

TU DRESDEN

FORTGESCHRITTENENPRAKTIKUM

PRAKTIKUMSBERICHT

---

# Positronen-Emissions-Tomographie

---

*Autoren:*

Toni EHMCKE  
Christian SIEGEL

*Betreuer:*

Carsten BITTRICH

Dresden, 13. November 2015

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Physikalische Grundlagen</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Durchführung</b>	<b>2</b>
3.1	Theoretischer Teil . . . . .	2
3.2	Kalibriermessungen . . . . .	2
3.2.1	Messung einer Quelle bekannter Aktivität bei mittiger Quellposition . . . . .	2
3.2.2	Messung bei Positionen direkt an den Detektoren . . . . .	2
3.2.3	Schwerpunktsdiagramme . . . . .	3
3.3	Tomografische Messungen . . . . .	4
3.3.1	Messung einer Quellkonfiguration, Phantom isotroper Dichteverteilung . . . . .	4
3.3.2	Messung einer Quellkonfiguration, Phantom isotroper Dichteverteilung . . . . .	5
3.3.3	Messung mit einer Punktquelle, Phantom an-/insotroper Dichteverteilung . . . . .	7
<b>4</b>	<b>Auswertung</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Literatur</b>	<b>10</b>

# 1 Aufgabenstellung

## 2 Physikalische Grundlagen

## 3 Durchführung

### 3.1 Theoretischer Teil

### 3.2 Kalibriermessungen

#### 3.2.1 Messung einer Quelle bekannter Aktivität bei mittiger Quellposition

Zunächst haben wir eine Quelle in mittigem Abstand zu den beiden Detektoren vermessen. Die Quelle hatte am 29.10.2015 eine Aktivität  $A = 1,02 \text{ MBq}$ .

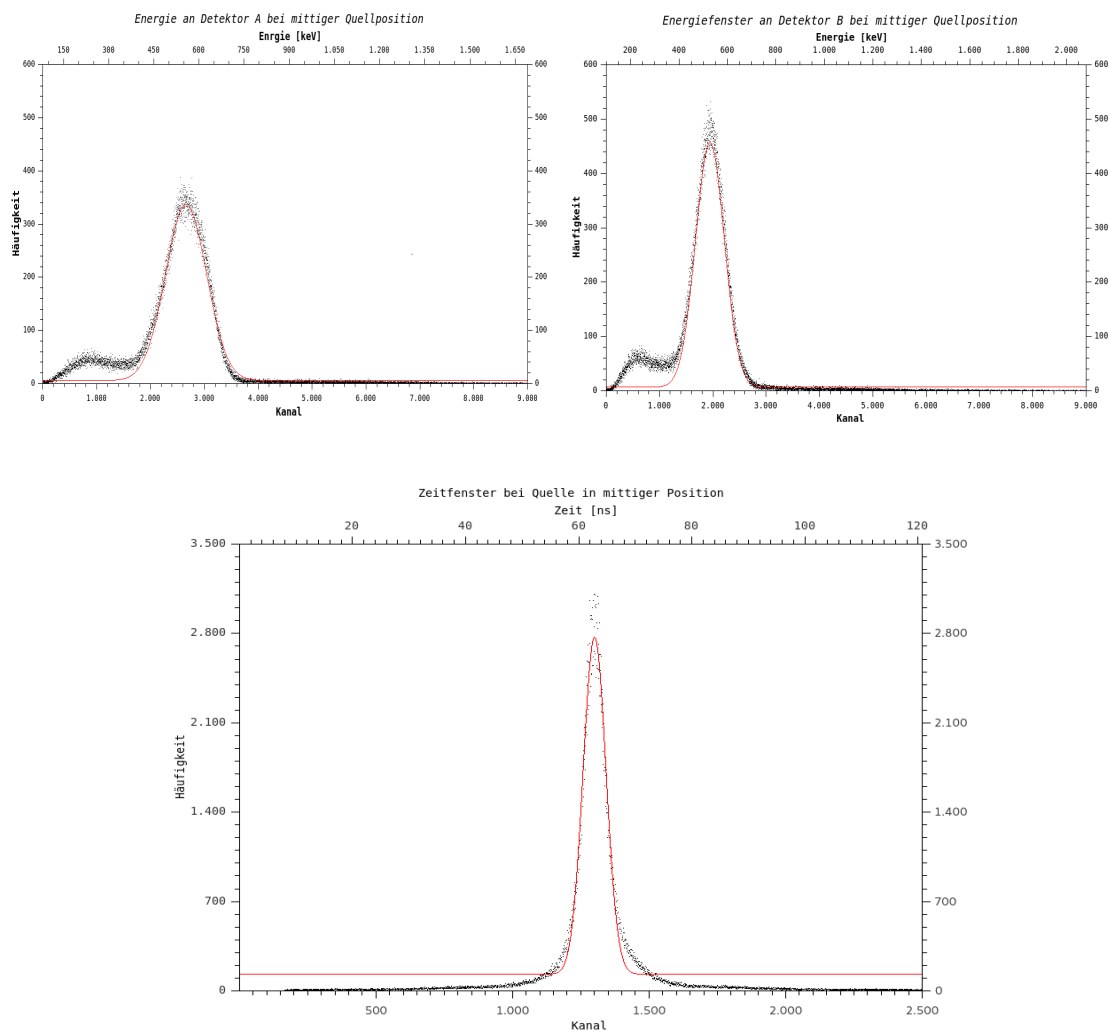


Tabelle 2: Kalibrationsmessung bei Quelle mittig zwischen den Detektoren A und B

#### 3.2.2 Messung bei Positionen direkt an den Detektoren

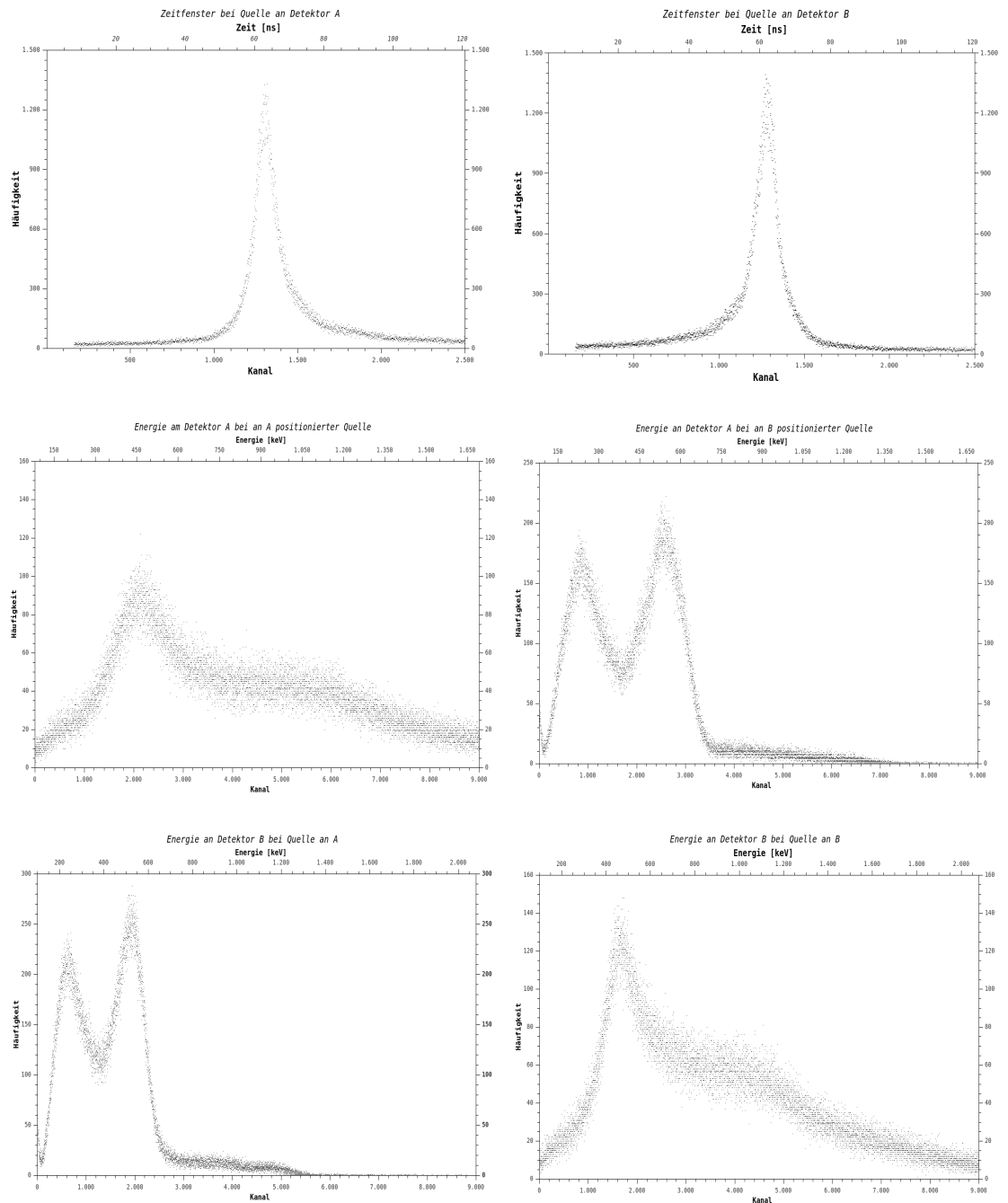


Abbildung 1: Gegenüberstellung der Messungen mit der Quelle an Det. A (links) und Det. B (rechts)

### 3.2.3 Schwerpunktsdiagramme

Als nächstes sind die Schwerpunktsdiagramme zu betrachten. Es wurden drei von Detektor A erstellt. Einmal als die Quelle an Detektor B positioniert wurde, danach an Detektor A und einmal mittig zwischen beiden.

In Abbildung 2 kann gegenüber 4 ein schwächeres Muster. Gegenüber Abbildung 4 ist sogar deutlich, die Kristallstruktur erkennbar.

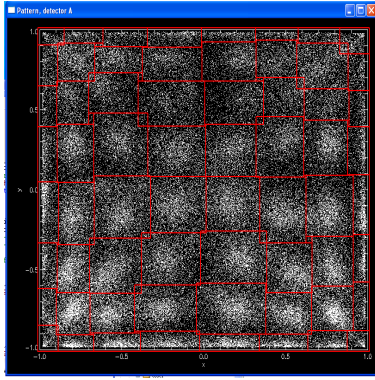


Abbildung 2: Messung bei Quelle an Detektor B

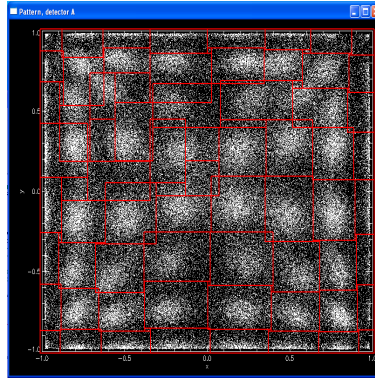


Abbildung 3: Messung bei Quelle in der Mitte

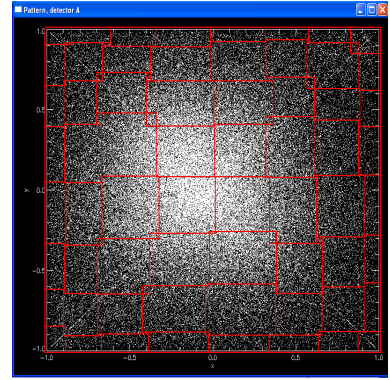


Abbildung 4: Messung bei Quelle an Detektor A

### 3.3 Tomografische Messungen

#### 3.3.1 Messung einer Quellkonfiguration, Phantom isotroper Dichteverteilung

##### Hauptversuch

##### Untersuchung des Einflusses verschiedener Filter

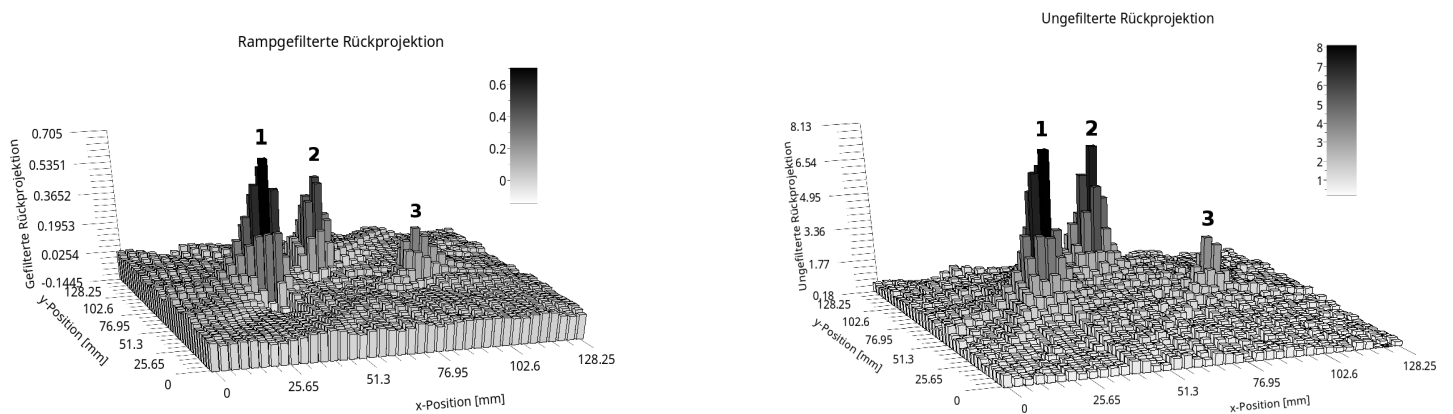
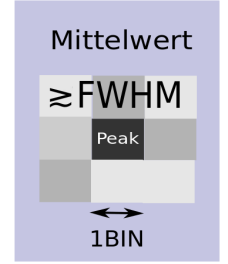


Abbildung 5: Gefilterte und Ungefilterte Rückprojektion der Aktivitätsverteilung

##### Quantitative Auswertung

Zunächst werden die Positionen  $(x_i, y_i)$  ( $i = 1, 2, 3$ ) der 3 Quellen im verschlossenen Plastikbehälter bestimmt. Dafür wird die in Abbildung (5) visualisierte Rückprojektion  $N(x, y)$  verwendet, die durch Auslesen der in `Matrix_reco.txt` enthaltenen Messwertmatrix entstanden ist. Der erste Eintrag sei als Koordinatenursprung gewählt. 1 BIN des Rekonstruktionsrasters entspricht 3,375 mm. Die Positionen der Quellen werden mit den lokalen Maxima  $N(x_i, y_i)$  der Aktivitätsverteilung identifiziert.

Anschließend quantifiziert man die Aktivität jeder einzelnen Quelle, indem man die rückprojizierten Verteilung über einen kleinen Bereich um die Peaks mittelt. Bezeichne diesen Mittelwert mit  $\bar{N}(x_i, y_i)$ . Im Rahmen dieser Auswertung wurde ein quadratischer Bereich gewählt, in welchem Werte anzutreffen waren, die in der Nähe des FWHM (=Full Width Half Maximum) lagen. Dieses Vorgehen wird durch die nebenstehende Abbildung visualisiert.



Mittels einfacher Verhältnisbildung können unter Vorgabe einer Referenzaktivität  $A_{ref}$  nun unbekannte Aktivitäten innerhalb der Verteilung berechnet werden. Dabei wurde die stärkste Aktivität mit  $A_0 \equiv A(t_0 = 01.02.2010) = (363 \pm 11)$  kBq angegeben. Mit dem Aktivitätsgesetz kann man nun berechnen:

$$A_{ref} \equiv A(t = 29.10.2015) = A_0 \cdot \left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t-t_0}{T_{1/2}}} = (79 \pm 3) \text{ kBq} \quad (1)$$

Wobei die Halbwertszeit  $T_{1/2}({}^{22}\text{Na}) = (2,6027 \pm 0,0010)$  a verwendet wurde, sowie folgende Fehlerformel:

$$\left(\frac{\Delta A_{ref}}{A_{ref}}\right)^2 = \left(\frac{\Delta A_0}{A_0}\right)^2 + \left(\ln(2) \cdot \frac{\Delta T_{1/2}}{T_{1/2}}\right)^2 \quad (2)$$

Bezeichnet man  $A_{ref} \propto \bar{N}_{ref} \equiv \bar{N}(x_1, y_1)$  als rückprojizierte Aktivität der Referenzquelle, so erhält man für die unbekannten Aktivitäten  $A_i \propto \bar{N}(x_i, y_i)$ :

$$A_i = A_{ref} \cdot \frac{\bar{N}(x_i, y_i)}{\bar{N}_{ref}} \quad (3)$$

$$\left(\frac{\Delta A_i}{A_i}\right)^2 = \left(\frac{\Delta A_{ref}}{A_{ref}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \bar{N}(x_i, y_i)}{\bar{N}(x_i, y_i)}\right)^2 + \left(\frac{\Delta \bar{N}_{ref}}{\bar{N}_{ref}}\right)^2 \quad (4)$$

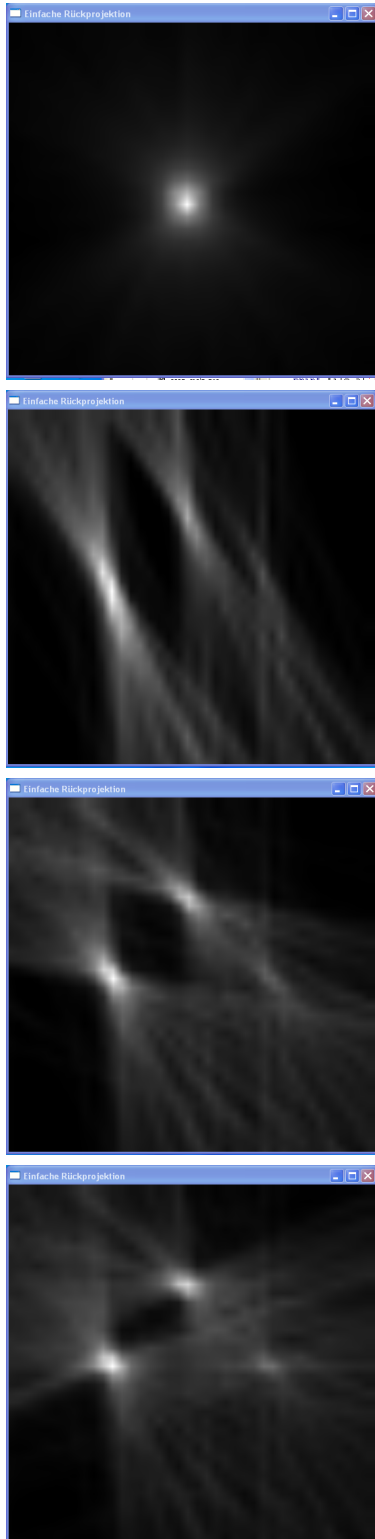
Hierbei wurden die Fehler der rückprojizierten Aktivitäten als Standardabweichungen des Mittelwertes gesetzt, die sich beim obigen Mittelvorgang ergab:  $\Delta \bar{N}(x_i, y_i) = \sigma(\bar{N})$ . Die systematischen Fehler des PET-Scanners waren leider nicht bekannt. Zusammenfassend ergeben sich folgende Resultate:

### 3.3.2 Messung einer Quellkonfiguration, Phantom isotroper Dichteverteilung

#### Hauptversuch

Als nächsten wurde eine Messung mit unbekannter Quellverteilung gestartet. Die Energie- und das Zeitfenster entsprechen den oben bestimmten Intervallen.

### ungefilterter Projektion



### gefilterte Rückprojektion

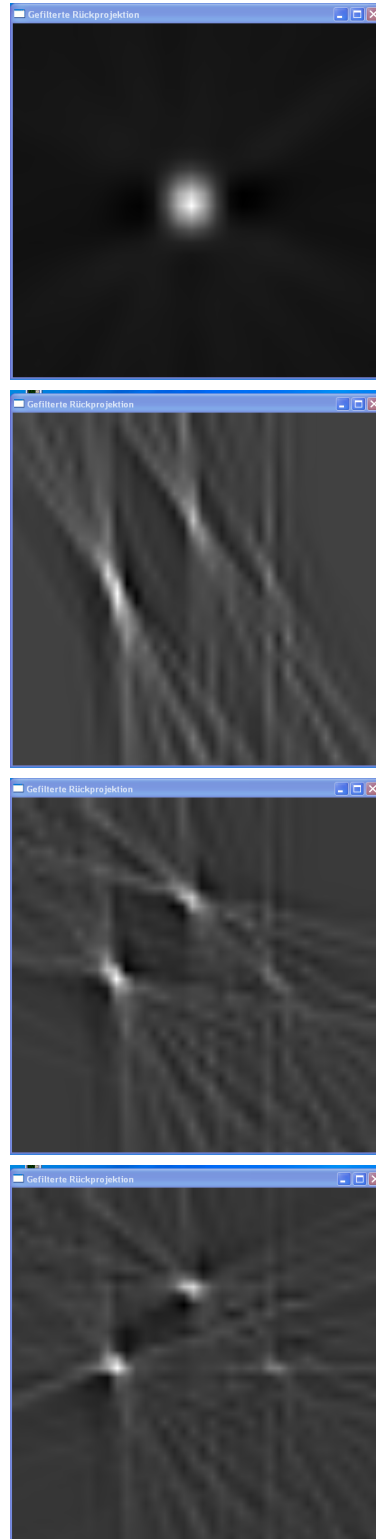
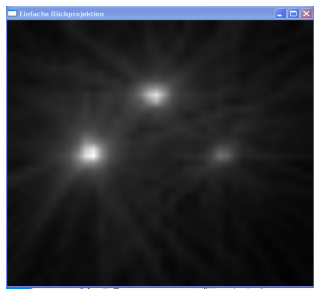
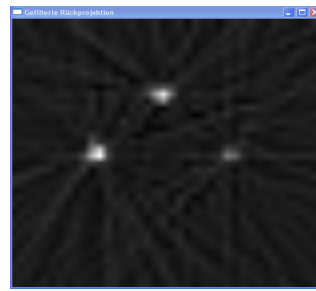


Abbildung 6: Screenshots der Bildenstehung der gefilterten (rechts) und ungefilterten (links) Rückprojektion

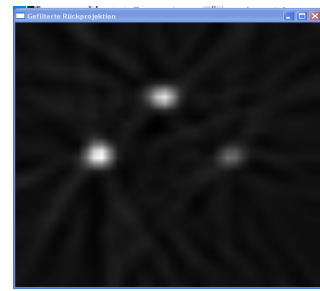
Test, Test **Untersuchung des Einflusses verschiedener Filter**



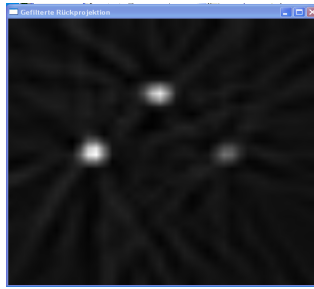
ungefilterten Rückprojektion



Rampf-Filter



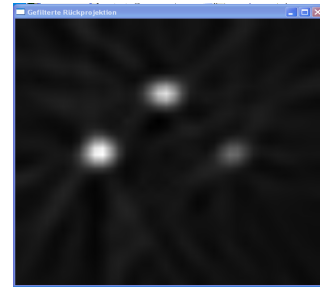
Hanning-weighted-Filter



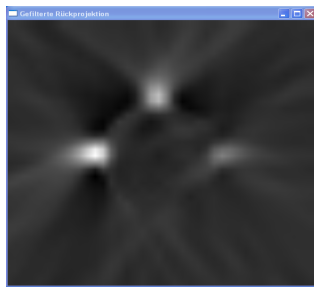
Middle-Filter



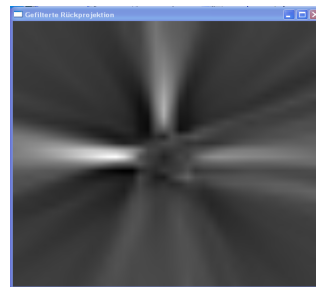
Rauschfilter bei Dimension 3



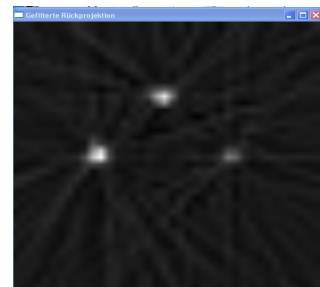
Rauschfilter bei Dimension 13



Rauschfilter bei Dimension 25



Rauschfilter bei Dimension 36

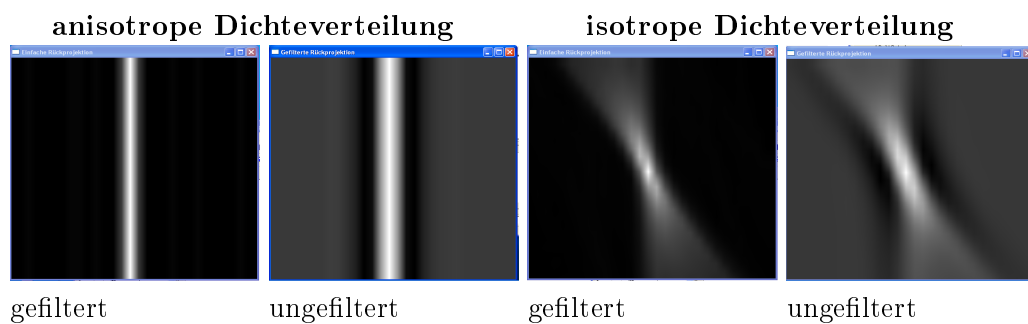


Shepp-Logan-Filter

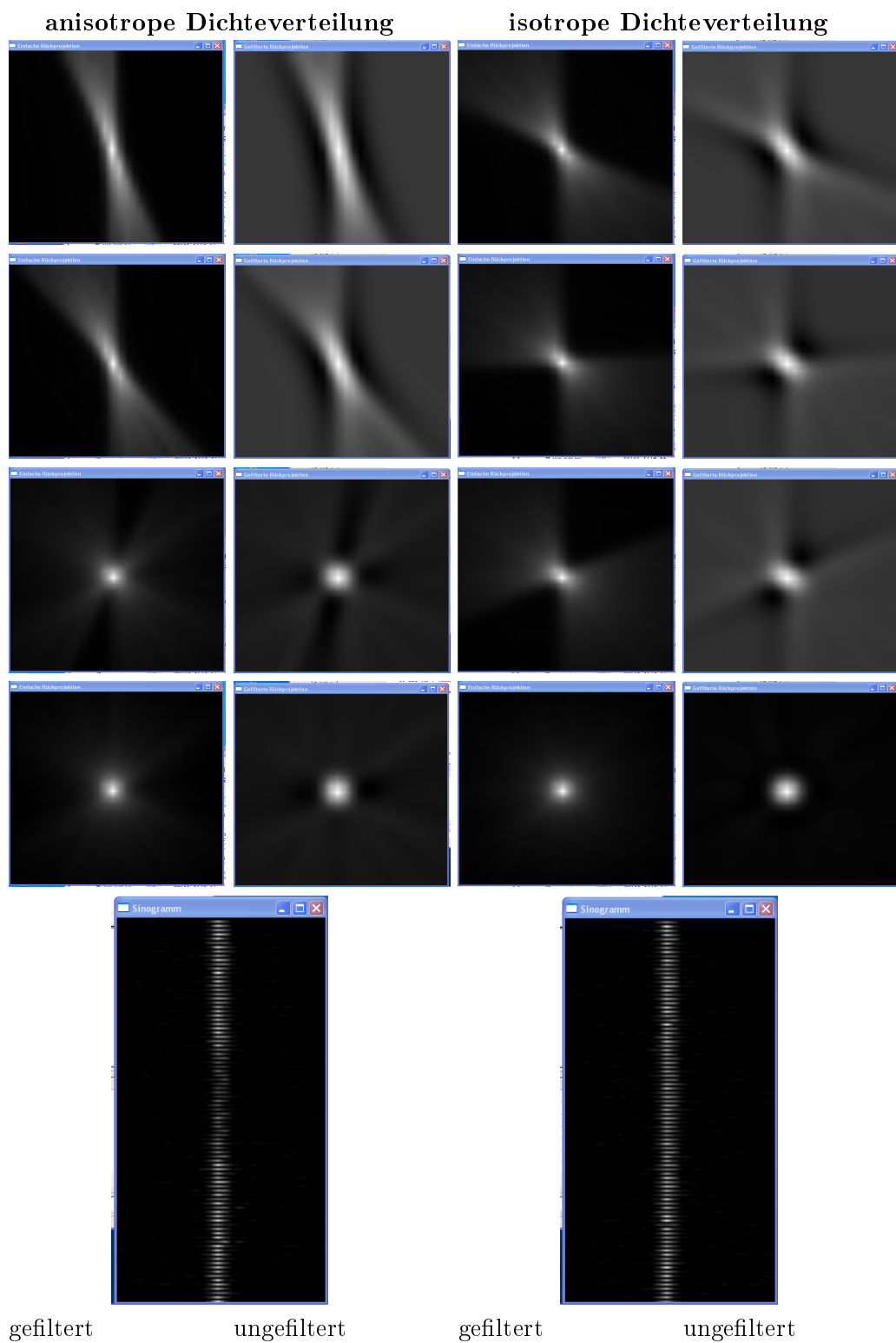
Die Abbildungen drei bis elf zeigen die Anwendung verschiedener Filter auf die ungefilterte Rückprojektion, wobei der Standardwert der Dimension 13 ist.

### 3.3.3 Messung mit einer Punktquelle, Phantom an-/insotroper Dichteverteilung

#### Qualitative Gegenüberstellung an-/isotroper Dichteverteilung







Gegenüberstellung der registrierten Ereigniszahlen und Ermittlung einer Korrekturfunktion

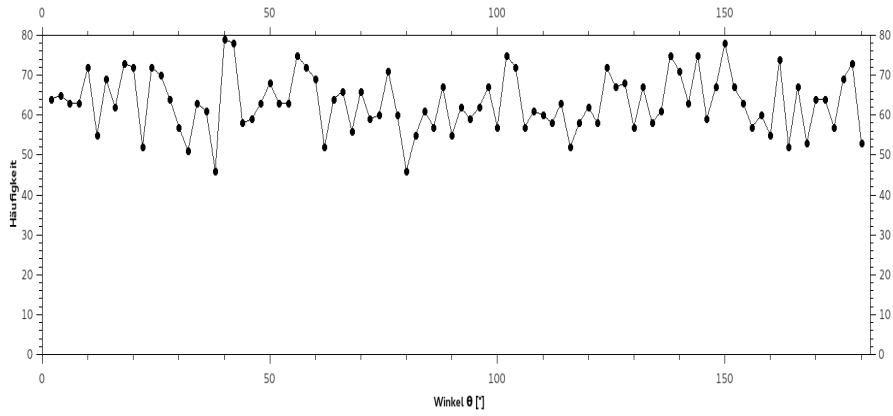


Abbildung 7: Plot der registrierten Ereigniszahlen

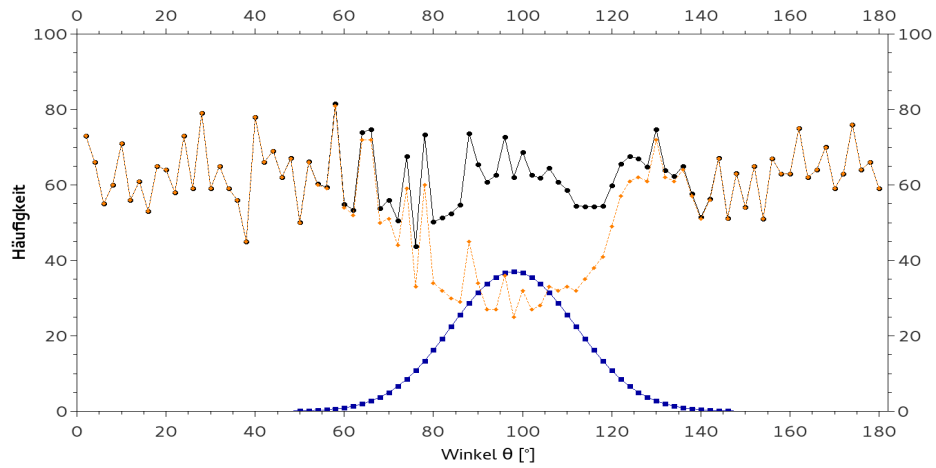


Abbildung 8: registrierte Ereignisse (gelb), korrigierte Ereigniszahlen (schwarz) und Korrekturfunktion (blau)

Die Korrekturfunktion, die man sich anhand der gelben Kurve ausdenken könnte, ist eine Gauß-Funktion, die ihr Maximum gerade im Minimum der erfassten Daten hat. Sie sieht folgendermaßen aus:

$$K(\theta) = \frac{A}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\theta-\Delta\theta}{\sigma}\right)^2} \text{ mit folgenden Parametern } \sigma = 14^\circ, A = 1300^\circ \text{ und } \Delta\theta = 98^\circ$$

## 4 Auswertung

## 5 Literatur