

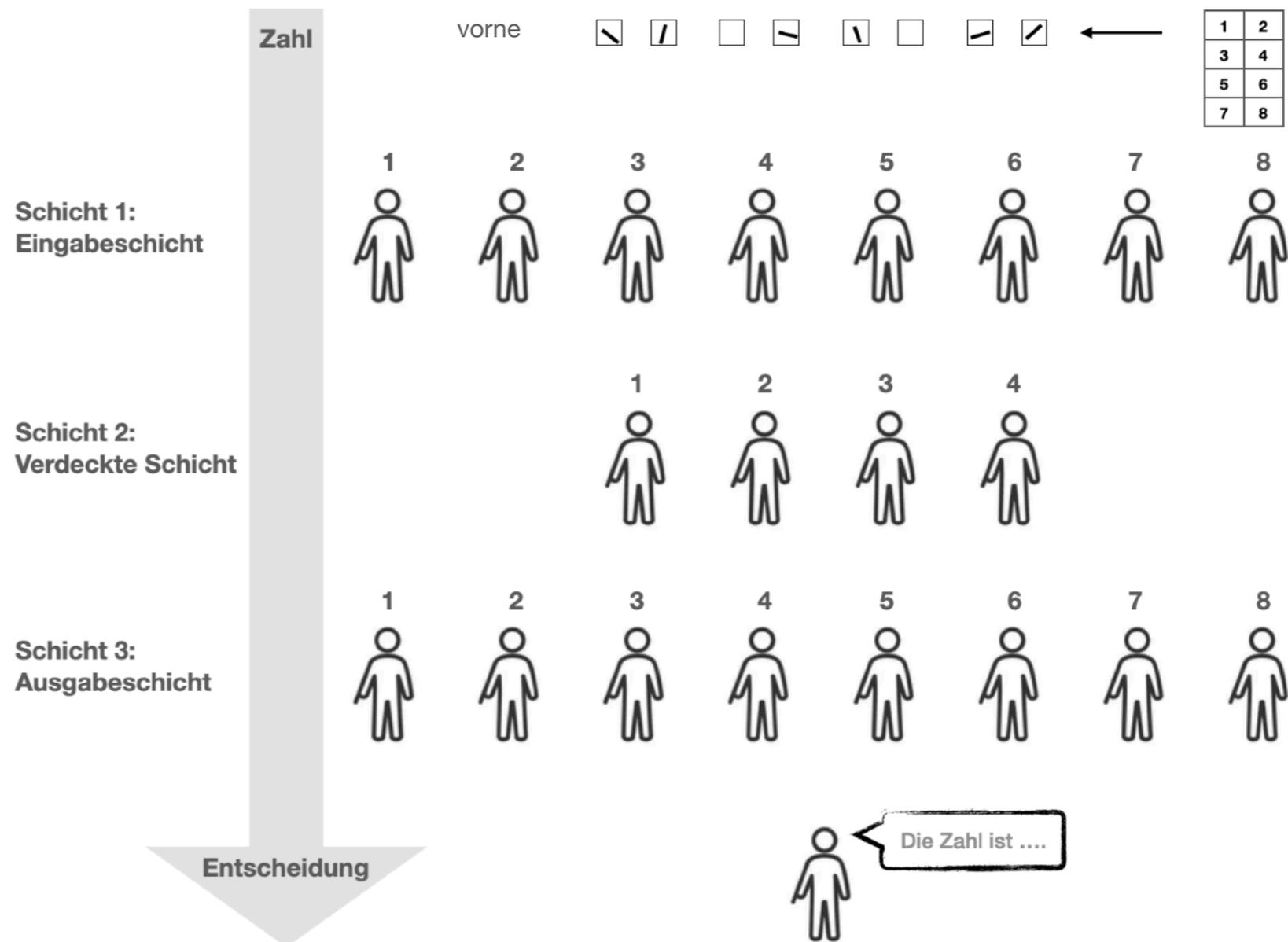
# Ein neuronales Netz aus Menschen

Mit dem Material kann ein neuronales Netz aus Menschen als **enaktives** Modell simuliert werden. Das neuronale Netz besteht aus drei Schichten und eignet sich dazu, Ziffern zu erkennen.

Die hier verwendete Umsetzung ist eine stark vereinfachte Reduktion des „Stilwell Brains“, das Michael Stevens und Chris Eliasmith in ihrem YouTube Video (Mind Field S3 E3; <https://www.youtube.com/watch?v=rA5qnZUXcqq>) mit über 200 Leuten simulieren.

Es werden **21 Personen** + Versuchsleiter benötigt. Das hier verwendete neuronale Netz ist bereits trainiert und in der Lage, die **Ziffern 1 bis 8** zu erkennen - auf einem 2x4 Pixelraster.

Die 21 Personen werden entsprechend der Abbildung aufgestellt. Die Blickrichtung ist so, dass alle Personen nach vorne in Richtung der zu verteilenden Zahl schauen - der Entscheider kann also die Rücken aller Personen sehen. Der Versuchsleiter malt eine Ziffer entsprechend der Anleitung auf ein großes Blatt Papier, das er zerschneidet und „Pixel für Pixel“ in der richtigen Reihenfolge an die acht Personen verteilt, die die acht Neuronen der Eingabeschicht bilden. Haben diese einen Strich auf ihrem Blatt, feuern sie, indem sie den entsprechenden Arm heben. Die vier Personen-Neuronen der verdeckten Schicht halten (wie die acht Personen-Neuronen in der Ausgabeschicht) einen Zettel in der Hand, auf dem Regeln stehen, unter welchen Bedingungen sie ebenso feuern - was durch Hochhalten des Zettels symbolisiert wird. Für die gepixelten Ziffern 1 bis 8 wird am Ende des Informationsflusses durch das neuronale Netz jeweils die entsprechende Person in der Ausgabeschicht alleine „feuern“, so dass der Entscheider laut mitteilen kann, um welche Zahl es sich offensichtlich gehandelt hat.



Update Nov. 2022 - Einheitliche Anordnung der Zahlen in der Ausgabeschicht.

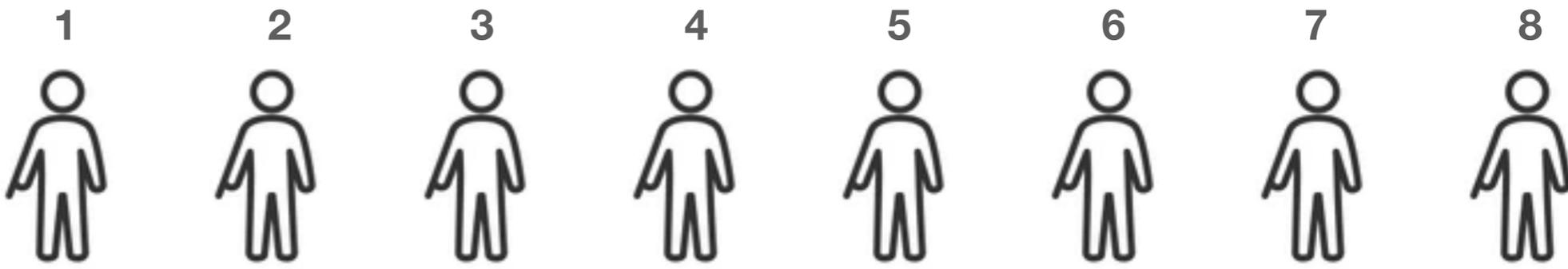
Autor: D. Janssen

Zahl

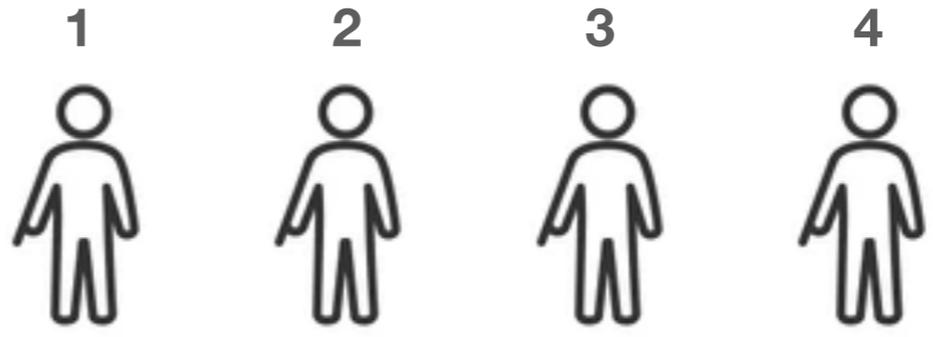


1	2
3	4
5	6
7	8

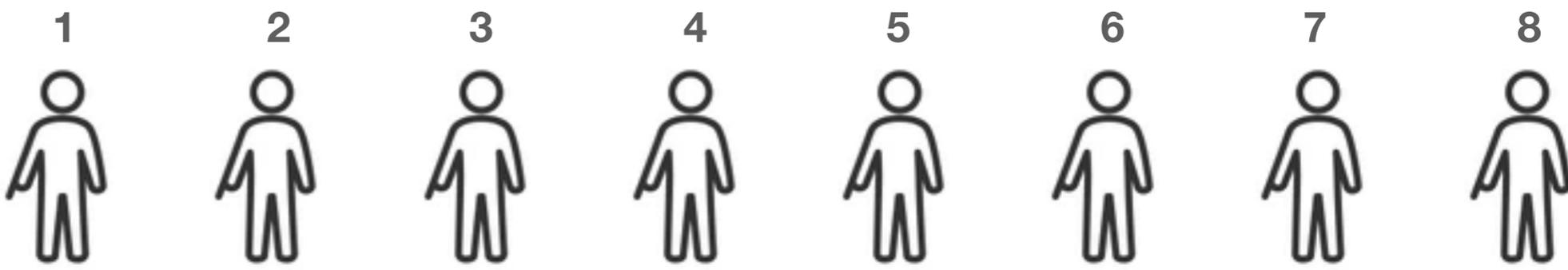
Schicht 1:  
Eingabeschicht



Schicht 2:  
Verdeckte Schicht



Schicht 3:  
Ausgabeschicht



Entscheidung



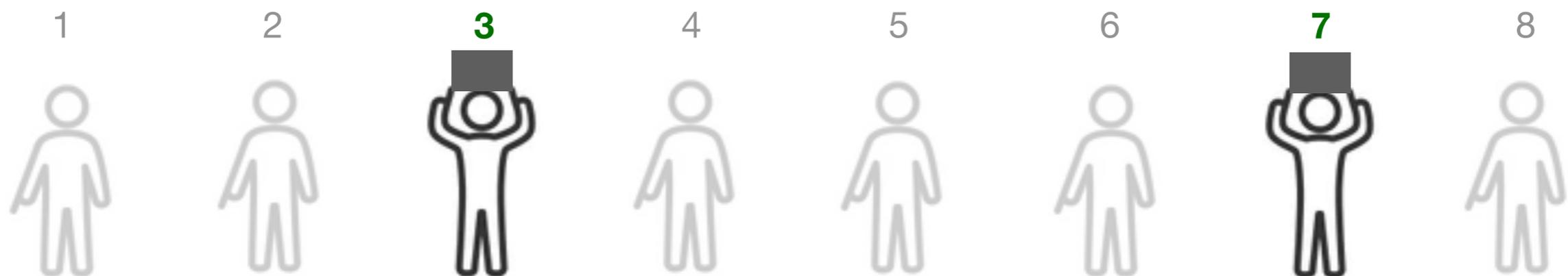
Du siehst vor dir **acht** Neuronen der Eingabeschicht.

Für dich sind nur die Neuronen **3** und **7** relevant, weil du nur mit diesen verbunden bist.

(Du kannst daher alle anderen Neuronen ignorieren, es ist egal was sie machen.)

Wenn sich folgendes Muster ergibt (also **Neuron 3** und **Neuron 7** feuern),

**dann **feuerst du auch**** (und hältst deinen Zettel mit beiden Armen hoch) !



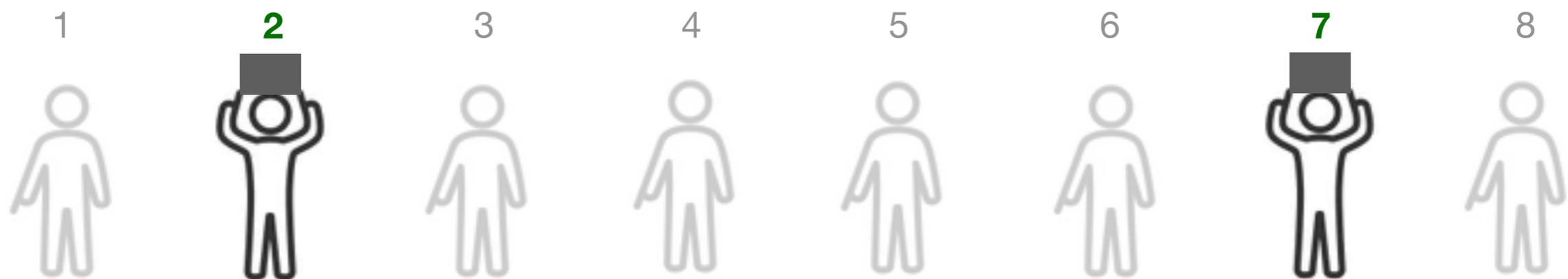
Du siehst vor dir **acht** Neuronen der Eingabeschicht.

Für dich sind nur die Neuronen **2** und **7** relevant, weil du nur mit diesen verbunden bist.

(Du kannst daher alle anderen Neuronen ignorieren, es ist egal was sie machen.)

Wenn sich folgendes Muster ergibt (also **Neuron 2** und **Neuron 7** feuern),

**dann **feuerst du auch**** (und hältst deinen Zettel mit beiden Armen hoch) !



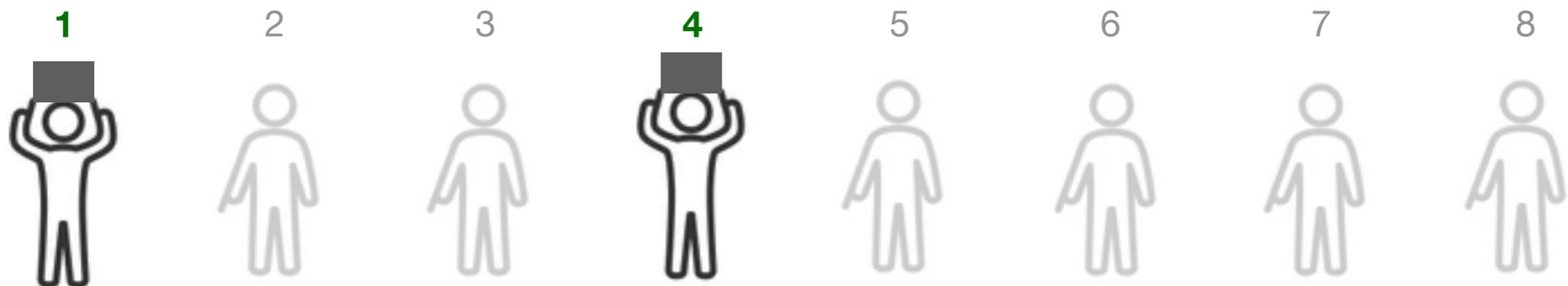
Du siehst vor dir **acht** Neuronen der Eingabeschicht.

Für dich sind nur die Neuronen **1** und **4** relevant, weil du nur mit diesen verbunden bist.

(Du kannst daher alle anderen Neuronen ignorieren, es ist egal was sie machen.)

Wenn sich folgendes Muster ergibt (also **Neuron 1** und **Neuron 4** feuern),

**dann **feuerst du auch**** (und hältst deinen Zettel mit beiden Armen hoch) !



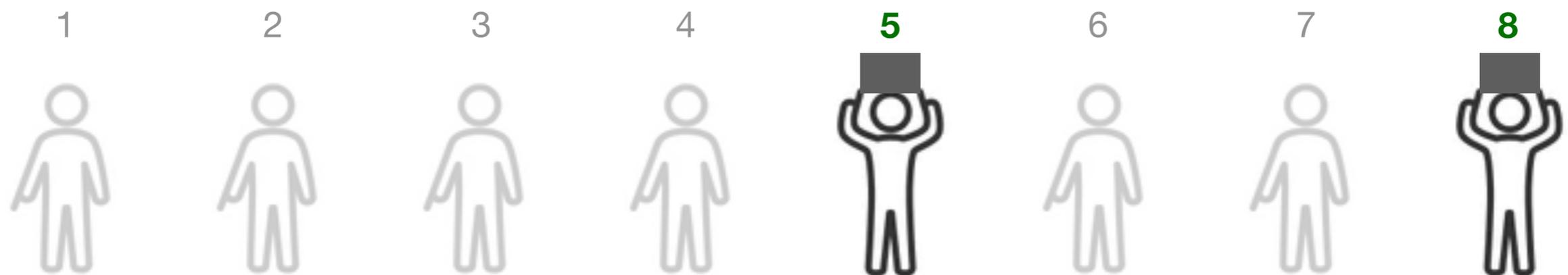
Du siehst vor dir **acht** Neuronen der Eingabeschicht.

Für dich sind nur die Neuronen **5** und **8** relevant, weil du nur mit diesen verbunden bist.

(Du kannst daher alle anderen Neuronen ignorieren, es ist egal was sie machen.)

Wenn sich folgendes Muster ergibt (also **Neuron 5** und **Neuron 8** feuern),

**dann **feuerst du auch**** (und hältst deinen Zettel mit beiden Armen hoch) !



Du siehst vor dir **vier** Neuronen der verdeckten Schicht.

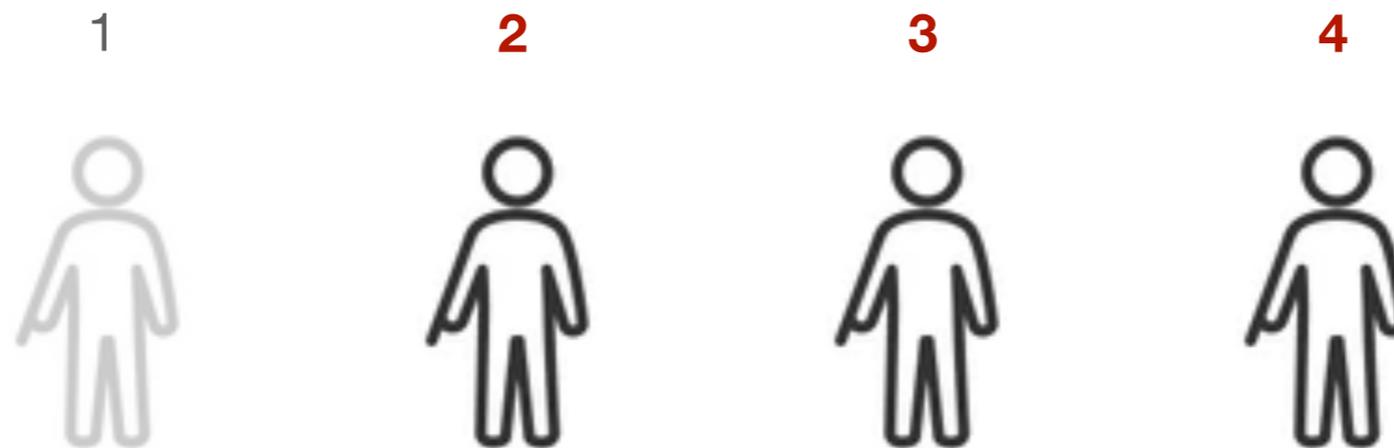
Für dich sind nur die Neuronen **2** und **3** und **4** relevant, weil du nur mit diesen verbunden bist.

(Du kannst daher das andere Neuron ignorieren, es ist egal was es macht.)

Wenn sich folgendes Muster ergibt

(also **Neuron 2** und **Neuron 3** und **Neuron 4** nicht feuern),

**dannfeuerst du** (und hältst deinen Zettel mit beiden Armen hoch) !



Du siehst vor dir **vier** Neuronen der verdeckten Schicht.

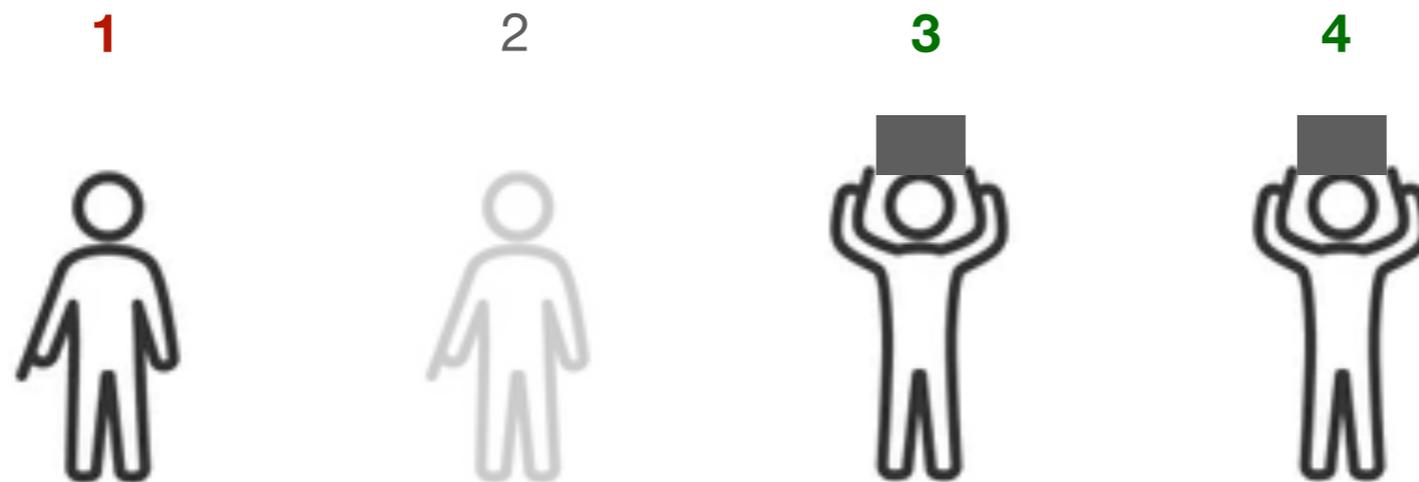
Für dich sind nur die Neuronen **1** und **3** und **4** relevant, weil du nur mit diesen verbunden bist.

(Du kannst daher das andere Neuron ignorieren, es ist egal was es macht.)

Wenn sich folgendes Muster ergibt

(also **Neuron 1** nicht feuert und **Neuron 3** und **Neuron 4** beide feuern),

**dannfeuerst du** (und hältst deinen Zettel mit beiden Armen hoch) !



Du siehst vor dir **vier** Neuronen der verdeckten Schicht.

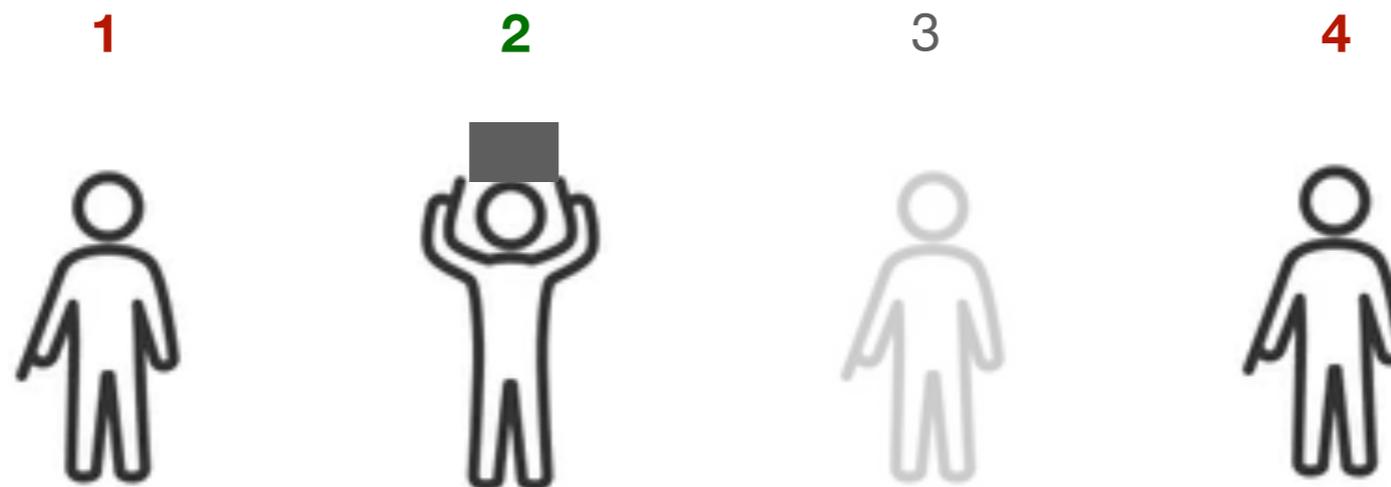
Für dich sind nur die Neuronen **1** und **2** und **4** relevant, weil du nur mit diesen verbunden bist.

(Du kannst daher das andere Neuron ignorieren, es ist egal was es macht.)

Wenn sich folgendes Muster ergibt

(also **Neuron 1** nicht feuert und **Neuron 2** feuert und **Neuron 4** nicht feuert),

**dannfeuerst du** (und hältst deinen Zettel mit beiden Armen hoch) !



Du siehst vor dir **vier** Neuronen der verdeckten Schicht.

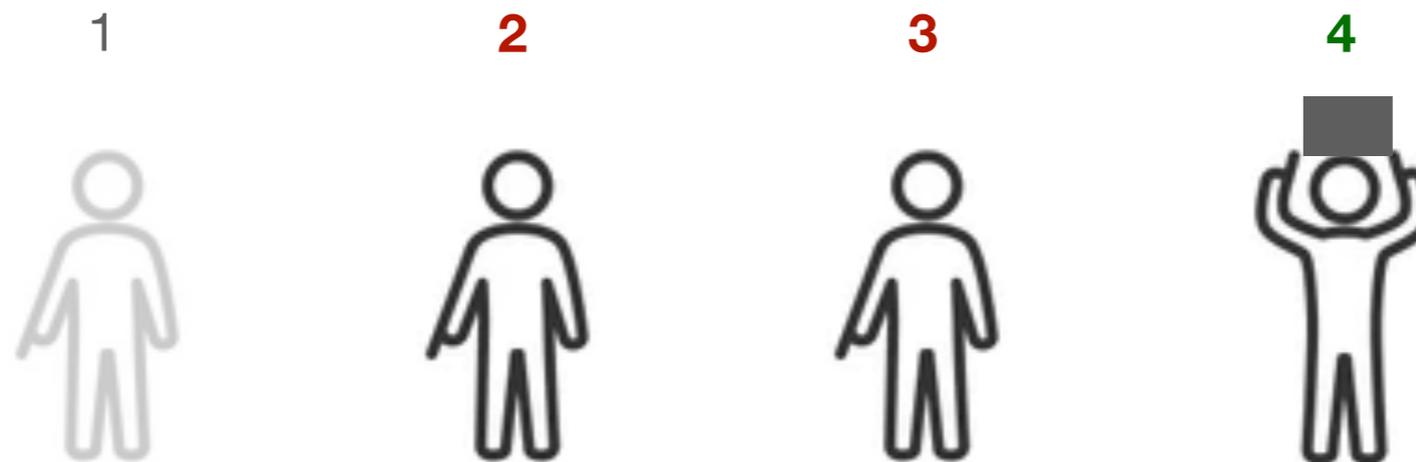
Für dich sind nur die Neuronen **2** und **3** und **4** relevant, weil du nur mit diesen verbunden bist.

(Du kannst daher das andere Neuron ignorieren, es ist egal was es macht.)

Wenn sich folgendes Muster ergibt

(also **Neuron 2** und **Neuron 3** nicht feuern und **Neuron 4** feuert),

**dannfeuerst du** (und hältst deinen Zettel mit beiden Armen hoch) !



Du siehst vor dir **vier** Neuronen der verdeckten Schicht.

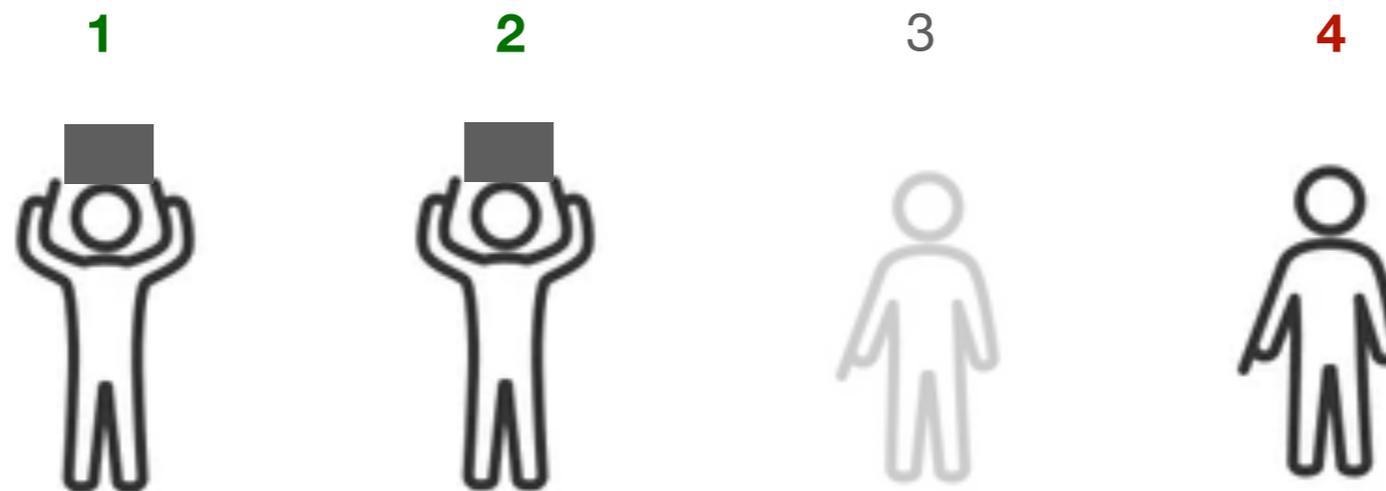
Für dich sind nur die Neuronen **1** und **2** und **4** relevant, weil du nur mit diesen verbunden bist.

(Du kannst daher das andere Neuron ignorieren, es ist egal was es macht.)

Wenn sich folgendes Muster ergibt

(also **Neuron 1** und **Neuron 2** feuern und **Neuron 4** nicht feuert),

**dannfeuerst du** (und hältst deinen Zettel mit beiden Armen hoch) !



Du siehst vor dir **vier** Neuronen der verdeckten Schicht.

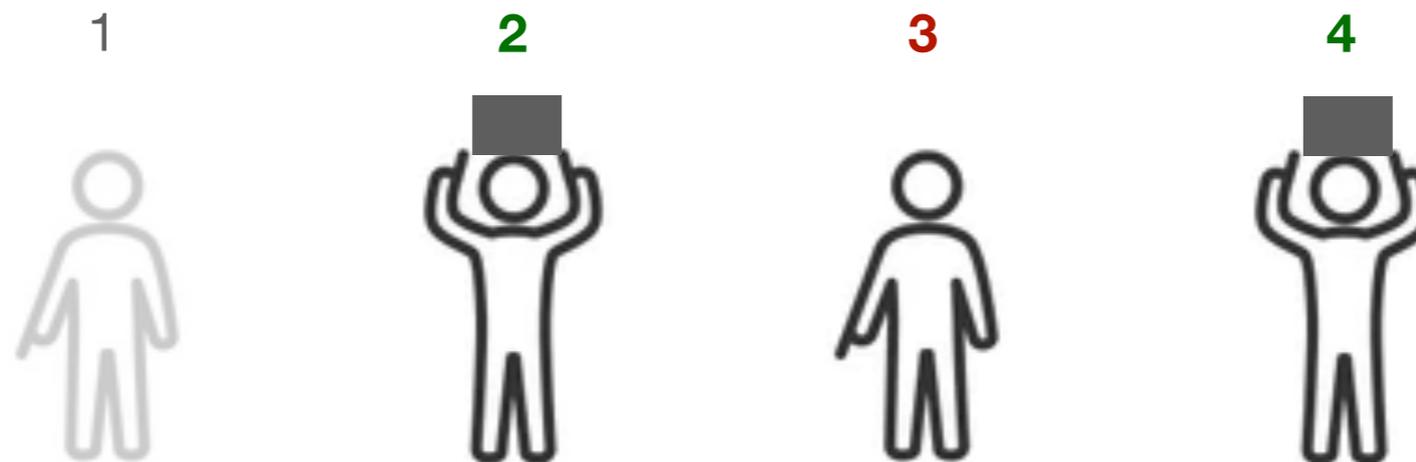
Für dich sind nur die Neuronen **2** und **3** und **4** relevant, weil du nur mit diesen verbunden bist.

(Du kannst daher das andere Neuron ignorieren, es ist egal was es macht.)

Wenn sich folgendes Muster ergibt

(also **Neuron 2** feuert und **Neuron 3** nicht feuert und **Neuron 4** feuert),

**dannfeuerst du** (und hältst deinen Zettel mit beiden Armen hoch) !



Du siehst vor dir **vier** Neuronen der verdeckten Schicht.

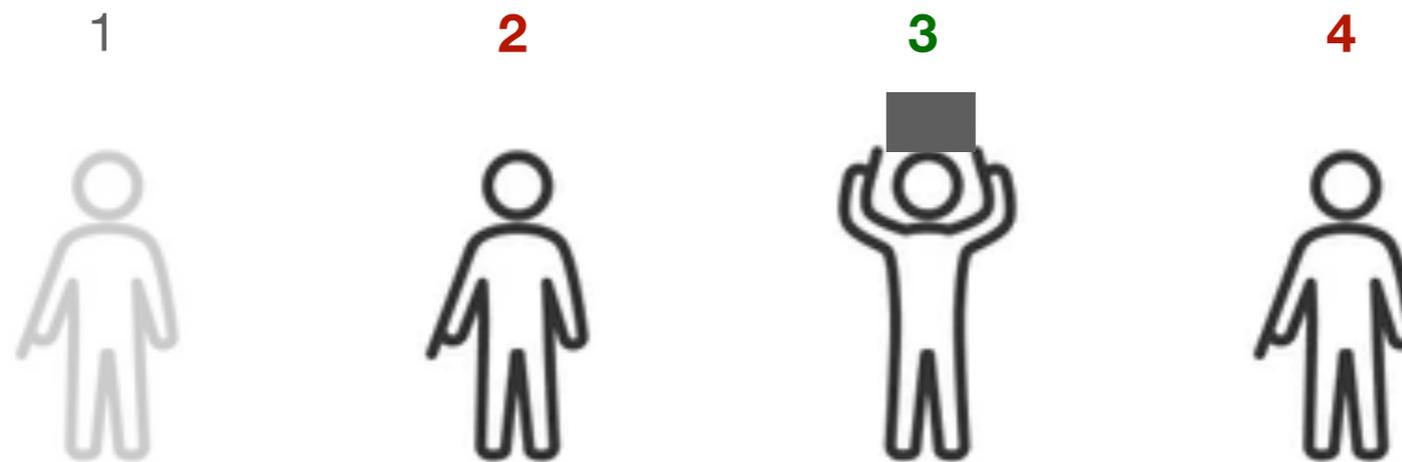
Für dich sind nur die Neuronen **2** und **3** und **4** relevant, weil du nur mit diesen verbunden bist.

(Du kannst daher das andere Neuron ignorieren, es ist egal was es macht.)

Wenn sich folgendes Muster ergibt

(also **Neuron 2** nicht feuert und **Neuron 3** feuert und **Neuron 4** nicht feuert),

**dannfeuerst du** (und hältst deinen Zettel mit beiden Armen hoch) !



Du siehst vor dir **vier** Neuronen der verdeckten Schicht.

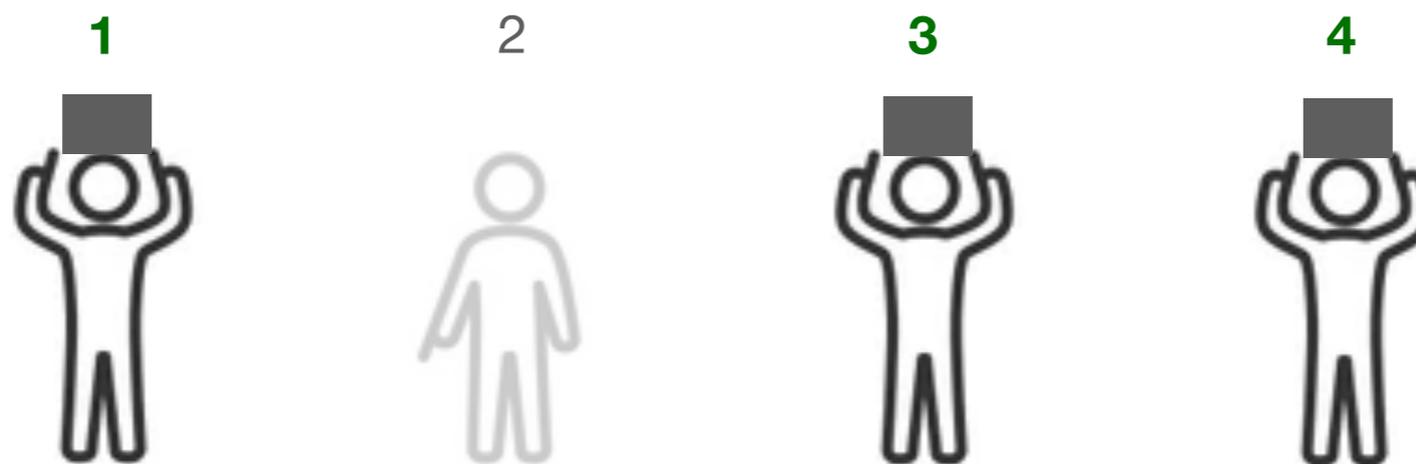
Für dich sind nur die Neuronen **1** und **3** und **4** relevant, weil du nur mit diesen verbunden bist.

(Du kannst daher das andere Neuron ignorieren, es ist egal was es macht.)

Wenn sich folgendes Muster ergibt

(also **Neuron 1** und **Neuron 3** und **Neuron 4** feuern),

**dannfeuerst du** (und hältst deinen Zettel mit beiden Armen hoch) !



Du siehst vor dir **acht** Neuronen der Ausgabeschicht

Sie repräsentieren die Zahl, die anhand des Musters erkannt werden soll.

**Entscheide nun:**

Je nachdem, welches Neuron **feuert** (also seinen Zettel mit beiden Armen hochhält),

**nennst** du die hier über ihm abgebildete Zahl!

(Feuern mehrere Neuronen, entscheidest du, welche Zahl du für wahrscheinlicher hältst!)

1

2

3

4

5

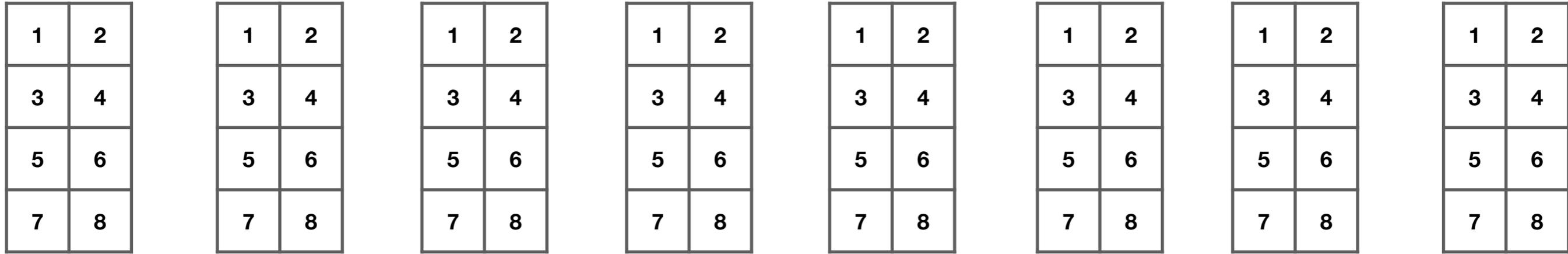
6

7

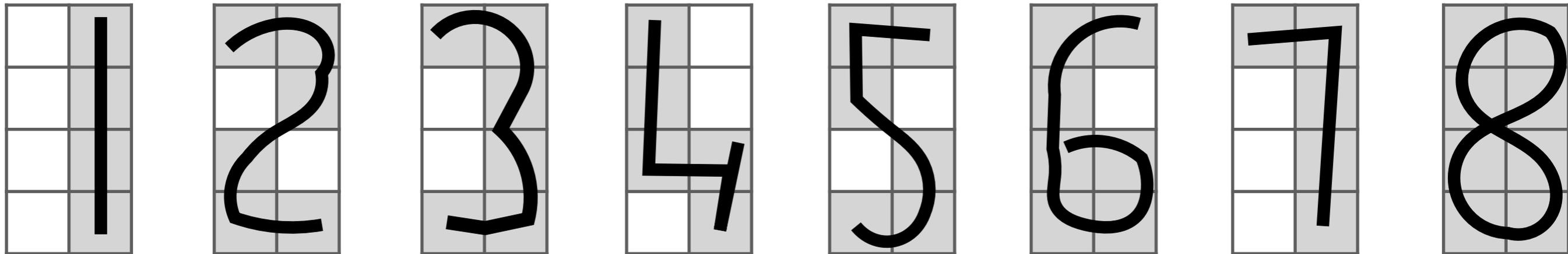
8



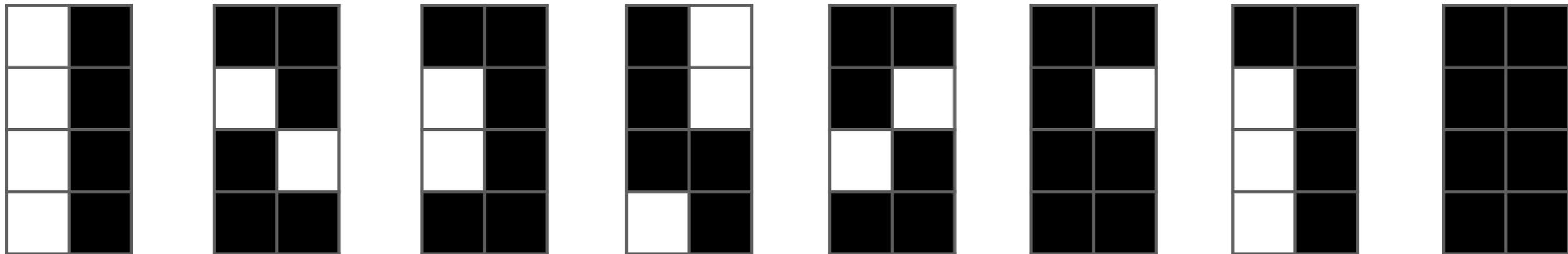
Papier - gekennzeichnet mit den Zahlen 1 bis 8 für die Eingabeneuronen 1 bis 8



Beschriebenes Papier - es muss darauf geachtet werden, dass (nur) die markierten Felder beschrieben werden



Darunter liegende Repräsentation der Zahlen von 1 bis 8 in einem 4x2 Raster



2	4	6	8
1	3	5	7

oben links

Vorlage ausdrucken, möglichst schön und exakt mit einer Zahl beschriften, zerschneiden und mit den richtigen Nummern an die richtigen Eingabeneuronen verteilen.

## Hintergrund

Das zugrundeliegende neuronale Netz sieht wie folgt aus:

- Es gibt 8 Eingaben, die 0 oder 1 sein können.
- Die Gewichte der Verbindungen zwischen der ersten und der mittleren Schicht sind alle 1,0.
- Es gibt 4 verdeckte Neuronen, die ebenso 0 oder 1 ausgeben können und deren Schwellwert jeweils 1,5 ist.
- Die Gewichte zwischen der mittleren Schicht und der Ausgabeschicht sind entweder -1,0 (blau) oder 1,0 (rot).
- Die 8 Neuronen der Ausgabeschicht können ebenso 0 oder 1 ausgeben und haben (von unten nach oben) folgende Schwellwerte: -0,5, 1,5, 0,5, 0,5, 1,5, 1,5, 0,5, 2,5
- Die Abbildung zeigt beispielhaft die Verarbeitung der Ziffer 2.

