

Abschlussbericht  
Bewertung des Einsatzes von Dosismanagementsystemen  
zur Optimierung von Röntgenanwendungen  
und Einhaltung von Referenzwerten

BfS AG-R - 08313 / 3616S42432

**J. Hartmann<sup>1</sup>, J. Singer<sup>1</sup>, M. Fiebich<sup>2</sup>, B. Renger<sup>3</sup>, R. Simmler<sup>4</sup>, G. Stamm<sup>5</sup>**

1: Institut für Medizinische Physik, Klinikum Nürnberg

2: Institut für Medizinische Physik und Strahlenschutz, Technische Hochschule Mittelhessen

3: Institut für diagnostische und interventionelle Radiologie, Klinikum rechts der Isar, TU-München

4: Strahlenschutz und radiologische Prozesse, Hirslanden AG

5: Institut für Diagnostische und Interventionelle Radiologie, Universitätsmedizin Göttingen

Hinweise: Zur besseren Lesbarkeit des Textes wurde grundsätzlich die männliche Formulierung für Funktionen und Personen gewählt. Selbstverständlich sind hiermit sämtliche Personen gemeint. Das vorliegende Dokument gibt die Auffassung und Meinung der Autoren wieder und muss nicht mit der Auffassung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit bzw. des Bundesamtes für Strahlenschutz übereinstimmen.

## Inhaltsverzeichnis

1	Zielsetzung .....	5
1.1	AP1: Auswahl der zu erfassenden medizinischen Strahlenanwendungen und Vereinheitlichung der Untersuchungsnamen.....	5
1.2	AP2: Wirkung von DMS auf die Optimierung von dosisrelevanten Parameterwerten 5	
1.3	AP3: Kontinuierliche Erfassung der Einhaltung von DRW mittels DMS.....	5
1.4	AP4: Erstellung eines Leitfadens für Anwender von DMS .....	5
2	Methodik.....	5
2.1	Matrix.....	6
2.2	Dosismanagementsysteme .....	6
2.3	Projektteam .....	7
3	Durchführung.....	7
3.1	Arbeitspaket 1 .....	7
3.2	Arbeitspaket 2.....	8
3.3	Arbeitspaket 3.....	8
3.4	Arbeitspaket 4.....	8
4	Ergebnisse.....	8
4.1	Arbeitspaket 1 .....	9
4.2	Arbeitspaket 2 und 3.....	10
4.2.1	Anzahl analysierter Untersuchungen .....	10
4.2.2	Modalität konventionelles Röntgen (DX) .....	10
4.2.3	Modalität Computertomografie (CT).....	14
4.2.4	Modalität Mammografie (MG).....	17
4.2.5	Modalität interventionelle Radiologie (XA / RF).....	17
4.2.6	Modalität nuklearmedizinische Untersuchungen (NM).....	19
4.3	Arbeitspaket 4.....	21
4.4	Probleme .....	22
4.4.1	Open Source-Software.....	22
4.4.2	Geräte älterer Generationen .....	22
4.4.3	Geräte neuerer Generationen .....	22
4.4.4	Klassifikation nach Protokollnamen.....	23
4.4.5	Vereinheitlichung der Protokolle.....	24
4.4.6	Fehlerhafte Dokumentation von Expositionsdaten .....	24
4.4.7	Bestehende IT-Infrastrukturen.....	25
5	Fazit.....	26
6	Literaturverzeichnis.....	28

## **Zusammenfassung**

Zur Bewertung des Einsatzes von Dosismanagementsystemen (DMS) wurden Röntgenanwendungen aus der Röntgendiagnostik und interventionellen Radiologie ausgewählt und deren Nomenklatur interinstitutionell vereinheitlicht. Es erfolgten systematische Erfassungen in Hinblick auf Dosisoptimierung und die Einhaltung der zu diesem Zeitpunkt aktuellen diagnostischen Referenzwerte (DRW), sowie intern festgelegter Interventionsschwellen in der Röntgendiagnostik und interventionellen Radiologie und Nuklearmedizin. Darüber hinaus wurden einrichtungsspezifische Prozessabläufe in Krankenhäusern und Praxen beim Einsatz von DMS dokumentiert und bewertet. Der administrative Aufwand des DMS in Form von Geräte- und Protokollpflege sowie der Überprüfung der gesammelten Daten beanspruchte deutlich mehr Zeit als bei der Inbetriebnahme des DMS angenommen. Eine regelmäßige Systempflege ist nach Einführung eines DMS dringend notwendig. Nach einer erfolgreichen Konfiguration sind DMS in der Lage, Untersuchungsarten aufzuzeigen, bei denen Dosisreduktion indiziert ist, und ermöglichen die Verifikation einer erfolgreichen Dosisoptimierung. Die Ergebnisse und praktischen Erfahrungen wurden in Form eines Leitfadens für Anwender zusammengetragen und dem Bundesamt für Strahlenschutz im Rahmen eines Workshops präsentiert.

## **Summary**

The goal of this project was the assessment of radiation dose management systems (DMS) with respect to dose optimizations and compliance with dose reference values including self-defined thresholds in x-ray diagnostics and interventional radiology. In addition, the facility-specific processes used in hospitals and private practices were documented and assessed. Maintenance of the systems' core data as well as the verification of the collected x-ray data consumed significantly more time than initially expected. Permanent system maintenance and analysis is essential for using DMS in the daily routine. After successful configuration, DMS allows the user identifying medical procedures where dose optimization is necessary and verifying such measures. Further results have been summarized and published in a user guideline and presented in a workshop.

## **1 Zielsetzung**

Ziel des Vorhabens war die Bewertung des Einsatzes von Dosismanagementsystemen in der Röntgendiagnostik, interventionellen Radiologie und Nuklearmedizin, zur Optimierung bestimmter Röntgenanwendungen, sowie zur Kontrolle der Einhaltung der diagnostischen Referenzwerte und internen Interventionsschwellen. Die Einzelzielsetzungen der Studie, gegliedert in vier Teilpakete, werden im Folgenden dargestellt.

### **1.1 AP1: Auswahl der zu erfassenden medizinischen Strahlenanwendungen und Vereinheitlichung der Untersuchungsamen**

Es sind Röntgenanwendungen für die Arbeitspakete AP2 und AP3 festzulegen. Die Auswahl soll Strahlenanwendungen an erwachsenen Patienten aus den in 2016 aktualisierten diagnostischen Referenzwerten vom Bundesamt für Strahlenschutz enthalten. Die Nomenklatur der ausgewählten Untersuchungs- und Eingriffsarten ist interinstitutionell zu vereinheitlichen, um einen Vergleich zwischen den teilnehmenden Einrichtungen zu realisieren.

### **1.2 AP2: Wirkung von DMS auf die Optimierung von dosisrelevanten Parameterwerten**

In AP2 ist das Potential von DMS zur Optimierung von Strahlenanwendungen zu erfassen und zu bewerten. Hierzu werden über einen Zeitraum von 6 Monaten dosisrelevante Parameter aus den in AP1 festgelegten Untersuchungsarten erfasst. Nach möglichen Optimierungsmaßnahmen werden die Parameter über 6 Monate erneut erfasst. Zu AP2 soll weiterhin der vorangegangene Prozess analysiert und dokumentiert werden.

### **1.3 AP3: Kontinuierliche Erfassung der Einhaltung von DRW mittels DMS**

Gegenstand von AP3 ist die über ein Jahr hinweg kontinuierliche Erfassung von Dosisausgangsgrößen der in AP1 festgelegten Anwendungen, um die Einhaltung der DRW zu überprüfen. Darüber hinaus sollen für weitere Untersuchungsarten interne Interventionsschwellen verfolgt werden. Dazu sind statistische Kenngrößen (Median, Mittelwert, Quartil) zu berechnen.

### **1.4 AP4: Erstellung eines Leitfadens für Anwender von DMS**

Das Arbeitspaket 4 befasst sich mit der Erstellung eines Leitfadens für Anwender von DMS. In den Leitfaden sollen unter anderem die Ergebnisse der vorherigen Arbeitspakete, erforderliche Eigenschaften von DMS in Abhängigkeit der Institutionsgröße und Empfehlungen beim Umgang mit derartigen Systemen einfließen.

## **2 Methodik**

Über einen Zeitraum von zwölf Monaten wurden festgelegte Röntgenanwendungen durch das jeweilige DMS erfasst. Im DMS mussten hierzu Zuordnungen der Untersuchungsprotokolle zu den DRW erfolgen. Die Vereinheitlichung der Untersuchungsprotokolle wurde soweit möglich mittels RadLex Playbook erzielt. RadLex ist eine Terminologie für die Radiologie und, aufgrund der Abhängigkeiten und Relationen der Begriffe zueinander, zudem auch eine Ontologie. Das RadLex Playbook ist eine Teilmenge von RadLex und legt Standard-Untersuchungsverfahren in der Radiologie fest (<http://playbook.radlex.org>). Nach sechs Monaten Datenerfassung erfolgte ein Vergleich der dosisrelevanten Parameter zwischen den Projektpartnern und die Optimierung einzelner Untersuchungsprotokolle. Die Optimierung der einzelnen Untersuchungsprotokolle wurde durch den Medizinphysiker zusammen mit den jeweiligen Ärzten vorgenommen. Nach weiteren sechs Monaten Datenerfassung wurden die Optimierungsmaßnahmen ausgewertet.

## 2.1 Matrix

Im Rahmen einer Sitzung der Projektpartner erfolgte die Auswahl der zu erfassenden medizinischen Strahlenanwendungen. Insbesondere wurden Strahlenanwendungen für Erwachsene unterschiedlicher Körperregionen ausgewählt, für die ein DRW derzeit gegeben ist. Darüber hinaus wurden Anwendungsarten ausgewählt, die im Sinne des Strahlenschutzes von besonderer Bedeutung sind. Untersuchungen und Geräte aus den pädiatrischen Bereichen wurden im Projekt nicht berücksichtigt. Die Partner verglichen diese nach Anzahl durchgeführter Anwendungen und legten damit die zu betrachtenden Anwendungsarten fest. Für die Auswahl und Vereinheitlichung der Untersuchungsarten wurde eine Matrix in Arbeitspaket 1 erstellt. Mit dieser Matrix erfolgt die Erfassung und die Analyse der Dosiswerte projektpartnerübergreifend.

## 2.2 Dosismanagementsysteme

Neben kommerziellen Systemen verschiedener Anbieter wurden im Rahmen des Projekts auch eine Inhouse-Eigenentwicklung und eine Open-Source-Lösung betrachtet. Im Laufe des Projektes hatten einzelne Partner zum Teil zwei Systeme im Vergleich zur Verfügung. Die eingesetzten Dosismanagementsysteme sind in Tabelle 1: Auflistung der eingesetzten Dosismanagementsysteme.

Hersteller	Software	Anzahl d. Einsatzorte
Bayer	Radimetrics 2.8	6
Infinitt	Dose M	2
The Royal Marsden NHS Foundation Trust	OpenREM 0.8.1	1
GE Healthcare	DoseWatch 1.3	1
Projektpartner	Inhouse-Entwicklung	1
IVEU	IVEU 2.0	2

gelistet.

Tabelle 1: Auflistung der eingesetzten Dosismanagementsysteme.

Hersteller	Software	Anzahl d. Einsatzorte
Bayer	Radimetrics 2.8	6
Infinitt	Dose M	2
The Royal Marsden NHS Foundation Trust	OpenREM 0.8.1	1
GE Healthcare	DoseWatch 1.3	1
Projektpartner	Inhouse-Entwicklung	1
IVEU	IVEU 2.0	2

Der wesentliche Anteil an nötigen Konfigurationsarbeiten bestand darin, die jeweiligen Untersuchungsstrukturen in das DMS zu übertragen. Die dort empfangenen Untersuchungsparameter wurden definierten Stamm- oder Masteruntersuchungen zugeordnet. Einige Systeme erlauben Konfigurationen auf Expositionsebene. Referenzwerte und hausinterne Schwellenwerte wurden an diese Masteruntersuchungen oder Masterexpositionen gekoppelt. Damit können Meldungen erzeugt werden, die über erhöhte Einzeldosen informieren und auf das Optimierungspotential von ausgewählten Röntgenanwendungen oder Untersuchungsgruppen hinweisen. Wechselnde gerätespezifische Details führten zu weiterem Bedarf an Systempflege. Zur Angleichung der Ergebnisse wurden im DMS erfasste Daten in ein Tabellenkalkulationsprogramm exportiert und mit einer einheitlichen Kennung (Radlex Playbook ID) versehen. Damit konnten die ausgewählten Untersuchungen zum Vergleich zwischen den verschiedenen Einrichtungen

herangezogen werden. Nach den Optimierungsmaßnahmen wurden erneut die relevanten Dosisdaten analysiert.

## **2.3 Projektteam**

Das Forschungsvorhaben wurde von einem Projektteam, bestehend aus drei Universitätskliniken, einem kommunalen Klinikum und einer Privatklinikgruppe, bearbeitet. Die Mitglieder des Teams verfügten jeweils bereits über ein DMS und hatten aufgrund dessen schon langjährige Erfahrung damit. Darüber hinaus bestanden Kooperationen mit drei Praxen, welche bereits ein DMS einsetzen bzw. im Rahmen des Projekts ein neues System erhalten haben.

Zudem konnten weitere Erkenntnisse aus parallel erarbeiteten Bachelorarbeiten und einer Arbeitsgruppe, jeweils zum Thema Optimierung von Röntgenanwendungen, gewonnen werden.

## **3 Durchführung**

### **3.1 Arbeitspaket 1**

Die Auswahl der zu erfassenden medizinischen Strahlenanwendungen erfolgte gemeinsam mit den Projektpartnern im Rahmen eines Kick-Off-Meetings. Die Strahlenanwendungen für erwachsene Patienten unterschiedlicher Körperregionen (Kopf, Hals, Körperstamm) orientierten sich an den für 2016 aktualisierten diagnostischen Referenzwerten (DRW) der Röntgendiagnostik und interventionellen Radiologie. Zusätzlich wählte man Anwendungen, für jene zwar kein DRW existent ist, aber in Hinblick auf den Strahlenschutz des Patienten bedeutsam sind. Untersuchungen und Geräte aus den pädiatrischen Bereichen wurden im Projekt nicht berücksichtigt.

Für die Bearbeitung von AP2 wurden 25 unterschiedliche Standard-Untersuchungsarten verschiedener Modalitäten (mit mind. einem mobilen Gerät) auf die Projektpartner verteilt. Zusätzlich wurde die Anzahl der Strahlenanwendungen durch die Integration der Praxen und Krankenhäuser entsprechend erweitert. Die Geräteauswahl erfolgte fachübergreifend aus den Bereichen Radiologie (inkl. OP-Bereich), Kardiologie, Gefäßchirurgie und Urologie. Durch die Verteilung wurde der Aufwand für die Erfassung dosisrelevanter Parameter mit anschließender Dosisoptimierung für jeden Projektpartner reduziert, wodurch eine intensivere Bearbeitung (Erfassung und vor allem Optimierung) der zugewiesenen Untersuchungsarten ermöglicht wurde.

In der Modalitätenauswahl sind zwei mobile Röntgengeräte und zwei Cone Beam CT (CBCT) aus dem dentalen Bereich berücksichtigt. Bei allen angegebenen Modalitäten (das CBCT ausgeschlossen) wurde ein Durchsatz von mindestens 20 Patienten pro Woche gewährleistet.

Für AP3 wurden 50 unterschiedliche Standard-Untersuchungen unterschiedlicher Modalitäten gewählt. Die gewählten Untersuchungen und Geräte aus AP2 wurden in AP3 vollständig berücksichtigt. Die Verteilung auf die Projektpartner erfolgte äquivalent zu AP2.

Die Vereinheitlichung der Untersuchungsamen unter den teilnehmenden Projektpartnern wurde mit dem RadLex Playbook umgesetzt. Von der fachlichen Leitung wurden lokale Projektteams zusammengestellt, bestehend aus Radiologen, MTRA und Medizinphysikern. Die Teams übernahmen die qualifizierte Zuordnung der lokalen Untersuchungsamen zu den RadLex-Protokollen und die in AP2 erforderlichen Dosisoptimierungen. Dies erlaubte standortübergreifende Auswertungen, Vergleiche und gegenseitige Hilfestellungen. Das AP1 war nach 3 Monaten abgeschlossen und wurde dem Bundesamt für

Strahlenschutz (BfS) unter Teilnahme aller Projektpartner im Rahmen eines Workshops vorgestellt.

### **3.2 Arbeitspaket 2**

Anfänglich wurden die relevanten Röntgeneinrichtungen im DMS angelegt und es erfolgte eine Zuordnung der gerätespezifischen Untersuchungsparameter.

Die vom DMS erfassten Daten wurden für das institutsübergreifende Benchmarking in ein Tabellenkalkulationsprogramm exportiert und die Untersuchungsarten den Begriffen aus dem RadLex Playbook zugeordnet. Diese Vorgehensweise war notwendig, da nicht in allen DMS die Klassifizierung erfolgreich durchgeführt werden konnte. Darüber hinaus ermöglichte es, die Daten der verschiedenen Institutionen direkt miteinander zu vergleichen.

Anschließend konnten die Dosiswerte und die jeweiligen dosisrelevanten Parameter analysiert und das Optimierungspotential der jeweiligen Untersuchungsprotokolle bestimmt werden.

Statistische Kennzahlen, wie Median, Mittelwert und Standardabweichung der Dosiswerte wurden daraus ermittelt. Die jeweiligen dosisrelevanten Parameter konnten so analysiert und das Potential zur Optimierung der Untersuchungsprotokolle bestimmt werden.

Die Optimierung der jeweiligen Untersuchungsprotokolle erfolgte in Zusammenarbeit mit den jeweiligen Ärzten, um die notwendige Güte der Bildqualität zu gewährleisten. Die angepassten Parameter wurden ebenso wie der Zeitpunkt der Optimierung dokumentiert. Für eine erneute Auswertung der Dosiswerte wurde ein Zeitraum festgelegt. Die Ergebnisse daraus wurden erneut bewertet und vereinheitlicht dargestellt.

Durchführende Kräfte waren ausschließlich die projektleitenden Partner. Personelle Ressourcen in den Fachabteilungen für die Analyse der erfassten Daten mittels DMS waren bei keinem Projektteilnehmer in ausreichender Anzahl vorhanden.

### **3.3 Arbeitspaket 3**

Für das Arbeitspaket 3 wurden die in Arbeitspaket 1 festgelegten Strahlenanwendungen für die Überprüfung etwaiger Überschreitungen von DRW bzw. von internen Schwellenwerten herangezogen.

Über einen Zeitraum von 12 Monaten wurden Dosisparameter erfasst. Diese wurden auf Einhaltung der DRW geprüft. Die notwendigen Prozessabläufe zur Anwendung eines DMS konnten während dieser Arbeit dokumentiert und bewertet werden.

### **3.4 Arbeitspaket 4**

Um Anwender bei der Auswahl und Inbetriebnahme eines DMS zu unterstützen war vom BfS ein Leitfaden gefordert. Dieser wurde nach Abschluss der Auswertungen verfasst.

Im Allgemeinen befasst sich der Leitfaden mit der Beschreibung eines Profils für Einrichtungen unterschiedlicher Fachrichtungen und Organisationsstrukturen, sowie den technischen und personellen Voraussetzungen zum Betrieb des Systems. Darüber hinaus werden bestimmte Prozessabläufe dargestellt und auf Schwierigkeiten, die sich im Umgang mit der Software und gerätespezifischer Daten ergeben, hingewiesen.

## **4 Ergebnisse**

Dosisrelevante Parameter wurden für die ausgewählten Standarduntersuchungen erfasst und die Dosisausgangsgrößen ermittelt. Hierzu wurden die relevanten Röntgeneinrichtungen im DMS angelegt und den gerätespezifischen



Untersuchungsparametern zugeordnet. Dabei unterschieden sich die DMS erheblich bezüglich der erfassten dosisrelevanten Parameter und der Klassifizierung der erfassten Untersuchungen. Bei manchen DMS geschieht dies ausschließlich über den Protokollnamen, was besonders in der Computertomografie bei Kombi-Untersuchungen oder in der Interventionsradiologie zu Interpretationsfehlern führt. Dieses Verfahren zeigte sich in der Praxis als nicht nutzbar. Eine annähernd eindeutige Zuordnung zu einer Standarduntersuchung kann nur in Kombination mit Zusatzinformationen zur Untersuchung (z. B. zusätzliche Parameter aus den Metadaten der Untersuchung oder die abgerechneten Leistungsdaten) zuverlässig erfolgen. Die Metadaten der Untersuchung entsprechen dem Standard der Digitalen Bildgebung und -kommunikation in der Medizin (DICOM). Jeder Parameter, DICOM-Attribut genannt, wird mit einer achtstelligen Hexadezimalzahl bezeichnet (DICOM-Tag). Das Dosisflächenprodukt einer volldigitalen Röntgenuntersuchung wird beispielsweise immer unter dem DICOM-Tag 0018,115E in den Metadaten gefunden.

Erst eine strukturierte Auswertung der mittels DMS erfassten Daten macht unerwünschte Auswirkungen der verwendeten Untersuchungsprotokolle sichtbar, die den verantwortlichen Ärzten zur Diskussion gestellt werden konnten. Durch den laufenden Betrieb musste die Konfiguration im DMS regelmäßig nachgepflegt und überprüft werden. Die Darstellung in sog. Dashboards erwies sich als fehlerträchtig. Grafische Darstellungen erzielten dabei nicht den gewünschten Effekt der Aussagefähigkeit. Entwicklungswünsche an den einzelnen DMS wurden zusammengetragen und kommuniziert. Einige Softwarefehler und Fehlinterpretationen konnten aufgedeckt und teilweise behoben werden. Problematisch wirkte sich auch aus, dass sich noch viele Anlagen in Betrieb befinden, die aufgrund ihres Alters nicht alle dosisrelevanten DICOM-Attribute mit Informationen füllen können.

Der administrative Aufwand für die Geräte- und Protokollpflege im DMS, sowie für die Überprüfung der gesammelten Daten wurde bis zur Projektdurchführung stark unterschätzt und beanspruchte einen großen Teil der aufgewandten Zeit.

#### **4.1 Arbeitspaket 1**

Für Arbeitspaket 1 wurden die zu erfassenden medizinischen Strahlenanwendungen für Arbeitspaket 2 „Optimierung von dosisrelevanten Parameterwerten“ und Arbeitspaket 3 „kontinuierliche Erfassung der Einhaltung von DRW“ festgelegt. Die Auswahl orientiert sich an den aktuellen DRW der Röntgendiagnostik, der interventionellen Radiologie und der Nuklearmedizin. Die Liste wurde durch häufig durchgeführten Untersuchungen in den Kliniken ergänzt und weitgehend in den Arbeitspaketen berücksichtigt.

Die Vereinheitlichung der Untersuchungsarten erfolgte anhand des Radlex Playbooks. Eine durchgängige Zuordnung war praktisch nicht möglich, da sich das Radlex Playbook auf Untersuchungsarten in der Radiologie und Nuklearmedizin beschränkt. An Stelle des Radlex-Begriffs wurde daher der Name der Untersuchungsart herangezogen. Im weiteren Projektverlauf wurde geprüft, ob LOINC (Logical Observation Identifiers Names and Codes) als Alternative zum Radlex Playbook eingesetzt werden kann.

Für die Auswahl und die Vereinheitlichung der Untersuchungsarten wurde eine Matrix erstellt.

Für die möglichst eindeutige Zuordnung von Untersuchungsprotokollen zu ausgewählten Untersuchungs- und Eingriffsarten wurden Filter in Form von DICOM-Tags definiert. Grundlage hierfür war das Klassifikationsmodul von IVEU, das bereits praxiserprobt in der Ärztlichen Stelle Hessen eingesetzt wird und eine korrekte Einordnung von Untersuchungsarten zwischen 90 % und 100 % erlaubt.

## 4.2 Arbeitspaket 2 und 3

### 4.2.1 Anzahl analysierter Untersuchungen

Über 200.000 Untersuchungen konnten im Rahmen dieses Projekts analysiert und ausgewertet werden. Die Analyse der Untersuchungen erfolgte modalitätsbezogen. Unterschieden wurde zwischen dem konventionellen Röntgen mit digitaler Bildentwicklung (DX, der Computertomografie (CT), der interventionellen Radiologie (XA / RF), der Mammografie (MG) und den nuklearmedizinischen Untersuchungen (NM). Abbildung 1 zeigt, wie sich die über 200.000 ausgewerteten Untersuchungen auf die Modalitäten verteilen. Angesichts dieser Verteilung und der Kritikalität der Referenzwertüberschreitungen (siehe Text unten, sowie Tabellen 2, 4, 6 und 7) erschien es plausibel, sich bei der Optimierung der Verfahren auf die Modalitäten DX und CT besonders zu konzentrieren, was jeder Projektpartner nach eigenem Ermessen tat.

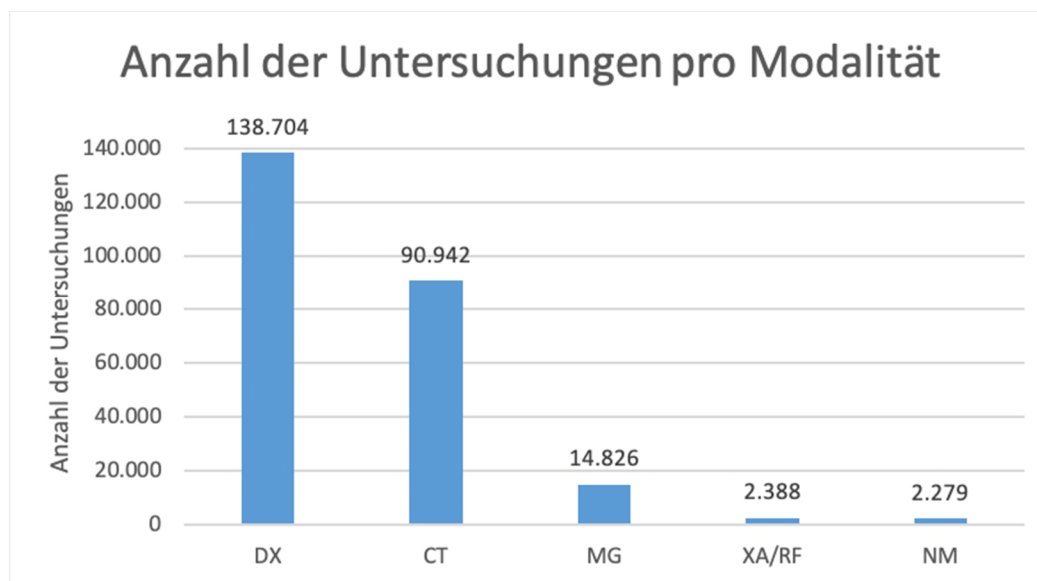


Abbildung 1: Anzahl der zur Auswertung zur Verfügung stehenden Aufnahmen pro Modalität (konventionelles Röntgen (DX), Computertomografie (CT), Mammografie (MG), interventionellen Radiologie (XA / RF) und nuklearmedizinische Untersuchungen (NM)).

### 4.2.2 Modalität konventionelles Röntgen (DX)

Für die ausgewählten Untersuchungsarten der Modalität konventionelles Röntgen (DX) wurden von den Projektpartnern insgesamt fast 140.000 Untersuchungen erfasst (siehe Tabelle 2). Die manuelle Auswertung der Dosisdaten wird in Tabelle 2 dargestellt. Normalerweise werden die DRW unterschritten, bei einigen Untersuchungen besteht jedoch eindeutig die Notwendigkeit zur Optimierung, weil der DRW fast erreicht oder sogar überschritten wurde. Zu beachten ist, dass es bei einzelnen Untersuchungsarten zu sehr heterogenen Dosiswerten kam, was auf die eingangs erwähnten unterschiedlichen Untersuchungstechniken bzw. -benennungen der Kliniken zurückzuführen war.

Im Rahmen einer Bachelorarbeit [1] wurde zudem untersucht, wie hoch der Anteil von Fehltaufnahmen bei verschiedenen Untersuchungen ist. Diese waren zum Teil überraschend hoch, und konnten durch Schulungsmaßnahmen gesenkt werden. Fehltaufnahmen stellen auch das DMS vor Probleme, da die Dosis nicht in jedem Fall erfasst wird. Nur bei Verwendung von Daten aus strukturierten Berichten zur jeweiligen Exposition (Radiation Dose Structured Report, RDSR) oder von Rückmeldungen der Modalitäten über durchgeführte Untersuchungen (Modality Performed Procedure Step, MPPS) wird die Dosis von Fehltaufnahmen mit in das DMS übernommen.

Folgende weitere Schwierigkeiten traten bei der Erfassung der Daten gelegentlich auf:

1. Fehlaufnahmen mussten manuell identifiziert und aussortiert werden.
2. Falsche Verwendung der DICOM-Tags „Studienbeschreibung“ und „Serienbeschreibung“ durch die Hersteller.
3. Protokollierte Dosiswerte waren teilweise nachvollziehbar falsch, weil der Dosis-Reset-Button des Gerätes nicht gedrückt wurde und somit Dosis der Voraufnahmen irrtümlich akkumuliert wurden.

Bemerkenswert ist, dass beispielsweise bei „CR Knee 1-2 Views“ die Werte des Dosisflächenproduktes (DFP) zwischen den Standorten um fast einen Faktor 3 variierten (von 2,7 cGycm<sup>2</sup> bis zu 8,5 cGycm<sup>2</sup>). Dies lässt sich durch die Vermischung von frontalen und lateralen Aufnahmen und den damit verbundenen unterschiedlichen Flächen (Einblendung) erklären.

Bei vorherigen Auswertungen von Untersuchungen hat es sich gezeigt, dass die automatisierte Zuordnung von Untersuchung bzw. Patientenprotokoll einer definierten Untersuchungsart in vielen Fällen nicht zufriedenstellend möglich war. Teilweise traten bis zu 60 % falsche Zuordnungen auf. Beispielhaft kann hier die ungenügende Trennung zwischen ap/pa und lateralen Aufnahmen genannt werden.

Bei der Optimierung der Verfahren konnten teilweise drastische Verbesserungen der Dosiswerte erzielt werden (siehe Tabelle 3), wenn auch nicht in jedem Fall unterhalb des DRW. Die Optimierungsmaßnahmen umfassten typischerweise:

1. Einblendungsschulungen der Medizinisch-technischen Radiologieassistenten (MTRA)
2. Anpassung der Protokollparameter, wie bspw. kV und mAs
3. Einschränkung auf wenige zugelassene Geräteprotokolle nach Rücksprache mit Radiologen, um eine falsche Protokollauswahl zu verhindern.

In den Ergebnissen ist erkennbar, dass bei den nachgeschulten Untersuchungsarten Verbesserungen aufgetreten sind. Diese Schulungsmaßnahmen sollten regelmäßig wiederholt werden. Es wird empfohlen Fehler in der Einstelltechnik anzumerken, um die Qualität nachfolgender Aufnahmen zu sichern.

Tabelle 2: Modalität konventionelles Röntgen (DX): Medianes Dosisflächenprodukt (DFP) und der jeweilige Diagnostische Referenzwert (DRW) der Untersuchungen. Das mediane DFP lag meistens deutlich unterhalb der DRW (mit Ausnahme von LWS, Thorax lateral (lat), Hüfte, rot), bzw. nahe beim DRW (orange). In den hinteren Spalten wird die Anzahl der betrachteten Aufnahmen angegeben.

Untersuchung		DRW		Radlex Playbook					MEDIAN DFP [cGy*cm <sup>2</sup> ]					MITTELWERT DFP [cGy*cm <sup>2</sup> ]					ANZAHL Aufnahmen				
Mod.	Bezeichnung	DFP [cGy*cm <sup>2</sup> ]		Radlex Code	RPID	Radlex Long Description	Einrichtung 1	Einrichtung 2	Einrichtung 3	Einrichtung 4	Einrichtung 5	Einrichtung 1	Einrichtung 2	Einrichtung 3	Einrichtung 4	Einrichtung 5	Einrichtung 1	Einrichtung 2	Einrichtung 3	Einrichtung 4	Einrichtung 5		
	Schädel AP/PA	60		XRSK13V	RPID6052	XR Skull 1-3 Views	22,56					27,75					305						
	Schädel LAT	50		XRSK13V	RPID6052	XR Skull 1-3 Views	22,56					27,75					305						
	Schulter (pro Ebene)	25		XRSH1V	RPID2564	XR Shoulder 1 View	14,90	10,46	14,90	14,21	21,74	22,01	15,37	21,14	17,70	30,31	479	5018	5963	133	410		
	Thorax PA	15		XRCH1V	RPID2502	XR Chest 1 View	5,00	5,95	9,30	10,35	10,35	5,40	6,80	37,37	12,76	798	10434	15859	10820				
	Thorax LAT	40		XRCH1V	RPID2502 (1)	XR Chest 1 View	13,50	23,01	37,30	46,75	46,75	18,84	30,13	48,89	66,17	784	10178	12649	7360				
	BWS AP/PA	110		XRTS1V	RPID2725	XR Thoracic Spine 1 View				77,49	77,49											155	
	BWS LAT	140		XRTS1VL	RPID4802	XR Thoracic Spine 1 View Lateral	48,01			72,84	72,84						943					156	
	LWS AP/PA	200			RPID3385	XR LUMBOSACRAL SPINE	428,60	55,55	120,00	175,60	178,17	226,59	87,94	187,63	227,45	279,20	500	1075	662		146	500	
	LWS LAT	350			RPID3388	XR LUMBOSACRAL SPINE LATERAL	509,70	85,07	206,90	219,70	206,96	226,64	130,55	272,21	239,24	277,23	500	907	2436	1115	145	500	
	Abdomen AP/PA	230		XRAB1V	RPID2590	XR Abdomen 1 View	138,39			164,89	164,89						2996		1831			516	
	Becken AP/PA	250		XRPL1V	RPID2557	XR Pelvis 1 View	91,71			189,85	119,06	70,20					1424			186		618	
	Hüfte (pro Ebene)	110		XRHP1V	RPID2643	XR Hip 1 View	73,18			190,85	45,77	89,88					3068			54		659	
	Knie			XRKN12V	RPID2546	XR Knee 1-2 Views	5,30	8,33	8,50	7,71	2,74	8,56	10,87	10,05	7,60	4,75	1101	6916				1252	
	Ellbogen			XREL12V	RPID2630	XR Elbow 1-2 Views	1,55			3,79	3,79	1,68					2967		7041				
	komplette Wirbelsäule			XRSP2+V	RPID2662	XR Entire Spine 2+ Views	53,26			65,07	65,07	98,03					2848						
	Ganzbein				RPID4675	XR CHEST 1 VIEW AP	7,50			8,00	10,05	9,72					778		3171			1192	
	Thorax Transportabel liegend									10,75	20,40								626				
	HWS ap																						
	Handgelenk pa																						
	Handgelenk lat																						
	HWS lat																						
	Sprunggelenk				RPID3318	XR LOWER EXTREMITY ANKLE	1,51	1,64		2,19	1,39	1,73	1,79		2,47		694	7932				1263	
	Finger																						

Tabelle 3: Modalität konventionelles Röntgen (DX): Nach Anwendung der beschriebenen Optimierungsverfahren konnte bei der Mehrzahl der Untersuchungsarten eine Senkung des medianen Dosisflächenprodukts (DFP) erreicht werden (grüne Zellen). Bei vier Untersuchungen hat sich das mediane DFP unterhalb des diagnostischen Referenzwertes (DRW) erhöht (orange). Nur bei Untersuchungen der Hüfte blieb bei einem Projektteilnehmer das mediane DFP über dem DRW, obwohl sich der Wert durch die Optimierung absenkte (rot).

Untersuchung		DRW		Radlex Playbook			MEDIAN DFP [cGy*cm <sup>2</sup> ]					MITTELWERT DFP [cGy*cm <sup>2</sup> ]				
Mod.	Bezeichnung	DFP [cGy*cm <sup>2</sup> ]	Radlex Code	RPID	Radlex Long Description	Einrichtung 1	Einrichtung 2	Einrichtung 3	Einrichtung 4	Einrichtung 5	Einrichtung 1	Einrichtung 2	Einrichtung 3	Einrichtung 4	Einrichtung 5	
	Schädel AP/PA	60	XRSK13V	RPID6052	XR Skull 1-3 Views											
	Schädel LAT	50	XRSK13V	RPID6052	XR Skull 1-3 Views											
	Schulter (pro Ebene)	25	XRSH1V	RPID2564	XR Shoulder 1 View				6,30	21,34				8,80	26,43	
	Thorax PA	15	XRCH1V	RPID2502	XR Chest 1 View		(*)		5,00	10,02				6,10	12,51	
	Thorax LAT	40	XRCH1V	RPID2502 (1)	XR Chest 1 View		(*)		18,60	38,71				23,70	51,76	
	BWS AP/PA	110	XRTS1V	RPID2725	XR Thoracic Spine 1 View				25,60	76,80				46,30	99,91	
	BWS LAT	140	XRTS1VL	RPID4802	XR Thoracic Spine 1 View Lateral				53,30	71,91				88,00	147,8	
	LWS AP/PA	200		RPID3385	XR LUMBOSACRAL SPINE		(*)		130,60	145,34				204,00	220,36	
	LWS LAT	350		RPID3388	XR LUMBOSACRAL SPINE LATERAL		(*)		185,30	209,04				215,50	279,02	
	Abdomen AP/PA	230	XRAB1V	RPID2590	XR Abdomen 1 View				43,30	166,48				64,80	236,6	
	Becken AP/PA	250	XRPL1V	RPID2557	XR Pelvis 1 View				105,50	119,38				130,70	168,72	
	Hüfte (pro Ebene)	110	XRHP1V	RPID2643	XR Hip 1 View				159,50	45,62				180,00	64,83	
	Knie		XRKM12V	RPID2546	XR Knee 1-2 Views			7,60		2,71				8,35	4,68	
	Ellbogen		XREL12V	RPID2630	XR Elbow 1-2 Views			2,50						2,63		
	komplette Wirbelsäule		XRSP2+V	RPID2662	XR Entire Spine 2+ Views			271,10						409,98		
	Ganzbein							100,65						129,13		
	Thorax Transportabel liegend			RPID4675	XR CHEST 1 VIEW AP			7,30		9,81				7,48	10,32	
	HWS ap							9,95						13,63		
	Handgelenk pa							0,90						1,04		
	Handgelenk lat							1,20						1,28		
	HWS lat							10,70						17,94		
	Sprunggelenk			RPID3318	XR LOWER EXTREMITY ANKLE			2,60						2,71	4,68	
	Finger							0,30						0,30		

#### 4.2.3 Modalität Computertomografie (CT)

Für die Modalität Computertomografie (CT) wurden von den Projektpartnern fast 91.000 Serien ausgewertet. Wie die Tabelle 4 zeigt, besteht eine gute Homogenität der gemessenen Dosiswerte zwischen den Institutionen, nur in wenigen Fällen werden Referenzwerte überschritten oder erreicht. Eine Ausnahme bilden hier Hirn-Perfusions-CTs, bei denen die Dosiswerte teilweise um den Faktor 10 variieren. Die Ursache dieser Heterogenität konnte nicht abschließend geklärt werden, wird aber wieder in den unterschiedlichen Untersuchungstechniken bzw. -beschreibungen vermutet.

Die Dosisoptimierung erfolgte in der Regel im Dosisteam (Ärzte, MTRAs, Medizinphysikexperten) und umfasste folgende Maßnahmen:

1. Vereinheitlichung der Protokollbenennungen
2. Feinabstimmung der Hersteller-Dosisautomatik und Optimierung der Untersuchungsparameter
3. Anpassung der Bildrekonstruktion
4. Länge des Untersuchungsbereichs durch Schulung der MTRAs

Wie in Tabelle 5 zu sehen ist, können Dosisoptimierungsmaßnahmen in den meisten Fällen eine systematische Reduktion der Dosiswerte erzielen. Warum dies u.a. bei Lungen-Untersuchungen nicht gut gelang, müsste noch Gegenstand weiterer Untersuchungen werden.

Diagramm 1 ist eine beispielhafte grafische Darstellung der durchgeführten Optimierungsmaßnahmen mithilfe eines Dosismanagementsystems. Als Teilkomponente eines Dashboards kann diese Ansicht als automatisierte Dosiskontrolle angewandt werden. Ein verantwortlicher Mitarbeiter kann somit unkompliziert und zeitsparend einen schnellen Überblick über den Verlauf einer Untersuchungsart gewinnen.

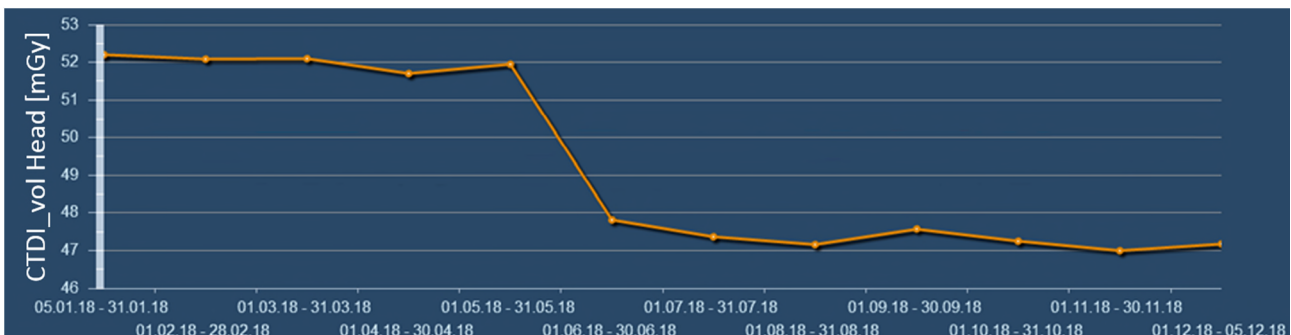


Diagramm 1: Grafische Darstellung zur Optimierung des Protokolls „CCT nativ“.

Bei einem Projektpartner ergaben sich bei den CT-Untersuchungen durch neue Namensgebungen der Untersuchungsprotokolle und durch neue Arbeitsanweisungen bei den Untersuchungen kleinere Veränderungen, sowohl in leichter Dosiserhöhung als auch in Dosisreduktion.

Zudem wurden im Projektzeitraum zwei Bachelorarbeiten initiiert, die sich ebenfalls mit dem Thema Dosisoptimierung von Untersuchungsprotokollen in der diagnostischen Radiologie, speziell Computertomografie beschäftigten. Ergebnisse und Erkenntnisse hieraus sind den jeweiligen Arbeiten zu entnehmen [2, 3].

Tabelle 4: Modalität Computertomografie (CT): Mediane Computertomografie-Dosisindex (CTDI<sub>vol</sub>) bzw. Dosislängenprodukt (DLP) und Referenzwerte für die ausgewählten Protokolle. In wenigen Fällen wird der Diagnostische Referenzwert (DRW) überschritten (rot), in anderen liegen die Werte grenzwertig nah am DRW (orange).

Untersuchung	DRW		Radlex Playbook																		
	CTDivol [mGy]	DLP [mGy*cm]	Radlex Code	RPID	Radlex Long Description	MEDIAN CTDIvol [mGy]						MEDIAN DLP [mGy*cm]									
Hirnschädel	60	850	CTH DU	RPID22	CT Head wo IV Contrast Seq	52,8	53,1	45,7	43,4	59,1	54,0	701,7	705,9	744,5	828,9	733,0	Einrichtung 5				
			CTH DU	RPID22 (I)	CT Head wo IV Contrast Spi	36,3	54,6					538,0	847,2				Einrichtung 4				
Thorax (bis einschließlich NN)	10	350	CTCHE	RPID18	CT Chest w IV Contrast	7,1	7,0	8,4	6,3	4,0	3,8	4,5	221,1	241,0	303,2	209,6	656,4	144,4	159,1	172,3	
	3	100	CTCHUS	RPID6002	CT Chest wo IV Contrast Screening	2,9	3,5				1,7	0,4	94,5	112,1						66,8	47,2
CT-Angio Aorta	13	800	CTABCA	RPID2	CT Abdomen Angio w and wo IV Contrast	7,3	7,8	6,0	8,0	3,4	5,4	6,4	328,2	340,9					174,3	318,8	349,8
			CTCHCA	RPID6	CT Chest Angio w and wo IV Contrast	5,7	6,5	3,3		5,7	2,7		339,1	413,4					218,9		90,5
Prospektiv EKG-getriggerte Koronarangiographie	20	330	CTHRECA	RPID6003	CT Heart Coronary Arteries Angio w IV Contrast		8,6			6,6	16,8	11,1						267,2	277,4	613,1	367,1
	15	700	CTAPU	RPID144	CT Abdomen/Pelvis wo IV Contrast	8,9	11,2	5,2	2,6	11,8	8,1	10,1	7,2	382,4	529,7	167,4	121,7		383,5	603,3	534,0
Rumpf (Thorax / Abdomen / Becken)	13	1000	CTCAPU3D	RPID5998	CT Chest/Abdomen/Pelvis wo IV Contrast Post Processing	10,2	11,1	10,1	12,7	8,3	8,7		649,3	749,1		949,9	656,4	561,5	626,9		
	8	1000	CTAAIFCA	RPID5995	CT Abdominal Aorta/Iliofemoral Runoff Angio w and wo IV Contrast Bilateral	4,5	2,6	2,7	3,9	3,0	5,8	7,0	404,2	347,3		288,6		379,6	649,7		
Hirnpfusions (Schlaganfall / First Pass)			CTHDEPF	RPID96	CT Head w IV Contrast Perfusion		251,0	221,2	176,4		96,0	23,3	2251,6	2519,1	1920,4				1536,0	263,9	
			CTKIDLD	RPID962	CT ABDOMEN PELVIS UROGRAPHY WITHOUT IV CONTRAST	4,0	4,4			4,1	3,4	3,5	149,8	171,7				178,9	151,8	136,6	

Tabelle 5: Modalität Computertomografie (CT): Dosiswerte sechs Monate nach Optimierung der Protokolle. In den meisten Fällen haben sich die Dosiswerte deutlich verringert (grün), selten sind die Dosiswerte gestiegen (orange – aber noch unter dem jeweiligen Diagnostischen Referenzwert (DRW)). Nur in den roten Fällen gelang es nicht, die Dosiswerte unter den DRW zu drücken.

Untersuchung	DRW		Radlex Playbook										
	CTDivol [mGy]	DLP [mGy*cm]	Radlex Code	RPID	Radlex Long Description	Einrichtung 1 - Def. AS64 (CT 1)	Einrichtung 1 - Def. AS64 (CT 2)	Einrichtung 2 - Def. AS64	Einrichtung 2 - Force II (*)	Einrichtung 2 - Flash	Einrichtung 3	Einrichtung 4	Einrichtung 5
Hirnschädel	60	850	CTHDU	RPID22	CT Head wo IV Contrast Seq	48,1	48,7				31,4	NA	Einrichtung 5
Thorax (bis einschließlich NN)	10	350	CTHDU	RPID22 (1)	CT Head wo IV Contrast Spi	37,6	39,4				41,2	32,3	Einrichtung 4
Lunge (Hochkontrast, Verlauf)	3	100	CTCHE	RPID18	CT Chest w IV Contrast	5,7	6,4				3,70	3,4	Einrichtung 3
CT-Angio Aorta	13	800	CTCHUS	RPID6002	CT Chest wo IV Contrast Screening	2,3	3,0				1,90	2,1	Einrichtung 2 - Flash
Prospektiv EKG-getriggerte Koronarangiographie	20	330	CTHRECA	RPID6003	CT Abdomen Angio w and wo IV Contrast	6,1	6,4				4,8	5,2	Einrichtung 2 - Force II (*)
Abdomen mit Becken	15	700	CTAPU	RPID144	CT Chest Angio w and wo IV Contrast	7,7	8,7				4,5	5,5	Einrichtung 2 - Def. AS64
Rumpf (Thorax/Abdomen/Becken)	13	1000	CTCAPE	RPID145	CT Heart Coronary Arteries Angio w IV Contrast	9,2	10,5				13,0	4,5	Einrichtung 2 - Def. AS64 (CT 1)
CT-Angiographie Becken-Bein	8	1000	CTAAIFCA	RPID5995	CT Abdomen/Pelvis wo IV Contrast	7,7	8,7				7,0	6,2	Einrichtung 2 - Def. AS64 (CT 2)
Hirnpf (Thorax/Abdomen/Becken)	13	1000	CTAAIFCA	RPID5998	CT Abdomen/Pelvis w IV Contrast	10,1	8,8				7,8	9,2	Einrichtung 2 - Def. AS64 (CT 2)
Hirnpf (Schlaganfall/First Pass)	8	1000	CTHDEPF	RPID96	CT Chest/Abdomen/Pelvis wo IV Contrast Post Processing	2,2	2,2				6,0	4,8	Einrichtung 2 - Force II (*)
Nierensteinsuche			CTKIDLD	RPID962	CT Abdominal Aorta/Iliofemoral Runoff Angio w and wo IV Contrast Bilateral	4,0	4,0				58,5	6,4	Einrichtung 2 - Flash
					CT Head w IV Contrast Perfusion	129,6	129,6				466,2	413,0	Einrichtung 3
					CT ABDOMEN PELVIS UROGRAPHY WITHOUT IV CONTRAST	4,0	4,0				159,3	141,0	Einrichtung 4



#### 4.2.4 Modalität Mammografie (MG)

In den betrachteten 14.826 Mammografie-Aufnahmen wurde der DRW von 2 mSv mittlerer Parenchymdosis (AGD) im Median unterschritten (siehe Tabelle 6). Bei einer Optimierung wurde seitens des Herstellers eine Dosiserhöhung um etwa 10 % angefordert, da die bei der sehr niedrigen Dosis erzielte Bildqualität als grenzwertig für die Diagnostik angesehen wurde.

Tabelle 6: Modalität Mammografie (MG): Die 14.826 Aufnahmen wurden bzgl. mittlerer Parenchymdosis (AGD) nach Standort und Gerätetyp ausgewertet.

Untersuchung		DRW	Radlex Playbook			MEDIAN AGD [mSv]					
Mod.	Bezeichnung	AGD [mSv]	Radlex Code	RPID	Radlex Long Description	Einrichtung 1 - Selenia	Einrichtung 2 - Selenia	Einrichtung 2 - Mammomat	Einrichtung 3 - Senopraphe	Einrichtung 4 - Mammomat	Einrichtung 5
MG	Mammographie (pro Ebene)	2	MGDL	RPID5554	MAMMOGRAPHY BREAST DIAGNOSTIC	1,460	1,980	1,309	1,384	0,967	0,940
	Tomosynthese		MGDTS	RPID6273	Mammo Breast Diagnostic Tomosynthesis				1,485	1,720	

#### 4.2.5 Modalität interventionelle Radiologie (XA / RF)

Für die Auswertung der Modalität interventionelle Radiologie (XA / RF) lagen deutlich weniger Untersuchungen zur Analyse vor (2.388 Untersuchungen, siehe Tabelle 7). In der Regel stellte hier die Einhaltung der DRW kein Problem dar.

Allerdings ist die Nachvollziehbarkeit der Verknüpfung zwischen durchgeführter Intervention und DRW nicht trivial. Die derzeitigen Klinikworkflows und Vorgehensweisen an den Röntgeneinrichtungen erschweren die transparente Benennung der Interventionen. Der genaue Verlauf der Intervention steht zu Beginn meist nicht fest, auch arbeiten viele Ärzte grundsätzlich mit einem Untersuchungsprotokoll, das dann je nach Situation angepasst wird. Die dokumentierte Untersuchungsbeschreibung ist dadurch oft auf „DSA“, „DSA Body“, „selektive DSA“, „Neuro Spezial“ usw. begrenzt. Bei diesen Untersuchungsbeschreibungen ist es ohne weitere Hintergrundinformationen schwierig zu erfahren, ob es sich um einen rein diagnostischen Eingriff, oder um eine therapeutische Intervention gehandelt hat. Eine tatsächliche Auswertung mit Dosisoptimierung ist so derzeit nur unter sehr hohem Aufwand über die abgerechneten Leistungen bzw. die Befunde möglich.

Lediglich bei interventionellen Behandlungen, Thrombusaspiration und PTA Becken, wurden die DRW erreicht oder überschritten, was der möglichen Komplexität der klinischen Situation geschuldet gewesen sein kann.

Tabelle 7: Modalität interventionelle Radiologie (XA / RF): Für diese Auswertung standen insgesamt 2.388 Untersuchungen zur Verfügung. Die Untersuchungen wurden bzgl. des medianen Dosisflächenproduktes (DFP) ausgewertet.

Untersuchung	DRW	Radlex Playbook			MEDIAN DFP [cGy*cm²]				
		Radlex Code	RPID	Radlex Long Description	Einrichtung 1	Einrichtung 2	Einrichtung 3	Einrichtung 4	Einrichtung 5
Koronarangiografie	2800	XACHAO	RPID6196	XA Chest Aorta	1771,1				
ERCP	2500	FLERBLPS	RPID6664	FL ERCP Biliary and Pancreas					
		FLERBL	RPID6663	FL ERCP Biliary					
Dünndarm	3500	XAVI	RPID6232	XA Visceral Arteries					
Kolon Monokontrast	3000	FLBE	RPID6146	FL Barium Enema Single Contrast	1188,6		630,4		
Phlebografie Becken/Bein	450	XAVSB	RPID6228	XA Extremity Veins Bilateral					
		XAVST	RPID6229	XA Extremity Veins Unilateral					
Becken/Bein-Angio	4800	XAABOAL EB	RPID6830	XA Abdomen Aorta Bilateral Lower Extremity					
Breischluck		FLESW	RPID6149	FL Esophagus Barium Swallow	1087,4		330,5		
Arteriographie Schulter									
retrograde Pyelographie									
Ureterorenoskopie									
Miktionscystourethrogramm (MCU)									
Cystogramm									
Fistelfüllung									
Halbseitenaufnahme									
Ausscheidungsurographie									
Thrombusaspiration	20000	RPTHREG	RPID6598	RP Intraluminal Thrombus Mechanical Removal with Imaging Guidance		19825,5	9190,2		
Coiling eines Aneurysmas i. Gehirn	30000								
Einzeitige PCI	4800								
Einzeitige PCI u. Koronarangiographie	5500								
TAVI	8000								
Endov.Aneurysma-Therapie Aorta thorakalis	24000								
Endov.Aneurysma-Therapie Aorta infrarenal	25000	XAABAO	RPID6195	XA Abdominal Aorta		14398,0			
Endov.Aneurysma-Therapie Aorta suprarenal	28000	XAABAO	RPID6195	XA Abdominal Aorta		14398,0			
TACE	30000	RPTUEM G	RPID6607	RP Tumor Arterial Embolization with Imaging Guidance		9180,0	9161,9		
PTA Becken	3600	RPILPTAA VG	RPID6537	RP Iliac Artery Percutaneous Transluminal Angioplasty with Imaging Guidance Each Additional Vessel		4590,7			
PTA Oberschenkel und Knie	8200	RPLEPTA GT	RPID6561	RP Femoral Popliteal Arteries Percutaneous Transluminal Angioplasty with Imaging Guidance Unilateral					
PTA Unterschenkel und Fuß	2500	RPTFPTA G	RPID6595	RP Lower Leg Percutaneous Transluminal Angioplasty with Imaging Guidance					
Urologische Untersuchungen		FLCY	RPID6158	FL Cystogram		2242,1			
transvenöse Portanlage		RPCHPOG	RPID6497	RP Chest Port Placement with Imaging Guidance	19,9	92,6	131,9		
PTCD-Neuanlage						1409,8	899,6		
TIPSS						7840,4			
Embolisation						1064,3			
Myelo									
Dyna-CT									

#### 4.2.6 Modalität nuklearmedizinische Untersuchungen (NM)

Innerhalb eines Jahres wurden 2.279 bildgebende, nuklearmedizinische Untersuchungen erfasst. Tabelle 8 zeigt für diese Verfahren im Vergleich zu den DRW die Verteilung der applizierten Aktivitäten in Abhängigkeit von den Organprogrammen bzw. Radiopharmaka. Entsprechend den Empfehlungen des BfS zur Anpassung der Aktivität an das Körpergewicht der Patienten streuen die Aktivitätswerte. Jedoch wird in einem Fall der DRW Höchstwert im Mittel überschritten. Die minimalen DRW Aktivitäten, wie auch die ersten Quartile, unterschreiten in keinem Fall den jeweiligen minimalen DRW. Um dies besser analysieren zu können, wäre zwingend das Patientengewicht im DMS zu dokumentieren. Bei den Daten in Tabelle 8 wurden folgende Unstimmigkeiten bei der Dosisdokumentation bzw. beim Untersuchungsworkflow erkannt:

Das Protokoll für die Lungenventilation wurde bei einem Projektpartner ab einem bestimmten Zeitpunkt nicht mehr ins Dosismanagementprogramm übertragen. Die Aktivitätswerte wurden manuell dokumentiert. Grundsätzlich wurde für jeden Patienten Aktivitätswerte von 30 MBq eingetragen. Die MTRAs wurden nach Erkennen des Fehlers erneut geschult, dass die im Aktivimeter gemessene Aktivität zeitkorrigiert eingetragen werden muss.

Bei Untersuchungen an den Gammakameras kommt es regelmäßig zu wiederholenden Messungen. Bei jeder einzelnen Messung erwartet die Software der Gammakamera die Eingabe der applizierten Aktivität. Diese notierten, scheinbar applizierten Aktivitäten summieren die DMS auf, auch wenn dem Patienten tatsächlich keine erneute Aktivität appliziert wurde. Als Folge sind die Dosisdaten der Anlagen aus dem DMS falsch. Hier sind die Hersteller gefragt.

Tabelle 8: Modalität nuklearmedizinische Untersuchungen (NM): 2.279 Untersuchungen konnten ausgewertet werden.

Mod.	Organ	Untersuchung	Radiopharmakon	DRW	Max.	Min.	Protokollname	Anzahl Exams	Dosis											
									Median	Mittelwert	Min.	Max.	Quartile							
	Schilddrüse	Szintigraphie	[99mTc] Pertechnetat	70	75	10	Schilddrüse	75	68	67,1	60,0	73,0	65,0	69,0						
	Skelett	Knochenszintigraphie	[99mTc] MDP/DPD/HDP	500	550	40														
		benigne Erkrankungen		650	700		Skelett	655	650	909	472	2326	630	1247						
		maligne Erkrankungen		250	300	14	PETCT_WholeBody	390	184,5	192,4	134	313	159	215						
		PET	Natrium-[18F]fluorid				HD_KM													
			[99mTc] Sestamibi	400	500	80														
			Zweitagesprotokoll	1000	1100	80	Herz	843	990	660,5	220	1301	250	1000						
		Perfusion/ Vitalität																		
	Herz		[99mTc] Tetrofosmin	400	500	80														
			Zweitagesprotokoll	1000	1100	80														
			Eintagesprotokoll	75	90															
			[201Tl] Chlorid	700	730															
		RNV	[99mTc] Erythrozyten	100	125	15														
		Funktionsszintigraphie	[99mTc] MAG3																	
			[99mTc] MAA	100	125	10														
		Perfusion	planar	160	200	10	Lunge	149	100	101,5	40	160	98	103,3						
	Lunge		SPECT	1000	1100															
		Ventilation	[99mTc] DTPA	350	500		Lunge	96	30	30	30	30	30	30						
			[99mTc] Technegas	180	190		Hirn	44	183	185	173	219	180	186						
		DAT-SPECT	[123I] FP-CIT	200	250	14	PETCT_AC_BRAIN_	14	150,5	149,9	136	157	148	153						
	Gehirn	PET	[18F] FDG				HD													
		Szintigraphie	[99mTc] Sestamibi	550	675	80		13	499	555,4	434	970	472	516						
		PET	[18F] FDG	350	380	14														
	Tumordetektion im Körperstamm	Szintigraphie	[111In] Octreotid	150	175															
		SPECT-CT																		

### 4.3 Arbeitspaket 4

Im Strahlenschutzrecht gibt es spezielle Anforderungen, deren Erfüllung der Strahlenschutzverantwortliche sicherstellen muss. In erster Linie soll das DMS den Strahlenschutzverantwortlichen bzw. die Strahlenschutzbeauftragten und den Medizinphysik-Experten bei den Aufgaben und Pflichten unterstützen, den Strahlenschutz rechtskonform durchzuführen. Daraus ergeben sich die direkten Anforderungen an die Basisfunktionalitäten eines Dosismanagementsystems.

In der Anwendungsstudie wurde festgestellt, dass sich die zusätzlich notwendigen Eigenschaften eines DMS nicht über die Instituts- bzw. Klinikgröße definieren lassen. In der Regel ist eine Bewertung der jeweilig spezialisierten Fachrichtungen obligat, um ein individuelles Anforderungsprofil zu erstellen. Es ist dazu zwischen unterschiedlichen modalitätsbezogenen Lizenzmodellen der DMS-Hersteller zu wählen.

Beginnend mit der Einbindung in die vorhandene IT-Infrastruktur gilt es erforderliche Schnittstellen zu den übergeordneten Systemen (Krankenhausinformationssystem (KIS) oder Radiologieinformationssystem (RIS)) zu schaffen, um einen zuverlässigen Datenbestand zu erhalten. Die Einrichtung und Pflege auf dieser Ebene ist optimaler Weise den IT-Fachabteilungen zu überlassen. Die Integration der Modalitäten ist mithilfe der Geräte- und PACS-Hersteller zu vereinbaren. Es wird nicht empfohlen diese Arbeiten rein abteilungsintern zu verteilen.

Auf Untersuchungsebene sind die Protokollnamen vor der Integration der Modalitäten zu vereinheitlichen. So können Expositionsdaten mehrerer Gerätetypen oder Standorte verglichen werden.

Die Anbindung sollte auf Grundlage von RDSR und MPPS erfolgen. Es wird größeren Instituten empfohlen die Daten aus dem PACS-System zu importieren. Kleinere Einrichtungen können wahlweise ein Gerät direkt anbinden.

Ein DMS muss die diagnostischen Referenzwerte und intern festgelegte Interventionsschwellen sowohl auf Untersuchungs-, als auch auf Serienebene hinterlegen können, um diese nach den diagnostischen Referenzwerten kontrollieren zu können. Zur Einhaltung von DRW oder zur Vermeidung von bedeutsamen Vorkommnissen sind interne Interventionsschwellen zu setzen. Somit wird frühzeitig erkannt, sollten einzelne Protokolle Bedarf zur Optimierung haben.

In regelmäßigen Abständen können Auswerteintervalle festgelegt werden, um ein halbautomatisches Kontrollverfahren zu ermöglichen.

Wie sich gezeigt hat, ist die Datenermittlung mittels DMS besonders pflegeintensiv. Zur Hinterlegung und Anpassung der Protokollstruktur muss zwingend ausreichend Personal zur Verfügung gestellt werden. Herausragend sind Automatismen der Hersteller zur Integration. Hierbei erfolgen durch Algorithmen angesteuerte und von den Applikationsspezialisten kontrollierte Protokoll- und DRW-Zuweisungen. Eine teilnehmende Einrichtung konnte nach Installation direkt von dem produktiven Nutzen des DMS profitieren während andere noch mit der Konfiguration beschäftigt waren.

Von Vorteil ist ebenso, wenn vorab die jeweiligen Zuständigkeiten geklärt werden. Pro Standort oder Abteilung ist ein „Dosis-Team“ zu benennen, um die Aufgaben zu verteilen.

Darüber hinaus befasst sich der Leitfaden mit weiteren Anwendungsmöglichkeiten von DMS und der Beantwortung häufig gestellter Fragen.

## 4.4 Probleme

### 4.4.1 Open Source-Software

Exemplarisch für die Probleme mit teilweise unausgereifter DMS Software werden im Folgenden die Schwierigkeiten eines Projektpartners mit dem DMS OpenREM wiedergegeben:

Die Open Source-Lösung wurde im Sommer 2016 installiert und lief bis Ende 2018 stabil und ohne Probleme. Zu diesem Zeitpunkt war plötzlich ein Export der Daten in Excel oder CSV nicht mehr möglich. Als mögliche Abhilfe wurde daher die Software in einer neueren Version auf einem Windows 10 Notebook installiert und ein Backup der Produktivdatenbank eingespielt. Leider trat sowohl hier als auch bei einer weiteren Installation auf einem Notebook mit MacOS Betriebssystem ein ähnlicher Fehler auf. Der Export der Daten über einen definierten Zeitraum war nicht mehr möglich. Als Ursache wird ein Problem mit der Datenbank vermutet, dass sich durch Übertragung auf die beiden anderen Rechner fortgesetzt hat. Daher findet inzwischen eine Ausschreibung für eine kommerzielle Variante statt.

### 4.4.2 Geräte älterer Generationen

Problematisch wirkte sich aus, dass sich noch viele Anlagen in Betrieb befinden, die aufgrund ihrer Generation nicht alle dosisrelevanten DICOM-Tags mit Informationen füllen können bzw. DICOM-Tags anders als nach DICOM Standard gefüllt haben oder diesen unterschiedlich interpretieren. So gibt es z.B. kein Feld für die Serienbeschreibung im RDSR-Standard. Daher verfahren die Hersteller gegenwärtig sehr unterschiedlich. Als Beispiel kann hierbei die Serienebene bei CT-Scannern von Siemens und Philips dienen (siehe Abbildung 2).

WEXAM_DESCRIPTION	CTSR_StudyDescription	CTserSR_AcquisitionProtocol	CTserSR_Comment	CTSR_DevObsManufacturer	CTSR_DevObsModelName
CT Abdomen KM + MPR (3D)	CT Abdomen KM + MPR (3D)	Abd pv normal /Abdomen	Abd normal	Philips	IQon
CT Abdomen KM + MPR (3D)	CT Abdomen KM + MPR (3D)	Abd pv normal /Abdomen	Surviv	Philips	IQon

WEXAM_DESCRIPTION	CTSR_StudyDescription	CTserSR_AcquisitionProtocol	CTserSR_Comment	CTSR_DevObsManufacturer	CTSR_DevObsModelName
CT Abdomen/Becken KM + M...	CT Abdomen/Becken KM +...	Abdomen	Internal technical ...	SIEMENS	SOMATOM Definition AS+
CT Abdomen/Becken KM + M...	CT Abdomen/Becken KM +...	Topogramm	Internal technical ...	SIEMENS	SOMATOM Definition AS+

Abbildung 2: Serientdaten (RDSR) von Philips und Siemens. Die Serienbeschreibung steht bei Philips (oben) im Kommentarfeld, bei Siemens (unten) im Protokollfeld im RDSR. Das eigentliche Protokoll findet man bei Siemens nur auf Untersuchungsebene.

Ähnliche Probleme lassen sich bei vielen Herstellern finden. Daher muss das DMS in der Lage sein für jede Geräteanbindung individuelle Importfilter zu konfigurieren. Der Datenimport muss dabei genauestens überprüft werden, um eventuelle Fehler in der Datenzuordnung zu erkennen. Ansonsten wird eine valide Zuordnung von DRWs auf Serienebene nicht möglich sein. Derzeit ist dies nicht bei jedem System gegeben bzw. nicht erfolgt.

### 4.4.3 Geräte neuerer Generationen

Aufgefallen sind während der Projektlaufzeit ebenfalls Schwierigkeiten mit dem Einsatz sehr neuer und sehr hochwertiger Anlagen zur interventionellen Radiologie. Diese Anlagen wären in der Lage gewesen DICOM Radiation Structured Dose Reports (RSDR) zu erstellen. Trotzdem war diese Funktionalität oft nicht eingeschaltet, da dies von den Nutzern als nicht notwendig erachtet wurde. Oft fehlte den Anwendern die Auswertemöglichkeit zu diesen RSDR. Der Grund für die aus der Protokollvielfalt (CT) oder dem Protokollmangel (XA) resultierende schlechte Datenqualität ist, dass diese Daten bisher nie für strukturierte Auswertungen verwendet wurden und ohne diese Dosisberichte auch keine Probleme im klinischen Ablauf auftreten. Ein DMS stand bisher nicht im Fokus der Applikationsspezialisten, der MTRAs oder der Ärzte. Der Aufwand, die Datenqualität zu

verbessern, wurde nicht als so wichtig betrachtet, dass der hohe Aufwand zur Verbesserung der Datenstruktur nicht in Kauf genommen wurde.

Für ein verlässliches Dosismanagement ist es daher notwendig ein DMS bei der initialen Protokollerstellung zu berücksichtigen, bzw. vorhandene Geräte entsprechend anzupassen und zu optimieren. Dies ist mit einem hohen Arbeitsaufwand verbunden und verursacht zusätzliche Kosten.

#### 4.4.4 Klassifikation nach Protokollnamen

Durch eine durchgeführte Plausibilitätsprüfung ist aufgefallen, dass sich hinter den definierten Protokollnamen eine Vielzahl unterschiedlicher Geräteprotokolle, Serien und Aufnahmen anderer Regionen verbargen. Dies zeigte sich besonders in großen Kliniken mit stark differenzierten Fragestellungen und häufig durchgeführten Kombi-Untersuchungen, die befundadaptiert, individuell angefertigt werden. Die saubere Trennung der relevanten Serien konnte nicht immer erzielt werden. Als ein weiterer Grund kann das historische Anwachsen von Untersuchungsarten genannt werden. Aus Gründen der Konsistenz der Datenbank ist es nicht möglich, alte Namen zu löschen. Außerdem war es in den Systemen nicht möglich diese zeitlich abzugrenzen. Daher werden häufiger noch alte Untersuchungsbezeichnungen verwendet. So fiel z.B. auf, dass bei der Bezeichnung des Untersuchungsprotokolls CT-Thorax der Computertomografie-Dosisindex ( $CTDI_{vol}$ ) nachvollziehbare Werte hatte, aber das Dosislängenprodukt (DLP) zu hoch ausfiel, was auf eine zulange Scanlänge hinweist. Bei der Analyse dieser Untersuchungen wurde ersichtlich, dass diese Untersuchungen eigentlich als CT-Thorax/Abdomen hätten gebucht werden müssen, da dies der Fragestellung und auch der rechtfertigenden Indikation entsprach.

Anhand einer Auswertung der konventionellen Becken- bzw. Hüftaufnahmen eines Projektteilnehmers wird die Problematik der verschiedenen Protokollnamen aufgezeigt:

Die automatische Auswertung nach Organ „Pelvis“ ergab für die Hüfte vier und für das Becken 18 verschiedene Protokolle. Beim Becken war eine differenzierte Auswertung nach Anwendung bzw. Fragestellung notwendig, da deutlich unterschiedliche Dosisanforderungen benötigt wurden. Der Dosiswert für den Median bei der Untersuchung „Becken ap“ war bei diesem Projektteilnehmer mit  $88,4 \text{ cGycm}^2$  deutlich niedriger als bei der Untersuchung „Becken stehend“ mit  $274,5 \text{ cGycm}^2$  oder bei der Untersuchung „Becken Inlet/Outlet“ mit  $470,3 \text{ cGycm}^2$ .

Für die Erhebung wurde die Differenzierung nach Studienbeschreibung „Becken“ und der Orientierung „ap/pa“ und allen Serienbeschreibungen automatisch ausgewertet. Das Ergebnis mit einem Median von  $105,5 \text{ cGycm}^2$  liegt in einem Bereich, der die Größenordnung realistischer widerspiegelt. Die Einführung eigener Referenzwerte für z.B.: „liegende“ Untersuchungen wurde hierbei diskutiert. Ziel ist es Dosisüberschreitungen zu erkennen, aber auch „offensichtlich“ erhöhte Dosiswerte davon zu unterscheiden.

Ein DMS muss die Möglichkeit besitzen, sowohl einzelne Expositionen als auch komplette Untersuchungen zu klassifizieren und mit den jeweiligen DRW zu überwachen. Die alleinige Benutzung der verwendeten Protokolle oder der Untersuchungsbezeichnung hat sich dabei nicht als ausreichend erwiesen. In der Praxis werden verschiedene Untersuchungen mit denselben Protokollen und umgekehrt durchgeführt (siehe Abbildung 4 und Abbildung 5). Auch werden verschiedene Protokolle bei Kombinationsuntersuchungen miteinander verknüpft oder nur einzelne Teile der jeweiligen Protokolle genutzt. Dies stellt vor allem für die Klassifizierung auf Serienebene hohe Anforderungen an das DMS. In der Praxis ist dies ein häufig auftretendes Problem.

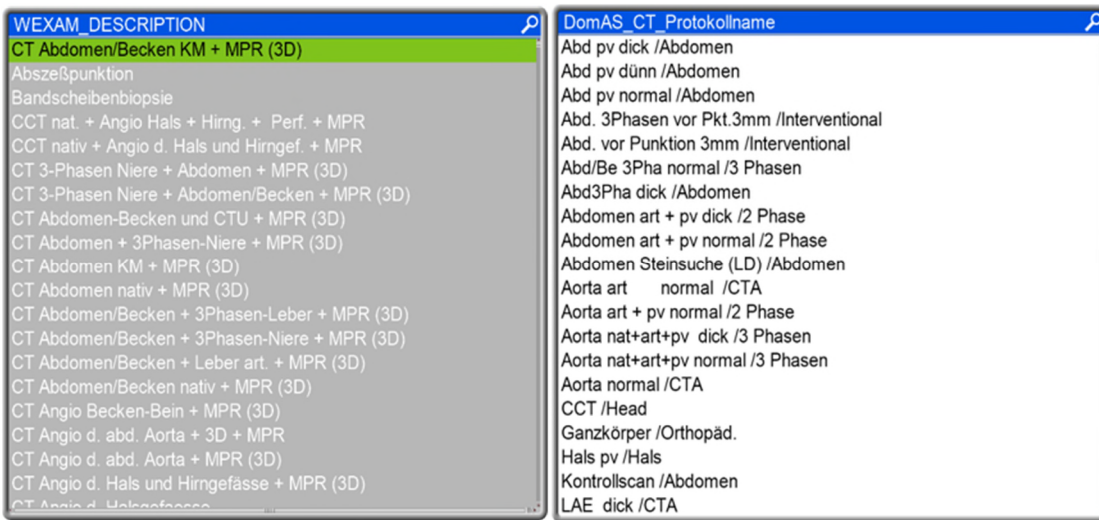


Abbildung 3: Verwendetes Protokoll (links) und durchgeführte Untersuchung (rechts) bei einem Computertomografie-Gerät.

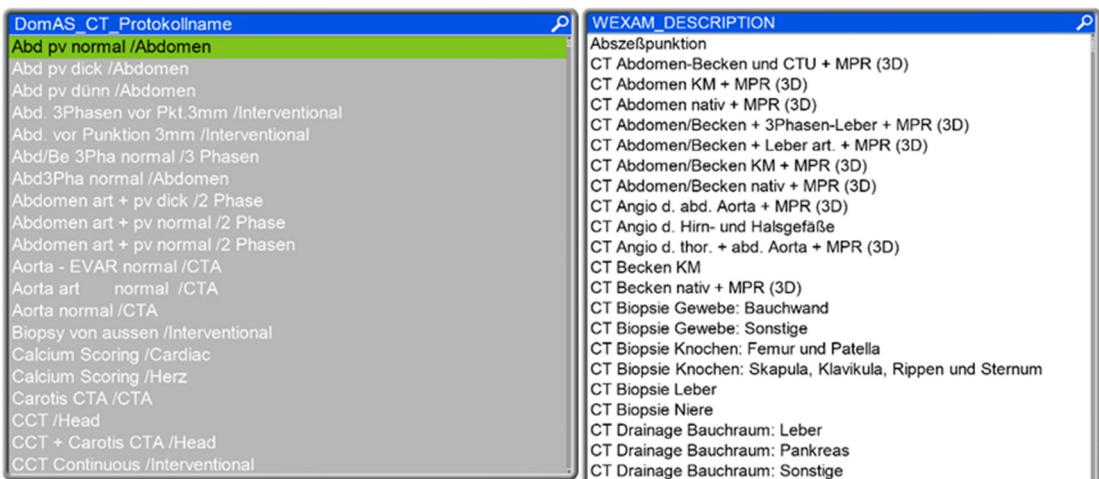


Abbildung 4: Durchgeführte Untersuchung (links) und verwendetes Protokoll (rechts) bei einem Computertomografie-Gerät.

#### 4.4.5 Vereinheitlichung der Protokolle

Bedingt durch benannte Probleme bei der Auswertung nach Protokollnamen geschah diese nach eingehender Analyse in der Regel nicht im DMS.

Es wurde vielmehr dazu verwendet, die Daten zu bündeln, um sie gruppiert in ein Tabellenkalkulationsprogramm zu exportieren. Dort wurden Untersuchungsarten mit einem Radlex-Code verknüpft, um die Gleichheit der unterschiedlichen Bezeichnungen zu erreichen. Mittels vielschichtiger Funktionen konnten die Werte analysiert werden. Als problematisch für die interinstitutionelle Auswertung erwies sich die Verknüpfung des Radlex-Codes mit unterschiedlichen Untersuchungstechniken mit dadurch stark variierenden Expositionsdaten. Die Radlex-Codes, aber auch LOINC (Logical Observation Identifiers Names and Codes) als Alternative zu den Radlex-Codes, weisen zu viele Daten auf, die nicht angepasst sind auf die deutschen bzw. europäischen Untersuchungsarten.

#### 4.4.6 Fehlerhafte Dokumentation von Expositionsdaten

Mehrmals ist aufgefallen, dass ein Teil der Dosisdaten im Radiologischen Informationssystem nicht vollständig bzw. offensichtlich fehlerhaft dokumentiert wurden. Bei einigen der Untersuchungen erfolgte die Dosisdokumentation ausschließlich im PACS, auf diese Daten konnte allerdings nicht in systematischer und automatisierter Weise zugegriffen werden. Bei den manuellen Dateneingaben gab es häufiger Fehler, wie andere Zeichen (z.



B. „#“ oder „+“) als Zahlen im Dosiswert, die wahrscheinlich aufgrund ihrer Nähe zur Eingabetaste mitgetippt wurden. Einige Zahlen waren auch offensichtlich falsch (deutlich zu hoch oder deutlich zu klein) für die verwendeten kV- und mAs-Werte, die mit analysiert worden sind. Hier ging ein Teil der Daten verloren.

Auch bei halbautomatischer oder sogar vollautomatischer Dosisdokumentation kam es zu falschen oder unvollständigen Daten. So war bei einem Projektpartner ein analoger Röntgenarbeitsplatz mit einem digitalen Detektorsystem nachgerüstet worden. Die Röntgenparameter (kV, mAs) sowie das Dosisflächenprodukt werden dabei über eine serielle Schnittstelle (Druckerausgang des Röntgengenerators) mit dem Bild verknüpft und in den Metadaten der Röntgenaufnahme hinterlegt. Leider weist der Generator die Eigenart auf das DFP zu akkumulieren, falls nicht nach jeder Aufnahme der „Reset“-Knopf gedrückt wird. Dies wurde häufiger versäumt. Dadurch tauchten im DMS teils stark erhöhte Dosisdaten für unterschiedlichste Aufnahmen auf. Dieses Gerät wurde aus der Datenerfassung herausgenommen. Durch intensive Schulung konnte das Problem stark reduziert, aber nicht komplett ausgeräumt werden.

Bei modernen, volldigitalen Systemen kann ein solches Problem nicht auftauchen. Allerdings gibt es hier Probleme mit der Vollständigkeit der Dokumentation. RDSR oder MPPS Nachrichten werden erst nach Abschluss der Untersuchung von der Modalität versandt. Bei einigen Herstellern ist es möglich weitere Untersuchungen durchzuführen, ohne die aktuelle Untersuchung formal zu beenden. Dieses wird zum Teil von den Applikationsspezialisten sogar gezielt geschult, da so einfacher Ergänzungsuntersuchungen durchgeführt werden können. Allerdings werden die Untersuchungen im Allgemeinen dann nicht abgeschlossen und somit keine Dosisdaten übertragen. Auch hier konnte das Problem durch intensive Schulung stark reduziert, aber nicht komplett ausgeräumt werden.

Ein anderes Beispiel für „offensichtlich“ erhöhte Dosiswerte ist an den CT eines Projektpartners aufgetreten. Seit einem erfolgten Softwareupdate schickt das CT nun je Serie ein RDSR. In dem RDSR sind allerdings auch die Dosen aller vorherigen Serien aufgelistet. Das angeschlossene DMS kann diese RDSR nicht richtig analysieren. Hier ist der Hersteller des CT gefragt.

Ganz kritisch sind die Datenstruktur und die Dosisdokumentation im Bereich der interventionellen Radiologie (siehe Kapitel 4 Modalität XA / RF). Hier sind nahezu alle Interventionen bspw. unter dem Begriff „DSA“ als Untersuchungsart angegeben. Nur durch Lesen der Fragestellung und der rechtfertigenden Indikation lässt sich die Art der durchgeführten Untersuchung erschließen. Dies ermöglichte keine strukturierte Auswertung, der in der interventionellen Radiologie aufgetretenen Dosiswerte. Erschwerend kam hier noch hinzu, dass in der Dosisdokumentation offensichtlich Fehler waren, da die in der Dosisanzeige des Systems in  $\text{mGycm}^2$  in  $\text{cGycm}^2$  in der Dosiserfassung im Radiologischen Informationssystem umgerechnet werden muss. Anhand der in Form eines Bildes abgespeicherten Dosisinformation, die im PACS vorlag, wurde deutlich, dass manchmal der Wert direkt in der falschen Einheit eingegeben wurde, oder die Umrechnung fehlerhaft war und der Wert, anstatt durch 10 zu teilen, mit 10 multipliziert wurde.

#### 4.4.7 Bestehende IT-Infrastrukturen

Ein weiteres Problem betrifft die Datenintegrität zwischen den einzelnen IT-Systemen. Damit diese sichergestellt wird, ist eine Einbindung in die zentrale IT-Struktur der Praxis bzw. Klinik notwendig. Diese Einbindung umfasst verschiedene Ebenen der administrativen Datenstrukturen. Hier ist die Ebene der Patientendaten zu nennen, bei der sichergestellt sein muss, dass der Patient in allen Systemen die gleiche ID, Name, Vorname, Geburtsdatum etc. besitzt, um eine eindeutige Identifizierung zu gewährleisten. Da im

Normalfall alle Patientenstammdaten im übergeordneten System (KIS oder RIS) geändert werden, muss das DMS die Änderungen nachvollziehen. Andernfalls läuft der Datenbestand in den Systemen auseinander und eine zuverlässige Dosisdokumentation ist nicht mehr möglich. Eine manuelle Pflege solcher Änderungen ist nur im Falle sehr kleiner Institutionen denkbar und selbst dort nicht zu empfehlen. Als weitere Ebene ist die Untersuchungsebene zu nennen. In der täglichen Routine kommt es immer wieder zu manuellen Eingaben der Patientendaten an den Modalitäten. Dies kann aus diversen Gründen, wie bspw. einer Notfalluntersuchung, dem Ausfall eines IT-Systems oder Ungeduld des Personals, geschehen. Ein klassisches Beispiel hierfür ist ein Polytrauma-Patient, der oft mit Patientendaten wie „Motorrad, Unfall 18:10“ eingegeben wird. Daher verfügt jedes PACS über Administrationsfunktionen, um Bilddaten dem korrekten Patienten und der korrekten Untersuchung zuzuordnen. Analog muss es möglich sein, auch die Dosisdaten im DMS entsprechend zuzuordnen. Diese Funktionalität ist bei vielen DMS momentan nur teilweise, oder gar nicht vorhanden.

Nach Einschätzung des Projektteams werden ähnliche schlechte Datenqualitäten in vielen Krankenhäusern auftreten, da dort vergleichbare Ausgangssituationen vorliegen. Für den Fall, dass patientenindividuell Expositionsdaten ermittelt werden müssen, ist dies immer möglich, es muss aber ein höherer Aufwand betrieben werden.

Personelle Ressourcen für Dosismanagement und Dosisoptimierung in den Fachabteilungen, waren generell nicht vorhanden.

## **5 Fazit**

Die Ergebnisse der Projektteilnehmer konnten vereinheitlicht dargestellt werden. Die Daten, der zu betrachtenden Untersuchungsarten, wurden bewertet. Pro Institut wurde festgelegt, welche der jeweiligen Protokolle Optimierungspotential aufwiesen. Die Bildqualität, muss dabei durch den jeweils verantwortlichen, fachkundigen Arzt abgenommen und weiterhin als ausreichend akzeptiert sein. Maßnahmen zur Optimierung sollte jeder Partner selbst wählen und mit dem Zeitpunkt der Umstellung dokumentieren.

Die automatische Erhebung der Dosiswerte ist für einen Großteil der Untersuchungen möglich. Allerdings sind die Untersuchungen wesentlich differenzierter dargestellt als mit den vorhandenen Diagnostischen Referenzwerten abbildbar. Dies kann aber durch die Einführung institutseigener Referenzwerte mit einem Bezug auf die angeforderte Untersuchung und den Bezug auf das „betroffene“ Organ kompensiert werden – wie am Beispiel „Becken“ in Kapitel 4 Modalität DX aufgezeigt wurde. Als Voraussetzung muss aber der BMI als korrektive Größe mit im Untersuchungsprotokoll aufgeführt werden. Dies ist aktuell nicht realisierbar.

Grundlegend konnte gezeigt werden, dass erst durch strukturierte Auswertungen unerwünschte Auswirkungen der eingestellten Protokolle sichtbar gemacht und mit den verantwortlichen Oberärzten und Leitern der Institute diskutiert werden. Abläufe und Parameter wurden in Zusammenarbeit mit der jeweiligen Abteilung zur Optimierung angepasst. Die aufgezeigte Verringerung der Dosis ist bei einigen Untersuchungen auf die exaktere Stammprotokollzuordnung im System zurückzuführen. Darüber hinaus wird ein differenziertes Optimieren auf Untersuchungsebene ermöglicht. Bei gleichzeitiger Anforderung zweier Orientierungen – also in einer Untersuchung, wie bspw. bei der Maßnahme „Thorax ap und lat“ – können die Dosiswerte bei einigen DMS nur nach Untersuchungscode analysiert werden. Dadurch werden beide Dosiswerte summiert und nicht einzeln aufgeführt. Eine Zuordnung zu den auf expositionsebene definierten DRW ist hier nicht möglich. Die Anpassung des klinischen Workflows hinsichtlich besserer Datenqualität ist nur schwer möglich. Hier besteht Nachbesserungsbedarf bei den Herstellern. Für eine automatisierte Darstellung von Dosisüberschreitungen ist es sinnvoll die Software entsprechend anzupassen. Die benötigten Daten zur Auswertung dieser

Untersuchungen können mittels einer Datenbankabfrage und entsprechenden Datenexport per Hand ausgewertet werden. Dies ist aber mit einem deutlich erhöhten Arbeitsaufwand verbunden und dem „normalen“ Anwender nicht möglich bzw. zuzumuten.

Typische Fehlerquellen sind die händische Anpassung der Seitenbezeichnungen und individuelle Erweiterung / Ergänzung einer ausgewählten Untersuchung durch die Nutzer an der Röntgeneinheit. Eine Schulung bzgl. Auswahl der Untersuchungen und deren Anwendung auf den Modalitäten muss durchgeführt werden.

An dieser Stelle muss auch die Dokumentation der rechtfertigenden Indikation hinterfragt werden.

Für das Dosismanagement der Modalitäten RF und XA ist die Einführung nachvollziehbarer Untersuchungsnamen / aussagekräftigen Protokollnamen essentiell. Da aber oft zu Beginn der Untersuchung nicht bekannt ist, welche Maßnahme letztendlich zielführend für die Intervention ist, sollte am Ende der Untersuchung die tatsächlich durchgeführte Art der Untersuchung protokolliert werden.

Die Erfassung dosisrelevanter Parameter über einen längeren Zeitraum mittels eines DMS konnte durch mögliche Übersichtstabellen und Diagramme den Anwender bei seiner täglichen Arbeit unterstützen. Allerdings können auch hier Interpretationsfehler, aufgrund unpassender Bezeichnungen, irreführend sein. Eine regelmäßige Kontrolle der Konfiguration und Systempflege, z.B. Zuordnung der Geräteprotokolle, ist obligat. Zu Beginn des Projektes erwies sich die Darstellung in sog. Dashboards als fehlerträchtig. Einige Schwierigkeiten mit den grafischen Darstellungen in den DMS konnten mit den Entwicklern diskutiert und teilweise behoben werden.

Die hohe Anzahl von Fehlaufnahmen muss reduziert werden. Neben Schulungen der MTRA hat sich gezeigt, dass auch mit den indikationsstellenden Ärzten eine Diskussion über Bildqualität und Bildinterpretation in einigen Fällen sinnvoll ist. Eine Umstellung der Dokumentation der Fehlaufnahmen wurde eingeführt.

Ein Dosismanagementsystem (DMS) ist sinnvoll und dringend empfehlenswert für Betreiber von Röntgeneinrichtungen, wenn eine größere Anzahl von Röntgeneinrichtungen ordnungsgemäß nach neuem Strahlenschutzrecht betrieben werden sollen. Es ist auch ein sehr wichtiges Handwerkszeug des Medizinphysik-Experten, damit dieser die ihm in § 132 StrlSchV zugewiesenen Aufgaben erledigen kann.

Es wurde überzeugend festgestellt, dass die Anwendung von DMS Dosisüberschreitungen aufdeckt und auf notwendige Optimierungsmaßnahmen aufmerksam macht. Dadurch konnten im Rahmen des Vorhabens nachweislich Patientendosen gesenkt werden. Der Aufwand zur Einführung und Aufrechterhaltung von DMS ist allerdings immens. Dies gilt vor allem für große Institutionen mit einem heterogenen Gerätepark und komplexen Untersuchungen.

Als Hindernisse bei der Einführung haben sich erwiesen:

- Es liegen keine vereinheitlichten und nachvollziehbaren Untersuchungsnamen vor, die interinstitutionelle Vergleiche erlauben.
- Die Datenqualität der Modalitäten ist sehr unterschiedlich. Die Hersteller der DMS haben noch große Schwierigkeiten unterschiedliche Daten zu vereinen.
- Unausgereifte und teilweise fehlerhafte DMS Software erfordert die manuelle Bereinigung und Auswertung der Daten mit externen Tools.
- Der Personalbedarf für die Einrichtung und Pflege eines DMS wird stark unterschätzt.

## **6 Literaturverzeichnis**

- [1] Oechler, L. Analyse von Fehlaufnahmen bei Röntgenuntersuchungen. Technische Hochschule Mittelhessen. Bachelorarbeit, 2019.
- [2] Kukuli, L. Vergleich und Dosisoptimierung von Scanprotokollen für vier verschiedene Computertomographen. Beuth Hochschule für Technik Berlin. Bachelorarbeit, 2017.
- [3] Hesse, L. Bewertung des Einsatzes des Dosismanagementsystems "DoseM" zur Optimierung von Röntgenanwendungen. Beuth Hochschule für Technik Berlin. Bachelorarbeit, 2018.