

Eine bereits leistungsstarke Dentaltechnologie wird immer ausgereifter

An already powerful dental technology continues to grow in sophistication

Ein Kommentar von Dr. Carlos Colino über die Entwicklung der Clear-Aligner-Technologie. *A commentary by Dr Carlos Colino about the evolution of clear aligner technology.*

Die Technologie der Clear Aligner hat die moderne Kieferorthopädie revolutioniert und bietet eine ästhetische und komfortable Alternative zu festsitzenden Apparaturen. Seit ihrer Einführung im Jahr 1999 haben Fortschritte in Materialwissenschaft, Digitalisierung und Simulation diese Behandlungsmethode präziser, zugänglicher und effizienter gemacht. Darüber hinaus hat die Weiterentwicklung der Aligner dazu beigetragen, die Anzahl der für die Behandlung erforderlichen persönlichen Termine zu reduzieren und die Integration von Fernbehandlungen in die kieferorthopädische Praxis zu fördern.

Die Geschichte der Aligner begann 1945 mit dem von Herald Dean Kesling entwickelten zahnärztlichen Positionierer – einem herausnehmbaren Gerät, das erstmals die Idee präziser und kontrollierter Zahnbewegungen umsetzte und von Patienten bequem zu Hause genutzt werden konnte. 1971 entwickelte Robert John Ponitz transparente Retainer. 1993 führte John Sheridan neue Konzepte für die Aligner-Behandlung ein, ebenso wie andere führende Experten auf diesem Gebiet. Der entscheidende Durchbruch gelang jedoch 1999 mit der Einführung von Invisalign durch Align Technology in den USA. Dank seines innovativen Designs und seiner fortschrittlichen Technologie veränderte Invisalign die Kieferorthopädie grundlegend. Im Jahr 2001 expandierte Invisalign nach Europa und erlebte ein exponentielles Wachstum.^{1,2} Heute gibt es viele hochwertige Aligner-Marken wie Angel Aligner, Spark und ClearCorrect.

Fortschritte in Digitalisierung und Individualisierung

In den 2000er-Jahren führten Fortschritte in der Digitalisierung, insbesondere der Einsatz von CAD/CAM-Technologien, dazu, dass Kieferorthopäden die konventionelle Abdrucknahme durch intraorales Scannen ersetzen konnten. Dies verbesserte die Präzision und beschleunigte die Herstellung individueller Aligner erheblich. Die Einführung des 3D-Drucks beschleunigte diesen Prozess weiter, indem sie die Produktionszeit verkürzte und die Notwendigkeit persönlicher Termine reduzierte. Im Jahr 2020 entwickelte das südkoreanische Unternehmen Graphy Photopolymerharze wie TC-85DAC, die den direkten 3D-Druck von Alignern ermöglichen. Dies machte die Anfertigung physischer Zahnmodelle überflüssig und steigerte die Effizienz sowie die Individualisierung der Behandlung.³

Verbesserungen bei Materialien und biomechanischer Kontrolle

Ursprünglich wurden Aligner aus starren Kunststoffen wie PET gefertigt, die zwar funktional waren, aber nicht die notwendige Flexibilität und den gewünschten Komfort für die Patienten boten. Im Laufe der Zeit wurden Polyurethan-Copolymere eingeführt, die eine höhere Elastizität und



Rückstellkraft bieten. Dadurch konnten gleichmäßigere und sanftere Kräfte auf die Zähne wirken, was eine präzisere Zahnbewegung ermöglichte. Seit 2010 hat die Einführung photopolymerisierbarer Materialien die Individualisierung weiter verbessert und eine noch höhere Druckgenauigkeit im 3D-Druck erreicht, sodass physische Abformungen überflüssig wurden. Diese Materialien sind zudem widerstandsfähiger gegen Abnutzung und bieten somit eine längere Haltbarkeit.

Heute werden Aligner aus hochfesten Materialien hergestellt, die Elastizität, Biokompatibilität und verbesserte Transparenz vereinen. Dies steigert sowohl die Wirksamkeit der Behandlung als auch den Tragekomfort für die Patienten. Diese technologischen Fortschritte ermöglichen schnellere und individuellere Be-

AD



handlungen mit weniger Besuchen beim Kieferorthopäden.⁴

Das digitale Zeitalter: Künstliche Intelligenz und Fernbehandlung

Die Integration künstlicher Intelligenz (KI) in die Aligner-Therapie hat die moderne Kieferorthopädie grundlegend verändert. KI hat die Zahl der notwendigen Präsenztermine reduziert, da Kieferorthopäden den Behandlungsfortschritt nun aus der Ferne überwachen können. Sie sind in der Lage, den Fortschritt ihrer Patienten nachzuverfolgen, virtuelle Anpassungen vorzunehmen und Probleme frühzeitig zu erkennen – und das, ohne dass Patienten häufig in die Praxis kommen müssen.

Zudem ermöglicht die Fernbehandlung Kieferorthopäden, mehrere Fälle ortsunabhängig zu betreuen, wodurch sie ihre Zeit effizienter nutzen und persönliche Termine mini-

mieren können. Dies ist besonders vorteilhaft für Patienten mit vollen Terminkalendern oder jene, die weit von der Praxis entfernt wohnen, da sie ihre Behandlung bequem von zu Hause aus verfolgen können.

Die Clear-Aligner-Technologie hat die Kieferorthopädie nachhaltig verändert, indem sie Präzision und Tragekomfort erheblich verbessert hat. Fortschritte in der Digitalisierung – insbesondere CAD/CAM-Technologien und 3D-Druck – haben die Herstellung individueller Aligner beschleunigt und den Bedarf an physischen Abdrücken reduziert. Parallel dazu haben sich die Materialien weiterentwickelt und bieten heute eine höhere Elastizität und Festigkeit.

Darüber hinaus hat die Integration künstlicher Intelligenz die Möglichkeit der Fernüberwachung geschaffen, was die Behandlungszeit optimiert und persönliche Besuche reduziert. Diese Innovationen haben die kieferorthopädische Behandlung sowohl für Patienten als auch für Kieferorthopäden zugänglicher und komfortabler gemacht – und gleichzeitig die Qualität der Behandlung sowie das Gesamterlebnis verbessert. ◀

■ *The technology of clear aligners has revolutionised modern orthodontics, offering an aesthetic and comfortable alternative to fixed appliances. Since its introduction in 1999, advancements in materials, digitalisation and simulation have made this technique more precise, accessible and effective. Furthermore, the evolution of aligners has helped reduce the number of in-person appointments required for treatment and encouraged the integration of remote work into orthodontic practice.*

The history of aligners began in 1945 with the dental positioner created by Herald Dean Kesling. This removable device introduced the idea of achieving precise and controlled tooth movement and could be used by patients comfortably at home. In 1971, Robert John Ponitz developed transparent retainers. In 1993, John Sheridan introduced new concepts for aligner treatment, as did other leaders in this field. However, the significant breakthrough came in 1999 with the creation of Invisalign, developed by Align Technology in the US, revolutionising orthodontics with its technology and design. By 2001, Invisalign expanded

into Europe and experienced exponential growth.^{1,2} Today, there are many high-quality aligner brands, such as Angel Aligner, Spark and ClearCorrect.

Advancements in digitalisation and personalisation

In the 2000s, advancements in digitalisation, such as the use of CAD/CAM, allowed orthodontists to replace physical impression taking with intraoral scanning, improving the precision and speed of producing custom aligners. The introduction of 3D printing further accelerated this process, reducing production time and the need for in-person appointments. In 2020, the South Korean company Graphy developed photopolymer resins like TC-85DAC that allow aligners to be printed directly, eliminating the need for dental models and improving treatment efficiency and personalisation.³

Improvements in materials and biomechanical control

Initially, aligners were made from rigid plastics like PET, which, although functional, did not offer the necessary flexibility and comfort for patients. Over time, polyurethane co-polymers were adopted, providing greater elasticity and resilience and therefore allowing for more consistent and gentle forces to move teeth more precisely. Since 2010, the introduction of photopolymerisable materials allowed for even more precise personalisation and improved accuracy in 3D printing, eliminating the need for dental moulds. These materials were more resistant to wear and thus offered greater durability.

Today, aligners are made from high-strength materials that combine elasticity, biocompatibility and greater transparency, improving both the effectiveness of treatment and the patient experience. These advancements have allowed for faster, more personalised treatments in fewer visits to the orthodontist.⁴

The advanced digital era: Artificial intelligence and remote work

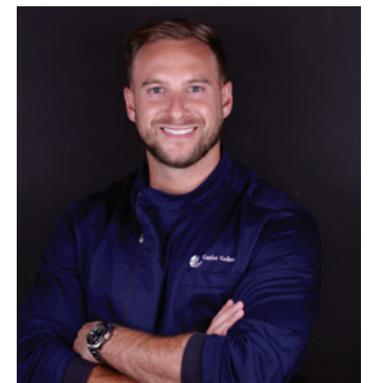
The incorporation of artificial intelligence (AI), especially in aligner therapy, has been a significant change in modern orthodontics. AI has reduced the number of physical appointments by allowing orthodontists to monitor treatment progress remotely. Orthodontists can track patients' progress, make virtual adjustments and detect issues early, all without the need for frequent visits to the clinic. Additionally, teledentistry has allowed orthodontists to manage multiple cases remotely, optimising their time and reducing in-person visits. This approach has been especially helpful for patients with busy schedules or those living far from the clinic because they can follow their treatment from the comfort of their own homes.

The technology of aligners has transformed orthodontics, enhancing the precision and comfort of treatments. Advances in digitalisation, such as CAD/

CAM technologies, including 3D printing, have allowed for faster and more accurate production of custom aligners, reducing the need for physical moulds. Materials have evolved to offer greater elasticity and strength. Moreover, the integration of AI has enabled remote monitoring, optimising treatment time and reducing in-person visits. These advancements have made orthodontic treatment more accessible and convenient for both patients and orthodontists, as well as improved treatment quality and the overall experience. ◀

References

- Phan X, Ling PH. Clinical limitations of Invisalign. *J Can Dent Assoc.* 2007 Apr;73(3):263–6.
- Lombard Dental Studio. Evolution of clear aligners: from 1945 Kesling's tooth positioner to AI-driven aligners. Thousand Oaks, CA: Lombard Dental Studio; c2025 [cited 2025 Mar 5]. Available from: <https://thousandoaksdentalstudio.com/clear-aligners-evolution/>.
- Panayi N, Cha J-Y, Kim KB. 3D printed aligners: material science, workflow and clinical applications. *Semin Orthod.* 2023 Mar;29(1):25–33. doi: 10.1053/j.sodo.2022.12.007.
- Bichu YM, Alwafi A, Liu X, Andrews J, Ludwig B, Bichu AY, Zou B. Advances in orthodontic clear aligner materials. *Bioact Mater.* 2022 Oct 20; 22:384–403. doi: 10.1016/j.bioactmat.2022.10.006.



Dr Carlos Colino

Dr. Carlos Colino besitzt einen Masterabschluss in dentofazialer Orthopädie und klinischer Kieferorthopädie von der Katholischen Universität Murcia in Spanien. Er führt eine eigene Praxis in Málaga in Spanien. Im Jahr 2023 gewann er den ersten Preis für den besten klinischen Fall auf dem VIII Congreso Internacional de Alineadores. Zudem ist er Mitautor des Buches *MTO: Minimum Time Orthodontics* (ASIS, 2024). Dr. Colino ist der Gründer von Focus on Aligners, einer umfassenden Plattform für Fortbildung und Behandlungsplanung mit Alignern.

Dr Carlos Colino holds a master's degree in dentofacial orthopaedics and clinical orthodontics from the Catholic University of Murcia in Spain. He runs his own practice in Málaga in Spain. He won first prize for best clinical case at the VIII Congreso Internacional de Alineadores in 2023 and is co-author of MTO: Minimum Time Orthodontics (ASIS, 2024). Dr. Colino is the founder of Focus on Aligners, a comprehensive platform for education and aligner treatment planning.