ÜBUNGEN

zur Vorlesung „Instrumente der modernen Physik“
TU Dortmund Sommersemester 2019

– BLATT 6 –

Daniel Krieg (daniel.krieg @ tu-dortmund.de)
Carsten Mai (carsten.mai @ tu-dortmund.de)
Vorbesprechung am Mi 22.05.2019, Abgabe am Mo 27.05.2019.

Maximal drei Teilnehmer/innen können eine gemeinsame Lösung einsenden. Die Lösungen zu Programmieraufgaben bitte als kommentiertes Python-Skript (.py), zu Verständnis- und Rechenaufgaben als PDF-Dokument (z.B. LaTeX, Word, gescannt) per Email an die zwei Übungsleiter einsenden. Bitte alle Namen im Betreff der Email, dem PDF und dem Python-Skript aufführen. Betreff der Email: „[Instrumente19 Übung] Abgabe Blatt 6, <Namen>“*

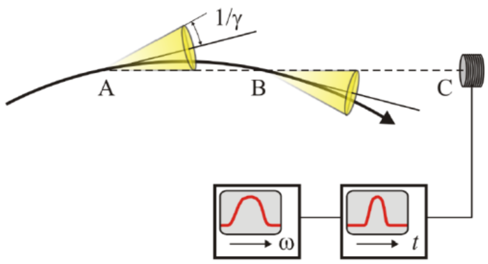
Aufgabe 1: Kurzfragen (2 Punkte)

a) Wie viele verstellbare Spiegel benötigt man, um einen Laserstrahl auf eine vorgegebene Achse (z.B. gegeben durch zwei Lochblenden) zu bringen? Wie würden Sie praktisch vorgehen, um dieses Ziel zu erreichen?

b) Informieren Sie sich über den Unterschied zwischen einen Galilei- und einem Kepler-Teleskop. Welche Anordnung würden Sie im Laserlabor bevorzugen, um einen Strahl intensiver Laserpulse zu vergrößern?

Aufgabe 2: Synchrotronstrahlung (4 Punkte)

Ein relativistisches Elektron (Geschwindigkeit βc, Lorenzfaktor γ) emittiert auf einer Kreisbahn (Radius R) Synchrotronlicht mit kegelförmiger Winkelverteilung (halber Öffnungswinkel $\theta \approx 1/\gamma$), so dass gemäß der Skizze Licht auf einen Detekor C fällt, solange sich das Elektron zwischen den Punkten A und B befindet.



a) Berechnen Sie die Dauer Δt des Lichtpulses am Ort des Detektors. Verwenden Sie die Reihenentwicklungen $\sin\theta \approx \theta + \theta^3/6$ und $\beta\gamma = \gamma\sqrt{1-1/\gamma^2} \approx \gamma - 1/(2\gamma)$ sowie notfalls weitere sinnvolle Näherungen, um einen einfachen Ausdruck zu erhalten.

b) Wie groß ist die typische Breite $\Delta\omega$ des Spektrums, wenn das Zeit-Bandbreiten-Produkt durch $\Delta\omega \cdot \Delta t = 2\pi$ gegeben ist? Vergleichen Sie Ihr Ergebnis mit der sogenannten kritischen Frequenz $\omega_c = \dfrac{3c\gamma^3}{2R}$, die das Spektrum in zwei Teile gleicher integrierter Leistung teilt.

(bitte wenden)

Aufgabe 3: Zweidimensionale Fourier-Transformation (6 Punkte)

Sie sind mit Ihrer Zeitmaschine im Jahr 1969 gelandet. Sie bekommen am Nachmittag des 20. Juli 1969 einen Anruf vom Administrator der NASA. Die Mondlandung der Apollo 11 steht kurz bevor, doch die Bildübertragung ist schlecht. So wird auf der Erde niemand glauben, dass die Mission wirklich erfolgreich war. Er hat von anderen Zeitreisenden erfahren, dass Sie sich mit moderner Datenanalyse bestens auskennen und bittet Sie um Ihre Hilfe.

a) Sie erhalten eine Email mit dem Anhang „moonlanding.png". Zufällig stellt Ihnen die NASA einen PC mit vorinstalliertem Python bereit. Nutzen Sie die Funktion *matlplotlib.pyplot.imread(* filename *).astype(float)* um die Datei einzulesen und die Bilddaten direkt als Fließkommazahl in einem zweidimensionalen Feld abzulegen. Stellen Sie das Bild über die Methode *matplotlib.pyplot.imshow(array)* dar. Benutzen Sie den Parameter *matplotlib.pyplot.cm.gray* um nur Graustufen darzustellen, denn Farbfernsehen ist ohnehin noch nicht weit verbreitet.

b) Ihnen fällt auf, dass die Störungen eine starke Periodizität aufweisen. Berechnen Sie die zweidimensionale Fourier-Transformation des Bildes mit der Funktion *numpy.fft.fft2(array)* und bilden Sie den Absolutbetrag des Spektrums. Stellen Sie das Ergebnis graphisch dar. Zur besseren Sichtbarkeit können Sie die Werte vor der Darstellung logarithmieren.

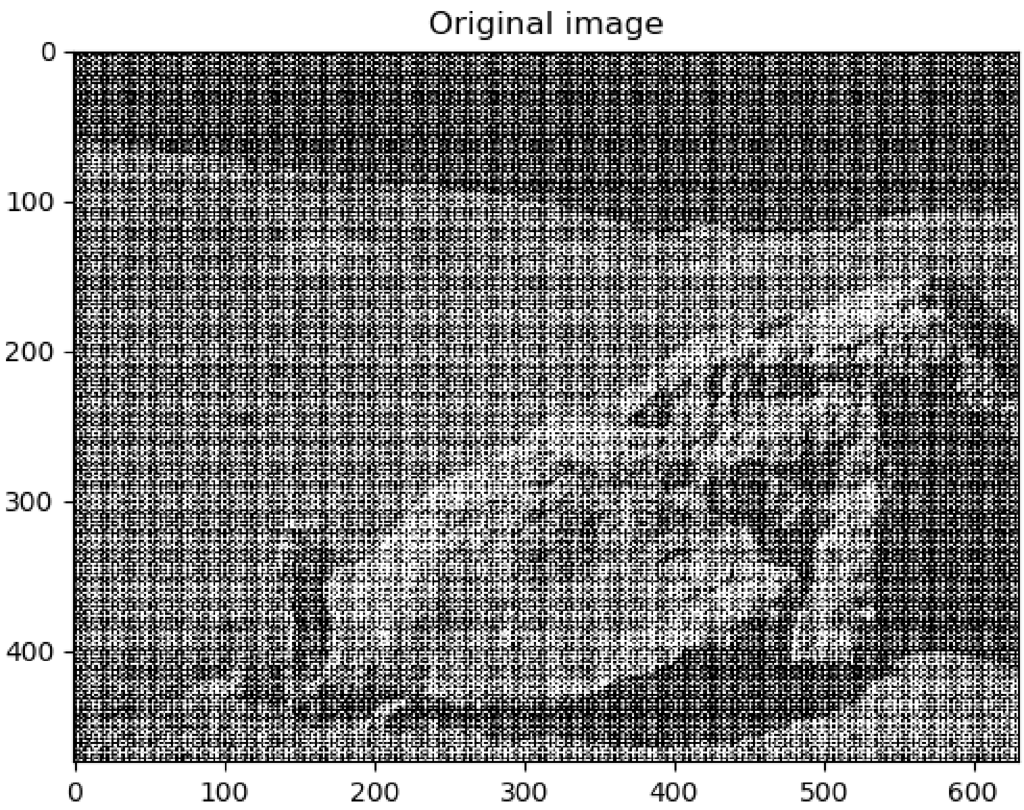
c) Machen Sie sich mit dem Datenformat der Funktion numpy.fft.fft2 vertraut. Benutzen Sie die Funktion *numpy.fft.fftshift(array)* um die Daten so zu sortieren, dass im Zentrum des Datenfelds die Frequenzen mit kleinstem Betrag liegen.

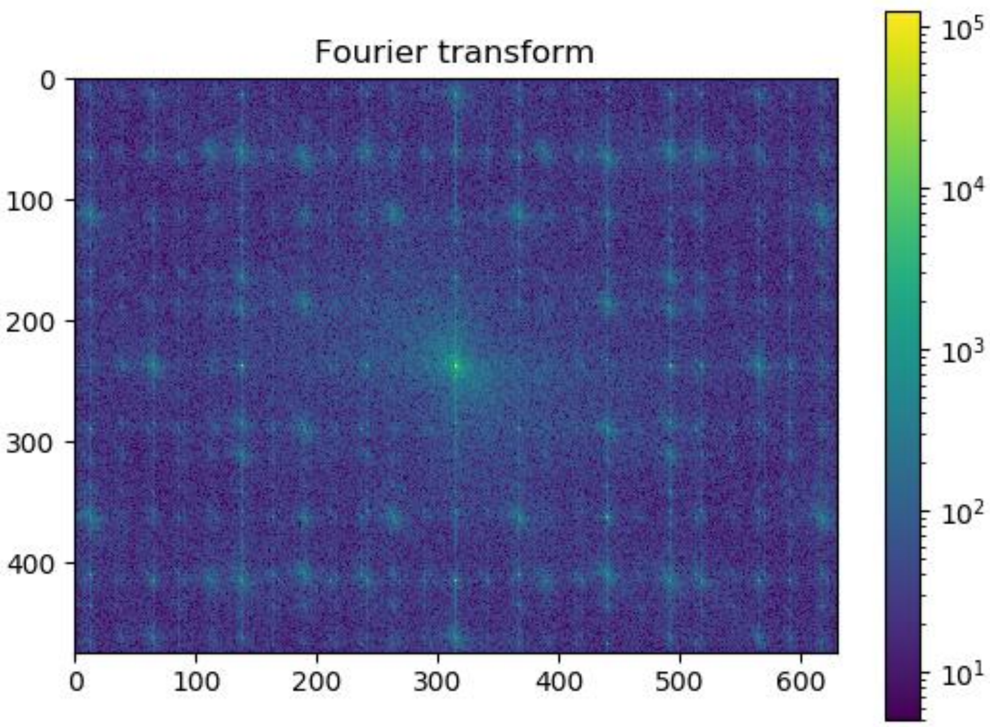
d) Filtern Sie hochfrequente Anteile des Amplitudenspektrums. Setzen Sie dazu alle Amplituden bei hohen Frequenzen auf Null. Sie wissen aus Erfahrung, dass nur die niedrigsten Frequenzen, d.h. +/- 10% der horizontalen bzw. vertikalen Frequenzbereiche für eine glaubhafte Darstellung der Mondlandung benötigt werden.

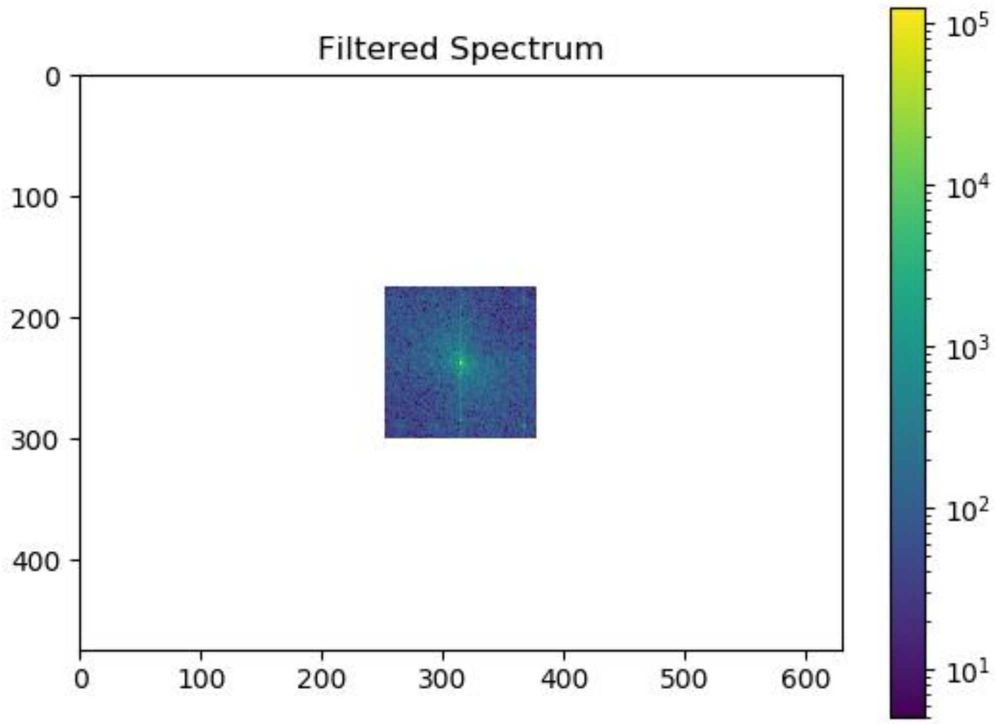
e) Wenden Sie auf das Ergebnis aus d) wieder die zweidimensionale Fourier-Transformation an und stellen Sie den Realteil des Ergebnisses graphisch dar.

f) Wiederholen Sie e), benutzen Sie nun allerdings die Funktion *numpy.fft.ifft2(array)*. Wie erklären Sie den Unterschied?

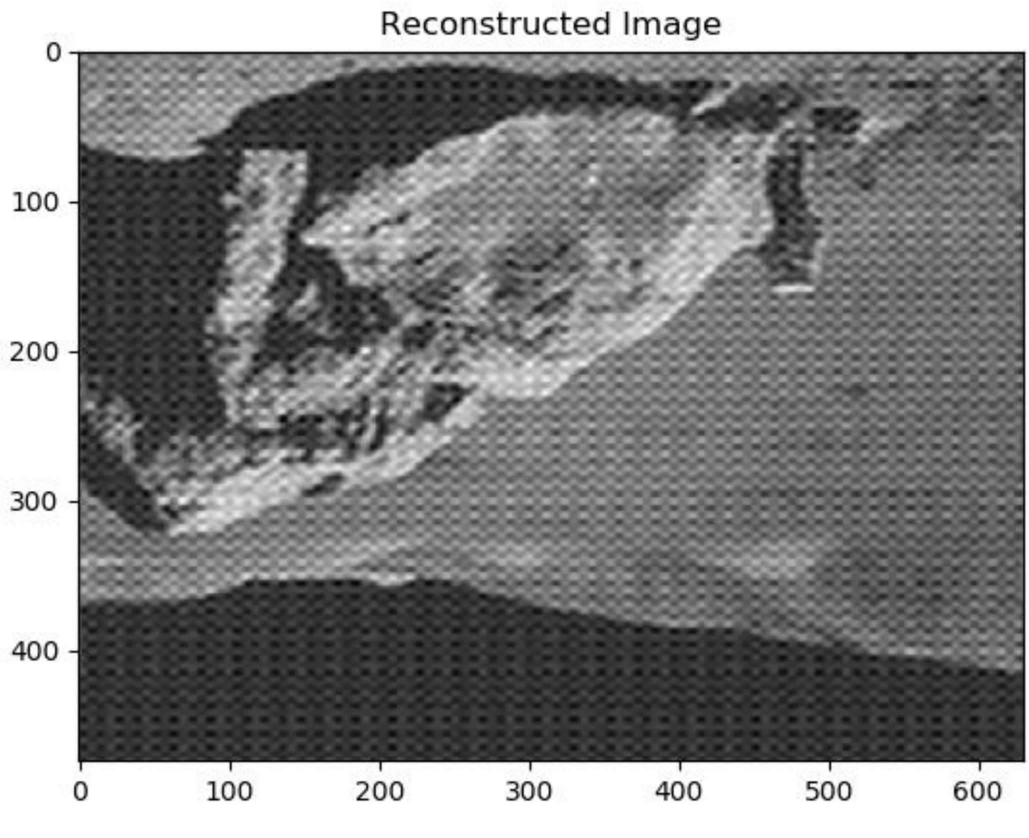
Da die Email-Adresse des NASA-Administrators nicht öffentlich ist, senden Sie neben Ihrem Python-Code auch aussagekräftige Bilder und Erläuterungen an Ihre Übungsassistenten.


Original image
0
100
200
300
400
0
100
200
300
400
500
600

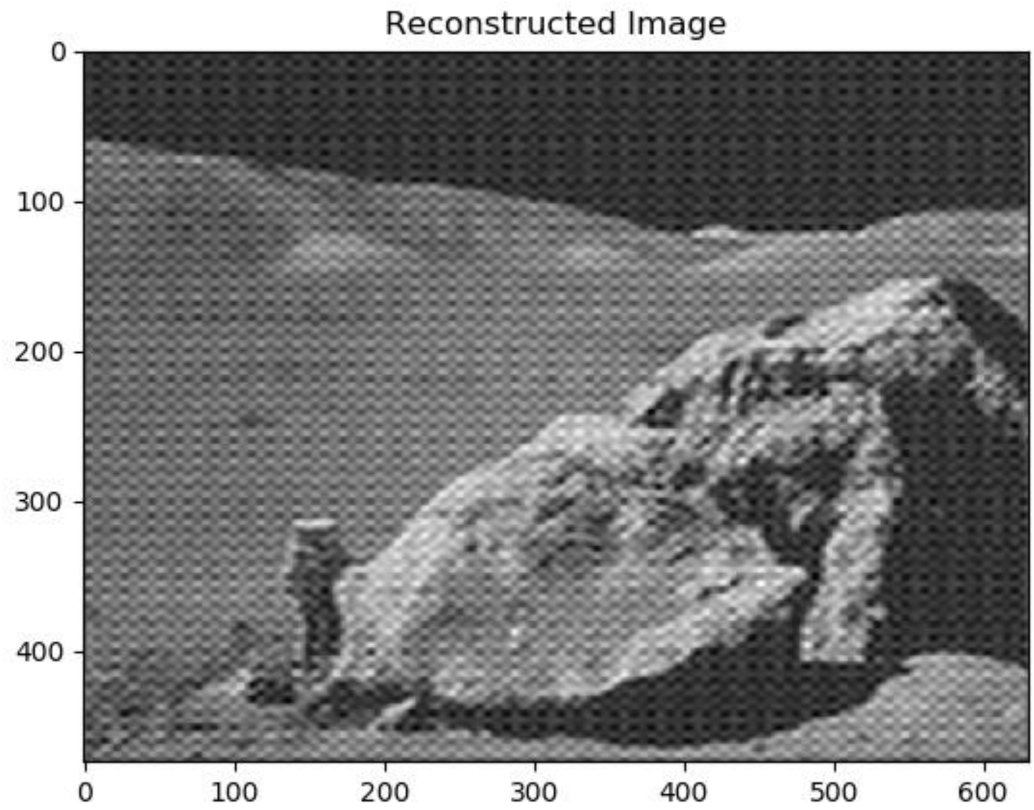

Fourier transform
0
100
200
300
400
0
100
200
300
400
500
600
10^5
10^4
10^3
10^2
10^1



Filtered Spectrum
0
100
200
300
400
0
100
200
300
400
500
600
10^5
10^4
10^3
10^2
10^1



Reconstructed Image
0
100
200
300
400
0
100
200
300
400
500
600


Reconstructed Image
0
100
200
300
400
0
100
200
300
400
500
600