



# Einfluss verschiedener Beschleunigerparameter auf die VMAT - Planqualität

Max Graf

Dr. Thomas Koch



**SOZIALSTIFTUNG BAMBERG**  
MEDIZINISCHES VERSORGUNGSZENTRUM  
AM BRUDERWALD GMBH



# An der VMAT beteiligte Parameter:

- Gantry- , Blenden-, Leafgeschwindigkeit
- Dosisleistung
- Dosisquerverteilung
- Blendenposition
- Leafbankposition (MLC Kalibrierung)

# Methode zur Überprüfung des Einflusses jedes Parameters:

- 3 Testpatienten:
  - Linke und rechte Brust
  - Sacrum
  - Pläne erzeugt mit Pinnacle
  - Pro Patient jeweils ein Arc clockwise sowie counterclockwise
- Messphantom: Delta 4 von Scandidos
- Direkte Beeinflussung aller beteiligten Parameter über die Steuerkonsole des Beschleunigers (Software)

# Leaf-, Blenden-, Gantrygeschwindigkeit

- Feste Definition der Maximalgeschwindigkeit jedes Parameters innerhalb der Steuersoftware
- Absolutdosis zwischen zwei Kontrollpunkten (Segmentdosis) wird zur Bestimmung der Dosisleistung (mit Hilfe der Geschwindigkeit des langsamsten Parameters) und der restlichen Geschwindigkeiten verwendet.
- Limitierung der Geschwindigkeiten:
  - Der Beschleuniger ist in der Lage, eine gewisse Limitierung auszuregeln.
  - Bei großen Abweichungen von der Maximalgeschwindigkeit schaltet der Beschleuniger ab.
- Überprüfung der Geschwindigkeiten mit Hilfe des Service Graphing Tools sehr einfach möglich

# Dosisleistung:

- CVDR (Continuously Variable Dose Rate) vs. standard Dosisleistungsstufen (7 feste Stufen)

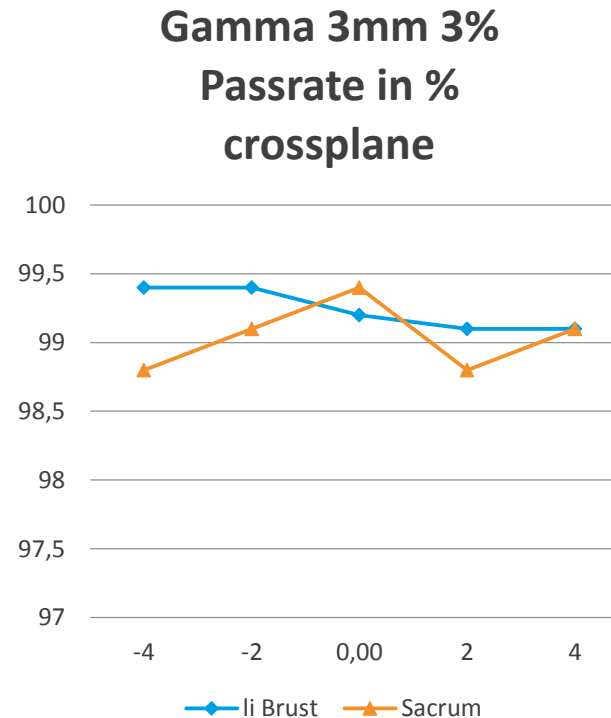
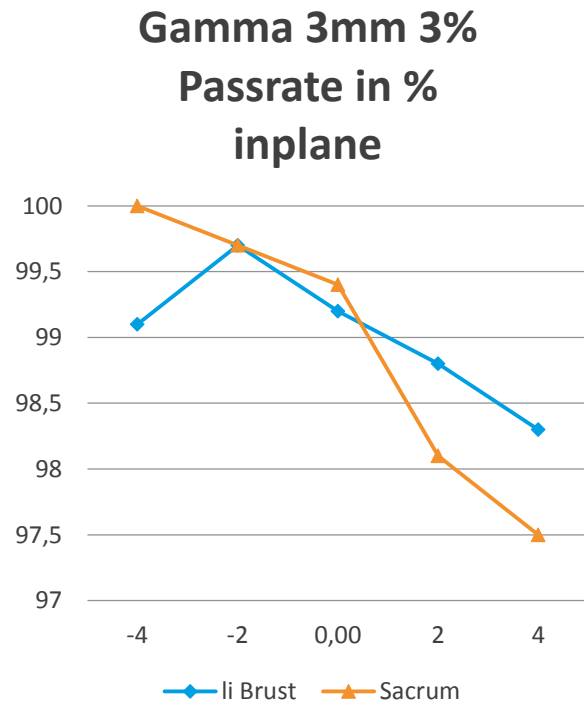
Plan	li Brust	re Brust	Sacrum
mit CVDR	98,5 %	99,1 %	99,7 %
ohne CVDR	98,3 %	99,2 %	99,7 %

Ergebnisse am Beispiel des Gamma-Kriteriums

- Ergebnis identisch, jedoch Zeitersparnis von bis zu 35% pro Arc aufgrund intelligent gewählter Geschwindigkeiten (vor allem Gantry)
- Abweichungen von mehr als 20% von der Solldosisleistung führen zur Abschaltung des Beschleunigers. Jede Abweichung kleiner 20% kann der Beschleuniger über das Anpassen der Geschwindigkeiten aller beteiligten Parameter ausregeln.

# Dosisquerverteilung:

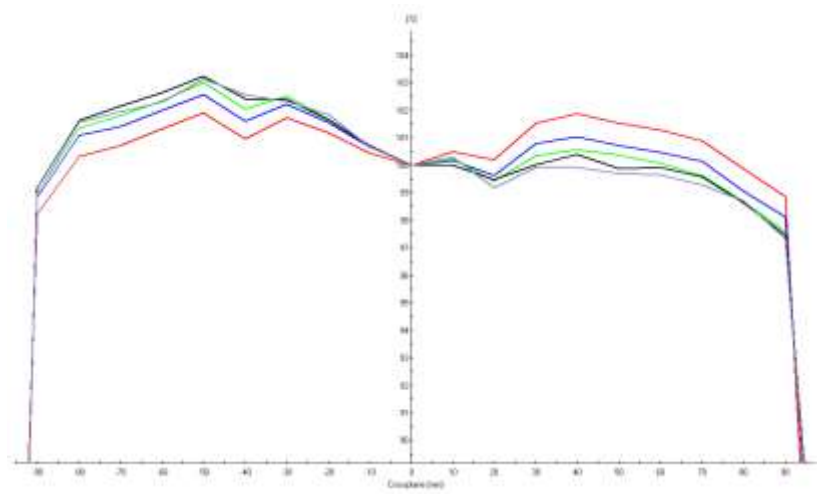
- Veränderung der Dosisquerverteilung in inplane und crossplane um  $\pm 2\%$  und  $\pm 4\%$  Symmetrie



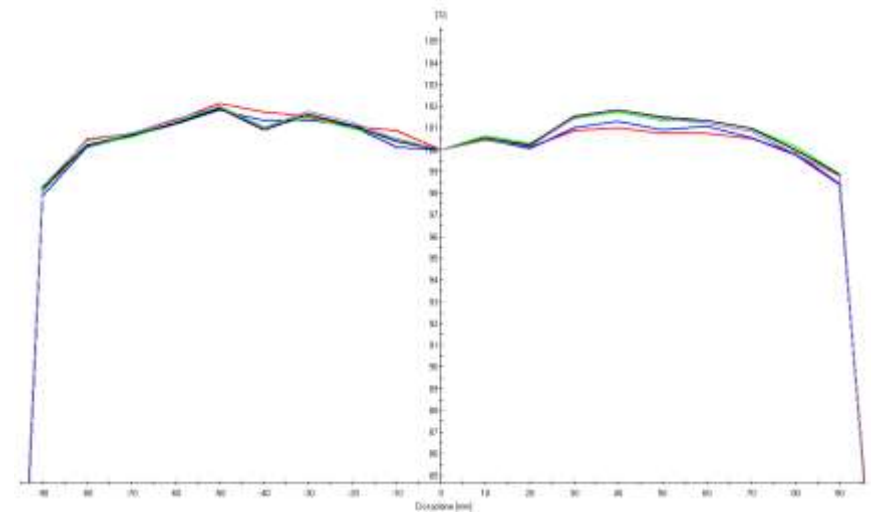
# Dosisquerverteilung in Abhängigkeit der Dosisleistung:

- Inplane : Regelkreis, Abweichung gegen Null
- Crossplane: normalerweise kein Regelkreis, Abweichung ca. 4% Symmetrie, mit eingeschaltetem Regelkreis Abweichung gegen Null.
- Beste Ergebnisse bei dynamischen MLC Prüfungen mit eingeschaltetem Regelkreis

Regelkreis aus vs. Dosisleistung



Regelkreis ein vs. Dosisleistung



# Blendenposition:

- Absolute Position der Inplane-Blende kaum von Bedeutung.
  - Erst eine Fehlpositionierung je Blende von  $\pm 3$  mm hat Einfluss auf das Messergebnis : Gamma 3% 3mm von 98% auf 97%
  - Interpretation: Bei schmalen Segmenten, welche durch den MLC in crossplane limitiert werden, hat die Inplane-Blende wenig Anteil an der Feldbegrenzung → absolute Position weniger relevant
- Blendenposition lässt sich auf kleiner 0,5mm bestimmen (Halbfelder)
- Backupblenden (MLCi2) müssen mindestens 1mm hinter dem MLC stehen.



# Position der Leafbank

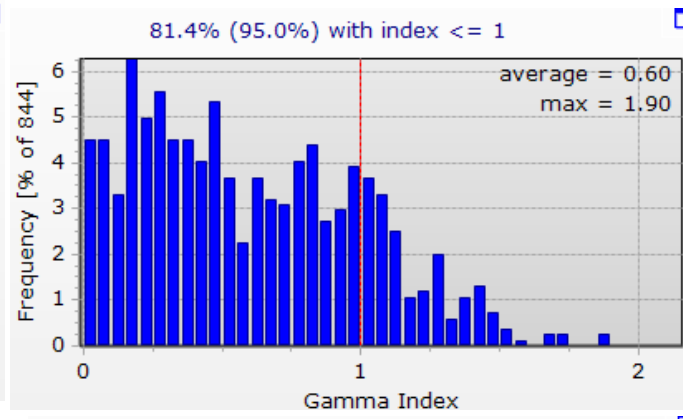
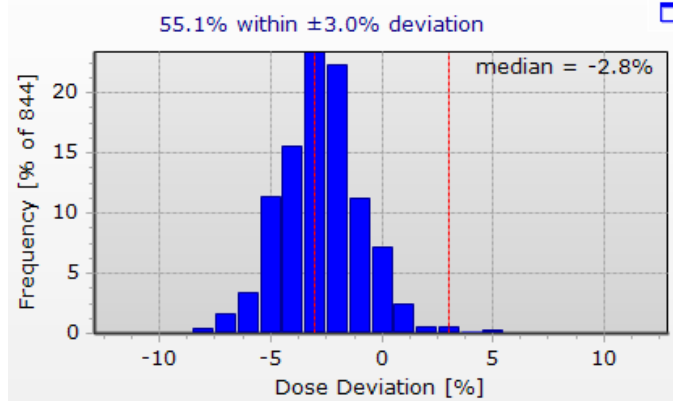
- 2 Fehlertypen:
  - Leafbank Offset Fehler (Veränderung der Schlitzbreite)
  - Gleichzeitiger paralleler Versatz beider Leafbänke (gleichbleibende Schlitzbreite)

Digitale Einheiten	3	6	9	13
Versatz in mm	0,25	0,50	0,75	1,00

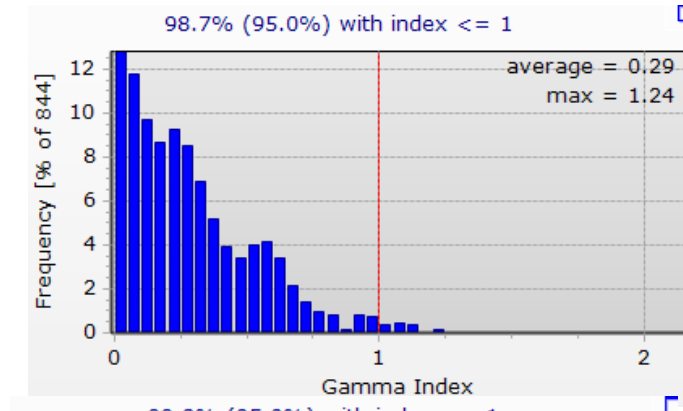
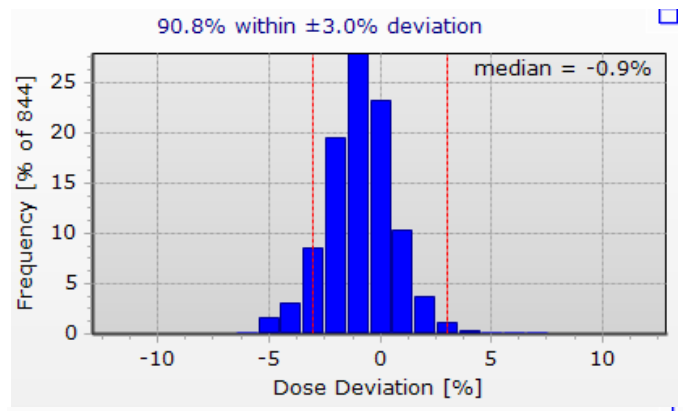
Rundung digitaler Einheiten beim Leafbank Offset in Millimeter

- Annahme für alle Messungen: Positionierung der einzelnen Leaves einer Leafbank untereinander besser als  $\pm 0,5$  mm aufgrund vorheriger Kalibrierung

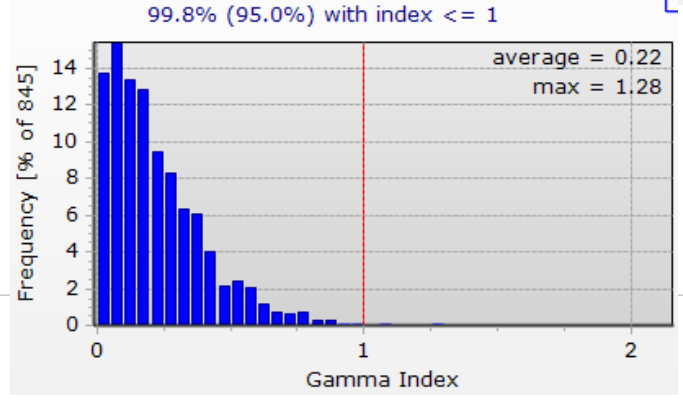
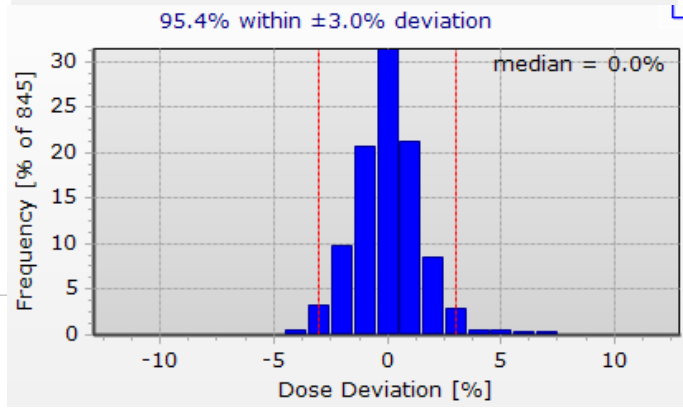
# Ergebnisse eines Leafbankoffset pro Leafbank :



Offset -1,00 mm

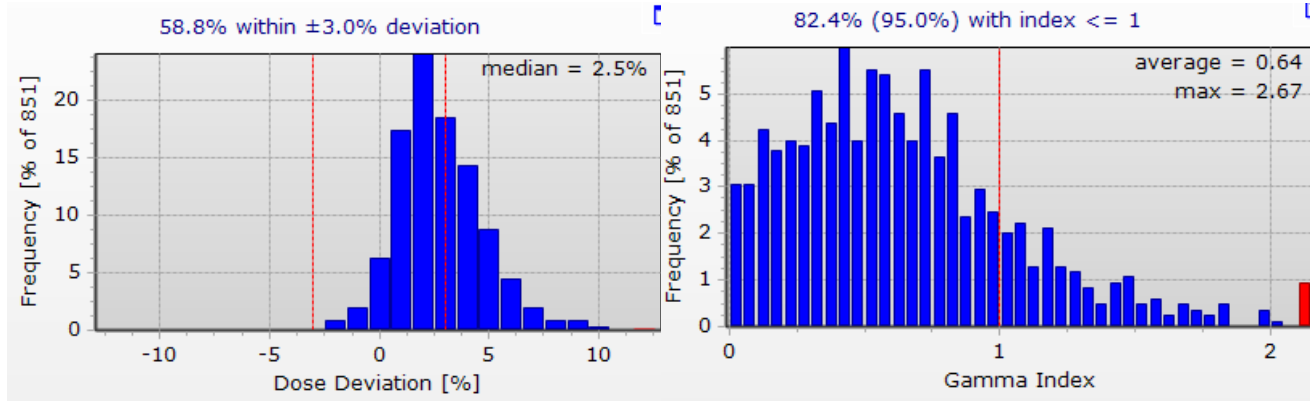


Kein Offset



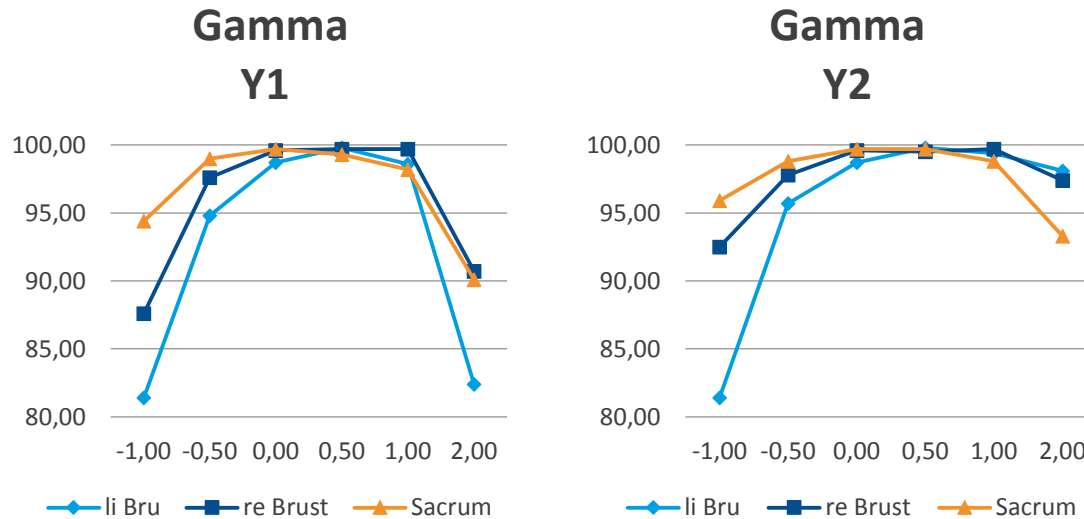
Offset +0,50 mm

# Ergebnisse eines Leafbankoffset pro Leafbank :

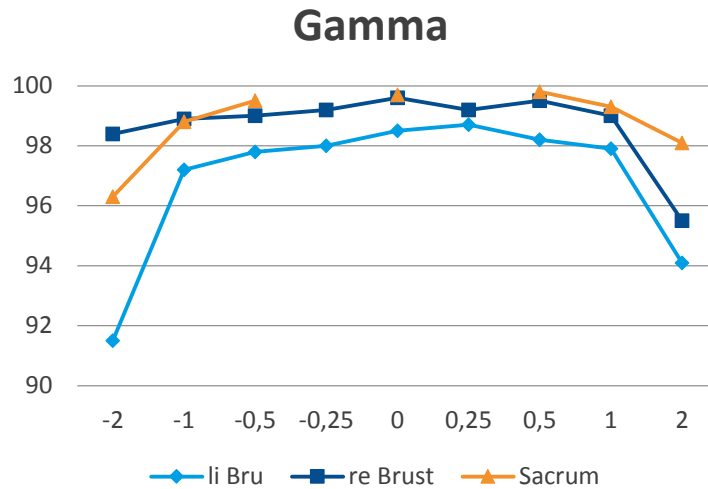


Offset +2,00 mm

## Zusammenfassung Leafbankoffset:



# Paralleler Offset Versatz:



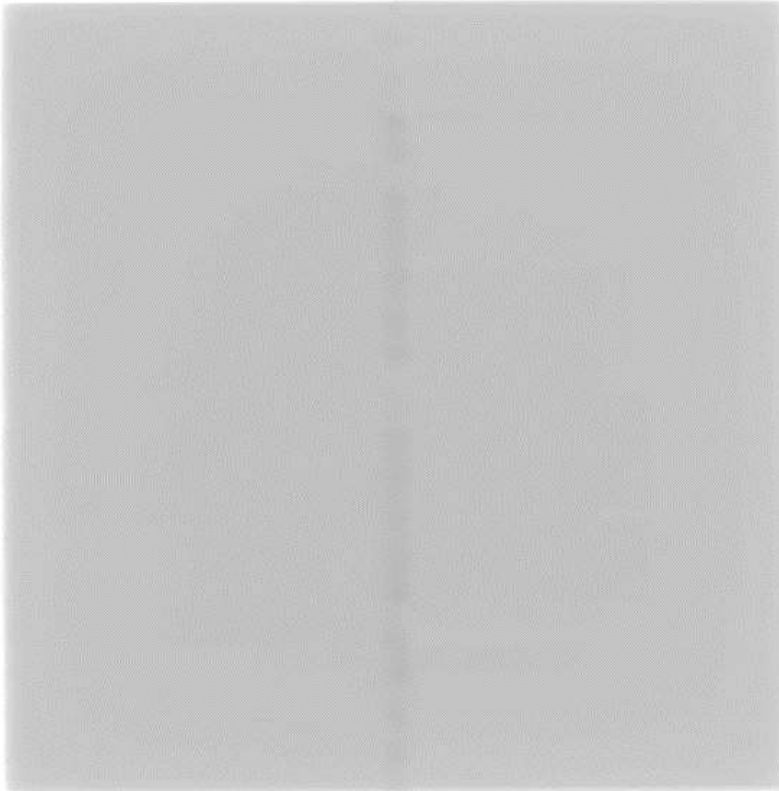
- Aufgrund der begrenzten Ortsauflösung des Messphantoms und des 3mm Gammakriteriums ist ein paralleler Versatz erst ab ca. 2mm detektierbar.

# Ansatz für eine maschinenbezogene Qualitätssicherung in Hinblick auf VMAT

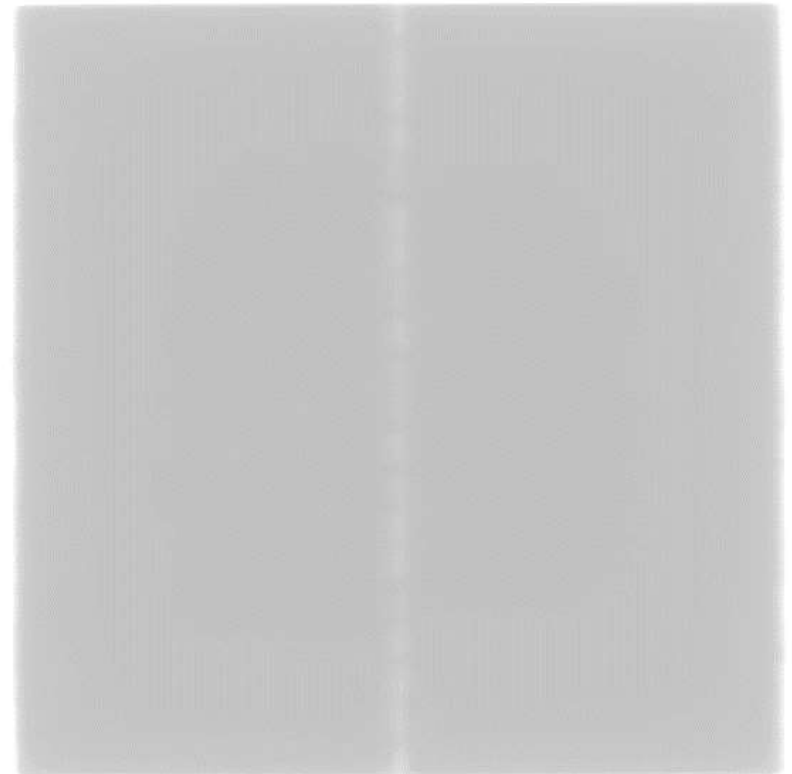
- Einfache Überprüfung aller beteiligten Geschwindigkeitsparameter mit Hilfe des Service Graphing Tools.
- Voraussetzung für die Überprüfung aller Blenden- und MLC Positionen ist ein Beam, der den Beschleuniger gerade (Winkel) und ohne Spotversatz zur Kollimator Drehachse verlässt.

# Optimierung der statischen Leafbankposition:

- Anschlussfelder mit Kollidrehung um 180 Grad



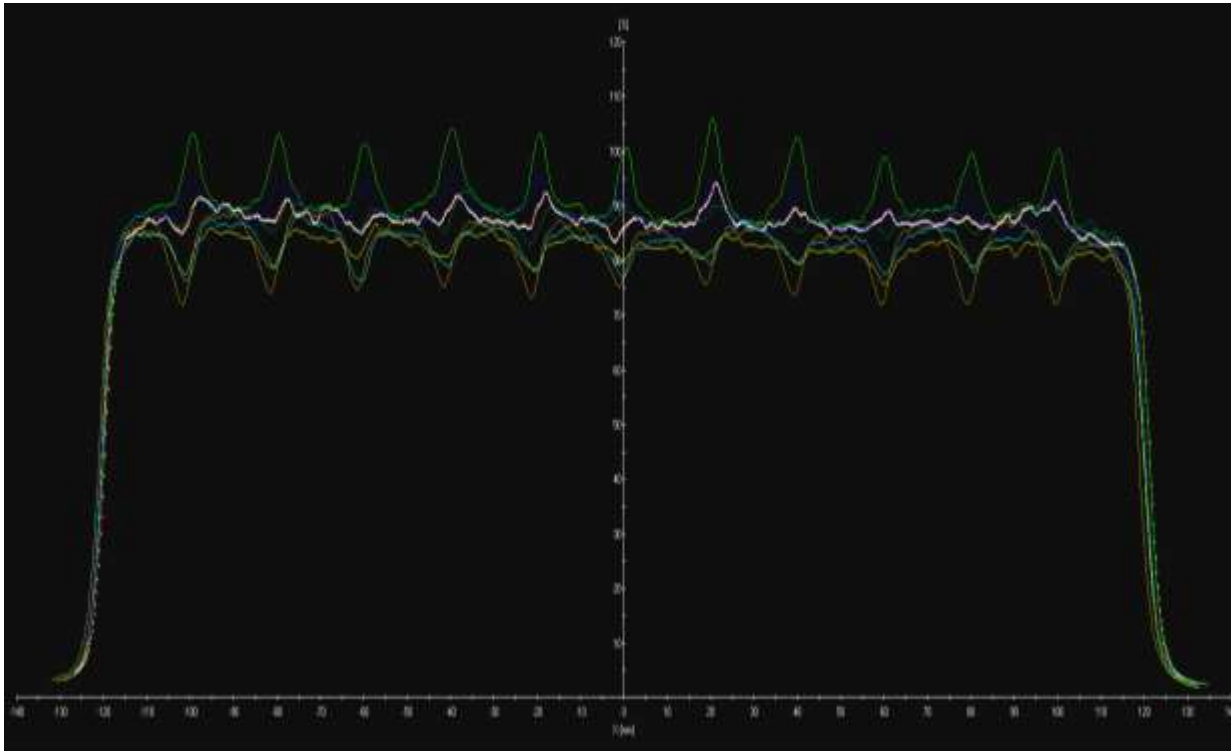
Überdosierung, Leafbank zu weit offen



Unterdosierung, Leafbank zu weit geschlossen

# Optimierung der statischen Leafbankposition:

Streifentest: Angesetzte Felder der Breite 2cm. Dosimetrische Auswertung eines Gafchromic Filmes:



Offset in mm	-1,00	-0,50	-0,25	0	0,25	0,50	1,00
Dosisspitze ca. in Prozent	-20%	-10%	-5%	±2,5%	+5%	+10%	+20%

# Dynamische Überprüfung der Leafbankposition:

- Sliding Window: 1cm breiter Streifen dynamisch über 20cm Verfahrweg. Mit Hilfe einer fixen Dosisleistung (400 MU, CVDR) lässt sich so die Verfahrgeschwindigkeit mit Hilfe der Absolutdosis verändern.
- Einfache Erstellung der Felder in der Software icom Cat, welche dem Beschleuniger beiliegt.
- Aufgrund der begrenzten Ortsauflösung vieler eingesetzter Messsysteme lässt sich die Schlitzbreite indirekt über die absolute Dosis eines Kammerarrays bestimmen. In diesem Fall wurde ein PTW 729-2D Array verwendet.



# Einfluss eines Leafbankoffsets auf die Absolutdosis eines Sliding Window Feldes:

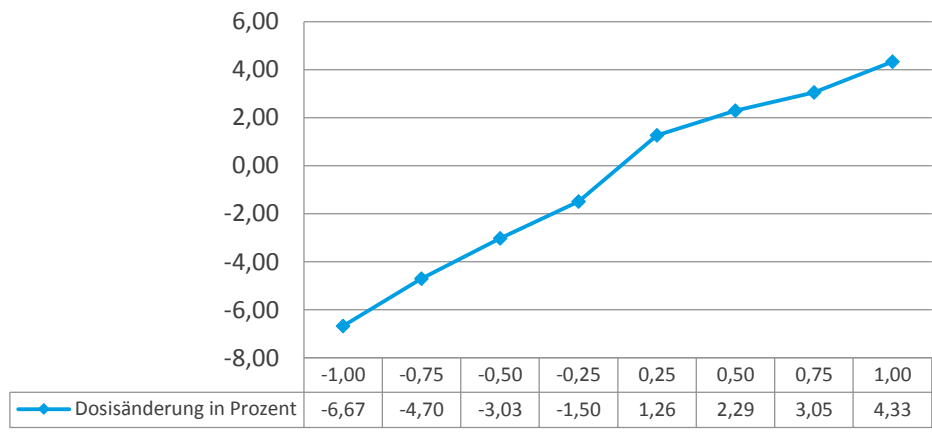
Offset in mm		-1,00	-0,50	-0,25	+0,25	+0,50	+1,00
Dosisdifferenz in Prozent.	$1,50 \frac{cm}{s}$	-17,8	-7,7	-3,8	+3,3	+6,7	+13,5
	$0,63 \frac{cm}{s}$	-18,4	-8,0	-3,8	+4,0	+7,6	+15,2
	$0,32 \frac{cm}{s}$	-18,2	-7,8	-3,7	+4,1	+8,1	+15,8

Schlitzbreite 1cm

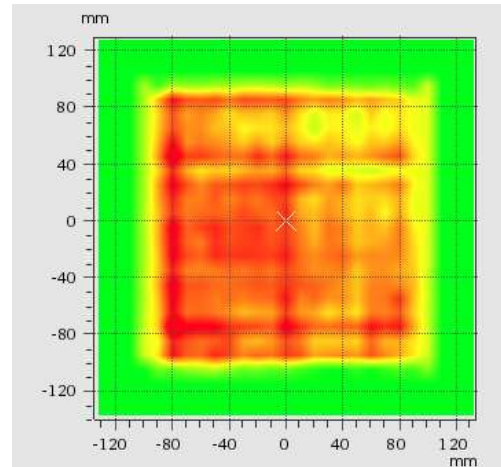
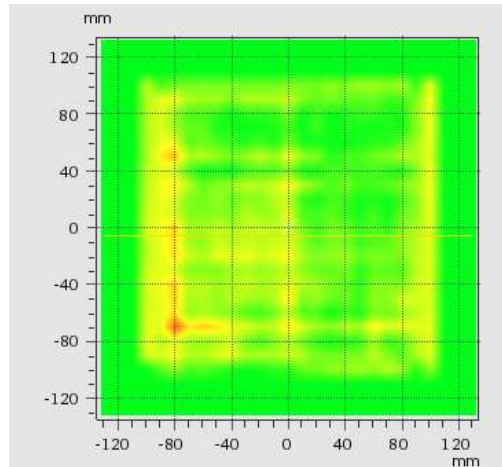
Offset in mm	-0,50	-0,25	+0,25	+0,50
Dosisdifferenz in Prozent	-17,6	-8,7	+8,5	+17,2

Schlitzbreite 5mm

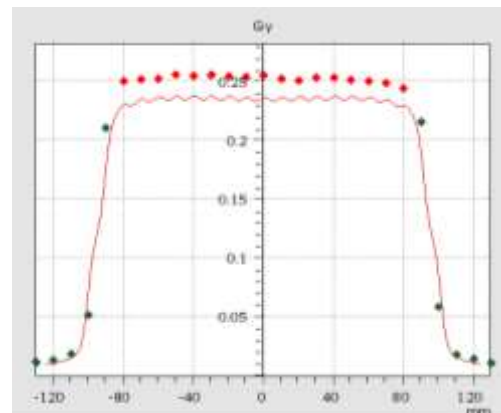
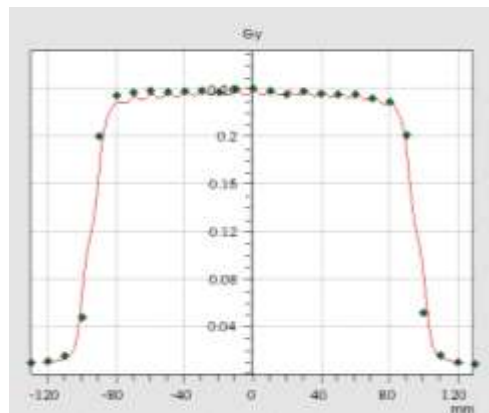
Zum Vergleich: Dosisänderung aufgrund eines Leafbankoffsets bei einem statischen, 1cm breiten Feld. Aufgenommen mit PTW SRS 1000



# Einfluss eines Leafbankoffsets auf die Absolutdosis eines Sliding Window Feldes:



Vergleich der errechneten Dosisverteilung von Pinnacle mit der tatsächlichen Verteilung.  
Links: Kein Leafbankoffset  
Rechts: Offset 0,25 mm



Gamma bei 3mm, 5%:  
Links: 99,8%  
Rechts: 46,6%

## Zusammenfassung:

- Geringer bis gar kein Einfluss aller Geschwindigkeitsparameter auf die VMAT Planqualität, solange innerhalb der Toleranzen. Bei größeren Abweichungen: Abschaltung; Einfache Überprüfung mit Hilfe des Service Graphing Tools
- Dosisleistung und Querprofile haben ebenfalls geringen Einfluss → Standard Überprüfung mit 2 D Array genügt
- Großer Einfluss: Absolute Positionierung des MLCs. Schnelle Überprüfung mit Streifentest (dosimetrisch) und angesetzten Halbfeldern (Parallelversatz)

## Fazit:

- Sliding Window als Universaltest. Vergleich mit berechneter Dosisverteilung gibt schnell Aufschluss über die absolute Schlitzbreite und damit der MLC Kalibrierung
- Vorteil bei Tandembetrieb, wenn ein Beschleuniger deutlich schlechtere Verifikationsergebnisse liefert
- Bei alleiniger rechnerischer Planverifikation z.B. anhand Logfiles bleibt ein Versatz einer Leafbank unbemerkt.

Gerne beantworte ich offene Fragen.  
Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!