

# A Comparison of the Periodontal Health of Patients during Treatment with the Invisalign® System and with Fixed Lingual Appliances

## Vergleich der Parodontalbefunde zwischen Invisalign®-Patienten und Patienten mit fest-sitzenden Lingualapparaturen

Rainer-Reginald Miethke, Klaudia Brauner<sup>1</sup>

### Abstract

**Objective:** Evaluation of the periodontal health of patients during treatment with the Invisalign® system or fixed lingual appliances.

**Study Design:** The study was designed as a concomitant trial of two groups of consecutive patients. The lingual patients were evaluated between February and May 2005.

**Patients and Methods:** Thirty patients each with aligners or fixed lingual appliances were examined at three consecutive control visits for their periodontal status. All the Invisalign® patients and some of those wearing lingual appliances were patients from the Department of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics of the Charité Berlin. The rest were recruited from the practices of two licensed orthodontists. The patients' periodontal health was evaluated in reference to a modified Gingiva, modified Plaque and modified Papillary Bleeding Index; we also measured the sulcus probing depth. All indices were documented buccally in the 1st and 3rd quadrants, and lingually in the 2nd and 4th quadrants from central incisor to first molar. The sulcus probing depth was measured mesially, distally, buccally and lingually in each quadrant's first molar and first premolar. Each control visit was concluded with detailed, individualized instructions in oral hygiene.

**Results:** Overall, the Invisalign® patients demonstrated significantly better modified indices. However, the sulcus probing depths were very similar in both treatment groups.

**Conclusion:** Although all the teeth and parts of the keratinized gingiva are covered nearly all day during Invisalign® treatment, the periodontal risk is lower than that associated with fixed lingual appliances. This may be due to the fact that aligners are

### Zusammenfassung

**Untersuchungsziel:** Vergleich des Parodontalzustandes von Patienten, die mit dem Invisalign®-System beziehungsweise mit fest-sitzenden Lingualapparaturen behandelt werden.

**Studienaufbau:** Therapiebegleitende Untersuchung von zwei Gruppen konsekutiver Patienten. Die Lingualpatienten wurden zwischen Februar 2005 und Mai 2005 erfasst.

**Patienten und Methodik:** Je 30 Patienten mit Alignern oder fest-sitzenden Lingualapparaturen wurden zu drei verschiedenen Zeitpunkten während ihrer Behandlung parodontologisch untersucht. Alle Invisalign®-Patienten entstammten der Klientel der Abteilung für Kieferorthopädie und Orthodontie der Charité Berlin. Das galt zum Teil auch für die Patienten mit einer Lingualapparat, die jedoch zum anderen Teil in zwei Fachpraxen rekrutiert wurden. Der Parodontalzustand aller dieser Patienten wurde mittels eines modifizierten Gingiva-Indexes, eines modifizierten Plaque-Indexes und eines modifizierten Papillenblutungsindex erfasst; zusätzlich wurde die Sulkustiefe gemessen. Sämtliche Indizes wurden im ersten und dritten Gebissquadranten vestibulär, im zweiten und vierten Quadranten oral für alle bleibenden Zähne von den mittleren Schneidezähnen bis zu den ersten Molaren bestimmt. Die Sulkustiefe wurde am ersten Molaren und am ersten Prämolaren jedes Quadranten mesial und distal, vestibulär und oral festgestellt. An jede Befunderhebung schloss sich eine ausführliche, individuelle Mundhygieneinstruktion an.

**Ergebnisse:** Die Invisalign®-Patienten wiesen insgesamt signifikant bessere modifizierte Indizes auf; dagegen war die Sulkustiefe bei beiden Therapiegruppen sehr ähnlich.

**Schlussfolgerung:** Obwohl bei einer Invisalign®-Behandlung die Zähne und die marginalen Anteile der Gingiva propria fast ganztägig von Alignern bedeckt sind, folgt daraus ein geringeres parodontales Risiko, als es von fest-sitzenden Lingualapparaturen

<sup>1</sup>Institute of Orthodontics, Dentofacial Orthopedics and Pedodontics, Center for Dental and Craniofacial Sciences, Charité – Universitätsmedizin Berlin, Germany.

Received: December 20, 2006; accepted: March 14, 2007

J Orofac Orthop 2007;68:223–31

DOI 10.1007/s00056-007-0655-8

removable, permitting unimpeded oral hygiene. In contrast, the lingual tooth surfaces are very difficult to clean when fitted with a fixed appliance.

**Key Words:** Invisalign® · Lingual appliance · Periodontium · Gingiva Index · Plaque Index · Papillary-Bleeding Index · Sulcus probing depth · Oral hygiene

### Introduction

As already reported [11], fixed appliances create numerous plaque-retention sites which increase a patient's risk to develop demineralizations ("white spots"), carious lesions or periodontitis. That claim applied to fixed labial appliances primarily; the many articles on the subject require no reference at this point. In contrast, the relevant literature on oral hygiene and the periodontal health of patients with fixed lingual appliances is very limited [1, 4, 5, 6, 10, 12, 13, 16].

Nevertheless, all users of lingual appliances seem to have been aware from the start that oral hygiene is critical with that treatment modality. Fujita et al. [4, 10] had already expressed their concern about this problem in 1978. Yet Hohoff et al. [6] remarked in 2003 with good reason: plaque "... control is more difficult from the lingual than from the buccal, and plaque accumulations, gingivitis, and demineralisation are not detected by the patient". Patients in their study with lingual appliances had plaque deposits in about half of their interproximal spaces. However, bleeding on probing was limited to only 10% to 20% of all sulci. The frequent plaque deposition is not surprising, as almost 60% of all patients wearing lingual appliances complain about significant difficulty with tooth brushing [5, 12].

After comparing the periodontal health of patients with a labially-fixed appliance and those treated with the Invisalign® system (Align Technology, Inc., Santa Clara, CA, USA) [11], it seemed worthwhile to examine patients with a lingually-fixed appliance using the same method, and to compare them with the previously-examined Invisalign® patients.

### Patients and Methods

Thirty consecutive new patients with a fixed lingual appliance were enrolled in this study. All were between 16 and 48 years old, with a mean age of 39.6 years. Nine of them were patients from the Department of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics of the Charité Berlin. The remaining patients were recruited from the practices of two licensed orthodontists who routinely treat with lingual appliances. All the patients wore lingual appliances consisting of

ausgeht. Das lässt sich dadurch erklären, dass Aligner herausnehmbar sind und eine uneingeschränkte Mundhygiene zulassen, während die Reinigung der lingualen Zahnflächen besonders schwierig ist, wenn sich hier eine festsitzende Apparatur befindet.

**Schlüsselwörter:** Invisalign® · Lingualapparatur · Parodontium · Gingiva-Index · Plaque-Index · Papillenblutungsindex · Sulkustiefe · Mundhygiene

### Einleitung

Wie bereits in einer früheren Publikation [11] festgestellt wurde, entstehen durch festsitzende Apparaturen viele Schmutznischen, die bei den betroffenen Patienten das Risiko vergrößern, Demineralisationen („white spots“), Kariesläsionen oder Parodontitiden zu entwickeln. Diese Aussage bezog sich seinerzeit unausgesprochen vor allem auf festsitzende Labialapparaturen; entsprechend umfangreich war dazu das Literaturgut, das an dieser Stelle nicht wiederholt werden soll. Die Literatur zur Mundhygiene und zum Parodontalzustand von Patienten mit festsitzenden lingualen Apparaturen ist hingegen sehr begrenzt [1, 4, 5, 6, 10, 12, 13, 16].

Dennoch waren sich offenbar die Anwender von Lingualapparaturen von Anfang an bewusst, dass die Mundhygiene bei dieser Behandlungstechnik relativ kritisch ist. So beschäftigten sich bereits 1978 Fujita et al. [4, 10] mit diesem Problem. Doch selbst 2003 bemerken Hohoff et al. [6] sicher immer noch sehr zu Recht: Plaque „... control is more difficult from the lingual than from the buccal, and plaque accumulations, gingivitis, and demineralisation are not detected by the patient“. Nach ihrer Untersuchung hatten Lingualpatienten etwa in der Hälfte aller ihrer Approximalräume Plaqueablagerungen. Blutungen nach Sondierung beschränkten sich dagegen auf ungefähr 10–20% der Sulci. Das häufige Verbleiben von Plaque ist nicht überraschend, beklagen sich doch fast 60% aller Patienten mit einer Lingualapparatur über signifikante Schwierigkeiten beim Zähneputzen [5, 12].

Nachdem zunächst der Parodontalzustand von Patienten miteinander verglichen wurde, die entweder mit einer Labialapparatur oder dem Invisalign®-System (Align Technology, Inc., Santa Clara, CA, USA) behandelt wurden [11], bot es sich an, mit derselben Methode Patienten mit einer Lingualapparatur zu untersuchen, um auch diese den bereits geprüften Invisalign®-Patienten gegenüber zu stellen.

### Patienten und Methodik

In diese Studie wurden 30 fortlaufend aufgenommene neue Patienten einbezogen, die mit einer festsitzenden Lingual-

Ormco 7th Generation Brackets (Ormco Europe, Amersfoort, The Netherlands).

The control group was composed of the 30 patients with aligners from the first investigation [11].

All the lingual patients wore their appliances for at least 6 months in both arches with a minimum of 24 teeth fitted with brackets or bands. This study's participants were physically healthy, taking no antibiotics, nor did they use any plaque-inhibiting agents.

The study design was that of a therapy concomitant clinical trial performed at three consecutive appointments spaced at 3- to 4-week intervals.

All lingual patients were initially asked to maintain their personal oral hygiene habits. Specifically, this meant not using any products they had not used up till then. We determined the degree of gingival inflammation, plaque accumulations, and sulcus depths in all of these patients. The exams were carried out in the same manner during the subsequent two control visits by the same orthodontist (K. B.).

Any gingival inflammation was judged in reference to a modification of the Gingiva Index (GI) by Loe & Silness [9] and the Papillary Bleeding Index (PBI) by Saxer & Mühlemann [14]. Plaque accumulation was recorded using a modified Plaque Index (PI) according to Silness & Loe [15]. The examination concluded with measurement of the sulcus probing depth (SPD). The manner of assessment and modifications to the original indices were described in a previous publication [11].

### Statistics

Statistical analysis was carried out by Mann-Whitney test, Friedman test and Wilcoxon test, and  $\alpha$ -adjustments according to Bonferroni. The tables illustrate the median, 25th and 75th percentiles, the minimum and maximum, and the arithmetic mean and its standard deviation. Arithmetic mean ( $\pm$  standard deviation) and median (and 25th and 75th percentiles) were both recorded because the indices and SPD did not show even distribution at all three control visits within the two experimental groups. All our results are graphically represented in the form of Box-Whisker-Plots. The level of significance was set at  $p < 0.05$ .

### Results

The results of this investigation are depicted in Tables 1 to 4 and Figures 1a to 4b. All significant differences are indicated by an asterisk \* and a square bracket (within the same group) or a curved bracket (between the two groups).

Overall, it is obvious that the SPD with 2.4 mm to 2.5 mm is very similar in both groups. However, the SPD was significantly lower in the Invisalign® group at the 3rd assessment (Figures 4a and 4b).

The GI and PI values at the first evaluation were twice as high (thus significantly worse) in the patients with a lingual appliance as in those wearing the Invisalign® aligners

apparatur behandelt wurden. Das Patientenalter schwankte zwischen 16 und 48 Jahren und betrug im Durchschnitt 39,6 Jahre. Neun der Behandlungen fanden in der Abteilung für Kieferorthopädie und Orthodontie der Charité Berlin statt, die übrigen Probanden rekrutierten sich aus zwei Fachpraxen, die routinemäßig Lingualbehandlungen anbieten. Die Versorgung der Patienten erfolgte mit Ormco 7th Generation Brackets (Ormco Europe, Amersfoort, Niederlande).

Die Vergleichsgruppe bestand aus den 30 Patienten, die in der ersten Untersuchung [11] mit Alignern behandelt wurden.

Alle Lingualpatienten trugen ihre Apparatur seit mindestens 6 Monaten in beiden Kiefern, wobei wenigstens 24 Zähne mit Brackets oder Bändern versehen waren. Sämtliche Patienten waren körperlich gesund, nahmen folglich keine Antibiotika ein und verwendeten keine plaquehemmenden Substanzen.

Diese Studie war eine therapiebegleitende klinische Untersuchung an drei aufeinanderfolgenden Kontrollterminen mit etwa 3- bis 4-wöchigen Abständen.

Sämtliche Lingualpatienten wurden zu Beginn der Behandlung aufgefordert, ihre bisherige Mundhygiene fortzuführen. Konkret hieß dies, sie sollten keine Hilfsmittel einsetzen, die sie nicht auch zuvor benutzt hatten. Dann wurde bei allen diesen Patienten der Entzündungszustand des marginalen Parodontiums, die Plaqueablagerung und die Sulkustiefe geprüft; diese Prüfungen wurden in gleicher Weise zu zwei späteren Zeitpunkten wiederholt. Ohne Ausnahme erfolgten die Messungen an den Patienten mit einer Lingualapparatur durch nur eine Untersucherin (K. B.).

Der Entzündungsgrad der Gingiva propria wurde mittels eines modifizierten Gingiva-Indexes (GI) nach Loe & Silness [9] sowie eines modifizierten Papillenblutungsindex (PBI) nach Saxer & Mühlemann [14] festgestellt. Plaqueablagerungen wurden mit einem modifizierten Plaque-Index (PI) nach Silness & Loe [15] registriert. Vervollständigt wurde die Untersuchung durch Messen der Sulkustiefe (ST, engl.: Sulcus Probing Depth = SPD). Wie die einzelnen Messungen erfolgten und worin die Modifikationen bestanden, ist an anderer Stelle nachzulesen [11].

### Statistik

Als statistische Verfahren wurden der Mann-Whitney-Test, der Friedman- und der Wilcoxon-Test verwendet; hinzu kam eine  $\alpha$ -Adjustierung nach Bonferroni. Die jeweiligen Ergebnistabellen geben Auskunft über Median, 25. und 75. Perzentile, Minimum, Maximum, arithmetisches Mittel und Standardabweichung. Arithmetischer Mittelwert ( $\pm$  Standardabweichung) und Median (sowie 25. und 75. Perzentile) wurden parallel gelistet, da weder alle Indizes noch die ST zu allen drei Kontrollterminen bei beiden Untersuchungsgruppen gleichmäßig verteilt waren. Zusätzlich sind alle Ergebnisse in Form von Box-Whisker-Plots dargestellt. Das Signifikanzniveau wurde auf  $p < 0,05$  festgesetzt.

(Figures 1a and 3a). Moreover, the PBI was only half as high in the patients with aligners, although the difference was not significant (Figure 2a).

All three indices were significantly worse in the patients with a lingual appliance at the 2nd and 3rd evaluations (Figures 1a, 2a and 3a).

Considering all three evaluations, it becomes evident that those patients wearing lingual appliances had signifi-

**Ergebnisse**

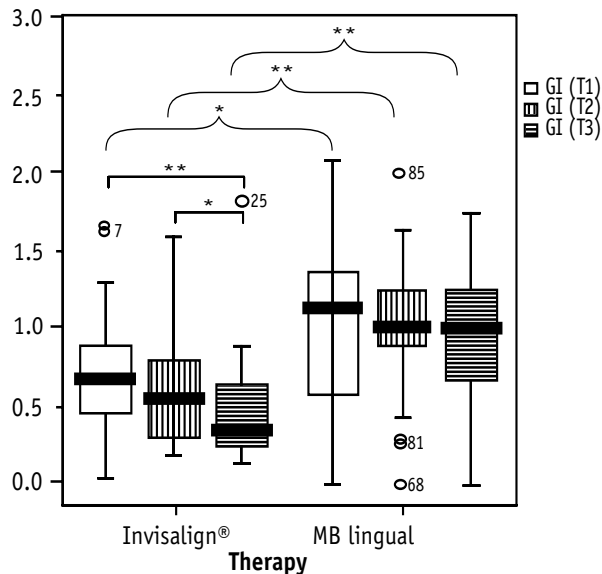
Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind in den Tabellen 1 bis 4 sowie in den Abbildungen 1a bis 4b dargestellt. Alle signifikanten Unterschiede sind durch \* und eckige Klammern (innerhalb einer Gruppe) sowie geschweifte Klammern (zwischen den beiden Gruppen) gekennzeichnet.

Insgesamt fällt auf, dass die ST mit 2,4 mm bis 2,5 mm in beiden Gruppen sehr ähnlich war; lediglich zum dritten

**Table 1.** Comparison of the standard statistics of both experimental groups' Gingiva Indices (GI) at three consecutive control visits (T1 to T3) and from all three visits ( $\Sigma$  GI).

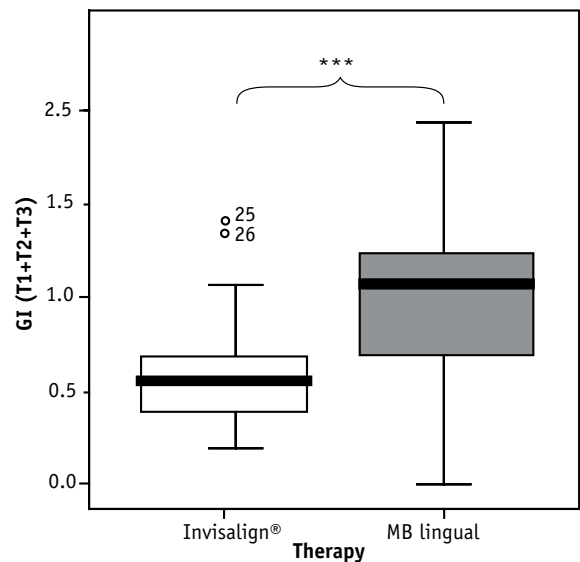
**Tabelle 1.** Vergleich der Standardstatistik für den Gingiva-Index (GI) der beiden Behandlungsgruppen an drei aufeinander folgenden Untersuchungsterminen (T1 bis T3) sowie für alle drei Termine zusammen ( $\Sigma$  GI).

	Invisalign®				MB lingual			
	GI (T1)	GI (T2)	GI (T3)	$\Sigma$ GI	GI (T1)	GI (T2)	GI (T3)	$\Sigma$ GI
Median	0.68	0.56	0.34	0.53	1.13	1.02	1.00	1.08
25th percentile	0.44	0.29	0.23	0.39	0.55	0.88	0.66	0.67
75th percentile	0.92	0.82	0.65	0.73	1.38	1.26	1.26	1.25
Minimum	0.04	0.18	0.14	0.20	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum	1.67	1.59	1.82	1.42	2.07	2.00	1.74	1.94
Mean	0.71	0.61	0.46	0.59	1.02	1.02	0.96	1.00
Standard deviation	0.39	0.35	0.34	0.30	0.53	0.43	0.43	0.43



**Figure 1a.** Box-Whisker-Plots for the Gingiva Index (GI) of both experimental groups at the three control visits. Square brackets = significant difference within both experimental groups, curved brackets = significant difference between the two experimental groups; \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p < 0.01$ .

**Abbildung 1a.** Box-Whisker-Plots für den Gingiva-Index (GI) der beiden Behandlungsgruppen zu den drei einzelnen Untersuchungsterminen. Eckige Klammern = signifikante Unterschiede innerhalb der beiden Behandlungsgruppen, geschweifte Klammern = signifikante Unterschiede zwischen den beiden Behandlungsgruppen; \* =  $p < 0,05$ ; \*\* =  $p < 0,01$ .



**Figure 1b.** Box-Whisker-Plots for the GI of both experimental groups for all three control visits.

**Abbildung 1b.** Box-Whisker-Plots für den GI der beiden Behandlungsgruppen für sämtliche drei Untersuchungstermine zusammen.

cantly worse values in all three indices (Figures 1b, 2b und 3b).

We also noted that all the indices improved significantly between the 1st and 3rd assessments in the Invisalign® patients. The GI also improved between the 2nd and 3rd controls. This stands in stark contrast to the lingual patients, in whom there were no significant differences between individual control visits.

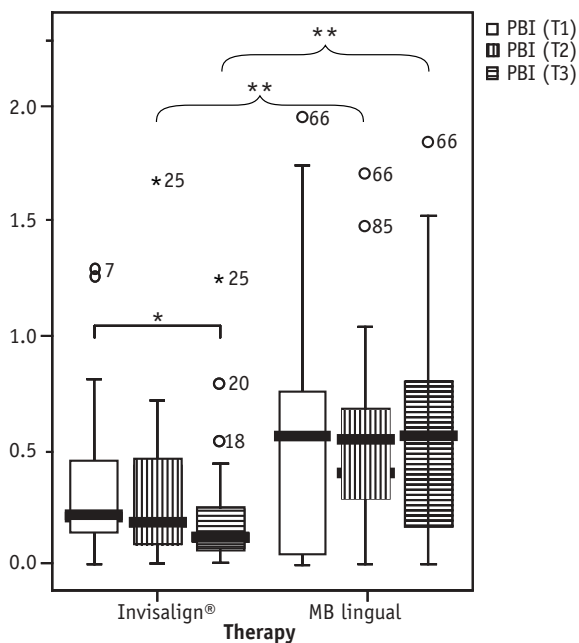
Untersuchungszeitpunkt war dieser Parameter in der Invisalign®-Gruppe signifikant kleiner (Abbildungen 4a und 4b).

Die Werte für den GI und den PI waren zum ersten Untersuchungstermin bei den Patienten mit Lingualapparaturen etwa doppelt so hoch wie bei den Invisalign®-Probanden und damit signifikant schlechter (Abbildungen 1a und 3a). Auch die Werte des PBI waren bei den mit Alignern

**Table 2.** Comparison of the standard statistics for the Papillary Bleeding Index (PBI) of both experimental groups at three consecutive control visits (T1 to T3) and for all three visits (Σ PBI).

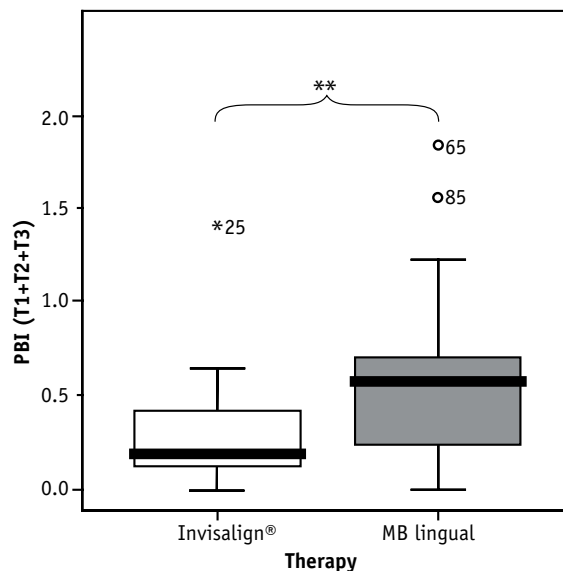
**Tabelle 2.** Vergleich der Standardstatistik für den Papillenblutungsindex (PBI) der beiden Behandlungsgruppen an drei aufeinander folgenden Terminen (T1 bis T3) sowie für alle drei Untersuchungstermine zusammen (Σ PBI).

	Invisalign®				MB lingual			
	PBI (T1)	PBI (T2)	PBI (T3)	Σ PBI	PBI (T1)	PBI (T2)	PBI (T3)	Σ PBI
Median	0.21	0.19	0.11	0.18	0.57	0.55	0.58	0.57
25th percentile	0.14	0.08	0.06	0.12	0.04	0.29	0.16	0.24
75th percentile	0.46	0.48	0.26	0.43	0.77	0.71	0.80	0.72
Minimum	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Maximum	1.29	1.68	1.25	1.41	1.96	1.71	1.85	1.84
Mean	0.33	0.31	0.20	0.28	0.58	0.55	0.58	0.57
Standard deviation	0.33	0.34	0.27	0.28	0.53	0.41	0.45	0.45



**Figure 2a.** Box-Whisker-Plots for the Papillary Bleeding Index (PBI) of both experimental groups at the three control visits; compare with Figure 1a (legend).

**Abbildung 2a.** Box-Whisker-Plots für den Papillenblutungsindex (PBI) der beiden Behandlungsgruppen zu den drei einzelnen Untersuchungsterminen; siehe auch Abbildung 1a (Legende).



**Figure 2b.** Box-Whisker-Plots for the PBI of both experimental groups for all three control visits.

**Abbildung 2b.** Box-Whisker-Plots für den PBI der beiden Behandlungsgruppen für sämtliche drei Untersuchungstermine zusammen.

**Discussion**

This investigation, like the previous one [11], should be regarded as a pilot study, since the periodontal health of the lingual patients had not been evaluated before they joined the experimental group. We do not intend to discuss this drawback again at this time.

Our new experimental group consisted of 30 consecutive lingual patients. These individuals were obviously not as periodontally healthy after 6 months of treatment as one

behandelten Patienten nur etwa halb so groß, ohne dass dieser Unterschied signifikant war (Abbildung 2a).

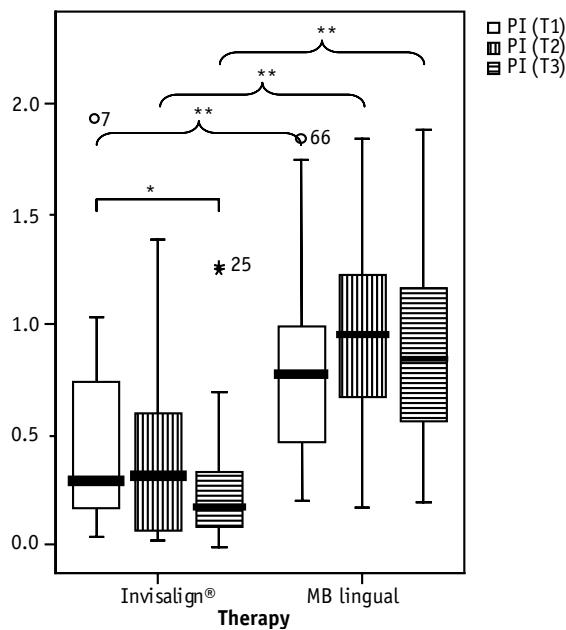
Zum zweiten und dritten Untersuchungszeitpunkt waren alle drei Indizes bei den Lingualpatienten signifikant schlechter (Abbildungen 1a, 2a und 3a).

Nimmt man sämtliche drei Untersuchungstermine zusammen, sieht man bei den Patienten mit Lingualapparaturen wiederum signifikant schlechtere Ergebnisse für alle drei untersuchten Indizes (Abbildungen 1b, 2b und 3b).

**Table 3.** Comparison of the standard statistics for the Plaque Index (PI) of both experimental groups at three consecutive control visits (T1 to T3) and for all three visits ( $\Sigma$  PI).

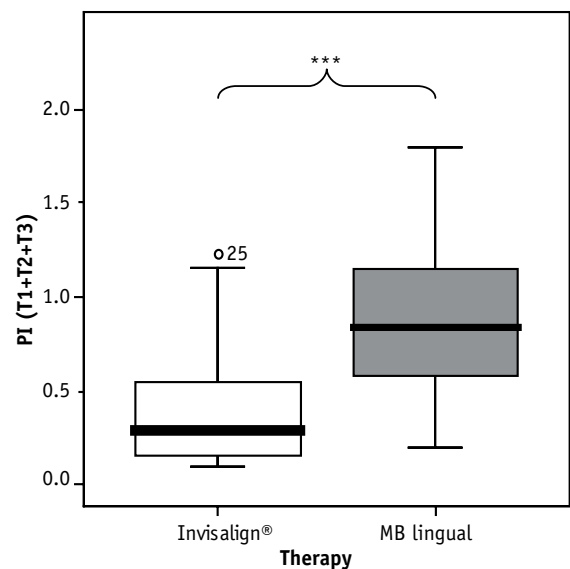
**Tabelle 3.** Vergleich der Standardstatistik für den Plaque-Index (PI) der beiden Behandlungsgruppen an drei aufeinanderfolgenden Terminen (T1 bis T3) sowie für alle drei Untersuchungstermine zusammen ( $\Sigma$  PI).

	Invisalign®				MB lingual			
	PI (T1)	PI (T2)	PI (T3)	$\Sigma$ PI	PI (T1)	PI (T2)	PI (T3)	$\Sigma$ PI
Median	0.31	0.34	0.19	0.29	0.79	0.96	0.83	0.84
25th percentile	0.18	0.07	0.08	0.14	0.48	0.63	0.56	0.57
75th percentile	0.75	0.64	0.37	0.57	1.04	1.26	1.19	1.16
Minimum	0.04	0.03	0.00	0.08	0.21	0.18	0.20	0.20
Maximum	1.94	1.39	1.27	1.23	1.85	1.85	1.89	1.80
Mean	0.48	0.41	0.28	0.39	0.84	0.95	0.89	0.89
Standard deviation	0.41	0.37	0.32	0.31	0.46	0.44	0.45	0.41



**Figure 3a.** Box-Whisker-Plots for the Plaque Index (PI) of both experimental groups at the three control visits; compare with Figure 1a (legend).

**Abbildung 3a.** Box-Whisker-Plots für den Plaque-Index (PI) der beiden Behandlungsgruppen zu den drei einzelnen Untersuchungsterminen; siehe auch Legende Abbildung 1a.



**Figure 3b.** Box-Whisker-Plots for the PI of both experimental groups for all three control visits, significant difference (\*\*\*) =  $p < 0.001$  between both experimental groups.

**Abbildung 3b.** Box-Whisker-Plots für den PI der beiden Behandlungsgruppen für sämtliche drei Untersuchungstermine zusammen, signifikanter Unterschied (\*\*\*) =  $p < 0,001$  zwischen beiden Gruppen.

would have liked (all their indices were > 0 and the SPD > 2.0 mm).

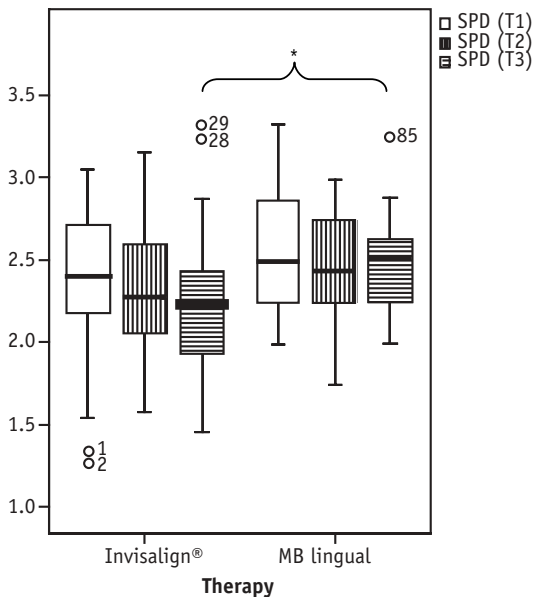
In this context, the question arises whether it would have made more sense to measure all the lingual patients' parameters only at the lingual tooth surfaces. We can assume that that approach would have led to considerably worse assessments. However, such a procedure does not seem justified, as the assessments of both groups would not have been comparable for one, and secondly, periodontal health must

Auffällig ist weiterhin, dass sich bei den Invisalign®-Patienten alle Indizes zwischen dem ersten und dritten Kontrolltermin signifikant verbesserten, der GI verbesserte sich hier sogar auch zwischen der zweiten und der dritten Kontrolle. Anders das Bild bei den Lingualpatienten, bei denen zwischen den einzelnen Untersuchungszeitpunkten keine signifikanten Veränderungen zu verzeichnen waren.

**Table 4.** Comparison of the standard statistics for sulcus probing depth (SPD) of both experimental groups at three consecutive control visits (T1-T3) and for all three visits (Σ SPD).

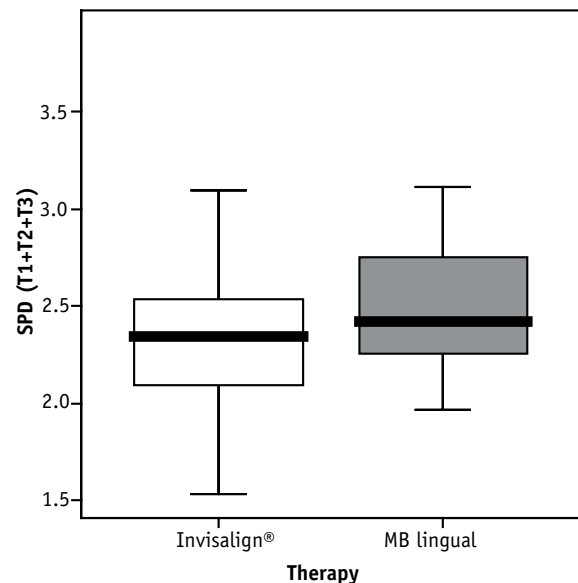
**Tabelle 4.** Vergleich der Standardstatistik für die Sulkustiefe (ST) der beiden Behandlungsgruppen an drei aufeinanderfolgenden Terminen (T1 bis T3) sowie für alle drei Untersuchungstermine zusammen (Σ ST).

	Invisalign®				MB lingual			
	SPD (T1)	SPD (T2)	SPD (T3)	Σ SPD	SPD (T1)	SPD (T2)	SPD (T3)	Σ SPD
Median	2.41	2.28	2.24	2.35	2.50	2.44	2.50	2.46
25th percentile	2.19	2.05	1.93	2.06	2.25	2.22	2.23	2.24
75th percentile	2.73	2.59	2.46	2.55	2.87	2.75	2.63	2.75
Minimum	1.28	1.59	1.47	1.52	2.00	1.75	2.00	1.96
Maximum	3.06	3.16	3.33	3.11	3.33	3.00	3.25	3.13
Mean	2.39	2.29	2.26	2.31	2.55	2.43	2.50	2.50
Standard deviation	0.45	0.41	0.48	0.39	0.38	0.33	0.35	0.33



**Figure 4a.** Box-Whisker-Plots for the sulcus probing depth (SPD) of both experimental groups at the three control visits.

**Abbildung 4a.** Box-Whisker-Plots für die Sulkustiefe (ST) der beiden Behandlungsgruppen zu den drei einzelnen Untersuchungsterminen.



**Figure 4b.** Box-Whisker-Plots for the sulcus probing depth (SPD) of both experimental groups for all control visits.

**Abbildung 4b.** Box-Whisker-Plots für die Sulkustiefe (ST) der beiden Behandlungsgruppen für sämtliche drei Untersuchungstermine zusammen.

be evaluated buccally and lingually, as there is no other way to get the overall picture, as certain disadvantages are outweighed by particular advantages.

The SPD was slightly increased in both study groups and did not differ significantly. The minor changes can be interpreted as superficial cases of periodontitis.

The evidence that all the lingual patients' indices were almost or even more than twice as high as those of the Invisalign® wearers reflects how difficult oral hygiene with lingual appliances is. It may be that greater efforts on the part of the patients does not lead to any improvement. Obviously, their periodontal health on the lingual side is greatly compromised as it is not compensated for by the favorable natural and manual cleansing present on the buccal side.

All the indices in all Invisalign® patients improved almost continuously between the 1st and the 3rd control visits, which is attributable to the repeated oral hygiene instructions all the patients received and their resulting increased effort. If a similar improvement was not observed in the lingual patients, it is most probably not due to poor motivation, but more likely that they simply cannot brush their teeth any better.

In conclusion, we need to discuss briefly – independent of the treatment modality – how to appraise the observed periodontal deterioration. All the index and SPD values reveal only limited damage. Moreover, the patients' gingival conditions will improve rapidly after appliance removal or when the aligners are only worn at night. This could be encouraged by greater motivation, because patients with "straight teeth" are more apt to want to keep them healthy. They also find it much easier to use toothbrushes and dental floss, since access to all tooth surfaces and interproximal spaces is easier.

However, temporary deterioration in the periodontal indices and SPD should not be trivialized, as the study of Freundorfer et al. [3] showed that poor iatrogenic periodontal health is followed by long-lasting reorganization of the subgingival plaque. This implies that there is a drop in the number of cocci, while the proportion of spirochetes rises [13]. The latter bacterium is unanimously classified as potentially pathogenic [7, 8, 17, 18].

All in all, this study documents that Invisalign® patients have measurably lower periodontal indices than those treated with fixed lingual appliances. This statement holds true for the present primarily, since lingual brackets are continuing to be miniaturized, and that will lead to better oral hygiene opportunities.

## Diskussion

Diese Untersuchung ist wie die vorangegangene [11] als eine Pilotstudie anzusehen, denn der Parodontalzustand der Lingualpatienten wurde nicht geprüft, bevor sie in die Untersuchungsgruppe aufgenommen wurden. Dennoch soll dieser Nachteil hier nicht erneut diskutiert werden.

Die neue Untersuchungsgruppe waren 30 fortlaufende Patienten mit einer Lingualapparatur. Offensichtlich waren auch diese Patienten nach 6 Monaten Behandlung parodontal nicht so gesund, wie man sich das gewünscht hätte, denn sämtliche Indizes waren  $> 0$  und die ST  $> 2,0$  mm.

Im Zusammenhang mit der Untersuchungsmethode stellt sich die Frage, ob es nicht sinnvoller gewesen wäre, die einzelnen Messungen bei den Lingualpatienten nur auf der oralen Seite durchzuführen. Es ist zu vermuten, dass dann für die Patienten mit einer Lingualapparatur wesentlich ungünstigere Werte ermittelt worden wären. Jedoch erscheint ein solches Vorgehen nicht gerechtfertigt, denn einerseits wären dann die Vergleichsbedingungen unterschiedlich und zweitens muss der Parodontalzustand von Patienten sowohl vestibulär als auch oral beurteilt werden, denn nur so ergibt sich ein Gesamtbild; das heißt, nur so werden partielle Nachteile durch bestimmte Vorteile ausgeglichen.

Die ST war in beiden Behandlungsgruppen gering vergrößert und unterschied sich nicht signifikant voneinander. Diese Tatsache ist dahingehend zu interpretieren, dass es sich bei den parodontalen Veränderungen nur um superfizielle Parodontitiden handelte.

Wenn alle Indizes bei den Lingual-Patienten fast oder gar mehr als doppelt so hoch waren wie bei den Invisalign®-Probanden, so spiegelt das wider, wie schwierig die Mundhygiene bei Lingualbehandlungen ist. Möglicherweise bewirken selbst erhebliche Anstrengungen der betroffenen Patienten keine wesentlichen Verbesserungen. Offensichtlich muss deren marginales Parodontium auf der oralen Seite sehr stark geschädigt sein, denn sämtliche Indizes werden nicht besser durch die günstigen Parodontalbefunde der vestibulären Seite, die der natürlichen und künstlichen Zahnreinigung völlig uneingeschränkt zugänglich war.

Bei den Invisalign®-Patienten verbesserten sich sämtliche Indizes fast kontinuierlich vom ersten bis zum dritten Kontrolltermin, was vermutlich auf die wiederholten Mundhygieneinstruktionen und die dadurch ausgelösten vermehrten Anstrengungen der Betroffenen zurückzuführen war. Wenn sich eine ähnliche Verbesserung bei den Lingual-Patienten nicht beobachten ließ, so ist dies wahrscheinlich nicht auf eine geringere Motivation zurückzuführen, sondern kann ein Hinweis darauf sein, dass übliche Patienten hier an die Grenzen ihrer Mundhygienefähigkeiten stoßen.

Abschließend soll noch kurz diskutiert werden, wie – unabhängig von der Behandlungsmethode – die beobachteten parodontalen Schädigungen zu beurteilen sind. Die Höhe der Indizes und der Wert der ST deuten darauf hin, dass es sich nur um einen geringen Schaden handelt. Hinzu

## References

1. Artun J. A posttreatment evaluation of multibonded lingual appliances in orthodontics. *Eur J Orthod* 1987;9:204–10.
2. Diedrich P. Die linguale Bracketfixation – Problematik und erste Erfahrungen. *Fortschr Kieferorthop* 1984;45:65–76.
3. Freundorfer A, Purucker P, Miethke R-R. Kieferorthopädische Behandlungen können ohne professionelle Mundhygiene zu dauerhaften Veränderungen der subgingivalen Plaqueflora führen. *Kieferorthop* 1993;7:187–200.
4. Fujita K. Multilingual-bracket and mushroom arch wire technique. A clinical report. *Am J Orthod* 1982;82:120–40.
5. Hohoff A, Fillion D, Stamm Th, et al. Oral comfort, function and hygiene in patients with lingual brackets. *J Orofac Orthop* 2003;64:359–71.
6. Hohoff A, Stamm Th, Kühne N, et al. Effects of a mechanical interdental cleaning device on oral hygiene in patients with lingual brackets. *Angle Orthod* 2003;73:579–87.
7. Listgarten MA. Structure of microbial flora associated with periodontal health and disease in man. *J Periodontol* 1976;47:1–18.
8. Listgarten MA, Helldén L. Relative distribution of bacteria at clinically healthy and periodontally diseased sites in humans. *J Clin Periodontol* 1978;5:115–32.
9. Loe H, Silness J. Periodontal disease in pregnancy. I. Prevalence and severity. *Acta Odontol Scand* 1963;21:533–51.
10. Matsui M, Fujita K, Mochizuki K. Brushing method for the lingual bracket technique with Fujita. *J Jpn Orthod Soc* 1978;37:399–403.
11. Miethke R-R, Vogt S. A comparison of the periodontal health in patients during treatment with the Invisalign® system and with fixed orthodontic appliances. *J Orofac Orthop* 2005;66:219–29.
12. Miyawaki S, Yasuhara M, Koh Y. Discomfort caused by bonded lingual orthodontic appliances in adult patients as examined by retrospective questionnaire. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1999;115:83–8.
13. Nezhad V, Gunawan A, Jost-Brinkmann P-G. Probleme bei der Behandlung mittels Lingualtechnik – Ergebnisse einer Befragung. *Kieferorthop* 2003;17:143–6.
14. Saxer UP, Mühlemann HR. Motivation und Aufklärung. *Schweiz Monatsschr Zahnheilkd* 1975;85:905–19.
15. Silness J, Loe H. Periodontal disease in pregnancy. II. Correlation between oral hygiene and periodontal condition. *Acta Odontol Scand* 1964;22:121–35.
16. Sinclair PM, Cannito MF, Goates LJ, et al. Patient responses to lingual appliances. *J Clin Orthod* 1986;20:396–404.
17. Socransky SS, Haffajee AD, Goodson JM, Lindhe J. New concepts of destructive periodontal disease. *J Clin Periodontol* 1985;11:21–32.
18. Socransky SS. Microbiology of periodontal disease – present status and future considerations. *J Periodontol* 1977;48:497–504.

kommt, dass sich nach dem Entfernen der Apparaturen (beim Invisalign®-System nur nächtliches Tragen) der Parodontalzustand sehr schnell bessert. Das mag unterstützt werden durch eine stärkere Motivation der Patienten, die ihre „geraden Zähne“ nun auch gern gesund erhalten wollen, zumal in einem regelrechten Gebiss der Gebrauch von Zahnbürste und -seide einfacher ist, sind doch alle Zahnflächen und Interdentalräume leichter zugänglich.

Dennoch sollte selbst eine transitorische Verschlechterung der Parodontalindizes und der ST nicht banalisiert werden, zeigt doch die Untersuchung von Freundorfer et al. [3], dass es durch einen behandlungsbedingten verschlechterten Parodontalzustand zu einer länger andauernden Umstrukturierung der subgingivalen Plaque kommen kann, das heißt, der Kokkenanteil sinkt, während dafür der Spirochätenanteil steigt [13]. Dieser Keim wird aber sehr einmütig als potenziell pathogen eingestuft [7, 8, 17, 18].

Insgesamt belegt die vorliegende Untersuchung, dass Invisalign®-Patienten messbar kleinere Parodontalindizes haben als die Patienten, die mit festsitzenden Lingualapparaturen behandelt werden. Diese Aussage ist jedoch in ihrem zeitlichen Zusammenhang zu sehen, werden doch auch Lingualbrackets im Laufe der Zeit immer weiter miniaturisiert, wodurch sich die Mundhygienemöglichkeiten tendenziell wahrscheinlich verbessern.

## Correspondence Address

Prof. Dr. Rainer-Reginald Miethke  
Charité Centrum für ZMK-Heilkunde  
Institut für Kieferorthopädie, Orthodontie  
und Kinderzahnmedizin  
Charité – Universitätsmedizin Berlin  
Augustenburger Platz 1  
13353 Berlin  
Germany  
Phone (+49/30) 450562-512, Fax -911  
e-mail: rainer-r.miethke@charite.de