

Mit dem Programm IMAGE_POWER.PRO lassen sich logarithmische Powerspektren und Phasenspektren von 2-dimensionalen Signalen (z. B. Bildern) berechnen, als Dateien ausgeben oder direkt als PostScript-Grafik auf Papier drucken.

Die Signale (Pixel-Bilder) müssen als Bilddaten-File im genormten TIFF-Format [2] vorliegen. Der Ablauf der Berechnung kann durch Angabe von mehreren Keywords beim Aufruf des Programms bequem modifiziert werden.

Das Programm steht auf dem HAIRcluster des Instituts für Physiologie im allgemein zugänglichen Verzeichnis PRO zur Verfügung und kann von dort ausgedruckt werden. Diese Beschreibung gibt den Stand des Programms in der Version V 01.26 (= V 1.0 – Edit 26) wieder.

Dieses Programm wurde von der Abt. Wiss. Datenverarbeitung in der „Interactive Data Language“ IDL [1] angefertigt und unterliegt dem internationalen Copyright [Projekt C90 234].

1. Beschreibung:

Dieses Programm berechnet mit der 2-dimensionalen Fourier-Transformation [4, 5] das logarithmische Powerspektrum und das Phasenspektrum eines Bildes/Fotos in der normierten Form, wie sie bei Bildanalysen üblich ist [3], d. h. die Frequenz $f = 0$ cycles/pixel liegt in der Mitte und an den Rändern der Darstellung gilt für die Nyquist-Frequenz $|f| = 0,5$ cycles/pixel (Beispiel in Abb. 1).

Die Größen an den Achsen des (logarithmischen) Powerspektrums sind:

- x-Achse: Frequenz $f_x = (i/n_x) f_{abt_x}$ mit $i = 0..|n_x/2|$
- y-Achse: Frequenz $f_y = (j/n_y) f_{abt_y}$ mit $j = 0..|n_y/2|$
- z-Achse: Amplitude $p = 20 \cdot \lg(|\text{FFT}(image)|)$.

Für die 2-dimensionale Darstellung wird p graustufencodiert; bei negativer Darstellung entspricht Weiß der Amplitude 0 und Schwarz der maximalen Amplitude des Betrages der Spektrallinie (eigentlich „Spektralsäule“). Beim Phasenspektrum ist die

- z-Achse: Phase $\varphi = \arctan\left(\frac{\text{Im}\{\text{FFT}(image)\}}{\text{Re}\{\text{FFT}(image)\}}\right)$, wobei $(-\pi \leq \varphi \leq +\pi)$ ist.

Die Spektralwerte bei negativen Frequenzen – diese resultieren aus den komplexen Drehzeigern der FFT (Fast Fourier Transform) [4], die sich im mathematisch negativen Sinn drehen – sind zwar redundant, müssen aber für eine weitere Verarbeitung (z. B. eine Filterung im Frequenzbereich mit anschließender FFT-Rücktransformation) erhalten bleiben. Wird dieses nicht beachtet, was in der Literatur durchaus zu bestaunen ist, werden total falsche Ergebnisse erzielt!

Üblicherweise wird die Abtastfrequenz eines Bildes $f_{abt_x} = f_{abt_y} = f_{abt} = 1$ cycle/pixel sein, da das Bild mit Scannern in beiden Richtungen mit der gleichen Pixel-Auflösung d (pixel/mm) abgetastet wird. Auch bei Bildern gilt für die Nyquist-Frequenz: $f_{Nyq} = f_{abt}/2$, woraus sich für $i = n_x/2$ bzw. $j = n_y/2$ ergibt. Die Nyquist-Frequenz ist die maximal im Powerspektrum bzw. im Phasenspektrum dargestellte Frequenz (am Bildrand):

$$f_{Nyq} = (n_x/2 n_x) \cdot f_{abt}$$

$$f_{Nyq} = 1 \text{ cycle}/2 \text{ pixel} = 0,5 \text{ cycles/pixel}.$$

Wenn die Pixel-Anzahl in x- und y-Richtung gleich ist, also $n_x = n_y = n$ ist, dann läßt sich die Frequenz auch in cycles/image angeben. Beispiel:

$$f = (i/n) \cdot f_{abt}$$

$$f = (i/n) \cdot 2 f_{Nyq}$$

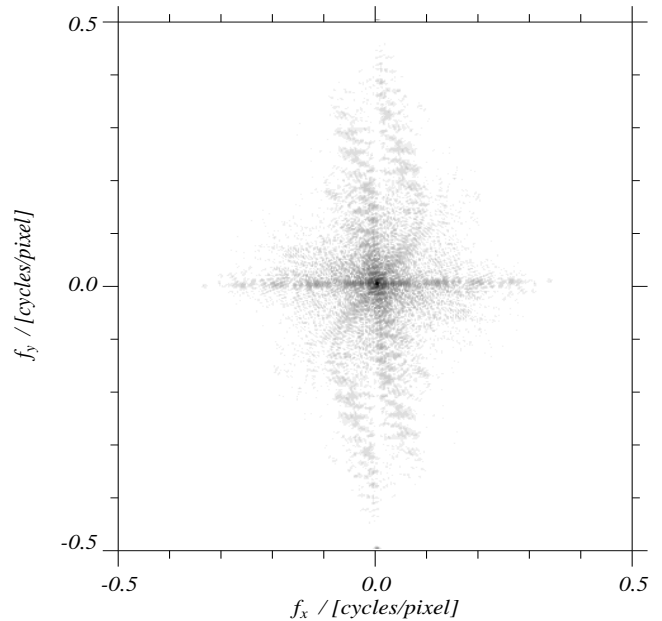
$$f = (i/n) \cdot 2 \cdot 0,5 \text{ cycles/pixel}$$

$$f = i \cdot \text{cycles}/(n \cdot \text{pixel})$$

$$f = i \cdot \text{cycles}/\text{image}$$

$$f/(\text{cycles}/\text{image}) = i \quad \text{mit } i = 0..n/2$$

Bei z. B. $n = 512$ wird $i = n/2 = 256$ und die Nyquist-Frequenz wird $f_{Nyq} = 256$ cycles/image.



$n_x = 406$ pixel; $n_y = 464$ pixel; noise < -60 dB

Abb. 1: Log. Powerspektrum des Testbildes von Abb.2. Die Amplituden sind durch Grauwerte dargestellt.

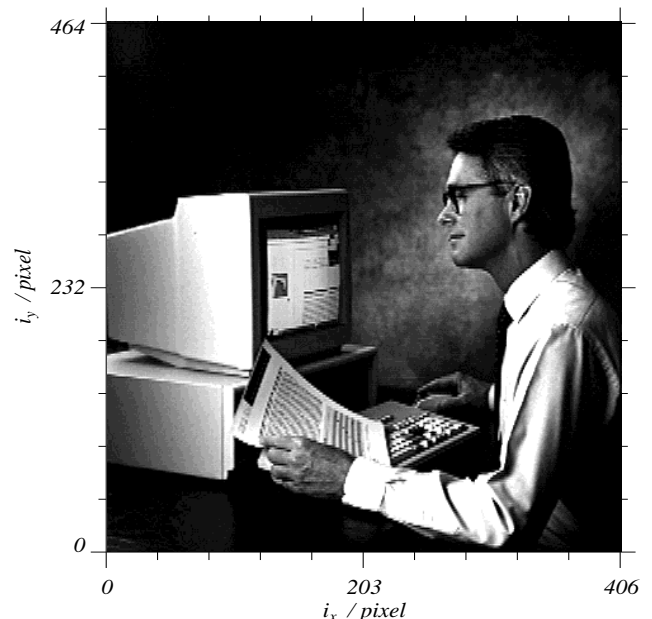


Abb. 2: SW-Testbild DEMO:FOTO.TIF für Spektralanalysen.

2. Aufruf:

IMAGE_POWER, fileName [, spectrum, job]

2.1 Variablen (VAR):

fileName — Volle Filespezifikation der zu analysierenden Bilddaten-File im TIFF-Format. Beispiel siehe Pkt. 2.3.

spectrum — Um eine weitere Bearbeitung des Spektrums (z. B. zum Filtern) zu erleichtern, wird die VAR spectrum, ein Feld mit komplexen Zahlen, an das rufende IDL-Programm (das kann auch die interaktive Sitzung sein) übergeben. Durch Angabe des Keywords /SAVE kann zusätzlich die VAR spectrum in einer Datei gesichert werden. Außerdem werden die internen VAR power (Pixel-Bild des Powerspektrums) und die VAR image (Ausschnitt des Bildes) in neuen TIFF-Dateien gespeichert.

job — Aus der VAR fileName erzeugte Bezeichnung für den Job; z. B. zur Verwendung als Titel bei den Ausgaben.

2.2 Keywords:

/ADD — Das Phasenspektrum wird auf einem 2. Blatt ausgegeben. Enthält implizit das Keyword /PHASE.

/AXIS — Im Spektrum wird zusätzlich ein Achsenkreuz durch den Nullpunkt ausgegeben.

/BATCH — Muß angegeben werden, wenn dieses Programm im IDL Batch-Mode oder von einem reinen Text-Terminal laufen soll.

/CLEAN — Die VAR spectrum wird gemäß dem gewählten NONOISE-Pegel bereinigt, d. h. bei den Frequenzen für die $p < \text{NONOISE}$ ist, werden die komplexen Werte auf 0 gesetzt. Das Phasenspektrum wird ggf. entsprechend bereinigt.

/EPS — Die PostScript-Ausgabe erfolgt als Encapsulated PostScript-Datei (EPS-File) unter dem Namen „job.EPS“. Es erfolgt keine Ausgabe auf dem PostScript-Drucker. EPS-Files werden ausschließlich für den Transfer zu anderen Applikationen verwendet; z. B. zum Import (Positionieren) beim Programm „PageMaker“ auf einem Macintosh Computer, was auch über das IfPnet möglich ist.

/HOLD — Die PostScript-Datei des Spektrums wird nicht gedruckt. Sie wird unter dem Namen „job.PS“ abgelegt und kann zu einem späteren Zeitpunkt ausgedruckt werden.

/INFO — Es werden Informationen über die gelesene Bilddaten-File, die nach der TIFF-Norm in jeder TIFF-File enthalten sind, ausgegeben (z. B. zur Fehlersuche).

/NEGATIV — Die Ausgabe des Powerspektrums erfolgt in negativer Darstellung. NONOISE wird, falls nicht anderes verlangt wird, auf den Defaultwert eingestellt.

NONOISE — Das Powerspektrum soll für die Darstellung aufbereitet werden. Implementiert ist z. Zt. ein einfaches Abschneiden des Rauschhintergrunds. Angegeben wird der Rauschpegel (noiseLevel) in dB (Dezibel); z. B. NONOISE = -40. Der Defaultwert ist -60 dB.

/NOREBIN — Die Bildgröße wird nicht halbiert; sonst wird vor der Berechnung des Powerspektrums die Bildgröße (Pixelanzahl) bei einem großen Bild halbiert.

/NOTRIM — Wenn das Bild bereits mit einem anderen Programm (z. B. mit den Programmen TRIM_IMAGE oder CONVERT_TO_TIFF) beschnitten worden ist, muß dieses Keyword angegeben werden. Das Bild wird dann in diesem Programm nicht mehr beschnitten.

/PHASE — Statt des Powerspektrums wird das Phasenspektrum des Bildes ausgegeben mit $\varphi = -\pi \Rightarrow$ Schwarz und $\varphi = +\pi \Rightarrow$ Weiß.

/PRIM — Die PostScript-Ausgabe des Spektrums erfolgt zusammen mit dem Bild/Foto-(ausschnitt).

/PS — Es erfolgt nur der PostScript-Druck des Spektrums und

keine Ausgabe des Spektrums auf dem Terminal.

/SAVE — Das unbearbeitete komplexe Spektrum (VAR spectrum) wird in einer Datei „job.SPECTRUM“ im IDL Save-Format für eine spätere IDL Restore-Operation gesichert.

/SHOW3D — Das Powerspektrum wird als 3D-Oberfläche ausgegeben (ist z. Zt. noch nicht implementiert!).

WINDOW — Hiermit kann die Art der Vorfilterung des Bildes beeinflußt werden. Um im Spektrum von vornherein Artefakte durch ein „wrap-around“ hoher Frequenzanteile zu vermeiden, muß das Bild vor der Berechnung des Powerspektrums geeignet tiefpaßbegrenzt werden [3]. Zugelassen sind folgende Filter: WINDOW = "BH" (4-gliedriges Blackmann-Harris Window mit -74 dB Abstand (!) zu den störenden Seitenbändern), WINDOW = "HAN" (Hanning Window mit -32 dB), WINDOW = "NO" (Es erfolgt keine Vorfilterung). Der Defaultwert ist "BH".

XSIZE — Festlegen der Größe des Bildausschnitts (in pixel) in x-Richtung.

YSIZE — Festlegen der Größe des Bildausschnitts (in pixel) in y-Richtung. Defaultwerte sind 256 pixel x 256 pixel.

2.3 Beispiel(e):

Das in der Abb. 1 und Abb. 2 dargestellte Beispiel wurde als EPS-Datei von einem Text/Video-Terminal (!) mit folgenden Befehlen angefertigt:

```
> COPY DEMO:FOTO.TIF MAC:*.*
> IDL
> IMAGE_POWER,"MAC:FOTO.TIF", s, j, /neg,
  /nonoise, /batch, /notrim, /eps, /prim
```

3. Erforderliche Programme:

Dieses Programm verwendet folgende IDL-Programme der Abt. Wiss. Datenverarbeitung, die in der IDL-Bibliothek des Instituts zur Verfügung stehen und beim Aufruf des Programms automatisch aktiviert werden:

- PRINT_PLOT (P 476/2): PostScript-Ausgabe einer Grafik-File über das Queue-System des HAIRclusters.
- BH_WINDOW (P 476/9): Verschiedene Blackmann-Harris Windows für 1D- und 2D-Anwendungen.
- TIFF_READ (P 476/13): Lesen von Bilddaten im genormten, austauschbaren TIFF-Format [2].
- TIFF_WRITE (P 476/14): Schreiben von Bilddaten im genormten, austauschbaren TIFF-Format [2].
- TRIM_IMAGE (P 476/15): Interaktives Zuschneiden eines Pixel-Bildes auf einem Grafik-Terminal mit Maus.
- HAN_WINDOW (P 476/21): Hann(ing) Windows für 1D- und 2D-Anwendungen.

4. Sonstige Hinweise:

- Es besteht die Möglichkeit, das Programm IMAGE_POWER um eine Bearbeitung bzw. Aufbereitung des Powerspektrums nach eigenen Wünschen zu ergänzen; z. B. um eine andere Art der Behandlung des Rauschhintergrunds (siehe Punkt 6 des Programms).

5. Literatur:

- [1] Research Systems, Inc.: IDL – Interactive Data Language. Version 2.0. Boulder (USA): RSI 1990 (Edition vom 1.3.1990). E-Mail: idl@boulder.colorado.edu.
- [2] Aldus & Microsoft Corp.: Tag Image File Format Specification. Revision 5.0. Seattle (USA): Aldus 1988. Als Manual CHB 745/1 in der Abt. WDV vorhanden.
- [3] Pratt, W. K.: Digital Image Processing. New York: Wiley 1978 (17. Auflage). ISBN: 0-471-01888-0. Preis: 225,50 DM. – [BU 755].
- [4] Dittberner, K.-H.: Die Fourier-Transformation in der Signal-datenverarbeitung – Teil 1. FU Berlin (IfP): wdv-notes Nr. 33, 1990.
- [5] Bracewell, R. N.: The Fourier Transform and Its Applications. New York: McGraw-Hill 1978 (2. Auflage). ISBN: 0-07-007013-X.