

06 Es seien  $X$  und  $Y$  zwei normierte Vektorräume, wobei  $Y$  vollständig ist. Weiters sei  $D \subseteq X$  ein dichter Unterraum und  $A : D \rightarrow Y$  ein linearer und beschränkter Operator. Man zeige, dass  $A$  eine eindeutige lineare und beschränkte Fortsetzung auf  $X$  besitzt.

07 Betrachtet werde das Dirichlet-Randwertproblem

$$\begin{aligned} -u''(x) + (1 + \sin(x))u(x) &= f(x) && \text{für } x \in (0, 1), \\ u(0) &= g_0, \\ u(1) &= g_1. \end{aligned}$$

Man transformiere dieses Randwertproblem auf eines mit homogenen Randdaten und gebe davon die Variationsformulierung an.

08 Man betrachte die Funktion

$$u(x) = x^\alpha, \quad \alpha \in \mathbb{R}.$$

Für welche  $\alpha \in \mathbb{R}$  ist  $u \in L^2(0, 1)$  bzw.  $u \in H^1(0, 1)$ ?

09 Betrachtet werde das Neumann-Randwertproblem

$$\begin{aligned} -u''(x) &= f(x) && \text{für } x \in (0, 1), \\ -u'(0) &= g_0, \\ u'(1) &= g_1. \end{aligned}$$

Für dieses Randwertproblem leite man eine Variationsformulierung her:

Gesucht ist  $u \in V_g$ , sodass

$$a(u, v) = \langle F, v \rangle \quad \text{für alle } v \in V_0 \tag{2.1}$$

erfüllt ist.

Weiters zeige man die folgenden Aussagen.

(a) Falls das Variationsproblem (2.1) eine Lösung besitzt, dann gilt

$$\langle F, c \rangle = 0 \quad \text{für alle } c \in \mathbb{R}. \tag{2.2}$$

(b) Falls  $u \in V_g$  eine Lösung des Variationsproblems (2.1) ist, dann ist  $\hat{u} := u + c$  mit  $c \in \mathbb{R}$  auch eine Lösung.

(c) Für die Wahl  $c = -\int_0^1 u(x)dx$ , gilt

$$\hat{u} \in \hat{V} := \left\{ v \in H^1(0, 1) : \int_0^1 v(x)dx = 0 \right\}.$$

(d) Falls die Bedingung (2.2) erfüllt ist, dann ist die Lösung des Variationsproblems:

Gesucht ist  $\hat{u} \in \hat{V}$ , sodass

$$a(\hat{u}, \hat{v}) = \langle F, \hat{v} \rangle \quad \text{für alle } \hat{v} \in \hat{V}$$

erfüllt ist,

auch eine Lösung des Variationsproblems (2.1).

**10** Man zeige die Poincaré-Ungleichung: Es existiert eine Konstante  $c_P > 0$ , sodass gilt

$$\|v\|_{L^2(0,1)} \leq c_P \left[ |v|_{H^1(0,1)}^2 + \left( \int_0^1 v(x) dx \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{für alle } v \in H^1(0,1).$$

*Hinweis:* Man integriere die Gleichung

$$v(y) = v(x) + \int_x^y v'(z) dz$$

bezüglich  $x$  über das Intervall  $(0,1)$ .

**11** Man zeige, dass das Variationsproblem (2.1) genau dann eine Lösung besitzt, wenn die Lösbarkeitsbedingung

$$\langle F, c \rangle = 0 \quad \text{für alle } c \in \mathbb{R}$$

erfüllt ist. Unter dieser Bedingung zeige man, dass eine Lösung des Variationsproblems (2.1) bis auf eine additive Konstante eindeutig bestimmt ist.

*Hinweis:* Man verwende die Poincaré-Ungleichung um die  $\hat{V}$ -Elliptizität von  $a(\cdot, \cdot)$  zu zeigen.