

Die Zukunft des 3D-Drucks mit künstlicher Intelligenz

Revolutionising 3D printing with artificial intelligence

Dr. George Freedman über KI-gestützten 3D-Druck für optimierte Arbeitsabläufe.
Dr George Freedman on AI-driven 3D printing for streamlined workflows.

Der 3D-Druck, auch als additive Fertigung (AM) bekannt, revolutioniert zahlreiche Branchen, darunter die Zahnmedizin, Biomedizin, Luft- und Raumfahrt, Bau- und Automobilindustrie. Diese leistungsstarke Technologie ahmt natürliche additive Schichtbildungsprozesse nach, wie sie in der Natur zu beobachten

Die erfolgreiche Verbindung von KI und AM erfordert jedoch ein tiefgehendes Verständnis der KI-Parameter sowie der spezifischen Zielsetzungen des Fertigungsprozesses. Wird diese Kombination effektiv genutzt, entsteht eine starke Synergie, die Innovationen vorantreibt, die Effizienz steigert und weitreichende

Produktionsprozesse. Sie unterstützt sowohl die Produktions- als auch die Nachbearbeitungsplanung, wodurch die Gesamtleistung und der Ertrag gesteigert werden.

Durch intelligente Automatisierung macht KI den additiven Fertigungsprozess präziser, wirtschaftlicher und skalierbarer. Ihre Fähigkeit, Vorhersagen zu treffen, sich anzupassen und Prozesse zu optimieren, führt zu hochwertigen Ergebnissen und effizienteren Fertigungsabläufen – mit Vorteilen für zahlreiche Branchen.

„Die Integration von künstlicher Intelligenz in die additive Fertigung erweitert deren Potenzial erheblich.“ *“The integration of artificial intelligence into additive manufacturing further amplifies its potential.”*

sind, etwa beim Pflanzenwachstum oder bei biologischen Reparaturmechanismen. AM ermöglicht die Herstellung hochkomplexer, präziser Komponenten bei reduziertem Materialverbrauch und gesteigerter Effizienz.

Die Integration von künstlicher Intelligenz (KI) in die additive Fertigung erweitert deren Potenzial erheblich, indem sie Design, Simulation und die Steuerung in Echtzeit optimiert. KI-gestützte Automatisierung verbessert das Prozessmanagement, ermöglicht die Erkennung von Anomalien und prädiktive Wartung, wodurch eine gleichbleibende Qualität und funktionale Zuverlässigkeit gewährleistet werden. Zudem steigert KI die Möglichkeiten der Individualisierung und erlaubt patientenspezifische Lösungen sowie hochkomplexe technische Konstruktionen.

Veränderungen in der Branche bewirkt.

KI optimiert das Produktdesign, indem sie die Komplexität reduziert, die Materialeffizienz verbessert und die Produktion beschleunigt. Eine frühzeitige KI-Integration sorgt für optimierte Leistung und bessere Ergebnisse. Während herkömmliche Qualitätskontrollen im 3D-Druck auf eine nachträgliche Inspektion setzen, nutzt KI vorausschauende Analysen, um Probleme bereits vor Beginn der Fertigung zu identifizieren und zu beheben. Dadurch werden Materialverschwendung und Ineffizienzen minimiert.

Darüber hinaus steigert KI die Effizienz von Arbeitsabläufen, indem sie Daten vorab analysiert, Engpässe erkennt und Abläufe optimiert. Durch Echtzeit-Einblicke verbessert KI die Entscheidungsfindung und sorgt für reibungslosere Produk-

Die wirtschaftlichen Aspekte der Integration von 3D-Druck und KI

Die meisten Zahnärzte weltweit sind als niedergelassene Fachkräfte tätig und führen kleine Unternehmen, die besonders empfindlich auf Betriebskosten, Patientengebühren und Marktschwankungen reagieren. Wenn eine innovative Technologie vergleichbare oder bessere Behandlungsergebnisse zu geringeren Kosten ermöglicht, wird sie besonders attraktiv – insbesondere, wenn die Anfangsinvestitionen sowie der Aufwand und die Zeit für die Einarbeitung minimal sind. In der Vergangenheit haben Zahnärzte schnell Neuerungen wie Lokalanästhetika für Mehrfachbehandlungen in einer Sitzung, Hochgeschwindigkeitshandstücke für mehr Effizienz, Keramiken für verbesserte Funktion und Ästhetik sowie alternative Metalllegierungen als Reaktion auf steigende Goldpreise angenommen.

Der 3D-Druck markiert einen tiefgreifenden Wandel in der Zahnmedizin, da er sich nahtlos in die fortschreitende Digitalisierung und Automatisierung des Fachgebiets integriert. AM ermöglicht die Herstellung hochwertiger, individueller zahnmedizinischer Restaurationen



„Der 3D-Druck markiert einen tiefgreifenden Wandel in der Zahnmedizin.“ *“3D printing introduces a transformative shift in dental practice.”*



zu deutlich niedrigeren Kosten, steigert die Präzision und optimiert Prozesse. Zahnärzte stehen somit vor einer entscheidenden Wahl: Die aktuellen Preise beibehalten, um die Rentabilität zu erhöhen, oder die Behandlungskosten senken, um mehr Patienten anzuziehen und letztlich den Umsatz zu steigern.

3D-Druck und KI für nachhaltige, optimierte Arbeitsabläufe

Neben den wirtschaftlichen Vorteilen verbessern 3D-Drucktechnologien die Zugänglichkeit und Individualisierung von Behandlungen, was sowohl die Patientenzufriedenheit als auch die klinischen Ergebnisse steigert. Digitale Arbeitsabläufe reduzieren Materialverschwendung und Durchlaufzeiten und steigern so die Effizienz. Die Möglichkeit, Restaurationen, Aligner und chirurgische Schablonen in der Praxis herzu-

stellen, verringert die Abhängigkeit von externen Laboren und gibt Zahnärzten eine größere Kontrolle über Qualität und Lieferzeiten.

Obwohl sich der zahnmedizinische 3D-Druck bislang hauptsächlich auf zahntechnische Produkte und restaurative Anwendungen konzentrierte, gehen die möglichen Einsatzbereiche weit darüber hinaus. AM unterstützt zahlreiche dentale Werkstoffe, darunter Harze und Verbundharze, die bereits etabliert sind. Keramiken und Metalle, die technisch anspruchsvoller sind, gewinnen zunehmend an klinischer Bedeutung. Die Verwendung von metallverstärkten Polymeren ermöglicht hochpräzise Fertigungen mit verbesserter Haltbarkeit und Biokompatibilität für Implantate, Prothesen und andere belastungsintensive Anwendungen. Die komplexen Prozesse, die hierfür erforderlich sind, fallen in den Kompetenzbereich

der KI. Ein weiteres vielversprechendes Feld ist das Bioprinting mit Biomaterialien wie Hydrogelen und Biotinten für Gewebegerüste und medizinische Produkte.

Da AM ein relativ neues Feld ist, spielt die Qualitätssicherung eine zentrale Rolle, da es an langfristigen klinischen Daten mangelt. KI-gestützte Bildverarbeitung automatisiert die Fehlererkennung und verbessert die Qualitätskontrolle während des Drucks. Durch verstärktes maschinelles Lernen werden Arbeitsabläufe dynamisch angepasst, um Effizienz und Genauigkeit zu steigern. Zudem analysiert KI Daten und macht Verbesserungsvorschläge vor oder während der Produktion, um Materialverschwendung zu reduzieren. Die Optimierung von Gitterstrukturen sowie die numerische Strukturanalyse zur Bewertung der Materialeigenschaften tragen dazu bei, die strukturelle Integrität von Restaurationen vorherzusagen und klinische Misserfolge zu minimieren.

Ein Blick in die Zukunft

Die Weiterentwicklung von AM-Technologien und -Materialien wird durch KI-gestützte Innovationen und prädiktive Analysen vorangetrieben. Gleichzeitig entwickelt sich KI parallel zur AM weiter, um deren volles Potenzial auszuschöpfen und die Produktionsprozesse im Gesundheitswesen nachhaltig zu verändern. Offene und kontinuierliche Kommunikation zwischen Zahnärzten, Labortechnikern, Entwicklern, Industriepartnern und Medienexperten ist entscheidend, um Innovationen in der dentalen AM und KI voranzutreiben.

Am Mittwoch um 17:00 Uhr wird die International Academy for Dental 3D Printing in der Media-lounge von Dental Tribune International und OEMUS MEDIA in Halle 4.1 gemeinsam mit Mitgliedern der Dental AI Association ein Treffen abhalten, um diesen Dialog zu fördern. ◀

■ 3D printing, commonly referred to as additive manufacturing (AM), is transforming many industries, including dental, biomedical, aerospace, construction and automotive manufacturing. This powerful technology mimics natural additive layering processes seen in nature, such as botanical growth and biological repair mechanisms. AM enables the production of intricate, high-precision components with reduced material waste and enhanced efficiency.

The integration of artificial intelligence (AI) into AM further amplifies its potential by optimising design, simulation and real-time operational control. AI-driven automation allows for improved process management, anomaly detection and predictive maintenance, ensuring consistent quality and functional reliability. Additionally, AI enhances customisation, allowing for tailored solutions in patient-specific medical applications and complex engineering designs.

However, successfully merging AI with AM requires a thorough understanding of the parameters of AI and the specific objectives of the AM process. When effectively combined, these technologies create a powerful synergy that drives innovation, effi-

ciency and industry-wide transformation.

AI optimises product design by reducing complexity, improving material efficiency and accelerating production. Early integration of AI enhances performance optimisation, ensuring better outcomes. Unlike traditional 3D-printing quality control, which relies on post-production inspection, AI employs predictive analysis to detect and resolve issues before manufacturing begins, minimising waste and inefficiencies.

AI also enhances workflow efficiency by pre-analysing data, identifying potential bottlenecks and streamlining operations. By providing real-time insights, AI improves decision-making

the initial investment and the effort and time required to learn to use the new technology are minimal. Historically, dental professionals have rapidly adopted advancements such as local anaesthetics for single-appointment multi-tooth treatments, high-speed handpieces for enhanced efficiency, ceramics for superior function and aesthetics, and alternative metal alloys to mitigate rising gold costs.

3D printing introduces a transformative shift in dental practice, seamlessly aligning with the ongoing digitisation and automation of the field. AM enables the production of high-quality, customised dental solutions at significantly lower costs, streamlining processes while enhanc-

expand their services and optimise patient care in an increasingly technology-driven healthcare landscape.

While the dental profession has primarily focused on the 3D printing of laboratory products and, more recently, dental restorations, the potential applications extend far beyond these initial uses.

AM supports a wide variety of dental substrate materials, including resins and resin composites, which are already well established. Ceramics and metals, though more complex, are beginning to make a significant clinical impact. The use of polymer-metal blends allows for high-precision manufacturing, improved longevity and biocompatibility for implants, artificial joints and other high-stress applications. The complex processes required for these applications fall well within the scope of AI. The emerging field of biomaterials, which includes hydrogels and bioinks for bioprinting tissue scaffolds and medical products, is an area where AM and AI must work in tandem.

Since AM is a relatively new field, quality assurance is critical in the absence of long-term clinical data. AI-powered computer vision automates defect detection and enhances quality control during printing. Reinforcement learning refines multifaceted workflows by dynamically adjusting parameters to enhance efficiency and accuracy. AI also minimises production time and material waste by analysing data and recommending refinements before or during the process. Topology optimisation refines lattice structures and orientation for strength and weight efficiency, and finite element analysis assesses material properties and structural integrity, accurately predicting the success and longevity of the restoration, thereby reducing the likelihood of clinical failure.

Looking to the future

Continued advancement in AM technology and materials will be driven by AI innovations and predictive assessments. At the same time, AI will evolve alongside AM to maximise its potential in revolutionising production processes for patient care.

To ensure successful integration, open and ongoing communication is crucial among dentists, laboratory technicians, software and hardware developers, industry partners and media professionals. Keeping all stakeholders informed fosters collaboration and drives innovation in dental AM and AI applications. On Wednesday at 17:00, the International

Academy for Dental 3D Printing will be holding a meeting at the Media Lounge of Dental Tribune International and OEMUS MEDIA in Hall 4.1, together with members of the Dental AI Association to further this dialogue. ◀



Dr George Freedman

Dr. George Freedman ist Absolvent der McGill University in Montreal in Kanada und führt eine Privatpraxis für ästhetische Zahnmedizin in Toronto in Kanada. Er ist außerordentlicher Professor für Zahnmedizin an der Western University of Health Sciences in Pomona in Kalifornien (USA) und Gastprofessor und Leiter des MCLinDent-Programms für restaurative und kosmetische Zahnmedizin an der BPP University in London. Er ist Autor oder Mitautor von 14 Lehrbüchern, einschließlich *Contemporary Esthetic Dentistry* (Elsevier, 2012), sowie von mehr als 800 zahnmedizinischen Artikeln und zahlreichen Vorträgen.

Dr George Freedman is a graduate of McGill University in Montreal in Canada and maintains a private practice limited to aesthetic dentistry in Toronto in Canada. He is adjunct professor of dental medicine at Western University of Health Sciences in Pomona in California in the US and a visiting professor and director of the MCLinDent programme in restorative and cosmetic dentistry at BPP University in London in the UK. He is the author or co-author of 14 textbooks, including *Contemporary Esthetic Dentistry* (Elsevier, 2012), and of more than 800 dental articles and numerous lectures.

„Da die additive Fertigung ein relativ neues Feld ist, spielt die Qualitätssicherung eine zentrale Rolle, da es an langfristigen klinischen Daten mangelt.“ *“Since additive manufacturing is a relatively new field, quality assurance is critical in the absence of long-term clinical data.”*



and ensures smoother production processes. Additionally, AI can manage both production and post-production planning, maximising efficiency and increasing overall yield.

Through intelligent automation, AI transforms AM, making it more precise, cost-effective and scalable. Its ability to predict, adapt and optimise contributes to higher-quality outputs and more efficient manufacturing workflows, benefiting various industries.

The financial aspects of integrating 3D printing and AI

The majority of dentists worldwide operate as private practitioners, running small businesses that are highly sensitive to operating costs, patient fee acceptance and market fluctuations. When an innovative procedure offers comparable or improved patient outcomes at a lower cost, it becomes highly attractive, especially if

ing precision. This shift presents practitioners with a compelling choice: maintain current prices to increase profitability or lower treatment costs to attract more patients, ultimately boosting revenue.

3D printing and AI for sustainable, streamlined workflows

Beyond financial advantages, 3D printing enhances treatment accessibility and customisation, improving patient satisfaction and clinical outcomes. Digital workflows reduce material waste and turnaround times, making procedures more efficient. The ability to produce in-house restorations, aligners and surgical guides reduces reliance on third-party laboratories, giving dentists greater control over quality and delivery times. As the dental industry embraces 3D printing, practitioners can leverage these benefits to remain competitive,

AD

Magazine Subscription

For free digital editions, use QR code and online registration

For print subscriptions, contact info@dental-tribune.com
*Fees apply

