

Bildgebende Verfahren **DICOM in der Zahnarztpraxis**

Information

Die Arbeit in einer Zahnarztpraxis ohne die Anwendung bildgebender Verfahren ist heute undenkbar. Insbesondere durch die Einführung der Digitalen Volumentomographie haben die digitalen Modalitäten für therapeutische Entscheidungen und auch deren Umsetzung - Stichwort „digitaler Workflow“ - noch einmal erheblich an Bedeutung gewonnen. Gleichwohl erfordern die Archivierung und Kommunikation dieser Daten ein Umdenken der Betreiber und stellt diese vor neue Herausforderungen. Eine wesentliche Grundlage des Betriebes bildgebender Modalitäten lässt sich heute und in Zukunft in einer Abkürzung zusammenfassen - DICOM. Der folgende Beitrag informiert über den DICOM-Standard und erläutert die Gründe für dessen Verwendung.

DICOM und der DICOM-Standard. In der medizinischen Bilddatenverarbeitung werden Bilder als Objekte betrachtet, bei denen sich definitionsgemäß um DICOM-Objekte handelt. Die Abkürzung DICOM steht dabei für „Digital Imaging and Communication in Medicine“. Folgende Inhalte werden im DICOM-Standard beschrieben:

- Kommunikation innerhalb von Netzwerken und Beschreibung von Protokollen, die von DICOM-konformen Systemen genutzt werden sollen;
- Syntax und Semantik bei Nutzung dieser Protokolle;
- Speicherformate für die Nutzung von Geräten zur Speicherung von mediengebundenen Daten;
- Konformitätserklärung von Geräten/Herstellern zu diesem Standard.

Das gesamte Standardwerk ist momentan in 21 Teildokumente („particular standard“ - PS) gegliedert und erstreckt sich über mehrere Tausend Seiten (Internet: <https://www.dicomstandard.org/current/>). Da die Lektüre dieser frei verfügbaren Dokumente für einen Betreiber eine Herausforderung darstellt, ist es ratsam, zunächst einmal ein DICOM-Objekt genauer zu betrachten.

DICOM und DICOMDIR-Datei. Ein DICOM-Objekt, z. B. eine Panoramaschichtaufnahme, besteht in Dateiform aus dem Dateikopf (Header, Metadaten) und dem Bilddatenbereich (Pixelcontainer) (Abb. 1). Im Header sind dabei alle wesentlichen Informationen über den Patienten wie Name, Geburtsdatum und Geschlecht sowie das bilderzeugende System wie etwa Name der Modalität, des Gerätes und des Herstellers in Form von Einträgen aufgelistet.

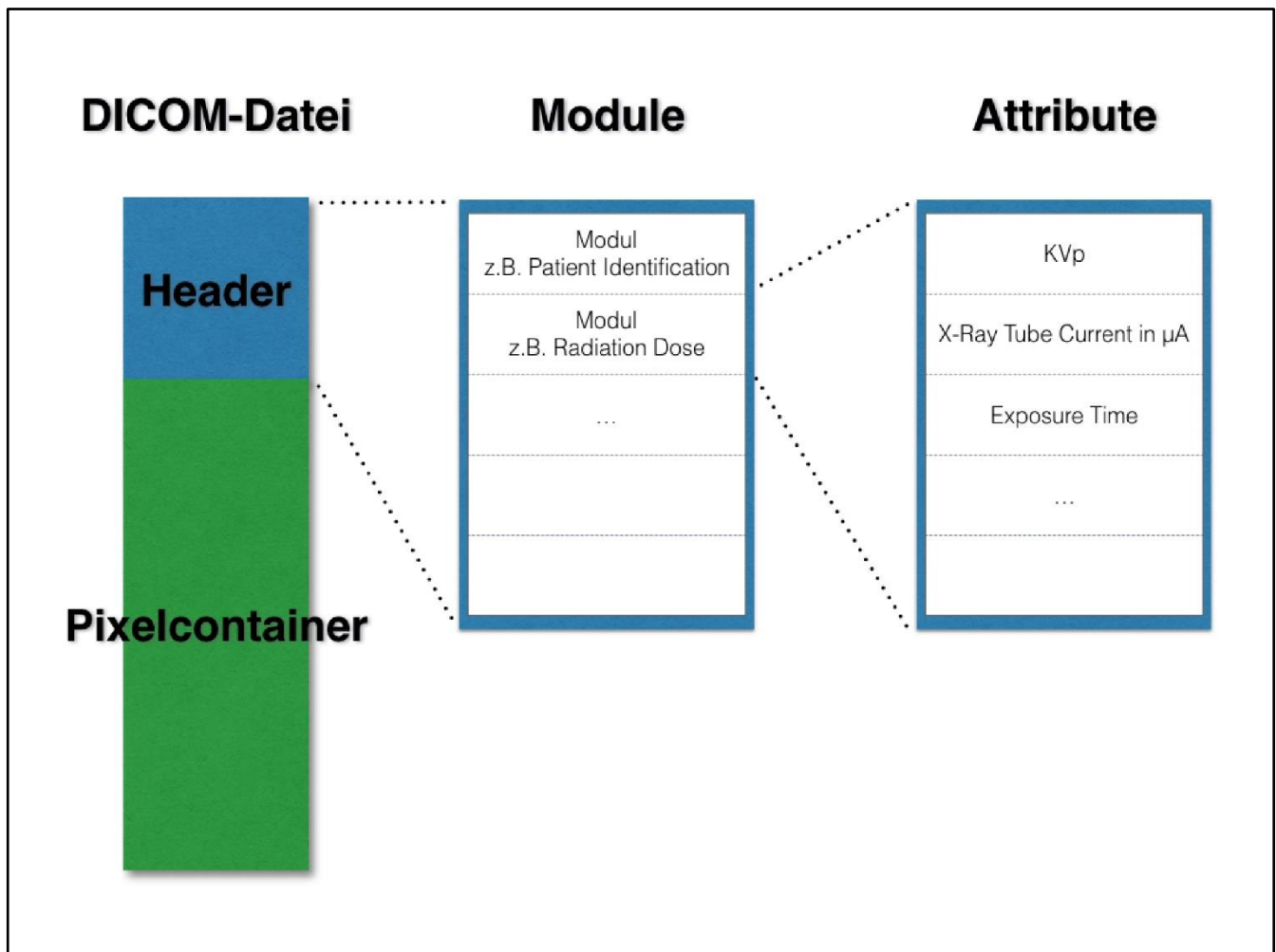


Abb. 1 Aufbau einer DICOM-Datei: Im Header befinden sich Module, die ihrerseits wiederum Attribute („tags“) enthalten

Unter Modalität wird im Übrigen eine Klasse bildgebender Systeme subsumiert, z. B. CT für Computertomographie-Geräte, PX für Panoramageräte oder IO für intraorale Aufnahmegaräte (Dentalstrahler)

Außerdem finden sich im Header Untersuchungsinformationen wie z. B. eine Studienbeschreibung, Datum und Uhrzeit der Untersuchung, die Expositionsparameter und Angaben zur Patientenpositionierung. Ferner enthält der Header Informationen zur räumlichen Auflösung, zur Graustufentiefe, und zur Fensterung (im weitesten Sinne Helligkeit und Kontrast), welche auch als Bildinformationen bezeichnet werden (Abb. 2).

Tag	Name	Action	Value
(0008,0005)	Specific Character Set	Keep	ISO_IR 100
(0008,0008)	Image Type	Keep	ORIGINAL\PRIMARY
(0008,0012)	Instance Creation Date	Keep	20190117
(0008,0013)	Instance Creation Time	Keep	104255
(0008,0014)	Instance Creator UID	Keep	1.2.392.200036.9133.3.1.133344
(0008,0016)	SOP Class UID	Keep	1.2.840.10008.5.1.4.1.1.2
(0008,0018)	SOP Instance UID	Keep	1.2.392.200036.9133.3.1.133344.5.20190117105108534
(0008,0020)	Study Date	Keep	20190117
(0008,0021)	Series Date	Keep	20190117
(0008,0022)	Acquisition Date	Keep	20190117
(0008,0023)	Content Date	Keep	20190117
(0008,0030)	Study Time	Keep	104255
(0008,0031)	Series Time	Keep	104255
(0008,0032)	Acquisition Time	Keep	104255
(0008,0033)	Content Time	Keep	104255
(0008,0050)	Accession Number	Keep	A028544
(0008,0060)	Modality	Keep	CT
(0008,0070)	Manufacturer	Keep	J.Morita.Mfg.Corp.
(0008,0080)	Institution Name	Keep	Dr. Schulze / Dr. Dr. Rottke
(0008,0081)	Institution Address	Keep	Kaiser-Joseph-Str. 263 / 79098 Freiburg im Breisgau
(0008,0090)	Referring Physician's Name	Keep	
(0008,1010)	Station Name	Keep	Morita X800 - SN: FF5215
(0008,1030)	Study Description	Keep	CT SKULL
(0008,103E)	Series Description	Keep	
(0008,1040)	Institutional Department N...	Keep	
(0010,0010)	Patient's Name	Keep	
(0010,0020)	Patient ID	Keep	335467
(0010,0030)	Patient's Birth Date	Keep	19420111
(0010,0032)	Patient's Birth Time	Keep	000000
(0010,0040)	Patient's Sex	Keep	M
(0010,1000)	Other Patient IDs	Keep	
(0018,0050)	Slice Thickness	Keep	0.160
(0018,0060)	KVP	Keep	99.0
(0018,1110)	Distance Source to Detector	Keep	600.0
(0018,1111)	Distance Source to Patient	Keep	375.0
(0018,1150)	Exposure Time	Keep	17900
(0018,1151)	X-Ray Tube Current	Keep	8
(0018,1152)	Exposure	Keep	143
(0018,1153)	Exposure in μ As	Keep	144990
(0018,115E)	Image and Fluoroscopy Ar...	Keep	6.411600
(0018,1160)	Filter Type	Keep	Cu:0.2mm
(0018,5100)	Patient Position	Keep	HFS
(0018,8151)	X-Ray Tube Current in μ A	Keep	8100.000000

Abb. 2 DICOM-Header einer Datei aus einem DVT-Datensatz: links Hexadezimalwerte der „tags“, in der Mitte der Name der Attribute und ganz rechts die Werte der Attribute

Verschiedene Bereiche des Headers sind zu Modulen zusammengefasst, in denen die Informationen als einzelner Eintrag („DICOM tag“) vorliegen (vgl. Abb.1). Eine DICOM-Datei kann aufgrund ihrer Struktur auch mit einem Frachtcontainer verglichen werden, an dessen äußeren Hülle sich ein Frachtbrief befindet, der Auskunft über den Inhalt, die Herkunft und den Bestimmungsort gibt (vergleiche auch Frachtcontainer - Pixelcontainer). Ähnlich wie im Containerhafen besteht das Ziel darin, den Inhalt der Bilddatei zu kennen ohne ihn zu öffnen.

Bei der Ablage von DICOM-Daten wird eine streng hierarchische Struktur nachfolgendem Schema eingesetzt: Patient → Studie → Serie → Bild. Daher kann sich die Suche nach den eigentlichen DICOM-Dateien recht umständlich gestalten. Zur Vereinfachung wird eine DICOMDIR-Datei hinterlegt, die alle Informationen über den Verzeichnisbaum und auch die vorhandenen Studien bzw. Serien enthält.

Gründe für die Verwendung von DICOM. Die Gründe für die Standardisierung medizinischer Bilddaten sind vielfältig. Wie so häufig verdeutlicht ein Blick in die Historie die wohl naheliegendsten Beweggründe. Beginnend in den 80er Jahren des letzten Jahrhunderts wurden in Krankenhäusern neben Systemen zur herkömmlichen digitalen Bildgebung Systeme solche zur Erhebung von Schnittbilddaten wie Computertomographen und Magnetresonanztomographen installiert. Darüber hinaus hielt in vielen Abteilungen der Ultraschall als Modalität Einzug, außerdem konnten nun erstmals in OP-Sälen auch mittels fahrbarer Geräte intra operationem zumindest zweidimensionale Bilder digital erzeugt werden. Die genannten Systeme waren an herstellerspezifische Hardware gekoppelt. Die Bilddaten lagen in einem proprietären Format vor und konnten ausschließlich in der vom Hersteller bereitgestellten Software ausgewertet werden. Eine Zusammenführung der Daten aus den verschiedenen Quellen zu einer einheitlichen Patientenakte oder auch der Aufruf solcher Daten unter einer einheitlichen Oberfläche war zu diesem Zeitpunkt technisch nicht möglich. Zur Lösung dieses Problems schlossen sich Arbeitsgruppen des American College of Radiology (ACR) sowie der National Electrical Manufacturers Association (NEMA) zusammen und formulierten erstmals 1985 einen Standard für eine Punkt-zu-Punkt-Bildübertragung (ACR-NEMA 300). Bereits 1988 wurde die zweite Version des ACR-NEMA 300 veröffentlicht, und eine Demonstration des Einsatzes erfolgte 1990 an der Georgetown University sowie auf dem Jahreskongress der Radiological Society of North America (RSNA). Die 1993 veröffentlichte dritte Version des Standards beschrieb den Datentransport über bereits standardisierte Netzwerkprotokolle (TCP/IP), wobei erstmals wurde das Akronym DICOM verwendet. Mit der Einführung der „Modality worklist“ konnte 1996 dann ein echter Patienten-Workflow an jeder DICOM-Modalität beschrieben werden. 2004 wurde mit WADO (Web-Access to DICOM Objects) die Möglichkeit geschaffen, über das Standard-Webprotokoll HTTP auf DICOM-Daten zuzugreifen. WADO wurde 2013 in DICOMweb umbenannt. Seit 2004 arbeitet eine Expertengruppe (Working Group 22) an der Etablierung und Verbesserung des Standards zum Einsatz in der Zahnmedizin. Seit 2018 existiert auch eine DICOM-Verkapselung (encapsulation) für STL-Daten.

Der Ausgangspunkt für diese Entwicklung mag dem Betrachter beim Vergleich mit den derzeitigen Gegebenheiten in einer Zahnarztpraxis bekannt vorkommen. Viele Datenquellen erzeugen unterschiedliche Datenformate, die sich nur schwer zusammenführen lassen. Natürlich existieren Softwarelösungen, die derartige Probleme beheben. Leider wird man sich jedoch an zahlreiche Situationen erinnern, in denen ein vom Patienten beigebrachter Datenträger oder auch eine aus einer Praxis gesendete Bilddatei sich nicht öffnen ließ und deshalb unter Umständen sogar eine erneute Untersuchung erforderlich war. Zur Beseitigung dieses Problems wurde vom Länderausschuss Röntgenverordnung 2014 beschlossen, dass in der Zahnheilkunde die Umsetzung der Vorgaben der DIN 6862-2 verbindlich zum 01.01.2020 zu erfolgen hat. Die Norm (Identifizierung und Kennzeichnung von Bildaufzeichnungen in der medizinischen Diagnostik - Teil 2: Weitergabe von Röntgenaufnahmen und zugehörigen Aufzeichnungen in der digitalen Radiographie, digitalen Durchleuchtung, digitalen Volumentomographie und Computertomographie) schreibt vor, dass die Weitergabe von digitalen Bilddaten an eine weiterbehandelnde Einrichtung **im Regelfall im DICOM-Format** zu erfolgen hat. Zu jeder Modalität werden in der Norm Vorgaben für den Eintrag von Metadaten im Datei-Header beschrieben. Dies betrifft daher in der

Zahnheilkunde alle digitalen bildgebenden Verfahren. Zur Umsetzung der Norm sind verständlicherweise Veränderungen seitens der Softwareanbieter und Gerätehersteller erforderlich. In einem ersten Schritt wird eine den Vorgaben entsprechende Speicherung der Bilddaten im DICOM-Format den Anforderungen Genüge tun.

Durch diese Umstellung wird es erstmals möglich sein, Bilddaten von verschiedenen Geräten an eine anfordernde Stelle zu senden, ohne dass diese zum Öffnen der Daten ein separates Bildbetrachtungsprogramm (Viewer) benötigt. Zur Betrachtung von DICOM-Daten liegt eine Vielzahl von Softwareanwendungen frei verfügbar vor (eine sehr gute Übersicht liefert die Webseite www.idoimaging.com). Außerdem können aus den Metadaten jederzeit viele wichtige Informationen entnommen werden, z. B. alle relevanten Patientendaten, aufnahmebezogene Daten wie das Erstellungsdatum der Untersuchung und die Expositionsparameter, aber auch die Einrichtung, in der die Untersuchung erstellt wurde. Die Wertigkeit dieser Informationen lässt sich nicht hoch genug einstufen, wenn man bedenkt, dass es beispielsweise in den meisten Fällen nicht möglich ist, aus einer Datei im JPG oder TIFF-Format eine valide Information über das Untersuchungsdatum abzurufen.

DICOM kann aber noch viel mehr. Eine wesentliche Änderung stellte die 2015 in Kraft getretene DIN 6868-157 dar, wonach an die in der Zahnheilkunde eingesetzten Befundmonitore höhere Anforderungen gerichtet wurden. Ein Teil der normativen Vorgaben ist etwas entschärft worden, allerdings hätte sich die Auflage einer DICOM-Kennlinie für Befundmonitore als sehr sinnvoll erwiesen. Werden DICOM-Daten auf entsprechend kalibrierten Monitoren zur Ansicht gebracht, besteht zwischen diesen Darstellungen kein Qualitätsunterschied mehr. Das bedeutet, dass sowohl Sender als auch Empfänger das exakt gleiche Bild sehen. Daher sollte bei der Beschaffung eines Befundmonitors auch darauf geachtet werden, dass in diesem eine DICOM-Kennlinie hinterlegt ist.

Datenaustausch und PACS. Die eigentliche Stärke des DICOM-Standards besteht jedoch im Austausch der Daten und deren Verwaltung.

Relativ schnell stolpert man dabei über die Abkürzung PACS (Picture Archiving and Communication System). Die Notwendigkeit der systemübergreifenden Speicherung von Bilddaten ist in größeren Einrichtungen wie Krankenhäusern offensichtlich. Alle bildgebenden Modalitäten erzeugen Daten und diese archiviert werden müssen.

Zu diesem Zweck wird ein Server vorgehalten, der Aufträge verwalten sowie Daten speichern, auf Abfrage hin liefern und natürlich auch anzeigen kann. Die einzelnen Prozessabläufe lassen sich an einem typischen Krankenhauspatienten verdeutlichen (Abb. 3).

Wird ein Patient stationär aufgenommen wird, so werden seine demographischen Daten und ggf. auch andere verwaltungsrelevante Informationen im Krankenhausinformationssystem (KIS) gespeichert. Daran wird die elektronische Patientenakte gekoppelt, wobei Daten auf der jeweiligen Station oder von einem Funktionsbereich eingepflegt werden. Wenn nun auf der Station eine Untersuchung angeordnet wird, also z. B. eine Computertomographie, so wird aus dem KIS ein entsprechender Auftrag an das PACS gesendet. Das PACS verfügt seinerseits über eine Routine, die derartige Aufträge verwaltet (PACS Broker). Der PACS Broker erzeugt aus den Untersuchungsaufträgen eine Liste, die „DICOM Modality Worklist“ oder kurz DMWL genannt wird. Diese DMWL kann für jede Modalität separat erzeugt werden, d.h. alle CT-Aufträge liegen innerhalb einer CT-DMWL usw. oder sämtliche Aufträge landen auf einer kompletten Liste. Nachdem unser Patient in der CT-DMWL steht, wird diese an der Bedienkonsole des Computertomographen (Modalität) ausgelesen, und die Patienteninformation für den Untersuchungsvorgang werden in die lokale Datenbank übernommen. Anschließend erfolgt die Untersuchung und die dabei gewonnenen Daten (DICOM-Bilder) werden mit den Patienteninformationen verknüpft. Nach Abschluss der Untersuchung werden diese Daten ans PACS gesendet und gespeichert. Mit der Rückmeldung, dass die Daten vollständig gespeichert wurden, wird der Patient als „untersucht“ gekennzeichnet und von der DMWL gelöscht. Der PACS Broker kann seinerseits auch Informationen über die Untersuchung wie z. B. die Expositionsparameter auch an das KIS übergeben, falls dies gewünscht wird. In klinischen Einrichtungen werden diese Daten jedoch in der Regel im Radiologie-

Informationssystem (RIS) abgespeichert, wo nach der Untersuchung auch der radiologische Befund hinterlegt wird. Der PACS-Server sichert die Bilddaten zuerst in einem Kurzzeitspeicher, wobei natürlich hohe Verfügbarkeit und ein schneller Zugriff im Vordergrund stehen. Aufgrund der großen Datenmenge müssen die Bilddaten nach einem Zeitraum von beispielsweise 6 Monaten in den Langzeitspeicher überführt werden, um Kosten zu sparen. Der Radiologe ruft die Bilder für die Befundung in der Regel an einer PACS-Konsole direkt auf. Der Arzt auf einer Station oder im OP kann über ein Browserinterface des PACS auf eine webbasierte Version der Daten zurückgreifen und diese betrachten (DICOMweb). Gleichzeitig können dabei die Befunddaten aus dem RIS zur Verfügung gestellt werden (Abb. 3).

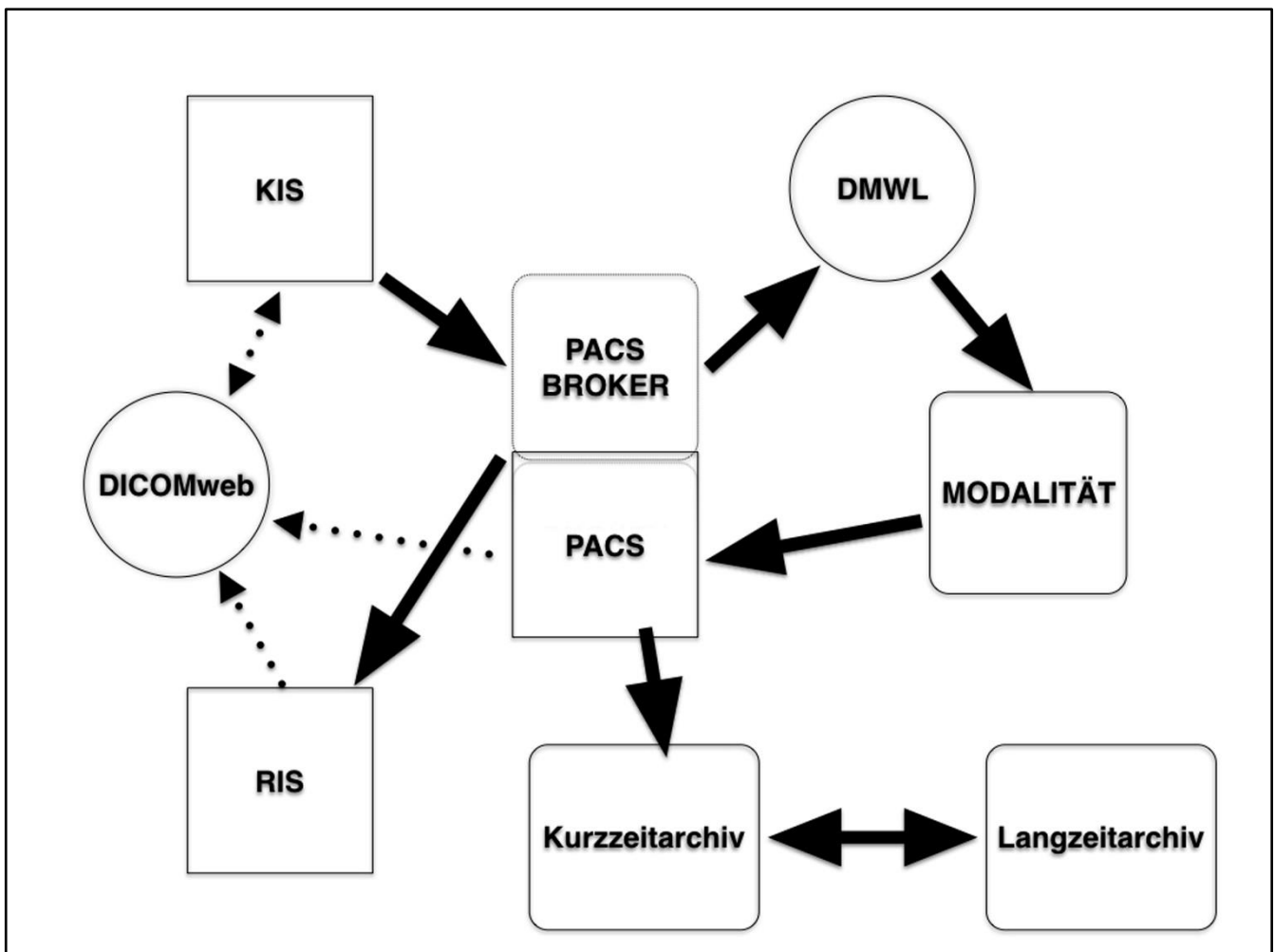


Abb. 3 Workflow zwischen KIS, PACS, Modalität und RIS, wobei PACS, PACS Broker sowie die Archive eine logische Einheit bilden

Eines der größten Probleme stellt nach wie vor die fehlerhafte oder gar fehlende Zuordnung von Daten zu einem Patienten dar, dieser Fall tritt beispielsweise ein, wenn sich bei einem erneuten Krankenhaus-Aufenthalt minimale Änderungen nach der erstmaligen Erfassung der Patienten-Informationen ergeben haben, z. B. eine Änderung des Familiennamens als Folge einer Heirat oder eine Änderung der Adresse. Dieser Sachverhalt soll ja nun durch die flächendeckende Anbindung an die Telematik-Infrastruktur gelöst werden.

In einem klinischen Umfeld erscheint der beschriebene Aufwand gerechtfertigt, vor allem unter Berücksichtigung der Tatsache, dass die Speicherkapazität von PACS-Servern in Unikliniken inzwischen eine Größenordnung von Petabytes (1 PB = 1000 TB) erreicht haben dürften. Worin sollte daher bei Einsatz eines derartigen Systems der Nutzen für einen Zahnarzt bestehen? An erster Stelle ist sicherlich die Austauschbarkeit der Modalitäten zu nennen. Im Gegensatz zur aktuellen Situation kann bei Speicherung der Bilddaten in einem PACS jede Röntgeneinrichtung beliebig ausgetauscht werden. Die Anbindung einer Röntgeneinrichtung an ein PACS kann derzeit aber nicht von jedem Hersteller problemlos realisiert werden. Ein typisches Szenario beim Austausch einer Röntgeneinrichtung in einer Zahnarztpraxis stellt sich nach Schilderung einer Vielzahl von Kollegen momentan wie folgt dar:

VOR der Installation findet möglicherweise eine Bestandsaufnahme statt, es werden Hardware-Anforderungen aufgelistet und die Einbindung in das Praxisnetzwerk hinterfragt.

NACH der Installation des neuen digitalen Röntgensystems wird seitens des Depots bzw. Lieferanten festgestellt, dass der Betreiber plötzlich die alten Bilddaten - also auch jene, die am Tag vor der Installation des neuen Gerätes akquiriert wurden - gar nicht in der neuen Software aufrufen könne. Da gäbe es dann zwei Lösungen: Entweder man behält die alte Software weiter und öffnet diese parallel zur neuen Anwendung (gern über einen zusammengebastelten Workaround) oder man migriert seine Altdaten in die Datenbank der neuen Software. Für die Vollständigkeit der Datenübernahme könne man natürlich keine Garantie abgeben. Außerdem entstünde dadurch auch ein hoher Arbeitsaufwand, den man selbstredend in Rechnung stellen müsse. Ein weitaus größeres Problem stellt der Betrieb einer oder mehrerer Zweigpraxen dar. Dabei ist der Abgleich der Bilddaten zwischen den einzelnen Praxen eine echte Hürde, die von den Betroffenen häufig nur durch Inkaufnahme diverser Notlösungen wie manuellem Speichern auf mobilen Datenträgern oder vergleichbaren Beeinträchtigungen gemeistert werden kann, da viele der derzeit kommerziell angebotenen Lösungen eine räumliche Verzweigung und die damit verbundene Synchronisierung nicht berücksichtigen.

Der zweite wesentliche Vorteil neben der Unabhängigkeit vom Gerätehersteller besteht meines Erachtens nach im Einsatz von DICOMweb. Zahnärzte rufen Bilddaten aus verschiedenen Gründen und an verschiedenen Systemen in der Praxis auf. Sofern dabei eine herstellerspezifische Software zum Einsatz kommt, muss bei der Beschaffung schon mit einer Mehrplatzlizenz geplant werden. Da viele der von der Software angebotenen Features und Funktionalitäten im Arbeitsalltag hauptsächlich aus zeitlichen Gründen gar nicht zum Einsatz kommen, muss hinterfragt werden, welche Funktionen denn überhaupt benötigt werden. Aus Sicht des Autors ist es bei der Betrachtung von Projektionsaufnahmen völlig ausreichend, wenn folgende Funktionen zur Verfügung stehen: stufenlose Zoomfunktion und Verschieben des Bildes im Zoommodus, Veränderung von Helligkeit und Kontrast (Fensterung), Erzeugen von Annotationen, ggf. auch Messungen sowie Rotation und Invertierung des Bildes. Diese Funktionalität liefern heute sogenannte Zero-Footprint DICOM Web Viewer, da auf der Basis von HTML 5 diese Darstellung von jedem aktuell verfügbaren Browser gerendert werden kann (Abb. 4 - 5). Für den Anwender bedeutet dies, dass er das Bild ohne eine zusätzliche Software lediglich unter Nutzung des Web-Interface des PACS aufrufen und im beschriebenen Umfang auch modifizieren kann. Dadurch können in Zukunft bei der Beschaffung viele Lizenzen eingespart werden.

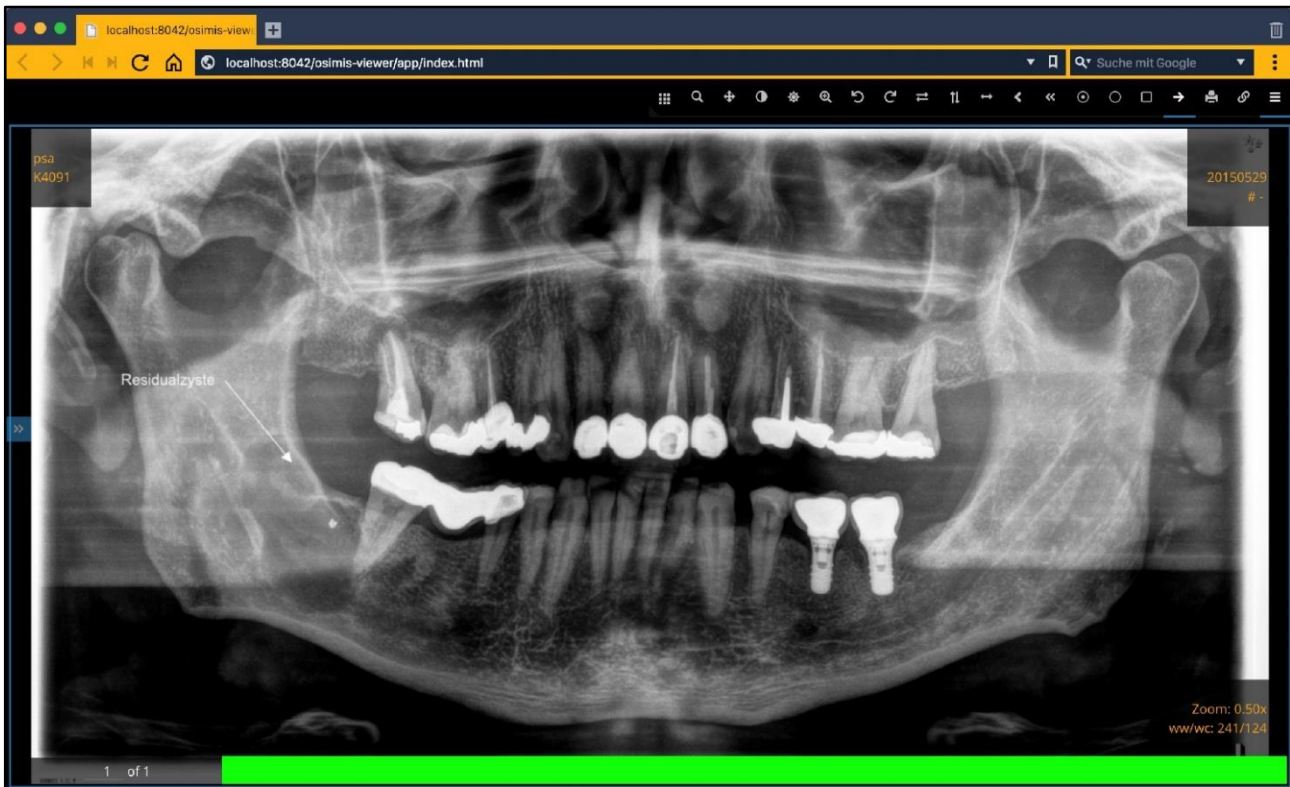


Abb. 4 Zero-Footprint DICOM Viewer Osimis auf der Basis des PACS Orthanc: Darstellung einer Panoramaaufnahme mit Annotation in einem Web-Browser



Abb. 5 Zero-Footprint DICOM Viewer Osimis auf der Basis des PACS Orthanc: axiale Darstellung einer DVT-Untersuchung

In der Einrichtung des Autors wird derzeit eine PACS-Lösung der Firma Infinitt Europe GmbH eingesetzt, um Daten von ca. 35 verschiedenen DVT-Geräten zu verwalten und zu archivieren. Der Einsatz der jeweiligen herstellereigenen Software muss daher zwangsläufig umgangen werden. Die Bilddaten können nach dem Import nun entweder zur schnellen Übersicht über den PACS-Viewer oder eine externe Anwendung zur spezialisierten Auswertung der Daten visualisiert werden. Für letztere Evaluationen verwenden wir derzeit die Software OnDemand3D (Firma Cybermed, Seoul). Nach der Anfertigung geeigneter Sekundärrekonstruktionen z. B. im Rahmen von Implantatplanungen, werden die so erstellten Bilddaten wieder im PACS als DICOM-Objekte archiviert. Neben einem Export der kompletten Datensätze inklusive eines entsprechenden Betrachtungsprogramms können auch verschiedene Dateiformate für den Export einzelner Aufnahmen ausgewählt werden. Auf diesem Weg können unterschiedlichste Anfragen von Kollegen flexibel adressiert werden. Letztlich bestünde auch die Möglichkeit von extern über mobile Endgeräte auf für einzelne Anwender freigegebene Daten zuzugreifen. So wäre es ohne weiteres möglich, befundrelevante Ansichten auf einem Smartphone oder einem Tablet zur Verfügung zu stellen.

Fazit. Durch die Umsetzung der normativen Anforderungen wird es zu einer deutlich besseren Umsetzung des DICOM-Standards auch im 2D-Bereich kommen. Bei den Schnittbilddaten hat sich dieser Prozess längst vollzogen. Ob und in welchem Umfang eine Archivierung in einem dentalen PACS derzeit erforderlich ist, sollte von den lokalen Gegebenheiten (Anzahl der Modalitäten, Betrieb von Zweitpraxen) und auch von der zu erwartenden Datenmenge abhängig gemacht werden.

Für die Praxis ist in der Zukunft mutmaßlich die Verfügbarkeit der Bilddaten in einem beliebigen Browser über DICOMweb eines der wichtigsten Argumente, um ein Bildspeichersystem anzuschaffen.

PD Dr. Dirk Schulze
Referent für Röntgen der
Landes Zahnärztekammer Baden-Württemberg