

A TREATMENT PLANNING STUDY COMPARING TOMOTHERAPY, VMAT, SLIDING WINDOW AND PROTON THERAPY FOR LOW-RISK PROSTATE CARCINOMA

Christopher Kittel

Scobioala et al. Radiation Oncology (2016) 11:128

[Link zum Artikel:](https://ro-journal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13014-016-0707-6)
<https://ro-journal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13014-016-0707-6>

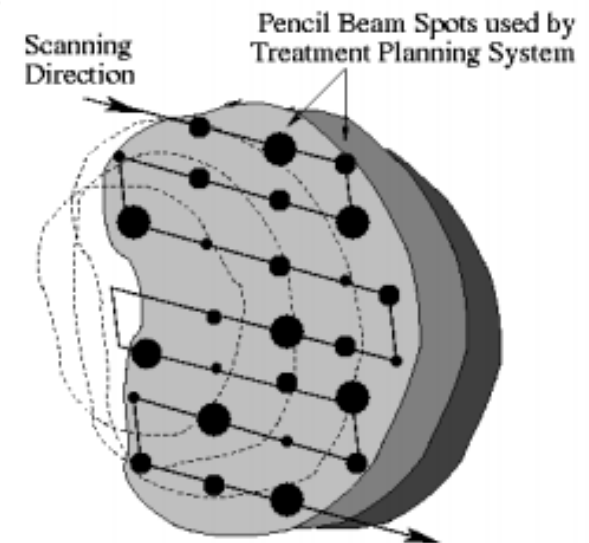
Anlass der Arbeit

- Anschaffung der Protonen-Planungssoftware der Firma Varian am UKM
- Vergleich der Protonentherapie zu anderen Radiotherapietechniken
- Speziell in der Behandlung des low-risk Prostatakarzinoms

Hintergrund

Protonentechnik: modulated-scanning Technik

- IMPT: „*intensity modulated proton therapy*“
 - PTV wird durch schmale Protonenspots abgerastert
 - Jeweils eine Energie pro Tiefe
 - In dieser Arbeit zwischen 100 - 235 MeV
- Applizierung der Dosis „layer by layer“



Material und Methoden

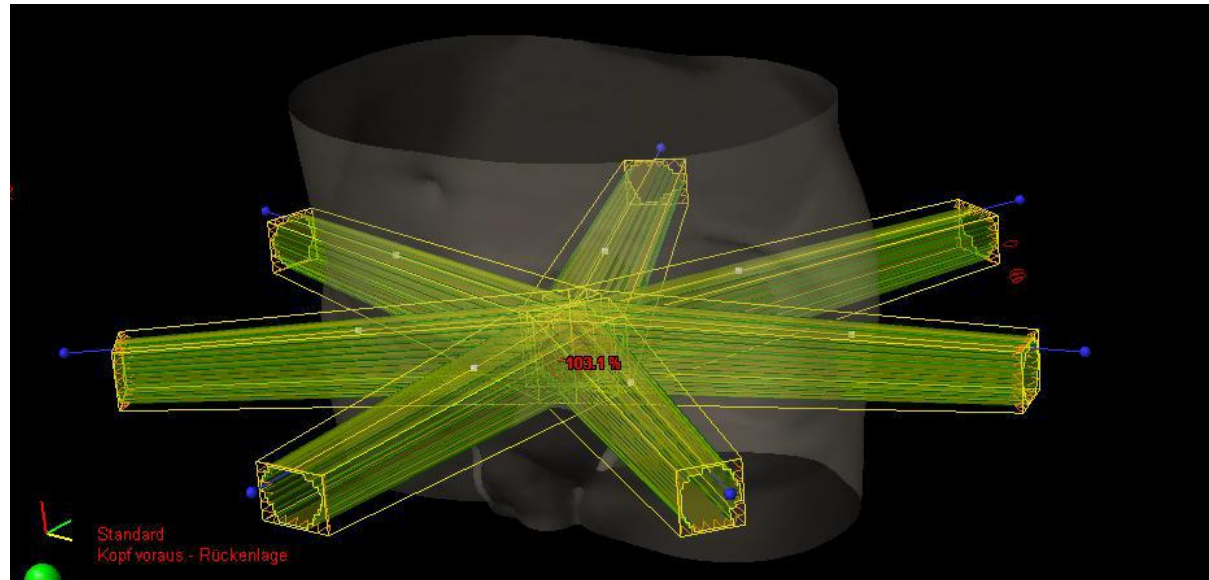
- Bestrahlungspläne für 20 zufällig ausgewählte Patienten mit low-risk Prostatakarzinom
- Planungsgrundlage: CT mit 3mm Schichtdicke fusioniert mit einem 1.5T MRT
- Definitive Bestrahlung mit 1.8Gy ad 79.2Gy
- Techniken des Vergleichs:
 - Sliding Window – IMRT
 - Volumetric modulated arc therapy – VMAT
 - Helikale Tomotherapy - HT
 - Intensity modulated proton therapy – IMPT

Techniken

– IMRT:

7-Felder mit Einstrahlwinkel von 0° , 51° , 102° , 153° , 204° , 255° , 306°

Energie von 15 MeV

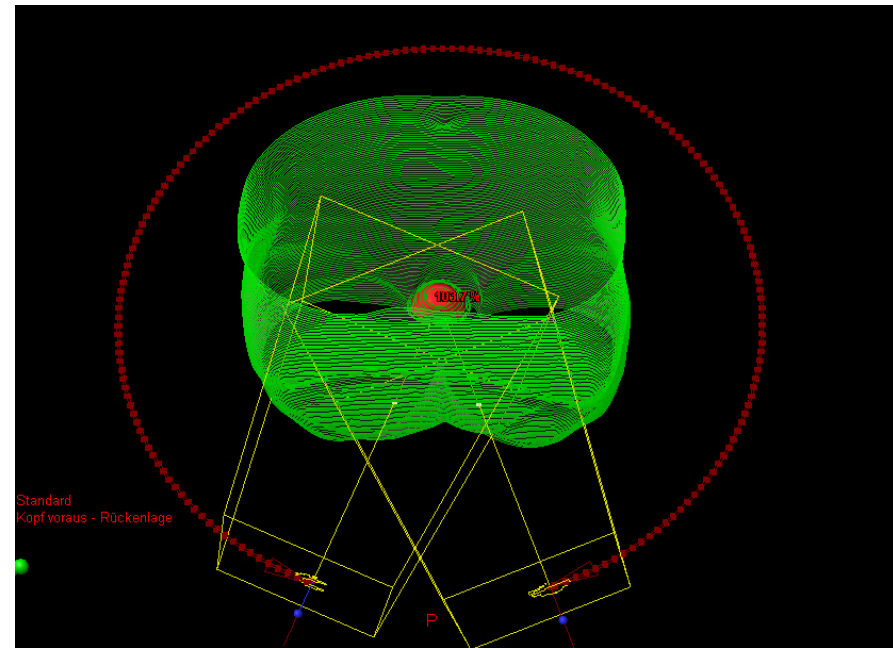


Techniken

- VMAT:

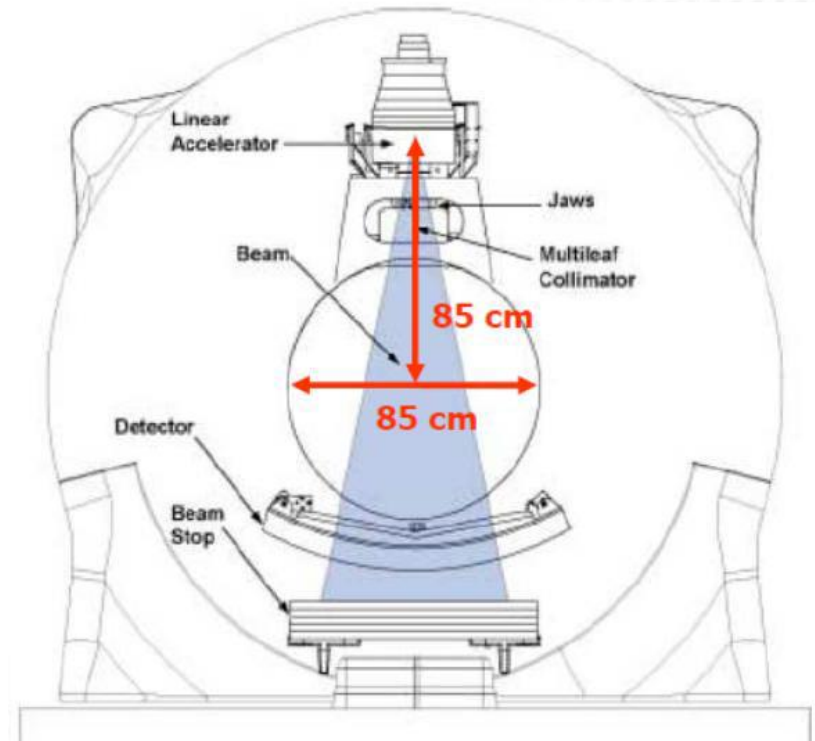
2 inkomplette Bögen mit einem Winkelbereich von 200° - 160°

Energie von 15 MeV



Techniken

- HT:
 - keine Begrenzung von Einstrahlwinkeln
 - Energie von 6MeV

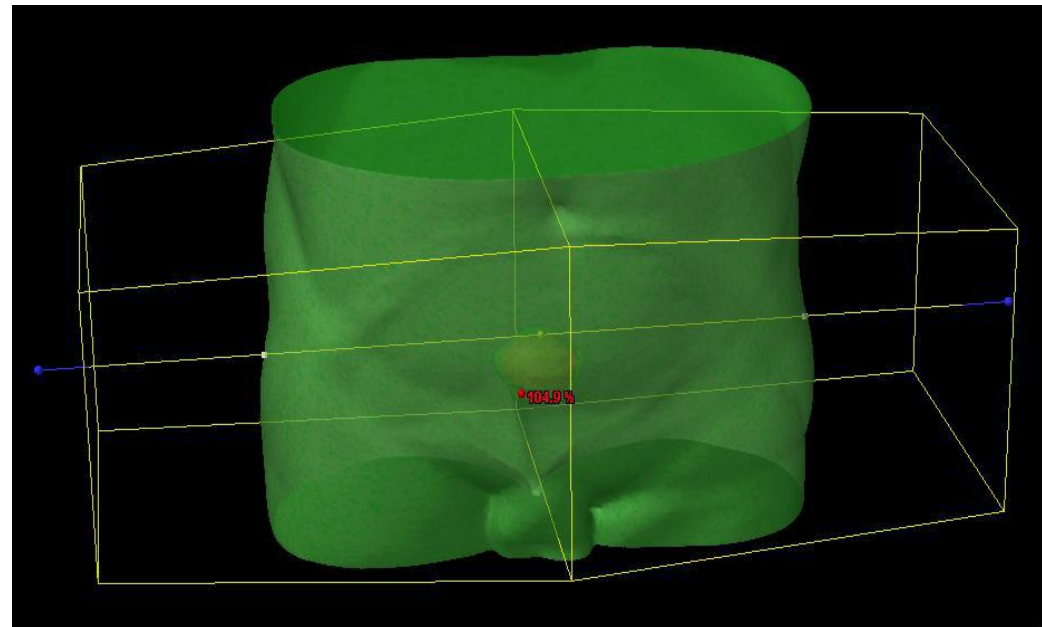


Techniken

– IMPT:

2 opponierende Felder mit Winkeln von 270° und 90°

Energie von 100 – 235 MeV



Planungsgrundlage

- CTV und PTV Definition nach RTOG 0521 Protokoll
- PTV-Vorgabe nach ICRU Report 83
(V95% soll mind. 98% des PTV abdecken bzw. V107% nicht mehr als 2% des PTV)
- Dose-volume objectives für Rektum und Blase nach QUANTEC und für die Femurköpfe nach RTOG Prostate Group Consensus 2009
- Dose-volume objectives in den unterschiedlichen Planungssystem gleich gehalten

Dose-volume objectives

Organ	Dose	Volume (in % or in ccm as absolute volume for femoral heads)
Rectum [14]	10Gy	– ^a
	30Gy	<60 %
	50Gy	<50 %
	60Gy	<35 %
	65Gy	<25 %
	70Gy	<20 %
	75Gy	<15 %
Urinary bladder [15]	10Gy	– ^a
	30Gy	– ^a
	50Gy	<60 %
	65Gy	<50 %
	70Gy	<35 %
	75Gy	<25 %

Organ	Dose	Volume (in % or in ccm as absolute volume for femoral heads)
Femoral heads [13]	50Gy	<5 %
	40Gy	≤1ccm

Abbreviations: ^a-the dose-volume limit is not defined in the QUANTEC reports

Ergebnisse

- Erhobene Parameter:
 - Homogenitätsindex HI

 - Vier Konformitätsindizes
 - CI – ICRU conformity index,
 - C Δ und COV– coverage index
 - CN – conformation number

 - Mehrere Parameter für die Risikoorgane
 - z.B.: V10 (%), V30 (%), V70 (%), Dmean (Gy), D1ccm (Gy)

Ergebnisse

Bemerkung:

Um Vorteil- und Nachteile zwischen den Techniken aufzuzeigen wurden für einen Vergleich die Indizes über alle 20 Patienten gemittelt

Ergebnisse – PTV und Indizes

	HT Mean ± SD	SW Mean ± SD	RA Mean ± SD	Protons Mean ± SD	Pairs with statistically significant differences ($P = . < 05$)/Technique with best result (mean values)
PTV					
PTV coverage (%)	98.2 ± 1.4	98.6 ± 0.8	98.3 ± 0.8	99.6 ± 0.2	Pr > HT, Pr > SW, Pr > RA / Pr > SW > RA > HT
D2 % (%)	103.3 ± 0.5	102.5 ± 0.4	102.4 ± 0.3	102.5 ± 0.4	RA > HT, SW > HT, Pr > HT / RA > SW = Pr > HT
D98 % (%)	95.3 ± 1.9	95.5 ± 0.6	95.3 ± 0.6	96.7 ± 0.4	Pr > HT, Pr > SW, Pr > RA / Pr > SW > RA > HT
Homogeneity index, HI	0.08 ± 0.02	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.06 ± 0.01	Pr > HT, Pr > SW, Pr > RA / Pr > SW = RA > HT
Conformation number, CN	0.81 ± 0.04	0.89 ± 0.02	0.91 ± 0.03	0.88 ± 0.02	SW > HT, RA > HT, RA > SW, RA > Pr, Pr > HT / RA > SW > Pr > HT
ICRU Conformity index, CI_{ICRU}	1.20 ± 0.1	1.09 ± 0.03	1.07 ± 0.04	1.13 ± 0.03	SW > HT, SW > Pr, RA > HT, RA > Pr, Pr > HT / RA > SW > Pr > HT
Coverage index, CA	0.22 ± 0.1	0.11 ± 0.03	0.08 ± 0.03	0.13 ± 0.03	RA > HT, RA > SW, RA > Pr, SW > HT / RA > SW > Pr > HT
Coverage index COV, CA_{COV}	0.98 ± 0.01	0.99 ± 0.01	0.98 ± 0.01	1.00 ± 0.0	Pr > HT, Pr > SW, Pr > RA / Pr > SW > RA = HT

Abbreviations: HT helical tomotherapy; SW Sliding Window; RA Rapid Arc; Pr Protons; SD standard deviation; > dosimetric superiority

Ergebnisse – PTV und Indizes

	HT Mean ± SD	SW Mean ± SD	RA Mean ± SD	Protons Mean ± SD	Pairs with statistically significant differences ($P = . < 05$)/Technique with best result (mean values)
PTV					
PTV coverage (%)	98.2 ± 1.4	98.6 ± 0.8	98.3 ± 0.8	99.6 ± 0.2	Pr > HT, Pr > SW, Pr > RA / Pr > SW > RA > HT
D2 % (%)	103.3 ± 0.5	102.5 ± 0.4	102.4 ± 0.3	102.5 ± 0.4	RA > HT, SW > HT, Pr > HT / RA > SW = Pr > HT
D98 % (%)	95.3 ± 1.9	95.5 ± 0.6	95.3 ± 0.6	96.7 ± 0.4	Pr > HT, Pr > SW, Pr > RA / Pr > SW > RA > HT
Homogeneity index, HI	0.08 ± 0.02	0.07 ± 0.01	0.07 ± 0.01	0.06 ± 0.01	Pr > HT, Pr > SW, Pr > RA / Pr > SW = RA > HT
Conformation number, CN	0.81 ± 0.04	0.89 ± 0.02	0.91 ± 0.03	0.88 ± 0.02	SW > HT, RA > HT, RA > SW, RA > Pr, Pr > HT / RA > SW > Pr > HT
ICRU Conformity index, CI_{ICRU}	1.20 ± 0.1	1.09 ± 0.03	1.07 ± 0.04	1.13 ± 0.03	SW > HT, SW > Pr, RA > HT, RA > Pr, Pr > HT / RA > SW > Pr > HT
Coverage index, CA	0.22 ± 0.1	0.11 ± 0.03	0.08 ± 0.03	0.13 ± 0.03	RA > HT, RA > SW, RA > Pr, SW > HT / RA > SW > Pr > HT
Coverage index COV, CA_{COV}	0.98 ± 0.01	0.99 ± 0.01	0.98 ± 0.01	1.00 ± 0.0	Pr > HT, Pr > SW, Pr > RA / Pr > SW > RA = HT

Abbreviations: HT helical tomotherapy; SW Sliding Window; RA Rapid Arc; Pr Protons; SD standard deviation; > dosimetric superiority

Ergebnisse – PTV und Indizes

HT Mean ± SD SW Mean ± SD RA Mean ± SD Protons Mean ± SD Pairs with statistically significant differences (P = . < 05)/Technique with best result (mean values)

	HT	SW	RA	Protons	Pairs with statistically significant differences (P = . < 05)/Technique with best result (mean values)
PTV					
PTV coverage (%)					PR>SW>RA>HT
D2 % (%)					RA>SW=PR>HT
D98 % (%)					PR>SW>RA>HT
Homogeneity index, HI					PR>SW=RA>HT
Conformation number, CN					RA>SW>PR>HT
ICRU Conformity index, CI _{ICRU}					RA>SW>PR>HT
Coverage index, CA					RA>SW>PR>HT
Coverage index COV, CA _{COV}					PR>SW>RA=HT

Abbreviations: HT helical tomotherapy; SW Sliding Window; RA Rapid Arc; Pr Protons; SD standard deviation; > dosimetric superiority

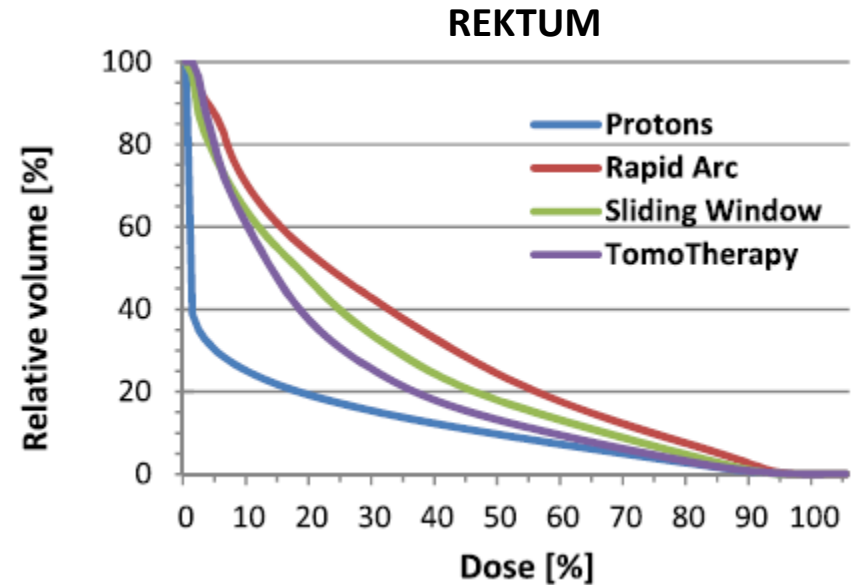
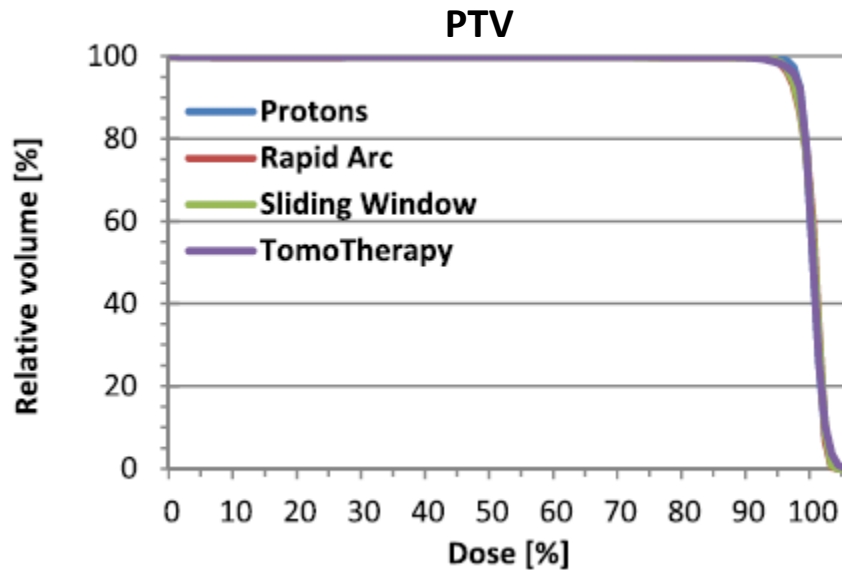
Ergebnisse - Risikoorganbelastung

	HT Mean ± SD	SW Mean ± SD	RA Mean ± SD	Protons Mean ± SD	Pairs with statistically significant differences ($P = . < 05$)/Technique with best result (mean values)
Urinary Bladder					
V10 (%)	42.0 ± 23.8	39.3 ± 23.3	46.8 ± 23.2	30.2 ± 18.5	Pr > HT, Pr > SW, Pr > RA, SW > HT, SW > RA / Pr > SW > HT > RA
V30 (%)	26.2 ± 18.6	23.5 ± 16.4	27.0 ± 19.1	21.2 ± 14.7	Pr > HT, Pr > SW, Pr > RA, SW > HT, SW > RA / Pr > SW > HT > RA
V50 (%)	16.8 ± 12.5	15.6 ± 11.6	17.0 ± 13.3	15.3 ± 11.5	SW > HT, SW > RA, Pr > RA, Pr > HT / Pr > SW > HT > RA
V70 (%)	6.0 ± 4.9	5.4 ± 4.8	6.4 ± 4.8	5.3 ± 4.7	Pr > SW, Pr > RA, Pr > HT / Pr > SW > HT > RA
Dmean (Gy)	17.4 ± 10.1	15.8 ± 9.6	17.9 ± 10.1	13.3 ± 9.1	Pr > HT, Pr > SW, Pr > RA, SW > HT, SW > RA / Pr > SW > HT > RA
Dmax (Gy)	82.5 ± 2.8	80.0 ± 2.8	80.9 ± 3.1	80.9 ± 1.7	SW > HT, RA > HT, Pr > HT / SW > Pr > RA > HT
D1ccm (Gy)	76.3 ± 8.2	76.2 ± 6.3	76.3 ± 8.1	76.2 ± 6.0	SW > HT, Pr > HT / Pr > SW > RA > HT
Rectum					
V10 (%)	59.1 ± 17.9	62.7 ± 16.6	69.0 ± 18.7	24.6 ± 9.2	Pr > HT, Pr > SW, Pr > RA, HT > SW, HT > RA, SW > RA / Pr > HT > SW > RA
V30 (%)	24.8 ± 7.6	32.8 ± 5.7	41.7 ± 11.3	15.7 ± 5.8	Pr > HT, Pr > SW, Pr > RA, HT > SW, HT > RA, SW > RA / Pr > HT > SW > RA
V50 (%)	12.8 ± 4.0	17.3 ± 2.5	23.5 ± 7.5	9.3 ± 3.8	Pr > HT, Pr > SW, Pr > RA, HT > SW, HT > RA, SW > RA / Pr > HT > SW > RA
V70 (%)	1.1 ± 0.7	1.5 ± 0.8	3.4 ± 1.8	1.0 ± 0.8	Pr > RA, Pr > SW, HT > SW, HT > RA, SW > RA / Pr > HT > SW > RA
Dmean (Gy)	17.3 ± 3.9	20.3 ± 3.4	24.5 ± 5.3	9.0 ± 3.4	Pr > HT, Pr > SW, Pr > RA, HT > SW, HT > RA, SW > RA / Pr > HT > SW > RA
Dmax (Gy)	78.3 ± 1.8	75.9 ± 1.2	77.3 ± 1.5	76.4 ± 2.2	Pr > HT, Pr > RA, SW > HT, SW > RA, SW > Pr / SW > Pr > RA > HT
D1ccm (Gy)	67.5 ± 4.1	68.9 ± 2.4	71.5 ± 2.5	65.9 ± 4.2	HT > SW, HT > RA, SW > RA, Pr > HT, Pr > SW, Pr > RA / Pr > HT > SW > RA
Femoral head, right					
D1ccm (Gy)	18.0 ± 2.9	32.0 ± 6.2	28.1 ± 5.3	35.2 ± 3.9	HT > SW, HT > RA, HT > Pr, RA > SW, RA > Pr / HT > RA > SW > Pr
Femoral head, left					
D1ccm (Gy)	18.1 ± 2.9	31.9 ± 5.1	26.6 ± 5.0	35.5 ± 2.5	HT > SW, HT > RA, HT > Pr, RA > Pr, RA > SW / HT > RA > SW > Pr

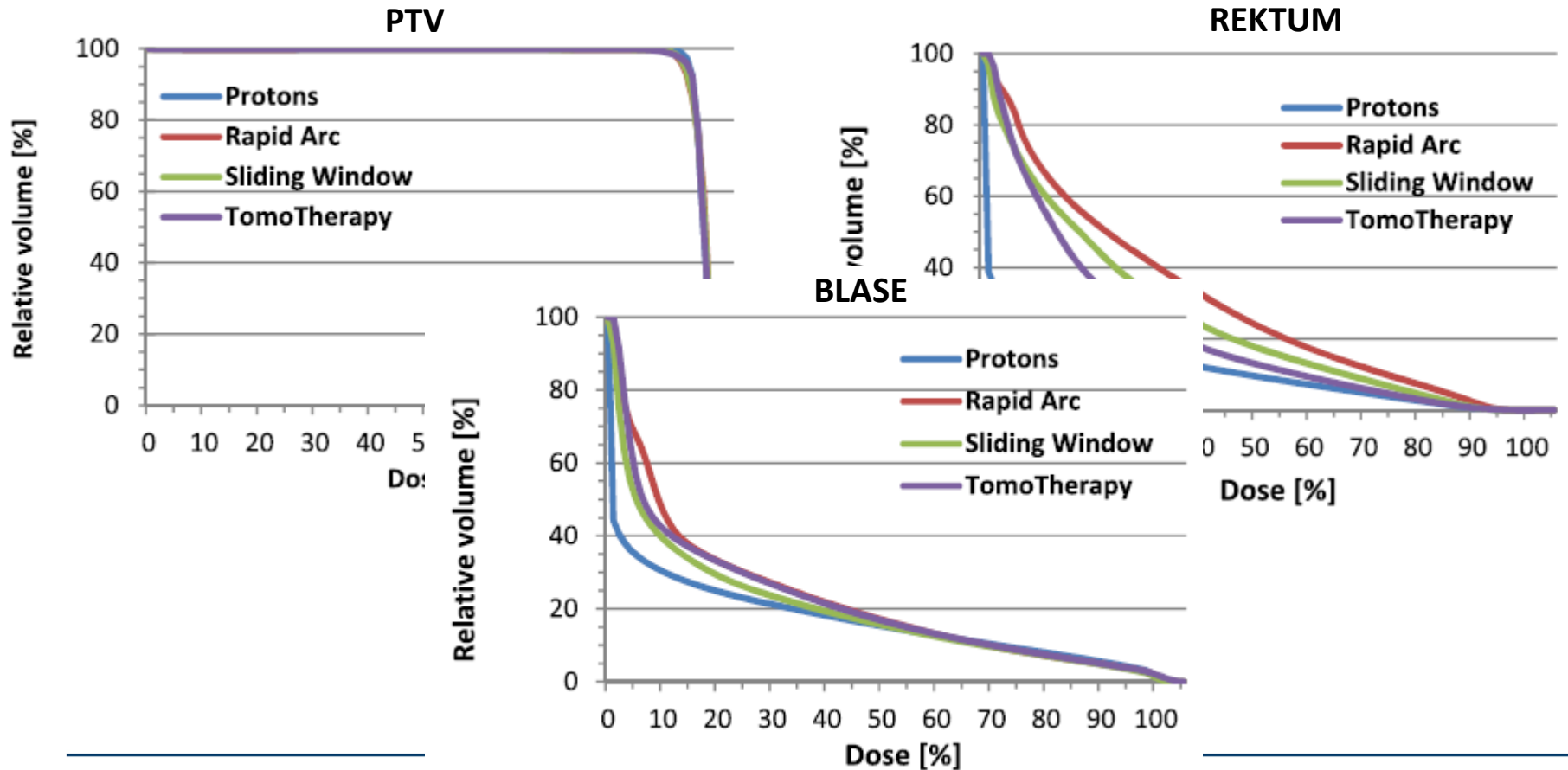
Ergebnisse - Risikoorganbelastung

	HT Mean ± SD	SW Mean ± SD	RA Mean ± SD	Protons Mean ± SD	Pairs with statistically significant differences ($P = . < 05$)/Technique with best result (mean values)
Urinary Bladder					
V10 (%)					<div style="border: 2px solid blue; padding: 10px; text-align: center;"> PR>SW>RA>HT MIT AUSNAHME DMAX: SW>PR>RA>HT </div>
V30 (%)					
V50 (%)					
V70 (%)					
Dmean (Gy)					
Dmax (Gy)					
D1ccm (Gy)					
Rectum					
V10 (%)					<div style="border: 2px solid blue; padding: 10px; text-align: center;"> PR>HT>SW>RA MIT AUSNAHME DMAX: SW>PR>RA>HT </div>
V30 (%)					
V50 (%)					
V70 (%)					
Dmean (Gy)					
Dmax (Gy)					
D1ccm (Gy)					
Femoral head, right					
D1ccm (Gy)					<div style="border: 2px solid blue; padding: 5px; text-align: center;"> HT>RA>SW>PR </div>
Femoral head, left					
D1ccm (Gy)					<div style="border: 2px solid blue; padding: 5px; text-align: center;"> HT>RA>SW>PR </div>

Ergebnisse – gemittelte DVHs



Ergebnisse – gemittelte DVHs



Ergebnisse - Dosisverteilung

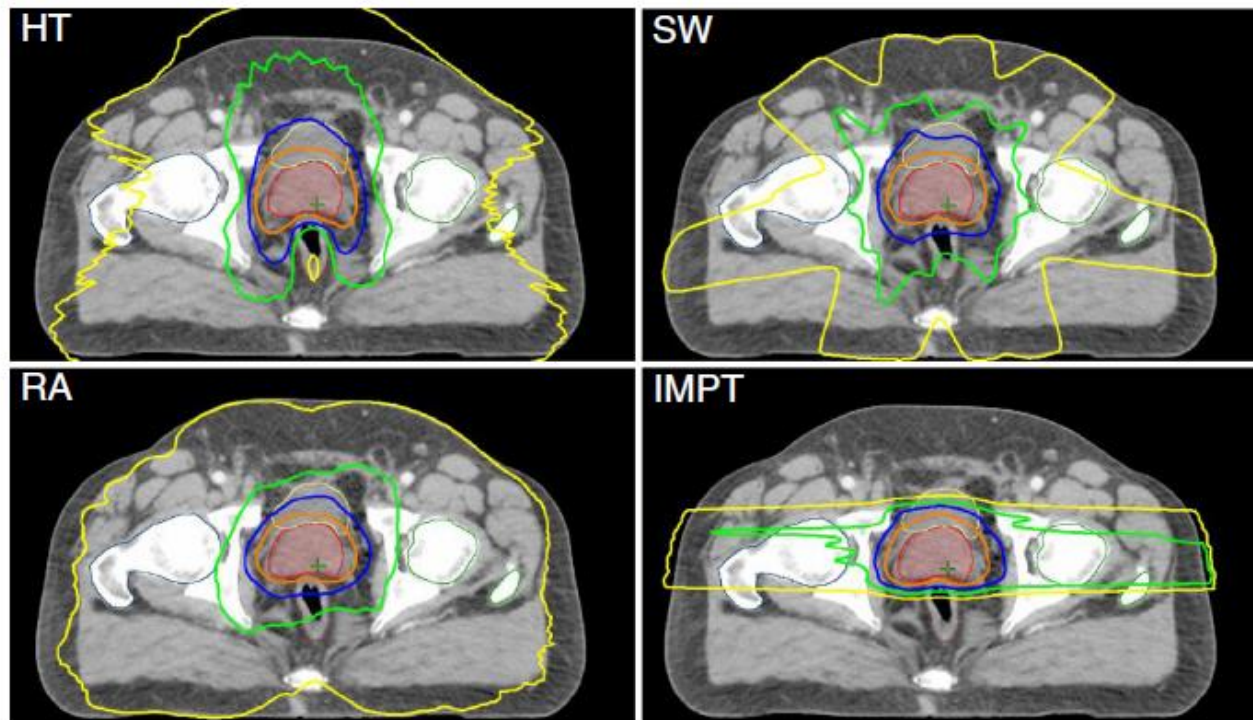
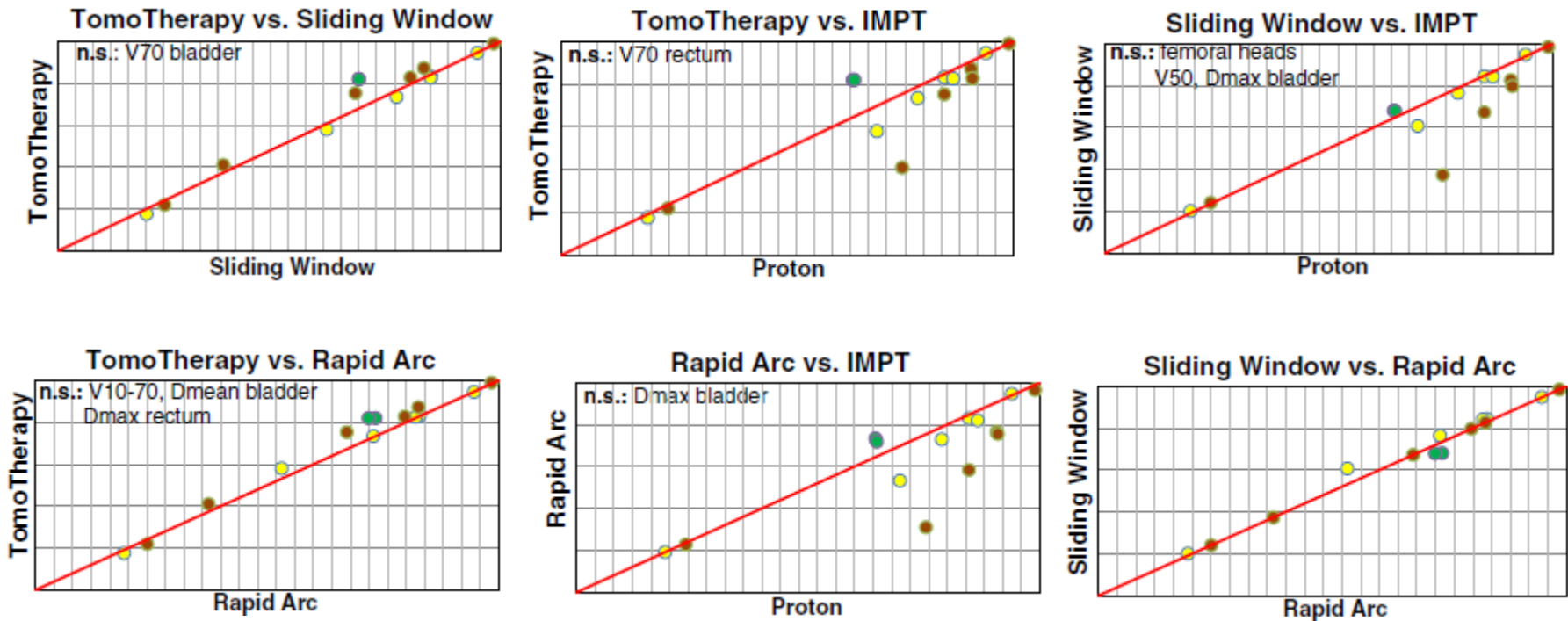


Fig. 1 Treatment plans for tomotherapy (HT), Sliding Window (SW), Rapid Arc (RA), and protons (IMPT). Representative dose distribution with V10 (yellow), V30 (green), V50 (blue), and V70 (orange) isodoses. The prostate is delineated in red, rectum in brown, urinary bladder in yellow

Ergebnisse- paarweiser Vergleich



Aussagen

- Alle Techniken erreichen eine homogene und hoch konformale Dosisverteilung mit dem größten Unterschied im niedrigen bis mittleren Dosisbereich
- bei gleichen dose-volume objectives, in der Planung, erzielt die IMPT bessere Schonung von Blase und Rektum, vor allem im niedrigen bis mittleren Dosisbereich
- Unterschiedliche Auswirkung der dose objectives in den verschiedenen Planungssystemen

VIELEN DANK FÜR IHRE AUFMERKSAMKEIT

Link zum Artikel:

<https://ro-journal.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13014-016-0707-6>

Christopher Kittel

Scobioala et al. Radiation Oncology (2016) 11:128

2 Fragen

1. Welche Protonentechnik wurde bei dem Vergleich der Bestrahlung eines low-risk Prostatakarzinoms verwendet?
 - a) single scattering
 - b) double scattering
 - c) modulated scanning

2. Gibt es Unterschiede in der Risikoorganbelastung von Rektum und Blase im Rahmen des Vergleiches von verschiedenen Techniken beim low-risk Prostatakarzinoms?
 - a) ja, die IMPT führt zu geringerer Dosisbelastung der OAR
 - b) ja, die helikale Tomotherapie weist die beste Schonung auf
 - c) nein, die Techniken sind allesamt vergleichbar