

Felix Pistorius
pistorius@kit.edu

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Übung - Digitaltechnik

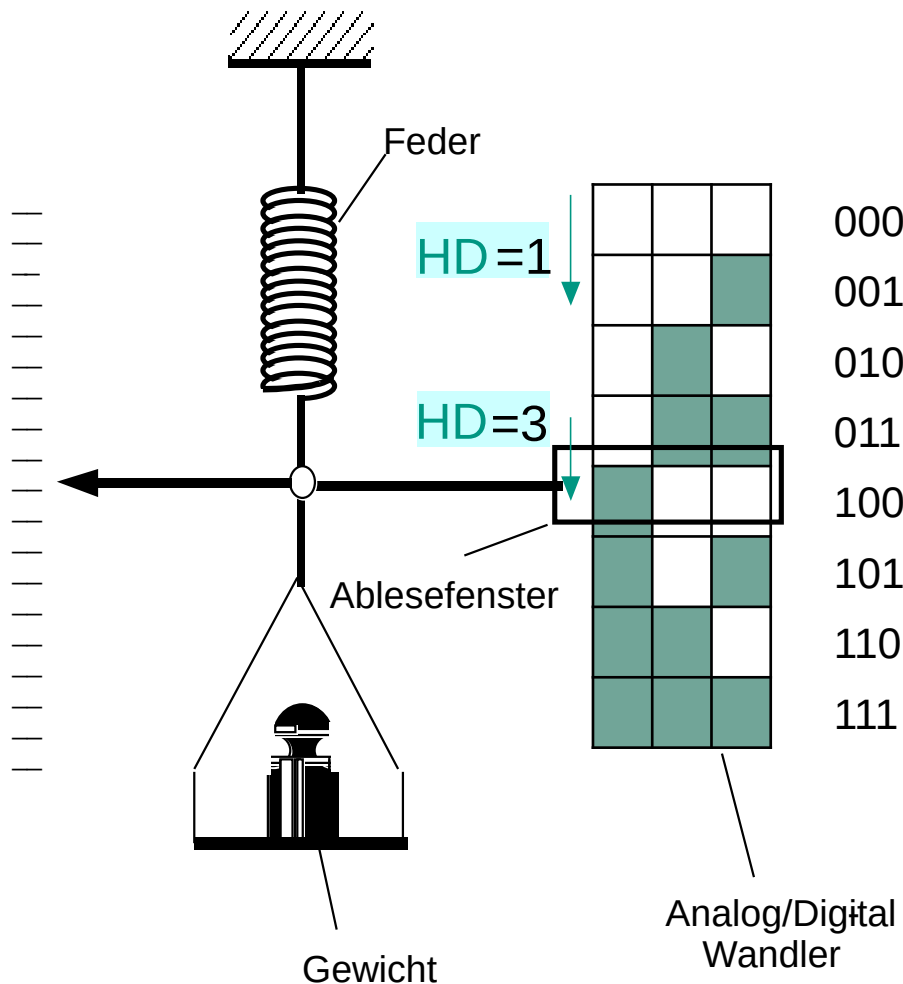
1. Übung

Felix Pistorius
pistorius@kit.edu

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Signale und Digitalisierung

1. Aufgabe - Überlegung



- Annahme:

Binärstellen schalten nicht völlig gleichzeitig um
- Mögliche fehlerhafte Binärdarstellungen während des Umschaltens:

 - $011 \Rightarrow 100$
 - 111,001,010,101,110,000

1. Aufgabe – Gray-Code

- Das Problem kann umschifft werden durch **einschrittige Codes**
- zwei benachbarte Codewörter besitzen stets eine **Hammingdistanz von eins**
- Beispiele für Gray-Codes (stetige, einschrittige Binärcodes):

linear, m=4

0: 0000
1: 0001
2: 0011
3: 0010
4: 0110
5: 0111
6: 0101
7: 0100
8: 1100
9: 1101

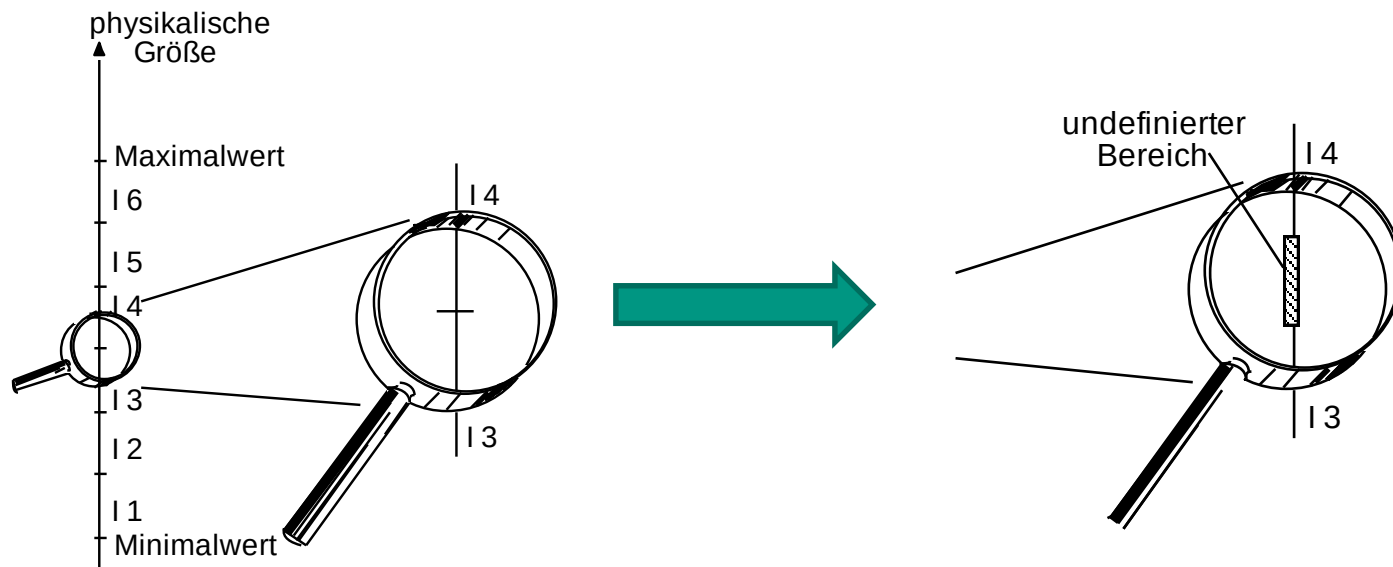
Zyklisch, m=3

0: 000
1: 001
2: 011
3: 010
4: 110
5: 111
6: 101
7: 100
0: 000

- Während des Umschaltens sind keine fehlerhaften Übergänge in andere Codewörter mehr möglich

1. Aufgabe - „weiche“ Diskrimination

- An den Übergängen zweier Codewörter können **undefinierte Bereiche** eingefügt werden
- **keine Digitalwertzuordnung** in diesen Bereichen; sondern „Festhalten“ des alten Werts, bis der Bereich durchschritten wurde
- **„weiche“ Diskrimination** (Unterscheidung), kein hartes Umschalten



1. Aufgabe

Anzeige

Intervalle

Code

Undefinierter
Bereich

19 °C

20 °C

21 °C

22 °C

23 °C

24 °C

25 °C

1. Aufgabe

Anzeige	Intervalle	Code	Undefinierter Bereich
19 °C	18,5° - 19,5°		
20 °C	19,5° - 20,5°		
21 °C	20,5° - 21,5°		
22 °C	21,5° - 22,5°		
23 °C	22,5° - 23,5°		
24 °C	23,5° - 24,5°		
25 °C	24,5° - 25,5°		

1. Aufgabe

Anzeige	Intervalle	Code	Undefinierter Bereich
aus	$< 18,5^\circ$		
19 °C	$18,5^\circ - 19,5^\circ$		
20 °C	$19,5^\circ - 20,5^\circ$		
21 °C	$20,5^\circ - 21,5^\circ$		
22 °C	$21,5^\circ - 22,5^\circ$		
23 °C	$22,5^\circ - 23,5^\circ$		
24 °C	$23,5^\circ - 24,5^\circ$		
25 °C	$24,5^\circ - 25,5^\circ$		
aus	$> 25,5^\circ$		

1. Aufgabe

Anzeige	Intervalle	Code	Undefinierter Bereich
aus	$< 18,5^\circ$		
19 °C	$18,5^\circ - 19,5^\circ$	000	
20 °C	$19,5^\circ - 20,5^\circ$		
21 °C	$20,5^\circ - 21,5^\circ$		
22 °C	$21,5^\circ - 22,5^\circ$		
23 °C	$22,5^\circ - 23,5^\circ$		
24 °C	$23,5^\circ - 24,5^\circ$		
25 °C	$24,5^\circ - 25,5^\circ$		
aus	$> 25,5^\circ$		

1. Aufgabe

Anzeige	Intervalle	Code	Undefinierter Bereich
aus	$< 18,5^\circ$		
19 °C	$18,5^\circ - 19,5^\circ$	000	
20 °C	$19,5^\circ - 20,5^\circ$	001	
21 °C	$20,5^\circ - 21,5^\circ$		
22 °C	$21,5^\circ - 22,5^\circ$		
23 °C	$22,5^\circ - 23,5^\circ$		
24 °C	$23,5^\circ - 24,5^\circ$		
25 °C	$24,5^\circ - 25,5^\circ$		
aus	$> 25,5^\circ$		

1. Aufgabe

Anzeige	Intervalle	Code	Undefinierter Bereich
aus	$< 18,5^\circ$		
19 °C	$18,5^\circ - 19,5^\circ$	000	
20 °C	$19,5^\circ - 20,5^\circ$	001	
21 °C	$20,5^\circ - 21,5^\circ$	011	
22 °C	$21,5^\circ - 22,5^\circ$	010	
23 °C	$22,5^\circ - 23,5^\circ$	110	
24 °C	$23,5^\circ - 24,5^\circ$	111	
25 °C	$24,5^\circ - 25,5^\circ$	101	
aus	$> 25,5^\circ$		

1. Aufgabe

Anzeige	Intervalle	Code	Undefinierter Bereich
aus	$< 18,5^\circ$	100	
19 °C	$18,5^\circ - 19,5^\circ$	000	
20 °C	$19,5^\circ - 20,5^\circ$	001	
21 °C	$20,5^\circ - 21,5^\circ$	011	
22 °C	$21,5^\circ - 22,5^\circ$	010	
23 °C	$22,5^\circ - 23,5^\circ$	110	
24 °C	$23,5^\circ - 24,5^\circ$	111	
25 °C	$24,5^\circ - 25,5^\circ$	101	
aus	$> 25,5^\circ$	100	

1. Aufgabe

- Undefinierte Bereiche: Intervallgrenze (in °C) · 0,4% · 2

Anzeige	Intervalle	Code	Undefinierter Bereich
aus	< 18,5°	100	
19 °C	18,5° - 19,5°	000	
20 °C	19,5° - 20,5°	001	
21 °C	20,5° - 21,5°	011	
22 °C	21,5° - 22,5°	010	
23 °C	22,5° - 23,5°	110	
24 °C	23,5° - 24,5°	111	
25 °C	24,5° - 25,5°	101	
aus	> 25,5°	100	

1. Aufgabe

- Undefinierte Bereiche: Intervallgrenze (in °C) · 0,4% · 2

Anzeige	Intervalle	Code	Undefinierter Bereich
aus	< 18,5°	100	0,148°
19 °C	18,5° - 19,5°	000	
20 °C	19,5° - 20,5°	001	
21 °C	20,5° - 21,5°	011	
22 °C	21,5° - 22,5°	010	
23 °C	22,5° - 23,5°	110	
24 °C	23,5° - 24,5°	111	
25 °C	24,5° - 25,5°	101	
aus	> 25,5°	100	

1. Aufgabe

- Undefinierte Bereiche: Intervallgrenze (in °C) · 0,4% · 2

Anzeige	Intervalle	Code	Undefinierter Bereich
aus	< 18,5°	100	0,148° 0,156°
19 °C	18,5° - 19,5°	000	
20 °C	19,5° - 20,5°	001	
21 °C	20,5° - 21,5°	011	
22 °C	21,5° - 22,5°	010	
23 °C	22,5° - 23,5°	110	
24 °C	23,5° - 24,5°	111	
25 °C	24,5° - 25,5°	101	
aus	> 25,5°	100	

1. Aufgabe

- Undefinierte Bereiche: Intervallgrenze (in °C) · 0,4% · 2

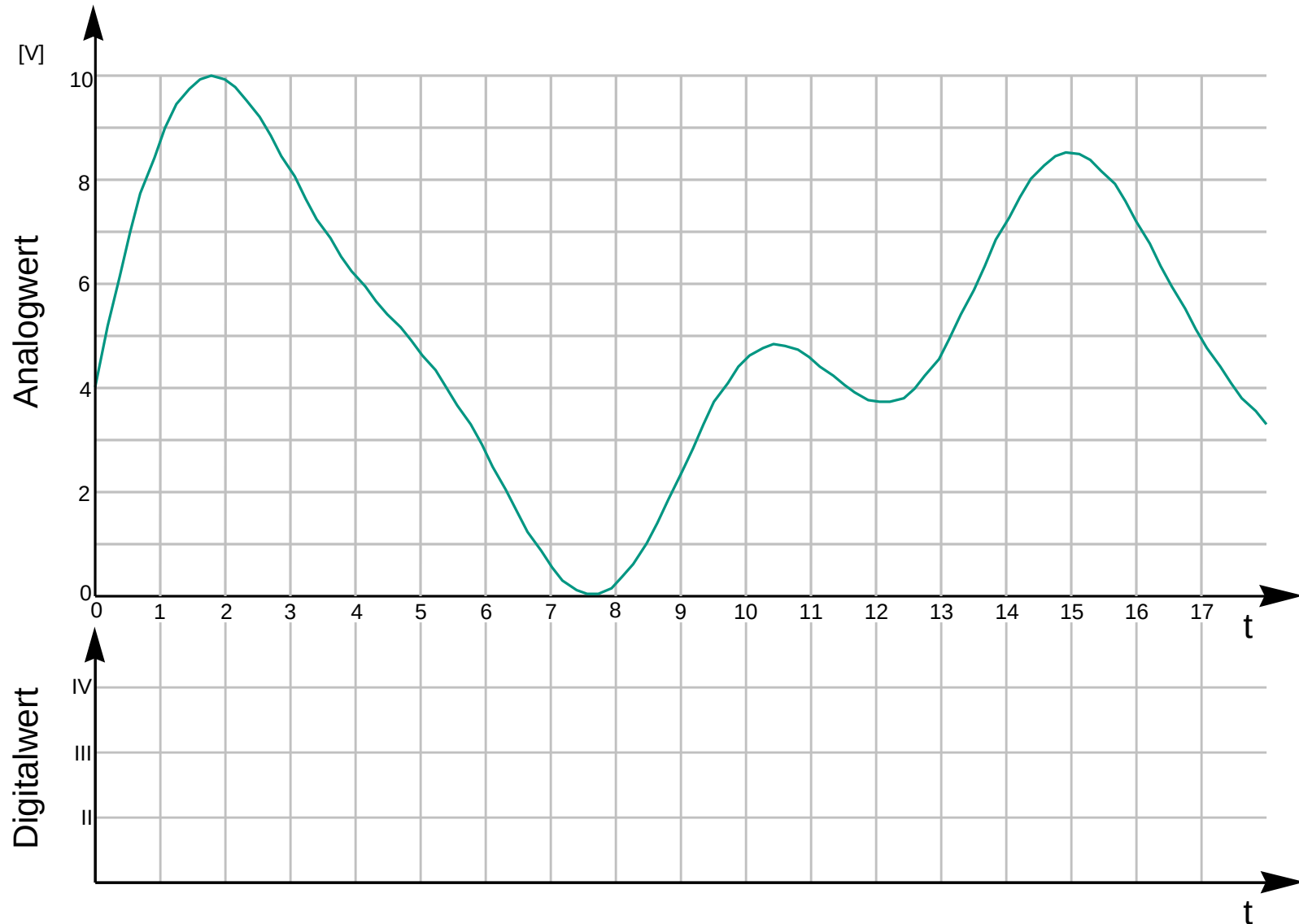
Anzeige	Intervalle	Code	Undefinierter Bereich
aus	< 18,5°	100	0,148°
19 °C	18,5° - 19,5°	000	0,156°
20 °C	19,5° - 20,5°	001	0,164°
21 °C	20,5° - 21,5°	011	
22 °C	21,5° - 22,5°	010	
23 °C	22,5° - 23,5°	110	
24 °C	23,5° - 24,5°	111	
25 °C	24,5° - 25,5°	101	
aus	> 25,5°	100	

1. Aufgabe

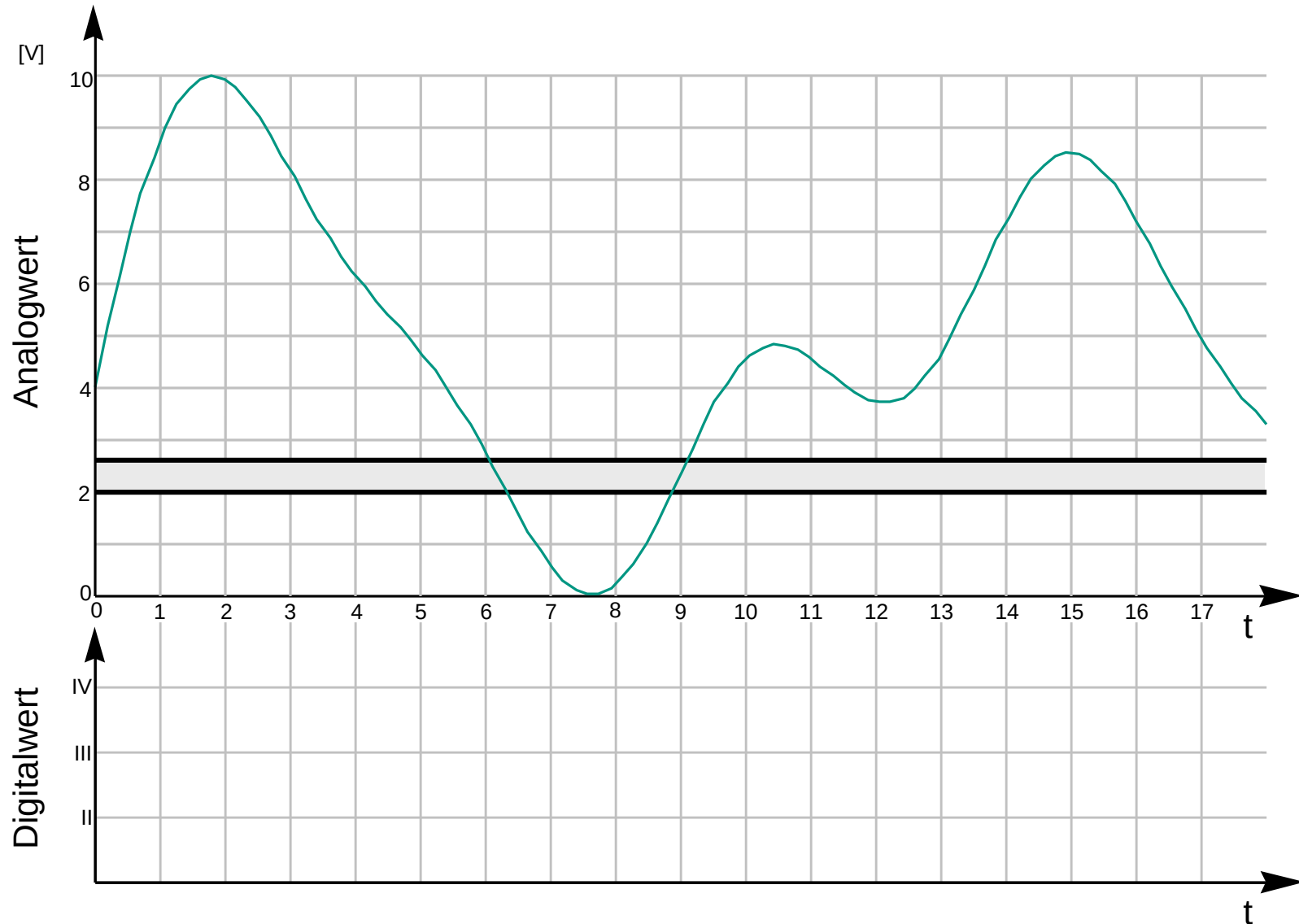
- Undefinierte Bereiche: Intervallgrenze (in °C) · 0,4% · 2

Anzeige	Intervalle	Code	Undefinierter Bereich
aus	< 18,5°	100	0,148°
19 °C	18,5° - 19,5°	000	0,156°
20 °C	19,5° - 20,5°	001	0,164°
21 °C	20,5° - 21,5°	011	0,172°
22 °C	21,5° - 22,5°	010	0,180°
23 °C	22,5° - 23,5°	110	0,188°
24 °C	23,5° - 24,5°	111	0,196°
25 °C	24,5° - 25,5°	101	0,204°
aus	> 25,5°	100	

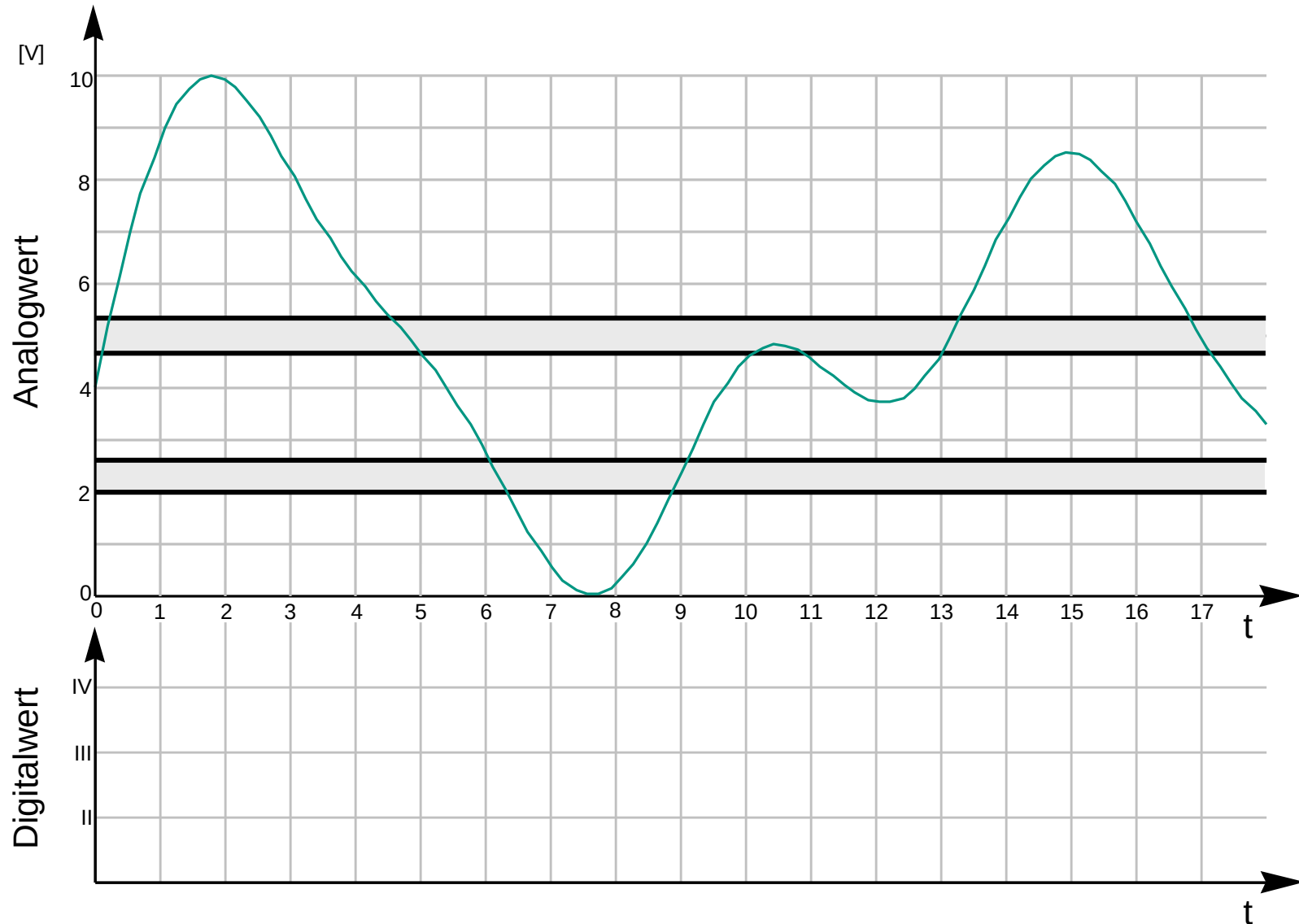
2. Aufgabe



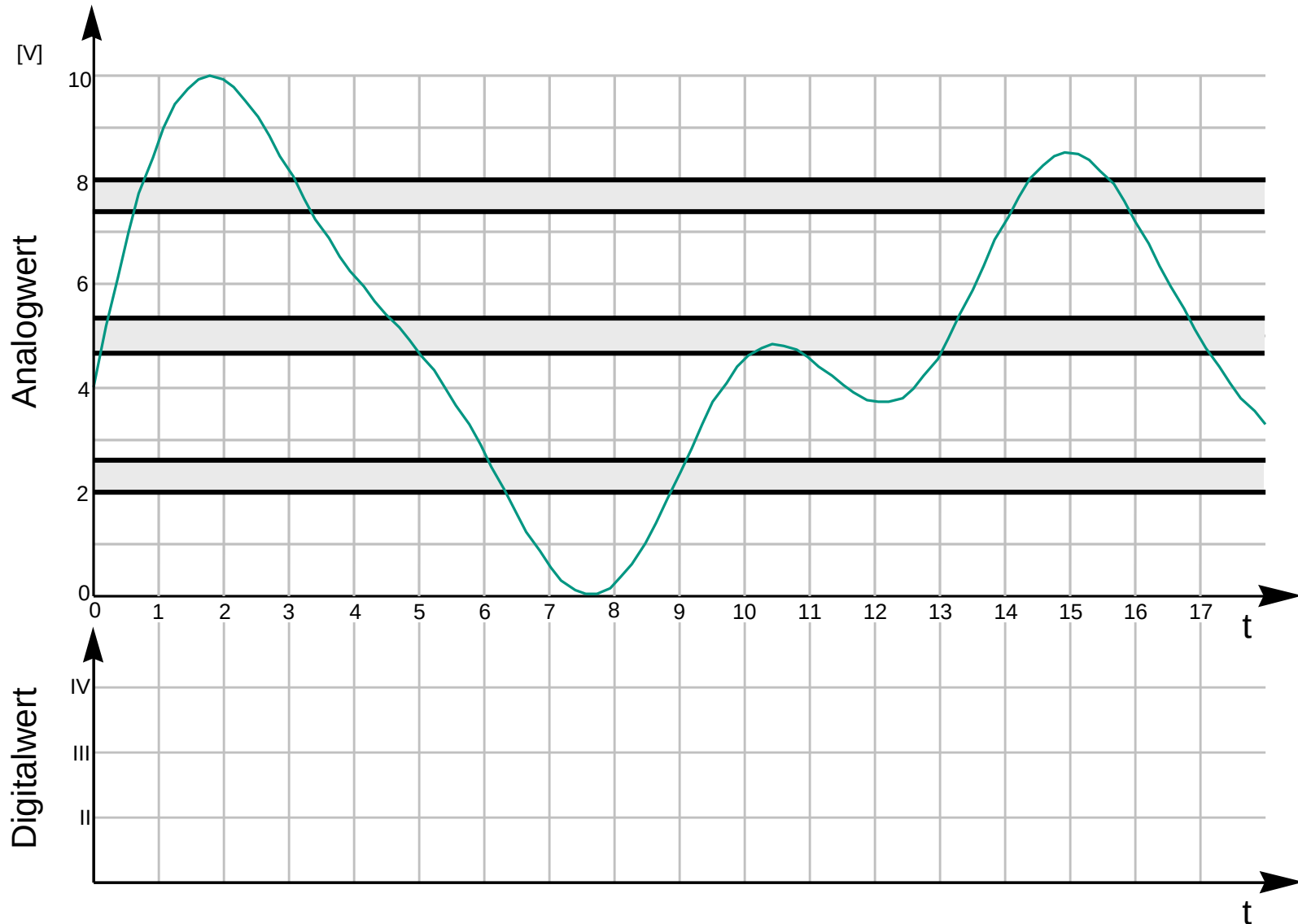
2. Aufgabe



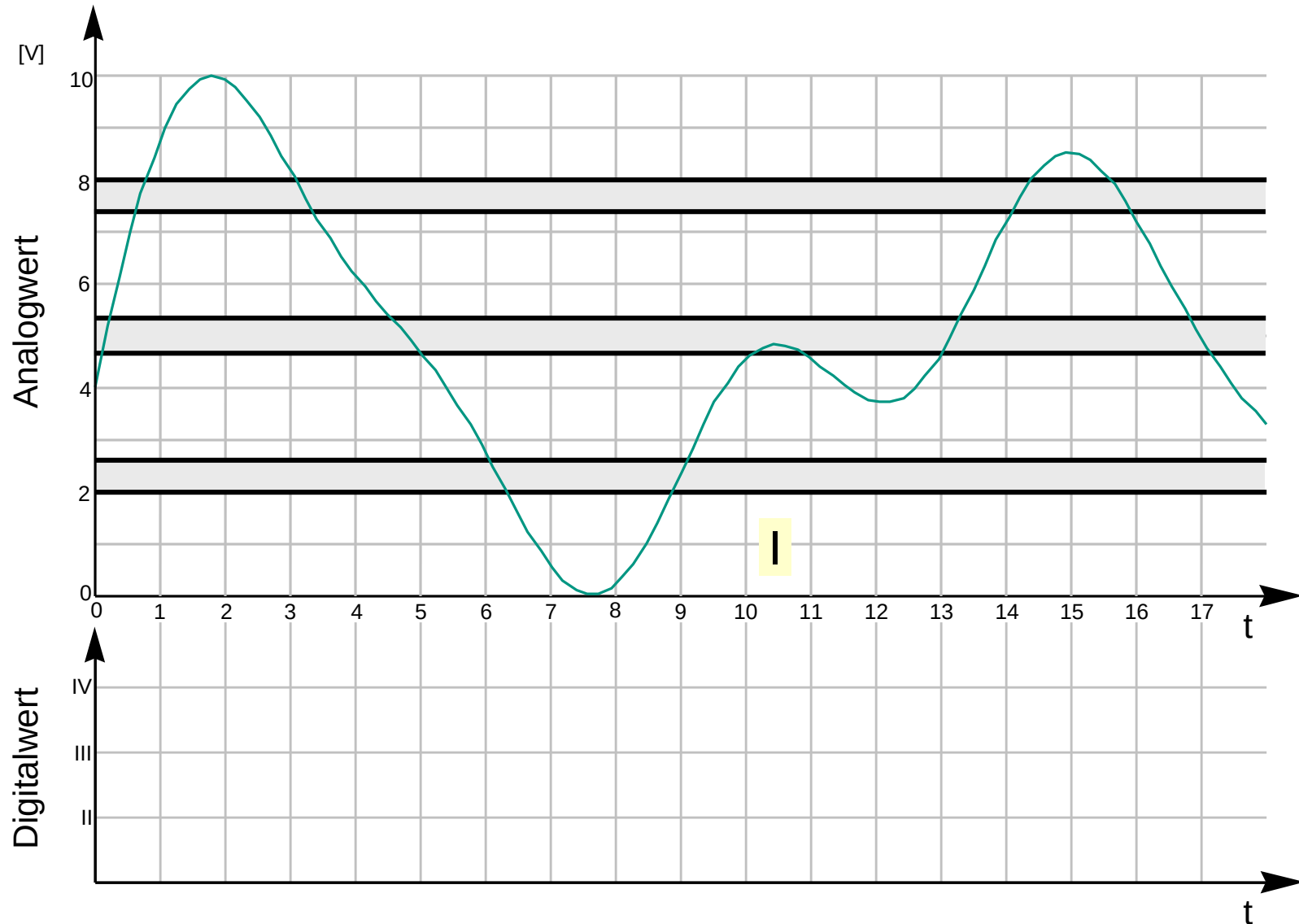
2. Aufgabe



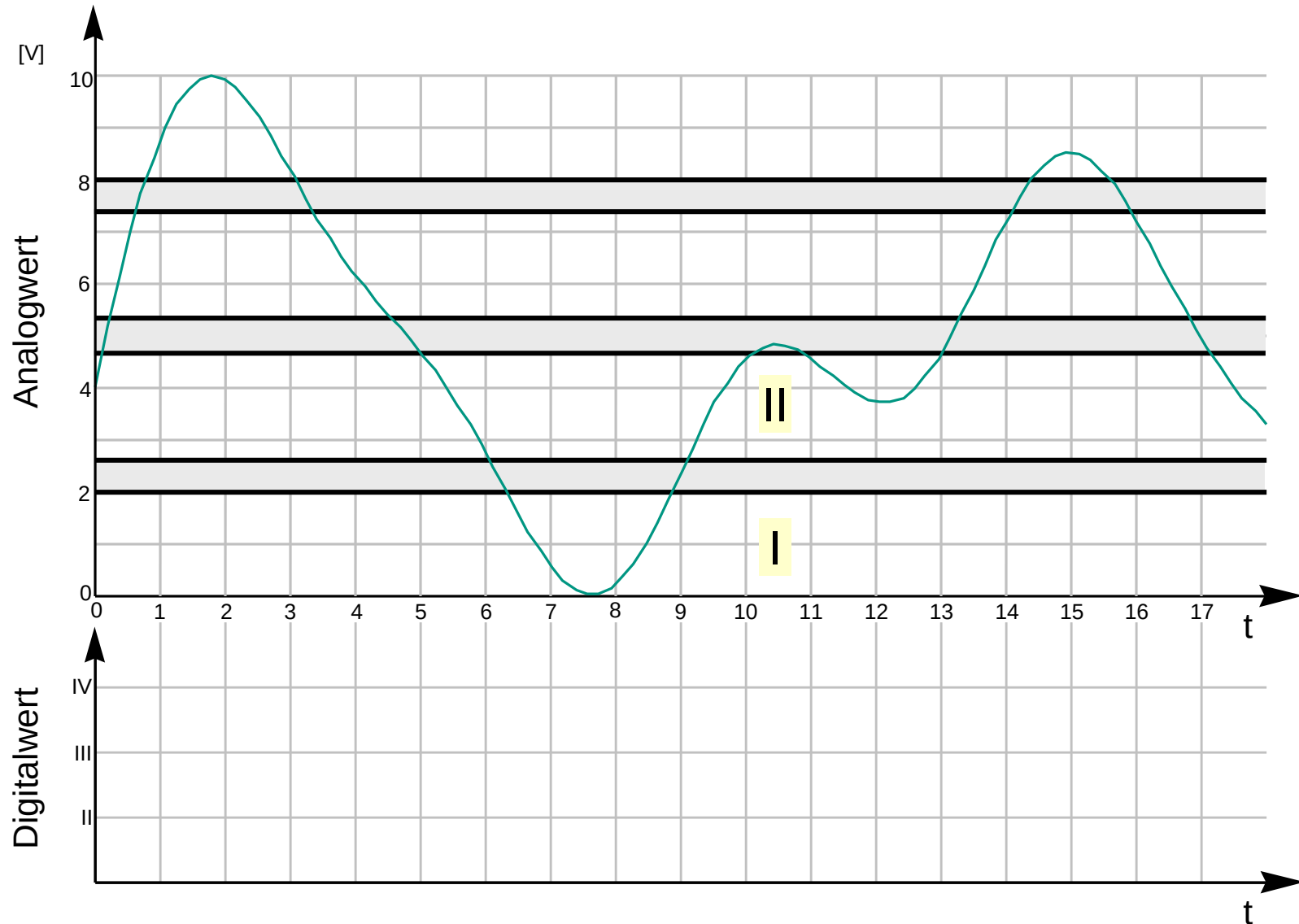
2. Aufgabe



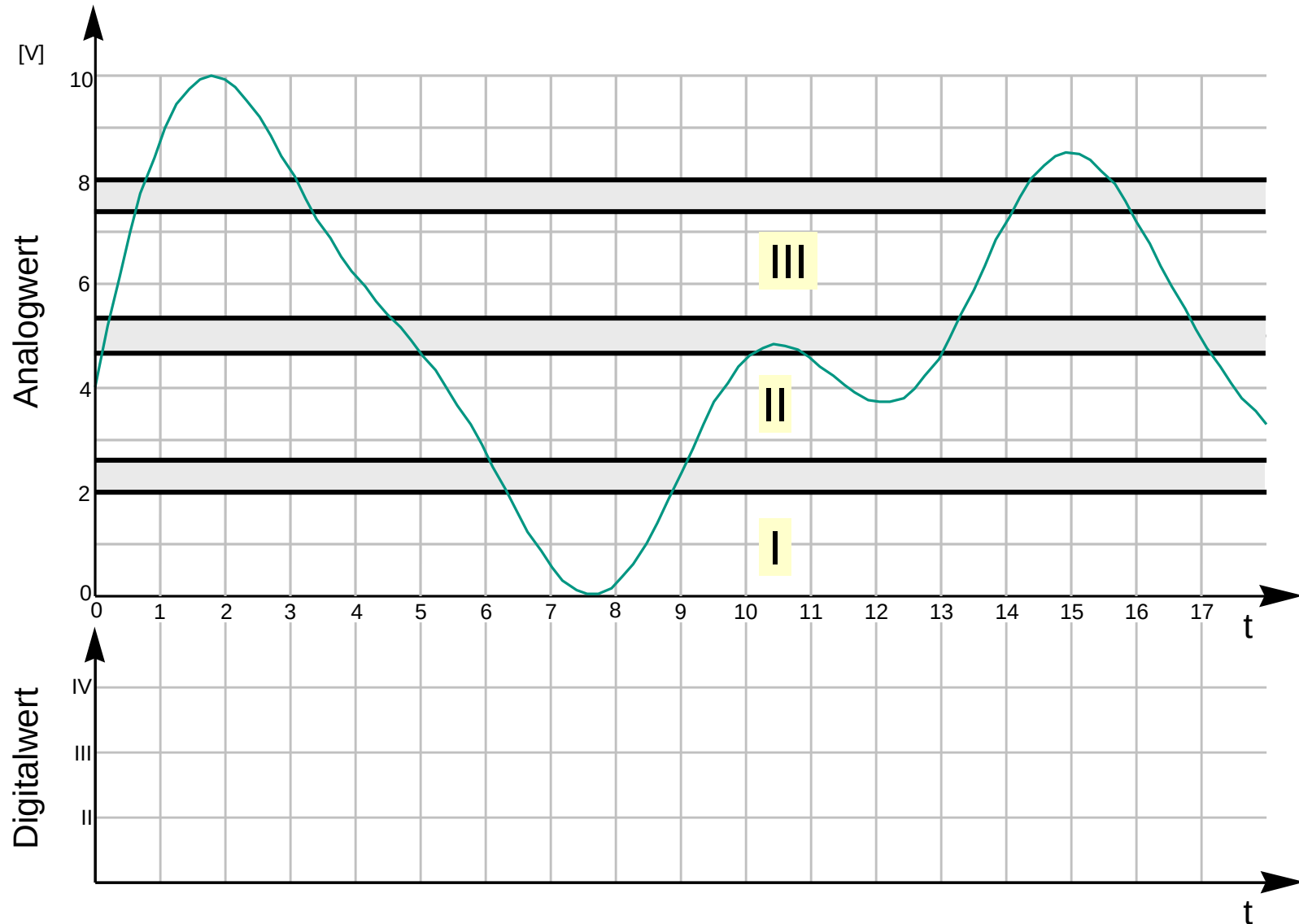
2. Aufgabe



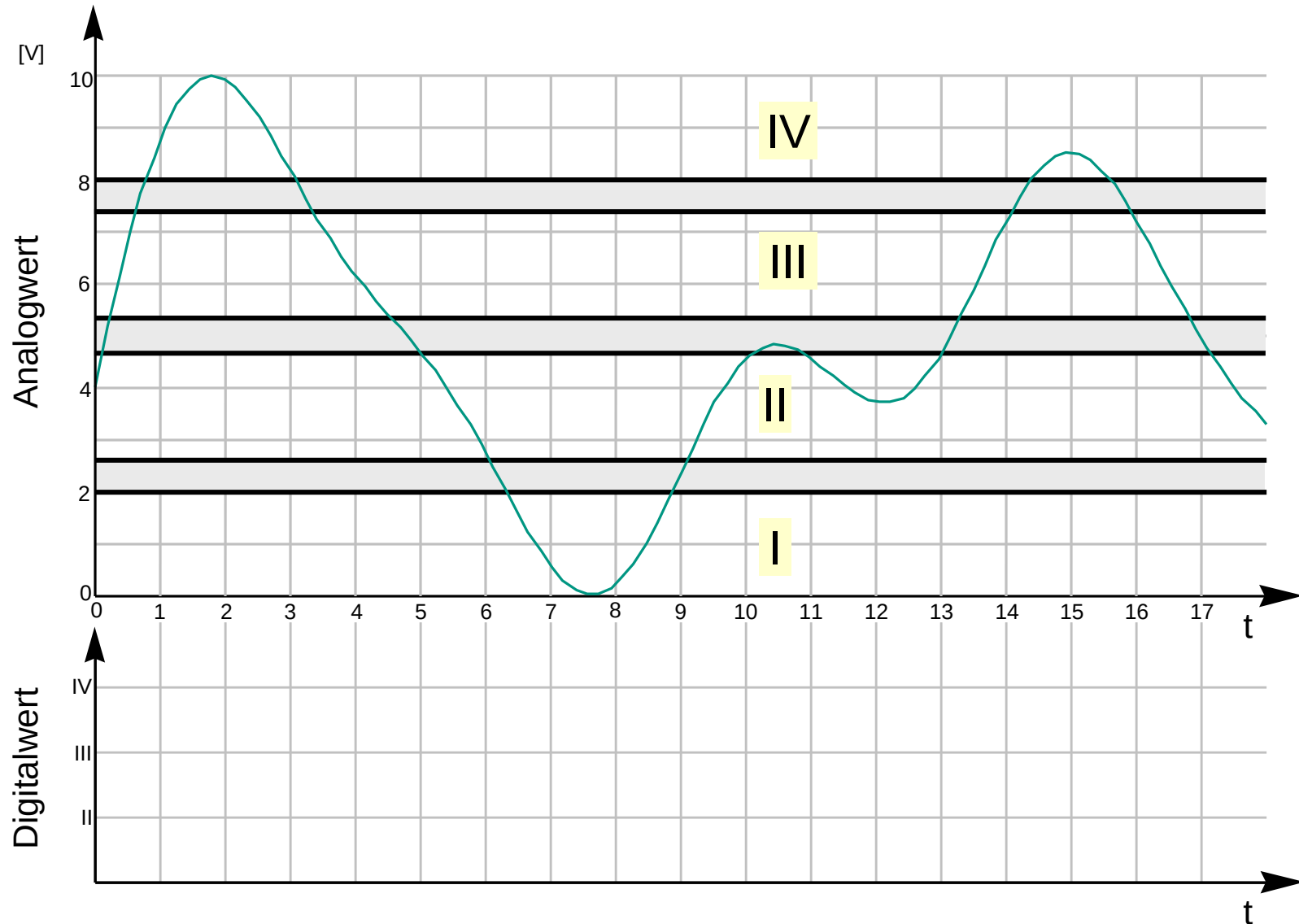
2. Aufgabe



2. Aufgabe

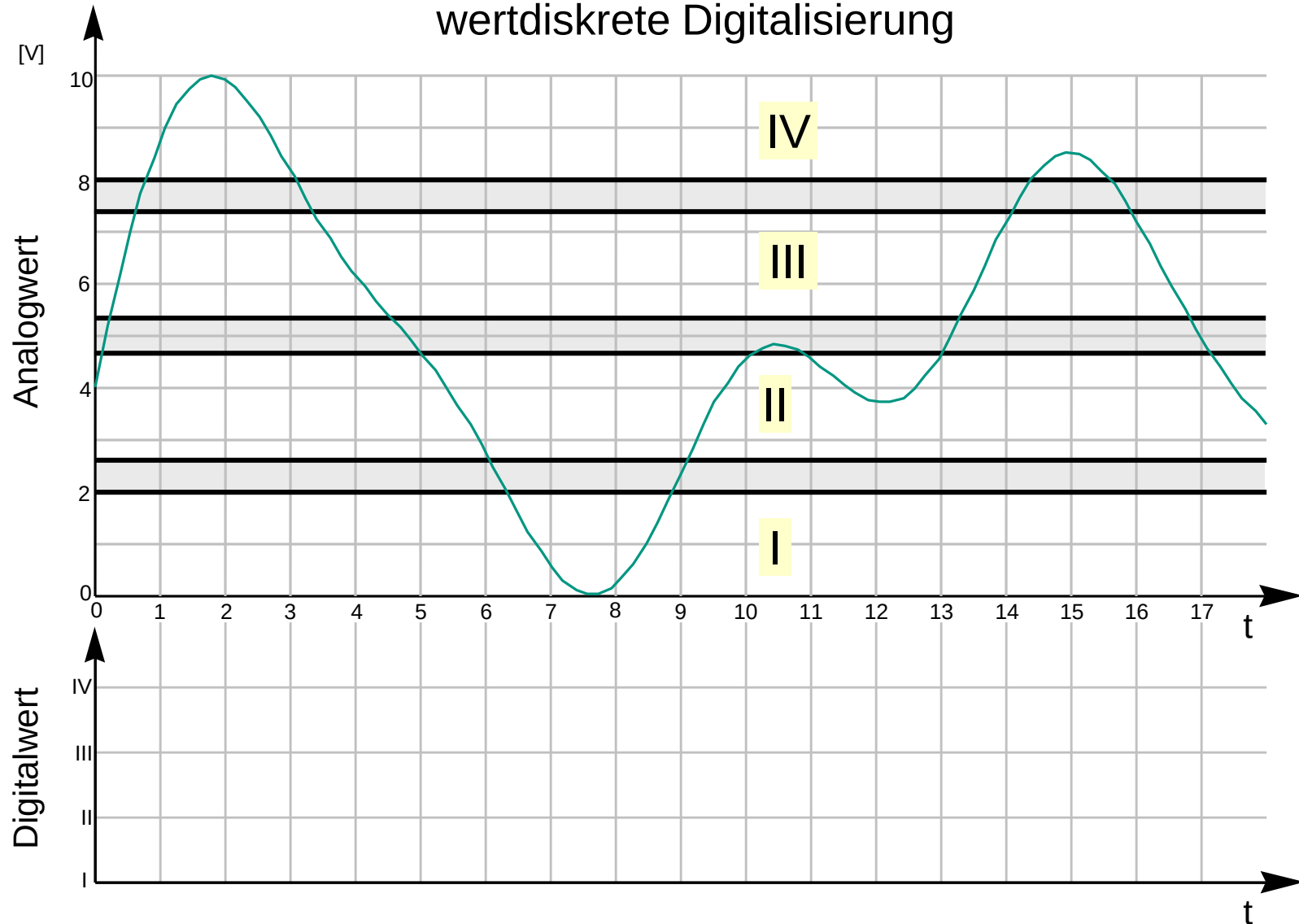


2. Aufgabe



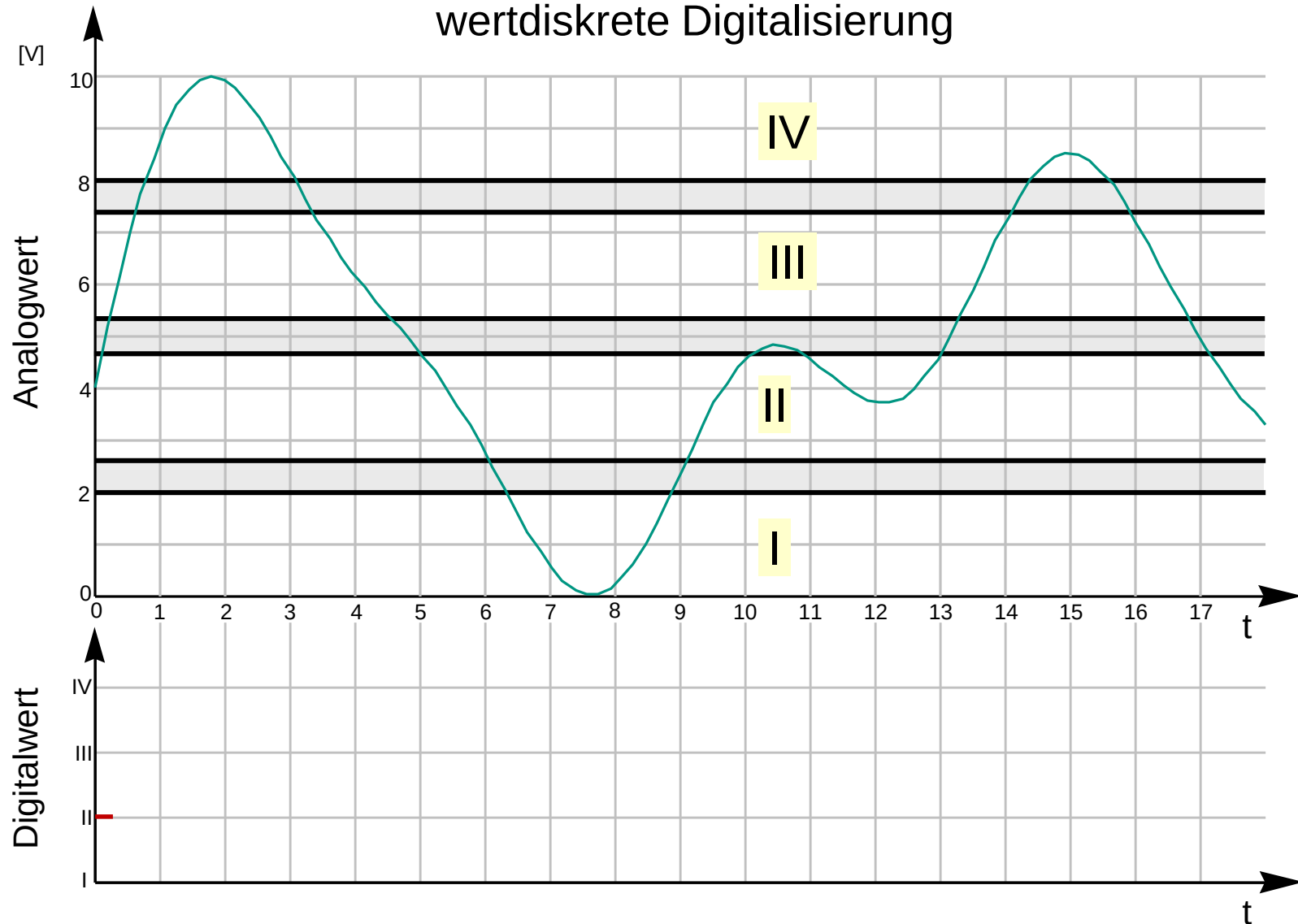
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



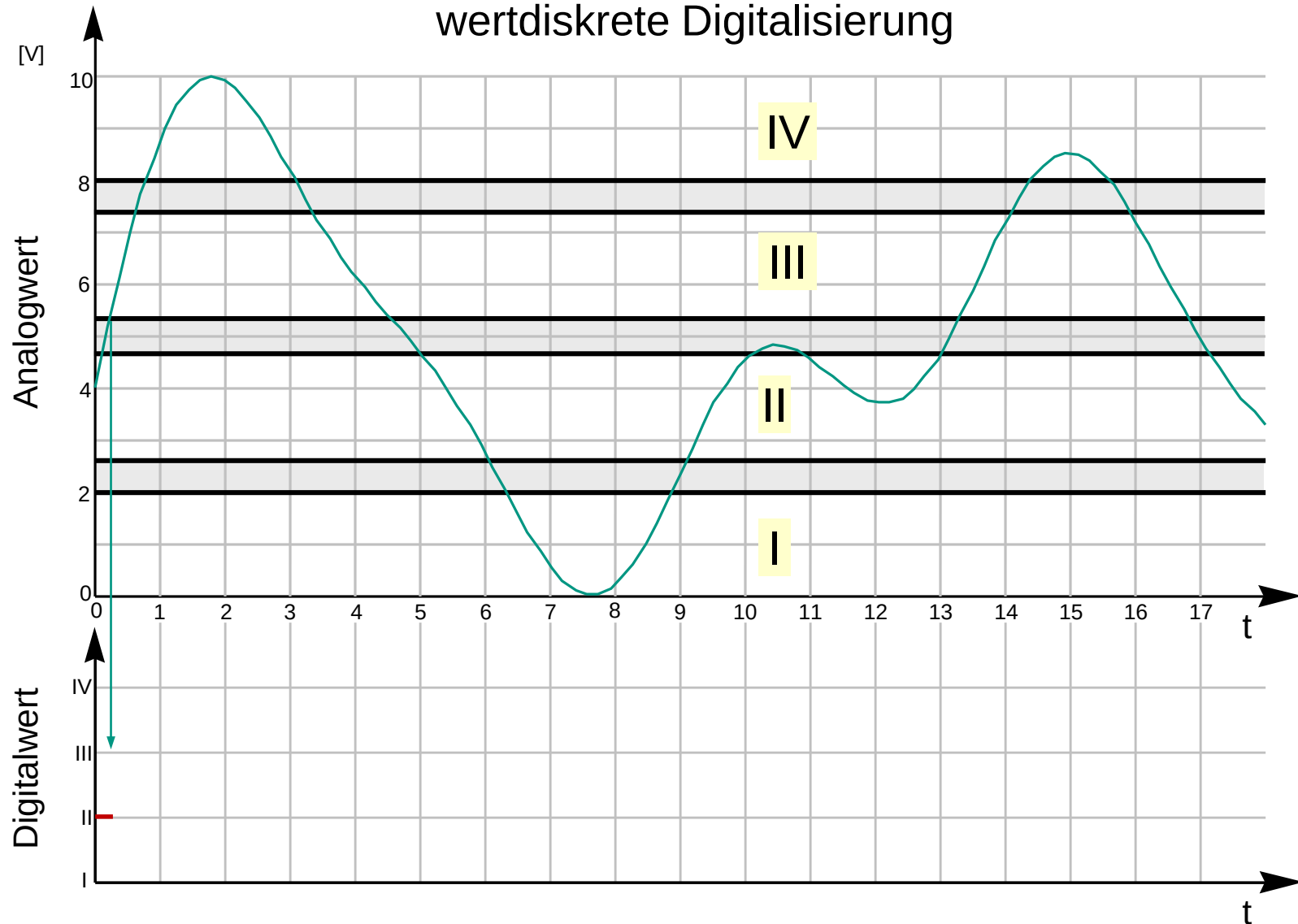
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



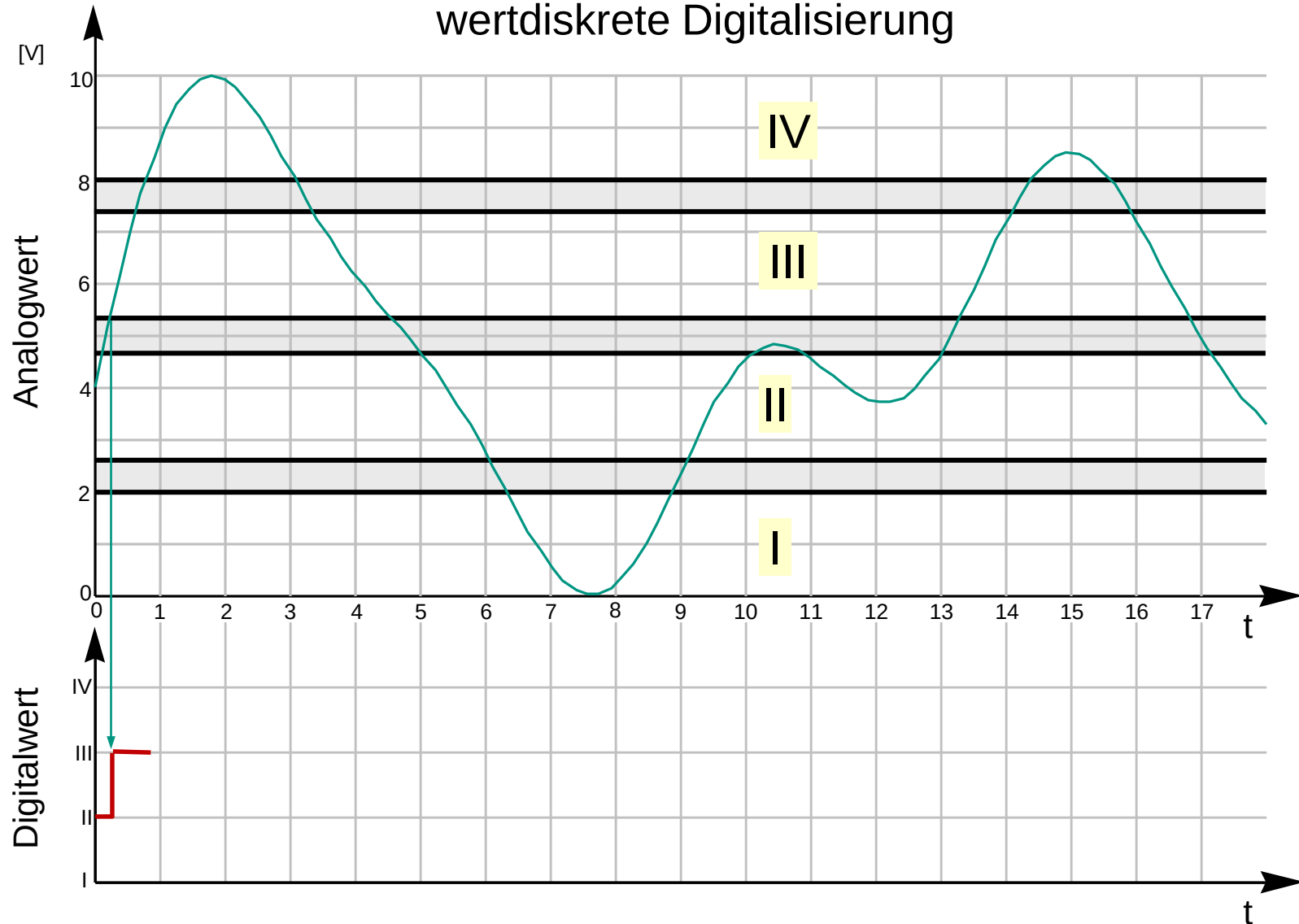
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



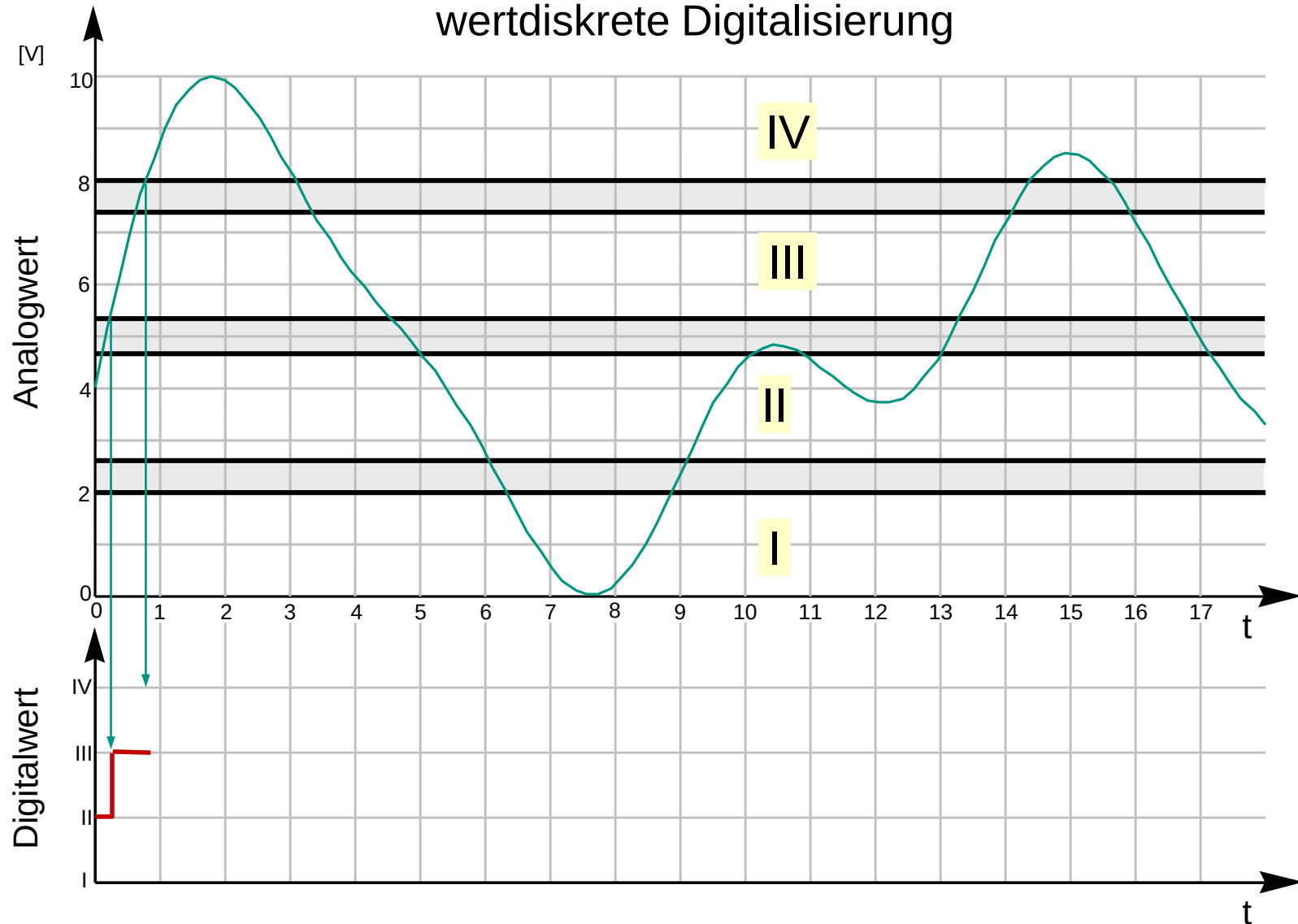
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



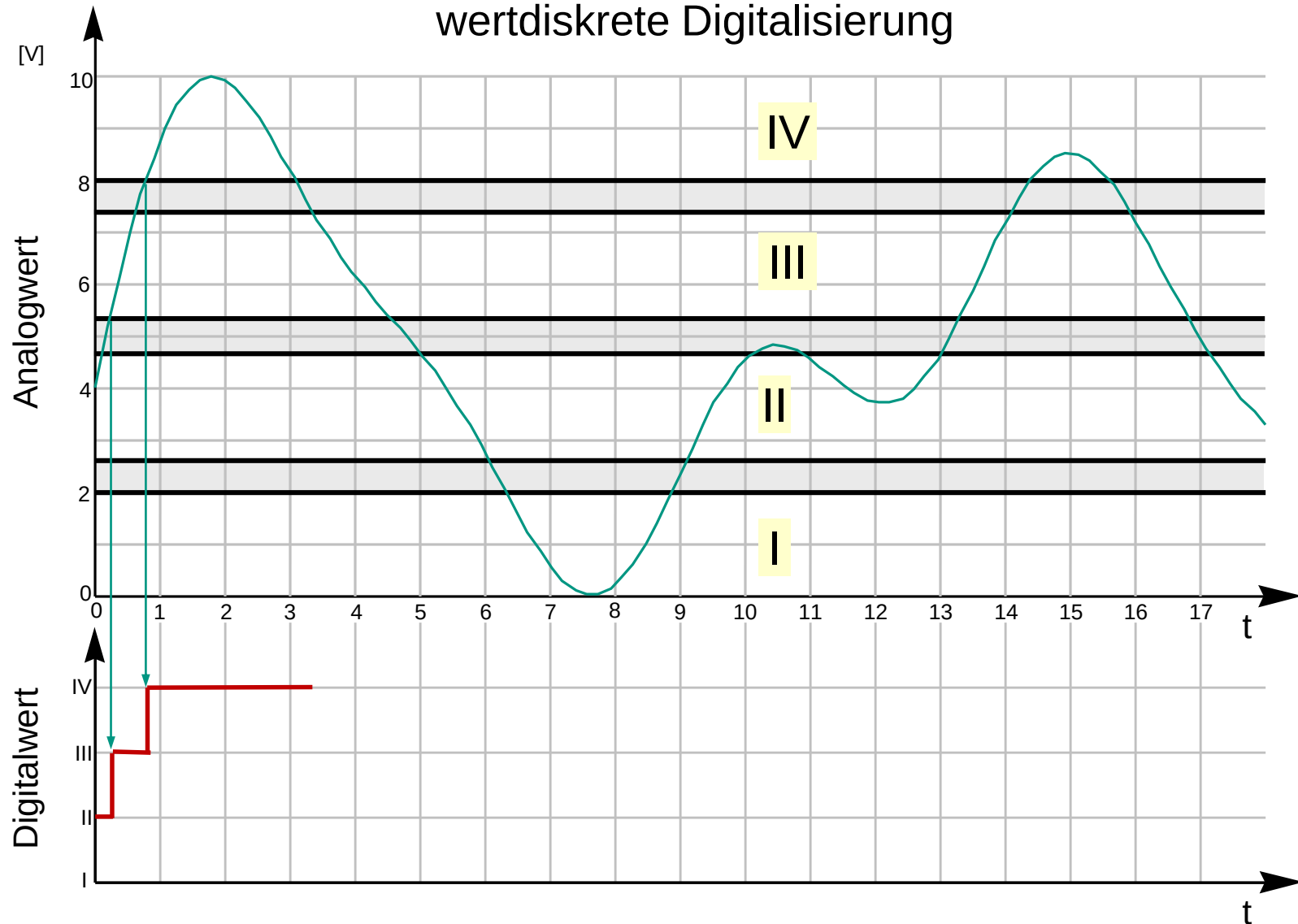
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



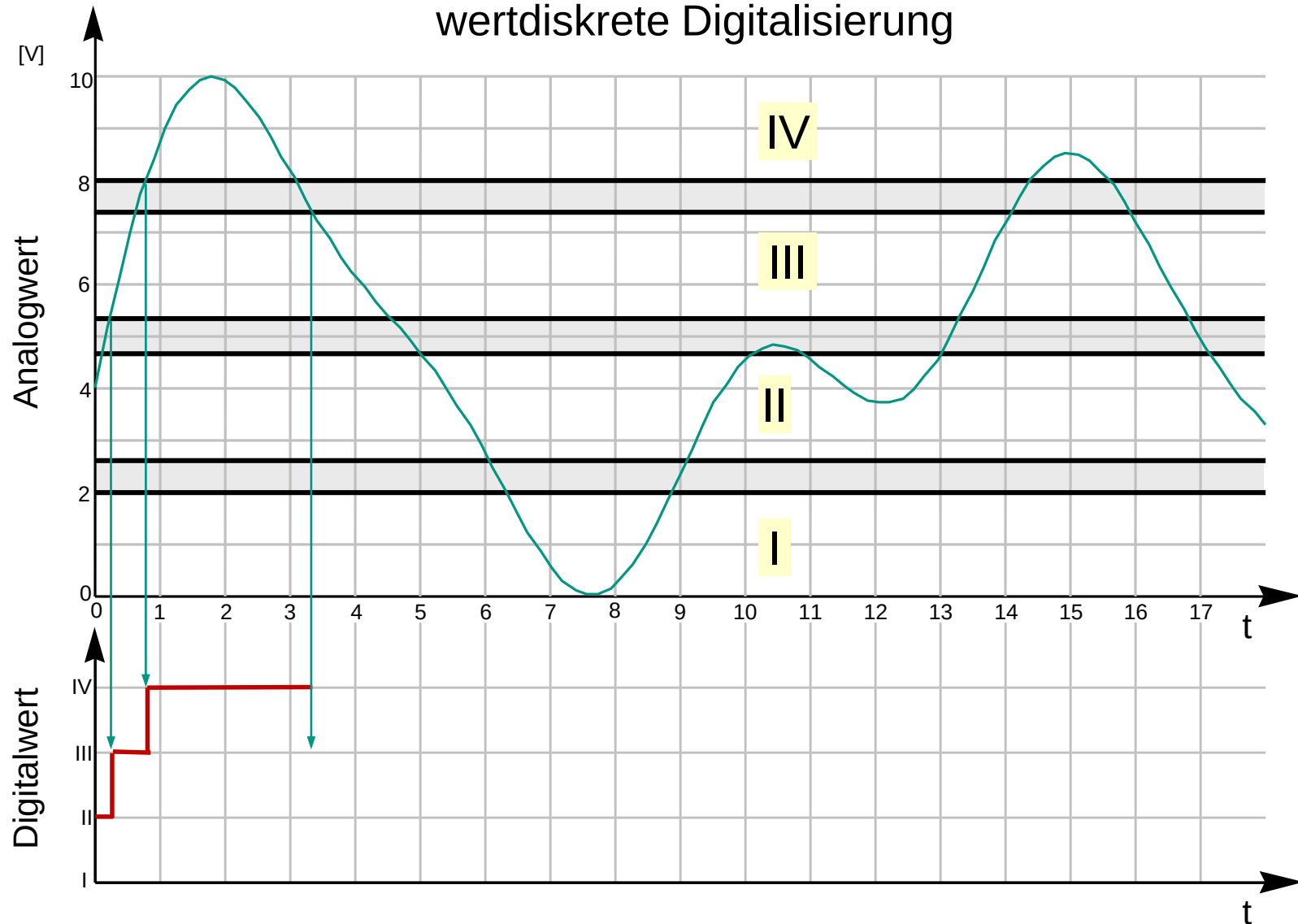
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



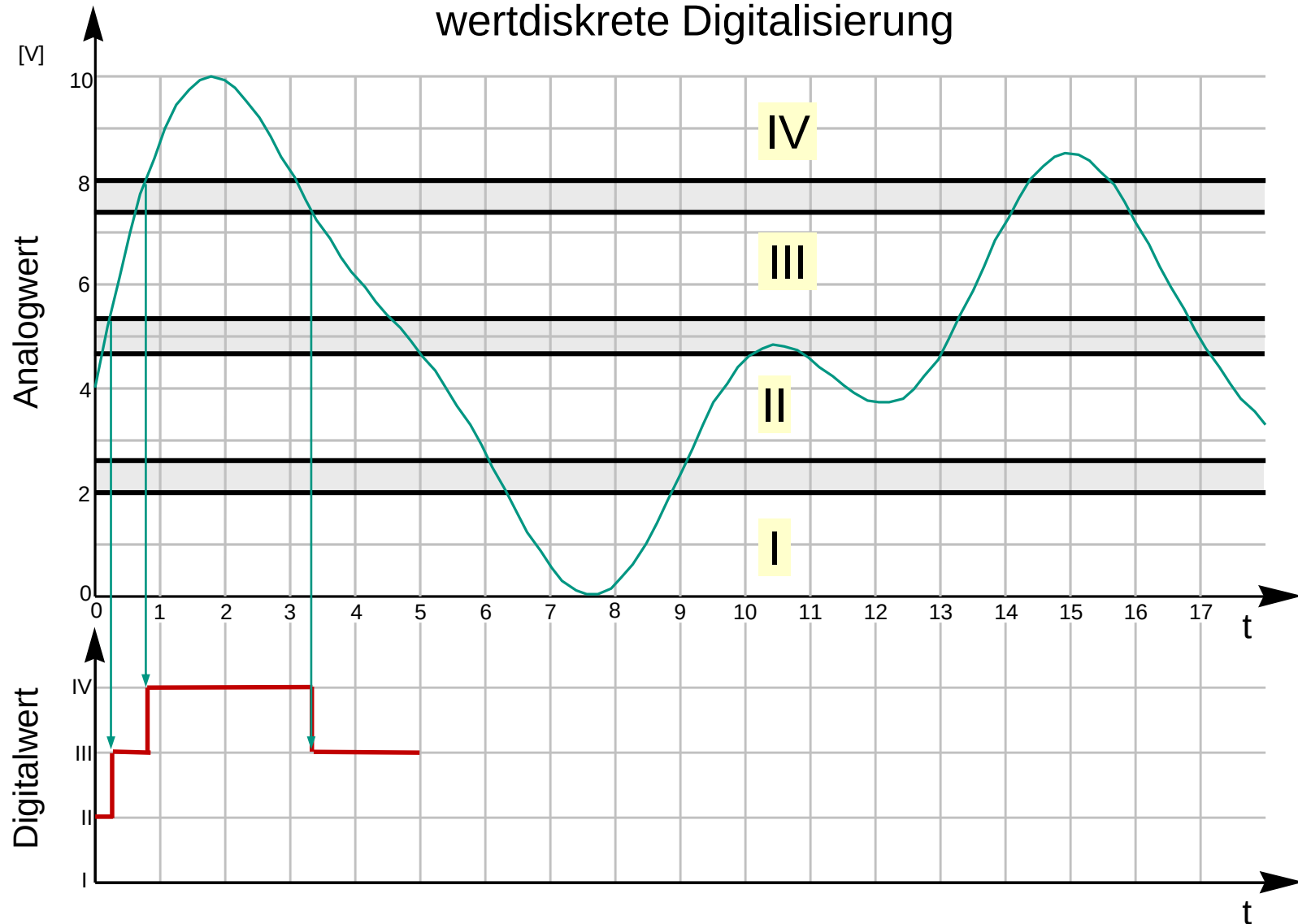
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



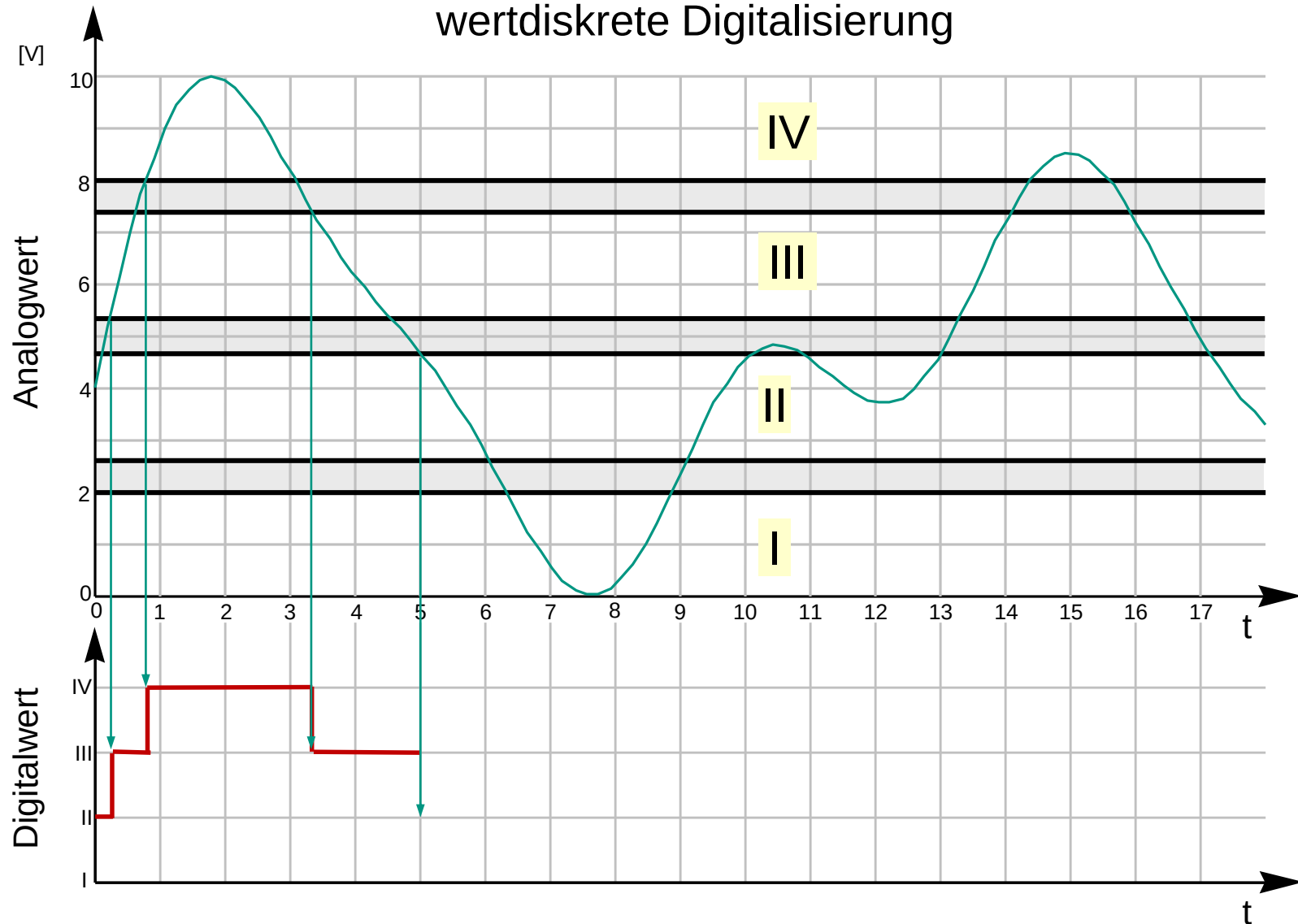
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



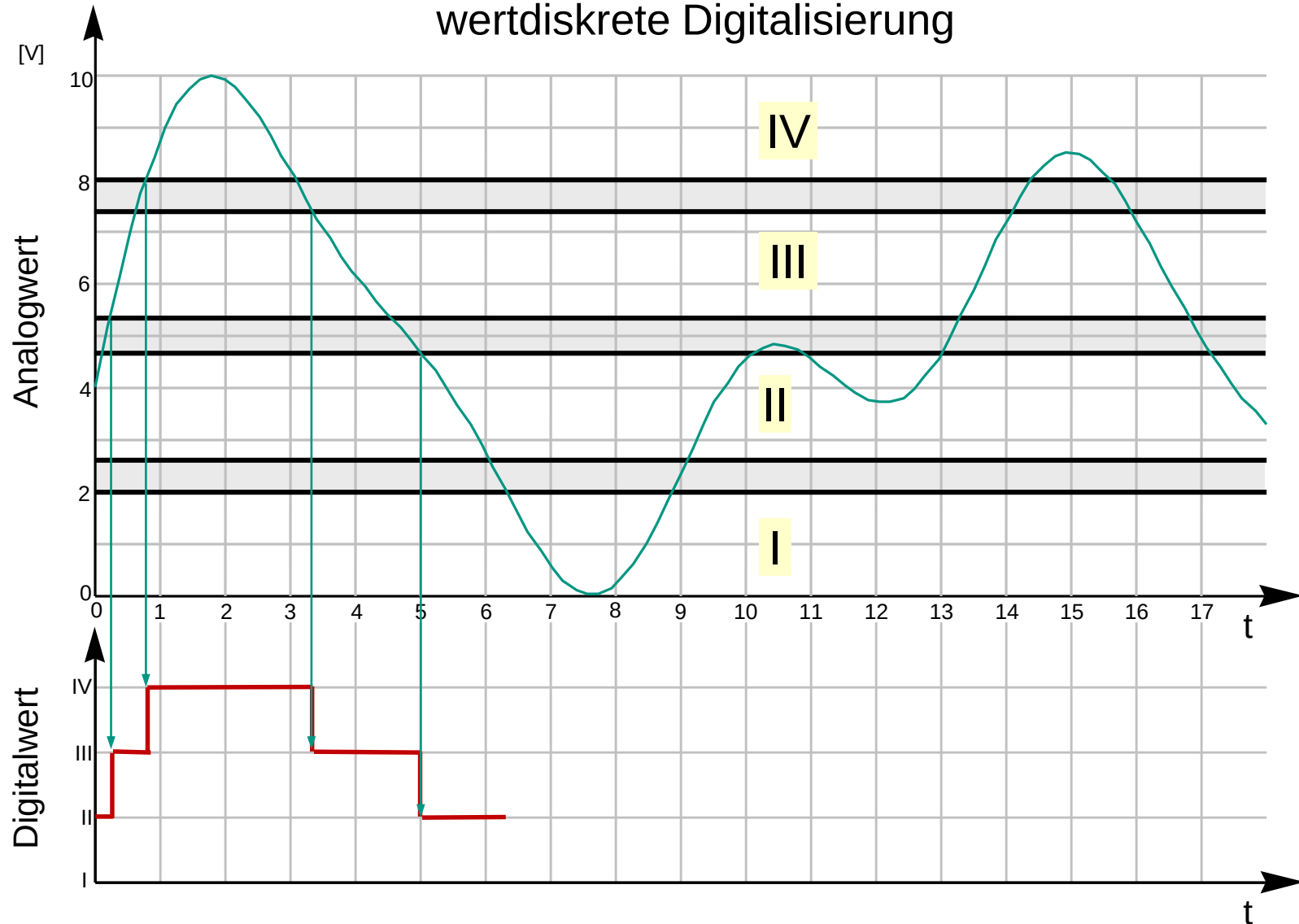
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



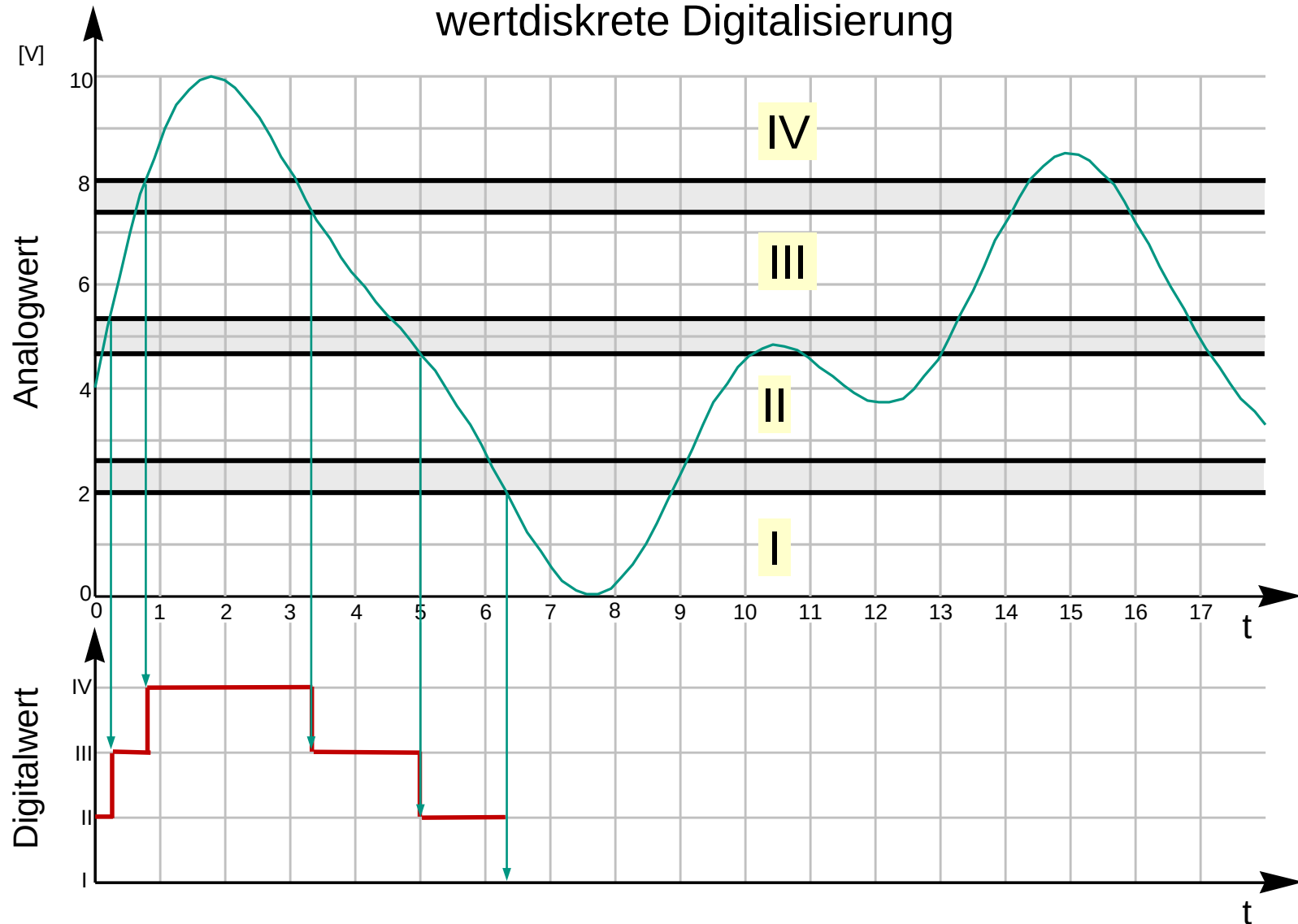
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



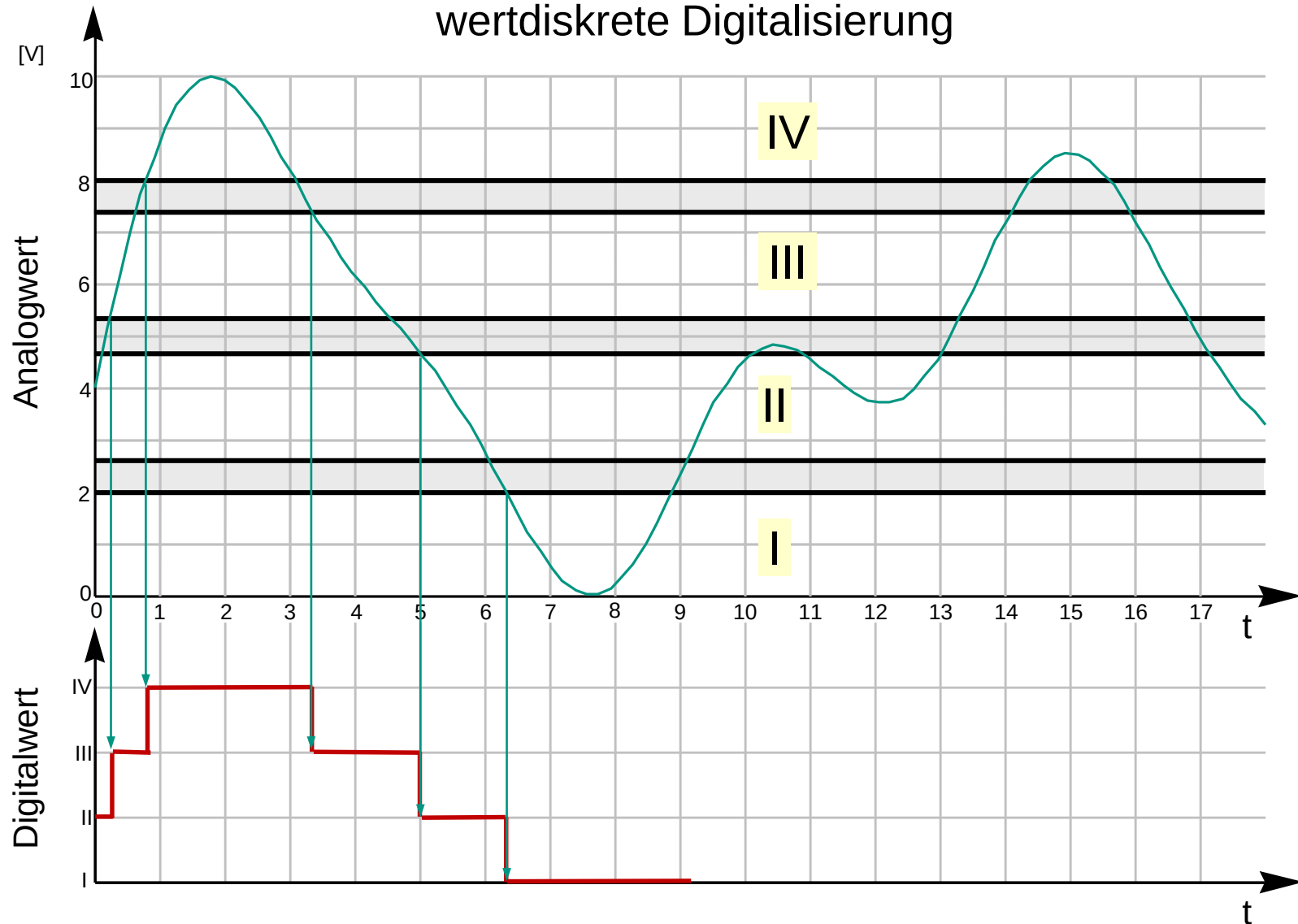
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



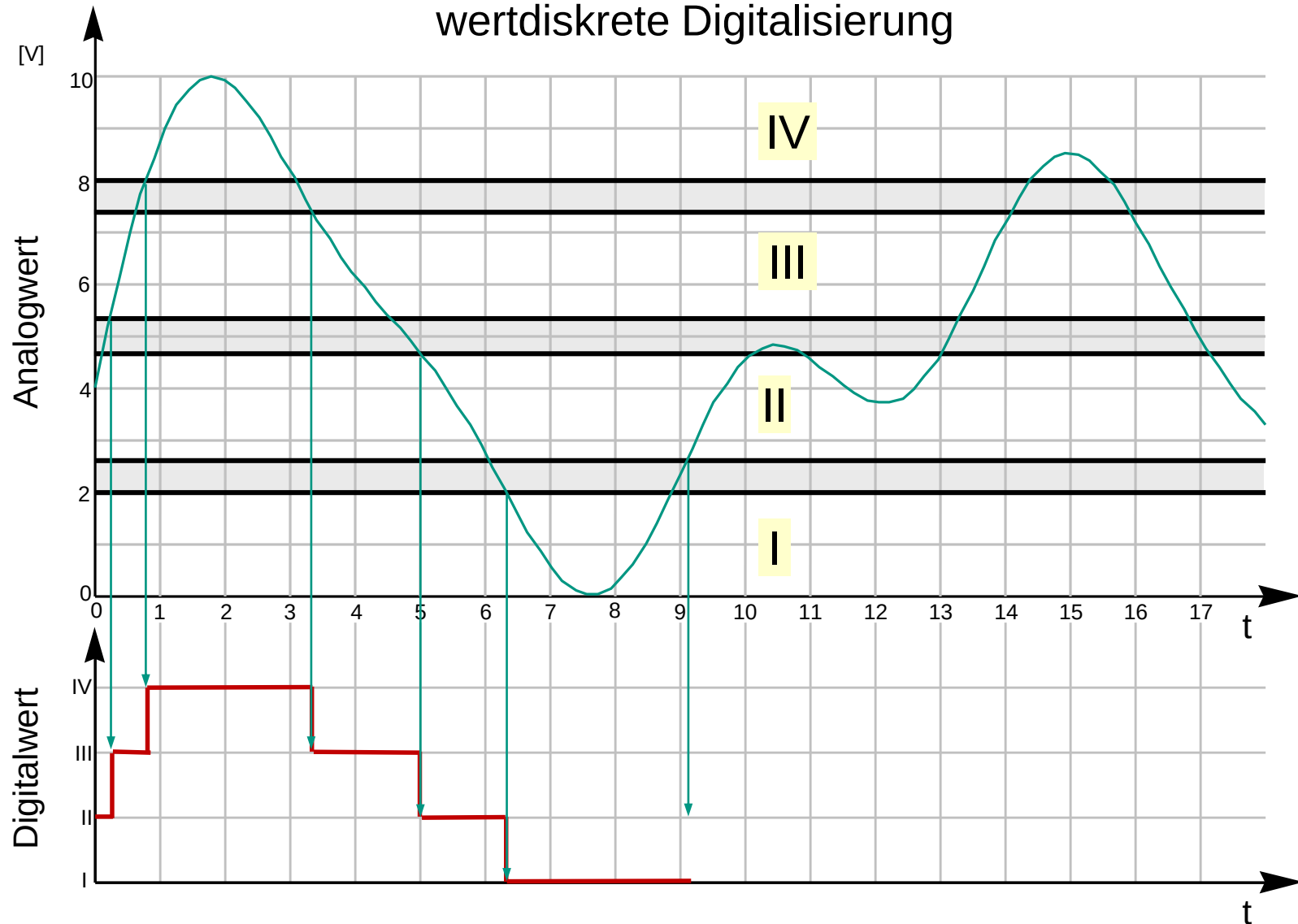
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



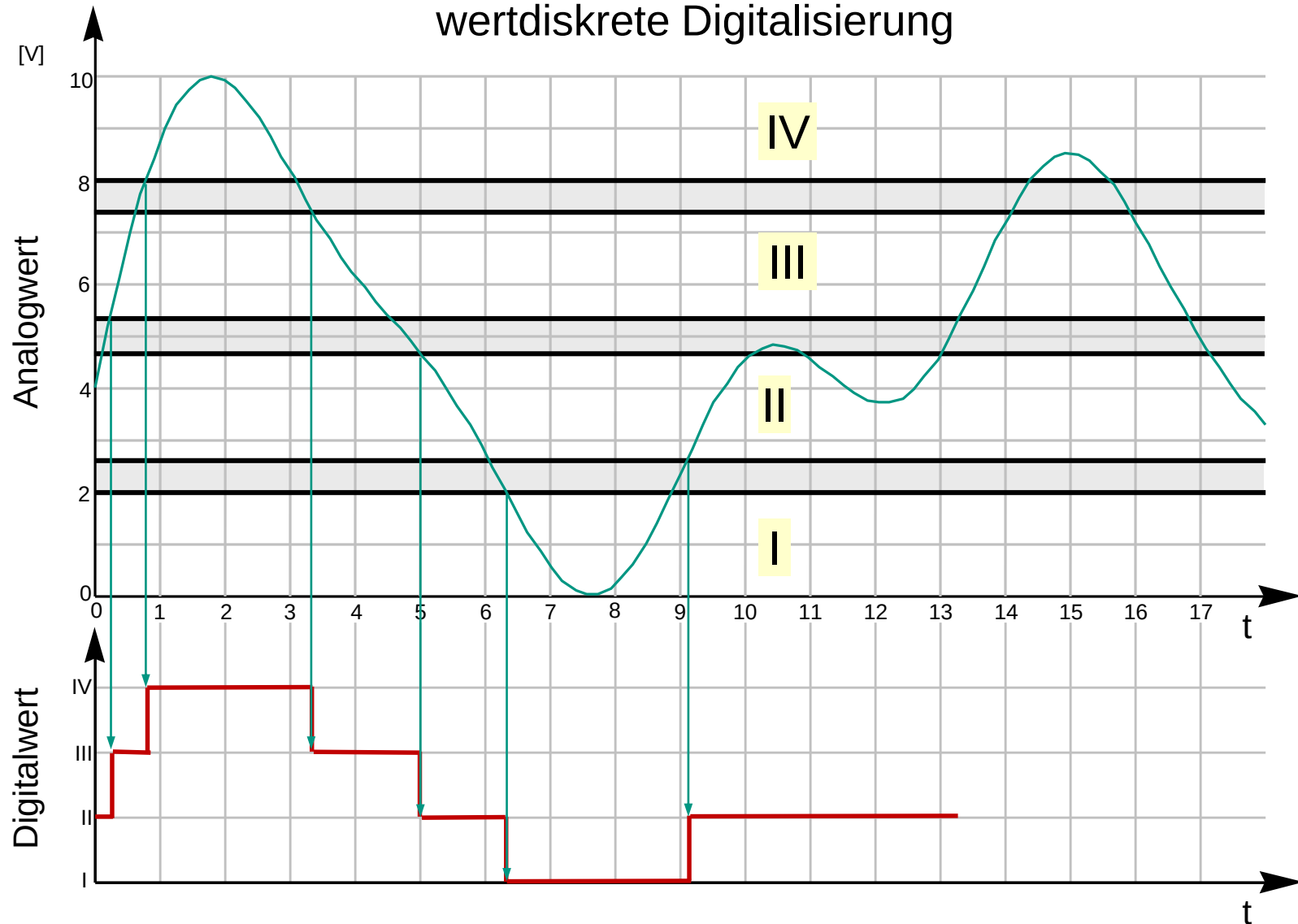
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



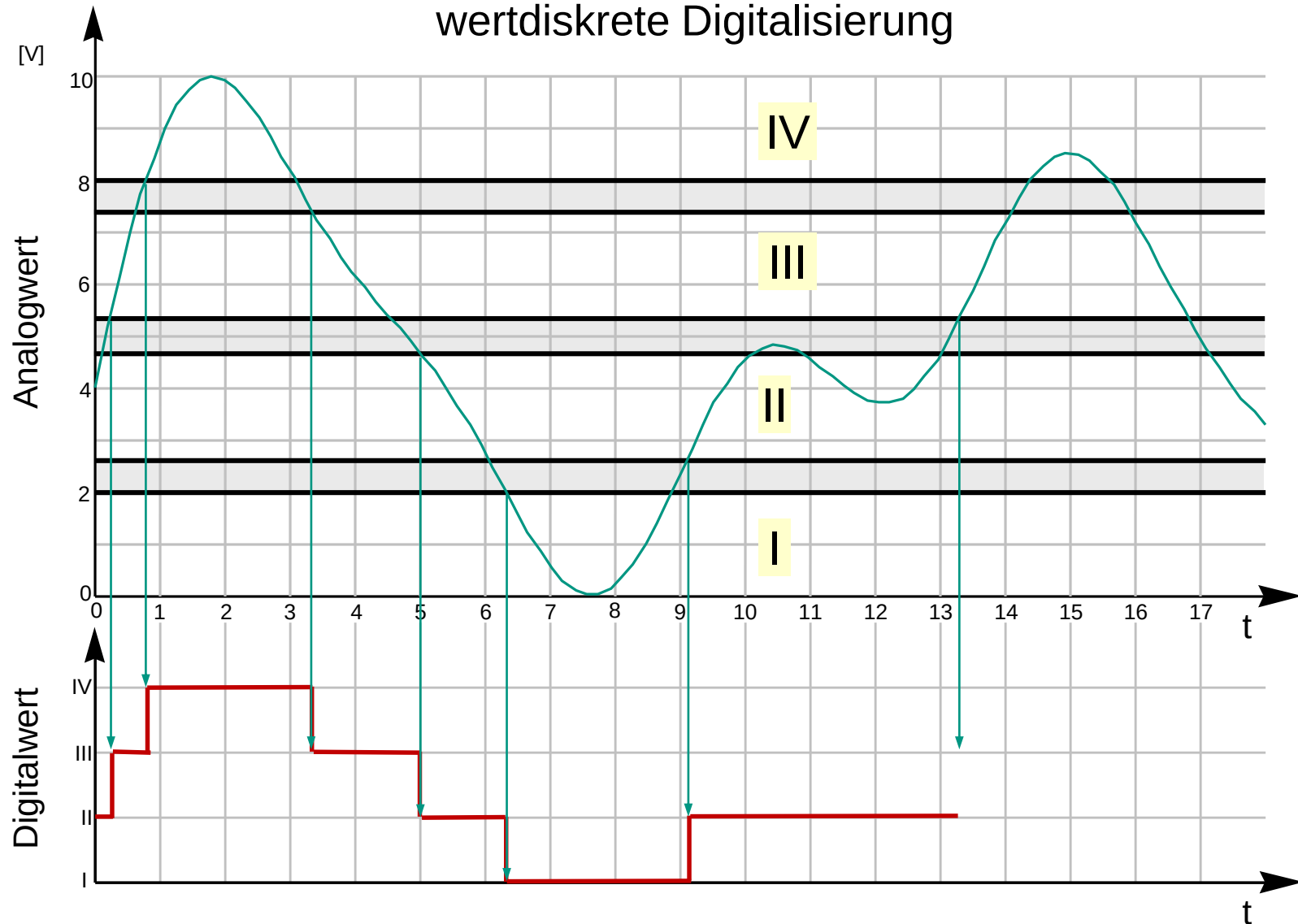
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



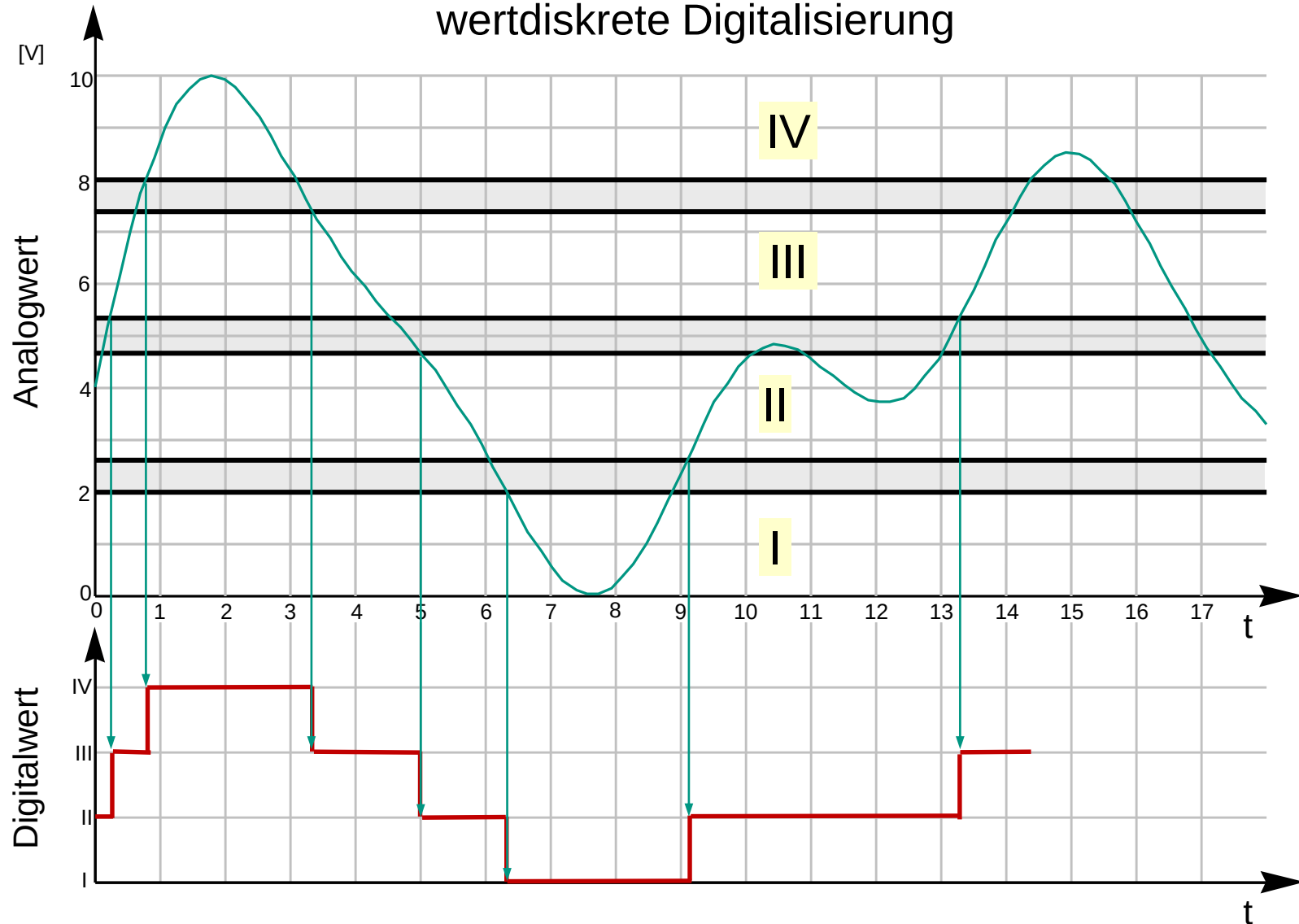
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



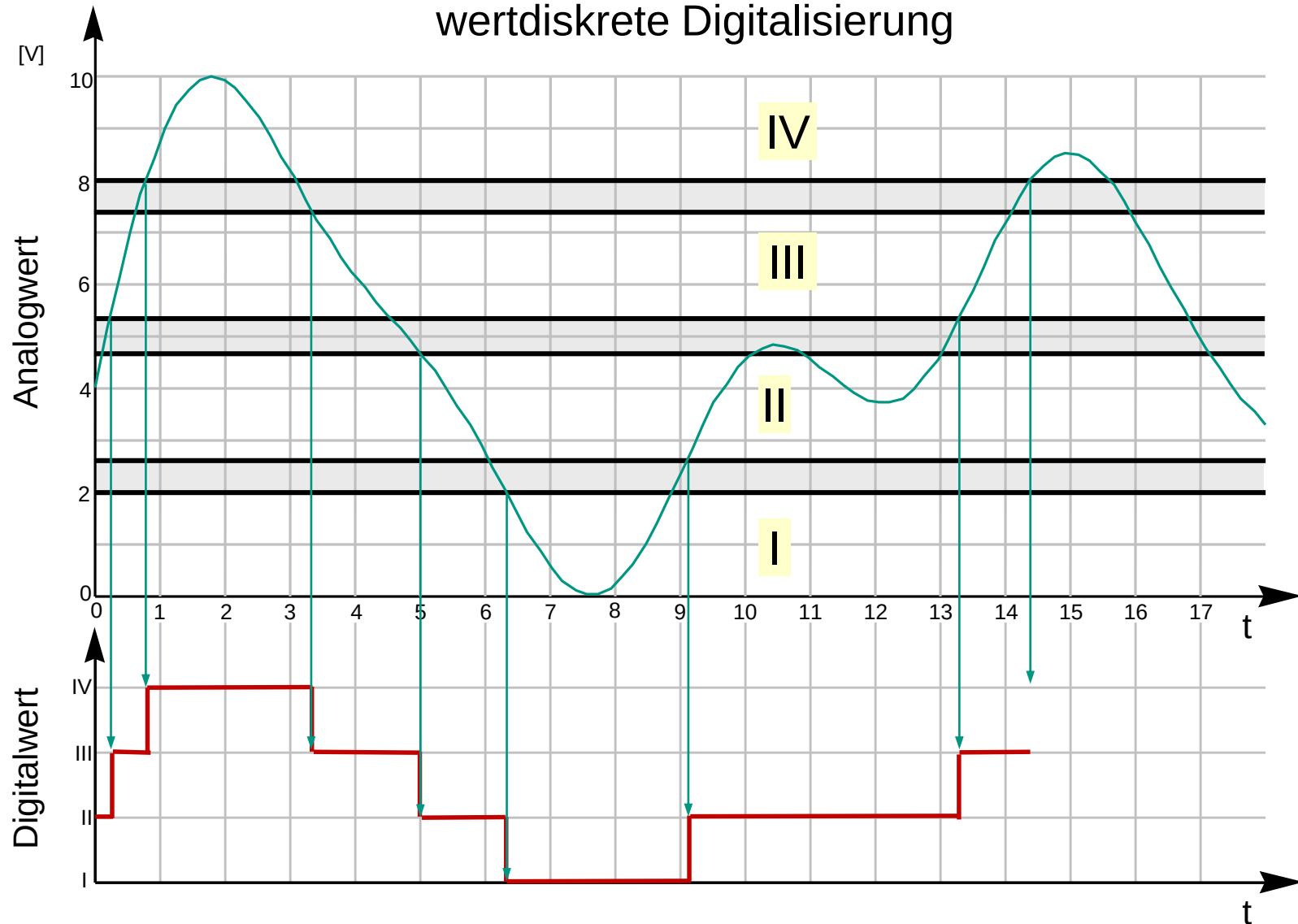
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



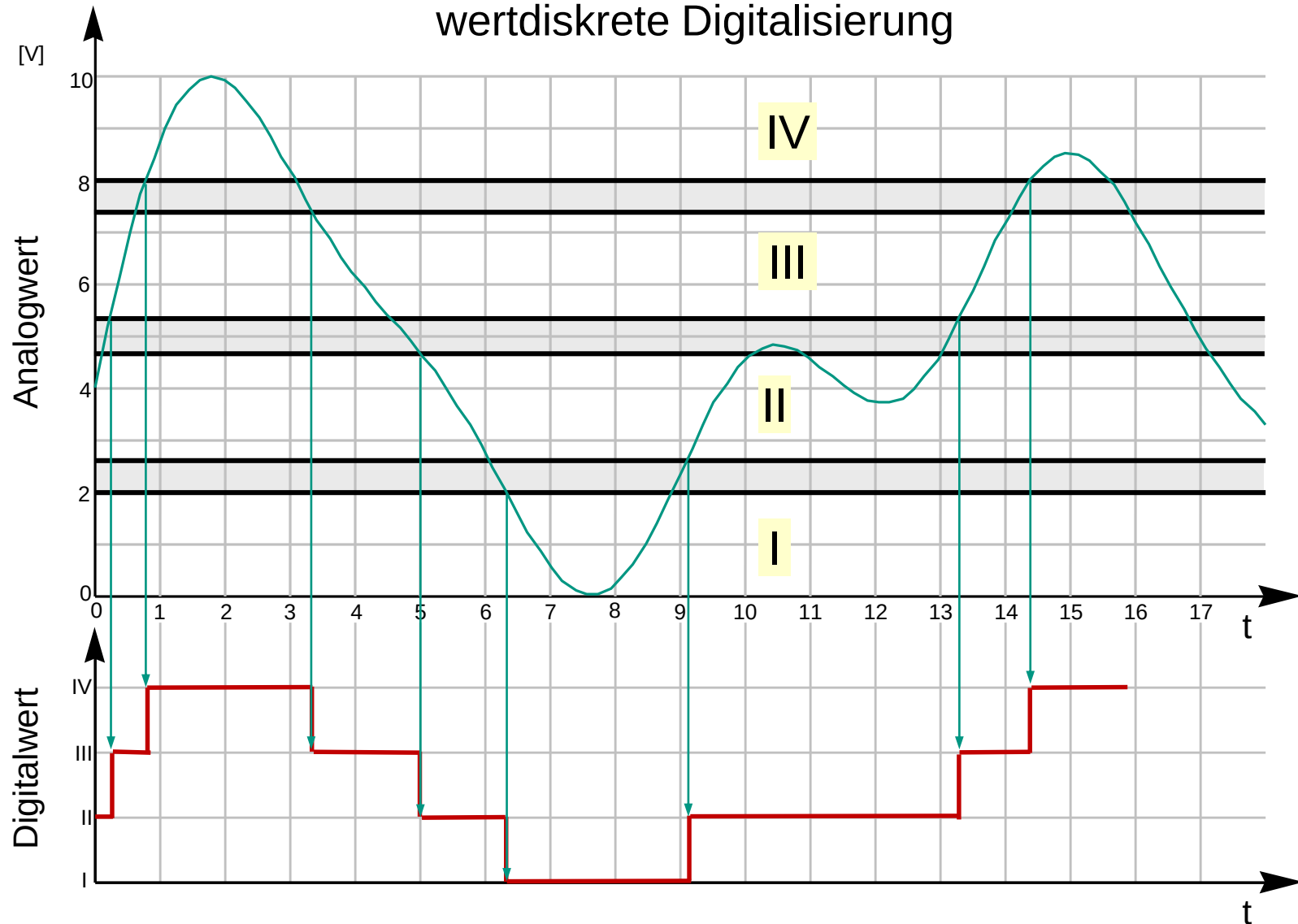
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



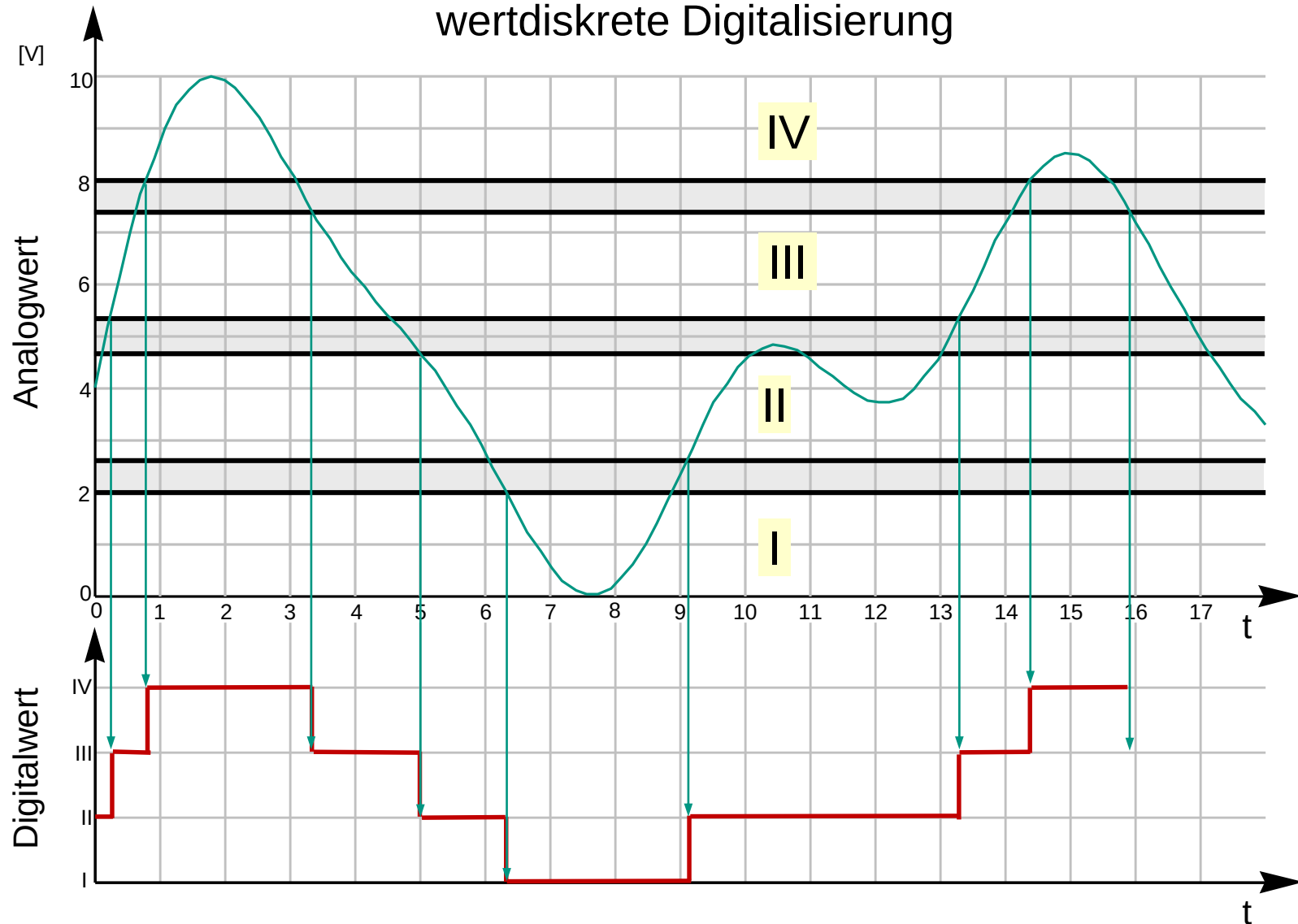
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



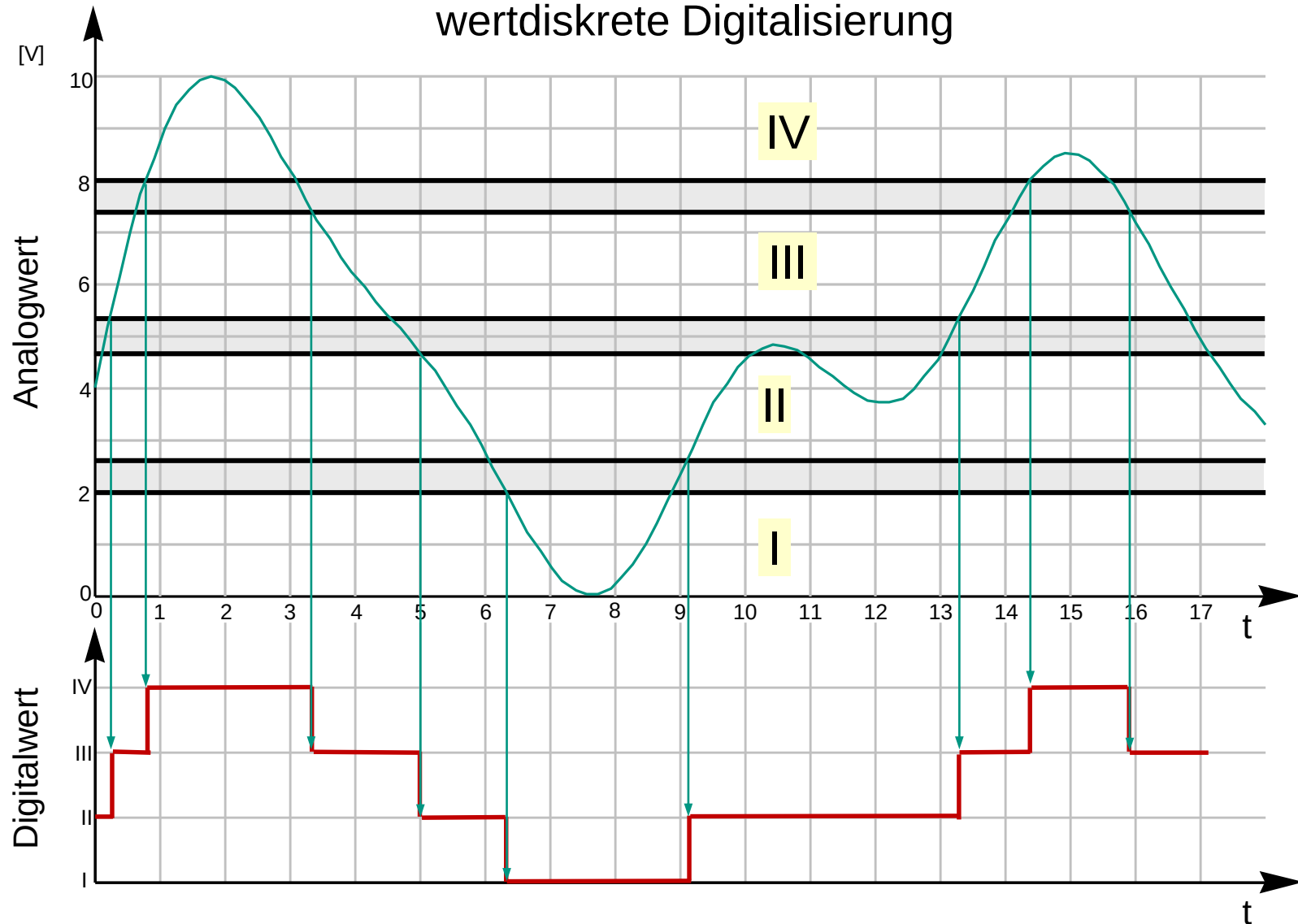
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



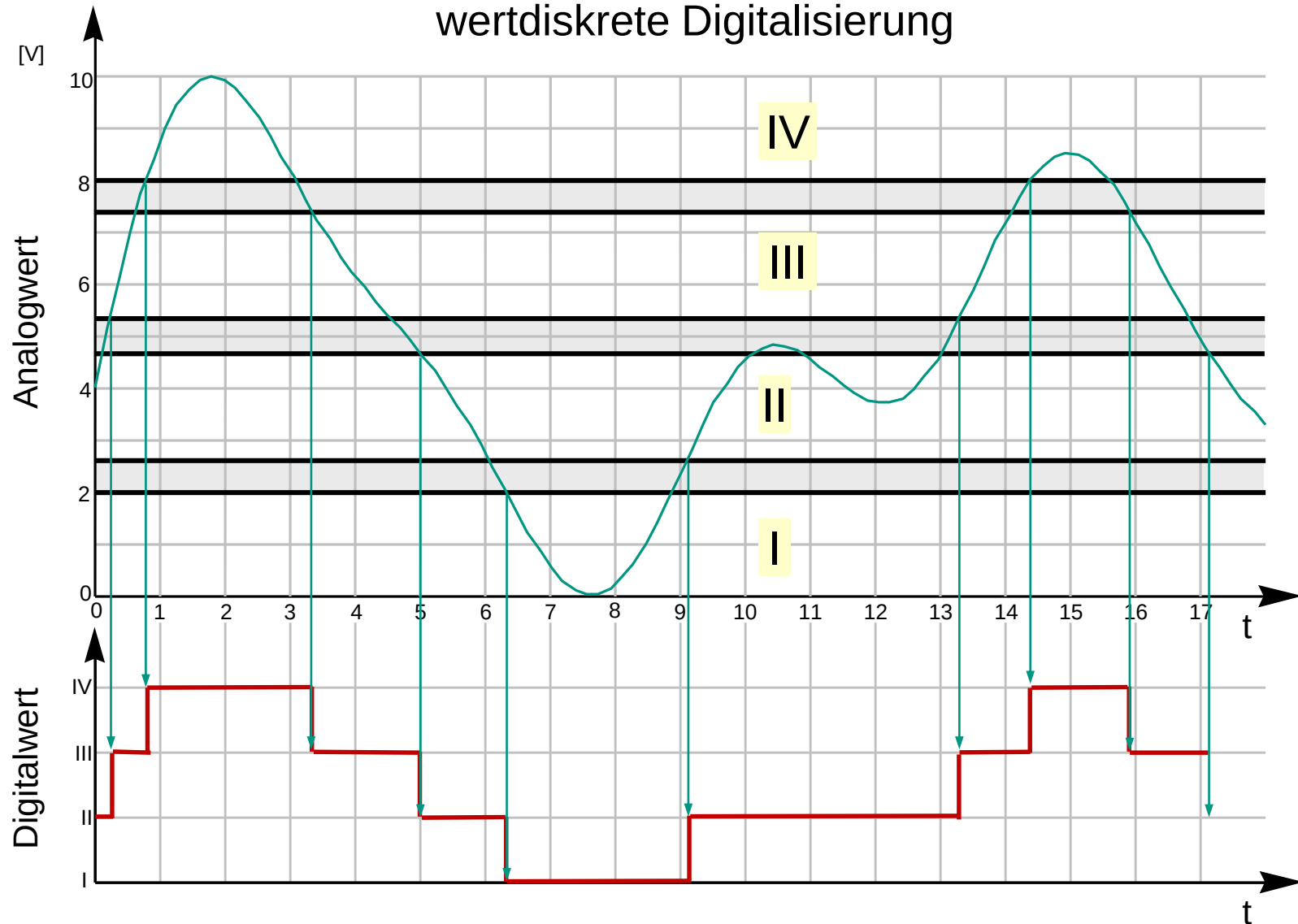
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



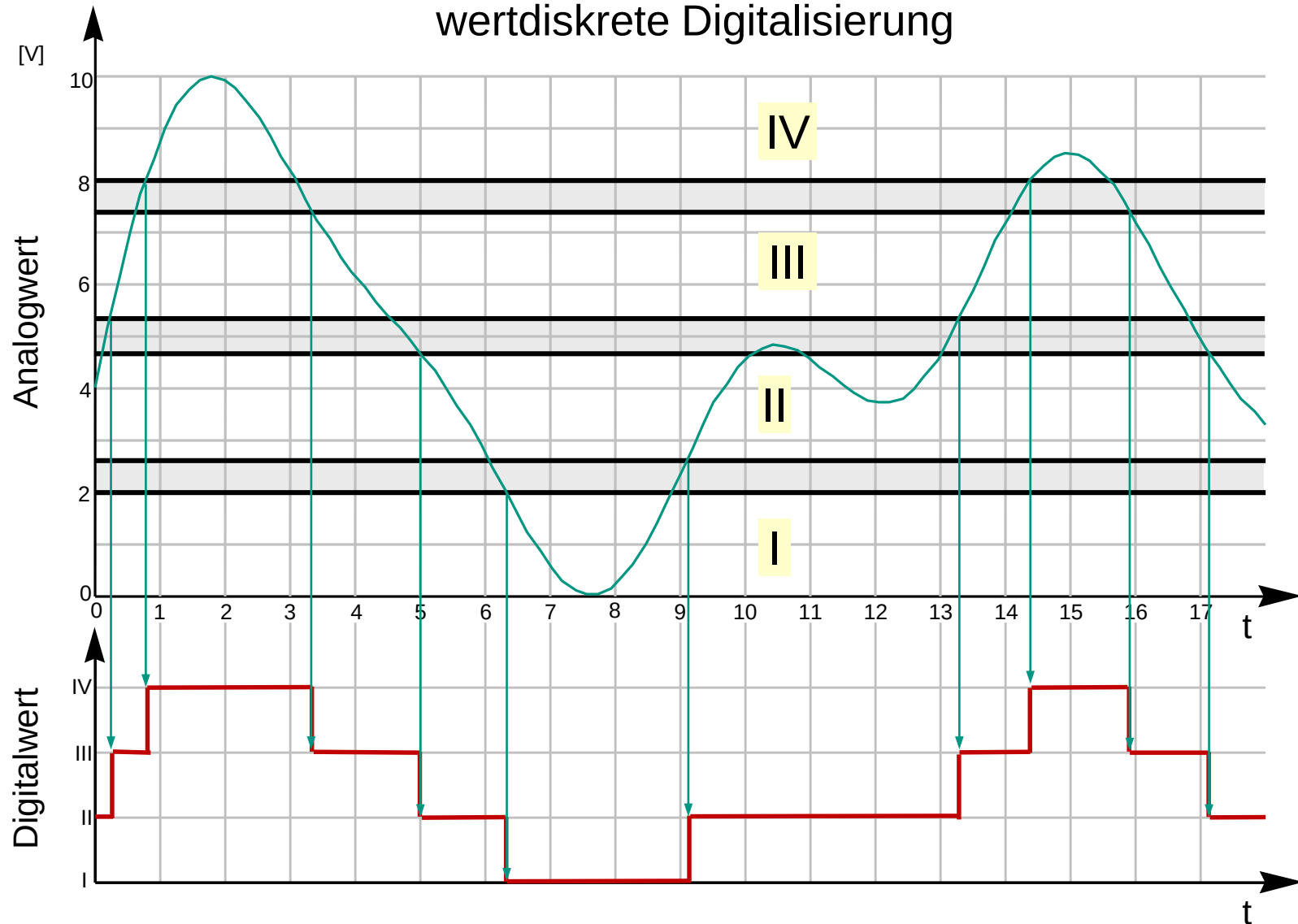
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



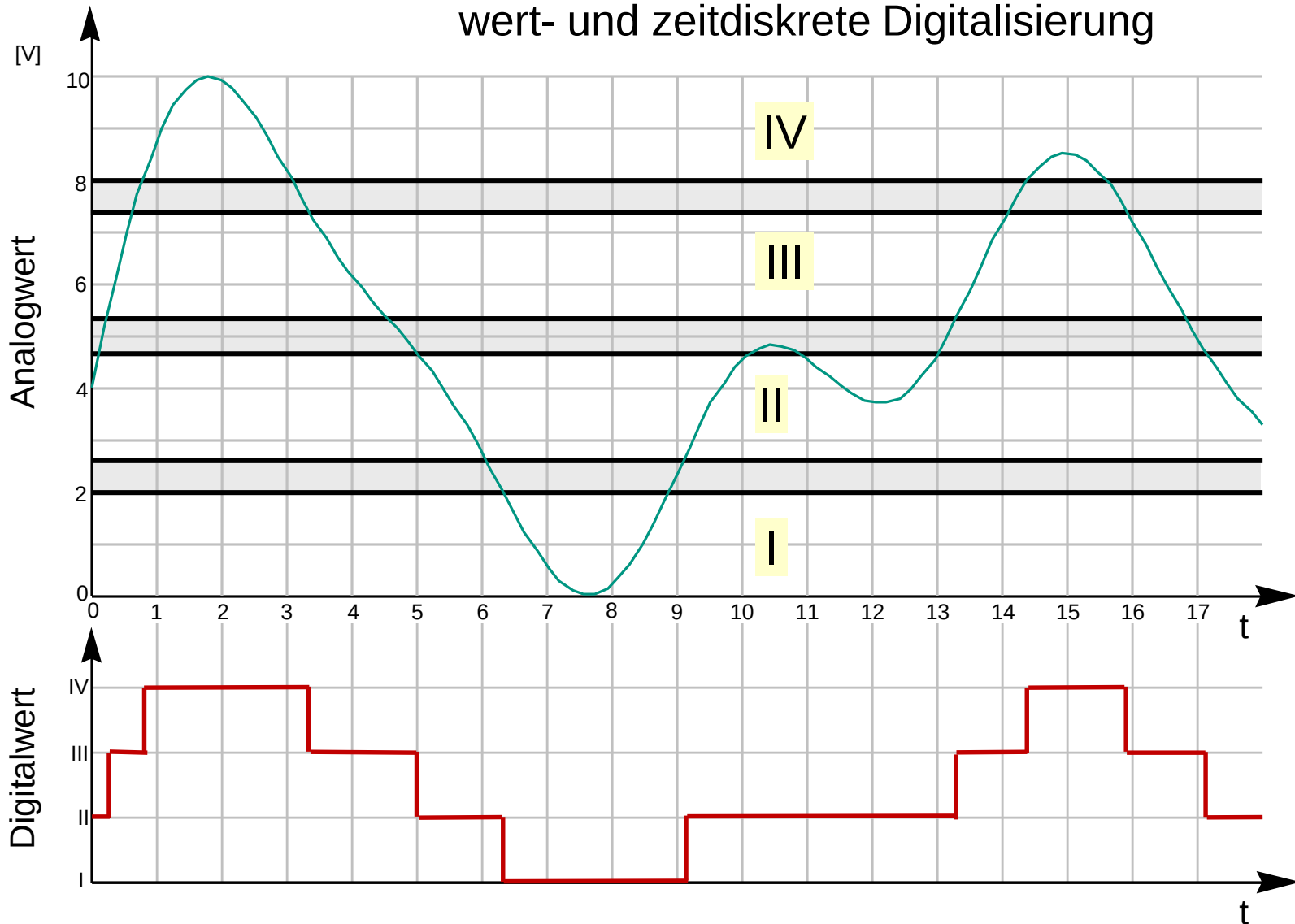
2. Aufgabe

wertdiskrete Digitalisierung



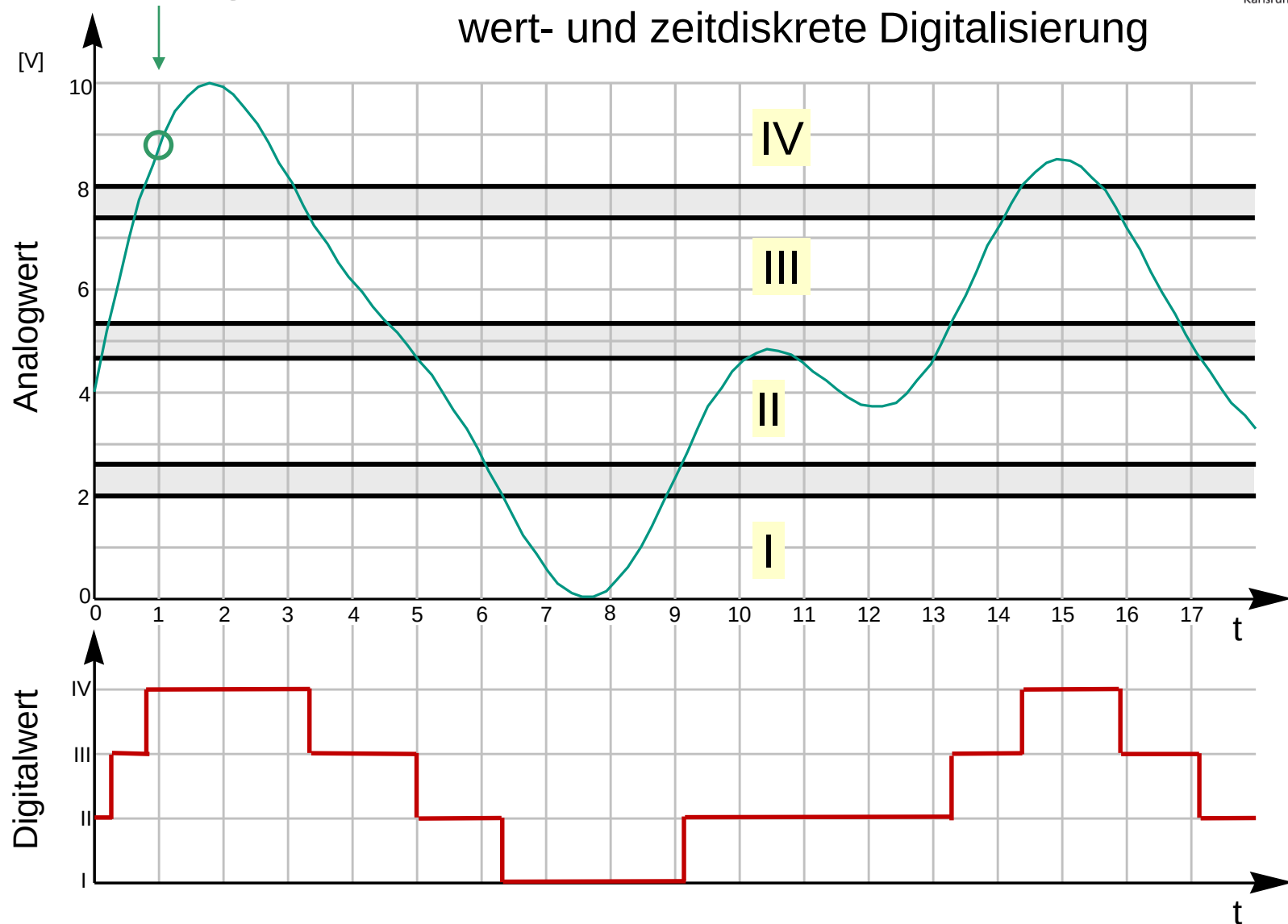
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



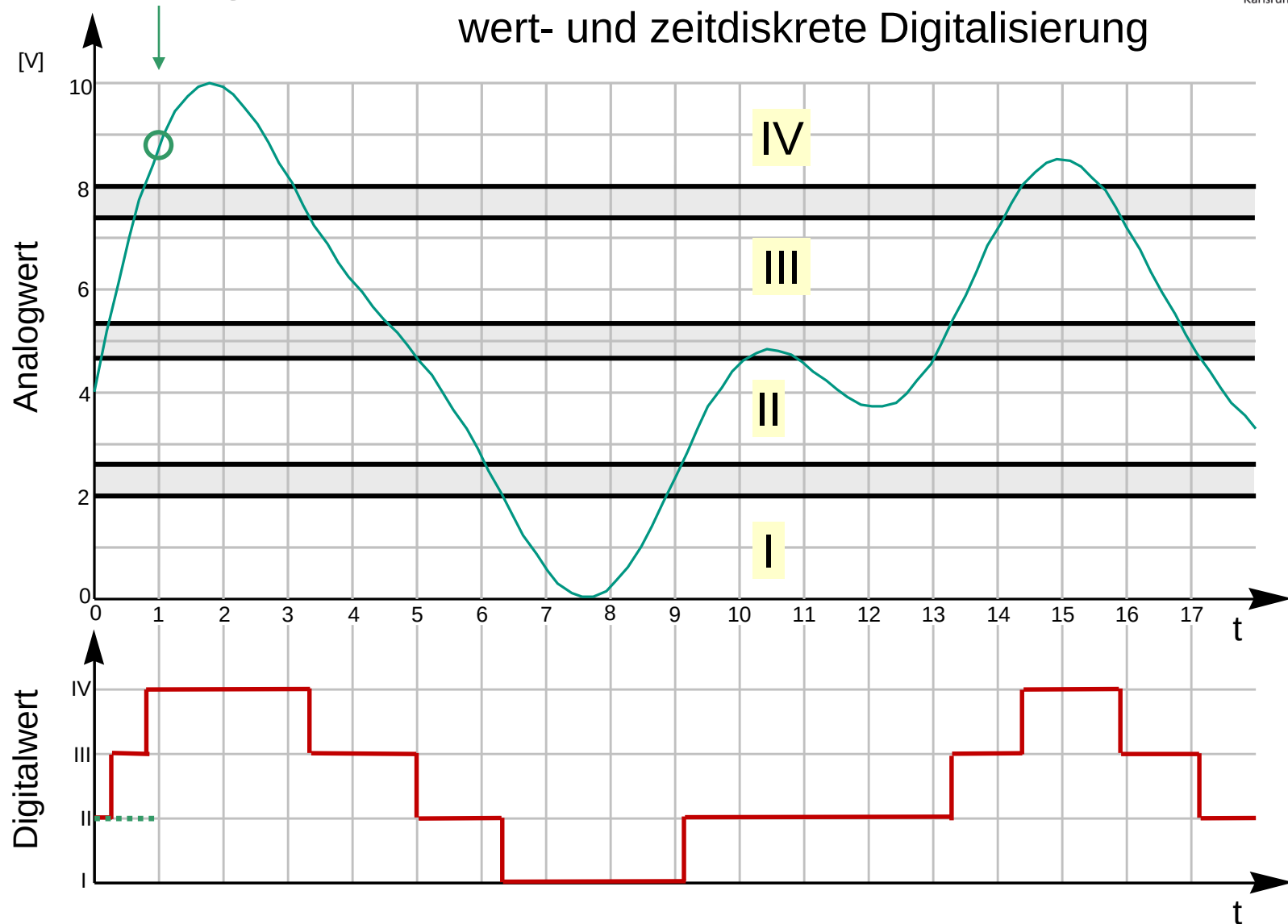
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



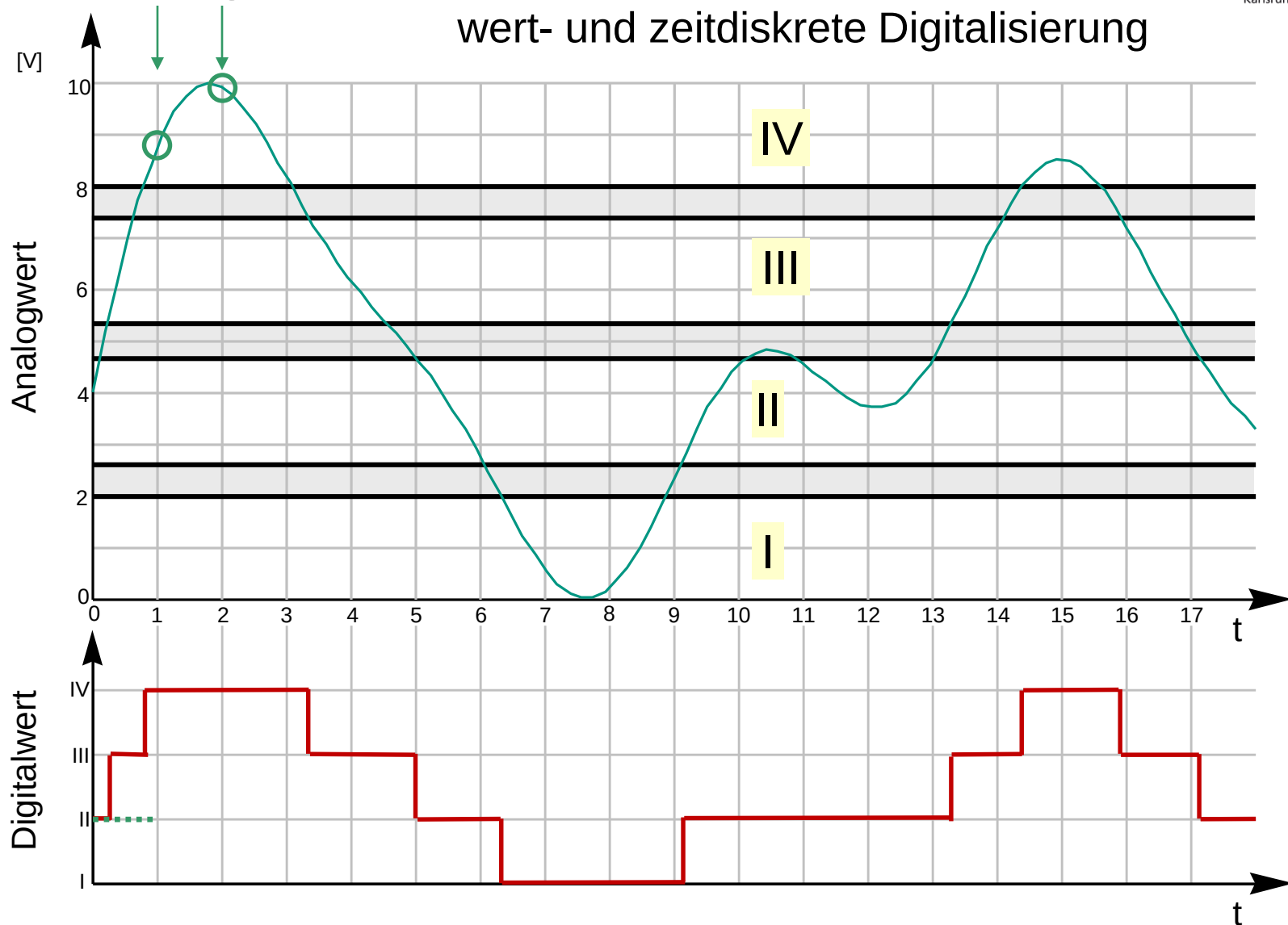
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



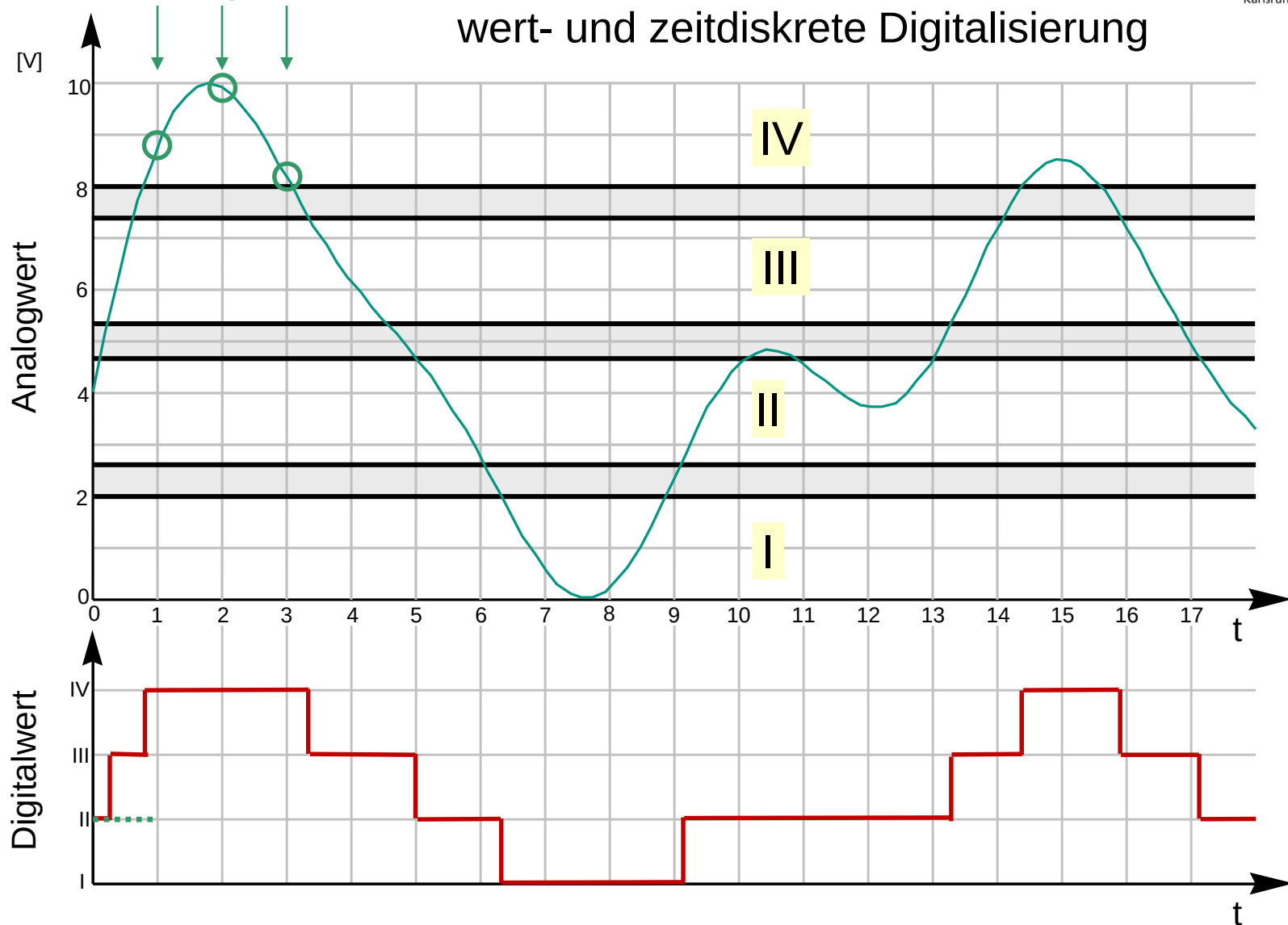
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



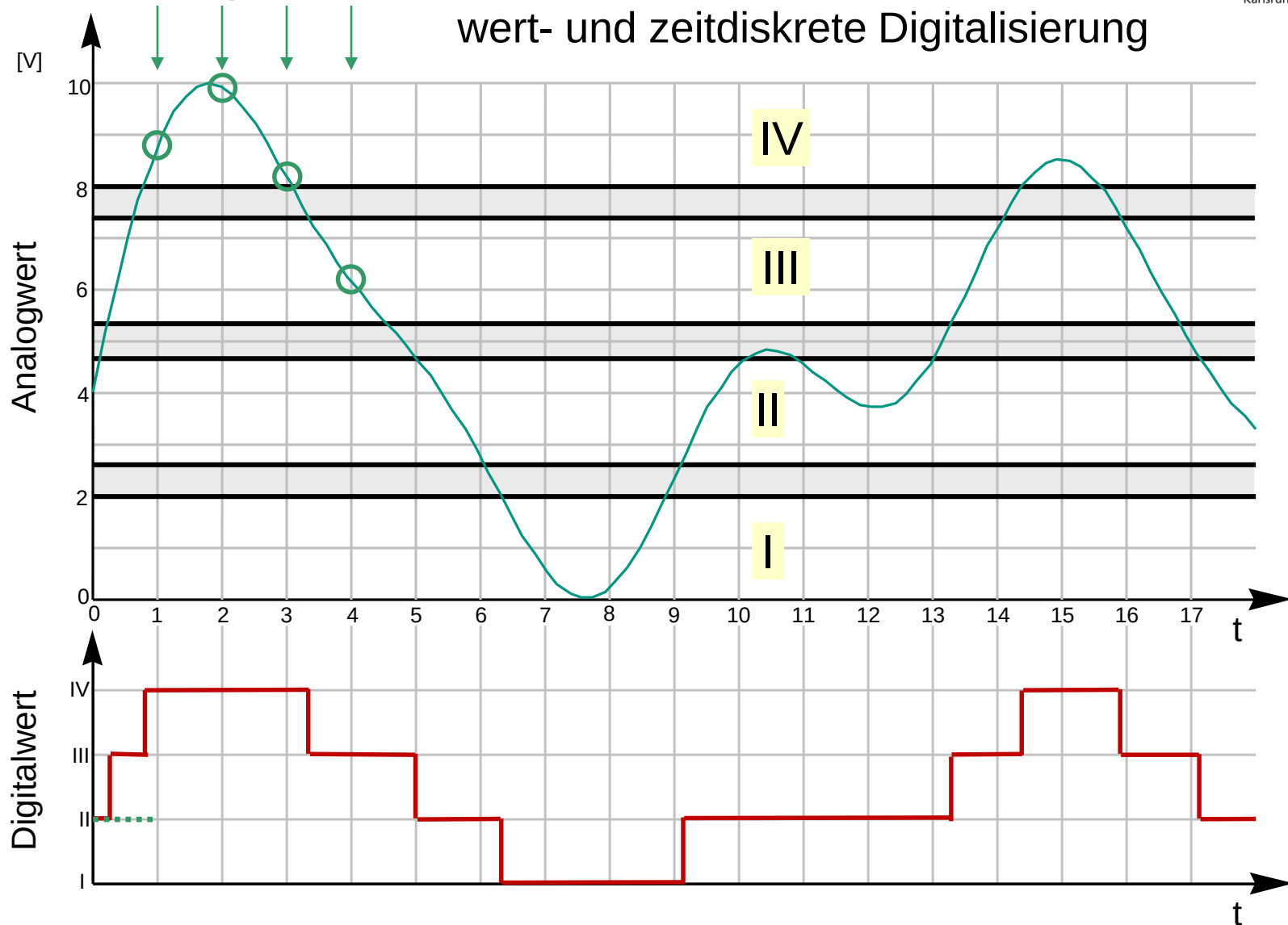
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



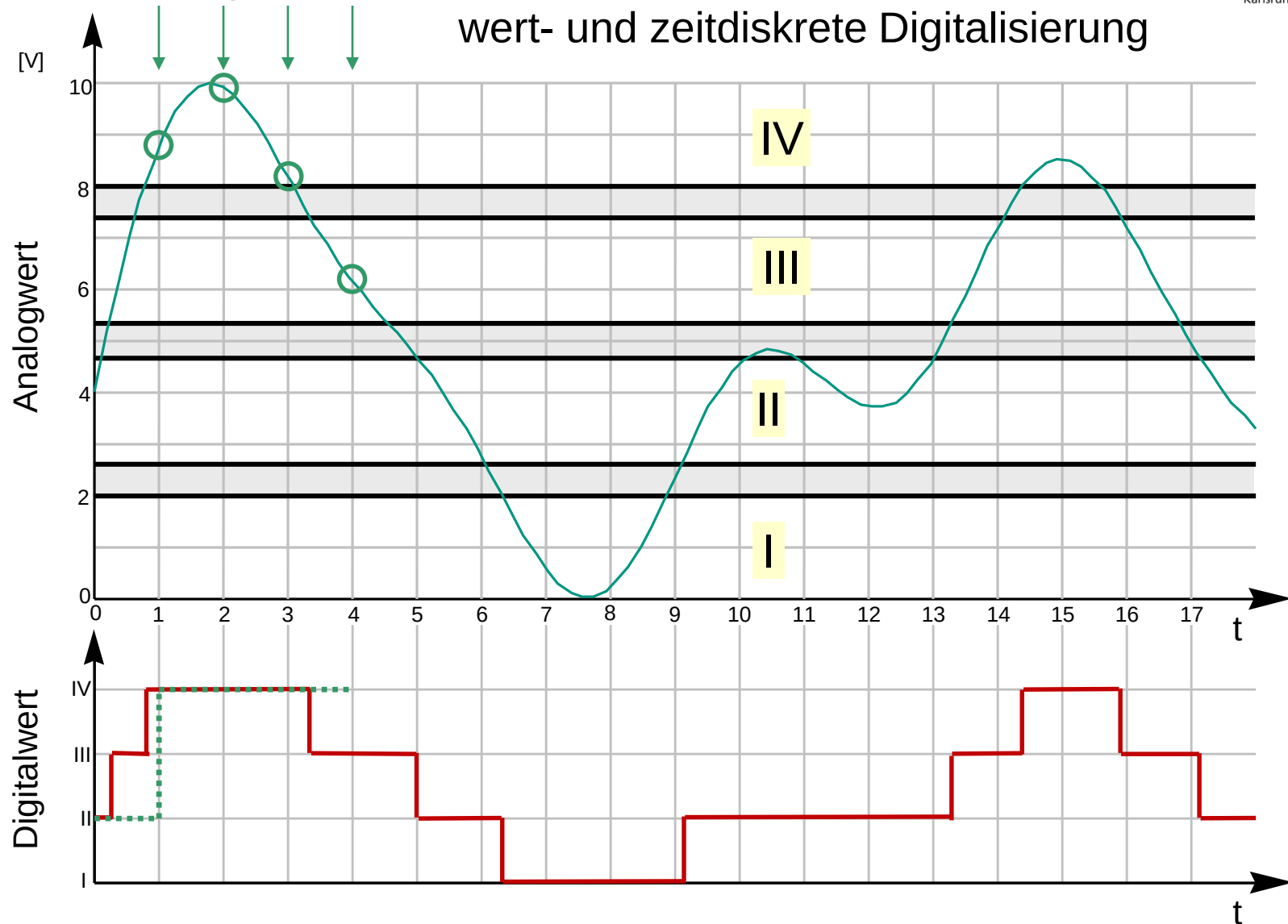
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



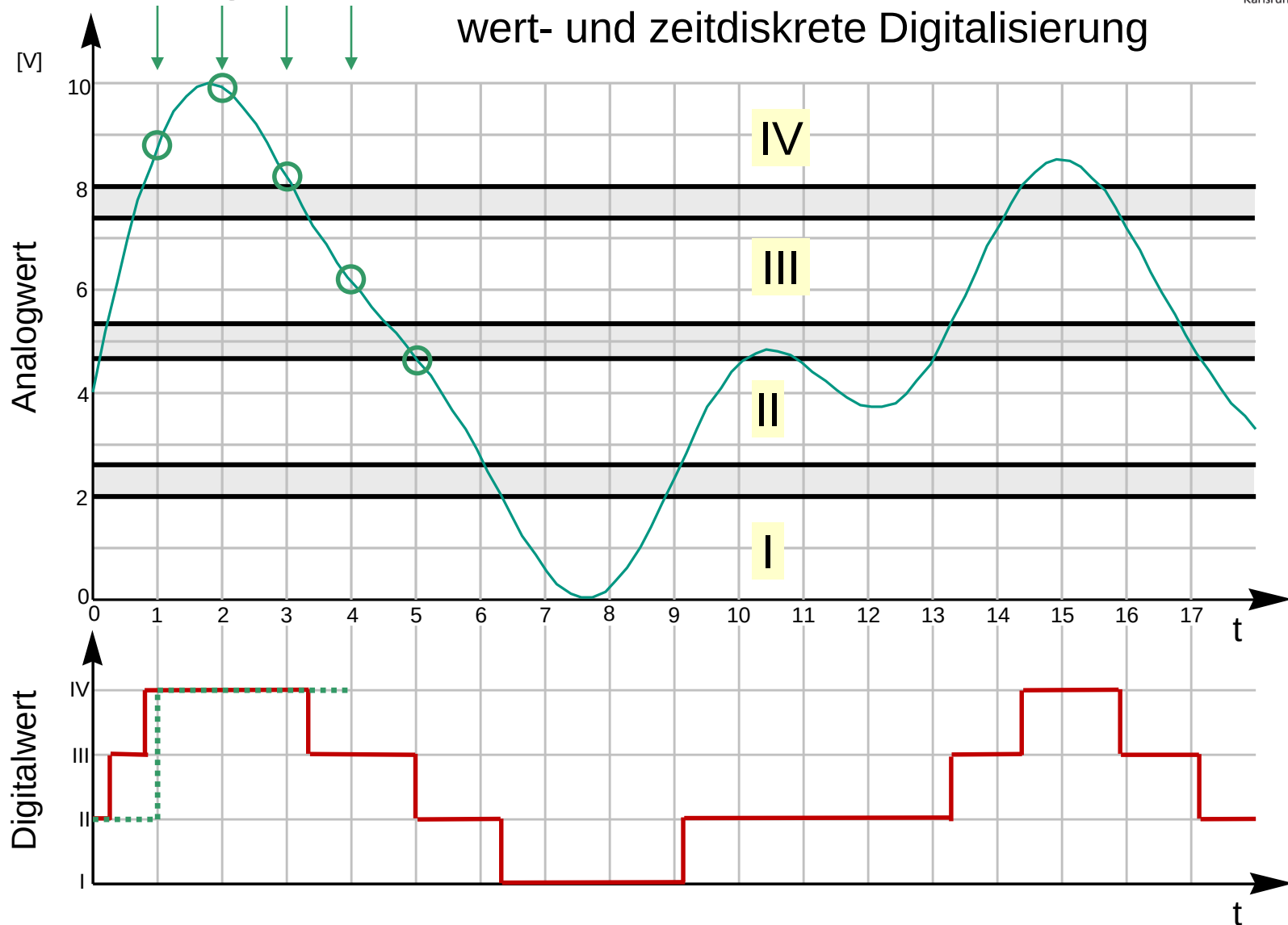
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



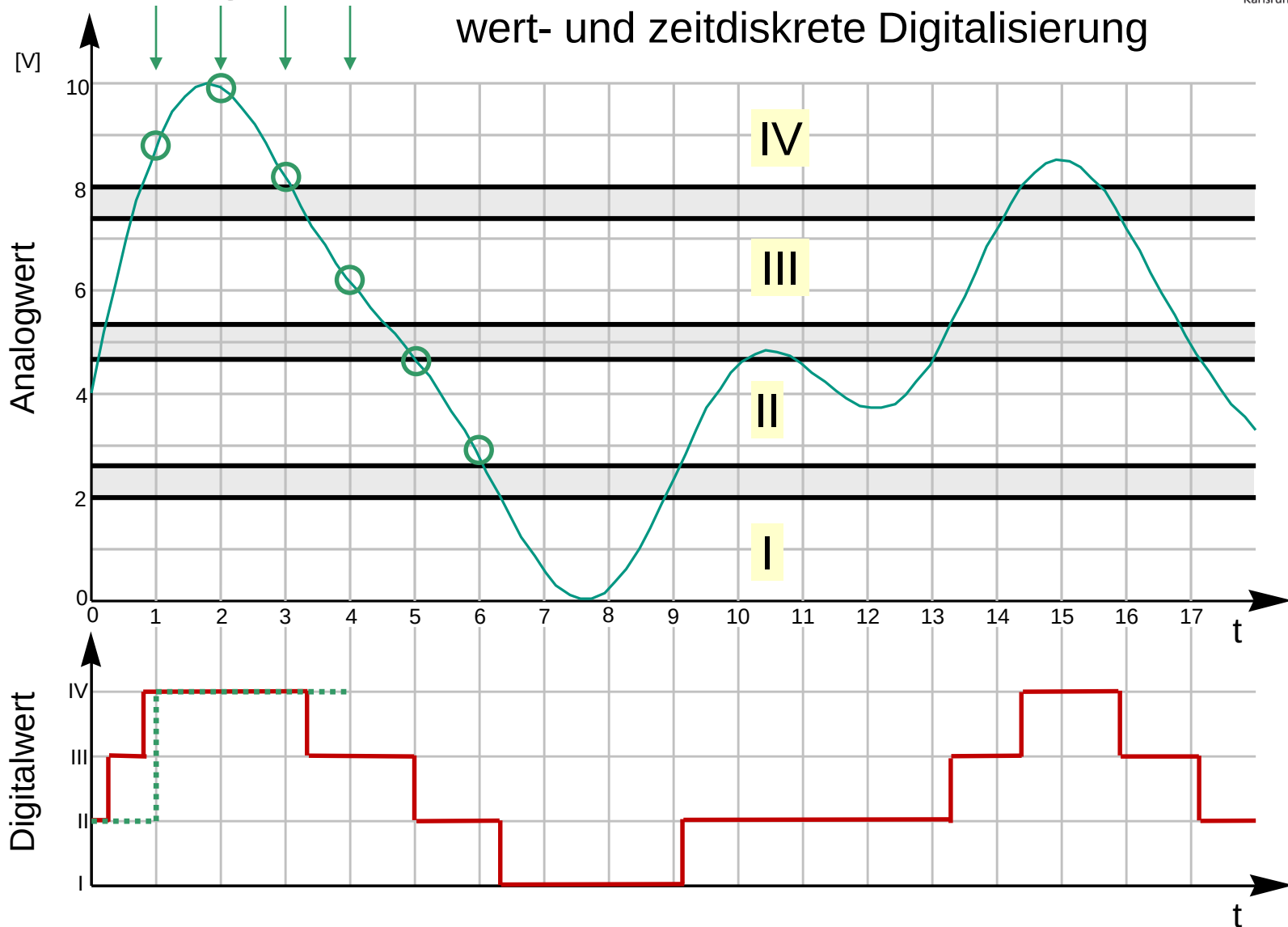
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



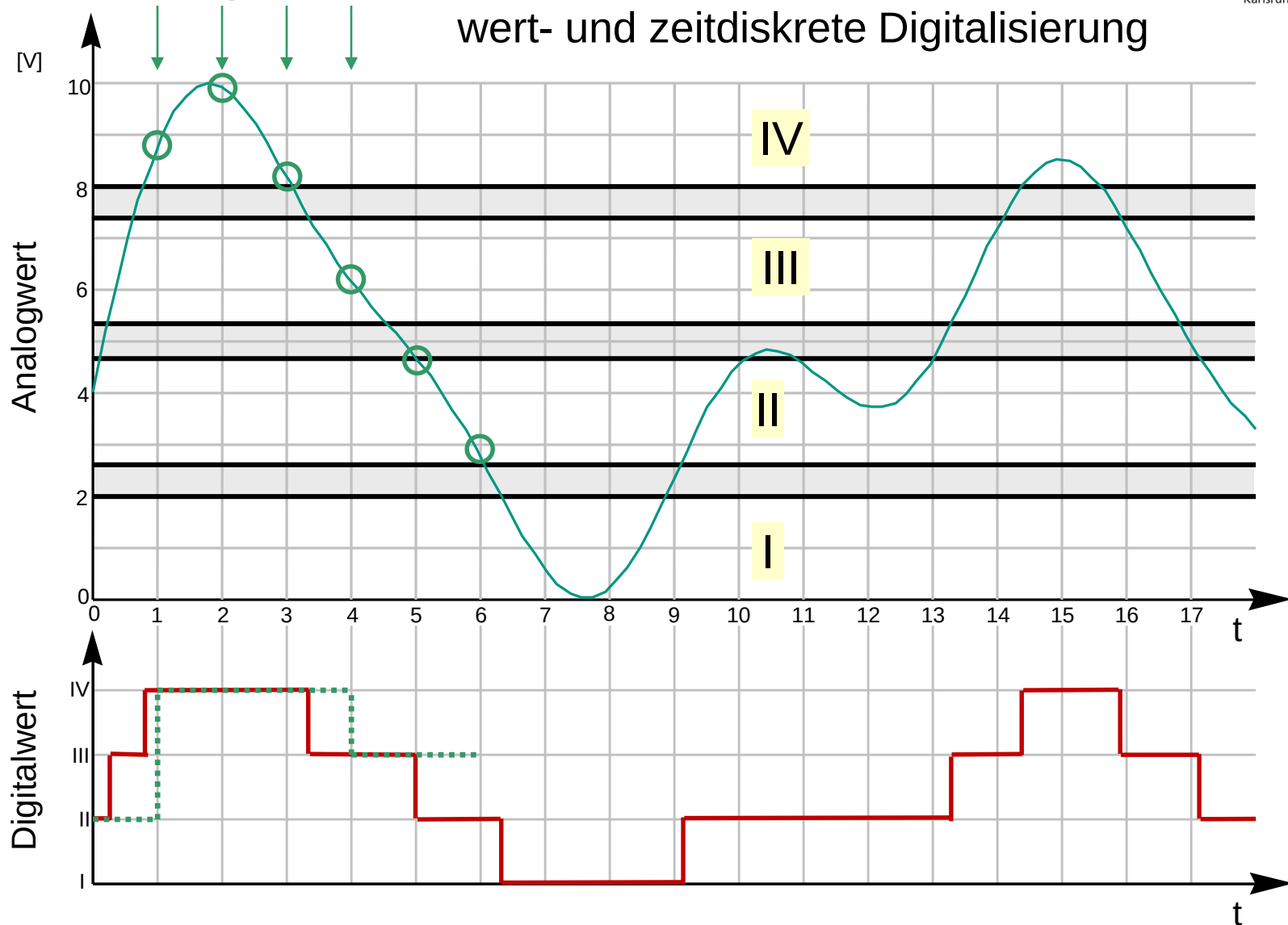
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



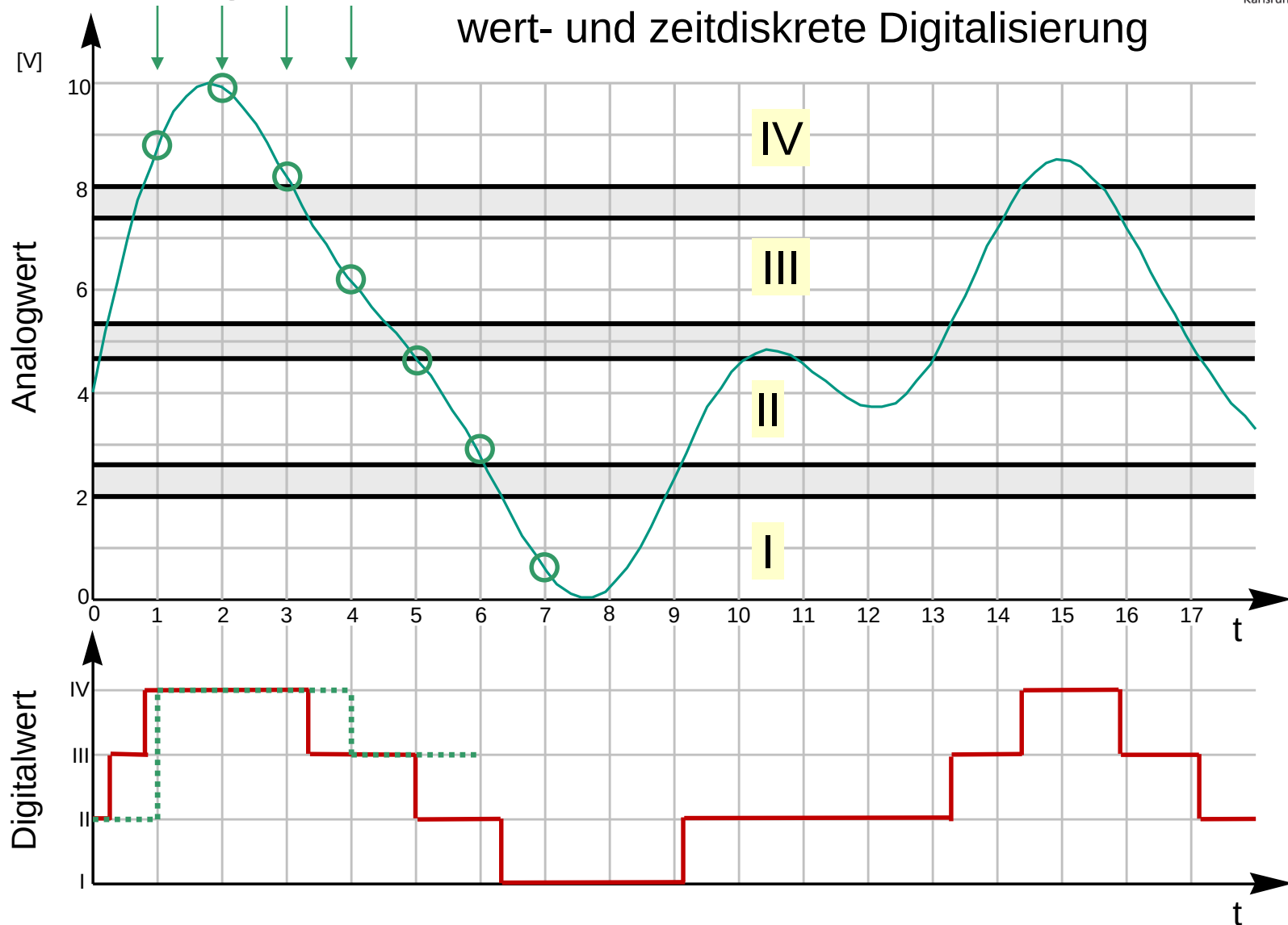
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



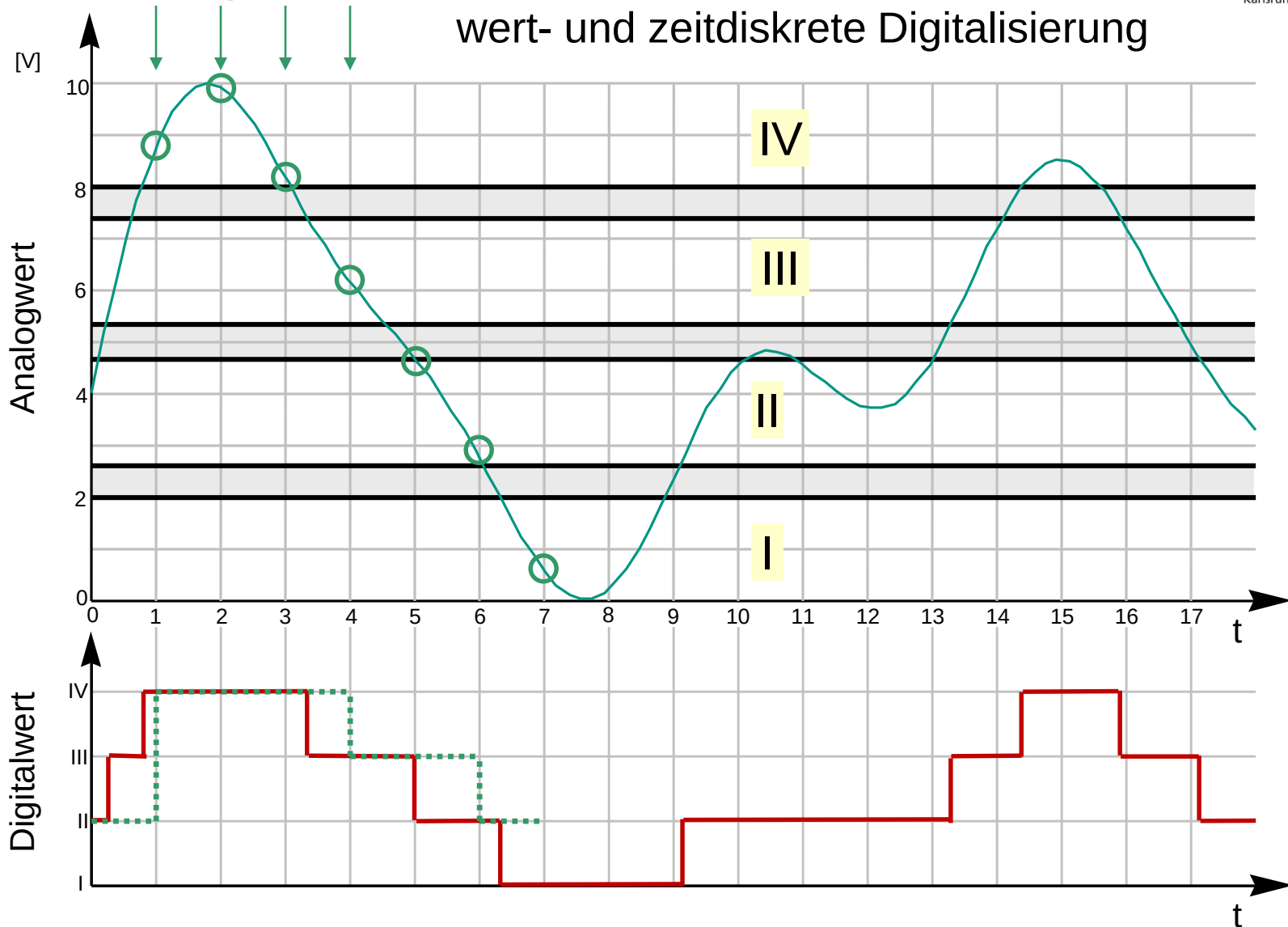
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



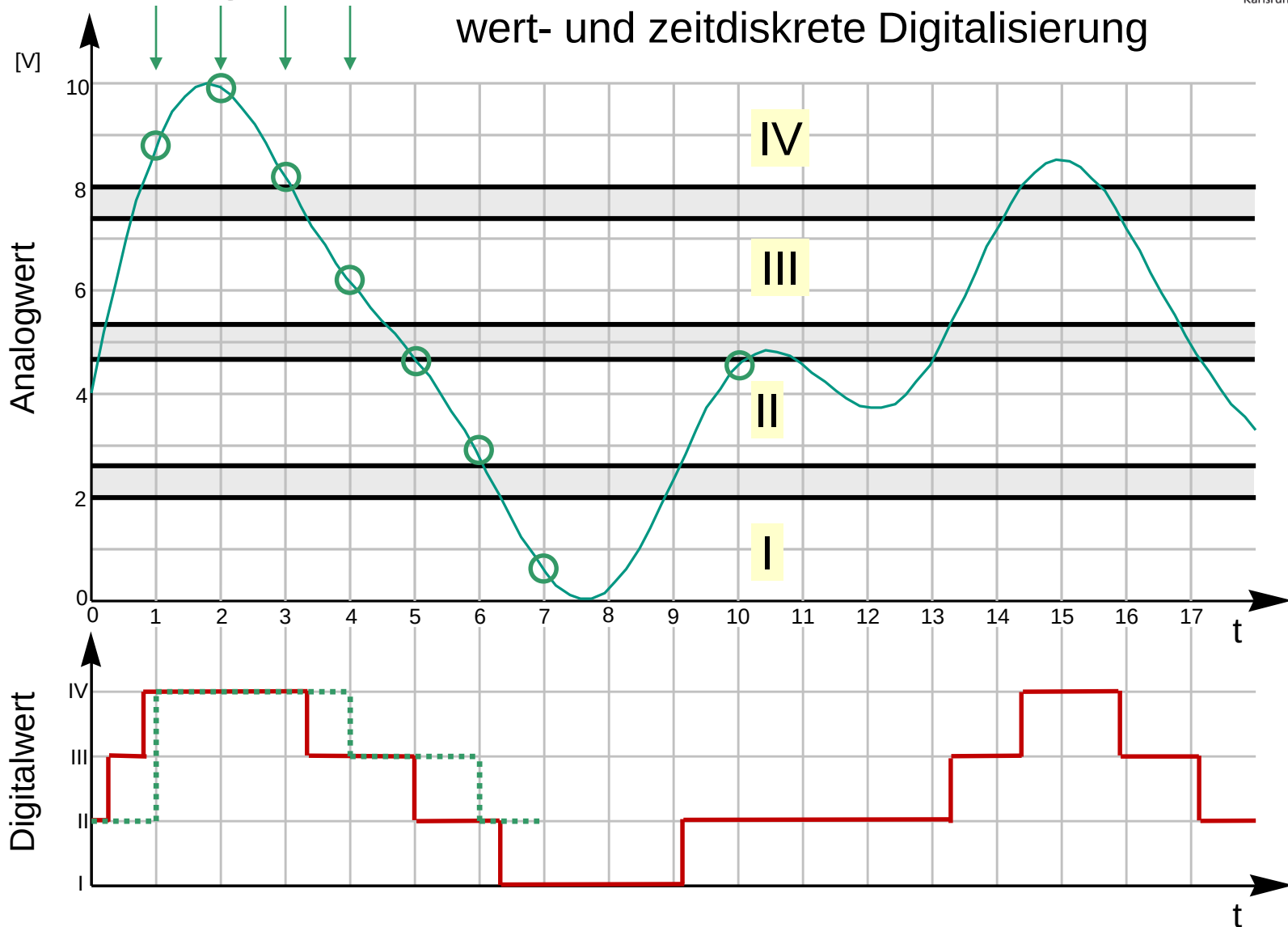
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



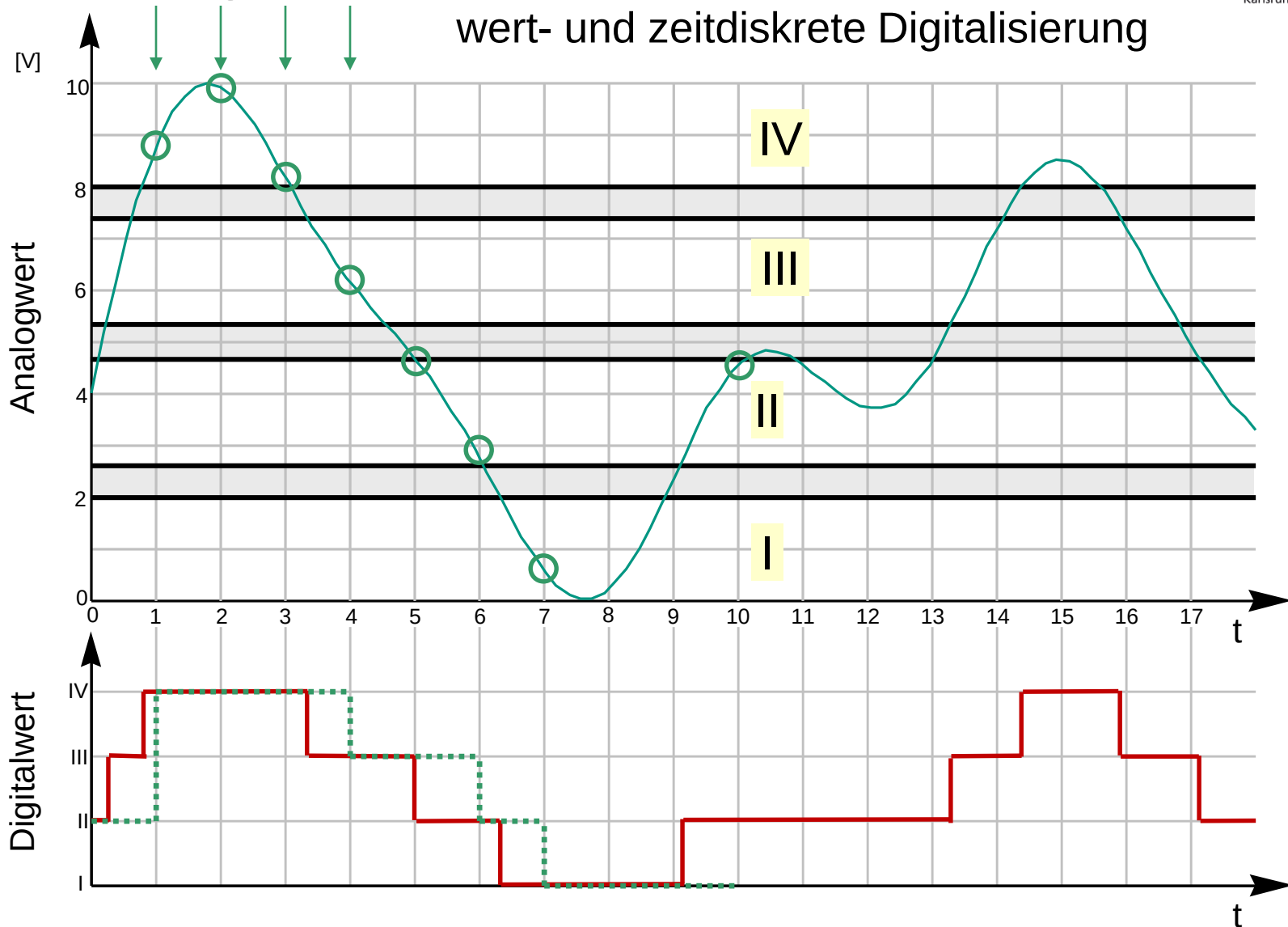
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



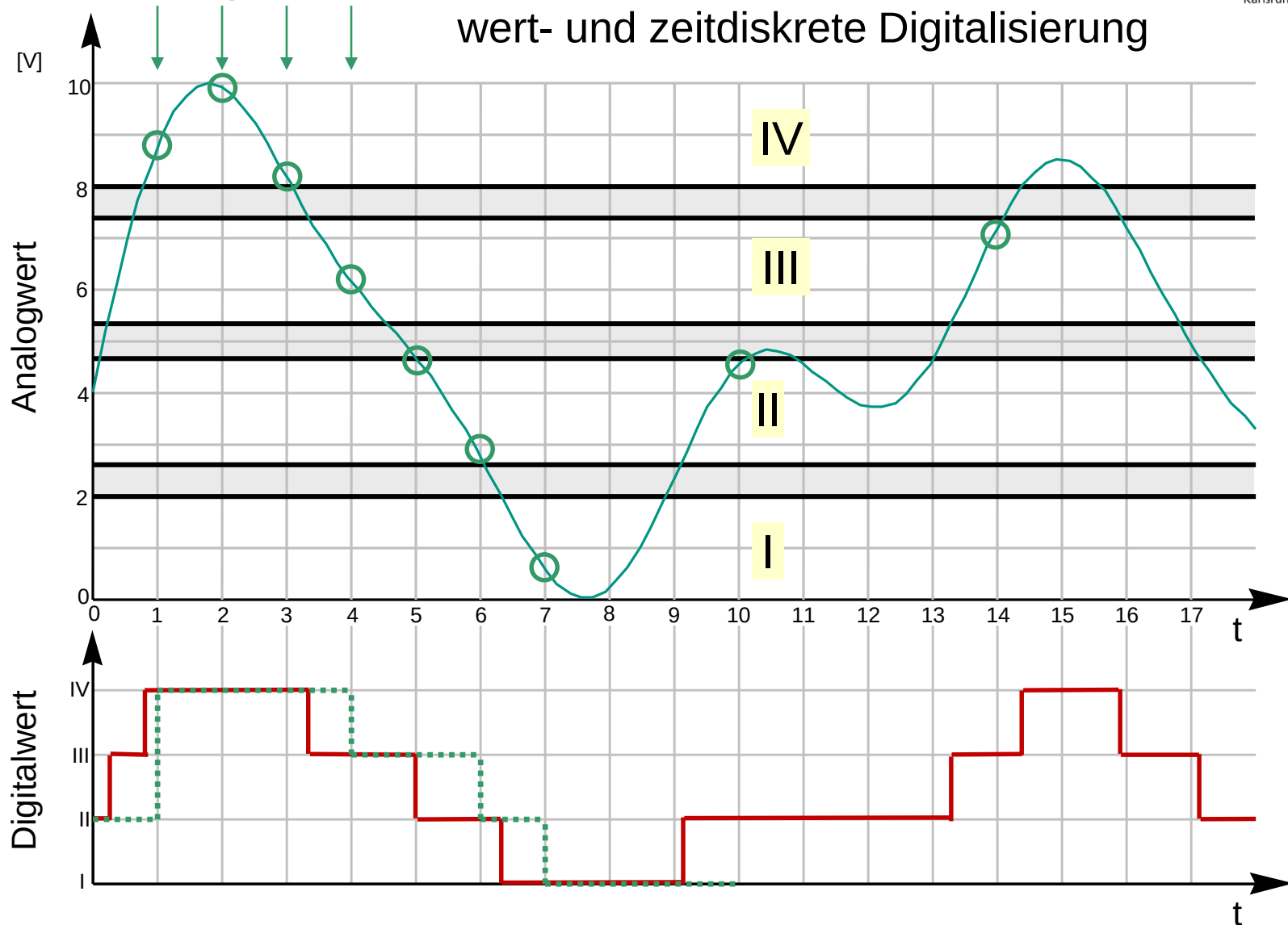
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



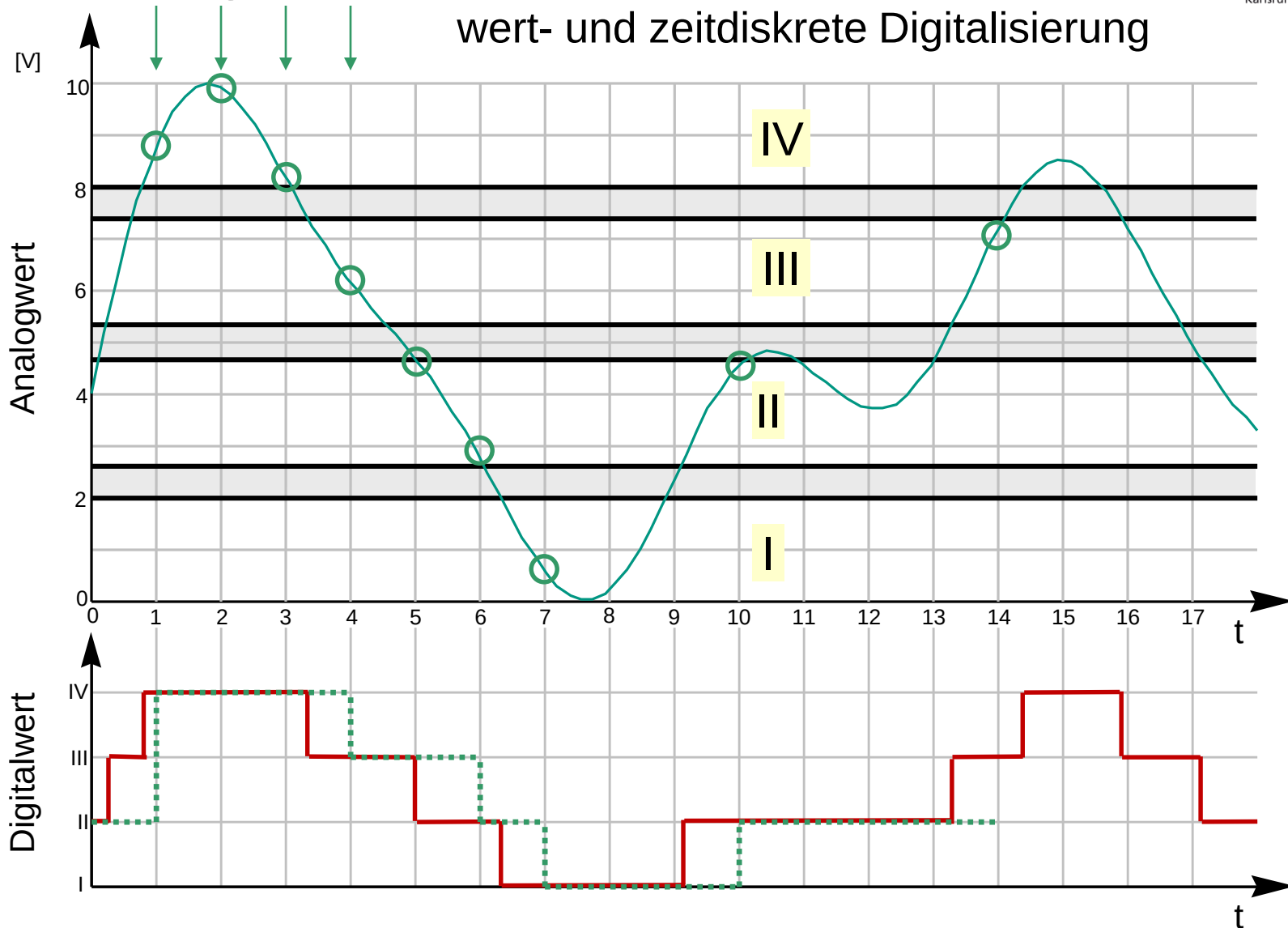
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



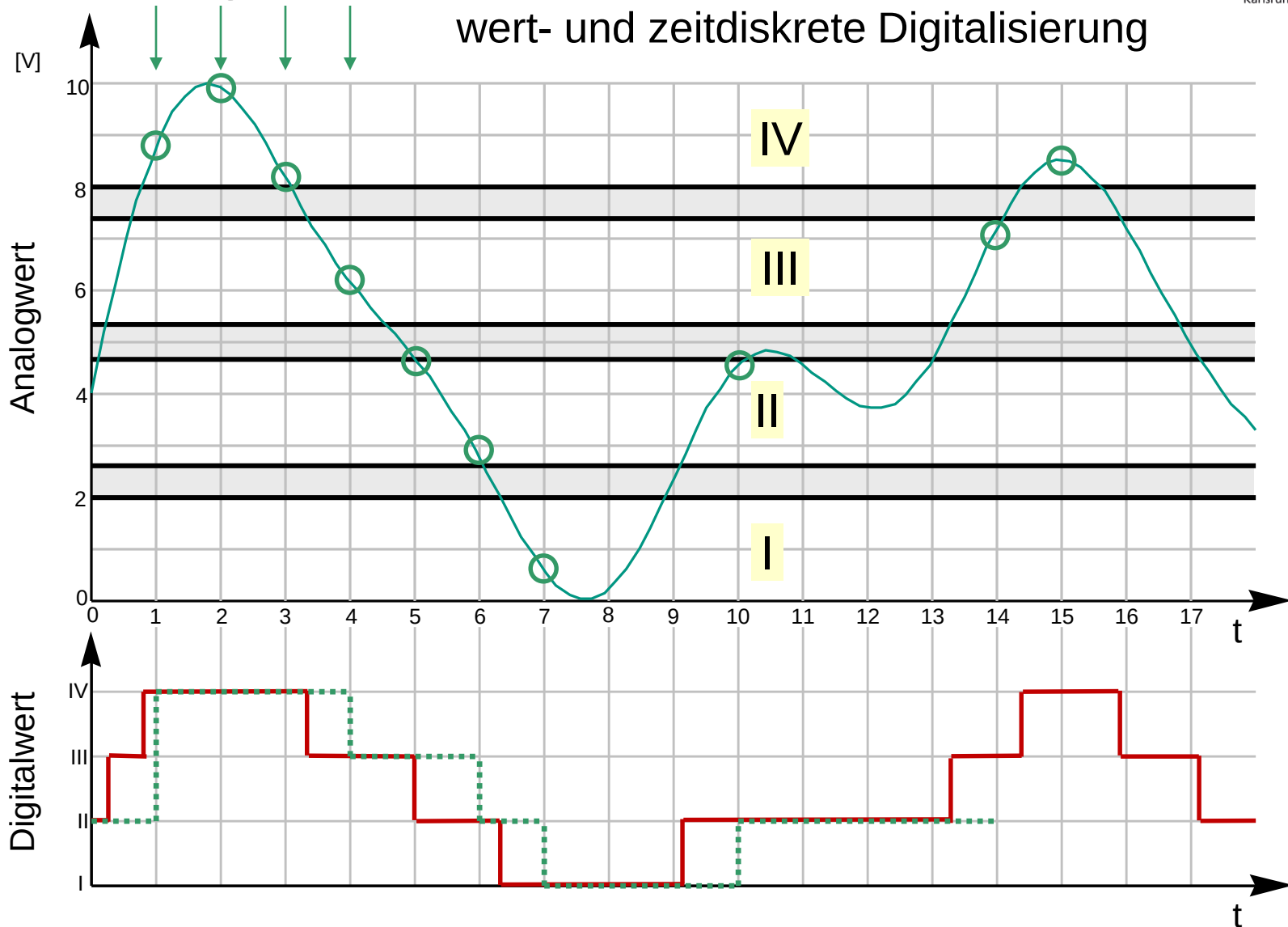
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



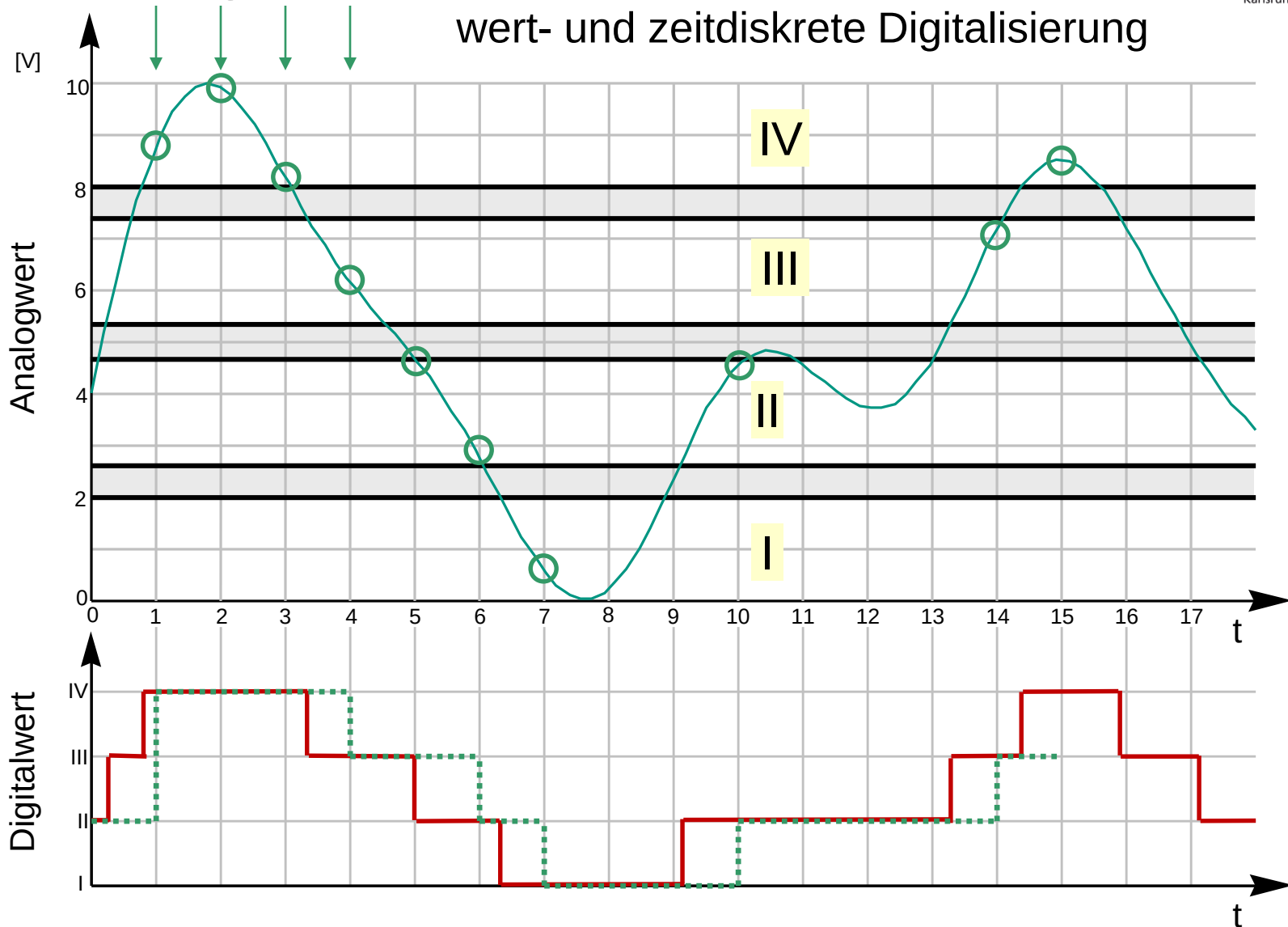
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



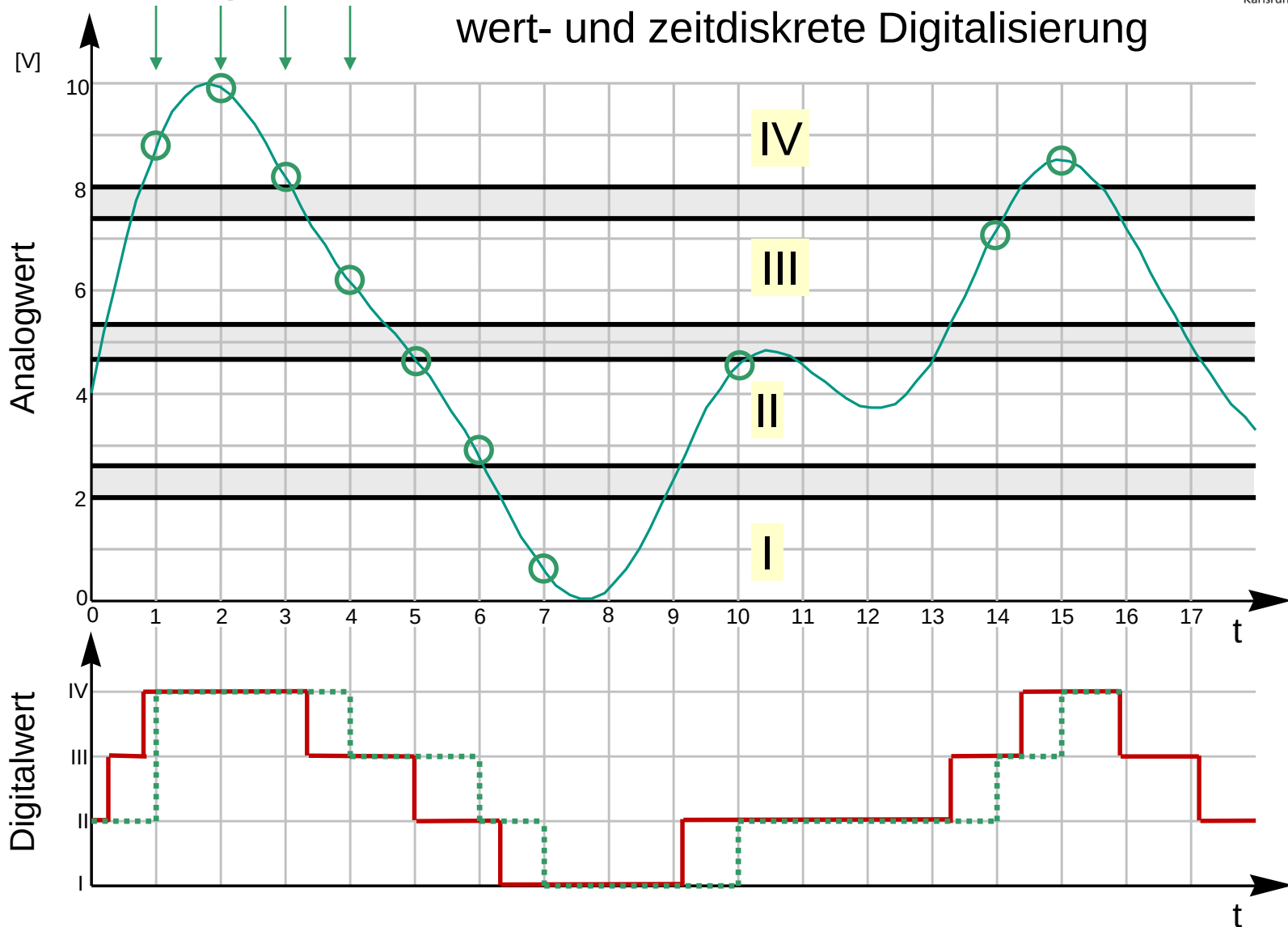
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



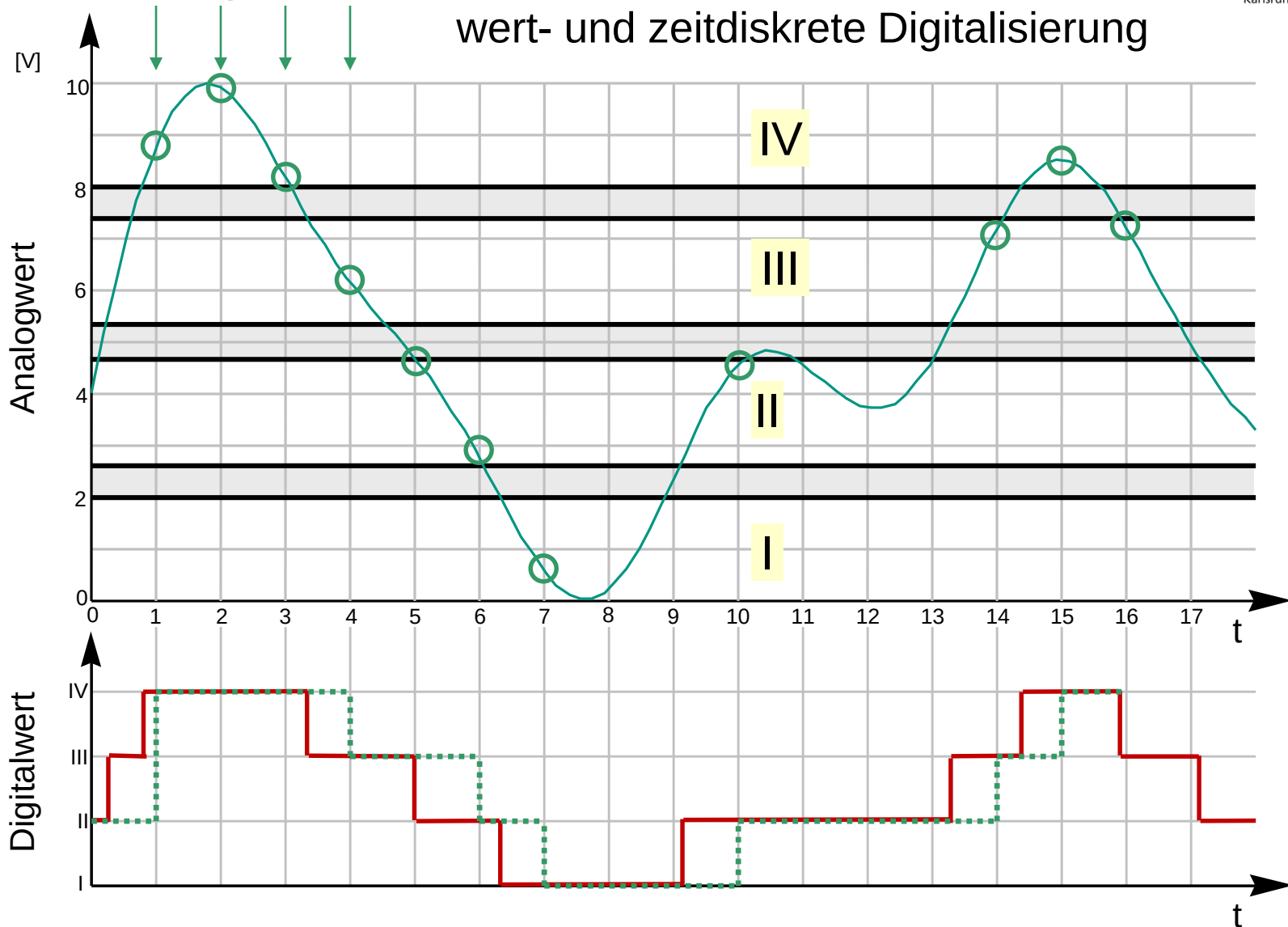
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



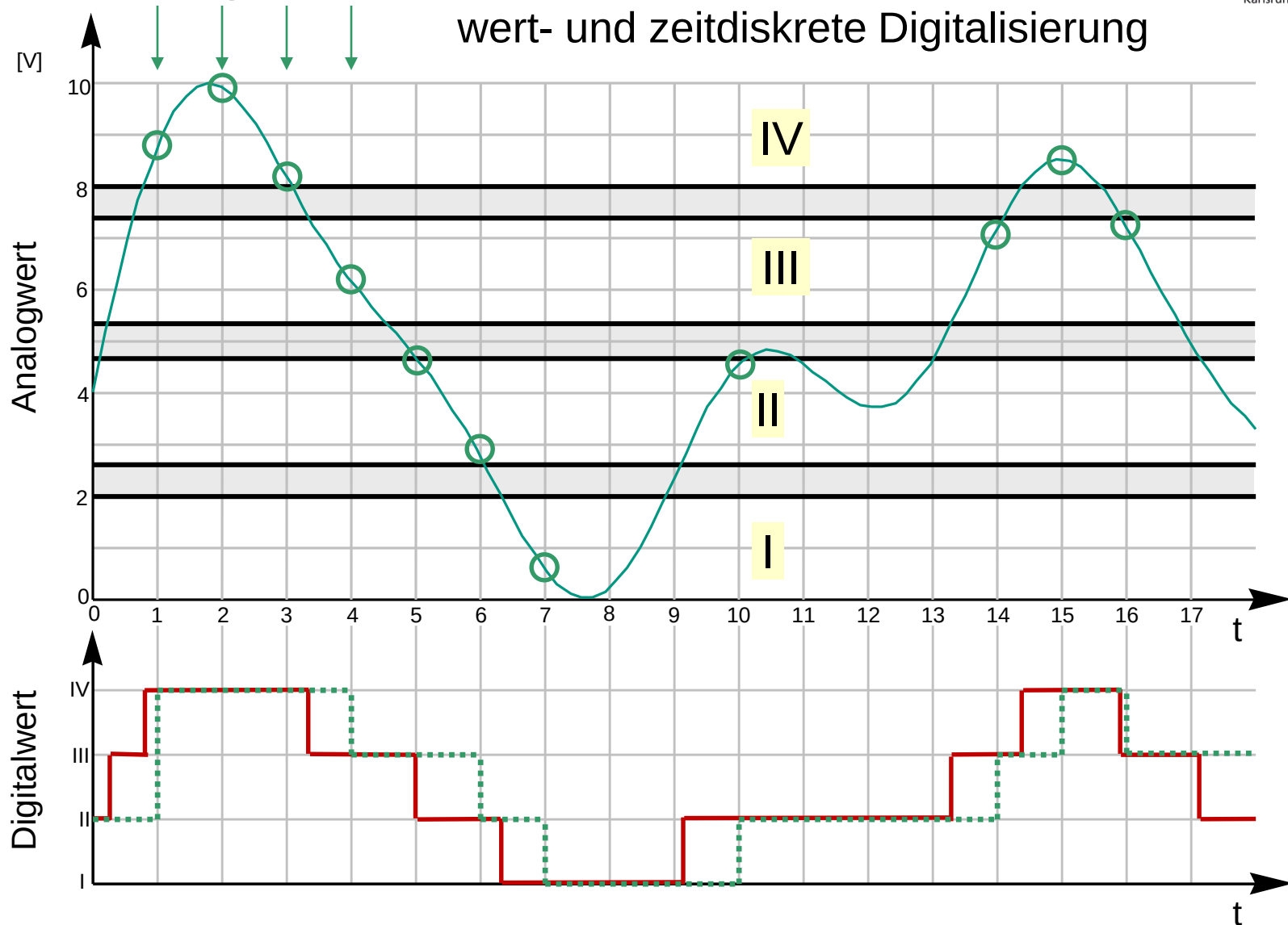
2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



2. Aufgabe

wert- und zeitdiskrete Digitalisierung



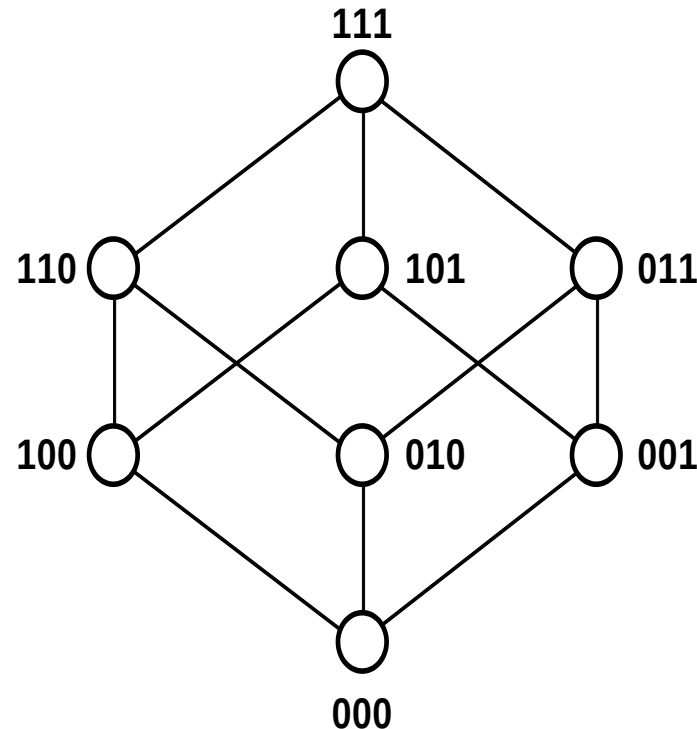
Felix Pistorius
pistorius@kit.edu

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)

Fehlererkennung und -korrektur

3. Aufgabe - Überlegung

- Das nachfolgende Bild zeigt ein Hasse-Diagramm, das die Nachbarschaftsbeziehungen für einen Code mit drei Binärstellen darstellt.



■ Problem in der Praxis

Störeinflüsse können bei der Übertragung oder Speicherung von binär kodierten Informationen den Wert der zur Darstellung verwendeten physikalischen Größe verfälschen → Bits „kippen“

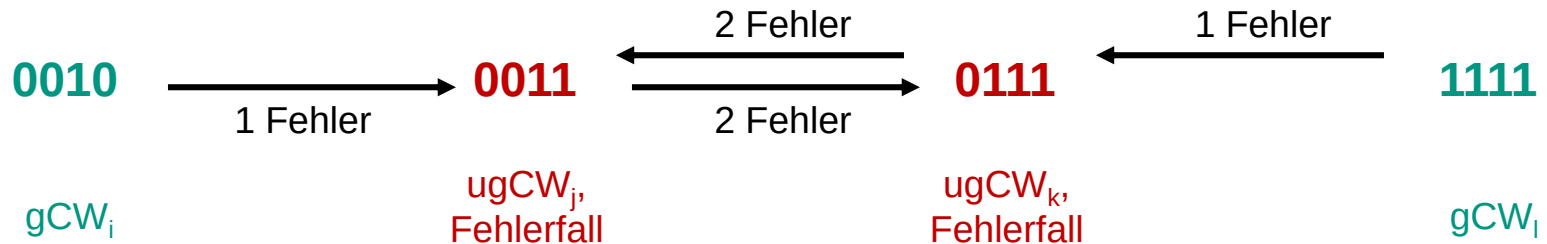
■ Lösung: unbenutzte Codewörter (CW) „geschickt“ nutzen



- einzelne Bitfehler (1 Bit “kippt”) sind erkennbar bei Codes mit minimaler Hammingdistanz $HD_{\min} = 2$
 - jeder denkbare Bitfehler führt zu ungültigem (d.h. unbenutztem) Codewort

Codes für Fehlererkennung / Fehlerkorrektur

■ 2-Fach Fehlererkennung:



■ 1-Fach Fehlerkorrektur:



■ Es gilt

Bei Codes mit $HD_{min} = 3$:
→ Zweifachfehler erkennbar oder Einfachfehler korrigierbar

(minimale) Hamming-Distanz

- **Definition:** Hammingdistanz **HD** (auch Hammingabstand genannt)
 - HD_{ij} = Anzahl der Stellen, an denen sich CW_i und CW_j unterscheiden.
- **Definition:** Minimale Hammingdistanz **HD_{min}** eines Codes
 - $HD_{\min}(X) = \min\{HD_{ij} \mid CW_i, CW_j \in X \wedge CW_i \neq CW_j\}$
= minimale Hammingdistanz, die beim Vergleich aller Codewörter CW_i und CW_j (mit $CW_i \neq CW_j$) auftritt
- Die minimale Hammingdistanz ist eine entscheidende Eigenschaft eines Codes, um Übertragungsfehler erkennen und korrigieren zu können:
- Bei gegebenem $h = HD_{\min}(X)$ sind
 - $h - 1$ Bitfehler **erkennbar** und
 - $k < h / 2$ Bitfehler **korrigierbar**

3. Aufgabe

- 3.1 Welche Hamming–Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit Einzelfehler erkannt werden können?
- Wie viele Zeichen können so mit drei Binärstellen maximal codiert werden?

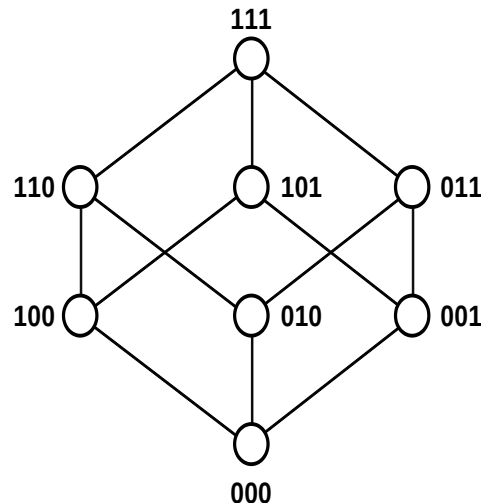
3. Aufgabe

- 3.1 Welche Hamming–Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit Einzelfehler erkannt werden können?
 - Wie viele Zeichen können so mit drei Binärstellen maximal codiert werden?
- ⇒ Für die Erkennung wird eine Hamming–Distanz (HD) von 2 benötigt.

3. Aufgabe

- 3.1 Welche Hamming–Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit Einzelfehler erkannt werden können?
 - Wie viele Zeichen können so mit drei Binärstellen maximal codiert werden?
- ⇒ Für die Erkennung wird eine Hamming–Distanz (HD) von 2 benötigt.

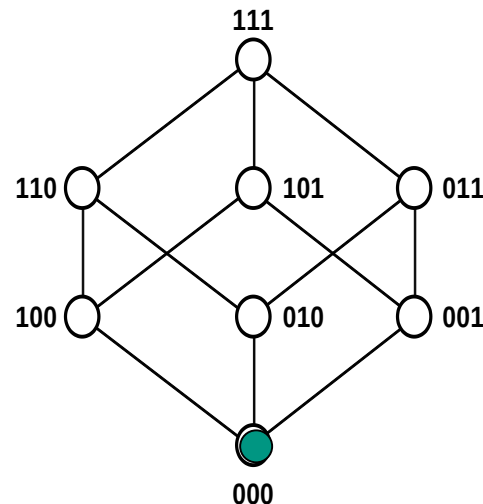
N=3



3. Aufgabe

- 3.1 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit Einzelfehler erkannt werden können?
 - Wie viele Zeichen können so mit drei Binärstellen maximal codiert werden?
- ⇒ Für die Erkennung wird eine Hamming-Distanz (HD) von 2 benötigt.

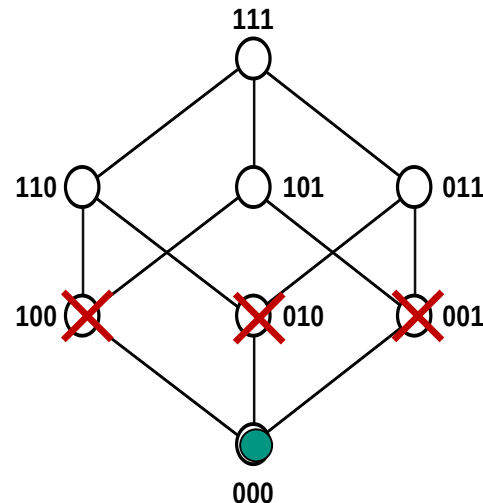
N=3



3. Aufgabe

- 3.1 Welche Hamming–Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit Einzelfehler erkannt werden können?
 - Wie viele Zeichen können so mit drei Binärstellen maximal codiert werden?
- ⇒ Für die Erkennung wird eine Hamming–Distanz (HD) von 2 benötigt.

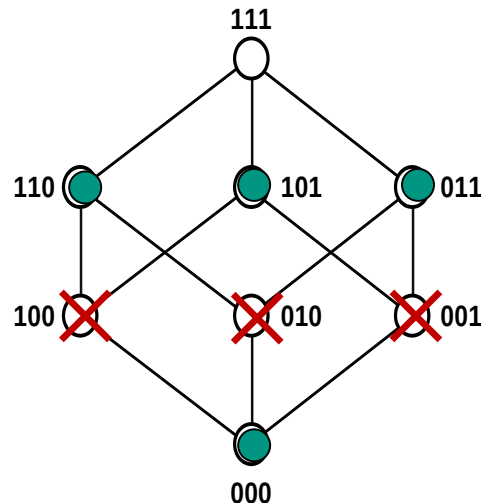
N=3



3. Aufgabe

- 3.1 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit Einzelfehler erkannt werden können?
 - Wie viele Zeichen können so mit drei Binärstellen maximal codiert werden?
- ⇒ Für die Erkennung wird eine Hamming-Distanz (HD) von 2 benötigt.

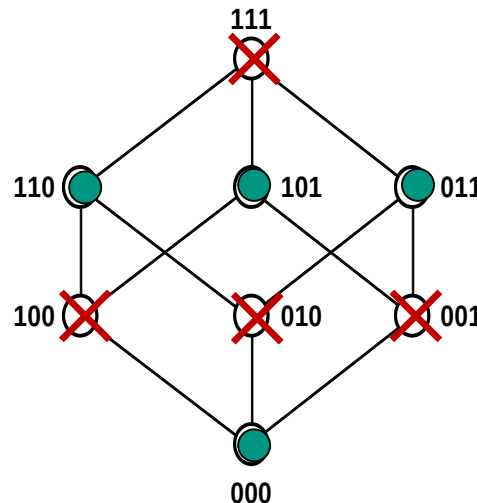
N=3



3. Aufgabe

- 3.1 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit Einzelfehler erkannt werden können?
 - Wie viele Zeichen können so mit drei Binärstellen maximal codiert werden?
- ⇒ Für die Erkennung wird eine Hamming-Distanz (HD) von 2 benötigt.

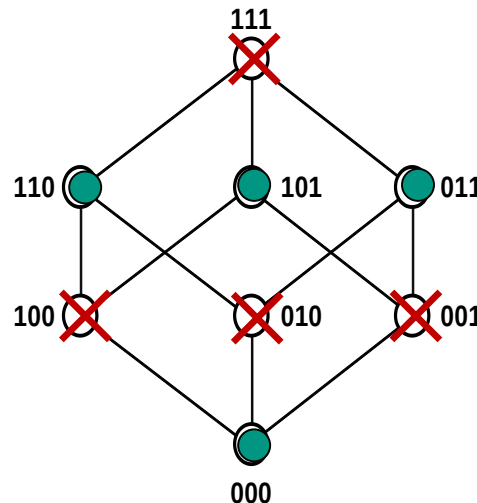
N=3



3. Aufgabe

- 3.1 Welche Hamming–Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit Einzelfehler erkannt werden können?
 - Wie viele Zeichen können so mit drei Binärstellen maximal codiert werden?
- ⇒ Für die Erkennung wird eine Hamming–Distanz (HD) von 2 benötigt.

N=3



⇒ man erhält damit maximal 4 codierbare Zeichen.

3. Aufgabe

- 3.2 Welche Hamming–Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit die Korrektur von Einzelfehlern möglich ist?
- Wie viele Zeichen können jetzt maximal codiert werden?

3. Aufgabe

- 3.2 Welche Hamming–Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit die Korrektur von Einzelfehlern möglich ist?
- Wie viele Zeichen können jetzt maximal codiert werden?

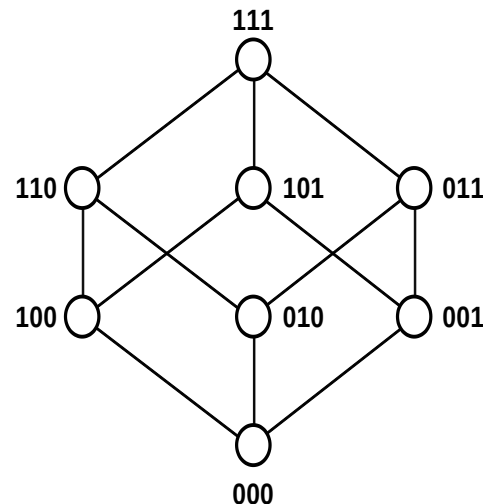
⇒ Für die Korrektur wird eine Hamming–Distanz von 3 benötigt;

3. Aufgabe

- 3.2 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit die Korrektur von Einzelfehlern möglich ist?
- Wie viele Zeichen können jetzt maximal codiert werden?

⇒ Für die Korrektur wird eine Hamming-Distanz von 3 benötigt;

N=3

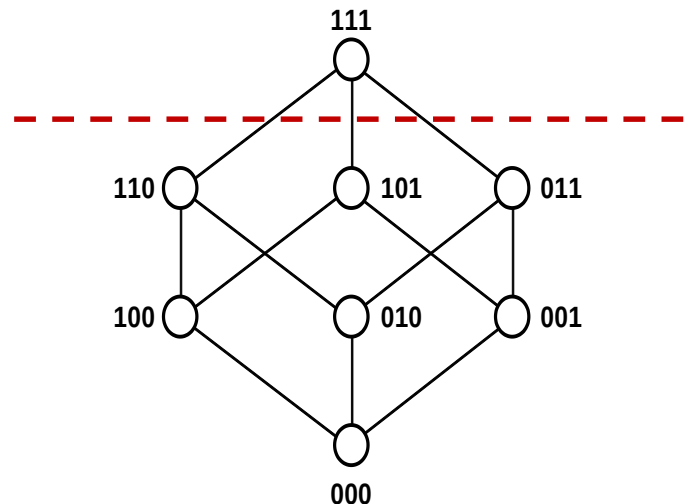


3. Aufgabe

- 3.2 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit die Korrektur von Einzelfehlern möglich ist?
- Wie viele Zeichen können jetzt maximal codiert werden?

⇒ Für die Korrektur wird eine Hamming-Distanz von 3 benötigt;

N=3

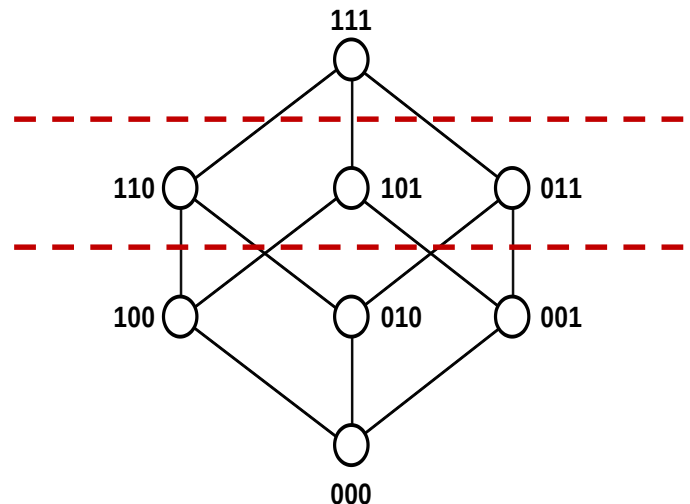


3. Aufgabe

- 3.2 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit die Korrektur von Einzelfehlern möglich ist?
- Wie viele Zeichen können jetzt maximal codiert werden?

⇒ Für die Korrektur wird eine Hamming-Distanz von 3 benötigt;

N=3

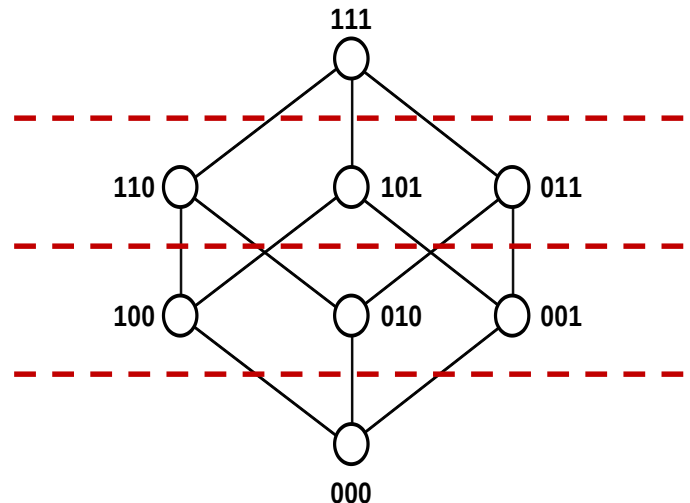


3. Aufgabe

- 3.2 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit die Korrektur von Einzelfehlern möglich ist?
- Wie viele Zeichen können jetzt maximal codiert werden?

⇒ Für die Korrektur wird eine Hamming-Distanz von 3 benötigt;

N=3

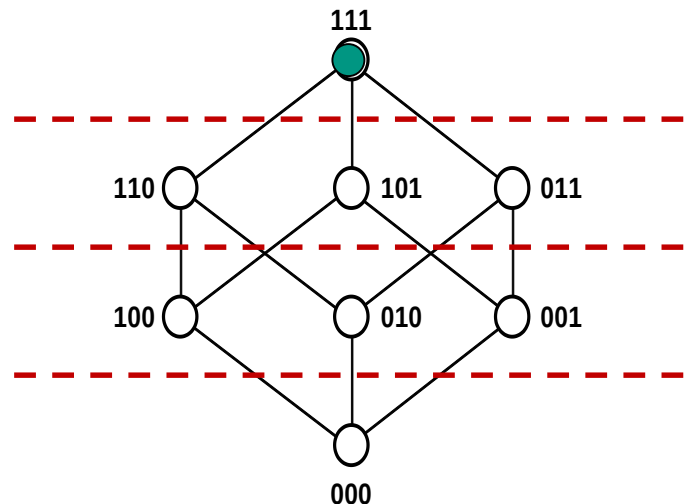


3. Aufgabe

- 3.2 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit die Korrektur von Einzelfehlern möglich ist?
- Wie viele Zeichen können jetzt maximal codiert werden?

⇒ Für die Korrektur wird eine Hamming-Distanz von 3 benötigt;

N=3

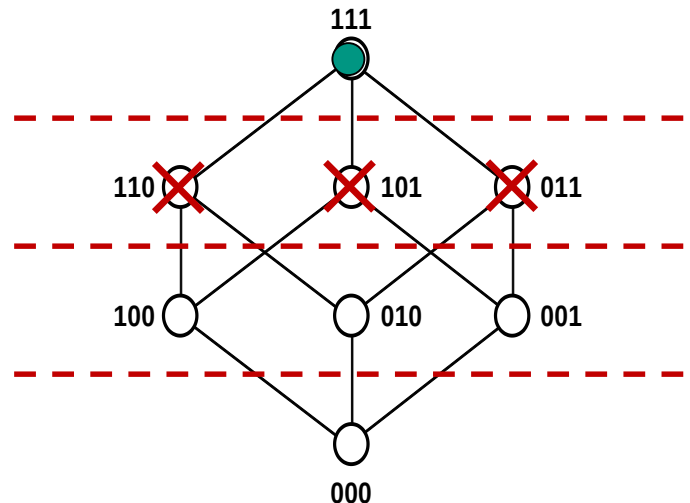


3. Aufgabe

- 3.2 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit die Korrektur von Einzelfehlern möglich ist?
- Wie viele Zeichen können jetzt maximal codiert werden?

⇒ Für die Korrektur wird eine Hamming-Distanz von 3 benötigt;

N=3

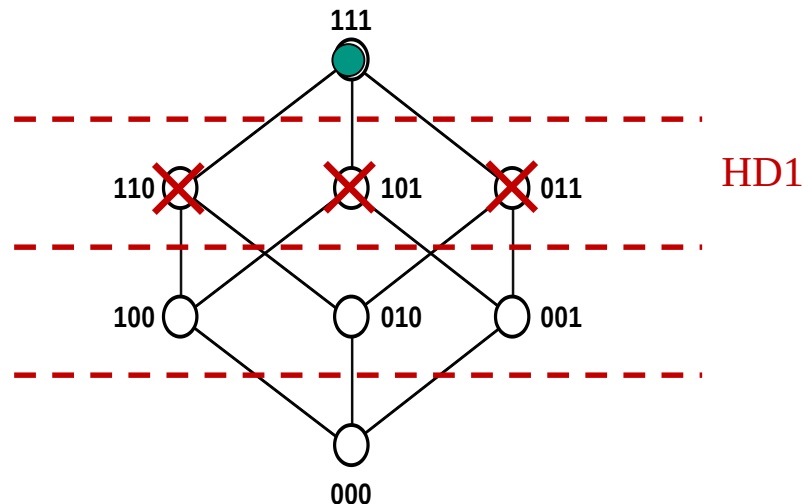


3. Aufgabe

- 3.2 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit die Korrektur von Einzelfehlern möglich ist?
- Wie viele Zeichen können jetzt maximal codiert werden?

⇒ Für die Korrektur wird eine Hamming-Distanz von 3 benötigt;

N=3

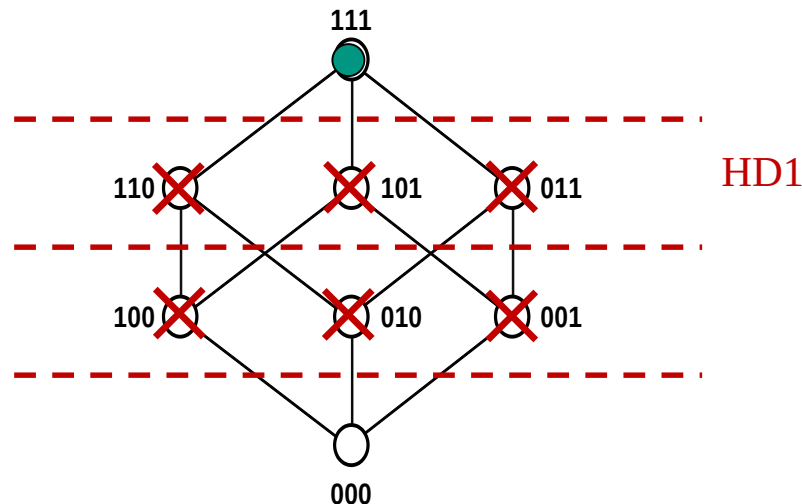


3. Aufgabe

- 3.2 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit die Korrektur von Einzelfehlern möglich ist?
- Wie viele Zeichen können jetzt maximal codiert werden?

⇒ Für die Korrektur wird eine Hamming-Distanz von 3 benötigt;

N=3

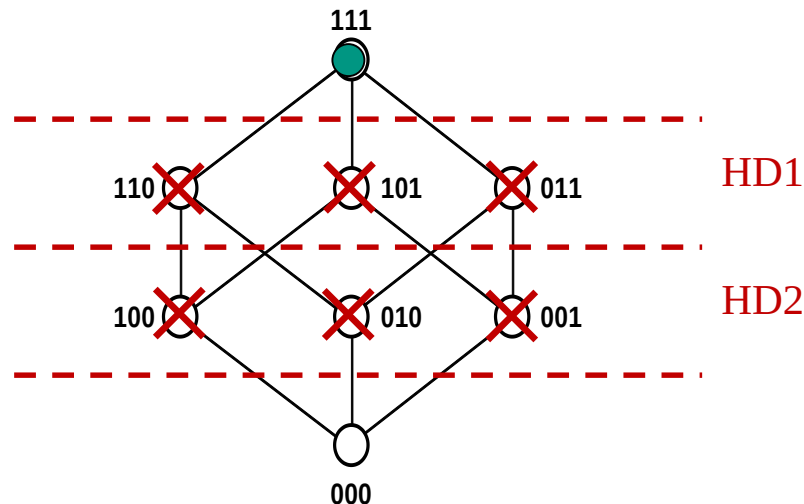


3. Aufgabe

- 3.2 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit die Korrektur von Einzelfehlern möglich ist?
- Wie viele Zeichen können jetzt maximal codiert werden?

⇒ Für die Korrektur wird eine Hamming-Distanz von 3 benötigt;

N=3

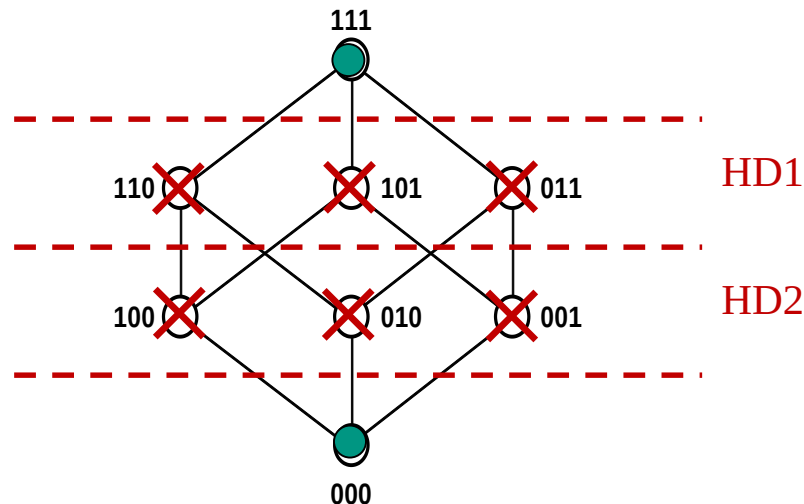


3. Aufgabe

- 3.2 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit die Korrektur von Einzelfehlern möglich ist?
- Wie viele Zeichen können jetzt maximal codiert werden?

⇒ Für die Korrektur wird eine Hamming-Distanz von 3 benötigt;

N=3

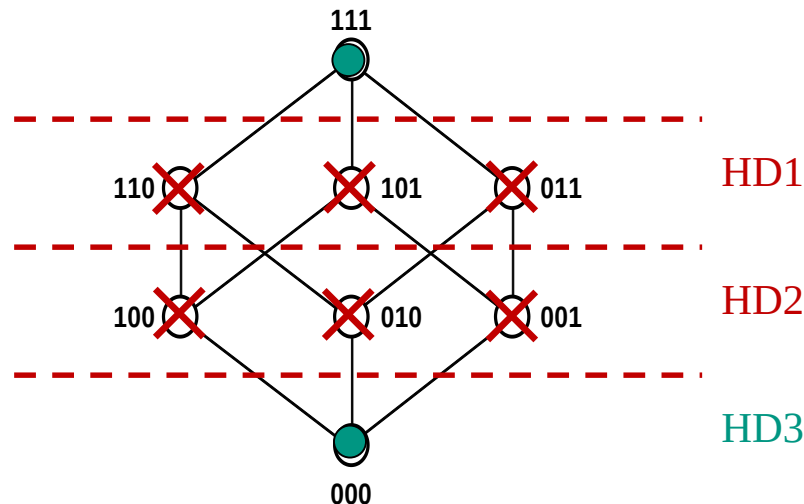


3. Aufgabe

- 3.2 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit die Korrektur von Einzelfehlern möglich ist?
- Wie viele Zeichen können jetzt maximal codiert werden?

⇒ Für die Korrektur wird eine Hamming-Distanz von 3 benötigt;

N=3

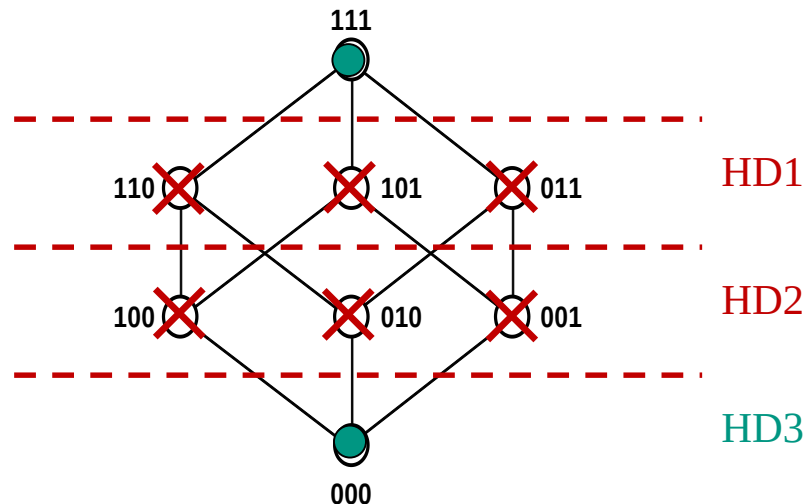


3. Aufgabe

- 3.2 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit die Korrektur von Einzelfehlern möglich ist?
- Wie viele Zeichen können jetzt maximal codiert werden?

⇒ Für die Korrektur wird eine Hamming-Distanz von 3 benötigt;

N=3

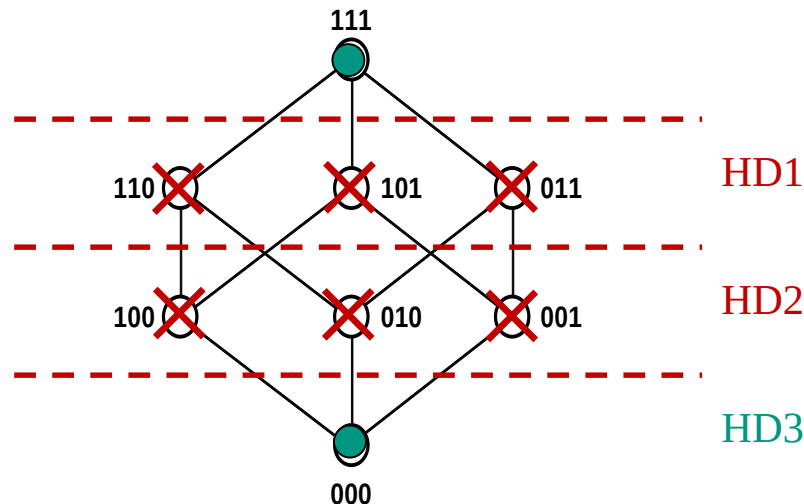


3. Aufgabe

- 3.2 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit die Korrektur von Einzelfehlern möglich ist?
- Wie viele Zeichen können jetzt maximal codiert werden?

⇒ Für die Korrektur wird eine Hamming-Distanz von 3 benötigt;

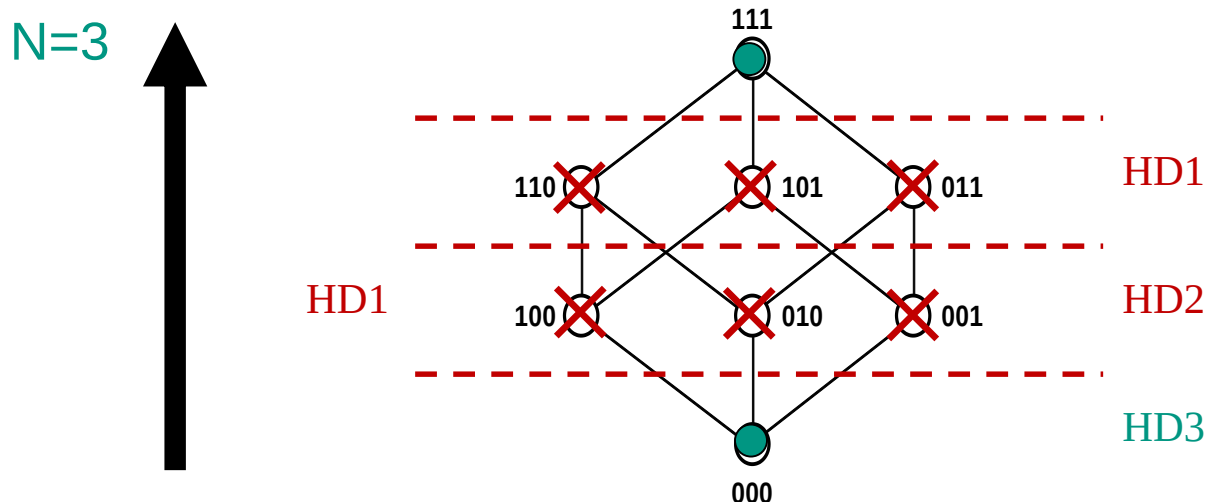
N=3



3. Aufgabe

- 3.2 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit die Korrektur von Einzelfehlern möglich ist?
- Wie viele Zeichen können jetzt maximal codiert werden?

⇒ Für die Korrektur wird eine Hamming-Distanz von 3 benötigt;

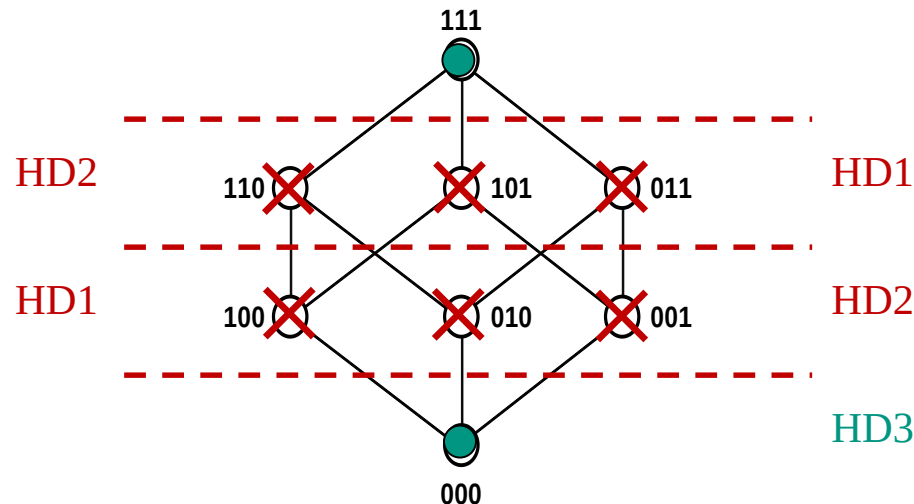


3. Aufgabe

- 3.2 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit die Korrektur von Einzelfehlern möglich ist?
- Wie viele Zeichen können jetzt maximal codiert werden?

⇒ Für die Korrektur wird eine Hamming-Distanz von 3 benötigt;

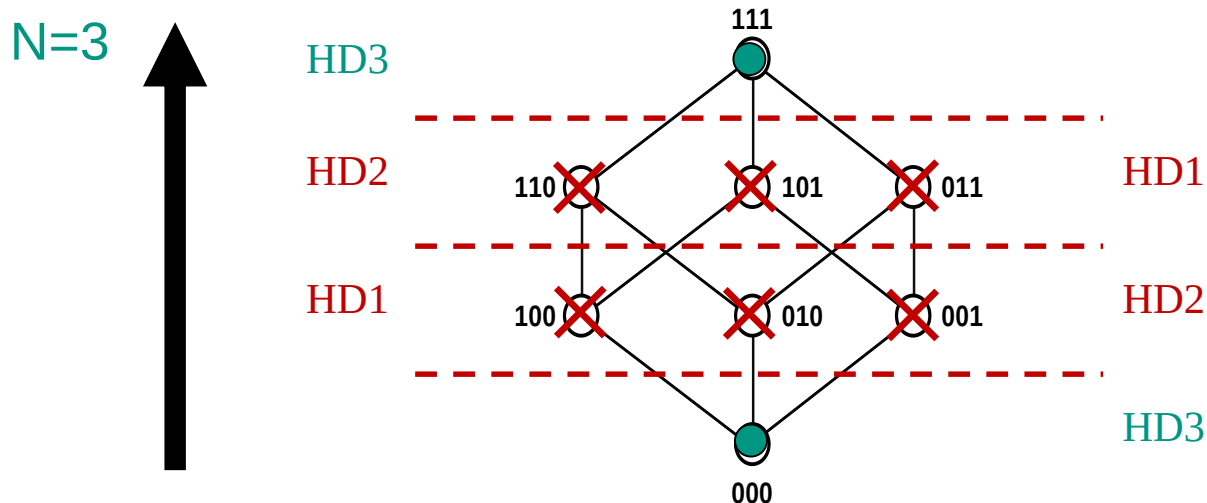
N=3



3. Aufgabe

- 3.2 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit die Korrektur von Einzelfehlern möglich ist?
- Wie viele Zeichen können jetzt maximal codiert werden?

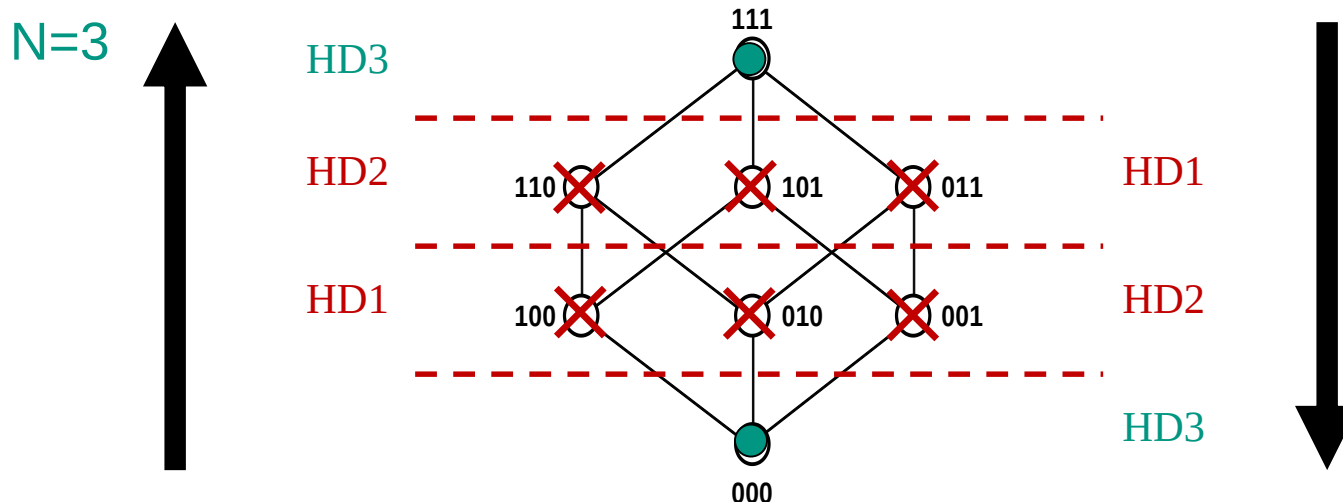
⇒ Für die Korrektur wird eine Hamming-Distanz von 3 benötigt;



3. Aufgabe

- 3.2 Welche Hamming-Distanz müssen die gültigen Codeworte aufweisen, damit die Korrektur von Einzelfehlern möglich ist?
- Wie viele Zeichen können jetzt maximal codiert werden?

⇒ Für die Korrektur wird eine Hamming-Distanz von 3 benötigt;



⇒ dann erhält man maximal 2 codierbare Zeichen.

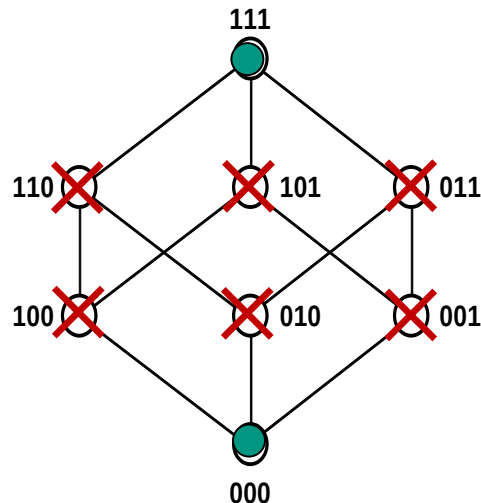
3. Aufgabe

- 3.3 Die beiden Zeichen A und B sollen so codiert werden, dass Einzelfehler korrigierbar sind.
- Wie viele Lösungen sind für die Codierung der beiden Zeichen mit drei Binärstellen möglich? Geben Sie eine Lösung an.

3. Aufgabe

- 3.3 Die beiden Zeichen A und B sollen so codiert werden, dass Einzelfehler korrigierbar sind.
- Wie viele Lösungen sind für die Codierung der beiden Zeichen mit drei Binärstellen möglich? Geben Sie eine Lösung an.

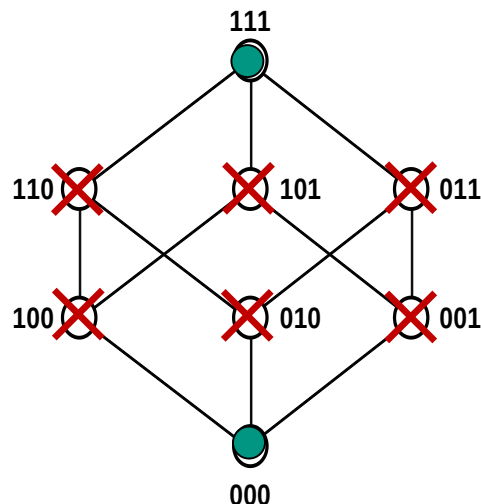
Eine mögliche Lösung:



3. Aufgabe

- 3.3 Die beiden Zeichen A und B sollen so codiert werden, dass Einzelfehler korrigierbar sind.
- Wie viele Lösungen sind für die Codierung der beiden Zeichen mit drei Binärstellen möglich? Geben Sie eine Lösung an.

Eine mögliche Lösung:

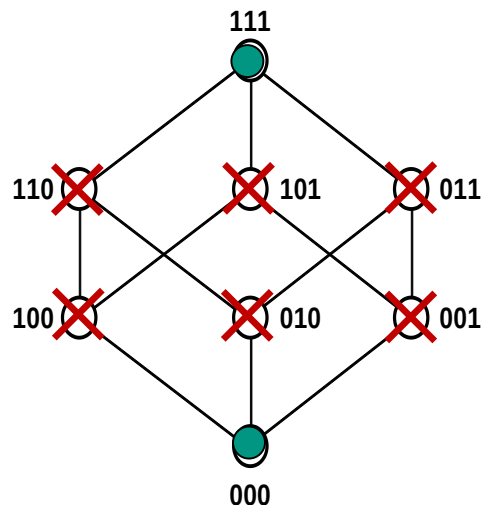


HD = 3

3. Aufgabe

- 3.3 Die beiden Zeichen A und B sollen so codiert werden, dass Einzelfehler korrigierbar sind.
- Wie viele Lösungen sind für die Codierung der beiden Zeichen mit drei Binärstellen möglich? Geben Sie eine Lösung an.

Eine mögliche Lösung:



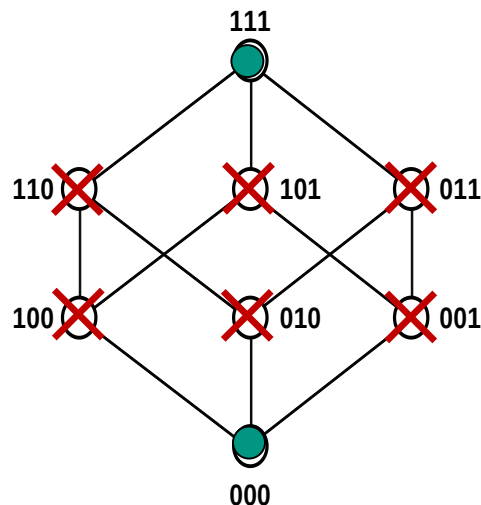
HD = 3

z. B. **A=000**, **B=111**

3. Aufgabe

- 3.3 Die beiden Zeichen A und B sollen so codiert werden, dass Einzelfehler korrigierbar sind.
- Wie viele Lösungen sind für die Codierung der beiden Zeichen mit drei Binärstellen möglich? Geben Sie eine Lösung an.

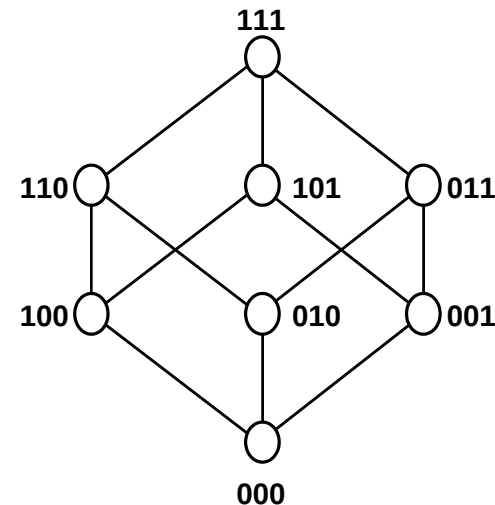
Eine mögliche Lösung:



HD = 3

z. B. **A**=000, **B**=111

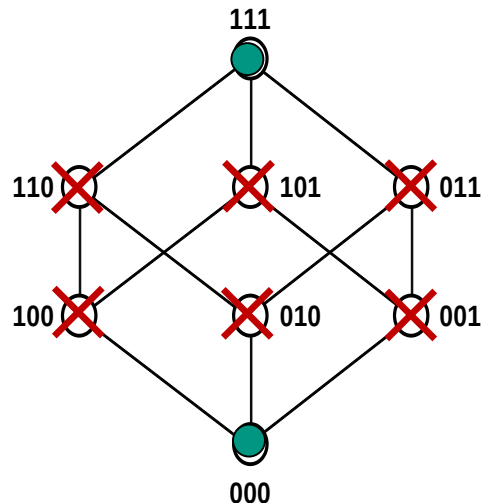
Eine andere mögliche Lösung:



3. Aufgabe

- 3.3 Die beiden Zeichen A und B sollen so codiert werden, dass Einzelfehler korrigierbar sind.
- Wie viele Lösungen sind für die Codierung der beiden Zeichen mit drei Binärstellen möglich? Geben Sie eine Lösung an.

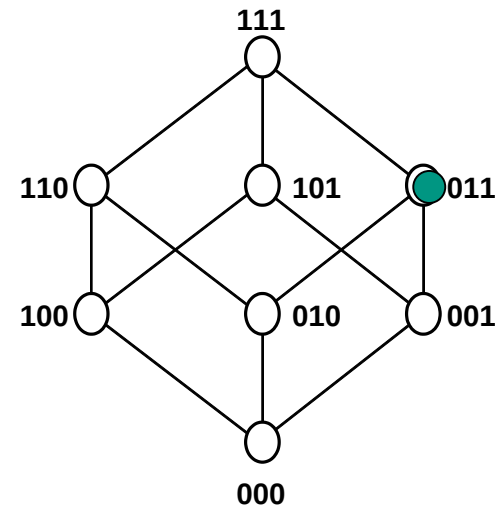
Eine mögliche Lösung:



HD = 3

z. B. **A=000**, **B=111**

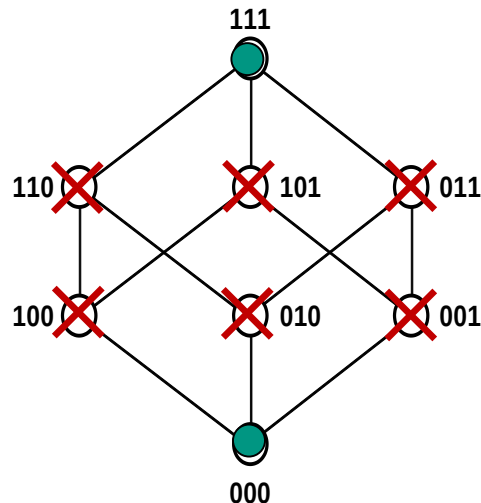
Eine andere mögliche Lösung:



3. Aufgabe

- 3.3 Die beiden Zeichen A und B sollen so codiert werden, dass Einzelfehler korrigierbar sind.
- Wie viele Lösungen sind für die Codierung der beiden Zeichen mit drei Binärstellen möglich? Geben Sie eine Lösung an.

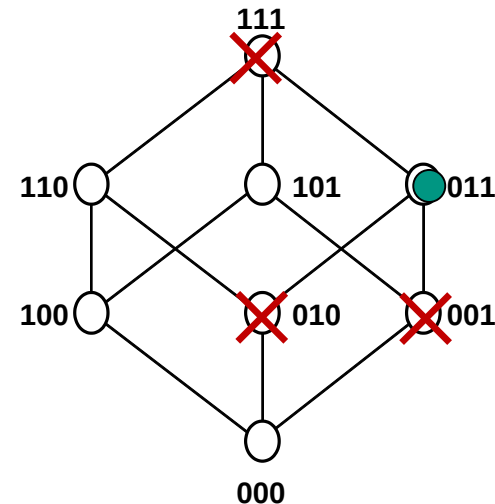
Eine mögliche Lösung:



HD = 3

z. B. **A**=000, **B**=111

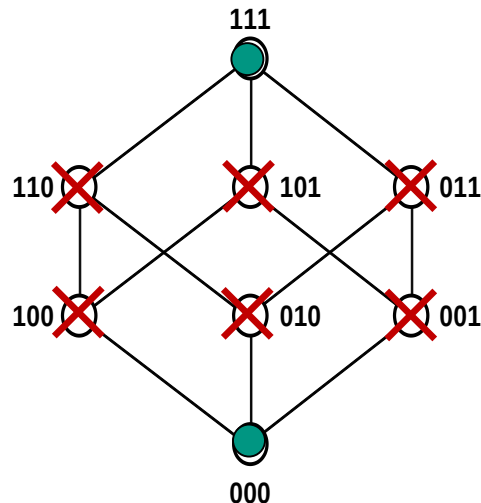
Eine andere mögliche Lösung:



3. Aufgabe

- 3.3 Die beiden Zeichen A und B sollen so codiert werden, dass Einzelfehler korrigierbar sind.
- Wie viele Lösungen sind für die Codierung der beiden Zeichen mit drei Binärstellen möglich? Geben Sie eine Lösung an.

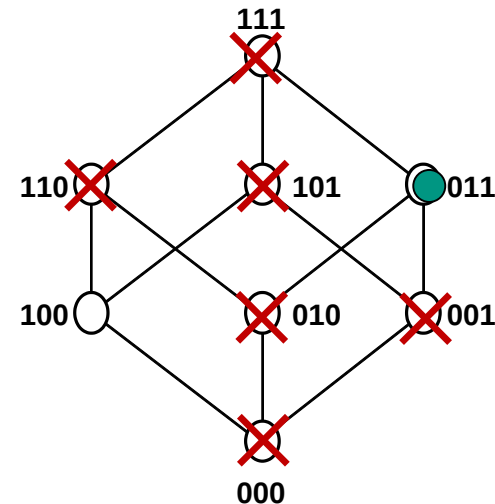
Eine mögliche Lösung:



HD = 3

z. B. **A**=000, **B**=111

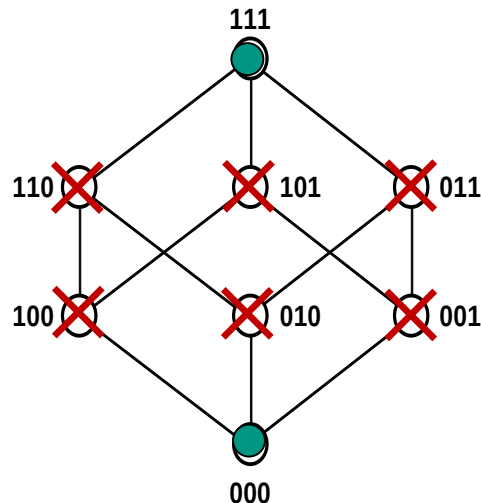
Eine andere mögliche Lösung:



3. Aufgabe

- 3.3 Die beiden Zeichen A und B sollen so codiert werden, dass Einzelfehler korrigierbar sind.
- Wie viele Lösungen sind für die Codierung der beiden Zeichen mit drei Binärstellen möglich? Geben Sie eine Lösung an.

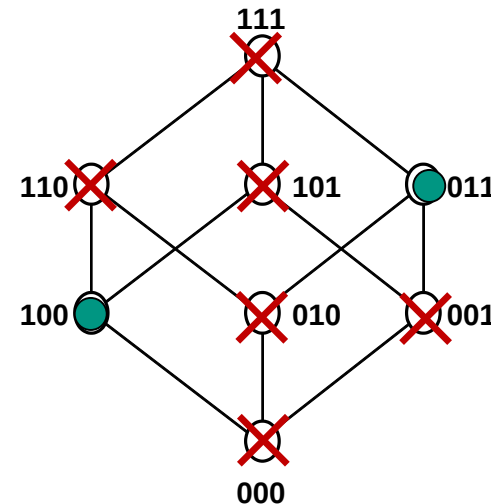
Eine mögliche Lösung:



HD = 3

z. B. **A=000**, **B=111**

Eine andere mögliche Lösung:



Es sind insgesamt 8 Lösungen möglich

3. Aufgabe

- 3.4 Bei der Datenübertragung mit einer Codierung nach 3.3 wurde genau eine Binärstelle falsch übertragen.
- Die folgenden Daten wurden empfangen: 011110 001110
Korrigieren Sie den Fehler.

011 110 001 110

3. Aufgabe

- 3.4 Bei der Datenübertragung mit einer Codierung nach 3.3 wurde genau eine Binärstelle falsch übertragen.
- Die folgenden Daten wurden empfangen: 011110 001110
Korrigieren Sie den Fehler.

011 110 001 110

3. Aufgabe

- 3.4 Bei der Datenübertragung mit einer Codierung nach 3.3 wurde genau eine Binärstelle falsch übertragen.
- Die folgenden Daten wurden empfangen: 011110 001110
Korrigieren Sie den Fehler.

011 110 001 110

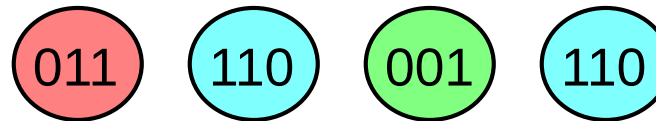
3. Aufgabe

- 3.4 Bei der Datenübertragung mit einer Codierung nach 3.3 wurde genau eine Binärstelle falsch übertragen.
- Die folgenden Daten wurden empfangen: 011110 001110
Korrigieren Sie den Fehler.

011 (110) (001) (110)

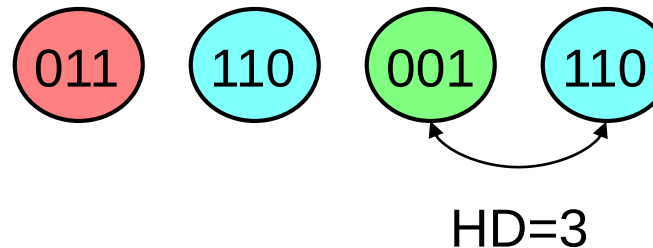
3. Aufgabe

- 3.4 Bei der Datenübertragung mit einer Codierung nach 3.3 wurde genau eine Binärstelle falsch übertragen.
- Die folgenden Daten wurden empfangen: 011110 001110
Korrigieren Sie den Fehler.



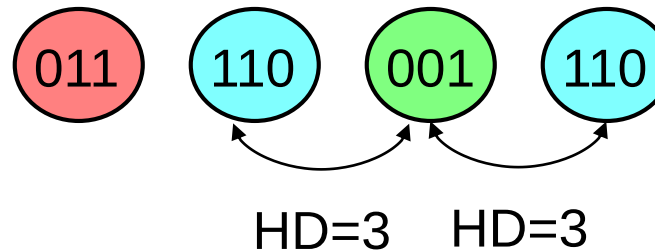
3. Aufgabe

- 3.4 Bei der Datenübertragung mit einer Codierung nach 3.3 wurde genau eine Binärstelle falsch übertragen.
- Die folgenden Daten wurden empfangen: 011110 001110
Korrigieren Sie den Fehler.



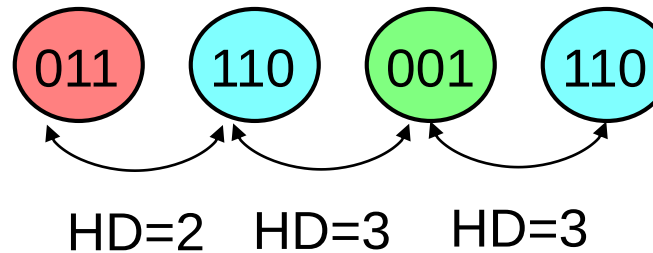
3. Aufgabe

- 3.4 Bei der Datenübertragung mit einer Codierung nach 3.3 wurde genau eine Binärstelle falsch übertragen.
- Die folgenden Daten wurden empfangen: 011110 001110
Korrigieren Sie den Fehler.



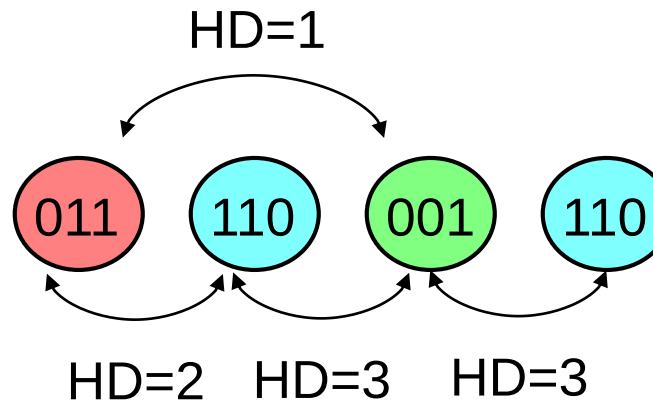
3. Aufgabe

- 3.4 Bei der Datenübertragung mit einer Codierung nach 3.3 wurde genau eine Binärstelle falsch übertragen.
- Die folgenden Daten wurden empfangen: 011110 001110
Korrigieren Sie den Fehler.



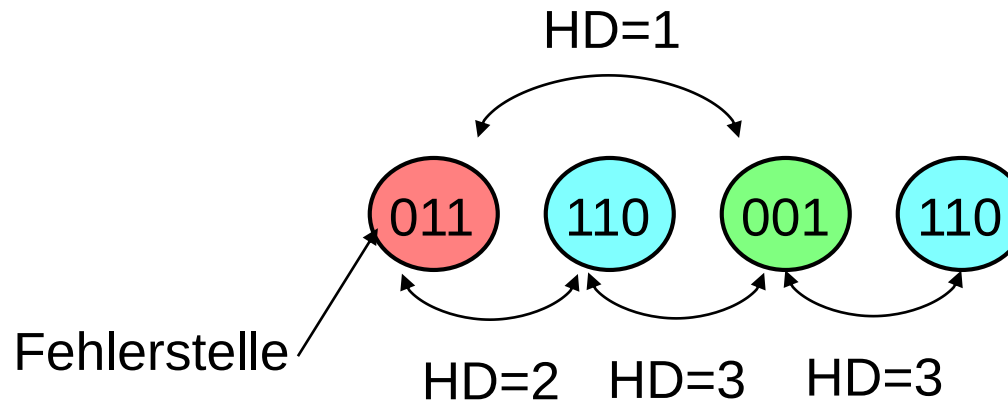
3. Aufgabe

- 3.4 Bei der Datenübertragung mit einer Codierung nach 3.3 wurde genau eine Binärstelle falsch übertragen.
- Die folgenden Daten wurden empfangen: 011110 001110
Korrigieren Sie den Fehler.



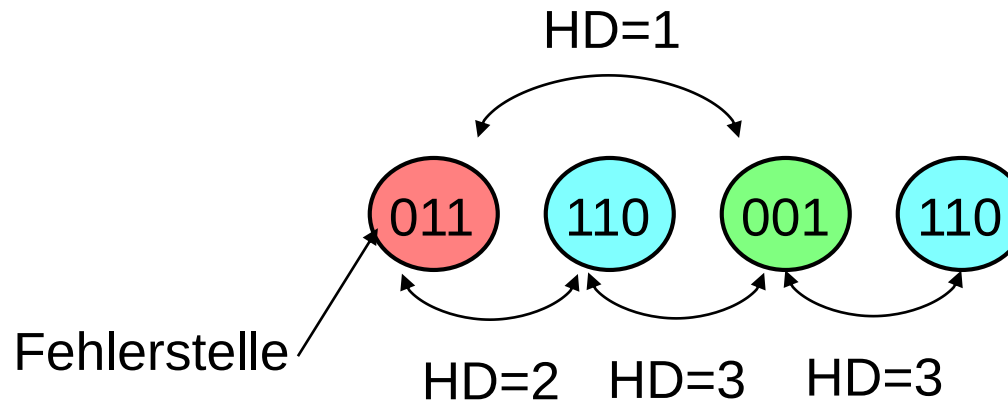
3. Aufgabe

- 3.4 Bei der Datenübertragung mit einer Codierung nach 3.3 wurde genau eine Binärstelle falsch übertragen.
- Die folgenden Daten wurden empfangen: 011110 001110
Korrigieren Sie den Fehler.



3. Aufgabe

- 3.4 Bei der Datenübertragung mit einer Codierung nach 3.3 wurde genau eine Binärstelle falsch übertragen.
- Die folgenden Daten wurden empfangen: 011110 001110
Korrigieren Sie den Fehler.

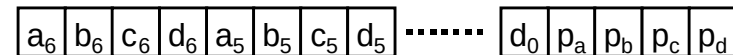
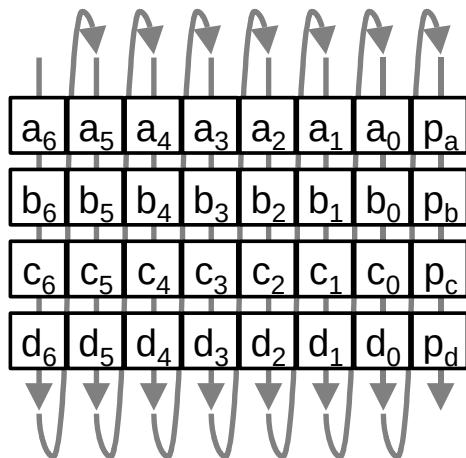


Korrektur: 011 $\Rightarrow$ 001

4. Aufgabe - Überlegung

- 4.1 Für die Übertragung von ASCII-Zeichen über eine stör anfällige Übertragungsstrecke soll eine sogenannte Blocksicherung mit Paritätsbits verwendet werden. Dazu wird jedes ASCII-Zeichen um ein Paritätsbit ergänzt. Für die Übertragung von jeweils 4 Zeichen werden dann zuerst alle höchstwertigen Bits übertragen, dann die niederwertigeren.

Wie viele Fehler sind bei dieser Art der Übertragung maximal erkennbar?



Fehlererkennung durch Parität

- Erklärung des **Paritätsbit** am Beispiel

Dezimal	Binär	gerade Parität	ungerade Parität
0	0000	0000 0	0000 1
1	0001	0001 1	0001 0
2	0010	0010 1	0010 0
3	0011	0011 0	0011 1
4	0100	0100 1	0100 0
5	0101	0101 0	0101 1
6	0110	0110 0	0110 1
7	0111	0111 1	0111 0
8	1000	1000 1	1000 0
9	1001	1001 0	1001 1

Fehler:

1001

10**1**1 **0**

10**1**1 **1**

- Das Prinzip der **Paritätssicherung** ist **zweidimensional** anwendbar
→ **Blocksicherungsverfahren** mit doppelter Quersummenergänzung
- Nachricht wird in **Blöcke** von n Codewörtern mit Paritätsbit eingeteilt
 - zusätzlich: am Ende jedes Blocks **ein weiteres Codewort** einfügen
→ enthält alle **Paritätsbits** der **Spalten**
- bei Auftreten von **Einfachfehlern** lassen sich **Spalte** und **Zeile eindeutig** ermitteln:
 - **Einfachfehler** sind damit **korrigierbar**
 - gleichzeitig sind noch **weitergehende Fehlererkennungsverfahren** möglich: **Bündelstörung** erkennbar
- **Bündelstörung**: zeitlich konzentrierte Fehler, d.h. über einen Zeitraum ist die Verbindung gestört, können erkannt bzw. behoben werden

Blocksicherung mittels Paritätsbits

- Zusammenfassung **mehrerer** Codeworte zu einem Block
- Hinzufügen eines **Prüfwortes** (Spaltenparitäten) an jeden Block

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	0	1	1	1
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	0	0	0	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

- Einfachfehlerkorrektur: Spalte und Zeile **eindeutig** ermittelbar
- Mehrfachfehler: ggf. nicht ermittelbar oder erkennbar

Blocksicherung mittels Paritätsbits

- Zusammenfassung **mehrerer** Codeworte zu einem Block
- Hinzufügen eines **Prüfwortes** (Spaltenparitäten) an jeden Block

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	0	1	1	1
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	0	0	0	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

← Zeile mit Fehler (ungerade Parität)

- Einfachfehlerkorrektur: Spalte und Zeile **eindeutig** ermittelbar
- Mehrfachfehler: ggf. nicht ermittelbar oder erkennbar

Blocksicherung mittels Paritätsbits

- Zusammenfassung **mehrerer** Codeworte zu einem Block
- Hinzufügen eines **Prüfwortes** (Spaltenparitäten) an jeden Block

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	0	1	1	1
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	0	0	0	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

← Zeile mit Fehler (ungerade Parität)

↑ Spalte mit Fehler (ungerade Parität)

- Einfachfehlerkorrektur: Spalte und Zeile **eindeutig** ermittelbar
- Mehrfachfehler: ggf. nicht ermittelbar oder erkennbar

Blocksicherung mittels Paritätsbits

- Zusammenfassung **mehrerer** Codeworte zu einem Block
- Hinzufügen eines **Prüfwortes** (Spaltenparitäten) an jeden Block

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	0	1	1	1
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	0	0	0	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

← Zeile mit Fehler (ungerade Parität)

↑ Spalte mit Fehler (ungerade Parität)

- Einfachfehlerkorrektur: Spalte und Zeile **eindeutig** ermittelbar
- Mehrfachfehler: ggf. nicht ermittelbar oder erkennbar

■ Beispiel Falsches Paritätsbit

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	0	0	0	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

■ Beispiel Falsches Paritätsbit

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	0	0	0	1
Prüfwort	0	0	1	0	1



Zeile mit Fehler
(ungerade Parität)

■ Beispiel Falsches Paritätsbit

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	0	0	0	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

← Zeile mit Fehler (ungerade Parität)

Spalte mit Fehler (ungerade Parität) ↑

■ Beispiel Falsches Paritätsbit

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	0	0	1	0
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	0	0	0	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

Zeile mit Fehler
(ungerade Parität)

Spalte mit Fehler
(ungerade Parität)

■ Beispiel Mehrfachfehler (erkennbar)

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	0	0	0	1
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	1	0	0	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

■ Beispiel Mehrfachfehler (erkennbar)

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	0	0	0	1
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	1	0	0	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

Spalten mit Fehler
(ungerade Parität)

■ Beispiel Mehrfachfehler (erkennbar)

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	0	0	0	1
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	1	0	0	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

Zeilen mit Fehler
(ungerade Parität)

Spalten mit Fehler
(ungerade Parität)

■ Beispiel Mehrfachfehler (erkennbar)

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	0	0	0	1
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	1	0	0	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

Zeilen mit Fehler
(ungerade Parität)

Spalten mit Fehler
(ungerade Parität)

■ Beispiel Mehrfachfehler (erkennbar)

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	0	0	0	1
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	1	0	0	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

Zeilen mit Fehler
(ungerade Parität)

Spalten mit Fehler
(ungerade Parität)

■ Beispiel Mehrfachfehler (erkennbar)

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	0	0	0	1
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	1	0	0	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

Zeilen mit Fehler
(ungerade Parität)

Spalten mit Fehler
(ungerade Parität)

Fehlererkorrektur durch Blocksicherung

■ Beispiel Mehrfachfehler (erkennbar)

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	0	0	0	1
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	1	0	0	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

Zeilen mit Fehler
(ungerade Parität)

Spalten mit Fehler
(ungerade Parität)

■ Beispiel Mehrfachfehler (nicht erkennbar)

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	0	0	1	1
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	0	0	0	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

■ Beispiel Mehrfachfehler (nicht erkennbar)

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	1	0	1	1
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	0	0	0	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

■ Beispiel Mehrfachfehler (nicht erkennbar)

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	1	0	0	1
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	0	0	0	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

Fehlererkorrektur durch Blocksicherung

■ Beispiel Mehrfachfehler (nicht erkennbar)

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	1	0	0	1
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	0	0	1	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

Fehlererkorrektur durch Blocksicherung

■ Beispiel Mehrfachfehler (nicht erkennbar)

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	1	0	0	1
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	1	0	1	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

■ Beispiel Mehrfachfehler (nicht erkennbar)

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	1	0	0	1
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	1	0	1	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

Spalten mit 2 Fehlern
(gleichbleibende, gerade Parität)

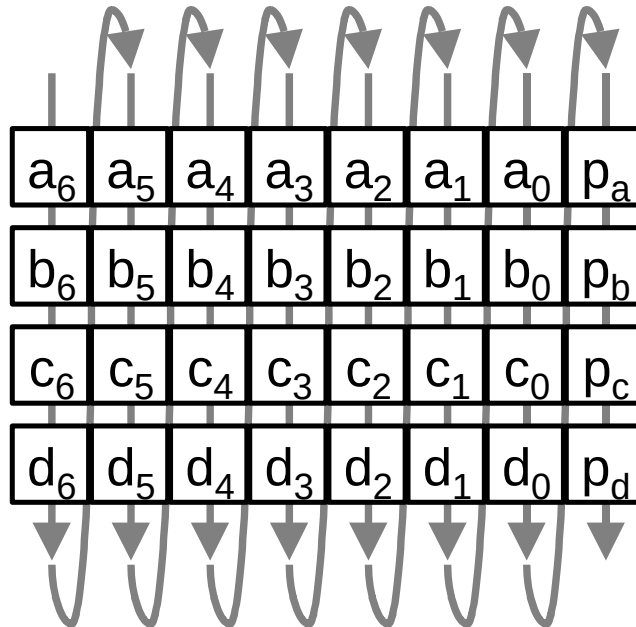
■ Beispiel Mehrfachfehler (nicht erkennbar)

Ziffer	Codewörter mit gerader Parität				
5	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	1
1	0	1	0	0	1
3	0	0	1	1	0
9	1	0	0	1	0
8	1	1	0	1	1
Prüfwort	0	0	1	0	1

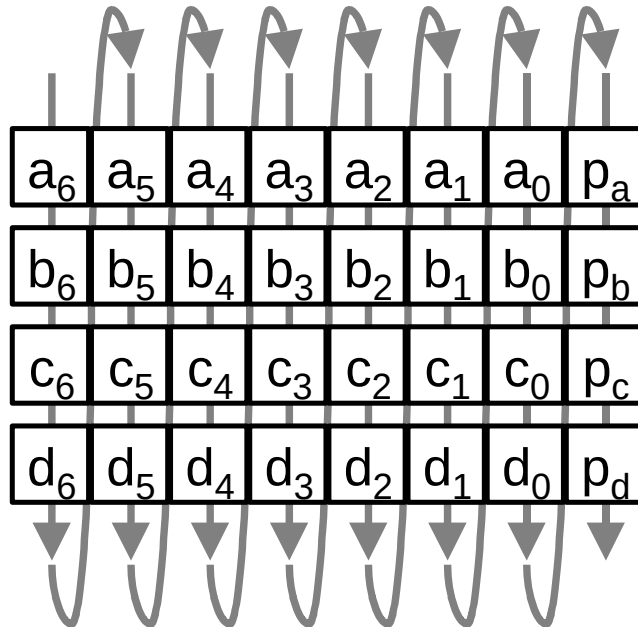
Zeilen mit 2 Fehlern
(gleichbleibende, gerade Parität)

Spalten mit 2 Fehlern
(gleichbleibende, gerade Parität)

4. Aufgabe

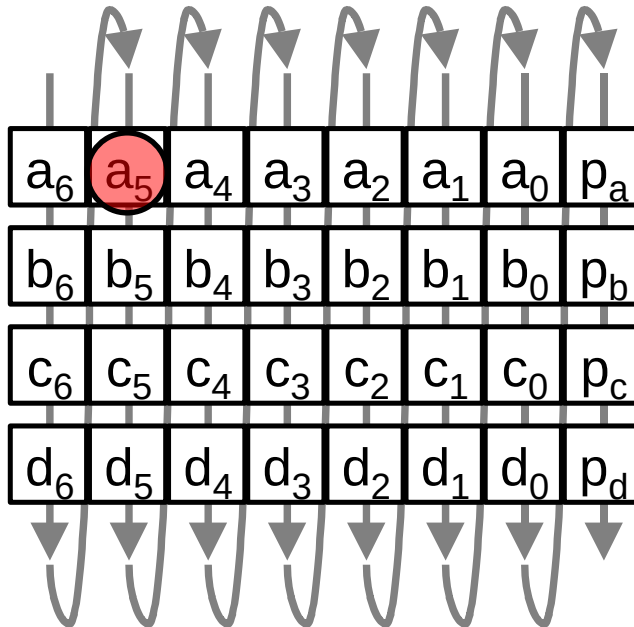


4. Aufgabe



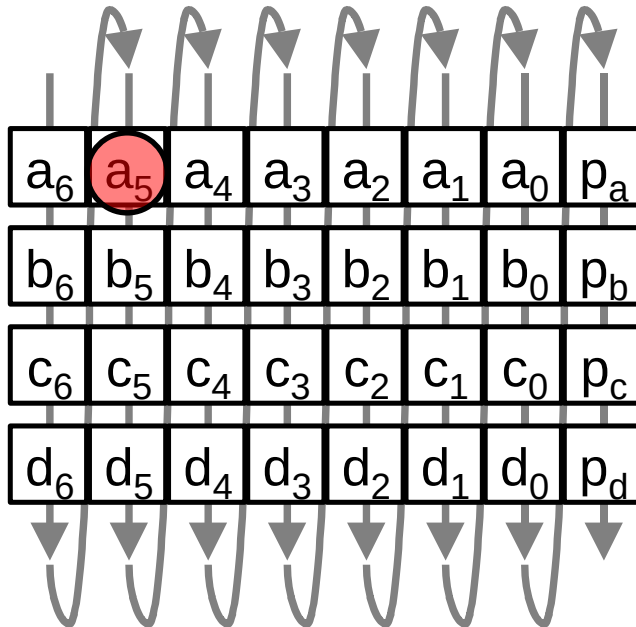
Mit einem Paritätsbit =>
1 Fehler pro Wort/Zeile erkennbar

4. Aufgabe



Mit einem Paritätsbit =>
1 Fehler pro Wort/Zeile erkennbar

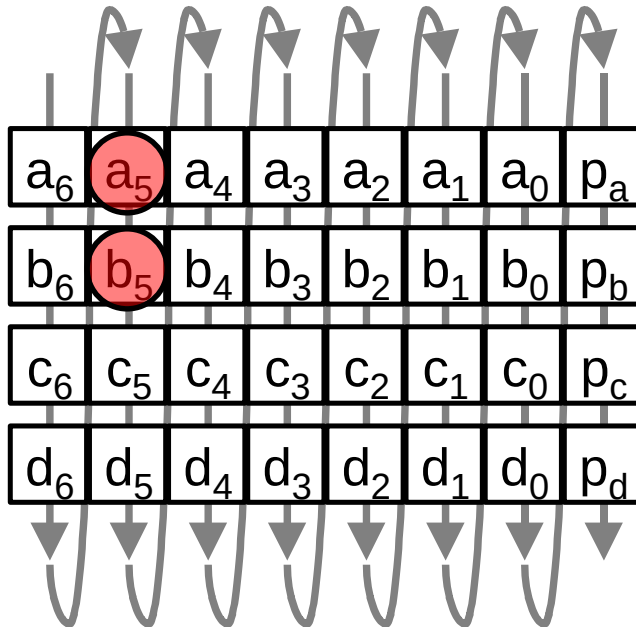
4. Aufgabe



Mit einem Paritätsbit =>
1 Fehler pro Wort/Zeile erkennbar

Sequentielle Übertragung =>
1 Fehler pro Wort(8 Bit)

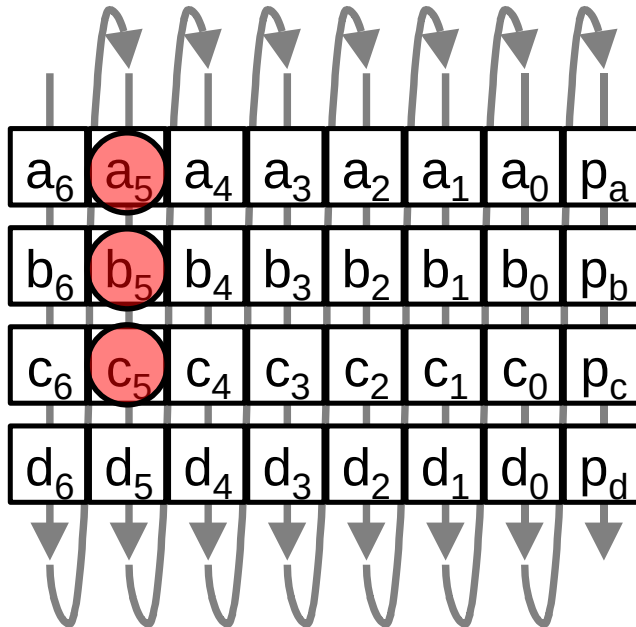
4. Aufgabe



Mit einem Paritätsbit =>
1 Fehler pro Wort/Zeile erkennbar

Sequentielle Übertragung =>
1 Fehler pro Wort(8 Bit)

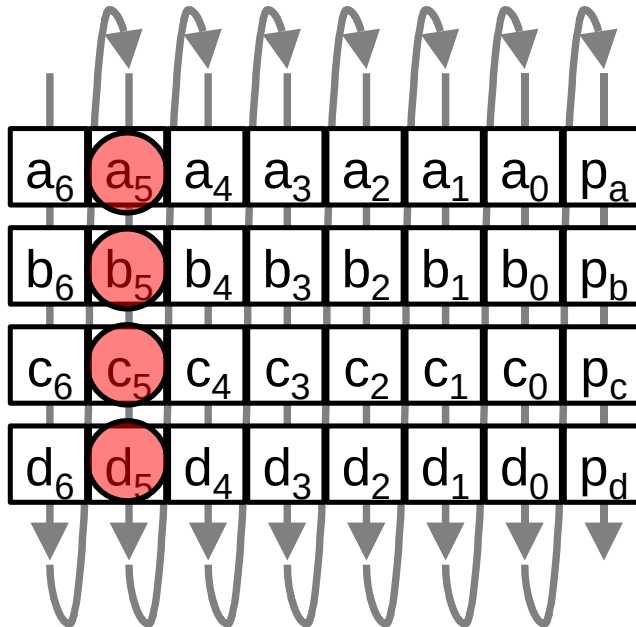
4. Aufgabe



Mit einem Paritätsbit =>
1 Fehler pro Wort/Zeile erkennbar

Sequentielle Übertragung =>
1 Fehler pro Wort(8 Bit)

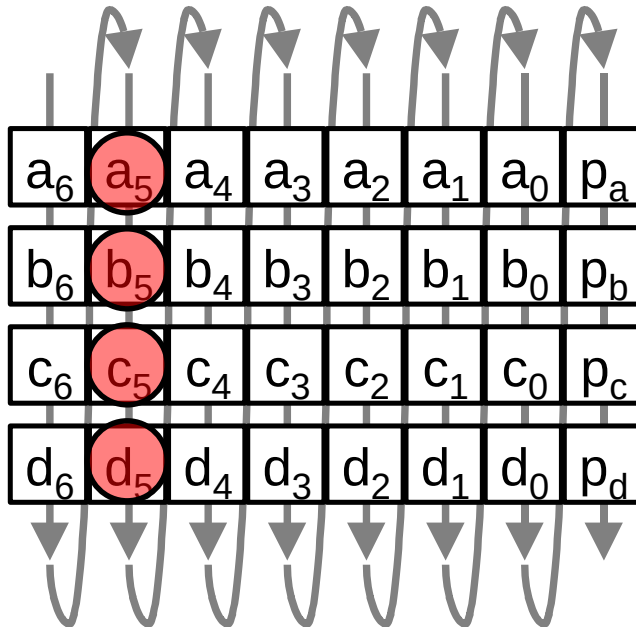
4. Aufgabe



Mit einem Paritätsbit =>
1 Fehler pro Wort/Zeile erkennbar

Sequentielle Übertragung =>
1 Fehler pro Wort(8 Bit)

4. Aufgabe

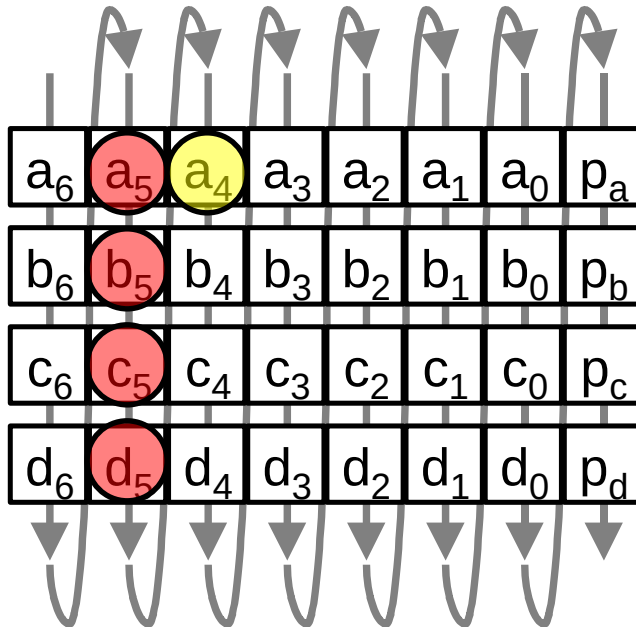


Mit einem Paritätsbit =>
1 Fehler pro Wort/Zeile erkennbar

Sequentielle Übertragung =>
1 Fehler pro Wort(8 Bit)

Umordnung =>
4 Fehler am Stück pro Block
(32 Bit) erkennbar

4. Aufgabe

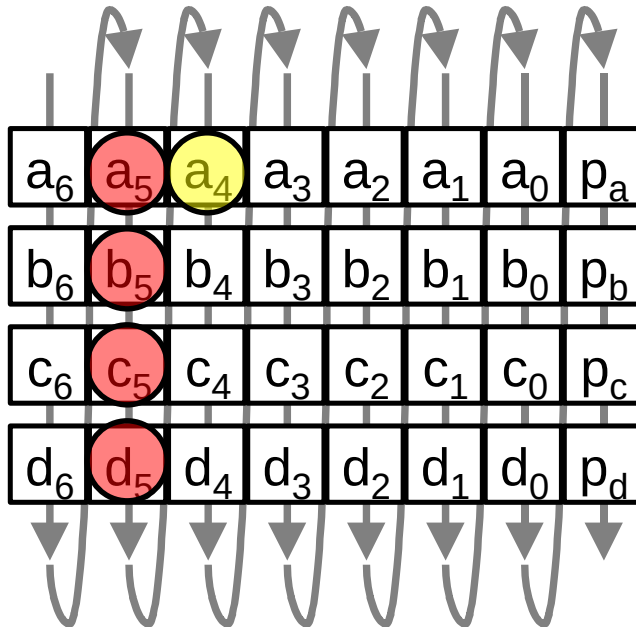


Mit einem Paritätsbit =>
1 Fehler pro Wort/Zeile erkennbar

Sequentielle Übertragung =>
1 Fehler pro Wort(8 Bit)

Umordnung =>
4 Fehler am Stück pro Block
(32 Bit) erkennbar

4. Aufgabe



Mit einem Paritätsbit =>
1 Fehler pro Wort/Zeile erkennbar

Sequentielle Übertragung =>
1 Fehler pro Wort(8 Bit)

Umordnung =>
4 Fehler am Stück pro Block
(32 Bit) erkennbar

Bei 5 Fehlern ist keine Erkennung
möglich !!!

4. Aufgabe

- 4.2 Mit welcher Datenübertragungsrate (in bit/s) dürfen die Daten übertragen werden, wenn Störungen von 1ms Dauer auftreten können und diese sicher erkannt werden müssen?

4. Aufgabe

- 4.2 Mit welcher Datenübertragungsrate (in bit/s) dürfen die Daten übertragen werden, wenn Störungen von 1ms Dauer auftreten können und diese sicher erkannt werden müssen?

maximal 4 Fehler am Stück erkennbar

4. Aufgabe

- 4.2 Mit welcher Datenübertragungsrate (in bit/s) dürfen die Daten übertragen werden, wenn Störungen von 1ms Dauer auftreten können und diese sicher erkannt werden müssen?

maximal 4 Fehler am Stück erkennbar

=> max. 4 Bits pro ms

4. Aufgabe

- 4.2 Mit welcher Datenübertragungsrate (in bit/s) dürfen die Daten übertragen werden, wenn Störungen von 1ms Dauer auftreten können und diese sicher erkannt werden müssen?

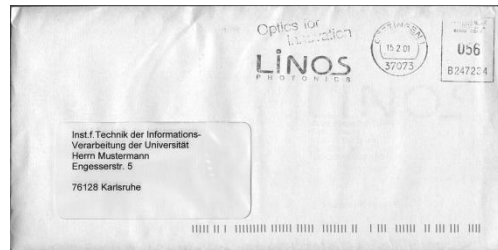
maximal 4 Fehler am Stück erkennbar

=> max. 4 Bits pro ms

=> Maximale Datenübertragungsrate 4000bit/s

5. Aufgabe

- Zur maschinenlesbaren Codierung von Briefen verwendet die Deutsche Post einen Strichcode aus fluoreszierender Farbe. Der Strichcode benutzt zur Codierung der Postleitzahl einen 3-aus-5 Code, bei dem eine 1 durch einen senkrechten Strich dargestellt wird. Bei einer 0 wird kein Strich aufgedruckt. Zudem befinden sich auf dem folgenden Beispiel noch zusätzliche posttechnische Codes.



- Allgemein Codes legen fest, wie Codewörter zu interpretieren sind

- Beispiel Strukturierter Code

- Anzahl Wörter im (2 aus 5)-Code: $N = \binom{5}{2} = \frac{5!}{2!(5-2)!} = 10$

- $m = 5$ $k = 2$

- Folgende Codewörter sind möglich:

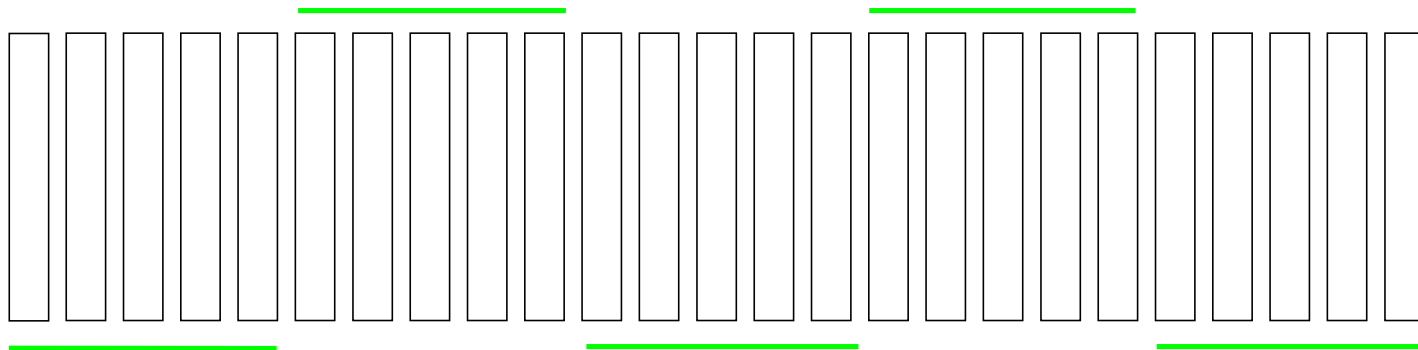
000 11	00 110	0 1010	10001	10100
00 101	0 1001	0 1100	10010	11000

- Der (2 aus 5)-Code eignet sich mit seinen 10 Codewörtern besonders zur Darstellung von Dezimalziffern

5. Aufgabe

- 5.4 Zeichnen Sie den Strichcode für die Postleitzahl 76128 in das vorgegebene Raster ein.

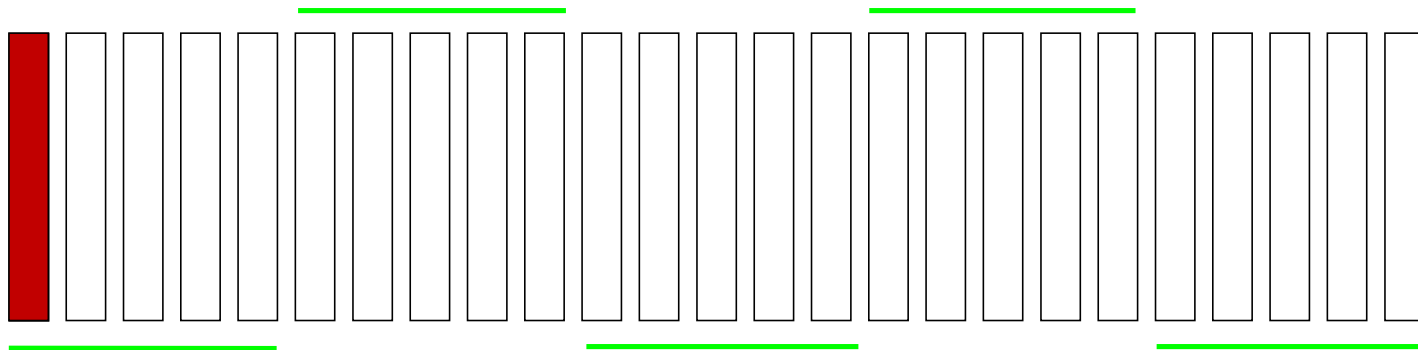
7	6	1	2	8
11001	10110	01011	01101	11010



5. Aufgabe

- 5.4 Zeichnen Sie den Strichcode für die Postleitzahl 76128 in das vorgegebene Raster ein.

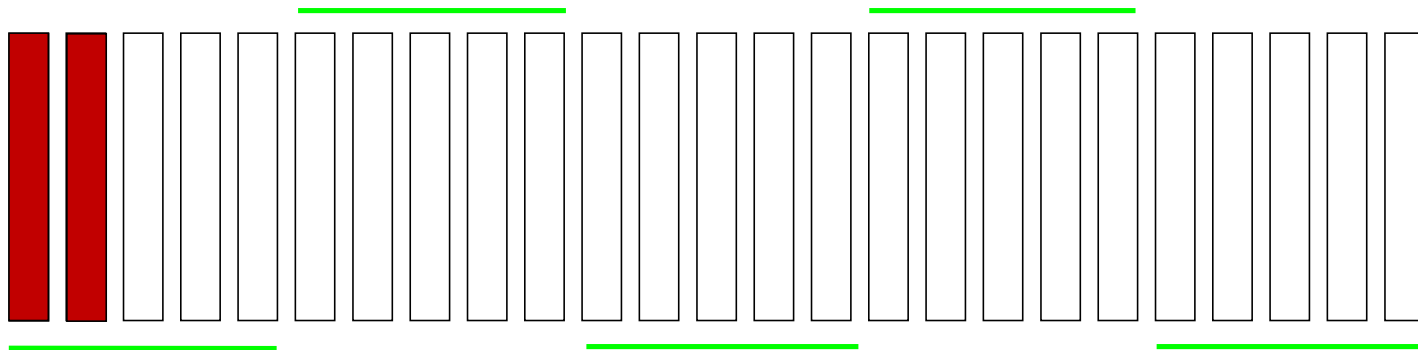
7	6	1	2	8
11001	10110	01011	01101	11010



5. Aufgabe

- 5.4 Zeichnen Sie den Strichcode für die Postleitzahl 76128 in das vorgegebene Raster ein.

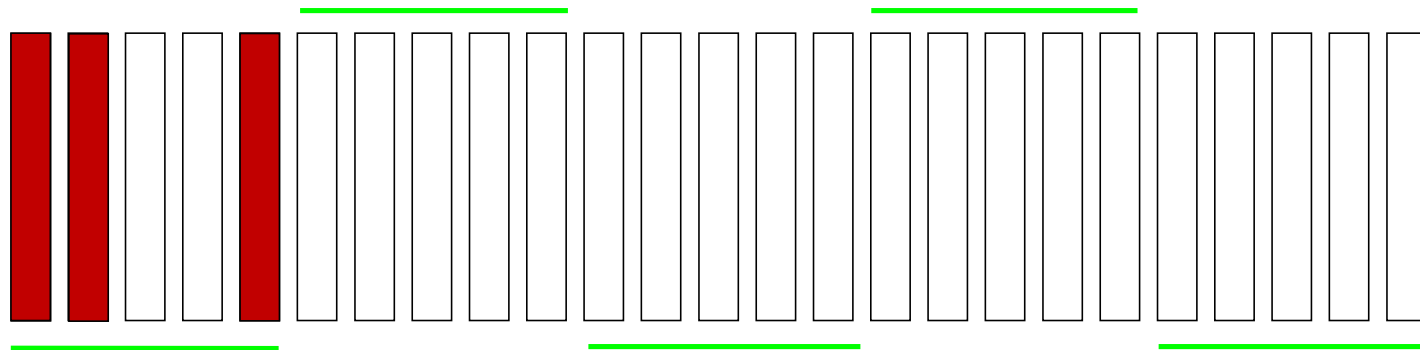
7	6	1	2	8
11001	10110	01011	01101	11010



5. Aufgabe

- 5.4 Zeichnen Sie den Strichcode für die Postleitzahl 76128 in das vorgegebene Raster ein.

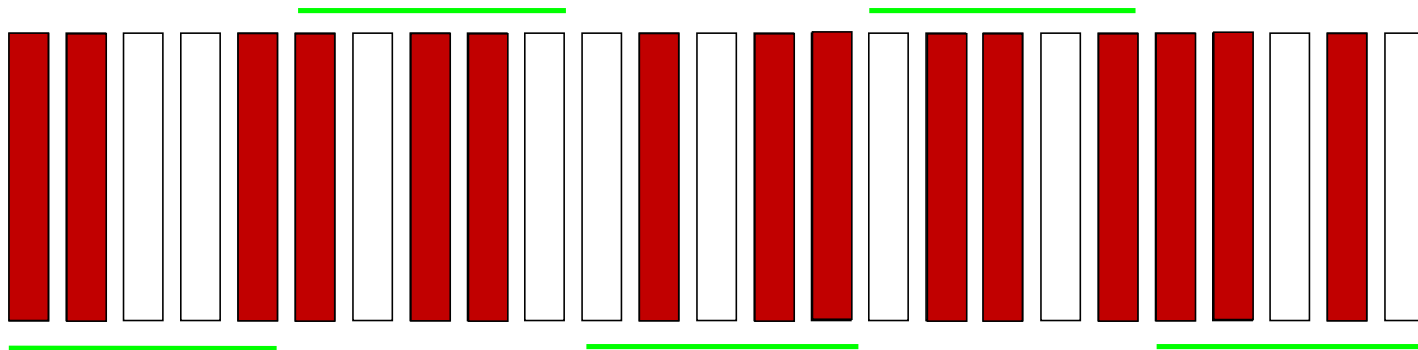
7	6	1	2	8
11001	10110	01011	01101	11010



5. Aufgabe

- 5.4 Zeichnen Sie den Strichcode für die Postleitzahl 76128 in das vorgegebene Raster ein.

7	6	1	2	8
11001	10110	01011	01101	11010



5. Aufgabe

- 5.6 Nun sind vier Postleitzahlen nach dem oben genannten Verfahren codiert worden. Welche der Postleitzahlen sind korrekt, welche sind fehlerhaft?

5. Aufgabe

- 5.6 Nun sind vier Postleitzahlen nach dem oben genannten Verfahren codiert worden. Welche der Postleitzahlen sind korrekt, welche sind fehlerhaft?

1	2	3	4	5	5
---	---	---	---	---	---

5. Aufgabe

- 5.6 Nun sind vier Postleitzahlen nach dem oben genannten Verfahren codiert worden. Welche der Postleitzahlen sind korrekt, welche sind fehlerhaft?

1	2	3	4	5	5
---	---	---	---	---	---

$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 5 = 20$$

5. Aufgabe

- 5.6 Nun sind vier Postleitzahlen nach dem oben genannten Verfahren codiert worden. Welche der Postleitzahlen sind korrekt, welche sind fehlerhaft?

1	2	3	4	5	5
---	---	---	---	---	---

$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 5 = 20$$

5. Aufgabe

- 5.6 Nun sind vier Postleitzahlen nach dem oben genannten Verfahren codiert worden. Welche der Postleitzahlen sind korrekt, welche sind fehlerhaft?

1	2	3	4	5	5
---	---	---	---	---	---



$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 5 = 20$$

5. Aufgabe

- 5.6 Nun sind vier Postleitzahlen nach dem oben genannten Verfahren codiert worden. Welche der Postleitzahlen sind korrekt, welche sind fehlerhaft?

1	2	3	4	5	5
---	---	---	---	---	---



$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 5 = 20$$

5	0	2	2	3	2
---	---	---	---	---	---

5. Aufgabe

- 5.6 Nun sind vier Postleitzahlen nach dem oben genannten Verfahren codiert worden. Welche der Postleitzahlen sind korrekt, welche sind fehlerhaft?

1	2	3	4	5	5
---	---	---	---	---	---



$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 5 = 20$$

5	0	2	2	3	2
---	---	---	---	---	---

$$5 + 0 + 2 + 2 + 3 + 2 = 14$$

5. Aufgabe

- 5.6 Nun sind vier Postleitzahlen nach dem oben genannten Verfahren codiert worden. Welche der Postleitzahlen sind korrekt, welche sind fehlerhaft?

1	2	3	4	5	5
---	---	---	---	---	---



$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 5 = 20$$

5	0	2	2	3	2
---	---	---	---	---	---

$$5 + 0 + 2 + 2 + 3 + 2 = 14$$

5. Aufgabe

- 5.6 Nun sind vier Postleitzahlen nach dem oben genannten Verfahren codiert worden. Welche der Postleitzahlen sind korrekt, welche sind fehlerhaft?

1	2	3	4	5	5
---	---	---	---	---	---



$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 5 = 20$$

5	0	2	2	3	2
---	---	---	---	---	---

f

$$5 + 0 + 2 + 2 + 3 + 2 = 14$$

5. Aufgabe

- 5.6 Nun sind vier Postleitzahlen nach dem oben genannten Verfahren codiert worden. Welche der Postleitzahlen sind korrekt, welche sind fehlerhaft?

1	2	3	4	5	5
---	---	---	---	---	---



$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 5 = 20$$

5	0	2	2	3	2
---	---	---	---	---	---

f

$$5 + 0 + 2 + 2 + 3 + 2 = 14$$

6	8	1	2	0	9
---	---	---	---	---	---

5. Aufgabe

- 5.6 Nun sind vier Postleitzahlen nach dem oben genannten Verfahren codiert worden. Welche der Postleitzahlen sind korrekt, welche sind fehlerhaft?

1	2	3	4	5	5
---	---	---	---	---	---



$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 5 = 20$$

5	0	2	2	3	2
---	---	---	---	---	---

f

$$5 + 0 + 2 + 2 + 3 + 2 = 14$$

6	8	1	2	0	9
---	---	---	---	---	---

$$6 + 8 + 1 + 2 + 0 + 9 = 26$$

5. Aufgabe

- 5.6 Nun sind vier Postleitzahlen nach dem oben genannten Verfahren codiert worden. Welche der Postleitzahlen sind korrekt, welche sind fehlerhaft?

1	2	3	4	5	5
---	---	---	---	---	---



$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 5 = 20$$

5	0	2	2	3	2
---	---	---	---	---	---

f

$$5 + 0 + 2 + 2 + 3 + 2 = 14$$

6	8	1	2	0	9
---	---	---	---	---	---

$$6 + 8 + 1 + 2 + 0 + 9 = 26$$

5. Aufgabe

- 5.6 Nun sind vier Postleitzahlen nach dem oben genannten Verfahren codiert worden. Welche der Postleitzahlen sind korrekt, welche sind fehlerhaft?

1	2	3	4	5	5
---	---	---	---	---	---



$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 5 = 20$$

5	0	2	2	3	2
---	---	---	---	---	---

f

$$5 + 0 + 2 + 2 + 3 + 2 = 14$$

6	8	1	2	0	9
---	---	---	---	---	---

f

$$6 + 8 + 1 + 2 + 0 + 9 = 26$$

5. Aufgabe

- 5.6 Nun sind vier Postleitzahlen nach dem oben genannten Verfahren codiert worden. Welche der Postleitzahlen sind korrekt, welche sind fehlerhaft?

1	2	3	4	5	5
---	---	---	---	---	---



$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 5 = 20$$

5	0	2	2	3	2
---	---	---	---	---	---

f

$$5 + 0 + 2 + 2 + 3 + 2 = 14$$

6	8	1	2	0	9
---	---	---	---	---	---

f

$$6 + 8 + 1 + 2 + 0 + 9 = 26$$

7	6	2	2	8	5
---	---	---	---	---	---

5. Aufgabe

- 5.6 Nun sind vier Postleitzahlen nach dem oben genannten Verfahren codiert worden. Welche der Postleitzahlen sind korrekt, welche sind fehlerhaft?

1	2	3	4	5	5
---	---	---	---	---	---



$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 5 = 20$$

5	0	2	2	3	2
---	---	---	---	---	---

f

$$5 + 0 + 2 + 2 + 3 + 2 = 14$$

6	8	1	2	0	9
---	---	---	---	---	---

f

$$6 + 8 + 1 + 2 + 0 + 9 = 26$$

7	6	2	2	8	5
---	---	---	---	---	---

$$7 + 6 + 2 + 2 + 8 + 5 = 30$$

5. Aufgabe

- 5.6 Nun sind vier Postleitzahlen nach dem oben genannten Verfahren codiert worden. Welche der Postleitzahlen sind korrekt, welche sind fehlerhaft?

1	2	3	4	5	5
---	---	---	---	---	---



$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 5 = 20$$

5	0	2	2	3	2
---	---	---	---	---	---

f

$$5 + 0 + 2 + 2 + 3 + 2 = 14$$

6	8	1	2	0	9
---	---	---	---	---	---

f

$$6 + 8 + 1 + 2 + 0 + 9 = 26$$

7	6	2	2	8	5
---	---	---	---	---	---

$$7 + 6 + 2 + 2 + 8 + 5 = 30$$

5. Aufgabe

- 5.6 Nun sind vier Postleitzahlen nach dem oben genannten Verfahren codiert worden. Welche der Postleitzahlen sind korrekt, welche sind fehlerhaft?

1	2	3	4	5	5
---	---	---	---	---	---

✓

$$1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 5 = 20$$

5	0	2	2	3	2
---	---	---	---	---	---

f

$$5 + 0 + 2 + 2 + 3 + 2 = 14$$

6	8	1	2	0	9
---	---	---	---	---	---

f

$$6 + 8 + 1 + 2 + 0 + 9 = 26$$

7	6	2	2	8	5
---	---	---	---	---	---

✓

$$7 + 6 + 2 + 2 + 8 + 5 = 30$$