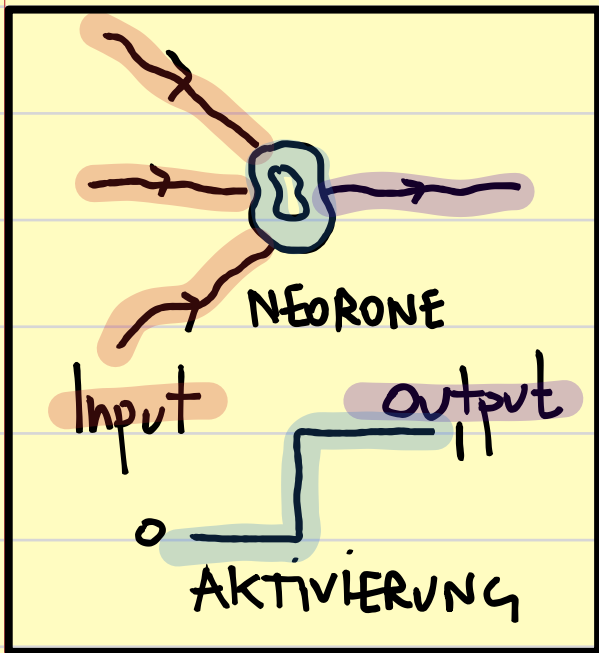


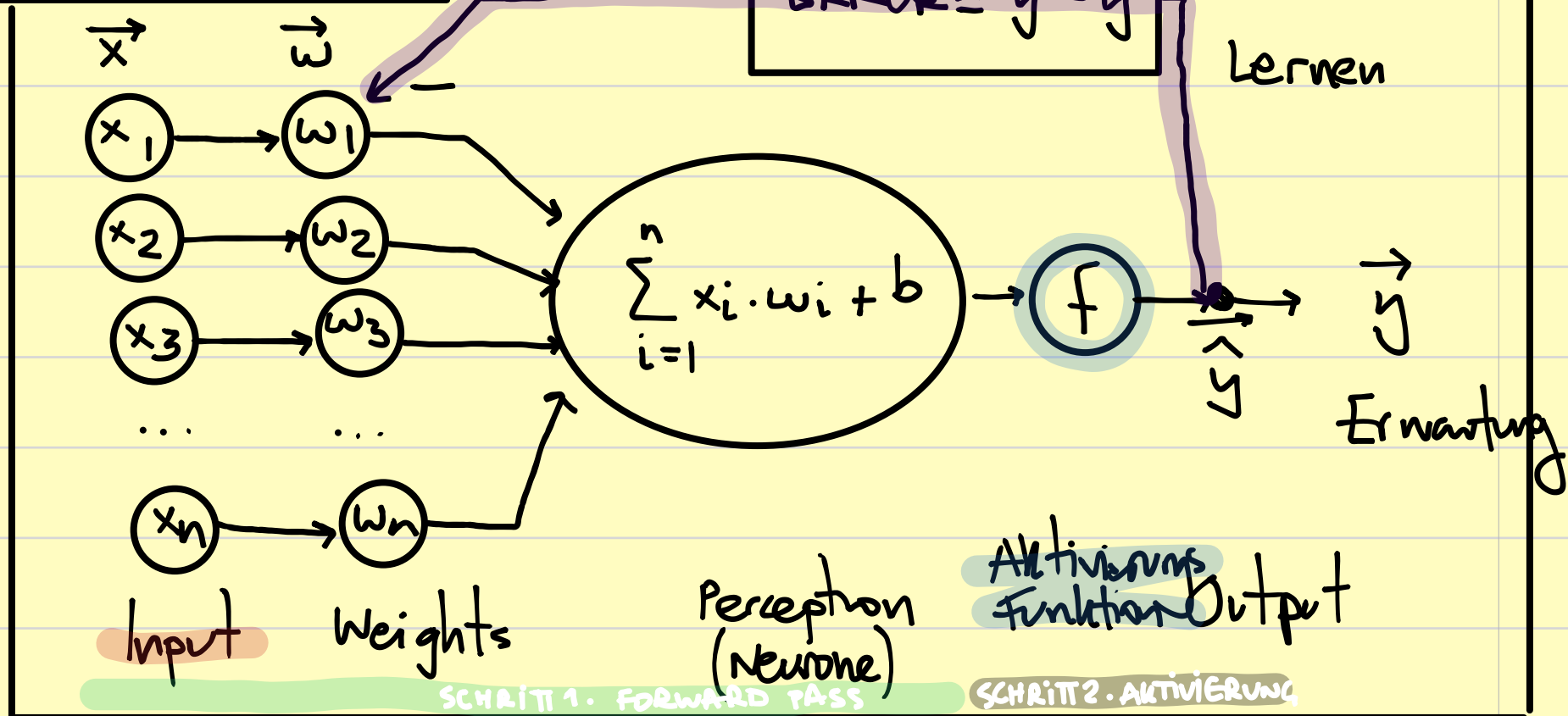
Deep learning ..by hand:



≡ Einzelneuron ≡ PERCEPTRON

$$\text{ERROR} = \vec{y} - \hat{y}$$

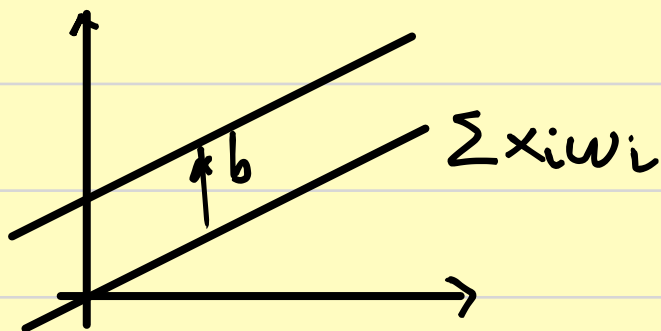
Lernen



PERCEPTRON.

- SCHRITT 1. FORWARD PASS. Wir multiplizieren die Input-Signale mit den Weights und addieren sie + bias.

$$\sum_{i=1}^n x_i w_i + b$$

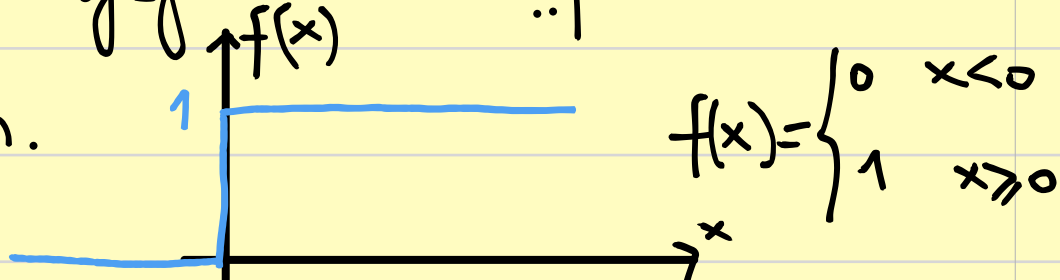


• SCHRITT 2. AKTIVIERUNGSFUNKTION

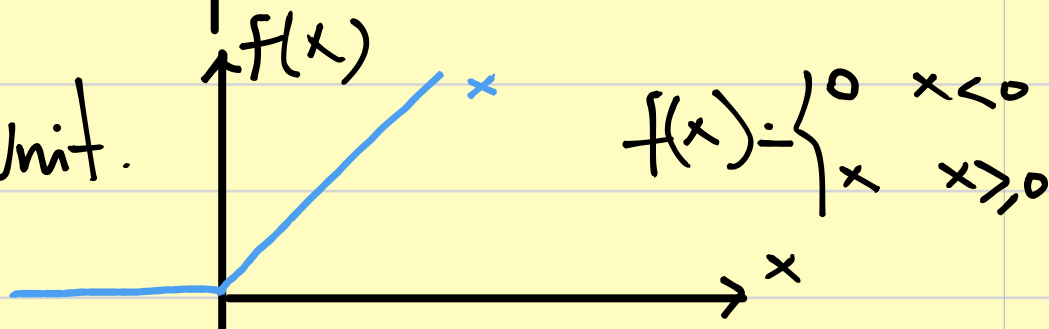
$$\hat{y} = f\left(\sum x_i w_i + b\right)$$

Beispiele für Aktivierungsfunktionen f :

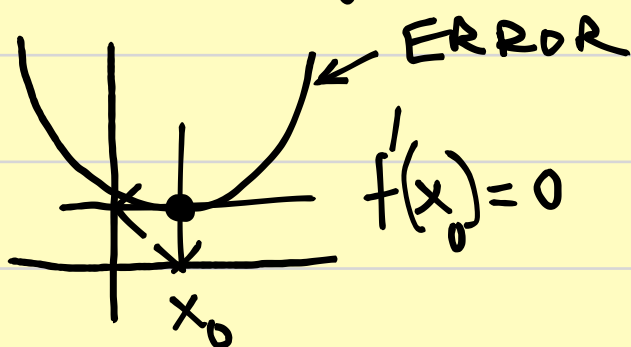
1) Schritt funktion.



2) Rectifier linear Unit.



• SCHRITT 3. BACKPROPAGATION. Wir wollen eine Kostenfunktion (ERROR) minimieren. Dies wird durch die Ableitung der Kostenfunktion erreicht.



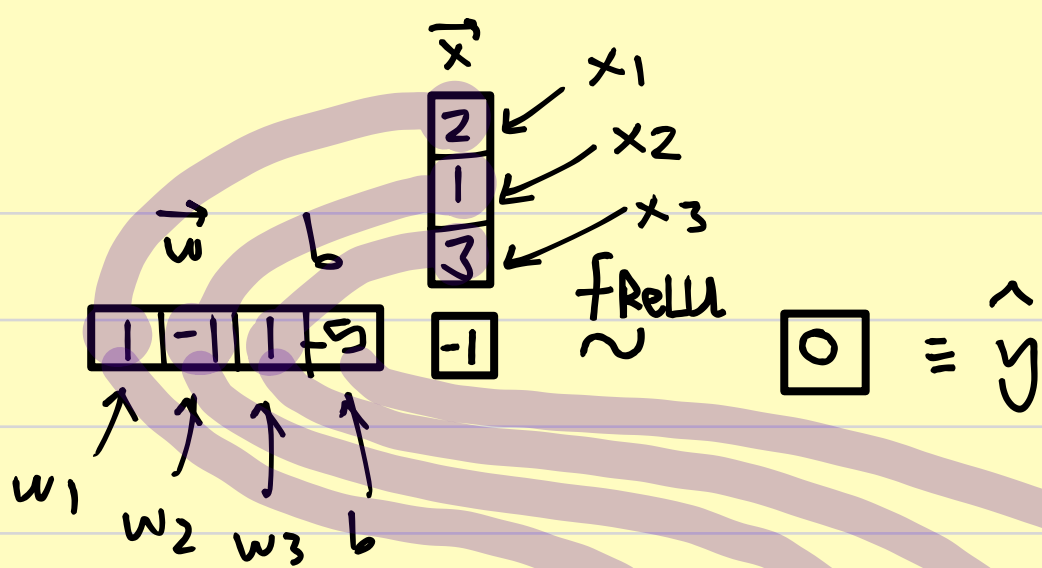
Beispiel. 1. Einzelne neurone. Perceptron. FORWARD PASS.

$$\vec{x} = \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \\ 3 \end{bmatrix} \begin{matrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{matrix}$$

$$\vec{w} = \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \\ 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} w_1 \\ w_2 \\ w_3 \end{matrix}$$

$$b = -5$$

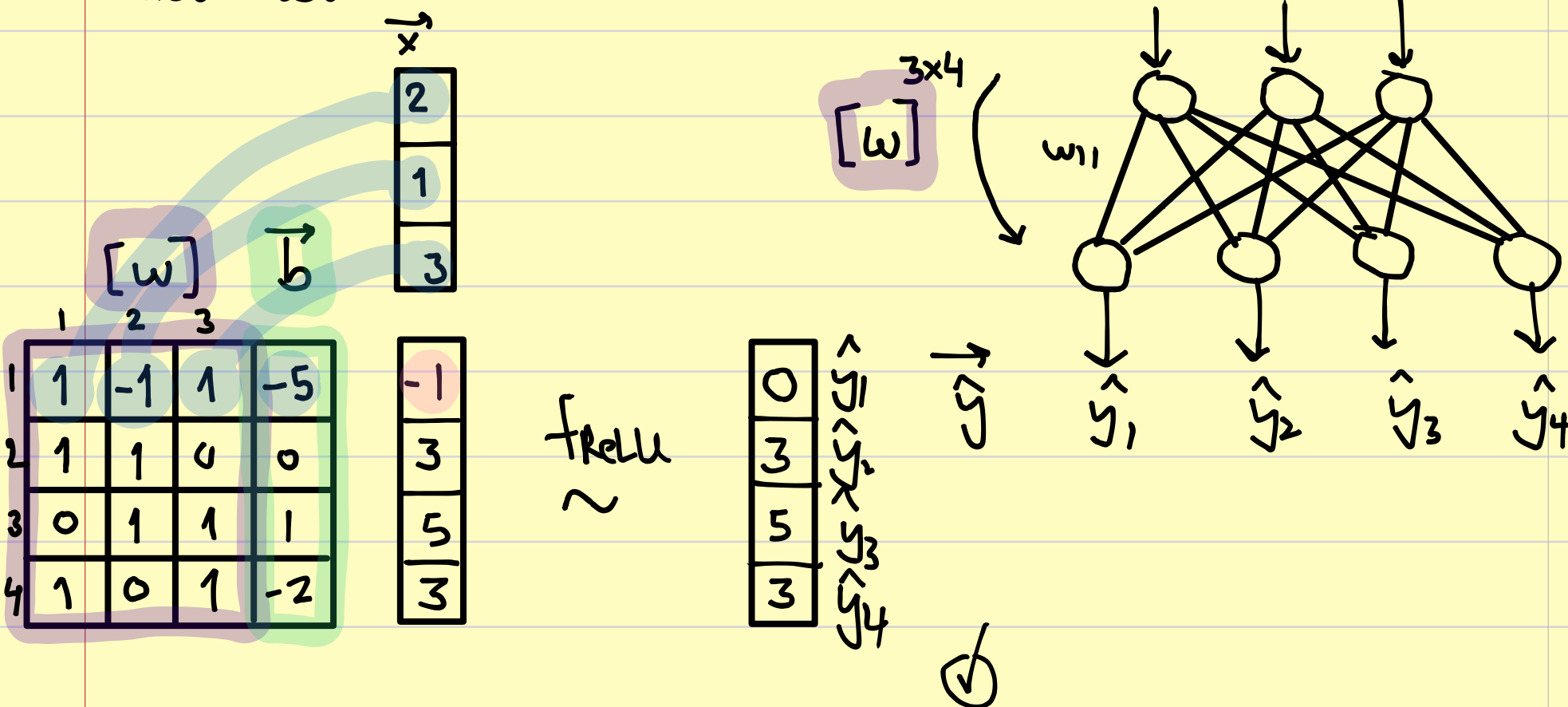
$$f\left[\sum_{i=1}^n x_i w_i + b\right] = \hat{y}$$



$$\sum x_i \cdot w_i + b = 2 \cdot 1 + 1 \cdot (-1) + 3 \cdot 1 + (-5) = -1$$

$$f_{\text{ReLU}}(-1) = 0 = \hat{y}$$

Beispiel . 2. Ermitteln Sie den Output des FORWARD PASSES von 2 Perceptron Layers mit jeweils 3 & 4 Neuronen.



(1)

$$2 \cdot 1 + 1 \cdot (-1) + 3 \cdot 1 + (-5) = -1$$

$$2 \cdot 1 + 1 \cdot 1 + 3 \cdot 0 + 0 = 3$$

$$2 \cdot 0 + 1 \cdot 1 + 3 \cdot 1 + 1 = 5$$

$$2 \cdot 1 + 1 \cdot 0 + 3 \cdot 1 + (-2) = 3$$

$$(2) \hat{y} = f_{\text{ReLU}} \left[\sum_{i=1}^n x_i w_i + b \right] = f_{\text{ReLU}} \left[[2 \ 1 \ 3] \begin{bmatrix} 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -5 \\ 0 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix} \right] = \begin{bmatrix} -1 \\ 3 \\ 5 \\ 3 \end{bmatrix}$$

Übung: Ermitteln Sie den Output des Forward Passes von 2 Perceptron Layers mit jeweils 4 und 5 Neuronen.

$$\vec{x} = \begin{bmatrix} 4 \\ 1 \\ 3 \\ 2 \end{bmatrix} \quad w = \begin{bmatrix} 1 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & -1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & -1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix} \quad \vec{b} = \begin{bmatrix} -3 \\ 2 \\ 2 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad \vec{\hat{y}}?$$

