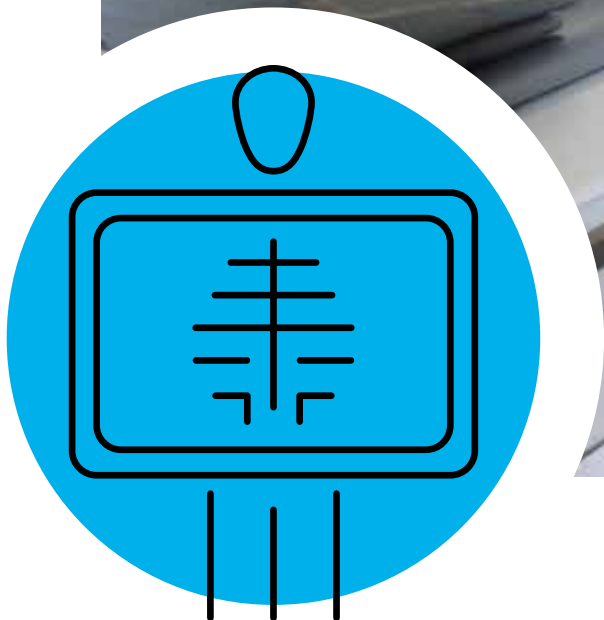




„ Wir werden schon in den nächsten Jahren erleben, dass wir anhand von radiologischen Bildinformationen für den einzelnen Patienten eine Prognose abgeben können hinsichtlich Therapieansprechen, rezidivfreien Überlebens sowie der generellen Überlebensrate.



INTERVIEW MIT PROF. STEFAN SCHÖNBERG

Radiomics – die Zukunft beginnt jetzt

In der Radiologie findet gerade eine mathematische Revolution statt: Medizinische Bilddaten können so mit Informationen aus der Genetik, der Labormedizin und der Klinik verknüpft und ausgewertet werden, dass eine gute Prognoseabschätzung möglich ist. kma sprach mit Prof. Stefan Schönberg über das Potenzial von Radiomics.

Es gibt einen Science-Fiction-Film, in dem sich die verletzte Heldin in eine Art OP-Kapsel legt, vollautomatisiert operiert wird, heraustritt und die Aliens besiegt. Wie lange dauert es noch, bis so etwas Wirklichkeit wird? Bis es eine Maschine gibt, die sowohl Diagnostik als auch Therapie beherrscht und ohne menschliche Hilfe arbeitet?

Viele der technischen Möglichkeiten, die wir aus Science Fiction-Filmen kennen, beherrschen wir heute schon in der modernen Radiologie. Modernste Computertomografen können in weniger als einer Sekunde ein hochauflösendes Bild des gesamten Körpers aufnehmen und dies mit einer Strahlendosis, die teilweise unter der eines Transatlantikflugs liegt. Erfahrene interventionelle Radiologen können auf Basis dieser Bilder mit ihren Röntgen-Angiographiesystemen so gut wie jeden Winkel des Körpers erreichen, Blutungen stillen oder Tumore durch lokale Hitze über spezielle Nadeln zerstören. Durch integrierte Ansätze, die teilweise aus der modernen Robotik und Automatisierung kommen, werden diese Abläufe immer schneller, einfacher und qualitätsgesicherter. Neu ist jedoch, dass wir die individuelle Entscheidung für eine solche Behandlung immer mehr auf der Grundlage riesiger Datenmengen treffen können. Eine Analyse dieser Daten ermöglicht eine qualifizierte Aussage darüber, ob dieser spezielle Patient von einer besonde-

ren Therapie profitieren und wie sich seine Prognose durch die Behandlung verbessern würde. Interessanterweise finden diese bereits Realität gewordenen Möglichkeiten in Science Fiction-Filmen keinerlei Erwähnung. Die moderne personalisierte Medizin scheint offensichtlich bereits heute über die Vorstellungskraft von Filmemachern hinauszugehen.

Radiomics wird die Medizin revolutionieren, heißt es. Was verbirgt sich hinter diesem Begriff?

Radiomics heißt letztlich, dass radiologische Bilddaten und Bildinformationen systematisch in Korrelation gebracht werden zu Daten aus der Molekulargenetik, der Labormedizin und der Klinik. Mit speziellen Computerverfahren und Algorithmen kann aus den Bildern eine Vielzahl von Merkmalen herausextrahiert werden, die eine Prognoseabschätzung ermöglichen.

Können Sie die Dimension dieser Revolution anhand von zwei, drei Beispielen beschreiben?

Ein Affe und ein Delfin teilen mehr als 90 % ihres Genpools. Wir sind uns aber sicher alle darüber einig, dass die phänotypische Merkmalsausprägung, also das Erscheinungsbild völlig unterschiedlich ist. Genauso verhält es sich mit einer Krankheit, die trotz zahlreicher gemeinsamer Merkmale nicht ein, sondern viele, individuelle

Erscheinungsbilder hat. An diesem Punkt setzt Radiomics an. Das Herausarbeiten hunderter oder tausender Merkmale aus radiologischen Bildern ermöglicht die detaillierte Analyse des Phänotyps, d.h. des spezifischen Erscheinungsbildes einer Erkrankung in Korrelation zu der jeweiligen genetischen Konstellation und Präposition. Besonders interessant ist, dass dies auch bei Erkrankungen möglich ist, deren Ursache multifaktoriell ist, d.h. von der Vererbung über Umweltfaktoren bis hin zur Ernährung reicht. Auch hier kann die individuelle Schwere der Erkrankungsausprägung im Bild quantitativ erfasst und qualitativ ausgewertet werden.

Wo liegen die Grenzen des maschinenbasierten Lernens – oder gibt es keine?

Maschinenbasiertes Lernen ist ein weiteres, wichtiges Instrument im Baukasten des Radiologen. Das Verfahren kann sowohl auf der Bilddatenebene selbst eingesetzt werden, beispielsweise zur Erfassung der Struktur eines Tumors, als auch auf der Metaebene der Information, d.h. zur Generierung von statistischen Parametern aus einem Bild, die in die Hunderte gehen kann und eine quantitative Korrelation zu anderen Daten ermöglicht. Die Grenzen des maschinenbasierten Lernens hängen von der Verfügbarkeit qualitätsgesicherter großer Datenmengen ab, in denen die Rahmenbedingungen genau klassifiziert sind. Das bedeutet, dass die Arbeit mit unstrukturierten Daten wenig zielführend ist und es somit für uns alle eine neue Herausforderung bedeutet, vielschichtige Daten systematisch und in großen Mengen zusammenzuführen.

Unter Radiomics versteht man auch das Zusammenführen von Bildern und Labordaten. Damit steigt die Radiologie zum gleichwertigen Partner der Biotechnologie auf. Wie weit sind wir mit dieser Zusammenführung und welche Möglichkeiten eröffnet sie?



Foto: privat

Prof. Dr. med. Stefan Schönberg ist Direktor des Instituts für Klinische Radiologie und Nuklearmedizin am Universitätsklinikum Mannheim und Präsident der Deutschen Röntgengesellschaft (DRG).

„ Wir werden in Zukunft sicher eher mehr als weniger Radiologen benötigen.

In der Tat gehen wir davon aus, dass die Radiologie zu einem noch stärkeren Partner in der Biotechnologie und Molekularbiologie wird. Durch die bereits erwähnte synergistische Betrachtung von Genotyp und Phänotyp kann die Radiologie eine nicht invasive Analyse des Erscheinungsbildes von Erkrankungen anbieten und dies mit Einbindung der komplementären Informationen aus den gewebebasierten Technikfeldern.

Um Bildmerkmale in automatisierter, reproduzierbarer Weise in einem Hochdurchsatz-Verfahren zu extrahieren, benötigt man eine Plattform, die Daten speichert und Radiomics-Anwendungen unterstützt. Können Sie diese Plattform, diese Radiomics-Infrastruktur etwas genauer beschreiben?

Bislang gibt es eine solche Plattform nicht und die meisten Ansätze basieren noch auf unstrukturierten oder wenig strukturierten Daten, weshalb deren Aussagekraft noch fragwürdig ist. Ein zentrales Anliegen ist daher in der Tat der Aufbau von Datenplatt-

formen, die sicherstellen, dass einerseits die radiologischen Bilddaten absolut standardisiert und qualitätsgesichert für eine spezielle Fragestellung aufgenommen bzw. nachverarbeitet werden und andererseits alle komplementären Informationen aus der Klinik oder aus dem Labor beziehungsweise der Molekulargenetik in strukturierter Weise in Korrelation gebracht werden können. Selbstverständlich wird dies zu Trainingszwecken zunächst auf Basis von komplett anonymisierten Daten geschehen müssen.

Wird Radiomics den Softwaremarkt umwälzen? Wird es die bekannten PACS-, RIS- und Archiv-Hersteller in zehn Jahren noch geben – oder werden wir es mit ganz anderen Unternehmen zu tun bekommen?

Wir gehen davon aus, dass dies komplementäre Ansätze sind. RIS- und PACS-Software ist weiterhin wichtig, um die hohen Anforderungen an die Datenspeicherung und den Datenschutz zu gewährleisten. Gleichzeitig werden aber sicherlich immer mehr Software-Anbieter intelligente Algorithmen für die weitergehende Analyse dieser Bilddaten entwickeln. Wir sehen dies als einen integrativen Ansatz und vermutlich werden viele dieser Algorithmen gewissermaßen als Applikation für die Datenspeicher zur Verfügung stehen. Voraussetzung dafür ist allerdings, dass deren Qualität systematisch überprüft und validiert wird, worin wir auch eine wesentliche Aufgabe der Deutschen Röntgengesellschaft sehen. Die neuen Anbieter werden sicherlich nicht wie bisher nur aus der Informatik, sondern auch aus der Mathematik kommen.

Welche Rolle spielt das einrichtungsübergreifende Vernetzen von Wissen und Daten für Radiomics?

Das Management großer Datenmengen ist sicher eine übergreifende Aufgabe, die über gemeinsame Forschungsinitiativen und Förderprogramme wie beispielsweise das Förderkonzept Medizininformatik des Bundesministeriums für Bildung und Forschung vorangetrieben werden sollte. Hier gilt es noch zentrale Fragen der Datenspeicherung, die Datensicherheit und den Datenschutz betreffend zu klären. Die Aufgabe der Deutschen Röntgengesellschaft besteht eindeutig darin, die Qualität in der mathematischen Bildanalyse mittels maschinenbasierten Lernens und damit auch der Validität der Analysen sicherzustellen. Zu diesem Zweck werden wir auch eine eigene vollständig anonymisierte Plattform aufbauen und

unseren radiologischen Nachwuchs gezielt daran schulen.

Welche Rolle spielt eine einheitliche Terminologie für die Entfaltung von Radiomics – und wo stehen wir da bzw. welche Hürden gibt es?

Eine einheitliche Terminologie ist ganz entscheidend für die strukturierte Aufbereitung und Nutzung von Bilddaten. Die Deutsche Röntgengesellschaft hat bereits 2015 die vollständige Übersetzung von RadLex, einer kontrollierten Terminologie für die Radiologie, die unter der Federführung der RSNA entwickelt wurde, auf den Weg gebracht. Die aktuelle Version des RadLex umfasst insgesamt 46 000 Begriffe. Die Standardisierung der radiologischen Befundung mithilfe einer einheitlichen Struktur ist Voraussetzung dafür, innerhalb der einzelnen Erkrankungsentitäten mittels maschinenbasierten

Lernens aus den Rohdaten der Bilder quantitative Merkmale zu extrahieren, die dann zu den entsprechenden komplementären Informationen korreliert werden können.

Nicht wenige sind der Meinung, dass Radiologen überflüssig werden. Andere weisen den Radiologen eine Schlüsselrolle in der Präzisionsmedizin zu. Brauchen wir in Zukunft eher mehr oder weniger Radiologen?

Wir werden in Zukunft sicher eher mehr als weniger Radiologen benötigen, da sich die Informationstiefe der Daten vervielfachen wird. Haben wir bisher vornehmlich Bilddaten erzeugt, ausgewertet und Befunde erstellt, so werden wir zukünftig integrierte Informationen liefern können, die den gesamten Behandlungsprozess betreffen. Ich spreche hier gerne vom sog. „Informationskontinuum“, d.h. der



Foto: fotolia (Sebastian Kanitzki)



Foto: fotolia (psdesign1)

PROGNOSE

Die Analyse radiologischer Bilddaten (CT, PET, MRT) in Kombination mit Informationen aus der Genetik lässt Schlüsse bezüglich des Krankheitsverlaufes zu.

qualitätsgesicherten Analyse vom genetischen Fingerabdruck über die Rohdaten noch vor der Bildberechnung bis zur phänotypischen Merkmalsausprägung im Bild selbst. Nehmen Sie als Beispiel die Luftfahrt: Auch wenn der technische Fortschritt es vielleicht möglich macht, würde sich niemand von uns in ein unbemanntes Passagierflugzeug setzen. Und dies zu Recht, denn die Aufgaben des Piloten heute sind vielfältiger denn je, er ist derjenige, der mithilfe seiner vielen Assistenzsysteme zur Überwachung und integrativen Auswertung die bestmögliche Entscheidung treffen kann. Erst dadurch ist Fliegen sicherer, effizienter und präziser denn je geworden.

Wie viel Prozent der heutigen Arbeit eines Radiologen übernimmt die Maschine?

Ich sehe nicht, dass Aufgaben des Radiologen durch eine Maschine übernommen werden können. Nur die klinisch-ärztliche Kompetenz des Radiologen erlaubt es, über eine strukturierte Befundung Erkrankungen zu klassifizieren und differenzialdiagnostisch einzustufen. Danach beginnt jedoch ein neuer Prozess, den es derzeit so noch nicht gibt. Wir analysieren künftig neben dem reinen Bild verschiedene

Informationsschichten, ausgehend von der statistischen Analyse der Rohdaten über die maschinenbasierte Bildnachverarbeitung bis zur mathematisch-statistischen Korrelation zu anderen Merkmalen. Damit wird sich unsere alltägliche Arbeit schon verändern, weg von einer reinen Bildbetrachtung hin zu einer auch mathematisch getriebenen quantitativen Informationsverarbeitung und qualitativen Auswertung im Sinne einer Prognoseabschätzung.

Welche Aufgaben übernehmen Radiologen in Zukunft und welche Auswirkung muss das konkret auf die Ausbildung haben?

Ich spreche hier von der mathematischen Revolution der Radiologie. Nach der wissenschaftlichen Analyse verschiedener radiologischer Kontrastmittel in den neunziger Jahren und der Optimierung von Computertomografie und Magnetresonanztomografie in den frühen Jahren dieses Jahrtausends steht jetzt das Erlernen informationstechnologischer Methoden im Vordergrund, d. h. wir müssen Verfahren wie „neuronalen Netze“ oder „vektorbasierte“ Maschinenlernverfahren verstehen, um sie qualitätsgesichert in der klinischen Routine einzusetzen. Es war immer eine Stärke der Radiologie, Innovatio-

nen systematisch zu evaluieren und deren klinischen Stellenwert zu validieren und zu zertifizieren.

Wie wird sich die Radiologie im Krankenhaus konkret verändern? Viele kleine Häuser lagern beispielsweise die Radiologie derzeit an niedergelassene Dienstleister aus ...

Durch die Erhöhung der Informationstiefe hat der Radiologe auch neue Möglichkeiten, in den gesamten Behandlungsprozess einzugreifen. Bereits jetzt bietet die interventionelle Radiologie die minimal-invasive Behandlung von Gefäß- und Krebserkrankungen. Verantwortet der Radiologe mehr Wissen über den gesamten Patientenverlauf, kann er auch seine Rolle als Primärbehandler weiter ausbauen. Daher gehe ich davon aus, dass viele Krankenhäuser sich im Wettbewerb sogar eine Radiologie aufbauen bzw. bestehende Einrichtungen ausbauen, die selbstverständlich vernetzter und standortübergreifender als in der Vergangenheit agieren werden. ■

Interview: Jens Mau

