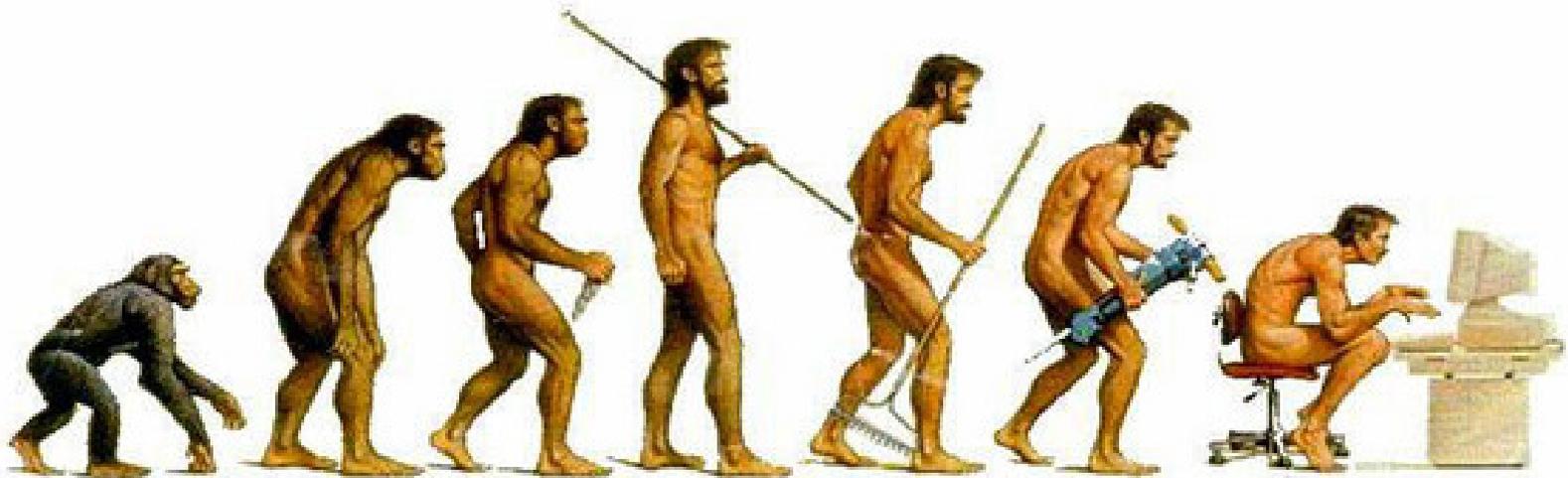


# Evolutionary Chess and Checker Algorithms



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

Tobias Wieschnowsky



1. Evolution
2. Dame
  - 2.1 Ziel und Übersicht
  - 2.2 Strategien und Evolution
  - 2.3 Tests
  - 2.4 Bewertung
3. Schach
  - 3.1 Ziel und Übersicht
  - 3.2 Details zum Algorithmus
  - 3.3 Strategien und Evolution
  - 3.3 Tests
  - 3.4 Bewertung
4. Zusammenfassung

# Evolution

- Charles Darwin (1809 - 1882)
- Die Starken überleben
- Neue Generationen haben zufällige „Mutationen“
- Durch natürlich Auslese überleben die guten Mutationen
- Zwei Algorithmen die sich durch Evolution selbst verbessern

# Dame



- Seit 2007 spielt Chinook laut seiner Autoren perfekt
- Dies ist nur durch Expertenwissen möglich
- Entwicklung dauerte insgesamt 18 Jahre
- Das Ziel:

Eine Algorithmus der ohne Expertenwissen, nur durch Evolution  
Dame spielen lernt.



- Das Brett wird durch einen Vektor mit 32 Werten dargestellt  
 $\langle -K, -1, 0, +1, +K \rangle$
- Eine Minmax Alpha Beta Suche sieht X Spielzüge voraus
- Als Bewertungsfunktion für Spielpositionen wird ein Neurales Netz verwendet
- Bis jetzt noch nichts außergewöhnliches

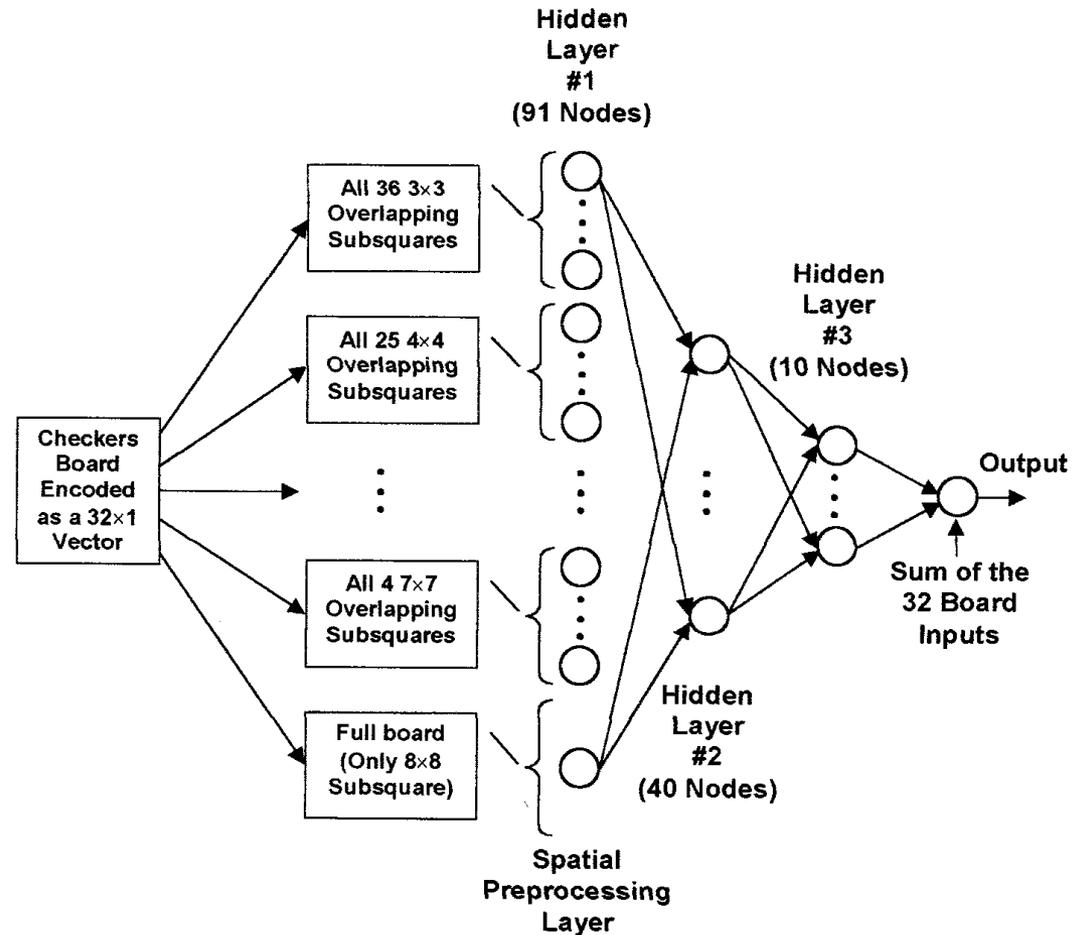
# Strategien und Evolution

- Eine Strategie besteht aus allen wichtigen Werten des Algorithmus
- In diesem Fall:
  - Alle Gewichte und Grenzwerte des Neuralen Netz
  - Der Wert eines Königs
- Die Grundidee:

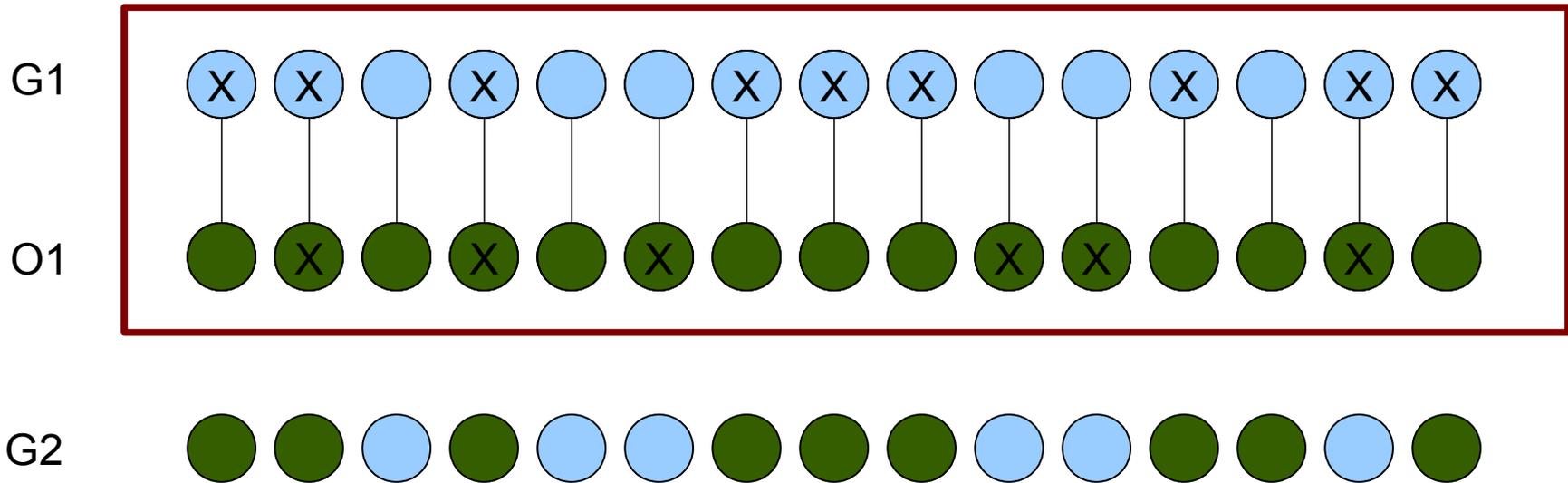
Automatische Entwicklung der Strategien durch Überleben der Stärksten

# Das Neurale Netz

- 5046 Gewichte und Grenzwerte
- anfangs zufällig zwischen  $[-0.2, 0.2]$
- Ausgabewerte ist zwischen  $[-1, 1]$
- Der Wert jeder Dame ist anfangs 2 mal der Wert einer normalen Figur



# Evolution der Strategien



# Mutation

- Jede Strategie  $i$  mutiert durch:

- self-adaptive parameter:

$$\sigma'_i(j) = \sigma_i(j) \exp(\tau N_j(0, 1)), \quad j = 1, \dots, N_w$$

Mit: 
$$\tau = 1/\sqrt{2 \sqrt{N_w}}$$

$N_w$  = Anzahl der Gewichte und Grenzwerte im NN (5046)

$N_j(\mu, \sigma^2)$  = Gauß-Verteilung

- Die Gewichte des Neuralen Netzes werden dann wie folgt mutiert:

$$w'_i(j) = w_i(j) + \sigma'_i(j)N_j(\mathbf{0}, 1), \quad j = 1, \dots, N_w$$

- Zuletzt wird noch der Wert der Damen mutiert

$$K'_i = K_i + \delta \quad \delta \in \{-0.1, 0, 0.1\}$$

- Minmax Suchbaum wurde mit 4 Zügen aufgebaut
- 150 Spiele wurden pro Generation gespielt wobei jede Strategie im Durchschnitt 10 gespielt hat
- Bewertung: +1,0,-2 für Gewonnen, Unentschieden, Verloren
- Die Besten 15 überleben
- Für 30 Generationen wurden ganze 7 Tage auf einem Pentium 2 mit 400mhz benötigt
- 840 Generationen dauerten ganze 6 Monate

# Testing



- Nach 840 Generationen wurde die beste Strategie ausgewählt
- Wurde auf [www. zone.com](http://www.zone.com) gegen Menschen getestet
- Insgesamt 165 Spiele
- Durchschnitts Rating: 2045
- Spielte besser als 99.61% der 80.000 Registrierten Benutzer

Class	Rating
Senior Master	2400+
Master	2200-2399
Expert	2000-2199
Class A	1800-1999
Class B	1600-1799
Class C	1400-1599
Class D	1200-1399
Class E	1000-1199
Class F	800-999
Class G	600-799
Class H	400-599
Class I	200-399
Class J	below 200

# Bewertung

- Sehr gutes Ergebnis (besser als 99.61% menschlicher Users)
- Viel weniger Aufwand als z.B. Chinook
- Menschliche Spieler bemerkten oft unorthodox aber sehr gute Spielzüge
- Spielt nicht perfekt

# Schach

- Viel komplizierteres Spiel
- noch keinen perfekten Computer Spieler
- Evolution aufbauend auf existierendem Open Source Programm mit Expertenwissen
- Kompliziertere Evaluationsfunktion
- Ziel: Verbesserung eines Algorithmus mit Expertenwissen durch Evolution

# Struktur des Algorithmus

- Input Vektor
- Evaluationsfunktion
  - Summe der Material Werte
  - Position Value Tables
  - 3 Neurale Netze
- Alpha Beta Suche mit Tiefe von X Zügen
- Evolution des Algorithmus

# Input



- Vector mit 64 Werten

- { -K, -Q, -R, -B, -N, -P, 0, +P, +N, +B, +R, +Q, +K }

K: King (König )

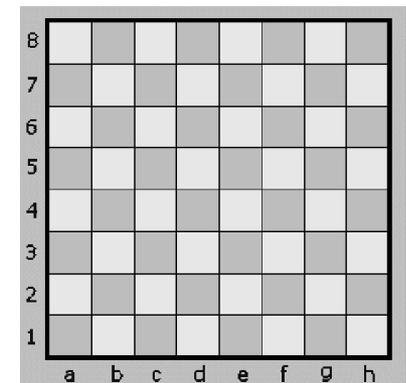
Q: Queen (Dame)

R: Rook (Turm)

B: Bishop ( Läufer )

N: Knight (Springer)

P: Pawn (Bauer)



# Evaluationsfunktion

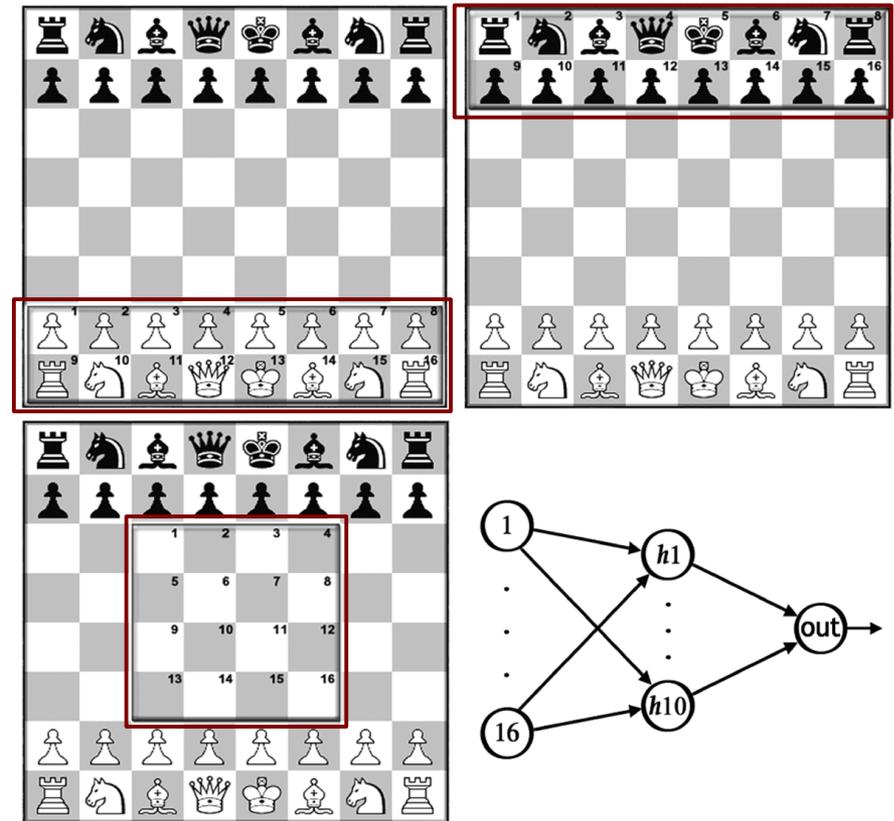
- Drei Teile:
  - Material Wert: Die Summe der Werte aller eigenen Figuren, minus die Summe aller Werte der gegnerischen Figuren
  - PVTs (Position Value Tables): Tabellen die den Wert einer Figur in einer bestimmten Position widerspiegeln.
  - 3 Neural Netze die 3 Teilbereiche des Bretts darstellen

# PVTs

- Eine PVT für jede Figur (für König 3) mit einem Wert pro Feld
- Kann positiv oder negativ sein (gute/schlechte Position)
- König hat 3 PVTs eine vor Rochade, und jeweils eine PVT nach Rochade auf der Seite des Königs oder der Dame
- Gegnerische PVTs sind Spieler PVTs um 180 Grad rotiert

# Neurale Netze

- Wichtige Brettteile
- 10 versteckte Knoten
- 1 Ausgangsknoten mit Wert zwischen  $[-50,50]$



# Strategie

- Definiert durch:
  - Material Werte der Figuren
  - Werte in allen PVTs
  - Gewichte der 3 Neuralen Netze

- Ähnlich wie bei Dame:

- self-adaptive step size:

$$s'_i = s_i \times \tau \times \exp(N(0, 1))$$

$$\tau = 1/\text{sqrt}(2n)$$

- Anpassung aller Werte in der Strategie passieren durch:

$$m'_i = m_i + N(0, s'_i)$$

# Evolution der Strategien

- 10 Eltern und 10 Kinder zum Start
- Jede Strategie spielt 10 Spiele gegen zufällige Gegner
- Gewonnen +1, Unentschieden 0 und Verloren -1
- 10 besten Spieler sind die neuen Eltern
- Spiele enden entweder durch Schach Matt oder unentschieden nach vorprogrammierten Kriterien

- 10 Versuche mit jeweils 50 Generationen (36 Std. auf einem 2.2Ghz Celeron, 128MB RAM)
- Die beste Strategie jedes Versuchs wurde gegen die unentwickelte Version getestet
- Evolution gewinnt immer
- Strategie mit den meisten Gewinnen (Blondie25) wurde Gegen Chessmaster 8000 getestet

# Test gegen Chessmaster 8000



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
DARMSTADT

- 120 spiele gegen CM 8000
- Stärke:
  - Entwickelt: 2437
  - Unentwickelt: 2066
- 371 gewonnen durch Evolution
- CM 8000 hat nur 2517 anstatt versprochenen 2800+
- Test gegen Pocket Fritz 2.0 mit 2300-2350

<u>Class</u>	<u>Rating</u>
Senior Master	2400+
Master	2200-2399
Expert	2000-2199
Class A	1800-1999
Class B	1600-1799
Class C	1400-1599
Class D	1200-1399
Class E	1000-1199
Class F	800-999
Class G	600-799
Class H	400-599
Class I	200-399
Class J	Below 200



# Test gegen Pocket Fritz 2.0

- Test gegen Pocket Fritz mit Wettbewerbs Regeln
- 12 Spiele, Blondie25 gewann 9, verlor 2 und 2 unentschieden
- Neues Rating: 2550 ( 250 Punkte besser als Pocket Fritz)

# Bewertung

- Aufstieg des Programms von Expert zu Senior Master (2 Levels)
- Kann nicht mit den besten Schach Programmen mithalten (Bestes Programm damals Shredder 7.04 mit Rating 2808 )
- Trotzdem sehr gutes Ergebnis
- Evolution entwickelt oft unbekannte Strategien
- Kann sehr leicht parallelisiert werden

# Bewertung von Evolution

- Sehr gute Ergebnisse, aber nicht besser als Top Algorithmen
- Neue Taktiken
- Kein Expertenwissen benötigt → weniger Aufwand
- Kann auch Expertenwissen verbessern
- Großes Potential für Parallele Berechnungen
- Mit wachsender Prozessorleistung sind mehr Generationen möglich

# Zusammenfassung

---

- Nur die starken Strategien überleben
- Sehr gutes Verfahren wenn kein Expertenwissen vorhanden ist oder wenn darauf aufgebaut werden soll
- Ermöglicht neue Ansätze / Strategien
- Geringer Aufwand
- Ergebnis möglicherweise nicht Perfekt

# Fragen?

---

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

# Quellen

- *Evolving and expert checkers playing program without using human expertise* (K. Chellapilla, D.B.Fogel), 2001.
- *A self-learning evolutionary chess program* (Fogel, D.B.; Hays, T.J.; Hahn, S.L.; Quon, J.), 2004.
- Wikipedia
- <http://www.natural-selection.com/>