

# Oplossingen Lineaire Algebra 2013

TODO

October 4, 2013

## Contents

<b>1</b>	<b>Oefeningen</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Oefeningen 1.7.2</b>	<b>20</b>
<b>3</b>	<b>Opdrachten</b>	<b>23</b>

# 1 Oefeningen

## oef 1

### Echelonvorm

a)

Do row reduction:  $\begin{pmatrix} 3 & -6 & 9 \\ -2 & 7 & -2 \\ 0 & 1 & 5 \end{pmatrix}$

The following steps are done sequentially:

1. Add  $2/3$  x row 1 to row 2
2. Divide row 1 by 3:
3. Subtract  $1/3$  (row 2) from row 3:
4. Multiply row 3 by 3/11:
5. Subtract 4 (row 3) from row 2:
6. Subtract 3 (row 3) from row 1:
7. Divide row 2 by 3:

$$\begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

b)

Do row reduction:  $\begin{pmatrix} 3 & -2 & -5 & 4 \\ -5 & 2 & 8 & -5 \\ -3 & 4 & 7 & -3 \\ 2 & -3 & -5 & 8 \end{pmatrix}$

The following steps are done sequentially:

1. Swap row 1 with row 2:
2. Add  $3/5$  (row 1) to row 2:
3. Multiply row 1 by -1:
4. Multiply row 2 by -5:
5. Add  $3/5$  (row 1) to row 3:
6. Multiply row 3 by 5:
7. Subtract  $2/5$  (row 1) from row 4:
8. Multiply row 4 by 5:
9. Swap row 2 with row 3:
10. Subtract  $2/7$  (row 2) from row 3:

11. Multiply row 3 by  $-7/5$ :
12. Add  $11/14$  (row 2) to row 4:
13. Multiply row 4 by  $14/5$ :
14. Add  $1/3$  (row 3) to row 4:
15. Multiply row 4 by  $3/259$ :
16. Subtract 7 (row 4) from row 3:
17. Subtract 5 (row 4) from row 1:
18. Divide row 3 by 3:
19. Subtract 11 (row 3) from row 2:
20. Add 8 (row 3) to row 1:
21. Divide row 2 by 14:
22. Add 2 (row 2) to row 1:
23. Divide row 1 by 5:

De matrix staat nu wel in gereduceerde echelon vorm, maar dat is ook een echelon vorm ;) :

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

## oef 2

## oef 3

### Echelonvorm

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 2 & 3 & 4 & 5 & 1 \\ 3 & 4 & 5 & 1 & 2 \\ 4 & 5 & 1 & 2 & 3 \\ 5 & 1 & 2 & 3 & 4 \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto R2 - 2 \cdot R1$$

$$R3 \mapsto R3 - 3 \cdot R1$$

$$R4 \mapsto R4 - 4 \cdot R1$$

$$R5 \mapsto R5 - 5 \cdot R1$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & -1 & -2 & -3 & -9 \\ 0 & -2 & -4 & -11 & -13 \\ 0 & -3 & -11 & -14 & -17 \\ 0 & -9 & -13 & -17 & -21 \end{pmatrix}$$

$$R3 \mapsto R3 - 2 \cdot R2$$

$$R4 \mapsto R4 - 2 \cdot R2$$

$$R5 \mapsto R5 - 2 \cdot R2$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & -1 & -2 & -3 & -9 \\ 0 & 0 & 0 & -5 & 5 \\ 0 & 0 & -5 & -5 & 10 \\ 0 & 0 & 5 & 10 & 60 \end{pmatrix}$$

Wissel R3 en R4

$$R5 \mapsto R5 + R4$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 \\ 0 & -1 & -2 & -3 & -9 \\ 0 & 0 & -5 & -5 & 10 \\ 0 & 0 & 0 & -5 & 5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 75 \end{pmatrix}$$

**Rij-gereduceerde vorm**

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

**oef 4**

**a)**

Het oplossingsstelsel is bijna letterlijk af te lezen:

Stel  $t = \lambda$  dan is:

$$\begin{aligned} x &= -4\lambda - 1 \\ y &= -2\lambda + 6 \\ z &= -3\lambda + 2 \end{aligned}$$

Hieruit volgt de oplossingsverzameling:

$$V = \{(-4\lambda - 1, -2\lambda + 6, -3\lambda + 2, \lambda) | \lambda \in \mathbb{R}\}$$

**b)**

Dit triviaal direct te bepalen door de laatste rij:

$$V = \emptyset$$

**oef 5****oef 6****a)**

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 4 & 6 \\ 3 & 8 & 14 & 16 \\ 2 & 6 & 11 & 12 \end{pmatrix} \longrightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 4 \\ 0 & 1 & 0 & -3 \\ 0 & 0 & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \{(4, -3, 2)\}$$

**b)**

$$\begin{pmatrix} 3 & 2 & 4 & 5 \\ 1 & 1 & -3 & 2 \\ 4 & 3 & 1 & 7 \end{pmatrix} \longrightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 & 10 & 1 \\ 0 & 1 & -13 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \{(1 - 10t, 1 + 13t, t) | t \in \mathbb{R}\}$$

**c)**

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & -3 & -1 \\ 3 & -1 & 2 & 7 \\ 5 & 3 & -4 & 2 \end{pmatrix} \longrightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 & \frac{1}{7} & 0 \\ 0 & 1 & -\frac{11}{7} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \emptyset$$

**d)**

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & -2 & 1 & 2 & 1 \\ 2 & -1 & 2 & 2 & 6 & 2 \\ 3 & 2 & -4 & -3 & -9 & 3 \end{pmatrix} \longrightarrow \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & -2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 3 & 0 \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \{(1, 2a, a, -3b, b) | a, b \in \mathbb{R}\}$$

**oef 7****a)**

$$\begin{pmatrix} 2 & -3 & 0 & 8 \\ 4 & -5 & 1 & 15 \\ 2 & 0 & 4 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto R2 - 2 \cdot R1$$

$$R3 \mapsto R3 - R1$$

$$\begin{pmatrix} 2 & -3 & 0 & 8 \\ 0 & 1 & 1 & -1 \\ 0 & 3 & 4 & -7 \end{pmatrix}$$

$$R3 \mapsto R3 - 3 \cdot R2$$

$$\begin{pmatrix} 2 & -3 & 0 & 8 \\ 0 & 1 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & -4 \end{pmatrix}$$

$$z = 4$$

$$y = -4 - 1 = -5$$

$$2x = -(-3 \cdot -5) + 8 = -7$$

$$x = -7/2$$

Antwoord:

$$V = \{(-\frac{7}{2}, -5, 4)\}$$

b)

$$\begin{pmatrix} 0 & 2 & -1 & 1 \\ 4 & -10 & 3 & 5 \\ 3 & -3 & 0 & 6 \end{pmatrix}$$

$$R1 \leftrightarrow R3$$

$$\begin{pmatrix} 3 & -3 & 0 & 6 \\ 4 & -10 & 3 & 5 \\ 0 & 2 & -1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R1 \mapsto R1/3$$

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 2 \\ 4 & -10 & 3 & 5 \\ 0 & 2 & -1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto R2 - 4 \cdot R1$$

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 2 \\ 0 & -6 & 3 & -3 \\ 0 & 2 & -1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto R2 + 3 \cdot R3$$

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 2 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & -1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R2 \leftrightarrow R3$$

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 2 \\ 0 & 2 & -1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \{(-\frac{\lambda+1}{2} + 2, \frac{\lambda+1}{2}, \lambda) | \lambda \in \mathbb{R}\}$$

c)

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 & -2 \\ 2 & -1 & 1 & -1 & 0 \\ 3 & 2 & -1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 3 & -3 & -8 \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto R2 - 2 \cdot R1$$

$$R3 \mapsto R3 - 3 \cdot R1$$

$$R4 \mapsto R4 - R1$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 & -2 \\ 0 & -3 & -1 & 1 & 4 \\ 0 & -1 & -4 & 2 & 7 \\ 0 & 0 & 2 & -2 & -6 \end{pmatrix}$$

$$R2 \leftrightarrow R3$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 & -2 \\ 0 & -1 & -4 & 2 & 7 \\ 0 & -3 & -1 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 2 & -2 & -6 \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto -1 \cdot R2$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 & -2 \\ 0 & 1 & 4 & -2 & -7 \\ 0 & -3 & -1 & 1 & 4 \\ 0 & 0 & 2 & -2 & -6 \end{pmatrix}$$

$$R3 \mapsto R3 + 3 \cdot R2$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 & -2 \\ 0 & 1 & 4 & -2 & -7 \\ 0 & 0 & 11 & 5 & 17 \\ 0 & 0 & 2 & -2 & -6 \end{pmatrix}$$

$$R3 \leftrightarrow R4$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 & -2 \\ 0 & 1 & 4 & -2 & -7 \\ 0 & 0 & 2 & -2 & -6 \\ 0 & 0 & 11 & 5 & 17 \end{pmatrix}$$

$$R3 \mapsto \frac{R3}{2}$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 & -2 \\ 0 & 1 & 4 & -2 & -7 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & -3 \\ 0 & 0 & 11 & 5 & 17 \end{pmatrix}$$

$$R4 \mapsto R4 - 11 \cdot R3$$



$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & -1 & -2 \\ 0 & 1 & 4 & -2 & -7 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & -3 \\ 0 & 0 & 0 & 16 & 17 \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \{(-\frac{175}{8}, -\frac{135}{8}, -\frac{31}{16}, \frac{17}{16})\}$$

**oef 8**

**oef 9**

$$\begin{pmatrix} 2 & 1 & 7 & b_1 \\ 6 & -2 & 11 & b_2 \\ 2 & -1 & 3 & b_3 \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto R2 - 3 \cdot R1$$

$$R3 \mapsto R3 - R1$$

$$\begin{pmatrix} 2 & 1 & 7 & b_1 \\ 0 & -5 & -10 & b_2 - 3b_1 \\ 0 & -2 & -4 & b_3 - b_1 \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto -\frac{1}{5}R2$$

$$\begin{pmatrix} 2 & 1 & 7 & b_1 \\ 0 & 1 & 2 & -\frac{1}{5}(b_2 - 3b_1) \\ 0 & -2 & -4 & b_3 - b_1 \end{pmatrix}$$

$$R1 \mapsto R1 - R2$$

$$R3 \mapsto R3 + 2 \cdot R2$$

$$\begin{pmatrix} 2 & 0 & 5 & b_1 + \frac{1}{5}(b_2 - 3b_1) \\ 0 & 1 & 2 & -\frac{1}{5}(b_2 - 3b_1) \\ 0 & 0 & 0 & (b_3 - b_1) - \frac{2}{5}(b_2 - 3b_1) \end{pmatrix}$$

Antwoord:

Als  $(b_3 - b_1) - \frac{2}{5}(b_2 - 3b_1) = 0$  dan heeft het stelsel oneindig veel oplossingen.

Als  $(b_3 - b_1) - \frac{2}{5}(b_2 - 3b_1) \neq 0$  dan heeft het stelsel geen oplossingen ( $V = \emptyset$ )

**oef 10**

$$\begin{pmatrix} 1 & h & 1 \\ 2 & 3 & k \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto R2 - 2 \cdot R1$$

$$\begin{pmatrix} 1 & h & 1 \\ 0 & 3 - 2h & k - 2 \end{pmatrix}$$

**a) Geen oplossing:**

Als  $h = \frac{3}{2}$  en  $k \neq 2$

**b) Unieke oplossing:**

Als  $h \neq \frac{3}{2}$

**c) Meerdere oplossingen:**

Als  $h = \frac{3}{2}$  en  $k = 2$

**oef 11**

**oef 12**

**a)**

Wissel R1 en R3, en daarna R2 en R1.

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & k & 1 \\ 1 & k & 1 & 1 \\ k & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto R2 - R1$$

$$R3 \mapsto R3 - k \cdot R1$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & k & 1 \\ 0 & k-1 & 1-k & 0 \\ 0 & 1-k & 1-k^2 & 1-k \end{pmatrix}$$

Geval 1:  $k = 1$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \{(1-a-b, a, b) | a, b \in \mathbb{R}\}$$

Geval 2:  $k \neq 1$

$$R2 \mapsto \frac{1}{k-1} R2$$

$$R3 \mapsto \frac{1}{1-k} R3$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & k & 1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & k+1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R1 \mapsto R1 - R2$$

$$R3 \mapsto R3 - R1$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & k+1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & k+2 & 1 \end{pmatrix}$$

Geval 2a:  $k = -2$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & -1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \emptyset$$

Geval 2b:  $k \neq -2$

$$R3 \mapsto \frac{1}{k+2} R3$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & k+1 & 1 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & \frac{1}{k+2} \end{pmatrix}$$

$$R1 \mapsto R1 - (k+1) \cdot R3$$

$$R2 \mapsto R2 + R3$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \frac{3}{k+2} \\ 0 & 1 & 0 & \frac{1}{k+2} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{1}{k+2} \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \left\{ \left( \frac{3}{k+2}, \frac{1}{k+2}, \frac{1}{k+2} \right) \right\}$$

**Samenvatting:**

Als  $k = 1$  dan heeft het stelsel oneindig veel oplossingen:

$$V = \{(1 - a - b, a, b) | a, b \in \mathbb{R}\}$$

Als  $k = -2$  dan heeft het stelsel geen oplossingen:

$$V = \emptyset$$

Anders heeft het stelsel precies n oplossing:

$$V = \left\{ \left( \frac{3}{k+2}, \frac{1}{k+2}, \frac{1}{k+2} \right) \right\}$$

**b)**

Wissel R1 en R2

$$\begin{pmatrix} 1 & k & k+1 \\ k & 1 & 2 \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto R2 - k \cdot R1$$

$$\begin{pmatrix} 1 & k & k+1 \\ 0 & 1-k^2 & -k^2-k+2 \end{pmatrix}$$

Geval 1:  $k = 1$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \{(2-t, t) | t \in \mathbb{R}\}$$

Geval 2:  $k = -1$

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 2 \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \emptyset$$

Geval 3:  $k \neq 1 \wedge k \neq -1$

$$R2 \mapsto \frac{1}{1-k^2} \cdot R2$$

$$\begin{pmatrix} 1 & k & k+1 \\ 0 & 1 & -\frac{k+2}{k+1} \end{pmatrix}$$

$$R1 \mapsto R1 - k \cdot R2$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & \frac{2k^2+4k+1}{k+1} \\ 0 & 1 & -\frac{k+2}{k+1} \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \left\{ \left( \frac{2k^2+4k+1}{k+1}, -\frac{k+2}{k+1} \right) \right\}$$

**Samenvatting:**

Als  $k = 1$  dan heeft het stelsel oneindig veel oplossingen:

$$V = \{(2-t, t) | t \in \mathbb{R}\}$$

Als  $k = -1$  dan heeft het stelsel geen oplossingen:

$$V = \emptyset$$

Anders heeft het stelsel precies n oplossing:

$$V = \left\{ \left( \frac{2k^2+4k+1}{k+1}, -\frac{k+2}{k+1} \right) \right\}$$

c)

$$\begin{pmatrix} k & k+1 & 1 & 0 \\ k & 1 & k+1 & 0 \\ 2k & 1 & 1 & k+1 \end{pmatrix}$$

Geval 1:  $k = 0$ :

$$\begin{pmatrix} 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R1 \mapsto R1 - R2$$

$$R3 \mapsto R3 - R2$$

$$\begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \emptyset$$

Geval 2:  $k \neq 0$ :

$$R1 \mapsto \frac{1}{k} R1$$

$$\begin{pmatrix} 1 & \frac{k+1}{k} & \frac{1}{k} & 0 \\ k & 1 & k+1 & 0 \\ 2k & 1 & 1 & k+1 \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto R2 - k \cdot R1$$

$$R3 \mapsto R3 - 2k \cdot R1$$

$$\begin{pmatrix} 1 & \frac{k+1}{k} & \frac{1}{k} & 0 \\ 0 & -k & k & 0 \\ 0 & -2k-1 & -1 & k+1 \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto \frac{-1}{k} R2$$

$$\begin{pmatrix} 1 & \frac{k+1}{k} & \frac{1}{k} & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & -2k-1 & -1 & k+1 \end{pmatrix}$$

$$R1 \mapsto R1 - \frac{k+1}{k} \cdot R2$$

$$R3 \mapsto R3 + (2k+1) \cdot R2$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & \frac{k+2}{k} & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & -2k-2 & k+1 \end{pmatrix}$$

Geval 2a  $k = -1$ :

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & \frac{1}{k} & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \left\{ \left( \frac{t}{k}, t, t \right) \mid t \in \mathbb{R} \right\}$$

Geval 2b  $k \neq -1$ :

$$\begin{aligned} R3 &\mapsto \frac{1}{-2k-2} R3 \\ \begin{pmatrix} 1 & 0 & \frac{k+2}{k} & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -2 \end{pmatrix} \\ R1 &\mapsto R1 - \frac{k+2}{k} \cdot R3 \\ R2 &\mapsto R2 + R3 \\ \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 2\frac{k+2}{k} \\ 0 & 1 & 0 & -2 \\ 0 & 0 & 1 & -2 \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Antwoord:

$$V = \left\{ \left( 2\frac{k+2}{k}, -2, -2 \right) \right\}$$

**Samenvatting:**

Als  $k = 0$  dan heeft het stelsel geen oplossingen:

$$V = \emptyset$$

Als  $k = -1$  dan heeft het stelsel geen oplossingen:

$$V = \left\{ \left( \frac{t}{k}, t, t \right) \mid t \in \mathbb{R} \right\}$$

Anders heeft het stelsel precies n oplossing:

$$V = \left\{ \left( 2\frac{k+2}{k}, -2, -2 \right) \right\}$$

### oef 13

De onderlinge stand van twee rechten bestaat uit 3 mogelijkheden:

1. Evenwijdig = geen oplossing voor het stelsel.  
 $1 - ca = 0$  en  $d - bc \neq 0$
2. Samenvallend = oneindig veel oplossingen voor het stelsel.  
 $1 - ca = 0$  en  $d - bc = 0$
3. Snijdend = een unieke oplossing voor het stelsel.  
 $1 - ca \neq 0$

$$\begin{aligned} \begin{pmatrix} 1 & a & b \\ c & 1 & d \end{pmatrix} \\ R2 &\mapsto R2 - c \cdot R1 \\ \begin{pmatrix} 1 & a & b \\ 0 & 1 - ca & d - cb \end{pmatrix} \end{aligned}$$

**oef 14**

**oef 15**

Wissel R1 en R3

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & ab & 1 \\ a & 1 & b & 1 \\ 1 & a & b & 1 \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto R2 - a \cdot R1$$

$$R3 \mapsto R3 - R1$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & ab & 1 \\ 0 & 1-a & b-a^2b & 1-a \\ 0 & a-1 & b-ab & 0 \end{pmatrix}$$

Geval 1:  $a = 1$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & b & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \{(1-p-bq, p, q) | p, q \in \mathbb{R}\}$$

Geval 2:  $a \neq -1$

$$R2 \mapsto \frac{1}{1-a} \cdot R2$$

$$R3 \mapsto \frac{1}{1-a} \cdot R3$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & ab & 1 \\ 0 & 1 & b(1+a) & 1 \\ 0 & -1 & b & 0 \end{pmatrix}$$

$$R1 \mapsto R1 - R2$$

$$R3 \mapsto R3 + R2$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & -b & 0 \\ 0 & 1 & b(1+a) & 1 \\ 0 & 0 & b(2+a) & 1 \end{pmatrix}$$

Geval 2a:  $b = 0 \vee a = -2$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & -b & 0 \\ 0 & 1 & b(1+a) & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \emptyset$$

Geval 2b:  $b \neq 0 \wedge a \neq -2$

$$R3 \mapsto \frac{1}{b(2+a)} \cdot R3$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & -b & 0 \\ 0 & 1 & b(1+a) & 1 \\ 0 & 0 & 1 & \frac{1}{b(2+a)} \end{pmatrix}$$

$$R1 \mapsto R2 + b \cdot R3$$

$$R2 \mapsto R2 - b(1+a) \cdot R3$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \frac{b(2+a)-1}{b(2+a)} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{1}{b(2+a)} \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \left\{ \left( 0, \frac{b(2+a)-1}{b(2+a)}, \frac{1}{b(2+a)} \right) \right\}$$

**Samenvatting:**

Als  $b = 0 \vee a = -2$  dan heeft het stelsel oneindig veel oplossingen:

$$V = \{(1 - p - bq, p, q) | p, q \in \mathbb{R}\}$$

Als  $k = -1$  dan heeft het stelsel geen oplossingen:

$$V = \emptyset$$

Anders heeft het stelsel precies n oplossing:

$$V = \left\{ \left( 0, \frac{b(2+a)-1}{b(2+a)}, \frac{1}{b(2+a)} \right) \right\}$$

## oef 16

Haal de gegevens van de twee tabel door de eerste:

$$\begin{pmatrix} 4 & 1 & 1 & 1 & 16800 \\ 2 & 2 & 2 & 1 & 18500 \\ 1 & 3 & 1 & 3 & 21700 \\ 3 & 4 & 3 & 2 & 32100 \end{pmatrix}$$

Dit oplossen geeft:

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 2100 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 3100 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 2800 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 2500 \end{pmatrix}$$

Dit geeft voor Laurens:

$$Premie = 2 \cdot 2100 + 3 \cdot 3100 + 2 \cdot 2800 + 2 \cdot 2500 = 24100$$



## oef 17

### Extra (oefenzitting)

$$\left\{ \begin{array}{ccccccc} ax & + & 4y & + & az & = & 0 \\ x & + & ay & + & 3z & = & b \\ (a+1)x & + & (a+4)y & + & (a-b^2)z & = & b-2 \end{array} \right\}$$

De matrix die hiermee overeen komt is:

$$\begin{pmatrix} a & 4 & a & 0 \\ 1 & a & 3 & b \\ (a+1) & (a+4) & (a-b^2) & (b-2) \end{pmatrix}$$

Wissel R1 en R2

$$\begin{pmatrix} 1 & a & 3 & b \\ a & 4 & a & 0 \\ (a+1) & (a+4) & (a-b^2) & (b-2) \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto R2 - a \cdot R1$$

$$R3 \mapsto R3 - (a+1) \cdot R1$$

$$\begin{pmatrix} 1 & a & 3 & b \\ 0 & 4-a^2 & -2a & -ab \\ 0 & 4-a^2 & -b^2-2a-3 & -2-ab \end{pmatrix}$$

Geval 1:  $a = 2$

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & b \\ 0 & 0 & -4 & -2b \\ 0 & 0 & -b^2-7 & -2-2b \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto \frac{-1}{4} R2$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 & b \\ 0 & 0 & 1 & \frac{b}{2} \\ 0 & 0 & -b^2-7 & -2-2b \end{pmatrix}$$

$$R1 \mapsto R1 - 3 \cdot R2$$

$$R3 \mapsto R3 + (b^2+7) \cdot R2$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & -\frac{b}{2} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{b}{2} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{b^3+3b-4}{2} \end{pmatrix}$$

Vereenvoudig

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & -\frac{b}{2} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{b}{2} \\ 0 & 0 & 0 & b^3+3b-4 \end{pmatrix}$$

Geval 1a:  $b = 1$

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & -\frac{1}{2} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{1}{2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \left\{ \left( -\frac{1}{2} - 2\lambda, \lambda, \frac{1}{2} \right) \mid \lambda \in \mathbb{R} \right\}$$

Geval 1b:  $b \neq 1$

$$\begin{pmatrix} 1 & 2 & 0 & -\frac{b}{2} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{b}{2} \\ 0 & 0 & 0 & b^3 + 3b - 4 \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \emptyset$$

Geval 2:  $a = -2$

$$\begin{pmatrix} 1 & -2 & 3 & b \\ 0 & 0 & 4 & 2b \\ 0 & 0 & 1 - b^2 & 2b - 2 \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto \frac{1}{4} \cdot R2$$

$$\begin{pmatrix} 1 & -2 & 3 & b \\ 0 & 0 & 1 & \frac{b}{2} \\ 0 & 0 & 1 - b^2 & 2b - 2 \end{pmatrix}$$

$$R1 \mapsto R1 - 3 \cdot R2$$

$$R3 \mapsto R3 - (1 - b^2) \cdot R2$$

$$\begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 & -\frac{b}{2} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{b}{2} \\ 0 & 0 & 0 & \frac{b^3 + 3b - 4}{2} \end{pmatrix}$$

Vereenvoudig

$$\begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 & -\frac{b}{2} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{b}{2} \\ 0 & 0 & 0 & b^3 + 3b - 4 \end{pmatrix}$$

Geval 2a:  $b = 1$

$$\begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 & -\frac{1}{2} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{1}{2} \\ 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \left\{ \left( 2\lambda - \frac{1}{2}, \lambda, \frac{1}{2} \right) \mid \lambda \in \mathbb{R} \right\}$$

Geval 2b:  $b \neq 1$

$$R3 \mapsto \frac{1}{b^3 + 3b - 4} R3$$

$$\begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 & -\frac{b}{2} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{b}{2} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Antwoord:

$$V = \emptyset$$

Geval 3:  $a \neq 2 \wedge a \neq -2$

$$\begin{aligned}
 R2 &\mapsto \frac{1}{4-a^2} R2 \\
 \begin{pmatrix} 1 & a & 3 & b \\ 0 & 1 & \frac{-2a}{4-a^2} & \frac{-ab}{4-a^2} \\ 0 & 4-a^2 & -b^2-2a-3 & -2-ab \end{pmatrix} \\
 R1 &\mapsto R1 - a \cdot R2 \\
 R3 &\mapsto R3 - (4-a^2) \cdot R2 \\
 \begin{pmatrix} 1 & 0 & \frac{12-a^2}{4-a^2} & \frac{4b}{4-a^2} \\ 0 & 1 & \frac{-2a}{4-a^2} & \frac{-ab}{4-a^2} \\ 0 & 0 & -b^2-3 & -2 \end{pmatrix} \\
 R3 &\mapsto -\frac{1}{b^2+3} R3 \\
 \begin{pmatrix} 1 & 0 & \frac{12-a^2}{4-a^2} & \frac{4b}{4-a^2} \\ 0 & 1 & \frac{-2a}{4-a^2} & \frac{-ab}{4-a^2} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{2}{b^2+3} \end{pmatrix} \\
 R1 &\mapsto R1 - \frac{12-a^2}{4-a^2} \cdot R3 \\
 R2 &\mapsto R2 + \frac{2a}{4-a^2} \cdot R3 \\
 \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \frac{4b^3+2a^2-12}{(4-a^2)(b^2+3)} \\ 0 & 1 & 0 & \frac{-ab^3-3ab+4a}{(4-a^2)(b^2+3)} \\ 0 & 0 & 1 & \frac{2}{b^2+3} \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

Antwoord:

$$V = \left\{ \left( \frac{4b^3+2a^2-12}{(4-a^2)(b^2+3)}, \frac{-ab^3-3ab+4a}{(4-a^2)(b^2+3)}, \frac{2}{b^2+3} \right) \right\}$$

Samenvatting:

- $a = 2$

- $b = 1$

$$V = \left\{ \left( -\frac{1}{2} - 2\lambda, \lambda, \frac{1}{2} \right) \mid \lambda \in \mathbb{R} \right\}$$

- $b \neq 1$

$$V = \emptyset$$

- $a = -2$

$$- b = 1$$

$$V = \left\{ \left( 2\lambda - \frac{1}{2}, \lambda, \frac{1}{2} \right) \mid \lambda \in \mathbb{R} \right\}$$

$$- b \neq 1$$

$$V = \emptyset$$

$$\bullet a \neq 2 \wedge a \neq -2$$

$$V = \left\{ \left( \frac{4b^3 + 2a^2 - 12}{(4 - a^2)(b^2 + 3)}, \frac{-ab^3 - 3ab + 4a}{(4 - a^2)(b^2 + 3)}, \frac{2}{b^2 + 3} \right) \right\}$$

## 2 Oefeningen 1.7.2

### oef 4

a)

*Proof.* Bewijs uit het ongerijmde:

Stel  $A \neq 0$ , neem  $X_1$  en  $X_2$  zodat  $AX_1 = 0$  en  $AX_2 = 0$  met  $X_1 \neq X_2$

$$AX_1 = AX_2 = 0$$

Omdat  $A = A$  zijn  $X_1$  en  $X_2$  gelijk. Contradictie.  $\square$

b)

*Proof.* Rechtstreeks bewijs:

$$AX = BX \Leftrightarrow AX - BX = 0$$

Dus  $(A - B)X = 0$ . Dit betekent volgens de stelling in 4.a dat  $A - B = 0$ . Nu zien we dat  $A = B$ .  $\square$

### oef 9

$$\begin{pmatrix} a & b & 1 & 0 \\ c & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R1 \mapsto \frac{1}{a}R1$$

$$\begin{pmatrix} 1 & \frac{b}{a} & \frac{1}{a} & 0 \\ c & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto R2 - c \cdot R1$$

$$\begin{pmatrix} 1 & \frac{b}{a} & \frac{1}{a} & 0 \\ 0 & -\frac{bc}{a} & \frac{c}{a} & 1 \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto -\frac{a}{bc}R2$$

$$\begin{pmatrix} 1 & \frac{b}{a} & \frac{1}{a} & 0 \\ 0 & 1 & -\frac{a_1}{b} & -\frac{a}{bc} \end{pmatrix}$$

$$R1 \mapsto R1 - \frac{b}{a} \cdot R2$$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & \frac{2}{a} & -\frac{b}{a} \\ 0 & 1 & -\frac{1}{b} & -\frac{a}{bc} \end{pmatrix}$$

De inverse van

$$\begin{pmatrix} a & b \\ c & 0 \end{pmatrix}$$

is dus

$$\begin{pmatrix} \frac{2}{a} & -\frac{b}{a} \\ -\frac{1}{b} & -\frac{a}{bc} \end{pmatrix}$$

Waarbij  $a, b, c$  niet nul mogen zijn.

Nu hebben we dus het stelsel:

$$\begin{cases} a &= \frac{2}{a} \\ b &= -\frac{b}{a} \\ c &= -\frac{1}{b} \\ d &= -\frac{a}{bc} \end{cases}$$

De oplossingen van de stelsel zijn geven een antwoord op te vraag.

## oef 16

a)

Te bewijzen:  $A$  is inverteerbaar  $\Rightarrow \exists k \ A^k = 0$

*Proof.* We bewijzen een equivalente bewering:

$$\exists k \geq 1 : A^k = 0 \Rightarrow A \text{ is niet inverteerbaar}$$

Bewijs door volledige inductie:

Stap 1  $k = 1$ :  $A = 0$  (basis)  $A$  is niet inverteerbaar.

Stap 2: Stel dat de stelling waar is voor een bepaalde  $n = k$ . (inductiehypothese)

Stap 3: We bewijzen dat de stelling waar is voor  $n = k + 1$ . (inductiestap)

$$A^{k+1} = 0 \Leftrightarrow A^k \cdot A = 0$$

Door de inductiehypothese weten we dat  $A^k$  niet inverteerbaar is. Dat betekent dat  $A^k$  rij-equivalent is met een matrix met een nulrij.  $A^k \cdot A$  is dus ook niet inverteerbaar.  $\square$

b)

*Proof.* Als we een matrix  $\mathbb{I} - A$  vermenigvuldigen met zijn inverse  $(\mathbb{I} + A + A^2 + \dots + A^{k+1})$  zouden we  $\mathbb{I}$  moeten uitkomen.

$$\begin{aligned} & (\mathbb{I} - A)(\mathbb{I} + A + A^2 + \dots + A^{k+1}) \\ &= \mathbb{I}^2 - A + A - A^2 + A^2 - \dots - A^{k-1} + A^{k-1} - A^k \\ &= \mathbb{I} - A^k \end{aligned}$$

Omdat  $A$  nilpotent is met  $A^k = 0$ , is dit gelijk aan  $\mathbb{I}$

$\square$

**oef 22**

$$A = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 2 & -1 \\ 0 & -1 & 2 \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto R2 + R1 \sim \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = E_1$$

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & 2 \end{pmatrix}$$

$$R2 \mapsto R3 + R1 \sim \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} = E_2$$

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Nu weten we dat

$$E_2 \cdot E_1 \cdot A = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ -1 & 2 & -1 \\ 0 & -1 & 2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = U$$

Dus

$$A = E_1^{-1} \cdot E_2^{-1} \cdot U = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot U = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 \\ -1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

**a)**

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

en

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 1 \end{pmatrix}$$

heeft als oplossingsverzameling:

$$V = \{(4, 3, 1)\}$$

**b)**

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 2 \\ 0 \\ -1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix}$$

en

$$\begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \cdot X = \begin{pmatrix} 2 \\ 2 \\ 2 \end{pmatrix}$$

heeft als oplossingsverzameling:

$$V = \{(6, 4, 2)\}$$

### 3 Opdrachten

#### opdracht 1.2

Om op een matrix een ERO uit te voeren, berekenen we eigenlijk de vermenigvuldiging van de matrix met de corresponderende elementaire matrix. Dus:  $M' = M \cdot E$ . Om de ERO om te keren vermenigvuldigen we  $M'$  met een matrix  $E^{-1}$  zodat  $M' \cdot E^{-1} = M \cdot I = M$ . Om aan te tonen dat alle elementaire rijoperaties inverteerbaar zijn, tonen we het aan voor elk van de EROs. Elk van de EROs komt overeen met een elementaire matrix (zie p 36). We bewijzen dat deze inverteerbaar zijn door de de inverse te construeren.

$$R_i \rightarrow \lambda R_i$$

$$E = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \lambda & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

met de  $\lambda$  op rij  $i$ .

De inverse hiervan is

$$E^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \frac{1}{\lambda} & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

$$R_i \leftrightarrow R_j$$

$$E = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \end{pmatrix}$$

met de eerste 1, niet op de hoofddiagonaal, op rij  $i$  en de tweede op rij  $j$ .  
De inverse hiervan is  $E^{-1} = E$

$$R_i \rightarrow R_i \lambda R_j$$

$$E = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 & \cdots & \lambda & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \end{pmatrix}$$

met de  $\lambda$  op rij  $i$ , kolom  $j$ .  
De inverse hiervan is

$$E^{-1} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 & \cdots & -\lambda & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots & & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & & \vdots & & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 & \cdots & 0 \end{pmatrix}$$

**opdracht 1.23**

**opdracht 1.33**