

## Serie 6

### 1. Lipschitz-Stetigkeit

- a) In der Vorlesung haben wir gesehen, dass es eine entscheidende Rolle für die eindeutige Lösbarkeit des AWP's spielt, ob die rechte Seite  $f$  Lipschitz-stetig ist oder nicht. Das Ziel dieser Aufgabe ist es, ein besseres Gefühl für das Konzept der Lipschitz-Stetigkeit zu bekommen.

Sind die folgende Funktionen (lokal) Lipschitz stetig auf dem Intervall  $[-1, 1]$ ? Begründen Sie Ihre Antworten.

$$f(x) = x^2, \quad f(x) = |x|, \quad f(x) = \begin{cases} 1 & x < 0, \\ -1 & x \geq 0, \end{cases} \quad f(x) = \sqrt[3]{x^2}.$$

- b) Erfüllen die folgenden AWPe die Voraussetzungen von Picard-Lindelöf?

- $\dot{y}(t) = y(t)^2, \quad y(0) = 0.5$
- $\dot{y}(t) = |y(t)|, \quad y(0) = 0$
- $\dot{y}(t) = \sqrt[3]{y(t)^2}, \quad y(0) = 0.5$
- $\dot{y}(t) = \sqrt[3]{y(t)^2}, \quad y(0) = 0$
- $\dot{y}(t) = \sqrt[3]{y(t)^2}, \quad y(t_0) = 0, \quad t_0 = 1$

### 2. RLC Schaltkreis

Es ist bekannt, dass die Ladung  $Q$  von einem Kondensator in einem RLC Schaltkreis die Differentialgleichung zweiter Ordnung

$$L\ddot{Q} + R\dot{Q} + \frac{Q}{C} = E \quad (1)$$

erfüllt, wobei  $L = 1$  der Induktivität,  $R = 2$  dem Widerstand,  $C = 0.0016$  der Kapazität und  $E = 10 \cos(100t)$  der Anregung entsprechen. Die Anfangswerte seien gegeben durch

$$Q(t_0) = Q_0, \quad \dot{Q}(t_0) = I_0.$$

- a) Wandeln Sie (1) in ein System von Differentialgleichungen erster Ordnung um.

**Bitte wenden!**

- b) Ergänzen Sie das MATLAB-Template `expEulerRLC.m`, das die Kurve der Ladung und des Stromes mit  $N = 100, 1000$  and  $10000$  Schritten des expliziten Eulerverfahrens approximiert.

### 3. Trajektorie bei Streuung

Die Trajektorie eines Teilchens bei Streuung an einem Potential  $U(x, y)$  wird beschrieben durch:

$$m\ddot{\mathbf{r}} = -\nabla U \quad (2)$$

wobei  $\mathbf{r} = (x, y)^T$  die Teilchenkoordinaten sind und  $U$  das Lennard-Jones Potential:

$$U(x, y) = 4 \left( \left( \frac{1}{r} \right)^{12} - \left( \frac{1}{r} \right)^6 \right)$$

ist und  $r^2 = x^2 + y^2$ . Dieses Potential beschreibt die Wechselwirkung zwischen ungeladenen und chemisch nicht aneinander gebundenen Atomen und es wird häufig in Molekulardynamik Simulationen verwendet. Der Einfachheit halber setzen wir die Masse des Teilchens  $m = 1$ .

- a) Schreiben Sie Gl. (2) als System von gewöhnlichen Differentialgleichungen erster Ordnung.
- b) Lösen Sie mit Ihrer `expEuler` Routine aus Aufgabe 1 das System a) für folgende Anfangswerte:

$$\begin{aligned} \mathbf{r} &= (-10, b)^T, \quad \text{wobei } b = 0.25, 0.75, 1.25, 1.75, 2.25, \\ \dot{\mathbf{r}} &= (1, 0)^T \end{aligned}$$

Verwenden Sie  $N = 1000$  Schritte und plotten Sie die 5 Trajektorien.

*Hinweis 1:* Verwenden Sie die Templates `streuung.m` und `fstreuung.m` als Funktion für Ihre rechte Seite der Diff.-Gl. aus a).

*Hinweis 2:* Ihr Plot der Trajektorien sollte Abb. 1 ähneln.

### 4. Verbesserte Polygonzugmethode von Euler

In dieser Aufgabe wollen wir eine Verbesserung gegenüber der Euler Methode implementieren und seine Qualität empirisch untersuchen. Die verbesserte Polygonzugmethode von Euler ist gegeben durch

$$\begin{aligned} k_1 &= f(t_k, y_k), \\ k_2 &= f\left(t_k + \frac{h}{2}, y_k + \frac{h}{2}k_1\right), \\ y_{k+1} &= y_k + hk_2. \end{aligned} \quad (3)$$

**Siehe nächstes Blatt!**

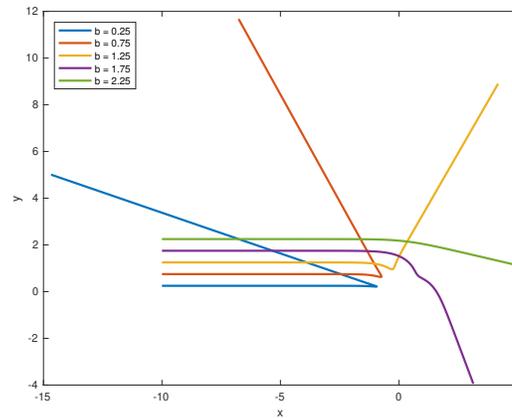


Abbildung 1 – Teilchen Trajektorien.

- Skizzieren Sie dieses Verfahren im Richtungsfeld.
- Implementieren Sie dieses Verfahren.  
*Hinweis:* Arbeiten Sie im Template `verbEuler.m`.
- Berechnen Sie mit (3) approximative Lösungen von den folgenden AWP

$$\begin{cases} \dot{y}(t) = y(t), \\ y(0) = 2 \end{cases}, \quad \begin{cases} \dot{y}(t) = (y(t))^2, \\ y(0) = 0.5 \end{cases}$$

zum Zeitpunkt  $T = 1$  mit  $N = 2^i$  ( $i = 3, 4, \dots, 9$ ) Schritten. Bestimmen Sie den absoluten Fehler zur Endzeit  $|y_N - y(T)|$  und plotten Sie diesen Fehler als Funktion von  $h = 1/N$  in einem `loglog`-plot. Bestimmen Sie dann die Steigung der Gerade mithilfe des Befehls `polyfit`.

*Hinweis:* Die exakten Lösungen zu den AWP wurden in der Vorlesung angegeben. Arbeiten Sie im Template `konvOrdnungEmpirisch.m`.

**Abgabe:** Bis Freitag, den 03.04.2020.

Laden Sie Ihre Matlab-Programme und eingescannte, fotografierte oder direkt digitale schriftlichen Ergebnisse (Dateigröße < 25MB) unter `sam-up.math.ethz.ch` hoch.