



**Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg**  
**Medizinische Fakultät Mannheim**  
**Dissertations-Kurzfassung**

**Analyse des automatisierten Planungssystems „Erasmus-iCycle“  
im Vergleich zum manuellen Planungsverfahren der adjuvanten  
Radiochemotherapie des Magenkarzinoms mittels  
intensitätsmodulierter Radiotherapie**

Autor: Oskar Kupfer  
Institut / Klinik: Klinik für Strahlentherapie und Radioonkologie  
Doktorvater: Priv.-Doz. Dr. D. Bürgy

Die Radiotherapie ist eine postoperative Behandlungsoption zur Therapie des fortgeschrittenen Magenkarzinoms und bietet die Möglichkeit der Reduktion lokaler Rezidive. Das Bestrahlungsfeld beinhaltet ein großes und komplexes Planungszielvolumen (PTV). Es umfasst das Tumorbett, den Magenstumpf, die entstandene Anastomose und D2-3-Lymphknotenbereiche. Dies stellt auch für erfahrene Planer eine Herausforderung im Planungsprozess dar. Die automatisierte Bestrahlungsplanung bietet die Möglichkeit, den komplexen und zeitaufwendigen Planungsprozess zu verkürzen und einen institutsübergreifenden Qualitätsstandard festzulegen. Diese Arbeit analysiert die automatisierte Dynamische Rotations-IMRT-Planung (VMAT) mit Hilfe von Erasmus-iCycle im Vergleich zur manuellen VMAT-Planung durch einen erfahrenen Planer des Universitätsklinikums Mannheim (UMM) am Beispiel der adjuvanten Bestrahlungsplanung des fortgeschrittenen Magenkarzinoms.

Die Evaluation des Erasmus-iCycle-Systems erfolgte an 20 Planungs- Computertomographien (CT) von Patienten, die auf Basis dieser CT-Untersuchungen im Bereich der Magenloge postoperativ bestrahlt wurden. Die vorhandenen Bestrahlungspläne dieser Patienten wurden bei Bedarf auf Basis der CRITICS-Vorgaben re-konturiert, von einem Experten über die klinische Anwendung hinaus bestmöglich optimiert und dann als Kontrolle herangezogen. Die Tumorstadien der Patienten umfassen die Stadien Ib-IVa (Internationale Vereinigung gegen Krebs (UICC)). Für alle Patienten wurden die bereits konturierten Risikoorgane (OAR) geprüft und ebenfalls, falls notwendig, modifiziert. Zu den OAR zählen Herz, Leber, Lungen, Rückenmark und Nieren. Zur Zielvolumendefinition dienten die Studienvorgaben der CRITICS-Studie. Im Anschluss an die Konturierung wurden die Bestrahlungspläne erstellt. Die manuell generierten dual-arc VMAT-Pläne wurden durch erfahrene Planer der Abteilung für Strahlentherapie und Radioonkologie des UMM durchgeführt. Die manVMAT-Pläne und die autoVMAT-Pläne sollten eine Zieldosis von 45 Gray (Gy) in 25 Fraktionen enthalten. Zur Erstellung der autoVMAT-Pläne wurden die CT-Datensätze der Patienten im Anschluss an die Definition des Zielvolumens und der Prüfung bzw. Re-Konturierung der OAR an das „Department of Radiation Oncology des Erasmus MC Cancer Institute“ in Rotterdam übermittelt. Nach der Übertragung der Daten konnte die automatisierte Bestrahlungsplanung mittels Erasmus-iCycle erfolgen. Alle Pläne wurden von erfahrenen Radioonkologen auf eine klinische Tauglichkeit geprüft.

Der Vergleich der automatisierten und der manuellen Bestrahlungsplanung zeigt, dass beide Planungstechniken klinisch akzeptable Bestrahlungspläne generieren können. Die Ergebnisse der Abdeckung im PTV zeigen sich für beiden Vergleichsgruppen ähnlich (autoVMAT  $97,4 \pm 1,0$  %, manVMAT  $96,6 \pm 1,6$  %  $p = 0,085$ ). Allerdings zeigt sich im Bereich der Homogenität (autoVMAT:  $0,085 \pm 0,013$ , manVMAT:  $0,101 \pm 0,015$   $p = 0,003$ ) und Konformität (autoVMAT:  $0,914 \pm 0,019$ , manVMAT  $0,877 \pm 0,029$   $p < 0,001$ ) eine signifikante Verbesserung zugunsten der autoVMAT-Pläne. Im Bereich der rechten Niere kann die mediane Dosis bei autoVMAT-Plänen von 9,2 Gy auf 6,1 Gy reduziert werden ( $p < 0,001$ ); im Bereich der linken Niere ergibt sich eine Reduktion von 11,3 Gy auf 8,9 Gy ( $p = 0,002$ ). Die mediane Dosis im Bereich des Lebervolumens (abzüglich PTV) kann von 18,8 Gy auf 17,1 Gy reduziert werden ( $p = 0,048$ ). Eine weitere signifikante Dosisreduktion kann im Bereich von Dmax im Rückenmark erzielt werden (autoVMAT:  $31,6 \pm 2,6$  Gy, manVMAT  $38,3 \pm 3,7$  Gy  $p < 0,001$ ). Die kalkulierten „Komplikationswahrscheinlichkeiten für das Normalgewebe“-Werte (NTCP) der linken Niere, der rechten Niere und des Bestrahlungsvolumens Leber (abzüglich PTV) zeigen ebenfalls signifikante Reduktionen. Die signifikant erhöhte Anzahl der Monitoreinheiten (MU) der autoVMAT-

Pläne (autoVMAT:  $1001 \pm 134$  MU, manVMAT:  $781 \pm 168$  MU  $p = 0,003$ ) resultiert in einer Verlängerung der geschätzten Behandlungsdauer (autoVMAT:  $207 \pm 26$  s, manVMAT:  $168 \pm 19$  s  $p = 0,006$ ).

Für die adjuvante Strahlentherapie des fortgeschrittenen Magenkarzinoms bietet die automatisierte Bestrahlungsplanung mittels Erasmus-iCycle die Möglichkeit, klinisch akzeptable Bestrahlungspläne zu generieren und dabei die Strahlendosis innerhalb der OAR zu reduzieren. Des Weiteren kann mittels automatisierter Bestrahlungsplanung die Effizienz des Planungsprozesses erhöht werden. Andere Studien zeigten weiterhin, dass Protokollabweichungen ebenso reduziert werden können, wie die Abhängigkeit der Planqualität vom Anwender. Durch die erhöhte Konformierung weisen die autoVMAT-Pläne signifikant mehr MU und eine Verlängerung der Bestrahlungsdauer auf. Beiden Parametern wurde in der Wishlist keine Relevanz als Optimierungsparameter zugeordnet. Im Falle einer klinischen Relevanz könnten sie dort berücksichtigt werden. Zusammenfassend erzielt die automatisierte Bestrahlungsplanung der adjuvanten Bestrahlung des fortgeschrittenen Magenkarzinoms mittels Erasmus-iCycle im Vergleich zu den manuell erstellten Bestrahlungsplänen zufriedenstellende Ergebnisse. Auf Grund der positiven Bewertung der automatisierten Bestrahlungsplanung in dieser Arbeit, erscheint eine klinische Implementierung der automatisierten Bestrahlungsplanung mittels Erasmus-iCycle für die adjuvante Bestrahlung des Magenkarzinoms und für komplexe abdominelle Bestrahlungsfelder umsetzbar.