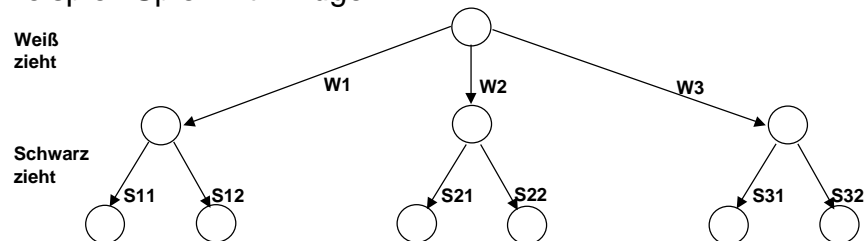


Expertise I: Probleme mit Gegner

- Englische Bezeichnung: *Adversary Problems*
- Beispiele: Brett- und Kartenspiele (Schach, Go, Poker, Bridge)
- Das besondere an diesen Problemen ist, dass bei der Zugwahl auch die möglichen Züge des Gegners miteinbezogen werden müssen.
- Probleme mit Gegner wurden aus drei verschiedenen Perspektiven untersucht:
 - Deskriptiv (Psychologie)
 - Künstliche Intelligenz
 - Normativ (Spieltheorie)

Spielbäume

- Mögliche Zug-Gegenzug Sequenzen sind in *State Action Trees* darstellbar, die hier als *Spielbäume (game trees)* bezeichnet werden.
- Aus diesen Spielbäumen lässt sich ablesen, welche Züge zu welchen Ergebnissen führen.
- Beispiel: Spiel mit 2 Zügen:

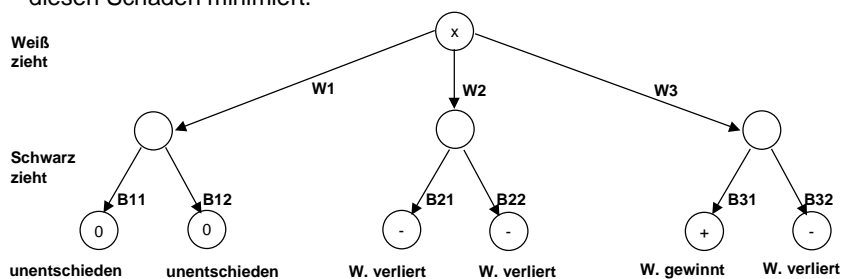


Das MinMax Prinzip (Newell & Simon, 1972)

- Wenn sich von jedem Ausgangszustand mittels eines Spielbaumes alle möglichen Spielausgänge voraussagen lassen, kann mittels des Minimax-Prinzips der beste Zug gewählt werden.
- Der erste Spieler bestimmt seinen Zug, indem er die möglichen Ausgänge des Spiels voraussieht und sich dann rückwärts durch die verschiedenen Zwischenzustände zum Ausgangszustand zurück hangelt.
- So kann der Wert der verschiedenen Zwischenzustände bewertet werden.
- Dabei wird unter der Annahme gehandelt, dass der Gegner jeweils den Zug wählen wird, der den größten Schaden anrichtet. Es wird dann jeweils der Zug gewählt, der diesen Schaden minimiert.

Das MinMax Prinzip (Newell & Simon, 1972)

- Der erste Spieler bestimmt seinen Zug, indem er die möglichen Ausgänge des Spiels voraussieht und sich dann rückwärts durch die verschiedenen Zwischenzustände zum Ausgangszustand zurück hangelt.
- So kann der Wert der verschiedenen Zwischenzustände bewertet werden.
- Dabei wird unter der Annahme gehandelt, dass der Gegner jeweils den Zug wählen wird, der den größten Schaden anrichtet. Es wird dann jeweils der Zug gewählt, der diesen Schaden minimiert.



Das MinMax Prinzip (Newell & Simon, 1972)

- Das Problem dieses Ansatzes besteht darin, dass zu jedem Zug alle möglichen Gegenzüge und zu allen diesen Gegenzügen wieder alle möglichen Folgezüge erwogen werden müssen.
 - Die Anzahl der erwogenen Züge steigt ins Unermäßliche.
 - z.B. beim Schach sind im Schnitt bei jeder Konstellation 30 Züge möglich. Insgesamt ca. 10^{120} mögliche Züge bei einem Spiel.
 - Menschliche Schachspieler und auch Computer können nur wenige Züge mit all ihren Konsequenzen überblicken.
- Menschen und Computer müssen, um einigermaßen erfolgreich Schach spielen zu können, bestimmte Heuristiken zur Verfügung haben, die den Suchaufwand verringern.

Exkurs: Algorithmus vs. Heuristik

Heuristik: Vorgehensweise, die unsystematisch, aber clever ist. „Kognitive Daumenregeln“, deren Anwendung zwar meistens zum Erfolg führt, manchmal aber auch zu einem Misserfolg.

Algorithmus: Formalisierte Regel, die sich als geordnete Sequenz von Operationen darstellen lässt. Die Anwendung eines Algorithmus führt bei gleichen Eingangsinformationen stets zum gleichen Ergebnis.

Schach und Künstliche Intelligenz

MANIAC (1956):

- Alle möglichen Züge wurden in einer Tiefe von 4 Zügen durchsucht. (30^4 [800 000 Stellungen]).
- Jede dieser Stellungen wurde nach Kriterien wie Figurenvorteil und Beweglichkeit der verbliebenen Figuren evaluiert.
- Dann wurde nach Minimax-Prinzip verfahren.

- Programm spielt trotz der vielen betrachteten Züge nur schlecht Schach.
- Vermutung: Sehr viele offensichtlich schlechte Züge werden geprüft. Bewertungskriterien zu grob.

Schach und Künstliche Intelligenz

Programm von IBM (Bernstein, 1985)

- Statt aller möglichen Züge wurden pro Zug nur 7 Folgezüge betrachtet, wiederum bis zu einer Tiefe von 4 Zügen (→ insgesamt nur noch 2500 betrachtete Züge)
- Es gab acht *Plausible Move Generators*. Das sind Prinzipien, die sich auf unterschiedliche Aspekte des Spiels beziehen (Sicherheit des Königs, Angriff, Verteidigung) und die jeweils zu betrachtenden Folgezüge generieren.
- Die Folgezüge werden evaluiert bezüglich Figurenstärke, verteidigte Gebiete, Beweglichkeit der Figuren etc.
- Das Programm spielt unausgewogen (manchmal gut, manchmal sehr schlecht)

Schach und Künstliche Intelligenz

CHESS 4.6 (Weltbestes Schachprogramm, 1977)

- Es wurden pro Zug ca. 400 000 Folgezüge evaluiert und das im Schnitt bis zu einer Tiefe von 4 bis 5 Zügen.
- Programm schlug 99.5 % gesetzter Schachspieler.

DEEP THOUGHT (Hsu et al., 1990)

- Es wurde bis zu einer Tiefe von 15 – 60 Zügen vorausgesehen (Pro Sekunde werden mehrere Millionen Züge evaluiert).
- Trotzdem ist auch dieses Programm nicht unschlagbar!

Deep Fritz zwingt Kasparov zu Remis (2003)

„Wir haben den Schachcomputer Deep Fritz auf Kasparov programmiert“, sagte Andre Schulz von der Hamburger CheesBase GmbH unserer Nachrichtenredaktion. Franz Moorsch und Mathias Feist hätten als Programmierer den Schachcomputer nicht mit Hilfe einer anderen Software programmiert, sondern sich den Gewohnheiten Kasparovs angenommen. „Normalerweise passt sich ein Mensch den Spielgewohnheiten eines Schachcomputers relativ schnell an“, sagte Schulz weiter. Mit ein paar Optimierungen sei es ihnen gelungen, dass sich der Schachweltmeister nicht mehr an der Software habe orientieren können.

Deep Fritz ist eine multiprozessorgesteuerte Software auf Basis des Programms Fritz 8. Das Schachprogramm installierte die Hamburger Crew auf einem vierfachen CPU-System aus Intel Pentium 4 Xeon, die mit je 2,8 GHz getaktet sind. Allein aus der Grundstellung des Schachspiels aus bietet das Programm eine Suchtiefe von 18,5 Zügen und berechnet pro weiterem Spielzug 3,4 Millionen Möglichkeiten. Obwohl Kasparov die Partie aggressiv begann und den Rechner mit einem Bauernopfer in eine Falle lockte, kippte Deep Fritz nach knapp 30 Zügen den Spielvorteil zu seinen Gunsten und erzwang ein Remis.

Schach und Künstliche Intelligenz

Die einzelnen Programme sind unterschiedlich erfolgreich, verfügen aber im Grunde über dieselbe Struktur:

- Durchsuchen eines Spielbaums mithilfe von Heuristiken bis zu einer bestimmten Tiefe.
- Evaluieren von Zwischenzuständen nach erfolgter Suche.
- Auswahl des aktuellen Zuges nach Minmax Prinzip.
- Programme stellen kein realistisches Abbild menschlichen Schachspiels dar.
- Menschliche Schachspieler machen keine derartig umfangreiche Prüfung möglicher Zügen. Sie gehen wesentlich selektiver vor und suchen nach der Methode des „progressive deepening“. (Chess 4.6 prüft bis zu 3 Mio. möglicher Züge - menschliche Spieler prüfen nur ca. 35)

Studien zum Schachspiel: Suche [De Groot, 1965]

- Vergleich von 5 Schachgroßmeistern mit 5 Schachexperten.
- Alle sahen die gleichen Stellungen und überlegten, welchen Zug sie machen sollten.
- Methode: Lautes Denken

	Großmeister	Gute Spieler
- Suchzeit	9,6 min.	12,9 min.
- Anzahl berücksichtigter 1. Züge	4,2	3,4
- Maximale Suchtiefe	6,8	6,6
- Anzahl aller betrachteten Züge	35,0	30,8
- Qualität des gewählten Zuges (von Experten bewertet)	8,2	5,2

Suche: Ergebnisse von De Groot, 1965

- Keine großen Unterschiede in quantitativen Merkmalen, d.h. in der Zeit, in der ein Zug gemacht wurde, in der Anzahl der erwogenen Züge, in der Suche in die Tiefe, usw.
- Unterschiede gab es aber in der Qualität des schließlich gewählten Zuges.
- Ohne mehr, tiefer, oder länger zu suchen, kommen die Großmeister doch zu qualitativ besseren Lösungen.
- Vermutung: Schachgroßmeister haben ein größeres Repertoire an Mustern / Schemata entwickelt, die ihre Wahrnehmungen von Stellungen strukturieren und die Identifikation von günstigen Zügen erleichtern.

Studien zum Schachspiel: Wahrnehmung und Gedächtnis [De Groot, 1965]

- Schachspieler unterschiedlicher Spielstärke sollten Schachbrettstellungen, die für 2-15 Sekunden gezeigt wurden, nach 30 Sekunden erinnern und rekonstruieren.
- Die Großmeister konnten die Stellungen gut rekonstruieren (91 % korrekt), schwächere Spieler machten mehr Fehler (nur 41 % korrekt).
- Bei Untersuchungen zur Erinnerung von sinnlosen Schachstellungen machen Großmeister genauso viele Fehler!
- => Großmeister verfügen nicht einfach generell über größere Gedächtniskapazität als andere Schachspieler.

Vermutung: Schachexperten bilden Muster aus mehreren Figuren → *Chunking*.

Studien zum Schachspiel: Wahrnehmung und Gedächtnis [Chase & Simon, 1973]

Drei Spieler (Meister, guter Spieler, Anfänger) und zwei Aufgaben:

- Kopieren von Schachbrettstellungen (Brett im Blickfeld der Vp).
- Erinnern von Stellungen, die 5 Sekunden lang gezeigt wurden.



Ergebnisse von Chase & Simon, 1973

Wahrnehmungsaufgabe:

- Die Anzahl der Figuren, die im Schnitt nach einem Blick auf die Vorlage reproduziert wurden, unterschied sich nicht zwischen den drei Spielern [2-3] → Keine Evidenz, dass Experten größere Chunks bilden.
- Die Blickdauer der Experten war allerdings signifikant kürzer → Experten enkodieren schneller!

Gedächtnisaufgabe:

- Wurden länger als 2 Sekunden keine Figuren aufgebaut, so galt bis dahin aufgebaute Konfiguration als Chunk.
- Anzahl der Figuren pro Chunk variierte systematisch je nach Spielstärke: Anfänger (1,9); Meister (2,5)
- Die in einem Chunk zusammengefassten Figuren waren sich häufig ähnlich (gleiche Farbe, gleicher Typ, räumliche Nähe) oder standen in Angriffs bzw. Verteidigungs-Beziehung zueinander

Chase & Simon (1973): Schlussfolgerung

- Experten enkodieren schneller, wenn es um das Betrachten von Schachbrettkonstellationen geht.
- Experten bilden größere und sinnvollere Chunks, wenn es um das Behalten von Schachbrettkonstellationen geht.

Saariluoma (1984, 1985)

- Vergleich von Anfängern und Experten bei einer Reihe von Aufgaben
 - *selective enumeration*: Anzahl von Figuren eines Typs zählen (z.B. Springer)
 - *total enumeration*: Anzahl von Figuren insgesamt zählen
 - *threat detection*: Erkennen von Gefahrensituationen
- Experten waren besser als Anfänger bei *selective enumeration* und *threat detection* aber nicht bei *total enumeration*.
- Die Leistung von Experten und Anfängern wird in ähnlichem Ausmaß verringert, wenn statt sinnvollen sinnlose Konstellationen vorgegeben werden.
- Experten: Schnellere Merkmalerkennung, und verbunden damit schnellere Identifikation der unterschiedlichen Figuren auf dem Brett.

Memory Aided Pattern Perceiver (MAPP) [Simon & Gilmartin, 1973]

Computermodell zur Simulation menschlichen Schachspiels

- Schachbrettkonstellationen werden kodiert durch eine Menge von Chunks (Muster-Bezeichnungen), die im Arbeitsgedächtnis nur einen kleinen Raum einnehmen.
- Bei der Rekonstruktion werden die Muster-Bezeichnungen wieder dekodiert.
- Die chunks werden durch einen Muster-Erkenner generiert, der Brettkonstellationen mit im LZG gespeicherten Mustern abgleicht.
- Es wird angenommen, dass geübte Spieler viele Muster im LZG gespeichert haben, Anfänger hingegen nur wenige.

MAPP: Simon & Gilmartin, 1973]

Zwei Versionen des Computermodells:

- Schwächere Version: 894 Muster im LZG, Stärkere Version: 1144 Muster im LZG
- Stärkere Version konnte Konstellationen schneller im KZG ablegen und schnitt dadurch bei nachfolgender Rekonstruktion besser ab.

Table 3.2 Percentage of pieces placed correctly by MAPP (with 1144 patterns in long-term memory) and Chase and Simon's (1973a,b) Ss after 10 seconds exposure.

Position	Master (%)	MAPP (%)	Good amateur (%)
Set 1	62	43	34
Set 2	81	54	49

From Simon and Gilmartin (1973) *Cognitive Psychology* 5, 29–46. Reprinted by permission.

MAPP: Simon & Gilmartin, 1973

Table 3.2 Percentage of pieces placed correctly by MAPP (with 1144 patterns in long-term memory) and Chavé and Simon's (1973a,b) Ss after 10 seconds exposure.

Position	Master (%)	MAPP (%)	Good amateur (%)
Set 1	62	43	34
Set 2	81	54	49

From Simon and Gilmartin (1973) *Cognitive Psychology* 5, 29-46. Reprinted by permission.

- Ein Vergleich der Leistungen des Computermodells mit der Leistung menschlicher Schachspieler deutet darauf hin, dass Schachmeister ein Repertoire von 10 000 bis 100 000 Mustern im LZG gespeichert haben.
- Zum Vergleich: Das Vokabular einer gut-ausgebildeten Person umfasst ca. 75 000 Wörter

Speicherung im KZG vs. LZG [Charness, 1976]

- Schachspielern wurden Schachbrettkonstellationen für 5 Sekunden gezeigt.
 - Dann führten sie für 30 Sekunden eine Interferenzaufgabe aus (z.B. Nachsprechen, Addieren oder Kopieren von Zahlen; mentale Rotation, andere Schachprobleme, Benennung von Figuren etc.).
 - Es wird angenommen, dass durch das Bearbeiten der Interferenzaufgaben der vorherige Inhalt des KZG überschrieben wird.
 - Bei einer nachfolgenden Rekonstruktion der Konstellationen aus dem Gedächtnis waren die Leistungen gegenüber einer Bedingung, in der keine Interferenzaufgabe durchgeführt wurde, nur um 6-8% reduziert.
- Konstellationen werden offensichtlich nicht im KZG gespeichert [? MAPP].

[Vgl. auch Frey & Adesman, 1976]

Alterseffekte beim Schachspiel [Charness, 1981]

- Schachspieler unterschiedlichen Alters (16 - 64) und unterschiedlicher Spielstärke (Ratings von 1283 - 2004) wurden untersucht. Spielstärke und Alter waren nicht korreliert.
 - Drei Aufgaben:
 - Zugwahl bei 4 Konstellationen mit lautem Denken.
 - Beurteilung von Endkonstellationen hinsichtlich Gewinn / Verlust / Unentschieden.
 - Rekonstruktion der vier anfänglichen Konstellationen.
 - Ergebnisse:
 - Spielstärke hatte positiven Einfluss auf alle drei Aufgaben.
 - Alter hatte negativen Einfluss nur auf die Rekonstruktionsaufgabe.
 - Die Chunkgröße wurde vom Alter negativ, von Spielstärke positiv beeinflusst.
- Enkodierungseffizienz alleine kann nicht für die Unterschiede zwischen Spielern unterschiedlicher Spielstärke verantwortlich sein (? MAPP).

Weitere Befunde zu Schach und Alter [Charness, 1981b]

- Ältere Spieler suchten ähnlich tief aber weniger umfassend als jüngere Spieler, und wählten schlussendlich dennoch Züge vergleichbarer Qualität.
- Vermutung: Ältere Spieler haben bessere Evaluierungsfunktionen und können dadurch einerseits die schlechteren Gedächtnisleistungen kompensieren und andererseits das Ausmaß der Suche einschränken.

Re-Evaluierung von MAPP

- Laut MAPP ist erhöhte Spielstärke beim Schachspiel auf erhöhte Effizienz bei der Enkodierung im Gedächtnis zurückzuführen.
- Die Ergebnisse von Charness lassen hieran Zweifel aufkommen (MAPP kann nicht erklären, warum sich Spieler unterschiedlicher Enkodierungseffizienz [alt vs. jung] nicht auch in der Spielstärke unterscheiden).
- Holding (1985): Vielleicht ist erhöhte Enkodierungseffizienz ein Nebenprodukt von erhöhter Spielstärke (nicht umgekehrt).
- Holding & Reynolds (1982): Zugwahl bei willkürlichen Konstellationen wird positiv von der Spielstärke beeinflusst. Dies kann durch MAPP nicht erklärt werden, da keine entsprechenden Konstellationen im Gedächtnis gespeichert sind.
- Pfau & Murphy (1988): Spielstärke lässt sich besser durch Tests taktischer Fertigkeiten, Fertigkeiten in der Stellungsbeurteilung und Schachwissen vorhersagen, als durch Fertigkeiten bei der Stellungsrekonstruktion.

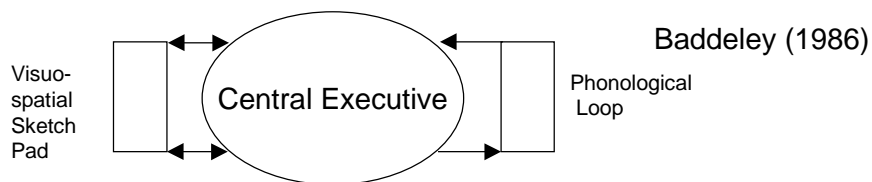
Weitere Studien zu Suchprozessen beim Schach

- Die Ergebnisse von de Groot (1965) hatten nahe gelegt, dass sich Novizen und Experten nicht wesentlich in ihren Suchprozessen unterscheiden → Forschung konzentrierte auf Prozesse der Mustererkennung → MAPP
- Nachdem sich MAPP jedoch als problematisch erwies, begann man sich wieder für Unterschiede zwischen Novizen und Experten bei Suchprozessen zu interessieren.
- Charness (1981, 1989):
 - Lautes Denken bei Zugwahl-Aufgabe (34 Spieler; Ratings: 1283 – 2004)
 - → Experten suchen breiter, tiefer und schneller als Novizen! (vgl. auch oben erwähnte Alterseffekte)
- Bei de Groot (1965) war möglicherweise die Stichprobe und auch die Spielstärkenspanne zu klein, um Unterschiede aufdecken zu können.

Weitere Studien zu Suchprozessen beim Schach

- Aber: Charness (1989) untersuchte eine Vp nochmal nach 9 Jahren, in denen sie sich von 1600 Punkten (*intermediate*) auf 2400 Punkte (*master*) hochgearbeitet hatte. Ihre Suchstrategien hatten sich nicht verändert.
- Saariluoma (1990): Suchausmaß und Expertise: Umgekehrte U-Funktion! Spieler mittleren Niveaus suchen mehr als Novizen und auch mehr als Experten. Experten scheinen bei der Suche bessere Züge auszuwählen und können es sich daher leisten, weniger zu suchen.
- Hypothese: Vielleicht evaluieren Experten (ähnlich wie ältere Spieler) besser. [Bei schlechter Evaluierung nützt die sorgfältigste Suche nix].
- Holding (1979): 50 Spieler schätzten auf einer 10 Punkte Skala verschiedene Schachbrettpositionen bezüglich der Gewinnchancen der Spieler ein.
 - Richtigkeit der Einschätzung und auch die Diskriminierung zwischen verschiedenen Positionen korrelierte hoch mit der Spielstärke der Spieler
 - Die guten Spieler evaluierten ähnlich wie CHESS 4.5 ($r = .90$), die schlechteren auch, aber nicht in dem Ausmaß ($r = .80$)

Schachspiel und Arbeitsgedächtnis



Belastung der Artikulatorischen Schleife: z.B. „das das das das“.

Belastung des Visuo-spatial Sketchpads: z.B. kreisende Handbewegung.

Belastung der Zentralen Exekutive: z.B. Generierung von Zufallsabfolgen von Ziffern.

- Saariluoma (1991, 1992): Visuo-spatiale Aufgaben stören bei der Zugwahl, der *Threat Detection*, und bei Enkodierungsprozessen in Schachgedächtnisaufgaben. Aufgaben, die die Artikulatorische Schleife belasten, stören hingegen nicht.
- Exploration möglicher Zugsequenzen involviert den Visuo-spatialen Anteil des Arbeitsgedächtnis und dessen zentrale Exekutive. Außerdem spielt das LZG eine große Rolle (vgl., Charness, 1976; Frey & Adesman, 1976).

Zusammenfassung

- Spieltheorie liefert Konzepte wie Spielbäume und das Minmax-Prinzip
- Brettspiele besonders geeignet für Expertiseforschung.
- Die Untersuchungen legen nahe, dass Experten gegenüber Novizen
 - Figuren und Figurenmerkmale schneller erkennen können.
 - Mehr Schachbrettkonstellationen im Gedächtnis haben.
 - Bei Gedächtnisaufgaben dadurch größere und sinnvollere Chunks bilden können.
 - Bessere Evaluierungsfunktionen aufweisen.
 - Das Suchmaß dadurch verringern können.
- Außerdem: Für die Exploration von Zugsequenzen ist sowohl der visuo-spatiale Anteil des Arbeitsgedächtnisse als auch das LZG relevant.