

mArc – VMAT mit dem Artiste

Universitätsklinikum
Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

mArc – VMAT mit Siemens Artiste





Ulrich Wolf, Amal Sheta

Universitätsklinikum Leipzig
Klinik für Strahlentherapie und Radioonkologie
Bereich Medizinische Physik und Technik

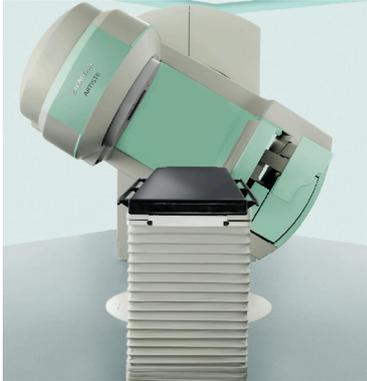
Klinik für Strahlentherapie – Medizinische Physik

mArc – VMAT mit dem Artiste

Universitätsklinikum
Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

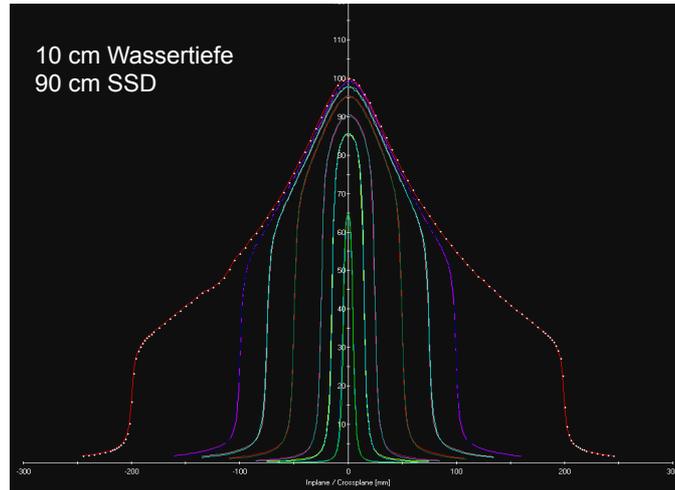
VMAT am Siemens Artiste

- 2 Artiste am UKL
- 10 MV FF
- 7 und 11 MV FFF
- IGRT:
 - kView (C-Target)
 - kVision (kV-Imaging)
- VMAT - mArc



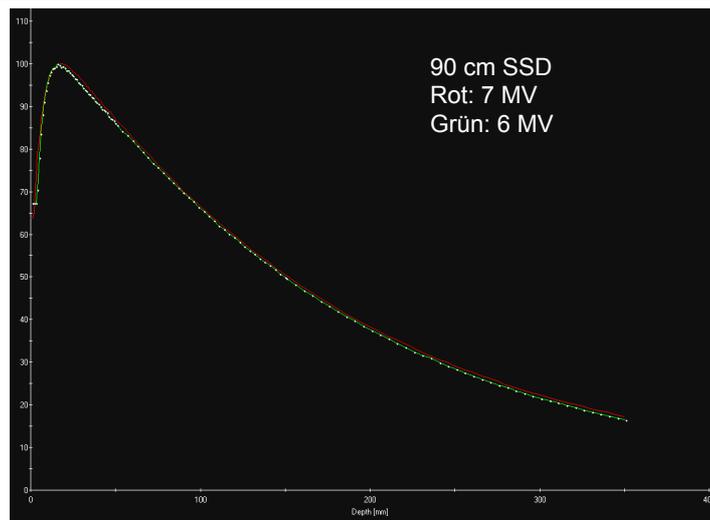
Klinik für Strahlentherapie – Medizinische Physik

Dosisquerprofile 11 MV FFF

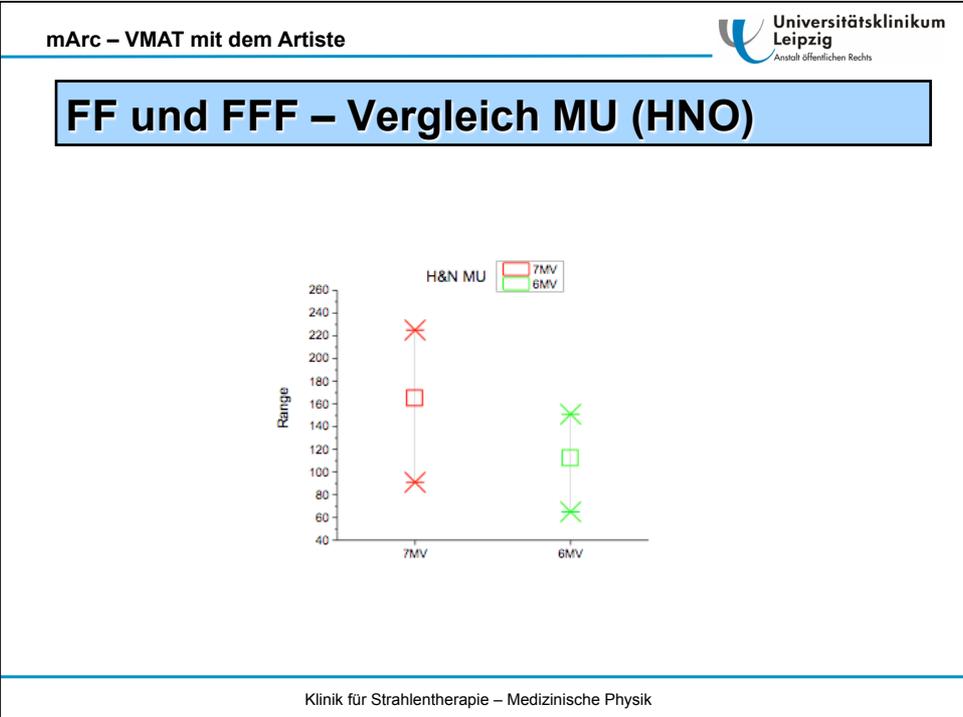
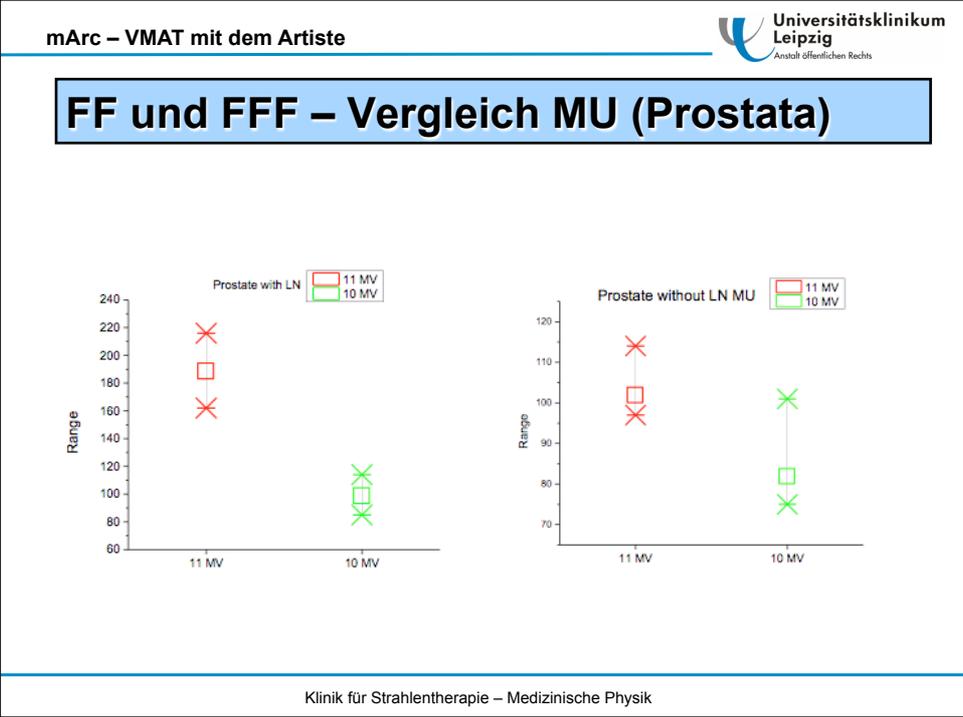


Klinik für Strahlentherapie – Medizinische Physik

Tiefendosisvergleich 6 MV FF – 7 MV FFF



Klinik für Strahlentherapie – Medizinische Physik



VMAT - Realisierung

- Varian: Rapidarc, Elekta: VMAT
 - Kontinuierliche Strahlung während Gantryrotation
- **Siemens: mArc (modulated Arc therapy)**
 - Strahlung nur an diskreten Einstrahlwinkeln, aber kontinuierliche Gantryrotation
 - Strobe-MAT, „Stotter-VMAT“



VMAT – Spezialform mARC

Konventioneller IMRT Plan:

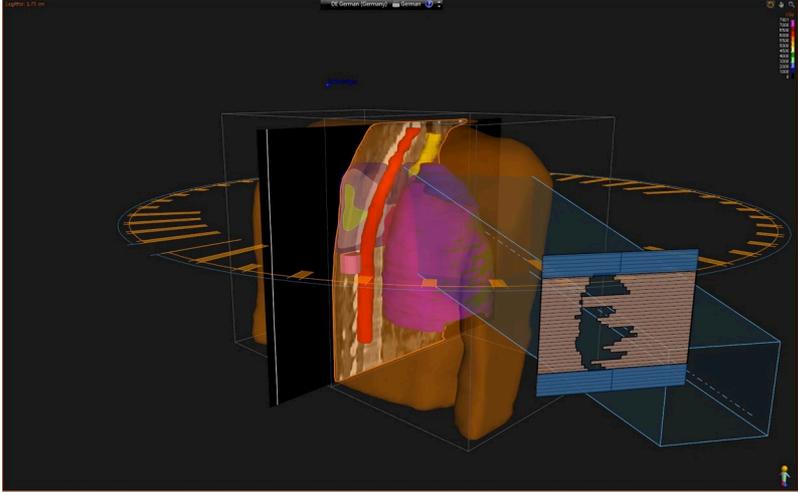
- Begrenzte Zahl von Feldern
- Begrenzte Anzahl Segmente pro Feld
- Bestimmte Dosis pro Segment
- Daraus wird gewünschte Dosisverteilung aufgebaut

• mArc – Philosophie

- Gleiches Prinzip wie statischer Ansatz aber über eine Rotation verteilt
 - Eine kontinuierliche Gantry Rotation mit max. 360°
 - Volle Rotation in diskrete Zahl von Optimization Points eingeteilt (max. 90 Optimization Points (OP)*)
 - Beschleuniger im “Burst mode” (high dose rate, bis 2000 MU/min) in kleinem Winkelbereich um Optimization Point
 - Feldform für nächsten OP wird zwischen 2 Bursts eingestellt (MLC Geschwindigkeit bis 4 cm/s)

mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum
Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

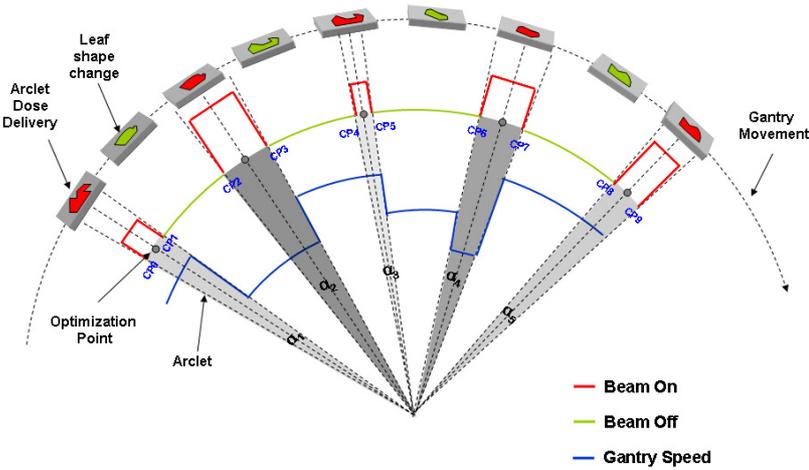
Prinzip mArc – Modulated Arc Therapy



Klinik für Strahlentherapie – Medizinische Physik

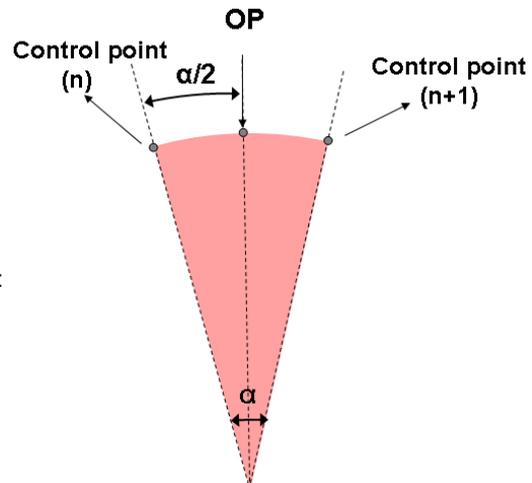
mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum
Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

VMAT – Realisierung (mArc)



— Beam On
— Beam Off
— Gantry Speed

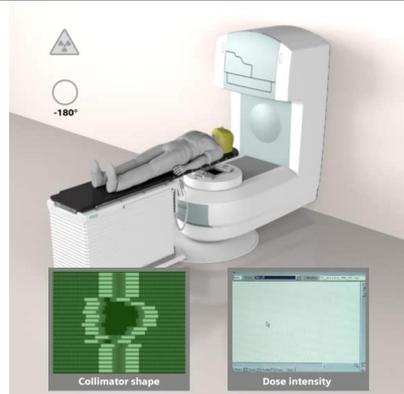
VMAT – Realisierung (mArc)



α - **Burst angle**
 $\geq 2^\circ$

Winkel zwischen OP:
Gantry spacing
 $\geq 4^\circ$

VMAT – Realisierung (mArc)



- Für komplexe Konstellationen von Zielvolumen und Risikoorganen sind auch 2 (oder mehr) Arcs möglich (CW/CCW)

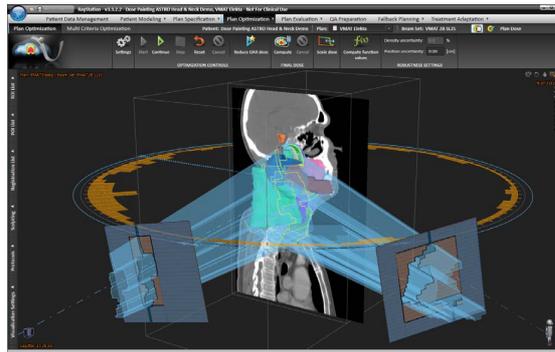
Planungssystem

Raystation (Raysearch Lab., Stockholm)

Version 3.0

IMRT-Optimierer steckt auch in Oncentra, Pinnacle, Eclipse...

VMAT-Modul für alle Linacs

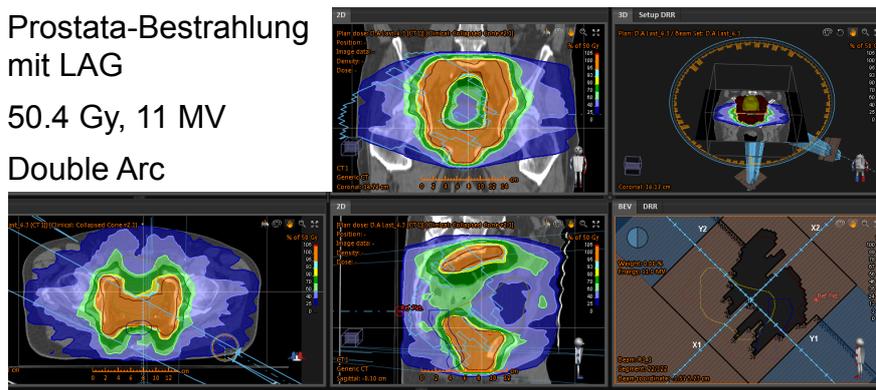


mArc – Beispiel Prostata mit LAG

Prostata-Bestrahlung
mit LAG

50.4 Gy, 11 MV

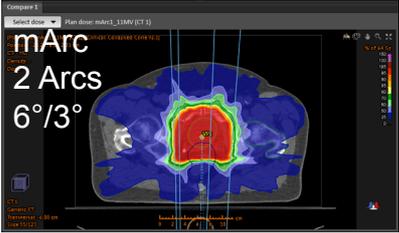
Double Arc



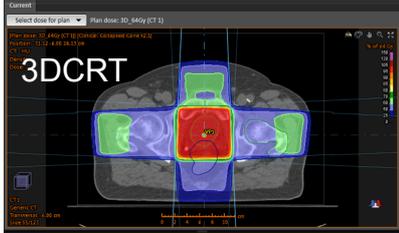
mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

Vergleich Dosisverteilung 3DCRT, IMRT, mArc

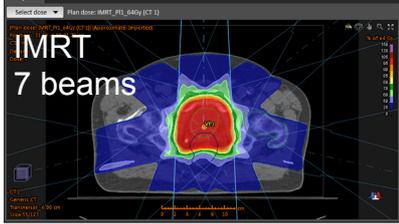
Prostata-Bestrahlung
64 Gy



mArc
2 Arcs
6°/3°



3DCRT

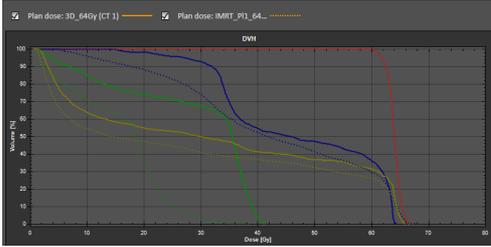
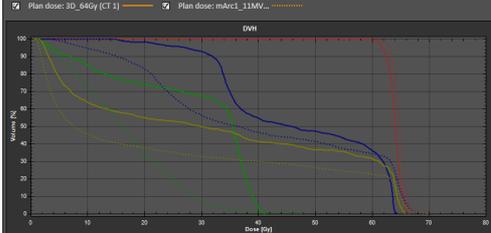


IMRT
7 beams

mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

Vergleich DVH – 3DCRT, IMRT, mArc

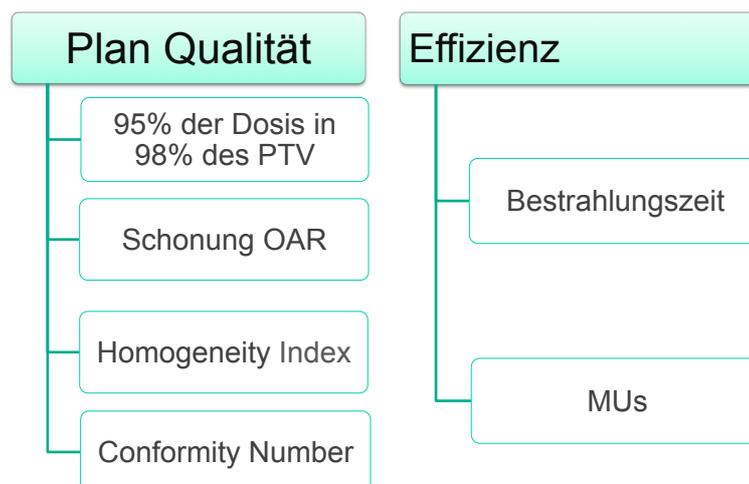
- DVH 3DCRT und IMRT mit 7 beams
- DVH 3DCRT und mArc mit 2 Arcs Gantry-Spacing 6°, Burst-Angle 3°

Leistungsfähigkeit von mArc?

- Planungsstudie zum Vergleich von Standard-IMRT mit verschiedenen mArc-Techniken
- Typische IMRT-Planungsaufgaben
 - Prostata (ohne und mit LN)
 - HNO
 - Je 6 Patienten
- Vergleich Planqualität und Effizienz der Verabreichung

mARC und IMRT Planungsstudie



mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum
Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

Planqualität – Klinische Parameter

Clinical goals

Prostate mit LN

Organ	Clinical Goal
PTV	Min dose (D98) = 47.88 Gy Max dose (D2) < 52.92 Gy
Rektum	V30Gy < 75%
Blase	V20Gy < 80% V40Gy < 60%
Femur L&R	D1(Max.dose) < 45 Gy

H&N

Organ	Clinical Goal
PTV	Min dose (D98) = 47.5 Gy Max dose (D2) < 52.5 Gy
Rücken- mark	D1(Max.dose) < 30 Gy
Contralat. Parotis	Mean dose ≤ 25 GY
Ipsilat Parotis	Mean dose ≤ 30 Gy

mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum
Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

Planqualität

1 – Homogenitäts-Index (HI)

Beschreibt Homogenität im PTV

$$HI = (D_2\% - D_{98}\%) / PD * 100$$

Mit:

- PD Verschreibungsdosis
- D_{2%} Dosis in 2 % des PTV (max.dose)
- D_{98%} Dosis in 98 % des PTV (min.dose)

Planqualität

2- Conformity Number (Van't Riet et al.)

$$CN = PTV_{RI} / PTV * PTV_{RI} / TV_{RI}$$

Berücksichtigt Abdeckung des PTV und Hochdosisvolumen außerhalb des PTV

Mit:

PTV_{RI} - Volumen des PTV innerhalb der Referenzdosis

PTV - Volumen des PTV

TV_{RI} - Gesamtvolumen der Referenzisodose

Referenzisodose = 95% der verschriebenen Dosis

Effizienz

Bestrahlungszeit

Ohne Zeit für Setup und Positions-Verifikation

mArc: delivery time vom TPS (raystation)

IMRT: Bestrahlungszeit aus MOSAIC

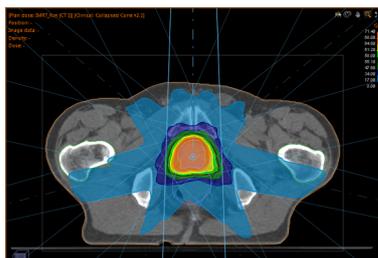
Erforderliche MUs

Berechnung vom TPS

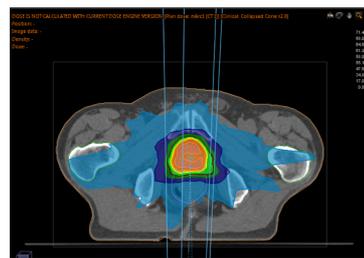
Prostata ohne LN (10 MV FF, 58/68 Gy)

Planqualität und Effizienz – Prostata o.LN

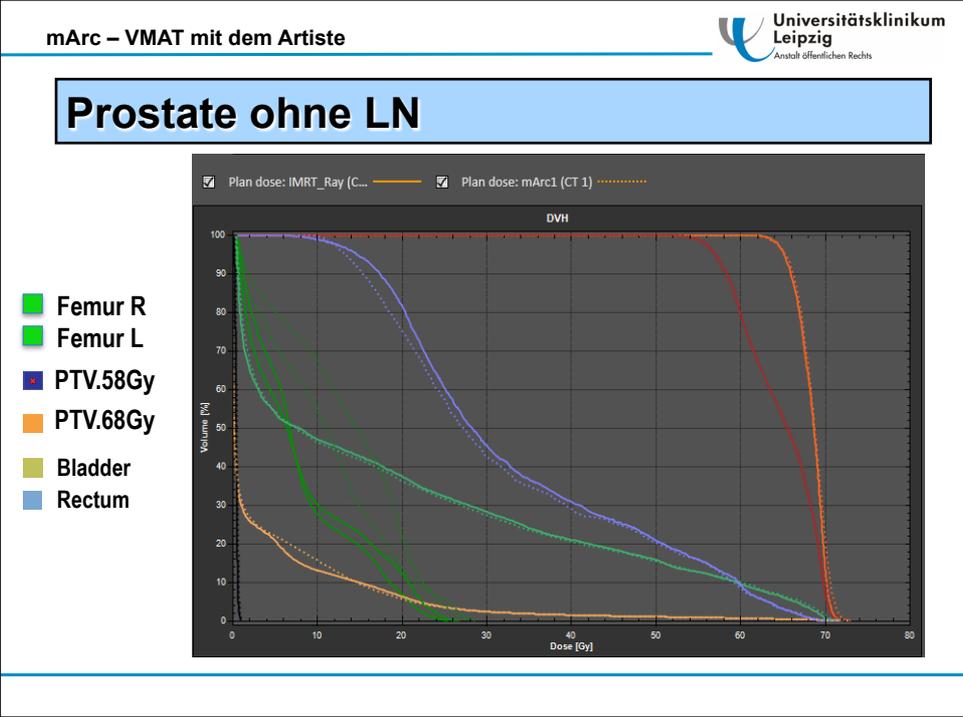
IMRT_7



1.Arc_8



Technique	CN	Treatment time(min)	MUs
IMRT_7	0.89	6 to7	549
1.Arc_8	0.89	1.8	518



mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum
Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

Prostata mit LN

(11 MV FF, 50.4 Gy)

mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum
Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

Planqualität – D98 und D2

Target Min.dose & Max.dose of Prostata with LN

Technique	(D ₉₈) min	(D ₂) max
IMRT_7	47.5 to 48.4	51.8 to 52.5
IMRT_9	47.9 to 48.1	51.8 to 52.4
1.Arc last_4	47.9 to 48.2	52.2 to 52.5
D.A last_6	47.9 to 48.1	52.1 to 52.3

mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum
Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

Planqualität – Prostata

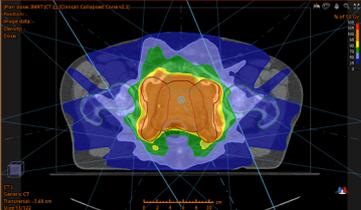
DVH of IMRT_9 ,1Arc_4 & D.A_6 of Prostata with LN

- PTV.Sum
- Rectum
- Harnblase
- Femur li
- Femur re

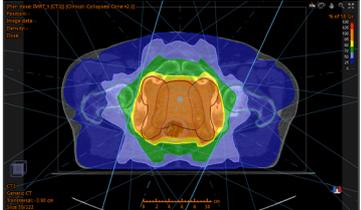
mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

Planqualität - Prostata

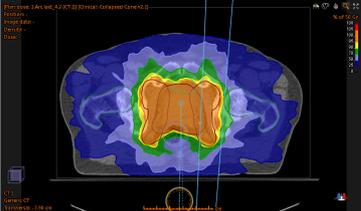
IMRT_7



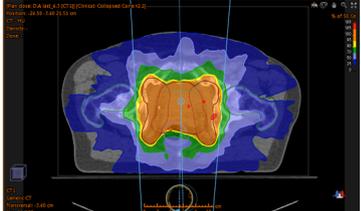
IMRT_9



1.Arc_4



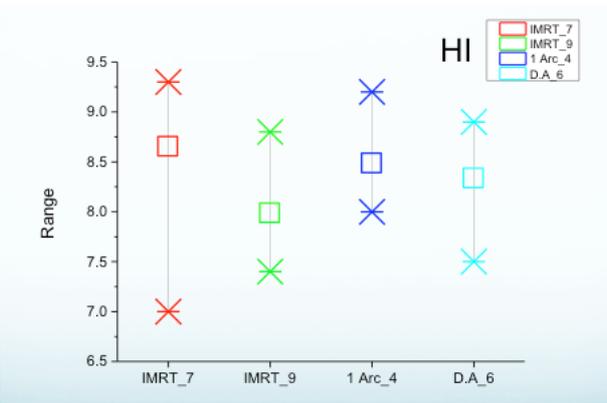
D.A. 6



mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

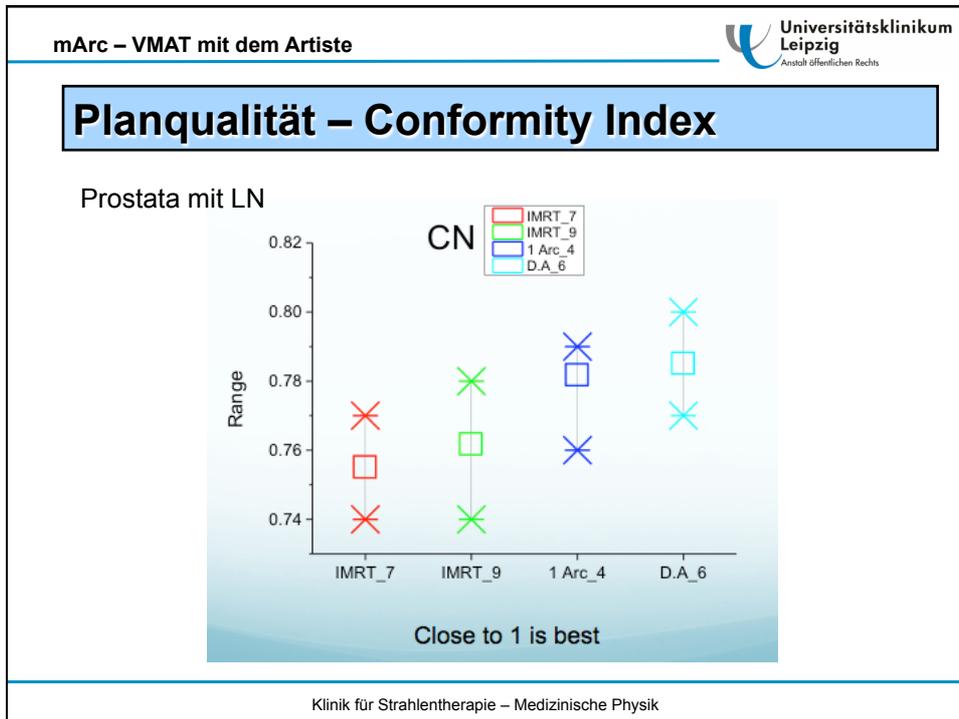
Planqualität – Homogenitätsindex

Prostata mit LN



Treatment Plan	Mean HI (Square)	HI Range (X)
IMRT_7	~8.6	~7.0 - 9.3
IMRT_9	~8.0	~7.4 - 8.8
1 Arc_4	~8.5	~8.0 - 9.2
D.A. 6	~8.3	~7.5 - 8.9

Klinik für Strahlentherapie – Medizinische Physik



mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum
Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

HNO

(7 MV FFF, 50 Gy)

mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

Planqualität – D98 und D2

Target Min.dose & Max.dose (H&N)

Technique	(D ₉₈) min	(D ₂) max
IMRT_7	47.4 to 47.7	51.6 to 52
1.Arc last_4	47.6 to 48	51.5 to 51.8
D.A last_6	47.2 to 47.95	51.6 to 52

mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

Planqualität – DVH

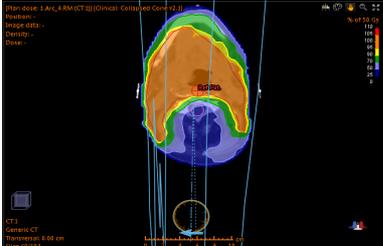
DVH of IMRT_7, 1Arc_4 & D.A_6

- PTV.Sum
- Spinal cord
- Parotid
- Parotid

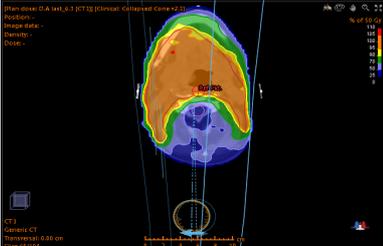
mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

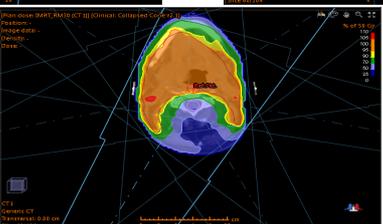
Planqualität – HNO

1Arc_4



DA_6



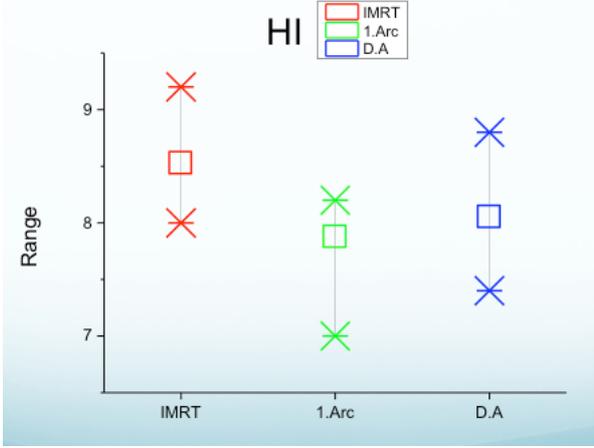


IMRT 7 Beams

mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

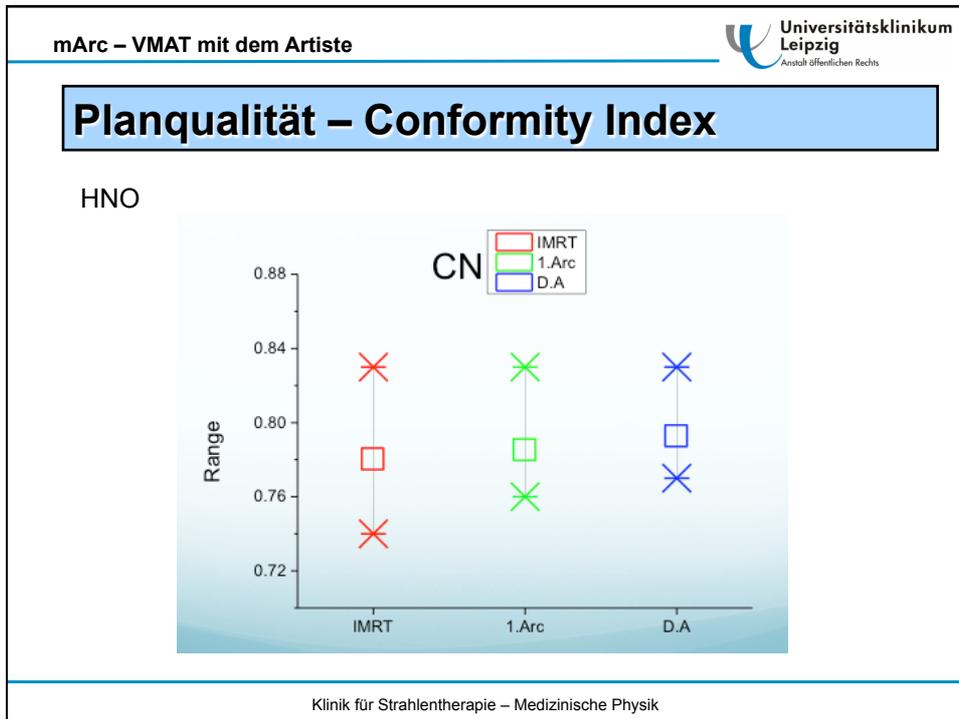
Planqualität – Homogenitätsindex

HNO



Technique	HI Values (Range)
IMRT	8.0, 8.5, 9.2
1.Arc	7.0, 8.2, 8.3
D.A.	7.4, 8.1, 8.8

Klinik für Strahlentherapie – Medizinische Physik



mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

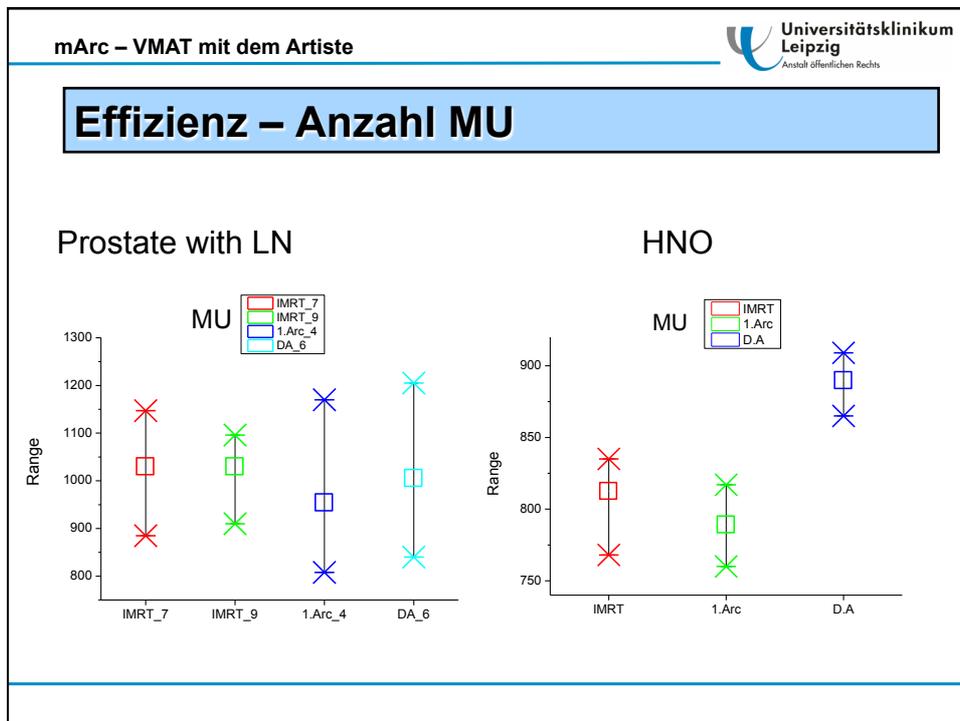
Effizienz – Bestrahlungszeit

Prostata mit LN

Technique	Treatment Time (min)
IMRT	8-9
1.Arc_4	6.3 to 6.9
D.A_6	6.3 to 7

HNO

Technique	Treatment Time (min)
IMRT_7	6-8
1.Arc_4	5.7 to 6.4
D.A_6	6.4 to 6.9



mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum
Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

Final Gantry Spacing (F.G.S)

Wichtigster Parameter für Planqualität
Bestimmt Anzahl der Optimierungspunkte

Number of (OP) = $\text{arc span degree} / \text{value of F.G.S}$

Vergleich Single Arc mit 4° und 6° F.G.S hinsichtlich
Planqualität und Effizienz

Prostata mit LN
HNO

mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum
Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

Final Gantry Spacing

Prostata mit LN

Technique	(D ₉₃) min	(D ₂) max
1.Arc_4	48.1 to 48.2	52.2 to 52.3
1.Arc_6	47.4 to 47.8	52.5 to 53

HNO

Technique	(D ₉₃) min	(D ₂) max
1.Arc_4	47.6 to 48	51.5 to 51.8
1.Arc_6	47 to 47.4	52.1 to 52.5

mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum
Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

Planqualität – Gantryspacing (HNO)

1Arc with F.G.S = 4 and 1Arc with F.G.S = 6

HI

Range

1.Arc_4 1.Arc_6

Better

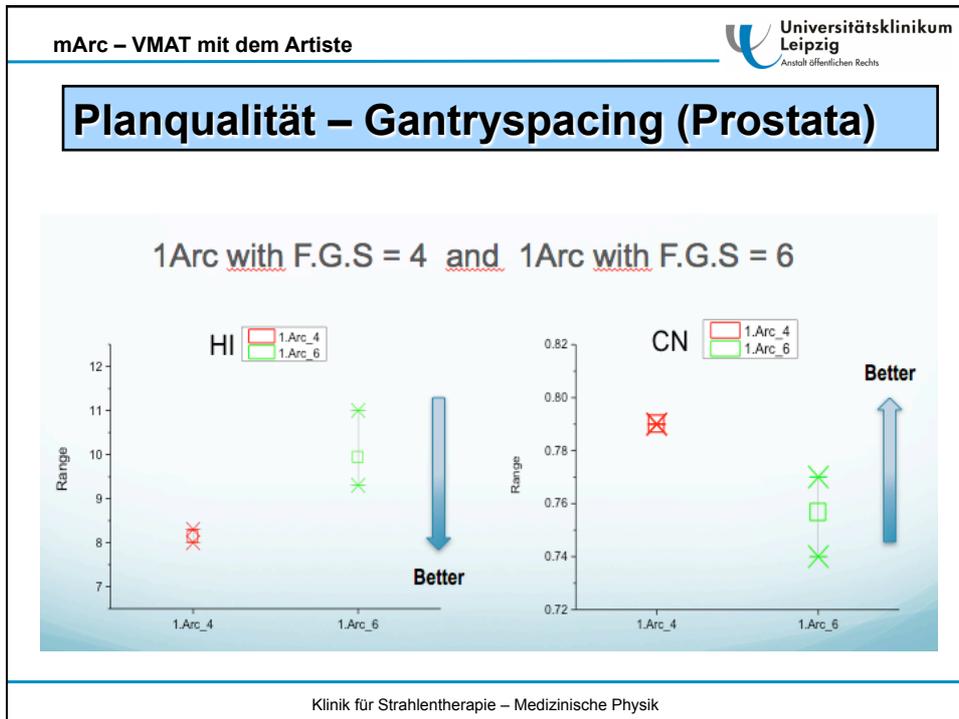
CN

Range

1.Arc_4 1.Arc_6

Better

Klinik für Strahlentherapie – Medizinische Physik



mArc – VMAT mit dem Artiste Universitätsklinikum
Leipzig
Anstalt öffentlichen Rechts

Final Gantry Spacing

Prostata mit LN

Technique	Treatment Time (min)
1.Arc_4	6.3 to 6.9
1.Arc_6	4.7 to 4.9

H&N

Technique	Treatment Time (min)
1.Arc_4	5.7 to 6.4
1.Arc_6	4.4 to 4.7

Zusammenfassung

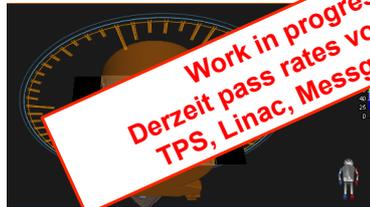
- Clinical goals (PTV, OAR) durch IMRT und mArc erreichbar
- mArc bei Prostata ohne LN deutlich schneller als IMRT bei gleicher Planqualität
- mArc bessere Konformität und Homogenität als IMRT mit 7 Feldern
- Schonung Rückenmark bei mArc besser als bei IMRT
- Für Prostata mit LN, Homogenität mit 9 Felder IMRT besser als mArc

Zusammenfassung

- Für Prostata mit LN: Bestrahlungszeit für SA & DA geringfügig kleiner als mit IMRT
- Für H&N Bestrahlungszeit für SA & DA ist etwa die gleiche wie mit IMRT
- Final gantry spacing (F.G.S.) hat großen Einfluss auf Planqualität und Effizienz
- Kleine F.G.S. bedeutet:
 - Dosisverteilungen im PTV homogener
 - Dosisverteilungen im PTV konformaler
 - MU und Bestrahlungszeit steigen an

mArc – Dosimetrische Verifikation

- Berechnung auf unabhängigem Planungssystem (OTP) und Vergleich der Dosisverteilungen
 - Erste Vergleiche zeigen gute Übereinstimmung im Hochdosisbereich (meist besser 1 %), größere Differenzen im Bereich Feldrand ($\approx 10\%$ und mehr)
- Vergleich berechneter und gemessener Dosisverteilungen im Phantom (CIRS Delta4)



Work in progress
Derzeit pass rates von < 90 %
TPS, Linac, Messgerät ???



Danke fürs geduldige Zuhören!