

TU DRESDEN

FORTGESCHRITTENENPRAKTIKUM

PRAKTIKUMSBERICHT

Positronen-Emissions-Tomographie

Autoren:

Toni EHMCKE
Christian SIEGEL

Betreuer:

Carsten BITTRICH

Dresden, 13. November 2015

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Aufgabenstellung | 2 |
| 2 | Physikalische Grundlagen | 2 |
| 3 | Durchführung | 2 |
| 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 |
| 4 | Auswertung | 9 |
| 5 | Literatur | 10 |

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 $A = 1,02 \text{ MBq}$.

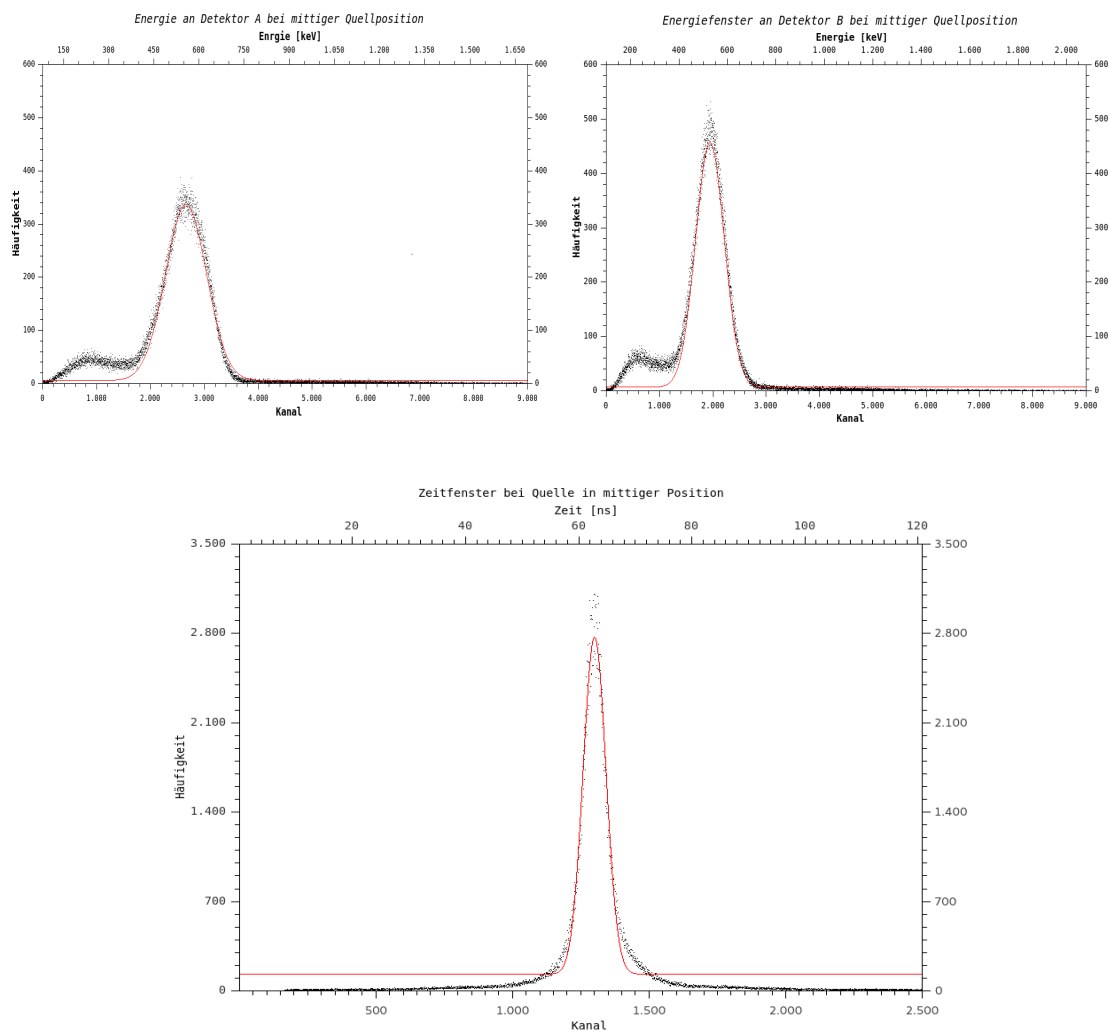


Tabelle 2: Kalibrationsmessung bei Quelle mittig zwischen den Detektoren A und B

3.2.2 Messung bei Positionen direkt an den Detektoren

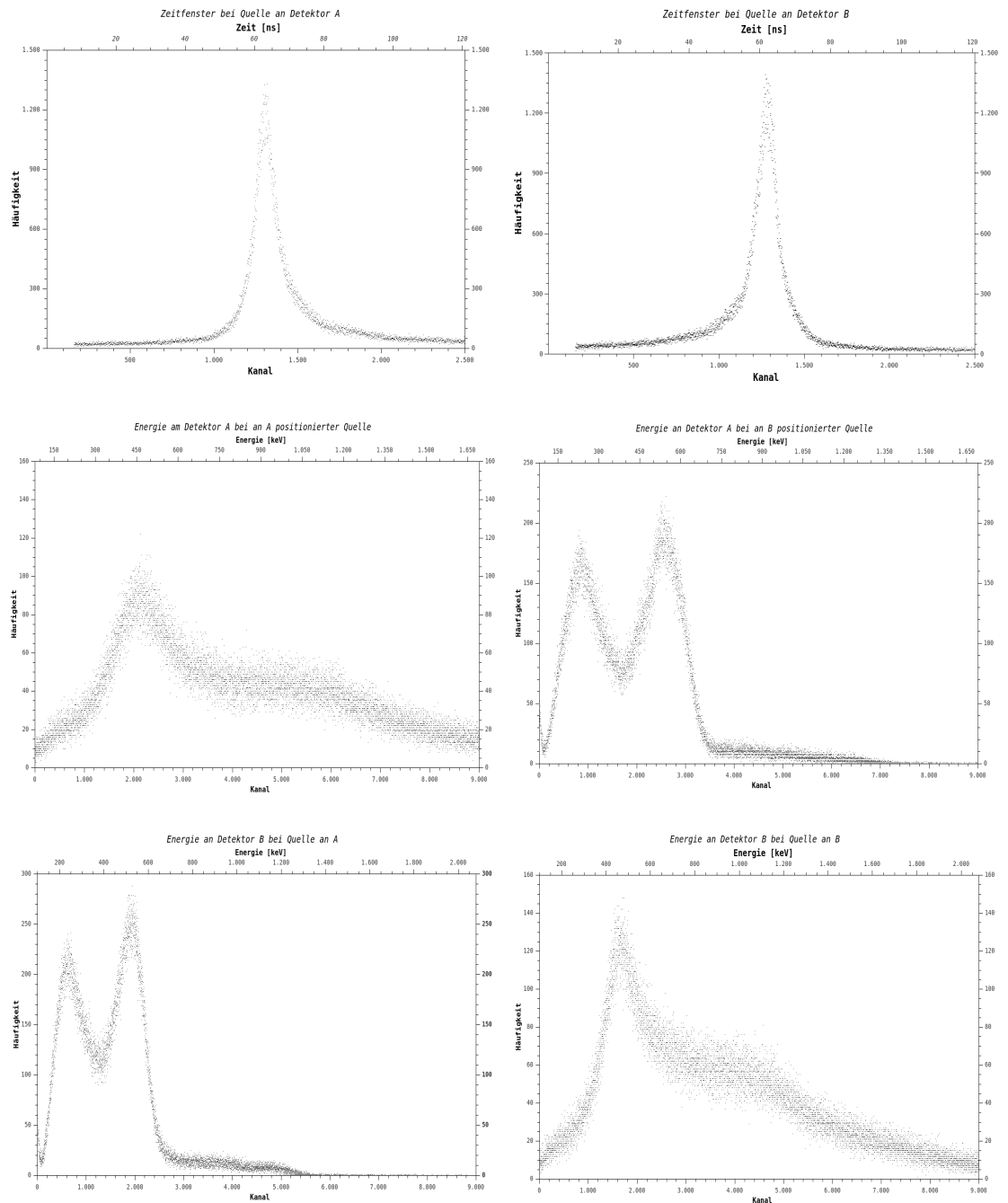


Abbildung 1: Gegenüberstellung der Messungen mit der Quelle an Det. A (links) und Det. B (rechts)

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.

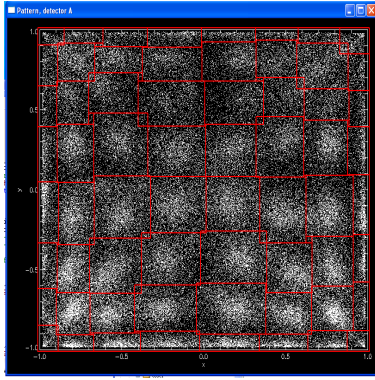


Abbildung 2: Messung bei Quelle an Detektor B

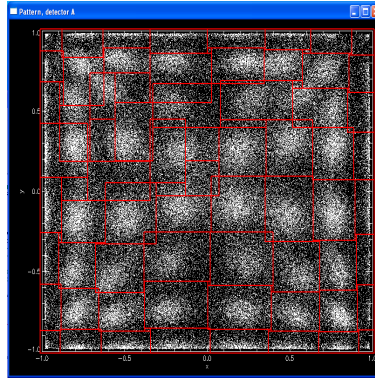


Abbildung 3: Messung bei Quelle in der Mitte

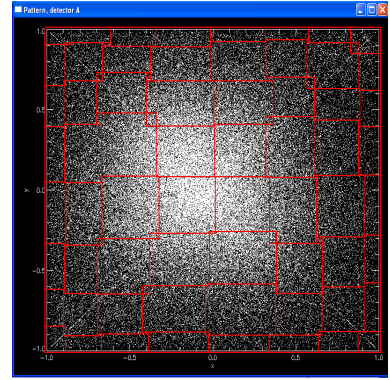


Abbildung 4: Messung bei Quelle an Detektor A

3.3 Tomografische Messungen

3.3.1 Messung einer Quellkonfiguration, Phantom isotroper Dichteverteilung

Hauptversuch

Untersuchung des Einflusses verschiedener Filter

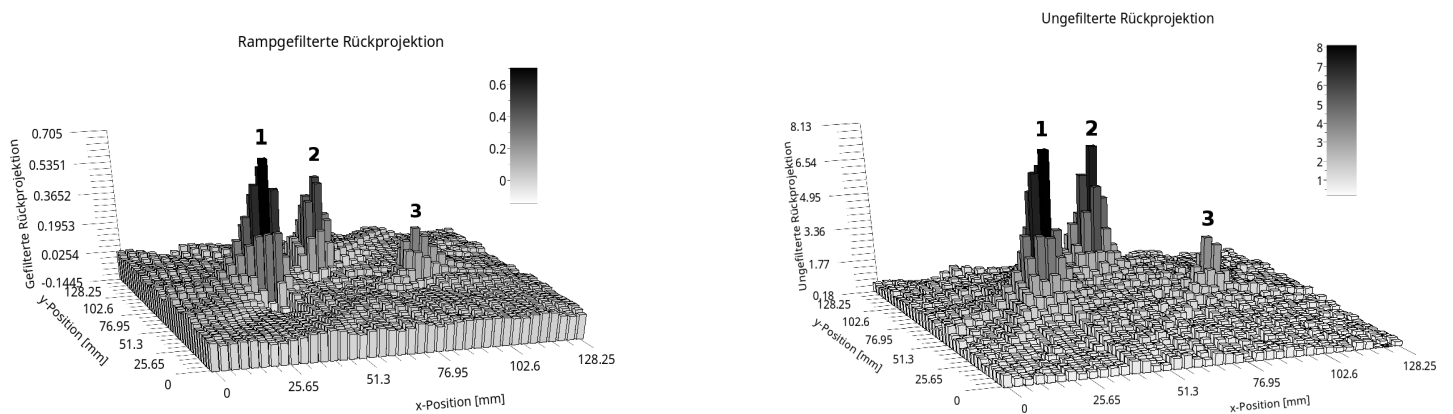
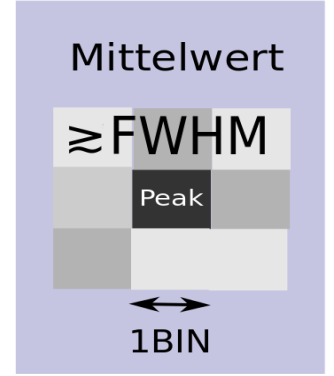


Abbildung 5: Gefilterte und Ungefilterte Rückprojektion der Aktivitätsverteilung

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 $A_i \propto \bar{N}(x_i, y_i)$:

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

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

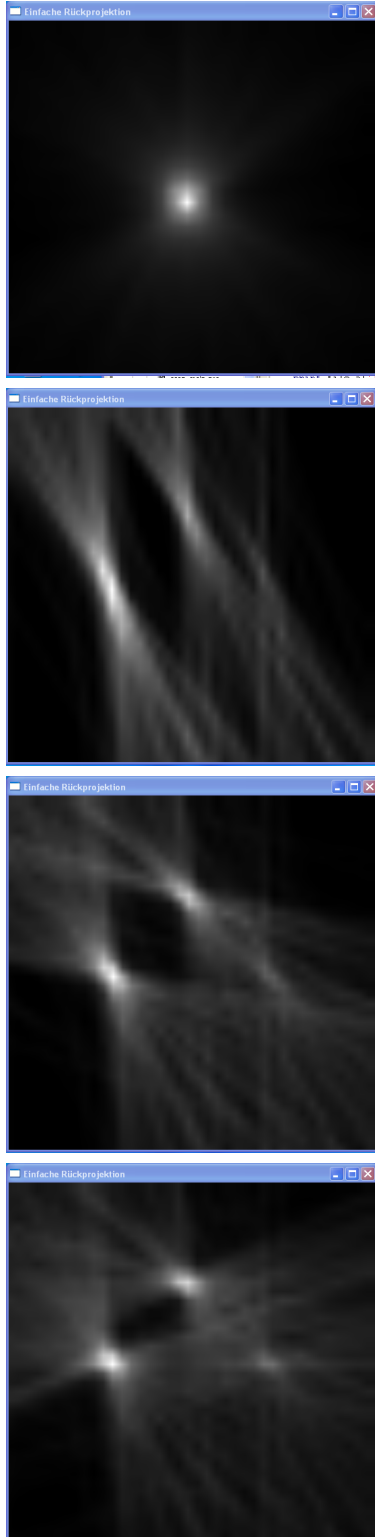
Hierbei wurden die Fehler der rückprojizierten Aktivitäten als Standardabweichungen des Mittelwertes gesetzt, die sich beim obigen Mittelvorgang ergab: $\Delta \bar{N}(x_i, y_i) = \sigma(\bar{N})$. Die systematischen Fehler des PET-Scanners waren leider nicht bekannt. Zusammenfassend ergeben sich folgende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

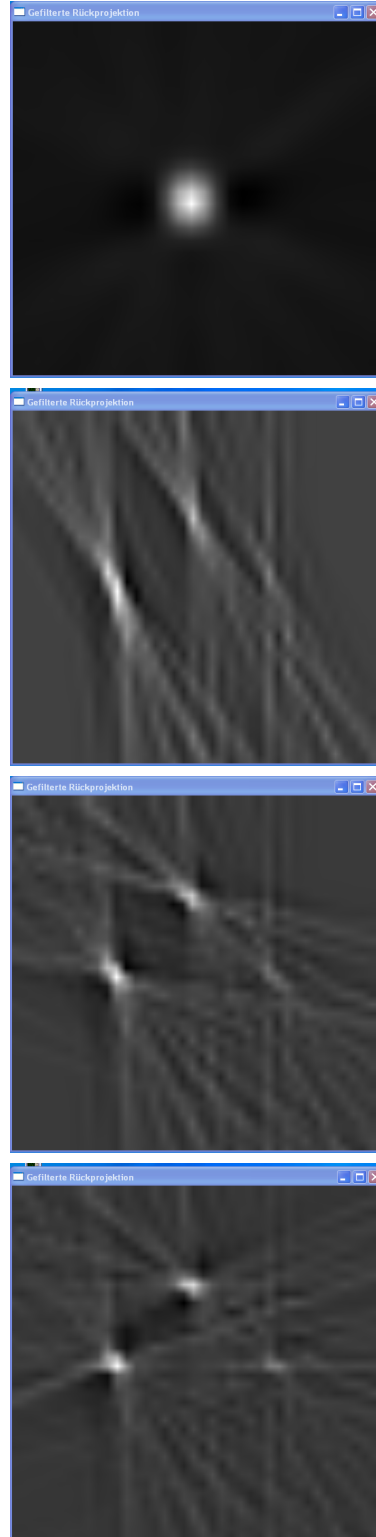
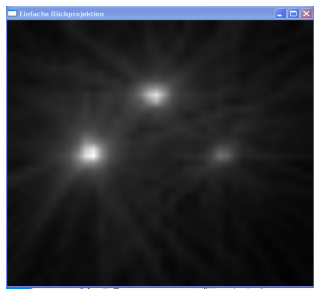
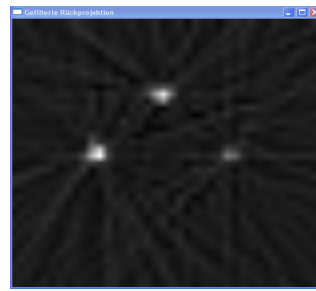


Abbildung 6: Screenshots der Bildenstehung der gefilterten (rechts) und ungefilterten (links) Rückprojektion

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



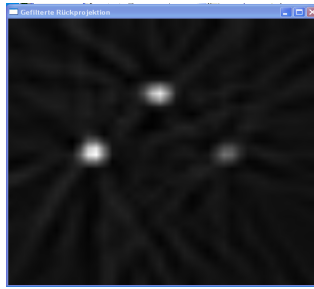
ungefilterten Rückprojektion



Rampf-Filter



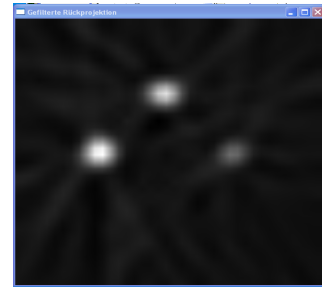
Hanning-weighted-Filter



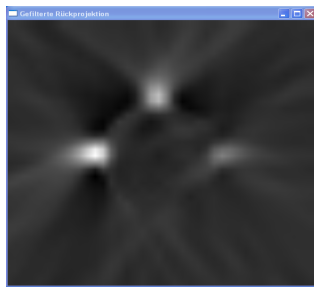
Middle-Filter



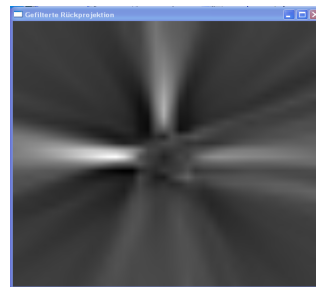
Rauschfilter bei Dimension 3



Rauschfilter bei Dimension 13



Rauschfilter bei Dimension 25



Rauschfilter bei Dimension 36

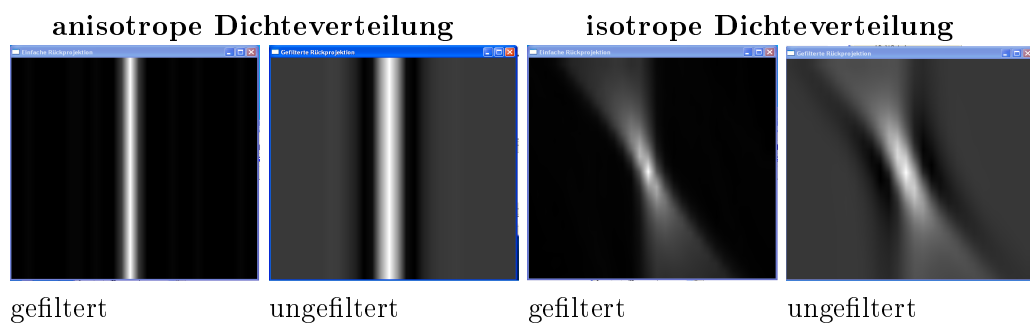


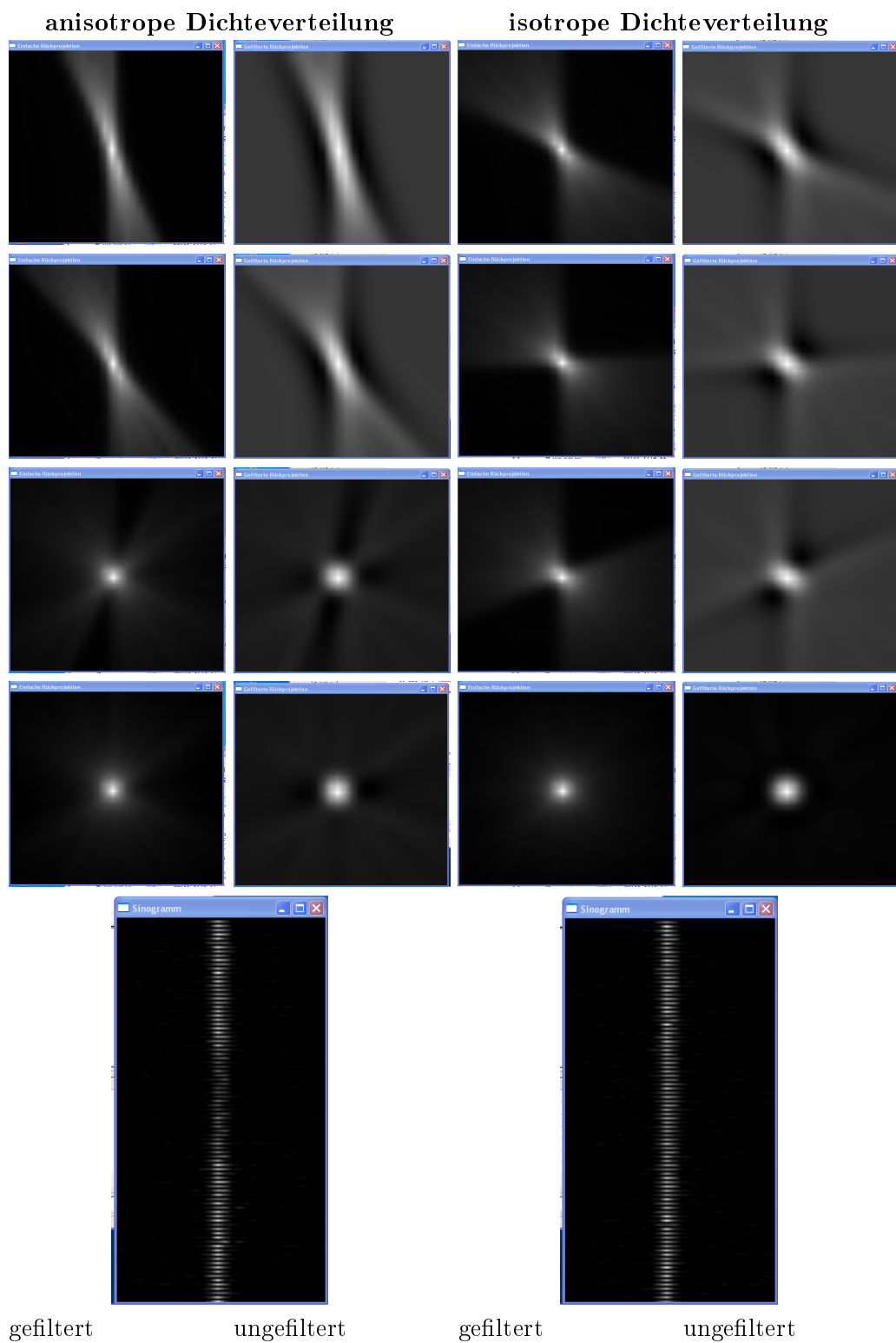
Shepp-Logan-Filter

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

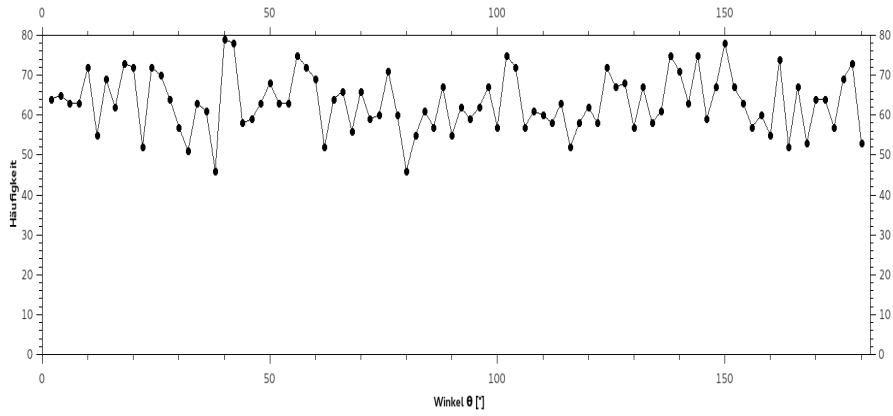


Abbildung 7: Plot der registrierten Ereigniszahlen

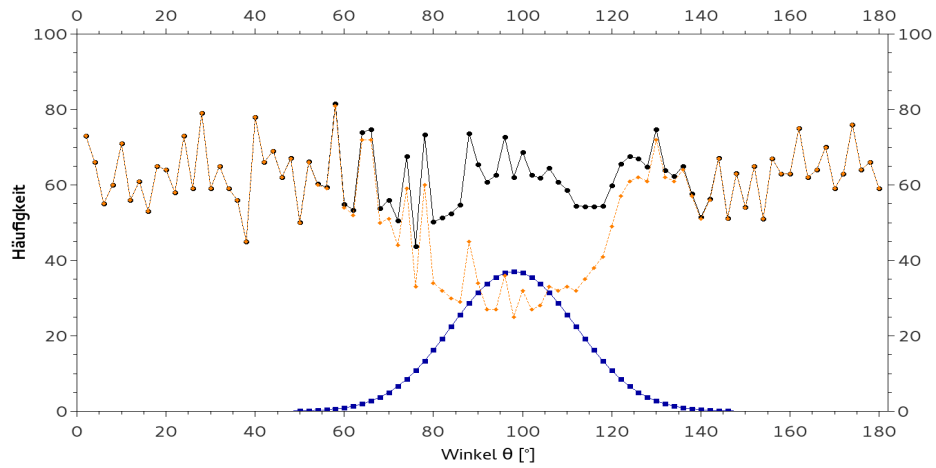


Abbildung 8: registrierte Ereignisse (gelb), korrigierte Ereigniszahlen (schwarz) und Korrekturfunktion (blau)

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