

**DIAGNOSTIK //** Die computerunterstützte Diagnostik (CAD) hat sich dank digitaler medizinischer Datenbanken in den letzten zwei Jahrzehnten signifikant verbreitet. Gründe hierfür sind u. a. die zunehmende Leistungsfähigkeit der Computer-Hardware und die damit verbundene Entwicklung künstlicher Intelligenz. Diese wird z.B. bei der Detektion von Brust- und Darmkarzinomen, bei der Klassifizierung von Lungenerkrankungen und der Lokalisation von Hirnläsionen genutzt.<sup>1,2</sup> Die Automatisierung der Bildbearbeitung und -interpretation in der radiologischen Zahn-, Mund- und Kieferheilkunde (ZMK), essenziell bei Diagnostik und Therapieplanung, wurde mehr und mehr zum Objekt intensiver Forschungen.

## KÜNSTLICHE INTELLIGENZ IN DER 2D-DIAGNOSTIK DER ZAHN-, MUND UND KIEFERHEILKUNDE

Dr. Jörg Mudrak/Ludwigsau

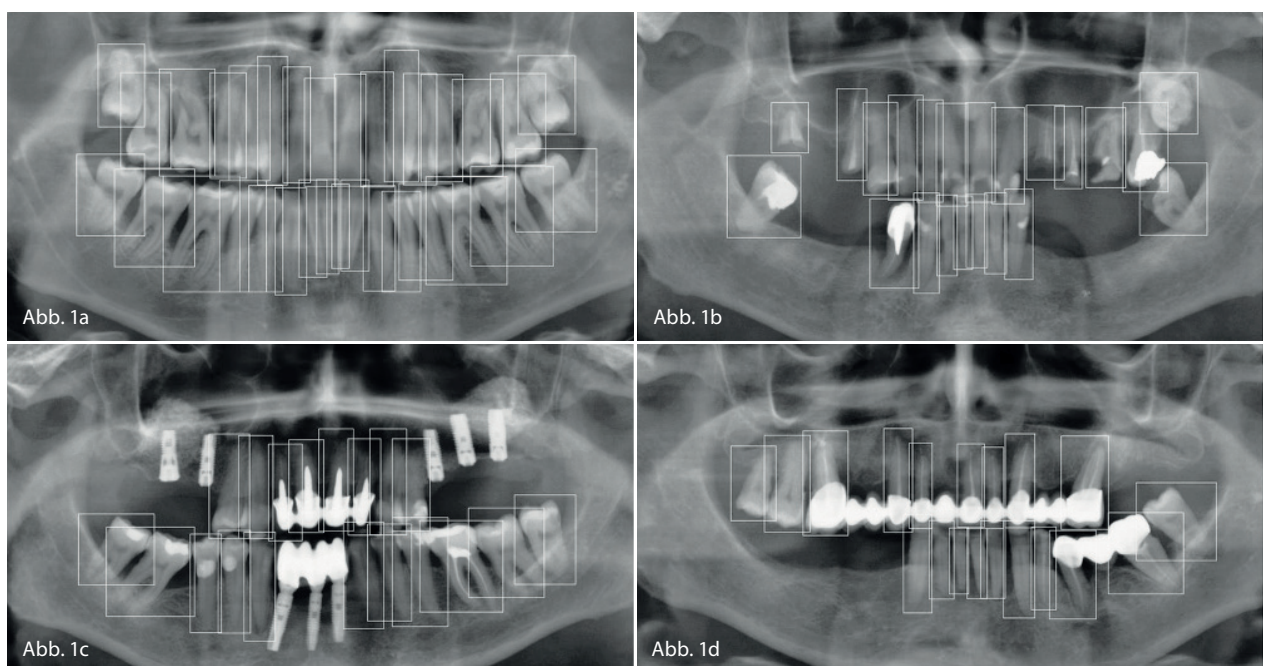
In der Praxis können automatisierte Abläufe die Diagnostik unterstützen und wertvolle Zeit einsparen, die z.B. für die Beratung von Patienten genutzt werden

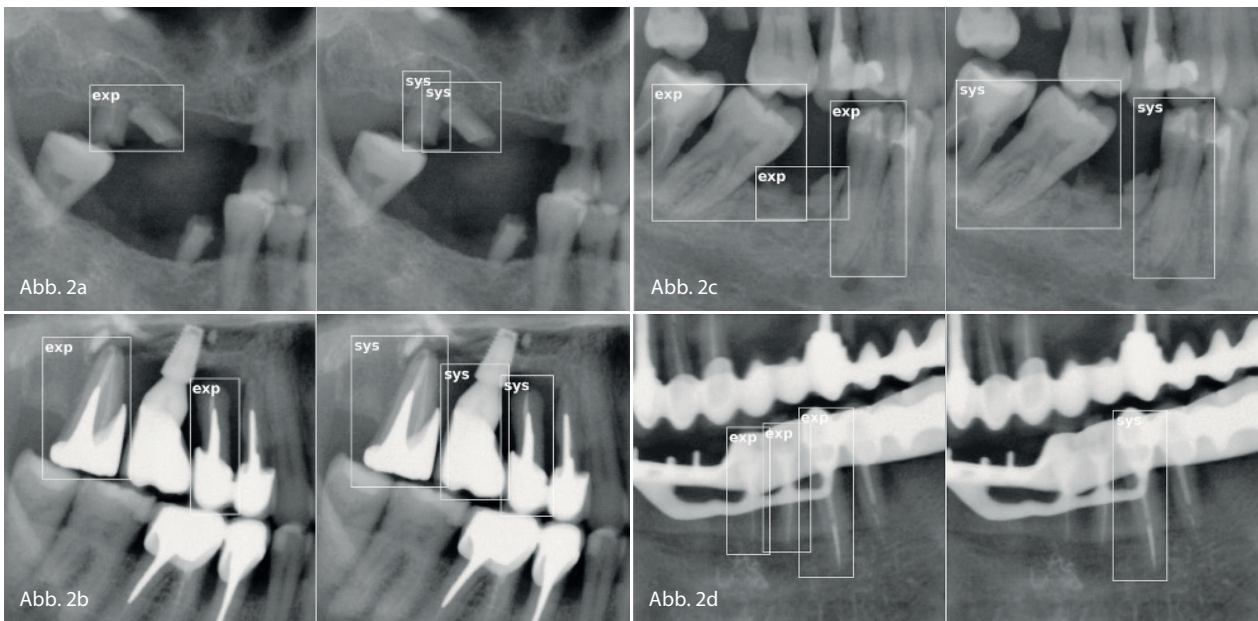
kann. Ein Einsatzgebiet der Anwendung künstlicher Intelligenz (KI) ist die Detektion und Benennung von Zähnen in einer Panoramaschichtaufnahme, da diese zumeist

die Grundlage einer detaillierten Behandlungsplanung in der täglichen Praxis ist.

Denti.AI hat ein Programm entwickelt, das die ACTEON® Group demnächst in

**Abb. 1a:** Alle 32 Zähne wurden detektiert. **Abb. 1b:** Zerstörte und impaktierte Zähne wurden differenziert. **Abb. 1c:** Implantate wurden exkludiert, Restaurationen detektiert. **Abb. 1d:** Brückenglieder wurden exkludiert.





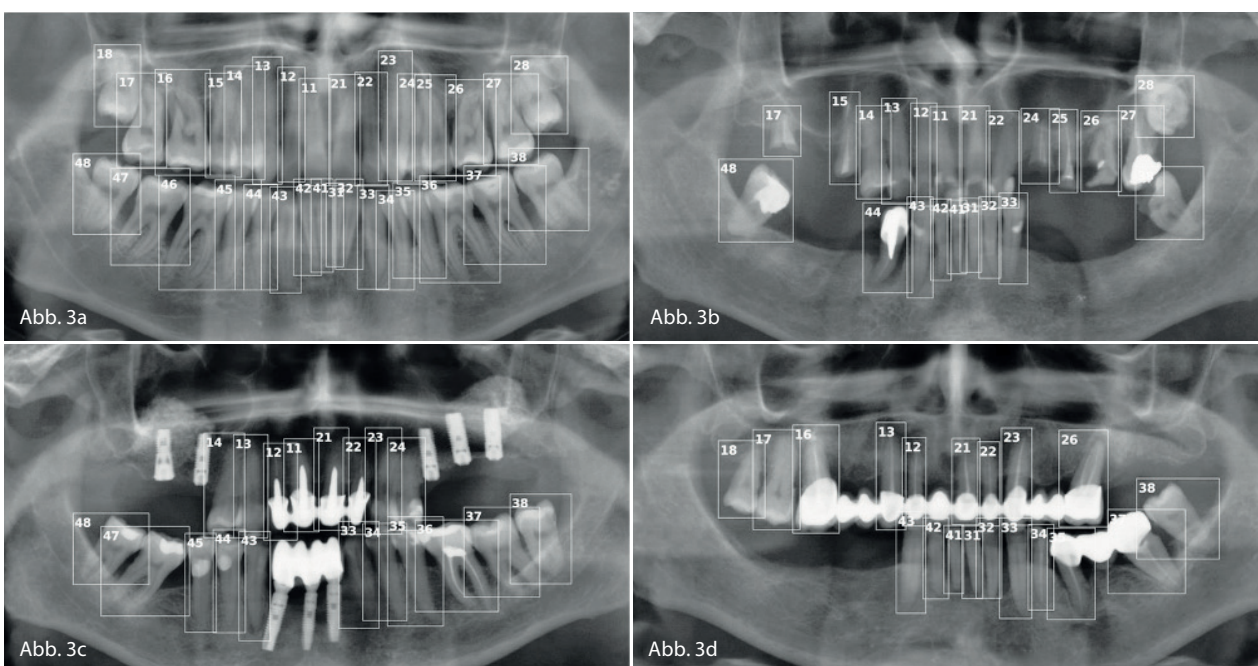
**Abb. 2a–d:** Programminduzierte Fehler bei der Detektion (rechte Abbildungen) im Vergleich zu der Detektion durch Radiologen (linke Abbildungen). **Abb. 2a:** Falsch positiv, Wurzelreste falsch zugeordnet. **Abb. 2b:** Ein Implantat wurde als Zahn klassifiziert. **Abb. 2c:** Ein Wurzelrest wurde nicht erkannt. **Abb. 2d:** Durch Überlagerung der Prothese konnte ein Zahn nicht detektiert werden.

seine Bildbearbeitungssoftware AIS implementieren wird: Zur Detektion und Benennung der Zähne in einer Panoramaschichtaufnahme wurden hierbei soge-

nannte konvulsive neuronale Netzwerke (KNN) entwickelt. Diese entstanden in der ZMK zwar seit 2012 bereits für diverse Anwendungen<sup>3,4</sup>, wie z.B. für die Detektion

kephalometrischer Punkte<sup>5,6</sup>, für die Segmentierung von Zahnstrukturen<sup>7</sup> und die Klassifizierung von Zähnen<sup>8</sup> in Bissflügelaufnahmen, jedoch noch nicht für die

**Abb. 3a:** Alle 32 Zähne wurden korrekt klassifiziert. **Abb. 3b–d:** Tief zerstörte Zähne, dentale Restaurationen und fehlende Zähne wurden korrekt klassifiziert.



Detektion und Benennung von Zähnen in einer Panoramaschichtaufnahme.

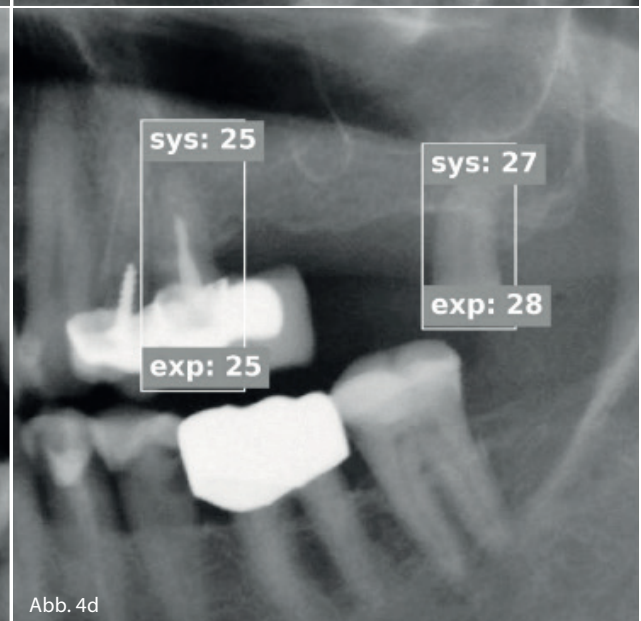
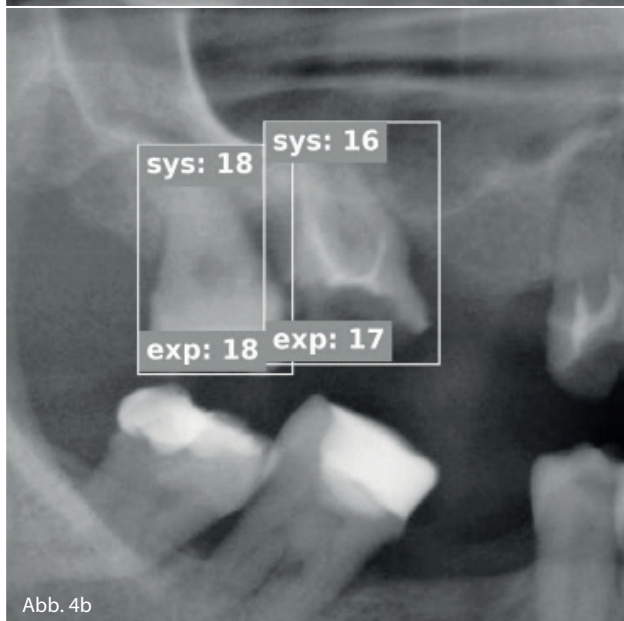
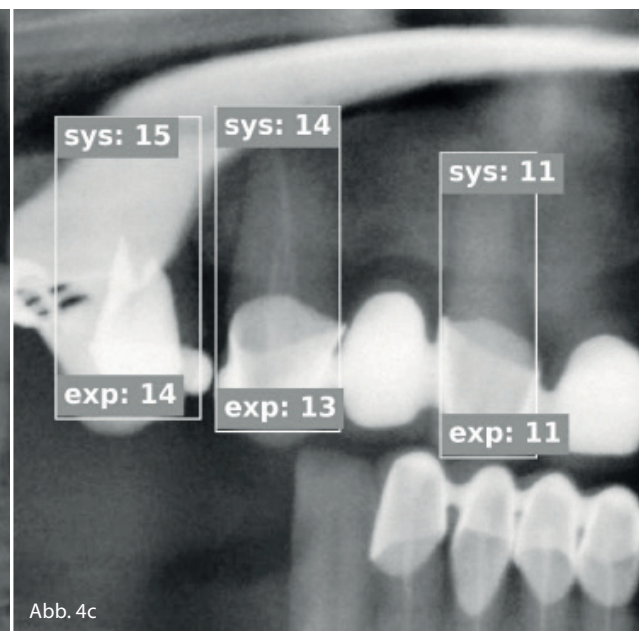
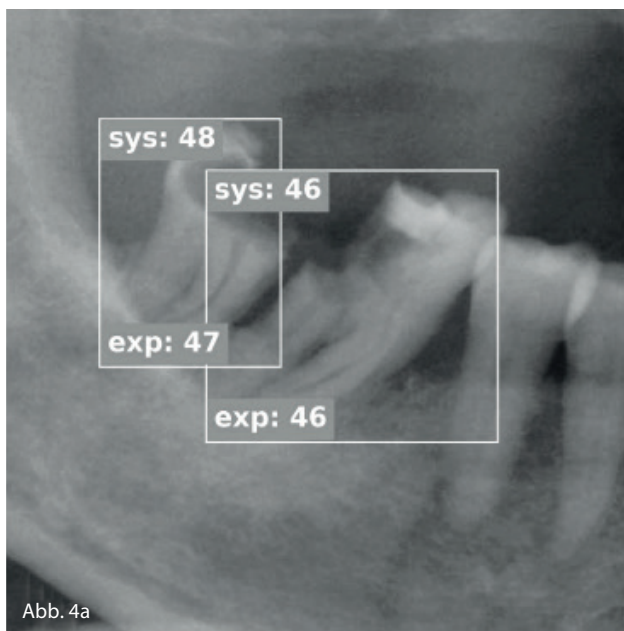
## Detektion und Benennung von Zähnen in einer Panoramaschichtaufnahme

Die Lösung dieser Fragestellung basiert auf der Anwendung sogenannter „Deep Learning Techniques“ – sozusagen lern-

fähiger Algorithmen der künstlichen Intelligenz, die einem Programm erlauben, automatisch Daten zu extrahieren und durch den gewonnenen Input wiederum Daten zur weiteren Interpretation neuer, unbekannter Daten zu generieren. Der entscheidende Punkt bei „Deep Learning“-Methoden ist, dass sie von sogenannten Rohdaten – also unbearbeiteten Daten – „lernen“, ohne menschliche Mitwirkung.<sup>4</sup>

Um die Sensitivität und metrische Genauigkeit des Programms zu testen, wurde ein Pilotprojekt mit 1.352 Panoramaschichtaufnahmen zur „Schulung“ der Detektion und Benennung von Zähnen und ein weiteres mit 222 Aufnahmen zum Testen der Software gestartet.<sup>9</sup> Jede Aufnahme wurde von einem erfahrenen dentalen Radiologen und der Software evaluiert und die Resultate wurden verglichen: Bei der Detektion der Zähne erreichte die

**Abb. 4 a–d:** Programminduzierte Fehler bei der Benennung der Zähne (SYS) im Vergleich zu der Benennung durch Radiologen (EXP). **Abb. 4a:** Der tief zerstörte Zahn 47 wurde falsch klassifiziert. **Abb. 4b:** Der tief zerstörte Zahn 17 wurde falsch benannt. **Abb. 4c:** Durch eine Versorgung überlagerte Zähne wurden falsch benannt. **Abb. 4d:** Durch fehlende Information (fehlender Nachbarzahn) verursachte Fehlbenennung.



Software eine Sensitivität von 99,41 % und eine metrische Genauigkeit von 99,45 %. Die Radiologen erreichten eine Sensitivität von 99,80 % und eine metrische Genauigkeit von 99,98 % (Abb. 1a–d).

Die Übereinstimmung des verwendeten Programms im Vergleich zu den Radiologen ist sehr hoch; bei beiden sind jedoch auch Fehler bei der Detektion aufgetreten, welche z. T. mit dem physikalisch-technischen Charakter einer Panoramaschichtaufnahme begründet sein können (Abb. 2a–d).

Bei der Benennung und Nummerierung der Zähne erreichte die Software eine Sensitivität von 98,00 % und eine metrische Genauigkeit von 99,94 %, die Radiologen eine Sensitivität von 98,93 % und eine metrische Genauigkeit von 99,97 % (Abb. 3a–d). Die aufgetretenen Fehler liegen, sowohl bei der Analyse der Software als auch bei den Radiologen, in dem Aufnahmeverfahren – hier sind Überlegungen hinsichtlich der Verwendung des orthogonalen Aufnahmeprogramms anzustellen, welche u. a. die Überlappung von Zähnen reduziert (Abb. 4).

## Diskussion und Schlussfolgerungen

Die auszugsweise dargestellte Studie zeigt, dass KNN-basierte Systeme auf die Detektion und Benennung von Zähnen in einer komplexen Aufnahme, wie einer Panoramaschichtaufnahme, trainiert und geschult werden können. Die Automatisierung dieser „Basisinformationen“ ist die Grundlage für weitere Forschungen hinsichtlich der Detektion von pathologischen Vorgängen wie z. B. Karies, apikale Läsionen, PAR etc.

Die hohe Übereinstimmung der Sensitivität und der metrischen Genauigkeit dieser retrospektiven Studie macht deutlich, dass der klinische Einsatz in der Praxis möglich, eine weitere Verbesserung der Software aber unbedingt erforderlich ist. Künstliche Intelligenz, „Deep Learning“-Methoden und KNNs sind als Unterstützung des Kliniklers anzusehen; dies ist das Ziel der Anwendung dieser Programme. Auf künstlicher Intelligenz beruhende Programme können jedoch nur so gut arbeiten, wie sie von erfahrener menschlicher Kompetenz geschult werden.

Eine repräsentative Umfrage des Meinungsforschungsinstituts Civey im Auftrag des Wissenschaftsjahres 2019 ergab, dass zwei Drittel der Deutschen den Einsatz künstlicher Intelligenz in der Medizin – beispielsweise im Bereich Diagnostik – befürworten. Befragt nach dem Vertrauen in KI-gestützte Diagnosen, zeichnet sich aber ein differenziertes Stimmungsbild ab: Insgesamt vertrauen 5,8 % einer auf KI gestützten ärztlichen Diagnose „eindeutig mehr“ und 17,3 % „eher mehr“; ein gutes Drittel vertraut ihr etwa in gleichem Maße wie dem Arzt. Und ebenso viele würden dem Arzt mehr vertrauen als der Diagnose mittels KI. Was die Bereitstellung anonymisierter Gesundheitsdaten für einen effektiven Einsatz künstlicher Intelligenz in der Medizin betrifft, zeigen sich die Deutschen zwiegespalten: So ist zwar eine Mehrheit von 57 % grundlegend dafür, Gesundheitsdaten anonymisiert bereitzustellen, wenn diese KI-Diagnosen verbessern. Doch über 30 Prozent teilen diese Bereitschaft nicht.<sup>10</sup>

## Ausblick

Auf dem Gebiet der Anwendung künstlicher Intelligenz in der ZMK wird ACTEON® mit der Implementierung eines Programms in die Bildbearbeitungssoftware AIS eine bedeutende, verantwortungsvolle Aufgabe übernehmen – und gleichzeitig dafür Sorge tragen, dass diese auch zugunsten einer detaillierten und fundierten Behandlungsplanung kompetent unterstützt und betreut wird.

## Literatur bei der Redaktion.

### DR. JÖRG MUDRAK

Am Stetenrain 8  
36251 Ludwigsau  
Tel.: 06621 7950946

### ACTEON® GERMANY GMBH

Klaus-Bungert-Straße 5  
40468 Düsseldorf  
Tel.: 0211 169800-0  
Fax: 0211 169800-48  
info.de@acteongroup.com  
www.acteongroup.com

**Natürlich ist es nur eine Maschine.**

**Die Mona Lisa ist ja auch nur ein Gemälde.**

**Die Z4.**



Kann eine Maschine für Same-Day-Dentistry ein Kunstwerk sein? Die Z4 ist definitiv eines. In ihrem futuristischen Gehäuse steckt eine extrem schnelle und hochpräzise Fräs- und Schleifmaschine mit den Genen der besten Labormaschinen.

Sie beeindruckt durch ihre intuitive Bedienung und gibt Zahnärzten völlige Freiheit in Bezug auf Indikationen, Materialien und den bevorzugten Intraoralscanner. Nicht zu vergessen das Z4-Design, welches jedem Betrachter ein Lächeln ins Gesicht zaubert.

Erfahren Sie mehr: [vhf.de/Z4](http://vhf.de/Z4)

**vhf**  
CREATING PERFECTION