

Was geht in ihm vor, wenn er denkt? Ein Blick ins Innenleben des künstlichen Schachpartners schafft Verständnis für die technischen Zusammenhänge

Anatomie eines Schachcomputers

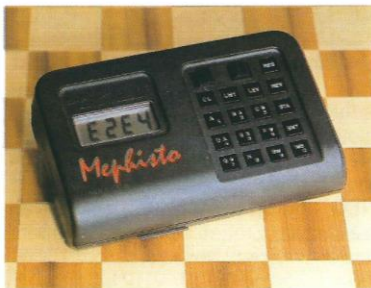
Wie bei jedem anderen Computer, muß man beim Schachcomputer unterscheiden zwischen Hardware und Software. Während die Hardware im wesentlichen aus einer Vielzahl elektronischer und einer geringen Zahl mechanischer Bauteile besteht, mit deren Hilfe Daten eingegeben, verarbeitet und angezeigt werden, stellt das Schachprogramm die Software dar, die Art und Ablauf der durchzuführenden Datenverarbeitungsprozesse bestimmt. Nachfolgend soll zunächst die Funktion der wichtigsten Hardware-Komponenten kurz erläutert werden.

Ein tiefer Blick ins Computerherz

Der **Mikroprozessor**, im vorliegenden Beispiel der in CMOS-Technologie ausgeführte Typ 1802, ist das Herzstück des Schachcomputers. Er gibt die Adressen für die Eingabe-/Ausgabe-Schnittstelle sowie die Speicherzellen des Zwischenspeichers aus und berechnet aus den empfangenen Informationen die Schachzüge.

Der **Quarz** hält die Frequenz der vom Generator erzeugten elektromagnetischen Schwingungen konstant. Diese werden mit Hilfe des **Frequenzteilers** zu Taktsignalen umgewandelt, die den Mikroprozessor steuern. Je höher die Quarzfrequenz ist, desto mehr Rechenoperationen kann der Mikroprozessor in der ihm zur Verfügung stehenden Zeit durchführen.

Der **Zwischenspeicher**, ein mit RAM (Random Access Memory) zu bezeichnender Schreib-/Lesespeicher, ist das „Kurzzeitgedächtnis“ des Schach-Computers, in dem die aktuellen Schachpositionen gespeichert werden. Dieses aus zwei integrierten Schaltungen bestehende Element erhält vom Programmspeicher Anweisungen zur Durchführung bestimmter Datenein- und Datenausgabevorgänge.



Der **Adreßdecoder** wandelt die vom Mikroprozessor ausgegebenen Adressen in eine für die Anzahl gewünschter Speicherzellen geeignete Form um.

Die **Schachmodulkontaktleiste** dient der Verbindung des Schachmoduls mit dem Grundgerät und erlaubt einen schnellen Modulwechsel.

Der im Schachmodul untergebrachte, aus drei Lesespeichern (ROM) bestehende **Programmspeicher** enthält das Schachprogramm und stellt quasi das „Langzeitgedächtnis“ des Schachcomputers dar. Neben den Schachregeln sind im Programmspeicher strategische Varianten und die „Eröffnungsbibliothek“ gespeichert.

Über die **Tastatur** werden dem Schachcomputer die für die Berechnung der Gegenzüge notwendigen Daten sowie alle Befehle eingegeben.

Das **Display** zeigt die vom Mikroprozessor berechneten Schachzüge sowie andere Betriebsdaten (wie Zugzahl, Zeit, Denktiefe) an und dient darüber hinaus als Kontrolle der per Tastatur eingegebenen Daten.

Die **Eingabe-/Ausgabe-Schnittstelle** verbindet das Grundgerät mit einem als Zubehör erhältlichen elektronischen Schachbrett, auf dem die Schachzüge direkt ausgeführt werden können und nicht über die Tastatur eingegeben werden müssen. Über diese Schnittstelle ließe sich auch ein

TV-Modulator ansteuern, mit dessen Hilfe die Brettsituation auf einem Fernsehgerät dargestellt werden kann.

So denkt der Schachcomputer

Da Schach ein logisches Spiel ist, das mathematischen Gesetzmäßigkeiten folgt, eignen sich Brett und Schachfiguren sowie die Spielregeln besonders gut für die Umsetzung in eine der Maschine verständliche Sprache, das sogenannte Programm.

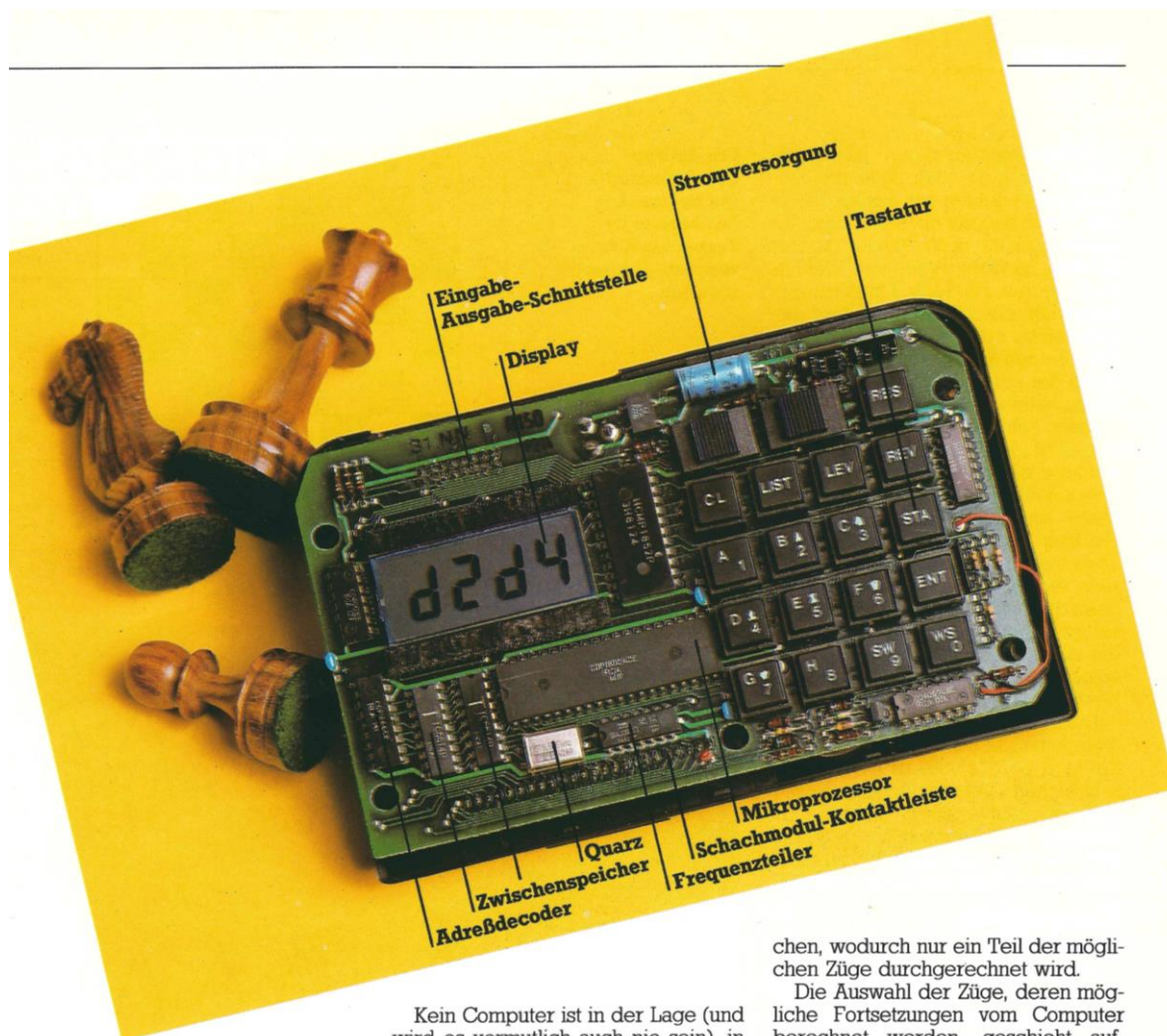
Wird dem Computer ein geeignetes Programm eingegeben, so ist er in der Lage, eine gewisse Menge an Schachproblemen zu bewältigen. Einen Vierzüger, also die Aufgabe, diejenigen Züge zu suchen, mit denen Weiß auf sämtliche möglichen Gegenzüge von Schwarz im vierten Zug den schwarzen König matt setzt, löst der Computer noch mit akzeptablem Programmieraufwand. Dennoch ist kein Computer in der Lage, in der Schachpartie unfehlbar zu spielen und sämtliche Varianten zu ermitteln, die zum Matt führen, weil bereits beim ersten Zug die vorgegebene Bedenkzeit bei weitem überschritten wird.

Da Computer nur mit Zahlen operieren können, nicht jedoch über Sinnesorgane verfügen, muß ihnen das Schachbrett in einer Darstellung eingegeben werden, die sie verstehen. Eine für die Programmierung sehr gut geeignete Form ist die im Fernschach verwendete Zahlennotation, bei der im Gegensatz zu der sonst üblichen Felderbezeichnung a-h und 1-8 das Schachbrett mit den Zahlen 11-88 gekennzeichnet wird. Zusätzlich ist ein numerierter Rand vorhanden, der verhindert, daß Schachfiguren das reguläre Spielfeld verlassen können.

Angenommen, ein Turm befindet sich auf Feld 55, so kann dieser entsprechend seiner Gangart nach oben die Felder 56, 57, 58, nach unten die

Björn Schwarz: Anatomie eines Schachcomputers – Erklärung der Arbeitsweise

(Quelle: Zeitschrift PE – März 1983) (photo copyright © by www.schaakcomputers.nl/) (600 dpi)



Felder 54, 53, 52, 51, nach links die Felder 45, 35, 25, 15 und nach rechts die Felder 65, 75 sowie 85 betreten. Der Turm vollzieht also nach oben den Schritt +1, nach unten den Schritt -1, nach links den Schritt -10 und nach rechts den Schritt +10 oder jeweils ein Vielfaches davon. Nun wird verständlich, warum das Schachbrett einen Rand aufweisen muß. Wäre dieser nicht vorhanden, dann würde das Feld 61 unmittelbar dem Feld 58 folgen und der Turm könnte den unerlaubten Zug 55-61 ausführen.

Grenzen der Technik

Nach demselben Prinzip ergeben sich auch die Schrittweiten für die übrigen Schachfiguren. Der Läufer führt Schritte aus, die das Ein- oder Vielfache von +11, -11, +9 oder -9 betragen, und der Springer macht die Schritte +21, -21, +19, -19, +12, -12, +8 und -8. Da der Springer eine Reihe oder Linie überspringt, hat das Schachbrett einen doppelten Rand.

Kein Computer ist in der Lage (und wird es vermutlich auch nie sein), in der regulären Schachpartie sämtliche Varianten bis zum Matt durchzurechnen. Bereits beim ersten Zug hat Weiß 20 verschiedene Möglichkeiten, mit den Bauern oder Springern zu ziehen. Schwarz macht den nächsten Zug und kann nun seinerseits auf jeden dieser Züge mit 20 Antwortzügen reagieren, wodurch sich insgesamt $20 \times 20 = 400$ Varianten ergeben. Wenn nun Weiß wieder an der Reihe ist, erhöht sich die Anzahl der Zugmöglichkeiten auf über 9000. Ist Weiß das dritte Mal am Zug, dann ergeben sich bereits rund fünf Millionen Spielvarianten.

Die Zahl der Spielmöglichkeiten nimmt mit jedem weiteren Zug von Weiß und Schwarz derart zu, daß selbst die leistungsfähigsten Computer die erforderlichen Berechnungen sämtlicher Zugmöglichkeiten nicht in der zur Verfügung stehenden Zeit vornehmen können. Eine wesentliche Reduzierung der für die Ermittlung akzeptabler Züge benötigten Zeit läßt sich allerdings durch bestimmte Anweisungen im Schachprogramm errei-

chen, wodurch nur ein Teil der möglichen Züge durchgerechnet wird.

Die Auswahl der Züge, deren mögliche Fortsetzungen vom Computer berechnet werden, geschieht aufgrund von Stellungsbewertungen, die im wesentlichen unter Berücksichtigung folgender fünf Kriterien vorgenommen werden:

- Sicherheit des Königs
- Materilgleichgewicht
- Beherrschung des Brettzentrums
- Aktionsfähigkeit der Figuren
- Bauernumwandlung.

Die richtige Bewertung wirkt sich entscheidend auf die Spielstärke eines Schachprogramms aus und stellt trotz des hohen technischen Standes auf den Gebieten Elektronik und Datenverarbeitung ein erst teilweise gelöstes Problem dar.

Und so denkt der Meister

Wie ist es bei dieser Problematik dennoch möglich, daß gute Schachspieler Zugfolgen bis zu einer Tiefe von 16 oder sogar mehr Halbzügen analysieren können? Erklärt werden kann dieses Phänomen nur dadurch, daß bei diesem komplizierten Vorgang nur eine geringe Anzahl möglicher Varianten berücksichtigt wird.

Björn Schwarz: Anatomie eines Schachcomputers – Erklärung der Arbeitsweise

(Quelle: Zeitschrift PE – März 1983) (photo copyright © by www.schaakcomputers.nl/) (600 dpi)

Großmeister erwägen im Durchschnitt nur etwa zwei Züge pro Stellung und verfolgen nur wenige mögliche Fortsetzungen für diese Züge. Sie spielen nicht nach einem starren Schema, sondern treffen ihre Wahl intuitiv, wobei sie viele Fortsetzungen unbewußt abschätzen. Meistens berechnen sie nur die Konsequenzen eines einzigen Zuges, den sie bereits als einen der ersten Züge in Betracht gezogen haben und auch ausführen.

Diese Fähigkeit der Großmeister interessiert den Programmierer. Seine Aufgabe ist es, Schachprogramme zu entwickeln, die menschliche Denkweise simulieren. Wenn bei jedem Halbzug nur zwei Spielvarianten zu analysieren wären, so würde das bereits einen großen Erfolg bedeuten, denn die derzeit verfügbaren Rechenanlagen könnten die 65 536 Stellungen, die sich nach 16 Halbzügen ergeben, spielend in weniger als einer Minute bewerten.

Diese Vorgehensweise schlug der amerikanische Informatiker Claude E. Shannon bereits 1950 in einer seiner zahlreichen Veröffentlichungen vor. Shannon nannte diese Methode „B-Strategie“ im Gegensatz zur „A-Strategie“, bei der alle Züge bis zu einer bestimmten Tiefe untersucht werden.

Theoretisch überlegen

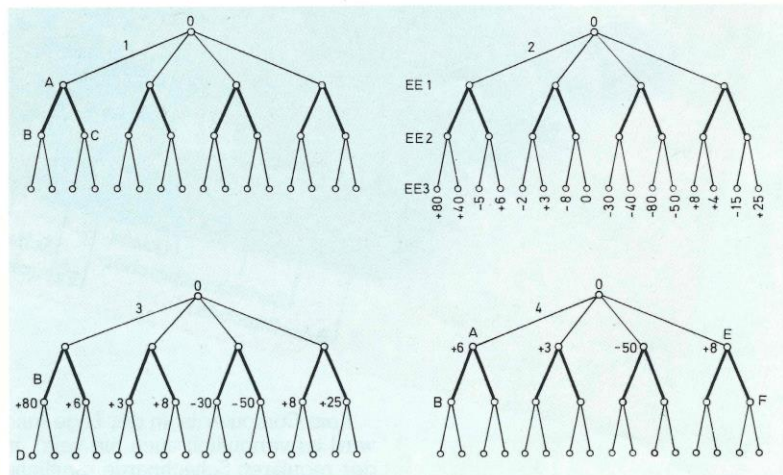
Wenn es gelingt, Computer nach der Shannon'schen B-Strategie zu programmieren, wodurch sie fähig wären, die zwei oder drei erfolgversprechendsten Möglichkeiten pro Halbzug zu ermitteln, dann wären sie jedem menschlichen Schachspieler überlegen. Ein Problem stellt hierbei jedoch die Wahl der sinnvollen Züge dar, da es äußerst schwierig ist, dem Computer diejenigen Kriterien vorzugeben, nach denen er aus mehreren möglichen Zügen die in Wirklichkeit besten bestimmen soll.

Bei der Entwicklung von Methoden zur Ermittlung von sinnvollen Zügen haben die Programmierer insbesondere in den letzten zehn Jahren bemerkenswerte Fortschritte erzielt. Eines dieser erfolgversprechenden Verfahren ist das Minimax-Prinzip, das anhand des abgebildeten Variantenbaums erläutert werden soll. Phase 1 symbolisiert eine Schachstellung, in der Weiß am Zuge ist und vier verschiedene Zugmöglichkeiten in Betracht zieht (dicke Linien). Für jeden dieser Züge berücksichtigt er jeweils zwei Antworten von Schwarz (dicke Linien) und erwägt zwei mögliche Gegenzüge. Die Analysetiefe beträgt al-

Für die Programmierung gut geeignet: Die bereits im Fernschach verwendete Zahlennotation

1	9	19	29	39	49	59	69	79	89	99	109
2	8	18	28	38	48	58	68	78	88	98	108
3	7	17	27	37	47	57	67	77	87	97	107
4	6	16	26	36	46	56	66	76	86	96	106
5	5	15	25	35	45	55	65	75	85	95	105
6	4	14	24	34	44	54	64	74	84	94	104
7	3	13	23	33	43	53	63	73	83	93	103
8	2	12	22	32	42	52	62	72	82	92	102
9	1	11	21	31	41	51	61	71	81	91	101
10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100

So werden sinnvolle Züge ermittelt: Der Variantenbaum



so drei Halbzüge, wobei Weiß nun zwischen 16 Möglichkeiten wählen kann.

Fällt die Entscheidung von Weiß zum Beispiel zugunsten des Zuges 0A, so kann er alle anderen Verzweigungsäste rechts davon außer Betracht lassen. Weiß muß jedoch die beiden schwarzen Gegenzüge AB und AC in seine Überlegungen mit einbeziehen. Die endgültige Entscheidung von Weiß beruht auf der Quantifizierung der Endstellungen auf der untersten Entscheidungsebene (EE3), die drei Halbzüge von der Ausgangsstellung entfernt ist.

Phase 2 zeigt diese Quantifizierung. Eine positive Zahl besagt, daß Weiß die bessere Position hat; eine negative Zahl kennzeichnet die besseren Chancen für Schwarz. Die Größe der Zahl ist ein Maß für das Übergewicht.

Hat Weiß die Wahl zwischen zwei oder mehr Zügen (dicke Linien), so wird er sich zunächst für die Linie

entscheiden, die in die Endstellung mit der höchsten Bewertung mündet. Berücksichtigt Weiß jedoch die Antworten von Schwarz (dicke Linien), so muß er diejenige Linie ins Kalkül ziehen, die zum Endknoten mit der niedrigsten Bewertung führt.

Wie ermittelt nun Weiß mit Hilfe des Variantenbaums den Zug mit der höchsten Bewertung? Weiß vergleicht die Werte der Endknoten paarweise und entscheidet sich zunächst für den Zug mit der höchsten Bewertung (+80). Dieser Wert wird beim Knotenpunkt B in Entscheidungsebene 2 (EE2) eingetragen. Alle anderen Knotenpunkte dieser Entscheidungsebene werden anschließend ebenfalls mit dem jeweils höchsten Wert eines folgenden Knotenpaares versehen (im Variantenbaum Phase 3).

Die Bestimmung der Werte für die Knotenpunkte der Entscheidungsebene 1 (EE1) erfolgt nach demselben Prinzip.

Björn Schwarz

Björn Schwarz: Anatomie eines Schachcomputers – Erklärung der Arbeitsweise

(Quelle: Zeitschrift PE – März 1983) (photo copyright © by www.schaakcomputers.nl/) (600 dpi)