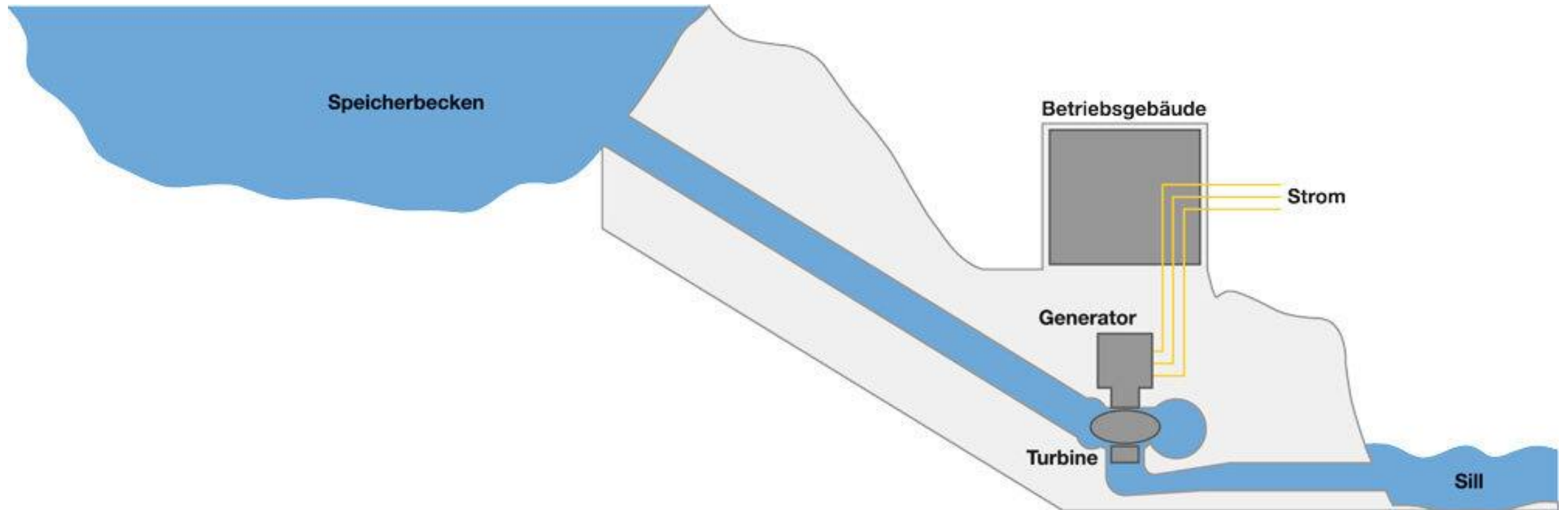


Produktion elektrischer Energie in Speicherkraftwerken



Aufbau Speicherkraftwerk



Energieumwandlung beim Speicherkraftwerk

- $P_{Th} = Q_t * \rho * g * H_t$
- $H_t = h_t - h_T$
- $P = P_{Th} * \eta$



$f(x)$

Funktion

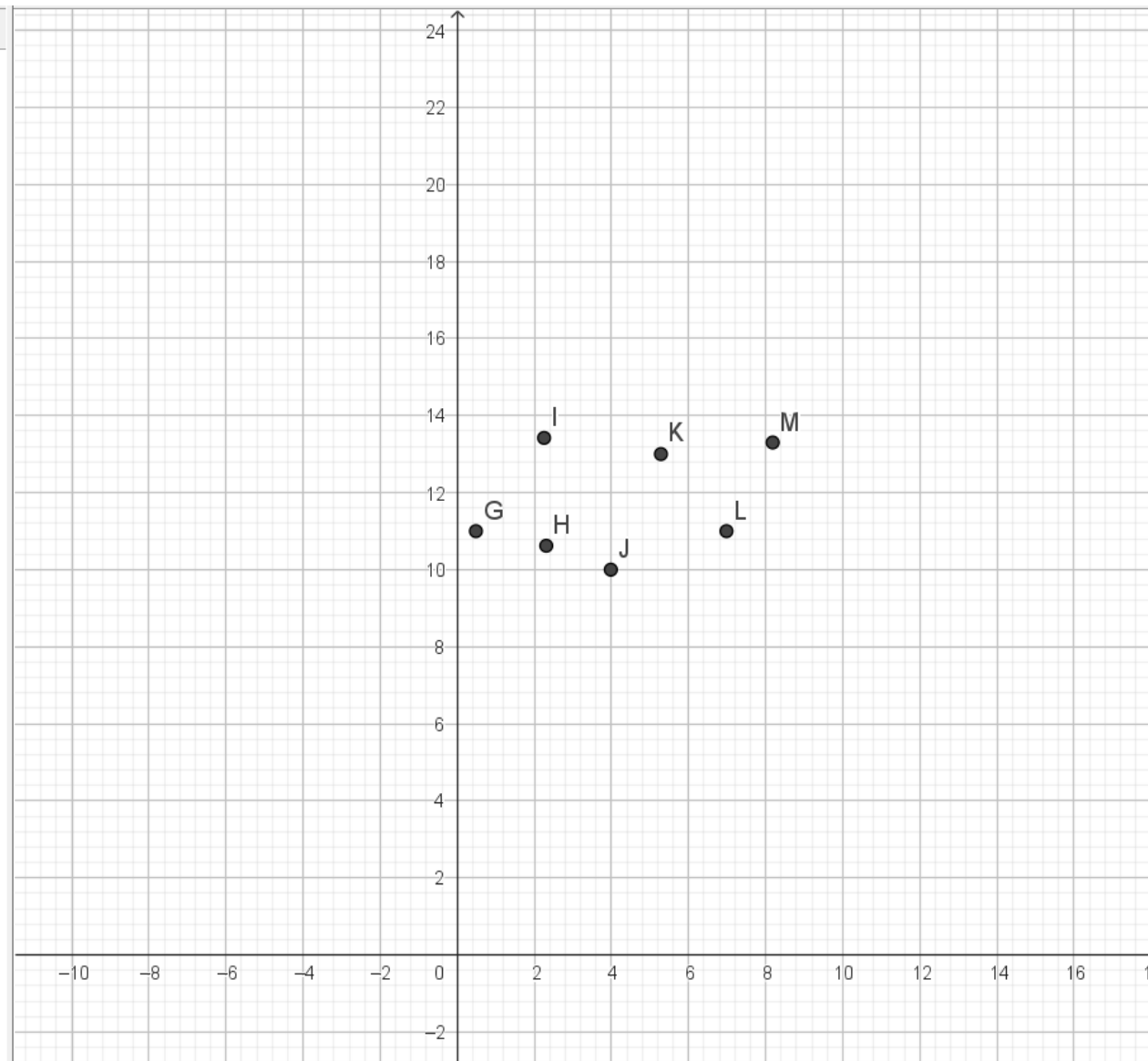
$g(x) = -0.18x^6 + 4.91x^5 - 52.51x^4 + 274.4x^3 - 713.83x^2 + 817.29x - 250.36$

Liste

Liste = $\{(0.5, 11), (2.32, 10.62), (2.27, 13.42), (4, 10), (5.3, 13), (7, 11), (8.2, 13.3)\}$

Punkt

- G = (0.5, 11)
- H = (2.32, 10.62)
- I = (2.27, 13.42)
- J = (4, 10)
- K = (5.3, 13)
- L = (7, 11)
- M = (8.2, 13.3)



Eingabe:

  $f(x)$

Funktion

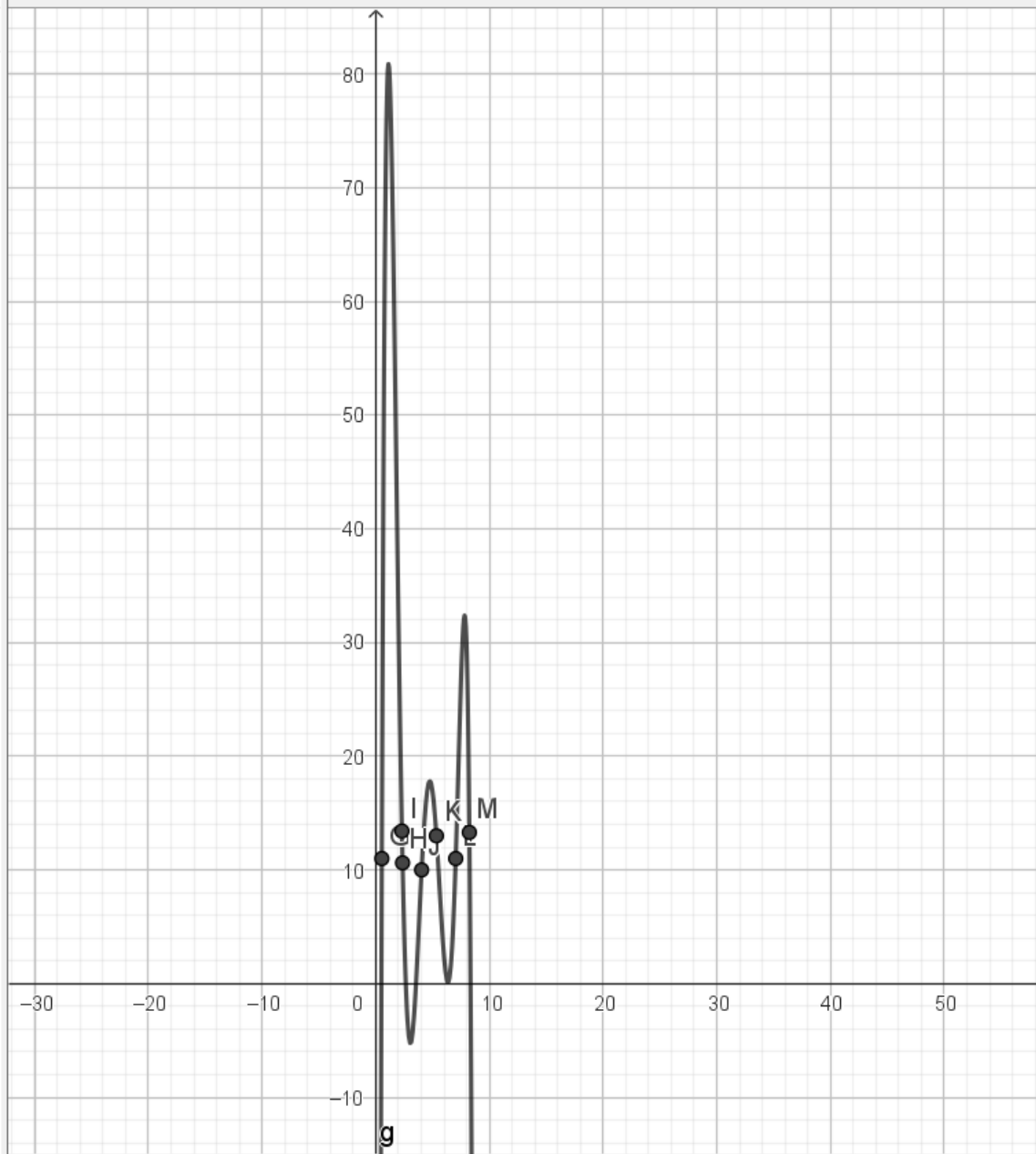
- $g(x) = -0.18x^6 + 4.91x^5 - 52.51x^4 + 274.4x^3 - 713.83x^2 + 817.29x - 250.36$

Liste

- Liste = $\{(0.5, 11), (2.32, 10.62), (2.27, 13.42), (4, 10), (5.3, 13), (7, 11), (8.2, 13.3)\}$

Punkt

- G = (0.5, 11)
- H = (2.32, 10.62)
- I = (2.27, 13.42)
- J = (4, 10)
- K = (5.3, 13)
- L = (7, 11)
- M = (8.2, 13.3)



1 Speicherkraftwerk

Speicherkenlinie $f(h) = V$ umformen in $h = f^{-1}(V)$

$$H = h - h_{Turbine} \quad P_{Th} = Q \cdot H \cdot g \cdot \rho \quad P = P_{Th} \cdot \eta(Q, H)$$

Alles zeitabhängig

$$\text{Zielfunktional } \int_{T_A}^{T_E} P(\tau) d\tau \longrightarrow \max!$$

Nebenbedingungen

$$V(t) = V(T_A) + \int_{T_A}^t (Z(\tau) - Q(\tau) - S(\tau)) d\tau$$

$$V(T_A) = V_A \quad V(T_E) = V_E$$

$$0 \leq Q(t) \leq Q_{max} \quad 0 \leq S(t) \leq S_{max}$$

mit (im MKS-System)

h absolute Höhe, H relative Fallhöhe

P_{Th} potentielle Energie, P elektrische Energie, Q Durchflussmenge

V Speichervolumen, Z Zufluss, S Überwasser

T_A Anfangszeitpunkt, T_E Endzeitpunkt

V_A Anfangsvolumen, V_E Endvolumen

Speicherkraftwerk diskretisierte Optimierung

Speicherkenlinie $h = f^{-1}(V)$

$$H = h - h_{Turbine} \quad P_{Th} = Q \cdot H \cdot g \cdot \rho \quad P = P_{Th} \cdot \eta(Q, H)$$

Alles zeitabhängig, aber konstant je Stunde, d.h.,

$$Q(t) = Q_i \text{ für } t \in [t_{i-1}, t_i] \text{ mit } t_i = i \cdot 3600, \quad T_A = 0, \quad T_E = 24 \cdot 3600$$

Analog für alle weiteren Funktionen.

Zielfunktional:

$$\sum_{i=1}^{24} P_i \cdot 3600 \longrightarrow \max! \quad \text{mit} \quad P_i = Q_i \cdot H_i \cdot g \cdot \rho \cdot \eta(Q_i, H_i)$$

Nebenbedingungen:

$$V_{i+1} = V_i + (Z_i - Q_i - S_i) \cdot 3600 \quad \text{für } i = 1, \dots, 24$$

$$V_0 = V(T_A) = V_A \quad V_{24} = V(T_E) = V_E$$

$$0 \leq Q_i \leq Q_{max} \quad 0 \leq S_i \leq S_{max} \quad i = 1, \dots, 24$$

mit (im MKS-System)

h absolute Höhe, H relative Fallhöhe

P_{Th} potentielle Energie, P elektrische Energie, Q Durchflussmenge

V Speichervolumen, Z Zufluss, S Überwasser

T_A Anfangszeitpunkt, T_E Endzeitpunkt

V_A Anfangsvolumen, V_E Endvolumen

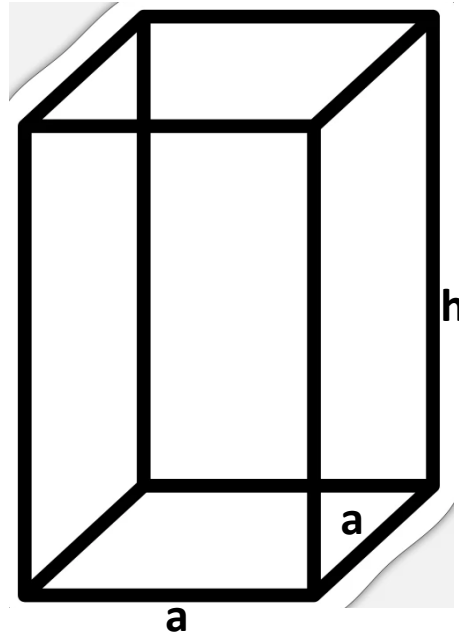
Three white tetrapack cartons are arranged in a row, slightly out of focus, serving as a background for the text. Each carton has a small cap at the top and a diagonal crease on its side.

Extremwertbeispiel

„Tetrapack Aufgabe“

Tetrapack-Aufgabe

- Vereinfachte Darstellung:



- Hauptbedingung: Minimaler Materialverbrauch
 $O = G + M + D = 2 \cdot a^2 + 4 \cdot a \cdot h$
- Nebenbedingung: $V = G \cdot h = a^2 \cdot h = 1000 \text{ cm}^3$

$a > 0$ und $h > 0$

1) Eine Variable eliminieren

$$2 \text{ Optionen } \rightarrow a = \sqrt{\frac{1000}{h}}$$

oder

$$\rightarrow h = \frac{1000}{a^2}$$

Nur positiv weil $a > 0$

2) In Hauptbedingung einsetzen (hier für h)

$$\tilde{O}(a) = 2a^2 + 4 \cdot a \cdot \frac{1000}{a^2} = 2a^2 + \frac{4000}{a}$$

3) Differenzieren (1. Ableitung)

$$\tilde{O}'(a) = 4a + 4000 \cdot a^{-2} \cdot (-1)$$

4) Notwendige Voraussetzung für ein Minimum:

$$\tilde{O}'(a)=0$$

$$\Rightarrow 4a = \frac{4000}{a^2}$$

$$\Rightarrow a^3 = 1000$$

$$\Rightarrow \bar{a} = 10 \quad \bar{a} \Rightarrow \text{kritischer Punkt, stationärer Punkt}$$

5) 2. Ableitung

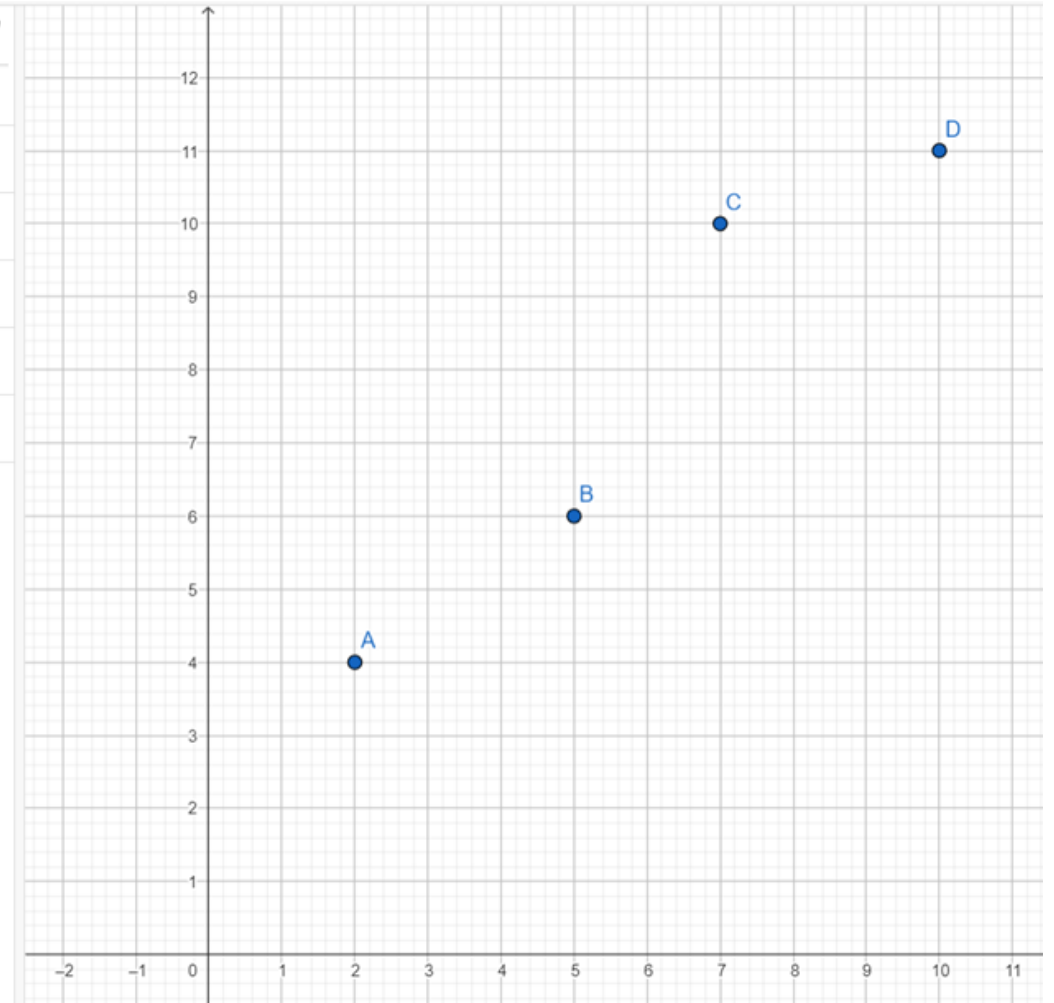
$$\tilde{O}''(a) = 4 - 4000 \cdot (-2) a^{-3}$$

$$\tilde{O}''(\bar{a}) = 4 + \frac{8000}{1000} = 12 > 0$$

=> strenges lokales Minimum

$$A = \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 5 & 1 \\ 7 & 1 \\ 10 & 1 \end{bmatrix}, b = \begin{bmatrix} 4 \\ 6 \\ 10 \\ 11 \end{bmatrix}$$

Punkt		
●	A = (2, 4)	⋮
●	B = (5, 6)	⋮
●	C = (7, 10)	⋮
●	D = (10, 11)	⋮
+	Eingabe...	



Normalgleichungen:

$$A^T * A * x = A^T * b$$

$$\begin{bmatrix} 2 & 5 & 7 & 10 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 2 & 1 \\ 5 & 1 \\ 7 & 1 \\ 10 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 4 + 25 + 49 + 100 & 2 + 5 + 7 + 10 \\ 2 + 5 + 7 + 10 & 1 + 1 + 1 + 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 178 & 24 \\ 24 & 4 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 2 & 5 & 7 & 10 \\ 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} 4 \\ 6 \\ 10 \\ 11 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 8 + 30 + 70 + 110 \\ 4 + 6 + 10 + 11 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 218 \\ 31 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 178 & 24 \\ 24 & 4 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} k \\ d \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 218 \\ 31 \end{bmatrix}$$
















$$178k + 24d = 218$$

$$24k + 4d = 31$$

$$k = \frac{16}{17}$$

$$d = \frac{143}{68}$$

$$y = \frac{16}{17}x + \frac{143}{68}$$

				
<input type="checkbox"/>	Gerade			
	$f: y = \frac{16}{17}x + \frac{143}{68}$			
<input type="checkbox"/>	Punkt			
	A = (2, 4)			
	B = (5, 6)			
	C = (7, 10)			
	D = (10, 11)			
<input type="checkbox"/>	Eingabe...			

