

Technische Universität Berlin

# **Ana1LinA – Hausaufgabe 05**

Felix 09

Autoren: Fabian Aps:525528, Joris Victor  
Vorderwülbecke:0528715, Emil Arthur Joseph  
Hartmann:052542, Friedrich Ludwig Finck:0526329

18. November 2025

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Lösung des linearen Gleichungssystems a)</b>	<b>2</b>
2.1	Überführung in die normierte Zeilenstufenform	2
2.2	Lösung und Lösungsmenge . . . . .	3
<b>3</b>	<b>Lösung des linearen Gleichungssystems b)</b>	<b>4</b>
3.1	Überführung in die normierte Zeilenstufenform	4
3.2	Lösung und Lösungsmenge . . . . .	5

# Kapitel 1

## Aufgabenstellung

Die Hausaufgabe verlangt die Lösung der folgenden reellen linearen Gleichungssysteme, indem die erweiterte Koeffizientenmatrix auf **normierte Zeilenstufenform** gebracht wird. Die verwendeten elementaren Zeilenoperationen sind zu kennzeichnen und die Lösungsmenge ist anzugeben.

a)

$$\begin{bmatrix} 2 & 3 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -9 \\ 9 \\ 0 \end{bmatrix}$$

b)

$$\begin{bmatrix} 1 & 4 & 5 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 4 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 18 \\ 2 \\ 16 \end{bmatrix}$$

Geben Sie diese Hausaufgabe in schriftlicher Form in ISIS ab.

Lösen Sie die reellen linearen Gleichungssysteme

a)  $\begin{bmatrix} 2 & 3 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -9 \\ 9 \\ 0 \end{bmatrix}$

b)  $\begin{bmatrix} 1 & 4 & 5 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 4 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 18 \\ 2 \\ 16 \end{bmatrix}$

Indem Sie die erweiterte Koeffizientenmatrix auf normierte Zeilenstufenform bringen und dann die Lösung bestimmen. Kennzeichnen Sie die verwendeten elementaren Zeilenoperationen und geben Sie die Lösungsmenge an.

Abbildung 1.1: Abbildung der Aufgabenstellung.

# Kapitel 2

## Lösung des linearen Gleichungssystems a)

Das Gleichungssystem a) lautet:

$$\begin{bmatrix} 2 & 3 & -1 \\ 1 & -2 & 1 \\ -1 & 1 & 2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -9 \\ 9 \\ 0 \end{bmatrix}$$

Wir verwenden das Gauß-Jordan-Verfahren, um die erweiterte Koeffizientenmatrix  $[A|\vec{b}]$  in die normierte Zeilenstufenform zu überführen.

### 2.1 Überführung in die normierte Zeilenstufenform

Die erweiterte Koeffizientenmatrix ist:

$$\left[ \begin{array}{ccc|c} 2 & 3 & -1 & -9 \\ 1 & -2 & 1 & 9 \\ -1 & 1 & 2 & 0 \end{array} \right]$$

$$\begin{aligned}
\left[ \begin{array}{ccc|c} 2 & 3 & -1 & -9 \\ 1 & -2 & 1 & 9 \\ -1 & 1 & 2 & 0 \end{array} \right] &\xrightarrow{Z_1 \leftrightarrow Z_2} \left[ \begin{array}{ccc|c} \mathbf{1} & -2 & 1 & 9 \\ 2 & 3 & -1 & -9 \\ -1 & 1 & 2 & 0 \end{array} \right] \\
&\xrightarrow{\substack{Z_2 \leftarrow Z_2 - 2 \cdot Z_1 \\ Z_3 \leftarrow Z_3 + Z_1}} \left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & -2 & 1 & 9 \\ 0 & \mathbf{7} & -3 & -27 \\ 0 & -1 & 3 & 9 \end{array} \right] \\
&\xrightarrow{Z_2 \leftrightarrow Z_3} \left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & -2 & 1 & 9 \\ 0 & -1 & 3 & 9 \\ 0 & 7 & -3 & -27 \end{array} \right] \\
&\xrightarrow{\substack{Z_2 \leftarrow -1 \cdot Z_2 \\ Z_3 \leftarrow Z_3 - 7 \cdot Z_2}} \left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & -2 & 1 & 9 \\ 0 & \mathbf{1} & -3 & -9 \\ 0 & 0 & 18 & 36 \end{array} \right] \\
&\xrightarrow{Z_3 \leftarrow \frac{1}{18} \cdot Z_3} \left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & -2 & 1 & 9 \\ 0 & 1 & -3 & -9 \\ 0 & 0 & \mathbf{1} & 2 \end{array} \right] \\
&\xrightarrow{\substack{Z_1 \leftarrow Z_1 + 2 \cdot Z_2 \\ Z_2 \leftarrow Z_2 + 3 \cdot Z_3}} \left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & 0 & -5 & -9 \\ 0 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \end{array} \right] \\
&\xrightarrow{Z_1 \leftarrow Z_1 + 5 \cdot Z_3} \left[ \begin{array}{ccc|c} \mathbf{1} & 0 & 0 & 1 \\ 0 & \mathbf{1} & 0 & -3 \\ 0 & 0 & \mathbf{1} & 2 \end{array} \right]
\end{aligned}$$

## 2.2 Lösung und Lösungsmenge

Die normierte Zeilenstufenform liefert die eindeutige Lösung:

$$x_1 = 1, \quad x_2 = -3, \quad x_3 = 2$$

Der Rang der Koeffizientenmatrix ist  $\text{Rang}(A) = 3$ , und der Rang der erweiterten Koeffizientenmatrix ist  $\text{Rang}([A|\vec{b}]) = 3$ . Da dies der Anzahl der Variablen entspricht, existiert eine eindeutige Lösung.

Die Lösungsmenge  $\mathcal{L}_a$  ist:

$$\mathcal{L}_a = \left\{ \begin{bmatrix} 1 \\ -3 \\ 2 \end{bmatrix} \right\}$$

# Kapitel 3

## Lösung des linearen Gleichungssystems b)

Das Gleichungssystem b) lautet:

$$\begin{bmatrix} 1 & 4 & 5 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 4 & 4 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 18 \\ 2 \\ 16 \end{bmatrix}$$

### 3.1 Überführung in die normierte Zeilenstufenform

Die erweiterte Koeffizientenmatrix ist:

$$\left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & 4 & 5 & 18 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 4 & 4 & 16 \end{array} \right]$$

$$\begin{aligned} \left[ \begin{array}{ccc|c} \mathbf{1} & 4 & 5 & 18 \\ 1 & 0 & 1 & 2 \\ 0 & 4 & 4 & 16 \end{array} \right] & \xrightarrow{Z_2 \leftarrow Z_2 - Z_1} \left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & 4 & 5 & 18 \\ 0 & -4 & -4 & -16 \\ 0 & 4 & 4 & 16 \end{array} \right] \\ & \xrightarrow{Z_2 \leftarrow -\frac{1}{4} \cdot Z_2} \left[ \begin{array}{ccc|c} 1 & 4 & 5 & 18 \\ 0 & \mathbf{1} & 1 & 4 \\ 0 & 4 & 4 & 16 \end{array} \right] \\ & \xrightarrow{\substack{Z_1 \leftarrow Z_1 - 4 \cdot Z_2 \\ Z_3 \leftarrow Z_3 - 4 \cdot Z_2}} \left[ \begin{array}{ccc|c} \mathbf{1} & 0 & 1 & 2 \\ 0 & \mathbf{1} & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{array} \right] \end{aligned}$$

Die resultierende Matrix ist in der normierten Zeilenstufenform.

## 3.2 Lösung und Lösungsmenge

Die normierte Zeilenstufenform entspricht dem folgenden Gleichungssystem:

$$\begin{aligned}x_1 + x_3 &= 2 \\x_2 + x_3 &= 4 \\0 &= 0\end{aligned}$$

Der Rang der Koeffizientenmatrix und der erweiterten Koeffizientenmatrix ist  $\text{Rang}(A) = \text{Rang}([A|\vec{b}]) = 2$ . Da dieser Rang kleiner als die Anzahl der Variablen ( $n = 3$ ) ist, existieren unendlich viele Lösungen.

Wir wählen  $x_3$  als freien Parameter  $t \in \mathbb{R}$ :

$$x_3 = t$$

Wir lösen nach den Basisvariablen  $x_1$  und  $x_2$  auf:

$$\begin{aligned}x_1 = 2 - x_3 &\implies x_1 = 2 - t \\x_2 = 4 - x_3 &\implies x_2 = 4 - t\end{aligned}$$

Der Lösungsvektor  $\vec{x}$  ist:

$$\vec{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 - t \\ 4 - t \\ t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2 \\ 4 \\ 0 \end{bmatrix} + t \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Die Lösungsmenge  $\mathcal{L}_b$  ist:

$$\mathcal{L}_b = \left\{ \begin{bmatrix} 2 \\ 4 \\ 0 \end{bmatrix} + t \begin{bmatrix} -1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} \mid t \in \mathbb{R} \right\}$$