



Die Grundregeln der kieferorthopädischen Biomechanik. Die Möglichkeiten der Zahnbewegung.

*250 Jahre in
medizinischer Lehre,
Forschung & Innovation
und Krankenversorgung*

*Dr. Nemes Bálint
Dr. Radó Zsuzsanna Stefánia*

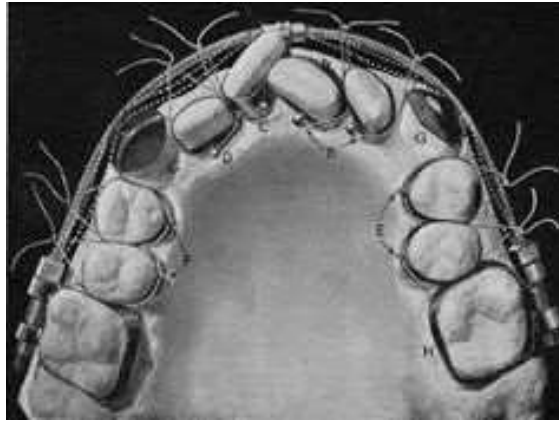
Einleitung

„Historically, the mainstay of orthodontic treatment has been the appliance. Orthodontists have been trained to fabricate and use appliances and sequences of appliance shapes called techniques. However, appliances are only the instrument to produce force systems, which are the basis of tooth position and bone modification...

...Dentofacial changes are primarily achieved by the orthodontist applying forces to teeth, the periodontium, and bone. Hence, the scientific basis of orthodontics is physics and Newtonian mechanics applied to a biologic system. The modern clinician can no longer practice or learn orthodontics as a trade or a technique. He or she must understand forces and how to manipulate them to optimize active tooth movement and anchorage.”

Burstone, C. J. and K. Choy, Eds. (2015). [The biomechanical foundation of clinical orthodontics.](#)





Kraft

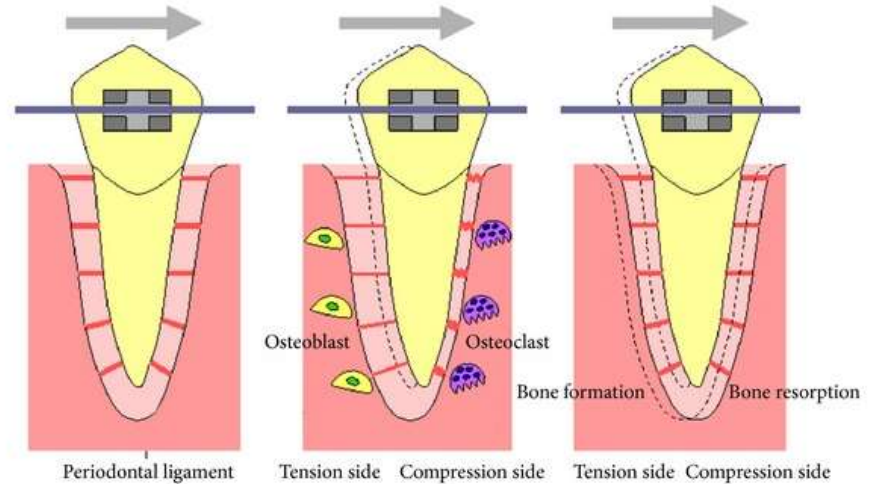


lagtime



Positionsveränderung

PDL -Verbreiterung
 (vorübergehende)
 Zahnlockerung
 Alveolarvorsatzremodelling-
 Zugseite Knochenaufbau,
 Druckseite Resorption



Phasen der Zahnbewegung

Inizialisationsphase (1-2Tage)

- ↪ Kraft → minimale Positionsveränderung → stationeres Stadium → verändertes Spannungsmuster im PDL
- ↪ 1-2 Stunden → veränderte Oxigenisation
- ↪ 4 Stunden → Zelldifferenzierung cAMP steigt
- ↪ Ca am 2. Tag fängt die Zahnbewegung als Konsequenz des Remodelling klinisch sichtbar an

Hyalinisationsphase (2-4 Wo)

- ↪ Nekrotisierungen, Absorptionszeichen an der Wurzeloberfläche
- ↪ PDLerweiterung (radiologischer Befund)
- ↪ Osteoid erscheint auf der Zugseite, Mineralisierung beginnt



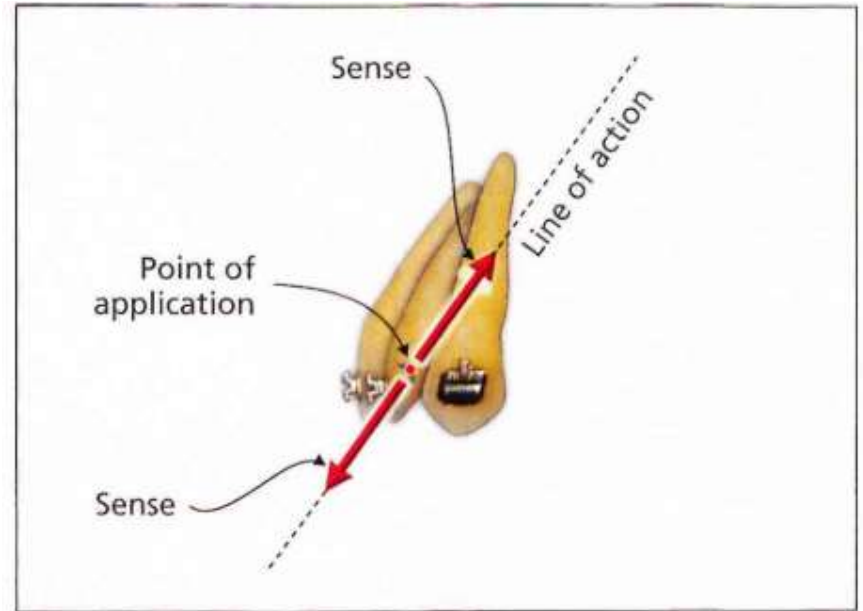
Kraftarten

- ↪ Orthopädisch – orthodontisch
- ↪ intermittierend – kontinuierlich
- ↪ Nagy Grösse
 - ↳ Wert unterhalb der Reizschwelle für Zahnbewegungen
 - ↳ Kapillardruckbereich
 - ↳ Iatrogener Bereich, zu hohe Kräfte, untermienierende Resorption



Die Kraft

- ↪ Kann mathematisch als Vektor beschrieben werden
 - ↪ Grösse
 - ↪ Ansatzpunkt/winkel)
 - ↪ Aktionslinie (Wirkungslinie) – line of action
 - ↪ Orientierung
- ↪ Prinzip der Übertragbarkeit
- ↪ Maßeinheit ist N (cN), aber Gramm wird in der Kieferorthopädie allgemein benutzt

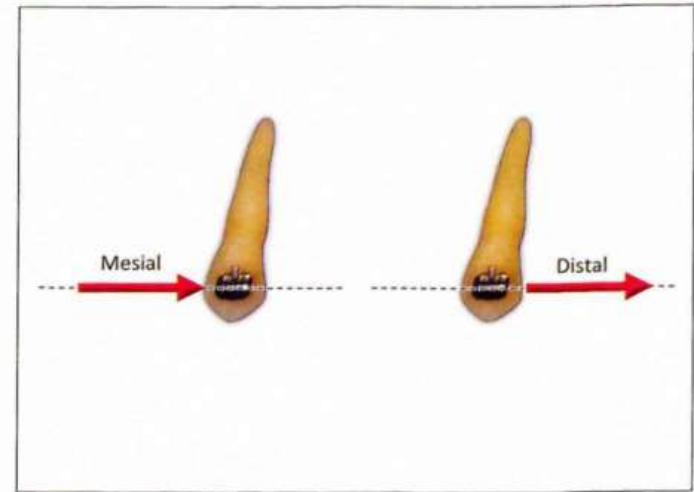


- [Burstone, C. J. and K. Choy, Eds. \(2015\). The biomechanical foundation of clinical orthodontics.](#)



Prinzip der Übertragbarkeit

Der Ansatzpunkt kann an einen beliebigen Punkt der Aktionslinie verschoben werden und hat den gleichen Effekt auf den starren Körper

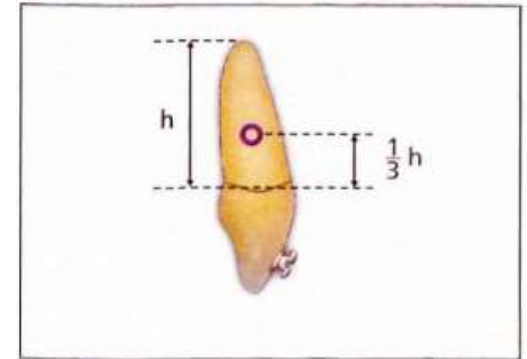


- [Burstone, C. J. and K. Choy, Eds. \(2015\). The biomechanical foundation of clinical orthodontics.](#)



Widerstandszentrum (Center of resistance – CR)

- ↪ Die Bewegung eines starren Körpers durch eine Kraft kann durch das Widerstandszentrum des Körpers beschrieben werden
- ↪ Soll vom Schwerpunkt unterschieden werden!
Die 2 Punkte sind nur bei freien Körpern gleich
- ↪ Klinische Definition: Wenn die Wirkungslinie der Kraft durch das Widerstandszentrum läuft, erfolgt eine körperliche Bewegung (Burstone und Choy 2015).



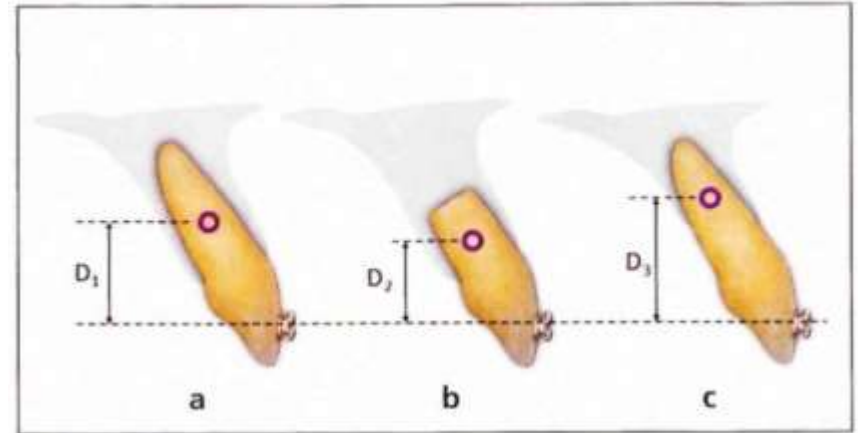
- Burstone, C. J. and K. Choy, Eds. (2015). [The biomechanical foundation of clinical orthodontics.](#)



Widerstandszentrum(CR)

↪ Das Widerstandszentrum hängt stärker von der Umgebung ab, in der der Körper fixiert ist, als von der Form des Körpers selbst

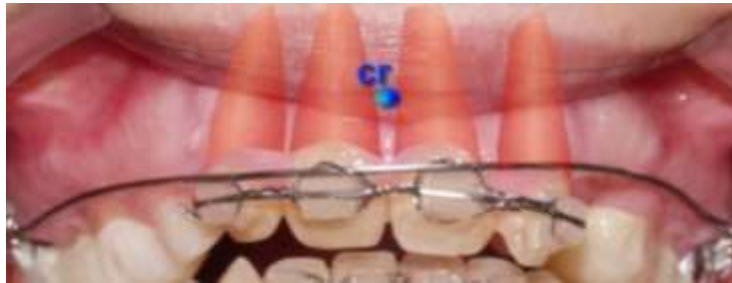
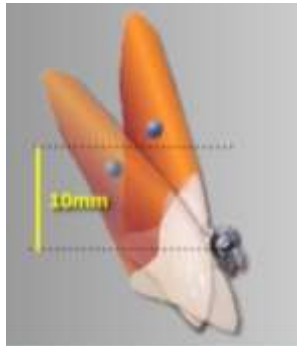
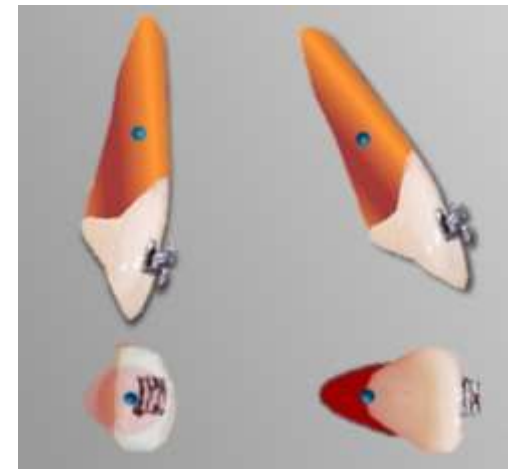
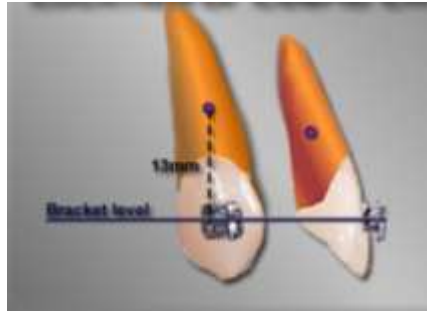
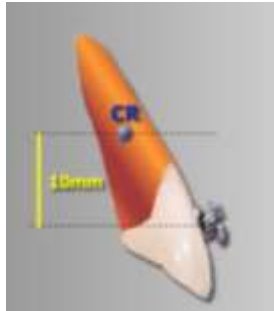
↪ Bei einem oberen Schneidezahn ist der CR ca bei 1/3-2/3 der sich im Alveolus befindender Wurzellänge



➤ [Burstone, C. J. and K. Choy, Eds. \(2015\). The biomechanical foundation of clinical orthodontics.](#)



Widerstandszentren von Zähnen und Zahngruppen

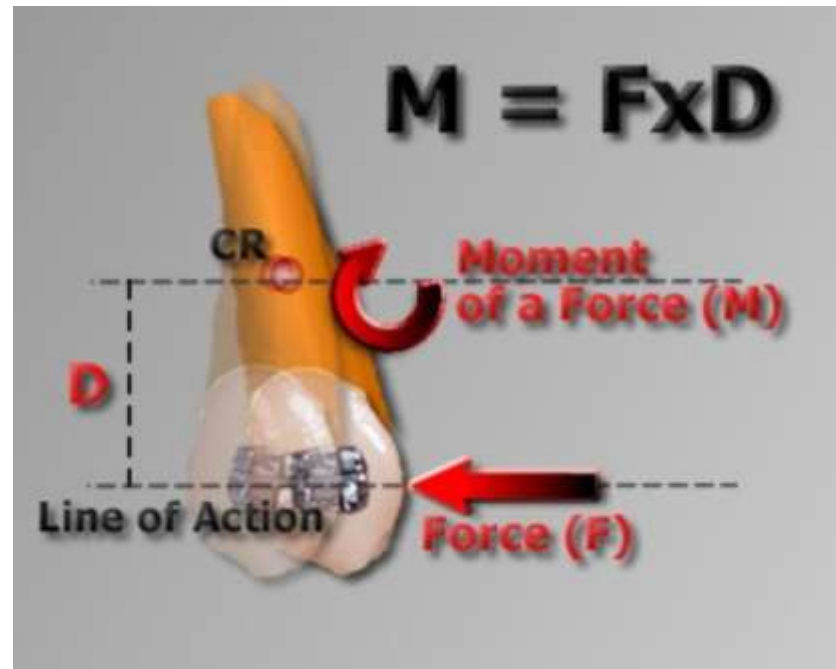


➤ Fiorelli, G. and B. Melsen (2013). "Biomechanics in orthodontics 4."



Drehmoment der Kraft

- ↪ Wenn die Wirkungslinie der Kraft nicht durch den CR verläuft, wird ein Drehmoment erzeugt
- ↪ Der Drehmoment ist eine mathematische Beschreibung der Tendenz des Körpers, sich unter dem Einfluss von Kraft um sein Resistanzzentrum zu drehen.
- ↪ Der Drehmoment wird durch einen gekrümmten Pfeil dargestellt, wobei der Pfeil die Drehrichtung angibt (CW, CCW).
- ↪ Seine Maßeinheit in der Kieferorthopädie ist typischerweise gmm (SI: Nm)
- ↪ Wenn ein Kraftpaar auf den Zahn wirkt, kann eine reine Rotation auftreten, bei der sich alle Punkte des Zahns um das RZ drehen

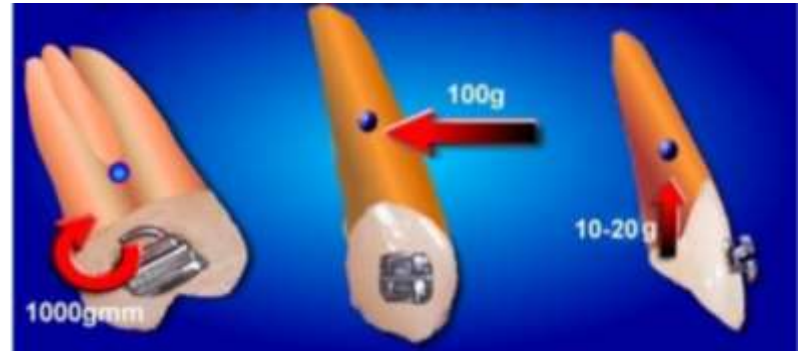


➤ Fiorelli, G. and B. Melsen (2013). "Biomechanics in orthodontics 4."

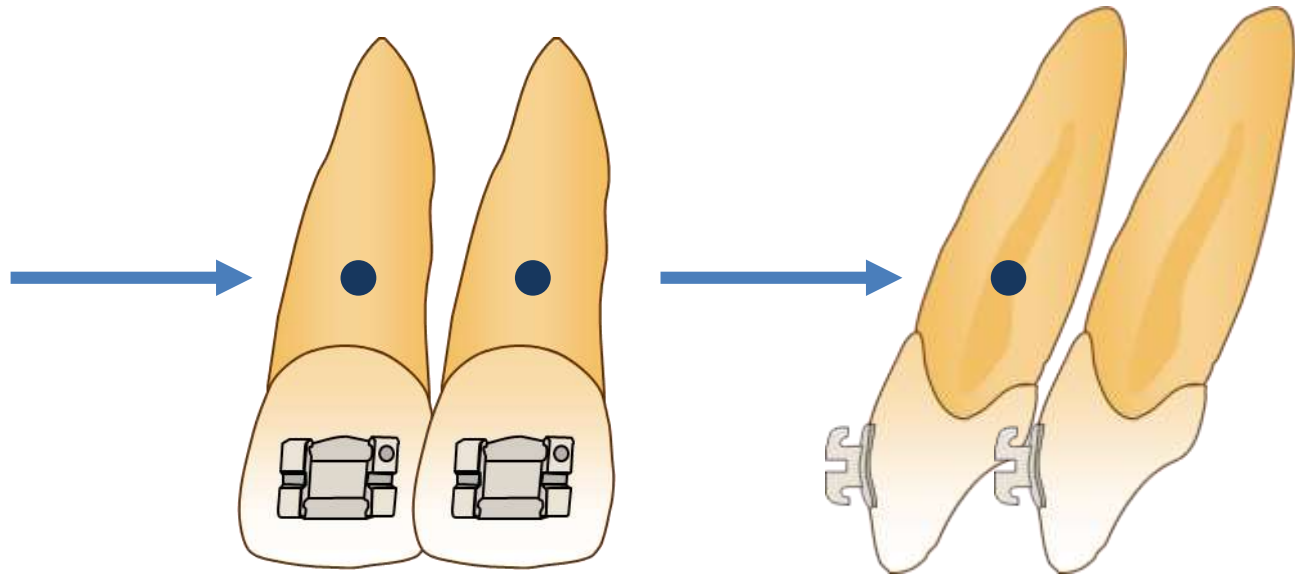


Welche Kraft sollten wir benützen? - Grösse

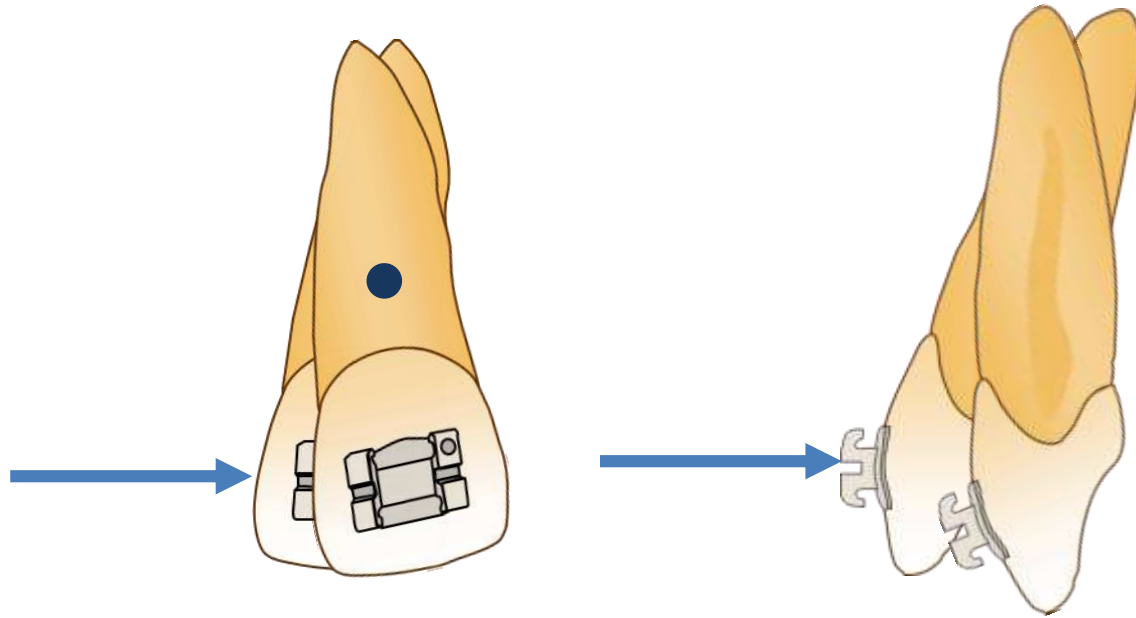
- ↪ Abhängig von der Art der gewollten Bewegung (Intrusion / Extrusion, Körperbewegung)
- ↪ Auf wie grosser Wurzeloberfläche verteilt sich die Kraft?
- ↪ Biologie des PDLs und des Alveoluses
 - ↳ Alter
 - ↳ Grunderkrankungen
 - ↳ Hormonelle Wirkungen (Schwangerschaft)



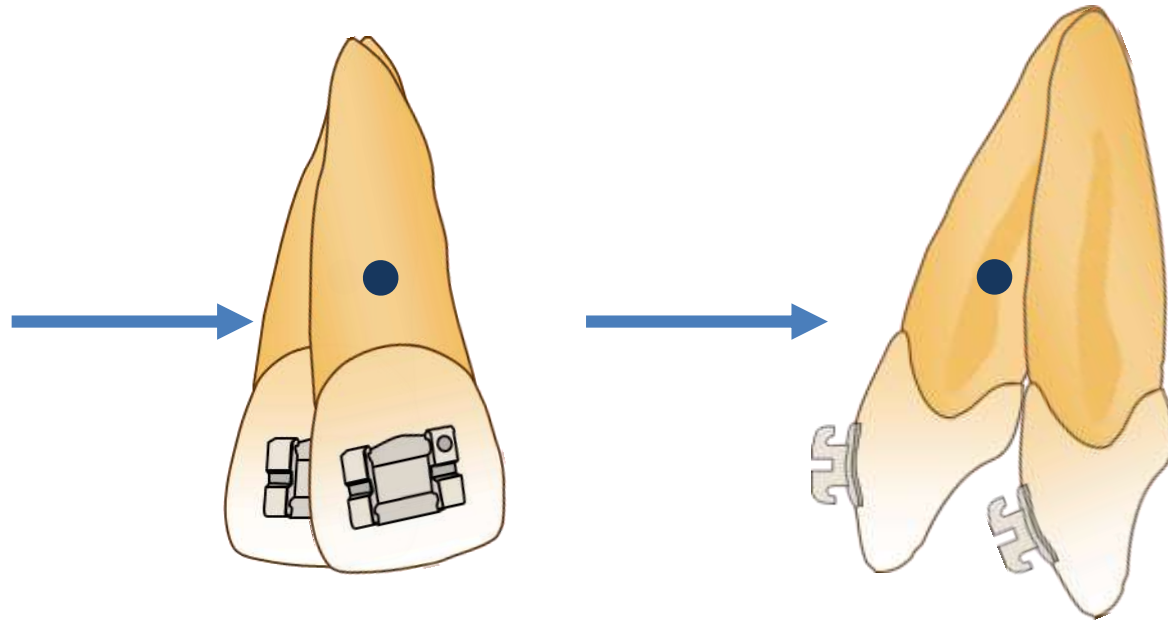
Translation



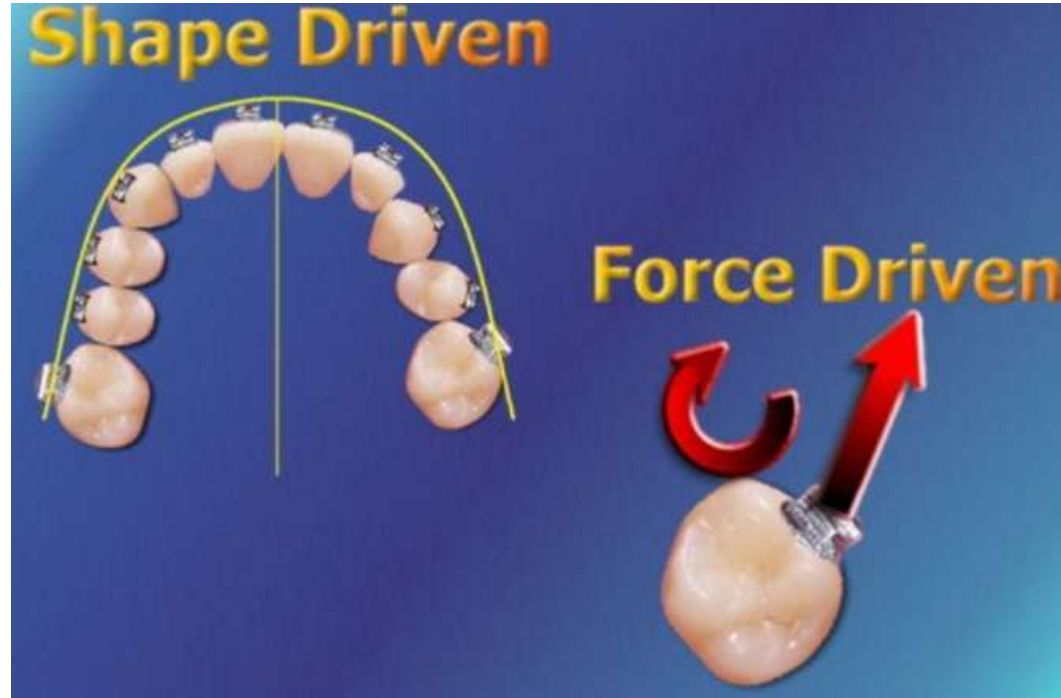
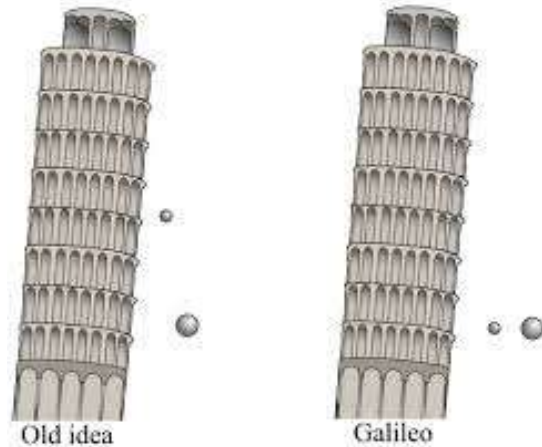
Unkontrollierte Kippung



Kontrollierte Kippung



Formgetriebener/Kraftgetriebener Ansatz



Formgetriebener Ansatz



Fiorelli, G., & Melsen, B. (2013). Biomechanics in orthodontics 4.

Viazis, A. D. (1991). Clinical applications of superelastic nickel titanium wires. *J Clin Orthod*, 25(6), 370-374.



Wechselwirkungsprinzip (N lex tertia)

- ↪ Innerhalb des kieferorthopädischen Systems gibt es eine Gegenkraft zu jeder Kraft, die beiden löschen sich gegenseitig aus, so dass das System im Gleichgewicht bleibt
- ↪ Aus diesem Grund können wir ohne die Verwendung eines externen Ankers nicht alle Zähne in eine Richtung bewegen
- ↪ Wir müssen die Gegner unserer ausgeübten Kräfte und die gewünschten / möglicherweise unerwünschten Zahnbewegungen, die sie erzeugen, immer sorgfältig erwägen



Verankerung

- ↪ Verankerung : Widerstand gegen unerwünschte Zahnbewegungen (Proffit, 2018)
- ↪ Bei den meisten fehlgeschlagenen kieferorthopädischen Behandlungen ist die Ursache des Versagens ein Verankerungsverlust, d. H. eine unerwünschte Verschiebung der passiven Einheit.
- ↪ Was ist zu beachten?
 - ↳ Welche Art von Zahnbewegung unsere Kräfte und Gegenkräfte erzwingen
 - ↳ Wie viel Widerstand können die Einheiten dieser Bewegung leisten?
 - Okklusion, Ankylose
 - ↳ Wurzelfaserverlauf (Intrusion / Extrusion, Neigung / Körperverschiebung)



Formgetriebener Ansatz



Fiorelli, G., & Melsen, B. (2013). Biomechanics in orthodontics 4.

Viazis, A. D. (1991). Clinical applications of superelastic nickel titanium wires. *J Clin Orthod*, 25(6), 370-374.

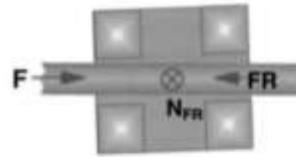




Reibung, Reibungswiderstand

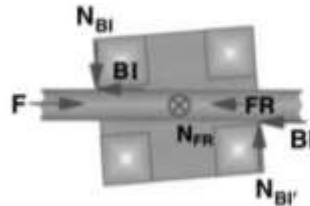
- ↪ Resistance to sliding (clearance)
- ↪ Binding (interference)
- ↪ Notching (obstruction)

- Stärker vorhandeng im Frontbereich
- Bei ästhetischen Brackets stärker



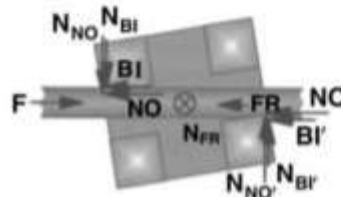
Clearance:
Only classical friction (FR) is causing resistance to sliding (RS).

$$RS = FR$$



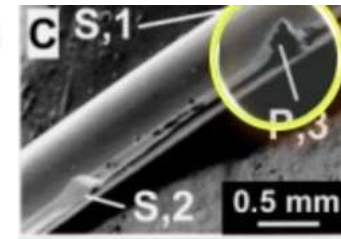
Interference:
Binding (BI), as well as FR, is contributing to RS.

$$RS = FR + BI$$



Obstruction:
Notching (NO) is ceasing bracket movement altogether.

$$RS + FR + BI + NO$$



Articolo, L. C., Kusy, K., Saunders, C. R., & Kusy, R. P. (2000). Influence of ceramic and stainless steel brackets on the notching of archwires during clinical treatment. *Eur J Orthod*, 22(4), 409-425. doi:10.1093/ejo/22.4.409

Kusy, R. P., & Whitley, J. Q. (1997). Friction between different wire-bracket configurations and materials. *Semin Orthod*, 3(3), 166-177.

Proffit, W. R., Fields, H. W., Larson, B. E., & Sarver, D. M. (2019). *Contemporary orthodontics*.

Fiorelli, G., & Melsen, B. (2013). Biomechanics in orthodontics 4. Retrieved from <http://www.ortho-biomechanics>



Statisch bestimmte (bestimmbare) Systeme

- ↪ Ein biomechanisches System gilt als statisch bestimmbar, wenn seine mechanische Wirkung durch einfache klinische Messungen bestimmt werden kann.
- ↪ Für die Messung werden Federkraftmesser und Schieblehre verwendet
- ↪ Aus gemessenen Kraft und Abstand kann das Drehmoment einfach und genau bestimmt werden ($M = F \cdot d$)
- ↪ Das Drehmoment kann klinisch **nicht** gemessen werden

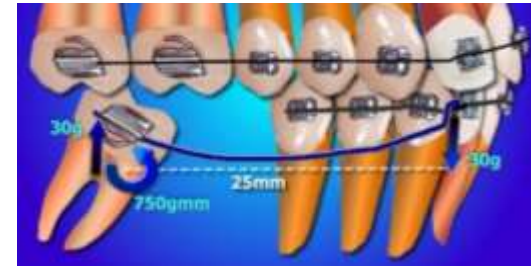


- Fiorelli, G. and B. Melsen (2013). "Biomechanics in orthodontics 4."



Statisch bestimmbar System

- ↪ In der Kieferorthopädie kann nur das System biomechanisch bestimmt werden, bei dem maximal in einer Einheit der Bogen im Slot oder in der Tube eingebunden ist und die Verbindung an der Anderen Einheit punktartig ist
- ↪ Ein solches System könnte beispielsweise eine Gummikette zwischen zwei Verlängerungsarmen sein (wenn die Einheiten nicht auch mit einem Bogen verbunden sind)
- ↪ Der typischste Vertreter dieses Systems sind die Auslegerfedern (Cantilever).
- ↪ Diese Systeme zeichnen sich durch eine hohe qualitative Konstanz aus

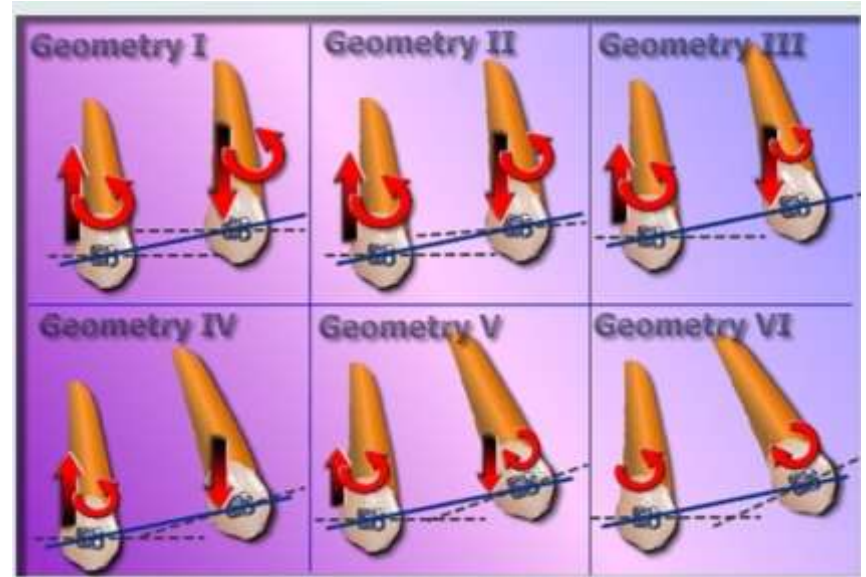


➤ Fiorelli, G. and B. Melsen (2013). "Biomechanics in orthodontics 4."



Statisch unbestimmbare Systeme

- ↗ Der Bogen ist in zwei oder mehr Slots einligiert
- ↗ Unter klinischen Bedingungen können die resultierenden Kräfte und Drehmomente nicht bestimmt werden
- ↗ Ein typisches Beispiel ist die Geradbogentechnik, bei der die Zahnbewegungskräfte zwischen den Brackets aufgrund der elastischen Verformung des superelastischen Bogens erzeugt werden.
- ↗ Ein NiTi-bogen, der in alle Brackets und Slots eingebunden wurde, ist in der Tat eine Reihe statisch unbestimmter Systeme, bei denen die resultierenden Zahnbewegungskräfte nicht geschätzt werden können.
- ↗ Qualitative Inkonsistenz

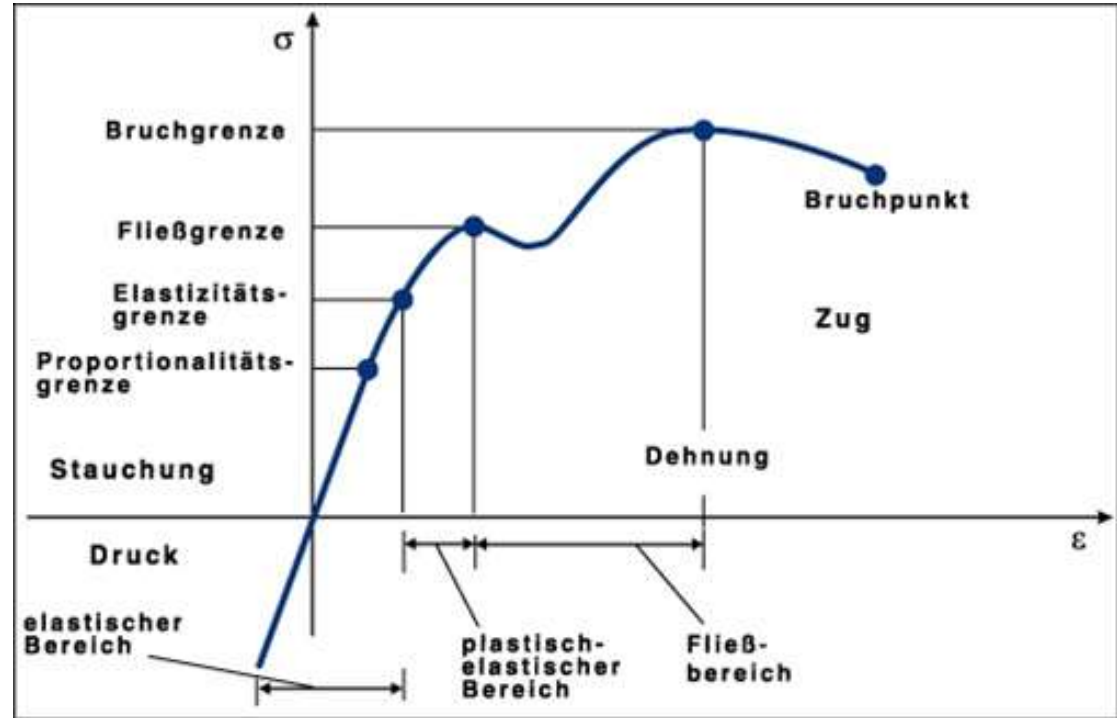


- Fiorelli, G. and B. Melsen (2013). "Biomechanics in orthodontics 4."
- Koenig, H. A. and C. J. Burstone (1989). "Force systems from an ideal arch-large deflection considerations." *Angle Orthod* 59(1): 11-16.



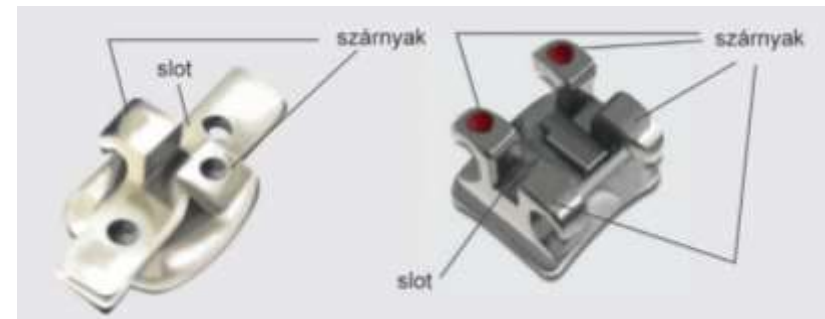
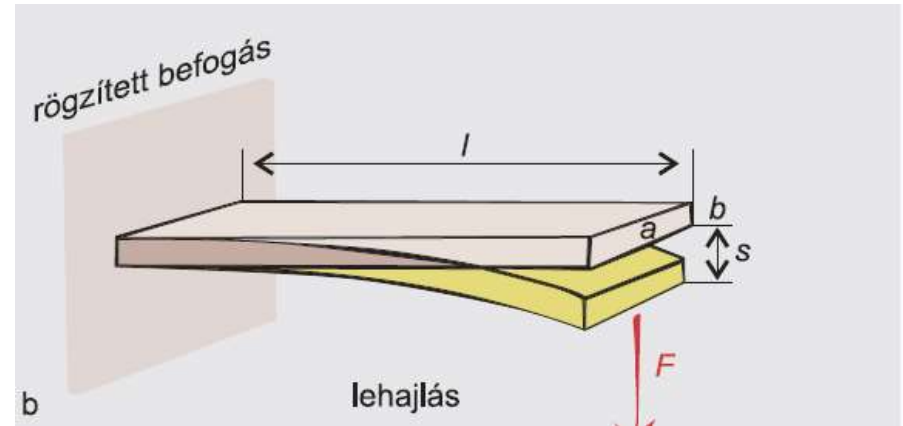
Spannungs-Dehnungs Diagramm

- ↪ Zugversuch
- ↪ Belastbarkeit und Formbarkeit



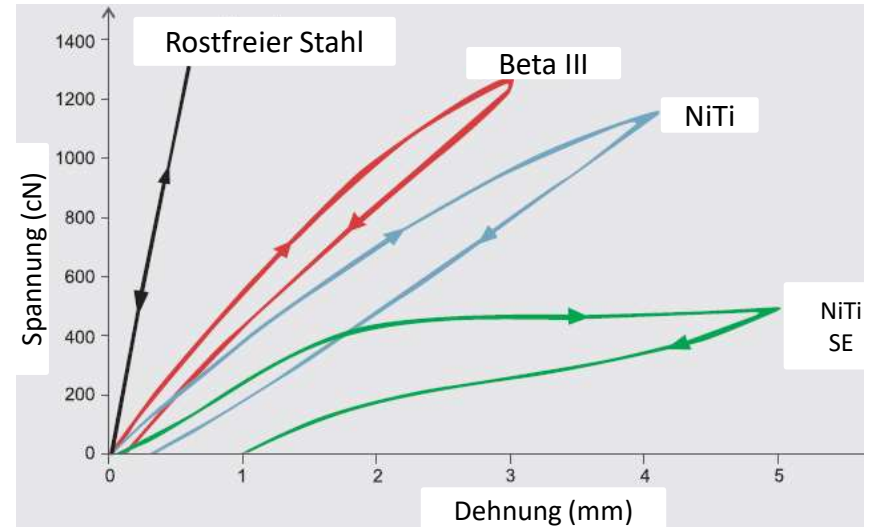
Allgemeine Überlegungen beim Entwurf von Geräten

- ↪ Bracketbreite
 - ↳ Friktion
 - ↳ Interbracketabstand
- ↪ Aktive Elemente
 - ↳ Gleichmäßige Kraftabgabe über einen langen Zeitraum unterhalb des iatrogenen Bereichs
 - ↳ Gute Flexibilität (Formbarkeit)
- ↪ Passive Elemente
 - ↳ Das Ziel ist es, starre, stabile Einheiten zu formen
 - ↳ Es sollte starr und formbar sein
- ↪ Querschnitt des Bogens
 - ↳ Kontrolle der Bewegung
 - ↳ Flexibilität
 - ↳ Bewegung entlang des Bogens



Bogenmaterialien in der KFO

- ↪ Rostfreier Stahl (Stainless Steel - SS)
- ↪ Superelastische Nickel-Titan Legierungen (NiTi)
- ↪ Titan-Molibdenium Legierungen (Titanium Molybdenum Alloy – TMA oder β -Titan)



Danke für die
Aufmerksamkeit!

