

# Schmerzlinderung durch Einzelbestrahlung mit Low-Level-Laserlicht im Rahmen der kieferorthopädischen Multibandtherapie

## Pain Relief by Single Low-Level Laser Irradiation in Orthodontic Patients Undergoing Fixed Appliance Therapy\*

### Autoren

D. Turhani<sup>1</sup>, M. Scheriau<sup>2</sup>, D. Kapral<sup>2</sup>, T. Benesch<sup>3</sup>, E. Jonke<sup>2</sup>, H.-P. Bantleon<sup>2</sup>

### Institute

<sup>1</sup> Abteilung für Mund-, Kiefer- und Gesichtschirurgie, Medizinische Universität Wien

<sup>2</sup> Abteilung für Kieferorthopädie, Medizinische Universität Wien

<sup>3</sup> Abteilung für Medizinstatistik, Medizinische Universität Wien

### Schlüsselwörter

- Multiband
- Schmerzlinderung
- LLLT

### Key words

- multibanding
- pain relief
- LLLT

### Bibliografie

DOI 10.1055/s-2008-1004721

Inf Orthod Kieferorthop 2008; 40: 76–82

© Georg Thieme Verlag KG  
Stuttgart · New York ·  
ISSN 0022-0336

### Korrespondenzadresse

**Ao. Univ. Prof. Dr. Dritan Turhani**

Universitätsklinik für Mund-,  
Kiefer- und Gesichtschirurgie  
Währinger Gürtel 18–20  
A-1090 Wien  
Tel.: +43/1/404004252  
dritan.turhani  
@meduniwien.ac.at

### Zusammenfassung



**Zielsetzung:** Die Zielsetzung dieser Studie beinhaltete die Analyse der Wirkung einer einzelnen Bestrahlung mit Laserlicht niedriger Intensität (low-level laser therapy, LLLT) auf das Schmerzempfinden der Patienten im Rahmen einer kieferorthopädischen Multibandtherapie.

**Material und Methode:** 76 Patienten (46 weibliche und 30 männliche; durchschnittliches Alter: 23,1 Jahre) wurden in diese Studie aufgenommen und auf 2 Gruppen verteilt. Gruppe 1 (G1) (38 Patienten; 13 männliche und 25 weibliche; mittleren Alters: 25,1 Jahre) wurde nach Bebänderung mit einer Einzeldosis des Laserlichtes (HELBO Mini Laser®; Wellenlänge 670 nm, Leistungsabgabe 75 mW) mit einer Dauer von 30 Sekunden pro bebändertem Zahn bestrahlt. Gruppe 2 (G2) (38 Patienten; 17 männliche, 21 weibliche; mittleren Alters: 21,0 Jahre) wurden einer „Plazebo“-Lasertherapie ohne aktive Laserbestrahlung unterzogen. Das Schmerzempfinden wurde 6 h, 30 h und 54 h nach der LLLT durch Selbsteinschätzung mit einem standardisierten Fragebogen evaluiert.

**Ergebnisse:** In der Nachuntersuchungsphase wurden bedeutende Unterschiede zwischen den beiden Gruppen im Hinblick auf das Schmerzempfinden festgestellt. Die Anzahl der Patienten aus G1 (Test), die Schmerzen nach 6 h meldeten (n = 14) war signifikant niedriger als in G2 (Kontroll) (n = 29), (p < 0,05). Die Unterschiede zwischen G1 (n = 22) und G2 (n = 33) bestanden auch nach 30 h (p < 0,05). Nach 54 h waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Gruppen mehr festzustellen (G1: n = 20 versus G2: n = 25). Nach 6 h, 30 h und 54 h beschrieben über 90% der Patienten in G1 (n = 34) und G2 (n = 32) den Schmerz als „ziehenden Schmerz“. Allerdings zeigte sich bei weiblichen Probanden auch nach 54 h ein Prävalenzunterschied beim Vergleich von G1 (n = 11) und G2 (n = 15; p = 0,079).

### Abstract



**Introduction:** The objective of this study was to analyze the effect of single low-level laser therapy (LLLT) irradiation on pain perception in patients having fixed appliance treatment.

**Methods:** Seventy-six patients (46 women, 30 men; mean age, 23.1 years) enrolled in this single-blind study were assigned to 2 groups. The patients in group 1 (G1; 38 patients, 13 men, 25 women; mean age, 25.1 years) received a single course of LLLT (Mini Laser 2075, Helbo Photodynamic Systems GmbH & Co KG, Linz, Austria; wavelength 670 nm, power output 75 mW) for 30 seconds per banded tooth. The patients in group 2 (G2; 38 patients, 17 men, 21 women; mean age, 21.0 years) received placebo laser therapy without active laser irradiation. Pain perception was evaluated at 6, 30, and 54 hours after LLLT by self-rating with a standardized questionnaire.

**Results:** Major differences in pain perception were found between the 2 groups. The number of patients reporting pain after 6 hours was significantly lower in G1 (n = 14) than in G2 (n = 29) (P < 0.05), and the differences persisted after 30 hours (G1, n = 22; G2, n = 33) (p < 0.05). After 54 hours, no significant differences were seen between the number of patients reporting pain (G1, n = 20; G2, n = 25), although the women had a different prevalence between G1 (n = 11) and G2 (n = 15) (P = 0.079). After 6, 30, and 54 hours, more than 90% of the subjects in both groups described the pain as “tearing”.

**Conclusions:** LLLT immediately after multibanding reduced the prevalence of pain perception after 6 and 30 hours. LLLT might have positive effects in orthodontic patients not only immediately after multibanding, but also for preventing pain during treatment.

\* Der Artikel wurde erstmals veröffentlicht in Am J Orthod Dentofacial Orthop 2006; 130: 371–377.

**Schlussfolgerungen:** Eine LLLT im direkten Anschluss an eine Multiband-Versorgung führt zu einer deutlichen Reduktion der Schmerzempfindung zu den Zeitpunkten nach 6 h und 30 h. Dies könnte eine Möglichkeit sein, über die Schmerzprävention die Akzeptanz der Patienten für die Behandlung mit festsitzenden Apparaturen zu verbessern.

## Einleitung

Durch Krafteinwirkungen auf die dentoparodontale Einheit bei der Anbringung von festsitzenden Apparaturen ist es ein häufig zu beobachtendes klinisches Symptom, dass eine Schmerzsen- sation mit einer Dauer von 2 bis 4 Tagen verursacht wird. [1–5]. Dieser Schmerz verringert das Akzeptanzniveau und die Thera- pietreue des Patienten und kann sogar zum Abbruch der Be- handlung führen. Im Bemühen, Alternativen zur Schmerzlinder- ung durch Arzneimittel mit entsprechenden Nebenwirkungen zu finden, wurde die LLLT (low-level laser therapy, Lasertherapie mit niedriger Intensität – ohne thermische Wirkung) zur Schmerzlinderung im Rahmen der Multibandtherapie seit Mitte der Neunzigerjahre untersucht [6–8].

Die LLLT hat sich in der klinischen Praxis der Zahnheilkunde für eine Reihe von Indikationen etabliert, was auf ihre biologischen Effekte wie Entzündungshemmung und Regenerationsförde- rung sowie die photochemische Wirkung im Rahmen der Blea- ching- und Ätztechnik zurückzuführen ist [9–14].

Die der Analgesie durch LLLT zugrunde liegenden Mechanismen sind bisher nur unvollständig bekannt. Gelegentlich wurde diese Analgesie auf die entzündungshemmenden und neuronalen Wirkungen der LLLT zurückgeführt [15]. Dazu gehören auch die Stimulation der Nervenzellen- und Lymphozytenrespiration, Stabilisierung von Membranpotenzialen und die Freisetzung von Neurotransmittern in den entzündeten Geweben [16–18]. Außerdem wurde festgestellt, dass die Verlängerung von Sub- stanz P- und CGRP-reichen Neuriten unter In-vitro-Bedingungen reduziert ist [19]. In früheren Studien [6–8] war der Schmerz durch die LLLT sowohl nach der Separation als auch nach der Einsetzung von Bögen reduziert. Signifikante Unterschiede wur- den jedoch nicht festgestellt. Jones et al. [2] beschrieben mäßige bis schwere Beschwerden in den ersten 8 Tagen nach der An- bringung einer festsitzenden kieferorthopädischen Apparatur. Am ausgeprägtesten war der Schmerz in den ersten 3 Tagen.

Auf der Grundlage dieser früheren Studien wurde die Wirkung einer einzelnen Dosis der LLLT-Bestrahlung auf das Schmerz- empfinden nach der Anbringung einer Multibandapparatur im Rahmen einer randomisierten Blind-Studie untersucht. Zur Eva- luierung der Schmerzintensität und der Schmerzqualität zu den Zeitpunkten 6 h, 30 h und 54 h diente ein Fragebogen, der an der Kieferorthopädieeinheit der Heinrich-Heine Universität, Düssel- dorf in Deutschland entwickelt wurde.

## Material und Methode

### Patienten und Studienprotokoll

76 Patienten (46 weibliche und 30 männliche) mit einem mitt- leren Alter von 23,1 Jahren, die an der Kieferorthopädieeinheit der Abteilung für Zahnmedizin der Medizinischen Universität Wien in Behandlung waren, wurden in die Studie aufgenom- men. Die Patienten wurden randomisiert auf 2 Gruppen verteilt (G1 = Testgruppe und G2 = Kontrollgruppe). Die 38 Patienten in

G1 (13 männlich und 25 weiblich) wurden mit einem Low- Level-Laser behandelt. Das mittlere Alter dieser Patienten lag bei 25,1 Jahren. Insgesamt wurden 542 Zähne (Mittelwert 14,91 Zähne/Patient) in dieser Gruppe bestrahlt. Bei 19 Patien- ten wurde die Laserbehandlung auf den Oberkiefer beschränkt (213 Zähne) und bei 11 auf den Unterkiefer (141 Zähne). 8 Pa- tienten erhielten sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer eine Laserbestrahlung (188 Zähne).

Die 38 Patienten der Gruppe 2 dienten als Kontrolle (17 männli- che und 21 weibliche). Sie wurden auf Zufallsbasis ausgewählt und einer Placebo-Laserbehandlung unterzogen. Ihr mittleres Alter lag bei 21,0 Jahren. Insgesamt wurden 511 Zähne (im Mittel 13,45 Zähne/Patient) in dieser Gruppe behandelt. Bei 21 Patien- ten beschränkte sich die Behandlung auf den Oberkiefer (211 Zähne) und bei 10 auf den Unterkiefer (123 Zähne). 6 Pa- tienten wurden einer Behandlung von Ober- und Unterkiefer unterzogen (149 Zähne). Vor Beginn der Behandlung wurde die Einverständniserklärung sämtlicher Patienten oder ihrer Eltern und die Zustimmung des Ethikkomitees der Medizinischen Uni- versität Wien eingeholt. Patienten mit chronischen Schmerzen oder neurologischen oder psychiatrischen Störungen in der Vor- geschichte wurden von der Teilnahme an der Studie ausge- schlossen.

Die Hauptindikation für die Therapie mit einer festsitzenden Ap- paratur war sowohl in G1 (n=30) als auch in G2 (n=22) die Korrektur der Klasse II und Klasse III nach der Zahnextraktion im Rahmen eines kieferorthopädischen Therapieplans bei Pa- tienten mit Fehlstellungen der Klassen II/1 (G1: n=12, G2: n=12), II/2 (G1: n=6, G2: n=4) und III (G1: n=5, G2: n=6).

Weitere Indikationen waren Zahnachsenabweichungen (G1: n=7, G2: n=11), sagittale Frontzahnstufenkorrektur (G1: n=6, G2: n=3), vertikale Frontzahnstufenkorrektur (G1=4, G2=6), anteriorer Kreuzbiss (G1: n=3, G2: n=5) und Einzelzahnfeh- lstellungen (G1: n=12, G2: n=14). Außerdem wurden alle mög- lichen Kombinationen der genannten Indikationen beobachtet (► **Tab. 1**). Sämtliche Patienten wurden mit festsitzenden Appa- raten behandelt. Bei allen Patienten aus G1 und G2 wurden Edgewise-Metalbrackets (Ormco, USA) anhand der totalen Säureätztechnik bukkal an den Vorder- und Eckzähnen sowie den Prämolaren angebracht.

Im Anschluss an die Separationsphase (1 Woche) wurden bei al- len Patienten Molarenbänder (Snap – Fit First Molar Bands, GAC, Inc., USA) angebracht. Der initiale NiTi-Bogen (0,016 Zoll, Sental- loy, GAC, Inc., USA) wurde mit vorgeformten 0,09 Zoll-Stahlliga- turen fixiert. Direkt im Anschluss an die Ligatur der Bogendräh- te wurde die LLLT sowohl an verklebten als auch an behänderten Zähnen angewandt.

Jeder Zahn wurde individuell mittels LLLT belichtet. Analgesie im Separationsbereich war eine Voraussetzung für die Behand-

**Tab. 1** Zusammenfassung der Behandlungsindikationen

Behandlungsindikationen*	G1	G2
Klasse II / 1 okklusale Fehlstellung	12	12
Klasse II / 2 okklusale Fehlstellung	6	4
Klasse III okklusale Fehlstellung	5	6
Zahnachsenabweichung	7	11
sagittale Frontzahnstufe	6	3
vertikale Frontzahnstufe	4	6
anteriorer Kreuzbiss	3	5
Einzelzahn-Fehlstellung	12	14

\* Patienten konnten mehrfache Indikationen aufweisen

lung mittels LLLT. Daher wurde die Baseline bei der Evaluation der Schmerzintensität auf 0 gesetzt.

### Lasertherapie mit niedriger Intensität (LLLT)

Die mit einer feststehenden Apparatur versorgten Teilnehmer wurden einer einmaligen Laserbestrahlung unterzogen (HELBO Mini Laser® 2075; 670 nm, 75 mW; HELBO Photodynamic Systems GmbH & Co KG, Grieskirchen, Österreich). Die Bestrahlungen erfolgten mit einem speziellen Dentalapplikator (Helbo, Österreich) für eine Dauer von 30 Sekunden pro behandeltem Zahn in einem Abstand zwischen 5 und 8 mm und im rechten Winkel zur Schleimhaut auf Höhe des biomechanischen Widerstandszentrums des Zahns. Nach Angaben der Hersteller beträgt die Leistungsdichte bei einem Abstand von 5,5 cm 140 mW/cm<sup>2</sup>. Die Therapie war dem Patienten gegenüber verblindet.

### Schmerzevaluation

Die Schmerzevaluation erfolgte anhand eines standardisierten Fragebogens (► **Abb. 1**), d.h. mit einer modifizierten Version des vom Bereich Kieferorthopädie der Heinrich-Heine Universität Düsseldorf (Deutschland) entwickelten Fragebogens. Die Patienten wurden aufgefordert, den Fragebogen 6 h, 30 h und 54 h nach der Behandlung entweder eigenständig oder, falls sie unter 13 Jahre alt waren, mit ihren Eltern auszufüllen. Die Punkte dieses Fragebogens bieten Informationen über die Schmerzprävalenz in G1 und G2 (Punkt 1), zur Qualität (Punkt 2), Intensität (Punkt 3), Lokalisierung (Punkt 3) und dem zeitlichen Verlauf (Punkt 4) des subjektiv empfundenen Schmerzes. Die Punkte 3 und 4 wurden mit einer Skala von 0 (kein Schmerz) bis 6 (unerträglicher Schmerz) beurteilt. Ein Zusatzpunkt 5 war vorgesehen, um mehr über die Häufigkeit der Schmerzlinderung durch Arzneimittel zu erfahren.

1. Hatten Sie während der letzten 24 Stunden Zahnschmerzen?	<input type="checkbox"/> Nein <input type="checkbox"/> Ja																																			
2. Wie empfanden Sie die Zahnschmerzen?	<table border="0"> <tr> <td>tränentreibend</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>drückend</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>klopfend/ pochend</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>stechend</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>hämmernd/ klopfend</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>brennend</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> <tr> <td>unterschiedlich/ veränderlich</td> <td><input type="checkbox"/></td> </tr> </table>	tränentreibend	<input type="checkbox"/>	drückend	<input type="checkbox"/>	klopfend/ pochend	<input type="checkbox"/>	stechend	<input type="checkbox"/>	hämmernd/ klopfend	<input type="checkbox"/>	brennend	<input type="checkbox"/>	unterschiedlich/ veränderlich	<input type="checkbox"/>																					
tränentreibend	<input type="checkbox"/>																																			
drückend	<input type="checkbox"/>																																			
klopfend/ pochend	<input type="checkbox"/>																																			
stechend	<input type="checkbox"/>																																			
hämmernd/ klopfend	<input type="checkbox"/>																																			
brennend	<input type="checkbox"/>																																			
unterschiedlich/ veränderlich	<input type="checkbox"/>																																			
3. Wie stark waren die Zahnschmerzen?	<table border="0"> <tr> <td></td> <td></td> <td>schmerzfrei</td> <td></td> <td>nicht auszuhalten</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">oben</td> <td rowspan="2">rechts</td> <td>vordere Zähne</td> <td><input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>hintere Zähne</td> <td><input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">links</td> <td>vordere Zähne</td> <td><input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>hintere Zähne</td> <td><input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="4">unten</td> <td rowspan="2">rechts</td> <td>vordere Zähne</td> <td><input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>hintere Zähne</td> <td><input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</td> <td></td> </tr> <tr> <td rowspan="2">links</td> <td>vordere Zähne</td> <td><input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</td> <td></td> </tr> <tr> <td>hintere Zähne</td> <td><input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</td> <td></td> </tr> </table>			schmerzfrei		nicht auszuhalten	oben	rechts	vordere Zähne	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5		hintere Zähne	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5		links	vordere Zähne	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5		hintere Zähne	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5		unten	rechts	vordere Zähne	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5		hintere Zähne	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5		links	vordere Zähne	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5		hintere Zähne	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	
		schmerzfrei		nicht auszuhalten																																
oben	rechts	vordere Zähne	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5																																	
		hintere Zähne	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5																																	
	links	vordere Zähne	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5																																	
		hintere Zähne	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5																																	
unten	rechts	vordere Zähne	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5																																	
		hintere Zähne	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5																																	
	links	vordere Zähne	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5																																	
		hintere Zähne	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5																																	
4. Wann traten die Zahnschmerzen auf?	<table border="0"> <tr> <td>18.00–22.00 Uhr</td> <td><input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</td> </tr> <tr> <td>00.00–06.00 Uhr</td> <td><input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</td> </tr> <tr> <td>06.00–12.00 Uhr</td> <td><input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</td> </tr> <tr> <td>12.00–18.00 Uhr</td> <td><input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5</td> </tr> </table>	18.00–22.00 Uhr	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	00.00–06.00 Uhr	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	06.00–12.00 Uhr	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5	12.00–18.00 Uhr	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5																											
18.00–22.00 Uhr	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5																																			
00.00–06.00 Uhr	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5																																			
06.00–12.00 Uhr	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5																																			
12.00–18.00 Uhr	<input type="checkbox"/> 0 <input type="checkbox"/> 1 <input type="checkbox"/> 2 <input type="checkbox"/> 3 <input type="checkbox"/> 4 <input type="checkbox"/> 5																																			
5. Haben Sie Schmerzmittel eingenommen?	<input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein																																			
Wenn ja, zu welcher Zeit?	_____																																			
Wieviele Tabletten?	_____																																			
Welches Medikament?	_____																																			

**Abb. 1** Modifizierter 5-Fragen-Fragebogen zur Schmerzevaluation 6 h, 30 h und 54 h nach der LLLT.

## Statistische Analyse

Zur Erhebung der Patientendaten wurde die Software MS EXCEL<sup>®</sup> verwendet. Die statistischen Analysen wurden mit der Software SAS durchgeführt. Die Signifikanz von Unterschieden bei der Schmerzprävalenz (Punkt 1) wurde mit dem exakten Test von Fischer (zweiseitig) geprüft (Signifikanzniveau  $p < 0,05$ , Bonferoni-Korrektur:  $p < 0,0033$ ). Die Schmerzintensität (Punkt 3) wurde mit einem allgemeinen linearen Modell mit festen Effekten nach Gruppen, Geschlecht, Ober-/Unterkiefer, linker/rechter, anteriorer/posteriorer Zahn und Zeit sowie Alter als einer Kovariablen und Patienten als Zufallseffekt analysiert. Wir verwendeten einen 2-Gruppen-Chi<sup>2</sup>-Test mit einem zweiseitigen Signifikanzniveau von 0,050 und einer statistischen Teststärke von 80% im Hinblick auf die Erkennung des Unterschieds zwischen einem Gruppe 1-Anteil von 0,500 und einem Gruppe 2-Anteil von 0,800 (Wahrscheinlichkeitsverhältnis von 4,000) bei einer Probengröße von jeweils 39 in den beiden Gruppen.

## Ergebnisse

Die Antworten zu Punkt 1 nach der statistischen Analyse sind in **Tab. 2** zu entnehmen. Berichte über Schmerzen nach 6 h lagen für signifikant weniger Patienten in G 1 ( $n = 14$ ) als in G 2 ( $n = 29$ ) ( $p < 0,05$ ,  $p < 0,0033$ ) vor. Dieser Unterschied war auch nach 30 h erhalten geblieben bei  $n = 22$  in G 1 gegenüber  $n = 33$  in G 2 ( $p < 0,05$ ). Nach 54 h war kein signifikanter Unterschied zwischen G 1 ( $n = 20$ ) und G 2 ( $n = 25$ ) mehr festzustellen.

Berichte über Schmerzen bei Patienten im Alter unter 19 Jahren waren in G 1 (6 h:  $n = 5$ , 30 h:  $n = 9$  und 54 h:  $n = 5$ ) weniger häufig als in G 2 (6 h:  $n = 17$ , 30 h:  $n = 18$  und 54 h:  $n = 14$ ). Die geringsten Unterschiede zwischen G 1 und G 2 wurden bei Patienten im Alter über 18 Jahre beobachtet.

Nach 54 h war die Anzahl der Patienten, die Schmerzen berichteten, in G 1 ( $n = 15$ ) größer als in G 2 ( $n = 11$ ). Es bestanden keine signifikanten Unterschiede zwischen G 1 und G 2 bei männlichen Patienten sowie bei Patienten im Alter über 18 Jahre.

Berichte über Schmerzen nach 6 h waren bei den Patientinnen weniger häufig in G 1 ( $n = 9$ ) als in G 2 ( $n = 16$ ). Dieser Unterschied war auch nach 30 h erhalten geblieben bei  $n = 12$  in G 1 gegenüber  $n = 18$  in G 2. 54 h nach der LLLT-Behandlung vergrößerte sich der Unterschied der Anzahl der Patientinnen mit Schmerzbericht zwischen G 1 ( $n = 11$ ) und G 2 ( $n = 15$ ) ( $p = 0,079$ ) in Richtung auf die statistische Signifikanz.

Die Antworten zu Punkt 2 belegten, dass 90% der Probanden in G 1 nach 6 h ( $n = 12$ ) 30 h ( $n = 19$ ) und 54 h ( $n = 18$ ) und G 2 nach 6 h ( $n = 27$ ), 30 h ( $n = 30$ ) und 54 h ( $n = 22$ ), den Schmerz von der Qualität her als „ziehenden Schmerz“ bezeichneten, bei 67% der Fälle in Verbindung mit einem Druckempfinden („Quetschen“).

Die Antworten zu Punkt 3 sind in **Tab. 3** zusammengefasst. Die Antworten wurden für Quadranten (qu), Schneidezähne (I) und Prämolaren/Molaren (P/M) jeweils für G 1 und G 2 getrennt evaluiert. Die Analyse der Werte in **Tab. 2** anhand eines linearen Modells ergab keine Hinweise auf das Bestehen von Signifikanz bei einem der festen Effekte und der Kovariablen. Das Datenmaterial deutete auf keine speziellen Trends hin. Bei den Antworten

**Tab. 2** Verteilung von Schmerz- und Analgesieprävalenz in G 1 und G 2 nach unterschiedlichen Selektionskriterien

	G 1 (n = 38)			G 2 (n = 38)			Fisher's exact test (p < 0,05)		
	6 h	30 h	54 h	6 h	30 h	54 h	6 h	30 h	54 h
Anzahl Patienten mit Schmerzen	14	22	20	29	33	25	s	s	ns
Anzahl Patienten ohne Schmerzen	24	16	18	9	5	13			
Anzahl Patienten unter 19 mit Schmerzen	5	9	5	17	18	14	ns	ns	ns
Anzahl Patienten unter 19 ohne Schmerzen	9	5	9	3	2	6			
Anzahl Patienten über 18 mit Schmerzen	9	13	15	12	15	11	ns	ns	ns
Anzahl Patienten über 18 ohne Schmerzen	15	11	9	6	3	7			
Anzahl männl. Patienten ohne Schmerzen	5	10	9	13	15	10	ns	ns	ns
Anzahl männl. Patienten mit Schmerzen	8	3	4	4	2	7			
Anzahl weibl. Patienten mit Schmerzen	9	12	11	16	18	15	ns	ns	ns
Anzahl weibl. Patienten ohne Schmerzen	16	13	14	5	3	6			

Die Daten basieren auf den Antworten zu Punkt 1 (s = signifikant; ns = nicht signifikant).

**Tab. 3** Durchschnittliche Schmerzintensität und Stelle des größten Schmerzempfindens in G 1 und G 2

	G 1 (n = 38)						G 2 (n = 38)					
	6 h		30 h		54 h		6 h		30 h		54 h	
	Ø	SD	Ø	SD	Ø	SD	Ø	SD	Ø	SD	Ø	SD
1. Qu. I	2,85	0,9	2,62	1,16	2,3	1,3	2,2	1,01	2,55	1,01	1,81	0,98
1. Qu. P/M	2,92	1,24	2,47	1,28	2,25	1,06	1,94	0,8	1,7	0,92	1,42	0,51
2. Qu. I	2,5	1,17	2,5	1,28	2,24	1,15	2,53	0,83	2,83	0,79	2,13	0,92
2. Qu. P/M	2,46	1,45	2,82	1,24	2,27	1,28	2,64	1,08	2,22	1,26	2,09	1,14
3. Qu. I	2,82	1,08	2,71	1,27	2,17	0,94	2,55	1,04	2,33	1,3	1,43	0,79
3. Qu. P/M	3	1,23	2,55	1,37	2,5	1,07	1,86	1,07	2,4	1,27	1,86	0,69
4. Qu. I	3	0,94	2,64	1,39	2,36	1,03	2,5	1,24	2,08	1,32	1,75	0,89
4. Qu. P/M	3,25	1,04	2,82	1,25	2,25	1,04	2,6	0,55	2	1,16	1,67	0,52

Die Daten basieren auf den Antworten zu Punkt 3 (Qu = Quadrant; I = Schneidezahn; P/M = Prämolaren/Molaren, SD = Standardabweichung)

zu Punkt 5 waren keine signifikanten Unterschiede zwischen G 1 und G 2 zu erkennen. 8 Patienten aus G 1 im Vergleich zu 9 Patienten aus G 2 gaben an, Arzneimittel zur Schmerzlinderung eingenommen zu haben. Die statistische Analyse der Daten zu Punkt 4 ergab keine statistische Signifikanz und besitzt nur eine eingeschränkte klinische Relevanz (Daten nicht dargestellt).

## Diskussion

In der vorliegenden Studie wurde die Wirkung einer einzelnen Low-Level-Laser-Therapie (LLT) auf die Schmerzempfindung von Patienten bei kieferorthopädischer Multibandtherapie untersucht. Im Gegensatz zu früheren Studien [6, 7] wurde die Schmerzlinderung durch eine einzelne LLLT-Bestrahlung sofort nach dem Einsetzen einer festsitzenden Apparatur evaluiert und es wurde eine vergleichsweise große Patientenpopulation prospektiv untersucht.

Bei der Interpretation von Berichten über die analgetischen Effekte von LLLT sollte 2 Faktoren, die die Ergebnisse jeder Analyse beeinflussen können, eine angemessene Aufmerksamkeit gewidmet werden. Dabei handelt es sich (1) um die Subjektivität der Schmerzempfindung und die daraus folgende Abhängigkeit der Antworten von der Einschätzung durch die einzelnen Probanden und (2) um die Vielfalt der zurzeit im Handel erhältlichen Lasersysteme, die sich sowohl in ihren technischen Spezifikationen als auch in ihrem Anwendungsmodus stark unterscheiden. Zu diesen Systemen gehören Halbleiterlaser, wie der von uns verwendete, GaAlAs-Laser (Wellenlänge, 809 nm) [20] und He-Ne Laser [10], die inzwischen bei dieser Indikation nicht mehr in Gebrauch sind. Auch die Art des Laserstrahls kann die schmerzreduzierende Wirkung von LLLT modifizieren. Zur Wundheilung wurde die Überlegenheit von cw-Lasern im Gegensatz zu gepulsten Lasern nachgewiesen [21]. Die biologischen Wirkungen von LLLT auf die Nocizeption und ihre Attenuation [15–18, 22] sind noch nicht vollständig bekannt.

Wie bereits erwähnt, sind bei der Schmerzempfindung beträchtliche interindividuelle Schwankungen festzustellen. Für die Quantifizierung des Schmerzes bedeutet dies einen Bias. Bei Studien zur Schmerzempfindung im Lauf der initialen kieferorthopädischen Behandlung hat sich gezeigt, dass die Patienten sich innerhalb der ersten 3 bis 5 Tage an den Schmerz gewöhnen. Patienten, die die Schwere ihrer Gebissanomalie für belastender halten, scheinen sich schneller daran zu gewöhnen und haben geringere Schmerzen bei der kieferorthopädischen Behandlung [23].

Bei neueren Studien [24] war die Schmerzempfindung in den ersten 3 Tagen nach der Multiband-Versorgung am größten. Ihren Spitzenwert erreichte die Schmerzintensität nach 24 Stunden nach einer Latenz von 2 Stunden. Dies steht in gutem Einklang mit unseren Daten, denen zufolge die Schmerzintensität 6 Stunden nach der Multiband-Versorgung einen Spitzenwert erreicht und nach 30 h und 54 h niedrigere Schmerzniveaus vorliegen.

Ein interessantes Ergebnis der vorliegenden Studie war, dass wir zwischen 6 h und 30 h nach der LLLT-Behandlung eine Reduktion der Schmerzprävalenz feststellen konnten, jedoch ohne Unterschiede bei der Schmerzintensität zu erhalten. Bezüglich einer Erklärung dieses erstaunlichen Ergebnisses können wir nur vermuten. Für weiterführende Untersuchungen wäre eine quantitative Prüfung der prätherapeutischen Schmerzintensität erforderlich. Auch könnte die Schmerzreduktion in einer kürzeren Zeitspanne nach der LLLT-Behandlung als der Zeitpunkt 6 h

evaluiert werden. Als Alternative könnte man auch spekulieren, dass die LLLT keine Wirkung auf die Schmerzintensität und die Schmerzprävalenz besitzt und die beobachtete Reduktion der Schmerzprävalenz auf einen Hawthorne-Effekt [31] oder sogar einen echten Placeboeffekt zurückzuführen ist. Beide Möglichkeiten lassen sich bei dieser Studie nicht völlig ausschließen. Bei unserer Studie war der Operateur, der entweder die experimentelle oder die Placebobehandlung verabreichte, in der Lage zwischen G 1 und G 2 zu unterscheiden. Obwohl der Unterschied dem Patienten gegenüber verblindet war, könnte der Kenntnisstand des Operateurs unterbewusst auf den Patienten übertragen worden sein und dies könnte ausreichen, um den Unterschied zwischen den beiden Gruppen zu erklären. Andererseits ist ein Signifikanzniveau von  $p = 0,001$  ein aussagekräftiger Beleg für das Bestehen einer statistisch signifikanten und relevanten Korrelation zwischen der LLLT und der Schmerzlinderung. Auch ist ein möglicher Reboundeffekt nach der Schmerzreduktion nach Behandlung mit LLLT nicht auszuschließen. Möglicherweise folgte auf die initiale Reduktion des subjektiv empfundenen Schmerzes innerhalb des 6 h-Intervalls eine subjektiv gesteigerte Schmerzempfindung zum Zeitpunkt 6 h.

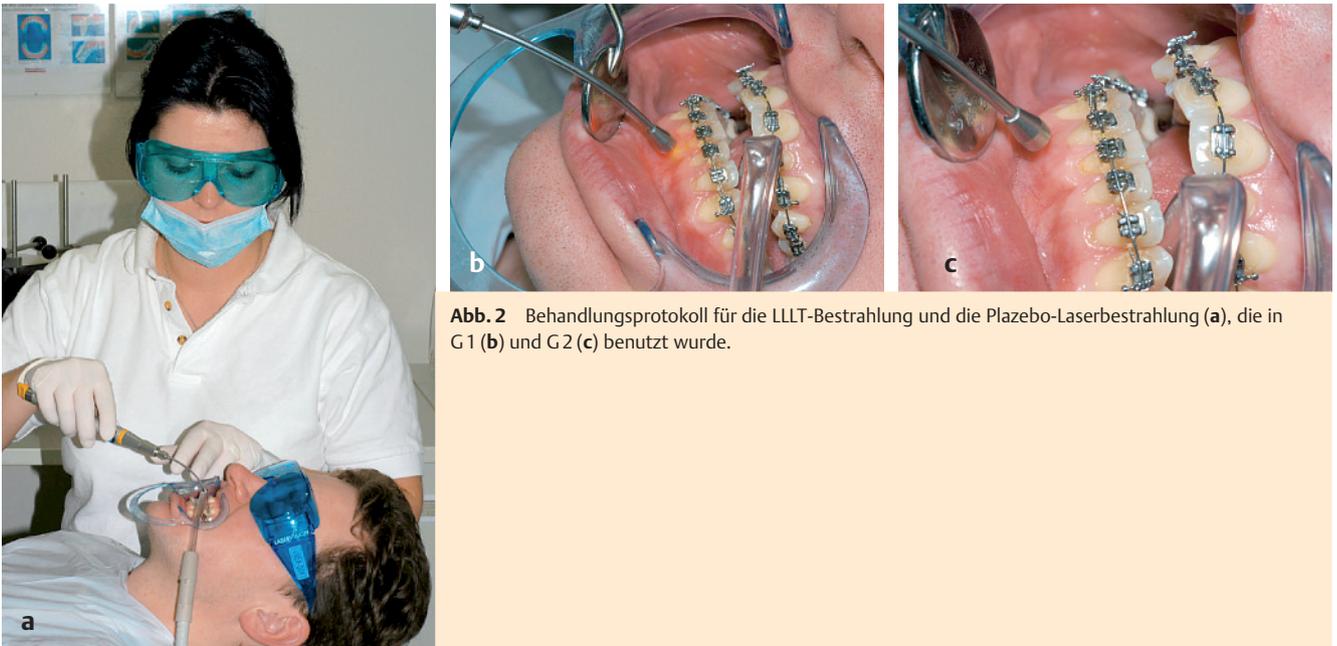
Bei Berücksichtigung der statistischen Überlegungen könnte die Anwendung einer VAS zur Evaluation der Schmerzintensität signifikanter sein.

Die Ergebnisse dieser Studie belegen keine Unterschiede im Hinblick auf den Schmerzzort. Daraus lässt sich einerseits schlussfolgern, dass die subjektive Schmerzempfindung keinen Zusammenhang zur Art der Bissfehlstellung und der verwendeten Art von festsitzender Apparatur (Brackets oder Molarenbänder) aufweist. Ansonsten wäre bei beiden Gruppen eine statistisch signifikant gesteigerte Schmerzintensität zu erwarten. Andererseits ergaben sich bei dieser Studie keine Hinweise, dass die LLLT in bestimmten Bereichen der Ausrichtung der Zähne eine bessere analgetische Wirkung besitzt.

Statistisch wurde festgestellt, dass ängstliche Patienten und Patienten mit chronischen Schmerzen, die einer kieferorthopädischen Behandlung mit festsitzenden Apparaturen unterzogen werden, einen intensiveren Schmerz empfinden – ein auch aus chirurgischen Studien bekanntes Phänomen [25]. Die Studien zur Schmerzlinderung durch LLLT beschränken sich nicht auf die festsitzende kieferorthopädische Behandlung, sondern werden zurzeit auch in anderen Teilbereichen der Zahnheilkunde durchgeführt. Dabei zeigte sich eine Schmerzlinderung durch die LLLT nach der chirurgischen Endodontie [20] sowie bei Patienten mit Schmerzen im Kiefergelenk (temporomandibuläres Gelenk), mit Trigeminusneuralgie, Myalgie, Aphthen und Überempfindlichkeit [26–28].

In der Fachliteratur herrscht keine Einigkeit über potenzielle Unterschiede bei der Schmerzempfindung nach der Multiband-Versorgung zwischen Kindern, Jugendlichen und Erwachsenen [5, 7, 29, 30]. Es liegen keine schlüssigen Belege vor, ob eine dieser Altersgruppen mehr oder weniger Schmerzen als die andere empfindet.

Bei unserer Studie wurde eine Unterscheidung zwischen den Patienten im Alter unter bzw. über 18 Jahren vorgenommen, um einen etwaigen differenziellen Effekt einer LLLT-Einzelbestrahlung auf die Schmerzempfindung bei den beiden Altersgruppen aufzuzeigen. Den Ergebnissen zufolge meldeten weniger LLLT-behandelte Patienten im Alter unter 18 Jahre nach 6 h, 30 h und 54 h Schmerzen als Patienten ohne LLLT. Im Hinblick auf die Schmerzintensität wurden bei dieser Studie keine signifikanten Unterschiede zwischen G 1 und G 2 festgestellt.



**Abb. 2** Behandlungsprotokoll für die LLLT-Bestrahlung und die Placebo-Laserbestrahlung (a), die in G 1 (b) und G 2 (c) benutzt wurde.

Zusammenfassend lässt sich anhand der im Rahmen dieser Studie erhobenen Daten belegen, dass eine einzelne LLLT-Bestrahlung die Schmerzprävalenz nach 6 h und 30 h signifikant verringerte. Bei den Patientinnen vergrößerte sich der Unterschied zwischen G 1 und G 2 bei Zeitpunkt 54 h sogar noch. Anscheinend erholen sich die Patientinnen im Hinblick auf die subjektive Schmerzempfindung schneller als die männlichen Patienten. Nach unserer Kenntnis wurde dieses Phänomen bisher noch in keiner Studie in der Fachliteratur beschrieben. Schlussfolgerungen über die Wirkung von LLLT auf die Schmerzintensität lassen sich jedoch nicht ziehen (► **Abb. 2**).

## Danksagung

Diese Studie wurde von der Bank Austria Creditanstalt finanziert. Die Verfasser bedanken sich bei Frau Karoline Jokesch und Frau Natascha Lukeštic für die fachgerechte Durchführung der Laborarbeiten. Zu Dank verpflichtet sind die Verfasser Herrn Prof. Dr. Drescher, Bereich Kieferorthopädie, Abteilung für Zahnmedizin, Heinrich-Heine Universität, Düsseldorf (Deutschland) für seine Hilfestellung bei der Planung des Studiendesigns.

## Literatur

- 1 Soltis JE, Nakfoor PR, Bowman DC. Changes in ability of patients to differentiate intensity of forces applied to maxillary central incisors during orthodontic treatment. *J Dent Res* 1971; 50: 590–596
- 2 Jones ML. An investigation into the initial discomfort caused by placement of an archwire. *Eur J Orthod* 1984; 6: 48–54
- 3 Proffit WR. The biologic basis of orthodontic therapy. In: Proffit WR, Fields Jr HW. *Contemporary orthodontics*. CV Mosby, St. Louis 1986; 241
- 4 Roth PM, Thrash WJ. Effect of transcutaneous electrical nerve stimulation for controlling pain associated with orthodontic tooth movement. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1986; 90: 132–138
- 5 Ngan P, Kess B, Wilson S. Perception of discomfort by patients undergoing orthodontic treatment. *Am J Orthod* 1989; 96: 47–53
- 6 Harazaki M, Takahashi H, Ito A, Isshiki Y. Soft laser irradiation induced pain reduction in orthodontic treatment. *Bull Tokyo Dent Coll* 1998; 2: 95–101
- 7 Harazaki M, Isshiki Y. Soft laser irradiation effects on pain reduction in orthodontic treatment. *Bull Tokyo Dent Coll* 1997; 4: 291–295
- 8 Lim HM, Lew KK, Tay DK. A clinical investigation of the efficacy of low level laser therapy in reducing orthodontic postadjustment pain. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1995; 6: 614–622
- 9 Kon K. In vivo study of low power laser irradiation on new bone formation of rat calvaria defect. *J Jpn Soc Laser Dent* 1992; 3: 35–44
- 10 Okamoto H, Iwase T, Saito T, Morioka T. The possible application of He-Ne laser for dental plaque control. *J Jpn Soc Laser Med* 1993; 14: 3–7
- 11 Roberts-Hary DP. Laser etching of teeth orthodontic bracket placement: Preliminary clinical study. *Laser in Surg Med* 1992; 12: 467–480
- 12 Senda A, Gomi A, Tani T, Yoshino H, Hara G. A clinical study on “soft laser 632”, a He-Ne low energy medical laser. 1: Pain relief immediately after irradiation. *Aichi Gakuin Daigaku Shigakkai Shi* 1985; 4: 773–780
- 13 Thwe T, Kato J. The comparative histopathological studies of pulpotomized pulp tissue of the developing rat molars with He-Ne laser and Nd-YAG laser irradiation. *Ped Dent J* 1996; 6: 69–76
- 14 Wakabayashi H, Hamba M, Matsumoto K, Nakayama T. Electrophysiological study of irradiation of semiconductor laser on activity of trigeminal subnucleus caudal neurons. *J of Jpn Soc for Laser Dent* 1992; 3: 65–74
- 15 Harris DM. Biomolecular mechanisms of laser biostimulation. *J Clin Laser Med Surg* 1991; 9: 277–280
- 16 Fork RL. Laser stimulation of nerve cells in aplasia. *Science* 1971; 171: 901–908
- 17 Vizi Es, Mester E, Tisza S, Mester A. Acetylcholine releasing effect of laser irradiation on Auerbach’s plexus in guinea pig ileum. *J Neural Transm* 1977; 40: 305–308
- 18 Ponnudurai RN, Zbuzek VK, Wu WH. Hypoalgesia effect of laser photostimulation shown by rat tail flick test. *Acupuncture Electro-Ther Res Int J* 1987; 12: 93–100
- 19 Chen MY, Shimada K, Fujita K, Ishii J, Hirata T, Fujisawa H. Neurite elongation from cultured dorsal root ganglion cells is inhibited by Ga-Al as diode laser irradiation. *Laser in the Life Sciences* 1993; 5: 237–242
- 20 Kreisler MB, Haj HA, Noroozi N, Willershausen B. Efficacy of low level laser therapy in reducing postoperative pain after endodontic surgery – a randomized double blind clinical study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 2004; 33: 38–41
- 21 Al-Watban FA, Zhang XY. The comparison of effects between pulsed and CW lasers on wound healing. *J Clin Laser Med Surg* 2004; 1: 15–18
- 22 Carnevalli CM, Soares CP, Zangaro RA, Pinheiro AL, Silva NS. Laser light prevents apoptosis in Cho K-1 cell line. *J Clin Laser Med Surg* 2003; 4: 193–196
- 23 Sergl HG, Klages U, Zentner A. Pain and discomfort during orthodontic treatment: causative factors and effects on compliance. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1998; 114: 684–691

- 24 *Erdinc AM, Dincer B.* Perception of pain during orthodontic treatment with fixed appliances. *Eur J Orthod* 2004; 26: 79–85
- 25 *Firestone AR, Scheurer PA, Burgin WB.* Patients' anticipation of pain and pain-related side effects, and their perception of pain as a result of orthodontic treatment with fixed appliances. *Eur J Orthod* 1999; 21: 387–396
- 26 *Kulekcioglu S, Sivrioglu K, Ozcan O, Parlak M.* Effectiveness of low-level laser therapy in temporomandibular disorder. *Scand J Rheumatol* 2003; 2: 114–118
- 27 *Pinheiro AL, Cavalcanti ET, Pinheiro TI, Alves MJ, Manzi CT.* Low-level laser therapy in the management of disorders of the maxillofacial region. *J Clin Laser Med Surg* 1997; 4: 181–183
- 28 *Woodruff LD, Bounkeo JM, Brannon WM, Dawes KS, Barham CD, Waddell DL, Enwemeka CS.* The efficacy of laser therapy in wound repair: a meta-analysis of the literature. *Photomed Laser Surg* 2004; 22: 241–247
- 29 *Brown DF, Moerenhout RG.* The pain experience and psychological adjustment to orthodontic treatment of preadolescents, adolescents, and adults. *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1991; 4: 349–356
- 30 *Sakamoto T, Sakamoto N.* On the pain response of the tooth caused by placement of a labial archwire. *J Jpn Orthod Soc* 1989; 48: 59–65
- 31 *Huck SW, Cormier WH, Bounds WG.* *Reading Statistics and Research.* Harper and Row Publishers, New York 1975

Mit freundlicher Empfehlung

**HELBO**  
Photodynamic Systems



**HELBO** Photodynamic Systems GmbH & Co KG

**Deutschland:**

Josef-Reiert-Str. 4  
D-69190 Walldorf  
Tel.: +49 (0)6227 53960-0  
Email: [info@helbo.de](mailto:info@helbo.de)  
<http://www.helbo.de>

**Österreich:**

Stadtplatz 30  
A-4710 Grieskirchen  
Tel.: +43 (0)7248 65412-0  
Email: [office@helbo.at](mailto:office@helbo.at)  
<http://www.helbo.at>