

# Do-it-yourself-Methoden zum Testen der Effektivität des direkten Bracket-Klebens

Vorgestellt von Claude G. Matasa, DCE, DSc, Dhc und außerordentlicher Professor für Biomaterialien in der Kieferorthopädie an der Universität Illinois/Chicago

## Teil 2: Die Slot-Breite

### Einführung

In der vorangegangenen Ausgabe der *KN Kieferorthopädie Nachrichten* haben wir Do-it-yourself-Methoden vorgestellt, wie man sicher geht, dass ein direkt geklebtes Bracket aus rostfreiem Stahl dem Patienten nicht weh tut<sup>1</sup> und wie es auf Dauer kleben bleibt<sup>2</sup>. Genauso wichtig für die Behandlung ist die Breite des Slots – eine Eigenschaft, die visuell nicht abschätzbar ist. Der Spielraum des Drahtbogens im Slot wird als der

wichtigste mechanische Mangel der Edgewise Apparaturen angesehen. Während es schwer, wenn nicht gar unmöglich ist, die anderen signifikanten Mängel (die Kraftanwendung entfernt vom Widerstandszentrum und deren Abnahme)<sup>3</sup> unter Kontrolle zu halten, kann eine exakte Herstellung dazu führen, dass Brackets eine akzeptable Toleranz zeigen. Der Behandler sollte daran erinnert werden, dass die kieferorthopädischen Hersteller ihre Attachments statistisch inspizieren, z.B. aus

einer Menge von 1.000 werden nur 10 kontrolliert. Als Ergebnis daraus sind die Slots weit davon entfernt, dieselbe Breite aufzuweisen, sogar innerhalb der selben Marke. Das kann sehr leicht demonstriert werden: Wenn ungenau geschnittene Slots wie die, die in Abb. 1 bis 3 gezeigt werden, derzeit zum Verkauf angeboten werden, ist es offensichtlich, dass leichte Unterschiede in den Slot-Breiten unbemerkt geblieben sind.

Das Fehlen der Toleranz würde das Einsetzen und Entfernen

des Drahtbogens praktisch unmöglich machen. Es wird angenommen, dass die Breite für ein 0.018-inch-Slot zwischen 0.0182 und 0.0192 inches betragen soll, und 0.0220 bis 0.0230 inches für 0.022 Slots<sup>3</sup>. Bei einer Untersuchung neuer Metallbrackets mit der nominalen Slot-Breite von 0.022" wurden variierende Slotbreiten von 0.0215 bis 0.025 inch gefunden<sup>4</sup>. Mehrere in Relation stehende Untersuchungen wurden unternommen, um den Effekt des Recyclings zu beurteilen. Während manche Mikroskope<sup>5</sup> und Stereomikroskope<sup>6</sup> verwendeten, haben andere sogar noch präzisere Instrumente und eigens dafür hergestellte Apparate eingesetzt, wie das Nikon Measuring Scope, ein Instrument, das bis zu 0.001 mm<sup>4</sup> genau ist, sowie das Optical Gaging Products Smart Scope, das bis auf 0.004 mm<sup>7</sup> präzise Messungen vornimmt. Letzteres Instrument, das derzeit für 40.000 US \$ verkauft wird, wurde tatsächlich von Haller sowohl in einer forensischen Zeugnisaussage verwendet, bei der die Bracketbreite<sup>8</sup> involviert war, als auch dazu, die Unterschiede unter den neuen Brackets sowie zwischen den neuen und den recycelten<sup>7</sup> zu begutachten. All diese Messwerte konzentrieren sich auf die Öffnung des Slots und vernachlässigen die möglichen Unregelmäßigkeiten innerhalb der zwei Extremitäten. Die Methode, die weiter unten gezeigt wird, ist nicht einfach, bezieht aber solche Vorkommnisse mit ein, was es den tatsächlichen klinischen Fällen näher bringt.

### Materialien und Methoden

Sowohl die Methode als auch das Testgerät wurden dadurch inspiriert, wie man recycelte Brackets auf eine Deformation des Slots testet. Im letzte-

ren befinden sich eingesetzte Messlehren, mit denen Zündkerzen für Autos getestet werden: Sie sind entweder 4,5 oder 8 cm lang und haben eine nominale Dicke von 0.022" oder 0.018". Der „Spielraum“ wird getestet, indem man die passende Messlehre seitlich in das Bracketslot schiebt, wobei diejenigen nicht eingesetzt werden können, bei denen der Winkel größer ist als ein bestimmtes, festgesetztes Limit. Dieses über die Zeit verifizierte Konzept wurde auf die Maße der Slot-Breiten jedes Edgewise Brackets ausgeweitet, und zwar durch die Verwendung von Geometrie und anderer einfacher Hilfsmittel. Die Materialien, die verwendet wurden, waren ein herkömmlicher Kolben (der stark genug war, um unerwünschte Bewegungen zu vermeiden), eine anpassbare Klampe (die in unserer vorigen Ausgabe beschrieben wurde), wobei viele Brackets ein Slot von 0.022" haben, neue und recycelte, sowie ein 14 inch langer Draht aus rostfreiem Stahl „gerade Länge“ (0.021 x 0,025", REF STSS2125, der von G/H, Greenwood, IN, verkauft wird). Die Instrumente verwendeten eine Schubmesslehre (721B-6/150 von L.S. Starrett Co. (Athol, MA)) und ein Lineal, das in 1/64 inch unterteilt war. Das getestete Bracket wurde zunächst in der anpassbaren Klampe gehalten, welche wiederum im Kolben festgedreht wurde. Ihre Position wurde so ausgewählt, dass ein Ende des Drahtes in einem Winkel von 90 Grad zum ausgerichteten Lineal in das Bracket-Slot eingesetzt wurde, wodurch es letzteres fast berührte. Es wurde speziell darauf geachtet, dass die Drähte so eingesetzt wurden, dass die Geometrie dieser Anordnung erhalten blieb. Um den rechten Winkel zwischen dem Draht und dem Lineal

konstant zu halten, wurden beide auf grafisches Papier gelegt. Die Anordnung sieht man in Abb. 4 und die dazu in Relation stehende geometrische Zeichnung ist der Abb. 5 zu entnehmen. Die Experimente wurden durch laterale Bewegungen des eingesetzten Drahtes von der kürzeren Seite her durchgeführt, während er am Boden des Slots der verschiedenen Brackets gehalten wurde. Es wurden nur leichte Kräfte eingesetzt, um jede plastische Deformation des Drahtes zu vermeiden. Die maximale Verschiebung am anderen Ende des Lineals wurde mit  $\Delta_2$  markiert und festgehalten.

In Abb. 5 kann man sehen, dass sich auf Grund der Verformung des Drahtes zwei Dreiecke ausbildeten. DCC und DEF sind akzeptable gleichschenklige Dreiecke, der Winkel  $\alpha$  ist weit unter 5 Grad (das erreichte Maximum war 2,2 Grad). Da sie dieselbe Form, aber unterschiedliche Größe aufwiesen, zeigt die Beziehung zwischen den Kanten folgendes Ergebnis auf:

$$DC/CC' = DE/\Delta_2$$

Mit anderen Worten, die Linie CC',  $\Delta_1$ , oder der Spielraum – z.B. der Unterschied in der Breite des Drahtes a und dem Slot, kann errechnet werden, indem man das Produkt aus der Länge der Linie DF (der 12.5" Teil des Drahtes) und der Slotlänge DC (mit der Schubmesslehre gemessen) durch das Maximum des längeren Endes des Drahtes teilt,  $\Delta_2$ . Zu dem hieraus ermittelten „Spielraum“ wurde die Breite des Drahtes (getestet und dann der Wert von 0.0210" durch die gesamte Länge bestimmt) addiert, um die eigentliche Slot-Breite zu erhalten:

$$w = L_1 + \Delta_1$$

Um die Resultate zu vergleichen, folgten wir der Technik, die von Haller eingeführt wurde.<sup>7</sup> Es wurden nur ganz neue Brackets mit disto-gingi-



Abb. 1: Falsch eingeschnittener Slot.

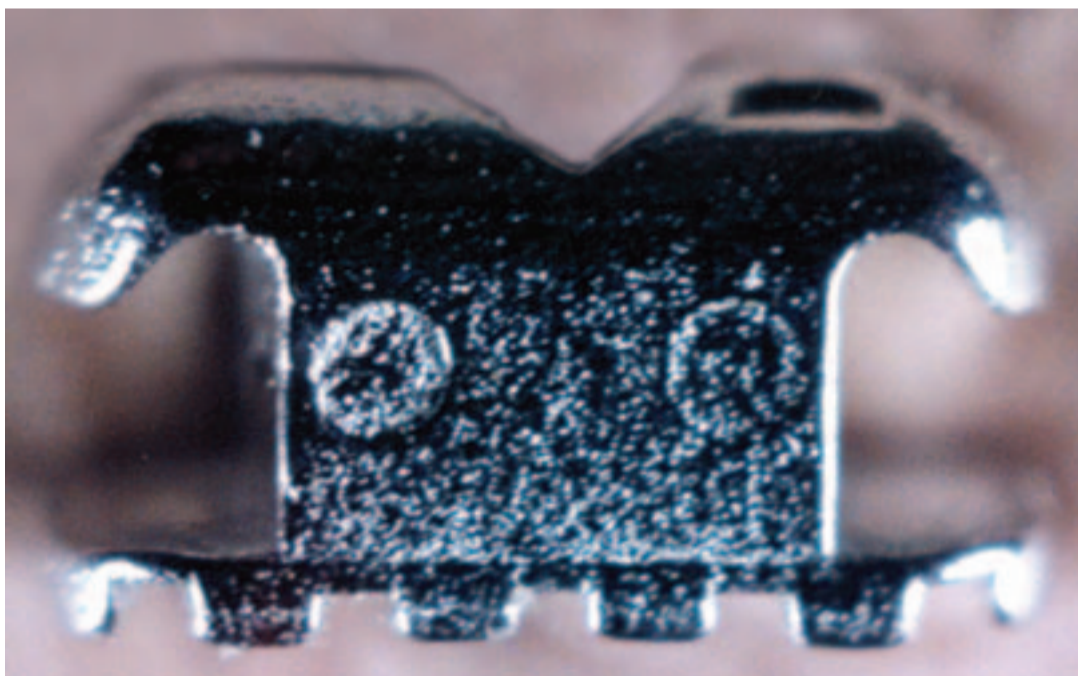


Abb. 2: Markierter, aber nicht eingeschnittener Slot.

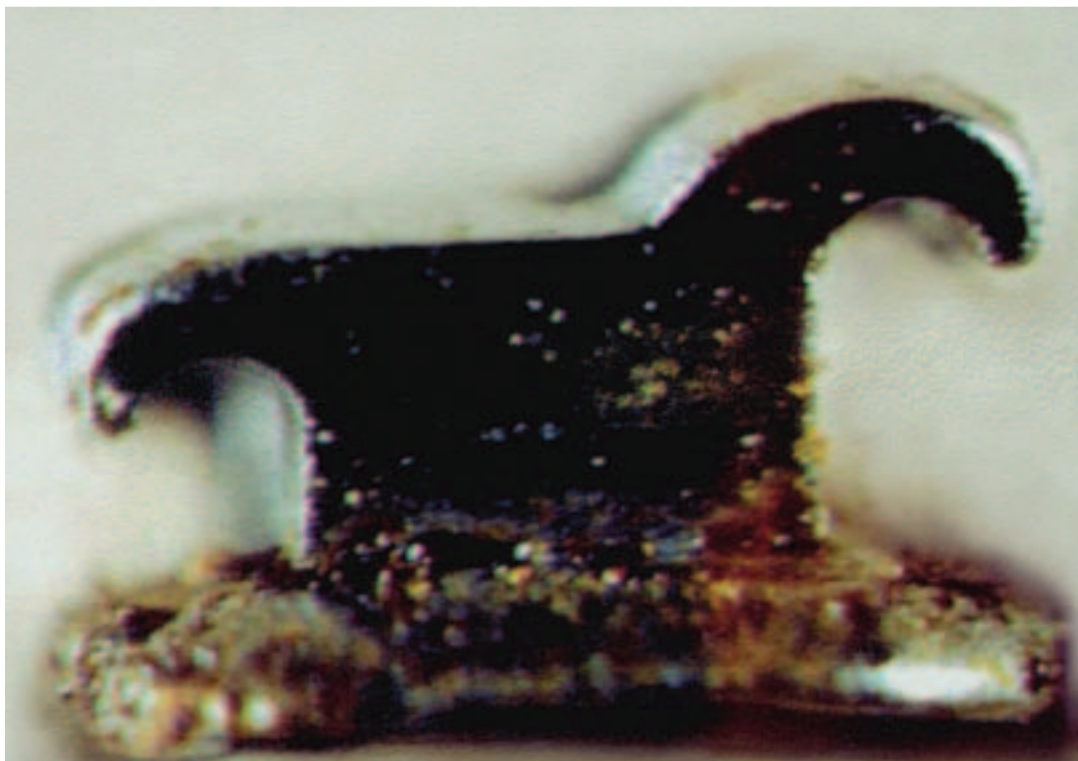


Abb. 3: Nicht eingeschnittener Slot.

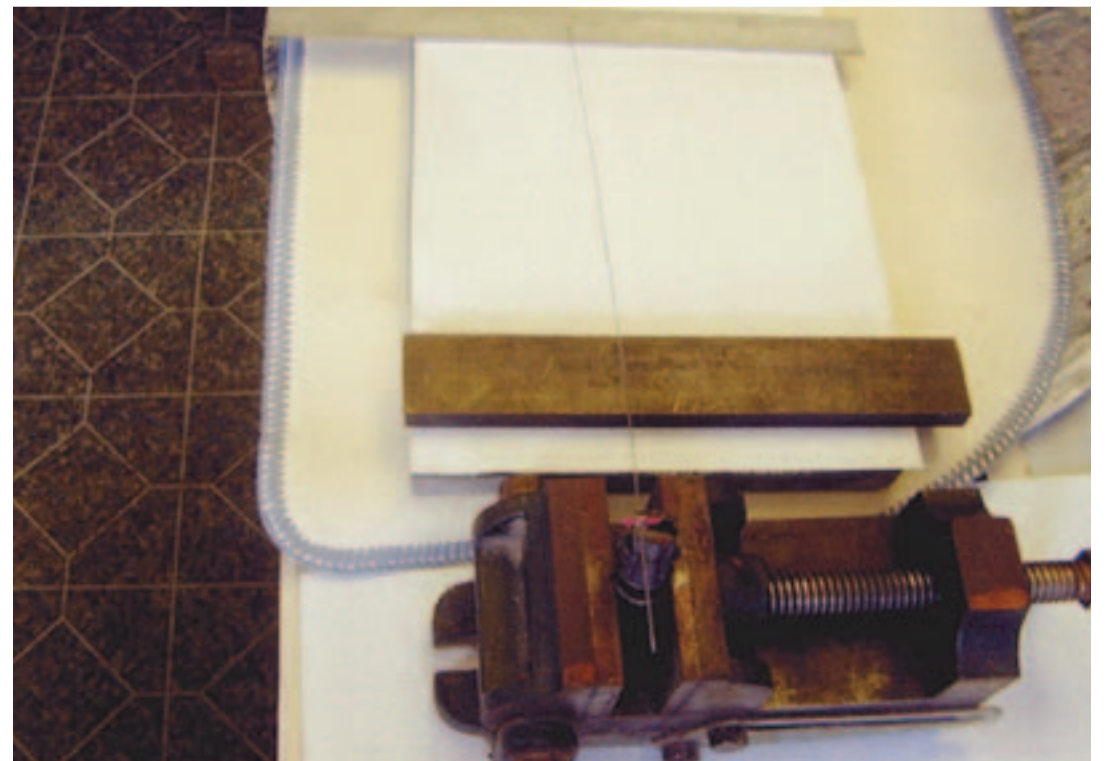


Abb. 4: Günstige Ausrichtung. Bracket, Draht und Lineal – alles auf Millimeterpapier arrangiert.



valen Markierungen verwendet. Um den Einfluss des Recyclings zu beweisen, wurde die gitterförmige Basis


der Brackets mit einem Wolfram-Karbid-Stift mit vibrierender Spitze markiert und dann vor und nach dem Recy-

ling getestet. In der nachfolgenden Tabelle 1 wurden nur die mittleren zwei verwendet, z.B. diejenigen, die die Breite

recyclten Brackets ansehen, beträgt der Mittelwert 0.00055" und die Standardabweichung ist 0.0002259". Mit anderen Worten ist die Standardabweichung der Werte für die verschiedenen neuen Brackets, die Haller getestet hat, (0.00080662") 3,57-mal größer als die Standardabweichung der recyclten Brackets derselben Marke (0.0002259").

desselben Typs, wie sowohl die Tabellen für die individuellen Werte als auch für die Durchschnittswerte zeigen (Tabelle 2).

Der Unterschied zwischen identischen neuen Brackets, die von Haller unter Verwendung eines ausgeklügelten und teuren Instruments getestet wurden, ist fast viermal so groß wie der, der zwischen den neuen und recyclten Brackets ermittelt wurde. Dieselbe Differenz, diesmal mit geometrischen Methoden ermittelt, ist minimal. Wahrscheinlich, weil letztere Methode exakter ist. Vom klinischen Standpunkt aus sind die relativ kleinen Unterschiede, die in dieser Studie zwischen neuen und recyclten Brackets gefunden wurden, nicht signifikant. <sup>5,10</sup> Wie vorher gezeigt wurde, gibt es jedoch immer genug Möglichkeiten, dass der Behandler qualitativ minderwertige Slots vorfindet. Da ein noch genaueres Testen nicht notwendig ist, kann ein einfacher Handgriff wie das Rütteln des Drahtes oder einer Messlehre im Slot sowohl Mühen als auch Zeit sparen.

der Breite der Bracketslots, was bis dato speziell geschultem Personal vorbehalten war, das spezielle Instrumente verwendete, kann nun durch eine Do-it-yourself-Methode mit leicht verfügbaren Materialien durchgeführt werden. 

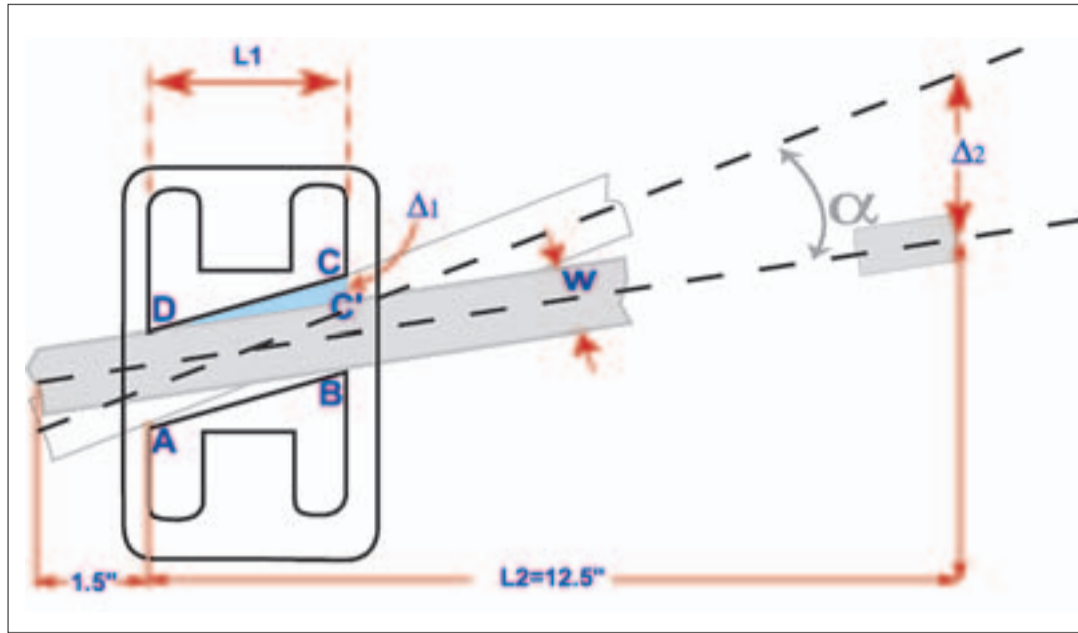


Abb. 5: Geometrische Skizze der Ausrichtung.

### Ergebnisse

#### Neue Brackets

Es wurden mehrere Brackets für obere seitliche Schneidezähne von vier verschiedenen Herstellern mit einer Slotbreite von 0.022" verglichen, um die Abweichungen mittels einer geometrischen Methode zu messen. Die Ergebnisse werden in Tabelle 2 gezeigt. Unter Verwendung dieser Werte haben wir eine Varianzanalyse (ANOVA) durchgeführt, um die Null-Hypothese zu testen, von der die vier Gruppen ausgewählt wurden. Und zwar aus Populationen, die dieselben Durchschnittswerte für die Breite aufwiesen. Der hohe F-Wert (37,15), der erzielt wurde, ist höchst signifikant (der kritische Wert von F ist 4,5; 0.01 für Ablehnung). Anders ausgedrückt haben die vier Arten von Brackets im Durchschnitt signifikant unterschiedliche Slot-Breiten.

#### Neue gegenüber recyclten Brackets

Dieselbe statistische Analyse wurde mit den Werten derselben Art Brackets durchgeführt, die in der ersten Kolonne der Tabelle 3 zu finden ist. Der Durchschnittswert und die Standardabweichung für die 10 Werte der neuen Brackets sind 0.02192" bzw. 0.00049". Nach dem Errechnen der Differenzen zwischen den Werten der neuen und recyclten Brackets fanden wir heraus, dass der Durchschnittswert und die Standardabweichung 0.000435" bzw. 0.0005241" betragen. Wie man sieht, ist die Standardabweichung der Werte für die neuen Brackets (0.00049") ungefähr gleich wie die Standardabweichung der Differenz, die für die recyclten Brackets gefunden wurde (0.0005241").

### Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass die aktuelle Breite, die für die oberen seitlichen Schneidezahnbrackets mit 0.022" angegeben wird, von Marke zu Marke abweicht. Dies gilt auch innerhalb von Mustern

### Schlussfolgerungen

Slot-Breiten können nicht nur von Marke zu Marke variieren, sondern auch innerhalb von Stichproben desselben Herstellers. Während in den meisten Fällen die Unterschiede nicht signifikant sind, kann die einfache Do-it-yourself-Methode, die oben beschrieben wurde, oder die stark vereinfachte Technik des Rüttelns eines Stück Drahtes oder einer Messlehre im Slot Zeit und Mühen sparen. Das exakte Prüfen der Messwerte

### KN Literatur

1. Matasa, C.G.: Wie man Biomaterialien aus Sicherheitsgründen überprüft, KN, 2003; 1(3): 4-5
2. Matasa C. G.: Do-it-yourself ways to test direct bonding brackets' functionality. I. Bond strength, KN, 2004; 2(5): 6-7
3. Creekmore TD and Kunik RL, Straight wire: The next generation. Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop 1993;104: 8-20
4. Oliver RG, Pal AD, Distortion of edgewise orthodontic brackets Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop 1989; 96: 65-71
5. Buchman DJL, Effect of recycling on metallic direct-bond orthodontic brackets, Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop June 1980; 77: 654-658
6. Feldner JC, Sarkar NK, Sheridan JJ, Lancaster DM, Torque-deformation characteristics of polycarbonate brackets, Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop 1994; 106: 265-72
7. Haller MW, in: The Orthodontic Materials Insider, 2001: 13(3); 4-6
8. Fox vs. TP Orthodontics, Case 3:97CV181, Richmond, VA
9. Fisher TA, An in vitro comparative study of new and recycled orthodontic brackets, Master Thesis at the University of Iowa, 1995. Also in The Orthodontic Materials Insider 1996: 9(4): 2
10. Hixson ME, Brantley WA, Pincsak JJ, Conover JP. Changes in bracket slot tolerance following recycling of direct-bond metallic orthodontic appliances. Am. J. Orthod. Dentofacial Orthop 1982; 81: 447-54

Number	In/Out Thickness		Slot Width (Bottom)		Slot Width (Top)	
	New	Recycled	New	Recycled	New	Recycled
1	.0332	.0329	.0235	.0239	.0235	.0239
2	.0333	.0332	.0228	.0226	.0243	.0242
3	.0261	.0258	.0223	.0224	.0237	.0242
4	.0503	.0501	.0238	.0236	.0246	.0246
5	.0328	.0325	.0216	.0217	.0240	.0241
6	.0363	.0362	.0216	.0216	.0228	.0230
7	.0523	.0519	.0210	.0209	.0260	.0260
8	.0307	.0303	.0235	.0233	.0235	.0233
9	.0344	.0345	.0219	.0222	.0232	.0233
10	.0354	.0355	.0222	.0223	.0234	.0237
11	.0347	.0344	.0220	.0222	.0230	.0231
12	.0299	.0293	.0225	.0224	.0225	.0231
13	.0283	.0281	.0232	.0237	.0259	.0263
14	.0509*	.0508*	.0229	.0226	.0241	.0248
15	.0528	.0528	.0216	.0218	.0231	.0233
16	.0533	.0529	.0231	.0233	.0235	.0239
17	.0541	.0544	.0220	.0222	.0245	.0244
18	.0367	.0366	.0217	.0218	.0240	.0241
19	.0362	.0359	.0213	.0214	.0228	.0232
20	.0352	.0350	.0229	.0226	.0240	.0244
Mean	.038945	.038655	.02237	.02242	.02382	.02408
S.D.	.0094183	.0095837	.0008662	.0008532	.0009523	.0009349
±Δ	.0006334 (0.67%)		-0.00008 (1%)		-0.0001704 (2.9%)	

Tabelle 1: Haller's Slot-Vergleich, neue und recyclte Brackets.

Nr.	"A"Co.		GAC	ORMCO	3M/UNITEX
	Minitwin	Micro-Arch	Diamond	Dynalock	Dynalock
1	.0222	.02269	.02196	.02305	.02305
2	.0223	.02245	.02202	.02305	.02305
3	.0223	.02236	.02163	.02260	.02260
4	.0221	.02232	.02163	.02272	.02272
5	.0222	.02250		.02280	.02280
6	.0221	.02236		.02272	.02272
7	.0222	.02245		.02288	.02288
8	.0225	.02245		.02272	.02272
9	.0227	.02236		.02264	.02264
10	.0222	.02245		.02264	.02264
Mean	.02228	.022439	.02181	.022382	.022382
S.D.	.00018738	.0001054	.0002092	.0001628	.0001628

Tabelle 2: Slot-Breite-Vergleich, neue Brackets.

Nr.	ORMCO Diamond		3M UNITEX Dynalock		AM.ORTH. Triple Action		R. MOUNTAIN Minitaurus		G.A.C. Micro-Arch		"A"CO. Minitwin	
	NEW	RECYCL.	NEW	RECYCL.	NEW	RECYCL.	NEW	RECYCL.	NEW	RECYCL.	NEW	RECYCL.
1	.02110	.02166	.02357	.02390	.02230	.02245	.02361	.02405	.02257	.02284	.02110	.02198
2	.02157	.02193	.02269	.02334	.02192	.02222	.02300	.02333	.02266	.02292	.02162	.02180
3	.02202	.02279	.02292	.02348	.02169	.02184	.02307	.02340	.02267	.02292	.02166	.02180
4	.02268	.02302	.02288	.02308	.02223	.02238	.02341	.02425	.02258	.02310	.02158	.02194
5	.02239	.02274	.02274	.02309	.02185	.02195	.02402	.02453	.02276	.02324	.02165	.02201
6	.02242	.02304	.02328	.02364	.02184	.02195	.02221	.02301	.02268	.02297	.02166	.02201
7	.02189	.02215	.02260	.02291	.02192	.02227	.02216	.02272	.02269	.02291	.02162	.02202
8	.02149	.02188	.02314	.02334	.02230	.02275	.02389	.02429	.02277	.02323	.02163	.02172
9	.02154	.02198	.02297	.02327	.02161	.02184	.02283	.02366	.02262	.02310	.02158	.02209
10	.02204	.02230	.02317	.02355	.02238	.02260	.02277	.02321	.02238	.02298	.02159	.02187
Mean	.02192	.02235	.02299	.02336	.022004	.022225	.023010	.023645	.022638	.023021	.021569	.021924
Diff. M	.00043		.00037		.00021		.00055		.00038		.00038	
S.D.	.00048	.00051	.00038	.00029	.00028	.00032	.00084	.00001	.00011	.00014	.00011	.00012
Diff. S.D.	.00002		.00001		.00004		.00003		.00003		.00000	
S.D./Mean	2.2%	2.2%	1.3%	1.2%	1.27%	1.4%	2.7%	2.6%	0.46%	0.6%	0.87%	0.5%

Tabelle 3: Slot-Breite-Vergleich, neue und recyclte Brackets.

### KN Kurzvita



Claude George Matasa, DCE, DSC, DHC

- geboren in Rumänien
- Vater: Richter, später Staatsanwalt, Mutter: Hochschulprofessorin
- Neffe des bekannten Archäologen Constantin Matasa
- spricht fließend Französisch, Deutsch, Englisch
- Abschluss des Studiums als Ingenieur der Chemie
- bis 1956 Tätigkeit als Forscher für ICECHIM (Institut für chemische Forschung) in Bukarest/ Rumänien
- Forschungsleiter in einem speziellen Laboratorium am Polytechnischen Institut von Bukarest, Bereich der Petrochemie
- 1956-1979 Leiter der Forschungsabteilungen der beiden größten Chemiewerke Rumäniens, dem Chemischen Kombinat von Kraiova sowie dem Werk für Synthetische Fasern in Savinesti
- seine Forschung über Monomere, Polymere sowie organische und anorganische Synthese führte zu einer Serie von Publikationen, die sowohl

- in Frankreich als auch den USA veröffentlicht wurden
- Erlangen des Doktorgrads Dr. Ing. chem.
- nach Aufhalten an der Technischen Universität Wien sowie bei der Chemical Construction Corporation, New York, arbeitete er bei der Firma Celanese Chemical Co. in Corpus Christi/Texas als Berater
- Abschluss als Doktor der techn. Wissenschaften an der TU Wien mit Promotion, Summa cum Laudae
- Rückkehr in die USA, wo er für die Firma Unitek, Kalifornien, als Forscher arbeitete, um Kleber für die Kieferorthopädie zu entwickeln
- dies führte 1973-76 zu Bond-Eze-Line. Er entwickelte eine einzigartige Methode zur Wiederverwendung von Attachments und wechselte dann zur Firma Allusuisse, welche in der Metallurgie führend ist, in deren Zweigfirma in St. Louis
- danach Wechsel zur Firma Imperial Coatings (New Orleans)
- parallel hierzu Gründung einer eigenen Firma (Ortho Cycle Co.) und Umzug nach Hollywood/Florida
- zahlreiche Publikationen sowie Beraterfunktion beim „American Journal of Orthodontics“, „The Angle Orthodontist“ und beim „European Journal of Orthodontics“
- derzeitige Tätigkeit als Professor an der Universität von Illinois/Chicago sowie als Gastprofessor verschiedener anderer Universitäten