



TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
CHEMNITZ

Fakultät für Mathematik

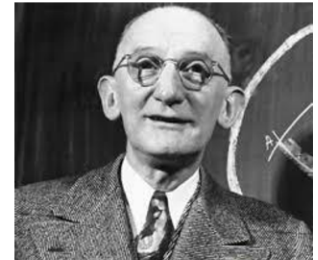
# Künstliche und menschliche Intelligenz im Schach

**Prof. Dr. Vladimir Shikhman**  
**Professur für Wirtschaftsmathematik**



**Latein:**            **inter** zwischen + **legere** lesen, wählen

"Intelligenz, als mentales Merkmal betrachtet, ist die Fähigkeit, Impulse in ihrem frühen, unfertigen Stadium der Bildung in den Mittelpunkt zu stellen. Intelligenz ist daher die Fähigkeit zur Abstraktion, die ein hemmender Prozess ist."



**Louis Leon  
Thurstone  
1924**



# Thurstones Primärfaktorenmodell, 1924

**S (space):** räumlich-visuelle Aufgaben

**P (perceptual speed):** Wahrnehmung von Objekten und deren Relationen

**N (numerical ability):** rechnerisch-mathematische Fähigkeiten

**M (memory):** Gedächtnisleistung

**R (reasoning):** logisches Schlussfolgern

**W (word fluency):** Wortflüssigkeit

**V (verbal relations):** verbale Beziehungen verstehen und interpretieren



# Wechsler IQ Test, 1939

$$IQ = 100 + 15 \cdot (x - \mu) / \sigma$$

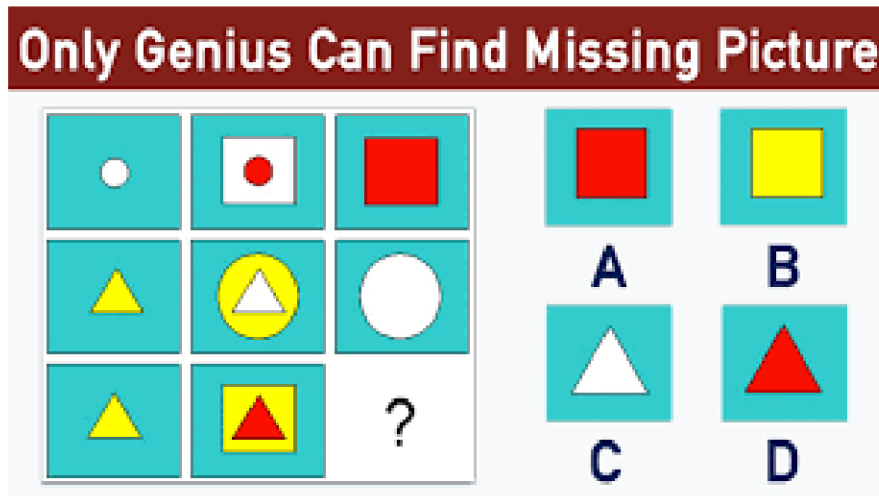
- x**      **ermittelter Skalenwert im verwendeten Test**  
**μ**      **Mittelwert der verwendeten Skala**  
**σ**      **Standardabweichung der verwendeten Skala**

<b>IQ</b>	<b>Prozentsatz der Bevölkerung mit diesem IQ</b>	<b>Bewertung</b>
<b>&gt; 130</b>	<b>2,1 %</b>	<b>Hochbegabt</b>
<b>121-130</b>	<b>6,4 %</b>	<b>Begabt</b>
<b>111-120</b>	<b>15,7 %</b>	<b>Überdurchschnittlich intelligent</b>
<b>90-110</b>	<b>51,6 %</b>	<b>Durchschnittlich intelligent</b>
<b>80-89</b>	<b>15,7 %</b>	<b>Unterdurchschnittlich intelligent</b>
<b>70-79</b>	<b>6,4 %</b>	<b>Geistig zurückgeblieben</b>





# Flynn Effekt, 1984



Intelligenztests müssen regelmäßig nachgeeicht werden, da sich die durchschnittliche gemessene Intelligenz mit der Zeit verändert. Der Flynn-Effekt bezeichnet die Tatsache, dass in Industrieländern bis in die 1990er Jahre die durchschnittlichen IQ-Ergebnisse zunahmen. Mit Beginn der 1990er-Jahre stagnierte der IQ, und seit dem Ende der 1990er Jahre nimmt er sogar wieder ab.



# Dartmouth Konferenz, 1956

**Antrag bei der Rockefeller Foundation auf eine Förderung in Höhe von 13.500 \$**

“Wir schlagen vor, dass im Sommer 1956 am Dartmouth College in Hanover, New Hampshire, eine zweimonatige, 10-köpfige Studie über künstliche Intelligenz durchgeführt wird. Die Studie soll auf der Grundlage der Vermutung durchgeführt werden, dass jeder Aspekt des Lernens oder jedes andere Merkmal der Intelligenz im Prinzip so genau beschrieben werden kann, dass eine Maschine zur Simulation eingesetzt werden kann. Es wird versucht, herauszufinden, wie man Maschinen dazu bringt, Sprache zu benutzen, Abstraktionen und Konzepte zu bilden, Probleme zu lösen, die heute dem Menschen vorbehalten sind, und sich zu verbessern.”



# Begründer der Künstlichen Intelligenz



**Nathaniel Rochester**

**Marvin Minsky**

**John McCarthy**

**Trenchard More**

**Ray Solomonoff**

**Oliver Seltridge**

**Claude Shannon**

**" Künstliche Intelligenz ist die Wissenschaft,  
die Maschinen dazu bringt, Dinge zu tun, die  
Intelligenz erfordern würden, wenn sie von  
Menschen gemacht würden."**

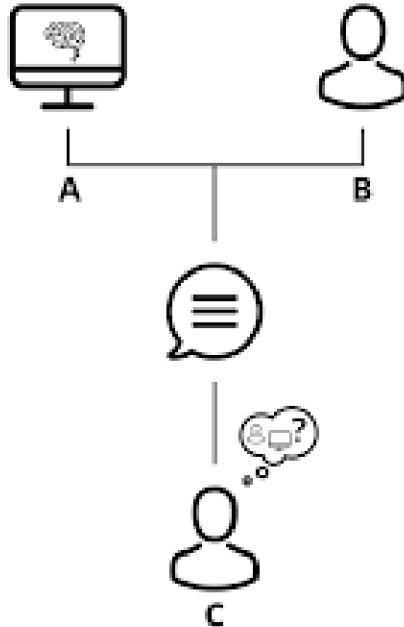


# Turing-Test

Können Maschinen denken ?

vs.

Können Maschinen das tun,  
was wir (als denkende Einheiten) tun können ?



Kann der Fragesteller nach  
der intensiven Befragung  
nicht klar sagen, welcher  
von beiden die Maschine ist,  
wird der Maschine ein dem  
Menschen ebenbürtiges  
Denkvermögen unterstellt.



Alan Turing  
1950



# Grundlegendes KI-Problem

**Paula Boddington**

**„Towards a Code of Ethics for Artificial Intelligence“, 2017**

„Was charakteristisch ist an der künstlichen Intelligenz, ist nicht nur, dass sie menschliche Handlungen erweitert oder verbessert; oder, dass es das menschliche logische Denken verbessert oder erweitert.

Sondern: Künstliche Intelligenz verbessert oder ersetzt menschliche Entscheidungsprozesse und menschliche Beurteilungen. Sie könnte auch menschliche Handlungen oder menschliche Wahrnehmung verbessern oder ersetzen und könnte versuchen, menschliche Emotionen zu simulieren.“

**MENSCH – KÜNSTLICHE INTELLIGENZ – GOTT**



# Robotergesetze

**1. Ein Roboter darf kein menschliches Wesen wissentlich verletzen oder durch Untätigkeit wissentlich zulassen, dass einem menschlichen Wesen Schaden zugefügt wird.**

**2. Ein Roboter muss den ihm von einem Menschen gegebenen Befehlen gehorchen – es sei denn, ein solcher Befehl würde mit Regel eins kollidieren.**

**3. Ein Roboter muss seine Existenz beschützen, solange dieser Schutz nicht mit Regel eins oder zwei kollidiert.**



**Isaac Asimov  
1942**



# Gnoseologisches Problem



**Matrix, 1999**  
**Regie:**  
**Die Wachowskis**

**Philip K. Dick, 1977**

„Wir alle leben in einer computerprogrammierten Wirklichkeit, und der einzige Hinweis, den wir darüber haben, ist wenn eine Variable verändert wird und eine Änderung in unserer Wirklichkeit geschieht. Wir würden den überwältigenden Eindruck haben, die Gegenwart erneut zu erleben – Déjà-vu.“





# Höhlengleichnis



**Plato,  
4. Jahrhundert  
vor Christus**

Es verdeutlicht den Sinn und die Notwendigkeit des philosophischen Bildungswegs, der als Befreiungsprozess dargestellt wird. Das Ziel ist der Aufstieg aus der sinnlich wahrnehmbaren Welt der vergänglichen Dinge, die mit einer unterirdischen Höhle verglichen wird, in die rein geistige Welt des unwandelbaren Seins.





# Ethisches Problem

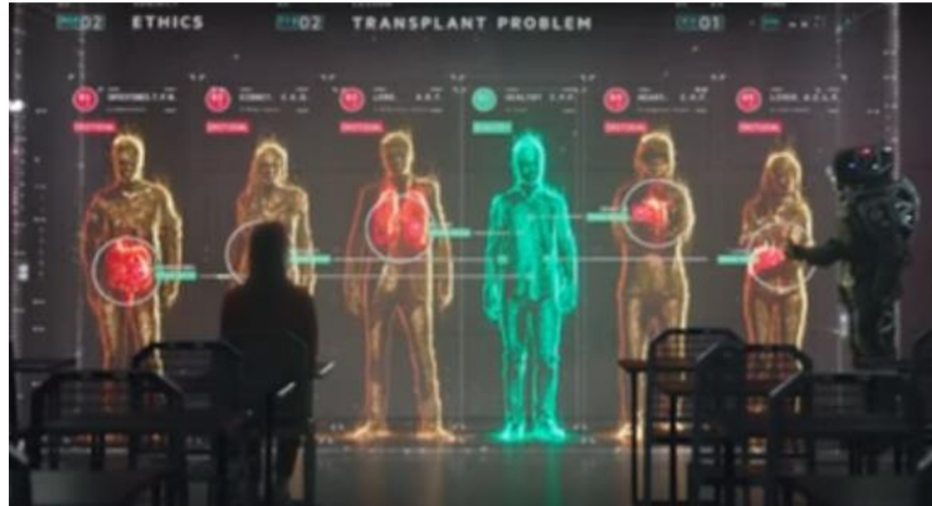


**I am Mother, 2019**  
**Regie:**  
**Grant Sputore**

Die Menschheit wurde ausgelöscht und die Erde unbewohnbar. So lernt es „Tochter“ von ihrer „Mutter“, einem Roboter, der programmiert wurde, der Menschheit eine zweite Chance zu ermöglichen und sie neu heranzuziehen. Eines Tages entdeckt sie dabei eine verletzte Frau vor der Luftschleuse. Im Gespräch stellt sich heraus, dass Mutter ihr nicht die ganze Wahrheit über die Menschheit und die Außenwelt erzählt hat. Aber auch die fremde Frau verbirgt ein Geheimnis und ist dem Roboter gegenüber sehr feindselig. Auf wessen Seite wird sich Tochter stellen?



# Organentnahme



**Philippa Foot, 1967**

Ein exzellenter Chirurg hat fünf Patienten, die alle unterschiedlicher Organe bedürfen, um am Leben zu bleiben. Unglücklicherweise stehen dafür keine Spenderorgane zur Verfügung. Da meldet sich ein gesunder junger Durchreisender zu einer Routineuntersuchung. Der Arzt stellt fest, dass dessen Organe zu seinen fünf todkranken Patienten passen. Nehmen wir an, dass niemand den Arzt verdächtigen würde, wenn der Reisende verschwände. Halten Sie es für richtig, dass der Arzt den Reisenden ausschlachtet, um dessen Organe an die fünf todkranken Patienten zu verteilen und so ihr Leben zu retten?



# Moralisches Problem



**Der 200 Jahre  
Mann, 1999  
Regie:  
Chris Columbus**

Im Laufe der Zeit entwickelt Roboter Andrew künstlerische Fähigkeiten und nimmt menschliche Züge an. Sein Besitzer Richard hilft dem Roboter, gegenüber der Herstellerfirma seine Rechte durchzusetzen, ist aber später sehr enttäuscht, als Andrew ihn bittet, sich „freikaufen“ zu dürfen. Andrew will weiterhin bei der Familie sein, aber sein Drang nach individueller Freiheit ist so groß, dass er sich mit Richard überwirft und sich in der Nachbarschaft ein Haus baut. Erst kurz vor seinem Tod bittet der gealterte Patriarch ihn zu sich und söhnt sich mit ihm aus.

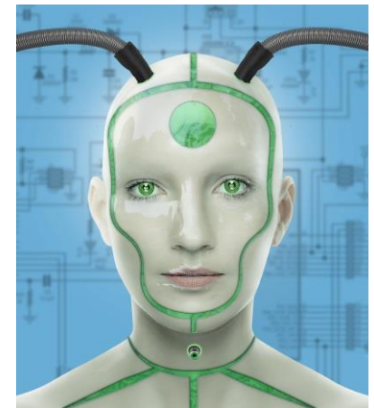


# Elektronische Person

Elektronische Person, ist eine weitgehend autonom agierende Maschine, für die angesichts der technischen Entwicklung ein eigener Rechtsstatus geschaffen werden soll.

Würde die elektronische Person als Rechtssubjekt anerkannt, dann wären derartige Maschinen Träger von Rechten und Pflichten und stünden gleichberechtigt neben der natürlichen Person und der juristischen Person.

Das Europäische Parlament hat eine mögliche Regelungslücke erkannt und im Januar 2017 eine Entschließung verabschiedet. Die Europäische Kommission soll dem Europäischen Parlament einen Vorschlag unterbreiten.



<https://claude.ai.wiki/category/ai-blog/>



# Schach

**Persisch:** شاه König

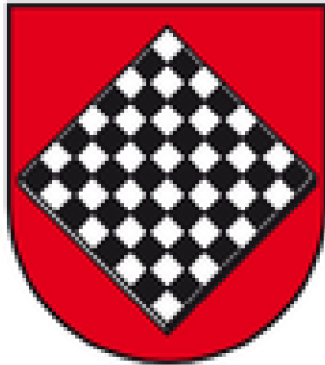
Schach ist eines der komplexesten Brettspiele. Die Zahl der möglichen Stellungen wird auf über  $10^{43}$  geschätzt. Schon für die ersten 40 Züge belaufen sich die Schätzungen auf etwa  $10^{115}$  bis  $10^{120}$  verschiedene Spielverläufe. In der Spieltheorie wird Schach den endlichen Nullsummenspielen mit perfekter Information zugeordnet. Theoretisch könnte man also ermitteln, ob bei beiderseits perfektem Spiel Weiß oder Schwarz gewinnt oder die Partie remis enden muss. Nach heutigem Wissensstand ist es jedoch wegen der enormen Anzahl der zu berechnenden Stellungen praktisch nicht möglich, diese Frage durch vollständige Berechnung des Suchbaums zu klären.







# Schachdorf Ströbeck



Ortsteil von  
Halberstadt in  
Sachsen-Anhalt

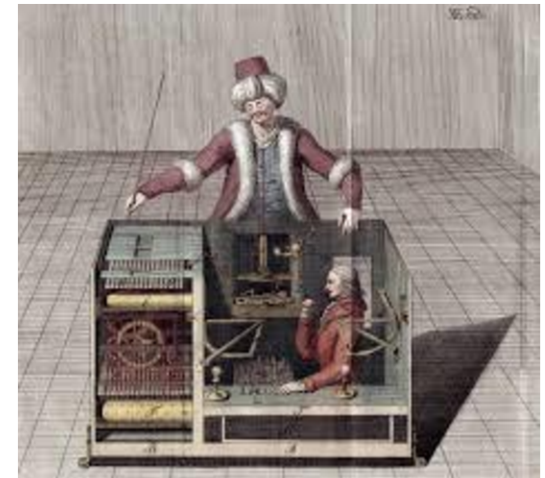


Der Legende nach soll im Jahr 1011 ein adliger Gefangener des Halberstädter Bischofs seinen dortigen Bewachern das Spiel beigebracht haben. Die erste schriftliche Erwähnung des Schachspiels in Ströbeck stammt von 1515. Im 1616 in Leipzig erschienenen ersten deutschsprachigen Schachbuch „Das Schach-Spiel oder König-Spiel“ von Herzog August von Braunschweig-Wolfenbüttel alias Gustavus Selenus wird das Ströbecker Schachspiel ausführlich beschrieben. Seit 1689 sind öffentliche Aufführungen von Schachpartien belegt, bei denen die Schachfiguren durch entsprechend verkleidete Menschen dargestellt wurden. Schach ist in der Ströbecker Grundschule eines der Pflichtfächer.



# Schachtürke

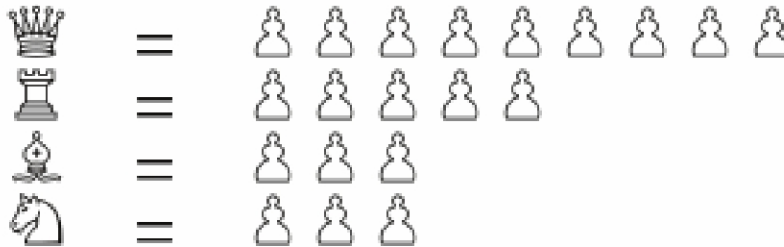
Erfinder war Baron Wolfgang von Kempelen, der mit seinem technischen Meisterwerk Kaiserin Maria Theresia von Österreich-Ungarn zu beeindrucken suchte – was ihm auch 1796 gelang. Nach Kempelens Tod erwarb der bekannte Mechaniker Johann Nepomuk Mälzel den Schachtürken und ging mit ihm auf Tournee, die ihn schließlich auch in die USA führte. Dort besuchte Edgar Allan Poe mehrere Aufführungen – und veröffentlichte seinen Aufsatz „Maelzel’s Chess Player“, in dem er detailliert darlegte, wie die Maschine seiner Meinung nach funktionierte. Er bestätigte freilich nur das, was schon andere vor ihm nachgewiesen hatten: dass nämlich in der Maschine ein Mensch saß.





## Heuristische Schätzung der Stellung

### 1) Materielle Komponente:



### 2) Positionelle Komponente:

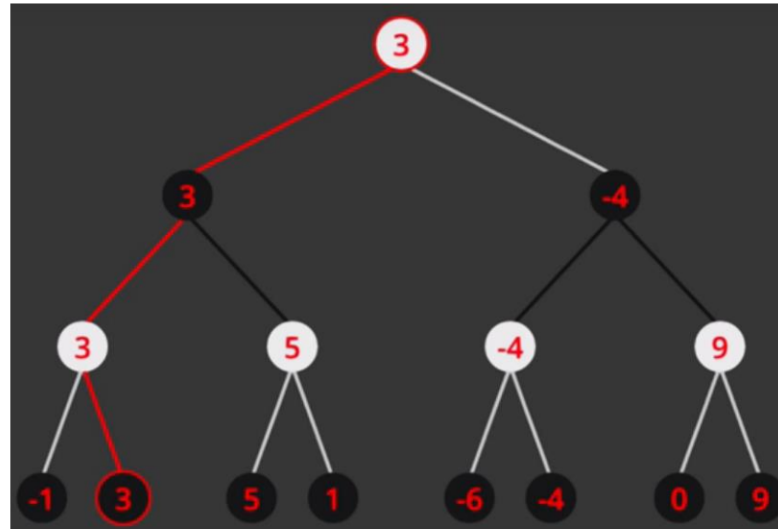
- Königssicherheit
- Bauernstruktur
- beherrschte / bedrohte Felder
- Figurenentwicklung







# Minimax-Algorithmus



Weiß ist am Zug und maximiert die Bewertung

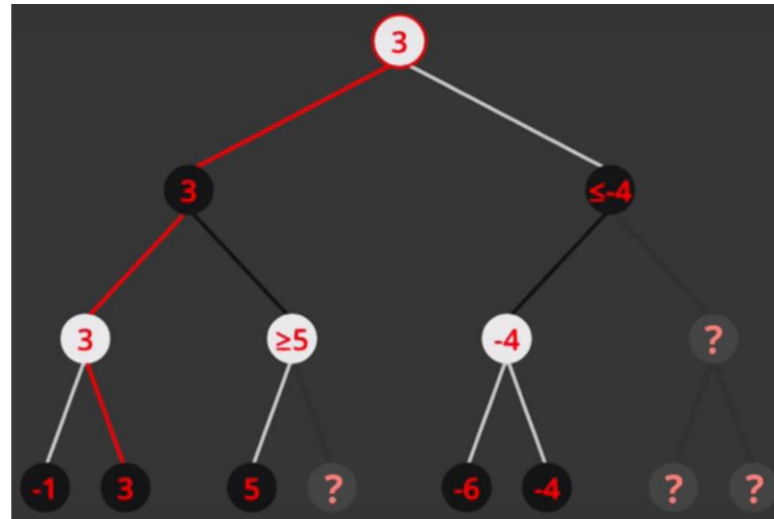
Schwarz hält dagegen und minimiert die Bewertung

Untere Wertungen entsprechen heuristischen Stellungsschätzungen

Roter Pfad repräsentiert den gewählten Spielverlauf



# Alpha-Beta-Suche



Wie prüft Schachspieler, ob ein konkreter Zug ihm vorteilhaft erscheint? Findet er bei seiner Analyse des Zuges eine für sich selbst ungünstige Erwiderung des Gegners, dann wird er diesen Zug als „widerlegt“ ansehen und verwerfen. Es wäre sinnlos, noch weitere Erwiderungen des Gegners zu untersuchen, um festzustellen, ob der Gegner noch effektivere Widerlegungen besitzt und wie schlecht der betrachtete Zug tatsächlich ist.



# Deep Blue vs. Garry Kasparov

Entworfen von Feng-hsiung Hsu für IBM

200 Millionen Stellungen pro Sekunde

Umfangreiches Eröffnungsbuch

Bewertungsfunktion in Hard- und Software

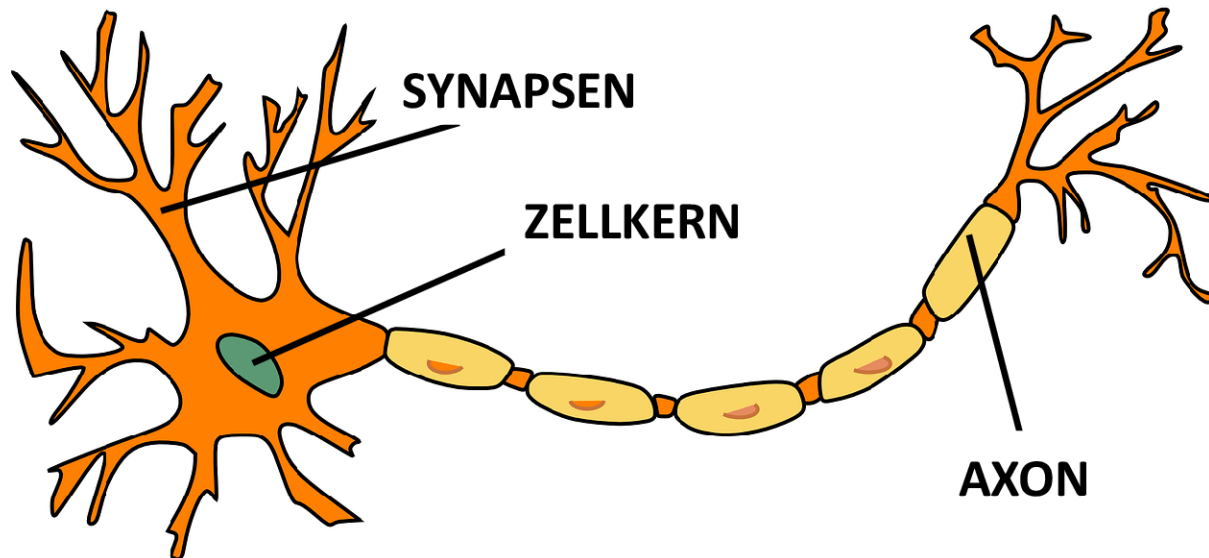
Erstes Match 1996 verloren 4 : 2

Zweites Match 1997 gewonnen 3,5 : 2,5





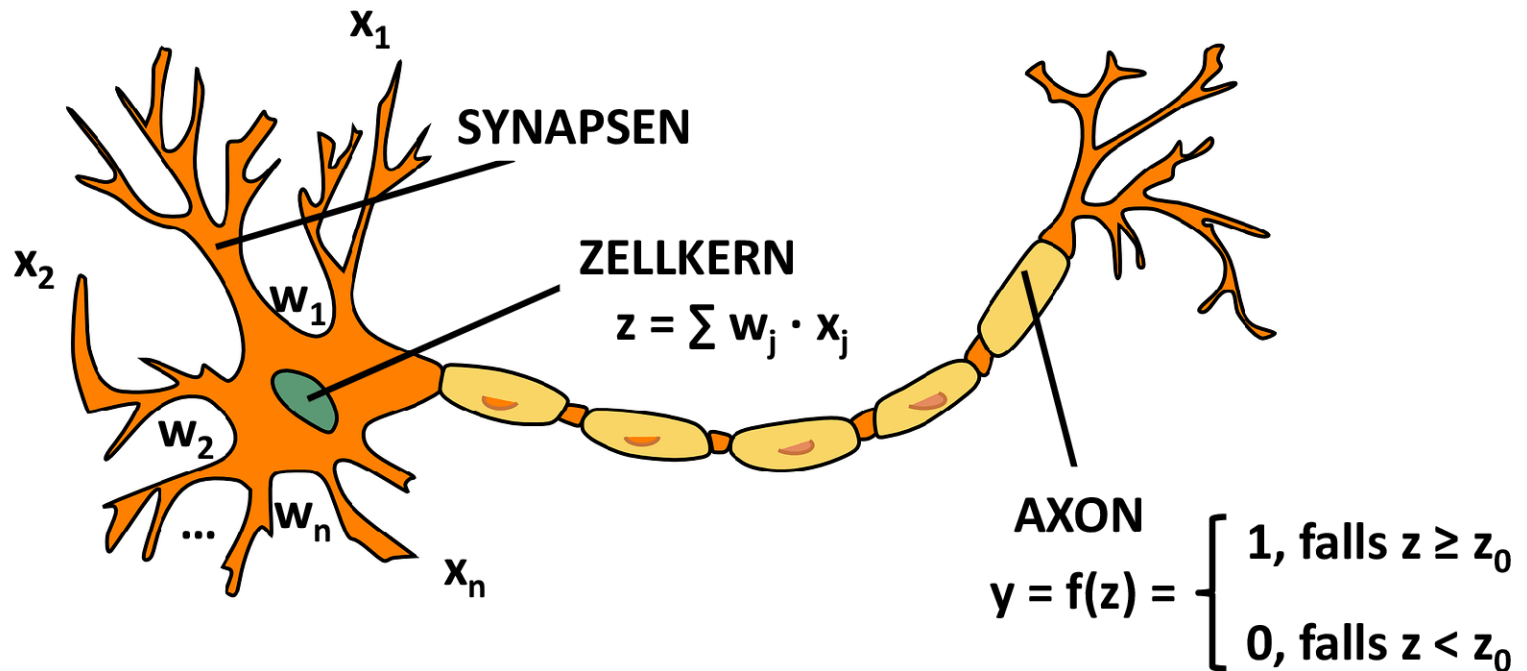
# Neuron



- Synapse:** Verknüpfung, über die eine Nervenzelle in Kontakt zu anderen Zellen steht, so dass deren Erregungen auf die Nervenzelle übertragen werden können
- Zellkern:** Überlagernd laufende Signale werden hier gesammelt und integrierend verarbeitet
- Axon:** Darüber wird die Zellenerregung ggf. aktiviert und an andere Zellen weitergeleitet



# Perceptron (Frank Rosenblatt, 1958)



$x_j$

Input

$w_j$

Gewichtungen

$z$

Linearkombination

$f$

Aktivierungsfunktion

$y$

Output

$z_0$

Reizniveau



**Datensatz:**  $i = 1, \dots, N$

$x^i$       **n vorgegebene Inputs**

$y^i$       **entsprechende 0-1 Outputs**



**i-te Linearkombination**  $z^i = \sum w_j^i \cdot x_j^i$

**Richtige Aktivierung:**

$f(z^i) = y^i \quad \rightarrow \quad$  **KEIN UPDATE**  $w_{\text{neu}} = w$

**Falsche Aktivierung:**

$f(z_{\text{alt}}^i) = 1, y^i = 0 \quad \rightarrow \quad$  **DEKREMENT**  $w_{\text{neu}} = w - x^i$

$f(z_{\text{alt}}^i) = 0, y^i = 1 \quad \rightarrow \quad$  **INKREMENT**  $w_{\text{neu}} = w + x^i$



# Leila Chess Zero, 2018

Entworfen von Gary Linscott als Open-Source

Basiert auf Neuronalen Netzwerken,  
insbesondere auf Reinforcement Learning

Reiner Autodidakt,  
kein vorgefundenes Schachwissen

Nach 9 Monaten Selbstlernen vergleichbar  
mit der stärksten herkömmlichen Software

Top Chess Engine Champion 2019





**Stockfish 10:**

***27.Ld1 h5 28.Sf1 De7 29.Se3 De8 30.Sf5 a3 31.Lc3 bxc3 32.Sd6***

***Die Stellung ist ausgeglichen: = (0.19)***

**Leela Chess Zero 21.1:**

***27.h5 g5 28.Df5+ Kh8 29.f4 a3 30.La1 De7 31.Ld1 exf4 32.Tb3***

***Weiss steht deutlich besser: +/- (1.41)***





Entworfen vom Weltmeister Robert Fischer 1996

Bauern stehen auf üblichen Positionen

Figuren werden vor jeder Partie  
zufällig in der ersten Reihe angeordnet

König steht zwischen den Türmen

Ein weißer Läufer steht auf einem weißen,  
der andere auf einem schwarzen Feld

Schwarze Figuren sind spiegelsymmetrisch

