

**Übungen zu “Grundlagen der Signalverarbeitung und Robotik”  
SoSe 2015**

**Übungsblatt 10**

Ausgegeben am 18. Juni 2015

Abgabe der Lösungen (Papier oder elektronisch) bis Dienstag 23. Juni 2015

**Aufgabe 1:**

Die Kennlinie einer Halbleiter-Diode lässt sich beschreiben durch die Formel

$$I = I_S (e^{U/U_T} - 1)$$

wobei  $I_S$  im Bereich von  $10^{-6} A$  bis  $10^{-14} A$  liegt und  $U_T$  den theoretischen Wert  $35 mV$  hat, der bei einer realen Diode allerdings auch größer sein kann. Für ein hinreichend großes  $U$  vereinfacht sich die Formel zu

$$I = I_S e^{U/U_T}$$

Angenommen, Sie messen für eine Diode folgende Werte

U [V]	0.7	0.8	0.9	1.0	1.1
I [A]	0.02	0.1	0.4	1.5	7.3

Bestimmen Sie daraus durch Regression die Werte von  $U_T$  und  $I_S$ , die den kleinsten quadratischen Fehler ergeben.

(5 Punkte)

**Aufgabe 2:**

Angenommen Sie messen für eine Diode (siehe vorige Aufgabe) folgende Werte:

$$U = (0.8 \pm 0.01) V, I = (0.89 \pm 0.005) A \text{ und } I_S = (0.1 \pm 0.05) \mu A.$$

Bestimmen Sie für diese Diode  $U_T$  und geben Sie eine Abschätzung für den Fehler an, mit dem dieser Wert behaftet ist. Es genügt, wenn sie mit der vereinfachten Formel für die Diode (s. o.) arbeiten.

(5 Punkte)

**Aufgabe 3:**

In der Vorlesung wurde der Algorithmus für einen Median-Filter so formuliert, dass er sich leicht auf die Daten eines Laserscanners (Winkel und Entfernung) anwenden lässt. In der Nanotechnik arbeitet man mit Scandaten eines STMs oder AFMs, nämlich mit Höhenprofilen in einem kartesischen Koordinatensystem ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ ).

a) Formulieren Sie den Algorithmus aus der Vorlesung entsprechend für eine Zeile von Scandaten um, d.h. für die Daten kann angenommen werden, dass sie alle die gleiche  $y$ -Koordinate, haben. Sie können Ihre Änderungen auf einer Kopie der

Folie aus der Vorlesung vermerken.

(3 Punkte)

b) Wie könnte ein Algorithmus für einen Medianfilter aussehen, bzw. was wäre die wesentliche konzeptuelle Änderung, wenn Sie nicht nur mit einer Zeile, sondern mit einem kompletten Scan arbeiten?

(3 Punkte)

**Aufgabe 4(optional, Anrechnung als Bonuspunkte):**

Bei der Messung einer sinusförmigen Größe

$$G = A \cdot \sin(\omega t + \Phi)$$

erhalten Sie folgende Messwerte

t	0.364	0.858	1.138	1.61	2.336
G	0.73	1.0	0.918	0.441	-0.59

A) Bestimmen Sie hieraus durch Regression die optimalen Werte von  $A$ ,  $\omega$  und  $\Phi$ , wenn

a)  $\omega$  in der Nähe von 1 liegt

b)  $\omega$  in der Nähe von 8 liegt

In jedem dieser Fälle sollte sich ein quadratischer Fehler kleiner als 0.25 ergeben. Geben Sie bitte die Größe des quadratischen Fehlers jeweils mit an.

**Hinweis:** Hier lässt sich keine Linearisierung durchführen, so dass die Summe

$$Q(A, \omega, \Phi) = \sum_{i=1}^5 (A \cdot \sin(\omega t_i + \Phi) - G_i)^2$$

numerisch minimiert werden muss. Das geht z.B. mit der Methode des steilsten Abstiegs, d.h. einer Iteration der Form

$$\begin{pmatrix} A_{n+1} \\ \omega_{n+1} \\ \Phi_{n+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_n \\ \omega_n \\ \Phi_n \end{pmatrix} - \lambda \begin{pmatrix} \frac{\partial Q}{\partial A}(A_n, \omega_n, \Phi_n) \\ \frac{\partial Q}{\partial \omega}(A_n, \omega_n, \Phi_n) \\ \frac{\partial Q}{\partial \Phi}(A_n, \omega_n, \Phi_n) \end{pmatrix}$$

mit einem geeigneten Parameter  $\lambda$ . Wählen Sie, falls Sie dieses Verfahren verwenden wollen,  $\lambda$  lieber zu klein als zu groß, da es andernfalls nicht konvergiert.

Schlechte bzw. nicht vorhandene Konvergenz lässt sich dabei auch daran erkennen, dass von einer Iteration zur nächsten der quadratische Fehler nicht kleiner wird. Weil die Konvergenz normalerweise (sehr!) langsam ist, lohnt es sich wahrscheinlich, ein kleines Programm für den Algorithmus zu schreiben. Dies brauchen Sie nicht mit abzugeben; geben Sie aber bitte an, mit welchem Wert für  $\lambda$  Sie jeweils gearbeitet haben.

Wenn Sie wollen, können auch irgendein anderes Verfahren zur Bestimmung von  $A$ ,  $\omega$  und  $\Phi$  wählen; geben Sie in diesem Fall aber bitte an, welches, und wie Sie vorgegangen sind.

(10 Punkte)