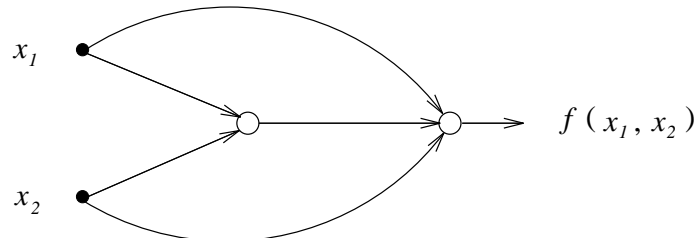




Abgabe: bis 20.12.

**Aufgabe 9.1** (14 Punkte)

Betrachten Sie folgendes Multilagen-Perzeptron



Beschriften Sie die gegebene Skizze entsprechend der Notation aus der Vorlesung (fügen Sie die Bias-Terme hinzu)!

Welche Funktion  $f(x_1, x_2)$  wird durch dieses Netz realisiert? Geben Sie  $f$  in Abhängigkeit von Gewichten und Biases an!

Betrachten Sie die Fehlerfunktion des Netzes:

$$E(\mathbf{W}) = \frac{1}{2}(y - f(x_1, x_2))^2$$

wobei  $y$  den erwünschten Ausgabewert für die Eingabe  $(x_1, x_2)$  bezeichnet.  $\mathbf{W}$  bezeichnet die Menge aller Gewichte des MLPs.  $E$  soll iterativ durch einen Gradientenabstieg minimiert werden. Jedes Gewicht bzw. jeder Bias wird in einem Iterationsschritt um den Betrag  $\Delta w$  bez.  $\Delta \Theta$  geändert:

$$\begin{aligned} w_{neu} &= w_{alt} + \Delta w \\ \Delta w &= -\epsilon \frac{\partial E}{\partial w} \\ \Delta \Theta &= -\epsilon \frac{\partial E}{\partial \Theta} \end{aligned}$$

Die Konstante  $\epsilon$  wird als Lernschrittweite bezeichnet. Berechnen Sie die Änderungen für alle Gewichte und Biase des obigen MLPs für den Gradientenabstieg (entsprechend backprop-Lernregel)!

Welche Gewichte und Biase erwarten Sie, wenn das gezeigte MLP das XOR-Problem löst?

Implementieren Sie unter Verwendung Ihrer Überlegungen zum objekt-orientierten Konzept eines neuronalen Netzes das gezeigte MLP. Das Konzept muß etwas erweitert werden, um die backpropagation-Lernregel zu realisieren.

Lernen Sie nun das Netz, so dass es das XOR-Problem löst. Wählen Sie als Aktivierungsfunktion für alle Neurone:

$$g(x) = \frac{1}{1 + \exp(-x)}$$

Trainingsparameter: 3500 Epochen wobei 1 Epoche = einmaliges Präsentieren eines jeden Trainingsbeispiels des folgenden Trainingsdatensatzes

$x_1$	$x_2$	$y = \text{XOR}(x_1, x_2)$
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Lernschrittweite  $\epsilon = 0.5$ . Welche Werte ergeben sich?

Lassen Sie die gut kommentierten Source-Codes Ihrer Implementierung per email dem Übungsleiter zukommen.

Für das korrekte Lernen ist die korrekte Berechnung der  $\Delta w$  und  $\Delta \Theta$  wichtig. Sind Sie sich unsicher, bitten Sie den Übungsleiter um Vergleich der Zwischenergebnisse.