

Mathematica in der Strahlentherapie



Beispiel: Durchführung einer Geräteprüfung

Dr.rer.nat. Henrik Schachner, Praxis für Strahlentherapie und Radioonkologie, Weilheim/Obb.

Projektziel

Weitgehend automatisierte Durchführung und Auswertung von Geräteprüfungen.

Lösung

Am Beispiel eines einzelnen Gerätetests werden Fähigkeiten von Mathematica im Bereich der Strahlentherapie demonstriert.

Ergebnis

Eine Reihe von Gerätetests lassen sich tatsächlich einfacher, schneller und zuverlässiger durchführen. Zudem zeichnen sich zahlreiche weitere Anwendungsmöglichkeiten ab.

Projektziel

Ziel ist die möglichst automatisierte Durchführung und Auswertung dieser Geräteprüfungen unter Verwendung der digitalen Bildaufzeichnung bzw. unter Vermeidung von analogen Filmen und händischer Auswertung.

Beispielhaft für eine ganze Reihe solcher Anwendungen soll hier als typischer Fall die Auswertung eines Tests zur Verifikation der Lage und räumlichen Konstanz des Isozentrums beschrieben werden; dieses Isozentrum bezeichnet denjenigen Punkt im Raum, in dem sich wichtige Drehachsen des Gerätes schneiden. Im Wesentlichen sind das die Rotation des Strahlerkopfes („Gantry“) und die des Blendensystems im Strahlerkopf („Collimator“). In Abb.1 sind diese Rotationen für Gantry (1) und Collimator (2) skizziert, außerdem gezeigt ist die Position einer Stahlkugel (3) im angenommenen Isozentrum und das Bildaufnahmesystem (4).

Vorbemerkung

Die Bestrahlung mit hochenergetischen Photonen ist ein wesentlicher Bestandteil in der Behandlung von Krebspatienten. Die dafür notwendige Strahlung liegt im MeV-Bereich, ist also 2 bis 3 Größenordnungen energiereicher als diagnostische Röntgenstrahlung. Sie wird erzeugt und angewendet mit speziellen Bestrahlungsgeräten (typischerweise sog. „Elektronen-Linearbeschleunigern“), die komplexe medizinische Großgeräte darstellen. Sowohl bzgl. Dosierung als auch Lokalisierung der Strahlung ist eine hohe Genauigkeit gefordert, weshalb eine Reihe von regelmäßigen Geräteprüfungen vorgesehen sind. Sehr häufig werden für solche Tests allerdings noch analoge Filme belichtet, obwohl fast immer (für den klinischen Betrieb mit Patienten) ein digitales Bildaufnahmesystem zur Verfügung steht.

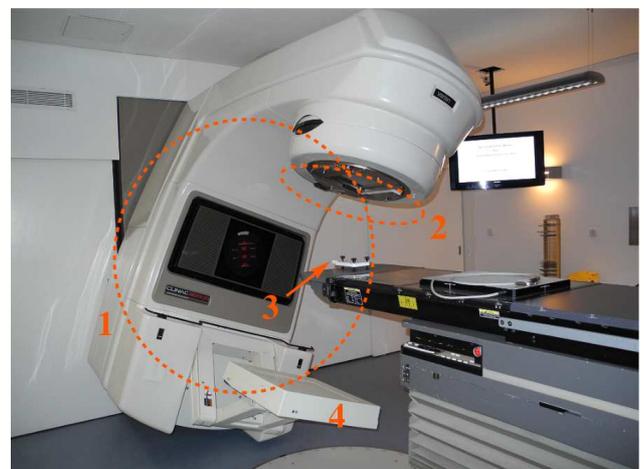


Abbildung 1: Gerät mit den beteiligten Komponenten.

Lösung

Als Test wird eine Stahlkugel im angenommenen Isozentrum (markiert durch sich dort kreuzende Laserebenen) positioniert und davon mit dem Behandlungsstrahl unter verschiedenen Gantry-/Collimatorwinkeln jeweils ein Projektionsbild aufgenommen. Diese Bilder können schließlich im DICOM-Format exportiert werden. Das DICOM-Format ist medizin-spezifisch: Neben den reinen Bilddaten ist ein „DICOM-Header“ enthalten mit sehr umfangreichen Informationen zu Patient, Gerät und jeweiligen Geräteparametern. Wie noch weiter beschrieben, ist Mathematica hier in verschiedener Hinsicht besonders hilfreich:

- problemloser Zugriff auf das DICOM-Format,
- automatisierbare Erkennung bzw. Abstrahierung von Details in Bildern,
- ansprechende 3D-Darstellung der Ergebnisse.

Die aufgenommenen Bilder zeigen also die Stahlkugel und außerdem den durch das Blendensystem eingegrenzten Strahl, z.B. Abb.2.

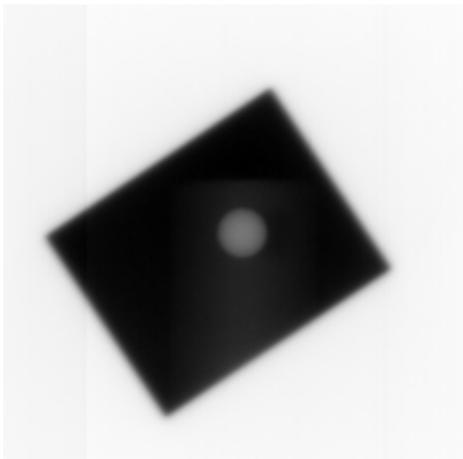


Abbildung 2: Ausgangsbilddaten zeigen Kugel und Blendeneingrenzung (Darstellung invers – wie für Röntgenbilder üblich).

Von diesen Bilddetails werden die Kanten als Graphik herausgearbeitet und davon (mittels

„MorphologicalComponents“) die Mittelpunkte berechnet, Abb.3.

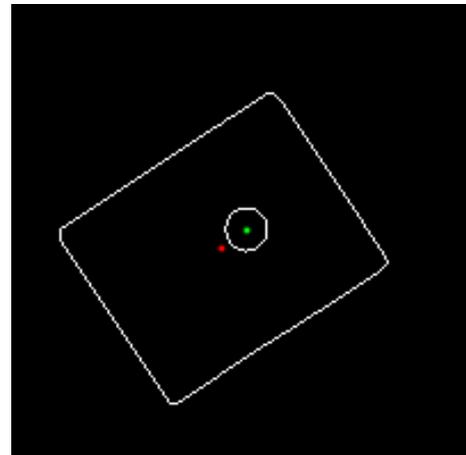


Abbildung 3: Abstrahierte Details und deren Mittelpunkte.

Diese Bilder sind mit ihren Parametern verknüpft, die direkt aus dem DICOM-Header stammen. Dies sind im Wesentlichen Gantry- und Collimatorwinkel und die Position des Bildaufnahmesystems.

Der Durchstoßpunkt der Rotationsachse des Blendensystems ist dann der Mittelwert der Blendenmitten bei einem festen Gantrywinkel, Abb.4. Auf diese Weise wird die Auswertung robust bzgl. Blendenfehlern. (Tatsächlich werden hier bewusst asymmetrische Blenden verwendet, um den Effekt deutlicher darzustellen.)

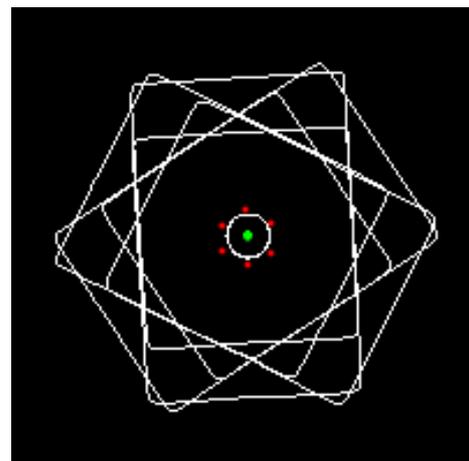


Abbildung 4: Überlagerung der Details bei diversen Collimatorwinkeln. Dessen Rotationsachse stößt durch den Mittelwert der roten Punkte (Blendenmitten).

Insgesamt besitzt man damit alle Informationen, die zur Auswertung nötig sind. Durch die Kenntnis des Imager-Fokus-Abstands und der Pixelabmessung (ebenfalls aus dem DICOM-Header) lassen sich Abweichungen direkt in [mm] angeben. Natürlich ist die grundlegende Idee dieses Tests simpel, dafür ist sie aber auch direkt darstellbar. Abb.5 zeigt ein solches Ergebnis. Die blauen Linien sind die berechneten Rotationsachsen des Collimatorsystems unter 6 äquidistanten Gantrywinkeln. Automatisch eingepasst ist darin eine Kugelsphäre, deren Durchmesser die Auswanderung des Isozentrums bei der Rotation des Geräts charakterisiert, der Mittelpunkt des Würfels (Ursprung der roten Pfeile) zeigt das angenommene und durch die Laser angezeigte Isozentrum. Die Abweichung der Isozentren ist die Vektordifferenz von Kugel- und Würfelzentrum und kann dann also leicht entsprechend korrigiert werden. Um unmittelbar die Größenordnung vor Augen zu haben, entspricht die Kantenlänge des grünen Würfels der Pixelabmessung des Bildaufnahmesystems.

In seiner Gesamtheit besteht dieser Test bei uns aus 72 (= 6 Gantry x 6 Colli x 2 Energien) Aufnahmen; eine Auswertung von Hand ist also keine Option.

Ergebnis

Allein schon durch den vollen Zugriff auf das DICOM-Format mit den darin enthaltenen Messparametern lassen sich Auswertungen einfacher und vor allem zuverlässiger durchführen. Dies, in Kombination mit den sonstigen Fähigkeiten, wird Mathematica zu einem unverzichtbaren Tool für den technischen Bereich in unserer Praxis machen.

Die „Erkundung“ weiterer Anwendungsmöglichkeiten in unserem Fachgebiet hat für uns eben erst begonnen. Besonders attraktiv ist in jedem Fall die bekannte Eigenschaft von Mathematica, Ideen sehr schnell testen und Projekte sehr schnell realisieren zu können.

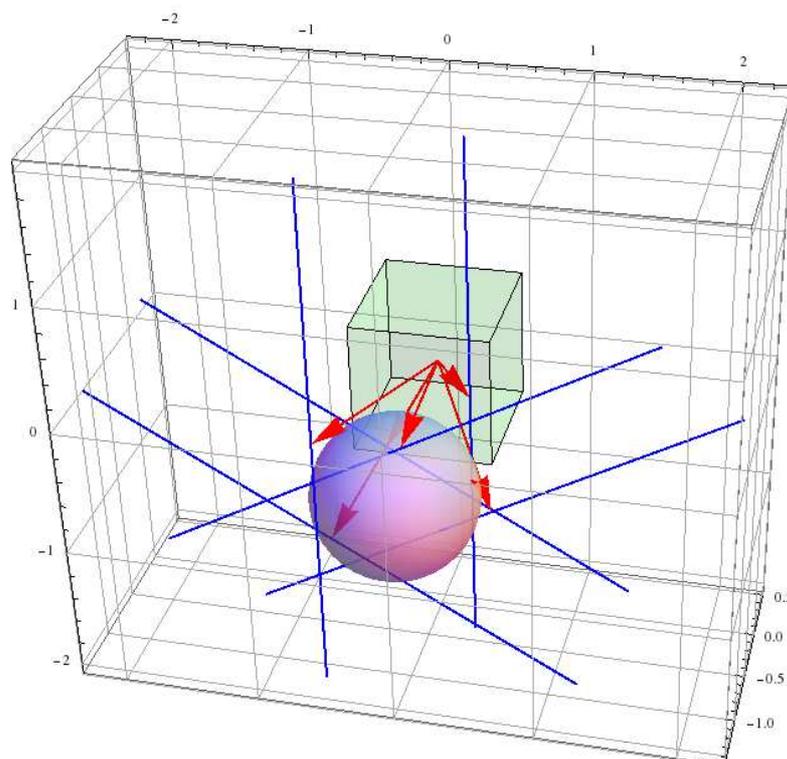


Abbildung 5: Ein mögliches Testergebnis (siehe Text).



ADDITIVE Soft- und Hardware
für Technik und Wissenschaft GmbH

Max-Planck-Str. 22 b
D-61381 Friedrichsdorf/Ts.

Telefon: +49 (0)61 72-59 05-0
Fax: +49 (0)61 72-77 613
E-Mail: info@additive-net.de
Internet: <http://www.additive-net.de/software>

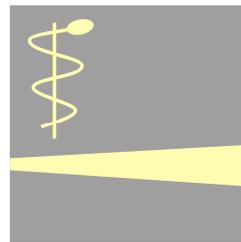
Die ADDITIVE GmbH ist ein Systemhaus, das Produkte und Dienstleistungen für technische, wissenschaftliche Anwendungen bietet. Mit zirka 45 hochqualifizierten Mitarbeitern aus unterschiedlichen Ingenieurdisziplinen, aufgeteilt in drei Geschäftsbereiche - SOFTWARE, IT-SERVICE und ACADEMY -, schaffen wir mit Ihnen zusammen einen Mehrwert für Ihre Anwendungen.

ADDITIVE wurde 1989 gegründet und hat seinen Firmensitz in Friedrichsdorf am Rande des Taunus. Durch die Nähe zu Frankfurt am Main sind wir in Deutschland wie auch international schnell bei Ihren Anwendungen vor Ort.

Die Kernkompetenzen von ADDITIVE liegen im Bereich der Datenerfassung/-analyse und Datenvisualisierung, Software für Mathematik und Statistik, Software für das statistische Qualitätsmanagement sowie Software für Chemie und Life Science und webbasierten Anwendungen.

ADDITIVE vermarktet Standardprodukte technisch führender Hersteller und ergänzt diese mit umfangreichen Ingenieurdienstleistungen. Diese reichen von der Beratung und dem Verkauf inklusive Pre- und After-Sales-Service bis hin zu kunden- und anwendungsspezifischen Erweiterungen, Systemintegration, Inbetriebnahme, Schulungen u.v.m.

ADDITIVE-Kunden finden sich in allen Branchen wieder, wie z. B. Finance, Automotive, Aerospace, Engineering, Pharma und IT-Services, der kompletten deutschen Forschungslandschaft und allen akademischen Institutionen.



Praxis für
Strahlentherapie und Radioonkologie
am Krankenhaus Weilheim

Dr.med. Monika Panzer,
Dr.med. Michaela Riepl,
Dr.med. Sophia Pachmann

Röntgenstraße 4
D-82362 Weilheim

Telefon: +49 (0) 881 924 5234-0
Fax: +49 (0) 881 924 5234-55
E-Mail: hs@strahlentherapie-weilheim.de
Internet: www.strahlentherapie-weilheim.de