

Praktikum 2

Computer Tomographie (CT)

M.Thaler, 8/2014, ZHAW

1 Einführung

In diesem Praktikum lernen Sie die grundlegende Funktionsweise eines CT-Scanners kennen sowie eine Methode für die Aufbereitung der Daten zur Visualisierung. Im Gegensatz zu Röntgenaufnahmen von Körpern (Objekten), können mit einem CT-Scanner Schnittflächen, so genannte Slices, durch die Objekte aufgenommen werden. Diese Schnittflächen können einzeln als Bilder visualisiert werden, aus mehreren solchen Schnittflächen lassen sich 3-dimensionale Darstellungen herleiten. Wir werden uns hier auf die 2-dimensionale Darstellung einer einzigen Schnittfläche beschränken.

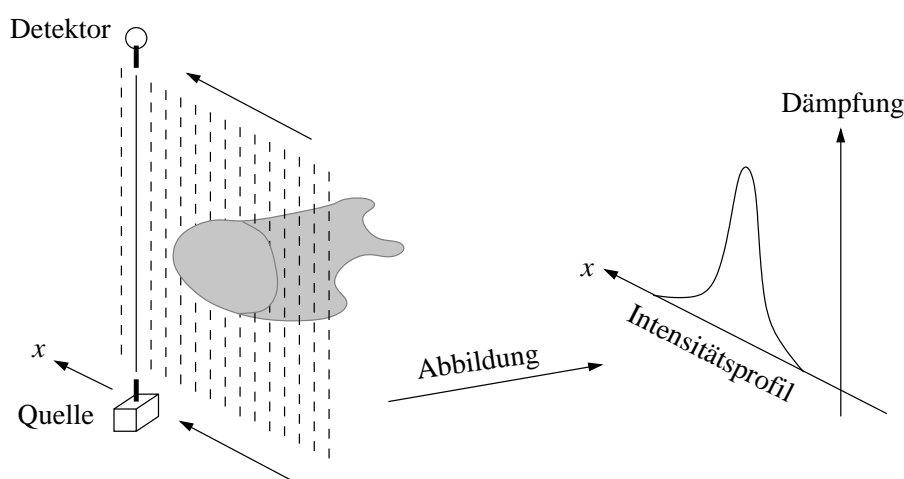
Überall dort wo das *Innenleben* von Objekten zerstörungsfrei untersucht werden muss, lässt sich dieses Verfahren anwenden, wenn z.T. in auch modifizierter Form. Voraussetzung ist, dass ein physikalisches Verfahren zur Verfügung steht, mit dem Intensitätsprofile, sogenannte *Views*, durch eine Schnittflächen des Objektes aufgenommen werden können.

2 Lernziele

- Sie können erklären, wie ein CT-Scanner grundsätzlich funktioniert.
- Sie wissen, wie aus den einzelnen Views eines Scans, mit Hilfe der *Backprojection* ein Bild des Querschnitts rekonstruiert werden kann und wie dieses Bild verbessert werden kann.

3 Funktionsweise eines CT-Scanners

Folgendes Bild skizziert die grundlegende Funktionsweise eines einfachen CT-Scanners:



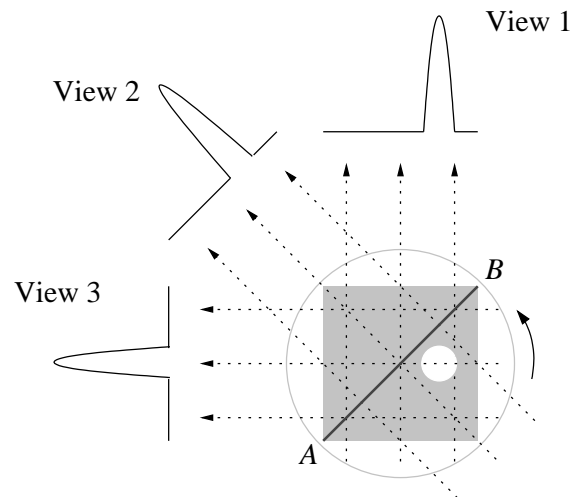
Ein feiner Röntgenstrahl wird durch den Körper geschickt und im Detektor die ankommende Intensität¹ gemessen. Quelle und Detektor werden anschliessend leicht in x -Richtung verschoben und eine weitere

¹es wird die Stärke der Dämpfung gemessen

re Messungen vorgenommen so ein vollständiges Intensitätsprofil (View) erstellt. Quelle und Detektor werden anschliessend um einen kleinen Winkel (ca. 1°) gedreht und weitere Intensitätsprofile (English views) aufgenommen. Verschiedene Materialien im Körper dämpfen die Strahlen verschieden stark, was einen entsprechenden Einfluss auf die gemessene Intensität hat.

Für die Bildrekonstruktion sind meist mehrere Vorverarbeitungsschritte notwendig, z.B. fällt die Intensität eines Röntgenstrahls exponentiell ab, wenn er Material passiert. Es sind also weitere Schritte notwendig, die aber nichts mit dem Rekonstruktionsverfahren zu tun haben, sondern physikalische Ursachen haben. Wir nehmen hier der Einfachheit halber eine lineare Dämpfung an.

Das folgende Bild zeigt Beispiele der Intensitätsprofile für die Winkel 0° , 45° und 90° :



3.1 Bildrekonstruktionsverfahren

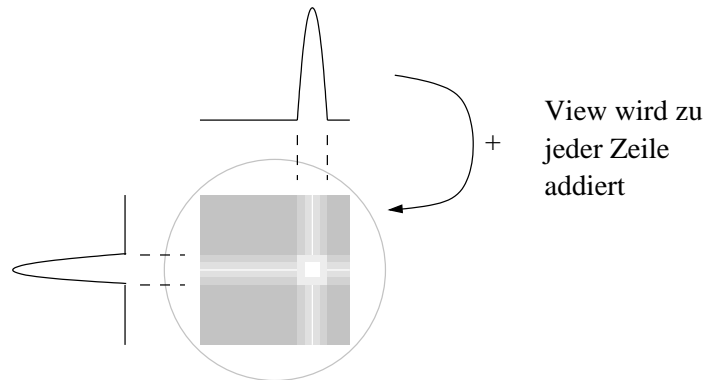
Es gibt verschiedenste Methoden zur Rekonstruktion des Querschnittbildes aus den Intensitätsprofilen:

- Lösen eines linearen Gleichungssystems, wobei jedes Pixel des resultierenden Bildes als Unbekannte behandelt wird, führt bei einem $N \times N$ Bild zu einem Gleichungssystem mit N^2 Gleichungen (praktisch nicht sinnvoll).
- iterative Verfahren, z.B. *ART* (Algebraic Reconstruction Technique), *SIRT* (Simultaneous Iterative Reconstruction Technique), etc.
- Rückprojektion und gefilterte Rückprojektion (backprojection), hier werden die einzelnen Intensitätsprofile im entsprechenden Winkel über das Bild *verschmiert*, was im Fall der einfachen Rückprojektion zu starkem *blurring* führt, mit einer entsprechenden Filterung der Intensitätsprofile kann dieses Problem korrigiert werden.
- Fourierrekonstruktion, basiert auf dem so genannten *Fourier Slice Theorem*, das folgendes besagt: jedes Spektrum eines Intensitätsprofils entspricht einem *slice* des 2-dimensionalen Bildspektrums: die einzelnen Spektren liegen dabei auf radialen Linien um den Bildmittelpunkt und müssen auf den rechteckigen Raster des Bildes mit einem Interpolationsverfahrens abgebildet werden.

Wir werden im folgenden nur *Filtered Backprojection* näher betrachten, weil es sehr anschaulich und einfach zu implementieren ist.

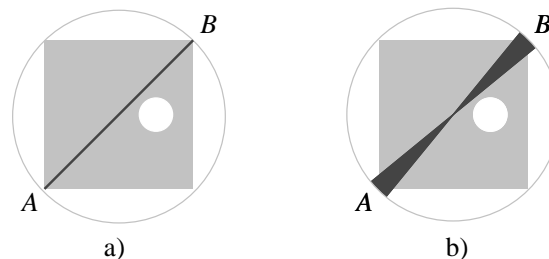
3.2 Bildrekonstruktion

Ein Bild des Querschnitts wird aus den einzelnen Views erzeugt, indem die Werte einer View in Richtung des entsprechenden Winkels zum bereits existierende Bild addiert werden. Die folgende Figur zeigt das Bild, nachdem zwei Views aufaddiert wurden:



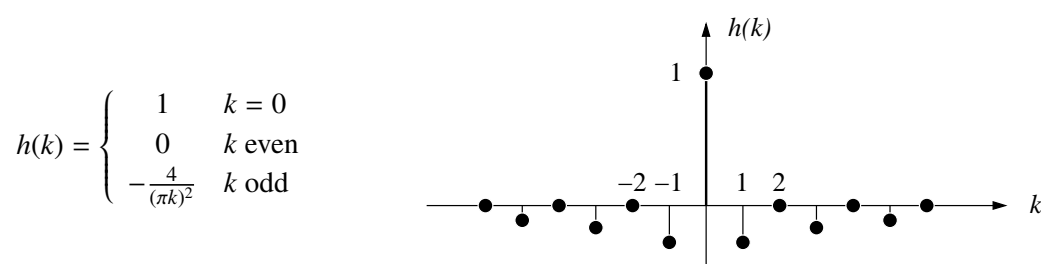
3.2.1 Blurring, eine Plausibilitätserklärung

Wenn der Querschnitt wie oben rekonstruiert wird, stellt man fest, dass das Bild unscharf ist. Dieser Effekt lässt sich am besten über das Fourier Slice Theorem erklären. Wie oben erwähnt, entspricht das Spektrum einer View einem Slice im Spektrum, z.B. dem Slice zwischen den Punkte *A* und *B* (siehe unten, a)). Eine genauere Analyse zeigt jedoch, dass der Slice eigentlich keine Linie ist, sondern wegen der rotationssymmetrischen Anordnung ein *Kuchenausschnitt*, wie in b) gezeigt:



Das bedeutet aber, dass die hohen Frequenzanteile über einen grösseren Bereich im rechteckigen Bildspektrum *verschmiert* werden, als die tiefen Frequenzen. Dies lässt sich kompensieren, indem hohe Frequenzanteile stärker gewichtet werden als tiefe Frequenzanteile. Das Spektrum muss deshalb mit der Übertragungsfunktion $f(\omega) = c \cdot \omega$ gewichtet werden.

Da wir unsere Rückprojektion im Ortsbereich durchführen, müssen wir diese Frequenz- resp. Filterfunktion in den Ortsbereich transformieren und mit den Views falten. Für die zeitdiskrete Stossantwort dieser Übertragungsfunktion ergibt sich (ohne Herleitung):

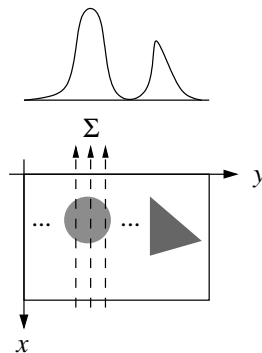


4 Aufgaben

Sie erhalten drei Files mit den Views von Scans: `ct1.asc`, `ct2.asc` und `ct3.asc`, sowie das m-File `readViews` zum Einlesen der Views. Parameter für `readViews` ist der Filename in *single quotes*, Rückgabewerte sind:

`angle` Winkel zwischen den Views
`numViews` Anzahl der Views
`ppV` Anzahl Punkte pro View
`views` die Views, ein Array der Grösse `numViews × ppV`

Zum Winkel $\varphi = 0$ gehört eine View, die einer Projektion auf die y -Achse entspricht: dabei wurden die Intensitätswerte entlang von Spalten aufsummiert.



Die restlichen Views entstanden auf die gleiche Art und Weise, das Originalbild wurde aber jeweils um den entsprechenden Winkel im Gegenuhrzeigersinn gedreht.

4.1 Die Views

Lesen die Daten aus dem Files `ct1.asc` ein und stellen Sie die Views als Mesh-Plot dar (MATLAB-Funktion `mesh`), stellen Sie auch einzelne Views mit der Plot-Funktion dar. Lassen sich Rückschlüsse auf das Bild des Querschnitts ziehen?

4.2 Rekonstruktion

Rekonstruieren Sie nun die Originalbilder aus den einzelnen Views. Verwenden Sie dazu in einem ersten Schritt nur die Daten aus dem File `ct1.asc` (nur wenige Winkel). Verwenden Sie die MATLAB-Funktion `imrotate` für das Drehen des Bildes. Vergessen Sie nicht, dass durch das Drehen des Bildes die Geometrie verändert wird (gedrehtes Bild ist grösser), dies kann mit entsprechender Konfiguration von `imrotate` vermieden werden. Geben Sie jeweils auch die Zwischenresultate graphisch aus. Konfigurieren Sie `imrotate` mit verschiedenen Interpolationsverfahren: wie wirkt sich dies auf das Resultat aus? Diskutieren Sie die Resultate. Verwenden Sie verschiedene Interpolationsverfahren (*nearest*, *bilinear*, *bicubic*) und diskutieren Sie wiederum die Resultate.

4.3 De-Blurring

Filtern Sie nun die Views mit dem de-blurring Filter und rekonstruieren Sie die Bilder aus den gefilterten Views. Vergleichen Sie die Resultate mit der vorigen Aufgabe.