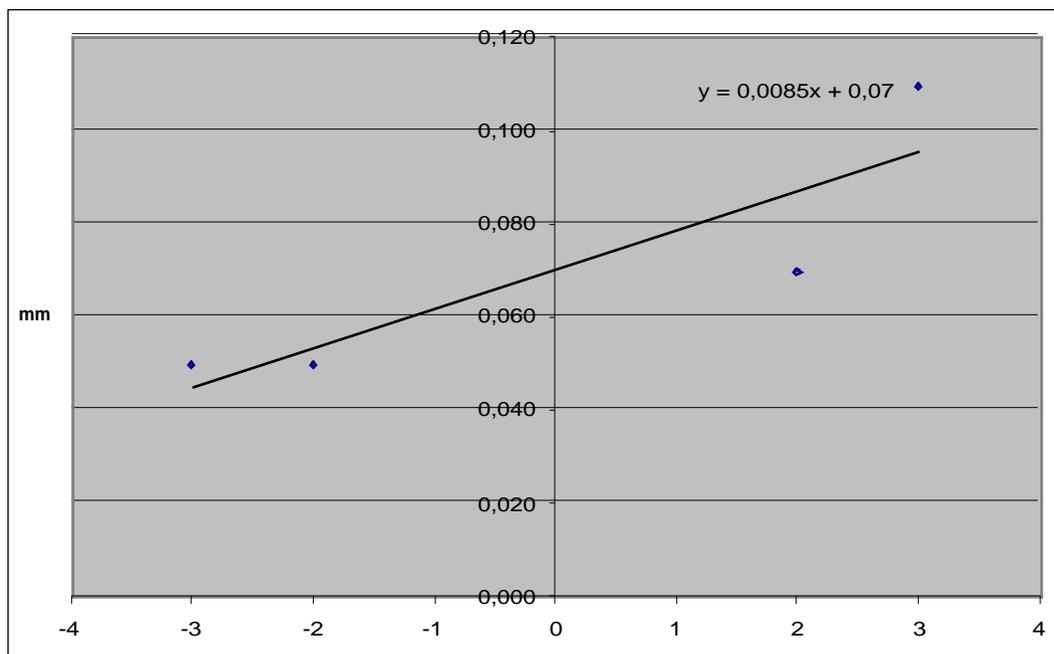


Abb. 8 Beispiel für die Projektion einer Regressionsgeraden; Positionen -3,-2, 2 und 3 symbolisieren die Positionen der Implantate;

Die Formel  $y=ax+b$  beschreibt den Verlauf der Regressionsgeraden. Der Faktor  $a$  beschreibt die Steigung der Regressionsgeraden als Maß für eine „Verkantung“ der Abformung. Summand  $b$  stellt den Achsenschnittpunkt der Regressionsgeraden mit der  $y$ -Achse dar und ist ein Maßstab für die **Gesamtungenauigkeit** der Abformung.

## Ergebnisse

Der Mittelwert der b-Werte einer Abformserie ist damit eine Aussage über die Ungenauigkeit der Abformungen in dieser Abformserie. Im Vergleich mit einer anderen Serie kann der Einfluss des variierten Parameters beurteilt werden. Als Test für das Signifikanzniveau dieser Unterschiede wurde der Student'sche t-Test gewählt. Statistisch signifikante Unterschiede werden per definitionem ab einem Niveau von  $p < 0,05$  als hochsignifikant bezeichnet.

### Vergleich der Abformmaterialien Impregum<sup>®</sup>, Impregum<sup>®</sup> soft und Aquasil<sup>™</sup> Monophase (absoluter Bezug)

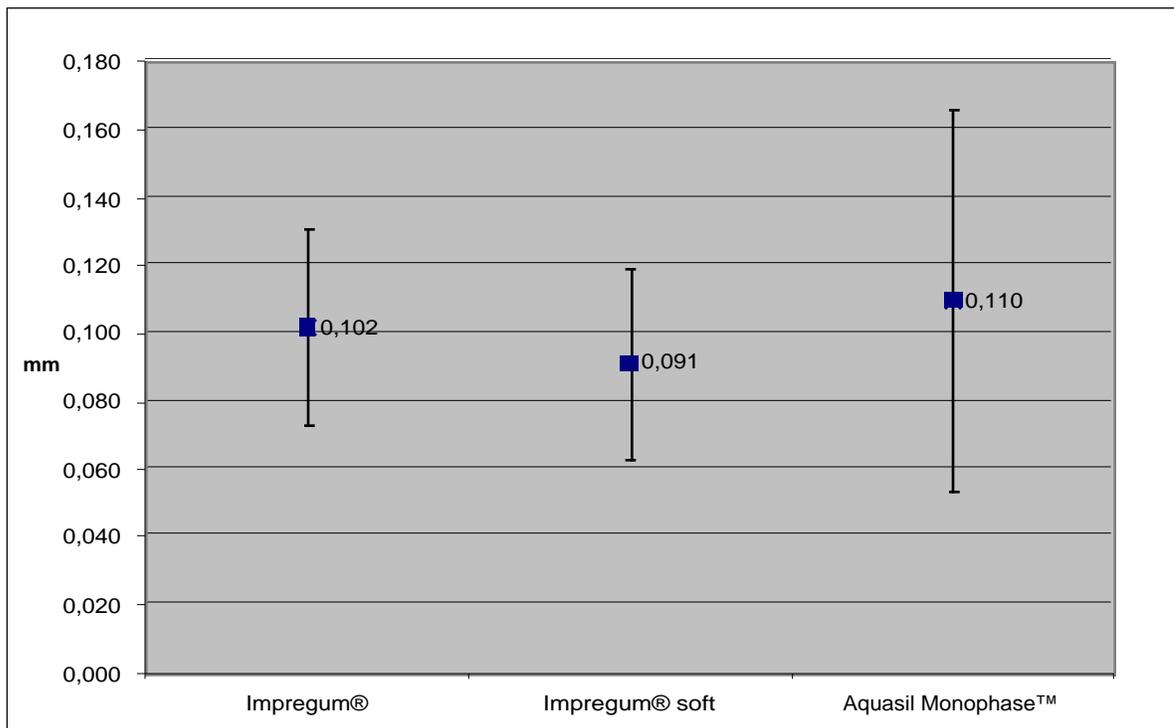


Abb. 9 vertikale Differenzen zwischen Implantaten eines Ur- und Meistermodells bei Verwendung verschiedener Abformwerkstoffe

Im Vergleich zwischen den Gruppen Impregum<sup>®</sup> Penta, Impregum<sup>®</sup> soft Penta und Aquasil Monophase<sup>™</sup> wurden mittlere vertikale Differenzen von 0,102 mm

## Ergebnisse

(Impregum<sup>®</sup>), 0,091 mm (Impregum<sup>®</sup> soft) und 0,110 mm (Aquasil Monophase<sup>™</sup>) erreicht.

Die Unterschiede waren nicht statistisch signifikant (Impregum<sup>®</sup> - Impregum<sup>®</sup> soft,  $p=0,529$ ; Impregum<sup>®</sup> - Aquasil Monophase<sup>™</sup>,  $p=0,769$ ; Impregum<sup>®</sup> soft - Aquasil Monophase<sup>™</sup>,  $p=0,489$ ).

Auffallend war die größere Streuung der Messwerte bei der Abformserie mit dem A-Silikon.

### Vergleich der Übertragungspfofen Ankylos<sup>®</sup> Balance, Ankylos<sup>®</sup> Standard, Brånemark verschraubt und Brånemark reponierbar (absoluter Bezug)

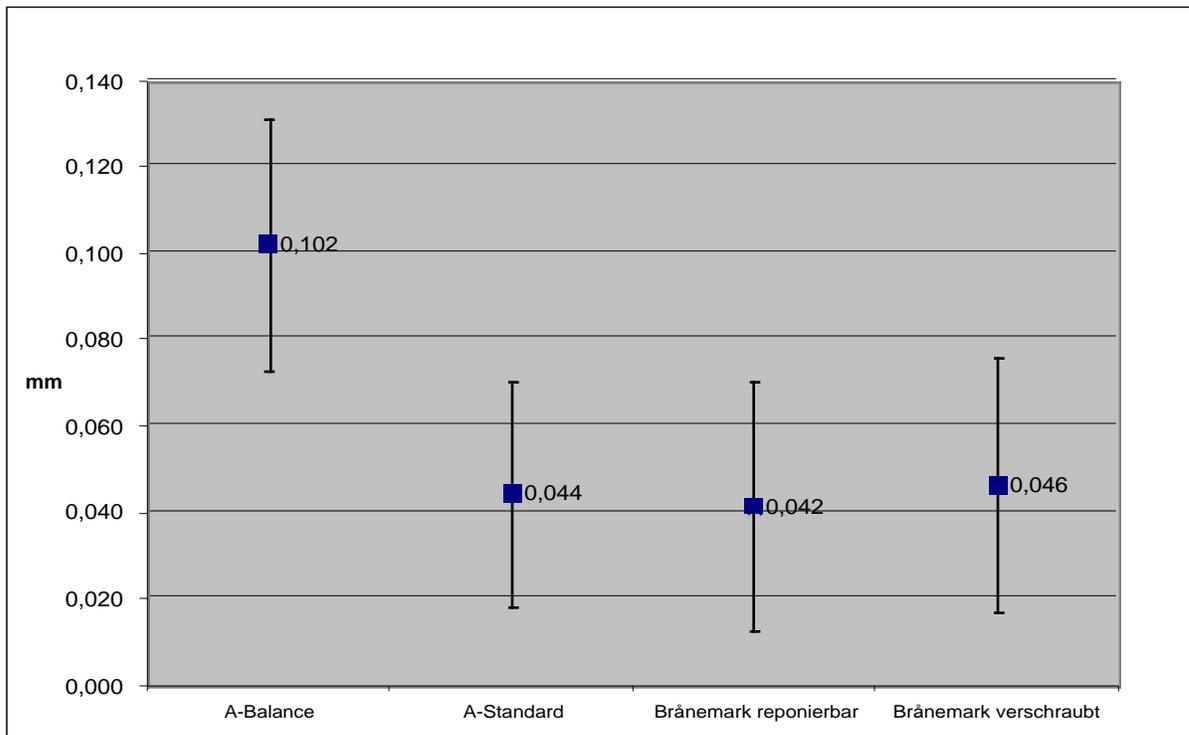


Abb. 10 vertikale Diskrepanzen zwischen Implantaten eines Ur- und Meistermodells bei Verwendung verschiedener Übertragungspfofen

## Ergebnisse

---

Im Vergleich zwischen den Gruppen Ankylos<sup>®</sup> Balance, Ankylos<sup>®</sup> Standardabutment und Kunststoffübertragungskappe, Brånemark reponierbarer und verschraubter Übertragungspfosten wurden mittlere vertikale Differenzen von 0,102 mm (Ankylos<sup>®</sup> Balance), 0,044 mm (Ankylos<sup>®</sup> Standardabutment), 0,042 mm (Brånemark reponierbar) und 0,046 mm (Brånemark verschraubt) erreicht.

Abformungen mit dem Ankylos<sup>®</sup> Balance Übertragungspfosten lieferten signifikant ungenauere Übertragungsergebnisse in Bezug zum Gesamtmodell (A–Balance – A–Standard,  $p=0,004$ ; A–Balance – B–reponierbar,  $p=0,003$ ; A–Balance – B–verschraubt,  $p=0,006$ ).

Zwischen den drei anderen Gruppen war kein statistisch signifikanter Unterschied feststellbar (A–Standard – B–reponierbar,  $p=0,868$ ; A–Standard – B–verschraubt,  $p=0,895$ ; B–reponierbar – B–verschraubt,  $p=0,778$ ).

**Vergleich einer Abformung ohne, mit einzeitiger und mit zweizeitiger Verblockung (absoluter Bezug)**

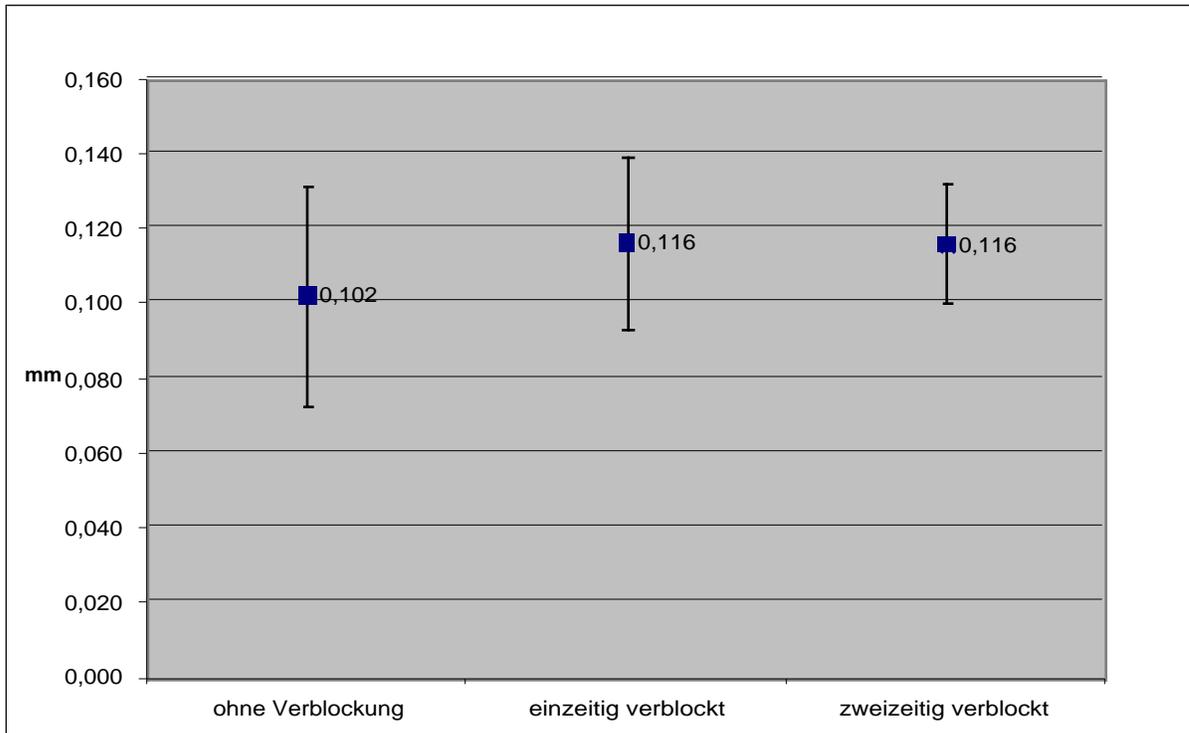


Abb. 11 vertikale Diskrepanzen zwischen Implantaten eines Ur- und Meistermodells bei Verwendung verschiedener Verblockungsverfahren

Abformungen mit dem Ankylos® Balance-Übertragungspfosten erreichten durch Verblockung mittlere vertikale Differenzen von 0,116 mm (einzeitige und zweizeitige Verblockung). Im Vergleich dazu betrugen die mittleren vertikalen Differenzen, die ohne eine Verblockung erzielt wurden, 0,102 mm.

Die Ergebnisse repräsentieren keine statistisch signifikante höhere Übertragungspräzision durch Einsatz eines Verblockungsmaterials (ohne Verblockung – einzeitige Verblockung,  $p=0,367$ ; ohne Verblockung – zweizeitige Verblockung,  $p=0,333$ ; einzeitige Verblockung – zweizeitige Verblockung,  $p=0,976$ ).

#### **4.2 Positionsveränderungen der Implantate untereinander**

Zur Beurteilung der Übertragungspräzision der Implantate zueinander kann die lineare Regressionsanalyse nicht angewendet werden, da die Passungsoptimierung per Best-Fit-Methodik manuell verändert wurde. Die manuelle Justage erfolgte unter dem klinischen Gesichtspunkt, dass sich eine Positivform (Implantate resp. Abutments) und eine Negativform (Suprakonstruktion) nicht gegenseitig durchdringen können, um eine mathematisch maximale Übereinstimmung zu erreichen. Bei dem ersten Auftreffen auf ein Element der Gegenform ist kein weiteres Ineinandergleiten von Positiv- und Negativform möglich.

Es wurde die mittlere Ungenauigkeit einer Abformung dadurch ermittelt, dass die 4 einzelnen Werte jeweils quadriert, dann addiert wurden. Die Summe wurde wiederum durch 4 dividiert und abschließend die Quadratwurzel gezogen.

$$\text{Formel: } R = \sqrt{\left(\frac{x1^2 + x2^2 + x3^2 + x4^2}{4}\right)}$$

Mit dieser statistischen Methode wird der Einfluss von einzelnen Werten mit größerer Diskrepanz zur mittleren Ungenauigkeit stärker gewichtet.

Der Mittelwert der R-Werte beschreibt die Übertragungsungenauigkeit der Abformserie.

**Vergleich der Abformmaterialien Impregum<sup>®</sup>, Impregum<sup>®</sup> soft und Aquasil<sup>™</sup> Monophase (relativer Bezug)**

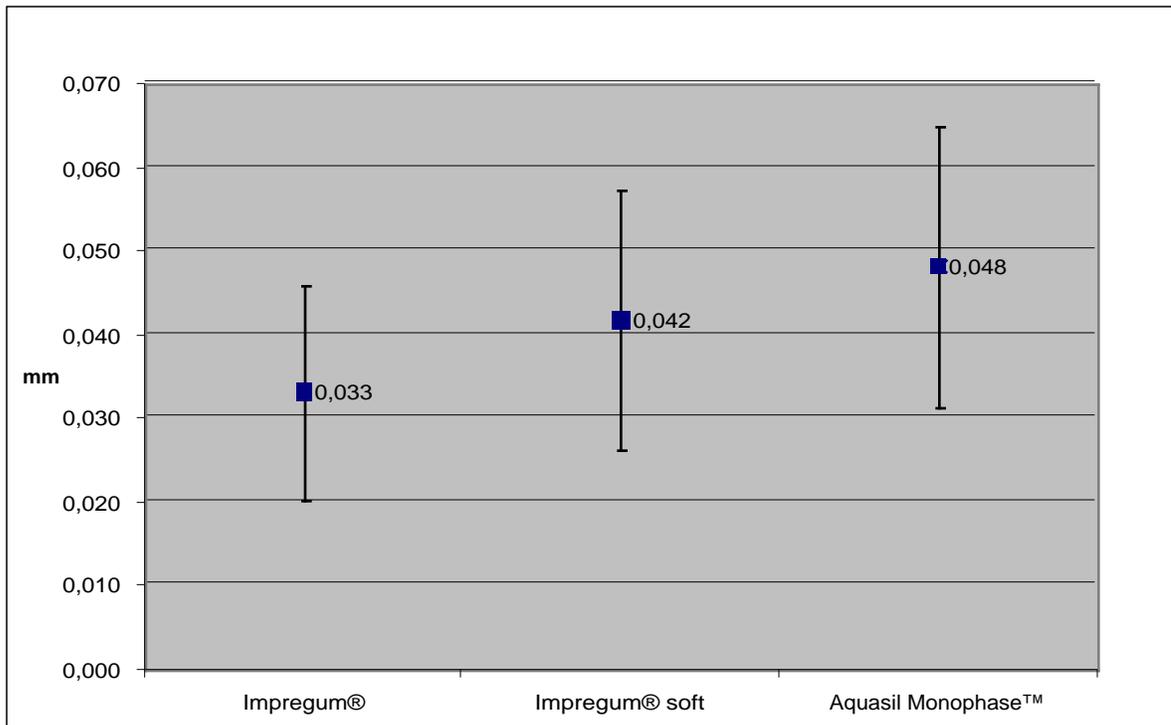


Abb. 12 vertikale Diskrepanzen zwischen Implantaten eines Ur- und Meistermodells bei Verwendung verschiedener Abformwerkstoffe

Die Anwendung der verschiedenen Abformmaterialien zeigte mittlere vertikale Differenzen von 0,033 mm (Impregum<sup>®</sup>), 0,042 mm (Impregum<sup>®</sup> soft) und 0,048 mm (Aquasil Monophase<sup>™</sup>).

Die Unterschiede in der Übertragungspräzision der Implantatpositionen relativ zueinander sind statistisch nicht signifikant (Impregum<sup>®</sup> - Impregum<sup>®</sup> soft,  $p=0,314$ ; Impregum<sup>®</sup> - Aquasil Monophase<sup>™</sup>,  $p=0,107$ ; Impregum<sup>®</sup> soft - Aquasil Monophase<sup>™</sup>,  $p=0,502$ ). Dennoch kann eine Rangfolge der verwendeten Materialien erstellt werden, bei der das Material der ersten Wahl Impregum<sup>®</sup>, das der zweiten Impregum<sup>®</sup> soft und das der dritten Wahl Aquasil Monophase<sup>™</sup> wäre.

**Vergleich der Übertragungspfeifen Ankylos® Balance, Ankylos® Standard, Brånemark verschraubt und Brånemark reponierbar (relativer Bezug)**

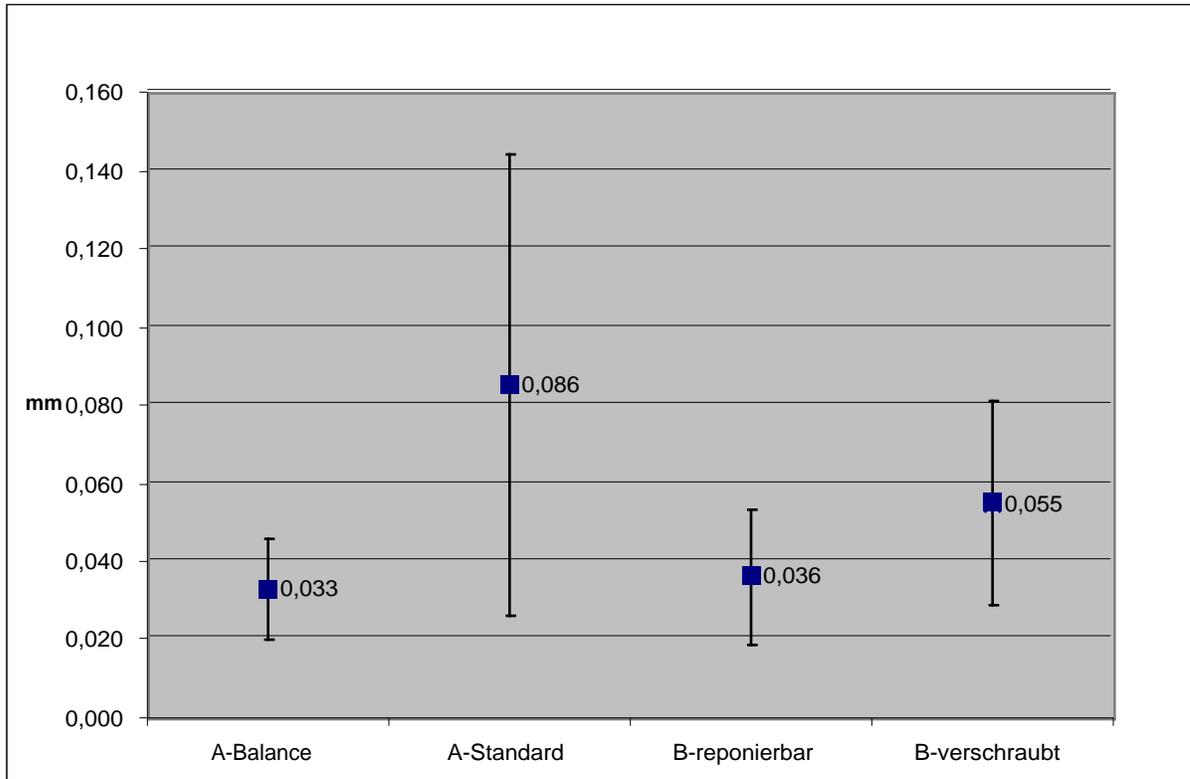


Abb. 13 vertikale Diskrepanzen zwischen Implantaten eines Ur- und Meistermodells bei Verwendung verschiedener Übertragungspfeifen

Im Vergleich der Übertragungspräzision verschiedener Übertragungspfeifen traten Unterschiede auf. Die ermittelten mittleren vertikalen Differenzen betragen 0,033 mm (Ankylos® Balance), 0,086 mm (Ankylos® Standard), 0,036 mm (Brånemark reponierbar) und 0,055 mm (Brånemark verschraubt).

Unter Zugrundelegung des definierten Signifikanzniveaus von  $p=0,05$  sind die Unterschiede jedoch nicht statistisch gesichert. Im Vergleich der Ankylos®-Übertragungspfeifen Balance und Standard betrug  $p=0,073$ . Die reponierbaren

## Ergebnisse

---

Brånemark-Übertragungspfofen und Ankylos<sup>®</sup>-Standard-Pfofen erzielten im Vergleich miteinander einen p-Wert von 0,089.

Die weiteren p-Werte betragen:

Ankylos <sup>®</sup> Balance – Brånemark reponierbar	p=0,735
Ankylos <sup>®</sup> Balance – Brånemark verschraubt	p=0,099
Ankylos <sup>®</sup> Standard – Brånemark verschraubt	p=0,280
Brånemark reponierbar – Brånemark verschraubt	p=0,169.

In einer Rangfolge der erzielten Ergebnisse wären Ankylos<sup>®</sup> - Balance - Übertragungspfofen und reponierbare Brånemark-Übertragungspfofen die Materialien der ersten Wahl. Mit geringem Abstand erzielten verschraubte Brånemark-Übertragungspfofen die nächst besten Ergebnisse. Ankylos<sup>®</sup>-Standard-Pfofen in Verbindung mit der Kunststoff-Übertragungskappe erzielten in diesem Vergleich die schlechtesten Ergebnisse.

**Vergleich einer Abformung ohne, mit einzeitiger und mit zweizeitiger Verblockung (relativer Bezug)**

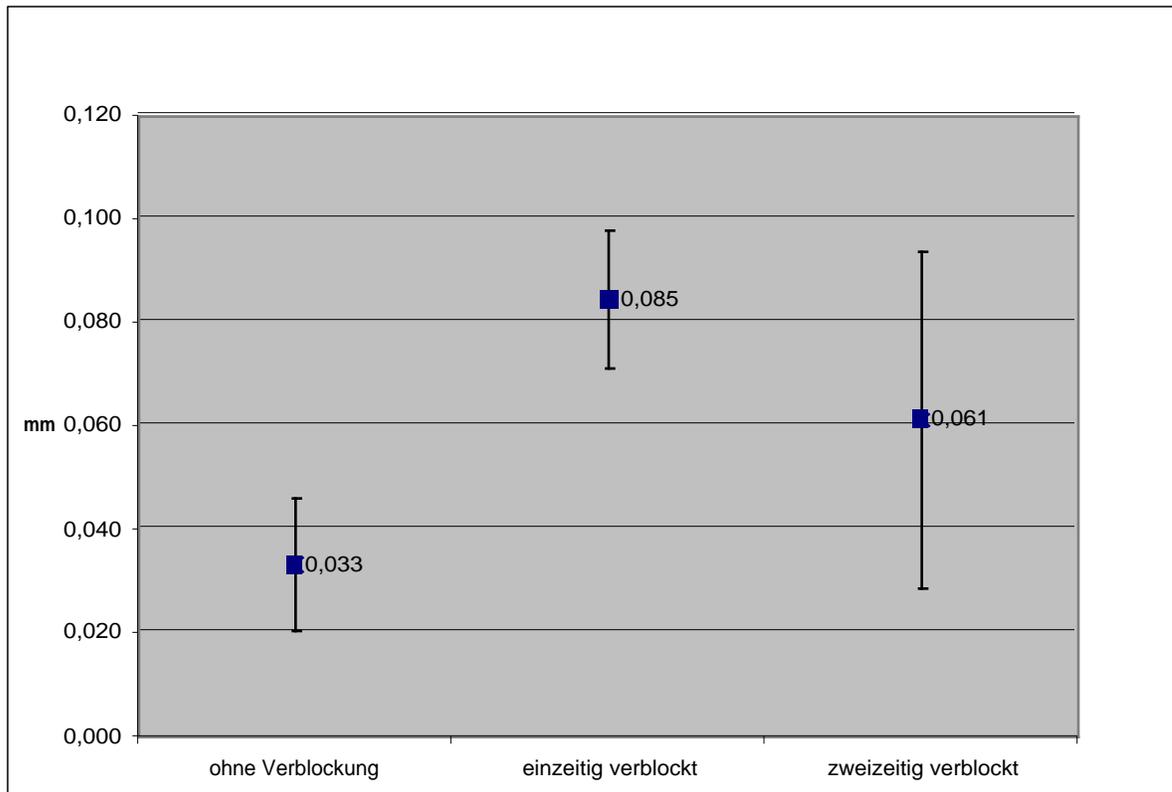


Abb. 14 vertikale Diskrepanzen zwischen Implantaten eines Ur- und Meistermodells bei Verwendung verschiedener Verblockungsverfahren

Der Einsatz des Autopolymerisats Pattern Resin LS (Fa. GC) als Verblockungsmaterial von Ankylos® Balance-Übertragungspfosten führte zu mittleren vertikalen Differenzen von 0,085 mm (einzeitig verblockt) und 0,061 mm (zweizeitig verblockt). Als Vergleichswert für eine Abformung ohne Verblockung wurden 0,033 mm erreicht.

Die Übertragungspräzision bei einzeitiger Anwendung des Verblockungsmaterials verschlechterte sich signifikant ( $p=0,000$ ).

## Ergebnisse

---

Eine erneute Trennung und Fügung der Kunststoffverblockung nach Beendigung der Polymerisation verbesserte die Übertragungspräzision im Vergleich zur einzeitigen Anwendung ( $p=0,086$ ), die Werte erreichte allerdings noch nicht das Niveau einer Übertragung ohne Verblockungsmaterial ( $p=0,140$ ). Diese Unterschiede waren jedoch nicht statistisch signifikant.