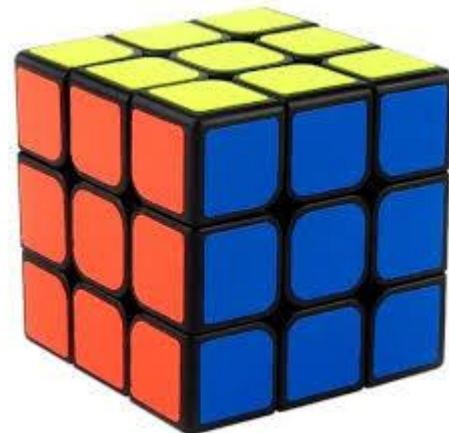
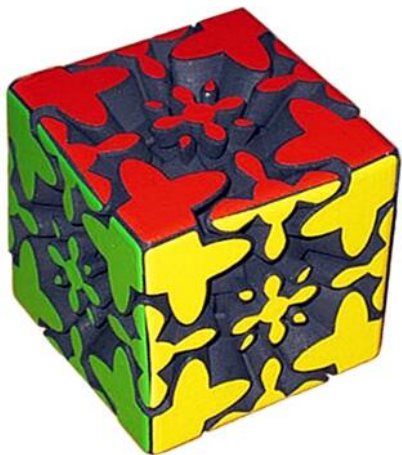
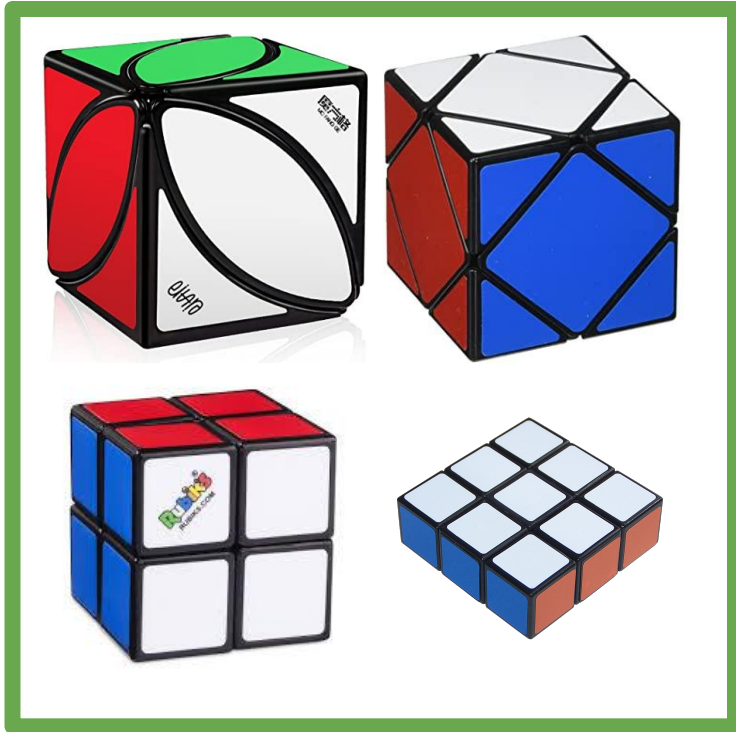


# Twisty Puzzle Solver



# Ziel

- allgemeine Rätselwürfel lösen, wo immer dieselben Züge möglich sind.



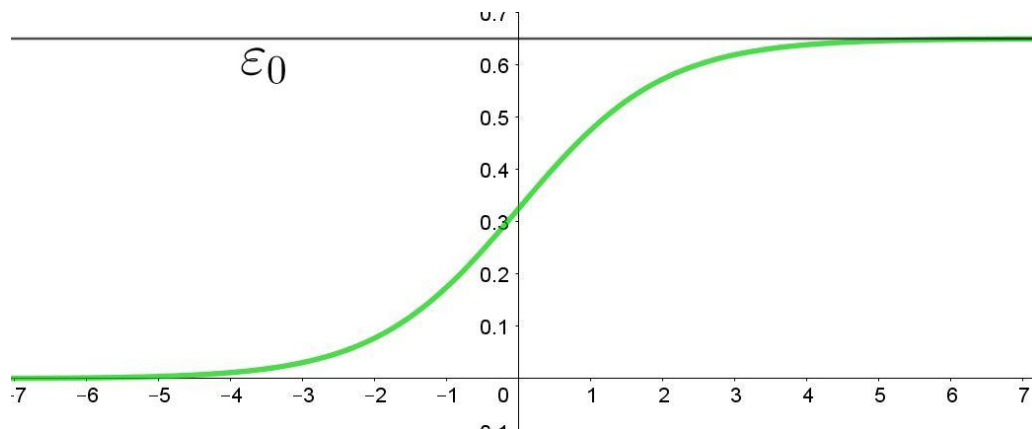
# Q-Learning

Probleme:

- unendliche Episoden
- zuverlässiges Lösen der Unterprobleme nötig
- Komplexität steigt schnell

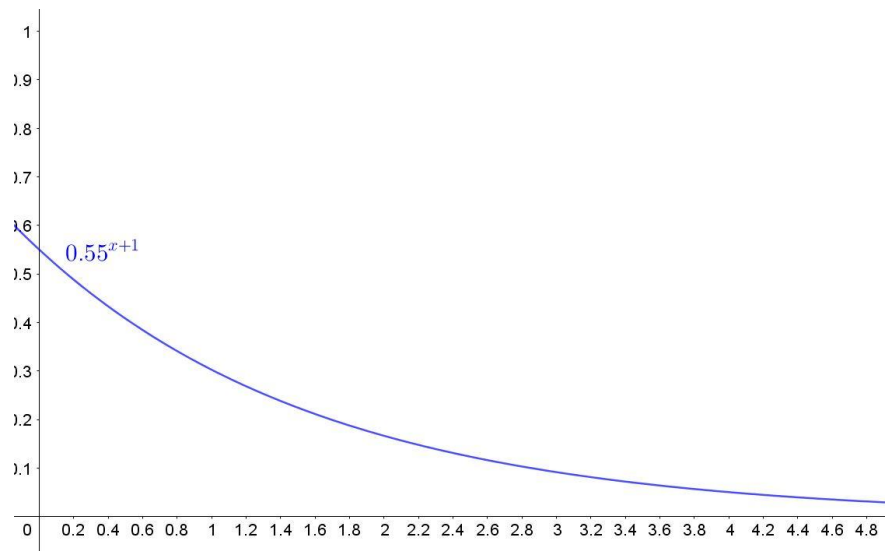
# Lösung

- variiere *exploration rate*  $\varepsilon$  zwischen Episoden in beide Richtungen
  - via sigmoid Funktion
  - Startwert  $x=0,2$  ;  $\varepsilon = \varepsilon_0$
  - falls Puzzle in Episode gelöst wurde:  $x -= 0,2 \varepsilon$
  - falls Puzzle in Episode nicht gelöst wurde:  $x += 0,2 \varepsilon$
  - aktualisiere:  $\varepsilon = \varepsilon_0 \sigma(x)$



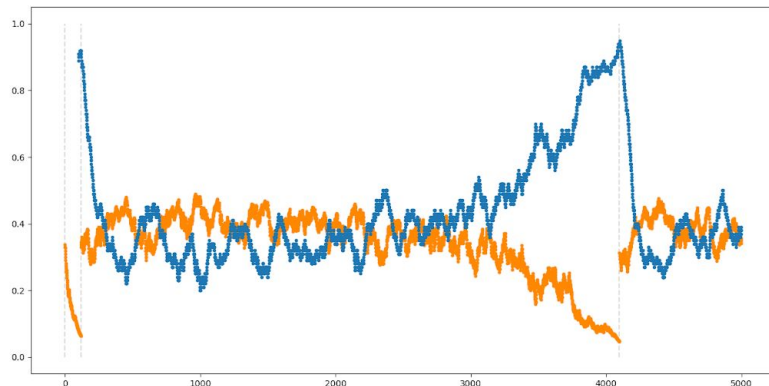
# Lösung

- verkleinere zudem *exploration rate*  $\varepsilon$  in Episoden
  - im n-ten Zug der Episode ist  $\varepsilon_c = \varepsilon^{n+1}$



# Training in Etappen - Ivy Cube

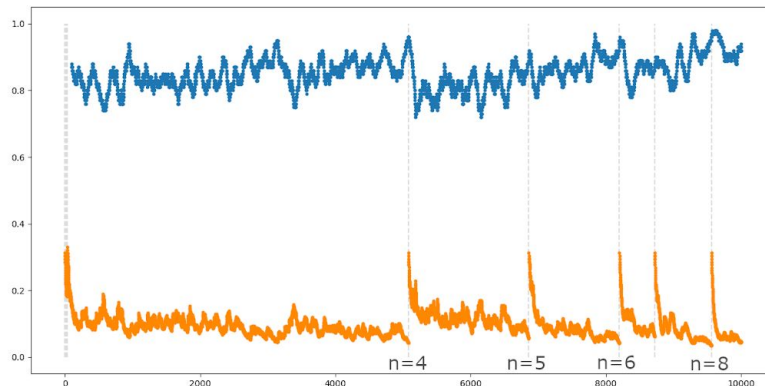
1) die ersten 5.000 Episoden



% gewonnener Spiele  
(gemittelt über 100/400 Spiele)  
exploration rate

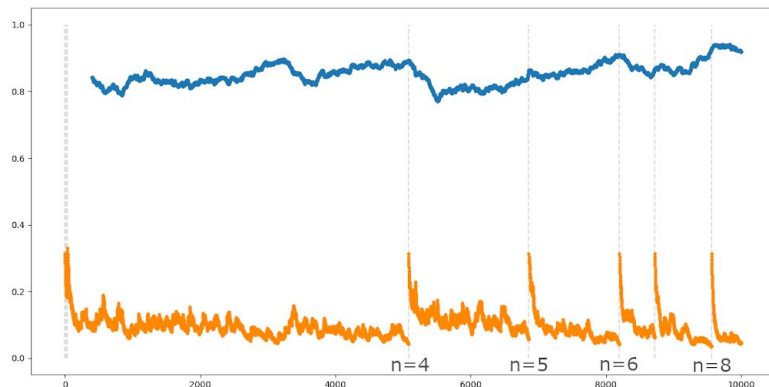
2)

ca. Episode 30.000 - 40.000 | Mittel über 100 Episoden



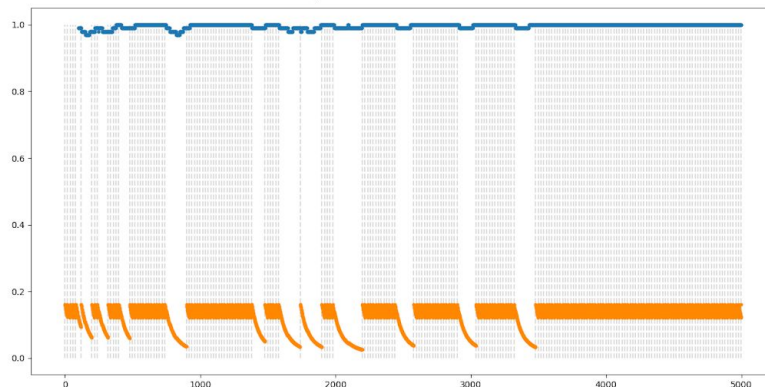
ca. Episode 30.000 - 40.000 | Mittel über 400 Episoden

3)



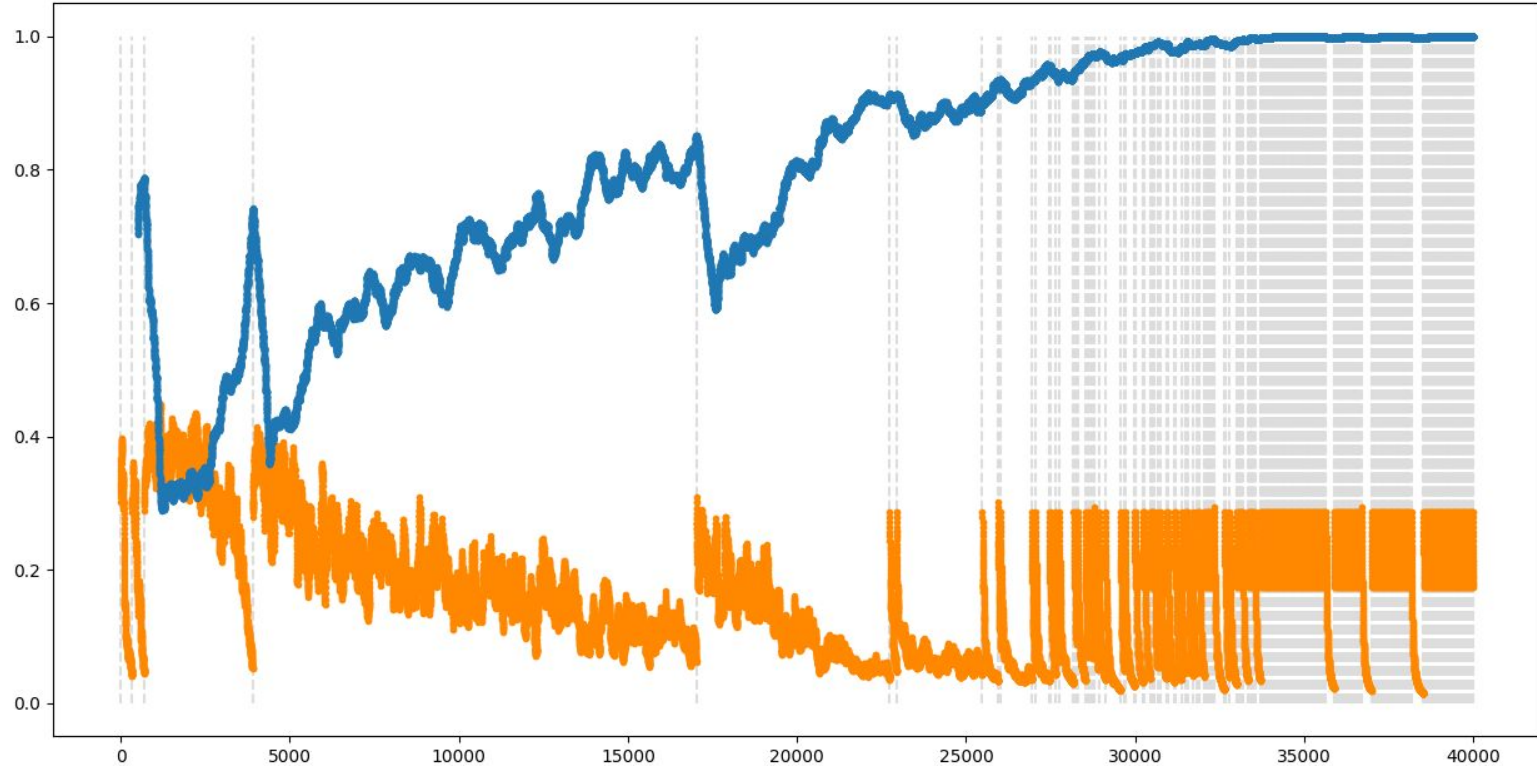
4)

ca. Episode 40.000 - 45.000



# Komplettes Training - Ivy Cube

40,000 episodes ; up to 40 moves each ;  $\alpha=0.1$  ;  $\gamma=0.999$  ;  $\epsilon=0.55$  ; average over 500 episodes



# Neuronale Netze

## Probleme:

- Q-Werte sind extrem nah beieinander ( $\pm 10^{-7}$ )
  - *“simulated annealing”*
- nicht immer alle Q-Werte für einen Zustand bekannt
  - NN:  $S \times A \rightarrow \mathbb{R}$  anstatt NN:  $S \rightarrow \mathbb{R}^{|A|} = A$
- Zeit



# Viel Erweiterungspotenzial

- Einbindung der Neuronalen Netze
- GUI um mehr Parameter komfortabler einzustellen
- speichern von Algorithmen
- Eingabe von aktuellem Zustand
- Multithreading/ GPU einbindung für Q-Learning
- Darstellung von Bandaging
- automatisiert Polyeder statt kleinen Kugeln
- bessere Animation für Zahnräder
- Option für unsichtbare Punkte
- ...

# Bildquellen

- Ivy Cube: [https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/61XH8%2BUzJZL.\\_AC\\_SX425\\_.jpg](https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/61XH8%2BUzJZL._AC_SX425_.jpg)
- Skewb: [https://m.media-amazon.com/images/I/71B16662RDL.\\_AC\\_SS350\\_.jpg](https://m.media-amazon.com/images/I/71B16662RDL._AC_SS350_.jpg)
- 2x2 rubiks cube:  
[https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcTNWQrttgAyqfGXHEexJ10SBYzbPVuyIW6IHd0T1ErQxt33miXsHk9Tg4y\\_PyufrRPDI5LQDiI&usqp=CAc](https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcTNWQrttgAyqfGXHEexJ10SBYzbPVuyIW6IHd0T1ErQxt33miXsHk9Tg4y_PyufrRPDI5LQDiI&usqp=CAc)
- floppy cube: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b7/Floppy\\_Cube\\_solved\\_1.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/b7/Floppy_Cube_solved_1.png)
- curvy copter: [https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51laFSAbgVL.\\_AC\\_SY450\\_.jpg](https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/51laFSAbgVL._AC_SY450_.jpg)
- square one:  
<https://i5.walmartimages.com/asr/9389425d-1ac6-4000-aac8-d56201d6a790.d137f2fe70d69fcc32633b6da96874ff.jpeg?odnHeight=450&odnWidth=450&odnBg=ffffff>
- Nintendo Barrel: <https://www.twistypuzzles.com/museum/large/00010-01.jpg>
- bandaged cube: <https://twistypuzzles.com/museum/large/00613-01.jpg>

# Bildquellen #2

- geared mixup: <https://twistypuzzles.com/museum/large/02506-01.jpg>
- rubiks 3x3: <https://cf.shopee.ph/file/f3aa440a8da8e331c10ae90f2ecafbca>
- ghost cube: [https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/71IRdiOTFJL.\\_AC\\_SX466\\_.jpg](https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/71IRdiOTFJL._AC_SX466_.jpg)
- ghost skewb pyramid: [https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/41vAYGG1oSL.\\_AC\\_.jpg](https://images-na.ssl-images-amazon.com/images/I/41vAYGG1oSL._AC_.jpg)
- gear cube: <https://www.maskecubos.com/5319/kungfu-gear-cube-3x3.jpg>
- crazy icosahedron: <https://www.youtube.com/watch?v=iHcnzwMVGFc>

# Fragen / Anmerkungen

