



www.it-v.net

White Paper

Niedrigdosierte Strahlentherapie entzündlicher Gelenkerkrankungen mit Halcyon

F. J. Prott¹ MD, U. Spahn¹ PhD, S. Weimert¹ PhD, S. Heyden^{2,3}, C. H. j. Eckert² MSc, C. Giro² MD,
M. Voelp⁴, M. Kretschmer^{2,3} PhD

¹ RNS Gemeinschaftspraxis, Strahlentherapie, Wiesbaden, Germany

² Radiologische Allianz, Strahlentherapie, Hamburg, Germany

³ Medizinphysikalische Allianz, Hamburg, Germany

⁴ IT-V.net, Innsbruck, Austria



Einführung

Die analgetische Strahlentherapie entzündlicher Gelenkerkrankungen hat in der ambulant-niedergelassenen Versorgung von benignen Erkrankungen mittels Linearbeschleuniger einen hohen Stellenwert. Durch die tiefe Integration der Therapiegeräte in Onkologieinformations-Systeme werden hohe Qualitätsstandards in Bezug auf Dosisprotokollierung, Therapie- und Nachsorgedokumentation erreicht.

Das Halcyon-System (Fa. Varian, Palo Alto, USA) ist ein kompaktes, auf einer Ring-Gantry montiertes Linearbeschleunigersystem mit einer CT-ähnlichen Öffnung von 100 cm Durchmesser. Ein klassisches Lichtfeld mit Laserisozentrum zur direkten Einstellung von Stehfeldern steht nicht zur Verfügung. Die Kollimierung des ausgleichsfilterlosen (FFF) 6MV Behandlungsstrahls als IMRT- oder VMAT-Behandlung erfolgt durch einen Dual-Layer MLC (28 x 28 cm²) mit einer virtuellen Leafbreite von 5 mm. Zwingend jeder Fraktion vorgeschaltet ist eine Bildgebung im Sinne einer IGRT, entweder als kV-CBCT oder orthogonale 2D-MV-Aufnahmen.

Die Herausforderung besteht also darin, die technisch einfache Strahlentherapie gutartiger Erkrankungen für ein hochmodernes IGRT Linearbeschleunigersystem ohne Lichtfeldeinstellung innerhalb einer Bore mit inhomogenen 6MV-FFF Behandlungsfeldern zu realisieren.

Wir berichten über die Implementierung der BEAM Technologie (**Benign Application Module**), am Halcyon-Linearbeschleunigern zur Behandlung entzündlicher Gelenkerkrankungen sowie erste klinische Ergebnisse.

Methode

Das BEAM Konzept für Halcyon-Linearbeschleuniger nutzt die Komponenten BeamSTEP und BeamPLAN. Um die typischerweise lichtfeldgeführte Einstellung der Behandlungslokalisation zu umgehen, wird eine spezielle Tischauflage aus Karbon (BeamSTEP) mit Aufdrucken klinisch verwendeter Stehfelder im Fokusoberflächenabstand von 100 cm genutzt. Diese lässt sich mit wenigen Handgriffen mithilfe des Indexsystems auf dem IGRT-Couch Top des Halcyon platzieren.

Bei distalen Lokalisationen wie Finger, Hand oder Ellenbogen befindet sich der Patient hinter dem Halcyon-System und bringt stehend oder sitzend die zu bestrahlende Region auf die geplante Abbildung in der Bore (Abb. 1. a, c). Fuß- und Knielokalisationen werden auf der Behandlungscouch liegend, feet-first in analoger Weise eingestellt (Abb. 1. b).

Abb. 1:

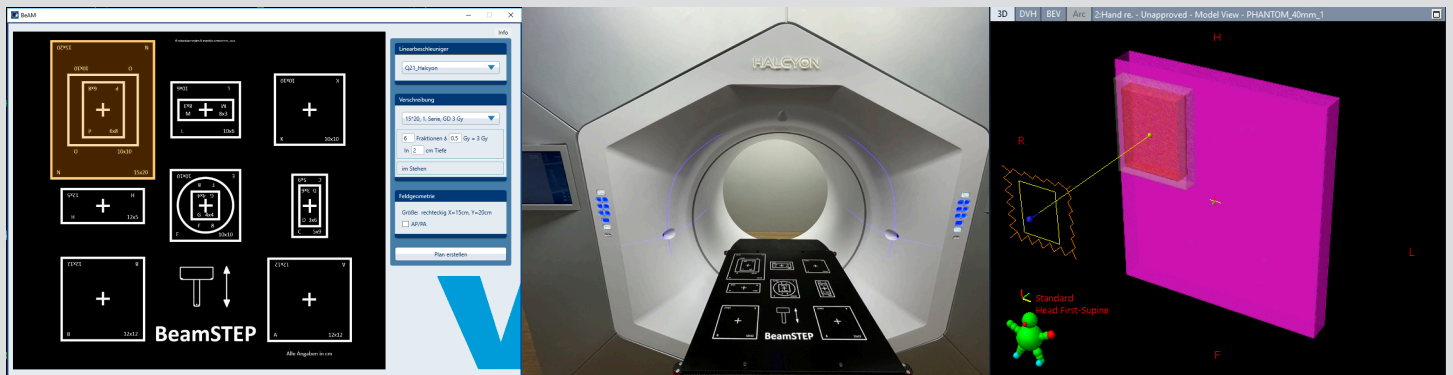
Typische Behandlungssituationen mit dem BeamSTEP (Tischauflage aus Karbon) für analgetische Behandlungen von: Zeigefinger (a), Ferse (b), gesamte Hand (c).



Da Halcyon stets einen bildgestützten Workflow (MV/MV) mit Referenz-CT und 3D-RT-Plan fordert, werden zur RT-Planung individuelle DICOM 3D-RT-Pläne (korrespondierend zur BeamSTEP-Tischauflage, Abb. 2. Mitte) basierend auf synthetischen CTs verschiedener Dicken zum Patienten errechnet (Abb. 2. rechts). Dies geschieht mit Hilfe der BeamPLAN-Applikation, die in ARIA ECLIPSE zur Erzeugung von opponierenden und Stehfeldplänen integriert wird (Abb. 2 links). BeamPLAN übernimmt dabei alle notwendigen Parameter aus der ärztlichen Verordnung, die mit vordefinierten Behandlungsfeldern zu einem 3D CRT Plan kombiniert werden. Dazu wählt der Anwender per Mausklick die Position und benötigte Feldgröße auf der abgebildeten BeamSTEP-Tischauflage. BeamPLAN erstellt dann 3D-CRT Bestrahlungspläne mit korrekten Tischpositionen und homogenen 6MV-Behandlungsfeldern (ventral oder dorsoventral).

Abb. 2:

BeamPLAN-Applikation in ARIA (links) zur RT-Planung verschiedener Feldgrößen basierend auf synthetischen CTs (rechts). Die ärztliche Verordnung kann zur Erzeugung des Bestrahlungsplanes verwendet werden. 6MV-FFF Felder werden in BeamPLAN durch eine IMRT-Sequenz „geglättet“. Die abgebildeten Feldformen korrespondieren direkt mit der am Halcyon genutzten BeamSTEP-Tischauflage (Mitte) aus Karbon und können via Maus-Click aktiviert werden.

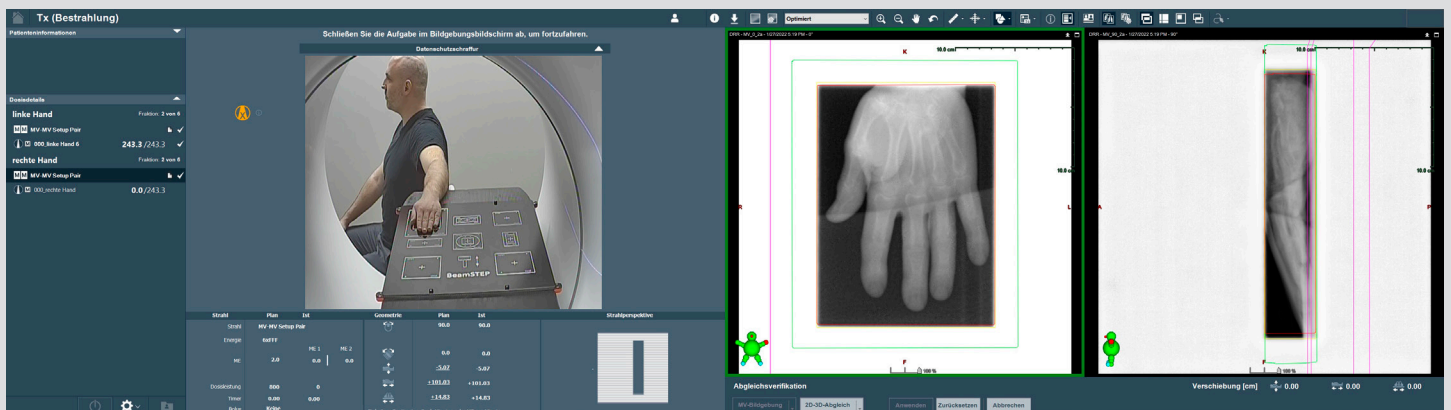


Zur Behandlung wird der Behandlungstisch durch das Move-to-Position Manöver vom Halcyon automatisch so verfahren, dass die Behandlungsregion des Patienten durch die MTRAs einfach in Deckung mit dem aufgedruckten virtuellen Lichtfeld gebracht wird. Durch die zwingende Halcyon MV-Bildgebung vor RT wird die korrekte Lagerung durch die MTRA gewährleistet.

Die Effizienz dieser Behandlungsmethode wurde exemplarisch am Beispiel von Arthrose bedingter Degeneration der linken Hand untersucht. Verglichen wurden Umlaufzeiten von Halcyon Behandlungen am Gerät der RNS Wiesbaden sowie TrueBeam und Clinac DHX der Radiologischen Allianz Hamburg. Die Umlaufzeit pro Fraktion beinhaltet den Transfer von der Umkleide zum Linearbeschleuniger, Lagerung, MV-Bildgebung, Behandlung und den Transfer vom Linearbeschleuniger zurück in die Umkleide.

Abb. 3:

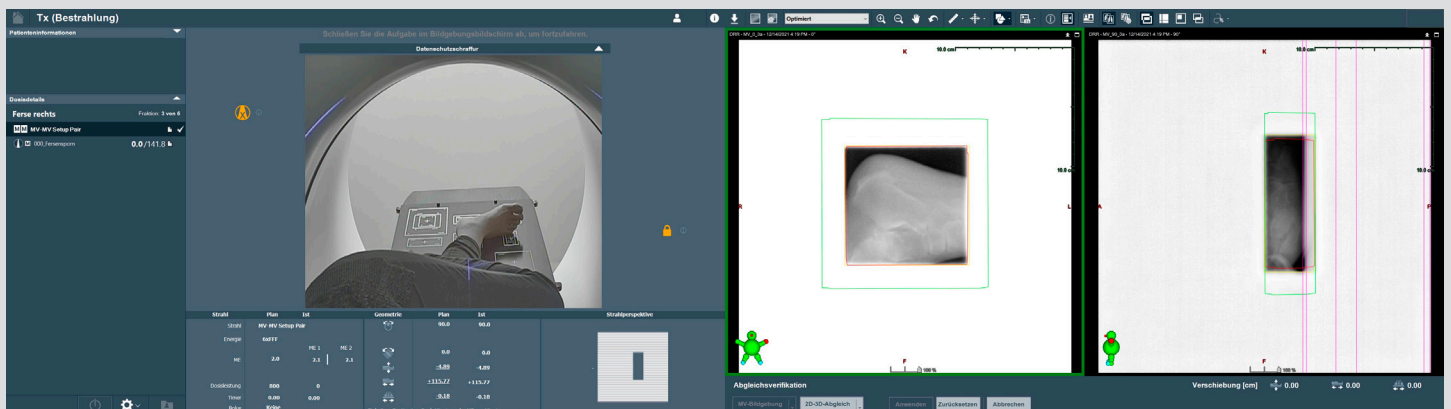
Typische Bestrahlungssituation im Bereich der linken Hand. Der Patient steht oder sitzt hinter der Gantry und legt seine Hand in das vordefinierte, virtuelle Lichtfeld der BeamSTEP-Tischaufgabe.



Eingeschlossen wurden die letzten 30 Behandlungen verschiedener Patienten zum Zeitpunkt der Datenabfrage pro Linearbeschleuniger. Verordnet wurden rechteckige ventrale Stehfelder ($100 \text{ cm}^2 - 150 \text{ cm}^2$) mit Einzeldosen von 0,5Gy oder 1Gy in sechs Fraktionen mit Dosierungstiefen zwischen 1,5 cm und 3 cm. Bei TrueBeam- und Clinac DHX-Behandlungen kamen unmodulierte 6MV-Photonen, bei Halcyon intensitätsmodulierte 6MV FFF-Photonen zum Einsatz.

Abb. 4:

Typische Patientenlagerung bei Fersensporenbehandlungen mit Halcyon.
Bei Fuss- und Knielokalisationen wird der Patient auf der Behandlungscouch liegend, feet-first eingestellt.

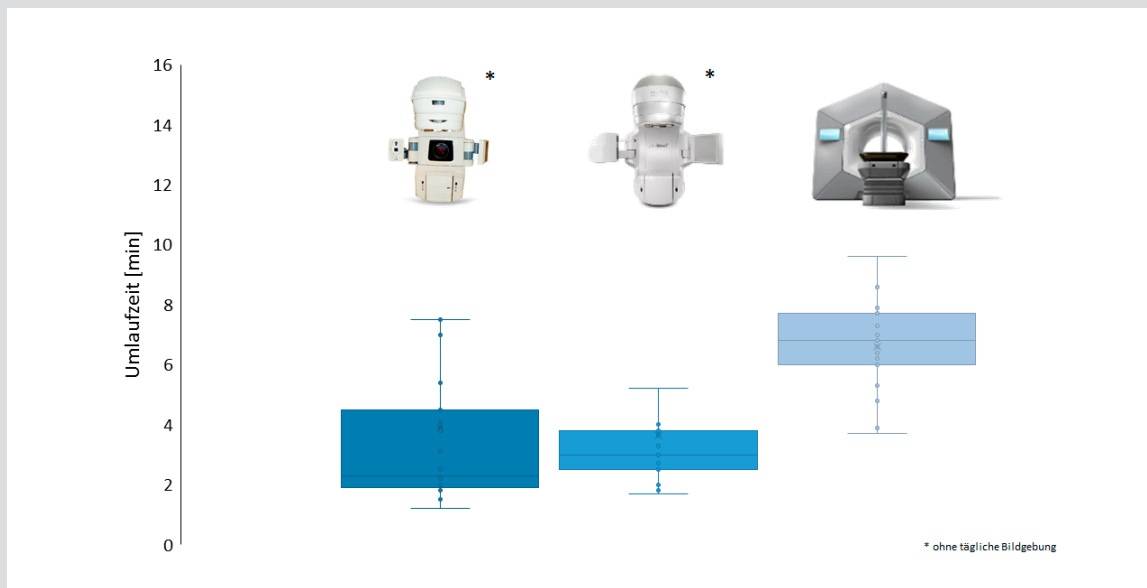


Ergebnisse

Der beschriebene Workflow zur Behandlung benigner Gelenkerkrankungen konnte für typische peripher gelegene Lokalisationen wie Kniegelenk, Fuß, Ellenbogen, Hand und Finger erfolgreich an den Halcyon-Linearbeschleunigern der RNS Wiesbaden implementiert werden. Die Installation und Schulung der BEAM-Technologie nahm etwa 4 Stunden in Anspruch. Mithilfe der in ARIA integrierten BeamPLAN-Applikation, konnten individuelle 3D-Bestrahlungspläne durch Übernahme der ärztlichen Verordnung in weniger als 2 min erstellt werden. Die Umlaufzeiten pro Fraktion und Patient betragen für Halcyon $6,6 \pm 1,4$ min (Mittelwert \pm Standardabweichung), TrueBeam $3,6 \pm 2,2$ min und für Clinac DHX $3,9 \pm 3,3$ min (Abb. 5). Die Bildführung am TrueBeam und Clinac erfolgte nur einmalig im Rahmen der Ersteinstellung. Die zur MV-Bildführung benötigte Dosis von 2MU/Fraktion wird im RT-Plan berücksichtigt.

Abb. 5:

Boxplots von Umlaufzeiten der Lokalisation „linke Hand“ verschiedener Varian Linearbeschleunigertypen (von links nach rechts: Clinac DHX, TrueBeam und Halcyon). Die Boxplots zeigen das Minimum, unteres Quartil, Mittelwert als X markiert, Median als waagerechte Linie, oberes Quartil und Maximum.



Diskussion

Die BEAM-Technologie erweitert das Anwendungsspektrum von Halcyon-Linearbeschleunigern um Behandlungsmethoden der analgetischen Strahlentherapie bei entzündlichen Gelenkerkrankungen. Mit der in ARIA bzw. ECLIPSE integrierten BeamPLAN-Applikation werden Stehfeld- oder opponierende Bestrahlungspläne unkompliziert und patientenindividuell erstellt, die unter Anwendung von virtuellen Lichtfeldern zur Lageausrichtung der Bestrahlungsregion am Halcyon effizient appliziert werden können. Die Strahlentherapie für die Lokalisationen Finger, Hand, Ellenbogen, Fuß und Knie ist innerhalb typischer Behandlungstimeslots möglich. Die im Vergleich zu klassischen Linearbeschleunigern um etwa 3 min nur leicht erhöhte Umlaufzeit von unter 7 min, ist in Anbetracht der Erweiterung des Therapiespektrums von Halcyon zu vernachlässigen. Der zusätzliche Zeitbedarf durch die vorgeschaltete MV-Bildgebung trägt hier unmittelbar zu einer Verbesserung der Behandlungsdokumentation bei.

Halcyon, ARIA und ECLIPSE sind eingetragene Warenzeichen von Varian Medical Systems, Inc.

Kontakte

IT-V Innovative Technologie Völp

Exlgasse 20a
6020 Innsbruck
Österreich
T +43 664 411 33 24
F +43 512 27 75 77
@ office@it-v.net
w www.it-v.net

Service und Support Deutschland Mitte/Süd/CH

Boris Jäger
T +49 151 27 57 91 99
@ b.jaeger@it-v.net

Service und Support Deutschland NRW

Kerstin Grings
T +49 172 298 38 87
@ k.grings@it-v.net

Service und Support Deutschland Nord/Ost

Rudi Schröder
T +49 171 554 46 90
@ r.schroeder@it-v.net

Service und Support Deutschland Ost

Anja Munk
T +49 172 617 85 12
@ a.munk@it-v.net

Service und Support Deutschland Süd/AT

Markus Völp
T +43 664 400 90 09
@ m.voelp@it-v.net

Service und Support Innendienst

Elisabeth Entner
T +43 664 411 33 24
@ e.entner@it-v.net



Innovative Technologie Völp