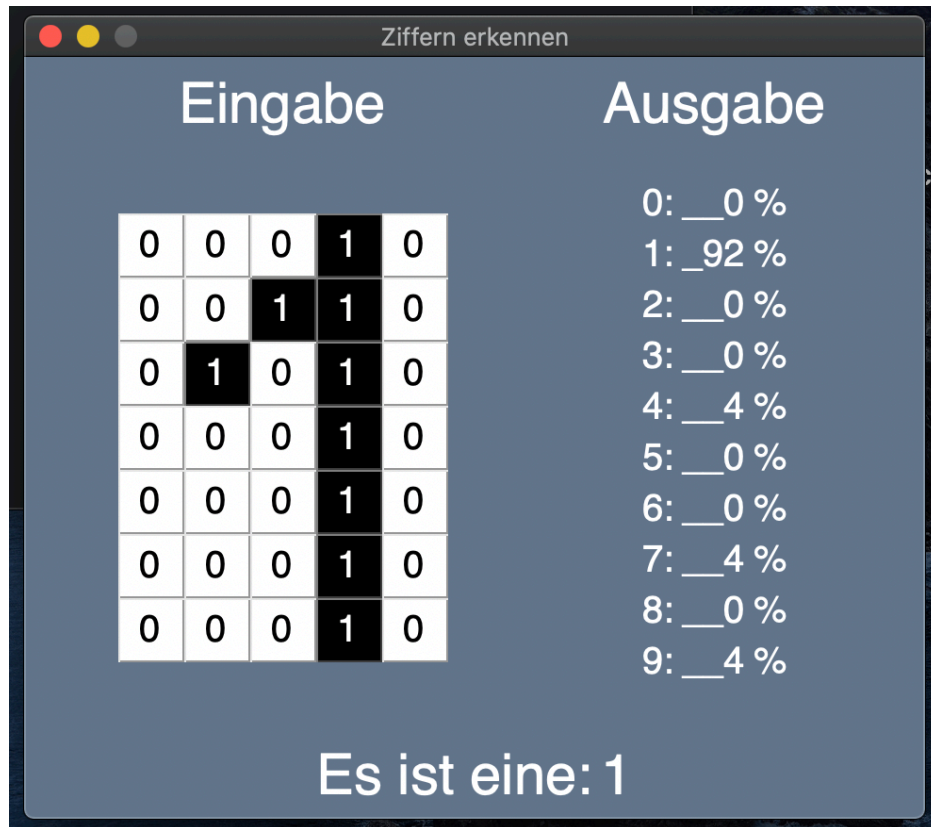


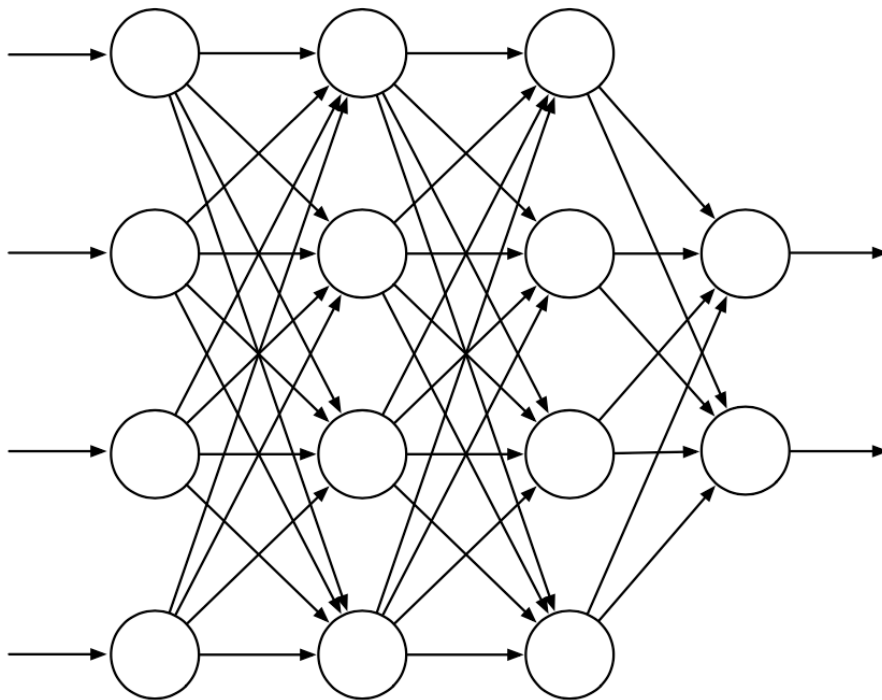
Abschlusspräsentation Computational Intelligence

Ziffernerkennung mittels neuronalem Perzeptron-Netz

Hannes Dröse



- Erkennung der Ziffern 0-9 in 7x5 Pixelraster
- Pixelwerte: 0 – leer, 1 – gefüllt
- kleine interaktive Anwendung mit Eingabe und Ausgabe



Grafik aus Sutton und Barto 2018

- neuronales Netz mit Schichten aus Perzeptronen
- vorwärtsgerichtet
- Training mittels Beispieldaten & Gradientenabstiegsverfahren

Berechnungen im Netz

- Ausgabe einer Schicht:

$$\vec{y} = \phi(\vec{b} + W \cdot \vec{x})$$

- Korrektur der Gewichte:

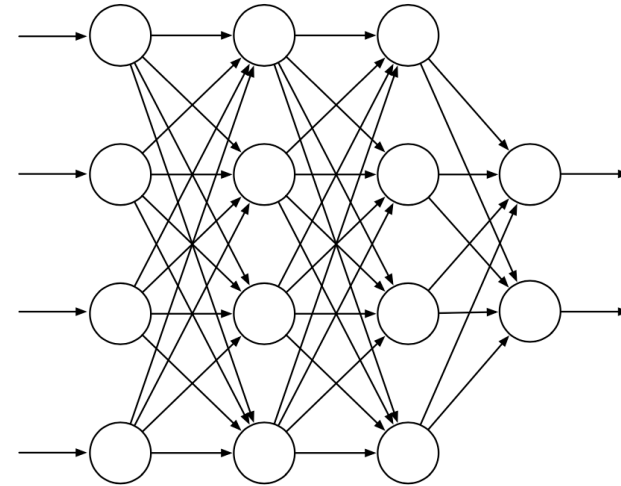
$$W_{neu} = W_{alt} - \lambda \cdot \Delta_W$$

$$\vec{b}_{neu} = \vec{b}_{alt} - \lambda \cdot \Delta_{\vec{b}}$$

- Gradienten:

$$\Delta_{\vec{b}} = \frac{\delta E}{\delta \vec{b}}$$

$$\Delta_W = \frac{\delta E}{\delta W}$$



W ..Gewichtsmatrix

\vec{b} ..Biaswerte

ϕ ..Aktivierungsfunktion

λ ..Lernrate

E ..Fehlerfunktion

- Topologie des Netzes
 - Eingabe-Schicht: 7x5 Pixel = 35 Neuronen
 - Ausgabe-Schicht: 10 Ziffern = 10 Neuronen
 - verdeckte Schichten:
 - eine Schicht reicht i.d.R. aus
 - Neuronenzahl wird experimentell ermittelt
- Aktivierungsfunktion: logistische Funktion
- Fehlerfunktion: Mean Squared Error
- Lernrate: wird experimentell ermittelt
- Optimierung: Batch-Learning

$$\phi(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}}$$

$$E(\vec{y}, \hat{y}) = \frac{1}{n} \cdot \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$$

- Programmiersprache: Python
- Net-Module:
 - Bibliothek zum Arbeiten mit neuronalen Netzen
 - Initialisierung, Berechnung von Ergebnissen und Fehlerwerten, Training usw.
- Digits-Module:
 - lädt die Beispieldaten (CSV-Dateien in einem Ordner)
- Hauptprogramm:
 - Jupyter Notebook
 - bestimmt das optimale Netz
 - trainiert das Netz
 - generiert Grafiken und Daten zur Auswertung
- Demo-App:
 - Projektziel
 - interaktive Anwendung mit Eingabe-Raster und Ausgabe

Beispieldaten

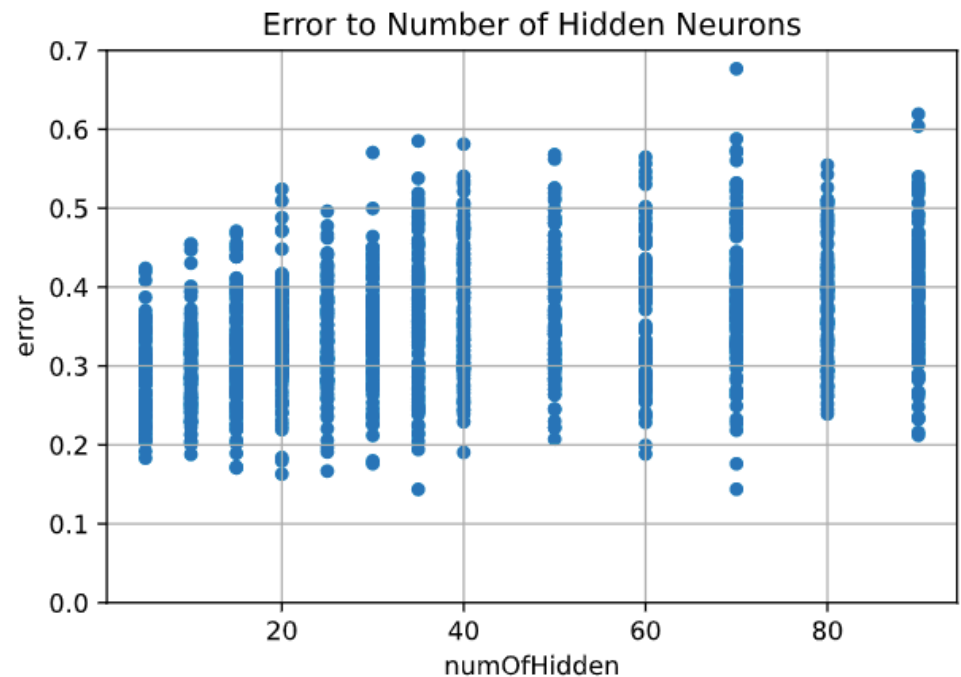
Trainingsdaten

normal	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0																															
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
normal-klein	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
digital	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr></table>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1																															
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
digital-klein	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
evag	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr></table>	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	<table><tr><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	<table><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>1</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>1</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td>0</td></tr></table>	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0																															
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	1	1	1	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	1	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	0	0	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
1	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	1	1	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	0	1																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
0	0	0	1	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																

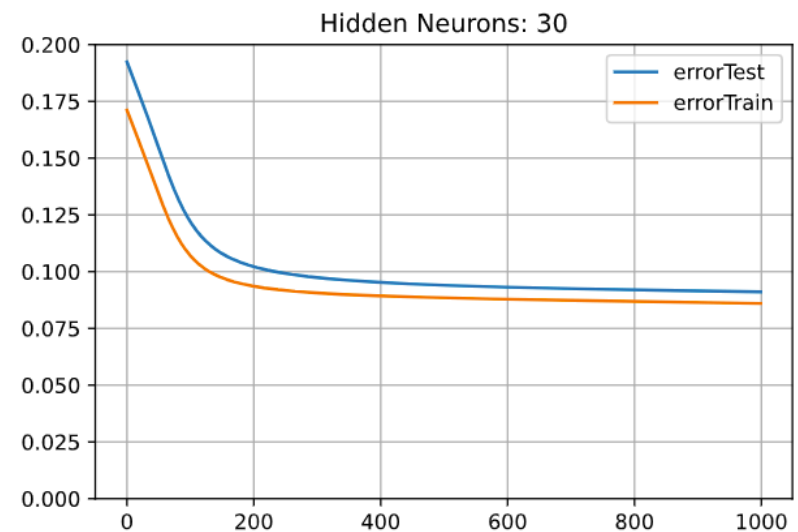
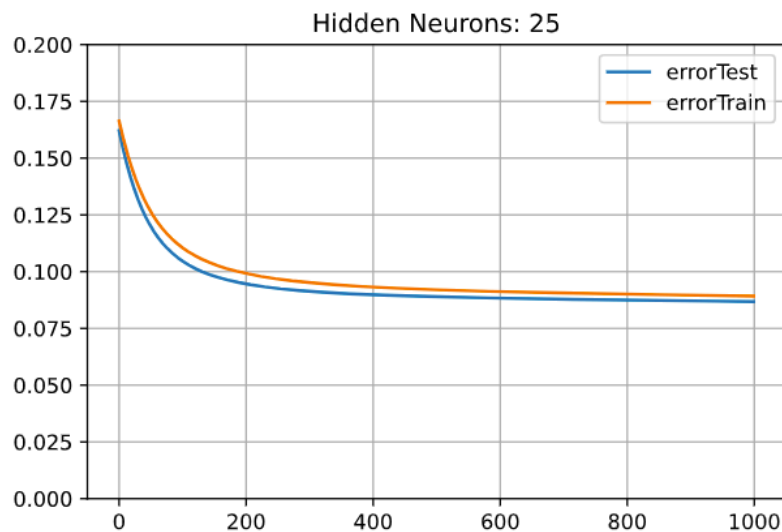
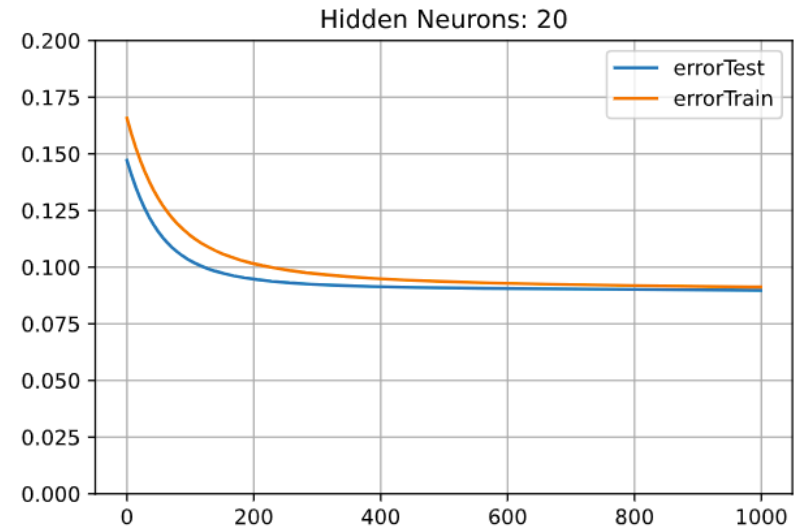
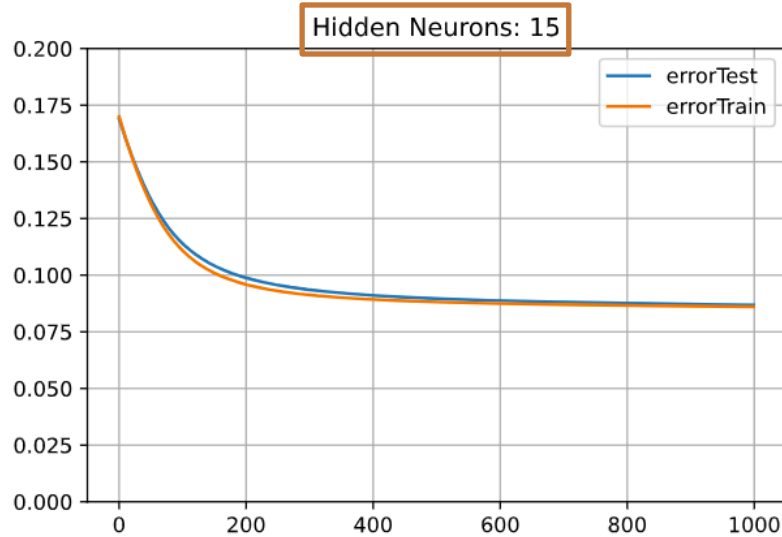
Simulation: Ermittlung der Neuronenzahl

- verwendete Neuronenzahlen:
5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 50, 60, 70, 80, 90
- zu jeder Zahl wurden 100 Netze initialisiert
- anschließend wird für 1.000 Epochen trainiert

Neuronenzahl	Fehlerwert des besten Netzes
35	0,1435
70	0,1437
20	0,1629
25	0,1667
15	0,1707
30	0,1760
5	0,1830
10	0,1878
60	0,1885
40	0,1904
50	0,2071
90	0,2121
80	0,2391

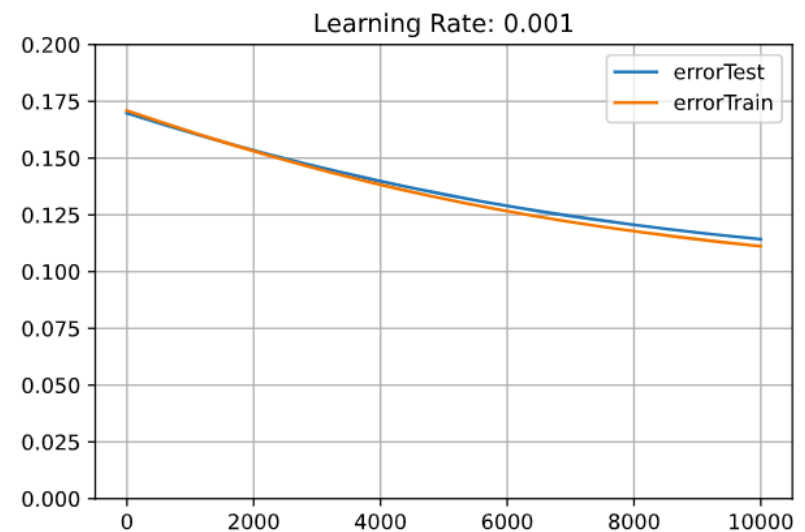
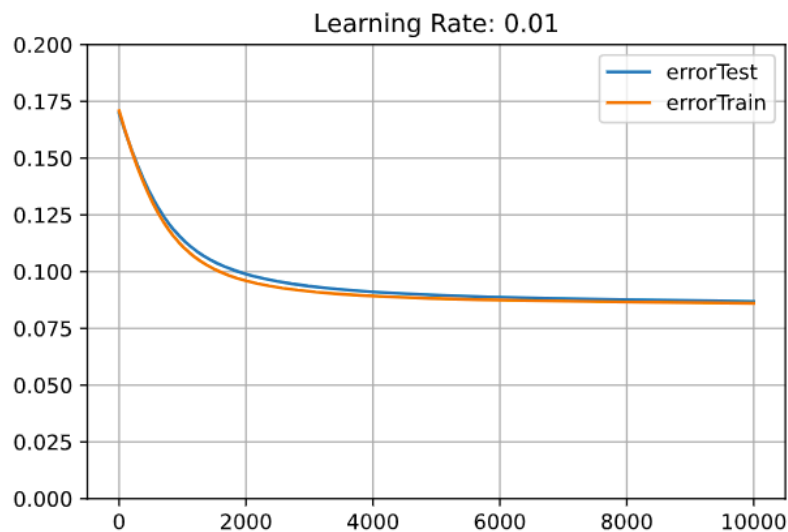
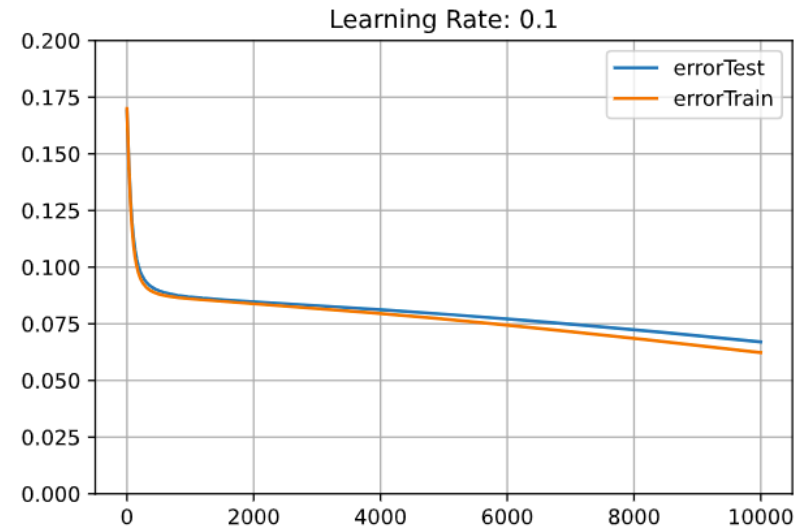
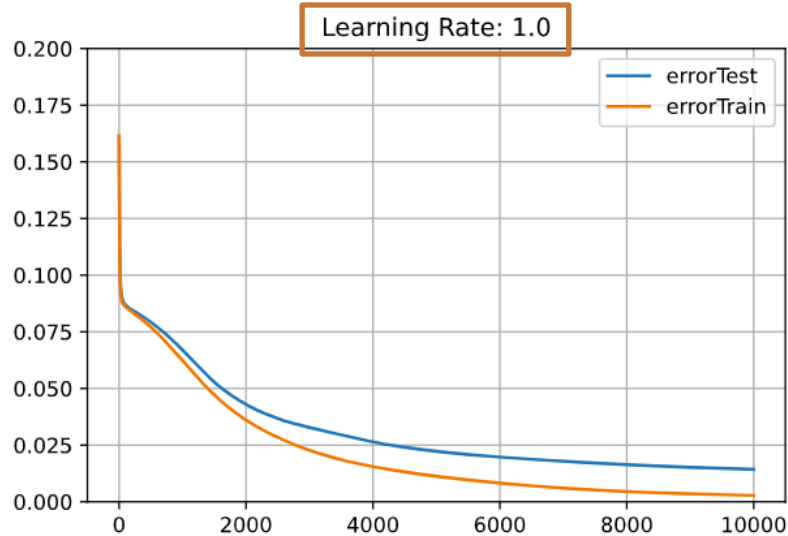


Simulation: Ermittlung der Neuronenzahl



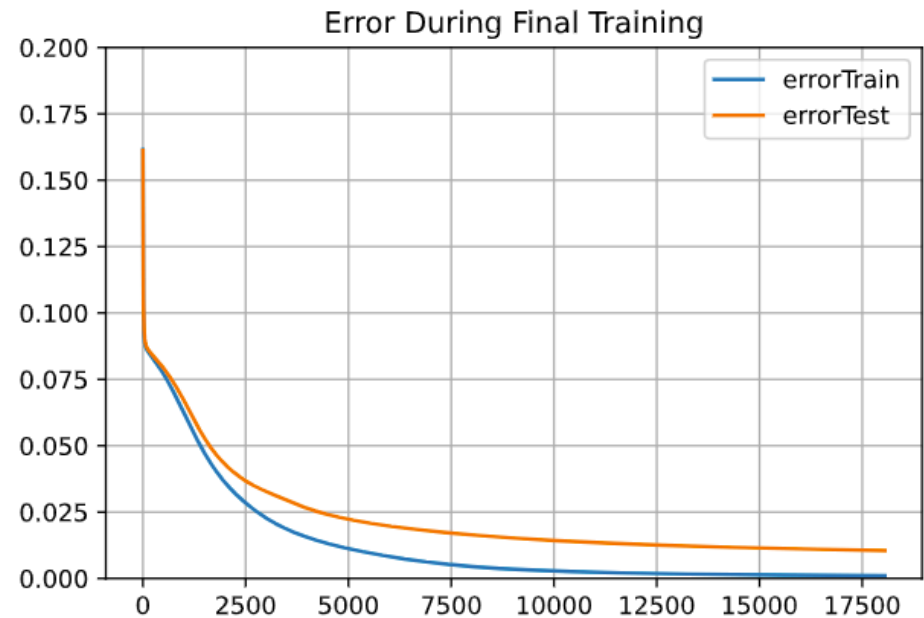
- Vergleich von 4 verschiedenen Lernraten:
1,0 0,1 0,01 0,001
- Training des Netzes über 10.000 Epochen

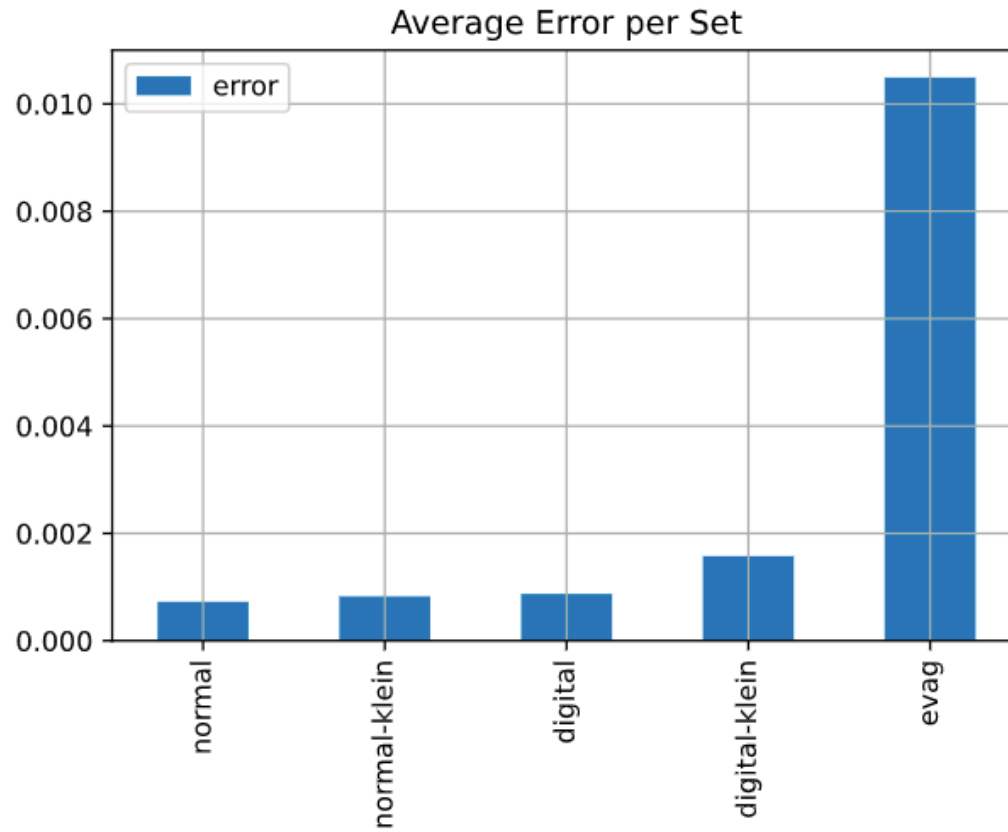
Simulation: Ermittlung der Lernrate

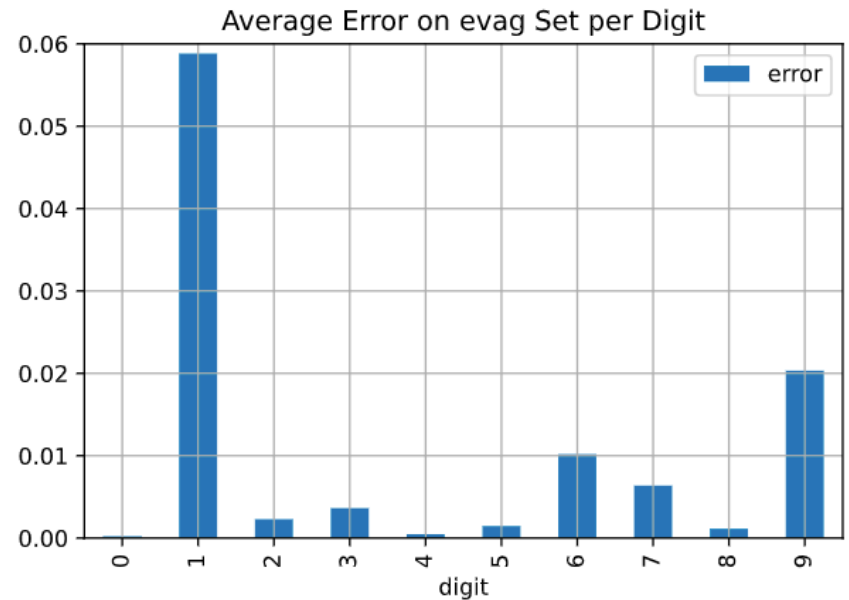
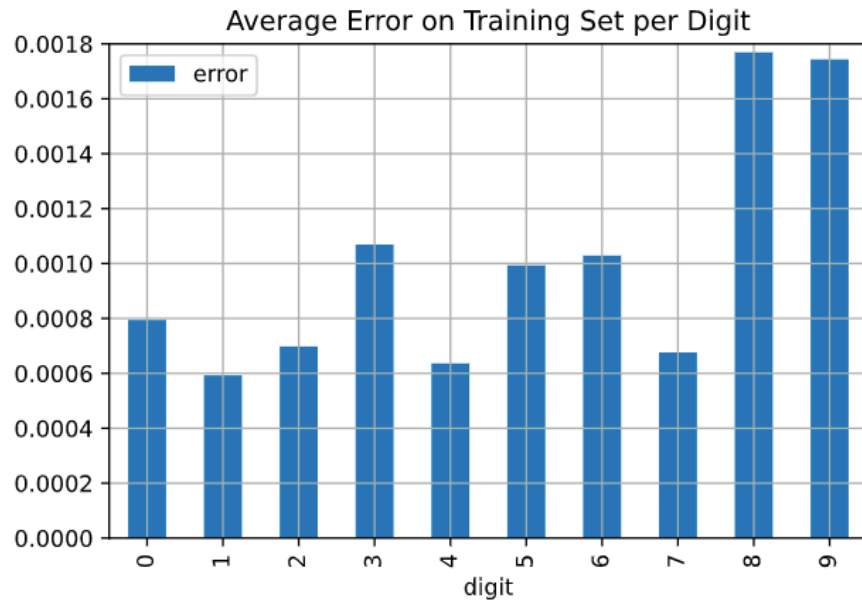


Simulation: Finales Training

- abschließendes Training bis Fehler unter 0,001 liegt
- insgesamt: 18.052 Epochen







Demonstration

Vielen Dank für die Aufmerksamkeit

- Lämmel, Uwe, und Jürgen Cleve. 2020. Künstliche Intelligenz: Wissensverarbeitung – Neuronale Netze. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.
- Papp, S., W. Weidinger, M. Meir-Huber, B. Ortner, G. Langs, und R. Wazir. 2019. Handbuch Data Science: Mit Datenanalyse und Machine Learning Wert aus Daten generieren. Carl Hanser Verlag GmbH & Co. KG.
- Patterson, Josh, und Adam Gibson. 2017. Deep Learning: A Practitioner's Approach. O'Reilly Media. <https://books.google.de/books?id=qrcuDwAAQBAJ>.
- Sutton, Richard S., und Andrew G. Barto. 2018. Reinforcement Learning: An Introduction. Adaptive Computation and Machine Learning series. MIT Press.